

Voltaje medio guía técnica

Conceptos básicos para el diseño de MT
según las normas IEC e IEEE

schneider-electric.com

Life Is On

Schneider
Electric

"El autor agradece a la Comisión Electrotécnica Internacional (IEC) por el permiso para reproducir información de sus Normas Internacionales. Todos estos extractos son propiedad intelectual de IEC, Ginebra, Suiza. Reservados todos los derechos. Más información sobre IEC está disponible en www.iec.ch. IEC no tiene responsabilidad por la ubicación y el contexto en el que el autor reproduce los extractos y contenidos, ni es responsable de ninguna manera por el resto del contenido o la precisión del mismo".

Para conocer todas las normas IEC citadas en esta guía, consulte la página 178 para obtener referencias.

Contenidos generales

Presentación 4

Reglas de diseño 54

Definición de aparamenta 110

Unidades de medida 162

Estándares 168

Otras lecturas para ir más allá 177

Presentación

Redes MT	6
Transformadores de poder	10
General	10
Condiciones de servicio	11
Límites de aumento de temperatura	12
Eficiencia del transformador	15
Caída de voltaje	dieciséis
Operación paralela	17
Grupos de vectores de transformadores comunes trifásicos	18
Protección, control y seguimiento	19
Transformación digital	20
Gestión del rendimiento de los activos	20
Las condiciones de uso influyen en la huella ambiental	21
Ejemplo de protocolos de comunicación inalámbrica.	22
Arquitectura MT/BT	23
Redes inteligentes	24
Ambiente	25
Marco normativo	38
Aparamenta prefabricada encapsulada y revestida de metal	40
Introducción	40
Voltaje	41
Actual	45
Funciones de frecuencia y aparamenta.	49
Accesibilidad y continuidad del servicio.	50
Ejemplos	51

(1) Según la IEC no existe una frontera clara entre media y alta tensión. Los factores locales e históricos influyen y los límites suelen estar entre 30 y 100 kV (ver IEC 601-01-28). La publicación

IEC 62271-1:2017/A1:2021 'Aparata de conmutación y control de alta tensión; especificaciones comunes' incorpora una nota en su alcance: 'Para el uso de esta norma, alta tensión (ver IEC 601-01-27) es la tensión nominal superior a 1000 V. Sin embargo, el término media tensión (ver IEC 601-01-28) se utiliza comúnmente para sistemas de distribución con tensiones superiores a 1 kV y generalmente se aplica hasta 52 kV inclusive.

(2) ANSI C84.1 define la media tensión de 2,4 kV a 69 kV para sistemas de 3 hilos y de 4,16 kV a 34,5 kV para sistemas de 4 hilos.

El término "media tensión" se utiliza comúnmente para sistemas de distribución con tensiones superiores a 1 kV y generalmente se aplica hasta 52 kV inclusive.⁽¹⁾ y 69 kilovoltios⁽²⁾.

Por motivos técnicos y económicos, la tensión de servicio de las redes de distribución de media tensión rara vez supera los 36 kV.

La conexión de una instalación eléctrica a una red de distribución de servicios públicos de MT siempre se realiza mediante una subestación de MT dedicada, normalmente denominada "Subestación principal". Dependiendo de su tamaño y criterios específicos, principalmente relacionados con las cargas (tensión nominal, número, potencia, ubicación, etc.), la instalación podrá incluir subestaciones adicionales denominadas "Subestaciones secundarias".

Las ubicaciones de estas subestaciones se seleccionan cuidadosamente para optimizar el presupuesto dedicado a los cables de alimentación de MT y BT. Estas subestaciones secundarias se alimentan desde la subestación principal a través de la distribución interna de MT.

Generalmente, la mayoría de las cargas se alimentan en baja tensión mediante transformadores reductores de MT/BT. Las cargas grandes, como los motores asíncronos de más o menos 120 kW, se suministran en MV.

Los transformadores reductores de potencia MT/BT están ubicados en la subestación principal o en las subestaciones secundarias. Las instalaciones pequeñas pueden incluir únicamente un único transformador MT/BT, instalado en la subestación principal en la mayoría de los casos.

Una subestación principal incluye cinco funciones básicas:

- Función 1: Conexión a la red pública de MT;
- Función 2: Protección general de la instalación;
- Función 3: Alimentación y protección de transformadores de potencia MT/BT ubicados en la subestación;
- Función 4: Suministro y protección de la distribución interna de MT;
- Función 5: Medición.

La protección de un sistema eléctrico depende de su arquitectura y del modo de funcionamiento.

Una subestación principal incluye dispositivos básicos:

- 1. Disyuntor:**El disyuntor es un dispositivo que asegura el control y protección de una red. Es capaz de establecer, soportar e interrumpir corrientes de carga así como corrientes de falla, hasta la corriente de cortocircuito de la red.
- 2. Interruptores:**Los interruptores e interruptores-seccionadores de corriente alterna para su función de conmutación, con corrientes nominales de cierre y corte de carga.
- 3. Contactores:**Los contactores se utilizan para apagar y encender cargas que requieren estas operaciones durante el uso normal, especialmente cuando se usan en una actividad particular como el alumbrado público de MT y motores industriales.
- 4. Fusibles limitadores de corriente:**Los fusibles limitadores de corriente de MT se utilizan principalmente en la protección de transformadores, motores y otras cargas. Es un dispositivo que, mediante la fusión de uno o más de sus componentes especialmente diseñados y proporcionados, abre el circuito en el que se inserta cuando éste excede un valor determinado durante un tiempo suficiente. Los fusibles limitadores de corriente pueden tener dificultades para eliminar valores de corriente intermedios (que exceden los valores de servicio en menos de un factor de 6 a 10) y, por lo tanto, a menudo se combinan con un dispositivo de conmutación.
- 5. Seccionadores y seccionadores de tierra:**Los seccionadores se utilizan para conseguir una separación entre dos circuitos que puedan estar vivos e independientes, sin perjudicar su nivel de aislamiento. Normalmente se utiliza en el punto abierto de una red de bucle. Se suelen utilizar para separar una parte de la instalación de la fuente de alimentación con mejores prestaciones que las proporcionadas por otro dispositivo de conmutación. Un seccionador no es un dispositivo de seguridad. Los seccionadores de puesta a tierra son dispositivos dedicados a conectar conductores a tierra de manera confiable para que se pueda acceder a los conductores de manera segura. Pueden tener una corriente nominal de cierre de cortocircuito para garantizar que puedan resistir un error de funcionamiento, como cerrarse sobre conductores activos.

6. Transformador de corriente: Está destinado a proporcionar un circuito secundario con una corriente proporcional a la corriente primaria (MT).

7. Transformador de tensión: El transformador de tensión está destinado a proporcionar a su circuito secundario una tensión secundaria proporcional a la aplicada al circuito primario.

Para instalaciones que incluyen un único transformador de potencia MT/BT, la protección general y la protección del transformador se fusionan.

La medición se puede realizar a nivel de MT o a nivel de BT. Generalmente se realiza a nivel de BT para cualquier instalación que incluya un solo transformador MT/BT, siempre que la potencia nominal del transformador permanezca por debajo del límite fijado por la empresa local que suministra la instalación.

Además de los requisitos funcionales, la construcción de las subestaciones principales y secundarias deberá cumplir con las normas y reglamentos locales. Las recomendaciones de la IEC también deben tenerse en cuenta en todas las circunstancias.

La elección de la puesta a tierra del neutro para los sistemas de energía de MT y AT ha sido durante mucho tiempo un tema de acalorada controversia debido al hecho de que es imposible encontrar un compromiso único para los distintos tipos de sistemas de energía. La experiencia adquirida ahora permite Se debe realizar una elección adecuada en función de las limitaciones específicas de cada sistema.

Arquitectura del sistema de energía

Los diversos componentes de un sistema eléctrico se pueden organizar de diferentes maneras. La complejidad de la arquitectura resultante determina la disponibilidad de energía eléctrica y el coste de la inversión.

Por lo tanto, la selección de una arquitectura para una aplicación determinada se basa en un equilibrio entre las necesidades técnicas y el coste.

Las arquitecturas incluyen lo siguiente:

- sistemas radiales
 - alimentador único,
 - alimentador doble,
 - alimentador paralelo,
- sistemas de bucle
 - bucle abierto,
 - bucle cerrado.
- Sistemas con generación de energía interna.
 - generación de fuente normal,
 - Generación de fuentes de reemplazo.

Impedancia de puesta a tierra

El potencial neutro se puede fijar o ajustar mediante cinco métodos diferentes de conexión a tierra, según el tipo (capacitivo, resistivo, inductivo) y el valor (de cero a infinito) de la impedancia Z_N :

- $Z_N = \infty$: neutro aislado, es decir, sin conexión a tierra intencionada;
- Z_N es una resistencia con un valor bastante elevado;
- Z_N es una reactancia, con un valor generalmente bajo;
- Z_N es una reactancia de compensación, ajustada para compensar la capacitancia del sistema;
- $Z_N = 0$: el neutro está sólidamente conectado a tierra.

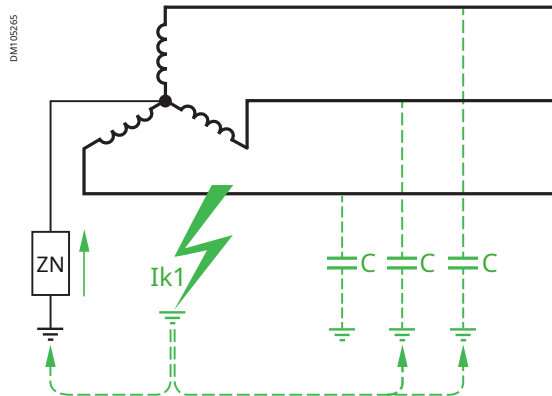


Diagrama equivalente de un sistema de potencia con falla a tierra.

Dificultades y criterios de selección.

Los criterios de selección involucran muchos aspectos:

- consideraciones técnicas (funcionamiento del sistema eléctrico, sobretensiones, corriente de falla, etc.);
- consideraciones operativas (continuidad del servicio, mantenimiento);
- seguridad (nivel de corriente de falla, voltajes de contacto y de paso);
- costo (gastos de capital y gastos operativos);
- prácticas locales y nacionales.

Dos de las principales consideraciones técnicas resultan contradictorias:

Reducir el nivel de sobretensiones.

Las sobretensiones excesivas pueden provocar la ruptura dieléctrica de los materiales aislantes eléctricos, provocando cortocircuitos.

Las sobretensiones por instalaciones tienen varios orígenes:

- sobretensión por rayo, por impacto directo o por tensión inducida sobre partes de sistemas aéreos que queden expuestas, propagándose la sobretensión hasta el punto de alimentación del usuario y en el interior de la instalación;
- sobretensión dentro del sistema causada por conmutación y situaciones críticas como resonancia;
- sobretensión resultante de una falta a tierra propiamente dicha y su eliminación.

Reducción de la corriente de defecto a tierra (I_{k1})

La corriente de defecto produce toda una serie de consecuencias relacionadas con lo siguiente:

- daño causado por el arco en el punto de falla; particularmente la fusión de circuitos magnéticos en máquinas rotativas;
- resistencia térmica del blindaje del cable;
- tamaño y costo de la resistencia de puesta a tierra;
- inducción en circuitos de telecomunicaciones adyacentes;
- peligro para las personas creado por el aumento del potencial de las partes conductoras expuestas.

Reducir la corriente de falla ayuda a minimizar estas consecuencias.

Desafortunadamente, optimizar uno de estos efectos automáticamente perjudica al otro. Dos métodos típicos de conexión a tierra neutral acentúan este contraste:

- neutro aislado, que reduce drásticamente el flujo de corriente de falla a tierra a través del neutro pero crea sobretensiones más altas;
- Neutro sólidamente conectado a tierra, lo que reduce la sobretensión al mínimo, pero provoca una corriente de falla alta.

En cuanto a las consideraciones de funcionamiento, según el método de puesta a tierra del neutro utilizado:

- la operación continua puede o no ser posible bajo una condición de primera falla sostenida;
- los voltajes de contacto son diferentes;
- La discriminación en materia de protección puede ser fácil o difícil de implementar.

Por ello, a menudo se elige una solución intermedia, es decir, una conexión a tierra del neutro mediante una impedancia.

Redes MT

Resumen de características de puesta a tierra del neutro

Características	Puesta a tierra neutra				
	Aislado	compensado	Resistencia	Resistencia reactiva	Directo
Amortiguación de sobretensiones transitorias	⊖	⊕ ⊖	⊕	⊕ ⊖	⊕ ⊕
Limitación de sobretensiones de 50 Hz	⊖	⊖	⊕	⊕	⊕ ⊕
Limitación de corrientes de falla.	⊕ ⊕	⊕ ⊕	⊕	⊕	⊖ ⊖
Continuidad del servicio (sin disparos, falla sostenida significa que la corriente de falla se reduce mucho)	⊕	⊕ ⊖ *	⊖	⊖	⊖
Fácil implementación de la discriminación en materia de protección	⊖	⊖ ⊖	⊕	⊕	⊕
No es necesario personal cualificado	⊖	⊖	⊕	⊕	⊕

Leyenda: ⊕ ventaja ⊖ atención particular.

(*) La compensación de corriente capacitiva del 100 % es casi imposible.

Sistema de puesta a tierra y aparamenta y control de AT

Los sistemas de puesta a tierra para aparamenta y control de alta tensión se dividen en dos categorías: sistemas neutros efectivamente puestos a tierra o no.

Los sistemas con neutro efectivamente puesto a tierra son sistemas conectados a tierra a través de una impedancia suficientemente baja, de modo que para todas las condiciones del sistema la relación entre la reactancia de secuencia cero y la reactancia de secuencia positiva (X_0/X_1) sea positiva e inferior a 3, y la relación de la La resistencia de secuencia cero a la reactancia de secuencia positiva (R_0/X_1) es positiva y menor que 1. Normalmente, estos sistemas son sistemas sólidamente conectados a tierra (neutro) o sistemas conectados a tierra (neutro) de baja impedancia.

Las condiciones de conexión a tierra dependen no sólo de las condiciones físicas de conexión a tierra alrededor del lugar relevante sino también del sistema total.

Los sistemas con neutro no efectivamente puesto a tierra son sistemas distintos de los sistemas con neutro efectivamente puesto a tierra que no cumplen las condiciones mencionadas anteriormente.

Estas consideraciones se encuentran dentro de la norma IEC 62271-100 (disyuntores de alta tensión, interruptores de media tensión IEC 62271-103 y disyuntores de generador de corriente alterna de media tensión IEC 62271-37-13).

Transformadores de poder General

Un transformador de potencia es un equipo estático con dos o más devanados que, por inducción electromagnética, transforma un sistema de tensión y corriente alterna en otro sistema de tensión y corriente generalmente de diferentes valores y de la misma frecuencia con el fin de transmitir electricidad. fuerza.

Los transformadores de potencia están cubiertos por la serie de normas IEC 60076, donde los principales requisitos dentro de las redes de MT se resumen a continuación:

- IEC 60076-1 generales;
- IEC 60076-2 aumento de temperatura para transformadores sumergidos en líquido;
- Guía de carga IEC 60076-7 para transformadores de potencia sumergidos en aceite;
- IEC 60076-10 determinación de niveles sonoros;
- Transformadores tipo seco IEC 60076-11;
- Guía de carga IEC 60076-12 para transformadores de potencia tipo seco;
- Transformadores llenos de líquido autoprotegidos IEC 60076-13;
- Transformadores IEC 60076-16 para aplicaciones de aerogeneradores.

Según la guía de aplicación, IEC 60076-8, está destinado a proporcionar datos de información necesarios para los cálculos durante el funcionamiento en paralelo de transformadores, caídas o aumentos de voltaje bajo carga y pérdida de carga para combinaciones de carga de tres devanados. La información sobre la capacidad de carga de los transformadores de potencia se proporciona en IEC 60076-7 para transformadores sumergidos en aceite y IEC 60076-12 para transformadores de tipo seco.

Las normas definen las condiciones normales de servicio para las que se especifican las prestaciones. Estas condiciones son:

- **Altitud:** Una altura sobre el nivel del mar que no exceda de 1000 m;

- **Temperatura del medio refrigerante:**

La temperatura del aire de refrigeración en la entrada al equipo de refrigeración.

- no superior a: 40 °C en cualquier momento, 30 °C promedio mensual para el mes más caluroso, 20 °C promedio anual,
- y no inferior a: -25 °C en el caso de transformadores para exteriores, -5 °C en el caso de transformadores en los que tanto el transformador como el refrigerador estén destinados a su instalación en interiores.

Para transformadores enfriados por agua, una temperatura del agua de refrigeración en la entrada que no exceda de: 25 °C en cualquier momento, 20 °C promedio anual.

Se dan otras limitaciones con respecto a la refrigeración para:

- transformadores sumergidos en líquido en IEC 60076-2,
- transformadores de tipo seco en IEC 60076-11.

- **Forma de onda de la tensión de alimentación:** Una tensión de alimentación sinusoidal con un contenido de armónicos totales no superior al 5 % y un contenido de armónicos pares no superior al 1 %;

- **Cargar contenido armónico actual:** Contenido armónico total de la corriente de carga que no excede el 5 % de la corriente nominal.

Los transformadores en los que el contenido armónico total de la corriente de carga supera el 5 % de la corriente nominal, o los transformadores destinados específicamente a suministrar energía, cargas electrónicas o rectificadoras, deben especificarse de acuerdo con la serie IEC 61378, que trata sobre "transformadores convertidores".

Los transformadores pueden operar a la corriente nominal sin pérdidas excesivas con un contenido de armónicos de corriente inferior al 5 %, sin embargo, debe tenerse en cuenta que el aumento de temperatura aumentará para cualquier carga armónica y se pueden exceder los límites de aumento de temperatura a la potencia nominal;

- **Simetría de la tensión de alimentación trifásica.**

Para transformadores trifásicos, conjunto de tensiones de alimentación trifásicas que son aproximadamente simétricas.

«Aproximadamente simétrica» significa que la tensión entre fases más alta no es más de un 1 % superior a la tensión entre fases más baja de forma continua, o un 2 % superior durante períodos cortos (aproximadamente 30 minutos) en condiciones excepcionales;

- **Entorno de instalación**

- Un entorno con un índice de contaminación (consulte la definición en IEC/TS 60815-1) que no requiere consideración especial con respecto al aislamiento externo de los bushings del transformador o del propio transformador.
- Un entorno no expuesto a perturbaciones sísmicas que requeriría una consideración especial en el diseño (se supone que este es el caso cuando el nivel de aceleración del suelo es inferior a 2 ms).o aproximadamente 0,2 g),
- Cuando el transformador se instala en un gabinete no suministrado por el fabricante del transformador, se debe prestar atención para asegurar una definición correcta de los límites de aumento de temperatura del transformador y la capacidad de enfriamiento del gabinete que está definida por su propia clase de aumento de temperatura en carga completa (Ver IEC 62271-202),
- Condiciones ambientales dentro de las siguientes definiciones según IEC 60721-3-4:
 - condiciones climáticas 4K27 excepto que la temperatura mínima del medio de enfriamiento externo es -25 °C y la temperatura máxima del medio de enfriamiento externo es +40 °C
 - condiciones climáticas especiales 4Z2, 4Z4, 4Z13
 - condiciones biológicas 4B2
 - Las sustancias químicamente activas han sido sustituidas por clases de corrosividad según ISO 9223 e ISO 9224. (La clase C3 corresponde a una zona templada, ambiente atmosférico con contaminación media (SO₂: 5 µg/m³ a 30 µg/m³) o algún efecto de los cloruros, por ejemplo áreas urbanas, áreas costeras con baja deposición de cloruros, zonas tropicales y subtropicales, atmósfera con baja contaminación;
 - sustancias mecánicamente activas 4S13
 - Condiciones mecánicas 4M11.

Para transformadores destinados a ser instalados en interiores, algunas de estas condiciones ambientales pueden no ser aplicables.

Los límites de aumento de temperatura se definen en función de la temperatura que rodea al transformador, tomada como temperatura ambiente y los diferentes ciclos de carga del transformador.

Cuando se instala un transformador dentro de un gabinete, este aumento de temperatura deberá reflejar el diseño del gabinete. Esta envolvente se define principalmente por una clase de aumento de temperatura y un grado de protección, ambos adaptados a las condiciones de servicio locales (ver IEC 62271-202). Para instalación en exteriores, para evitar cualquier efecto de la radiación solar, se puede recomendar instalar una marquesina sobre el transformador, y sobre una sola capa de envolvente metálica sin aislamiento térmico, conservando la convección natural.

Transformador sumergido en aceite: métodos de enfriamiento

- Primera letra: Medio refrigerante interno:
 - O: aceite mineral o líquido aislante sintético con punto de inflamación $\leq 300\text{ }^{\circ}\text{C}$,
 - K: líquido aislante con punto de inflamación $> 300\text{ }^{\circ}\text{C}$,
 - L: líquido aislante sin punto de inflamación medible.
- Segunda letra: Mecanismo de circulación del medio refrigerante interno:
 - N: flujo natural de termosifón a través de equipos de refrigeración y en devanados,
 - F: circulación forzada por equipos de refrigeración, flujo termosifón en devanados,
 - D: circulación forzada a través del equipo de refrigeración, dirigida desde el equipo de refrigeración hacia al menos los devanados principales.
- Tercera letra: Medio de refrigeración externo:
 - R: aire,
 - W: agua.
- Cuarta letra: Mecanismo de circulación del medio refrigerante externo:
 - N: convección natural,
 - F: circulación forzada (ventiladores, bombas).

A menos que se acuerde lo contrario entre el fabricante y el comprador, los límites de aumento de temperatura son válidos tanto para el papel Kraft como para el papel mejorado (consulte también la 'guía de carga' IEC 60076-7).

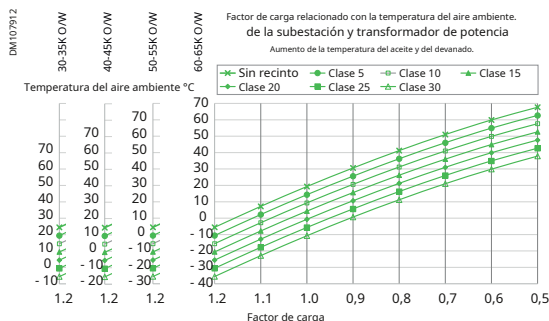
Requisitos para	Límites de aumento de temperatura K
Líquido aislante superior	60
Devanado promedio (por variación de la resistencia del devanado):	
- ON... y OF... sistemas de refrigeración	sesenta y cinco
- OD... sistema de refrigeración	70
Bobinado de punto caliente	78

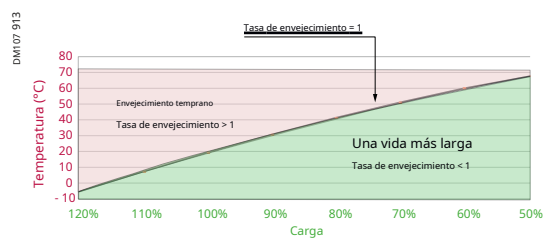
Valores recomendados de correcciones de aumento de temperatura en caso de condiciones especiales de servicio para transformadores sumergidos en aceite enfriados por aire.

Temperatura ambiente $^{\circ}\text{C}$			Corrección de aumento de temperatura $K_{(1)}$
Promedio anual	Promedio mensual	Máximo	
20	30	40	0
25	35	45	- 5
30	40	50	- 10
35	45	55	- 15

(1) Se refiere a los valores indicados en la tabla anterior.

La guía de carga IEC 60076-7 y la norma IEC 62271-202 explican la relación entre el aumento de temperatura del transformador, el sobrecalentamiento debido al uso del gabinete que rodea el transformador y su factor de carga como se resume a continuación.





La IEC 60076-7 se actualizó en 2018 y el modelo térmico se actualizó e integró en los borradores actuales de la IEC 62271-202 que se está revisando en 2021. Sin embargo, el esquema de este documento que trata de la IEC 60076-7 se ha actualizado. actualizado de acuerdo con la última publicación.

La temperatura ambiente promedio máxima para diferentes sobrecalentamientos del transformador de potencia define la tasa de carga máxima permitida. Para las diferentes temperaturas Las respectivas tasas de carga diferentes dibujan una curva bajo la cual se extiende la vida útil del equipo, mientras que sobre la curva se observa un envejecimiento prematuro para todo tipo de transformadores de potencia.

Transformador tipo seco: métodos de enfriamiento.

El tipo de medio refrigerante es aire y se define con las siguientes letras:

- N cuando el enfriamiento es natural, la convección del flujo de aire es generada por el propio transformador;
- G cuando se fuerza el enfriamiento y los ventiladores aceleran el flujo de aire.

NOTA: Este flujo de aire impulsado a través de los devanados del transformador es preferible en comparación con cualquier flujo de aire impulsado por un ventilador instalado en la pared de la sala del transformador.

Sin embargo, ambos se pueden combinar. Cuando se instala en un gabinete, se debe evaluar el límite de carga del transformador, de acuerdo con los aumentos de temperatura del transformador y la carcasa según IEC 62271-202.

El aumento de temperatura de cada devanado del transformador, diseñado para operar en condiciones normales de servicio, no deberá exceder el límite correspondiente especificado.

en la siguiente tabla cuando se prueba de acuerdo con IEC 60076-11.

La temperatura máxima que se produce en cualquier parte del sistema de aislamiento del devanado se denomina temperatura del punto caliente.

La temperatura del punto caliente no debe exceder el valor nominal de la temperatura del devanado del punto caliente especificada en IEC 60076-11.

Esta temperatura podría medirse; sin embargo, se puede calcular un valor aproximado para fines prácticos utilizando la ecuación de IEC 60076-12 (Guía de carga).

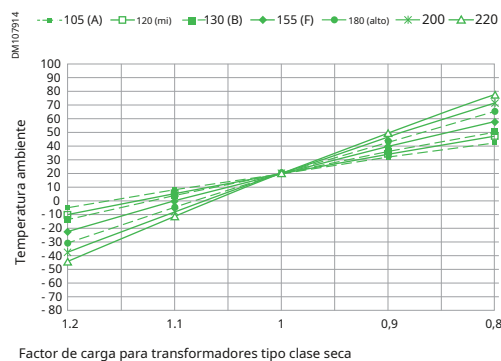
Sistema de aislamiento temperatura °C ₍₁₎	Bobinado medio aumento de la temperatura límites a la corriente nominal K ₍₂₎	Temperatura máxima del devanado del punto caliente °C
105 (A)	60	130
120 (mi)	75	145
130 (B)	80	155
155 (F)	100	180
180 (alto)	125	205
200	135	225
220	150	245

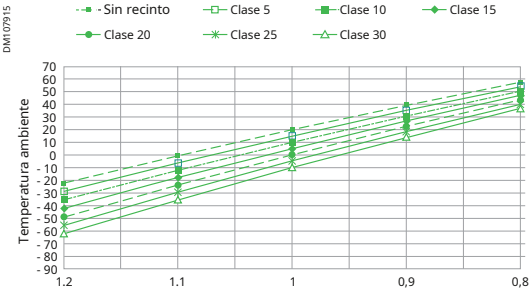
(1) Las letras se refieren a las clasificaciones de temperatura dadas en IEC 60085.

(2) Aumento de temperatura medido de acuerdo con la prueba de aumento de temperatura de IEC 60076-11.

Cuando el transformador se instala dentro de una subestación prefabricada, se aplica la norma IEC 62271-202 y se define la clase de aumento de temperatura del gabinete, introduciendo requisitos sobre el comportamiento de temperatura de la subestación (comprobado mediante una prueba de aumento de temperatura específica).

Esta clase refleja el sobrecalentamiento del transformador, en comparación con el "aire libre". La figura al lado muestra el factor de carga del transformador de tipo seco fuera del gabinete de acuerdo con la temperatura del sistema de aislamiento eléctrico del transformador (consulte IEC 60076-11).





Clase de envoltorio (K)

NOTA: Factor de carga de transformadores de tipo seco de clase de aislamiento 155 °C (F) en un gabinete.

El Anexo D de la norma IEC 62271-202 proporciona las curvas para otras clases de aislamiento.

La figura muestra el factor de carga del transformador tipo seco dependiendo de la clase del gabinete y para el sistema de aislamiento del transformador a 155 °C. Las cifras respectivas para otros sistemas de aislamiento se pueden encontrar en IEC 62271-202.

Las curvas deben usarse de la siguiente manera en la figura al lado:

- (a) seleccione la línea para la clase de recinto;
- (b) seleccione la temperatura ambiente promedio en un período de tiempo determinado para el sitio de la subestación en el eje vertical;
- (c) la intersección de la clase de la línea del recinto y la línea de temperatura ambiente da el factor de carga permitido del transformador.

Sobrecarga

Temperatura ambiente

La potencia nominal del transformador está asignada para las temperaturas normales de servicio definidas por las normas:

- temperatura ambiente máxima de 40 °C;
- temperatura ambiente diaria promedio de 30 °C;
- Temperatura ambiente media anual de 20 °C.

Bajo pedido se pueden fabricar transformadores que funcionen en diferentes condiciones de temperatura ambiente.

Sobrecarga

La sobrecarga nominal del transformador depende de la carga previa del transformador, los devanados correspondientes o la temperatura del aceite al inicio de la sobrecarga. A continuación se muestran ejemplos de la duración permitida y los niveles respectivos de sobrecarga aceptable en dos tablas diferentes, respectivamente, para transformadores de tipo seco y sumergidos en aceite mineral.

Por ejemplo, si el transformador se carga continuamente con el 50 % de su potencia nominal, entonces el transformador puede sobrecargarse durante un tiempo definido limitado por la temperatura alcanzada en comparación con la temperatura máxima permitida.

En comparación con la versión anterior de la guía IEC y de este documento, la guía de carga introdujo el contenido de oxígeno y/o humedad en el modelo.

Para el transformador de potencia sumergido en aceite mineral, la temperatura máxima del aceite que limita la sobrecarga es de 98 °C. La duración de la sobrecarga se ha definido sin aire y con un contenido de humedad del 0,5 %.

- Sobrecarga para transformador de potencia sumergido en aceite mineral

Anterior continuo cargando	Temperatura del aceite antes de la sobrecarga	Duración (min.) de sobrecarga para niveles específicos de sobrecarga (% de potencia nominal)				
		10 minutos.	20 minutos.	30 minutos.	40 % mín.	50 % mín.
% de potencia nominal	°C					
50	44	225	135	90	sesenta y cinco	42
75	60	147	73	39	22	14
90	72	55	dieciséis	9	6	4

También cabe señalar que la temperatura del aceite no es una medida confiable para la temperatura del devanado, ya que la constante de tiempo del aceite es de 2 a 4 horas, mientras que la constante de tiempo del devanado es de 2 a 6 minutos. Por lo tanto, la determinación de la duración admisible de la sobrecarga debe realizarse con mucho cuidado, ya que existe el peligro de que la temperatura del devanado supere la temperatura crítica de 105 °C sin que sea visible para la temperatura del aceite.

- Sobrecarga para transformador tipo seco.
Según IEC 60076-12 y para transformador con clase térmica 155 °C (F)

Anterior continuo cargando	Devanados Temperatura Bobinado/punto caliente	Duración (min.) de sobrecarga para niveles específicos de sobrecarga (% de potencia nominal) Temperatura máxima para punto caliente 145 °C				
% de potencia nominal	°C	10 minutos.	20 minutos.	30 minutos.	40 % mín.	50 % mín.
50	46/54	41	27	20	15	12
75	79/95	28	17	12	9	7
90	103/124	15	8	5	4	3
100	120/145	0	0	0	0	0

Ejemplo:

Supongamos que un transformador trifásico, 630 kVA, 20/0,4 kV, tiene pérdidas en vacío de 1200 W y pérdidas en carga de 9300 W.

Determine la eficiencia del transformador a plena carga (caso 1) y al 75 % de carga (caso 2) para factores de potencia 1,0 y 0,8.

- Carga completa $\cos\varphi = 1$

$$\begin{aligned} I_{asym} &= \frac{S \times \cos\varphi}{S \times \cos\varphi + NLL + LL \times (S/SB)^2} \\ &= \frac{630000 \times 1,0}{630000 \times 1,0 + 1200 + 9300 \times (1,0)^2} \\ &= 98,36\% \end{aligned}$$

- Carga completa $\cos\varphi = 0,8$

$$\begin{aligned} &= \frac{630000 \times 0,8}{630000 \times 0,8 + 1200 + 9300 \times (1,0)^2} \\ &= 97,96\% \end{aligned}$$

- Carga 0,75 y $\cos\varphi = 1$

$$\begin{aligned} I_{asym} &= \frac{S \times \cos\varphi}{S \times \cos\varphi + NLL + LL \times (S/SB)^2} \\ &= \frac{0,75 \times 630000 \times 1,0}{472500 \times 1,0 + 1200 + 9300 \times (0,75)^2} \\ &= 98,66\% \end{aligned}$$

- Carga 0,75 y $\cos\varphi = 0,8$

$$\begin{aligned} &= \frac{0,75 \times 630000 \times 0,8}{472500 \times 0,8 + 1200 + 9300 \times (0,75)^2} \\ &= 98,33\% \end{aligned}$$

Un transformador de alta eficiencia corresponde a un equipo diseñado para un bajo nivel de pérdidas para garantizar un costo de propiedad reducido para el usuario final.

Las pérdidas se pueden dividir en dos categorías: pérdidas de carga, que son proporcionales a la carga del transformador (cuadrado de corriente); y las pérdidas sin carga, que son causadas por la magnetización del núcleo mientras el transformador está energizado y son constantes, independientemente de la carga del transformador.

La eficiencia energética de un transformador está relacionada con los siguientes factores que influyen:

- las pérdidas (con carga y sin carga);
- vida útil del transformador;
- perfil de misión (aplicación).

Condiciones ambientales

Condiciones de funcionamiento (tasa de tiempo de uso, tasa de tiempo de carga).

El transformador debe estudiarse para buscar el equilibrio optimizado considerando el mejor equilibrio entre el perfil de carga, las pérdidas con carga y sin carga.

Entonces se alcanzará el Kg CO₂eq más bajo.

Ejemplo:

Supongamos que un transformador trifásico, 630 kVA, 20/0,4 kV, tiene pérdidas de carga de 9300 W y una impedancia de cortocircuito del 6 %. Determine la caída de voltaje a plena carga (caso 1) y al 75 % de carga (caso 2) para factores de potencia 1,0 y 0,8. La caída de tensión viene dada por la siguiente ecuación:

- Carga completa $\cos\phi = 1$
$$\text{Udrop} = (1,0) \times (1,4762 \times 1 + 5,816 \times 0) + \frac{1}{2} \times \frac{1}{100} \times (1,0)^2 (1,4762 \times 0 + 5,816 \times 1)$$
$$= 1,645\%$$
- Carga completa $\cos\phi = 0,8$
$$\text{Udrop} = (1,0) \times (1,4762 \times 0,8 + 5,816 \times 0,6) + \frac{1}{2} \times \frac{1}{100} \times (1,0)^2 (1,4762 \times 0,6 + 5,816 \times 0,8)$$
$$= 4,832\%$$
- Carga 0,75 y $\cos\phi = 1$
$$\text{Udrop} = (0,75) \times (1,476 \times 1 + 5,816 \times 0) + \frac{1}{2} \times \frac{1}{100} \times (0,75)^2 (1,476 \times 0 + 5,816 \times 1)$$
$$= 1,202\%$$
- Carga 0,75 y $\cos\phi = 0,8$
$$\text{Udrop} = (0,75) \times (1,476 \times 0,8 + 5,816 \times 0,6) + \frac{1}{2} \times \frac{1}{100} \times (0,75)^2 (1,476 \times 0,6 + 5,816 \times 0,8)$$
$$= 3,595\%$$

Udrop	Relación de caída de voltaje en porcentaje.	%
	de carga	
LL	Pérdidas de carga	W.
SB	Potencia del transformador	W.
ejem	parte resistiva	Virginia
Reino Unido	Impedancia de cortocircuito	%
ex	Parte reactiva	Virginia

La caída de voltaje es la diferencia aritmética entre el voltaje sin carga de un devanado y el voltaje desarrollado en los terminales del mismo devanado con una carga y un factor de potencia específicos, con el voltaje suministrado a (uno de) los otros devanados. siendo igual a:

- su valor nominal si el transformador está conectado a la toma principal (la tensión en vacío del devanado es entonces igual a su valor nominal);
- la tensión de toma si el transformador está conectado a otra toma. Esta diferencia generalmente se expresa como un porcentaje de la tensión sin carga del devanado.

NOTA: Para transformadores de devanados múltiples, la caída o aumento de voltaje depende no solo de la carga y el factor de potencia del devanado en sí, sino también de la carga y el factor de potencia de los otros devanados (consulte IEC 60076-8).

La necesidad de calcular la caída de tensión.

Las definiciones IEC relativas a la potencia nominal y la tensión nominal de un transformador implican que la potencia nominal es potencia de entrada y que la tensión de servicio aplicada a los terminales de entrada para la potencia activa (los terminales primarios) no debe, en principio, exceder la tensión nominal. La tensión de salida máxima bajo carga es, por tanto, una tensión nominal (o tensión de toma) menos una caída de tensión. La potencia de salida con corriente nominal y tensión de entrada nominal es, en principio, la potencia nominal menos el consumo de energía.

en el transformador (pérdida de potencia activa y potencia reactiva).

Según los hábitos de América del Norte, la clasificación MVA se basa en mantener el voltaje secundario nominal al imprimir en el devanado primario el voltaje necesario.

para compensar la caída de voltaje a través del transformador a la corriente secundaria nominal y a un factor de potencia en atraso del 80 % o superior.

La determinación de la tensión nominal o tensión de toma correspondiente, que es necesaria para alcanzar una tensión de salida específica con una carga específica, implica, por lo tanto, un cálculo de la caída de tensión, utilizando cifras conocidas o estimadas de impedancia de cortocircuito del transformador.

$$\text{Udrop} = S/SB \times (er \cos\phi + ex \sin\phi) + \frac{1}{2} \times \frac{1}{100} \times (S/SB)^2 \times (er \sin\phi + ex \cos\phi)^2$$

Donde respectivamente las partes resistiva y reactiva son:	
ejem	La parte resistiva. $er = LL/SB$
ex	La parte reactiva. $ex = \sqrt{(\text{Reino Unido}^2 - er^2)}$

Ejemplo:

Supongamos que tres transformadores funcionan en paralelo. El primer transformador tiene una potencia nominal de 800 kVA y una impedancia de cortocircuito del 4,4 %. La potencia nominal y la impedancia de cortocircuito de los otros dos transformadores son 500 kVA y 4,8 %, y 315 kVA y 4,0 %, respectivamente. Calcule la carga total máxima de los tres transformadores.

Entre los tres transformadores, el tercer transformador tiene la impedancia mínima de cortocircuito.

- La carga del transformador 1.
 $P_{n,1} = P_1 \times (U_{k,\min})/(U_{k,1}) = 800 \times 4/4,4 = 728 \text{ kVA}$

- La carga del transformador 2.
 $P_{n,1} = P_2 \times (U_{k,\min})/(U_{k,2}) = 500 \times 4/4,8 = 417 \text{ kVA}$

- La carga del transformador 3.
 $P_{n,1} = P_3 \times U_{k,\min}/(U_{k,2}) = 315 \times 4/4 = 315 \text{ kVA}$

- La carga máxima de los tres transformadores es:
 $P_{tot} = P_{n,1} + P_{n,2} + P_{n,3}$
 $= 728 + 417 + 315 = 1460 \text{ kVA}$

- Los tres transformadores tienen potencia total instalada:
 $P = P_1 + P_2 + P_3$
 $= 800 + 500 + 315 = 1615 \text{ kVA}$

De lo anterior se concluye que la carga máxima total (1460 kVA) representa el 90,4 % de la potencia total instalada (1615 kVA).

Cabe señalar que, para que la carga total máxima sea igual a la potencia total instalada, los transformadores deben tener la misma impedancia de cortocircuito.

El anexo informativo de la norma IEC 60076-1 establece que se debe tener en cuenta que si bien la operación en paralelo no es inusual, es aconsejable que los usuarios consulten con el fabricante cuando se planifique el paralelo con otros transformadores e identifiquen los transformadores involucrados.

Si para un transformador nuevo se requiere operación en paralelo con transformador(es) existente, esto se indicará y se proporcionará la siguiente información sobre el(los) transformador(es) existente(s):

- potencia nominal;
- relación de tensión nominal;
- relaciones de tensión correspondientes a tomas distintas a la toma principal;
- pérdida de carga a la corriente nominal en la toma principal, corregida a la temperatura de referencia adecuada;
- impedancia de cortocircuito en la toma principal y en las tomas extremas, si la tensión en las tomas extremas difiere en más del 5 % de la toma principal;
- impedancia en otras tomas si están disponibles;
- diagrama de conexiones, o símbolo de conexión, o ambos.

NOTA: En transformadores de devanados múltiples, generalmente será necesaria información complementaria.

En esta cláusula, operación en paralelo significa conexión directa terminal a terminal entre transformadores en las mismas instalaciones. Sólo se consideran transformadores de dos devanados. La lógica también es aplicable a bancos de tres transformadores monofásicos. Para una operación en paralelo exitosa, los transformadores requieren:

- misma potencia (tolerancia ± 10 %);
- misma tensión nominal;
 - Mismo grupo de vectores,
 - Tensión nominal AT y BT (tolerancia de relación ± 2 %).
- misma Impedancia de cortocircuito (tolerancia ± 10 %).

Estas tres condiciones se detallan más en las siguientes subcláusulas. En la etapa de consulta, es importante que la especificación de un transformador, que está destinado a funcionar en paralelo con un transformador existente específico, contenga la información del transformador existente.

Algunas advertencias son prudentes a este respecto.

- No es aconsejable combinar transformadores de potencias nominales muy diferentes (por ejemplo, más de 1:2). La impedancia relativa natural para diseños óptimos varía según el tamaño del transformador;
- Es probable que los transformadores contruidos según diferentes conceptos de diseño presenten diferentes niveles de impedancia y diferentes tendencias de variación en todo el rango de tomas.

Transformadores de poder

Grupos de vectores de transformadores comunes trifásicos

fasor símbolos	Marcas de terminales y diagrama de desplazamiento de fase.		Conexiones de bobinado	
	bobinado de alta tensión	bobinado de baja tensión		
Yy0				
Dd0				
Yd1				
Dy1				
Yd5				
Dy5				
Yy6				
Dd6				
Yd11				
Dy11				

Proporcionamos soluciones modernas de automatización, protección, control y monitoreo de subestaciones para la distribución de energía desde subestaciones de BT hasta soluciones de redes de transmisión de EHV.

Schneider Electric ofrece modernas soluciones de automatización, protección, control y monitoreo de subestaciones para la distribución de energía desde subestaciones de BT hasta soluciones de redes de transmisión de EHV.

Con experiencia líder en protección, control y monitoreo, y con presencia mundial, nos enfocamos en soluciones fáciles de usar y de alta calidad con los últimos estándares de la industria e interoperabilidad, como IEC 61850, para aportar valor durante todo el ciclo de vida energético.

Para el desarrollo seguro de productos, Schneider Electric implementa las directrices descritas en IEC 62443-4-1 e IEC 62443-4-2, mientras que para soluciones, los capítulos IEC 62443-2-4 e IEC 62443-3-3 son los referenciados.

Proporcionamos productos y soluciones para la automatización de la energía en segmentos que incluyen soluciones avanzadas para Utilities. Dominamos muchos dominios que incluyen:

- sistemas de control de subestaciones;
- relés de protección;
- Detección, seguimiento y control de fallos de MT;
- RTU;
- Soluciones de automatización de redes.

EcoStruxure Power es la plataforma que digitaliza y simplifica los sistemas de distribución eléctrica. Con soluciones de distribución de energía conectadas y ciberresilientes, los equipos de operaciones de las instalaciones reciben datos procesables para ayudar en sus decisiones que ayudan a proteger a las personas, salvaguardar los activos y maximizar la continuidad del negocio.

y rendimiento.

Enlace:

<https://www.se.com/ww/en/work/campaign/innovation/power-distribution.jsp>

Los avances en tecnología, junto con cambios significativos en las organizaciones de servicios públicos, industriales y comerciales, han dado como resultado un nuevo énfasis en la ingeniería de sistemas secundarios. Además de las funciones tradicionales de medición, protección y control, ahora se requieren sistemas secundarios para proporcionar un verdadero valor agregado a las organizaciones, como una reducción en el costo de vida del capital y una mayor disponibilidad del sistema.

La evolución de los dispositivos conectados secundarios para formar sistemas de control digital continúa aumentando en gran medida el acceso a la información disponible dentro de la subestación, lo que resulta en nuevas metodologías para la gestión de activos.

Para proporcionar material de referencia al ingeniero de subestaciones moderno y en ejercicio, hemos elaborado una guía de referencia técnica [1] que cubre aspectos de los sistemas de protección, desde conocimientos y cálculos fundamentales hasta tecnologías básicas y temas como la respuesta transitoria y los problemas de saturación que afectan a los instrumentos, transformadores.

Enlaces útiles:

[1]https://go.schneider-electric.com/WW_201910_NPAG-ebook-full-access-Content_MF-LP-EN.html?source=Content&sDetail=NPAG-ebook-full-access-Content_WW

NPAG para Windows

https://www.schneider-electric.fr/fr/download/document/eBookNPAG_+for_Windows/

NPAG para Mac

https://www.schneider-electric.fr/fr/download/document/eBookNPAG_for_Mac/

- Las innovaciones tecnológicas como el Internet industrial de las cosas, el análisis de big data, la movilidad y la colaboración en el flujo de trabajo representan nuevas oportunidades para mejoras significativas en la confiabilidad de los activos (confiabilidad, disponibilidad, etc.) y el desempeño.
- ISO 55001 especifica los requisitos para un sistema de gestión de activos dentro del contexto de la organización, abordando riesgos y oportunidades para el sistema de gestión de activos.

Identifique riesgos potenciales de falla de aparatación entre las cinco causas principales y aprenda cómo evitarlos.

Según un informe de NETA, las cinco causas principales de fallos en las aparataciones de equipos electro-técnicos, de origen directo o indirecto, son las siguientes:

- conexiones flojas (la compañía de seguros en el 25 % de los casos);
- rotura del aislamiento eléctrico;
- penetración de agua de diversos orígenes;
- esterilizaciones para interruptores;
- protección de falla a tierra defectuosa.

¿Para qué?

- La economía circular exige diseñar para eliminar los residuos y la contaminación, mantener el material en uso y regenerar los sistemas naturales;
- La gestión de activos contribuye a prolongar la vida útil de los equipos y piezas de MT y otros dispositivos. El ecosistema general, incluida la gestión de activos, contribuye a minimizar la huella ambiental mediante la eficiencia energética y la eficiencia material, apuntando a una infraestructura descarbonizada y minimizando otras emisiones.

¿Por qué?

- Seleccione e ilumine recursos oscuros;
- Minimizar el tiempo de inactividad, que es un mantenimiento no programado vinculado a fallas de activos o un mantenimiento programado, con un enfoque de mantenimiento predictivo;
- El mercado está cambiando hacia una visión holística y centrada en las operaciones donde las oportunidades de mantenimiento proactivo y predictivo permiten al personal de primera línea actuar antes de que se produzcan costosas fallas o tiempos de inactividad.



Transformación digital

Las condiciones de uso influyen en la huella ambiental

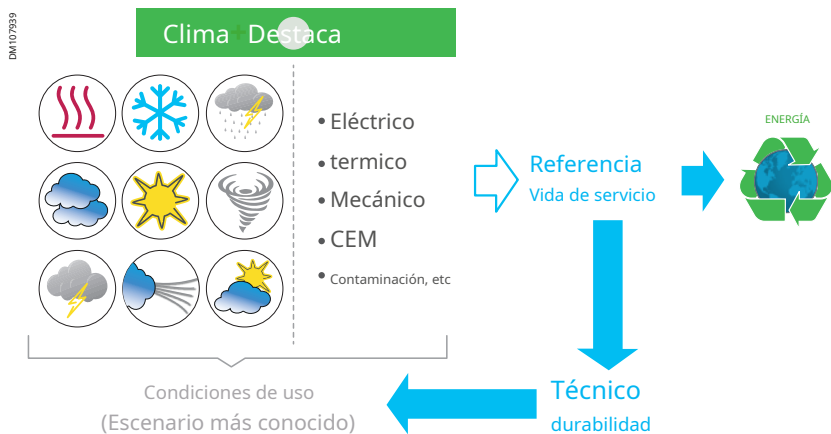
¿Cuáles son los requisitos previos?

- Las condiciones ambientales y operativas son los factores clave que influyen en la vida útil del producto. La vida útil se compone del tiempo de vida de referencia (RLT) esperado de cualquier producto, la evaluación del ciclo de vida (LCA) y la huella ambiental del producto (PEF) o el perfil ambiental del producto (PEP). En algunos casos, las condiciones ambientales no se pueden controlar y es necesario un envejecimiento prematuro o intervalos de mantenimiento más frecuentes.

Las condiciones de servicio influyen en la Huella Ambiental del Producto (PEF, LCA, PEP, etc.)*

*: La evaluación del ciclo de vida de un producto requiere una vida útil técnica esperada como dato de entrada, que depende de las condiciones normales de uso.

Por lo que se recomienda especificar dentro de la guía de instalación del producto, las condiciones para las cuales se alcanzaría la vida útil esperada, manteniéndose dentro de las condiciones ambientales y de operación normales (condiciones normales de uso).



Metodologías de inteligencia artificial (IA)

1. Generación de lenguaje natural
2. Reconocimiento de voz
3. Plataformas de aprendizaje automático
4. Agentes virtuales
5. Gestión de decisiones
6. Hardware optimizado para IA
7. Plataformas de aprendizaje profundo
8. Automatización robótica de procesos
9. Analítica de texto y PNL (Procesamiento del Lenguaje Natural)
10. Biometría

¿Cómo se pueden reducir los riesgos?

- Para una mejor evaluación de riesgos, amplíe los sentidos del operador mediante el uso de sensores adicionales y optimice la toma de decisiones mediante el uso de diversas metodologías y análisis, como el modelo de degradación física, el aprendizaje automático o cualquier otra tecnología de inteligencia artificial (IA).

¿Cómo empiezas?

- La transferencia de funciones del modelo de envejecimiento es compleja. Para los productos electrotécnicos, los factores ambientales que influyen se podrían resumir en la temperatura, la humedad y el contaminante; y los factores que influyen en el funcionamiento deben ser el voltaje, la corriente y el factor de carga.

¿Debería especificar la tecnología o centrarse en su tiempo de actividad?

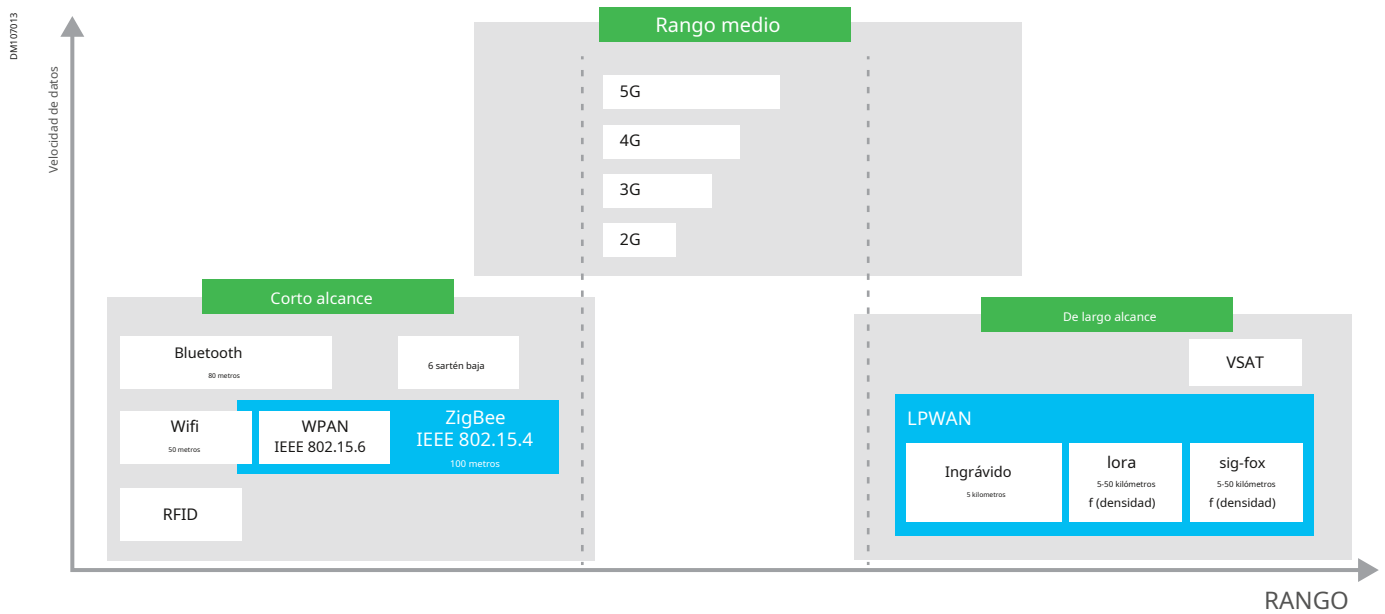
- Existen numerosos protocolos de comunicación inalámbrica y se requiere un análisis funcional dedicado para tomar la decisión correcta. Para una subestación, se debe seguir la serie de estándares IEC 61850 y el modelo de información común (CIM) para maximizar el tiempo de actividad y los intercambios de datos seguros. Sin embargo, algunos protocolos inalámbricos seguros pueden contribuir a maximizar el registro de datos, ayudando a cualquier evaluación de envejecimiento, como ZigBee Green Power (ZGP).

Transformación digital

Ejemplo de protocolos de comunicación inalámbrica.

La comparación entre estos protocolos debe analizar el costo del producto, la vida útil de la batería, la suscripción de radio, la EMC durante la operación y mantenimiento y el tratamiento de los datos. El costo y la confiabilidad siguen siendo las principales funciones esperadas. ZigBee fue diseñado para entornos de RF hostiles, de acuerdo con

IEEE 802.15.4, con características que incluyen prevención de colisiones, detección de energía del receptor, indicación de calidad del enlace, evaluación clara de canales, reconocimiento, seguridad, soporte para intervalos de tiempo garantizados y frescura de paquetes. ZigBee Green Power (ZGP) se desarrolló originalmente como un estándar inalámbrico de potencia ultrabaja para admitir dispositivos de recolección de energía.

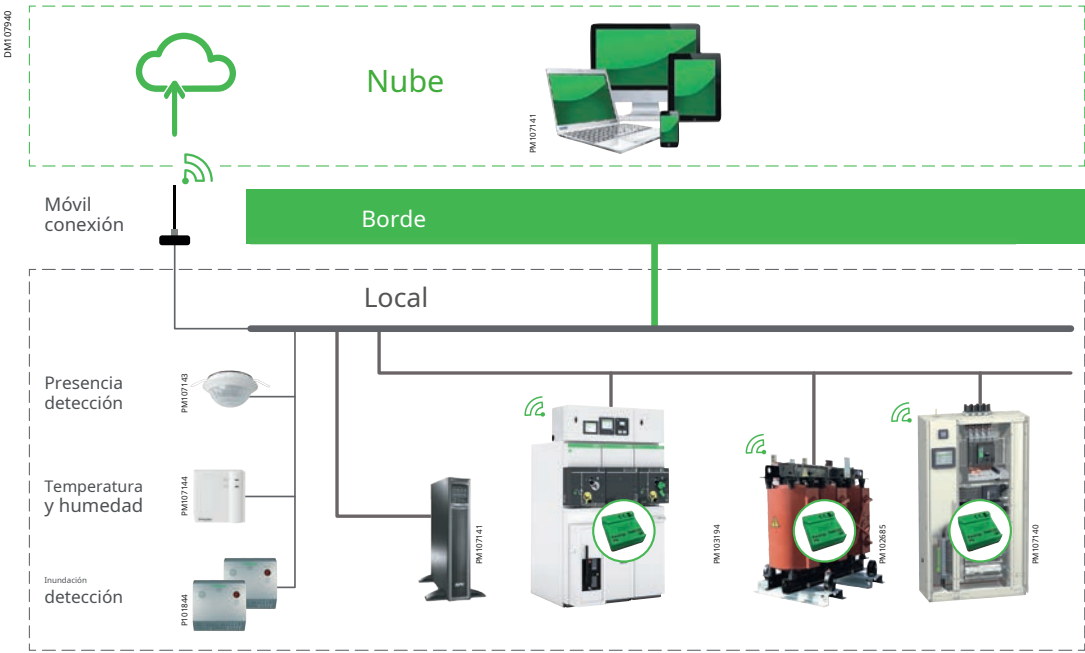


Transformación digital

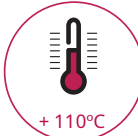
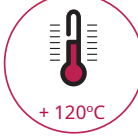
Arquitectura MT/BT

Esta arquitectura MT/BT se basa en las tres capas de nuestra plataforma EcoStruxure. Al utilizar sensores térmicos, como se muestra a continuación, esta arquitectura supera varias limitaciones que se encuentran cuando se debe implementar un sistema de rendimiento de activos.

Subestación eléctrica MT/BT digitalizada



Sensores para evaluación digital

Analítico	Red	Sensores	Datos
 Condición supervisión & profético mantenimiento	 Recolección de energía Sin batería Interoperable Flexible Respetuoso del medio ambiente	Ser motorizado  O Batería motorizado 	 0 a +80 °C  0 a +40 °C  0 a +35 °C  98% humedad relativa

DM107941

Las empresas de servicios públicos de hoy tienen que transformarse en servicios públicos inteligentes. Aquellos que tengan éxito en esta transición operarán una red inteligente eficiente, descarbonizarán su generación y brindarán nuevos servicios a sus clientes.

Compartimos [1][2] cómo las empresas de servicios públicos inician este viaje para convertirse en empresas de servicios públicos más inteligentes y cómo abordar nuevos modelos de negocio sin dejar de lograr un alto grado de confiabilidad y seguridad de la red. Tenemos una larga historia de participación en la industria de servicios públicos.

Desde finales del 19^o siglo, nuestros expertos han trabajado mano a mano con nuestros socios de servicios públicos para brindar energía estable a hogares y empresas. Ahora hay más en juego porque el mundo está conectado digitalmente y la prosperidad humana depende de la capacidad de las redes eléctricas para suministrar energía las 24 horas del día, los 7 días de la semana en todo el mundo.

Creemos que nuestra misión conjunta puede mejorar la vida de las empresas y de los 1.300 millones de personas que aún no tienen acceso a los servicios públicos. También somos muy conscientes del impacto de las actividades de generación de energía en el bienestar del planeta.

Escribimos el libro 'Impulsando un mundo "siempre conectado" [1] para describir cómo la automatización ayudará a las empresas de servicios públicos a modernizar, ampliar sus redes y cerrar la brecha entre los sistemas de información y las operaciones para aprovechar los datos y mejorar el servicio al cliente. Discutimos cómo las empresas de servicios públicos pueden gestionar mejor la demanda flexible para mitigar la generación variable. También exploramos cómo las empresas de servicios públicos pueden mejorar sus plantas de manera rentable, integrar energías renovables y construir microrredes para generar energía más limpia y confiable.

El libro incluye los siguientes capítulos:

- (1) La industria de servicios públicos: una evaluación actual
- (2) Gestión de activos: simplificación a pesar de la proliferación de big data
- (3) La red inteligente: ya no es sólo un mito
- (4) Garantizar que la energía nuclear siga siendo relevante y contribuya con su parte
- (5) Integración de energías renovables: un delicado acto de equilibrio
- (6) Gestión de la demanda y la influencia de los 'Prosumers'
- (7) Por qué las microrredes llegaron para quedarse
- (8) Resolviendo el enigma de la seguridad de la red
- (9) Subcontratar para acelerar: cómo aumentar los niveles de habilidad

Nuestra plataforma EcoStruxure Grid ofrece arquitecturas y servicios digitales que cierran la brecha entre el lado de la oferta y la demanda, cubriendo el ciclo de vida de un extremo a otro (desde la planificación, el diseño, la construcción, la operación hasta el mantenimiento) para ayudar a las empresas de distribución a lograr un futuro más sostenible.

Ofrece un conjunto de soluciones integradas para mejorar la confiabilidad, eficiencia y flexibilidad de la red. La integración de datos se basa en conceptos de Digital Twins que permiten el modelado, la simulación y la optimización de la planificación y las operaciones de la red, la gestión de activos de la red y la gestión del lado de la demanda.

Enlaces útiles:

[1] Capítulo uno del libro electrónico Smart Utility https://go.schneider-electric.com/EMEA_Cross-BU_UK_201710_Smart-Utilities-eBook-PF-Page.html?source=Content&sDetail=Smart-Utilities-eBook&

[2] <http://schneider-electric.com/smart-utility-ebook>

Nuevos marcos regulatorios, de normalización [1] y asociativos estructuran la nueva configuración del mundo en aspectos medioambientales, mejorándolos y coordinándolos.

El principal ha sido lanzado por las Naciones Unidas con los objetivos de desarrollo sostenible (ODS) transmitidos por muchos programas a nivel regional, nacional, empresarial [2], [3] o asociación.

De hecho, se ha demostrado que un diseño optimizado de la instalación, teniendo en cuenta las condiciones de operación, la ubicación de las subestaciones de MT/BT y la estructura de distribución (cuadros, electroductos, cables, metodología de enfriamiento), puede reducir sustancialmente los impactos ambientales (agotamiento de materias primas, consumo de energía), agotamiento, fin de vida), especialmente en términos de eficiencia energética.

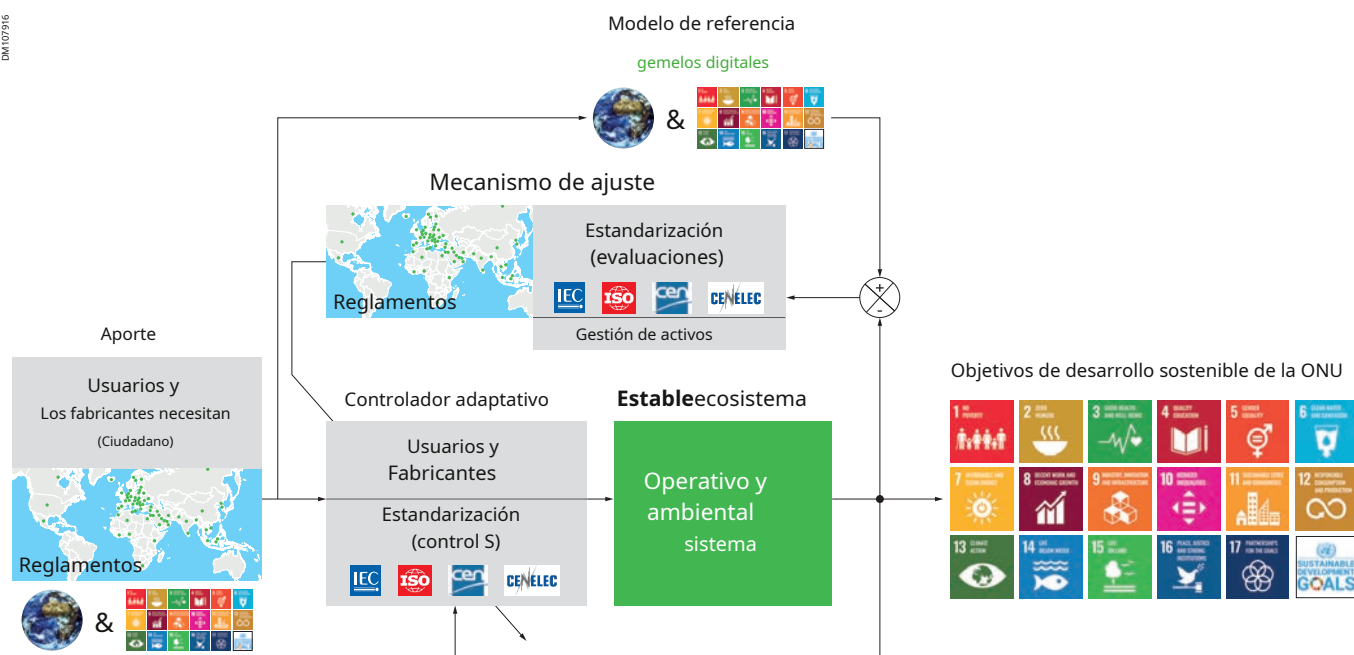
Además de su arquitectura, la especificación medioambiental de los componentes y equipos eléctricos es un paso fundamental para una instalación ecológica, en particular para garantizar una información medioambiental adecuada y anticiparse a la normativa.

La siguiente cláusula resume lo que está en juego, las acciones y el marco de estandarización para especificar mejor.

Ecosistemas

Los modelos de ecosistemas son muy complejos, como los sistemas que se encuentran en la industria de la automatización. Un objetivo se alcanzará mejor si sabemos atribuirle un modelo dinámico que solo buscará converger hacia el objetivo.

El siguiente esquema de control muestra las entradas y salidas de un ecosistema como los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) y lo que se observa y controla mediante el apoyo de modelos que representan un gemelo digital, compensando las incertidumbres del modelo.



Se busca la estabilidad de cualquier ecosistema desviado antes de garantizar su resiliencia. Este enfoque podría utilizarse cuando la Comisión Europea adopte un nuevo Plan de Acción de Economía Circular dentro del programa Green Deal y solicite mejorar las herramientas de modelización para capturar los beneficios de la economía circular en la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero a nivel nacional y de la UE. Los detalles del octavo programa de acción ambiental (PAE) explican cómo alcanzar los ODS para 2030. En su evaluación del séptimo EAP, la Comisión de la UE también concluyó que los avances relacionados con la protección de la naturaleza, la salud y la integración de políticas no eran suficientes.

Además, tal representación es necesaria porque debe entenderse que muchas herramientas normativas y regulatorias actúan en medida (observabilidad) cuando otras buscan la implementación de acciones (controlabilidad).

Esto es, por ejemplo, lo que sucede cuando se aplica la norma ISO/IEC 62430 para diseños ambientalmente conscientes y cuando se miden sus efectos con la norma EN 50693 que trata sobre "Reglas de categoría de productos para evaluaciones del ciclo de vida (LCA) de productos y sistemas electrónicos y eléctricos". Desde 2020, IEC, antes de cualquier propuesta de nuevo elemento de trabajo, solicita la identificación de la contribución esperada a los ODS.

A modo de ejemplo, IEC lanzó un nuevo grupo de trabajo dentro del TC111 que se ocupa de la reducción de emisiones de GEI, incluidos aspectos digitales para evitar impactos adversos para lograr el ODS 13.

Enlaces útiles:

Cómo la estandarización para el ecodiseño y la economía circular [1][Contribuye a la Sostenibilidad](https://www.se.com/id/es/download/document/998-2095-02-27-20AR0-ES/) <https://www.se.com/id/es/download/document/998-2095-02-27-20AR0-ES/>

Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de la ONU

[2]https://www.se.com/us/en/download/document/SDG_SSI/

El imperativo del cambio climático para 2030: tres acciones a tomar antes de que se acabe el tiempo [3]<https://perspectives.se.com/research/2030-scenario-white-paper>

Reclamaciones verdes

Incluso si los diseños ambientalmente conscientes no son nuevos, el esfuerzo debe continuar. Es necesario verificar si los sistemas de medición pueden medir las expectativas expresadas a través de los ODS.

Se identifican cuatro principios para mediciones relevantes del desempeño sustentable:

Métodos para fortalecer la calidad de los datos y luchar contra el greenwashing:

El método de Evaluación del Ciclo de Vida (LCA) es el mejor método para evaluar los impactos ambientales de productos y sistemas. Los escenarios de ACV deberían incorporar circularidades de materiales, evitando que el enfoque de la cuna a la tumba sea demasiado lineal. Para ello, todos los estándares EN 4555x publicados entre 2019 y 2020 deben ser adoptados por comités de producto y luego adaptados.

Aprovechar los enfoques sectoriales existentes:

Sectores específicos deben garantizar la disponibilidad de reglas específicas de producto (PSR) para realizar la evaluación del ciclo de vida como lo hace IEC TC121 dentro de IEC TS 63058 y como lo lanzó también CENELEC TC17AC para equipos de alto voltaje. Este artículo destaca varios elementos que se deben considerar en un PSR para equipos de alta tensión. Debe especificarse el uso de bases de datos reconocidas, como las bases de datos de ACV de la UE, capaces de respaldar la medición de objetivos medioambientales.

El alcance de la evaluación de la huella ambiental se limita a un producto utilizado en un sistema:

Para diferentes ecosistemas como infraestructuras existen otras herramientas de evaluación utilizadas para certificaciones HQE, LEED, BREEAM o equivalentes. Para otros ecosistemas, se deben considerar diferentes evaluaciones de múltiples marcos de evaluación existentes (Proyecto de divulgación de carbono (CDP), Iniciativa de presentación de informes globales (GRI), Directiva sobre información no financiera, etc.).

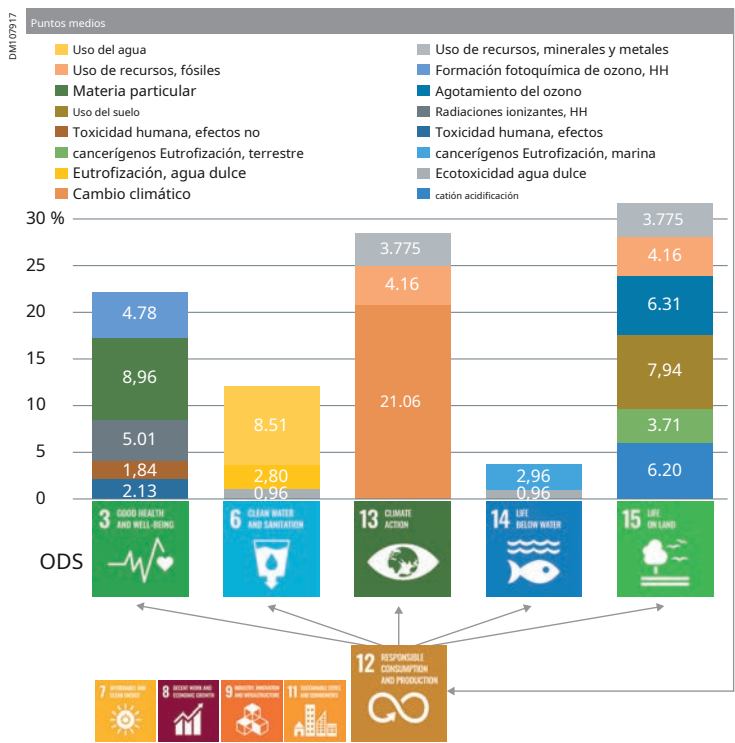
Interoperabilidad y disponibilidad de datos:

La transparencia, la comparabilidad y, por tanto, la competencia leal sólo se lograrían si los datos estuvieran disponibles en formato digital. Para lograr tal objetivo, los datos deben ser interoperables y de fácil acceso y comprensión. Debería funcionar el uso de un sistema internacional de referencia de datos del ciclo de vida (ILCD) y un catálogo de datos para equipos de alta tensión para alimentar el diccionario de datos común de IEC o una plataforma industrial como ecl@ss. Para equipos de alta tensión, en 2020 se publicó un primer informe IEC del CEI TC17 AHG7.

Categorías de impacto del ACV y ODS

El manual ILCD y el estudio del Centro Común de Investigación (JRC) sobre ACV convergen desde los impactos ambientales (puntos medios) hasta áreas de protección como la salud humana, el medio ambiente natural y los recursos naturales (puntos finales). Esto permite identificar los ODS impactados cuando se realiza un ACV. Un estudio realizado por el centro de investigación europeo JRC identificó varios vínculos con el ODS 12 correspondientes a un consumo y una producción responsables que tienen relación con ODS más globales como los ODS 7, 8, 9 y 11. Según la norma ISO 14044, el JRC aplica ponderaciones a las categorías de impacto, que es un paso de interpretación opcional de un estudio completo de ACV. La siguiente figura muestra las relaciones con los ODS y el circuito cerrado con categorías de impactos de punto medio y su impacto en los puntos finales.

Se debe considerar el ciclo de vida de los equipos de AT utilizados en un sistema y no los relacionados con la organización. Para identificar mejor las acciones a tomar durante la fase de diseño, es importante identificar los factores que influyen en el método de medición, que es el ACV.



Esto demuestra las interdependencias entre los ODS y las categorías de impacto recomendadas por la norma EN 50693, y la importancia para la estabilidad de los ecosistemas asociados.

Categorías de impacto del ACV, ODS y economía circular

La noción de concepto es importante para estructurar ideas y relaciones. Hasta la fecha no hemos identificado un concepto suficientemente robusto capaz de soportar las definiciones ya existentes en los distintos comités de normalización o en la normativa vigente. Una de las relaciones entre la eficiencia material y la gestión del valor es la confiabilidad. La confiabilidad infinita no es realista, pero debe entenderse que la cuestión de la confiabilidad es el punto de partida para la circularidad de los materiales. Por tanto, en la cadena de valor debe aparecer la durabilidad de un producto, su límite y su capacidad de reutilización o la capacidad de sus materiales y piezas. La primera orientación del subconjunto del producto depende de si se declaran como residuo o no como se muestra. Las dos figuras siguientes muestran cómo.

equipos de media tensión

y aspectos medioambientales

Esta subcláusula describe cómo especificar mejor los aspectos ambientales en los equipos de AT con respecto a las tendencias de evolución de la regulación y estandarización, reflejando las necesidades del usuario y del planeta. El diseño respetuoso con el medio ambiente ha estado presente en las actividades de I+D de los fabricantes durante muchos años, incluso si los cuadros de alta tensión no están dentro del alcance de la directiva de Ecodiseño de la UE. A título informativo, el estudio preparatorio para la revisión de esta directiva, como el texto adoptado para el Plan de Acción de Economía Circular (CEAP), debería cubrir productos no relacionados con la energía (ErP).

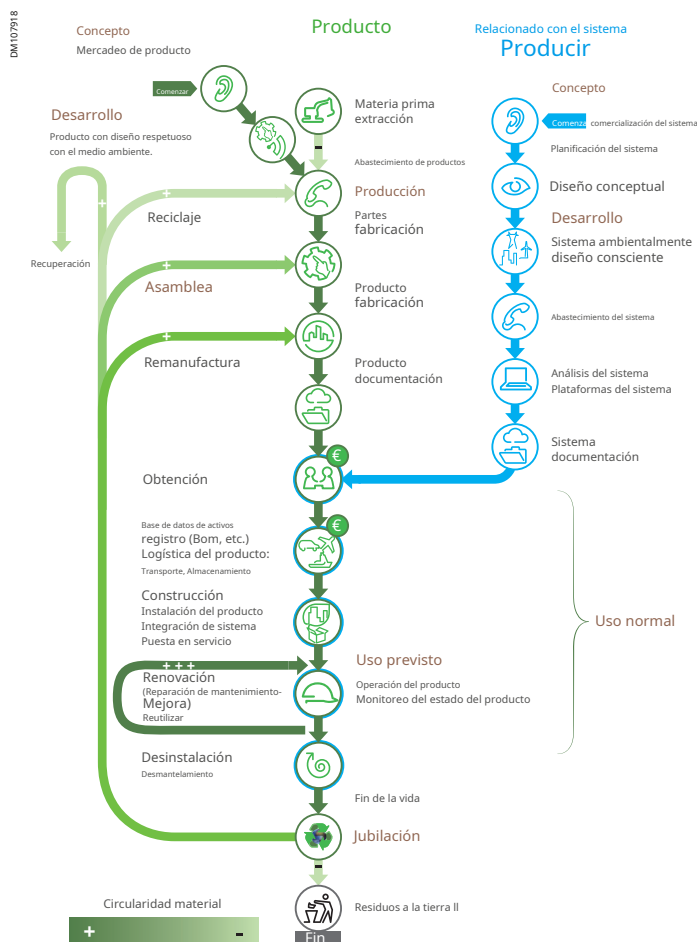
Aspectos ambientales:

Según la Guía IEC 109, los aspectos ambientales se pueden resumir en conservación de recursos, conservación de energía, prevención de la contaminación y evitación de residuos. De acuerdo con ISO/IEC/IEEE 82079-1, en las instrucciones de uso del equipo de alta tensión se debe encontrar información adicional relacionada con aspectos ambientales, la vida útil esperada y su conjunto de condiciones asociado.

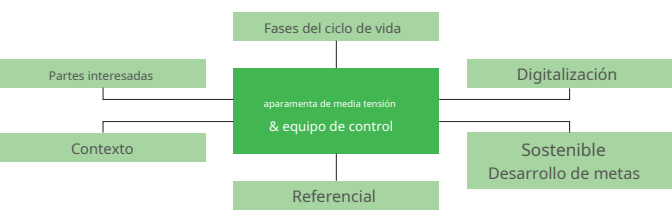
Pensamiento del ciclo de vida

El primer paso para una consideración holística es el pensamiento del ciclo de vida que considerará los casos de uso previamente identificados mediante un análisis funcional.

El ciclo de vida considerado debe considerar las circularidades materiales tales como:



La siguiente figura muestra un ejemplo de partes interesadas, sus relaciones e interdependencias, y describe funciones que deben repetirse para cada fase del ciclo de vida. En cada fase de la vida, una selección de las interacciones más relevantes ayuda a identificar las funciones esperadas en relación con los casos de uso.



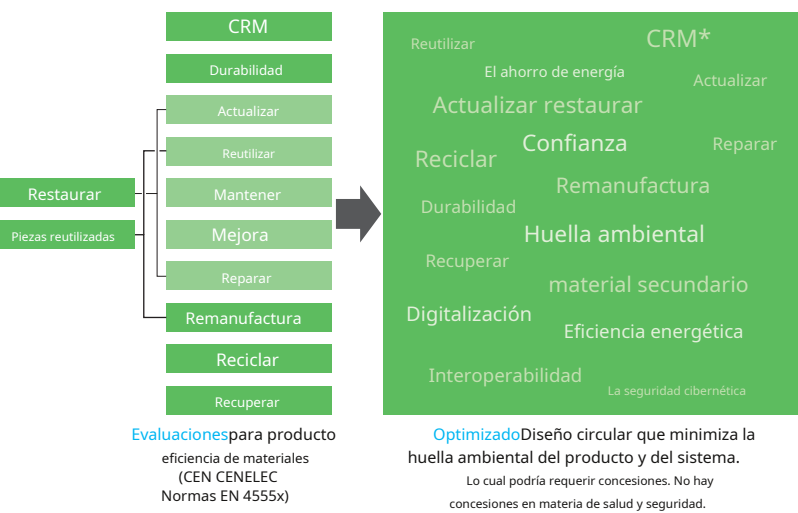
Versión más detallada:
https://www.se.com/fr/fr/descargar_documento/998-2095-02-27-20AR0-EN/

Eficiencia de materiales

Para respaldar la eficiencia material para una economía circular, en 2019 y 2020 se publicó un conjunto de estándares de la UE del CEN CENELEC JTC10. Todos estos estándares se han creado para evaluar principalmente las capacidades para las circularidades materiales.

- reacondicionamiento (mantenimiento, reparación, reutilización, actualización, mejora, % de contenido reutilizado), remanufactura, reciclaje, recuperación, % de contenido reciclado, % de contenido reutilizado. Sin embargo, es necesaria una evaluación holística, como la evaluación del ciclo de vida, para confirmar la eficiencia del material y minimizar la huella ambiental.

Este enfoque amplía el alcance de la evaluación de circularidades del material como se muestra:



(*) CRM: Materia Prima Crítica

El enfoque sistemático del diseño y desarrollo de productos, destinado a minimizar su impacto ambiental negativo, se conoce como diseño ECD ambientalmente consciente. El proceso ECD y los requisitos para equipos eléctricos y electrónicos (AEE) se describen en IEC 62430.

La siguiente es una figura modificada de la Guía IEC 109:2012 que muestra la relación entre las necesidades funcionales y las funciones técnicas, considerando el ciclo de vida para evaluar la huella ambiental descrita por categorías de impacto seleccionadas.

Circularidades materiales de los equipos de MT evitando impactos adversos

Cuando se aplica en una fase de diseño de un equipo de MT que se espera que funcione de acuerdo con su perfil de misión durante toda su vida útil, una evaluación de riesgos identifica la necesidad de evitar SF, un aumento de la eficiencia del material y las respectivas circularidades del material.

Los ítems de eficiencia material más importantes son, en orden:

- 1 La durabilidad o extensión de vida útil
 - a. Durabilidad técnica desde el primer uso hasta el primer evento limitante, ligada a la confiabilidad. Esta durabilidad técnica puede respaldarse mediante actividades de mantenimiento (preventivo, basado en condiciones y predictivo) y, en su caso, actualizaciones (análisis - software);
 - b. La durabilidad funcional se alcanza tan pronto como se alcanza un estado límite y se basa en cualquier otra actividad de restauración (correctiva-reparadora) para recuperarla;
 - c. Un estado funcional. Se puede considerar otra circularidad material, si la hubiera, como la reutilización.
- 2 La capacidad de actualización a nivel de dispositivo de conmutación y montaje (por ejemplo: posibilidad de ampliar un cuadro de MT mediante una solución descarbonizada adaptada a la necesidad, evitando la sustitución del cuadro de MT completo).
- 3 La capacidad de la logística inversa para dominar la gestión de residuos, como la gestión del medio aislante y su reciclabilidad y recuperabilidad, si la hubiera.
- 4 La reciclabilidad o capacidad de recuperación del material.
 - a. Tasa de reciclabilidad mejorando la huella ambiental y minimizando la recuperación energética;
 - b. En el caso de las aparatas de MT, el SF se recicla, aunque pocas normas mencionan su reutilización.

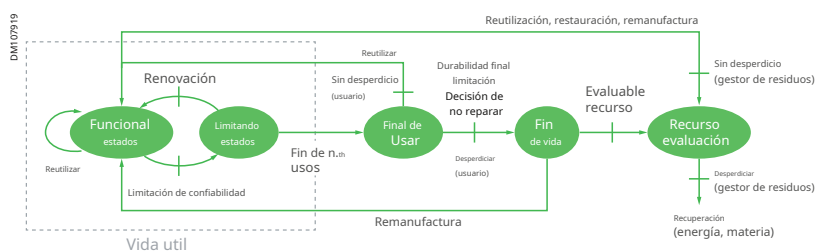
Se debe realizar una evaluación holística con una evaluación del ciclo de vida (LCA) utilizando reglas específicas del producto para equipos de MT para medir la influencia de la eficiencia de los materiales, la eficiencia energética y la reducción de cualquier emisión. La primera acción para reducir drásticamente las emisiones, como el potencial de calentamiento global que impacta el cambio climático, es la sustitución del SF por aire puro, incluso si se recicla el SF o gases alternativos. De lo contrario, se debe prestar atención para evitar posibles impactos adversos introducidos por la toxicidad de los gases alternativos.

Los beneficios de los cuadros libres de SF contribuyen a la descarbonización del sistema mediante una metodología evaluada teniendo en cuenta los requisitos de ISO 14067 e ISO 14021 [6].

Centrarse en la durabilidad técnica y funcional

Para los equipos de MT, el primer requisito es la capacidad de soportar las tensiones durante toda su vida útil. Esto se puede lograr si se monitorean las condiciones para verificar si se puede extender la vida útil o si se deben tomar algunas precauciones en el caso de envejecimiento prematuro hasta que se alcance el primer evento limitante, estemos dentro de la durabilidad técnica, posteriormente se realizará cualquier renovación (mantenimiento correctivo).) la actividad contribuye a la durabilidad funcional

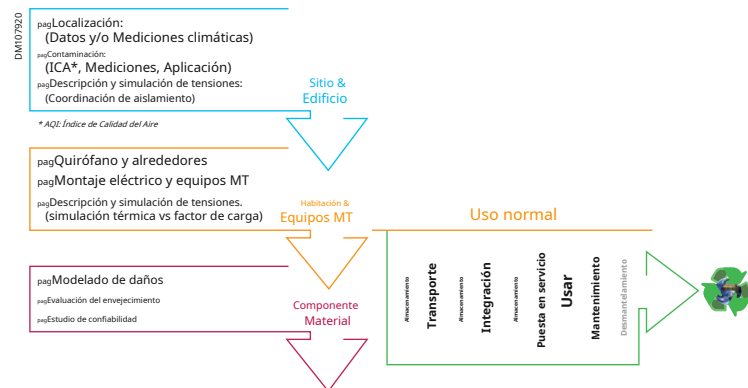
La EN 45552:2020 trata sobre métodos de evaluación de la durabilidad, incluida la fiabilidad. Las evaluaciones son más detalladas en comparación con el análisis de durabilidad de IEC 62308. La siguiente figura muestra la limitación de durabilidad y su extensión, y las diferentes circularidades de los materiales.



La etapa de diseño deberá considerar todas las fases de vida de los equipos de MT cuando se utilicen en un sistema. El uso normal y el uso previsto se diferencian por sus respectivas definiciones IEC. Necesitan especial atención para identificar posibles brechas con las condiciones consideradas para el diseño.

Las siguientes figuras muestran cómo identificar las precauciones y los parámetros que influyen, respectivamente, relacionados con el posible envejecimiento prematuro.

• Condiciones ambientales



• Condiciones de operación



Recomendaciones de evaluación del ciclo de vida (LCA)

La evaluación del ciclo de vida es un proceso reconocido para evaluar el impacto ambiental de un equipo cuando se utiliza en un sistema. Las reglas de categoría de producto deben estar de acuerdo con la norma EN 50693, que se transformará en reglas específicas de producto para los equipos de MT. El proceso ACV se aplica y reconoce ampliamente, como el ecopasaporte PEP [3], etc.

Vida útil de referencia

El ACV es válido para una vida útil de referencia. Las condiciones de servicio se definen dentro de la serie de normas IEC 62271 1 y están relacionadas con el rendimiento verificado mediante pruebas de tipo, mientras que se necesitan condiciones de servicio promedio para la vida útil de referencia. Incluso si el uso de la vida útil de referencia para el ACV es solo para fines de cálculo, es importante lograr coherencia entre la vida útil de referencia y la evaluación de la durabilidad de acuerdo con las condiciones ambientales y operativas promedio.

Los equipos de MT están cubiertos por las normas IEC TC17 divididos en dos categorías: dispositivos de conmutación y conjuntos. El ACV deberá definir la unidad funcional respectiva y sus calificaciones influirán en su diseño. Es necesaria una descripción detallada del equipo estudiado, describiendo lo que se incluye y lo que no se incluye en la evaluación. La información mínima deben ser las propiedades estandarizadas de la placa de identificación. Los límites del sistema basados en el diagrama del sistema deben especificarse de acuerdo con el ciclo de vida descrito anteriormente.

Reglas de corte

El criterio de corte es importante y podría ser diferente según la referencia en las reglas específicas de producto (PSR). La masa, la energía y los impactos medioambientales no tenidos en cuenta no deberán ser inferiores al 5 % respectivamente de la masa unitaria funcional, la energía primaria del ciclo de vida y el impacto medioambiental total del ciclo de vida. Con respecto al estudio de ACV, estas reglas de corte se pueden considerar si el fabricante demuestra que no tienen un impacto ambiental desproporcionado en el informe de ACV.

Escenarios

El escenario por defecto para los dispositivos y conjuntos de conmutación de MT se definirá considerando al menos la vida útil de referencia y su conjunto promedio de condiciones asociadas, la tasa de carga y la tasa de tiempo de carga. Algunas aplicaciones pueden requerir varios conjuntos de escenarios, pero la información refleja las propiedades promedio para comparar equipos de alta tensión.

El PSR en la UE para equipos de alta tensión deberá especificar la combinación energética más reciente y adaptada, como la energía bruta disponible (GAE) y la producción bruta de electricidad (GEP), e intensidad de emisión de GEI en gCO₂eq/kWh para [4, 5, 6]. Los factores de emisión y la trayectoria del suministro de electricidad deben armonizarse cuando se realice el ACV. La UIT recomienda para la red 351 gCO₂e/kWh en 2025, 200 en 2025 y 0 en 2050. Los detalles del escenario elegido deben citarse en la declaración ambiental y el informe ACV.

Enlaces útiles:

Programa PEP ecopasaaporte®:

[3]<http://www.pep-ecopassport.org/>

Agencia Internacional de Energía:

[4]<https://www.iea.org/subscribe-to-data-services/co2-emissions-statistics>

Metodologías de Huella de Carbono del Proyecto BEI:

[5]https://www.eib.org/attachments/strategies_eib_project_carbon_footprint_metologies_en.pdf

Metodología de Impacto del CO₂:

[6]https://download.schneider-electric.com/files?p_enDocType=Brochure&p_File_Name=CO2+Impact+Methodology.pdf&p_Doc_Ref=CO2_methodology_guide

Digitalización de categorías de impacto

Las cláusulas anteriores que tratan de los aspectos ambientales crean conciencia sobre cómo considerar todo el proceso de abordar el diseño ambientalmente consciente. Uno de los objetivos de este proceso para el usuario es poder comparar la huella ambiental de los equipos de MT cuando se utilizan en la red de distribución. Entre las propiedades ambientales que deben compartirse en el formato digital se encuentran las categorías de impacto ambiental. Para apoyar el intercambio de propiedades evitando problemas de interoperabilidad, se deben definir categorías de impacto ambiental, como los términos de definición utilizados para la eficiencia material para la economía circular.

Las siguientes tablas identifican categorías de impacto de la UE que podrían ser útiles para el IEC TC111 WG15 que trata sobre las reglas de categorías de productos (PCR) de LCA.

el IEC TC111 PT111 que trata sobre la eficiencia de materiales para un diseño ambientalmente consciente y el IEC TC111 WG17 que trata sobre los gases de efecto invernadero (GEI) reducción de emisiones.

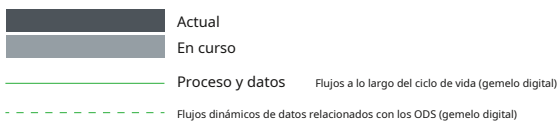
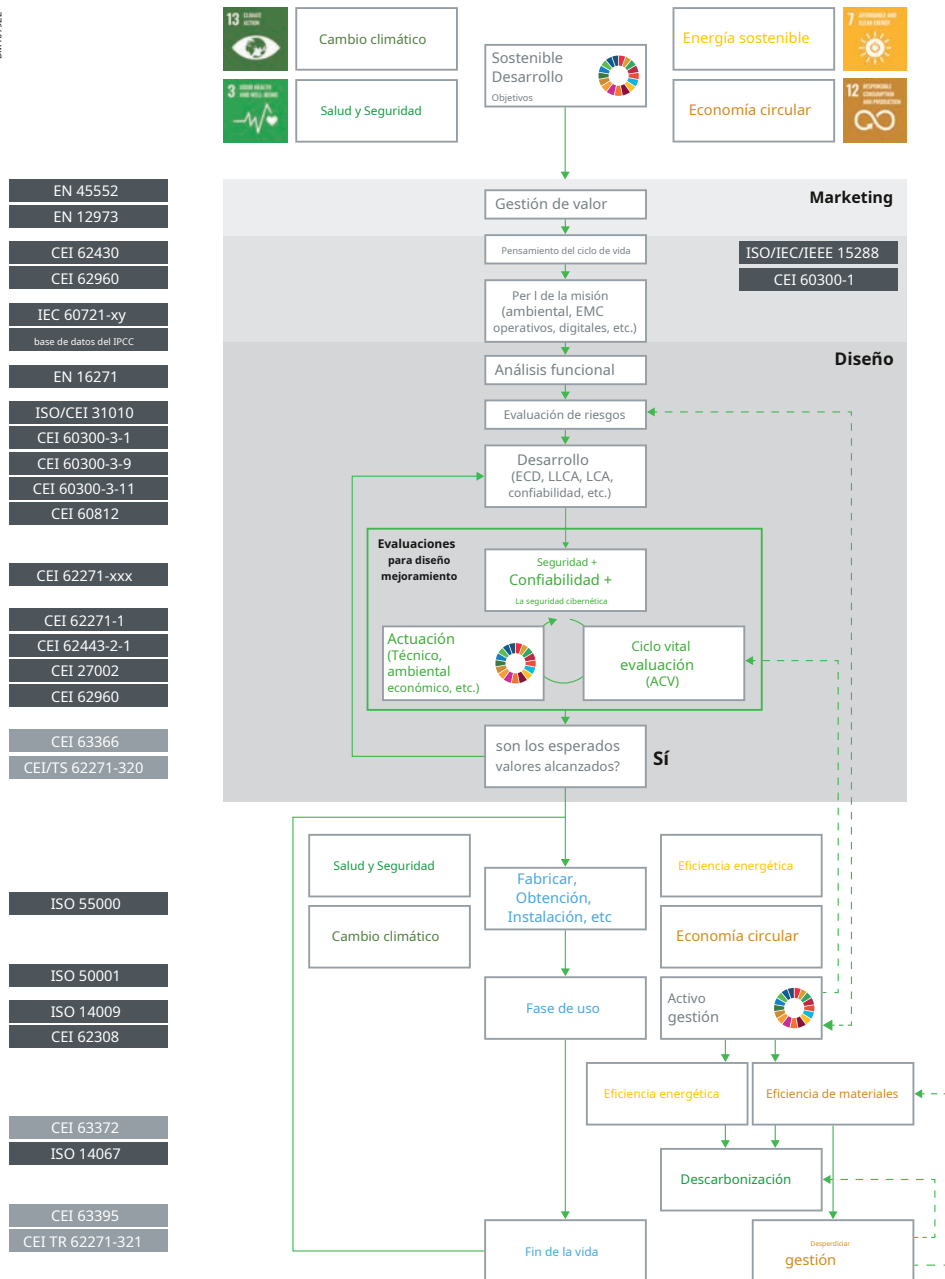
Impacto nombre de la categoría	Unidad	Definición ES
PCA del cambio climático	kgCO2eq	Capacidad de un gas de efecto invernadero para influir en el forzamiento radiativo, expresada en términos de una sustancia de referencia (por ejemplo, unidades equivalentes de CO2) y un horizonte temporal específico (por ejemplo, GWP 20, GWP 100, GWP 500, durante 20, 100 y 500 años, respectivamente).). Se relaciona con la capacidad de influir en los cambios en la temperatura media global del aire en la superficie y el cambio posterior en diversos parámetros climáticos y sus efectos, como la frecuencia e intensidad de las tormentas, la intensidad de las precipitaciones y la frecuencia de las inundaciones, etc.
Cambio climático - PCA fósil	kgCO2eq	Emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) a cualquier medio procedentes de la oxidación y/o reducción de combustibles fósiles mediante su transformación o degradación (p. ej. combustión, digestión, vertido, etc.). Esta categoría de impacto incluye emisiones provenientes de turba y calcinación/carbonatación de piedra caliza.
Cambio climático - GWP biogénico	kgCO2eq	Emisiones a la atmósfera (CO2, CO y CH4) procedentes de la oxidación y/o reducción de la biomasa aérea mediante su transformación o degradación (p. ej., combustión, digestión, compostaje, vertido) y la absorción de CO2 de la atmósfera mediante la fotosíntesis durante la biomasa crecimiento, es decir, correspondiente al contenido de carbono de los productos, los biocombustibles o los residuos vegetales aéreos, como la hojarasca y la madera muerta. Los intercambios de carbono de los bosques nativos se modelarán según LULT (incluidas las emisiones del suelo relacionadas, los productos derivados o residuos)
Cambio climático - uso de la tierra y transformación de la tierra GWP	kgCO2eq	Absorciones y emisiones de carbono (CO2, CO y CH4) originadas por cambios en las reservas de carbono provocados por el cambio de uso de la tierra y el uso de la tierra. Esta subcategoría incluye los intercambios de carbono biogénico provenientes de la deforestación, la construcción de carreteras u otras actividades del suelo (incluidas las emisiones de carbono del suelo). Para los bosques nativos, todas las emisiones de CO2 relacionadas se incluyen y modelan en esta subcategoría (incluidas las emisiones relacionadas del suelo, los productos derivados del bosque nativo35 y los residuos), mientras que se excluye su absorción de CO2.
Agotamiento del ozono	kgCFC-11eq	Categoría de impacto de HA que tiene en cuenta la degradación del ozono estratosférico debido a las emisiones de sustancias que agotan la capa de ozono, por ejemplo, gases que contienen cloro y bromo de larga duración (por ejemplo, CFC, HCFC, halones)
toxicidad humana, efectos del cáncer	CTUh	Categoría de impacto de los HA que da cuenta de los efectos adversos para la salud de los seres humanos causados por la ingesta de sustancias tóxicas por inhalación de aire, ingestión de alimentos/agua, penetración a través de la piel en la medida en que estén relacionados con el cáncer.
toxicidad humana, efectos no cancerosos	CTUh	Categoría de impacto de los HA que da cuenta de los efectos adversos para la salud de los seres humanos causados por la ingesta de sustancias tóxicas por inhalación de aire, ingestión de alimentos/agua, penetración a través de la piel en la medida en que estén relacionados con efectos no cancerígenos que no sean causados por partículas. materia/inorgánicos respiratorios o radiación ionizante
Materia particular Inorgánicos respiratorios	muertes/kg PM2.5 emitido	Categoría de impacto de HA que da cuenta de los efectos adversos para la salud humana causados por las emisiones de Material Particulado (PM2.5) con un diámetro de 2.5 micrómetros y menos y sus precursores (NOx, SOx, NH3)
Radiación ionizante - salud humana U235	kBqU235	Categoría de impacto de EF que tiene en cuenta los efectos adversos para la salud humana causados por las emisiones radiactivas

Impacto nombre de la categoría	Unidad	Definición ES
Ozono fotoquímico formación	kgNMVOceq	Categoría de impacto EF que da cuenta de la formación de ozono al nivel del suelo de la troposfera causada por la oxidación fotoquímica de compuestos orgánicos volátiles (COV) y monóxido de carbono (CO) en presencia de óxidos de nitrógeno (NOx) y luz solar. Las altas concentraciones de ozono troposférico a nivel del suelo dañan la vegetación, el tracto respiratorio humano y los materiales fabricados por el hombre a través de la reacción con materiales orgánicos.
Acidificación	molH+eq	Categoría de impacto de HA que aborda los impactos debidos a sustancias acidificantes en el medio ambiente. Las emisiones de NOx, NH3 y SOx provocan liberaciones de iones de hidrógeno (H+) cuando los gases se mineralizan. Los protones contribuyen a la acidificación de los suelos y el agua cuando se liberan en áreas donde la capacidad de amortiguación es baja, lo que resulta en la disminución de los bosques y la acidificación de los lagos.
Eutrofización terrestre	moleNeq	Los nutrientes (principalmente nitrógeno y fósforo) de los emisarios de aguas residuales y de las tierras agrícolas fertilizadas aceleran el crecimiento de algas y otra vegetación en el agua. La degradación del material orgánico consume oxígeno, lo que provoca una deficiencia de oxígeno y, en algunos casos, la muerte de los peces. La eutrofización traduce la cantidad de sustancias emitidas en una medida común expresada como el oxígeno necesario para la degradación de la biomasa muerta [para eutrofización, terrestre]
Eutrofización acuática agua dulce	agua dulce_kgPeq	Los nutrientes (principalmente nitrógeno y fósforo) de los emisarios de aguas residuales y de las tierras agrícolas fertilizadas aceleran el crecimiento de algas y otra vegetación en el agua. La degradación del material orgánico consume oxígeno, lo que provoca una deficiencia de oxígeno y, en algunos casos, la muerte de los peces. La eutrofización traduce la cantidad de sustancias emitidas en una medida común expresada como el oxígeno necesario para la degradación de la biomasa muerta [para eutrofización, agua dulce]
Eutrofización acuática marina	agua dulce_kgNeq	Los nutrientes (principalmente nitrógeno y fósforo) de los emisarios de aguas residuales y de las tierras agrícolas fertilizadas aceleran el crecimiento de algas y otra vegetación en el agua. La degradación del material orgánico consume oxígeno, lo que provoca una deficiencia de oxígeno y, en algunos casos, la muerte de los peces. La eutrofización traduce la cantidad de sustancias emitidas en una medida común expresada como el oxígeno necesario para la degradación de la biomasa muerta [para eutrofización, marina]
Ecotoxicidad-agua dulce (<100 años)	CTUe	Impactos tóxicos en un ecosistema, que dañan especies individuales y cambian la estructura y función del ecosistema. La ecotoxicidad es el resultado de una variedad de mecanismos toxicológicos diferentes causados por la liberación de sustancias con un efecto directo sobre la salud del ecosistema.
Uso del suelo	ver definición	Categoría de impacto del HA relacionada con el uso (ocupación) y la conversión (transformación) del área de la tierra por actividades como agricultura, caminos, vivienda, minería, etc. La ocupación de la tierra considera los efectos del uso de la tierra, la cantidad de área involucrada y la duración de su ocupación (cambios de calidad multiplicados por superficie y duración). La transformación del suelo considera el alcance de los cambios en las propiedades del suelo y el área afectada (cambios en la calidad multiplicados por el área) Unidades: - Adimensional (pt) / - kg producción biótica / (m2*a)2 / - kg suelo / (m2*a) / - m3 agua / (m2*a) / m3 agua subterránea/ (m2*a)
Escasez de agua	m3 mundo eq. Privado	Grado en que se compara la demanda de agua con la reposición de agua en un área, por ejemplo, una cuenca de drenaje, sin tener en cuenta la calidad del agua.
Uso de recursos: minerales y metales.	kgSb-eq	Categoría de impacto del HA que aborda el uso de recursos naturales abióticos no renovables (minerales y metales)
Uso de recursos - fósiles	mj	Categoría de impacto del HA que aborda el uso de recursos naturales fósiles no renovables (por ejemplo, gas natural, carbón, petróleo)
Uso de energía primaria no renovable	mj	Uso total de recursos energéticos primarios no renovables
Uso de renovables energía primaria	mj	Uso total de recursos energéticos primarios renovables.
Uso neto de agua dulce	m3	Agua dulce neta que ingresa al sistema del producto en estudio y que no regresa a la misma cuenca de drenaje de donde se originó.

Propiedad	Definiciones	Referencia documento
Materia prima crítica (CRM)	Materiales que, según una metodología de clasificación definida, son económicamente importantes, tienen un alto riesgo asociado a su suministro.	EN 45558 & y ISO 14009
Durabilidad	Capacidad de funcionar según sea necesario, en condiciones definidas de uso, mantenimiento y reparación, hasta alcanzar un estado límite final. Nota 1 a la entrada: El grado en que el mantenimiento y la reparación están dentro del alcance de la durabilidad variará según el producto o grupo de productos. Nota 2 a la entrada: La durabilidad se puede expresar en unidades apropiadas para la pieza o producto en cuestión, por ejemplo, tiempo calendario, ciclos de operación, distancia recorrida, etc. Las unidades siempre deben indicarse claramente.	EN 45552 y ISO 14009
Recuperación de energía	Producción de energía útil mediante la combustión directa y controlada de residuos. Nota Los incineradores de residuos que producen agua caliente, vapor y/o electricidad son una forma común de recuperación de energía.	Guía IEC 109
Circularidad material	Combinación de actividades encaminadas a minimizar el uso de recursos vírgenes y la emisión de residuos generando flujos circulares de materiales, piezas o productos y extendiendo la vida útil de los flujos. Nota 1 a la entrada: la restauración (mantener, reparar, reutilizar, actualizar y mejorar) ayuda a extender la vida útil de los materiales, piezas y productos durante la etapa de uso. Nota 2 a la entrada: la remanufactura y la reutilización ayudan a extender la vida útil de los materiales, piezas y productos para recuperar un uso normal. Nota 3 a la entrada: Un producto logrado mediante la circularidad del material no puede declararse como un producto nuevo porque a lo largo de la vida anterior del producto ciertamente hubo cambios regulatorios y envejecimiento de la(s) pieza(s) incluso si se conserva el rendimiento técnico. Nota 4 a la entrada: el reciclaje y la recuperación ayudan a extender la vida útil de los materiales para otros usos después del final de la vida útil de las piezas o productos.	CEI TC111 PT111-1 (IEV+ISO+JTC10)
Eficiencia de materiales	Minimización del uso de recursos (naturales) maximizando la vida útil de los productos mediante un diseño, reutilización y reciclaje optimizados. Nota 1 a la entrada: La palabra 'reutilizar' también incluye remanufactura, restauración, reacondicionamiento, etc.	ISO 14009
Recuperación de materiales / reciclaje	Operaciones de procesamiento de materiales, incluido el reciclaje mecánico, el reciclaje de materia prima (químico) y el reciclaje orgánico, pero excluyendo la recuperación de energía. Nota 1 a la entrada: el término 'reciclaje' se utiliza como sinónimo del término 'recuperación de material'	ISO 15270 y Guía IEC 109
Recuperación de energía	Cualquier operación por la que los residuos sirvan a una finalidad útil sustituyendo otros materiales (3.2.7) que de otro modo se habrían utilizado para cumplir una función particular, o residuos que se están preparando para cumplir esa función, en la planta o en la economía en general. Nota 1 a la entrada: operaciones de recuperación incluyen la recuperación de materiales y la recuperación de energía. Nota 2 a la entrada: en este documento solo se considera recuperación de productos (3.2.5), piezas (3.2.6) y materiales.	ISO 14009 y IEC TR 62635 para
Contenido reciclado	Proporción, en masa, de material reciclado en un producto	ISO 14021 y ISO 14009
Reciclaje	Ver recuperación de material	
Renovación	Mantenimiento o reparación funcional o estética de un artículo para restaurarlo a su forma y funcionalidad originales, mejoradas u otras predeterminadas.	CEI 60050-904 2019
Remanufactura	Proceso industrial de fabricación después del final de su vida útil, que crea un producto a partir del mismo producto o piezas usadas. Nota 1 a la entrada: los cambios no deberían necesitar pruebas de tipo y deberían verificarse mediante pruebas de rutina de acuerdo con la norma de producto actual.	CEI 60050-904 2019
Reutilizar	Proceso por el cual un producto, sus partes o materiales que no son residuos, habiendo llegado al final de su enésimo uso, se utilizan para el mismo fin para el que fueron concebidos, pero para otra categoría de producto.	
Reutilizar	Operación por la cual un producto, o una parte del mismo, habiendo llegado al final de una etapa de uso, no constituye un desperdicio y se vuelve a utilizar para el mismo fin para el que fue concebido.	ISO 14009 y EN 45554 y Reglamento de la UE
Actualizabilidad	Característica de un producto que permite que sus módulos o piezas se actualicen o reemplacen por separado sin tener que reemplazar todo el producto	CEI 60050-904 2019
Mejora	Proceso de mejora de la funcionalidad, rendimiento, capacidad o estética de un producto. Nota 1 a la entrada: la actualización puede implicar cambios en el software, firmware y/o hardware	EN 45554 y ISO 14009
Desperdiciar	Cualquier sustancia u objeto del que su poseedor se desprenda o tenga la intención o la obligación de desprenderse	EN 50693

Resumen ejecutivo del diseño ambientalmente consciente de aparata de MT

DM107922



Ambiente

Marco normativo

General

Como se mencionó anteriormente, cuando se realiza un análisis funcional, se debe considerar un elemento clave que no es obvio por la funcionalidad: es el marco regulatorio. Las regulaciones suelen ser locales, pueden ser regionales, como en Europa, EE. UU. con la EPA [1] o en China con el apoyo directo del ministerio [2], y aún no son globales. La orientación más global que alimenta los aspectos de los marcos regulatorios está cubierta por los objetivos de desarrollo sostenible [3].

El marco europeo evoluciona con los distintos programas del Pacto Verde de la UE [4], como el paquete Fit for 55, el plan de acción de economía circular (CEAP), la iniciativa de productos sostenibles (SPI) y el pasaporte de productos digitales (DPP) y la taxonomía para las finanzas.

Enlaces útiles:

[1]<https://www.epa.gov/laws-regulations> [2]

<https://english.mee.gov.cn/Resources/laws/>

[3]<https://sdgs.un.org/fr/goals>

[4]https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal_en

directivas europeas

En Europa se han publicado varias Directivas sobre equipos eléctricos, reconocidas internacionalmente para conseguir productos más ecológicos y seguros, introduciendo todos los aspectos para abordar la eficiencia energética y material, reduciendo los residuos y la contaminación.

RoHS [4]

Directiva (Restricción de Sustancias Peligrosas) en vigor desde julio de 2006 y revisada en 2012. Tiene como objetivo eliminar de los productos seis sustancias peligrosas: plomo, mercurio, cadmio, cromo hexavalente, bifenilos polibromados (PBB) o éteres de difenilo polibromados (PBDE) de la mayoría Productos eléctricos de usuario final. Aunque las instalaciones eléctricas como "instalaciones fijas a gran escala" no están dentro del alcance, el requisito de cumplimiento de RoHS puede ser una recomendación para una instalación sostenible.

RAEE2 [5]

El objetivo de la Directiva RAEE es contribuir a la producción y el consumo sostenibles mediante, como primera prioridad, la prevención de los RAEE y, además, mediante la reutilización, el reciclaje y otras formas de valorización de dichos residuos para reducir la eliminación de residuos y contribuir al uso eficiente de los recursos y a la recuperación de valiosas materias primas secundarias. También busca mejorar el desempeño ambiental de todos los operadores involucrados en el ciclo de vida de los AEE, por ejemplo, productores, distribuidores y consumidores y, en particular, aquellos operadores directamente involucrados en la recolección y tratamiento de RAEE.

La Directiva RAEE es aplicable a todos los Estados miembros de la Unión Europea. En cuanto a RoHS, las instalaciones eléctricas no están dentro del alcance de esta directiva. Sin embargo, se recomienda la información del producto al final de su vida útil para optimizar el proceso y el costo de reciclaje.

Calificación

En casos excepcionales, cuando sea necesario por el tamaño o la función del producto, el símbolo deberá estar impreso en el embalaje, en las instrucciones de uso y en la garantía del AEE.

Los componentes de media tensión no están dentro del ámbito de aplicación de la EEE según la definición del art. 3.1.(a) de la Directiva RAEE, pero se prestará atención a los dispositivos electrónicos integrados para su monitoreo.

Directiva marco sobre residuos [6]

La Directiva marco sobre residuos establece los conceptos y definiciones básicos relacionados con la gestión de residuos, incluidas las definiciones de residuo, reciclaje y valorización.

Directiva de ecodiseño [7]

Aparte de algunos equipos como la iluminación o los motores para los cuales son obligatorias medidas de implementación, no existen requisitos legales que se apliquen directamente a la instalación de MT. Sin embargo, la tendencia es dotar a los equipos eléctricos de su Declaración Ambiental de Producto, como viene siendo habitual en los Productos de Construcción, para anticiparse a las próximas exigencias del Mercado de la Edificación.

Directiva sobre gases fluorados [8]

Para controlar las emisiones de gases fluorados de efecto invernadero (gases fluorados), incluidos los hidrofluorocarbonos (HFC), la Unión Europea ha adoptado dos actos legislativos: el Reglamento sobre gases fluorados y la Directiva sobre sistemas móviles de aire acondicionado (MAC). Se propone una propuesta de actualización que afectará al SF₆ y a los gases alternativos para finales de 2021.

REACH [9] (Autorización de Evaluación de Registro de Productos Químicos)

En vigor desde 2007, tiene como objetivo controlar el uso de productos químicos y restringir su aplicación cuando sea necesario para reducir los riesgos para las personas y el medio ambiente. Con respecto a EE e instalaciones, exige que cualquier proveedor, previa solicitud, comunique a su cliente el contenido de sustancias peligrosas en su producto (las llamadas SVHC). Luego, un instalador debe asegurarse de que sus proveedores tengan disponible la información adecuada. En otras partes del mundo, las nuevas legislaciones perseguirán los mismos objetivos.

Algunos prestadores o proveedores pueden ayudar a cumplir los objetivos o requisitos de estas Directivas y normas, más allá del alcance de sus propias obligaciones.

Enlaces útiles:

[4]<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?uri=CELEX:32011L0065>

[5]<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?uri=CELEX:02012L0019-20180704>

y

<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?uri=celex%3A32018L0849>

[6]https://ec.europa.eu/environment/topics/waste-and-recycling/waste-framework-directive_en

[7]<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/ALL/?uri=celex%3A32009L0125>

[8]https://ec.europa.eu/clima/policies/f-gas/legislation_en

[9]<https://echa.europa.eu/regulations/reach/understanding-reach>

Aparamenta prefabricada encapsulada y revestida de metal

Introducción

Para empezar, aquí encontrará información clave sobre los cuadros de distribución de MT. Se hace referencia a la Comisión Electrotécnica Internacional (IEC) y ANSI/IEEE.

Todo diseñador de instalaciones de media tensión que utilicen celdas de MT necesita conocer las siguientes magnitudes básicas:

- Voltaje;
- Actual;
- Frecuencia;
- Potencia de cortocircuito;
- Condiciones de servicio;
- Accesibilidad o Categorías;
- Grado de protección;
- Clasificación del Arco Interno si corresponde.

La tensión, la corriente nominal y la frecuencia nominal a menudo se conocen o se pueden definir fácilmente, pero ¿cómo se pueden calcular la potencia o la corriente de cortocircuito?

¿Se puede calcular en un punto determinado de una instalación?

Conocer la potencia de cortocircuito de la red permite al proyectista elegir las distintas partes de un cuadro que deben resistir importantes aumentos de temperatura y limitaciones electrodinámicas. Conocer la tensión de servicio (kV) permitirá al diseñador comprobar, mediante la coordinación del aislamiento, qué resistencia dieléctrica de los componentes es la adecuada.

Ej: disyuntores, aisladores, CT.

La desconexión, control y protección de las redes eléctricas se logra mediante el uso de aparamenta.

La clasificación de las aparamentas encapsuladas en metal está definida en la norma IEC 62271-200 a nivel mundial y en ANSI/IEEE C37.20.3 e IEEE C37.20.2 para Norteamérica para los mercados bajo influencia norteamericana, con un enfoque funcional, utilizando varios criterios.

- Accesibilidad a los compartimentos por parte de personas;
- Nivel de Pérdida de Continuidad del Servicio cuando se abre un compartimiento del circuito principal;
- Tipo de barreras metálicas o aisladas, entre partes vivas y compartimentos accesibles abiertos;
- Nivel de resistencia al arco interno en condiciones normales de funcionamiento.

Aparamenta prefabricada encapsulada y revestida de metal

Voltaje

Ejemplo:

- Tensión de funcionamiento 20 kV;
- Tensión nominal 24 kV;
- Tensión soportada a frecuencia industrial 50 Hz 1 min, 50 kV rms;
- Tensión soportada de impulso 1,2/50 μ s: 125 kV pico.

Tensión de funcionamiento U (kV) de la red.

Se aplica a través de los terminales del equipo.

Es la tensión del servicio o red donde está instalado el equipo. Está sujeto a fluctuaciones ligadas al funcionamiento de la red, nivel de carga, etc.

Tensión nominal U_n (kV) del cuadro

Este es el valor rms (media cuadrática) máximo del voltaje que el equipo puede soportar en condiciones normales de funcionamiento.

La tensión nominal se seleccionará por encima del valor más alto de la tensión de funcionamiento y estará asociada a un nivel de aislamiento.

Nivel de aislamiento nominal U_{10} (kV, valor eficaz) y U_{10p} (kV, valor pico)

El nivel de aislamiento se define como un conjunto de valores de tensiones soportadas y para las aparatas de Media Tensión se especifican dos tensiones soportadas.

- U_{10} : tensión soportada a frecuencia industrial; Se considera que esta tensión soportada cubre todos los eventos de frecuencia bastante baja, normalmente sobretensiones de origen interno, que acompañan a todos los cambios en el circuito, como la apertura o el cierre de un circuito, una avería o un cortocircuito en un aislador, etc. La prueba de tipo asociada se especifica como una prueba de resistencia a la frecuencia industrial al valor nominal durante un minuto.
- U_{10p} : tensión soportada al impulso del rayo; Se considera que esta tensión soportada cubre todos los eventos de alta frecuencia; normalmente, las sobretensiones de origen externo o atmosférico ocurren cuando un rayo cae sobre o cerca de una línea. La prueba de tipo asociada se especifica como una prueba de resistencia al impulso con una forma de onda convencional (conocida como 1,2/50 μ s). Esta actuación también se conoce como 'BIL' por 'Nivel de impulso básico'.

NOTA: IEC 62271-1:2017/A1:2021, artículo 5 establece los distintos valores de tensión junto con, en el artículo 7, las condiciones de prueba dieléctrica. IEEE C37.100.1 muestra los niveles de aislamiento nominales utilizados en América del Norte que han sido considerados por la norma IEC 62271-1:2017.

Presentación

Aparamenta prefabricada
encapsulada y revestida de metal
Voltaje

Estándares

La siguiente tabla muestra la tensión nominal según lo definido por la norma IEC 62271-1:2017 Especificaciones comunes para aparamenta y control de corriente alterna de alta tensión.

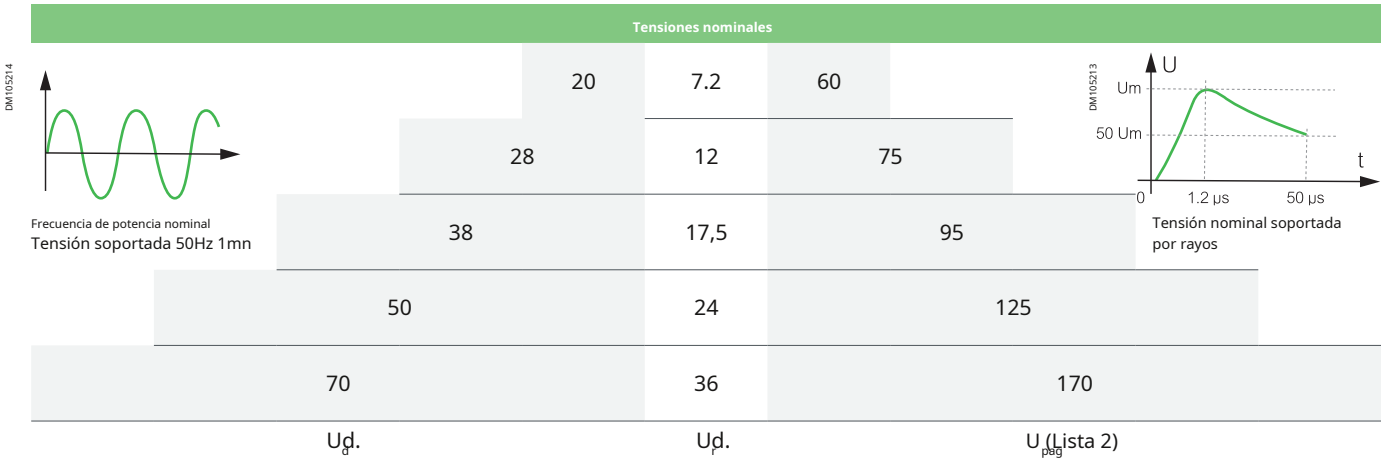
Gama I, serie I

Tensión nominal kV rms	Rayo clasificado resistencia al impulso tensión 1,2/50 µs Pico de 50 Hz kV		Potencia nominal-frecuencia Tensión soportada 1 min kV r ms	Funcionamiento normal Voltaje kV r ms
	Lista 1	Lista 2		
7.2	40	60	20	3,3 a 6,6
12	60	75	28	10 a 11
17,5	75	95	38	13,8 a 15
24	95	125	50	20 a 22
36	145	170	70	25,8 a 36

Gama I, serie II

Máximo clasificado tensión kV rms	Frecuencia industrial nominal tensión soportada 1 min kV rms (U _i)		Tensión nominal soportada al impulso de rayo 1,2/50 µs 50 Hz kV pico (U _{pag})	
	Común	aislar	Común	aislar
4.76	19	21	60	66
8.25	28	32	95	105
15.5	36	40	95	105
	50	55	110	121
25,8	60	66	125	138
			150	165
27	60	66	125	138
	70	77	150	165
38	70	77	150	165
	80	88	170	187
	95	105	200	220

Ejemplo de ilustración para tensiones nominales rango I, serie I



Aparamenta prefabricada encapsulada y revestida de metal

Voltaje

Los valores de tensiones soportadas en las tablas se definen en condiciones normales de servicio a altitudes inferiores a 1000 metros, 20 °C, 11 g/m³ humedad y una presión de 101,3 kPa.

Para otras condiciones, se aplican factores de corrección para las pruebas.

En caso de uso en condiciones diferentes, se debe considerar la reducción de potencia.

Para instalaciones eléctricas, la norma IEC 61936-1:2021 pertinente proporciona en su Tabla 2 para el rango de tensión I y en la Tabla 3 para el rango de tensión II espacios libres en el aire que se considera que proporcionan la tensión soportada requerida. Las instalaciones que utilizan dichas distancias no necesitan pruebas dieléctricas.

Rango de tensión I

Tensión nominal kV rms	Rayo clasificado resistencia al impulso tensión 1,2/50 µs	Distancias interiores y exteriores a tierra y distancias entre fases en aire cm	
		Interior	Exterior
3.6	20	6	
	40	6	
7.2	40	6	
	60	9	12
12	60	9	15
	75	12	15
	95	dieléctricas	
17,5	75	12	dieléctricas
	95	dieléctricas	
24	95	dieléctricas	
	125	22	
	145	27	
36	145	27	
	170	32	

Aparamenta prefabricada encapsulada y revestida de metal

Voltaje

Rango de tensión II

Tensión nominal kV eficaces	Rayo clasificado resistencia al impulso tensión 1,2/50 µs	Distancias interiores y exteriores a tierra y distancias entre fases en aire cm	
		Interior	Exterior
4.76	60	9	12
5.5	45	7	12
	60	9	12
	75	12	12
8.25	60	9	12
	75	12	15
	95	dieciséis	
15	95	dieciséis	
	110	18	
17,5	110	18	
	125	22	
24	150	28	
25,8	125	22	
	150	28	
27	95	dieciséis	
	125	22	
	150	28	
30	160	20	
36	200	38	
38	125	22	
	150	28	
	200	36	
38,5	155	27	40
	180	32	-

Aparamenta prefabricada encapsulada y revestida de metal

Actual

Corriente continua nominal: I (A)

Este es el valor rms de corriente que el equipo puede soportar cuando está permanentemente cerrado, sin exceder el aumento de temperatura permitido en las normas. La siguiente tabla muestra los límites de aumento de temperatura autorizados por la norma IEC 62271-1:2017/A1:2021 según el tipo de contactos.

Aumento de la temperatura

Tomado de la tabla 14 de las especificaciones comunes de la norma IEC 62271-1:2017/A1:2021. Respecto a las versiones anteriores, el SF₆, los gases alternativos o el aire han sido sustituidos respectivamente por gases oxidantes (OG) o gases no oxidantes (NOG).

Todo gas o mezcla de gases que contenga oxígeno se considera gas oxidante (OG). El SF₆ puro se considera gas no oxidante (NOG).

Naturaleza de la pieza del material y del dieléctrico (Ver puntos 1, 2 y 3) (Ver nota)	Temperatura (°C)	(θ - θ _{norte}) con θ _n = 40° (K)
1 Contactos (Consultar el punto 4)		
Cobre desnudo o aleación de cobre desnudo		
En OG (consulte el punto 5)	75	35
En NOG (consulte el punto 5)	115	75
En aceite	80	40
Recubierto de plata o niquelado (consulte el punto 6)		
En OG (consulte el punto 5)	115	75
En NOG (consulte el punto 5)	115	75
En aceite	90	50
Recubierto de estaño (consulte el punto 6)		
En OG (consulte el punto 5)	90	50
En NOG (consulte el punto 5)	90	50
En aceite	90	50
2 Conexiones atornilladas o dispositivos equivalentes (consulte el punto 4)		
Cobre desnudo o aleación de cobre desnudo o aleación de aluminio desnudo		
En OG (consulte el punto 5)	100	60
En NOG (consulte el punto 5)	115	75
En aceite	100	60
Recubierto de plata o niquelado (consulte el punto 6)		
En OG (consulte el punto 5)	115	75
En NOG (consulte el punto 5)	115	75
En aceite	100	60
Recubierto de estaño		
En OG (consulte el punto 5)	105	sesenta y cinco
En NOG (consulte el punto 5)	105	sesenta y cinco
En aceite	100	60

Aparamenta prefabricada encapsulada y revestida de metal Actual

Punto 1

- Según su función, una misma pieza puede pertenecer a varias categorías como se enumeran en la tabla anterior.
- En este caso, los valores máximos permitidos de temperatura y aumento de temperatura a considerar son los más bajos de las categorías pertinentes.

Punto 2

Para los dispositivos de conmutación en vacío, los valores de temperatura y los límites de aumento de temperatura no se aplican a las piezas en vacío. Las partes restantes no excederán los valores de temperatura y aumento de temperatura indicados en la tabla anterior.

Punto 3

Se tendrá cuidado para garantizar que no se causen daños a los materiales aislantes circundantes.

Punto 4

Cuando las piezas de engrane tengan diferentes revestimientos o una pieza sea de material desnudo, las temperaturas y aumentos de temperatura admisibles serán:

- para contactos, aquellos del material de la superficie que tenga el valor más bajo permitido en el punto 1 de la tabla anterior
- para conexiones, aquellas del material de la superficie que tenga el valor más alto permitido en el punto 2 de la tabla anterior

Punto 5

- NOG (Gases No Oxidantes), para efectos de este documento, son gases no reactivos que se consideran no acelerantes del envejecimiento de los contactos por corrosión u oxidación, debido a sus características químicas y registros operacionales demostrados.
- Los NOG reconocidos son SF₆, N₂, CO₂, CF₄. Se pueden utilizar puros o como mezcla de varios NOG.
- Los OG (Gases Oxidantes), para los efectos de este documento, son gases reactivos que pueden acelerar el envejecimiento de los contactos ya sea por fenómenos de corrosión (presencia de humedad) o por fenómenos de oxidación (principalmente debido al medio ambiente como el oxígeno). Los gases clasificados como OG son el aire ambiente, el aire "seco", cualquier gas no clasificado como NOG y cualquier mezcla que incluya parte de OG.

NOTA: Algunos gases considerados como OG en la clasificación anterior podrían reclasificarse como NOG en una futura revisión de la norma IEC 62271-1.

- Para obtener descripciones de estos fenómenos de corrosión y oxidación, consulte IEC TR 60943.
- Debido a la ausencia de corrosión y oxidación en el NOG, parece apropiada una armonización de los límites de temperatura para diferentes piezas de contacto y conexión en el caso de celdas aisladas en gas.
- Los límites de temperatura permitidos para piezas de cobre desnudo y aleaciones de cobre desnudas son iguales a los valores para piezas recubiertas de plata o níquel en el caso de atmósferas de NOG.
- En el caso particular de piezas recubiertas de estaño, debido a los efectos de la corrosión por contacto, no es aplicable un aumento de las temperaturas permitidas, incluso en las condiciones libres de corrosión y oxidación del NOG. Por lo tanto, los valores para piezas estañadas son más bajos.

Punto 6

La calidad de los contactos recubiertos será tal que quede una capa continua de material de recubrimiento en la zona de contacto:

- después de la prueba de hacer y romper (si corresponde)
- Después del corto tiempo resiste la prueba actual.
- después de la prueba de resistencia mecánica

Según las especificaciones pertinentes de cada equipo. De lo contrario, los contactos deben considerarse "desnudos".

NOTA: las corrientes nominales más comunes para los cuadros de MT son: 400, 630, 1250, 2500 y 3150 A.

Aparamenta prefabricada encapsulada y revestida de metal

Actual

Los límites de temperatura y el aumento de temperatura de los autobuses y las conexiones no deberán exceder los valores enumerados en IEEE C37.20.2 para Metalclad, como se resume en la siguiente tabla.

Tipo de autobús o conexión b, c, d ⁽²⁾⁽³⁾⁽⁴⁾	Límite del punto más caliente aumento de temperatura (°C)	Límite del punto más caliente temperatura total (°C)
Barras y conexiones con juntas de conexión de cobre a cobre sin chapar	30	70
Autobuses y conexiones juntas de conexión con superficie plateada o equivalente	sesenta y cinco	105
Autobuses y conexiones juntas de conexión con superficie de estaño o equivalente	sesenta y cinco	105
Conexión a cables aislados cobre a cobre sin chapar ⁽¹⁾	30	70
Conexión a cables aislados con superficie plateada o equivalente ⁽¹⁾	45	85
Conexiones a cables aislados con superficie de estaño o equivalente ⁽¹⁾	45	85

(1) Basado en cable aislado a 90 °C. La temperatura del aire que rodea los cables aislados dentro de cualquier compartimento de un conjunto cerrado no deberá exceder los 65 °C cuando el conjunto esté: 1. Equipado con dispositivos que tengan la clasificación de corriente máxima para la que está diseñado el conjunto.

2. Transportar corriente continua nominal a tensión nominal y frecuencia de potencia nominal.

3. A una temperatura ambiente de 40 °C.

Esta limitación de temperatura se basa en el uso de cables eléctricos aislados a 90 °C. El uso de cables con clasificación para temperaturas más bajas requiere una consideración especial.

(2) Todos los autobuses de aluminio deberán tener juntas de conexión con superficie de plata o equivalente, o con superficie de estaño o equivalente.

(3) Las conexiones de bus soldadas no se consideran juntas de conexión.

(4) Cuando las barras o conexiones tengan diferentes materiales o recubrimientos, los valores de temperatura final de aumento de temperatura permitidos serán los del conductor o recubrimiento que tenga el valor más bajo permitido en la tabla.

Los límites de temperatura y el aumento de temperatura de las conexiones no deben exceder los valores enumerados en IEEE C37.20.3 para gabinetes metálicos, como se resume en la siguiente tabla.

Naturaleza de la parte del material y del dieléctrico (Ver punto 1) (Ver nota)	Temperatura (°C)	($\theta - \theta_{norte}$) con $\theta_n = 40^\circ\text{CK}$
Conexiones atornilladas o dispositivos equivalentes (consulte el punto 1)		
Cobre desnudo o aleación de cobre desnudo o aleación de aluminio desnudo		
En aire	70	30
Recubierto de plata o niquelado		
En aire	105	sesenta y cinco
con superficie de estaño		
En aire	105	sesenta y cinco
Punto 1 Cuando las piezas de engrane tengan diferentes recubrimientos o una pieza sea de material desnudo, las temperaturas y aumentos de temperatura permisibles serán: para conexiones, las del material de la superficie que tenga el valor más alto permitido en esta tabla.		

Aparamenta prefabricada encapsulada y revestida de metal

Actual

Ejemplos:

Para cuadro con alimentador a motor de 630 kW y alimentador a transformador de 1250 kVA a tensión de funcionamiento de 5,5 kV.

- Calcular la corriente de funcionamiento del alimentador del transformador; poder aparente:

$$y_o = \frac{S}{U \times \sqrt{3}} = \frac{1250}{5,5 \times \sqrt{3}} = 130A$$

- Cálculo de la corriente de funcionamiento del alimentador del motor:

$\cos\phi$ = factor de potencia = 0,9; η = eficiencia del motor = 0,9

$$y_o = \frac{S}{U \times \sqrt{3} \times \cos\phi \times \eta} = \frac{630}{5,5 \times \sqrt{3} \times 0,9 \times 0,9} = 82A$$

Corriente nominal soportada de corta duración: I_{pa} (A)

El valor rms de la corriente que el dispositivo de conmutación y el dispositivo de control pueden transportar en la posición cerrada durante un período breve específico en condiciones de uso y comportamiento prescritas. El tiempo corto es generalmente de 1 s, 2 s y, a veces, 3 s.

Corriente nominal máxima soportada: I_{pa} (A)

La corriente máxima asociada con el primer bucle principal de la corriente nominal soportada de corta duración que el equipo de conmutación y control puede transportar en la posición cerrada bajo condiciones prescritas de uso y comportamiento.

Corriente de funcionamiento: I (A)

Este se calcula a partir del consumo de los dispositivos conectados al circuito considerado. Es la corriente que realmente fluye a través del equipo. Si la información es desconocida, para poder calcularla el cliente deberá facilitar dicha información. La corriente de funcionamiento se puede calcular cuando se conoce la potencia de los consumidores actuales.

Corriente de cortocircuito mínima

I_{min} (valor kA rms) de una instalación eléctrica (ver explicación en el capítulo 'Corrientes de cortocircuito').

Corriente máxima de cortocircuito

I_k (valor kA rms 1 s, 2 s o 3 s) de una instalación eléctrica (ver explicación en el capítulo 'Corrientes de cortocircuito').

Valor pico del cortocircuito máximo

Valor para una instalación eléctrica: (valor del pico inicial en el periodo transitorio) (ver explicación en el capítulo 'Corrientes de cortocircuito').

Aparamenta prefabricada encapsulada y revestida de metal

Funciones de frecuencia y aparamenta.

Frecuencia

En todo el mundo se suelen utilizar dos frecuencias:

Una breve lista podría resumirse de la siguiente manera, sabiendo que algunos países utilizan ambas frecuencias en diferentes redes:

- 50 Hz en Europa – África – Asia – Oceanía – Sur de América del Sur excepto los países mencionados para 60 Hz;
- 60 Hz en Norteamérica – Norte de Sudamérica – Reino de Arabia Saudita – Filipinas – Taiwán – Corea del Sur – Sur de Japón.

Funciones del cuadro

La siguiente tabla describe las diferentes funciones de conmutación y protección que se encuentran en las redes de MT y su esquema asociado.

Designación y símbolo	Función	Conmutación actual	
		Operando actual	Corriente de falla
Desconectador 	Aísla		
Seccionador de tierra 	conecta a la tierra		(cortocircuito capacidad de producción)
interruptor de carga 	Conmuta cargas	●	(cortocircuito capacidad de producción)
interruptor seccionador 	interruptores Aísla	●	(cortocircuito capacidad de producción)
Cortacircuitos 	interruptores Protege	●	●
contactor 	Conmuta cargas	●	
contactor extraíble 	interruptores Aísla si se retira	●	
Fusible 	Protege No aísla		● (una vez)
Dispositivos extraíbles 	Ver asociado función	Ver asociado función	Ver asociado función

● =Sí

Aparamenta prefabricada encapsulada y revestida de metal

Accesibilidad y continuidad del servicio.

Algunas partes del cuadro pueden ser accesibles al usuario, por diversas razones, desde la operación hasta el mantenimiento, y dicho acceso podría perjudicar el funcionamiento general del cuadro y, por lo tanto, disminuir la disponibilidad.

La IEC 62271-200 propone definiciones y clasificaciones orientadas al usuario destinadas a describir cómo se puede acceder a un tablero determinado y qué será las consecuencias sobre la instalación. Consulte IEEE C37.20.2 y C37.20.3 para conocer las categorías de gabinetes para América del Norte.

El fabricante indicará cuáles son las partes del cuadro a las que, en su caso, se puede acceder y cómo se garantiza la seguridad. Para ello habrá que definir compartimentos, y algunos de ellos se calificarán como accesibles.

Se proponen tres categorías de compartimentos accesibles:

- **Entrelazar**-acceso controlado: las funciones de enclavamiento del cuadro garantizan que la apertura sólo sea posible en condiciones de seguridad;
- **Procedimiento**-acceso basado: el acceso se asegura mediante, por ejemplo, un candado y el operador deberá aplicar procedimientos adecuados para garantizar un acceso seguro;
- **Herramienta**-acceso basado: si se necesita alguna herramienta para abrir un compartimento, el operador deberá ser consciente de que no se han tomado medidas para garantizar una apertura segura y que se deberán aplicar los procedimientos adecuados. Esta categoría está restringida a compartimentos donde no se especifica ni el funcionamiento ni el mantenimiento normales.

Cuando se conoce la accesibilidad de los distintos compartimentos, entonces se podrán evaluar las consecuencias de la apertura de un compartimento sobre el funcionamiento de la instalación; es el concepto de Pérdida de Continuidad del Servicio el que conduce a la clasificación LSC propuesta por la IEC: 'categoría que define la posibilidad de mantener energizados otros compartimentos de alta tensión y/o unidades funcionales al abrir un compartimento de alta tensión accesible'.

Si no se proporciona ningún compartimento accesible, entonces no se aplica la clasificación LSC.

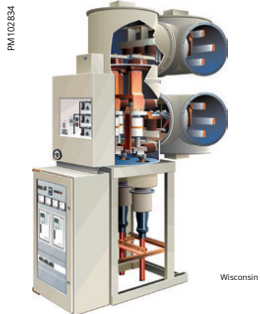
Se definen varias categorías, según "la medida en que se prevé que el cuadro y el equipo de control permanezcan operativos en caso de que se proporcione acceso a un compartimento de alta tensión":

- Si es necesario apagar cualquier otra unidad funcional distinta a la que está en intervención, entonces el servicio es sólo parcial: LSC1;
- Si al menos un conjunto de barras puede permanecer activo y todas las demás unidades funcionales pueden permanecer en servicio, entonces el servicio es óptimo: LSC2;
- Si dentro de una sola unidad funcional, se puede acceder a otros compartimentos además del compartimento de conexión, entonces se puede utilizar el sufijo A o B con la clasificación LSC2 para distinguir si los cables deben estar inactivos o no al acceder a este otro compartimento.

Pero, ¿existe una buena razón para solicitar acceso a una función determinada? Ese es un punto clave.

Aparamenta prefabricada encapsulada y revestida de metal

Ejemplos



Ejemplo 1

Schneider Electric WI es una aparamenta aislada en gas (GIS) con disyuntor en vacío (VCB) sin mantenimiento de primera generación, lanzada en 1982, para hasta 52 kV en cubículos de 600 mm de ancho.

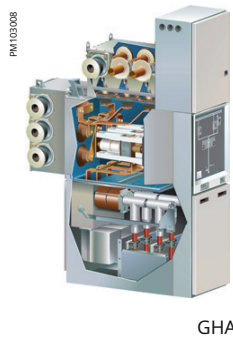
El diseño del tubo normalmente proviene de aparamentas de alta tensión, pero aquí con 3 fases por tubo.

Los cuadros de este segmento superior de MT están disponibles como solución de barra simple (SBB) y de doble barra (DBB).

El disyuntor y el compartimiento de la barra colectora son tanques de acero inoxidable separados, llenos de gas SF únicamente como aislamiento.

Sólo se accede a la zona de conexión de cables, aquí desde la parte trasera del cuadro.

Tanques herméticamente cerrados y puestos a tierra, evitar el acceso a partes vivas, pero se consideran compartimentos no accesibles. La pérdida de continuidad del servicio (LSC) es LSC2 y está definida por IEC 62271-200.



Ejemplo 2

El GIS (Schneider Electric GHA hasta 40,5 kV) con diseño de cubículo y con interruptores de vacío está diseñado para llenarse con gas SF en el sitio de fabricación, a fin de no tener manipulación de gas en el sitio.

Todo el montaje se realiza en fábrica con condiciones controladas y las cabinas se entregarán in situ 'listas para conectar'.

El equipo en el tanque de gasolina no requiere mantenimiento durante su vida operativa. Los componentes como los transformadores de instrumentos o el mecanismo de accionamiento se encuentran accesibles fuera del compartimento de gas.

GHA está disponible como solución SBB y DBB. El diseño es de metal cerrado y partición metálica (PM) entre los compartimentos con LSC2.



Ejemplo 3

Este tablero aislado en gas SBB (Schneider Electric CBGS-0 hasta 36 kV/38 kV) contiene un disyuntor de vacío o SF y un seccionador de 3 posiciones en un tanque de gas SF. El embarrado situado en la parte superior, es un sistema totalmente aislado, apantallado y conectable. La barra colectora y el blindaje están conectados a tierra y hacen que sea seguro tocar la barra colectora. Opcionalmente se pueden instalar transformadores de medida en el compartimento de barras y cables, accesible y fuera del compartimento de gas. Todas las operaciones se pueden realizar desde el frente para permitir una instalación en la pared trasera que ahorra espacio. Las barras colectoras y los cables de alta tensión se pueden conectar a un casquillo de cono exterior estándar. La pérdida de continuidad del servicio (LSC) está definida por IEC 62271-200 a LSC2.



Ejemplo 4

De tecnología mixta (Schneider Electric GenieEvo) con un compartimento de conexiones aislado en aire y un dispositivo de conmutación principal aislado en aire que se puede extraer con el embarrado bajo tensión, gracias al seccionador.

Su diagrama unifilar es similar al ejemplo 2.

Si tanto el compartimento de conexiones como el compartimento del disyuntor son accesibles, y el acceso a cualquiera de ellos implica que primero se desconectan los cables y se ponen a tierra.

La categoría es LSC2A-PM.

Aparamenta prefabricada encapsulada y revestida de metal

Ejemplos



Ejemplo 5

MCSet es una aparamenta aislada en aire (AIS) con disyuntores de vacío o SF sin mantenimiento que ha sido diseñada para los diversos requisitos operativos en sistemas de distribución de media tensión públicos e industriales de hasta 24 kV y corrientes nominales de 630 A a 3150 A. Instalación espalda con espalda, conexiones desde abajo o desde arriba: MCSet ofrece una amplia gama de disposiciones con AFLR clasificado para arco interno hasta 50 kA/1 s. El control remoto total de las operaciones del disyuntor y del seccionador de puesta a tierra aumenta la seguridad del operador. El disyuntor, el compartimento de barras y el compartimento de cables están separados, lo que otorga la clase PM. MCSet está clasificado como 'LSC2B' en la categoría de Pérdida de Servicio definida por la norma IEC 62271-200: particiones metálicas segmentan los distintos compartimentos del cubículo permitiendo una intervención segura en uno de ellos incluso si los demás permanecen energizados.



Ejemplo 6

Un típico cuadro interruptor-seccionador de distribución secundaria, con un solo compartimento accesible con enclavamiento para la conexión (Schneider Electric SM6). Al acceder a un compartimento dentro del cuadro de distribución, ~~todo~~ otras unidades funcionales permanecen en servicio. La categoría es LSC2.

Una situación similar ocurre con la mayoría de las soluciones de unidades principales en anillo.



Ejemplo 7

Una unidad funcional inusual, disponible en algunas gamas:

la unidad de medición que proporciona VT y CT en la barra colectora de un conjunto (aquí un Schneider Electric RM6).

Esta unidad tiene un solo compartimento, accesible, por ejemplo, para cambiar los transformadores o su relación. Al acceder a dicho compartimento, el embarrado del conjunto deberá estar muerto, impidiendo así cualquier continuidad de servicio del conjunto. Esta unidad funcional es LSC1.



Ejemplo 8

La nueva generación de Aparamentas de MT incorpora una gran cantidad de innovaciones. El sistema de aislamiento sólido blindado (SSIS) reduce drásticamente el riesgo de fallas de arco interno y lo hace insensible a ambientes hostiles.

Un conjunto de aparamenta de vacío modular compacto (Schneider Electric PREMSET), con una amplia variedad de funciones, diseñado para adaptarse ~~todo~~ aplicaciones. Esta unidad funcional es LSC2A-PM.



Ejemplo 9

La nueva generación de aparamenta GIS primaria libre de SF (GM AirSeT y GM AirSeT Performance, clasificaciones de hasta 40,5 kV 2500 A 40 kA de Schneider Electric) utiliza interruptores de vacío para la interrupción y se llena con aire puro en el sitio de fabricación. Es de fácil instalación, no es necesario manipular el gas para la conexión de la barra colectora en el sitio. Los componentes sellados en el tanque de gasolina no requieren mantenimiento durante su vida útil. Componentes como transformadores de medida o mecanismos de accionamiento se encuentran accesibles fuera del compartimento de gas. Las funciones digitales como el monitoreo de gas, térmico, de mecanismos y de descargas parciales permiten la optimización de la red y un mantenimiento más sencillo. Este producto sin SF y con aire puro es tan compacto como los existentes que utilizan SF. La gama GM AirSeT está disponible con una sola barra colectora, mientras que la gama GM AirSeT Performance está disponible con una solución de barra colectora simple o doble.

El diseño es de metal cerrado y la categoría de partición metálica (PM) entre los compartimentos es LSC2.

Aparamenta prefabricada encapsulada y revestida de metal

Ejemplos



SM AirSet

Ejemplo 10

La nueva generación de celdas AIS secundarias libres de SF (SM AirSeT hasta 24 kV 1250 A y 25 kA de Schneider Electric) está diseñada con un interruptor tradicional de 3 posiciones con el innovador Sistema de interrupción en vacío Shunt en paralelo al seccionador. El tanque está lleno de Aire Puro. Están disponibles unidades funcionales interruptor-seccionador-seccionador, interruptor-seccionador-fusible y disyuntor-seccionador. Las funciones digitales como el monitoreo térmico, ambiental y de descargas parciales permiten la evaluación del estado y el mantenimiento predictivo.

Este producto sin SF con aire puro ocupa el mismo espacio que los productos SF y es totalmente intercambiable con la versión existente con SF y conserva los mismos modos de funcionamiento. Al acceder a un compartimento dentro del cuadro de distribución, **todas** las unidades funcionales se mantienen en servicio. La categoría es LSC2A-PI.



AirSeT

Ejemplo 11

La nueva generación de Unidad Principal en Anillo libre de SF (RM AirSeT hasta 24 kV 1250 A y 25 kA de Schneider Electric) está diseñada con un interruptor tradicional de 3 posiciones con el innovador Sistema de Interrupción en Vacío Shunt en paralelo con el seccionador, manteniendo el mismo funcionamiento. modos. El tanque está lleno de Aire Puro. Las unidades funcionales interruptor-seccionador-seccionador, interruptor-seccionador-fusible y disyuntor-seccionador están disponibles y se pueden combinar dentro de un tanque. Las funciones digitales, como el monitoreo térmico y de descargas parciales, permiten la evaluación del estado y el mantenimiento predictivo. Este producto sin SF y con aire puro ocupa un espacio similar al de la unidad principal de anillo SF. Al acceder a un compartimento dentro del cuadro de distribución,

todas las unidades funcionales se mantienen en servicio. La categoría es LSC2.



Seguro

Ejemplo 12

SureSeT está transformando el panorama de los tableros metálicos de media tensión. Con la creciente demanda de optimización del espacio y eficiencia operativa, el diseño compacto, la automatización integrada y el monitoreo de SureSeT permiten a nuestros clientes hacer más con menos.

Los tiempos de actividad de las instalaciones aumentan a medida que el monitoreo de condición integrado nativo permite a los operadores administrar, priorizar y clasificar problemas inminentes de los equipos. Los técnicos pueden permanecer a una distancia de trabajo segura a través de comunicaciones inalámbricas nativas para operar equipos y recopilar datos.

Destacar:

- Monitoreo digital de la salud;
- Mandos a distancia digitales;
- Diseño compartimentado;
- Resistencia mejorada;
- Huella más pequeña;
- Puertas modulares y paneles BT.

Reglas de diseño

Condiciones de servicio	56
Condiciones normales de servicio para equipos de MT interiores.	56
Cómo especificar condiciones reales de servicio	58
Potencia de cortocircuito	sesenta y cinco
Introducción	sesenta y cinco
Corrientes de cortocircuito	66
General	66
Transformador	67
Generadores síncronos - Motor asíncrono	68
Recordatorio sobre el cálculo de corrientes de cortocircuito trifásicas	70
Ejemplo de cálculo trifásico	73
Cálculo de barras en aparamenta	76
Introducción	76
Resistencia térmica	77
Resistencia electrodinámica	81
Frecuencia de resonancia intrínseca	84
Ejemplo de cálculo de barras	85
Resistencia dieléctrica	92
General - La rigidez dieléctrica del medio.	92
Pruebas dieléctricas	93
La forma de las piezas - Distancia entre piezas.	97
Distancia entre partes	98
Índice de protección	99
Código IP según norma IEC 60529	99
código IK	100
Clasificación NEMA	101
Clasificación NEMA	102
Corrosión	103
Atmosférico	103
Atmosférico - Galvánico	105
Galvánico	108
Combinación atmosférica y galvánica	109

Condiciones de servicio

Condiciones normales de servicio para equipos de MT interiores.

Dominar las condiciones de servicio interiores contribuye a dominar la vida útil de los componentes electrotécnicos.

Antes de cualquier descripción de las reglas de diseño para aparamenta, es necesario recordar dónde se debe instalar la aparamenta.

Los cuadros de MT se instalan en varias salas con diferentes diseños que pueden afectar en mayor o menor medida al envejecimiento o a la vida útil esperada.

Por este motivo, a continuación se destacará el impacto de las condiciones de servicio vinculadas al diseño de una instalación de MT/BT.

Se debe prestar atención a las diferencias de estandarización existentes dentro de IEC para las condiciones de servicio entre los cuadros de MT y los cuadros de BT, como la altitud y los niveles de contaminación como red eléctrica.

Condiciones de servicio

El propósito de este capítulo es proporcionar lineamientos generales a tener en cuenta durante las fases de diseño de las condiciones de los servicios.

El desafío para un quirófano, prefabricado o no, es transformar las condiciones de servicio exterior a las condiciones de servicio interior para las cuales están diseñados los tableros y controles.

Este capítulo también proporciona pautas sobre cómo evitar o reducir en gran medida la degradación de los equipos de MT en sitios expuestos a la humedad, la contaminación y el sobrecalentamiento, cuando se instala en una sala de transformadores con un sistema de refrigeración no adaptado.

Condiciones de vicio para equipos de MT de interior.

Los participantes deberán cumplir con sus normas específicas.

1 'Especificaciones comunes para aparamenta de alta tensión' y la C37.100.1 para América del Norte, definen el servicio normal de instalación y uso de dichos equipos.

La temperatura no supera los 40 °C y su valor medio, en un período de 24 h, no supera los 35 °C.

Los valores de temperatura mínima del aire ambiente son - 5 °C, - 15 °C y ane, en cuanto a contaminación, humedad asociada a condensaciones, ates:

el aire no está significativamente contaminado por polvo, humo, corrosivos y/o ases, vapores o sal. El fabricante asumirá que, en los requisitos específicos del usuario, no los hay.

ns de humedad son los siguientes:

El valor de la humedad relativa, medido en un período de 24 h, es del 95 %,

El valor ge de la presión del vapor de agua, durante un período de 24 h, no supera los 2 kPa.

ge valor de la humedad relativa, durante un período de un mes no %,

El valor ge de la presión del vapor de agua, durante un período de un mes, no supera los 8 kPa.

condiciones, **condensación** ocasionalmente puede ocurrir.

Se puede esperar una estación donde ocurren cambios repentinos de temperatura en períodos

y los efectos de alta humedad y condensación, como rotura o corrosión de piezas metálicas, aparamenta diseñada para tales condiciones.

Esto puede evitarse mediante el diseño apropiado del edificio, ventilación y calefacción adecuadas de la estación o mediante el uso de equipos. La norma IEC/TS 62271-304:2019 establece en el Anexo C cómo mitigar el riesgo de envejecimiento prematuro cuando se expone a altos niveles de humedad y contaminación.

PM100-601



Condiciones de servicio

Condiciones especiales de servicio

para equipos de MT de interior

Para la instalación en un lugar donde la temperatura ambiente puede estar fuera del rango de condiciones de servicio normal indicado, los rangos preferidos de temperatura mínima y máxima que se especificarán deben ser:

(a)- 50 °C y +40 °C para climas muy fríos;

(b)- 5 °C y +55 °C para climas muy cálidos.

Por ejemplo, respecto a la contaminación, humedad asociada a la condensación, la norma establece:

Contaminación

Para la instalación en interiores, se puede hacer referencia a IEC/TS 62271-304, que define las clases de diseño para apartamentos y control destinados a ser utilizados en condiciones climáticas severas. IEC 60721-3-3: 1996 para sustancias químicas activas y depósitos.

P0: Contaminación muy luminica (como se indica en 4.1.2, punto d), de IEC 62271-1:2017/A1:2021)

- Habitaciones en zonas sin contaminación significativa;
- Habitaciones en áreas con contaminación (ver Anexo B de IEC TS 62271:2019) con precauciones contra la contaminación (ver Anexo C de IEC TS 62271-304) para recuperar las condiciones normales de servicio interior;
- Habitaciones con precauciones contra la contaminación (ver Anexo C). El edificio u otra construcción de vivienda proporciona una protección adaptada contra la contaminación exterior. El control de las condiciones del aire podrá desconectarse por períodos.

PL: La contaminación luminica se considera una clase de gravedad de la contaminación del sitio (SP5) 'luz' según IEC TS 60815-1

- Habitaciones sin precauciones contra la contaminación. El edificio u otra construcción de vivienda está expuesta al aire ambiente en áreas rurales y algunas urbanas con actividades industriales o con tráfico moderado.

PH: Contaminación intensa (cualquier nivel de contaminación que exceda PL)

- Habitaciones sin precauciones contra la contaminación. El edificio u otra construcción de viviendas está expuesta al aire ambiente en zonas urbanas con actividades industriales o con mucho tráfico.

IEC TS 62271-304: 2019

Clase	Conductividad del agua NaCl (μS/cm)	20	100-150	Por determinar
		P0	PL	PH
Condensación	C0	0	No retenido debido a depósitos secos no conductores	
	CL	1	3	No hay límite superior definido
	CH	2	4	

Humedad

La humedad revela las condiciones de las atmósferas contaminadas

En determinadas regiones con vientos cálidos y húmedos frecuentes, pueden producirse cambios bruscos de temperatura que provocan condensación incluso en interiores.

En condiciones interiores tropicales, el valor medio de la humedad relativa medida durante un período de 24 h puede ser del 98 %.

C0: Normalmente no se produce condensación (no más de dos veces al año)

- Habitaciones con control continuo de humedad y/o temperatura para evitar condensaciones. El edificio u otra vivienda proporciona protección contra las variaciones diarias del clima exterior;
- Habitaciones que no tengan control de humedad o temperatura. Sin embargo, el edificio u otra construcción de vivienda proporciona protección contra las variaciones diarias del clima exterior y la condensación no se produce más de dos veces al año.

CL: Condensación no frecuente (no más de dos veces al mes)

- Habitaciones que no tengan control de humedad o temperatura. El edificio u otra construcción de vivienda protege contra las variaciones diarias del clima exterior, pero no se puede excluir la condensación.

CH: Condensación frecuente (más de dos veces al mes)

- Habitaciones que no tengan control de humedad o temperatura. El edificio u otra vivienda proporciona sólo una protección mínima contra las variaciones diarias del clima exterior, por lo que puede producirse condensación frecuente.

Otros

- Cuando prevalecen condiciones ambientales especiales en el lugar donde se van a poner en servicio los equipos de conmutación y control, el usuario debe especificarlas haciendo referencia a IEC 60721.

Condiciones de servicio

Cómo especificar condiciones reales de servicio

Las distintas condiciones de servicio están ligadas al diseño de la instalación, al diseño del quirófano, al emplazamiento y aplicación que rodea la instalación y, finalmente, a las estaciones.

La combinación de estos parámetros genera una matriz que puede impactar la vida útil de los productos. Más allá de la corrosión atmosférica, ciertos entornos pueden volverse más severos para los componentes eléctricos de MT, e incluso de BT, si tienen una definición de nivel de contaminación diferente en comparación con la de MT. La siguiente tabla explica cómo podrían interactuar las normas o especificaciones técnicas aplicables, a través de criterios de instalación fácilmente identificables.

Como indica la norma IEC 62271-1, ocasionalmente puede producirse condensación incluso en condiciones normales. La norma continúa indicando medidas especiales relativas a las instalaciones de las subestaciones que se pueden implementar para evitar la condensación.

Sin embargo, al seleccionar factores ambientales para una determinada aplicación de producto en sitio, se recomienda verificar estas condiciones e influencias para factores ambientales únicos, combinados y secuenciales a medida que ocurren. Este análisis debe cotejarse con las condiciones ambientales para las que ha sido diseñado el producto, según su respectiva norma.

Uso en condiciones severas

Bajo ciertas condiciones severas relacionadas con la humedad y la contaminación, en gran medida más allá de las condiciones normales de uso mencionadas anteriormente, los equipos eléctricos correctamente diseñados pueden sufrir daños por la rápida corrosión de las piezas metálicas y la degradación de la superficie de las piezas aislantes.

IEC 60721-2-1 Climas aplicados al caso de uso:

Tropical	No	25,00 %
Árido	Sí	75,00 %
Templado	No	0,00 %
Frío	No	0,00 %
Polar	No	0,00 %

Caso de uso

Una de las mejores formas de identificar posibles brechas cuando se especifican condiciones promedio es ilustrar un caso de uso.

Una selección aleatoria pone de relieve que no se alcanzan los valores estandarizados de humedad relativa mientras se superan los valores estandarizados de presión de vapor de agua, incluso para un clima árido según lo definido por IEC 60721-2-1.

La siguiente figura muestra la curva de parámetros atmosféricos para el mes de agosto en esta zona; La siguiente tabla muestra los valores anuales supuestos para 2040 y los valores definidos. Esta base de datos climática utilizada, y el escenario medio se basa en el Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC), implementado en software.

Medidas correctivas para problemas de condensación.

- Diseñar o adaptar cuidadosamente la ventilación de la subestación;
- Evite las variaciones de temperatura;
- Eliminar fuentes de humedad en el ambiente de la subestación;
- Instalar una unidad de calefacción, ventilación y aire acondicionado (HVAC);
- Asegúrese de que el cableado cumpla con las normas aplicables.

Medidas correctivas para los problemas de contaminación.

Equipe las aberturas de ventilación de la subestación con deflectores tipo chevron para reducir la entrada de polvo y contaminación, especialmente cuando el transformador está instalado en la misma habitación que el equipo de distribución o control.

Instale el transformador en una habitación diferente para utilizar rejillas de ventilación más eficientes, si las hubiera.

Mantener la ventilación de la subestación al mínimo requerido para la evacuación del calor del transformador, para reducir la entrada de contaminación y polvo.

Utilice celdas de MT con un grado de protección (IP) suficientemente alto.

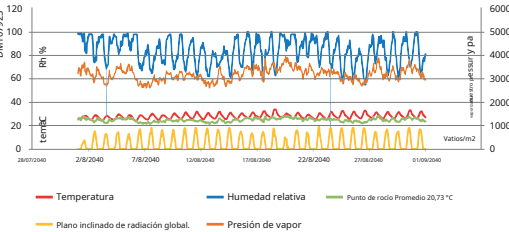
Utilice sistemas de aire acondicionado o refrigeración forzada por aire con filtros instalados en la entrada de aire para restringir la entrada de contaminación y polvo.

Limpiar periódicamente todos los restos de contaminación de las piezas metálicas y aislantes.

Condiciones de servicio

Cómo especificar condiciones reales de servicio

Condiciones atmosféricas del caso de uso.



Ejemplo de parámetros ambientales.	Valores	Unidades
Valores anuales (selección para el diseño en relación con la vida útil 2040) fuente IPCC		
temperatura promedio ⁽¹⁾	25.31	°C
Humedad relativa promedio	76,95	%
Presión de vapor promedio	2.53	kPa
Temperatura mínima	16.6	°C
Humedad relativa mín.	37	%
Presión de vapor mín.	1.08	kPa
Temperatura máxima	37.3	°C
Humedad relativa máxima	100	%
Presión de vapor máx.	4.28	kPa
Tiempo de humedad TOW ⁽²⁾	3763	h/y
Valores para agosto		
temperatura promedio	28.21	°C
Humedad relativa promedio	83,68	%
Presión de vapor promedio	3.2	kPa
Temperatura mínima	24.2	°C
Humedad relativa mín.	55	%
Presión de vapor mín.	2.63	kPa
Temperatura máxima	34	°C
Humedad relativa máxima	100	%
Presión de vapor máx.	3,98	kPa

(1) Promedio: Promedio.
(2) REMOLQUE: Tiempo de mojado de acuerdo con ISO 9223.

La especificación del equipo de MT debe definir la duración de las propiedades principales que se conservarán para llevar a cabo las evaluaciones de confiabilidad del equipo de MT.

Las condiciones de los lugares protegidos podrían ser más fuertes que las de los lugares interiores. Consulte IEC 60721-3-3 e IEC 60721-3-4 que tratan sobre parámetros ambientales. Es por eso que son necesarias las precauciones especificadas en IEC TS 62271-304 que se recuerdan aquí:

Precauciones para el quirófano	Para reducir			
	Contaminación	Condensación	Variación de temperatura	Humedad
Adaptar el área de apertura a la aplicación.	✓			
Adaptar la zona de apertura a las pérdidas de potencia.	✓		✓	✓
Aire acondicionado (humedad y temperatura)		✓	✓	✓
Filtrado de aire	✓			
Evite el flujo de aire a través del cuadro.	✓			
Marquesina o doble techo (techo + techo)		✓	✓	
Espacio libre entre el cuadro y las paredes.		✓		
Calefacción para mantener una temperatura estable.		✓	✓	
Mejorar el grado de protección > IP34	✓			
Para mantener un flujo de aire mínimo		✓		
Sin Fans	✓			
Sellado de accesos (sótano, bóveda de cables, etc.)	✓	✓		✓
Aislamiento térmico		✓	✓	
Transformador en un compartimento dedicado	✓		✓	
Ventilación orientada a la fuente de contaminación.	✓			

Condiciones de servicio

Cómo especificar condiciones reales de servicio

Medidas correctivas para problemas de condensación.

- Diseñar o adaptar cuidadosamente la ventilación de la subestación;
- Evite las variaciones de temperatura;
- Eliminar fuentes de humedad en el ambiente de la subestación;
- Instalar una unidad de calefacción, ventilación y aire acondicionado (HVAC);
- Asegúrese de que el cableado cumpla con las normas aplicables.

Medidas correctivas para los problemas de contaminación.

Equipe las aberturas de ventilación de la subestación con deflectores tipo chevron para reducir la entrada de polvo y contaminación, especialmente cuando el transformador está instalado en la misma habitación que el equipo de distribución o control.

Instale el transformador en una habitación diferente para utilizar rejillas de ventilación más eficientes, si las hubiera. Mantenga la ventilación de la subestación al mínimo requerido para la evacuación del calor del transformador para reducir la entrada de contaminación y polvo.

Utilice celdas de MT con un grado de protección (IP) suficientemente alto.

Utilice sistemas de aire acondicionado o refrigeración forzada por aire con filtros instalados en la entrada de aire para restringir la entrada de contaminación y polvo.

Limpiar periódicamente todos los restos de contaminación de las piezas metálicas y aislantes.

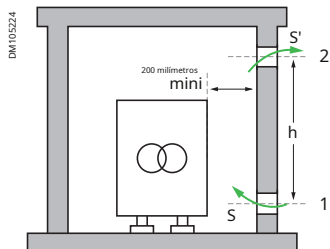
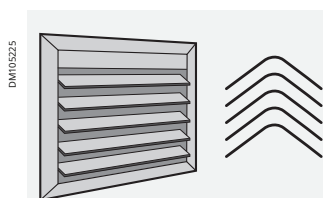


Fig. A Ventilación natural



Hoja de chevrones IP23

($\xi = 33$ si $\alpha = 60^\circ$, y $\xi = 12$ si $\alpha = 90^\circ$)

El espacio entre palas se amplía al máximo permitido por el grado de protección IP2x por lo que es inferior a 12,5 mm.

Otras aperturas:

IP43 Malla de alambre adicional a prueba de insectos con aberturas de 1 mm² usando un espesor de alambre de 0,6 mm, rejilla de ventilación que cubre completamente $\geq \xi + 5$

IP23 Aberturas de 38 mm x 10 mm únicamente: $\xi = 9$

Fig. B Coeficiente de pérdidas de presión definido por pruebas de flujo de aire.

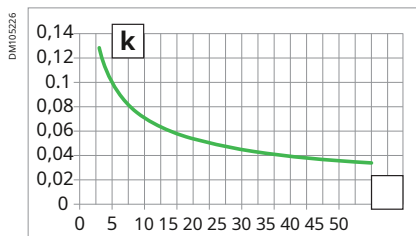


Fig. C Impacto de las rejillas de ventilación

Ventilación

General

Generalmente se requiere ventilación de la subestación para disipar el calor producido por transformadores y otros equipos, y para permitir el secado después de períodos particularmente húmedos.

Sin embargo, varios estudios han demostrado que una ventilación excesiva puede aumentar drásticamente la condensación.

Subestación prefabricada AT/BT

Cualquier instalación de cualquier transformador en la misma sala con compartimentos de aparamenta de AT y BT afectará la vida útil de los productos, por las siguientes razones:

- Cualquier cambio de aire generado por el calentamiento del transformador reduce el impacto de la irradiancia. Este cambio de flujo de aire es convección natural;
- Cualquier separación del transformador mediante un tabique con el compartimiento del cuadro de AT y BT mejorará las condiciones de servicio del cuadro para climas moderados;
- Cualquier instalación de aparamenta sin transformador en el local, por lo que no se produce renovación de aire, debe instalarse en un recinto con aislamiento térmico que lo proteja de las condiciones de servicio exteriores (polvo, humedad, radiación solar, etc.), especialmente para climas muy cálidos y fríos.

Por lo tanto, la ventilación debe mantenerse al nivel mínimo requerido. Además, la ventilación nunca debe generar variaciones bruscas de temperatura que puedan provocar que se alcance el punto de rocío.

Por este motivo, siempre que sea posible se debe utilizar ventilación natural. Si es necesaria una ventilación forzada, los ventiladores deben funcionar de forma continua para evitar fluctuaciones de temperatura. Cuando la ventilación forzada no es suficiente para asegurar las condiciones de servicio interior del tablero o cuando el entorno de la instalación es un área peligrosa, serán necesarias unidades HVAC para separar completamente las condiciones de servicio interior de las condiciones de servicio exterior.

La ventilación natural, Fig. A, es la más utilizada para instalaciones de MT, a continuación se presenta una guía para dimensionar las aberturas de entrada y salida de aire de las subestaciones de AT/BT.

Métodos de cálculo

El ámbito de aplicación es para edificios y cerramientos prefabricados que utilicen las mismas rejillas de ventilación para la entrada y salida de aire. Se encuentran disponibles varios métodos de cálculo para estimar el tamaño requerido de las aberturas de ventilación de las subestaciones, ya sea para el diseño de nuevas subestaciones o para la adaptación de subestaciones existentes en las que se han producido problemas de condensación.

El método básico se basa en la disipación del transformador por convección natural. Las áreas de superficie de abertura de ventilación requeridas, S y S', se pueden estimar utilizando las siguientes fórmulas, con o sin conocer el coeficiente de resistencia al flujo de aire de las rejillas de ventilación. Consulte la figura B. Las definiciones de los términos se encuentran en la página siguiente.

(1) $Q_{nac} = P - Q_{cw} - Q_{afes}$ la disipación por circulación natural del aire [kilovatios]

(2)

- $S = 1,8 \times 10^{-4} \cdot Q_{nac} / \sqrt{h_{si}}$ si se desconoce la resistencia al flujo de aire $S' = 1,1 \times S$ S y S' son área neta eficiente.

- Hoja de chevrones

$S = Q_{nac} / (Kx - Hx (\theta_2 - \theta_1))$ con $K = 0,222 - (1/\xi)$ ver figura C $S' = 1,1 \times S$ S y S' son el área bruta.

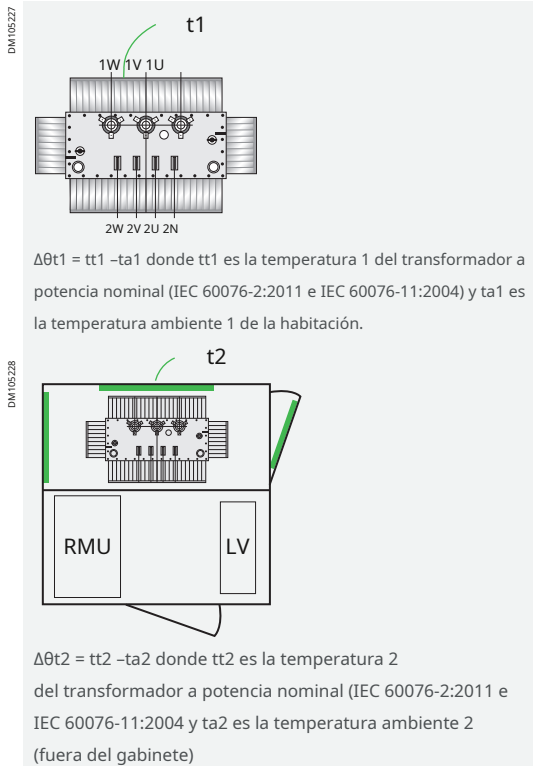


Fig D $\Delta\theta t2 - \Delta\theta t1$ es el sobrecalentamiento del transformador debido al uso dentro de la carcasa

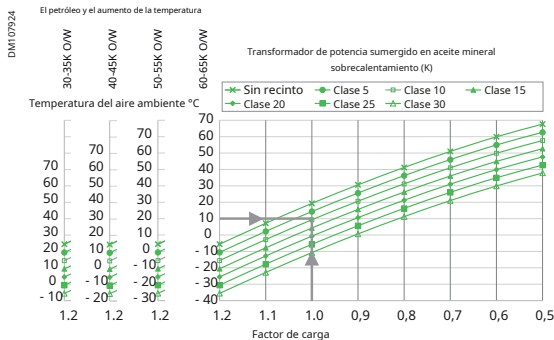


Fig. E1 Factor de carga del transformador lleno de líquido

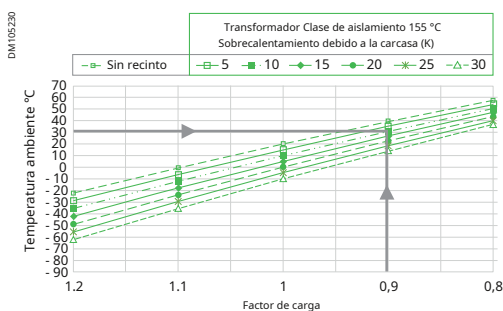


Fig E2 Factor de carga del transformador de tipo seco (clase de aislamiento de 155 °C) Fig E Límites del factor de carga

Dónde:

Q_{naces} la disipación por circulación natural del aire [kW] PAG

es la suma de la potencia disipada [KW] por:

- el transformador (disipación en vacío y debido a la carga);
- el cuadro de BT;
- el cuadro de MT.

Q_{cwes} la disipación de calor por conducción a través de las paredes y el techo [kW] (Supuesto $Q_{cw} = 0$ en el ejemplo). Las pérdidas por conducción a través de las paredes, el techo (Q_{cw}) y la losa se pueden esperar desde 200 W para una vivienda con aislamiento térmico, hasta 4 KW para una subestación prefabricada de 10 m² con material de hormigón. q_{afes} la disipación de calor por circulación de aire forzada [kW] (Supuesto $Q_{af} = 0$ en el ejemplo) θ_1 y θ_2 son, respectivamente, las temperaturas del aire de entrada y salida [°C] ξ es el coeficiente de resistencia de las pérdidas de carga ligadas al diseño de la rejilla de ventilación.

S es el área de la abertura de ventilación inferior (entrada de aire) [m²] como se menciona en las fórmulas 2.1 y 2.2 S'

' es el área de la abertura de ventilación superior (salida de aire) [m²] como se menciona en las fórmulas 2.1 y 2.2 h

= Diferencia de altura entre la superficie media de la salida y la media altura del transformador [m] $(\theta_2 - \theta_1)$ es el aumento de temperatura del aire que refleja el doble del sobrecalentamiento del transformador para un transformador sumergido en aceite (guía de carga IEC 60076-7)

y el sobrecalentamiento del transformador único para transformador tipo seco (Guía de carga IEC 60076-11).

El sobrecalentamiento del transformador supone un aumento extra de temperatura.

Es el límite máximo de aumento de la temperatura del aceite (consulte la Figura E1) para transformadores llenos de líquido o el aumento promedio de la temperatura del devanado (consulte la Figura E2) para transformadores de tipo seco debido a la instalación dentro de un gabinete.

Ejemplo: 60 K para el aumento de la temperatura del aceite de un transformador lleno de líquido se convertirá en 70 K si se sobrecalienta dentro de un gabinete que se espera que sea de 10 K.

La fórmula 2.2 está cerca de la fórmula 2.1 si $\Delta\theta = (\theta_2 - \theta_1) = 15K$, y si $\xi=5$ entonces $K = f(\xi) = 0,1$. Esto equivale a una apertura libre, sin rejilla de ventilación. Cuando $K=0,1$ la fórmula 2,2 es la fórmula utilizada en la norma IEC 60076-16 para transformadores para aplicaciones de turbinas eólicas.

Cuando estos sobrecalentamientos del transformador se evalúan mediante un tipo de prueba según IEC 62271-202 (subestaciones prefabricadas de AT/BT), este sobrecalentamiento es la clase de envolvente nominal. Este sobrecalentamiento, combinado con la temperatura promedio, proporciona el factor límite de carga para mantener la vida útil esperada del transformador según las guías de carga de transformadores IEC.

El aumento de temperatura del transformador de aceite y devanados para transformadores sumergidos en aceite y la clase de temperatura de los materiales aislantes para transformadores de tipo seco están vinculados a la temperatura ambiente según lo define la serie IEC 60076. Generalmente, en condiciones normales de servicio, se define que un transformador se utilizará a 20 °C como promedio anual, 30 °C mensual y 40 °C como máximo.

Para una subestación de mampostería, el sobrecalentamiento del transformador se considera desconocido, ya que el cálculo deberá definir las áreas de ventilación S y S' .

Por tanto, sólo se pueden conocer la temperatura ambiente y el factor de carga.

Los siguientes ejemplos explican cómo evaluar el sobrecalentamiento del transformador y luego el aumento de temperatura del aire $(\theta_2 - \theta_1)$ utilizando las fórmulas 2.2.1 y 2.2.2.

Cómo utilizar gráficos Fig E

- Selecione la temperatura ambiente promedio en un período de tiempo determinado para el sitio de la subestación en el eje vertical;
- Selecione el factor de carga del transformador;
- La intersección da un sobrecalentamiento esperado del transformador correspondiente al límite máximo de aumento de la temperatura superior del aceite para transformadores llenos de líquido (ver Fig. E1) o al aumento promedio de la temperatura del devanado para transformadores de tipo seco (ver Fig E2) (ver 1.2.3 para información más amplia). grafico).

Ejemplo de subestación AT/BT: Transformador

sumergido en aceite 1 250 kVA

Ao (950 W Pérdidas sin carga) Bk (11 000 W Pérdidas con carga)

Disipación del transformador = 11950 W

Disipación de aparamenta de BT = 750 W

Disipación de aparamenta de MT = 300 W

H la altura entre los puntos medios de las aberturas de ventilación es de 1,5 m.

ξes 12 para rejillas en forma de galón si α = 90° entonces K= 0,064 (θ2 – θ1)

aumento de la temperatura del aire tomado a 20K para el

sobrecalentamiento esperado del transformador a 10K

Cálculo:

Potencia disipada P = 11,950 + 0,750 + 0,300 = 13.000 kW

Fórmula 2.1:

$$S = 1,8 \times 10^{-1} \frac{Q_{nac}}{-H}$$

S= 1,91 m² y S' 1,1 x 1,91 = 2,1 m² (Área neta)

Fórmula 2.2: Hoja de Chevrones

$$S = \frac{Q_{nac}}{k \times \sqrt{(H \times (\theta_2 - \theta_1))^3}}$$

S= 1,85 m² y S' 1,1 x S = 2,04 m² (Área bruta)

Tres ventilaciones con las siguientes dimensiones. Consulte la figura F: 1,2 mx 0,6 m, 1,4 mx 0,6 m, 0,8 mx 0,6 dan un área bruta S' de 2,04 m²

Conclusión: El conocimiento preciso del coeficiente de resistencia al flujo de aire optimizará el dimensionamiento de la ventilación si ξ < 13 y si las rejillas de ventilación son las mismas para la entrada y salida de aire. Se muestra un ejemplo en la figura G.

Ejemplos:

- **Clima moderado:** 10 °C como promedio anual usando 60-65 K respectivamente para el aumento de temperatura del aceite y del devanado del transformador, se puede usar a plena carga. El sobrecalentamiento esperado es de 10 K cuando se espera un aumento de la temperatura del aire (θ2 – θ1) a 20 K.
- **Clima cálido:** 30 °C como promedio de verano usando 50-55 K respectivamente para el aceite y el aumento de temperatura del devanado. El transformador se puede usar con un factor de carga de 0,9. El sobrecalentamiento esperado es de 10 K cuando se espera un aumento de la temperatura del aire (θ2 – θ1) a 20 K.
- **Clima frío:** -20 °C como promedio invernal usando 60-55 K respectivamente para el aceite y el aumento de temperatura del devanado. El transformador se puede usar con un factor de carga de 1,2. El sobrecalentamiento esperado es de 20 K cuando se espera un aumento de la temperatura del aire (θ2 – θ1) de 40 K.
- **Clima cálido:** 30 °C como promedio de verano usando un transformador tipo seco a 155 °C se puede usar clase térmica de aislamiento con un factor de carga de 0,9. El sobrecalentamiento esperado es de 10 K cuando se espera un aumento de la temperatura del aire (θ2 – θ1) a 10 K.

Para subestaciones prefabricadas, el sobrecalentamiento del transformador a plena carga se conoce debido a la clase de aumento de temperatura del recinto definida por la prueba de tipo. Cualquier uso con una clase de envolvente definida, limitada por las pérdidas máximas, adaptará el factor de carga del transformador a la temperatura ambiente para asegurar la vida útil del transformador.

Los métodos de cálculo utilizan fórmulas que reflejan casos específicos de una fórmula general basada en la ecuación de Bernouilli y el efecto de chimenea debido al calentamiento del transformador, asegurando la convección natural dentro del compartimento del transformador como lo requiere la norma IEC 62271-202.

De hecho, el flujo de aire real depende en gran medida:

- sobre la forma de las aberturas y las soluciones adoptadas para asegurar el índice de protección de la celda (IP): rejilla metálica, orificios estampados, lamas en forma de chevrón, etc. Figura B;
- sobre el aumento de temperatura del transformador y el sobrecalentamiento en °K (clase) debido al uso en una envolvente como se menciona en la Figura E;
- sobre el tamaño de los componentes internos y el diseño completo de la siguiente manera:
 - posición del transformador y/o caja de aceite de retención,
 - **distancia del transformador a las aberturas,**
 - transformador en una habitación separada mediante una pared divisoria.
- y sobre algunos parámetros físicos y ambientales de la siguiente manera:
 - temperatura ambiente exterior θ1 utilizada en la ecuación 2.2),
 - altitud,
 - radiación solar.

La comprensión y la optimización de los fenómenos físicos asociados están sujetas a estudios de flujo precisos, basados en las leyes de la dinámica de fluidos, y realizados con software analítico específico. Estos podrían dividirse en dos categorías de la siguiente manera:

- Software utilizado para estudios termodinámicos del edificio, especialmente utilizado para la gestión energética para la eficiencia del edificio;
- Software utilizado para el estudio del flujo de aire, especialmente cuando un componente incorpora su propio sistema de refrigeración por aire (inversor, convertidor de frecuencia de red, centros de datos, etc.).

El cálculo normativo está definido por IEC 60076-11:2018 en el Anexo C.

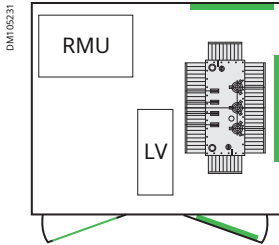


Fig F Ejemplo de diseño para 13 kW de pérdidas totales $\Delta\theta_2 - \Delta\theta_1 =$ Aumento de temperatura del aire = 20K correspondiente al sobrecalentamiento del transformador a 10K



Fig G Ejemplo de subestación prefabricada de AT/BT con transformador lleno de líquido de 1250 kVA, 19 kW de pérdidas antes del cambio de regulación de la UE

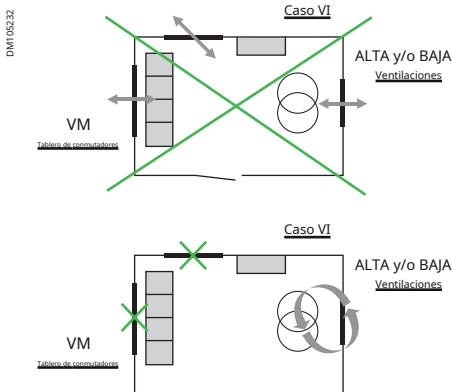


Fig. H Ubicaciones de las aberturas de ventilación

Ubicaciones de las aberturas de ventilación

Para favorecer la evacuación del calor producido por el transformador mediante convección natural, se deben ubicar aberturas de ventilación en la parte superior e inferior de la pared cercana al transformador. El calor emitido por el cuadro de MT puede ser insignificante.

Para evitar problemas de condensación, las aberturas de ventilación de la subestación deben ubicarse lo más lejos posible de los cuadros (ver Fig. H).

Tipo de aberturas de ventilación

Para reducir la entrada de polvo, contaminación, neblina, etc., las aberturas de ventilación de la subestación deben estar equipadas con deflectores de láminas en forma de chevrón cuando el transformador se instala en la misma habitación que los tableros, de lo contrario se permite el uso de rejillas de ventilación de mayor eficiencia, y, especialmente, aconsejado cuando las pérdidas totales sean superiores a 15 kW. Asegúrese siempre de que los deflectores estén orientados en la dirección correcta (consulte la Fig. B).

Variaciones de temperatura en el interior de los cubículos.

Para reducir las variaciones de temperatura, instale siempre resistencias anticondensación dentro de las celdas de MT si la humedad relativa media puede permanecer alta durante un largo período de tiempo. Los calentadores deben funcionar de manera continua, las 24 horas del día, durante todo el año.

Nunca los conecte a un sistema de control o regulación de temperatura ya que esto podría provocar variaciones de temperatura y condensación, así como una menor vida útil de las resistencias. Asegúrese de que los calentadores ofrezcan una vida útil adecuada (las versiones estándar generalmente son suficientes).

Variaciones de temperatura dentro de la subestación.

Se pueden tomar las siguientes medidas para reducir las variaciones de temperatura en el interior de la subestación:

- Mejorar el aislamiento térmico de la subestación para reducir los efectos de las variaciones de temperatura exterior sobre la temperatura interior de la subestación;
- Evite la calefacción de subestaciones si es posible. Si se requiere calefacción, asegúrese de que el sistema de regulación y/o el termostato sean lo suficientemente precisos y estén diseñados para evitar cambios excesivos de temperatura (por ejemplo, no superiores a 1 °C). Si no se dispone de un sistema de regulación de temperatura suficientemente preciso, dejar la calefacción encendida de forma continua, las 24 horas del día, durante todo el año;
- Eliminar corrientes de aire frío de las zanjias de cables debajo de las celdas o de las aberturas de la subestación (debajo de puertas, juntas de techo, etc.).

Ambiente y humedad de la subestación.

Varios factores fuera de la subestación pueden afectar la humedad en el interior.

- Plantas: Evitar el crecimiento excesivo de plantas alrededor de la subestación, y cualquier cierre o apertura;
- Impermeabilización de subestaciones: El techo de la subestación no debe tener goteras. Evite los tejados planos cuya impermeabilización sea difícil de implementar y mantener;
- Humedad de las zanjias de cables: asegúrese de que las zanjias de cables debajo de cualquier interruptor estén secas. Se podría utilizar una penetración estrecha del cable, si la hubiera. Una solución parcial es agregar arena al fondo de la zanja de cables evitando cualquier evaporación dentro del tablero.

Protección y limpieza de la contaminación.

La contaminación excesiva favorece las corrientes de fuga, el seguimiento y la descarga disruptiva en los aisladores. Para evitar la degradación del equipo de MT por la contaminación, proteja el equipo contra la contaminación o limpie periódicamente la contaminación resultante.

Protección contra ambientes hostiles mediante gabinete

Las aparatos de MT para interiores pueden protegerse mediante envolventes que proporcionen un grado de protección (IP) suficientemente alto.

Limpieza

Si no están completamente protegidos, los equipos de MT deben limpiarse periódicamente para evitar la degradación por contaminación. La limpieza es un proceso crítico.

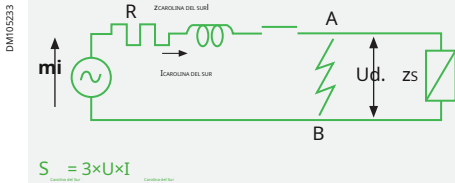
El uso de productos inadecuados puede dañar irreversiblemente el equipo. Para los procedimientos de limpieza, se aplicarán las instrucciones de funcionamiento del tablero.

Potencia de cortocircuito

Introducción

Ejemplo 1:

25 kA a una tensión de funcionamiento de 11 kV



$$S = 3 \times U \times I$$

Ejemplo de subestación AT/BT

Ejemplo 2:

La retroalimentación a través de BT Isc5 sólo es posible si el transformador (T4) está alimentado por otra fuente y el disyuntor de BT está cerrado.

En el cuadro de distribución (T1-A-T2) fluyen tres fuentes con posible contribución a un fallo desde T3 y M:

- Disyuntor aguas arriba D1 (s/c en A)
 $I_{sc2} + I_{sc3} + I_{sc4} + I_{sc5}$
- Disyuntor aguas arriba D2 (c/c en B)
 $I_{sc1} + I_{sc3} + I_{sc4} + I_{sc5}$
- Disyuntor aguas arriba D3 (c/c en C)
 $I_{sc1} + I_{sc2} + I_{sc4} + I_{sc5}$

La potencia de cortocircuito depende directamente de la configuración de la red y de la impedancia de sus componentes: líneas, cables, transformadores, motores, etc. por los que circula la corriente de cortocircuito.

Es la potencia máxima que la red puede proporcionar a una instalación durante un fallo, expresada en MVA o en kA rms para una determinada tensión de funcionamiento.

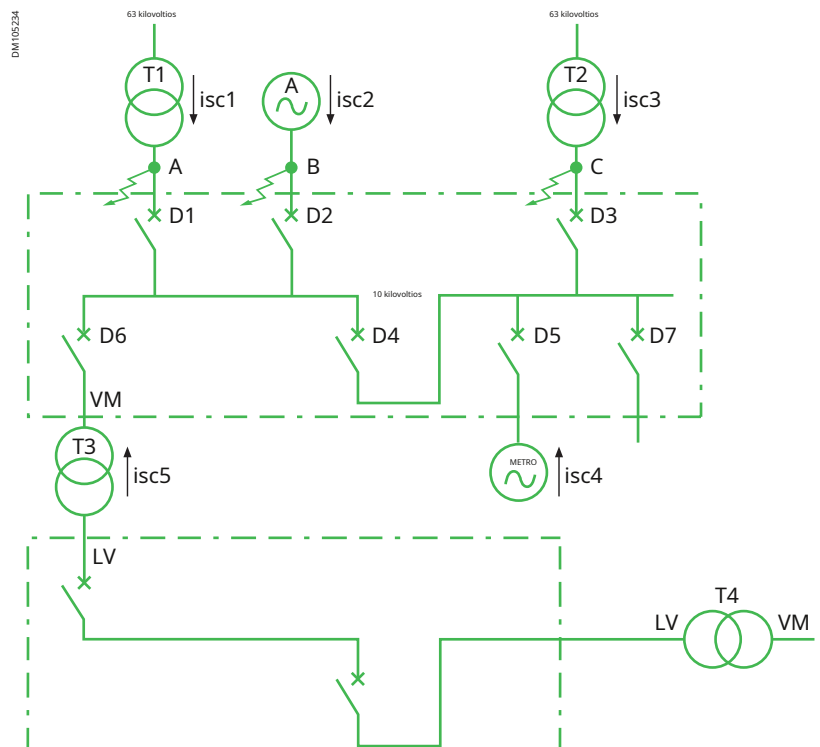
U: Tensión de funcionamiento (kV)

I: Corriente de cortocircuito (valor kA rms) Ref: páginas siguientes La potencia de cortocircuito se puede asimilar a una potencia aparente.

Generalmente es necesario informar al cliente del valor de la potencia de cortocircuito porque normalmente se desconoce la información necesaria para calcularla. Para determinar la potencia de cortocircuito es necesario, en el peor de los casos, analizar los flujos de potencia que alimentan el cortocircuito.

Las posibles fuentes son:

- Entrada a la red mediante transformadores de potencia;
- Entrada del generador;
- Retroalimentación de potencia debido a conjuntos rotativos (motores, etc); o mediante transformadores MT/BT.



Tenemos que calcular cada una de las corrientes I.

Corrientes de cortocircuito General

Todas las instalaciones eléctricas deben estar protegidas contra cortocircuitos, sin excepción, siempre que exista una discontinuidad eléctrica; que generalmente corresponde a un cambio en la sección transversal del conductor. La corriente de cortocircuito se calculará en cada etapa de la instalación para las distintas configuraciones.

que sean posibles dentro de la red, con el fin de determinar las características de los equipos que han de soportar o romper esta corriente de falla.

Para elegir el cuadro adecuado (disyuntores o fusibles) y configurar las funciones de protección, es necesario conocer tres valores de cortocircuito:

Corriente de cortocircuito

$I_{sc} = (kA \text{ rms})$ (ejemplo 25 kA rms)

Corresponde a un cortocircuito en un extremo del enlace protegido (fallo al final de un alimentador (ver fig.1) y no solo detrás del dispositivo de corte. Su valor nos permite elegir la configuración de los umbrales para los relés de protección de sobrecorriente, y fusibles; especialmente cuando la longitud de los cables es alta y/o cuando la fuente es relativamente impedante (generador, UPS).

Valor rms de la corriente máxima de corto tiempo

$I_{th} = (kA \text{ rms } 1 \text{ s o } 3 \text{ s})$ (ejemplo 25 kA rms 1 s)

Esto corresponde a un cortocircuito en las inmediaciones de los terminales posteriores del dispositivo de conmutación (ver figura 1). Se define en kA durante 1, 2 o 3 segundos y se utiliza para definir la resistencia térmica del equipo.

Valor pico de la corriente máxima de cortocircuito:

(valor del pico inicial en el período transitorio)

$I_{dyn} = (kA)$

(ejemplo: $2,5 \times 25 \text{ kA} = 62,5 \text{ kA}$ pico para una constante de tiempo de CC de 45 ms y una frecuencia de 50 Hz (IEC 62271-1)

I_{dyn} es igual a:

$2,5 \times I_{sc}$ para 50 Hz, para una constante de tiempo CC de 45 ms.

$2,6 \times I_{sc}$ para 60 Hz, para una constante de tiempo CC de 45 ms.

$2,7 \times I_{sc}$ para constantes de tiempo especiales superiores a 45 ms (aplicaciones de generador).

Determina la capacidad de cierre de disyuntores e interruptores, así como la resistencia electrodinámica de barras colectoras y aparamenta.

Los usos habituales en IEC son los siguientes valores:

8 - 12,5 - 16 - 20 - 25 - 31,5 - 40 - 50 kA rms.

ANSI/IEEE utiliza los siguientes valores:

16 - 20 - 25 - 40 - 50 - 63 kA rms.

Estos se utilizan generalmente en las especificaciones.

NOTA:

Una especificación puede dar un valor eficaz en kA y un valor en MVA como se muestra a continuación: $I = 19 \text{ kA}$ o 350 MVA a 10 kV

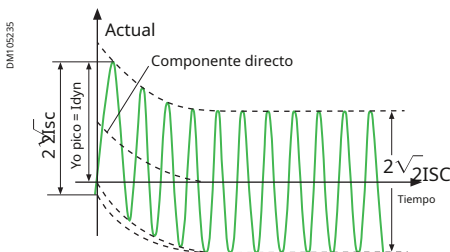
- si calculamos la corriente equivalente a 350 MVA encontramos:

$$I_{sc} = \frac{350}{\sqrt{3} \times 10} = 20,2 \text{ kA}$$

La diferencia depende de cómo redondeamos el valor y de los usos locales. El valor 19 kA es probablemente el más realista.

- Otra explicación es posible: en media y alta tensión, IEC 60909-0 aplica un coeficiente de 1,1 al calcular el I máximo.

$$I_{sc} = 1,1 \times \frac{U_d}{\sqrt{3} \times Z} = \frac{m_i}{Z}$$



DM105235

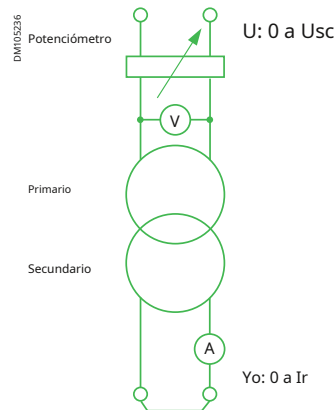
Corrientes de cortocircuito

Transformador

La corriente de cortocircuito depende del tipo de equipo instalado en la red (transformadores, generadores, motores, líneas, etc).

Para determinar la corriente de cortocircuito a través de los terminales de un transformador, necesitamos conocer el voltaje de cortocircuito (U%).

u % se define de la siguiente manera:



Ejemplo:

- Transformador 20 MVA;
- Tensión 10 kV;
- U = 10%;
- Potencia aguas arriba: infinita.

$$y_o = \frac{S_r}{\sqrt{3} \times U \sin \text{carga}} = \frac{20000}{\sqrt{3} \times 10} = 1150 \text{ A}$$

$$I_r = \frac{I_r}{U_d} = \frac{1150}{10 / 100} = 11,5 \text{ kA}$$

(1) El transformador de tensión no está alimentado: U = 0

(2) Colocar el secundario en cortocircuito.

(3) Aumente gradualmente la tensión U en el circuito primario hasta la corriente nominal I en el circuito secundario del transformador.

El valor U leído en el primario es entonces igual a U. Entonces

$$U (\%) = \frac{U_d}{U_{primaria}}$$

La corriente de cortocircuito, expresada en kA, viene dada por la siguiente ecuación:

$$y_o (\text{kA}) = \frac{y_o (\text{kA}) \times 100}{U (\%)}$$

Corrientes de cortocircuito

Generadores síncronos - Motor asíncrono

Generadores síncronos (alternadores y motores)

Calcular la corriente de cortocircuito entre los terminales de un generador síncrono es muy complicado porque la impedancia interna de este último varía con el tiempo.

Cuando la potencia aumenta gradualmente, la corriente se reduce pasando por tres periodos característicos:

- subtransitorio (que permite determinar la capacidad de cierre de los disyuntores y las restricciones electrodinámicas), duración media, 10 ms;
- transitorio (fija las limitaciones térmicas del equipo), duración media 250 ms;
- permanente (este es el valor de la corriente de cortocircuito en estado estable).

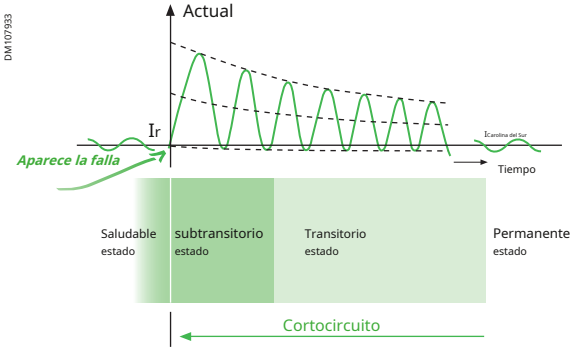
La corriente de cortocircuito se calcula de la misma forma que para los transformadores, pero hay que tener en cuenta los diferentes estados.

Ejemplo:

Método de cálculo para un alternador o un motor síncrono.

- Alternador 15 MVA;
- Tensión U=10 kV;
- X'd = 20 %.

$$I_r = \frac{S_r}{\sqrt{3} \times U} = \frac{15}{\sqrt{3} \times 10000} = 870A$$
$$I_{c.c} = \frac{I_r}{X_{trans}} = \frac{870}{20 / 100} = 4350A = 4,35kA$$



La corriente de cortocircuito viene dada por la siguiente ecuación:

$$I_{c.c} = \frac{I_r}{X_{c.c}}$$

X	Reactancia instantánea de cortocircuito c/c
---	---

Los valores más comunes para un generador síncrono son:

Estado X	Subtransitorio X"d	Transitorio X'd	permanente xd
Turbo	10-20 %	15-25%	200-350 %
poste expuesto	10 % a 20 %	25 % a 35 %	70 % a 120 %

El alto valor de la impedancia de cortocircuito permanente significa que la corriente de cortocircuito establecida es inferior a la corriente nominal.

Motor asíncrono

Para motores asíncronos

La corriente de cortocircuito a través de los terminales es igual a la corriente de arranque. I

$$\approx 5 \text{ a las } 8 \text{ y } I_r$$

La contribución de los motores (corriente de retroalimentación) a la corriente de cortocircuito es igual a: $I_o \approx 4 \text{ a } 5 \text{ y } I_o \approx 3 \text{ y } I_o$

El coeficiente de 3 tiene en cuenta los motores cuando están parados.

Corrientes de cortocircuito

Generadores síncronos -

Motor asíncrono

Cuando un motor asíncrono se desconecta de la red, mantiene una tensión en sus terminales que desaparece en unas pocas centésimas de segundo. Cuando se produce un cortocircuito entre los terminales, el motor suministra una corriente que desaparece aún más rápidamente, según constantes de tiempo del orden de:

- 0,02 segundos para motores de jaula única de hasta 100 kW;
- 0,03 segundos para motores de doble jaula y motores superiores a 100 kW;
- 0,03 a 0,1 segundos para motores de anillos colectores HV muy grandes (1000 kW).

Por tanto, en caso de cortocircuito, un motor asíncrono es un generador al que se le atribuye una impedancia (sólo subtransitoria) del 20 % al 25 %.

Corrientes de cortocircuito

Recordatorio sobre el cálculo de corrientes de cortocircuito trifásicas

Algunos valores se toman como suposiciones y como es habitual. Se recomienda utilizar los valores correctos para la instalación según la ficha técnica del componente suministrada por el fabricante.

Cortocircuito trifásico

$$S_{\text{Cortocircuito del Sur}} = 1.1 \times U \times I \times -3 = \frac{U_{d,2}}{Z_{\text{Cortocircuito del Sur}}}$$

$$I_{\text{Cortocircuito del Sur}} = \frac{1.1 \times U}{Z \times -3} \text{ con } Z = \sqrt{(R_2 + X_2)}$$

Red ascendente

$$Z = \frac{U_{d,2}}{S_{\text{Cortocircuito del Sur}}}$$

$R = 0,3 \text{ a } 6 \text{ k}\Omega$
 $X = 0,2 \text{ a } 20 \text{ k}\Omega$
 $X = 0,1 \text{ a } 150 \text{ k}\Omega$

Titulares

$$R = \rho \times \frac{l}{S}$$

X = 0,4 Ω/km HV	alto voltaje
X = 0,3 Ω/km	MT/BT
ρ = 1,8 • 10 ⁻⁶ Ωcm	Cobre
ρ = 2,8 • 10 ⁻⁶ Ωcm	Aluminio
ρ = 3,3 • 10 ⁻⁶ Ωcm	Almélec

Generador síncrono

$$Z(\Omega) = X(\Omega) = \frac{U_{d,2}}{S_r} \times \frac{X(\%)}{100}$$

X _{Cortocircuito del Sur}	subtransitorio	Transitorio	Permanente
Turbo	10 % a 20 %	15 % a 25 %	200 % a 350 %
poste expuesto	10 % a 20 %	25 % a 35 %	70 % a 120 %

transformadores

(Orden de magnitud: para valores reales, consultar datos proporcionados por el fabricante)

Ej.:  20 kV/410 V; S_r = 630 kVA; U_r = 4%
63 kV/11 kV; S_r = 10 MVA; U_{d,2} = 9%

$$Z(\Omega) = \frac{U_{d,2}(\%) U_r(\%)}{S_r} \times \frac{1}{100}$$

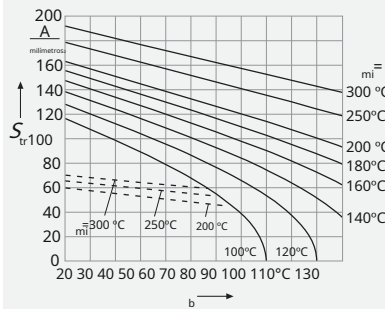
	MT/BT	AT/MT
S _r (kVA)	100 a 3150	5000 a 50000
U _r (%)	4 a 7,5	8 a 12

Corrientes de cortocircuito

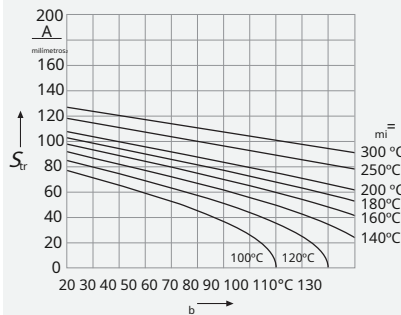
Recordatorio sobre el cálculo de corrientes de cortocircuito trifásicas

Relación entre la densidad nominal de resistencia de corriente soportada en cortocircuito ($T = 1$ s) y la temperatura del conductor

Líneas completas, cobre; líneas de puntos, acero de baja aleación



Aluminio, aleación de aluminio, conductor de aluminio reforzado con acero (ACSR)



Los conductores desnudos tienen suficiente resistencia térmica de corta duración siempre que se cumpla la siguiente relación para la densidad de corriente de cortocircuito equivalente térmica S_{tr} para todos los valores T .

$$S_{tr} \leq S_{tr} \sqrt{(T / T_k)}$$

El núcleo de acero del conductor de aluminio reforzado con acero (ACSR) no se tendrá en cuenta al calcular el área de la sección transversal para la estimación.

de la densidad de corriente.

Cuando se producen varios cortocircuitos con un intervalo de tiempo corto entre ellos, la duración del cortocircuito resultante es:

$$t_k = \sum_{i=1}^n t_{ki}$$

Cables y conductores

Aumento de la temperatura

Todos los cables y conductores se definen por su ampacidad, que es la clasificación principal para controlar el aumento de temperatura en funcionamiento normal o en uso temporal cuando se trata de una corriente de falla.

El aumento de temperatura podría deberse a una sobrecarga normal o anormal, cualquier conexión podría volverse menos eficiente debido a la vibración circundante. Dado que el relé de protección extingue la corriente de falla, la frecuencia de emisión debido al aumento de temperatura se reduce en comparación con las condiciones normales, que se vuelven anormales debido al fenómeno de envejecimiento.

Por este motivo se recomienda controlar los conductores mediante sensores térmicos.

Resistencia reactiva

$$X = 0,10 \text{ a } 0,15 \Omega/\text{km}$$

Núcleo concéntrico, trifásico o monofásico.

Cálculo del aumento de temperatura y la densidad soportada de corriente nominal de corta duración para conductores.

El aumento de temperatura de un conductor causado por un cortocircuito es función de la duración de la corriente de cortocircuito, la corriente de cortocircuito equivalente térmica y el material del conductor.

Mediante el uso de gráficos, es posible calcular el aumento de temperatura de un conductor cuando se conoce la densidad de corriente nominal soportada de corta duración, o viceversa.

Las temperaturas más altas recomendadas durante un cortocircuito para diferentes conductores se dan en la siguiente tabla publicada por IEC 60865-1:2011. Si se alcanzan, puede producirse una disminución insignificante de la resistencia, lo que empíricamente no pone en peligro la seguridad en el funcionamiento.

Se deberá tener en cuenta la temperatura máxima permitida del soporte.

Tipo de conductor	Temperatura máxima recomendada del conductor en caso de cortocircuito °C
Conductores desnudos, macizos o trenzados: Cu, Al o aleación de Al	200
Conductores desnudos, macizos o trenzados: acero	300

Cuando se utilizan las siguientes constantes de material para 20 ° como temperatura base, se aplica la siguiente fórmula:

Datos a 20 °C	C	ρ	k20	α_{20}	θ_e
aluminio	910	2700	34800000	0.004	200
Cobre	390	8900	56000000	0.0039	200
Acero	480	7850	7250000	0.0045	300

$$S_{tr} = \frac{1}{-T_{kr}} \times \frac{k_{20} \times c \times \rho}{\alpha_{20}} \times \ln \frac{1 + \alpha_{20} \times (\theta_e - 20)}{1 + \alpha_{20} \times (\theta_b - 20)}$$

S_{tr}	Densidad de corriente nominal soportada en cortocircuito (Ampacidad)	A/mm ²
t_{kr}	Duración de tiempo	s
C	Capacidad térmica específica	J/(kg·K)
ρ	Masa específica	kilos/m ³
k20	Conductividad específica a 20 °C	1/(Ω m)
α_{20}	Coeficiente de temperatura	1/K
θ_b	Temperatura del conductor al inicio de un cortocircuito.	°C
θ_e	Temperatura del conductor al final de un cortocircuito.	°C

Corrientes de cortocircuito

Recordatorio sobre el cálculo de corrientes de cortocircuito trifásicas

Barras colectoras

$X = 0,15 \, \Omega/\text{km}$

Motores síncronos y compensadores.

X Característica del bus	subtransitorio	Transitorio	Permanente
motores de alta velocidad	15 %	25 %	80 %
motores de baja velocidad	35 %	50 %	100 %
Compensadores	25 %	40 %	160 %

Motores asíncronos (solo subtransitorios)

$$Z(\Omega) = \frac{I_r}{I} \times \frac{U_{d.2}}{S_r}$$

I_r corriente nominal del motor
Arranco la corriente del motor; aproximadamente dentro del rango de 3 a 14 S
 S_r capacidad nominal del motor

Arco de falla

$$\text{identificación} = \frac{I}{1,3 \text{ a } 2}$$

Impedancia equivalente de un componente a través de un transformador.

Por ejemplo, para una falta de baja tensión, la contribución de un cable AT aguas arriba de un transformador AT/BT será:

$$R_2 = R_1 \times \frac{U_{22}}{U_{12}} \text{ y } X_2 = X_1 \times \frac{U_{22}}{U_{12}} \text{ de este modo } Z_2 = Z_1 \times \frac{U_{22}}{U_{12}}$$

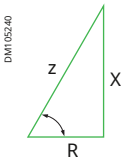
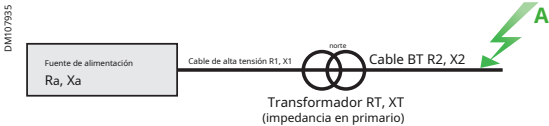
Esta ecuación es válida para todos los niveles de tensión en el cable, incluso para varios transformadores montados en serie.

Impedancia vista desde la ubicación de la falla A

$$\sum R = R_2 + \frac{R_T}{\text{norte}} + \frac{R_1}{\text{norte}} + \frac{R_a}{\text{norte}} \quad \sum X = X_2 + \frac{x_t}{\text{norte}} + \frac{X_1}{\text{norte}} + \frac{X_a}{\text{norte}}$$

Triángulo de impedancias

$$Z = \sqrt{R^2 + X^2}$$



Corrientes de cortocircuito

Ejemplo de cálculo trifásico

La complejidad en el cálculo de la corriente de cortocircuito trifásica radica básicamente en determinar el valor de impedancia en la red aguas arriba del lugar del fallo.

método de impedancia

Todos los componentes de una red (red de alimentación, transformador, alternador, motores, cables, barras, etc.) se caracterizan por una impedancia (Z) que comprende una componente resistiva (R) y una componente inductiva (X) o la llamada reactancia. X, R y Z se expresan en ohmios.

La relación entre estos diferentes valores viene dada por: $Z = \sqrt{R^2 + X^2}$
(Cf. al ejemplo 1 al lado)

El método implica:

- dividir la red en secciones;
- calcular los valores de R y X para cada componente;
- calculando para la red:
 - el valor equivalente de R o X,
 - el valor equivalente de impedancia,
 - la corriente de cortocircuito.

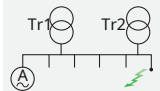
La corriente de cortocircuito trifásica es:

$$I_{cc} = \frac{U_d}{Z \times \sqrt{3}}$$

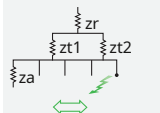
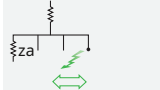
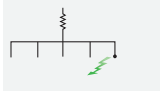
I_{cc}	Corriente de cortocircuito	ka
U_d	Tensión entre fases en el punto en cuestión antes de la aparición de la falta	kV
Z	Impedancia de cortocircuito	Ω

Ejemplo 1

Diseño de red



Diseños equivalentes


$$Z = Z_r + Z_{t1} // Z_{t2}$$
$$Z = Z_r + \frac{Z_{t1} \times Z_{t2}}{Z_{t1} + Z_{t2}}$$

$$Z_{eq} = Z // Z_a$$
$$Z_{eq} = \frac{Z \times Z_a}{Z + Z_a}$$


Ejemplo 2

- $Z = 0,27\Omega$
- $U = 10 \text{ kV}$

$$I_{cc} = \frac{10}{\sqrt{3} \times 0,27} = 21,38 \text{ kA}$$

Corrientes de cortocircuito

Ejemplo de cálculo trifásico

Problema de ejemplo

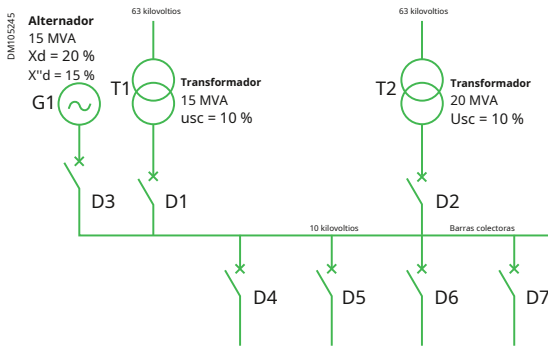


Diagrama de una sola línea

Datos del ejercicio

Suministro a 63 kV

Potencia de cortocircuito de la fuente: 2000 MVA

Configuración de la red:

Dos transformadores montados en paralelo y un alternador.

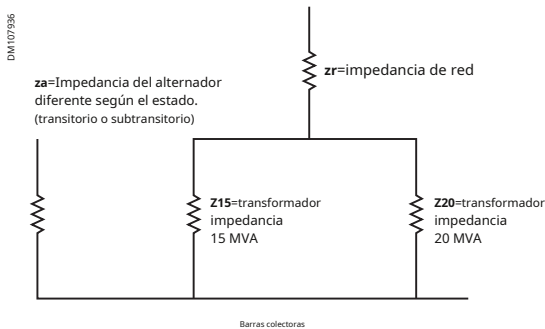
Características del equipo:

- Transformadores:
 - tensión 63 kV / 10 kV,
 - potencia aparente: 1 a 15 MVA, 1 a 20 MVA,
 - tensión de cortocircuito: usc = 10 %.
- Alternador:
 - voltaje: 10 kV,
 - potencia aparente: 15 MVA,
 - Transitorio X: 20 %,
 - Subtransitorio X'd: 15 %.

Pregunta:

- determinar el valor de la corriente de cortocircuito en las barras;
- las capacidades de corte y cierre de los disyuntores D1 a D7.

Solución al problema mediante el método de cálculo.



resolviendo el ejercicio

- Determinación de las distintas corrientes de cortocircuito:

Las tres fuentes que podrían suministrar energía al cortocircuito son los dos transformadores y el alternador.

Suponemos que no puede haber retroalimentación de energía a través de D4, D5, D6 y D7. En caso de cortocircuito aguas abajo de un disyuntor (D4, D5, D6, D7), luego, la corriente de cortocircuito que fluye a través de él es suministrada por T1, T2 y G1.

- Diagrama equivalente:

Cada componente comprende una resistencia y una inducción. Tenemos que calcular los valores para cada componente.

La red se puede mostrar de la siguiente manera:

La experiencia demuestra que la resistencia es generalmente baja en comparación con la reactancia (0,15 Ω/km), por lo que podemos considerar que la reactancia es igual a la impedancia ($X = Z$).

- Para determinar la potencia de cortocircuito, debemos calcular los distintos valores de resistencias e inducciones y luego calcular por separado la suma aritmética:

$$R_t = R$$

$$X_t = X$$

- Conociendo R y X , podemos deducir el valor de Z aplicando la ecuación: $z = \sqrt{R^2 + X^2}$

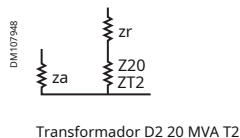
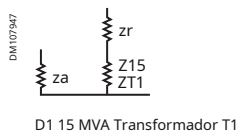
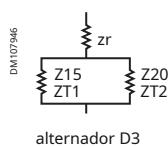
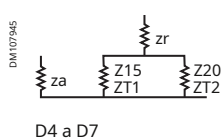
NOTA: dado que R es despreciable comparado con X , podemos decir que $Z = X$.

Corrientes de cortocircuito

Ejemplo de cálculo trifásico

¡Y ahora aquí están los resultados!

Componente	Cálculo	Z= X (ohmios)
Red		
$S_{\Sigma} = 2000 \text{ MVA}$ $U_{op} = 10 \text{ kV}$	$Z_r = \frac{U_{d.2}}{S} = \frac{10_2}{2000}$	0,05
Transformador T1 de 15 MVA		
$(U_d = 10 \%)$ $U_{op} = 10 \text{ kV}$	$Z_{T1} = Z_{15} = \frac{U_{d.2}}{S_r} \times U_{d.} = \frac{10_2}{15} \times \frac{10}{100}$	0,67
Transformador T2 de 20 MVA		
$(U_d = 10 \%)$ $U_{op} = 10 \text{ kV}$	$Z_{T2} = Z_{20} = \frac{U_{d.2}}{S_r} \times U_{d.} = \frac{10_2}{20} \times \frac{10}{100}$	0,5
Alternador de 15 MVA		
$U_{op} = 10 \text{ kV}$	$Z_a = \frac{U_{d.2}}{S_r} \times X_{\text{Carátula del Sur}}$	
Estado subtransitorio (X = 15 %)	$Z_{en} = \frac{10_2}{15} \times \frac{15}{100}$	$Z_{\text{como}} \approx 1$
Estado transitorio (X = 20 %)	$Z_{\text{como}} = \frac{10_2}{15} \times \frac{20}{100}$	$Z_{en} \approx 1,33$
Barras colectoras		
Montado en paralelo con los transformadores	$Z_{T1//ZT2} = Z_{15//Z20} = \frac{Z_{15} \times Z_{20}}{Z_{15} + Z_{20}} = \frac{0,67 \times 0,5}{0,67 + 0,5}$	$Z_y \approx 0,29$
Montado en serie con la red y el transformador impedancia	$Z_{ejem} = Z_r + Z_y = 0,05 + 0,29$	$Z_y \approx 0,34$
Montaje en paralelo del grupo electrógeno.		
Estado transitorio	$//Z_{ejem \text{ en}} = \frac{Z_{ejem} \times Z_{en}}{Z_{ejem} + Z_{en}} = \frac{0,34 \times 1,33}{0,34 + 1,33}$	$\approx 0,27$
Estado subtransitorio	$//Z_{ejem \text{ como}} = \frac{Z_{ejem} \times Z_{\text{como}}}{Z_{ejem} + Z_{\text{como}}} = \frac{0,34 \times 1}{0,34 + 1}$	$\approx 0,25$



Cortacircuitos	Circuito equivalente	Rotura capacidad	Haciendo capacidad
	Z (Ω)	En (kA rms)*	2,5 yo (en kA pico)
D4 a D7	Estado transitorio Z=0,27 Estado subtransitorio Z=0,25	21,5	53,9
alternador D3	Z=0,34	17,2	43
D1 15 MVA	Estado transitorio Z=0,51	11,4	28,5
Transformador T1	Estado subtransitorio Z=0,46		
D2 20 MVA	Estado transitorio Z=0,39	14,8	37
Transformador T2	Estado subtransitorio Z=0,35		

$$* I_{\text{Carátula del Sur}} = \frac{U_{d.}}{\sqrt{3} \times Z} = \frac{10}{\sqrt{3}} \times \frac{1}{Z}$$

NOTA: un disyuntor se define para un determinado poder de corte de un valor eficaz en estado estacionario, y como un porcentaje de la componente aperiódica que depende del tiempo de apertura del disyuntor y de la R/X de la red (alrededor del 30 %).

Para los alternadores, el componente aperiódico es muy alto; los cálculos deben ser validados mediante pruebas de laboratorio.

La capacidad de corte se define en el estado transitorio. El período subtransitorio es muy corto (10 ms) y es aproximadamente la duración necesaria para que el relé de protección analice la falla y dé la orden de disparo.

Cálculo de barras en aparamenta

Introducción

En la práctica, un cálculo de barras implica comprobar que existe suficiente resistencia térmica y electrodinámica y que no hay resonancia.

Ejemplos

- Montado en plano
- Montado en el borde

Las dimensiones de las barras colectoras se determinan teniendo en cuenta las condiciones normales de funcionamiento. El nivel de aislamiento nominal para tensiones nominales (kV) determina la distancia entre fases y entre fases y tierra y también determina la altura y forma de los soportes. La corriente nominal que fluye a través de las barras colectoras se utiliza para determinar la sección transversal y el tipo de conductores. Se deben verificar varios temas de la siguiente manera:

- Los soportes (aislantes) deberán resistir los efectos mecánicos y las barras deberán resistir los efectos mecánicos y térmicos por corrientes de cortocircuito;
- El período natural de vibración de las propias barras no debe ser el mismo que el período actual;
- Para realizar un cálculo de barras debemos partir de las siguientes suposiciones de características físicas y eléctricas:

Características eléctricas de las barras			
S	Potencia de cortocircuito de red ⁽¹⁾		AMEU
U _d	Tensión nominal		43
U _d	Tensión de funcionamiento		28,5
I _n	Corriente nominal		37

(1) Generalmente lo proporciona el cliente de esta forma o podemos calcularlo teniendo la corriente de cortocircuito I_{sc} y la tensión de funcionamiento U: $S = \sqrt{3} \cdot I \cdot U$; ver capítulo sobre 'Cortocircuito corrientes'

Características físicas de las barras			
S	Sección transversal de la barra		cm ²
d	Distancia entre fases		cm
y _o	Distancia entre aisladores para una misma fase		cm
θ _n	Temperatura ambiente (θ ₂ – θ ₁)		°C
θ-θ _n	Aumento de temperatura permitido ⁽¹⁾		k
Perfil		Departamento	
Material	Cobre ☐	Aluminio ☐	
Acuerdo	Montado en plano ☐	Montado en el borde ☐	
No. de barra(s) por fase			

(1) Consulte la tabla 3 de las especificaciones comunes de IEC 62271-1:2011.

En resumen			
	barra(s) de		X cm por fase

Cálculo de barras en aparamenta

Resistencia térmica

Comprobemos si la sección que se ha elegido:
... bar(es) de ... x ... cm por fase satisface los aumentos de temperatura producidos por la corriente nominal y por la corriente de cortocircuito que las atraviesa durante 1 a 3 segundo(s)

Perímetro de la barra (p)



Para corriente continua nominal (I_c)

Esta sección resaltará varios parámetros que influyen en la ampacidad, que es la capacidad de transporte de corriente de los conductores desnudos.

El cálculo de la ampacidad se puede resumir en la siguiente fórmula 2.7.2.1.

La ecuación de MELSOM & BOOTH, publicada en la revista 'Copper Development Association', nos permite definir la corriente admisible en un conductor:

$$Y_0 = K \times \frac{24,9 \times (\theta - \theta_n)^{0,61} \times S_{0,5} \times p_{0,39}}{-(p_{20} [1 + \alpha \times (\theta - 20)])}$$

con

I Corriente admisible expresada en amperios (A) Se debe considerar la reducción en términos de corriente:

- para una temperatura ambiente superior a 40 °C
- para un índice de protección superior a IP5

θ_n	Temperatura ambiente ($\theta_n \leq 40$ °C)		°C
$(\theta - \theta_n)$	Aumento de temperatura permitido ⁽¹⁾		k
S	Sección transversal de la barra		cm ²
p_{ag}	Perímetro de la barra (ver diagrama al lado)		cm
ρ_{20}	Resistividad del conductor a 20 °C (IEC 60943):		
	• Cobre 1,7241 $\mu\Omega \cdot \text{cm}$ • Aluminio 2,8364 $\mu\Omega \cdot \text{cm}$		
α	Coeficiente de temperatura de la resistividad 0,00393		
	• Cobre 0,00393 • Aluminio 0,0036		

k Coeficiente de condiciones:
(producto de 6 coeficientes: k1, k2, k3, k4, k5, k6 se describe en la página siguiente)

⁽¹⁾ Consulte la sección "Actual" de este documento que indica los límites de aumento de temperatura resaltados en IEC 62271-1.

Utilizando el sistema SI, la fórmula se introduce por el valor medio de la disipación de calor en unidades de:

W = $r \times I_2$ longitud del conductor (m) fórmula 2.7.2.2.

r Resistencia $r = \rho \cdot L / S = \rho / S$ por unidad de longitud ($L = 1$ m)
Y donde $\rho = \rho_{20} [1 + \alpha \times (\theta - \theta_n)]$ donde $\theta_n = 20$ °C

W es la cantidad total de calor generado por la corriente.

$$W = \frac{I_2 \times \rho_{20} [1 + \alpha \times (\theta - 20)] \times 10^{-6}}{S} \quad \text{Fórmula 2.7.2.3}$$

$$h = \frac{W}{PAG} = \frac{r \times y_{0,2}}{p_{ag}}$$

Valor medio de disipación de calor por unidad de superficie fórmula 2.7.2.4.

$$h = \frac{r \times y_{0,2}}{p (\theta - \theta_n)}$$

valor medio de disipación de calor por grado fórmula 2.7.2.5

Pero la disipación de calor se debe principalmente a la convección, siendo proporcional $\theta_{5/4}$, (MELSOM & BOOTH), revisado en $\theta_{1,22}$ y el valor medio de la disipación de calor en unidades de grado por convección queda:

$$h = \frac{r \times y_{0,2}}{p (\theta - \theta_n)^{1,22}}$$

Valor medio de disipación de calor por grado por convección fórmula 2.7.2.6.

Cálculo de barras en aparamenta

Resistencia térmica

Varios estudios experimentales confirmaron que el efecto de la variación del perímetro de la barra para la mayoría de los valores, tanto para barras redondas como planas, ya sean de cobre o aluminio, son más lineales. De esto se deduce que existe una relación aproximada entre h y p , y esta relación ha sido mejorada.

Melsom & Booth: emisión de calor en vatios/cm² por grado

Fórmula 2.7.2.7	$h = \frac{0.000732}{p_{a0.140}}$	Borde, plano, barra redonda
Fórmula 2.7.2.8	$h = \frac{0.00062}{p_{a0.22}}$	Barra plana montada en el borde
Fórmula 2.7.2.9	$h = \frac{0.00067}{p_{a0.140}}$	barra redonda

Usando la barra plana, la fórmula 2.7.2.8 es aplicable para h , que se reemplaza en la fórmula 2.7.2.6.

La cantidad total de calor emitido por cm de recorrido y además la fórmula 2.7.2.6.

$$W = r \times y_{02} = \frac{0.00062 \times p \times (\theta - \theta_n)^{1.22}}{p_{a0.22}} \quad \text{Fórmula 2.7.2.10}$$

Fórmula 2.7.2.3 y 2.7.2.10

$$\frac{I_2 \times p \left[\frac{1}{p_{0.1}} + \alpha \times (\theta - 20) \right] \times 10^{-6}}{S} = \frac{0.00062 \times p \times (\theta - \theta_n)^{1.22}}{p_{a0.22}}$$

$$y_0 = \frac{10_3 \times 0.00062 \times S_{0.5} \times p_{0.39} \times (\theta - \theta_n)^{0.61}}{-(p_{20} [1 + \alpha \times (\theta - 20)])}$$

Fórmula 2.7.2.1

$$Y_0 = K \left(\frac{24,9 \times (\theta - \theta_n)^{0.61} \times S_{0.5} \times p_{0.39}}{-(p_{20} [1 + \alpha \times (\theta - 20)])} \right)$$

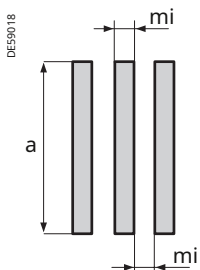
Definición de coeficientes k_1 , 2, 3, 4, 5, 6

- Coeficiente k_1 es función del número de tiras de barras por fase para:
 - 1 barra ($k_1 = 1$)
 - 2 o 3 barras, ver tabla a continuación:

e/a	
0,05 0,06 0,08 0,10 0,12 0,14 0,16 0,18 0,20	
No. de barras por fase	k_1
2	1,63 1,73 1,76 1,80 1,83 1,85 1,87 1,89 1,91
3	2,40 2,45 2,50 2,55 2,60 2,63 2,65 2,68 2,70

En nuestro caso:

$e/a =$	
El número de barras por fase =	
Dando $k_1 =$	



Cálculo de barras en aparamenta

Resistencia térmica

- Coeficiente k_2 es función del estado de la superficie de las barras:
 - desnudo: $k_2 = 1$,
 - pintado: $k_2 = 1,15$.
- Coeficiente k_3 es función de la posición de las barras:
 - barras montadas en el borde: $k_3 = 1$,
 - 1 barra montada sobre base: $k_3 = 0,95$,
 - varias barras de base: $k_3 = 0,75$.
- Coeficiente k_4 es función del lugar donde se instalan las barras:
 - atmósfera interior tranquila: $k_4 = 1$,
 - atmósfera exterior tranquila: $k_4 = 1,2$,
 - barras en conductos no ventilados: $k_4 = 0,80$.
- Coeficiente k_5 es función de la ventilación artificial:
 - sin ventilación forzada: $k_5 = 1$,
 - La ventilación debe abordarse caso por caso y luego validarse mediante pruebas.
- Coeficiente k_6 es función del tipo de corriente:
 - para una corriente alterna de frecuencia ≤ 60 Hz, k_6 es función del número de barras n por fase y de su separación,
 - el valor de k_6 para una separación igual al espesor de las barras:

norte	1	2	3
k_6	1	1	0,98

En nuestro caso:

norte =

dando $k_6 =$

De hecho tenemos:

$$k = \text{[input]} \times \text{[input]} \times \text{[input]} \times \text{[input]} \times \text{[input]} \times \text{[input]} = \text{[input]}$$

$$I = \text{[input]} \times \frac{24,9 \times (\text{[input]} - \text{[input]})^{0,61} \times \text{[input]}^{0,5} \times \text{[input]}^{0,39}}{-(\text{[input]} [1 + 0,004 \times (\text{[input]} - 20)])}$$

$$I = K \left(\frac{24,9 \times (\theta - \theta_n)^{0,61} \times S_{0,5} \times p_{0,39}}{-(\rho [1 + \alpha \times (\theta - 20)])} \right)$$

$$I = \text{[input]} \text{ A}$$

La solución elegida barra(s) de X cm por fase

Es apropiado si I de las barras requeridas $\leq I$.

Cálculo de barras en aparamenta

Resistencia térmica

Ejemplo:

¿Cómo podemos encontrar el valor I_{th} por una duración diferente?
del Yo Sabiendo: $(Y_o)_{th} \times t = \text{constante}$

- Si $Y_o_{th2} = 26,16 \text{ kA rms } 2 \text{ s}$, ¿qué hago? I_{th1} corresponden para $t = 1 \text{ s}$?

$$(I_{th2})_{th} \times t = \text{constante } (26,16 \times$$

$$10)_{th} \times 2 = 137 \times 10$$

$$\text{entonces } I_{th1} = \frac{\text{constante}}{t} = \frac{137 \times 10}{1} \text{ y o}$$

$$I_{th1} = 37 \text{ kA rms durante } 1 \text{ s}$$

- En resumen:
 - a 26,16 kA rms 2 s, corresponde a 37 kA rms 1 s,
 - a 37 kA rms 1 s, corresponde a 26,16 kA rms 2 s.

Para la corriente soportada de corta duración (I_{th})

Suponemos que durante toda la duración (1 o 3 segundos):

- todo el calor que se desprende se utiliza para aumentar la temperatura del conductor;
- Los efectos de la radiación son insignificantes.

La siguiente ecuación se puede utilizar para calcular el aumento de temperatura de cortocircuito:

$$\Delta \theta_{\text{carolina del sur}} = \frac{0,24 \times \rho_{20} \times Y_o_{th} \times t_k}{(I_{th} \times S)^2 \times \delta}$$

con

$\Delta \theta_{\text{carolina del sur}}$	Aumento de temperatura de cortocircuito		
C	Calor específico del metal:		
	- cobre 0,091 kcal/kg °C - Aluminio 0,23 kcal/kg °C		
S	Sección transversal de la barra		cm ²
norte	Número de barras por fase		
I_{th}	Corriente soportada de corta duración: (corriente máxima de cortocircuito, valor eficaz)		Brazos
t_k	Duración de la corriente soportada de corta duración (1 a 3 s)		s
δ	Densidad del metal:		
	- cobre 8,9 g/cm³ - Aluminio 2,70 g/cm³		
ρ_{20}	Resistividad del conductor a 20 °C:		
	- cobre 1,83 μΩ cm - Aluminio 2,90 μΩ cm		
$(\theta - \theta_n)$	Aumento de temperatura permitido		k

$$\Delta \theta_{\text{carolina del sur}} = \frac{0,24 \times \text{ } 10^{-6} \times (\text{ })^2 \times \text{ } }{(\text{ })^2 \times \text{ } \times \text{ } }$$

$$\Delta \theta_{\text{carolina del sur}} = \text{ } \text{ k}$$

La temperatura, θ_t del conductor después del cortocircuito será: $\theta_t = \theta_{\text{norte}} + (\theta$

$$- \theta_{\text{norte}}) + \Delta \theta_{\text{CAROLINA DEL SUR}}$$

$$\theta_t = \text{ } \text{ k}$$

Controlar:

$\theta_t \leq$ temperatura máxima admisible por las partes en contacto con las barras.

Compruebe que esta temperatura θ_t es compatible con la temperatura máxima de las piezas en contacto con las barras (especialmente el aislador).

Cálculo de barras en aparamenta

Resistencia electrodinámica

Tenemos que comprobar si las barras elegidas resisten las fuerzas electrodinámicas.

Fuerzas entre conductores montados en paralelo

Las fuerzas electrodinámicas durante una corriente de cortocircuito vienen dadas por la ecuación:

$$F_1 = 2 \times \frac{y_0}{d} \times y_0 \times 10^{-8}$$

con

F_1 Fuerza expresada en daN

I_{din} Valor de pico de cortocircuito expresado en A, que se calculará mediante la siguiente ecuación:

$$y_0 = kx \quad \frac{S_{cortocircuito} = kx y_0}{U_d \cdot \sqrt{3}}$$

S	Potencia de cortocircuito de red		kVA
I_{th}	Corriente soportada de corta duración		Brazos
Ud.	Tensión de funcionamiento		kV
y_0	Distancia entre aisladores para una misma fase		cm
d	Distancia entre fases		cm
k	2,5 para 50 Hz; 2,6 para 60 Hz y 2,7 para constantes de tiempo especiales superiores a 45 ms		

Donación:

$I_{din} =$ A y $F_1 =$ daN

Fuerzas en la cabeza de apoyos o conductos

Ecuación para calcular las fuerzas sobre un apoyo:

$$F = F_1 \times \frac{H+h}{h}$$

con

F	Fuerza		daN
h	Altura del aislador		cm
h	Distancia desde la cabeza del aislador al centro de gravedad de la barra		cm

Cálculo de fuerzas si hay N apoyos.

La fuerza F absorbida por cada soporte es como máximo igual a la fuerza calculada F_1 (ver capítulo anterior) multiplicada por un coeficiente k_n que varía según el número total de soportes equidistantes que se instalen.

- número de soportes = norte
- sabemos k_{norte} , definamos k_{norte} con la ayuda de la siguiente tabla:

norte	2	3	4	≥5
k_{norte}	0,5	1,25	1,10	1,14

Donación:

$F =$ $(F_1) \times$ $(k_{norte}) \times$ daN

La fuerza encontrada después de aplicar un coeficiente k debe compararse con la resistencia mecánica del soporte al que aplicaremos un coeficiente de seguridad:

- los soportes utilizados tienen una resistencia a la flexión

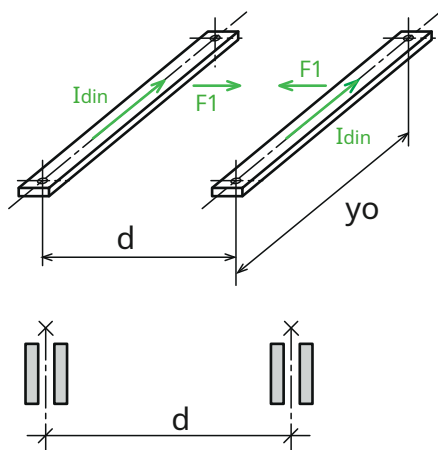
$F' =$ daN

Comprobar si $F' > F$

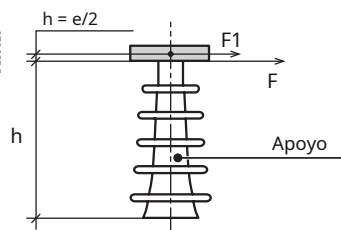
- tenemos un coeficiente de seguridad de

$F'/F =$

DM1079.49



DE59020



Cálculo de barras en aparamenta

Resistencia electrodinámica

Resistencia mecánica de la barra colectora

Al suponer que los extremos de las barras están sellados, se las somete a un momento flector cuyo esfuerzo resultante es:

$$\eta = \frac{F_1 X y_o}{12} \times \frac{v}{I}$$

con

η Es el esfuerzo resultante, debe ser menor que el esfuerzo permisible para las barras esto es:

- cobre 1/4 duro 1200 daN/cm²
- cobre 1/2 duro 2300 daN/cm²
- cobre 4/4 duro 3000 daN/cm²
- cobre 1/2 duro 1200 daN/cm²

F_1	Fuerza entre conductores		daN
y_o	Distancia entre aisladores para una misma fase		cm
I/v	Es el módulo de inercia entre una barra o un conjunto de barras (elija el valor en la siguiente tabla)		cm ³
v	Distancia entre la fibra que es neutra y la fibra con mayor tensión (la más alejada)		

- Una barra por fase:

$$I = \frac{b X h^3}{12}$$

- Barra horizontal: si $v = h/2$ y $n =$ número de barras horizontales

$$\frac{n X y_o}{v} = \frac{b X h^2}{6}$$

- 2 Barras verticales: $v = 1,5 * h$ y $d' = 2 \times$ espesor de la barra = $2 \times h$

$$I = 2X \left(\frac{b X h^3}{12} + S X d'^2 \right)$$

$$\frac{y_o}{v} = \frac{2X \left(\frac{b X h^3}{12} + S X d'^2 \right)}{1.5 X h}$$

- 3 barras verticales: $v = 2,5 * h$ y $d' = 2 \times$ espesor de la barra = $2 \times h$

$$I = 3X \left(\frac{b X h^3}{12} \right) + 2X (S X d'^2)$$

$$I = \left(\frac{b X h^3}{4} + 8 X S X h^2 \right)$$

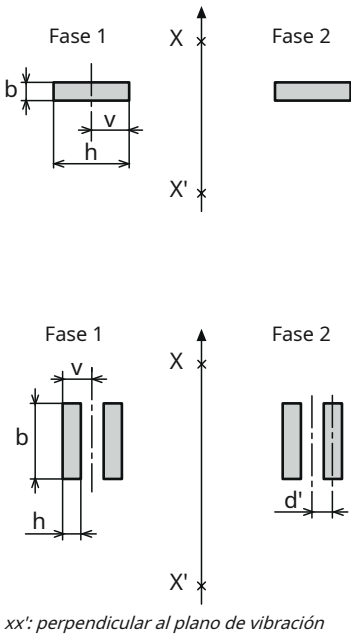
$$\frac{y_o}{v} = \frac{\left(\frac{b X h^3}{4} + 8 X S X h^2 \right)}{2.5 X h}$$

$$\frac{y_o}{v} = \frac{(b X h^2 + 32 X S X h)}{10}$$

Controlar

η < η Barras Cu o Al (en daN/cm²)

DM107937



xx' : perpendicular al plano de vibración

Cálculo de barras en aparamenta

Resistencia electrodinámica

Elija su sección transversal S, masa lineal m, módulo de inercia I/v, momento de inercia I para las barras definidas a continuación:

Acuerdo*			Dimensiones de la barra (mm)									
			100x10	80x10	80x6	80x5	80x3	50x10	50x8	50x6	50x5	
	S	cm ²	10	8	4.8	4	2.4	5	4	3	2.5	
	metro	Cu	daN/cm	0,089	0,071	0.043	0.036	0.021	0.044	0.036	0,027	0.022
		A5/L	daN/cm	0,027	0.022	0.013	0.011	0.006	0.014	0.011	0.008	0.007
	I	cm ⁴	0,83	0,66	0.144	0.083	0,018	0.416	0.213	0,09	0,05	
	yo/v	cm ³	1,66	1.33	0,48	0,33	0,12	0,83	0,53	0.3	0,2	
	I	cm ⁴	83,33	42,66	25,6	21,33	12,8	10.41	8.33	6.25	5.2	
	yo/v	cm ³	16,66	10,66	6,4	5,33	3,2	4.16	3.33	2.5	2.08	
	I	cm ⁴	21,66	17,33	3,74	2,16	0,47	10,83	5,54	2.34	1.35	
	yo/v	cm ³	14,45	11,55	4,16	2,88	1,04	7,22	4,62	2.6	1.8	
	I	cm ⁴	166,66	85,33	51,2	42,66	25,6	20,83	16,66	12,5	10.41	
	yo/v	cm ³	33,33	21,33	12,8	10,66	6,4	8.33	6.66	5	4.16	
	I	cm ⁴	82,5	66	14,25	8,25	1,78	41,25	21,12	8,91	5.16	
	yo/v	cm ³	33	26,4	9,5	6.6	2.38	16.5	10.56	5.94	4.13	
	I	cm ⁴	250	128	76,8	64	38.4	31.25	25	18,75	15,62	
	yo/v	cm ³	50	32	19.2	dieciséis	9.6	12.5	10	7.5	6.25	

* Disposición: sección en un plano perpendicular a las barras (se muestran 2 fases)

Cálculo de barras en aparamenta

Frecuencia de resonancia intrínseca

Compruebe que las barras elegidas no resonarán.

Las frecuencias intrínsecas a evitar para las barras sometidas a una corriente de 50 Hz son frecuencias del orden de 50 y 100 Hz.

Esta frecuencia intrínseca viene dada por la ecuación:

$$f = 112 \sqrt{\frac{E}{m \cdot l^3}}$$

con

F	Frecuencia de resonancia en Hz
E	Módulo de elasticidad: - para cobre 1,3 10¹⁰ daN/cm² - para aluminio A5/L 0,67 10¹⁰ daN/cm²
m	Masa lineal de la barra. (elija el valor en la página de la tabla siguiente)
l	Longitud entre 2 soportes o conductos
I	Momento de inercia de la sección de la barra con respecto al eje x'x, perpendicular al plano vibratorio (ver fórmula explicada anteriormente o elegir el valor en la tabla superior)

Donación:

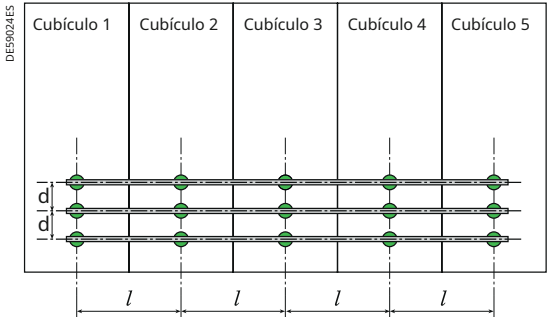
F = Hz

Debemos comprobar que esta frecuencia está fuera de los valores que se deben evitar, es decir palabras entre 42-58 Hz y entre 80-115 Hz.

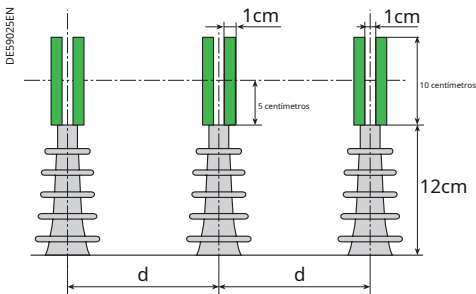
Cálculo de barras en aparamenta

Ejemplo de cálculo de barras

Vista superior



Vista lateral



Dibujo 1

Datos del ejercicio

- Considere un cuadro compuesto por al menos 5 celdas de MT. Cada celda dispone de 3 aisladores (1 por fase).
Barras compuestas por 2 barras por fase, interconectan eléctricamente las celdas.

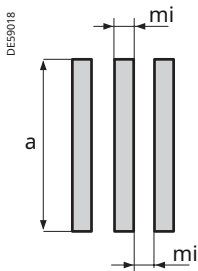
Características de las barras a comprobar:

S	Sección transversal de la barra (10 x 1)	10	cm ²
d	Distancia entre fases	18	cm
I	Distancia entre aisladores para una misma fase	70	cm
θn	Temperatura ambiente	40	°C
(θ - θn)	Aumento de temperatura permitido (90-40-50)	50	k
Perfil	Departamento		
Material	Barras de cobre 1/4 de dureza, con una tensión admisible η = 1200 daN/cm ²		
Acuerdo	Montado en el borde		
Número de barras por fase:		2	

- Las barras colectoras deben poder soportar una corriente nominal I_n= 2500 A de forma permanente y una corriente soportada de corta duración I_{th}= 31500 A rms para un tiempo de t = 3 segundos.
- Frecuencia nominal f = 50 Hz.
- Otras características:
 - las partes en contacto con las barras colectoras pueden soportar una temperatura máxima de θ_{max} = 100 °C,
 - los soportes utilizados tienen una resistencia a la flexión de F' = 1000 daN.

Cálculo de barras en aparamenta

Ejemplo de cálculo de barras



Para la corriente nominal (I)_r

La ecuación de MELSOM & BOOTH, publicada en la revista 'Copper Development Association', nos permite definir la corriente admisible en un conductor:

$$Y_0 = K \times \frac{24,9 \times (\theta - \theta_n)^{0,61} \times S_{0,5} \times p_{0,39}}{\sqrt{(p_{20} [1 + \alpha \times (\theta - 20)])}}$$

con

I	Corriente permitida expresada en amperios (A)		
θn	Temperatura ambiente	40	°C
(θ - θn)	Aumento de temperatura permitido(1)	50	k
S	Sección transversal de la barra	10	cm ²
pag	Perímetro de la barra	22	cm
p ₂₀	Resistencia del conductor a 20 °C (IEC 60943): Cobre 1,83 μΩcm		
α	Coeficiente de temperatura de la resistividad 0.004		
k	Coeficiente de condiciones: (producto de 6 coeficientes: k1, k2, k3, k4, k5, k6 descritos a continuación)		

(1) Ver tabla 3 de las especificaciones comunes de la norma IEC 62271-1.

Definición de coeficientes k1, k2, k3, k4, k5, k6

- El coeficiente k1 es función del número de tiras de barras por fase para:
 - 1 barra (k1 = 1),
 - 2 o 3 barras, ver tabla a continuación:

e/a									
	0,05	0,06	0,08	0,10	0,12	0,14	0,16	0,18	0,20
No. de barras por fase k1									
2	1,63	1,73	1,76	1,80	1,83	1,85	1,87	1,89	1,91
3	2,40	2,45	2,50	2,55	2,60	2,63	2,65	2,68	2,70

En nuestro caso:

e/a =	0,10
El número de barras por fase =	2
Dando k1 =	1,80

Cálculo de barras en aparamenta

Ejemplo de cálculo de barras

- El coeficiente k2 es función del estado de la superficie de las barras:
 - desnudo: k2 = 1,
 - pintado: k2 = 1,15.
- El coeficiente k3 es función de la posición de las barras:
 - barras montadas en el borde: k3 = 1,
 - 1 barra montada sobre base: k3 = 0,95,
 - varias barras de base: k3 = 0,75.
- El coeficiente k4 es función del lugar donde se instalan las barras:
 - atmósfera interior tranquila: k4 = 1,
 - atmósfera exterior tranquila: k4 = 1,2,
 - barras en conductos no ventilados: k4 = 0,80.
- El coeficiente k5 es función de la ventilación artificial:
 - sin ventilación forzada: k5 = 1,
 - La ventilación debe abordarse caso por caso y luego validarse mediante pruebas.
- El coeficiente k6 es función del tipo de corriente:
 - para una corriente alterna de frecuencia ≤ 60 Hz, k6 es función del número de barras n por fase y de su separación,
 - el valor de k6 para una separación igual al espesor de las barras:

norte	1	2	3
k6	1	1	0,98

En nuestro caso:

norte =	2
dando k6 =	1

De hecho tenemos:

$$k = 1,80 \times 1 \times 1 \times 1 \times 1 \times 1 \times 1 = 1,44$$

$$I = 1,44 \times \frac{24,9 \times (90 - 40)^{0,61} \times 10^{0,5} \times 22^{0,39}}{-(1,83 [1 + 0,004 \times (90 - 20)])}$$

$$I = K \left(\frac{24,9 \times (\theta - \theta_n)^{0,61} \times S_{0,5} \times p_{0,39}}{-(\rho \left[1 + \alpha \times (\theta - 20) \right])} \right)$$

$$I = 2689A$$

La solución elegida 2 barra(s) de 10 X 1 cm por fase
es apropiado: $I < I_o$ o $2500A < 2689A$

Cálculo de barras en aparamenta

Ejemplo de cálculo de barras

Cálculo de θ_i debe examinarse con más detalle porque las barras colectoras requeridas deben resistir $I_r = 2500$ A como máximo y no 2689 A.

Para la corriente soportada de corta duración (I_{th})

Suponemos que durante toda la duración (1 o 3 segundos):

- todo el calor que se desprende se utiliza para aumentar la temperatura del conductor;
- Los efectos de la radiación son insignificantes.

La siguiente ecuación se puede utilizar para calcular el aumento de temperatura de cortocircuito:

$$\Delta\theta_{cortocircuito} = \frac{0,24 \times \rho_{20} \times y_0 \times t_k}{(\theta_{norte} \times S)^2 \times c \times \delta}$$

con

C	Calor específico del metal: Cobre	0.091 kcal/kg °C	
S	Sección transversal de la barra	10	cm ²
θ_{norte}	Número de barras por fase	2	
I_{th}	Corriente soportada de corta duración: (corriente máxima de cortocircuito, valor eficaz)	31500	Brazos
t_k	Duración de la corriente soportada de corta duración (1 a 3 s)	3	s
δ	Densidad del metal: Cobre	8.9 gramos/cm ³	
ρ_{20}	Resistividad del conductor a 20 °C: Cobre	1,83 μΩcm	
($\theta - \theta_n$)	Aumento de temperatura permitido	50	k

- El aumento de temperatura debido al cortocircuito es:

$$\Delta\theta_{cortocircuito} = \frac{0,24 \times 1,83 \times 10^{-6} \times (31500)^2 \times 3}{(2 \times 10)^2 \times 0,091 \times 8,9}$$

$$\Delta\theta_{cortocircuito} = 4 \text{ k}$$

- La temperatura, θ_i del conductor después del cortocircuito será: $\theta_i = \theta_{norte} + (\theta - \theta_{norte}) + \Delta\theta_{CAROLINA DEL SUR}$

$$\theta_i = 40 + 50 + 4 = 94 \text{ °C}$$

Parayo = 2689 A (ver cálculo en las páginas anteriores).

Afinemos el cálculo de θ_i para $I = 2500$ A (corriente nominal para las barras)

- La ecuación de MELSOM & BOOTH, nos permite deducir lo siguiente: $I = \text{constante} \times (\theta - \theta_{norte})^{0,61}$ y $I = \text{constante} \times (\Delta\theta)^{0,61}$

Por lo tanto

$$\frac{I}{I_r} = \left(\frac{\theta - \theta_{norte}}{\Delta\theta} \right)^{0,61} \text{ o } \frac{2689}{2500} = \left(\frac{50}{\Delta\theta} \right)^{0,61} \text{ o } \frac{50}{\Delta\theta} = \left(\frac{2689}{2500} \right)^{1/0,61}$$

$$\text{o } \frac{50}{\Delta\theta} = 1,126 \text{ o } \Delta\theta = 44,3 \text{ °C}$$

- Temperatura θ_i del conductor después del cortocircuito, para una corriente nominal $I = 2500$ A es: $\theta_i = \theta_{norte} + \Delta\theta + \Delta\theta_{CAROLINA DEL SUR}$

$\Delta\theta_{CAROLINA DEL SUR}$

$$\theta_i = 40 + 44,3 + 4 = 88,3 \text{ °C para } y_0 = 2500 \text{ A.}$$

Las barras elegidas son adecuadas porque $\theta_i = 88,3 \text{ °C}$ es menor que $\theta_{máximo} = 100 \text{ °C}$ ($\theta_{máximo}$ = temperatura máxima que pueden soportar las piezas en contacto con las barras).

Cálculo de barras en aparamenta

Ejemplo de cálculo de barras

Fuerzas entre conductores montados en paralelo

Las fuerzas electrodinámicas durante una corriente de cortocircuito vienen dadas por la ecuación:

$$F_i = 2 \times \frac{y_0}{d} \times y_0 \times 10^{-8}$$

(ver dibujo 1 al inicio del ejemplo de cálculo) con

y_0	Distancia entre aisladores para una misma fase	70	cm
d	Distancia entre fases	18	cm
k	Para 50 Hz según IEC	2.5	
I_{din}	Valor pico de la corriente de cortocircuito = $k \times I_{th} = 2,5 \times 31\,500 =$	78750	A

$$F_i = 2 \times \frac{70}{18} \times (78750)^2 \times 10^{-8} = 482.3 \text{ daN}$$

Fuerzas en la cabeza de apoyos o conductos

Ecuación para calcular las fuerzas sobre un apoyo:

$$F = F_i \times \frac{H+h}{h}$$

con

F	Fuerza expresada en daN		
h	Altura del aislador	12	cm
h	Distancia desde la cabeza del aislador al centro de gravedad de la barra colectora	5	cm

Calcular una fuerza si hay N apoyos

La fuerza F absorbida por cada soporte es como máximo igual a la fuerza F calculada (ver capítulo anterior) multiplicada por un coeficiente k_n que varía según el número total N de soportes equidistantes instalados.

- Número de soportes $N \geq 5$.
- Sabemos N , definamos k_{norte} con la ayuda de la siguiente tabla:

norte	2	3	4	≥ 5
k_{norte}	0,5	1,25	1,10	1.14

Donación:

$$F = 683 \times (F_i) \times 1.14 \times (k_{norte}) \times 778 \text{ daN}$$

Los soportes utilizados tienen una resistencia a la flexión $F' = 1000 \text{ daN}$; fuerza calculada

$F = 778 \text{ daN}$. **La solución está bien.**

Cálculo de barras en aparamenta

Ejemplo de cálculo de barras

Resistencia mecánica de la barra colectora

Al suponer que los extremos de las barras están sellados, se las somete a un momento flector cuyo esfuerzo resultante es:

$$\eta = \frac{F \cdot X_{yo}}{12} \times \frac{V}{I}$$

con

η	I, la tensión resultante en daN/cm ²	
yo	Distancia entre aisladores para una misma fase	70cm
I/v	I, el módulo de inercia entre una barra o un conjunto de barras (valor elegido en la tabla siguiente)	14.45cm ³

$$\eta = \frac{482.3 \times 70}{12} \times \frac{1}{14.45} \quad \text{on } \eta = 195 \text{ daN/cm}^2$$

La tensión resultante calculada ($\eta = 195 \text{ daN/cm}^2$) es menor que la tensión permitida para las barras colectoras de cobre de 1/4 de dureza (1200 daN/cm²). **La solución está bien.**

Acuerdo		Dimensiones de la barra (mm)	
		100x10	
		S	cm ² 10
		metro Cu	daN/cm 0,089
		A5/L	daN/cm 0,027
	I	cm ⁴	0,83
	yo/v	cm ³	1,66
	I	cm ⁴	83,33
	yo/v	cm ³	16,66
	I	cm ⁴	21,66
	yo/v	cm ³	14,45
	I	cm ⁴	166,66
	yo/v	cm ³	33,33
	I	cm ⁴	82,5
	yo/v	cm ³	33
	I	cm ⁴	250
	yo/v	cm ³	50

Cálculo de barras en aparamenta

Ejemplo de cálculo de barras

Frecuencia de resonancia inherente

Las frecuencias de resonancia inherentes a evitar en barras sometidas a una corriente de 50 Hz son frecuencias de alrededor de 50 y 100 Hz.

Esta frecuencia de resonancia inherente viene dada por la ecuación:

$$f = 112 \times \sqrt{\frac{mi \times y_0}{metro \times y_0}}$$

con

F	Frecuencia de resonancia en Hz
mi	Módulo de elasticidad: - para cobre 1,3 10⁶ daN/cm² - para aluminio A5/L 0,67 10⁶ daN/cm²
metro	Masa lineal de la barra. (elija el valor en la tabla de arriba)
y ₀	Longitud entre 2 soportes o conductos
y ₀	Momento de inercia de la sección de la barra con respecto al eje x'x, perpendicular al plano de vibración

$$f = 112 \times \sqrt{\frac{1.3 \times 10^6 \times 21.66}{0.089 \times 70^4}} \quad \text{O} \quad \text{frecuencia} = 406 \text{ Hz}$$

f está fuera de los valores que deben evitarse, es decir, de 42 a 58 Hz y de 80 a 115 Hz. **La solución está bien.**

En conclusión

Las barras colectoras elegidas, es decir **2** barras de **10.1** cm por fase, **son adecuados** por un y₀₁= 2500 A y y_{0th}= 31,5 kA 3 s

Resistencia dieléctrica

General -

La rigidez dieléctrica del medio.

Algunos órdenes de magnitud

- Resistencia dieléctrica
(20 °C, 1 bar absoluto): 2,9 a 3 kV/mm
- Límite de ionización
(20 °C, 1 bar absoluto): 2,6 kV/mm

General

La resistencia dieléctrica depende de los siguientes 3 parámetros principales:

- la rigidez dieléctrica del medio. Ésta es una característica del fluido (gas o líquido) que constituye el medio. Para el aire ambiente, esta característica depende de las condiciones atmosféricas y de la contaminación;
- la forma de las piezas;
- la distancia:
 - aire ambiente entre las partes vivas,
 - Interfaz de aire aislante entre las partes vivas.

La resistencia dieléctrica requerida para la aparamenta se establece a través del nivel de aislamiento, un conjunto de valores de tensiones soportadas nominales:

- la tensión soportada a frecuencia industrial nominal;
- la tensión nominal soportada al impulso del rayo.

Pruebas de tipo dieléctrico (IEC 60060-1 e IEEE Std4)

Se definen tipos de pruebas dieléctricas para comprobar las tensiones soportadas nominales. El voltaje a aplicar depende de las condiciones atmosféricas, en comparación con la atmósfera estándar de referencia.

$$U = U_{oh} \times K (0,95 \leq K \leq 1,05)$$

U_d es el voltaje que se aplicará durante una prueba en condiciones externas

U_{oh} es la tensión nominal soportada (impulso de rayo o frecuencia industrial)

k_t = 1 para la atmósfera estándar de referencia

Atmósfera estándar de referencia:

- temperatura $t_{oh} = 20$ °C
- presión $b_{oh} = 101,3$ kPa (1013 mbar)
- humedad absoluta $h_{oh} = 11$ g/m³

Descarga parcial

La medición de descargas parciales es un medio adecuado para detectar ciertos puntos débiles del conjunto de aparamenta.

Sin embargo, no es posible establecer una relación confiable entre los resultados de la medición de descargas parciales y el desempeño del servicio o la esperanza de vida. Por lo tanto, no es posible dar criterios de aceptación para pruebas de descarga parcial realizadas en un producto completo.

La rigidez dieléctrica del medio.

Condiciones atmosféricas

Las condiciones atmosféricas influyen en la rigidez dieléctrica en el sitio y durante el período de prueba. Algunos de estos se tienen en cuenta para evaluar el rendimiento del aislamiento en los laboratorios antes de las pruebas.

Las condiciones atmosféricas influyen en los tableros aislados en aire (AIS) más que en los tableros aislados en gas (GIS) y en los tableros con aislamiento sólido blindado (SSIS).

Presión

El nivel de rendimiento del aislamiento de gas está relacionado con la presión. Una caída de presión provoca una caída en el rendimiento del aislamiento.

Humedad (IEC 60060-1 y 62271-1)

En fluidos dieléctricos como gases y líquidos, la presencia de humedad puede provocar un cambio en el rendimiento aislante. En el caso de líquidos esto siempre conlleva una caída del rendimiento. En el caso de los gases, esto generalmente conduce a una caída (SF₆, N₂, etc.) aparte del aire, donde una baja concentración (humedad < 70 %) proporciona una ligera mejora en el nivel de rendimiento general, o el llamado "rendimiento total del gas".

Resistencia dieléctrica

Pruebas dieléctricas

Temperatura

Los niveles de rendimiento del aislamiento gaseoso, líquido o sólido disminuyen a medida que aumenta la temperatura. En el caso de los aisladores sólidos, los choques térmicos pueden ser la causa de microfisuras que pueden conducir muy rápidamente a la rotura del aislador. También hay que prestar mucha atención a los fenómenos de dilatación: un material aislante sólido se dilata entre 5 y 15 veces más que un conductor.

Pruebas dieléctricas

Ensayos de resistencia al impulso del rayo (Nivel de Impulso Básico)

Es obligatoria una prueba y se debe realizar en cualquier producto nuevo durante el proceso de diseño y certificación para demostrar la tensión nominal soportada.

Las distancias (fase a fase y fase a tierra), la geometría de las barras, las terminaciones de las barras, la terminación del cable y las propiedades de aislamiento son factores clave para lograr con éxito la resistencia dieléctrica.

Dado que las resistencias dieléctricas están influenciadas por las condiciones ambientales como la temperatura, la presión atmosférica, la humedad, la inmersión en líquidos, etc., se necesita un factor de corrección atmosférica cuando un dispositivo se prueba en condiciones distintas a las estándar.

La tensión nominal soportada del equipo también se determinará en función de la ubicación final del producto, teniendo en cuenta la posible influencia de las condiciones ambientales que podrían diferir de las condiciones de servicio normalizadas.

Ensayos de tensión soportada en frecuencia industrial de corta duración

Los equipos de conmutación y control se someterán a pruebas de resistencia a la tensión de frecuencia industrial de corta duración de acuerdo con IEC 60060-1.

El voltaje de prueba se elevará para cada condición de prueba al valor de prueba y se mantendrá durante 1 min. Las pruebas se realizarán en condiciones secas y también en condiciones húmedas para apartamento y control exterior.

La distancia de aislamiento se puede probar de la siguiente manera:

- método preferido: se conectan dos fuentes de voltaje a los dos terminales, para evitar que el voltaje de prueba a través del dispositivo de conmutación abierto sea mayor que el voltaje soportado de fase a tierra;
- Método alternativo: Para un dispositivo de conmutación encapsulado en metal y aislado en gas con una tensión nominal inferior a 72,5 kV y para un dispositivo de conmutación convencional de cualquier tensión nominal, no es necesario fijar con tanta precisión la tensión a tierra del marco U_f y el marco Incluso puede estar aislado. Se utiliza una fuente de voltaje para energizar un terminal y el segundo está conectado a tierra. El marco está aislado del suelo, su potencial U_f se establece en un nivel intermedio o no es fijo: por ej. en potencial flotante.

Si se interpone una persiana metálica conectada a tierra entre los contactos desenganchados y proporciona una segregación, como es el caso en la mayoría de las celdas AIS, no se requiere ninguna prueba de la distancia de aislamiento, solo se requiere la resistencia de fase a tierra.

NOTA: no aplicable para media tensión: Debido a la amplia distribución de los resultados de las pruebas húmedas de tensión de frecuencia industrial para apartamento de conmutación y control de tensión nominal igual a 170 kV y 245 kV, se acuerda sustituir estas pruebas por una prueba húmeda. Prueba de tensión de impulso de conmutación de 250/2 500 μ s, con un valor pico igual a 1,55 veces el valor eficaz de la tensión de prueba de frecuencia industrial especificada.

Las pruebas dieléctricas requieren un factor de corrección para evaluar el voltaje aplicado. A continuación se destacarán dos métodos, donde el Método 1, basado en El estándar IEC se aplica más en comparación con el Método 2 que se utiliza en países que aplican estándares ANSI.

Ejemplo:

Prueba de tensión de impulso de un dispositivo de 72,5 kV con $U_0 = 325$ kV BIL.

Condiciones atmosféricas:

- Presión $p = 997$ mbar;
- Temperatura $t = 31,7$ °C;
- Humedad Relativa $H = 71,5$ %;
- $L = 0,630$ m.

- Cálculo de la densidad del aire δ :

$$\delta = \frac{p_{ag}}{p_{ag0}} \times \frac{273 + t_0}{273 + t} = \frac{997}{1013} \times \frac{273 + 20}{273 + 31,7} = 0,9464$$

- Cálculo de la humedad absoluta g/m^3

$$h = \frac{6,11 \times 71,5 + \frac{17,6 \times 31,7}{243 + 31,7}}{0,4615 \times (273 + 31,7)} = 23,68 \text{ g/m}^3$$

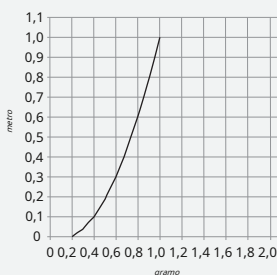
- Factor de corrección de humedad por impulso k

$$k = 1 + 0,010 \times \left(\frac{h}{\delta} - 11 \right) = 1,140$$

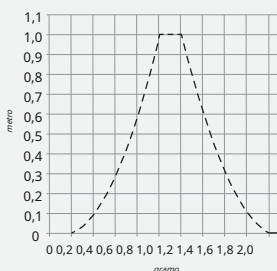
- Cálculo de g

$$\text{gramo} = \frac{1,1 \times 325}{500 \times 0,630 \times 0,964 \times 1,168} = 1,05$$

metro = 1



$w = 1$



$$k_1 = \delta \text{ m} = 0,946 \text{ y } k_2 = k_w = 1,14 \text{ Kt} =$$

$$k_1 \times k_2 = 1,079$$

$$U = U_0 \times Kt = 325 \times 1,079 = 350 \text{ kV}$$

Factor de corrección atmosférica Pruebas dieléctricas IEEE std. 4-2013 Método 1/IEC 60060-1 2010

- Factor de corrección de la densidad del aire $k_1 = \delta_{metro}$ donde δ es la densidad del aire: pag

$$\delta = \frac{p_{ag}}{p_{ag0}} \times \frac{273 + t_0}{273 + t}$$

t_0 Temperatura $t_0 = 20$ °C, referencia

p_{ag0} Presión $p_0 = 101,3$ kPa (1013 mbar), referencia

t Temperatura en el sitio o dentro del laboratorio.

p_{ag} Presión en el sitio o dentro del laboratorio.

- Factor de corrección de humedad $k_2 = k_w$

- Humedad absoluta h :

$$h = \frac{6,11 \times H + \frac{17,6 \times t}{243 + t}}{0,4615 \times (273 + t)}$$

h_0 Humedad absoluta $h_0 = 11$ g/m³, referencia

h Humedad relativa en %

- k es una variable que depende del tipo de prueba corriente continua

$$k = 1 + 0,014 \times \left(\frac{h}{\delta} - h_0 \right) - 0,00022 \times \left(\frac{h}{\delta} - h_0 \right)^2$$

C.A.

$$k = 1 + 0,012 \times \left(\frac{h}{\delta} - h_0 \right)$$

Impulso

$$k = 1 + 0,010 \times \left(\frac{h}{\delta} - h_0 \right)$$

- Exponentes m & w vinculados a $g = f(\text{descarga})$ como parámetro

$$\text{gramo} = \frac{U_{d,50}}{500 \times L \times \delta \times k}$$

$U_{d,50}$ ¿Es la tensión de descarga disruptiva del 50 % en las condiciones atmosféricas reales, en kilovoltios?

NOTA: En el caso de una prueba de resistencia en la que no se dispone de una estimación del voltaje de descarga disruptiva del 50 %, se puede suponer que $U_{d,50}$ es 1.
1 veces el voltaje de prueba, U_0 .

l ¿Es el recorrido mínimo de descarga en m?

k Es una variable que depende del tipo de prueba.

gramo	metro	w
< 0,2	0	0
0,2 a 1,0	gramos (g-0,2) / 0,8	gramos (g-0,2) / 0,8
1,0 a 1,2	1,0	1,0
1,2 a 2,0	1,0	(2,2 g) (2,0 g) / 0,8
> 2,0	1,0	0

- Factor de corrección $K = k_1 \times k_2$.

- Prueba de tensión $U = U_{0h} \times Kt$.

Ejemplo:

Prueba de tensión de impulso de un dispositivo de 72,5 kV con $U_0 = 325$ kV BIL.

Condiciones atmosféricas:

- Presión $p = 997$ mbar;
 - Temperatura $t = 31,7$ °C;
 - Humedad Relativa $H = 71,5$ %;
 - $L = 0,630$ m;
 - $m = 1$ y $n = 1$ para tensión de impulso de iluminación.
- espacios entre varillas Consulte las Figuras 1 y 2.

$$k_d = \left(\frac{997}{1013} \right)^1 \times \left(\frac{273 + 20}{273 + 31,7} \right)_1 = 0,9464$$

- Humedad absoluta = 23,68 Consulte a continuación o el método IEC.

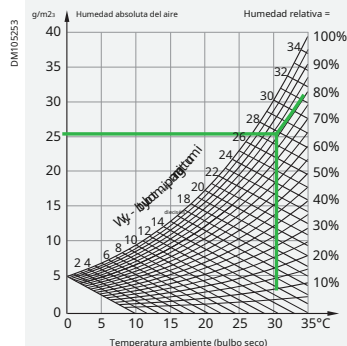


Figura 1 Factor de corrección de humedad $k_h = k_w = 0,905$

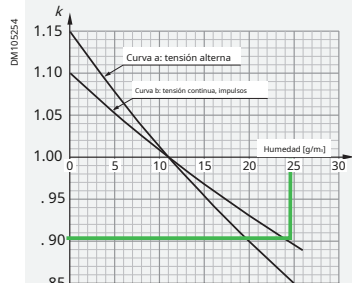
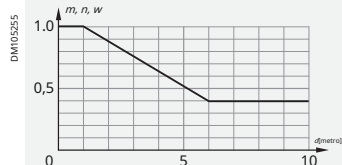


Figura 2 Valor de los exponentes m y n para corrección de densidad del aire y w para correcciones de humedad, en función de la distancia de descarga d , en metros



Polaridad $+w = 1,0$ y Polaridad $-w = 0,8$

$$+k_h = k_{+w} = 0,905_1 = 0,9050$$

$$-k_h = k_{-w} = 0,905_{0,8} = 0,9232$$

$$+k = \frac{k_d}{+k_h} = \frac{0,9464}{0,9050} = 1,0457$$

$$-k = \frac{k_d}{-k_h} = \frac{0,9464}{0,9232} = 1,0251$$

$$+U = U_0 \times +K = 325 \text{ kV} \times 1,0457 = 339,8 \text{ kV}$$

$$-U = U_0 \times -K = 325 \text{ kV} \times 1,0251 = 333,1 \text{ kV}$$

Factor de corrección para pruebas dieléctricas IEEE std4 Método 2.

- Factor de corrección de la densidad del aire $k_d = \delta_{metro}$ donde δ es la densidad del aire: [pag](#)

$$k_d = \left(\frac{\delta}{\delta_0} \right)^{m+n} \times \left(\frac{273 + t_0}{273 + t} \right)^{n_{orte}}$$

tipo de descanso Voltaje	Electrodo forma	Polaridad	Densidad del aire corrección exponentes metro y norte (ver Nota 2)	Corrección de humedad Factork	Exponente w
voltaje directo		+	1.0	Ver Figura 1 (curva b)	0
		-			0
		+			1.0
		-			1.0
		+			1.0
		-			0
Alterno Voltaje			1.0	Ver Figura 1 (curva a)	0
			Ver Figura 2		Ver Figura 2
			Ver Figura 2		Ver Figura 2
Iluminación voltaje de impulso		+	1.0	Ver Figura 1 (curva b)	0
		-			0
		+			1.0
		-			0,8
		+			1.0
		-			0
Traspuesta voltaje de impulso		+	1.0	Ver Figura 1 (curva b)	0
		-	1.0		0
		+	Ver Figura 2		Ver Figura 2
		-	0 (ver Nota 1)		0 (ver Nota 1)
		+	Ver Figura 2		Ver Figura 2
		-	0 (ver Nota 1)		0 (ver Nota 1)
Huecos que dan un campo esencialmente uniforme.					
Separaciones entre varillas y objetos de prueba con electrodos que dan un campo no uniforme, pero con una distribución de voltaje esencialmente simétrica.					
Espacios entre varilla y plano y objetos de prueba con características similares, como aisladores de soporte; es decir, electrodos que dan un campo no uniforme con una distribución de voltaje asimétrica pronunciada					

Para cualquier disposición de electrodos que no pertenezca a una de las clases anteriores, sólo se debe aplicar el factor de corrección de la densidad del aire, utilizando exponentes $m = n = 1$, y ninguna corrección de humedad.

Para pruebas húmedas, se debe aplicar el factor de corrección de densidad del aire pero no el factor de corrección de humedad. Para pruebas de contaminación artificial no se debe utilizar ningún factor de corrección.

NOTA 1: Hay muy poca información disponible. Actualmente no se recomienda ninguna corrección.

NOTA 2: En la Figura 1 y la Figura 2 se da una simplificación de la información existente. Los datos experimentales disponibles de diferentes fuentes siempre muestran grandes dispersiones y a menudo son contradictorios; además, la información relevante para tensiones continuas y para impulsos de conmutación es escasa. Por lo tanto, es incierto lo apropiado de utilizar exponentes iguales m y n , y de sus valores numéricos tal como se dan.

En el sitio, otros factores pueden influir en el rendimiento del aislamiento.

Condensación

Fenómenos que implican el depósito de gotas de agua sobre la superficie de los aisladores que tiene el efecto de reducir localmente el rendimiento aislante en un factor de 3.

Contaminación

El polvo conductor puede estar presente en un gas, en un líquido o depositarse en la superficie de un aislante. Su efecto es siempre el mismo: reducir las prestaciones de aislamiento en un factor de hasta 10.

La contaminación puede tener su origen: en el medio gaseoso externo (polvo), en la falta de limpieza inicial, eventualmente en la rotura de una superficie interna.

La contaminación combinada con la humedad provoca una conducción electroquímica que puede incrementar el fenómeno de las descargas parciales.

El nivel de contaminación también está relacionado con el posible uso al aire libre.

Altitud

La norma IEC 60071-2:2018 proporciona, entre otras cosas, reglas generales que se aplicarán para el cálculo de las tensiones soportadas de coordinación en función de las condiciones ambientales atmosféricas y los factores de seguridad. En particular, el factor de corrección de altitud que se aplicará desde el nivel del mar:

$$k_a = m_{im} \times \left(\frac{h}{8150} \right)$$

Esta fórmula se basa en la dependencia de la presión/densidad del aire y la altitud. La subcláusula 5.3 de la norma IEC 62271-1:2017/A1:2021, establece el nivel de aislamiento nominal requerido para los equipos de conmutación y control de AT y MT para condiciones normales de servicio (temperatura, humedad, altitud, etc.). Esto significa que, para estos niveles de aislamiento nominales, el factor de corrección ya se ha calculado para altitudes de hasta 1000 m.

Entonces, no se necesita ningún factor de corrección de altitud adicional hasta 1000 m.

En base a esto, y para aparataje y control de AT y MT, para altitudes superiores a 1000 m se deberá aplicar la siguiente ecuación: usado:

$$k_a = m_{im} \times \left(\frac{H - 1000}{8150} \right)$$

Ambas ecuaciones siguen la misma física (relación entre presión/densidad del aire y altitud), pero la segunda se corrige para tener en cuenta que los niveles de aislamiento nominales, para aparataje y aparataje de control según

IEC 62271-1:2017/A1:2021, ya están calculados para altitudes de hasta 1000 m. También se incluye orientación adicional sobre este aspecto en IEC TR 62271-306.

NOTA: Para equipos auxiliares y de control de bajo voltaje, no es necesario tomar precauciones especiales si la altitud es inferior a 2000 m. Para altitudes mayores, consulte IEC 60664-1.

Para simplificar, m se toma como valor fijo en cada caso de la siguiente manera:

- $m = 1$ para tensiones de frecuencia industrial, de impulso tipo rayo y de impulso de conmutación entre fases;
- $m = 0,9$ para tensión de impulso de conmutación longitudinal;
- $m = 0,75$ para tensión de impulso de conmutación fase-tierra.

Para aisladores contaminados, el valor del exponente m es provisional.

A los efectos de la prueba de larga duración y, si es necesario, de la tensión soportada de frecuencia industrial de corta duración de aisladores contaminados, m puede ser tan bajo como 0,5 para aisladores normales y tan alto como 0,8 para el diseño antivaho.

Ejemplo:

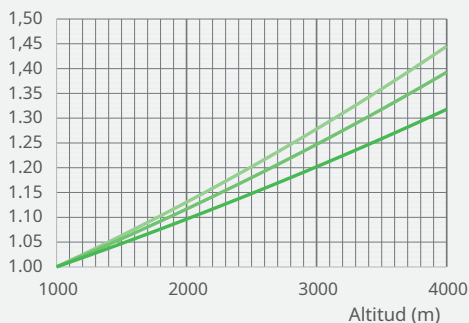
- Norma IEC 62271-1:2017

Además el siguiente gráfico si $H = 2000$ m y $m = 1$: $K =$

1,13

K_a : factor de corrección

metro=1 metro=0,9 metro=0,75



Cálculo

$$k_a = m_{im} \left(\frac{2000 - 1000}{8150} \right) = m_{im} \left(\frac{1000}{8150} \right) = 1,13$$

Resistencia dieléctrica

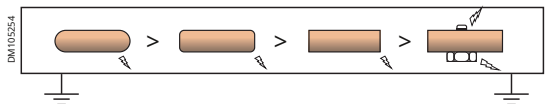
La forma de las piezas - Distancia entre piezas.

La forma de las piezas.

Esto juega un papel clave en la resistencia dieléctrica de la aparamenta. Es esencial eliminar cualquier efecto de "pico", empezando por cualquier borde afilado, que tendría un efecto desastroso sobre la resistencia de la onda de impulso en particular y sobre el envejecimiento de la superficie. de aisladores:

Ionización del aire=Producción de zona=Desglose de la piel de la superficie aislante moldeada.

Ejemplo de conductores de MT con diferentes formas que reflejan su resistencia dieléctrica a una envolvente metálica conectada a tierra, comparados entre sí, y donde la mejor forma de conductor está en la posición izquierda.



Distancia entre partes

Aire ambiente entre partes vivas.

Para instalaciones en las que, por diversos motivos, no podemos realizar ensayos en condiciones de impulso, la tabla de la publicación IEC 60071-2 tabla A1 proporciona, según la tensión soportada de impulso tipo rayo requerida, las distancias mínimas a cumplir en aire ya sea entre fase y tierra o fase a fase.

Estas distancias proporcionan una resistencia dieléctrica adecuada cuando la altitud es inferior a 1000 m.

distancias en el aire entre partes vivas y estructuras metálicas puestas a tierra versus tensión soportada de impulso de rayo en condiciones secas:

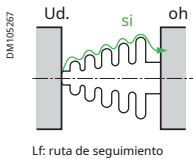
Iluminación resistencia al impulso voltaje (BIL)	Distancia mínima en fase aire a tierra y fase a fase	
	re (mm)	d (en)
U _{peg} (kV)		
20	60	2.37
40	60	2.37
60	90	3.55
75	120	4.73
95	160	6.30
125	220	8.67
145	270	10.63
170	320	12.60
250	480	18.90

Los valores para distancias en el aire que figuran en la tabla anterior son valores mínimos determinados considerando únicamente las propiedades dieléctricas. No incluyen ningún aumento que pueda necesitar ser considerado en las tolerancias de diseño, efectos de cortocircuito, efectos del viento, seguridad del operador, etc.

(1) Estas indicaciones son relativas a la distancia a través de un único entrehierro, sin tener en cuenta la tensión de ruptura por seguimiento a través de las superficies, relacionada con problemas de contaminación.

Resistencia dieléctrica

Distancia entre partes



Análisis digital dieléctrico

Gracias al software de simulación numérica, es posible diseñar productos más compactos si el campo eléctrico máximo es menor que los criterios dados.

Caso particular del aislador

A veces se utilizan aisladores entre partes vivas o entre partes vivas y estructuras metálicas puestas a tierra. La elección de un aislante deberá tener en cuenta el nivel de contaminación.

Estos niveles de contaminación se describen en la Especificación Técnica IEC TS 60815-1.

Selección y dimensionamiento de aisladores de alta tensión destinados a uso en condiciones de contaminación - Parte 1 - definiciones, información y principios generales.

Espacio libre para la instalación

Más allá de la resistencia dieléctrica y el grado de protección de los productos, se deben tomar precauciones adicionales en las instalaciones. Las normas de instalación eléctrica están establecidas por la normativa local. La norma IEC 61936-1 destaca algunas precauciones y algunas desviaciones nacionales para las instalaciones de MT.

En Norteamérica, la Asociación Nacional de Protección contra Incendios (NFPA) especifica la separación mínima de espacios en el documento NFPA 70.

En instalaciones fabricadas en campo, la separación mínima de aire entre conductores activos desnudos y entre dichos conductores y superficies adyacentes puestas a tierra no debe ser menor que los valores dados en la siguiente tabla.

Estos valores no se aplicarán a las partes interiores o terminales exteriores de equipos diseñados, fabricados y probados de acuerdo con las normas nacionales aceptadas.

Nominal voltaje (kV)	Resistencia al impulso BIL (kV)		Espacio libre mínimo de partes vivas ⁽¹⁾							
			Fase a fase				Fase a tierra			
			Adentro		Al aire libre		Adentro		Al aire libre	
	Adentro	Al aire libre	milímetros	en	milímetros	en	milímetros	en	milímetros	en
2.4-4.16	60	95	115	4.5	180	7	80	3.0	155	6
7.2	75	95	140	5.5	180	7	105	4.0	155	6
13.8	95	110	195	7.5	305	12	130	5.0	180	7
14.4	110	110	230	9.0	305	12	170	6.5	180	7
23	125	150	270	10,5	385	15	190	7.5	255	10
34,5	150	150	320	12,5	385	15	245	9.5	255	10
	200	200	460	18,0	460	18	335	13,0	335	13
46		200			460	18			335	13

(1) Los valores indicados son la holgura mínima para piezas rígidas y conductores desnudos en condiciones de servicio favorables. Se aumentarán para el movimiento de conductores o en condiciones de servicio desfavorables o cuando las limitaciones de espacio lo permitan. La selección del voltaje soportado de impulso asociado para un voltaje de sistema particular está determinada por las características del equipo de protección contra sobretensiones.

Índice de protección

Código IP según norma IEC 60529

Introducción

Las normas internacionales para instalaciones y productos eléctricos exigen la protección de las personas contra el contacto directo y la protección de los equipos contra determinadas influencias externas. Conocer el índice de protección es fundamental para la especificación, instalación, operación y control de calidad de los equipos.

Definiciones

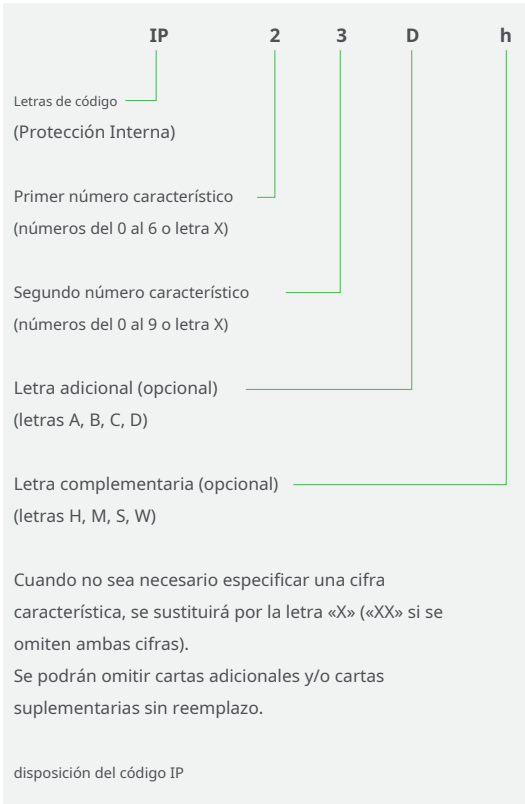
El código IP o índice de protección es un sistema de codificación para indicar los grados de protección que proporciona un gabinete contra el acceso a partes peligrosas, el ingreso de objetos sólidos extraños, el ingreso de agua y para brindar información adicional en relación con dicha protección.

Alcance

La norma IEC 60529 se aplica a envoltorios para equipos eléctricos con una tensión nominal inferior o igual a 72,5 kV. Sin embargo, el código IP se utiliza en un ámbito más amplio, por ejemplo, también para equipos de transmisión. No se trata de un dispositivo de conmutación, como por ejemplo un disyuntor, sino que se debe adaptar el panel frontal cuando este último se instala dentro de un cubículo (por ejemplo, rejillas de ventilación más finas).

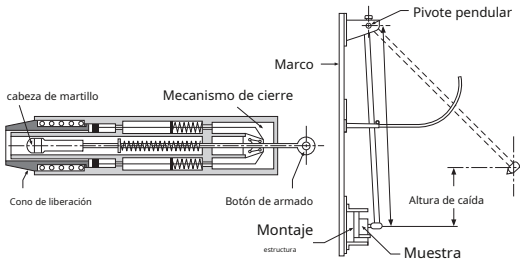
Los distintos códigos IP y su significado

En la siguiente tabla se proporciona una breve descripción de los elementos del código IP.



Artículo	Números o letras	Significado para la protección del equipo	Significado para la protección de personas
Código letras	IP	Contra el ingreso de objetos sólidos extraños	Contra el acceso a piezas peligrosas
Primer número característico			
	0	(no protegido)	(no protegido)
	1	≥ 50 mm de diámetro	Parte de atrás de la mano
	2	≥ 12,5 mm de diámetro	Dedo
	3	≥ 2,5 mm de diámetro	Herramienta
	4	≥ 1,0 mm de diámetro	Cable
	5	Protegido contra el polvo	Cable
	6	estanco al polvo	Cable
Segundo número característico			
	0	(no protegido)	(no protegido)
	1	Goteo verticalmente	
	2	Goteo (15° inclinado)	
	3	Pulverización	
	4	Salpicaduras	
	5	Jetting	
	6	Potente chorro	
	7	inmersión temporal	
	8	Inmersión continua	
	9	Chorro de agua a alta presión y temperatura.	
Carta adicional (opcional)			
	A		Parte de atrás de la mano
	B		Dedo
	C		Herramienta
	D		Cable
Carta complementaria (opcional) Información complementaria específica de:			
	h	Aparatos de alto voltaje	
	METRO	Movimiento durante la prueba de agua	
	S	Estacionario durante la prueba de agua	
	W.	Las condiciones climáticas	

DM 105/268



Martillo de resorte

Martillo de péndulo

Introducción

Los grados de protección que proporcionan las envolventes para equipos eléctricos frente a impactos externos están definidos en la norma IEC 62262. La clasificación de los grados de protección en los códigos IK sólo se aplica a envolventes de equipos eléctricos de tensión nominal hasta 72,5 kV inclusive. Sin embargo, el código IK se utiliza en un ámbito más amplio, por ejemplo, también para equipos de transmisión.

Según IEC 62262, el grado de protección se aplica a toda la carcasa. Si partes del armario tienen diferentes grados de protección, deberán especificarse por separado.

Definiciones

- El índice de protección corresponde a los niveles de energía de impacto expresados en julios.
- Golpe de martillo aplicado directamente al equipo;
 - Impacto transmitido por los soportes, expresado en términos de vibraciones, es decir en términos de frecuencia y aceleración.

El índice de protección contra impactos mecánicos puede comprobarse mediante diferentes tipos de martillo; martillo de péndulo, martillo de resorte o martillo vertical. Los dispositivos de prueba y los métodos se describen en la norma IEC 60068-2-75 'Pruebas ambientales, Prueba Eh: pruebas de martillo'.

Los distintos códigos IK y su significado

código IK	IK00	IK01	IK02	IK03	IK04	IK05	IK06	IK07	IK08	IK09	IK10
Energías en julios	⁽¹⁾	0,14	0,2	0,35	0,5	0,7	1	2	5	10	20
Radio del martillo mm		10	10	10	10	10	10	25	25	50	50
Masa equivalente (kg)		0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,5	1.7	5	5
Altura de caída (mm)		56	80	140	200	280	400	400	300	200	400
Material del martillo											
Acero = A								●	●	●	●
Poliamida = P		●	●	●	●	●	●				
Martillo											
Péndulo (Eha)		●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Con resorte (Ehb)		●	●	●	●	●	●	●			
Vertical (Ehc)		●	●	●	●	●	●	●	●	●	●

● = Sí
(1) No protegido según esta norma

Índice de protección

Clasificación NEMA

A continuación se describe una muestra de las definiciones de clasificación NEMA [fuente de NEMA 250-2003] que se utilizarán para subestaciones o subestaciones de MT en interiores. En ubicaciones no peligrosas, algunos tipos de gabinetes específicos, sus aplicaciones y las condiciones ambientales para las que están diseñados para proteger, cuando se instalan completa y correctamente, se resumen parcialmente a continuación:

- Tipo 1: Gabinetes contruidos para uso en interiores para brindar un grado de protección al personal contra el acceso a partes peligrosas y para brindar un grado de protección del equipo dentro del gabinete contra el ingreso de objetos sólidos extraños (caída de tierra);
- Tipo 2: Gabinetes contruidos para uso en interiores para brindar un grado de protección al personal contra el acceso a partes peligrosas; para proporcionar un grado de protección del equipo dentro del gabinete contra la entrada de objetos sólidos extraños (caída de tierra); y proporcionar un grado de protección con respecto a los efectos nocivos en el equipo debido a la entrada de agua (goteo y ligeras salpicaduras);
- Tipo 3: Gabinetes contruidos para uso interior o exterior para proporcionar un grado de protección del personal contra el acceso a piezas peligrosas; para proporcionar un grado de protección del equipo dentro del gabinete contra el ingreso de objetos sólidos extraños (suciedad que cae y polvo arrastrado por el viento); proporcionar un grado de protección frente a los efectos nocivos sobre el equipo debidos a la entrada de agua (lluvia, aguanieve, nieve); y que no resulte dañado por la formación exterior de hielo sobre el recinto;
- Tipo 3R: Gabinetes contruidos para uso interior o exterior para proporcionar un grado de protección del personal contra el acceso a piezas peligrosas; para proporcionar un grado de protección del equipo dentro del gabinete contra la entrada de objetos sólidos extraños (caída de tierra); proporcionar un grado de protección frente a los efectos nocivos sobre el equipo debidos a la entrada de agua (lluvia, aguanieve, nieve); y que no resulte dañado por la formación externa de hielo en el recinto.

Proporciona un grado de protección contra las siguientes condiciones	Tipo de recinto (Lugares interiores no peligrosos)										
	1 ⁽¹⁾	2 ⁽¹⁾	4	4X	5	6	6P	12	12K	13	
Acceso a piezas peligrosas	●	●	●	●	●	●	●				
Entrada de cuerpos extraños sólidos (caída de suciedad)	●	●	●	●	●	●	●				
Entrada de agua (goteo y salpicaduras ligeras)		●	●	●	●	●	●				
Entrada de cuerpos extraños sólidos (Polvo, pelusa, fibras y materiales voladores en circulación ⁽²⁾)			●	●			●	●	●	●	
Entrada de cuerpos extraños sólidos (Determinación de polvo, pelusas, fibras y materiales voladores en el aire ⁽²⁾)			●	●	●	●	●	●			
Entrada de agua (manguera y salpicaduras de agua)			●	●			●	●			
Filtración de aceite y refrigerante									●	●	
Pulverización y salpicaduras de aceite o refrigerante										●	
Agentes corrosivos				●				●			
Ingreso de agua (Inmersión temporal ocasional)							●	●			
Ingreso de agua (Inmersión prolongada ocasional)								●			

(1) Estos recintos podrán estar ventilados.

(2) Estas fibras y materiales voladores no son materiales peligrosos y no se consideran fibras inflamables de tipo Clase III ni materiales voladores combustibles. Para fibras inflamables de tipo Clase III o materiales voladores combustibles, consulte el Código Eléctrico Nacional, Artículo 500.

Índice de protección

Clasificación NEMA

Proporciona un grado de protección contra las siguientes condiciones	Tipo de recinto (Ubicaciones al aire libre no peligrosas)										
	3	3X	3R	3 RX ₍₁₎	3S	3SX	4	4X	6	6P	
Acceso a piezas peligrosas	● ● ●			●	● ● ● ● ● ●						
Entrada de agua (lluvia, nieve y aguanieve) ₍₂₎	● ● ●			●	● ● ● ● ● ●						
Aguanieve ₍₃₎					● ●						
Entrada de cuerpos extraños sólidos (Polvo, pelusa, fibras y materiales voladores arrastrados por el viento)	● ●				● ● ● ● ● ●						
Entrada de agua (lavado con manguera)									● ● ●		
Agentes corrosivos		●		●		●		●		●	
Ingreso de agua (Inmersión temporal ocasional)									● ●		
Ingreso de agua (Inmersión prolongada ocasional)										●	

(1) Estos recintos podrán estar ventilados.
(2) No es necesario que los mecanismos operativos externos estén operativos cuando el gabinete está cubierto de hielo.
(3) Los mecanismos operativos externos funcionan cuando el gabinete está cubierto de hielo.

En lugares peligrosos, cuando se instalan y mantienen completa y adecuadamente, los gabinetes Tipo 7 y 10 están diseñados para contener una explosión interna sin causar un peligro externo.

Los recintos tipo 8 están diseñados para evitar la combustión mediante el uso de equipos sumergidos en aceite. Los gabinetes tipo 9 están diseñados para evitar la ignición de polvo combustible.

Consulte el sitio web de NEMA para conocer la definición respectiva.

Corrosión

Atmosférico

La instalación de equipos eléctricos de aparamenta de Media Tensión (MT) en ambientes adversos que contengan gases, líquidos o polvos corrosivos puede provocar un severo y rápido deterioro de los equipos.

La corrosión se define como el deterioro de un metal base como resultado de una reacción con su entorno. Los componentes eléctricos más afectados son los fabricados en cobre, aluminio; acero, tanto al carbono como inoxidable. Las condiciones atmosféricas donde se instala el tablero son realmente críticas para los aspectos considerados durante el diseño del tablero y sus componentes como contactos, gabinetes, barras colectoras y otros componentes críticos fabricados con metales y aleaciones.

Atmosférico

La corrosividad de la atmósfera está clasificada por la norma ISO 9223 en seis categorías. Los sistemas de protección mediante pintura están cubiertos por la serie de normas ISO 12944 que se actualizaron entre 2017 y 2018. Para el sector offshore, ISO 20340 ha sido reemplazada por ISO 12944-9.

Durabilidad:

- Baja (L) hasta 7 años;
 - Mediano (M) 7 a 15 años;
 - Alta (H) 15 a 25 años;
 - Muy alta (VH) más de 25 años.
-
- La norma ISO 12944-2 describe las tensiones de corrosión producidas por la atmósfera, por diferentes tipos de agua y por el suelo.
 - ISO 12944-3 proporciona información sobre criterios básicos de diseño de estructuras de acero con el fin de mejorar su resistencia a la corrosión.
 - ISO 12944-4 describe diferentes tipos de superficies a proteger y brinda información sobre métodos de preparación de superficies mecánicos, químicos y térmicos.
 - La norma ISO 12944-5 describe diferentes tipos genéricos de pinturas según su composición química y el tipo de proceso de formación de película. Sin embargo, excluye los materiales de recubrimiento en polvo. Por lo tanto, es importante construir una mesa para el sistema de recubrimiento en polvo que sea adecuada para diversas categorías de corrosividad.
 - ISO 12944-6 especifica los métodos de prueba de laboratorio que se deben utilizar cuando se debe evaluar el rendimiento de los sistemas de pintura protectora.
 - La norma ISO 12944-7 describe cómo se deben realizar los trabajos de pintura en el taller o en la obra.
 - La norma ISO 12944-8 brinda orientación para desarrollar especificaciones para trabajos de protección contra la corrosión, describiendo todo lo que debe tenerse en cuenta cuando se debe proteger una estructura de acero contra la corrosión.
 - ISO 12944-9 describe requisitos, métodos de prueba y criterios de evaluación para sistemas de protección en alta mar y condiciones relacionadas, clasificados como categorías CX e Im4.

Corrosión Atmosférico

Cada categoría se puede especificar mediante la letra adicional asociada con la durabilidad (Ejemplo: se podría especificar C2H para equipos de interior).

Más allá de los 15 años, se recomienda realizar una inspección durante la vida útil del producto, ya que en 2018 se introdujo la durabilidad extendida hasta 25 años.

La norma ISO 9223 describe entornos atmosféricos típicos relacionados con la estimación de categorías de corrosividad y se resumen en la tabla siguiente.

Categoría ^a	Corrosividad	Interior ^b	al aire libre ^b
C1	Muy bajo	Espacios climatizados con baja humedad relativa y contaminación insignificante, por ejemplo, oficinas, escuelas, museos	Zona seca o fría, ambiente atmosférico con muy baja contaminación y períodos de humedad, por ejemplo, ciertos desiertos, Ártico central/ Antártida.
C2	Bajo	Espacios sin calefacción con temperatura y humedad relativa variables. Baja frecuencia de condensación y baja contaminación, por ejemplo, almacenamiento, pabellones deportivos.	Zona templada, ambiente atmosférico de baja contaminación (SO 5 µg/m ³), por ejemplo, zonas rurales, pequeñas ciudades en zonas secas o frías, entornos atmosféricos con cortos períodos de humedad, por ejemplo, desiertos, zonas subárticas
C3	Medio	Espacios con una frecuencia moderada de condensación y contaminación moderada debido al proceso de producción, por ejemplo, plantas procesadoras de alimentos, lavanderías, cervecerías, lecherías.	- Zona templada, ambiente atmosférico con contaminación media (SO : 5 µg/m³ a 30 µg/m³) o algún efecto de los cloruros, por ejemplo, áreas urbanas, áreas costeras con baja deposición de cloruros - Zona subtropical y tropical, atmósfera con baja contaminación.
C4	Alto	Espacios con alta frecuencia de condensación y alta contaminación por procesos de producción, por ejemplo, plantas de procesamiento industrial, piscinas	Zona templada, ambiente atmosférico con alta contaminación (SO: 30 µg/m³ a 90 µg/m³) o efecto sustancial de cloruros, por ejemplo, áreas urbanas contaminadas, áreas industriales, áreas costeras sin pulverización de agua salada o exposición a fuertes efectos de -sales de hielo zona subtropical y tropical, atmósfera con contaminación media.
C5	Muy alto	Espacios con muy alta frecuencia de condensación y/o con alta contaminación por procesos de producción, por ejemplo minas, cavernas con fines industriales, cobertizos sin ventilación en zonas tropicales y subtropicales.	Zona templada y subtropical, ambiente atmosférico con muy alta contaminación (SO : 90 µg/m ³ a 250 µg/m ³) y/o efecto significativo de los cloruros, por ejemplo, zonas industriales, zonas costeras, posiciones protegidas en la costa
CX	Extremo	Espacios con condensación casi permanente o períodos extensos de exposición a efectos de humedad extrema y/o con alta contaminación proveniente de procesos de producción, por ejemplo, cobertizos sin ventilación en zonas tropicales húmedas con penetración de contaminación exterior, incluidos cloruros en el aire y partículas que estimulan la corrosión.	Zona subtropical y tropical (época de humedad muy elevada), ambiente atmosférico con muy alta contaminación de SQ (superior a 250 µg/m ³) incluidos los factores acompañantes y de producción y/o el fuerte efecto de los cloruros, por ejemplo, zonas industriales extremas, zonas costeras y marinas, contacto ocasional con niebla salina

Corrosión

Atmosférico -

Galvánico

NOTA 1: La deposición de cloruros en las zonas costeras depende en gran medida de las variables que influyen en el transporte tierra adentro de la sal marina, como la dirección del viento, la velocidad del viento, la topografía local, las islas que protegen del viento fuera de la costa, la distancia del sitio al mar, etc. .

NOTA 2: El efecto extremo de los cloruros, que es típico de salpicaduras marinas o niebla salina intensa, está fuera del alcance de la norma ISO 9223.

NOTA 3: La clasificación de corrosividad de atmósferas de servicio específicas, por ejemplo en industrias químicas, está fuera del alcance de la norma ISO 9223.

NOTA 4: Las superficies que están protegidas y no lavadas por la lluvia en ambientes atmosféricos marinos donde se depositan y acumulan cloruros pueden experimentar una categoría de corrosividad más alta debido a la presencia de sales higroscópicas.

NOTA 5: En la Norma ISO 11844-1 se proporciona una descripción detallada de los tipos de ambientes interiores dentro de las categorías de corrosividad C1 y C2. Se definen y clasifican las categorías de corrosividad interior IC1 a IC5.

- (a) En entornos con la 'categoría CX' esperada, se recomienda determinar la clasificación de corrosividad atmosférica a partir de las pérdidas por corrosión de un año.
- (b) La concentración de dióxido de azufre (SO₂) debe determinarse durante al menos un año y se expresa como promedio anual.

La variación de la corrosividad por material a lo largo de su vida útil y en relación con la exposición se da en la Norma ISO 9224 y se resume de la siguiente manera:

ISO 9224 Corrosividad (µm)						Años)/ Clases
1	2	5	10	15	20	
Acero carbono						
1.3	1.9	3	4.3	5.4	6.2	C1
25	36	58	83	103	120	C2
50	72	116	167	206	240	C3
80	115	186	267	330	383	C4
200	287	464	667	824	958	C5
700	1006	1624	2334	2885	3354	CX
Zinc						
0.1	0,2	0,4	0,6	0,9	1.1	C1
0,7	1.2	2.6	4.5	6.3	8	C2
2.1	3.7	7.8	13.6	19	24	C3
4.2	7.4	15.5	27.3	38	48	C4
8.4	14.3	31.1	54,6	75,9	95,9	C5
25	44	93	162	226	286	CX
Cobre						
0.1	0,2	0.3	0,5	0,6	0,7	C1
0,6	1	1.8	2.8	3.6	4.4	C2
1.3	2.1	3.8	6	7.9	9.6	C3
2.8	4.4	8.2	13	17	20.6	C4
5.6	8.9	16.4	26	34.1	41.3	C5
10	dieciséis	29	46	61	74	CX
Aluminio						
Despreciable						C1
0,6	1.0	1.9	3.2	4.4	5.3	C2
2	3	6	11	14	18	C3
5	8	dieciséis	28	36	44	C4
10	17	32	54	72	88	C5
Los datos sobre la corrosión general pueden ser engañosos						CX

Corrosión Atmosférico

La siguiente tabla recoge varios ejemplos de recubrimientos habituales en la industria de transformación de chapa, para los cuales los productos han sido ensayados según EN 12944-6.

Categoría	Corrosividad/ Durabilidad	Proteccion	espesor de recubrimiento µm	Nº de recubrimiento	ISO 62701 (agua condensación)	Norma ISO 9227 (spray de sal neutro)	Envejecimiento cíclico prueba
C1, C2	Bajo/Alto	Acero carbono	60-80	1	120	-	-
C3	Altura media	Acero carbono	120-160	2	240	480	-
		Pregalvanizado	60-80	1	240	480	-
C4	Alta alta	Pregalvanizado	140-180	2 o 3	480	720	-
C5	Alta alta	Pregalvanizado	200-260	3	720	1440	1680

Distancia del equipo de MT al área contaminada

La corrosividad de la atmósfera se revela si la humedad se combina con depósitos contaminados. Una de las condiciones más graves se da en zonas costeras o de deshielo que combinan sal y humedad o en zonas industriales circundantes. La dificultad es determinar un modelo representativo sabiendo que el % de contenido de sal varía según la región. Se da un ejemplo en IEC 60721-2-5. Sin embargo, se debe realizar un aumento exponencial de la corrosión a medida que disminuye la distancia desde el área salada.

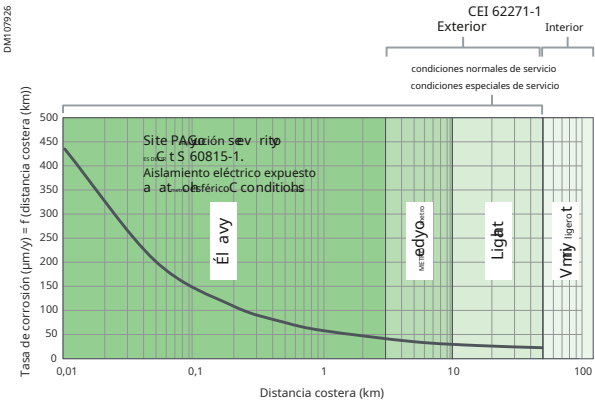
Las siguientes figuras muestran tres estándares de referencia que tienen tres clasificaciones diferentes, donde las clasificaciones IEC 62271-1 e IEC TS 60815-1 son para aislamiento eléctrico expuesto a condiciones atmosféricas, las clasificaciones IEC TS 62271-304 son para aparataje de MT expuestas a condensación y contaminación y la norma ISO Serie 922x para metales y aleaciones. Cada serie de clasificación se ha situado en relación con la distancia costera para evaluar su respectiva gravedad.

El eje vertical muestra la tasa de corrosividad supuesta.

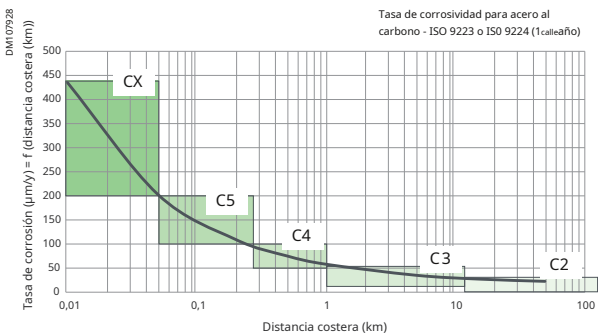
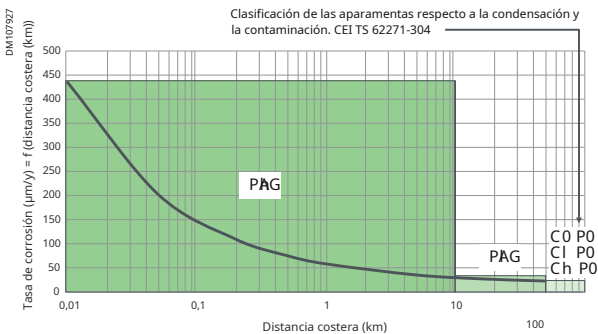
Más allá de las condiciones atmosféricas, se deben considerar varios parámetros que influyen, como la distancia desde la(s) fuente(s) contaminada(s), la exposición (protegida o limpiada por la lluvia), la orientación de la superficie (vertical u horizontal), la rugosidad de los metales y aleaciones, la periodicidad del mantenimiento. o si el mantenimiento predictivo está en funcionamiento.

Todos estos últimos parámetros influyentes son considerados por las especificaciones de la Organización del Tratado del Atlántico Norte (OTAN), los códigos de construcción y las asociaciones profesionales cuando la durabilidad de los metales y aleaciones se considera mediante diagramas de flujo de toma de decisiones.

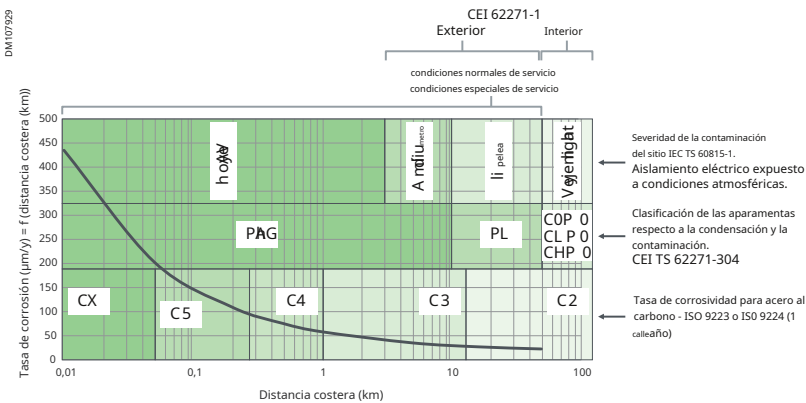
Las siguientes figuras muestran las diversas exposiciones para las tres clasificaciones.



Corrosión Atmosférico

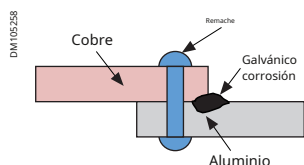


Todas las cifras de todas las clasificaciones se pueden resumir en una sola figura:



Corrosión

Galvánico



Tensión galvánica del ejemplo 580 mV.

Galvánico

La ingeniería y el diseño de calidad requieren una comprensión de la compatibilidad de los materiales. La corrosión galvánica ocurre cuando un metal o aleación se acopla eléctricamente a otro metal o no metal conductor en el mismo electrolito.

Los tres componentes esenciales son:

- materiales que poseen diferentes potenciales superficiales: metales electroquímicamente diferentes;
- un electrolito común, por ejemplo, agua salada;
- un camino eléctrico común: camino conductor para que los iones metálicos se muevan del metal más anódico al metal más catódico.

Cuando metales o aleaciones diferentes en un electrolito común están eléctricamente aislados entre sí, no experimentan corrosión galvánica, independientemente de de la proximidad de los metales o de su potencial o tamaño relativo.

Si sólo es necesario proteger un metal, el recubrimiento debe realizarse en el más cercano al cátodo.

Corrosión

Combinación atmosférica y galvánica

A menudo, cuando el diseño requiere que metales diferentes entren en contacto, la compatibilidad galvánica se gestiona mediante acabados y enchapados.

El acabado y enchapado seleccionados facilitan el contacto de los diferentes materiales y protegen los materiales base de la corrosión.

Cualquier diseño debe evaluar un 'Índice anódico' de 0 para la clase de corrosividad.

en C5, sin pruebas de verificación dedicadas. Ejemplo Se toma 50 mV como límite superior para productos para exteriores expuestos a entornos hostiles que normalmente requieren clase C5.

Para ambientes especiales, como un producto para exteriores con alta humedad y ambientes salinos. Normalmente, no debería haber más de 0,15 V de diferencia en el 'Índice anódico'.

Por ejemplo; el oro y la plata tendrían una diferencia de 0,15 V, lo cual es aceptable. (Una clase de corrosión atmosférica equivalente sería C4).

Para entornos normales, como un producto interior almacenado en almacenes en condiciones no controladas de temperatura y humedad.

Normalmente no debería haber más de 0,25 V de diferencia en el 'Índice anódico'. (Una clase de corrosión atmosférica equivalente sería C3)

Para entornos controlados, en los que la temperatura y la humedad están controladas, se pueden tolerar 0,50 V.

Se debe tener precaución al decidir sobre esta aplicación, ya que la humedad y la temperatura varían según las condiciones de servicio (una clase de corrosión atmosférica equivalente sería C2 hasta 0,30 V y C1 hasta 0,50 V).

Como información el informe técnico IEC/TR 60943 V2009 menciona 0,35 V.



Definición de aparamenta

Definiciones IEC	112
Definiciones IEEE/ANSI	113
Disyuntor de media tensión	114
Introducción - Características	114
Mecanismo del disyuntor de vacío.	126
Introducción	126
Principios de funcionamiento mecánico.	127
Introducción - Características	129
Seccionadores y seccionadores de tierra	134
Introducción - Características	134
Fusibles limitadores de corriente	138
Introducción - Características	138
Transformadores de instrumentos	146
Introducción	146
Transformador de corriente	147
Características del circuito primario según normas IEC.	147
Características del circuito secundario según normas IEC.	150
Protección diferencial	152
LPCT: Transformadores de corriente electrónicos	153
Transformador de voltage	154
Características	154
LPVT: Transformadores de tensión electrónicos	158
Reducción de potencia	159
Derating del aislamiento en función de la altitud - Derating de la corriente nominal en función de la temperatura	159

Todas las definiciones IEC de aparamenta provienen del vocabulario electrotécnico internacional (IEV).

Aparamenta y control

Un término general que cubre dispositivos de conmutación y su combinación con equipos de control, medición, protección y regulación asociados, también conjuntos de dichos dispositivos y equipos con interconexiones, accesorios, recintos y estructuras de soporte asociados.

Aparamenta de distribución y control encapsulada en metal

Conjuntos de aparamenta de conmutación y control con envoltorio metálica exterior destinada a puesta a tierra, y completos salvo conexiones exteriores.

NOTA: Este término generalmente se aplica a equipos de conmutación y control de alto voltaje.

Aparamenta en envoltorio metálica aislada en gas

Aparamenta encapsulada en metal en la que el aislamiento se obtiene, al menos en parte, mediante un gas aislante distinto del aire a presión atmosférica.

NOTA: Este término generalmente se aplica a equipos de conmutación y control de alto voltaje.

Aparamenta de distribución y control con aislamiento aislante

Conjuntos de aparamenta de conmutación y control con envoltorio de aislamiento exterior y completos excepto conexiones exteriores.

NOTA: Este término generalmente se aplica a equipos de conmutación y control de alto voltaje.

Definiciones IEEE/ANSI

Todas las definiciones de aparataje de IEEE/ANSI se revisaron y extrajeron de las normas aplicables existentes y pueden no ser idénticas a los términos y definiciones publicados en otros lugares. Todo este material se proporciona únicamente con fines informativos. Si un término no está definido en este material, se aplican las definiciones de C.37.100 Definiciones estándar IEEE para interruptores de potencia y NFPA-70.

Subestación de control

Un término general que cubre los dispositivos de conmutación e interrupción y su combinación con dispositivos asociados de control, medición, protección y regulación; también conjuntos de estos dispositivos con interconexiones, accesorios, recintos y estructuras de soporte asociados, utilizados principalmente en relación con la generación, transmisión, distribución y conversión de energía eléctrica.

Conjunto de aparataje

Una pieza de equipo ensamblada (interior o exterior) que incluye, entre otros, uno o más de los siguientes: dispositivos de conmutación, interrupción, control, medición, protección y regulación; junto con sus estructuras de soporte, cerramientos, conductores, interconexiones eléctricas y accesorios.

Encerrado en metal (aplicado a un conjunto de aparataje o a sus componentes)

Rodeado por una caja o carcasa de metal, generalmente conectado a tierra.

Aparataje eléctrica encapsulada en metal

Un conjunto de aparataje completamente cerrado en todos los lados y en la parte superior con lámina de metal (excepto las aberturas de ventilación y ventanas de inspección) que contiene dispositivos de conmutación o interrupción del circuito de energía primaria, o ambos, con barras y conexiones, y puede incluir dispositivos de control y auxiliares. El acceso al interior del recinto se realiza mediante puertas o tapas desmontables.

Aparataje blindada

Aparataje de potencia encapsulada en metal caracterizada por las siguientes características necesarias:

- el dispositivo principal de conmutación e interrupción es del tipo extraíble (extraíble).
- las partes principales del circuito primario están completamente rodeadas por barreras metálicas conectadas a tierra;
- todas las partes vivas están encerradas dentro de compartimentos metálicos conectados a tierra;
- persianas automáticas que cubren elementos del circuito primario;
- los conductores y conexiones de las barras primarias están cubiertos con material aislante en todas partes;
- se proporcionan enclavamientos mecánicos;
- los instrumentos, medidores, relés, dispositivos de control secundario y su cableado están aislados mediante barreras metálicas conectadas a tierra;
- la puerta a través de la cual se inserta el dispositivo de interrupción del circuito puede servir como panel de instrumentos.

NOTA: Los tableros blindados están encerrados en metal, pero no todos los tableros blindados pueden designarse correctamente como blindados.

Disyuntor de media tensión

Introducción - Características

IEC 62271-100 y ANSI/IEEE C37-04, C37-09 definen por un lado las condiciones de funcionamiento, las características nominales, el diseño y la fabricación; y por otro lado las pruebas, la selección de controles e instalación.

Introducción

El disyuntor es un dispositivo que asegura el control y protección de una red. Es capaz de generar, soportar e interrumpir corrientes de operación así como corrientes de cortocircuito.

El circuito principal debe poder soportar sin sufrir daños:

- el estrés térmico causado por la corriente de cortocircuito durante 1, 2 o 3 s;
- la tensión electrodinámica causada por el pico de corriente de cortocircuito:
 - $2.5 \cdot I_{oc}$ para 50 Hz (constante de tiempo estándar de 45 ms),
 - $2.6 \cdot I_{oc}$ para 60 Hz (constante de tiempo estándar de 45 ms),
 - $2.74 \cdot I_{oc}$ para 60 Hz para constantes de tiempo especiales superiores a 45 ms (Aplicaciones de generador). $X/R = 50$ y la constante de tiempo es 132 ms.
- la corriente de carga constante.

Dado que un disyuntor se encuentra mayoritariamente en la posición "cerrado", la corriente de carga debe pasar a través de él sin que la temperatura se pierda durante toda la vida útil del equipo.

Características

Características nominales obligatorias (cf. § 5 IEC 62271-100:2021).

Consulte ANSI/IEEE C37.09 para Norteamérica

(a) tensión nominal (U);

(b) nivel de aislamiento nominal (U_{pag} , U_d y U cuando corresponda);

(C) frecuencia nominal (f);

(d) corriente continua nominal (I)_r;

(mi) corriente nominal soportada de corta duración (I)_k;

(F) corriente nominal máxima soportada (I)_{pag};

(g) duración nominal del cortocircuito (t)_g;

(h) tensión nominal de alimentación de los dispositivos de cierre y apertura y de los circuitos auxiliares (U);

(i) frecuencia nominal de alimentación de los dispositivos de cierre y apertura y de los circuitos auxiliares;

(j) presión nominal del suministro de gas comprimido para el sistema de presión controlada;

(k) corriente nominal de corte en cortocircuito;

(l) factor nominal de primer polo a despejar;

(metro) corriente nominal de cierre de cortocircuito;

(norte) secuencia operativa nominal.

Características nominales opcionales

Características nominales que se darán en los casos específicos que se indican a continuación

(o) corriente nominal de cierre y corte fuera de fase;

(pag) corriente nominal de corte de carga de línea;

(q) corriente nominal de rotura de carga del cable;

(r) corriente nominal de ruptura de un solo banco de capacitores;

(s) corriente nominal de ruptura del banco de condensadores consecutivos;

(t) Corriente nominal de conexión de irrupción del banco de condensadores consecutivos.

Disyuntor de media tensión

Características

Tensión nominal (U_n) (cf. § 5.2 IEC 62271-1:2017/A1:2021), consulte ANSI/IEEE C37.100.1 para Norteamérica

La tensión nominal es el valor eficaz máximo para el que está diseñado el equipo. Indica el valor máximo de la 'tensión más alta del sistema' de las redes para las que se puede utilizar el equipo (ver 3.7.3, tensión más alta para el equipo U_m). A continuación se proporcionan los valores estándar de 245 kV e inferiores.

NOTA: El término "voltaje máximo nominal" utilizado en la mayoría de los estándares de interruptores IEEE tiene el mismo significado que el término "voltaje nominal" utilizado en este documento.

- Serie I: 3,6 kV - 7,2 kV - 12 kV - 17,5 kV - 24 kV - 36 kV - 52 kV - 72,5 kV - 100 kV - 123 kV - 145 kV - 170 kV - 245 kV.
- Serie II (áreas, como América del Norte): 4,76 kV - 8,25 kV - 15 kV₍₁₎ - 15,5 kV - 25,8 kilovoltios₍₂₎ - 27 kV - 38 kV - 48,3 kV - 72,5 kV - 123 kV - 145 kV - 170 kV - 245 kV.

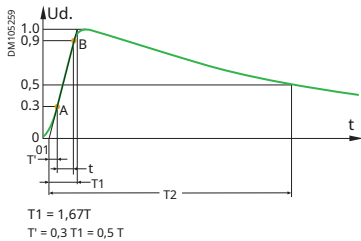


Figura 6: Impulso de rayo completo

(1) La clasificación de 15 kV se utiliza en EE. UU. y algunos otros países. Históricamente se ha asociado con aparamenta revestida y encerrada en metal utilizada para aplicaciones principalmente en interiores y/o exteriores donde el nivel de aislamiento es menor que el requerido para aplicaciones aéreas en exteriores. Para aplicaciones distintas a las aparamentas revestidas o encerradas en metal, se prefiere la clasificación de 15,5 kV.

(2) La clasificación de 25,8 kV, que todavía se utiliza en IEEE C37.04 como clasificación de disyuntor y en algunos otros países, ha sido reemplazada por la clasificación de 27 kV en las normas de equipos más relevantes. Para nuevas aplicaciones y diseños, se prefiere la clasificación de 27 kV.

Nivel de aislamiento nominal (U_n , U_{pag} , U_s) (cf. § 5.3 IEC 62271-1:2017/A1:2021), consulte ANSI/IEEE C37.100.1 para Norteamérica

El nivel de aislamiento se caracteriza por dos valores:

- la tensión soportada de la onda de impulso del rayo (1,2/50 μs);
- la tensión soportada de frecuencia industrial durante 1 minuto.

Gama I, serie I

Tensión nominal kV rms	Tensión nominal soportada al impulso del rayo 1,2/50 μs 50 Hz kV pico	Frecuencia industrial nominal Tensión soportada 1 min kV rms
(U_n en kV)	(U_{pag} en kV)	(U_g en kV)
7,2	60	20
12	75	28
17,5	95	38
24	125	50
36	170	70
40,5	185	80
52	250	95

Gama I, serie II

Tensión nominal kV rms	Tensión nominal soportada al impulso del rayo 1,2/50 μs 50 Hz kV pico	Frecuencia industrial nominal Tensión soportada 1 min kV rms
(U_n en kV)	(U_{pag} en kV)	(U_g en kV)
4,76	60	19
8,25	95	36
15,5	110	50
27	150	70
38	200	95

Frecuencia nominal (f) (cf. § 5.4 IEC 62271-1:2017/A1:2021)

Los valores preferidos de la frecuencia nominal son 16,7 Hz, 25 Hz, 50 Hz y 60 Hz.

Corriente nominal continua (I_n) (cf. § 5.5 IEC 62271-1:2017/A1:2021)

Con el disyuntor siempre cerrado, la corriente de carga debe atravesarlo respetando un valor máximo de temperatura en función de los materiales y del tipo de conexiones. IEC establece el aumento de temperatura máximo permitido de diversos materiales utilizados para una temperatura del aire ambiente que no exceda los 40 °C. (ver tabla 14 IEC 62271-1:2017/A1:2021).

Disyuntor de media tensión

Características

Corriente nominal soportada de corta duración (I_k)
(consulte § 5.6 IEC 62271-1:2017/A1:2021 e IEC 62271-100:2021),
consulte ANSI/IEEE C37.09 para Norteamérica.

S Constante del Sur	Potencia de cortocircuito en MVA
U_d	Tensión de funcionamiento en kV
$y_p = y_o$ Constante del Sur	Corriente admisible de corta duración y corriente de corte en cortocircuito en kA

Este es el valor rms estandarizado de la corriente de cortocircuito máxima permitida en una red durante la duración nominal del cortocircuito.
Valores de corriente nominal de corte en cortocircuito máximo (kA):
6,3 - 8 - 10 - 12,5 - 16 - 20 - 25 - 31,5 - 40 - 50 - 63 kA.

Frecuencia nominal (Hz)	Constante de tiempo CC (ms)			
	45	60	75	120
16.7	2.1	2.3	2.4	2.5
25	2.3	2.4	2.5	2.6
50	2.5	2.6	2.7	2.7
60	2.6	2.7	2.7	2.7
50 o 60	-	2.7	2.7	2.7

Corriente nominal máxima soportada (I_{pag}) (cf. § 5.7 IEC 62271-1:2017/A1:2021) y haciendo corriente (cf. § 5.103 IEC 62271-100:2021),
Consulte ANSI/IEEE C37.09 para Norteamérica.

La corriente de cierre es el valor máximo que un disyuntor es capaz de ofrecer.
Fabricación y mantenimiento de una instalación en cortocircuito.
Debe ser mayor o igual a la corriente máxima nominal soportada de corta duración. I_{pag} es el valor máximo de la corriente nominal de cortocircuito para la tensión nominal de los disyuntor. El valor pico de la corriente soportada de corta duración es igual a:
factor pico $\times I_{pag}$ de acuerdo con la siguiente tabla (Tabla 5 de la IEC 62271-1:2017 y Tabla 37 de la IEC 62271-100:2021)

Duración nominal del cortocircuito (t_c)
(cf. § 5.8 IEC 62271-1:2017/A1:2021)

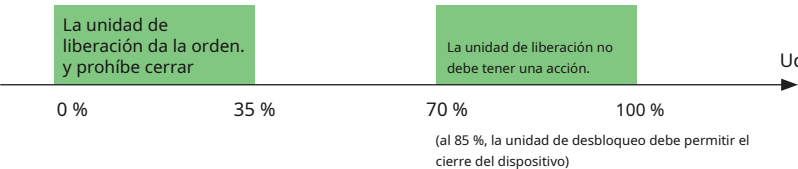
El valor estándar de duración nominal de cortocircuito es 1 s.
Otros valores recomendados son 0,5 s, 2 s y 3 s.

Tensión de alimentación nominal para dispositivos de cierre y apertura y circuitos auxiliares (U_a) (cf. § 5.9 IEC 62271-1:2017/A1:2021), consulte ANSI/IEEE C37.04 para Norteamérica.

- Valores de tensión de alimentación para circuitos auxiliares:
- para corriente continua (cc): 24 - 48 - 60 - 110 o 125 - 220 o 250 voltios;
 - para corriente alterna (CA): 120 - 230 voltios.

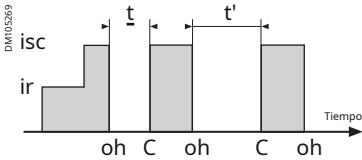
Las tensiones de funcionamiento deben estar dentro de los siguientes rangos (véanse los artículos 6.6 y 6.9 de IEC 62271-1:2017/A1:2021):

- unidades de motor y desbloqueo de cierre: 85 % a 110 % de U_d en CC y CA;
- unidades de apertura de apertura:
 - 70 % a 110 % de U_{en} CC,
 - 85 % a 110 % de U_{en} ac.
- unidad de disparo de apertura bajo voltaje:



Disyuntor de media tensión

Características



Secuencia de funcionamiento nominal (cf. § 5.104 IEC 62271-100), consulte ANSI/IEEE C37.09 para Norteamérica.

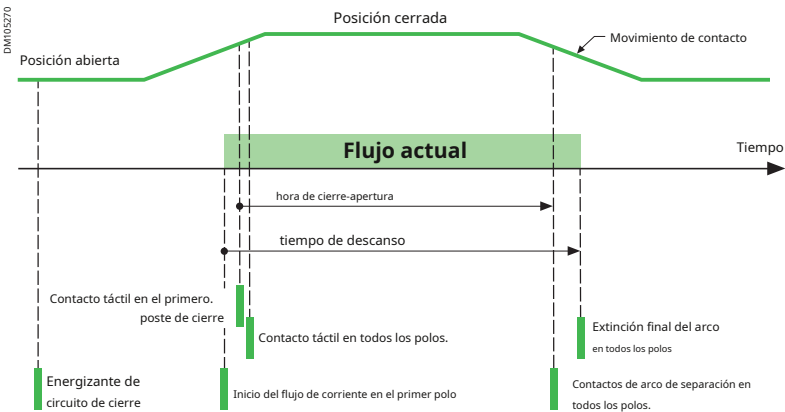
Secuencia de conmutación asignada según IEC, O - t - CO - t' - CO. (ver diagrama al lado)

oh Representa la operación de apertura.

CO Representa una operación de cierre seguida inmediatamente de una operación de apertura.

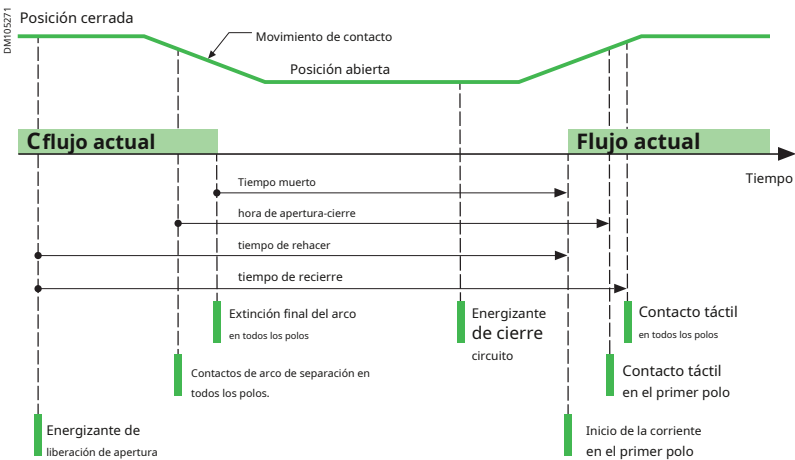
Reenganche automático	oh	t	CO	t''	CO
Lento	oh	3 minutos	CO	3 minutos	CO
	oh	3 minutos	CO	1 minuto	CO
	oh	3 minutos	CO	15 segundos	CO
	oh	1 minuto	CO	1 minuto	CO
	oh	1 minuto	CO	15 segundos	CO
	oh	15 segundos	CO	15 segundos	CO
Rápido	oh	0,3 segundos	CO	3 minutos	CO
	oh	0,3 segundos	CO	1 minuto	CO
	oh	0,3 segundos	CO	15 segundos	CO

Cerrar/Abrir ciclo



Ciclo de reenganche automático

Supuesto: Orden C tan pronto como el disyuntor esté abierto (con un retardo de tiempo para alcanzar 0,3 s o 15 s o 3 min).



La secuencia debe elegirse con precisión porque estará asociada con la capacidad de la prueba de resistencia y también con la vida útil de los componentes con o sin acción de mantenimiento en las piezas interrumpidas.

Disyuntor de media tensión

Características

Factor nominal de primer polo a claro (k) (cf. § 5.102 IEC 62271-100)

El factor de primer polo para borrar es la capacidad del disyuntor para operar en redes que tienen diferentes condiciones de puesta a tierra.

Al cortar cualquier corriente trifásica simétrica, el factor de primer polo a limpiar es la relación entre el voltaje de frecuencia industrial a través del primer polo de interrupción antes de que la corriente se corte en los otros polos, y el voltaje de frecuencia industrial que ocurre a través del polo o el postes después de romper los tres postes.

Los valores nominales para redes de MT son:

- 1,3 para disyuntores para tensiones nominales de hasta 800 kV inclusive en sistemas neutros efectivamente puestos a tierra;
- 1,5 para disyuntores para tensiones nominales de hasta 170 kV inclusive en sistemas con neutro no puesto a tierra de forma efectiva.

La k nominal se utiliza para definir los parámetros TRV. TRV es el voltaje que aparece a través de los terminales de un polo de disyuntor después de que se ha interrumpido la corriente. La forma de onda del voltaje de recuperación varía según la configuración real del circuito.

Un disyuntor debe poder interrumpir una corriente determinada para todos los voltajes de recuperación transitorios cuyo valor permanezca por debajo del TRV.

Los parámetros TRV se definen en función de la tensión nominal (U), el factor nominal de primer polo a borrar (k) y el factor de amplitud (k). k es función de la puesta a tierra del neutro del sistema.

Para todas las tareas de prueba se utiliza una representación mediante dos parámetros del TRV potencial (ver figura).

Valor pico TRV $U_c = k \times k_{af} \times \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{3}} \times U_r$

- Para disyuntores clase S1 (sistemas de cable).

k_{af} igual a 1,4 para el servicio de prueba T100, 1,5 para el servicio de prueba T60, 1,6 para el servicio de prueba T30 y 1,7 para el servicio de prueba T10, 1,25 para el corte desfasado.

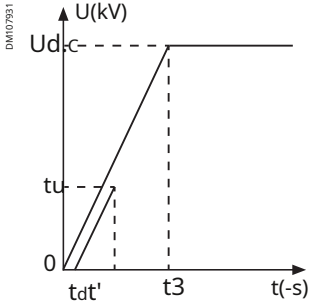
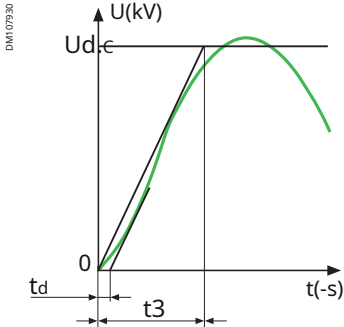
- Para disyuntores clase S2 (sistemas de línea).

k_{af} igual a 1,54 para el servicio de prueba T100 y el circuito del lado de alimentación para falla de línea corta, 1,65 para el servicio de prueba T60, 1,74 para el servicio de prueba T30 y 1,8 para el servicio de prueba T10, 1,25 para el corte fuera de fase.

- El tiempo t3 se menciona en las siguientes tablas.
- El tiempo td se menciona en las siguientes tablas.
- Tensión u' = u/3.
- El tiempo t' se deriva de u', t3 y según la figura, t' = t + t3/3.

Valor de TRV para disyuntor

S1, S2	Clase del disyuntor relacionada con la longitud del cable (la longitud S1 es de al menos 100 m, la longitud S2 <100 m)
k	Factor nominal de primer polo para borrar (k) para falla terminal (1,5 o 1,3)
t _{xxx}	Servicio de prueba (T10, T30, T60, T100)
U _d	Tensión nominal en kV
t'	t _d +t3/3
U _c	valor pico TRV
t3	Tiempo
t _d	Demora
u/t3	Tasa de aumento del TRV
tu	t _d u/3



Disyuntor de media tensión

Características

Las siguientes tablas describen el valor de TRV para los disyuntores S1 (red de cable) y $k = 1,5$ (sistemas sin conexión a tierra efectiva). Los valores de TRV para redes de línea (S2) o para $k = 1,3$ (sistemas de red efectivamente conectados a tierra) se pueden encontrar en la norma IEC 62271-100.

Clase S1 y Tensión nominal Rango I, serie I, $k = 1,5$

page 6

T10							T30			
U _d	t'	U _d	t ₃	t _d	u/t ₃	t'	U _d	t ₃	t _d	u/t ₃
kV	μs	kV	μs	μs	kV/μs	μs	kV	μs	μs	kV/μs
3.6	4,32	7,5	8,95	1,34	0,84	4,32	7,05	8,95	1,34	0,79
7.2	5.3	15	11	1,64	1,37	5,3	14,1	11	1,64	1,29
12	6.51	25	13,5	2,02	1,86	6,51	23,5	13,5	2,02	1,75
17,5	7,78	36,4	16,1	2,41	2,26	7,78	34,3	16,1	2,41	2,13
24	9,15	50	18,9	2,84	2,64	9,15	47	18,9	2,84	2,48
36	11,4	75	23,6	3,53	3,18	11,4	70,5	23,6	3,53	3,00
40,5	12,1	84,3	25,1	3,77	3,36	12,1	79,4	25,1	3,77	3,16
52	14	108	29	4,35	3,73	14	102	29	4,35	3,51

T60							T100				
U _d	t'	U _d	t ₃	t _d	u/t ₃	t'	U _d	t ₃	t _d	u/t ₃	
kV	μs	kV	μs	μs	kV/μs	μs	kV	μs	μs	kV/μs	
3.6	8,65	6,61	17,9	2,68	0,37		19,1	6,17	40,7	6,1	0,15
7.2	10.6	13,2	21,9	3,29	0,60		24,1	12,3	49,8	7,48	0,25
12	13	22,1	26,9	4,04	0,82	29,6	20,6	61,2	9,18	0,34	
17,5	15,6	32,1	32,2	4,83	1,00		35,4	30	73,2	11	0,41
24	18,3	44,1	37,9	5,68	1,16	41,6	41,2	86		12,8	0,48
36	22,8	66,1	47,1	7,06	1,40	51,7	61,7	107		16,1	0,58
40,5	24,3	74,4	50,3	7,54	1,48	55,2	69,4	114		17,1	0,61
52	28,1	95,5	58,1	8,71	1,65	63,8	89,2	132		19,8	0,68

Clase S1 y Rango de tensión nominal I, serie II (Norteamérica), $k = 1,3$

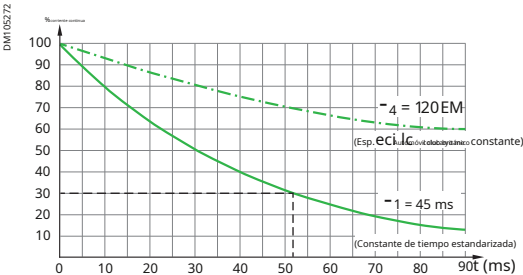
T10							T30			
U _d .	t'	U _d .	t ₃	t _d	u/t ₃	t'	U _d .	t ₃	t _d	u/t ₃
kV	μs	kV	μs	μs	kV/μs	μs	kV	μs	μs	kV/μs
4,76	4,65	9,91	9,61	1,44	1,03	4,03	8,08	8,33	1,25	0,97
8,25	5,57	17,2	11,5	1,73	1,49	4,83	14	9,99	1,5	1,40
15	7,22	31,2	14,9	2,24	2,09	6,25	25,5	12,9	1,94	1,97
15,5	7,33	32,3	15,2	2,27	2,13	6,35	26,3	13,1	1,97	2,00
25,8	9,5	53,7	19,7	2,95	2,73	8,24	43,8	17	2,56 2,57	
27	9,74	56,2	20,1	3,02	2,79	8,44	45,9	17,5	2,62	2,63
38	11,7	79,1	24,3	3,64	3,26	10,2	64,5	21	3,15	3,07
48,3	13,4	101		27,8	4,17	3,62	11,6	82	24,1	3,61 3,41
T60							T100			
U _d .	t'	U _d .	t ₃	t _d	u/t ₃	t'	U _d .	t ₃	t _d	u/t ₃
kV	μs	kV	μs	μs	kV/μs	μs	kV	μs	μs	kV/μs
4,76	8,05	7,58	16,7	2,5	0,46	18,3	7,07	37,9	5,68	0,19
8,25	9,66	13,1	20	3	0,66	22,2	12,3	45,4	6,81	0,27
15	12,5	23,9	25,9	3,88	0,92	28,4	22,3	57,9	8,82	0,38
15,5	12,7	24,7	26,3	3,94	0,94	28,9	23	59,7	8,96	0,39
25,8	16,5	41,1	34,1	5,11	1,21	37,4	38,3	77,5	11,6	0,50
27	16,9	43		34,9	5,24	1,23	38,4	40,1	79,4	11,9 0,51
38	20,3	60,5		42,1	6,31	1,44	46,2	56,5	95,6	14,3 0,59
48,3	23,3	76,9	48,2	7,23	1,60	52,9	71,8	109		16,4 0,66

$$U_d = 1,4 \times 1,5 \times \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{3}} \times U_r = 1,715 \times U_r$$

Disyuntor de media tensión

Características

Porcentaje del componente aperiódico (% DC) en función del intervalo de tiempo (t)



t: duración de apertura del disyuntor t_{op} , aumentado en medio periodo T a la frecuencia industrial (T).

Ejemplo 1:

Para un disyuntor con un tiempo de apertura mínimo de 45 ms (T_{op}) a lo que sumamos 10 ms (T) debido a la retransmisión, el gráfico da un porcentaje del componente aperiódico de alrededor del 30 % para una constante de tiempo $t_1 = 45$ ms:

$$\% CC = e^{\left(\frac{-(45 + 10)}{45} \right)} = 29,5\%$$

Ejemplo 2:

Supongamos que el % DC de un disyuntor de MT es igual al 65 % y que la corriente de cortocircuito simétrica calculada (I_{sym}) es igual a 27 kA.

¿A qué equivale?

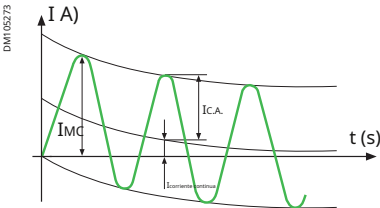
$$I_{asimétrica} = y_o \times \sqrt{-(1 + 2 \times (\% CC / 100))^2} \quad \text{[A]}$$

$$I_{asimétrica} = 27 \text{ kA} \times \sqrt{-(1 + 2 \times (0,65))^2} = 36 \text{ kA}$$

Usando la ecuación [A], esto equivale a una corriente de cortocircuito simétrica con una clasificación de:

$$I_{asimétrica} = \frac{36,7}{1,086} = 33,8 \text{ kA para un \% DC al 30 \%}$$

La clasificación del disyuntor es superior a 33,8 kA. Según IEC, la clasificación estándar más cercana es 40 kA.



Corriente nominal de corte en cortocircuito (I) (cf. § 5.101 IEC 62271-100)

La corriente nominal de corte de cortocircuito es el valor más alto de corriente que el disyuntor debe ser capaz de cortar a su voltaje nominal o inferior y bajo las condiciones de uso.

Se caracteriza por dos valores:

- el valor eficaz de su componente periódica, dado por el término: 'corriente nominal de corte en cortocircuito';
- el porcentaje de la componente aperiódica correspondiente al tiempo de apertura del disyuntor, al que sumamos un medio período de la frecuencia nominal.

El semiperiodo corresponde al tiempo mínimo de activación de un dispositivo de protección contra sobrecorriente, siendo este de 10 ms a 50 Hz.

Según IEC, el disyuntor debe romper el valor eficaz de la componente periódica del cortocircuito (= su corriente de corte nominal) con el porcentaje de asimetría definido por el gráfico al lado.

Como norma IEC define los equipos de MT para una constante de tiempo de 45 ms, para un valor pico de corriente máxima igual a $2,5 \times I$ a 50 Hz o $2,6 \times I$ a 60 Hz. En este caso utilice el t1 curva.

Para circuitos de baja resistencia, como entradas de generadores, puede ser mayor, con un valor pico de corriente máxima igual a $2,7 \times I$. En este caso utilice el t4 curva. Para todas las constantes de tiempo entre t1 y t4, usa la ecuación:

$$\% CC = 100 \times e^{\left(\frac{-(T_{op} + T)}{t_{1...4}} \right)}$$

Valores de la corriente nominal de corte en cortocircuito:

6,3 - 8 - 10 - 12,5 - 16 - 20 - 25 - 31,5 - 40 - 50 - 63 kA.

Las pruebas de corte por cortocircuito deben cumplir las cinco secuencias de prueba siguientes:

Servicio de prueba	Secuencia	% Isímico	% componente aperiódico % CC
T10	1	10	≤ 20
T30	2	30	≤ 20
T60	3	60	≤ 20
T100	4	100	≤ 20
T100(a)	5*	100	C-t'-C Según ecuación
T100(b)	6*	100	Ot-CO-t'-CO Según ecuación

(*) Para interruptores automáticos con apertura inferior a 80 ms.

IMC	Haciendo actual
CAI	Valor pico del componente periódico (I_{CAI})
IDC	Valor del componente aperiódico

corriente continua % de asimetría o componente aperiódico

$$\frac{IDC}{CAI} = 100 \times e^{\left(\frac{-(T_{op} + T)}{t_{1...4}} \right)}$$

Corriente de cortocircuito simétrica (en kA):

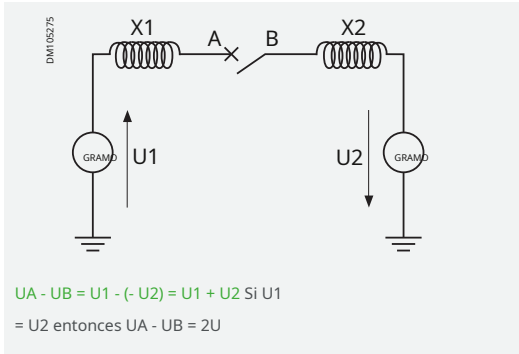
$$I_{simétrica} = \frac{CAI}{\sqrt{2}}$$

Corriente de cortocircuito asimétrica (en kA): I

$$I_{asimétrica} = \sqrt{I_{simétrica}^2 + CID_2}$$
$$I_{asimétrica} = y_o \times \sqrt{1 + 2 \times \left(\frac{IDC}{100} \right)^2}$$

Disyuntor de media tensión

Características



Corriente nominal de cierre y corte fuera de fase (cf. § 5.105 IEC 62271-100), consulte ANSI/IEEE C37.09 para Norteamérica.

La especificación de una corriente de cierre y corte desfasada no es obligatoria. Cuando un disyuntor está abierto y los conductores no son síncronos, el voltaje a través de los terminales puede aumentar hasta la suma de los voltajes en los conductores (oposición de fases). Esta calificación es opcional.

En la práctica, las normas exigen que el disyuntor corte una corriente igual a 25 % de la corriente de falla entre los terminales, a una tensión igual al doble de la tensión relativa a tierra.

Si U es la tensión nominal del disyuntor, la tensión de recuperación de frecuencia industrial es igual a:

- $2 / \sqrt{3} U$ para redes con sistema neutro efectivamente puesto a tierra;
- $2,5 / \sqrt{3} U_r$ para otras redes.

Disyuntor de media tensión

Características

Corrientes capacitivas nominales (cf. § 5.106 IEC 62271-100), consulte ANSI/IEEE C37.09 para Norteamérica.

La clasificación de un disyuntor para corrientes capacitivas debe incluir, cuando corresponda:

- corriente nominal de corte de carga de línea;
- corriente nominal de rotura de carga del cable;
- corriente nominal de ruptura de un solo banco de capacitores;
- corriente nominal de ruptura del banco de condensadores consecutivos;
- Corriente nominal de conexión de irrupción del banco de condensadores consecutivos.

Los valores preferidos de corrientes capacitivas nominales se dan en la siguiente tabla:

Tensión nominal Rango I, serie I

Línea	Cable	Soltero condensador banco	Banco de condensadores adosados		
Clasificado Voltaje (U)	Línea nominal cargando rotura actual (yo) _o	Cable clasificado nominal rotura actual (yo) _o	Carga única condensador quiebra de banco corriente (I) _o	Condensador nominal con espalda quiebra de banco corriente (I) _o	espalda condensador trasero irrupción de hacer corriente (I) _o
kV	ka	ka	A	A	ka
3.6	10	10	400	400	20
7.2	10	10	400	400	20
12	10	25	400	400	20
17,5	10	31,5	400	400	20
24	10	31,5	400	400	20
36	10	50	400	400	20
52	10	80	400	400	20

Tensión nominal Rango I, serie II (Norteamérica)

Línea	Cable	Soltero condensador banco	Banco de condensadores adosados		
Clasificado Voltaje (U)	Línea nominal cargando rotura actual (yo) _o	Cable clasificado nominal rotura actual (yo) _o	Carga única condensador quiebra de banco corriente (I) _o	Condensador nominal con espalda quiebra de banco corriente (I) _o	espalda condensador trasero irrupción de hacer corriente (I) _o
kV	ka	ka	A	A	ka
4.76	10	10	400	400	20
8.25	10	10	400	400	20
15	10	25	400	400	20
25,8	10	31,5	400	400	20
38	10	50	400	400	20
48.3	10	80	400	400	20

Se definen dos clases de disyuntores según sus prestaciones de reencendido:

- clase C1: baja probabilidad de reencendido durante el corte de corriente capacitiva;
- clase C2: muy baja probabilidad de reencendido durante el corte de corriente capacitiva.

Disyuntor de media tensión

Características

Corriente nominal de ruptura de carga de línea (cf. § 5.106.2 IEC 62271-100), consulte ANSI/IEEE C37.09 para Norteamérica.

La especificación de una corriente de corte nominal para un disyuntor destinado a maniobrar líneas aéreas descargadas no es obligatoria para los disyuntores de tensión nominal $\geq 72,5$ kV.

Si se especifica, se asignará una clase de reencendido asociada (C1 o C2).

Corriente nominal de ruptura de carga de cable (cf. § 5.106.3 IEC 62271-100), consulte ANSI/IEEE C37.09 para Norteamérica.

La especificación de una corriente de corte nominal para un interruptor automático que conecta cables descargados no es obligatoria para interruptores automáticos de tensión nominal inferior a 52 kV. Si se especifica, se asignará una clase de reencendido asociada (C1 o C2). Los valores de corriente de corte nominal para un disyuntor que conecta cables descargados se resumen en la tabla general de corrientes capacitivas nominales.

Corriente de ruptura nominal de un solo banco de capacitores (cf. § 5.106.4 IEC 62271-100), consulte ANSI/IEEE C37.09 para Norteamérica.

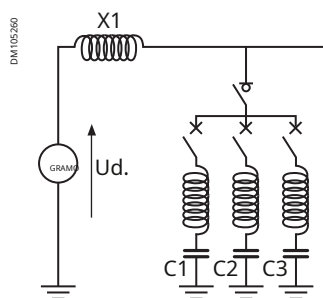
La especificación de la corriente de corte de una sola batería de condensadores no es obligatoria. Si se especifica, se asignará una clase de reencendido asociada (C1 o C2).

Debido a la presencia de armónicos, la corriente de corte de los condensadores es inferior o igual a 0,7 veces la corriente nominal del dispositivo.

Corriente nominal	Corriente de ruptura para condensador (máx.)
(A)	(A)
400	280
630	440
1250	875
2500	1750
3150	2200

Disyuntor de media tensión

Características



Corriente de ruptura nominal del banco de capacitores consecutivos (cf. § 5.106.5 IEC 62271-100), consulte ANSI/IEEE C37.09 para Norteamérica.

La especificación de una corriente de corte para baterías de condensadores multietapa no es obligatoria.

Corriente nominal de conexión de irrupción del banco de capacitores consecutivos (consulte § 5.106.6 IEC 62271-100), consulte ANSI/IEEE C37.09 para Norteamérica.

La especificación de una corriente de corte para baterías de condensadores multietapa no es obligatoria. La corriente nominal de cierre para bancos de condensadores es el valor de corriente máxima que el disyuntor debe ser capaz de generar en las condiciones de uso especificadas. El valor de la corriente nominal de cierre del disyuntor debe ser mayor que la corriente de entrada del banco de condensadores.

Las fórmulas para el cálculo de las corrientes de irrupción para bancos de condensadores individuales y adosados se pueden encontrar en la cláusula 9 de IEC/TR 62271-306. Normalmente, los valores de corriente y frecuencia máxima para las corrientes de irrupción son del orden de unos pocos kA y unos 100 Hz para bancos de condensadores individuales, y del orden de unos pocos 10 kA y unos 100 kHz para bancos de condensadores adosados. .

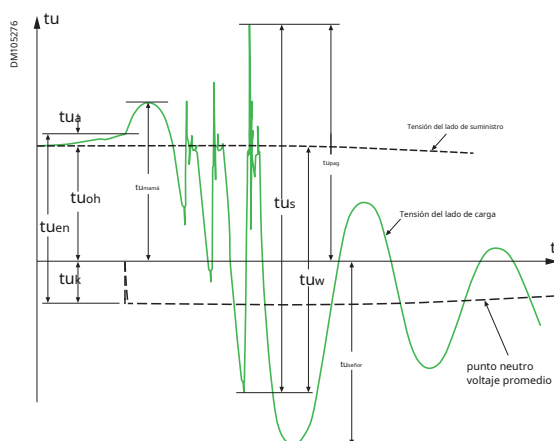
Comutación de pequeñas corrientes inductivas (cf. § 4 IEC 62271-110)

Los disyuntores según IEC 62271-100 no tienen clasificaciones de conmutación inductiva dedicadas. Sin embargo, la conmutación de cargas inductivas (corrientes magnetizantes de transformadores, motores de alta tensión y reactores en derivación) se especifica en CEI 62271-110.

La interrupción de corrientes inductivas bajas (de varios amperios a varios cientos de amperios) puede provocar sobretensiones.

La protección contra sobretensiones debe aplicarse en algunos casos según el tipo de disyuntor para garantizar que las sobretensiones no dañen el aislamiento de las cargas inductivas (transformadores sin carga, motores).

La figura siguiente muestra las distintas tensiones en el lado de la carga.



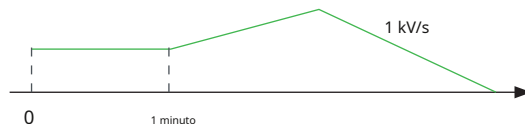
U _{oh}	Valor de cresta de tensión de frecuencia industrial a tierra
U _A	Cambio de voltaje neutro en la interrupción del primer polo
U _a	Caída de tensión del arco del disyuntor
U _{en}	= U _{oh} + U _a Tensión inicial en el momento del corte de corriente
U _{máx}	Tensión de pico de supresión a tierra
U _{sof}	Pico de tensión del lado de carga a tierra
U _{re}	Voltaje a través del disyuntor en el reencendido
U _{pag}	Sobretensión máxima a tierra (podría ser igual a que se produzcan reencendidos U)
U _d	Excursión máxima de sobretensión pico a pico en el reencendido

Nivel de aislamiento de motores.

IEC 60034 estipula el nivel de aislamiento de los motores.

Las pruebas de frecuencia de alimentación y resistencia a impulsos se proporcionan en la siguiente tabla (niveles de aislamiento nominales para juegos giratorios).

Aislamiento	Prueba a 50 (60) Hz valor rms	prueba de impulso
Entre turnos		$(4 U_r + 5) \text{ kV}$ $4,9 \text{ pu} + 5 = 31 \text{ kV a } 6,6 \text{ kV}$ (50 % en la muestra) Tiempo frontal 0,5 μs
Relativo a la tierra	$(2 U_r + 1) \text{ kV}$ $2 U_r + 1 \rightarrow 2(2 U + 1) \rightarrow 0 \text{ a } 14$ kilovoltios $\rightarrow 28$ kilovoltios $\rightarrow 0$	$(4 U_r + 5) \text{ kV}$ $4,9 \text{ pu} + 5 = 31 \text{ kV a } 6,6 \text{ kV}$ tiempo frontal 1,2 μs



Disyuntor de media tensión

Características

Condiciones de funcionamiento normales (cf. § 4.1 IEC 62271-1:2017/A1:2021)

(sin clasificación asignada, cf. § 4.108 IEC 62271-100 e IEC 62271-110)

Para todos los equipos que funcionan en condiciones más severas que las que se describen a continuación, se debe aplicar una reducción de potencia (consulte el capítulo de reducción de potencia).

El equipo está diseñado para funcionamiento normal en las siguientes condiciones:

Temperatura

°C	Instalación	
Ambiente instantáneo	Interior	Exterior
Mínimo	- 5°C	- 25°C
Máximo	+ 40°C	+ 40°C
Promedio de 24 h	Interior	Exterior
Máximo	+ 35°C	+ 35°C

Humedad

Humedad media interior durante un período (valor máximo)	Humedad relativa	Presión de vapor de agua (kPa)
24 horas	95 %	2.2
1 mes	90 %	1.8

Altitud

La altitud no supera los 1000 metros.

Resistencia mecánica (cf. § 6.107.2 IEC 62271-100:2021)

Se definen dos clases:

- clase M1 con resistencia mecánica normal (2000 ciclos de operación);
- clase M2 con resistencia mecánica extendida (10 000 ciclos de operación) Los disyuntores Schneider Electric generalmente se prueban según la clase M2, excepto los disyuntores dedicados a la protección de transformadores (por ejemplo, segmento renovable) donde la clase M1 generalmente se considera suficiente.

Conexión a la red (cf. § 6.107.3 IEC 62271-100:2021)

Se definen dos clases para tensiones nominales inferiores a 100 kV:

- clase S1 con una longitud de cable en el lado de alimentación superior a 100 m;
- clase S2 con una longitud de cable del lado de suministro inferior a 100 m.

NOTA 1: Los disyuntores de subestaciones interiores con conexión por cable son generalmente de clase S1.

NOTA 2: Las aplicaciones en las que un disyuntor está conectado a una línea aérea a través de una barra colectora (sin conexiones de cables intermedias) son ejemplos típicos de disyuntores de clase S2.

Corriente capacitiva (cf. § 6.107.4 IEC 62271-100:2021)

Se definen dos clases:

- clase C1 con baja probabilidad de reencendido durante el corte de corriente capacitiva;
- clase C1 con muy baja probabilidad de reencendido durante el corte de corriente capacitiva.

NOTA 1: Un disyuntor puede ser de clase C2 para un tipo de aplicación y de clase C1 para otro tipo de aplicación donde el estrés de la tensión de recuperación es más severo.

Resistencia eléctrica (cf. § 6.107.5 IEC 62271-100:2021)

Se definen dos clases (cf. § 6.107.5 IEC 62271-100):

- clase E1 con resistencia eléctrica básica;
- clase E2 con resistencia eléctrica extendida, para disyuntores que no requieren mantenimiento de las partes interruptoras del circuito principal durante su vida operativa esperada.

Los disyuntores Schneider Electric suelen probarse según la clase E2.

Mecanismo del disyuntor de vacío

Introducción

El disyuntor es el dispositivo de seguridad eléctrica definitivo; la interrupción confiable de la corriente de cortocircuito en caso de falla de la red es primordial.

El mecanismo de operación es un subconjunto clave que tiene un impacto directo en la confiabilidad del interruptor, así como en su costo y tamaño.

Esta sección describe el principio de funcionamiento de los mecanismos VCB de MT, es decir, actuadores de solenoide, resorte e imán permanente.

Estándares

Se cumplen dos organismos principales de normalización: la Comisión Electrotécnica Internacional (IEC) y el Instituto Nacional Estadounidense de Estándares (ANSI).

Existen diferencias significativas en las clasificaciones y el rendimiento requeridos por los estándares de disyuntores IEC y ANSI/IEEE.

Como resultado, los fabricantes mundiales suelen tener dos productos diferentes. En los últimos años, los comités de normalización IEC e IEEE han avanzado hacia la convergencia en los requisitos de prueba de tipo para las normas de interruptores automáticos de MT.

Todas las normas aplicables a los interruptores automáticos de MT consideran el mecanismo de funcionamiento como un subconjunto.

Especifican clasificaciones y requisitos para las funcionalidades mecánicas, así como los procedimientos de prueba para verificar el rendimiento mecánico y eléctrico.

Las clasificaciones se definen para satisfacer las necesidades operativas reales en términos de secuencias de conmutación típicas y cantidad de ciclos de cierre-apertura (CO) que experimentará el disyuntor durante su vida útil.

Las normas también definen secuencias operativas nominales, que se expresan como operaciones mecánicas de cierre (C) y apertura (O) seguidas de un intervalo de tiempo (t) expresado en segundos o minutos.

Los requisitos definidos en las normas IEC o ANSI/IEEE para operaciones mecánicas, en términos de cantidad de operaciones y secuencias de operación reflejan la mayoría de las necesidades encontradas en las aplicaciones de disyuntores.

Mecanismo del disyuntor de vacío

Principios de funcionamiento mecánico.

Principios de funcionamiento del mecanismo

Se pueden encontrar tres tipos de mecanismos operativos en los VCB de MT y en los reconectores automáticos disponibles actualmente en el mercado global.

Estos se clasifican según el tipo de tecnología utilizada para almacenar la energía necesaria para cerrar y abrir los interruptores al vacío.

Mecanismo solenoide

Los mecanismos de solenoide utilizan un resorte comprimido para abrir el interruptor y un solenoide para cerrarlo, además de cargar el resorte de apertura. La energía requerida para operar el solenoide es suministrada por el suministro auxiliar de CC o CA.

Los solenoides sufren un aumento de corriente elevado cuando están energizados, lo que requiere una fuente de alimentación auxiliar (batería de CC o CA de BT) o una gran descarga de condensador y contactos auxiliares de alta clasificación. También son más voluminosos y pesados que los mecanismos accionados por resorte. Por esta razón, hoy en día rara vez se utilizan en la práctica.

Mecanismo de resorte

Los mecanismos de resorte utilizan resortes cargados separados para almacenar energía para abrir y cerrar los interruptores.

El resorte de cierre tiene energía suficiente para cargar el resorte de apertura y se recarga manualmente o mediante un pequeño motor alimentado por la alimentación auxiliar. Hay dos tipos básicos de mecanismos de resorte VCB:

- mecanismos para VCB que no requieren una función de recierre rápido (por ejemplo, secuencia operativa nominal de O – 3 min – CO);
- Mecanismos para VCB capaces de realizar tareas de recierre rápido (por ejemplo, O – 0,3 s – CO – 15 s – secuencia de operación nominal CO).

Mecanismo de actuador de imán permanente (PMA)

Los mecanismos de actuador de imán permanente (PMA) utilizan energía almacenada en un condensador electrolítico para la operación de cierre e imanes permanentes para bloquearse en la posición cerrada. Los mecanismos PMA se desarrollaron específicamente para su uso con VCB de MT. Existen dos familias de mecanismos PMA: monoestables (cierre magnético único) y biestables (cierre magnético doble).

El principio del mecanismo PMA monoestable es similar al del solenoide, excepto que en la posición cerrada el pestillo mecánico se reemplaza por un pestillo de imán permanente. La fuerza de cierre está diseñada para mantener el tubo de maniobra al vacío cerrado con la presión de contacto correcta mientras se carga el resorte de apertura.

En los mecanismos PMA biestables, los imanes permanentes bloquean la armadura tanto en la posición cerrada como en la abierta. Para mover la armadura de una posición a otra se crea un alto flujo magnético mediante una corriente continua en la bobina de apertura o cierre. Esto reduce la fuerza del pestillo magnético y genera una fuerza opuesta en el otro entrehierro.

La energía para las operaciones de apertura y cierre se deriva de dos condensadores electrolíticos separados que se descargan en las bobinas de apertura y cierre.

El disparo manual en caso de pérdida de suministro de CC es complejo porque requiere la aplicación de una gran fuerza mediante una palanca para "despegar" la armadura del pestillo del imán permanente y proporcionar la energía de apertura. A menudo se prefiere el PMA monoestable al biestable por las siguientes razones:

- elimina el riesgo de apertura incompleta (la energía de disparo se almacena cargando el resorte de apertura);
- Disparo manual y eléctrico más sencillo (sólo requiere cancelar el flujo del imán permanente para abrir el VCB).

sistema de control electrónico

Los mecanismos PMA requieren un sistema de control electrónico que reciba

La energía auxiliar de CC o CA proporciona energía de CC para cargar los capacitores electrolíticos, descarga la energía almacenada en las bobinas de apertura o cierre y desconecta la fuente de energía una vez que el VCB ha alcanzado la posición de abierto o cerrado.

En la mayoría de los diseños, el sistema de control electrónico se utiliza para monitorear el estado de los capacitores y bobinas de operación, dando alarmas en caso de anomalías. El condensador electrolítico es un componente clave ya que almacena la energía eléctrica necesaria que generará el pulso de corriente necesario para operar el PMA.

La capacitancia típica de 100 000 µF cargada a 80 V CC proporciona una energía almacenada de 320 julios, suficiente para llevar a cabo una secuencia de recierre rápido de VCB, incluidos intervalos cortos entre operaciones de CO.

Mecanismo del disyuntor de vacío

Principios de funcionamiento mecánico.

Aplicaciones

tipo VCB	Solicitud	Esperado operación por año	Secuencia de operación nominal	Clasificado mecánico resistencia	Esperado vida operativa	VCB mejor adaptado mecanismo
General objetivo	Cable /transformador / alimentador/ingreso	< 30	O - 3 minutos - CO	M1 2000 operaciones		Primavera
Frecuente traspuesta	Motores de condensador	< 300	O - 0,3 s - CO -15 s - CO	M2 10000 operaciones	rutina de 30 años mantenimiento cada 3 años	Primavera (preferido) o PMA
	Generadores DRUPS alimentador aéreo		O - 0,3 s - CO -2 s - CO - 5 s - CO			
Tarea pesada	Reconector montado en poste		O - 0,3 s - CO -15 s - CO	Especial	10 años.	AMP
	horno de arco	< 3000		30000 operaciones	Mantenimiento completo todos los años	AMP

Fiabilidad

Aunque los mecanismos de resorte y PMA se basan en tecnologías diferentes, ambos son adecuados para la mayoría de aplicaciones MV VCB.

La confiabilidad del VCB no está vinculada al número máximo de operaciones que un nuevo dispositivo puede realizar en un laboratorio. El verdadero parámetro a considerar es el MTBF (tiempo medio entre fallas) operativo.

La confiabilidad del mecanismo de resorte está determinada únicamente por las tasas de falla del sistema mecánico, mientras que la confiabilidad del mecanismo PMA está determinada por la combinación de tasas de falla mecánica y electrónica.

Aunque los mecanismos de resorte tienen el riesgo de realizar una operación de "apertura lenta" después de largos períodos de inactividad, el riesgo se puede reducir realizando pruebas periódicas de funcionamiento del VCB.

En resumen, los argumentos lógicos del autor desafían la idea de que los VCB con mecanismo PMA con mayor resistencia mecánica son más confiables que los VCB con operación de resorte motorizado.

Este análisis cualitativo destaca solo algunos aspectos del impacto del mecanismo operativo en la confiabilidad del VCB, abriendo así el debate entre los expertos en aparamenta de MT. Se requiere más trabajo para lograr modelos de confiabilidad VCB precisos.

Introducción

Los interruptores e interruptores-seccionadores de corriente alterna para su función de conmutación, tienen corrientes nominales de cierre y corte, para instalaciones interiores y exteriores, para tensiones nominales superiores a 1 kV hasta 52 kV inclusive y para frecuencias nominales desde 162/3 Hz hasta 52 kV inclusive. 60 Hz seguirán la norma IEC 62271-103. Esta norma también es aplicable a interruptores unipolares utilizados en sistemas trifásicos.

Se supone que las operaciones de apertura y cierre se realizan según las instrucciones del fabricante. Una operación de cierre puede seguir inmediatamente a una operación de corte, pero una operación de corte no debe seguir inmediatamente a una operación de cierre, ya que la corriente a cortar puede exceder la corriente de corte nominal del interruptor.

Características

Común con IEC 62271-1:2017/A1:2021

- (a) tensión nominal (U);
- (b) nivel de aislamiento nominal (U_{pag} , U y U_s cuando corresponda);
- (C) frecuencia nominal (f);
- (d) corriente continua nominal (I_r);
- (mi) corriente nominal soportada de corta duración (I_k);
- (F) corriente nominal máxima soportada (I_{pag});
- (gramo) duración nominal del cortocircuito (t_k);
- (h) tensión nominal de alimentación de los dispositivos de cierre y apertura y de los circuitos auxiliares (U);
- (i) frecuencia nominal de alimentación de los dispositivos de cierre y apertura y de los circuitos auxiliares;

Específico para interruptores IEC 62271-103:2021

- (j) corriente nominal de ruptura de carga principalmente activa (I_{karsa});
- (k) corriente nominal de corte en circuito cerrado (I_{kbc});
- (l) Corriente de ruptura nominal del transformador de potencia en paralelo (I_{pptr});
- (metro) corriente nominal de corte de carga del cable (I_{kc});
- (norte) corriente nominal de corte de carga de línea (I_{kl});
- (o) corriente de ruptura nominal de un solo banco de capacitores (I_{agom});
- (pag) corriente de ruptura nominal del banco de capacitores consecutivos (I_{agom});
- (q) corriente nominal de cierre de irrupción del banco de condensadores consecutivos (I_H);
- (r) corriente nominal de corte de defecto a tierra (I_H);
- (s) corriente nominal de corte de carga de cables y líneas en condiciones de falla a tierra (I_{ef2});
- (t) corriente nominal de corte del motor (I_{motor});
- (tú) corriente nominal de cierre de cortocircuito ($I_{mamá}$);
- (v) clase de resistencia mecánica de los interruptores (M1 o M2);
- (w) clase de resistencia eléctrica de interruptores de uso general (E1, E2 o E3);
- (X) Clase de capacidad de corte capacitivo de los interruptores (C1 o C2).

Las condiciones de aplicabilidad de las capacidades adicionales dependen del tipo de interruptor y/o aplicación.

interruptores

Características

Corriente nominal de ruptura de carga principalmente activa ^{carga} (I) (cf. § 5.101 IEC 62271-103)

La corriente nominal de corte de carga principalmente activa es la máxima corriente de carga principalmente activa que el interruptor será capaz de cortar a su tensión nominal. Su valor será igual a la corriente normal nominal si no se indica otro valor en la placa de características.

Corriente nominal de corte en circuito cerrado ^{bucle} (I) (cf. § 5.102 IEC 62271-103)

La corriente nominal de corte en circuito cerrado es la corriente máxima en circuito cerrado que el interruptor será capaz de cortar. Se pueden asignar clasificaciones separadas para la corriente de corte del bucle de la línea de distribución y la corriente de corte del transformador de potencia en paralelo.

Corriente de corte nominal del transformador de potencia en paralelo ^{ppt} (cf. § 5.103 IEC 62271-103)

La corriente de corte nominal del transformador de potencia en paralelo es la corriente máxima de circuito cerrado del transformador de potencia en paralelo que un interruptor de propósito especial será capaz de cortar.

Corriente nominal de corte de carga del cable (I_c) (cf. § 5.104 IEC 62271-103)

La corriente nominal de corte de carga del cable es la corriente máxima de carga del cable que el interruptor será capaz de cortar a su tensión nominal.

Corriente nominal de corte de carga de línea ^{lc} (I) (cf. § 5.105 IEC 62271-103)

La corriente de corte de carga de línea nominal es la corriente de carga de línea máxima que el interruptor será capaz de cortar a su voltaje nominal.

Corriente de corte nominal de un solo banco de condensadores para interruptores de uso especial ^{aparten} (I) (cf. § 5.106 IEC 62271-103)

La corriente de corte nominal de un solo banco de capacitores es la corriente máxima del banco de capacitores que un interruptor de propósito especial será capaz de cortar a su voltaje nominal sin ningún banco de capacitores conectado al lado de suministro del interruptor adyacente al banco que se está conmutando.

Corriente de corte nominal de banco de condensadores consecutivos para interruptores de propósito especial ^{cama y disyunto} (I) (cf. § 5.107 IEC 62271-103)

La corriente de ruptura nominal del banco de capacitores espalda con espalda es la corriente máxima del banco de capacitores que un interruptor de propósito especial será capaz de cortar a su voltaje nominal con uno o más bancos de capacitores conectados en el lado de suministro del interruptor adyacente al banco que se está cambiando.

La corriente de ruptura nominal preferida para un banco de capacitores adosados es de 400 A.

interruptores

Características

Corriente nominal de conexión de irrupción de banco de capacitores espalda con espalda para interruptores de propósito especial (I_{cn}) (cf. § 5.108 IEC 62271-103)

La corriente nominal de irrupción del banco de capacitores consecutivos es el valor máximo de la corriente que un interruptor de propósito especial será capaz de generar a su voltaje nominal y con una frecuencia de la corriente de irrupción apropiada para las condiciones de servicio. La asignación de una corriente nominal de cierre de irrupción del banco de condensadores consecutivos es obligatoria para los interruptores que tienen una corriente nominal de ruptura del banco de condensadores consecutivos.

La corriente de irrupción nominal preferida del banco de capacitores adosados es de 20 kA de pico, con una frecuencia de la corriente de irrupción de 4 250 Hz.

NOTA: La frecuencia y magnitud de la corriente de entrada dependen del tamaño y la configuración del banco de capacitores que se está conmutando, del banco de capacitores ya conectado al lado de suministro del interruptor y de la inclusión de impedancias limitadoras, si las hubiera.

Corriente nominal de corte de falla a tierra (I_{ct}) (cf. § 5.109 IEC 62271-103)

La corriente nominal de corte de falla a tierra es la corriente capacitiva máxima de falla a tierra en la fase fallada que el interruptor debe ser capaz de cortar a su voltaje nominal, cuando se usa en un sistema neutro no puesto a tierra de manera efectiva.

NOTA: El valor máximo de la corriente de falla a tierra capacitiva que ocurre en un sistema de puesta a tierra con neutro aislado puede alcanzar hasta tres veces la corriente de carga de cables y líneas de la red. Se proporciona más orientación en el Anexo B de IEC 62271-103.

Corriente nominal de corte de carga de cables y líneas en condiciones de defecto a tierra (I_{c2}) (cf. § 5.110 IEC 62271-103)

La corriente nominal de corte de carga de cables y líneas en condiciones de falla a tierra es la corriente capacitiva máxima en las fases no defectuosas que el interruptor debe ser capaz de cortar a su voltaje nominal, cuando se usa en un sistema neutro no puesto a tierra de manera efectiva.

NOTA: El valor máximo de corriente capacitiva en fases no defectuosas en condiciones de falla a tierra que ocurren en un sistema de puesta a tierra con neutro aislado puede alcanzar hasta $\sqrt{3}$ veces la corriente de carga de cable y línea de la red. Se proporciona más orientación en el Anexo B de IEC 62271-103.

Corriente nominal de corte del motor para interruptores de uso especial (I_m) (cf. § 5.111 IEC 62271-103)

La corriente nominal de corte del motor es la corriente máxima del motor en estado estacionario que el interruptor será capaz de abrir a su tensión nominal. Consulte la norma IEC 62271-110 sobre conmutación de carga inductiva.

NOTA: Normalmente, la corriente de corte para la condición de un motor calado es del orden de ocho veces la corriente continua nominal del motor.

Corriente nominal de cierre de cortocircuito (I_{ma}) (cf. § 5.112 IEC 62271-103)

La corriente nominal de cierre de cortocircuito es la corriente máxima máxima que el interruptor será capaz de generar a su tensión nominal.

interruptores

Características

Corrientes nominales de corte y cierre para interruptores de uso general (cf. § 5.113.2 IEC 62271-103)

Un interruptor de uso general deberá tener clasificaciones específicas para cada tarea de conmutación de la siguiente manera:

- corriente nominal de corte principalmente activa igual a la corriente nominal continua;
- corriente nominal de interrupción del bucle de la línea de distribución igual a la corriente nominal continua;
- corriente nominal de rotura de carga del cable como se muestra a continuación;
- La corriente nominal de cierre de cortocircuito es igual a la corriente nominal máxima soportada. Y adicionalmente para interruptores destinados a ser utilizados en sistemas con neutro no efectivamente puesto a tierra:
- corriente nominal de corte de falla a tierra;
- Corriente de corte nominal de cable y línea de carga en condiciones de falla a tierra.

Gama I, serie I

Tensión nominal	Carga de cable nominal	Carga de línea nominal
U_n (kV)	I_{cc} (A)	I_L (A)
7.2	6	0,5
12	10	1
17,5	10	1
24	dieciséis	1.5
36	20	2
40,5	20	2
52	24	2.5

Gama I, serie II

Tensión nominal	Carga de cable nominal	Carga de línea nominal
U_n (kV)	I_{cc} (A)	I_L (A)
4.76	4	0.3
8.25	6	0,5
15	10	1
25,8	dieciséis	1.5
38	20	2
48.3	24	2.5

Corrientes nominales de corte y cierre para interruptores de uso limitado (cf. § 5.113.3 IEC 62271-103)

Un interruptor de propósito limitado debe tener una corriente nominal continua, una corriente nominal soportada de corta duración y una o más, pero no todas, capacidades de conmutación de un interruptor de propósito general. Si se especifican otras clasificaciones, se deben seleccionar valores de la serie R10 especificada en la norma IEC 60059.

Corrientes nominales de cierre y corte para interruptores de uso especial (cf. § 5.113.4 IEC 62271-103)

Un interruptor de propósito especial puede tener una o más de las capacidades de conmutación de un interruptor de propósito general y deberá tener capacidades de conmutación apropiadas para la aplicación de servicio especial específica para la cual está diseñado el interruptor. Se asignarán una o más de las siguientes calificaciones:

- corriente de ruptura nominal del transformador de potencia en paralelo;
- corriente nominal de ruptura de un solo banco de capacitores;
- corriente nominal de conexión de irrupción del banco de condensadores consecutivos;
- Corriente nominal de rotura del motor.

Los valores nominales deben seleccionarse de la serie R10 especificada en IEC 60059.

interruptores

Características

Clasificaciones para interruptores respaldados por fusibles (cf. § 5.113.5 IEC 62271-103)

Los interruptores de propósito general, de propósito limitado y de propósito especial pueden estar respaldados por fusibles.

Si este es el caso, las capacidades de cortocircuito, las corrientes soportadas de corta duración y las corrientes de cierre de los interruptores se pueden seleccionar considerando el efecto limitante sobre la duración y el valor de la corriente de cortocircuito de los fusibles.

Para este fin se puede utilizar la norma IEC 62271-105 sobre combinaciones de interruptor-fusible de corriente alterna.

Tipos y clases para interruptores de uso general, de uso limitado y de propósito especial (cf. § 5.114, § 5.115, § 5.116 IEC 62271-103)

Todo interruptor que cumpla con esta norma deberá designarse por tipo como de propósito general, de propósito limitado o de propósito especial.

Además, un interruptor también deberá designarse por su clase de:

- resistencia mecánica (M1 (pruebas de 1000 CO +) o M2 (pruebas de 5000 CO +));
- resistencia eléctrica (E1 (básica), E2 (media) o E3 (alta)) para interruptores de uso general;
- conmutación capacitiva (C1 o C2 (baja probabilidad de reinicio durante el corte de corriente capacitiva)).

Todas estas clasificaciones de resistencia se describen en IEC 62271-103.

IEC 62271-102 define por un lado las condiciones de funcionamiento, las características nominales, el diseño y la fabricación; y por otro lado las pruebas, la selección de controles e instalación.

Introducción

En las aplicaciones de MT, los seccionadores se utilizan para crear una separación de un circuito que podría estar bajo tensión, con mejores prestaciones que las proporcionadas por otro dispositivo de conmutación. El rendimiento de la resistencia dieléctrica entre contactos abiertos se expresa a través de dos valores, para tensión de frecuencia industrial y tensión de impulso de rayo, y se verifica con los criterios de aceptación habituales, lo que significa una ocurrencia de descarga disruptiva aceptable de 2/15 bajo prueba (para aislamiento autorrecuperable). Un interruptor seccionador no es un dispositivo de seguridad.

El malentendido más peligroso sería creer que un seccionador por sí solo es capaz de garantizar la seguridad de las personas aguas abajo.

Características

Común con IEC 62271-1:2017/A1:2021

- (a) tensión nominal (U);
 - (b) nivel de aislamiento nominal (U_{pag} , U y U cuando corresponda);
 - (C) frecuencia nominal (f);
 - (d) corriente continua nominal (I)_r;
 - (mi) corriente nominal soportada de corta duración (I)_k;
 - (F) corriente nominal máxima soportada (I)_{pag};
 - (gramo) duración nominal del cortocircuito (t);
 - (h) tensión nominal de alimentación de los dispositivos de cierre y apertura y de los circuitos auxiliares (U);
 - (i) frecuencia nominal de alimentación de los dispositivos de cierre y apertura y de los circuitos auxiliares;
- Específico para seccionadores y seccionadores de tierra IEC 62271-102:2018
- (j) corriente nominal de cierre de cortocircuito (sólo para seccionadores de tierra);
 - (k) zona de contacto nominal;
 - (l) carga terminal mecánica nominal;
- (metro) revestimiento de hielo clasificado;
- (norte) valores nominales de la capacidad de conmutación de corriente de transferencia de barra (sólo para seccionadores);
 - (o) valores nominales de la capacidad de conmutación de corriente inducida (sólo para seccionadores de tierra);
 - (pag) valores nominales de la capacidad de conmutación de la corriente de carga del bus. (sólo para seccionadores). Además de los valores nominales indicados anteriormente, se pueden asignar las siguientes clasificaciones:
 - (q) clase de cierre de cortocircuito (sólo para seccionadores de tierra);
 - (r) clase de resistencia mecánica;
 - (s) clase de conmutación de corriente inducida (sólo para seccionadores de tierra);
 - (t) clase de conmutación de corriente de carga del bus (sólo para seccionadores).

Corriente nominal soportada de corta duración (I) (cf. § 5.6 IEC 62271-1 e IEC 62271-102)

Esta clasificación define el valor RMS de la corriente de cortocircuito que el cuadro y el equipo de control pueden transportar en la posición cerrada durante su duración nominal en sus condiciones de servicio.

A un seccionador de puesta a tierra se le puede asignar una clasificación diferente de la clasificación del circuito principal relacionado (si corresponde). A un seccionador de tierra que forme parte integrante de un seccionador de tierra de función combinada se le podrá asignar un calibre diferente al de su circuito principal.

Corriente nominal máxima soportada (I)_{pag} (cf. § 5.7 IEC 62271-1 y 5.7 IEC 62271-102)

La subcláusula 5.7 de IEC 62271-1:2017/A1:2021 es aplicable con la siguiente adición.

A un seccionador de puesta a tierra se le puede asignar una clasificación diferente de la clasificación del circuito principal relacionado (si corresponde). A un seccionador de tierra que forme parte integrante de un seccionador de tierra de función combinada se le podrá asignar un calibre diferente al de su circuito principal.

Seccionadores y seccionadores de tierra

Características

Duración nominal del cortocircuito (t_{cc}) (cf. § 5.8 IEC 62271-1 y 5.8 IEC 62271-102)

Esta clasificación define el intervalo de tiempo durante el cual el cuadro y el equipo de control pueden transportar, en la posición cerrada, una corriente igual a su corriente nominal soportada de corta duración. El valor preferido de duración nominal del cortocircuito es 1 s. Se puede elegir un valor alternativo inferior o superior a 1 s, por ejemplo, 0,5 s, 2 s, 3 s.

A un seccionador de puesta a tierra se le puede asignar una clasificación diferente de la clasificación del circuito principal relacionado (si corresponde). A un seccionador de tierra que forme parte integrante de un seccionador de tierra de función combinada se le podrá asignar un calibre diferente al de su circuito principal.

Corriente nominal de cierre de cortocircuito (I_{cc}) (cf. § 5.101 IEC 62271-102)

La corriente nominal de cierre de cortocircuito es aplicable únicamente a los seccionadores de tierra de clase E1 y E2. Ésta será igual a la corriente nominal máxima soportada.

Clasificación de los seccionadores de tierra para corriente de cierre de cortocircuito (cf. § 5.102 IEC 62271-102)

La capacidad de cierre de cortocircuito de los seccionadores de puesta a tierra para realizar un número definido de operaciones de cierre de cortocircuito, sin mantenimiento importante, deberá corresponder a una de las clases indicadas en la siguiente tabla.

Esta clasificación sustituye a la resistencia eléctrica anterior.

NOTA: El mayor número de operaciones de conexión de Clase E2 generalmente está relacionado con voltajes de hasta 52 kV inclusive, dependiendo de las condiciones de operación y los sistemas de protección de dichas redes.

Clase	Tipo de seccionador de tierra
E0	Seccionador de tierra sin capacidad de cierre de cortocircuito
E1	Seccionador de tierra con capacidad para realizar dos operaciones de cierre de cortocircuito.
E2	Seccionador de tierra con capacidad para realizar cinco operaciones de cierre de cortocircuito.

Zona de contacto nominal (cf. § 4.102 IEC 62271-102)

En el caso de seccionadores de soporte divididos y seccionadores de puesta a tierra de soporte divididos, el fabricante deberá indicar los valores nominales de la zona de contacto (indicados por x_r, y_r y z_r). Los valores preferidos se dan en la tabla para contacto fijo y respectivamente para conductores flexibles y rígidos.

Zonas de contacto preferidas para contactos 'fijos' Apoyado por	Tensión nominal U _r (kV)	x mm	y mm	z1 mm	z2 mm
Conductores flexibles	52 - 72,5 - 100	100	300	200	300
Conductores rígidos	52 - 72,5 - 100	100	100	100	

x = amplitud total del movimiento longitudinal del conductor de soporte (temperatura). y = deflexión horizontal total (perpendicular al conductor de soporte) (viento). z = deflexión vertical (hielo) z1: tramo corto y z2 tramo largo de los conductores flexibles.

Los valores nominales serán especificados por el fabricante.

Esto se refiere también a un desplazamiento angular tolerable del contacto fijo.

Seccionadores y seccionadores de tierra

Características

Carga terminal mecánica estática nominal (cf. § 5.104 IEC 62271-102)

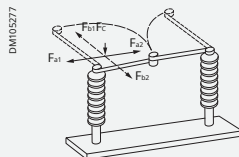
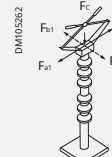
Las cargas de los terminales mecánicos son aplicables para los seccionadores incluso para tensiones nominales inferiores a 52 kV y se pueden utilizar los valores recomendados. Se recomienda una verificación adicional según las tensiones provenientes de las condiciones de servicio locales.

Los seccionadores y seccionadores de puesta a tierra deberán poder cerrarse y abrirse mientras estén sujetos a sus cargas terminales mecánicas estáticas nominales.

Los seccionadores y seccionadores de puesta a tierra deberán poder soportar su carga terminal mecánica dinámica nominal en caso de cortocircuito.

Durante la fase de diseño se tendrán en cuenta las tensiones sobre los aisladores para asegurar el funcionamiento completo.

Cargas terminales mecánicas estáticas recomendadas.

Clasificado Voltaje (U)kV		Clasificado continuo actual (yo) A	Dos y tres columnas seccionadores		Apoyo dividido seccionadores		Vertical Fuerza $F_{(a)}$ porte
		A	Carga recta F_{a1} y f_{a2}	Carga cruzada F_{b1} y f_{b2}	Carga recta F_{a1} y f_{a2}	Carga cruzada F_{b1} y f_{b2}	
 							
norte							
52 - 72,5	≤ 1600	400	130	800	200	500	
	≤ 1600	500	170	800	200		

(a) F simula las fuerzas hacia abajo causadas por el peso de los conductores de conexión. F no se aplica a conductores flexibles.

NOTA: La carga terminal mecánica estática incluye fuerzas resultantes del hielo, el viento y los conductores conectados.

Valores nominales de la capacidad de conmutación de corriente de transferencia de bus de los seccionadores (cf. § 5.108.1 IEC 62271-102)

Valores nominales de la capacidad de conmutación de corriente inducida de los seccionadores de puesta a tierra (cf. § 5.109 IEC 62271-102)

Valores nominales de la capacidad de conmutación de la corriente de carga del bus (cf. § 5.110 IEC 62271-102)

Valores nominales de resistencia mecánica para seccionadores (cf. § 5.105 IEC 62271-102)

Un seccionador deberá poder realizar el siguiente número de operaciones teniendo en cuenta el programa de mantenimiento especificado por el fabricante:

Clase	Tipo de seccionador	Número de ciclos de funcionamiento
mes	Seccionador de puesta a tierra seccionador estándar (resistencia mecánica normal)	1000
M1	Seccionador destinado a ser utilizado con un disyuntor 2000 de igual clase (duración mecánica ampliada)	
M2	Seccionador destinado a ser utilizado con un disyuntor 10000 de igual clase (resistencia mecánica extendida)	

Seccionadores y seccionadores de tierra

Características

Valores nominales de resistencia mecánica para seccionadores de puesta a tierra (cf. § 5.106 IEC 62271-102)

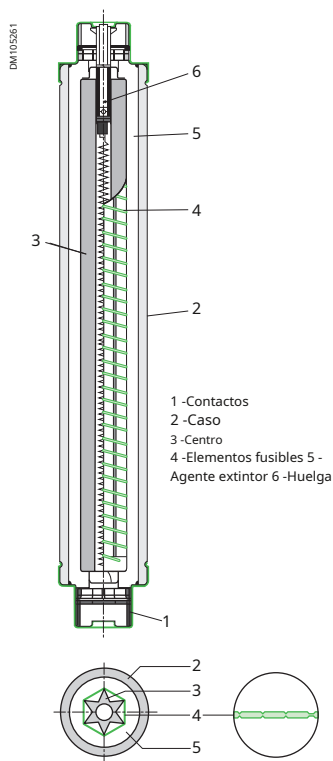
La resistencia mecánica de los seccionadores de puesta a tierra corresponderá a una de las clases indicadas en la siguiente tabla. La actuación está asociada al programa de mantenimiento definido por el fabricante:

Clase	Tipo de seccionador	Número de ciclos de operación
M0	Seccionador estándar (resistencia mecánica normal)	1000
M1	Seccionador destinado a ser utilizado con un disyuntor de igual clase (resistencia mecánica extendida)	2000
M2	Seccionador destinado a ser utilizado con un disyuntor de igual clase (resistencia mecánica extendida)	10000

Revestimiento de hielo clasificado (cf. § 5.107 IEC 62271-102)

Para los seccionadores y seccionadores de puesta a tierra capaces de funcionar en condiciones de hielo, el fabricante asignará una capa de hielo nominal.

Los valores preferidos de recubrimiento de hielo son: 1 mm, 10 mm y 20 mm.



Introducción

Los fusibles limitadores de corriente de MT se utilizan principalmente para proteger transformadores, pero también motores, condensadores y otras cargas. La norma de referencia es IEC 60282-1:2020.

Características

Clasificaciones de la base de fusibles

- Tensión nominal.
- Corriente nominal.
- Nivel de aislamiento nominal (tensiones soportadas a frecuencia industrial, seca, húmeda y de impulso). Clasificaciones del fusible

- Tensión nominal.
- Corriente nominal.
- Corriente de corte máxima nominal.
- Corriente de corte mínima nominal para fusibles de respaldo.
- Frecuencia nominal.

Características del fusible

- Límites de aumento de temperatura.

Características del fusible

- Clase.
- Tensiones de conmutación.
- Características tiempo-corriente.
- Características de corte.
- Es característico.
- Disipación de potencia.

Clasificaciones y características de tipos y aplicaciones particulares de eslabones fusibles.

- Características mecánicas del delantero.
- Factor K (para cartuchos fusibles para aplicaciones de circuitos de motores).
- Temperatura máxima de aplicación.
- Corriente continua permitida.
- Corriente máxima del recinto.

Tensión nominal ($\bar{U}$) (cf. § 5.2.1 IEC 60282-1)

Un voltaje utilizado en la designación de una base de fusible o cartucho fusible, a partir del cual se determinan las condiciones de prueba.

NOTA: La cláusula de la condición estándar de uso detalla la relación entre la tensión nominal de un fusible y la tensión del sistema en el que se puede utilizar, con base en los supuestos del sistema y las especificaciones utilizadas para las pruebas de rotura de los fusibles.

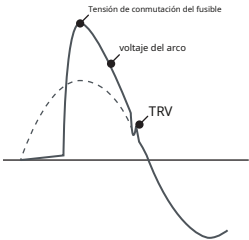
El voltaje nominal de un fusible debe seleccionarse entre los voltajes indicados en la siguiente tabla.

Serie I (kV)	Serie II (kV)
3,6	2,8
7,2	5,5
12	8,3
17,5	15,5
24	17,2
36	23
40,5	27
52	38
72,5	48,3
	72,5

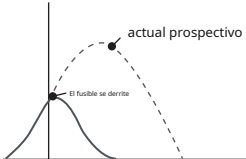
NOTA 1: Esta tensión nominal representa la tensión más alta para el equipo (ver IEC 60038).

NOTA 2: En sistemas trifásicos sólidamente puestos a tierra, sólo se podrán utilizar fusibles siempre que la tensión más alta del sistema sea menor o igual a su tensión nominal. En sistemas monofásicos o con conexión a tierra no sólida, solo se pueden utilizar fusibles siempre que la tensión más alta del sistema sea inferior o igual al 87 % de su tensión nominal, a menos que se hayan realizado pruebas específicas (consulte IEC/TR 62655:2013, 5.1.3).

Voltaje a través del fusible



Corriente a través del fusible.



Interrupción de alta corriente para fusible limitador de corriente

Nivel de aislamiento nominal (base de fusible) (cf. § 5.2.4 IEC 60282-1)

Niveles de aislamiento nominales de la base del fusible – Serie I

Se basa en la práctica europea y las condiciones de referencia estándar de temperatura, presión y humedad son 20 °C, 101,3 kPa y 11 g/m.³, respectivamente, de agua.

Tensión nominal del fusible kV	Tensión nominal soportada al impulso del rayo (polaridad negativa y positiva)				Tensión soportada nominal de 1 min a frecuencia industrial (seca y húmeda) kV (rms)	
	Lista 1 kV (pico)		Lista 2 kV (pico)		a la tierra y entre polos	A través de aislar distancia de la base del fusible (ver nota)
	a la tierra y entre polos	A través de aislar distancia de la base del fusible (ver nota)	a la tierra y entre polos	A través de aislar distancia de la base del fusible (ver nota)		
3,6	20	23	40	46	10	12
7,2	40	46	60	70	20	23
12	60	70	75	85	28	32
17,5	75	85	95	110	38	45
24	95	110	125	145	50	60
36	145	165	170	195	70	80
40,5	180	200	190	220	80	95
52	250	290	250	290	95	110
72,5	325	375	325	375	140	160

NOTA: Se debe especificar un nivel de aislamiento aislante sólo para aquellas bases fusibles a las que se asignan propiedades aislantes.

Niveles de aislamiento nominales de la base del fusible – Serie II

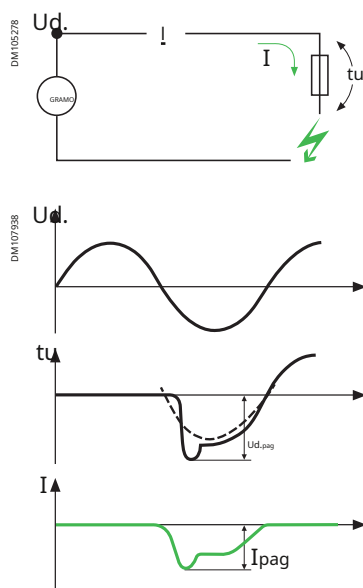
Se basa en la práctica de EE. UU. y Canadá, donde las condiciones de referencia estándar de temperatura, presión y humedad son 25 °C, 101,3 kPa y 15 g/m.³, respectivamente, de agua.

Clasificado voltaje de el fusible kV	Tensión nominal soportada al impulso de rayo (polaridad negativa y positiva) kV (pico)				Tensión nominal soportada a frecuencia industrial kV (rms)					
	a la tierra y entre polos		A través del aislamiento distancia de la base del fusible (ver nota)		A tierra y entre polos			A lo largo de la distancia de aislamiento de la base del fusible (ver nota)		
	Interior	Exterior	Interior	Exterior	Interior	Exterior		Interior	Exterior	
					1 minuto seco	1 minuto seco	10 s mojado	1 minuto seco	1 minuto seco	10 s mojado
2.8	45	–	50	–	15	–	–	17	–	–
5.5	60	–	66	–	19	–	–	21	–	–
8.3	75	95	83	105	26	35	30	29	39	33
15 a 17,2	95	–	105	–	36	–	–	40	–	–
15 a 17,2	110	110	121	121	50	50	45	55	55	50
23 al 27	125	150	138	165	60	–	–	66	–	–
23 al 27	150	–	165	–	60	–	–	66	–	–
38	150	200	165	220	70	95	80	77	105	88
48.3	–	250	–	275	–	120	100	–	132	110
72,5	–	350	–	385	–	175	145	–	193	160

NOTA: Se debe especificar un nivel de aislamiento aislante sólo para aquellas bases fusibles a las que se asignan propiedades aislantes.

Fusibles limitadores de corriente

Características



Desconexión en I1, Máximo poder de corte

Corriente nominal de la base de fusibles (cf. § 5.2.2 IEC 60282-1)

La corriente nominal de la base fusible debe seleccionarse entre los siguientes valores: 10 A, 25 A, 63 A, 100 A, 200 A, 400 A, 630 A, 1000 A. Es la corriente continua sin exceder el aumento de temperatura. límites en condiciones prescritas donde la temperatura del aire ambiente no sea superior a 40 °C.

Corriente nominal del cartucho fusible I_n (cf. § 5.2.3 IEC 60282-1)

La corriente nominal en amperios del cartucho fusible debe seleccionarse del Serie R10. Para casos especiales, se pueden seleccionar valores adicionales para la corriente nominal del cartucho fusible de la serie R20.

NOTA: La serie R10 comprende los números 1; 1,25; 1,6; 2; 2,5; 3,15; 4; 5; 6,3; 8 y sus múltiplos de 10. La serie R20 comprende los números 1; 1,12; 1,25; 1,40; 1,6; 1,8; 2; 2,24; 2,5; 2,8; 3,15; 3,55; 4; 4,5; 5; 5,6; 6,3; 7,1; 8; 9 y sus múltiplos de 10.

Poder de corte nominal (§ 5.2.5 IEC 60282-1 e IEC/TR 62655)

Corriente de corte máxima nominal (I_1) (§ 5.2.5 IEC 60282-1)

La corriente de corte máxima nominal en kA del cartucho fusible debe seleccionarse de la serie R10.

NOTA: La serie R10 comprende los números 1; 1,25; 1,6; 2; 2,5; 3,15; 4; 5; 6,3; 8 y sus múltiplos de 10.

Clase y corriente de corte mínima asignada (cf. § 5.2.5.2 IEC 60282-1)

El fabricante indicará la clase de la siguiente manera:

- Fusibles de respaldo y corriente de corte mínima nominal (I_3)
Fusibles capaces de cortar todas las corrientes desde su corriente de corte mínima nominal, hasta su corriente de corte máxima nominal;
- Fusibles de uso general y, si los hay, la corriente de corte mínima.
Fusibles capaces de cortar todas las corrientes desde un valor igual a una corriente que hace que el fusible se funda en una hora, hasta la corriente máxima nominal de corte del fusible;
- Fusibles de rango completo
Fusibles capaces de cortar todas las corrientes que provocan la fusión del fusible, hasta la corriente de corte máxima nominal del fusible.

Frecuencia nominal (cf. § 5.2.6 IEC 60282-1)

Los valores estándar de frecuencia nominal son 50 Hz y 60 Hz. Cabe señalar que los fusibles normalmente se prueban a 50 Hz o 60 Hz. Sin embargo, la experiencia ha demostrado que, si bien el mismo diseño de fusible probado en ambas frecuencias con una corriente que produce una acción limitadora de corriente generalmente exhibe corrientes máximas ligeramente más altas a 60 Hz y una I operativa ligeramente más alta. Valores t a 50 Hz, los fusibles que pasan con éxito todas las pruebas en una frecuencia son adecuados para su uso en la otra frecuencia.

Límites de temperatura y aumento de temperatura (cf. § 5.2.7 IEC 60282-1)

Temperatura ambiente de 40 °C o menos

Un cartucho fusible y una base fusible deberán poder transportar su corriente nominal de forma continua sin exceder los límites de aumento de temperatura (por encima de la temperatura ambiente) indicados en la siguiente tabla, y sin deterioro.

Cuando las superficies de contacto de contacto tengan diferentes revestimientos, las temperaturas y los aumentos de temperatura permitidos serán los siguientes:

- para contactos y terminales atornillados, los del componente que tenga los valores más altos permitidos en la siguiente tabla;
- para contactos cargados por resorte, los del componente que tengan los valores más bajos permitidos en la siguiente tabla.

Fusibles limitadores de corriente

Características

Límites de aumento de temperatura (cf. § 5.2.7 Tabla 6 IEC 60282-1)

Componente o material	Valor máximo de Temperatura θ (°C)	Aumento de temperatura K
contactos en el aire		
Contactos cargados por resorte (cobre o aleación de cobre)		
desnudo	75	35
recubierto de plata o níquel	105	sesenta y cinco
recubierto de estaño	95	55
otros revestimientos metálicos ⁽¹⁾		
Contactos atornillados o equivalentes (cobre, aleación de cobre y aleación de aluminio)		
desnudo	90	50
recubierto de plata o níquel	105	sesenta y cinco
recubierto de estaño	115	75
otros revestimientos metálicos ⁽¹⁾		
Contactos en líquido aislante (cobre o aleación de cobre)		
Contactos cargados por resorte (cobre o aleación de cobre)		
desnudo	80	40
plateado-estaño o niquelado	90	50
otros revestimientos metálicos ⁽¹⁾		
Contactos atornillados		
desnudo	100	60
plateado-estaño o niquelado	100	60
otros revestimientos metálicos ⁽¹⁾		
Terminales atornillados en el aire		
desnudo	90	50
plateado-estaño o niquelado	105	sesenta y cinco
otros revestimientos metálicos ⁽¹⁾		
Piezas metálicas que actúan como resortes ⁽²⁾		
Materiales utilizados como aislamiento y piezas metálicas en contacto con aislamientos de las siguientes clases ⁽³⁾		
clase Y (para materiales no impregnados)	90	50
clase A (para materiales sumergidos en aceite)	100	60
clase E	120	80
clase B	130	90
clase F	155	115
esmalte: base de aceite / sintético	100 / 120	60 / 80
clase H	180	140
otras clases ⁽⁴⁾		
aceite ⁽⁵⁾⁽⁶⁾	90	50
cualquier parte de metal o de material aislante en contacto con aceite, excepto contactos y resortes	100	60

(1) Si el fabricante utiliza recubrimientos distintos a los indicados en esta tabla, se deberán tener en cuenta las propiedades de estos materiales.

(2) La temperatura o el aumento de temperatura no deben alcanzar un valor tal que afecte la elasticidad del metal.

(3) Clases según IEC 60085.

(4) Limitado únicamente por el requisito de no causar ningún daño a las piezas circundantes.

(5) En la parte superior del aceite.

(6) Se debe prestar especial atención a la vaporización y la oxidación cuando se utiliza aceite de bajo punto de inflamación. El valor de temperatura dado puede excederse para aplicaciones de tipo transformador y/o si se utilizan líquidos aislantes sintéticos u otros líquidos adecuados (ver 8.3.2 y CEI 60076-7).

(a) Si el fabricante utiliza recubrimientos distintos a los indicados en esta tabla, se deberán tener en cuenta las propiedades de estos materiales.

(b) La temperatura o el aumento de temperatura no deben alcanzar un valor tal que se perjudique la elasticidad del metal.

(c) Clases según IEC 60085.

(d) Limitado únicamente por el requisito de no causar ningún daño a las piezas circundantes.

(m) En la parte superior del líquido.

(f) Se debe prestar especial atención a la vaporización y la oxidación cuando se utiliza líquido aislante de bajo punto de inflamación. Los valores indicados son para petróleo; Los valores de temperatura indicados pueden excederse para aplicaciones de tipo transformador y/o si se utilizan líquidos aislantes sintéticos u otros líquidos adecuados.

(ver prueba de estanqueidad a líquidos y guía de carga para transformadores de potencia sumergidos en aceite IEC 60076-7).

Fusibles limitadores de corriente

Características

Límites de tensión de conmutación (cf. § 5.2.8 IEC 60282-1)

La importancia de cualquier diseño de fusible que exceda los límites prescritos sería en términos de posible ruptura del aislamiento externo o incluso descarga súbita durante el funcionamiento del fusible y falla del pararrayos.

El valor de los voltajes de conmutación durante el funcionamiento en todas las tareas de prueba no deberá exceder los mencionados en la siguiente tabla. Otros valores máximos de voltaje de conmutación para voltajes nominales más altos para ciertos cartuchos fusibles de corrientes nominales pequeñas se detallan en la norma IEC 60282-1.

Serie I		Serie II	
Tensión nominal kV	Conmutación máxima tensión kV	Tensión nominal kV	Conmutación máxima tensión kV
3,6	12	2,8	9
7,2	23	5,5	18
12	38	8,3	26
17,5	55	15,5 a 17,2	49
24	75	23	72
36	112	38	119
40,5	126	48,3	150

Tensión nominal de recuperación transitoria (TRV) (cf. § 4.10 IEC 60282-1)

El voltaje de recuperación transitorio nominal es el voltaje de referencia que constituye el límite superior del voltaje de recuperación transitorio potencial de los circuitos que el fusible será capaz de romper en caso de un cortocircuito. IEC 60282-1 establece valores apropiados de TRV para cada prueba de corriente en niveles de cortocircuito.

Sin embargo, debido a que la corriente forzada cero ocurre cerca del voltaje cero del circuito, los fusibles limitadores de corriente son mucho menos sensibles a TRV que otros dispositivos de conmutación no limitantes.

Anexo E (normativo) Requisitos para ciertos tipos de cartuchos fusibles destinados a ser utilizados en temperaturas ambiente superiores a 40 °C

Cuando un cartucho fusible está en un recinto (FEP), o a temperatura ambiente elevada, y la temperatura circundante del cartucho fusible o del recipiente es superior a 40 °C, se asignará una temperatura máxima de aplicación.

Al fusible se le puede asignar una corriente continua permitida a una temperatura ambiente específica. Un cartucho fusible y una base fusible deberán poder transportar una corriente continua permitida asignada, a una temperatura ambiente especificada, de forma continua sin exceder los límites de temperatura máxima indicados en la tabla 6 de IEC 60282-1:2020 (consulte la tabla de temperatura). origen de este documento página 45). Cuando no sea posible asignar una corriente continua permitida (a altas temperaturas ambientales y con el fusible en líquido), se puede especificar una corriente máxima del recinto (I). En este caso, los valores máximos de temperatura indicados en la tabla 6 de IEC 60282-1:2020 (consulte la tabla de aumento de temperatura de este documento en la página 45). podrá superarse mediante acuerdo entre el fabricante y el usuario.

Fusibles limitadores de corriente

Características

Características tiempo-corriente (cf. § 5.2.9 IEC 60282-1)

Para cada tipo de cartucho fusible, existe una duración de fusión o prearco que corresponde a un valor de corriente rms.

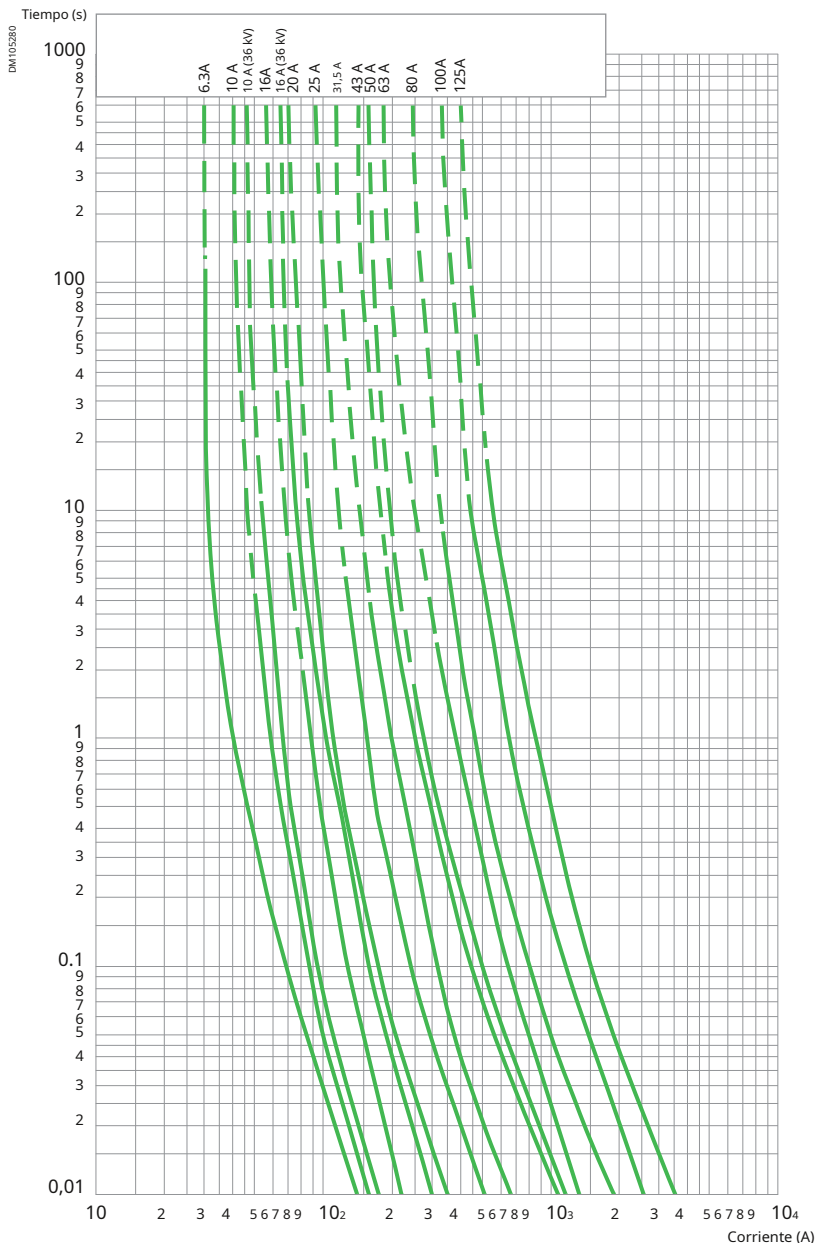
La duración del prearco para cada valor actual se puede determinar trazando una curva en una escala logarítmica estandarizada (ver figura a continuación). Esta curva se relaciona únicamente con el prearco.

También se puede hacer mención en este punto a las duraciones de prearco para valores de corriente inferiores a I3. En este caso, la curva se traza como una línea de puntos.

También es posible determinar el valor de I3 (límite de línea continua) en este diagrama. Esta curva se extiende hasta alcanzar una duración de prearco de >600 s (dependiendo de la clase de fusible).

La característica tiempo-corriente se da siempre con una tolerancia (los valores actuales son + 20 %, +10 % o +5 %) respecto a la corriente.

Características tiempo-corriente Gama Schneider Electric Fusarc



Fusibles limitadores de corriente

Características

Clase del cartucho fusible (cf. § 3.3.2 IEC 60282-1)

Definiciones de fusibles limitadores de corriente según el rango en el que se pueden utilizar, divididas de la siguiente manera:

- Fusibles de respaldo: fusible limitador de corriente capaz de cortar, bajo condiciones específicas de uso y comportamiento, todas las corrientes desde la corriente de corte máxima nominal hasta la corriente de corte mínima nominal;
- Fusibles de uso general: fusible limitador de corriente capaz de cortar, en condiciones específicas de uso y comportamiento, todas las corrientes desde la corriente nominal máxima de corte hasta un valor bajo igual a la corriente que provoca la fusión del elemento fusible en 1 h;
- Fusibles de rango completo: fusible limitador de corriente capaz de romper, bajo condiciones específicas de uso y comportamiento, todas las corrientes que causan la fusión del (los) elemento(s) fusible(s), hasta su corriente de corte máxima nominal.

Límites de tensión de conmutación (cf. § 5.2.8 IEC 60282-1)

La importancia de cualquier diseño de fusible que exceda los límites prescritos sería en términos de posible ruptura del aislamiento externo o incluso descarga súbita durante el funcionamiento del fusible y falla del pararrayos.

El valor de los voltajes de conmutación durante el funcionamiento en todas las tareas de prueba no deberá exceder los mencionados en la siguiente tabla. Otros valores máximos de voltaje de conmutación para voltajes nominales más altos para ciertos cartuchos fusibles de corrientes nominales pequeñas se detallan en la norma IEC 60282-1.

Serie I		Serie II	
Tensión nominal kV	Conmutación máxima tensión kV	Tensión nominal kV	Conmutación máxima tensión kV
3,6	12	2,8	9
7,2	23	5,5	18
12	38	8,3	26
17,5	55	15,5 a 17,2	49
24	75	23	72
36	112	38	119
40,5	126	48,3	150

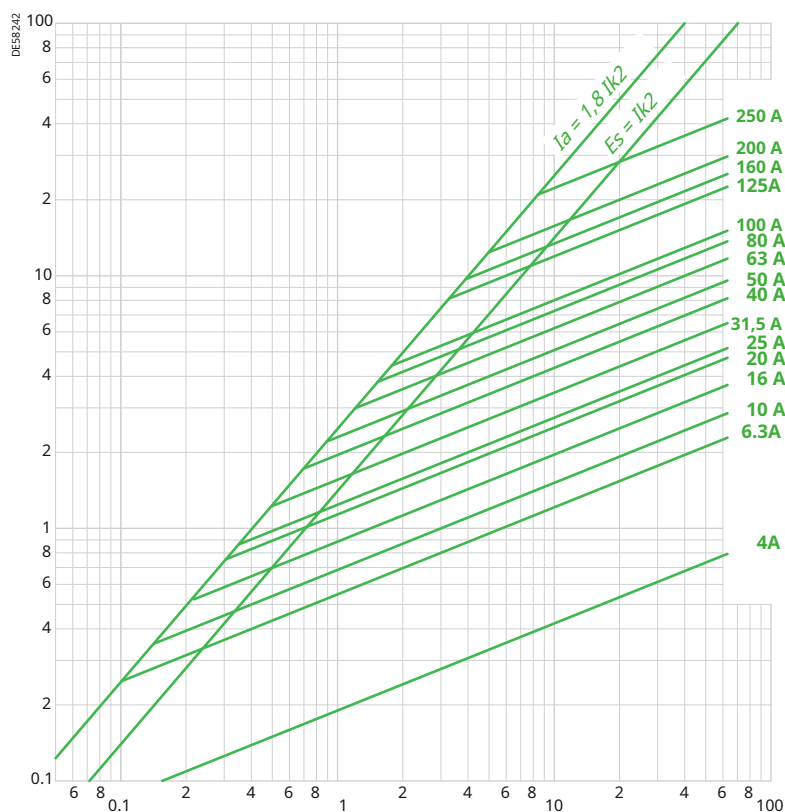
Fusibles limitadores de corriente

Características

Curvas de limitación de corriente (gama Schneider Electric Fusarc)

El diagrama muestra el valor máximo limitado de corriente de corte en función del valor eficaz de la corriente que podría haberse producido en ausencia de un fusible.

Para otras gamas de fusibles consultar características técnicas en catálogos de fusibles de los fabricantes.



Transformadores de instrumentos

Introducción

Normas IEC

Familia de productos normas - IEC	Producto estándar IEC	Productos	Viejo estándar CEI
61869-1 Requisitos generales para transformadores de instrumentos.	61869-2	Requisitos adicionales para transformadores de corriente.	60044-1
	61869-3	Requisitos adicionales para tensión inductiva. transformadores	60044-6
	61869-4	Requisitos adicionales para transformadores combinados.	60044-2
	61869-5	Requisitos adicionales para el voltaje del capacitor. transformadores	60044-3
	61869-6	Requisitos adicionales para voltaje electrónico. transformadores	60044-5
61869-6 Adicional general requisitos para baja potencia instrumento transformadores	61869-7	Requisitos adicionales para voltaje electrónico. transformadores	60044-7
	61869-8	Requisitos adicionales para la corriente electrónica. transformadores	60044-8
	61869-9	Interfaz digital para transformadores de instrumentos	
	61869-10	Requisitos adicionales para transformadores de corriente pasivos de baja potencia.	
	61869-11	Requisitos adicionales para transformadores de tensión de baja potencia.	60044-7
	61869-12	Requisitos adicionales para transformadores de instrumentos electrónicos combinados y transformadores de instrumentos independientes combinados	
	61869-13	Unidad de fusión independiente	
	61869-14	Requisitos adicionales para transformadores de corriente CC.	
	61869-15	Requisitos adicionales para transformadores de voltaje de CC para aplicaciones de CC	

Transformador de corriente

Características del circuito primario según normas IEC.

¡Tenga en cuenta!
Nunca deje un CT en un circuito abierto.

Esto tiene como objetivo proporcionar un circuito secundario con una corriente proporcional a la corriente primaria.

Relación de transformación nominal (K)_r

$$k_r = \frac{I_{\text{seg}}}{I_{\text{prim}}} = \frac{N_2}{N_1}$$

NOTA: los transformadores de corriente deben cumplir con la norma IEC 61869-2, pero también pueden definirse según otras normas (ANSI, GB, etc.).

Comprende uno o varios devanados primarios y uno o varios devanados secundarios, cada uno con su propio circuito magnético, y todos ellos encapsulados en una resina aislante.

Es peligroso dejar un TC en un circuito abierto porque en sus terminales pueden aparecer voltajes peligrosos tanto para las personas como para los equipos.

Características del circuito primario según normas IEC.

Frecuencia nominal (f)_r

Se puede instalar un CT definido a 50 Hz en una red de 60 Hz. Su precisión se mantiene. No se garantiza lo contrario.

Tensión nominal del circuito primario (U)_{pr}

Caso general:

Tensión nominal del CT ≥ tensión nominal de instalación

La tensión nominal establece el nivel de aislamiento del equipo (consulte el capítulo 'Introducción' de esta guía). Generalmente elegiríamos la tensión nominal del TC en función de la tensión de funcionamiento de la instalación U, según la tabla:

Ud.	3.3	5	5.5	6	6.6	10	11	13.8	15	20	22	30	33
Ud. pr	7,2 kilovoltios				12 kilovoltios			17,5 kilovoltios		24 kilovoltios		36 kilovoltios	

Caso especial:

Si el TC es un TC de anillo instalado en un aislador o en un cable, el aislamiento dieléctrico lo proporciona el aislamiento del cable o del aislador.

Transformador de corriente

Características del circuito primario según normas IEC.

Corriente de funcionamiento primaria (I_{PD})

La corriente primaria de funcionamiento de una instalación I (A) (para un alimentador de transformador, por ejemplo) es igual a la corriente primaria de funcionamiento del TC (I_{TC}) teniendo en cuenta las posibles

reducción de potencia.

Si:

S	Potencia aparente en kVA
Ud.	Tensión de funcionamiento primaria en kV
PAG	Potencia activa del motor en kW.
q	Potencia reactiva de condensadores en kvar.
I _{PD}	Corriente de funcionamiento primaria en A

Tendremos:

- Cubículo de entrada, entrada de grupo electrógeno y alimentador de transformador.

$$I_{PD} = \frac{S}{\sqrt{3} \times U}$$

- alimentador de motor

$$I_{PD} = \frac{PAG}{\sqrt{3} \times U \times \cos \phi \times \eta}$$

η	Eficiencia del motor
---	----------------------

Si no se conocen los valores exactos de φ y η, se puede tomar como aproximación inicial: cos φ = 0,8; η = 0,8.

- Alimentador de condensadores

1,3 es un coeficiente de reducción del 30 % para tener en cuenta el aumento de temperatura debido a los armónicos del condensador.

$$I_{PD} = \frac{1,3 \times Q}{\sqrt{3} \times U}$$

- Seccionamiento de autobuses

La corriente I_{PD} es el mayor valor de corriente que puede circular en el seccionamiento de barra de forma permanente.

Corriente primaria nominal (I_{pr})

La corriente nominal (I_{pr}) siempre será mayor o igual a la corriente de funcionamiento (I) de la instalación.

Valores estandarizados: 10 - 12,5 - 15 - 20 - 25 - 30 - 40 - 50 - 60 - 75 A y sus múltiplos o fracciones decimales.

Para los dispositivos de medida y de protección habituales basados en corriente, la corriente primaria nominal normalmente no supera 1,5 veces la corriente de funcionamiento. En el caso de protección, debemos comprobar que la corriente nominal elegida permita alcanzar el umbral de ajuste del relé en caso de fallo.

NOTA: los transformadores de corriente deben poder soportar 1,2 veces la corriente nominal de forma constante para evitar un aumento demasiado elevado de temperatura en la instalación del cuadro.

En el caso de una temperatura ambiente superior a 40 °C para el TI, la corriente nominal del TI (I_{pr}) debe ser mayor que I multiplicado por el factor de derating correspondiente a la celda.

La tabla 5 de IEC 61869-1 proporciona los límites de aumento de temperatura.

Como regla general, la reducción podría ser del 1 % I por grado por encima de 40 °C. (Consulte el capítulo 'Reducción de potencia' de esta guía).

Ejemplo 1:

Un dispositivo de protección térmica para un motor tiene un rango de ajuste de entre 0,3 y 1,2 × I_{TC}.

Para proteger este motor, el ajuste requerido debe corresponder a la corriente nominal del motor.

Si suponemos que I_{pr} para el motor = 25 A, el ajuste necesario es, por tanto, 25 A;

- Si usamos un CT 100/5, el relé nunca verá 25 A porque: 100 × 0,3 = 30 > 25 A.
- si por el contrario elegimos un CT 50/5, tendremos: 0,3 < I < 1,2 y, por tanto podremos configurar nuestro relé. Por tanto, este CT es adecuado.

Transformador de corriente

Características del circuito primario según normas IEC.

Corriente nominal de cortocircuito térmico (I_{th})

La corriente térmica nominal de cortocircuito es generalmente el valor eficaz de la corriente máxima de cortocircuito de la instalación y su duración se considera generalmente igual a 1 s.

Cada CT debe ser capaz de soportar la corriente de cortocircuito que puede fluir a través de su circuito primario tanto térmica como dinámicamente hasta que la falla se solucione efectivamente.

Si S es la potencia de cortocircuito de la red expresada en MVA, entonces:

$$I_{PD} = \frac{S}{\sqrt{3} \times U}$$

Cuando el CT se instala en un cubículo protegido por fusible, el I_{th} a utilizar es igual a 80 I_r.

Si 80 y_r > y_{th} 1 s para el dispositivo de desconexión, luego y_{th} 1 s para el CT = I_{th} 1 segundo por el dispositivo.

Coefficiente de sobrecorriente (K_{si})

Saber esto nos permite saber si un TC será fácil de fabricar o no.

$$K_{si} = \frac{y_{th} 1 s}{I_{pr}}$$

Cuanto menor sea K, más fácil será fabricar el CT.
Una K elevada provoca un sobredimensionamiento de la sección del devanado primario. Por tanto, el número de espiras primarias estará limitado junto con la fuerza electromotriz inducida; la TC será aún más difícil de producir.

Orden de magnitud	Fabricar
K _{si}	
K _{si} < 100	Estándar
100 < K _{si} < 300	A veces es difícil para ciertas características secundarias.
100 < K _{si} < 400	Difícil
400 < K _{si} < 500	Limitado a ciertas características secundarias.
K > 500	Muy a menudo imposible

El circuito secundario de un TC debe adaptarse a las limitaciones relacionadas con su uso, ya sea en aplicaciones de medida o de protección.

Transformador de corriente

Características del circuito secundario según normas IEC.

¿Corriente secundaria nominal (I) 5 o 1 A?

Caso general:

- para uso local $I_{sec} = 5\text{ A}$;
- para uso remoto $I_{sec} = 1\text{ A}$. Caso

especial: para uso local $I = 1\text{ A}_{sec}$

NOTA: el uso de 5 A para una aplicación remota no está prohibido pero conlleva un aumento de las dimensiones del transformador y de la sección del cable (pérdida de línea: $P = R I^2$).

Clase de precisión

- Medición: clase 0,1 - 0,5.
- Medida de cuadro: clase 0,5 - 1.
- Protección contra sobrecorriente: clase 5P.
- Protección diferencial: clase PX.
- Protección de secuencia cero: clase 5P.

Ejemplo:

- Sección del cable: 2,5 mm².
- Longitud del cable de alimentación/retorno: 5,8 m.
- Potencia consumida por el cableado: 1 VA.

Poder real que debe brindar el TC en VA

Es la suma del consumo del cableado y el de cada dispositivo conectado al circuito secundario del TC.

Consumo de cableado de cobre (pérdidas de línea del cableado), sabiendo que:

$$P = R \times I_2^2 \quad \text{y} \quad R = \rho \times \frac{l}{S} \quad \text{entonces} \quad (VA) = k \times \frac{l}{S}$$

$$k = 0,44 \quad \text{si} \quad I_{sec} = 5\text{ A}$$

$$k = 0,0176 \quad \text{si} \quad I_{sec} = 1\text{ A}$$

l Longitud en metros de los conductores de enlace (ida/retorno)

S Sección de cableado en mm²

Consumo indicativo de cableado secundario

Cables (mm ²)	Consumo (VA/m)	
	1 un	5A
2.5	0.008	0,2
4	0.005	0,13
6	0.003	0,09
10	0.002	0,05

Consumo de dispositivos de medida o protección.

Los consumos de varios dispositivos se indican en la ficha técnica del fabricante.

Consumos de medida indicativos

Dispositivo		Máx. consumo en VA (por circuito)
Amperímetro	Electromagnético	3
	Electrónico	1
transductor	Autoalimentado	3
	Alimentación externa	1
Metro	Inducción	2
	Electrónico	1
	Vatímetro, varmetro	1

Consumos de protección indicativos

Dispositivo	Máx. consumo en VA (por circuito)
Relé de sobrecorriente estático	0,2 a 1
Relé electromagnético de sobrecorriente	1 a 8

Transformador de corriente

Características del circuito secundario según normas IEC.

Salida nominal

Tome el valor estandarizado inmediatamente superior a la potencia real que debe proporcionar el TC. Los valores normalizados de potencia nominal son: 2,5 - 5 - 10 - 15 VA.

Factor de seguridad del instrumento (F_s)

La protección de los dispositivos de medición en caso de falla está definida por el factor de seguridad del instrumento F_s . El valor de F_s se elegirá según el short del consumidor ≤ 10 .

corriente soportada en el tiempo: $5 \leq F_s$

F_s es la relación entre el límite de la corriente primaria nominal (I) y la corriente primaria nominal actual (I_{pr}).

$$F_s = \frac{I}{I_{pr}}$$

I_{pr} es el valor de la corriente primaria para el cual el error en la corriente secundaria = 10 %. Un transductor generalmente está diseñado para soportar una corriente de corta duración de 50 I_r es decir, 250 A para un dispositivo de 5 A. Para estar seguro de que este dispositivo no será destruido en caso de una falla primaria, el transformador de corriente debe estar saturado antes de 50 I en el secundario. Es adecuado un factor de seguridad de 10.

De acuerdo con las normas, los TI de Schneider Electric tienen un factor de seguridad de 10. Sin embargo, según las características actuales del consumidor se puede solicitar un factor de seguridad más bajo.

Factor límite de precisión (ALF)

En aplicaciones de protección tenemos dos limitaciones: tener un factor límite de precisión y una clase de precisión adecuada a la aplicación.

Determinaremos el ALF requerido de la siguiente manera:

- Protección contra sobrecorriente de tiempo definido; El relé funcionará perfectamente si:

$$\text{ALF real de CT} > 2 \times \frac{I}{I_{re}}$$

I_{re} Configuración del umbral del relé

I Corriente secundaria nominal del CT

Para un relé con dos umbrales de configuración, usaremos el umbral más alto

- para un alimentador de transformador, generalmente tendremos un umbral alto instantáneo establecido en 14 $I_{máx.}$, lo que da el ALF real requerido > 28 ,
- Para un alimentador de motor, generalmente tendremos un umbral alto establecido en 8 $I_{máx.}$, lo que da un ALF real requerido > 16 .
- Protección contra sobrecorriente de tiempo definido inverso.

En todos los casos consultar la ficha técnica del fabricante del relé.

Para estos dispositivos de protección, el CT debe garantizar una precisión en toda la curva de disparo del relé hasta 10 veces la corriente configurada.

$$\text{ALF real} > 20 \times I_{re}$$

Casos especiales:

- si la corriente máxima de cortocircuito es superior o igual a 10 I_{re}

$$\text{ALF reales} > 2 \times \frac{I_{re}}{I_{sc}}$$

- si la corriente máxima de cortocircuito es inferior a 10 I_{re}

$$\text{ALF reales} > 2 \times \frac{I_{re}}{I_{sc}}$$

- si el dispositivo de protección tiene un umbral alto instantáneo que se utiliza (nunca es válido para alimentadores a otros cuadros o para ingresantes):

$$\text{ALFA real} > 2 \times \frac{I_{re}}{I_{sc}}$$

I_{sc} umbral de configuración alto instantáneo para el módulo

Transformador de corriente

Protección diferencial

Muchos fabricantes de relés de protección diferencial recomiendan CT de clase PX. La clase PX a menudo se solicita en forma de:

$$m_k \leq a \cdot I_p (R_{\text{conectado}} + R_b + R_r)$$

La ecuación exacta la proporciona el fabricante del relé.

Valores que caracterizan al CT.

m_i	Tensión de punto de inflexión en voltios
a	Coefficiente de asimetría
$R_{\text{conectado}}$	Máx. Resistencia en el devanado secundario en Ohmios.
R_b	Resistencia del bucle (línea de alimentación/retorno) en ohmios
R_r	Resistencia de relés no ubicados en la parte diferencial del circuito en Ohmios
I_F	Corriente de falla máxima vista por el CT en el circuito secundario para una falla fuera de la zona a proteger

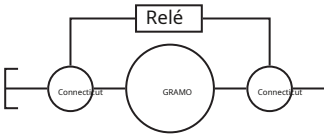
$$I_F = \frac{I_{\text{Cortocircuito del Sur}}}{k_{\text{relé}}}$$

$I_{\text{Cortocircuito del Sur}}$	Corriente de cortocircuito primaria
$k_{\text{relé}}$	Relación de transformación CT

¿Qué valores se me deben dar para determinar E_k ?

La corriente de cortocircuito se elige en función de la aplicación:

- diferencial del grupo electrógeno;
- diferencial del motor;
- diferencial de transformador;
- diferencial de barra.



- Para un diferencial de grupo electrógeno: si I se sabe: cortocircuito la corriente del grupo electrógeno por sí solo

$$I_F = \frac{I_{\text{Cortocircuito del Sur}}}{k_{\text{relé}}}$$

si se conoce la I gen: tomaremos

$$I_F = \frac{7 \times I_{\text{generación}}}{k_{\text{relé}}}$$

si se desconoce la gen I: tomaremos

$$I_F = 7 \times I_{\text{CT}} I_{\text{CT}} = 1 \text{ o } 5 \text{ A}$$

- Para un diferencial de motor: si se conoce la corriente de arranque: tomaremos

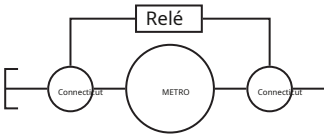
$$I_F = \frac{I_{\text{Cortocircuito del Sur}}}{k_{\text{relé}}}$$

si se conoce el motor I: tomaremos

$$I_F = \frac{7 \times I_{\text{motor}}}{k_{\text{relé}}}$$

si no se conoce el motor I: tomaremos

$$I_F = 7 \times I_{\text{CT}} I_{\text{CT}} = 1 \text{ o } 5 \text{ A}$$

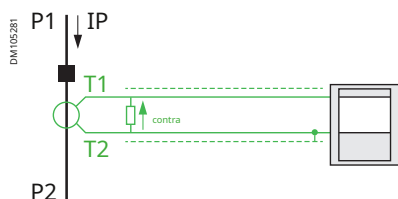


LPCT:

Transformadores de corriente electrónicos

Los LPCT (transformadores de corriente de baja potencia) cumplen con la norma IEC 61869-10.

Se trata de sensores de corriente con salida de tensión continua que tienen la ventaja de tener un abanico de aplicaciones muy amplio, simplificando la selección.



El LPCT y los relés de protección Sepam y Easergy P3 y P5 garantizan un altísimo rango de cobertura y flexibilidad de uso. Ejemplo: sistema de protección con relés TLP130 LPCT y Sepam que garantizan un rango de uso de 5 A a 1250 A.

Transformadores de corriente de baja potencia LPCT

LPCT es un sensor magnético con derivación integrada que proporciona una salida de voltaje (mV) que representa la corriente primaria (A).

LPCT cumple con la norma IEC 61869-10. Los LPCT proporcionan funciones de medición y protección.

Están definidos por:

- la corriente primaria nominal;
- la tensión secundaria (U_{sN});
- la corriente primaria extendida;
- la corriente primaria límite de precisión o el factor límite de precisión. Estos tienen una respuesta lineal en un amplio rango de corriente y no comienzan a saturarse hasta más allá de las corrientes a interrumpir.

Ejemplos de clasificaciones LPCT según la norma IEC 61869-10

Estas características se resumen en las curvas siguientes.

Muestran los límites de error máximos (como valor absoluto) en la corriente y la fase correspondiente a la clase de precisión para los ejemplos dados.

Ejemplo para clase de dosificación 0,5

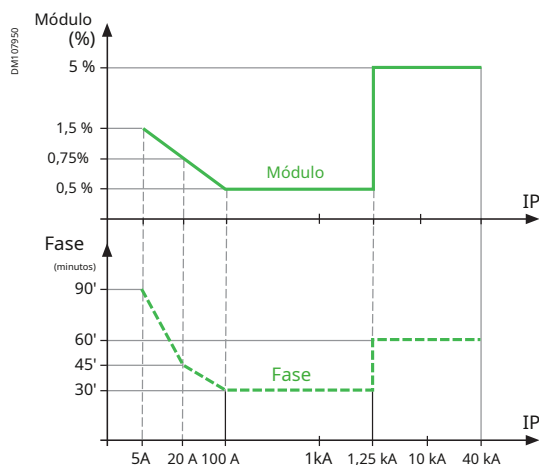
- Corriente primaria nominal $I_{pr} = 100$ A.
- Corriente primaria extendida nominal $I_{epr} = 1250$ A.
- Tensión secundaria $V_s = 22,5$ mV (para 100 A en el secundario).
- Clase de precisión de medición 0,5:
 - error de relación a $0,2 I_{pr}$ Error de fase del 0,75 % a los 45 min a 20 A,
 - error de relación a $0,5 I_{pr}$ error de fase del 1,5 % a los 90 min a 5 A.

Que son dos puntos de dosificación especificados por la norma.

Ejemplo de protección clase 5P

- Corriente primaria $I_{pr} = 100$ A.
- Tensión secundaria $V_s = 22,5$ mV.
- Clase de precisión de protección 5P: error de relación al 1 % en I_{pr} y error de fase a los 60 min.

Características de precisión de un LPCT (ejemplo del TLP130 de Schneider Electric): las clases de precisión se dan para rangos de corriente ampliados (aquí clase 0,5 para medición de 100 a 1250 A y clase de protección 5P de 1,25 a 40 kA).



Transformador de voltage

Características

Podemos dejar un transformador de tensión en circuito abierto sin ningún peligro pero nunca debe cortocircuitarse.

El transformador de tensión está destinado a proporcionar al circuito secundario una tensión secundaria proporcional a la aplicada al circuito primario.

NOTA: La norma IEC 61869-3 define las condiciones que deben cumplir los transformadores de tensión.

Comprende un devanado primario, un núcleo magnético, uno o varios devanados secundarios, todo ello encapsulado en una resina aislante.

Características

El factor de tensión nominal (VF)

El factor de tensión nominal es el factor por el cual se debe multiplicar la tensión primaria nominal para determinar la tensión máxima para la cual el transformador debe cumplir con las recomendaciones de precisión y aumento de temperatura especificadas.

Según la disposición de puesta a tierra de la red, el transformador de tensión debe ser capaz de soportar esta tensión máxima durante el tiempo necesario para eliminar la falta.

Valores normales del factor de tensión nominal.		
Tensión nominal factor	Duración nominal	Modo de conexión del devanado primario y disposición de puesta a tierra de la red.
1.2	Continuo	Fase a fase en cualquier red, Punto neutro a tierra para transformadores conectados en estrella en cualquier red
1.2	Continuo	Fase a tierra en una red con neutro puesto a tierra
1.5	30 segundos	
1.2	Continuo	Fase a tierra en red sin neutro puesto a tierra
1.9	30 segundos	con eliminación automática de fallos a tierra
1.2	Continuo	Fase a tierra en red de neutro aislado sin eliminación automática de falta a tierra, o en red compensada con bobina de extinción sin eliminación automática de falta a tierra
1.9	8 horas	

NOTA: Es posible realizar duraciones nominales inferiores cuando así lo acuerden el fabricante y el usuario.

Generalmente los fabricantes de transformadores de tensión cumplen con los siguientes valores: TT fase/tierra 1,9 durante 8 h y TT fase/fase 1,2 continuo.

Tensión primaria nominal (U)_{pr}

Según su diseño, los transformadores de tensión estarán conectados:

- cualquiera de las fases a tierra

3000V

√3

/

100V

√3

U_{d.}

=

U_{d.}

√3

- o fase a fase

3000V

/

100V

U_{d.}

=

U_{d.}

Transformador de voltage

Características

Tensión secundaria nominal (U_{sec})

- Para TT fase a fase, la tensión secundaria nominal es 100 o 110 V (UE).
- Para transformadores monofásicos destinados a conectarse en una disposición de fase a tierra, la tensión secundaria nominal debe dividirse por $\sqrt{3}$.

P.ej; : $\frac{100}{\sqrt{3}}$

Valores estándar para transformadores monofásicos en sistemas monofásicos o conectados línea a línea en sistemas trifásicos y para transformadores trifásicos		
Solicitud	Europa U _{sec} (V)	Estados Unidos y Canadá. U _{sec} (V)
Sistemas de distribución	100 y 110	120
Sistemas de transmisión	100 y 110	115
Circuitos secundarios extendidos	200	230

Salida nominal

Expresada en VA, esta es la potencia aparente que un transformador de tensión puede proporcionar al circuito secundario cuando se conecta a su tensión primaria nominal y se conecta a la carga nominal. No debe introducir ningún error que supere los valores garantizados por la clase de precisión ($S = \sqrt{3} \times U \times I$ en circuitos trifásicos). Los valores estandarizados son: 10 - 15 - 25 - 30 - 50 - 75 - 100 VA.

Clase de precisión

Éste define los límites de errores garantizados en términos de relación de transformación y fase en las condiciones especificadas tanto de potencia como de tensión.

Medición según IEC 61869-3

Las clases 0,5 y 1 son adecuadas para la mayoría de los casos, la clase 3 se utiliza muy poco.

Solicitud	Clase de precisión	Desplazamiento de fase en minutos
No usado industrialmente	0.1	5
Medición precisa	0,2	10
Medición diaria	0,5	20
Medición estadística y/o instrumental	1	40
Medición que no requiere gran precisión 3		No especificado

Transformador de voltage

Características

Protección según IEC 61869-3

Existen las clases 3P y 6P, pero en la práctica sólo se utiliza la clase 3P.

La clase de precisión está garantizada para los valores:

- de tensión comprendida entre el 5 % de la tensión primaria y el valor máximo de esta tensión que es el producto de la tensión primaria y el factor de tensión nominal ($k_T \times U$);
- para una carga secundaria de entre el 25 % y el 100 % de la potencia nominal con un factor de potencia inductivo de 0,8.

Exactitud clase	Error de voltage como ± %		Desplazamiento de fase en minutos	
	Entre 5%U y $k_T \cdot U$	Entre el 2 % y 5% U	Entre 5%U y $k_T \cdot U$	Entre el 2 % y 5% U
3P	3	6	120	240
6P	6	12	240	480

Desplazamiento de fase = ver explicación en la página siguiente

U_d	tensión primaria nominal
k_t	factor de voltage

Relación de transformación nominal (k_r)

$$k_r = \frac{U_{d_{pr}}}{U_{d_{sec}}} = \frac{N_1}{N_2} \text{ para un TV}$$

Error de relación de voltage (ϵ)

$$\epsilon = \frac{k_r \times U_s - U_{pag}}{U_{d_{pag}}} \times 100$$

k_r	es la relación de transformación nominal
$U_{d_{pag}}$	es el voltage primario real
$U_{d_{sec}}$	es el voltage secundario real cuando U_{pag} se aplica bajo las condiciones de medición

Desplazamiento de fase o error de fase (ϵ)

Para voltajes sinusoidales, esta es la diferencia de fase entre los fasores de voltage primario (U_p) y voltage secundario (U_s), eligiéndose la dirección de los fasores de manera que el ángulo sea cero para un transformador ideal. Se expresa en minutos o centirradiánes de ángulo.

Transformador de voltage

Características

Salida límite térmica nominal

Es el valor de la potencia aparente a tensión nominal que se puede tomar de un devanado secundario sin exceder los límites de aumento de temperatura establecidos por las normas.

La salida límite térmica nominal se especificará en voltios amperios; los valores estándar son: 25 - 50 - 100 VA y sus múltiplos decimales, relacionados con la tensión nominal secundaria con factor de potencia unitario.

Parte de transformadores de instrumentos.	Temperatura θ (°C)	$(\theta - \theta_n)$ con $\theta_n = 40$ °C (K)
Contactos (Consulte el punto 4)		
Transformadores de instrumentos sumergidos en aceite		
aceite superior	90	50
aceite superior, sellado herméticamente	95	55
promedio de liquidación	100	60
promedio de bobinado, sellado herméticamente	105	sesenta y cinco
otras piezas metálicas en contacto con el aceite	En cuanto al bobinado	En cuanto al bobinado
Transformadores de instrumentos con aislamiento sólido o gas		
devanado (promedio) en contacto con materiales aislantes de las siguientes clases ⁽¹⁾ : Sí		
	85	45
A	100	60
mi	115	75
B	125	85
F	150	110
h	175	135
Otras partes metálicas en contacto con las clases de materiales aislantes anteriores.	En cuanto al bobinado	En cuanto al bobinado
Conexión atornillada o equivalente		
Cobre desnudo o aleación de cobre desnudo o aleación de aluminio desnudo		
en aire	90	50
en SF ₆	115	75
en aceite	100	60
Recubierto de plata o niquelado		
en aire	115	75
en SF ₆	115	75
en aceite	100	60
Recubierto de estaño		
en aire	105	sesenta y cinco
en SF ₆	105	sesenta y cinco
en aceite	100	60

(1) Definiciones de clases de aislamiento según IEC 60085.

El aumento de temperatura de un transformador de voltaje al voltaje especificado, a la frecuencia nominal y a la carga nominal, o a la carga nominal más alta si hay varias cargas nominales, en cualquier factor de potencia entre 0,8 en atraso y la unidad, no deberá exceder el valor apropiado dado en la tabla anterior de IEC 61869-1:2007.

Cuando el transformador esté provisto de un tanque conservador o tenga un gas inerte encima del aceite, o esté sellado herméticamente el aumento de temperatura del aceite en la parte superior del tanque o carcasa no deberá exceder los 55 K.

Cuando el transformador no esté así instalado o dispuesto, el aumento de temperatura del aceite en la parte superior del tanque o carcasa no excederá de 50 K.

LPVT:

Transformadores de tensión electrónicos

Los LPVT (transformadores de tensión de baja potencia) cumplen con la norma IEC 61869-11. Son sensores de tensión con salida directa de baja tensión. Los LPVT son más pequeños y más fáciles de integrar en el cubículo de MT que los VT estándar.

Transformadores de voltaje de baja potencia LPVT

Los LPVT son sensores de tensión específicos con salida de tensión continua del tipo 'Transformadores de tensión de baja potencia', conforme a la norma IEC 61869-11. LPVT proporciona funciones de medición y protección.

Están definidos por:

- la tensión primaria nominal;
- la tensión secundaria nominal.

Ejemplos de clasificaciones LPVT según la norma IEC 61869-11

Las características que se indican a continuación son un ejemplo de un LPVT que se aplica a un amplio rango de voltaje primario.

Ejemplo para clase de dosificación 0,5

- Tensión primaria nominal (U_{pr}): 20/√3 kV.
- Rango de tensión primaria ($U_{min} - U_{max}$): desde 3/√3 kV hasta 22/√3 kV.
- Tensión secundaria nominal (U_{sc}): 3,25/√3 V a 20/√3 kV.

precisión en:

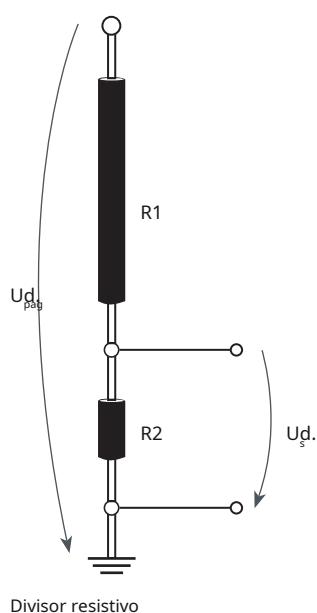
- el módulo de tensión primaria 0,5 % (error $\pm 0,5$ %),
- la fase de tensión primaria 20 min (error ± 20 minutos) en un rango del 80 % U_{min} al 120 % de U_{max} (de 0,8*3/√3 kV a 1,2*22/√3 kV)

Ejemplo de protección clase 3P

- Tensión primaria asignada U_{pr} : 20/√3 kV.
- Rango de tensión primaria ($U_{min} - U_{max}$): desde 3/√3 kV hasta 22/√3 kV.
- Clase 3P:

precisión en:

- el módulo de tensión primaria 3 % (error ± 3 %),
- la fase de tensión primaria 120 min (error ± 120 minutos) en un rango del 5 % U_{min} al 190 % de U_{max} (de 0,05*3/√3 kV a 1,9*22/√3 kV).



Reducción del aislamiento según la altitud - Reducción de la corriente nominal en función de la temperatura

Ejemplo de aplicaciones

¿Se pueden instalar equipos con tensión nominal de 24 kV a 2500 metros?

La tensión soportada al impulso requerida en la obra es de 125 kV. La frecuencia industrial soportada a 50 Hz es de 50 kV 1 min. Pour m = 1 (ver cláusula sobre dieléctrico)

Por 2500 m

- k es igual a 0,83
- la resistencia al impulso **deber**: $125/0,83 = 150,6$ kV
- La frecuencia de potencia soporta 50 Hz. **deber**: $50/0,83 = 60,2$ kV

No, no puede. Los equipos de 24 kV no se pueden instalar a 2500 cuando están diseñados para 1000 m de altitud máxima. Las calificaciones del equipo instalado. **deber**:

- tensión nominal = 36 kV
- resistencia nominal al impulso = 170 kV
- Tensión soportada a frecuencia industrial nominal a 50 Hz = 70 kV

NOTA: En algunos casos, se pueden utilizar equipos de 24 kV si se obtienen informes de prueba apropiados que demuestren **la cumplimiento** con la solicitud están disponibles.

Las diversas normas o recomendaciones imponen límites de validez a las características del producto. Las condiciones normales de uso se describen en el capítulo 'Disyuntor de media tensión'.

Más allá de estos límites, es necesario reducir ciertos valores, es decir, derratar el dispositivo. Se debe considerar la reducción de potencia:

- en cuanto al nivel de aislamiento, para altitudes superiores a 1.000 metros;
- en términos de corriente nominal, cuando la temperatura ambiente supera los 40 °C y para un índice de protección superior a IP3X, (ver capítulo sobre 'Índice de protección'). Estos diferentes tipos de reducción de potencia se pueden acumular si es necesario.

NOTA: no existen normas que traten específicamente la reducción de potencia. Sin embargo, la tabla 3 de la norma IEC 62271-1 trata sobre los aumentos de temperatura y proporciona valores límite de temperatura que no deben superarse según el tipo de dispositivo, los materiales y el dieléctrico utilizado.

Reducción del aislamiento según la altitud

Las normas establecen una reducción de potencia para todos los equipos instalados a una altitud superior a 1.000 metros.

Como regla general, tenemos que reducir la potencia en un 1,22 % (98,8 %) U pico cada 100 metros por encima de los 1000 metros.

Esto se aplica a la tensión soportada de impulso de rayo y a la tensión soportada a frecuencia industrial de 50 Hz - 1 min. La altitud no tiene ningún efecto sobre la resistencia dieléctrica de las cámaras de interrupción de los disyuntors dentro de un recinto sellado.

Sin embargo, se debe considerar la reducción de potencia cuando el disyuntor se instala en cubículos. En este caso, el aislamiento exterior está al aire.

Schneider Electric utiliza coeficientes de corrección:

- para disyuntors fuera de un cubículo, utilice la siguiente tabla;
- para interruptores automáticos en un cubículo, consulte la guía de selección de cubículos (la reducción de potencia depende del diseño del cubículo).

Excepción de algunos mercados donde la reducción comienza desde cero metros donde el estándar define factores como IEEE C37.20.9 (consulte la siguiente tabla).

Altitud (m)	Factor de voltaje	factor actual
1000 m (3300 pies) y menos	1.00	1.00
1500 metros (5000 pies)	0,95	0,99
3000 m (10 000 pies)	0,80	0,96

Reducción del aislamiento según la altitud - Reducción de la corriente nominal en función de la temperatura

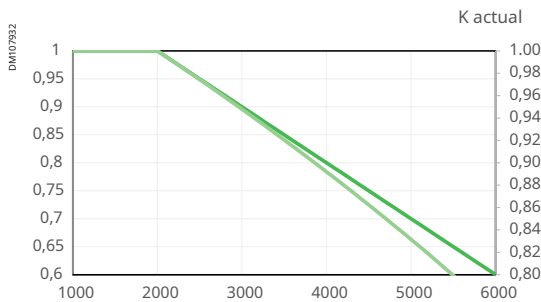
Reducción de corriente continua por encima de 1000 m de altitud

IEC 62271-1:2017/A1:2021 proporciona factores de reducción de corriente continua para considerar la capacidad de enfriamiento por convección inferior del aire atmosférico con el fin de evitar exceder la temperatura máxima del conductor Ø máx.

Estos valores provienen del informe IEC/TR 60943: 2009. El efecto de la altitud sobre la corriente continua es diferente al de la tensión nominal. La reducción de potencia en corriente continua depende del impacto en la convección donde IEC 60943-1 supone que no hay impacto para el uso por debajo de 2000 m como altitud, mientras que entre 2000 m y 4000 m se deben considerar las siguientes precauciones:

(a)El aire ambiente máximo no debe exceder los siguientes valores:

Altitud (m)	Temperatura máxima del aire ambiente (°C)
0-2000	40
2000-3000	30
3000-4000	25



- (b)Si se va a utilizar una unidad enfriada por aire a una altitud entre 2000 m y 4000 m, los aumentos de temperatura medidos durante una prueba normal a una altitud inferior a 2000 m no deben exceder los de la tabla 14 de la norma IEC 62271-1.
- (Tabla 6 IEC TR 60943:2008) reducido en un 1 % por cada 100 m por encima de los 2000 m de altitud del lugar de la instalación.
- (C)Si se mantienen las condiciones de servicio de la norma IEC 62271-1:2017 que especifica una temperatura ambiente máxima de 40 °C, los aumentos de temperatura máximos permitidos del Se aplican las normas IEC 62271-1:2017 reducidas en un 1 % cada 100 m y la reducción de potencia para el aumento de temperatura y la corriente asociada se mencionan en la **siguiente gráfico**.
- (d)Sin embargo, si la temperatura ambiente máxima no excede los valores mencionados en a), la corrección por aumento de temperatura mencionada anteriormente, generalmente es innecesaria porque el mayor aumento de temperatura en altitud debido al menor efecto de enfriamiento del aire se compensa con la temperatura ambiente máxima reducida. temperatura en altitud. En consecuencia, la temperatura final permanece relativamente sin cambios a una corriente dada.

De hecho, este aumento de temperatura depende de tres parámetros:

- la corriente nominal;
- la temperatura ambiente;
- el tipo de celda y su IP (índice de protección).

La reducción se realizará de acuerdo con las tablas de selección de cubículos, porque los conductores fuera de los disyuntores actúan para irradiar y disipar calorías.

Unidades de medida

Nombres y símbolos de unidades de medida SI.	164
Unidades básicas	164
Magnitudes y unidades comunes	165
Correspondencia entre unidades imperiales y unidades del sistema internacional (SI)	167

Nombres y símbolos de unidades de medida SI.

Unidades básicas

Magnitud	Símbolo de la magnitud ⁽¹⁾	Unidad	Símbolo de la unidad	Dimensión
Unidades básicas				
Longitud	yo, (L)	Metro	metro	l
Masa	metro	Kilogramo	kg	METRO
Tiempo	t	Segundo	s	t
Corriente eléctrica	I	Amperio	A	I
termodinamica	t	kélvin	k	q
temperatura ⁽²⁾				
cantidad de material	norte	Lunar	moles	norte
Intensidad de luz	yo, (yq)	Candela	cd	j
Unidades adicionales				
Ángulo (ángulo plano)	α, β, γ, etc.	Radián	rad	A
Ángulo sólido	Ω, (ω)	estereorradián	señor	W.

⁽¹⁾ También se puede utilizar el símbolo entre paréntesis
⁽²⁾ La temperatura Celsius t está relacionada con la temperatura termodinámica T mediante la relación: t = T - 273,15

Nombres y símbolos de unidades de medida SI.

Magnitudes y unidades comunes

Nombre	Símbolo	Dimensión	Unidad SI: nombre (símbolo)	Comentarios y otras unidades.
Magnitud: espacio y tiempo				
Longitud	yo, (L)	l	Metro (m)	Centímetro (cm): 1 cm = 10 ⁻² m (micras debe no se utiliza, en su lugar se utiliza el micrómetro (μm))
Área	COMO)	l ₂	Metro cuadrado (m ²)	Son (a): 1 a = 10 ⁻² metro ₂ Hectárea (ha): 1 ha = 10 ⁴ metro ₂ (medida agrícola)
Volumen	V	l ₃	Metro cúbico (m ³)	
ángulo plano	α, β, γ, etc.	N / A	Radianes (rad)	Gradianes (gr): 1 gr = 2π rad/400 Revolución (rev): 1 tr = 2π rad Grado (°): 1° = 2π rad/360 = 0,017 453 3 rad Minuto ('): 1' = 2π rad/21600 = 2,908 882 • 10 ⁻⁴ rad Segundo ("): 1" = 2π rad/1296 000 = 4,848 137 • 10 ⁻⁶ rad
Ángulo sólido	Ω, (ω)	N / A	Estereorradián (sr)	
Tiempo	t	t	Segundos)	Minuto (min) Hora (horas) Día (d)
Velocidad	v	LT ⁻¹	Metros por segundo (m/s)	Revoluciones por segundo (rev/s): 1 tr/s = 2π rad/s
Aceleración	a	LT ⁻²	Metro por segundo al cuadrado (m/s ²)	Aceleración debida a la gravedad: g = 9,80665 m/s ²
Velocidad angular	ω	t ⁻¹	Radianes por segundo (rad/s)	
Aceleración angular	α	t ⁻²	Radianes por segundo al cuadrado (rad/s ²)	
Magnitud: masa				
Masa	metro	METRO	Kilogramo (kg)	Gramo (g): 1 g = 10 ⁻³ kg Tonelada (t): 1 t = 10 ³ kg
masa lineal	ρ ₁	l ₁ METRO	Kilogramo por metro (kg/m)	
Masa por superficie	ρ _A (ps)	l ₂ METRO	Kilogramo por metro cuadrado (kg/m ²)	
Masa por volumen	ρ	l ₃ METRO	Kilogramo por metro cúbico (kg/m ³)	
Volumen por masa	v	l ₃ METRO ⁻¹	Metro cúbico por kilogramo (m ³ /kg)	
Concentración	ρ _B	ml ⁻³	Kilogramo por metro cúbico (kg/m ³)	Concentración en masa del componente B (según NF X 02-208)
Densidad	d	N / A	N / A	d = p/p agua
Magnitud: fenómenos periódicos				
Período	t	t	Segundos)	
Frecuencia	F	t ⁻¹	Hercios (Hz)	1 Hz = 1 s ⁻¹ , f = 1/T
Cambio de fase	φ	N / A	Radianes (rad)	
Longitud de onda	λ	l	Metro (m)	Está prohibido el uso del angström (10 ⁻¹⁰ m). Uso de un factor de nanómetro (10 ⁻⁹ m) se recomienda λ = c/f f = cT (c = celeridad de la luz)
Nivel de potencia	LP	N / A	Decibelio (dB)	

Nombres y símbolos de unidades de medida SI.

Magnitudes y unidades comunes

Nombre	Símbolo	Dimensión	Unidad SI: nombre (símbolo)	Comentarios y otras unidades.
Magnitud: mecánica				
Fuerza	F	LTM ⁻²	Newton	1 N = 1 mx kg/s ²
Peso	GRAMO, (P, W)			
Momento de la fuerza	M, T	l ₂ MONTE ₂	Newton-metro (Nm)	Nm y no mN para evitar confusiones
Tensión superficial	γ, σ	MONTE ₂	Newton por metro (N/m)	1 N/m = 1 J/m ²
Trabajar	W.	l ₂ MONTE ₂	Julio (J)	1 J: 1 Nm = 1 Ws
Energía	mi	l ₂ MONTE ₂	Julio (J)	Vatios-hora (Wh): 1 Wh = 3,6 x 10 ³ j (utilizado para determinar el consumo eléctrico)
Fuerza	PAG	l ₂ MONTE ₃	Vatios (W)	1 W = 1 J/s
Presión	σ, tp	l ₁ MONTE ₂	Pascal (Pa)	1P = 10 ⁻¹ Pa.s (P = aplomo, unidad CGS)
Viscosidad dinámica	η, μ	l ₁ MONTE ₁	Pascal-segundo (Pa.s)	1P = 10 ⁻¹ Pa.s (P = aplomo, unidad CGS)
Viscosidad cinética	v	l ₂ t ⁻¹	Metro cuadrado por segundo (m ² /s)	1 punto = 10 ⁻⁴ metro ² /s (St = stokes, unidad CGS)
Cantidad de movimiento	pag	LTM ⁻¹	Kilogramo-metro por segundo (kgxm/s)	p = mv
Magnitud: electricidad				
Actual	I	I	Amperio (A)	
Carga eléctrica	q	TI	Culombio (C)	1 C = 1 Como
Potencial eléctrico	V	l ₂ MONTE ₃ I ₁	Voltio (V)	1 V = 1 W/A
Campo eléctrico	mi	LTM ₃ I ₁	Voltios por metro (V/m)	
Resistencia eléctrica	R	l ₂ MONTE ₃ I ₂	Ohmios (Ω)	1 Ω = 1 V/A
Conductividad eléctrica	GRAMO	l ₂ METRO ₁ t ₃ I ₂	Siemens (S)	1 S = 1 A/V = 1 Ω ⁻¹
capacitancia eléctrica	C	l ₂ METRO ₁ t ₄ I ₂	Faradio (F)	1 F = 1 C/V
inductancia electrica	I	l ₂ MONTE ₂ I ₂	Enrique (H)	1 H = 1 Wb/A
Magnitud: electricidad, magnetismo.				
Inducción magnética	B	MONTE ₂ I ₁	Tesla (T)	1 T = 1 Wb/m ²
Flujo de inducción magnética	Φ	l ₂ MONTE ₃ I ₁	Weber (Wb)	1 Wb = 1 Vs
Magnetización	A él	l ₁ I	Amperios por metro (A/m)	
Campo magnético	h	l ₁ I	Amperios por metro (A/m)	
Fuerza magnetomotriz	F, Fm	I	Amperio (A)	
Resistividad	ρ	l ₃ MONTE ₃ I ₂	Ohmímetro (Ω.m)	1 μΩ.cm ² /cm = 10 ⁻⁸ Ω.m
Conductividad	γ	l ₃ METRO ₁ t ₃ I ₂	Siemens por metro (S/m)	
Permitividad	ε	l ₃ METRO ₁ t ₄ I ₂	Faradio por metro (F/m)	
Activo	PAG	l ₂ MONTE ₃	Vatios (W)	1 W = 1 J/s
Poder aparente	S	l ₂ MONTE ₃	Voltamperio (VA)	
Poder reactivo	q	l ₂ MONTE ₃	var (var)	
Magnitud: electricidad, magnetismo.				
termodinamica temperatura	t	θ	Kelvin(K)	Kelvin y no grado Kelvin o °Kelvin
Temperatura Celsius	t, θ	θ	Grados Celsius (°C)	t = T - 273,15
Energía	mi	l ₂ MONTE ₂	Julio (J)	
Capacidad calorífica	C	l ₂ MONTE ₃ θ ₁	Julios por Kelvin (J/K)	
entropía	S	l ₂ MONTE ₃ θ ₁	Julios por Kelvin (J/K)	
Capacidad calorífica específica	C	l ₂ t ⁻² θ ⁻¹	Vatio por kilogramo-Kelvin (J/(kg.K))	
Conductividad térmica	λ	LTM ₃ θ ⁻¹	Watt por metro-Kelvin (W/(mK))	
cantidad de calor	q	l ₂ MONTE ₂	Julio (J)	
flujo termal	Φ	l ₂ MONTE ₃	Vatios (W)	1 W = 1 J/s
Energía térmica	PAG	l ₂ MONTE ₃	Vatios (W)	
Coefficiente de térmica radiación	h _r	MONTE ₃ θ ⁻¹	Watt por metro cuadrado-Kelvin (W/(m ² xK))	

Nombres y símbolos de unidades de medida SI.

Correspondencia entre unidades imperiales y unidades del sistema internacional (SI)

Nombre	Unidad SI: nombre (símbolo)	Unidad SI: nombre (símbolo)	Unidad SI: nombre (símbolo)
Aceleración	Pie por segundo al cuadrado	pies/s ²	1 pie/s ² = 0,304 8 m/s ²
Capacidad calórica	unidad térmica británica por libra	Btu/lb	1 Btu/lb = 2,326 x 10 ³ J/kg
Capacidad calorífica	Unidad térmica británica por pie cúbico.grado Fahrenheit	Btu/pie ³ .°F	1 Btu/pie ³ .°F = 67,066 1 x 10 ³ J/m ³ .°C
	Unidad térmica británica por (libra.grados Fahrenheit)	Btu/lb.°F	1 Btu/lb.°F = 4,186 8 x 10 ³ J/(kg.°C)
Campo magnético	Oersted	oye	1 Oe = 79,577 47 A/m
Conductividad térmica	Unidad térmica británica por pie cuadrado.hora.grado Fahrenheit	Btu/pie ² .h.°F	1 Btu/pie ² .h.°F = 5,678 26 W/(m ² .°C)
Energía	Unidad Térmica Británica	BTU	1 BTU = 1,055 056 x 10 ³ J
Energía (pareja)	Libra fuerza-pie	lbf.pie	1 lbf.pie = 1,355 818 J
	Libra fuerza-pulgada	lbf.en	1 lbf.pulg = 0,112 985 J
flujo termal	Unidad térmica británica por pie cuadrado.hora	Btu/pie ² .h	1 Btu/pie ² .h = 3,154 6W/m ²
	unidad térmica británica por segundo	Btu/s	1 BTU/s = 1,055 06 x 10 ³ W
Fuerza	Libra de fuerza	fib	1 lb = 4,448 222 N
Longitud	Pie	pies, '	1 pie = 0,304 8 m
	Pulgada ⁽¹⁾	en, "	1 pulgada = 25,4 mm
	Milla (Reino Unido)	milla	1 milla = 1.609 344 kilómetros
	Nudo	-	1 852 metros
	Patio ⁽²⁾	yarda	1 yarda = 0,914 4 m
Masa	Onza	onz	1 onza = 28,349 5 g
	Libra	lb	1 libra = 0,453 592 37 kg
masa lineal	Libra por pie	libras/pies	1 libra/pie = 1,488 16 kg/m
	Libra por pulgada	lb/pulg	1 libra/pulgada = 17,858 kg/m
Masa por superficie área	Libra por pie cuadrado	libras/pies ²	1 libra/pie ² = 4,882 43 kg/m ²
	Libra por pulgada cuadrada	lb/pulg ²	1 libra/pulg ² = 703,069 6kg/m ²
Masa por volumen	Libra por pie cúbico	libras/pies ³	1 libra/pie ³ = 16,018 46 kg/m ³
	Libra por pulgada cúbica	lb/pulg ³	1 libra/pulg ³ = 27,679 9 x 10 ³ kilogramos/m ³
Momento de inercia	Libra pie cuadrado	lb.ft ²	1 libra-pie ² = 42,140 gramos ²
Presión	pie de agua	pies H ₂ O	1 pie de alto.O = 2,989 07 x 10 ³ Pensilvania
	pulgada de agua	en H ₂ O	1 en H ₂ O = 2,490 89 x 10 ³ Pensilvania
Presión - estrés	Libra de fuerza por pie cuadrado	lbf/pie ²	1 lbf/pie ² = 47,880 26 Pa
	Libra fuerza por pulgada cuadrada ⁽³⁾	lbf/pulg ² (psi)	1 lbf/pulg ² = 6,894 76 · 10 ³ Pa
poder calorífico	unidad térmica británica por hora	BTU/h	1 BTU/h = 0,293 071 W
Área de superficie	Pie cuadrado	pies cuadrados, pies ²	1 pie cuadrado = 9,290 3 x 10 ⁻² metro ²
	Pulgada cuadrada	pulgadas cuadradas, en ²	1 pulgada cuadrada = 6,451 6 x 10 ⁻⁴ metro ²
Temperatura	Grados Fahrenheit ⁽⁴⁾	°F	TK = 5/9 (q°F + 459,67)
	Grado Rankine ⁽⁵⁾	°R	TK = 5/9 q°R
Viscosidad	Libra fuerza-segundo por pie cuadrado	lbf.s/pie ²	1 lbf.s/pie ² = 47.880 26 Pa.s
	Libra por pie-segundo	lb/pies	1 lb/pies = 1,488 164 Pa.s
Volumen	Pie cubico	pies cúbicos	1 pie cúbico = 1 pie ³ = 28,316 dm ³
	Pulgada cúbica	cu.in, en ³	1 en ³ = 1,638 71 x 10 ⁻⁵ metro ³
	Onza fluida (Reino Unido)	onzas líquidas (Reino Unido)	onzas líquidas (Reino Unido) = 28,413 0 cm ³
	Onza fluida (EE.UU.)	onzas líquidas (EE. UU.)	onzas líquidas (EE. UU.) = 29,573 5 cm ³
	Galón (Reino Unido)	chica (Reino Unido)	1gas(Reino Unido) = 4,546 09 dm ³
Fuerza	Galón (EE.UU.)	gal (Estados Unidos)	1gas(Estados Unidos) = 3,785 41 dm ³

(1) 12 pulgadas = 1 pie

(2) 1 yarda = 36 pulgadas = 3 pies

(3) 0 psi: libra fuerza por pulgada cuadrada

(4) T_k = temperatura kelvin con q°C = 5/9 (q°F - 32)

(5) °R = 5/9 °K

Estándares

Los estándares mencionados en este documento.	170
Comparación IEC - ANSI/IEEE	172
IEC - Proceso de armonización ANSI/IEEE	172
IEC - ANSI principales discrepancias	174

Los estándares mencionados en este documento.

¿Dónde se pueden solicitar publicaciones IEC?

oficina central de IEC
3, calle de Varembe
CH - 1211 Ginebra 20 Suiza
www.iec.ch

PM10719



Bienvenido a la tienda web de IEC



La Comisión Electrotécnica Internacional es el organismo internacional de evaluación de la conformidad y normas para todos los campos de la electrotecnología.

Transformador de corriente electrónico LPCT	CEI 61869-10
Transformador de voltaje electrónico LPVT	CEI 61869-11
Técnicas de prueba de alto voltaje Definiciones generales y requisitos de prueba	CEI 60060-1
Coordinación de aislamiento: guía de aplicación	CEI 60071-2
Transformadores de potencia - Parte 11: transformadores de tipo seco	CEI 60076-11
Transformadores de potencia - Parte 12: guía de carga para transformadores de potencia de tipo seco	CEI 60076-12
Transformadores de potencia - Parte 13: transformadores llenos de líquido autoprotegidos	CEI 60076-13
Transformadores de potencia - Parte 15: transformadores de potencia llenos de gas	CEI 60076-15
Transformadores de potencia - Parte 16: Transformadores para aplicaciones en turbinas eólicas	CEI 60076-16
Transformadores de potencia - Parte 6: reactores	CEI 60076-6
Transformadores de potencia - Parte 7: guía de carga para transformadores de potencia sumergidos en aceite mineral	CEI 60076-7
Fusibles de alto voltaje - Parte 1: fusibles limitadores de corriente	CEI 60282-1
Aplicaciones ferroviarias - Transformadores e inductores de tracción a bordo del material rodante	CEI 60310
Grados de protección proporcionados por los recintos.	CEI 60529
Clasificación de las condiciones ambientales - Parte 3-3: clasificación de grupos de parámetros ambientales y sus severidades - Uso estacionario en lugares protegidos contra la intemperie	CEI 60721-3-3
Clasificación de las condiciones ambientales. Parte 3: clasificación de grupos de parámetros ambientales y sus severidades. Sección 4: uso estacionario en lugares no protegidos contra la intemperie	CEI 60721-3-4
Corrientes de cortocircuito en sistemas de CA trifásicos Cálculo de corrientes.	CEI 60909-0
Transformadores convertidores - Parte 1: transformadores para aplicaciones industriales	CEI 61378-1
Transformadores convectores - Parte 2: transformadores para aplicaciones HVDC	CEI 61378-2
Transformadores de instrumentos - Parte 1: requisitos generales	CEI 61869-1
Transformadores de corriente	CEI 61869-2
Transformadores de tensión inductivos	CEI 61869-3
Instalaciones de potencia superior a 1 kV ca - Parte 1: normas comunes	CEI 61936-1
Grados de protección que proporcionan las envolventes de equipos eléctricos frente a impactos mecánicos externos (código IK)	CEI 62262
Aparamenta de conmutación y control de alta tensión - Parte 1: Especificaciones comunes	CEI 62271-1
Aparamenta de conmutación y control de alta tensión. Parte 100: Disyuntores de corriente alterna.	CEI 62271-100
Aparamenta de conmutación y control de alta tensión - Parte 102: seccionadores de corriente alterna y seccionadores de puesta a tierra	CEI 62271-102
Aparamenta de conmutación y control de alta tensión. Parte 103: interruptores para tensiones nominales superiores a 1 kV hasta 52 kV inclusive.	CEI 62271-103
Aparamenta y equipo de control de alta tensión - Parte 105: Combinaciones de interruptor-fusible de corriente alterna para tensiones nominales superiores a 1 kV hasta 52 kV inclusive	CEI 62271-105
Conmutación de carga inductiva	CEI 62271-110

Los estándares mencionados en este documento.

Diseño respetuoso con el medio ambiente para productos eléctricos y electrónicos.	CEI 62430
Declaración de materiales para productos de y para la industria electrotécnica	CEI 62474
Equipo de control y distribución de CA en envoltorio metálico para tensiones nominales superiores a 1 kV y hasta 52 kV inclusive	CEI 62271-200
Aparata de distribución y control de alta tensión - Parte 202: subestaciones prefabricadas de alta/baja tensión	CEI 62271-202
Aparata de alta tensión y control - Parte 306: guía para IEC 62271-100, IEC 62271-1 y otras normas IEC relacionadas con disyuntores de corriente alterna	CEI/TR 62271-306
Guía para la evaluación de productos con respecto a las restricciones de uso de sustancias en productos eléctricos y electrónicos	CEI/TR 62476
Directrices para la información sobre el final de su vida útil proporcionada por fabricantes y recicladores y para el cálculo de la tasa de reciclabilidad de equipos eléctricos y electrónicos	CEI/TR 62635
Tutorial y guía de aplicación de fusibles de alta tensión.	CEI/TR 62655
Aparata de alta tensión y control - Parte 304: Clasificación de aparata y control de interiores cerrados para tensiones nominales superiores a 1 kV hasta 52 kV inclusive en relación con el uso en condiciones especiales de servicio con respecto a la condensación y la contaminación.	CEI/TS 62271-304
Selección y dimensionamiento de aisladores de alta tensión destinados a uso en condiciones de contaminación - Parte 1 - Definiciones, información y principios generales	CEI/TS 60815-1
Procedimiento de prueba estándar IEEE para disyuntores de CA de alto voltaje clasificados sobre una base de corriente simétrica	IEEE C37.09
Estándar IEEE de requisitos comunes para aparata de potencia de alto voltaje con clasificación superior a 1000 V	IEEE C37.100.1
Estándar IEEE para tableros revestidos de metal	IEEE C37.20.2
Estándar IEEE para interruptores en gabinete metálico (1 kV–38 kV)	IEEE C37.20.3
Etiquetas y declaraciones ambientales - Declaraciones ambientales tipo III - Principios y procedimientos	ISO 14025
Corrosión de metales y aleaciones - Corrosividad de atmósferas - Clasificación, determinación y estimación	Norma ISO 9223
Gabinetes para Equipos Eléctricos (1000 Voltios Máximo)	NEMA 250
Norma de Seguridad Eléctrica en el Trabajo®	NFPA 70E

Comparación IEC - ANSI/IEEE

IEC - Proceso de armonización ANSI/IEEE

Básicamente, las diferencias entre los estándares IEC y ANSI/IEEE provienen de sus respectivas filosofías.

Las normas IEC se basan en un enfoque funcional. Los dispositivos se definen por sus prestaciones y esto permite diversas soluciones tecnológicas.

Los estándares ANSI/IEEE se basaron en la descripción de soluciones tecnológicas. Estas soluciones son utilizadas por el sistema legal como "requisitos mínimos funcionales y de seguridad".

Desde hace años, las organizaciones IEC y ANSI/IEEE han iniciado un proceso de armonización sobre algunos temas. Esto ahora está respaldado por un acuerdo sobre un proyecto de desarrollo conjunto IEC-IEEE, establecido en 2008. Debido al proceso de armonización, las normas se encuentran hoy en una fase de transición.

Esta armonización permite simplificar la norma en los lugares donde existen diferencias "menores". Esto es específicamente cierto para las definiciones de corriente de cortocircuito y voltajes de recuperación transitorios.

ANSI/IEEE ha desarrollado estándares para aplicaciones especiales como, por ejemplo, 'reenganchadores automáticos' y 'disyuntores de generadores'. Estos documentos se han transformado en normas IEC equivalentes después de la armonización de definiciones y clasificaciones. La armonización no debe entenderse como unificación. IEC e IEEE son por naturaleza organizaciones muy diferentes. La estructura de los primeros se basa en Comités Nacionales, mientras que la de los segundos se basa en Individuos. Por lo tanto, IEC y ANSI/IEEE también mantendrán sus propias normas armonizadas revisadas en el futuro. Las características de red físicamente diferentes (líneas aéreas o redes de cable, o aplicaciones al aire libre) y hábitos locales (clasificaciones de voltaje y frecuencias) seguirán imponiendo sus limitaciones al equipo de conmutación.

Tensiones nominales

Ver capítulo relacionado.

Armonización TRV

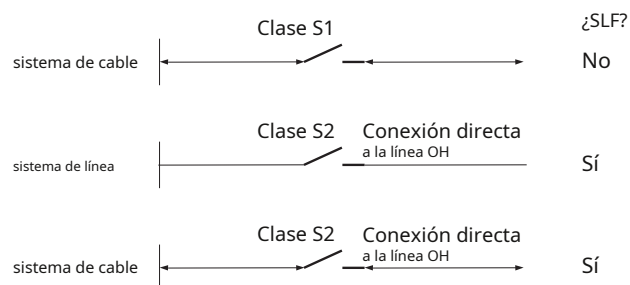
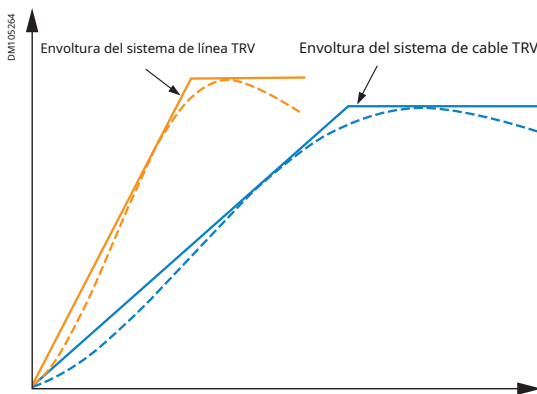
Uno de los objetivos principales fue definir pruebas comunes de conmutación y corte en las normas IEC y ANSI/IEEE.

Desde 1995 se han llevado a cabo tres acciones principales:

- Armonización de TRV para pruebas de ruptura de disyuntores de 100 kV y superiores;
- Armonización de TRV para pruebas de corte de disyuntores de potencia inferior a 100 kV;
- Armonización de clasificaciones y requisitos de prueba para conmutación de corriente capacitiva. IEC introdujo 2 clases de disyuntores, definidos por 2 características TRV en IEC 62271-100 (2021) y en ANSI/IEEE ver C37.04
- S1 para sistemas de cable.
- S2 para sistemas de línea.

Como algunos disyuntores S2 de tensiones inferiores a 52 kV pueden conectarse directamente a una línea aérea, deben pasar una prueba de ruptura de falla de línea corta.

Clases de disyuntores



Comparación IEC - ANSI/IEEE

IEC - Proceso de armonización ANSI/IEEE

Conmutación capacitiva

También están armonizadas las pruebas de conmutación capacitiva.

Se introdujo la clase C1 de disyuntores con baja probabilidad de reencendido y una nueva clase C2 de disyuntores con muy baja probabilidad de reencendido. Los valores nominales y los criterios de aceptación siguen siendo diferentes para los dos estándares. IEEE tendrá una clasificación C0.

Producto ensamblado

No existe armonización para los productos ensamblados.

Los productos ensamblados incluyen apartamento de media tensión con envoltorio metálico o con aislamiento o apartamento con aislamiento de gas. Hoy en día, no existe ninguna acción coordinada para armonizar los estándares de montaje en IEC e IEEE/ANSI. Por lo tanto, persisten muchas diferencias destacadas. Estos son causados por la red y los hábitos locales, como se indicó anteriormente.

Diferencias identificadas

Se enumeran dos categorías principales, según las influencias en el diseño o en las pruebas de calificación. En cada caso de diferencia de diseño, debe quedar claro si el punto es un requisito que existe en un sistema y no en el otro, o si un requisito se expresa de maneras contradictorias entre los dos sistemas.

En el caso de las diferencias en los procedimientos de prueba, la cuestión se refiere a la posibilidad de cubrir los requisitos de un sistema mediante la calificación según el otro sistema.

Una diferencia importante entre los dos sistemas, especialmente para la gama MV, es la necesidad de ^{3er}tercero Certificación de testigos de parte. Esto también incluye los servicios de "seguimiento".

Este programa se llama etiquetado.

Calificaciones

ANSI/IEEE tiene dos características en la estructura de calificación; requisitos y valores preferidos.

Los requisitos no son negociables y las calificaciones preferidas son los valores alcanzados cuando se cumple el requisito.

C37.20.2, que cubre los tableros blindados, considera una clasificación de bus mínima de 1200 A para interruptores blindados (extraíbles).

La resistencia al cortocircuito se expresa de dos formas diferentes:

- IEC define el valor eficaz del componente alternativo (duración a asignar) y el valor pico (2,5);
- ANSI define el valor rms para el componente alternativo durante 2 segundos y la "corriente momentánea", que significa el valor rms, incluido el componente de CC, durante el primer pico principal (2,6 o 2,7).

C37.20.3, que cubre los interruptores en caja metálica, considera que la duración de la corriente soportada de corta duración "normal" es de 2 s (el valor preferido para IEC es 1 s).

Diseño

- Máx. las temperaturas permitidas difieren; la referencia para IEC la proporciona IEC 62271-1; La referencia para ANSI la proporciona IEEE C37.100.1, así como C37.20.2, C37.20.3, C37.20.4.
 - Los aumentos de temperatura aceptables son mucho más bajos en ANSI que en IEC. Por ejemplo, para uniones cobre-cobre desnudas, el C37.20.3 (y C37.20.4) especifica un máx. temperatura de revisión de 70 °C, mientras que IEC acepta hasta 90 °C. Además, ANSI considera todos los materiales de revestimiento como equivalentes (estaño, plata, níquel), mientras que IEC especifica diferentes valores aceptables. ANSI/IEEE exige que se utilice el límite de temperatura inferior cuando se acoplan dos superficies de contacto diferentes. ANSI proporciona valores especiales al conectar un cable aislado (valor inferior a la unión equivalente entre dos barras desnudas),
 - Las temperaturas aceptables para piezas accesibles también son más bajas para ANSI. (50 °C frente a 70 °C, cuando se toca durante el funcionamiento normal, y 70 °C frente a 80 °C, cuando no se toca durante el funcionamiento normal). En las partes exteriores accesibles también se tendrá una temperatura máxima permitida en ANSI: 110 °C.
- La resistencia mecánica para las operaciones de retirada se establece en 500 operaciones para ANSI C37.20.2, 50 para ANSI C37.20.3. Es lo mismo para IEC 62271-200, excepto si la capacidad de extracción está destinada a usarse como función de desconexión (a ser indicada por el fabricante), entonces un mínimo de 1000 operaciones como para los seccionadores.
- Otras discrepancias de diseño
 - Los materiales aislantes tienen comportamientos mínimos contra incendios establecidos en ANSI, no actualmente en IEC.
 - ANSI C37.20.2 y C37.20.3 requieren un bus de tierra con capacidad de corriente momentánea y de corta duración. IEC acepta corriente que fluye a través del gabinete y la prueba de rendimiento se realiza como una prueba funcional (si el bus está hecho de cobre, se expresa la sección transversal mínima).
 - ANSI C37.20.2 requiere que los VT estén equipados con fusibles limitadores de corriente en el lado HV. ANSI C37.20.2 y 3 exige que los CT tengan una clasificación de 55 °C.

- ANSI C37.20.2 y C37.20.3 especifican el espesor mínimo para las láminas de metal (equivalente en acero: 1,9 mm en todas partes y 3 mm entre las secciones verticales y entre las "partes principales" de un circuito primario; se aplican valores más altos para paneles grandes). La IEC 62271-200 no especifica ningún material ni espesor para el cerramiento y tabiques, pero sí propiedades funcionales (continuidad eléctrica, mediante ensayo DC con máxima caída de tensión),
- ANSI C37.20.2 especifica el número mínimo de bisagras y puntos de cierre según las dimensiones,
- El revestimiento metálico ANSI deberá tener conductores primarios aislados (resistencia mínima = voltaje entre fases),
- Los metalclad ANSI deberán tener barreras entre las secciones de cada circuito. Esto se aplica a la barra colectora, cuyo compartimento se dividirá en "secciones" a lo largo del cuadro de distribución,
- para ANSI, se debe impedir que los CB extraíbles se extraigan por completo mediante un dispositivo de bloqueo hasta que se descargue su mecanismo,
- ANSI expresa requisitos dimensionales para los puntos de conexión de interruptores (NEMA CC1-1993),
- los indicadores de posición difieren en color y marcas,
- las fuentes de alimentación auxiliares deberán tener una protección contra cortocircuitos dentro del tablero de distribución para ANSI C37.20.2 y 3,
- ANSI: las conexiones primarias de los TT deberán incorporar fusibles. Conexiones secundarias según aplicación.

Procedimientos de prueba básicos

- Para celdas extraíbles, las pruebas dieléctricas de frecuencia industrial entre los conductores aguas arriba y aguas abajo en posición retirada se especifican como 110 % del valor fase a tierra en ANSI en todos los casos. Para IEC, se requiere una prueba en el valor de espacio abierto de los seccionadores solo si se pretende utilizar la capacidad de extracción como función de desconexión (lo indicará el fabricante).
- La prueba de corriente momentánea debe tener al menos 10 ciclos de duración para ANSI, la prueba de resistencia a la corriente máxima debe tener una duración de al menos 300 ms para IEC (y realizar pruebas para tener al menos 200 ms de corriente después).
- Para ANSI, todos los materiales aislantes, a granel o aplicados, deben demostrar una resistencia mínima a las llamas (C37.20.2 § 5.2.6 y 5.2.7). El tema aún no ha sido abordado por la IEC, pero se está debatiendo para la revisión de la norma de "especificaciones comunes".
- Para ANSI, la pintura sobre piezas ferrosas externas debe demostrar protección contra la oxidación mediante una prueba de niebla salada.
- Los interruptores de acuerdo con ANSI C37.20.3 y C37.20.4 deben soportar voltajes de prueba dieléctricos de 'espacio abierto' (tanto de frecuencia industrial como de impulso) un 10 % más altos que el valor de fase a tierra; En IEC, se expresa un requisito similar solo para los seccionadores.
- Las pruebas BIL tienen diferentes secuencias y criterios entre IEC y ANSI (2/15 en IEC, 3 por 9 en ANSI). La equivalencia entre los dos enfoques es una cuestión controvertida y no podría considerarse válida.
- Ensayos de aumento de temperatura ANSI/IEEE: las secciones de las conexiones de alimentación y cortocircuito están definidas por las normas, sin tolerancias, etc. Por tanto, no pueden cumplir ambas normas al mismo tiempo.
- Para pruebas de rutina, los circuitos auxiliares se verifican a 1500 V x 1 min en ANSI (C37.20.3) en lugar de 2 kV x 1 min para IEC.
- Los interruptores ANSI de acuerdo con C37.20.4 deben realizar pruebas de ruptura de carga antes de cualquiera de las pruebas de clasificación opcionales (detección de fallas para el interruptor-fusible integral, corriente de conmutación de carga del cable, corriente de conmutación del transformador descargado).
- La prueba dieléctrica como verificación de condición después de las pruebas de potencia o pruebas de resistencia mecánica está especificada al 80 % de la tensión soportada de frecuencia industrial nominal por IEC (cláusulas comunes), y solo al 75 % por ANSI (C37.20.4).
- El fusible para verificar la corriente a tierra durante las pruebas de potencia de los interruptores se especifica de manera diferente en IEC y ANSI (100 mm de largo y 0,1 mm de diámetro para IEC, clasificación de 3 A o 2 pulgadas de largo y #38AWG para ANSI).
- Los disyuntores requieren pruebas monofásicas según C37.09 Tabla 1 líneas 6 y 7.
- Los disyuntores requieren la acumulación de 800 % Ksi dentro de la secuencia de prueba de tipo.
- La clasificación de resistencia a fallas de arco es una capacidad demostrada y estandarizada para proteger al operador de apartamiento de MT.

Regístrese en mySchneider y simplifique su vida en todos los pasos de su negocio

Conecte miSchneider



Regístrese en el **miSchneider** portal y descubra su experiencia personalizada, brindándole acceso a herramientas y recursos que lo ayudarán a ser más eficiente y productivo, desarrollar sus habilidades y colaborar.

Obtendrás:

- Herramientas de productividad
- Personalizado recursos
- Colaborativo soporte de ventas
- Capacitación

Obtenga soporte en cualquier momento

PM107043



- Acceda a autoservicio 24 horas al día, 7 días a la semana, catálogo móvil y acceso a ayuda de expertos
- Catálogo en línea y sin conexión
- Obtenga capacitación y soporte avanzado

Seleccionar y diseñar

PM107044



Funcionalidades WEB avanzadas que ayudan a:

- Seleccionar y comparar componentes
- Cree fácilmente su documentación técnica con herramientas listas para usar (CAD, archivos de exportación, etc.)

Configurar y Cotizar

PM107046



Configuración simplificada y validada

- Contenido técnico siempre actualizado.
- Datos y documentación listos para usar para sus proyectos
- Cambios de última hora
- Gestiona y sigue tus pedidos

Colaborar, encontrar soluciones y hacer negocios



- Vaya a Schneider Electric Exchange y encuentre soluciones para desarrollar su negocio
- Schneider Electric Exchange es una comunidad en línea donde las personas pueden hacer negocios
- Ya sea que esté buscando soluciones o tenga productos, servicios y consejos para compartir
- Le ayudaremos a conectarse con pares, socios tecnológicos y expertos para obtener una ventaja competitiva.

Gestiona tu base instalada



Libro de registro digital, donde podrá encontrar todos los documentos que necesitará durante la instalación, operación y mantenimiento desde cualquier lugar, en un entorno único y seguro sin papel.

- Manuales de usuario
- Dibujos de diseño
- Dibujos de una sola línea
- Pruebas de aceptación en fábrica y en sitio.
- Listas de repuestos
- Registros de mantenimiento, cronogramas y más



Literatura técnica para profundizar o ampliar sus conocimientos.

Acceso a la guía de instalación eléctrica WIKI Guía de automatización y protección de redes (NPAG) Libro electrónico Guía de diseño de aplicaciones digitales EcoStruxure Power Guía para transformar la distribución eléctrica con datos

Guía electrónica sobre arco eléctrico: Ayudando a proteger a las personas y los sistemas contra el arco eléctrico en equipos de media tensión



Teraturas para socios involucrados en el diseño de MT.

ySchneider Catálogo de componentes del programa Panel Builder V catalogo de contratistas Guía de prevención de incendios eléctricos Guía electrónica de monitoreo térmico continuo



Software y herramientas para mejorar la productividad

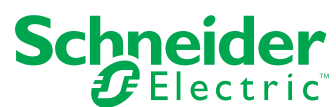
Software de especificadores Software para contratistas Guía electrónica para fabricantes de paneles



Referencias de normas IEC en esta guía

IEC 61869-10 ed 1,0 IEC	"Copyright © 2017 IEC Ginebra, Suiza. www.iec.ch "
61869-11 ed 1,0 IEC	"Copyright © 2017 IEC Ginebra, Suiza. www.iec.ch "
60060-1 ed 3,0 IEC	"Copyright © 2010 IEC Ginebra, Suiza. www.iec.ch "
60071-2 ed 4,0 IEC	"Copyright © 2018 IEC Ginebra, Suiza. www.iec.ch "
60076-11 ed 2,0 IEC	"Copyright © 2018 IEC Ginebra, Suiza. www.iec.ch "
60076-12 ed 1,0 IEC	"Copyright © 2008 IEC Ginebra, Suiza. www.iec.ch "
60282-1 ed 8,0 IEC 60529	"Copyright © 2020 IEC Ginebra, Suiza. www.iec.ch "
ed 2,0 IEC 60909-0 ed 2.0	"Copyright © 1989 IEC Ginebra, Suiza. www.iec.ch "
IEC 61869-1 ed 1.0 IEC	"Copyright © 2016 IEC Ginebra, Suiza. www.iec.ch "
61869-3 ed 1.0 IEC	"Copyright © 2007 IEC Ginebra, Suiza. www.iec.ch "
61936-1 ed 3.0 IEC 62262	"Copyright © 2011 IEC Ginebra, Suiza. www.iec.ch "
ed 1.0 IEC 62271-1 ed 2.0	"Copyright © 2021 IEC Ginebra, Suiza. www.iec.ch "
IEC 62271-100 ed 3.0 IEC	"Copyright © 2002 IEC Ginebra, Suiza. www.iec.ch "
62271-102 ed 2.0 IEC	"Copyright © 2017 IEC Ginebra, Suiza. www.iec.ch "
62271-103 edición 2.0 IEC	"Copyright © 2021 IEC Ginebra, Suiza. www.iec.ch "
62271 -110 ed 4.0 IEC	"Copyright © 2018 IEC Ginebra, Suiza. www.iec.ch "
62271-202 ed 2.0 IEC TR	"Copyright © 2021 IEC Ginebra, Suiza. www.iec.ch "
62271-306 ed 1.0 IEC TR	"Copyright © 2017 IEC Ginebra, Suiza. www.iec.ch "
62655 ed 1.0 IEC TS	"Copyright © 2014 IEC Ginebra, Suiza. www.iec.ch "
62271-304 ed 2.0 GUÍA	"Copyright © 2012 IEC Ginebra, Suiza. www.iec.ch "
IEC 109 ed 3.0	"Copyright © 2013 IEC Ginebra, Suiza. www.iec.ch "
	"Copyright © 2019 IEC Ginebra, Suiza. www.iec.ch "
	"Copyright © 2012 IEC Ginebra, Suiza. www.iec.ch "

Life Is On



Industrias Schneider Electric SAS

35 rue Joseph Monier 92500
Rueil-Malmaison, Francia Tel: +33
(0)1 41 29 70 00

www.schneider-electric.com

23th, marzo, 2022
AMTED300014ES_020922

©2022 Schneider Electric SE. Reservados todos los derechos.

Todas las marcas comerciales y de servicio de Schneider Electric son propiedad de Schneider Electric SE, sus subsidiarias y empresas afiliadas.