

Esfuerzos de cortocircuito

Tratamiento simplificado para calcular las fuerzas que actúan en barras y cables de un tablero eléctrico.

34
DM

Los cortocircuitos accidentales en tableros, especialmente en los de baja tensión, implican la circulación de corrientes muy grandes. En esas condiciones las barras y los cables se calientan y se ejercen fuerzas entre sí; y éstas, en algunos casos, son fuerzas destructivas. Tanto en el proyecto como en la instalación se debe tener en cuenta la magnitud probable de esos esfuerzos, para asegurar la integridad del material.

La Empresa autora espera haber podido comentar, en este artículo, la sencillez de una herramienta de cálculo universalmente aplicada en el diseño de tableros.

Fuente:
Nöllmann S.A.
Lic. Agustín Rela
Asesor Técnico Comercial



El cortocircuito

Un cortocircuito es un contacto directo entre fases, entre una de ellas y tierra, o entre fase y neutro, de tal modo que la tensión eléctrica se reduce prácticamente a cero, o a un valor muy pequeño, de dos o tres voltios en una instalación de 220 ó 380 V. Cuando el tablero se encuentra fuera de servicio, el cortocircuito se genera veces a propósito, con gruesas trenzas de cobre sujetas con grampas, para proteger a las personas que realizan tareas de mantenimiento, si por error se diese energía eléctrica en ese momento.

También, y con propósitos de ensayo, se puede producir un cortocircuito deliberado con un alambre delgado, para comprobar que cuando recibe alimentación eléctrica, el tablero soporte la explosión consiguiente sin que se desprendan partes, y sin que salgan lenguas de fuego por los intersticios, que puedan causar daños personales. Fuera de esas dos condiciones, un cortocircuito ocurre sólo por accidente, generalmente causado por el ingreso de cuerpos extraños, goteo, inundación, o por fallas del material.

Corriente de breve duración

En la corriente de cortocircuito (en el ambiente técnico llamada de breve duración) se consideran dos valores característicos; uno es el valor de la cresta inicial, correspondiente a un régimen transitorio inicial, que coincide con el comienzo del cortocircuito; en rigor, con un instante unas cinco milésimas de segundo posterior, aproximadamente un cuarto de ciclo de la corriente alterna. Se la llama corriente dinámica, y se la simboliza I_d .

El otro parámetro característico es el valor eficaz, o cuadrático medio, de

esa corriente, cuando se estabiliza en el régimen estacionario que sigue al régimen transitorio inicial. Esta corriente se llama corriente térmica, se designa con I_{th} , y se mantiene durante el tiempo que dure el corto; por ejemplo un segundo¹.

Valor de la corriente de breve duración

El valor de la corriente de cortocircuito en una instalación depende de las características del transformador que la alimenta, y del material, la longitud y el grosor de los cables o barras de conexión. El valor máximo se obtiene al dividir la potencia de cortocircuito del transformador, un dato generalmente conocido, por la tensión de salida entre fases, por ejemplo 380 V, y por la raíz cuadrada de 3, aproximadamente 1,73. Por ejemplo, si la potencia de cortocircuito es de 16 megavoltamperios (16 MVA, 16 millones de voltamperios), y la tensión de salida es de 380 V entre fases, la corriente de cortocircuito resulta de aproximadamente 25.000 amperes, ó 25 kiloamperios.

Otra forma de obtener la corriente de cortocircuito es a partir de la tensión de cortocircuito² del transformador, dato que figura en su chapa de características en forma de porcentaje; por ejemplo, 4 %. La relación entre 100 % y 4 % es la misma que hay entre la corriente de cortocircuito y la corriente nominal.

Si se ignora ese dato del transformador de alimentación, una regla práctica que usan muchos, y que establecen las normas cuando no se da esa información, es que la corriente térmica de cortocircuito vale 25 veces la nominal; y el valor de la cresta inicial, o corriente dinámica, 2,5 veces la corriente térmica.

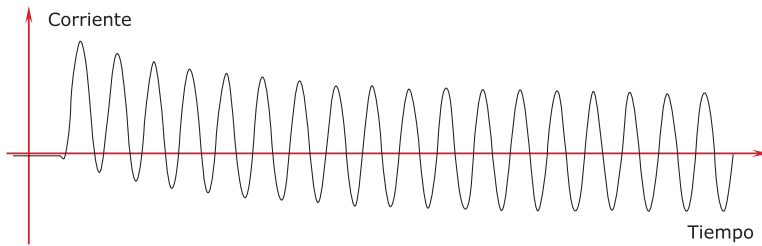


Gráfico 1. Corriente de cortocircuito de una duración de 18 ciclos de corriente alterna, equivalentes a un tiempo de 0,36 segundos. Se la llama corriente térmica, y su valor eficaz suele ser de 25 veces el de la corriente nominal de la instalación, mientras que la cresta inicial, la corriente dinámica, puede superar en un factor de hasta 2,5 el valor eficaz de la corriente térmica.

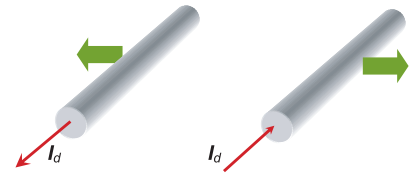


Gráfico 2. Esfuerzos de cortocircuito. Si las corrientes tienen el mismo sentido, las barras se atraen; si son de sentido opuesto, se repelen.

Por ejemplo, si la corriente nominal es de 1000 A, la corriente térmica es de 25.000 A, y la de cresta vale 62.500 A. (Usamos el punto como separador de millar, y no como separador decimal.)

La corriente térmica calienta los cables, las barras, los fusibles y los contactos por donde circula. Y la corriente dinámica causa los mayores esfuerzos entre los conductores. Ver gráfico 1.

Esfuerzos electrodinámicos

Un conductor por el que circula corriente genera un campo magnético, el cual ejerce fuerza sobre otro conductor cercano por el que también pase corriente. En eso se basa el funcionamiento de los motores eléctricos³.

Una consecuencia de ese principio es que si por dos conductores, por ejemplo dos de las barras de un tablero, circula una corriente intensa como la que puede originar un cortocircuito, hay fuerzas importantes entre las barras, que pueden dar lugar a deformaciones o roturas. Ver gráfico 2.

Cálculo de la fuerza

En las oficinas de diseño usan programas que calculan con mucho acierto la fuerza que aparecen en las barras en caso de cortocircuito, según su forma,

tamaño y disposición. Esos programas calculan también los efectos de resonancia que se pueden producir, cuando la frecuencia mecánica natural de oscilación de las barras montadas en aisladores coincide con la frecuencia de la corriente eléctrica.

Sin embargo, en ámbitos de instaladores o de constructores de obras en cantidades pequeñas de tableros, que no justifican un estudio demasiado fino en la optimización de los costos, se pueden emplear tratamientos más sencillos, como el que sigue.

$$F = 2LK \frac{I^2}{d}$$

F es la fuerza en newtonios o newton (9,8 newton equivalen a un kilogramo de fuerza), L es la longitud de una de las barras en metros, K la constante magnética, igual a 0,0000001 kg.m / (A².s²), o sea, diez a la menos siete kilogramos de masa metro sobre amperes cuadrado, segundo al cuadrado; I es la corriente instantánea de pico o cresta de cortocircuito, en amperes, y d la distancia entre centros de barras, en metros.

Si hay un conjunto de barras de dos metros de largo separadas 60 milí-

tros entre centros, podemos calcular, con lo dicho, la fuerza en caso de un cortocircuito:

$$F = 2 \cdot 10^{-7} \times 2 \times \frac{(1000 \times 25 \times 2,5)^2}{0,06}$$

Recordemos que diez a la menos siete es 0,0000001. Eso da 26.000 newton, ó 2600 kilogramos de fuerza, kgf.

En ese caso, si se dispone, por ejemplo, de aisladores que soportan 600 kgf cada uno, hay que poner cinco por barra. Los aisladores quedan distanciados medio metro entre sí, y resistirán el esfuerzo. Si se utilizan aisladores buenos y confiables (por ejemplo, los que fabrica Nöllmann), se pueden elegir soportes cónicos de 750 kilogramos de fuerza, y tendremos un margen de seguridad del 25 por ciento⁴.

Si se necesita garantizar una mayor corriente de cortocircuito, pondremos aisladores más fuertes que los dichos, o mayor cantidad.

Los fabricantes garantizan el esfuerzo que soportan sus aisladores cuando la fuerza se aplica al ras de la base superior. Si se suplementa la altura por motivos constructivos, la fortaleza se reduce en forma inversamente pro-

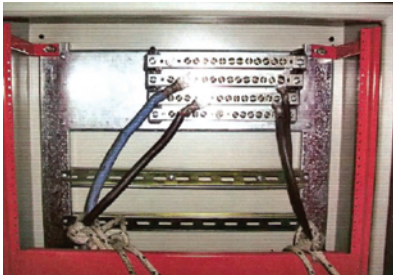


1. Una llave termomagnética generalmente interrumpe la corriente, en caso de cortocircuito, en menos de una décima de segundo. En instalaciones grandes los tableros seccionales tienen que esperar un tiempo mayor, para dar lugar a que actúen las llaves termomagnéticas de los ramales. Los interruptores de los tableros principales esperan un tiempo aun mayor antes de intervenir, para dar tiempo a los tableros subalternos a que resuelvan el corte sin afectar el resto. Y así aguas arriba, ya en redes de media y alta tensión, el último interruptor en actuar, el que espera más tiempo antes de abrir el circuito, es el más cercano al generador, que en algunos casos aguarda hasta tres segundos a que actúe otro interruptor de menor categoría. Cuando no se menciona el tiempo de actuación de la corriente de breve duración, se sobreentiende que es de un segundo.

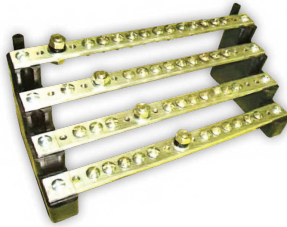
2. La tensión de cortocircuito es aquella que habría que aplicar al transformador, con su secundario en cortocircuito, para que circule la corriente nominal.

3. Se puede comprobar ese efecto si acercamos un imán a una lámpara incandescente encendida. El filamento de la lámpara, por el cual circula corriente alterna, vibra. Para no deslumbrarnos al mirar el filamento directamente, podemos proyectar su imagen sobre la pared, con la ayuda de una lupa.

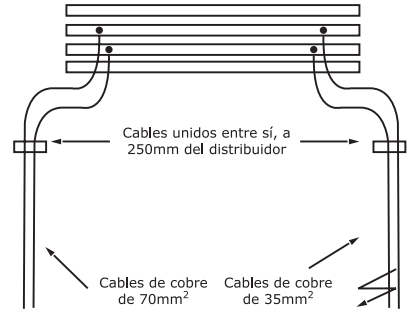
4. Si las barras tienen forma irregular, con dobleces, curvas o ángulos, y su disposición se aleja del caso de dos barras paralelas de longitud mucho mayor que la separación entre ellas, conviene usar un factor de seguridad mayor, por ejemplo 1,5, ó 2. Por favor, no hagan como un ingeniero de muy buen nivel que conocimos, quien para decidir si un tablero resistiría o no un cortocircuito, le propinaba a sus barras una ruda patada, dada con el taco de sus botines de seguridad reforzados. Si la barra no quedaba doblada, ni se rompía ningún aislador, daba la instalación por buena. Ese método poca confianza brinda desde el punto de vista electromecánico, y además es una fuente de riesgo de daños personales.



Acometida de los cables de ensayo en el laboratorio



Detalle de algunas barras



Fragmento del informe del ensayo de la Universidad nacional de La Plata. La corriente de breve duración se hizo circular entre dos barras vecinas



porcional a la altura. Por ejemplo, si un aislador tiene 50 milímetros de altura, y se le pone un suplemento de 10 milímetros, el nuevo esfuerzo resistido no será ya de 750 kilogramos, sino de $750 \times 50/60 = 625$ kilogramos, esto es, se pierde un trece por ciento de resistencia mecánica original.

Soportes de alta resistencia mecánica

Aunque los soportes cónicos son muy prácticos y útiles, existen soportes de resistencia mecánica mucho mayor, y apropiados para instalaciones de grandes corrientes de cortocircuito, o de barras muy cercanas. Ver gráfico 3. Ω

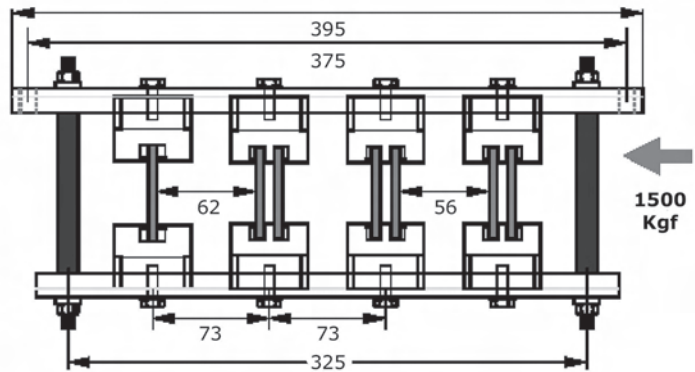


Gráfico 3. Soporte de barras fabricado por Nöllmann SA, con cepos que resisten 1500 kilogramos de fuerza. Ese fabricante ofrece variantes casi igualmente resistentes que no emplean tornillos de fijación; los cepos se calzan en las reglas.