

Prevención de arcos eléctricos por sobretensiones transitorias

Jesús Manuel Lobato Solares

Prevention of electric arcing from transient overloads

RESUMEN

Un accidente causado por un arco eléctrico puede tener consecuencias muy graves o incluso mortales. Por ello, la seguridad de los trabajadores que efectúan mediciones eléctricas debe reforzarse, respecto a la aparición de los arcos eléctricos. Es muy importante determinar la idoneidad de los equipos de medición que se utilizan, dependiendo del entorno en que se trabaja con ellos. Una mala elección puede tener consecuencias fatales para el trabajador y, en este sentido, tiene un papel decisivo la clasificación de categorías de sobretensiones. Por otra parte, el hecho de proteger la instalación respecto a las sobretensiones transitorias que pueden aparecer, no sólo permite evitar averías en los equipos, sino que también es una inversión para la seguridad de los electricistas y técnicos de mantenimiento eléctrico. Los transitorios suponen un riesgo oculto, pero existen medidas técnicas para evitar que originen un arco eléctrico

Palabras clave

Prevención de riesgos, seguridad, electricidad, arco eléctrico, sobretensión, descargadores.

ABSTRACT

An accident caused by an electric arc can have very serious or even mortal consequences. For this reason, it is necessary to reinforce safety measures against the appearance of electric arcs for workers which carry out electrical measurement. It is very important to determine the suitability of the measuring equipment to be used, depending on the circumstances under which it is going to be used, a wrong choice can have fatal consequences for the worker, and in this respect the classification of categories of overload plays a decisive role. Furthermore, the protection of installations against transient overloads which may occur, not only permits damage to equipment to be avoided, but is also an investment in safety for the electricians and electrical maintenance technicians. Transient overloads represent a hidden risk, but technical measures exist to prevent them producing electric arcs.

Keywords

Risk prevention, safety, electricity, electric arc, overload, dischargers.



Foto: Pictelia

Un arco eléctrico se puede definir como una gran cantidad de corriente que fluye por lo que previamente era aire y que en el instante del arco es plasma conductor. Sus principales riesgos son:

- Quemaduras debido a las altas temperaturas (4.000, 5.000 °C e incluso superiores).
- Radiaciones luminosas.
- Proyección de partículas a gran velocidad y alta temperatura.
- Ondas de choque, que pueden alcanzar presiones de 7 a 14 bares y son suficientes para tirar muros de cemento.
- Nivel de ruido peligroso, se pueden alcanzar valores superiores a 140 dB de nivel de pico.

Teniendo en cuenta lo anterior, un accidente originado por un arco eléctrico puede tener consecuencias muy graves o mortales. Los arcos se pueden generar por sobrecargas, cortocircuitos, apertura o cierre de seccionadores en carga (si bien hay seccionadores que están preparados para su apertura o cierre en carga sin riesgo) y sobretensiones transitorias. En este artículo se tratará el control de arcos debido a sobretensiones transitorias.

La figura 1 muestra una típica señal de tensión senoidal, con la frecuencia habitual de 50 Hz y, por tanto, un periodo de 20 ms. Si fuese una señal entre

fase y neutro tendría un valor eficaz de 220 voltios y si fuese entre fases, su valor eficaz sería de 380 voltios. La figura 2 muestra una sobretensión transitoria (no está dibujada a escala, es sólo para dar una idea del problema). Independientemente de que la señal sea entre fases o entre fase y neutro, un transitorio puede alcanzar un valor de miles de voltios (4.000, 5.000 voltios e incluso superiores) en un tiempo muy reducido, del orden de microsegundos.

El problema que se plantea es el siguiente: ¿qué puede ocurrir si cuando aparece la sobretensión hay un trabajador realizando una medición con su multímetro? Pues lo cierto es que a ese trabajador le puede sorprender un arco eléctrico. En un entorno de categoría III, un transitorio en la línea de alimentación genera un arco entre los terminales de entrada dentro del multímetro. Si los circuitos y componentes para evitar este suceso fallan o faltan, se origina un cortocircuito directo entre los terminales de medición a través del multímetro y las puntas de prueba. Esto hace que fluya una corriente muy elevada que producirá una explosión en el interior del equipo. Lo normal es que el trabajador retroceda, pero esto puede dar lugar a un arco desde los terminales de medida a cada punta de

prueba acompañado de una explosión con bola de fuego. Afortunadamente, hoy en día existen suficientes medios técnicos para evitar la aparición del arco y se podría medir con una gran seguridad; desgraciadamente, estamos muy lejos de una situación correctamente controlada, porque en muchos casos ni los equipos de medición que se emplean, ni las instalaciones están a la altura técnica que sería deseable desde el punto de vista de la prevención de riesgos laborales.

Un equipo de medición de magnitudes eléctricas (tensión, intensidad, etcétera) que se utilice en un pabellón industrial debería ser como mínimo CAT III 600 V. Por otra parte, las instalaciones eléctricas deberían estar dotadas de descargadores, que son los dispositivos que atenúan y reducen las consecuencias de las sobretensiones transitorias; actualmente, muchas instalaciones carecen de ellos.

Categorías de sobretensiones transitorias y su origen

La ITC-BT-23 del Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión describe las categorías siguiendo las pautas que ya habían utilizado otras normas internacionales.

- Categoría IV: se aplica a los equipos y materiales que se conectan en el ori-

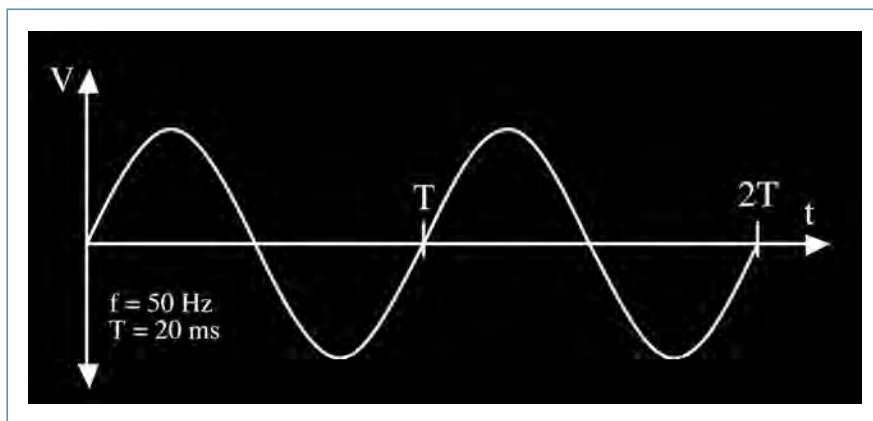


Figura 1. Señal de tensión senoidal.

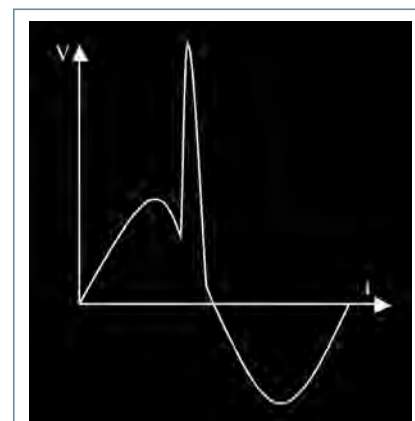


Figura 2. Arco eléctrico por sobretensión transitoria

gen o muy próximos al origen de la instalación, aguas arriba del cuadro de distribución. Ejemplos: contadores de energía, aparatos de telemedida, equipos principales de protección contra sobreintensidades, líneas aéreas o subterráneas.

- Categoría III: se aplica a los equipos y materiales que forman parte de la instalación eléctrica fija y otros equipos para los cuales se requiere un alto nivel de fiabilidad. Ejemplos: armarios de distribución, embarrados, apartamentas (interruptores, seccionadores, tomas de corriente, etcétera), canalizaciones y sus accesorios (cables, cajas de derivación, etcétera), motores con conexión eléctrica fija (ascensores, máquinas industriales y demás).

- Categoría II: electrodomésticos, herramientas portátiles y similares.

- Categoría I: ordenadores y equipos electrónicos muy sensibles.

Es importante entender el concepto de categorías cuando se habla de sobretensiones transitorias, un número de categoría más alto es un entorno con mucha más energía disponible y, por tanto, los transitorios serán mucho más peligrosos. Las categorías III y IV suponen un mayor riesgo porque la energía disponible para un arco es muy elevada, mientras que en las categorías I y II los transitorios no suponen una amenaza importante.

El origen de las sobretensiones transitorias se puede producir por diferentes causas; las más importantes son:

- Descarga directa de un rayo. Es el caso más peligroso por el altísimo valor que puede alcanzar la tensión y la gran cantidad de corriente que le acompaña.

- Descarga lejana de un rayo. En esta situación, el impacto se produce en el exterior y se propaga por la línea de alimentación.

- Rayo entre nubes. En esta situación, nuestro edificio se puede ver afectado debido a fenómenos de inducción.

- Conmutación de cargas inductivas, operaciones de encendido o apagado de motores o transformadores, generan transitorios de tensión. Una maniobra en una subestación genera transitorios que afectan a las empresas que suministran energía eléctrica, hoy en día, esto es algo inevitable. En las instalaciones industriales que tengan motores de potencia elevada aparecerán sobretensiones transitorias en sus arranques y paradas.

En este escenario que se ha descrito, el problema radica en que un trabajador que necesita realizar mediciones eléctricas no puede prever cuándo se van a producir los transitorios. Por este motivo, es fundamental saber realizar una correcta elección del multímetro y de otros equipos empleados para medir magnitudes eléctricas.

Elección del equipo de medición

Los equipos de medida llevan marcada su categoría (CAT I, CAT II, CAT III o CAT IV) acompañada de un valor numérico en voltios, por ejemplo, CAT III 600 V. La categoría indica el entorno en el que podemos medir con respecto a las sobretensiones transitorias que nos pueden afectar, mientras que el valor numérico indica la máxima tensión fase neutro, para medidas en estado estacionario. Es importante destacar, que en un pabellón industrial se harán muchas mediciones en categoría III. En la tabla 1 se resumen las características de las tensiones soportadas a impulsos por diferentes equipos de medida, según exige la CEI 61010-1. No se han incluido todas las posibilidades que ofrece la norma, sino que se han limitado a las que se consideran más relevantes para este artículo. A partir de esta tabla, se está en condición de decidir de manera acertada cuál es el equipo necesario para realizar las medidas eléctricas teniendo en cuenta la segu-

ridad. En un pabellón industrial, como se ha dicho, se efectuarán muchas mediciones en categoría III, por lo que el equipo de medida deberá ser, por tanto, CAT III 600 V, o mejor todavía CAT III 1.000 V, pero nunca uno inferior. Es destacable que un equipo de CAT II 1.000 V, da una protección mucho menor con respecto a los transitorios porque, a pesar de que soporta impulsos de 6.000 V (igual en este aspecto que un CAT III 600 V), la impedancia de salida del generador utilizado para comprobar estos equipos es de 12 ohmios, mientras que en los de CAT III es de tan sólo 2. Esta es una diferencia vital, porque con una impedancia de salida de 2 ohmios la corriente que deberá soportar el equipo de medida será seis veces mayor que si ponemos una impedancia de 12 ohmios y esto hace que los equipos de CAT III y CAT IV estén preparados para medir en instalaciones de alta energía. Es cierto que la norma puede dar lugar a una interpretación errónea, en el sentido de que si aquellos que no la dominan ven un marcado de CAT II 1.000 V en su multímetro, pueden pensar que es suficiente, ya que en su instalación la tensión entre fases es de 380 V. Es un error que puede tener consecuencias fatales.

Sorprendentemente, parece que algunos fabricantes no se han enterado de la CEI 61010-1, y se pueden ver equipos de medida en los que aparece marcado como si CAT II 1.000 V y CAT III 600 V fuesen lo mismo. La conclusión es simple: el multímetro no ofrece garantías de seguridad porque el fabricante desconoce la norma. Se debe acudir a fabricantes cualificados y de reconocido prestigio, que, además de ofrecernos una buena protección frente a transitorios, también tengan presentes otras cuestiones de seguridad: los equipos de medida deben soportar la tensión para la que se catalogan en las funciones de

Categoría	Tensión fase-neutro, voltios	Tensión soportada de impulso (10 positivos y 10 negativos), voltios	Impedancia de salida del generador, Ω A (a un metro en μ T)
CAT II	600	4.000	12
CAT II	1.000	6.000	12
CAT III	600	6.000	2
CAT III	1.000	8.000	2
CAT IV	600	8.000	2

Tabla 1. Campo producido por distintas corrientes.

ohmios y continuidad sin implicar riesgos para el usuario. Los terminales de corriente deben estar protegidos por fusibles por si las puntas de prueba son conectadas de forma accidental a una fuente de tensión. Los equipos de medida serán de doble aislamiento para evitar contactos indirectos; los terminales de las sondas de medida serán encastrados en su conexión al multímetro y las puntas de prueba estarán dotadas de protectores de dedos. En la selección de las sondas se debe tener presente la categoría, que irá acorde con el entorno en el que trabajamos y, como es lógico, con el multímetro.

Si volvemos a fijarnos en la tabla 1, se ve que un equipo de Car III 1.000 V y otro de CAT IV 600 V soportan los mismos impulsos con una impedancia de salida idéntica. Actualmente, la norma no indica ninguna diferencia y podemos ver equipos de fabricantes de prestigio a los que les han puesto ambas marcas. Esto es correcto y no supone ningún error como el comentado en el párrafo anterior.

Protección de las instalaciones

Para conseguir proteger las instalaciones con respecto a las sobretensiones transitorias, lo mejor es acudir a instaladores cualificados y empresas especializadas. En el número 265 de esta revista, publicado en octubre de 2006, María José López González comentaba respecto a la ITC BT 23: "quizá se haya perdido una gran oportunidad de llevar a cabo una regulación más ambiciosa", y ella como especialista en la materia sabe bien lo que dice. Esto puede dar lugar a que determinados empresarios se limiten a cumplir exclusivamente lo que dice el reglamento y no atiendan los asesoramientos de especialistas para conseguir una protección más eficaz y más acorde con los avances técnicos actuales.

La información técnica de las empresas que trabajan en la protección de sobretensiones aconseja no limitar la protección a la alimentación eléctrica, sino que se deben proteger también las líneas de comunicaciones: línea telefónica y cable coaxial de

antena. Respecto a la instalación eléctrica, una vez que esté determinada la necesidad o no de instalar un pararrayos en el edificio, lo cual se hará siguiendo criterios técnicos y las normativas aplicables como el código técnico de edificación, se llevará a cabo la estrategia de protección en cascada integrando los tres niveles de protección: basto, medio y fino. Esto último se consigue empleando descargadores de corriente de rayo y descargadores de sobretensiones. Sobre los diferentes parámetros que hay que tener en cuenta en los descargadores, se debe destacar el nivel de protección o tensión residual U_p , que se define como el valor máximo de la tensión en los bornes del descargador cuando fluye la corriente de descarga. En los catálogos de fabricantes, se encuentran valores de $U_p \leq 4$ kV para descargadores de tipo 1, e inferiores a 3 kV y a 1,25 kV en los tipos 2 y 3. Esto significa que en una instalación correctamente protegida frente a sobretensiones, aguas debajo de cualquier descargador, puede aparecer un transitorio de 4 kV en el caso más desfavorable.

Conclusión

En una empresa donde los trabajadores de mantenimiento eléctrico realicen mediciones en un entorno de categoría III, con un multímetro CAT III acompañado con sondas de medida también de CAT III y la instalación esté bien protegida frente a sobretensiones transitorias, cualquier medición que efectúen aguas abajo del descargador principal, el de tipo 1, se realiza en buenas condiciones de seguridad. En el caso más desfavorable, la tensión residual U_p será de 4 kV, mientras que el multímetro soporta impulsos de 6.000 V o de 8.000 V, dependiendo del elegido un CAT III 600 V, o un CAT III 1.000 V, y en ambos casos están preparados para circuitos de alta energía.

Queda una cuestión para la que no hay aún respuesta y sería un debate interesante para expertos en protección de instalaciones y fabricantes de equipos de medida: si en un edificio se produce un impacto directo de rayo, la onda de

corriente que acompaña a la sobretensión transitoria se identifica con la forma 10/350 μ s y es de un valor elevadísimo. Teniendo en cuenta que los generadores de prueba de equipos de medida según la CEI 61010-1 dan una forma de onda de corriente en cortocircuito de 8/20 μ s, un trabajador que realice una medición en el momento del impacto directo, aguas abajo del descargador de corriente de rayo tipo 1, pero muy próximo a él con un multímetro CAT III 1.000 V, ¿se puede ver sorprendido por un arco eléctrico? En cualquier caso, puedo asegurar que si se tienen en cuenta las indicaciones aquí planteadas, la seguridad de los trabajadores quedaría muy reforzada y se podrán evitar accidentes.

El real decreto 614/2001, sobre disposiciones mínimas para la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico y su correspondiente guía técnica elaborada por el INSHT no aportan nada sobre la elección de un equipo de medición, según el riesgo de arcos eléctricos por sobretensiones transitorias. En mi modesta opinión, es una carencia importante.

Bibliografía

- Fluke. El abc de la seguridad en las mediciones eléctricas.
- Dehn. Líneas de energía. Descargadores para proteger equipos e instalaciones en baja tensión.
- O. Betterman. Protección contra sobretensiones. Conceptos generales.
- ABB. Protección contra sobretensiones.
- Cirprotec. Protectores contra sobretensiones transitorias.
- Norma internacional CEI 61010-1.
- Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión.
- Real Decreto 614/2001, sobre disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico.

Jesús Manuel Lobato Solares

chuchi_rija@hotmail.es

Ingeniero técnico industrial en la especialidad de electricidad y técnico superior en prevención de riesgos laborales en las especialidades de seguridad en el trabajo, ergonomía y psicología aplicada e higiene industrial.