

MANTENIMIENTO

ESTUDIO DEL ARCO ELÉCTRICO (ARC FLASH) EN CENTRALES NUCLEARES

JUAN RAFAEL CABELLO GARCÍA
SGS TECNOS, S.A.

El Arco Eléctrico ó Arc Flash, es uno de los fenómenos más habitual y dañinos para equipos y personas en instalaciones eléctricas. En países como España, el Estudio del Arco Eléctrico en instalaciones de alta o baja tensión no es muy habitual, a pesar de que los efectos sobre las personas y los bienes pueden ser considerables.

INTRODUCCIÓN

En los últimos años, los niveles de seguridad de las instalaciones eléctricas en general se han visto claramente reforzados. Aspectos muy relevantes como la implicación de las empresas, la formación de los empleados y el incesante estudio de accidentes e incidentes eléctricos, han dado lugar a una innegable mejora para quienes trabajamos en el sector eléctrico.

Pero aun existen riesgos no evaluados dentro de muchas instalaciones, que podrían dar lugar a daños severos para los activos y lo que es más grave, daños muy serios para los trabajadores. Es cierto que la prevención frente al contacto eléctrico directo e indirecto está muy estudiada y valorada en la mayoría de las instalaciones en España, pero el *fenómeno del Arco Eléctrico* aún no está evaluado en muchas instalaciones.



Figura 1. Identificación de Riesgos por Arc Flash.

Muchas veces por falta de conocimiento, otras por falta de capacidad de inversión o simplemente por dejadez, el fenómeno del Arco Eléctrico (también conocido como *Arc Flash*) pocas veces se ha evaluado desde el punto de vista de la protección de los trabajadores propios o ajenos, presentes en las infraestructuras eléctricas, sean del tipo que sean.

Básicamente el *Arc Flash* es un fenómeno producido cuando la diferencia de potencial entre dos puntos separados una determinada distancia por un gas aislante (normalmente aire) es tal que se supera el nivel de rigidez dieléctrica y se ioniza, volviéndose conductor. Entonces, se produce el paso de corriente eléctrica entre esos dos puntos a través del medio que los separaba (aislante en condiciones normales) dando lugar a una liberación de energía casi instantánea y difícilmente controlable. La pérdida del nivel de aislamiento, la existencia de cortocircuitos francos y las sobretensiones de origen atmosférico o por maniobras, suelen ser los orígenes más habituales del *Arc Flash*.

La generación de un Arco Eléctrico no es única para sistemas de generación, transporte o distribución de gran voltaje, sino que es un fenómeno que puede aparecer en cualquier sistema eléctrico, en Alta Tensión, Baja Tensión, Corriente Alterna o Corriente Continua [5]. Tampoco debemos asociar los accidentes por Arco Eléctrico solo a instalaciones con altos niveles de tensión o corriente. Como veremos más adelante, este es un asunto de “energía calorífica incidente” asociada a determinados puntos concretos de la instalación a estudio.

Además de la tensión, la corriente, la frecuencia y la distancia de trabajo de los operarios, existe una variable prioritaria es este fenómeno tan poco estudiado aun en España, como



Figura 2. Normativa aplicable al análisis del Arc Flash.

es “el tiempo”. Y cuando hablamos de esta variable, nos referimos a “el tiempo de despeje de las faltas”, que a su vez tienen relación directa con los flujos de carga y sobre todo con las intensidades de cortocircuito presentes en terminales, embarrados, equipos o componentes.

Como podemos intuir, para el correcto análisis o estudio del fenómeno *Arc Flash* se deben tener en cuenta múltiples variables complejas de los sistemas eléctricos [8]. En instalaciones prioritarias como son las plantas de generación, y en particular las plantas de generación nuclear, debemos tener muy presente la evaluación del *Arc Flash*, sus riesgos y posibles consecuencias, de cara a minimizarlo siempre que sea posible, con alguna de las técnicas presentes en el mercado como, por ejemplo el ajustes de las protecciones, la instalación de celdas *Arc Resistant*, la instalación de dispositivos limitadores de arco o el uso de limitadores de corriente adecuados a tal fin.

MARCO NORMATIVO

El marco legislativo en España está fuertemente implantado en un sector muy regulado como es el eléctrico. Desde el punto de vista de la prevención de riesgos para los trabajadores que ejecutan, mantienen, reparan, inspeccionan o diseñan instalaciones eléctricas, no es una excepción (Figura 2).

Existen numerosas normativas que aplican a la prevención de riesgos laborales en España, pero para el caso de la evaluación, estudio o análisis del *Arc Flash* debemos apoyarnos en normativa de carácter internacional, principalmente importada de otros continentes como son la NFPA 70E [1] e IEEE 1584 [2].

Tal y como vienen recogido en la Ley de Prevención de Riesgos Laborales de España (Ley 31/1995) y en el Reglamento de los Servicios de Prevención (RD 39/1997), todos los riesgos que afectan a los trabajadores deben evaluarse, especialmente aquellos que no puedan evitarse, como es el

caso del Arco Eléctrico. Además, cuando los criterios de evaluación recogidos en las normativas nacionales o europeas no son suficientes o no son capaces de dar luz a un problema, deben utilizarse normas de carácter internacional para tal fin. De ahí, que la utilización de normas como la NFPA 70E y la IEEE 1584 estén reconocidas desde hace años en nuestro país. Así viene recogido también en las Notas Técnicas de Prevención del Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo identificadas como NTP 904 y NTP 957.

Introducción a la NFPA 70E

Para el caso que nos ocupa y a modo de resumen, el estándar para la seguridad eléctrica en el trabajo, de la Asociación Nacional de Protección contra el Fuego en EE.UU. (NFPA 70E) recoge entre otros, la tipología de equipos de protección necesarios para acometer un trabajo con riesgo de Arc Flash en condiciones seguras. En esta norma también se define, el nivel de energía que es capaz de soportar la ropa de trabajo en base a determinados ensayos en origen y otros aspectos fundamentales como la distancia de trabajo, la distancia de arco (*Arc Flash Boundary*) o la distancia de seguridad para los operarios. Estas distancias son una variable para tener en cuenta a la hora del cálculo de energía calorífica incidente.

Introducción a la IEEE 1584

Por otra parte, disponemos de la guía para el cálculo de riesgo por arco eléctrico elaborada por el Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (IEEE 1584) donde se recogen entre otros, las ecuaciones de cálculo obtenidas por métodos experimentales, necesarias para cuantificar la energía en caso de producirse un *Arc Flash* (Figura 3).

Todas estas normas y guías vienen sufriendo modificaciones en los últimos años, por lo que tenemos que estar seguros a la hora de trabajar con ellas y utilizar siempre su última revisión.

INCREMENTO EN LOS NIVELES DE SEGURIDAD ELECTRICA

Como ya comentamos, la protección frente al choque eléctrico (protección frente a contactos eléctricos directos e indirectos) se encuentra firmemente arraigada entre quienes trabajan en instalaciones eléctricas de cualquier tipo y entre quienes vigilan por la salud de los trabajadores del sector, tomando como base lo dispuesto en el RD 614/2001 sobre disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico [4] y su guía de aplicación actualizada.

$$E_{\leq 600} = \frac{12.552}{50} T \times 10^6 \left(k1 + k2 \lg G + \frac{k3 I_{arc,600}}{k4 I_{bf}^7 + k5 I_{bf}^6 + k6 I_{bf}^5 + k7 I_{bf}^4 + k8 I_{bf}^3 + k9 I_{bf}^2 + k10 I_{bf}} + k11 \lg I_{bf} + k12 \lg D + k13 \lg I_{arc} + \lg \frac{1}{CF} \right)$$

Figura 3. Energía incidente según la IEEE 1584 (2018).



Figura 4. Resultados obtenidos tras el estudio de las instalaciones.

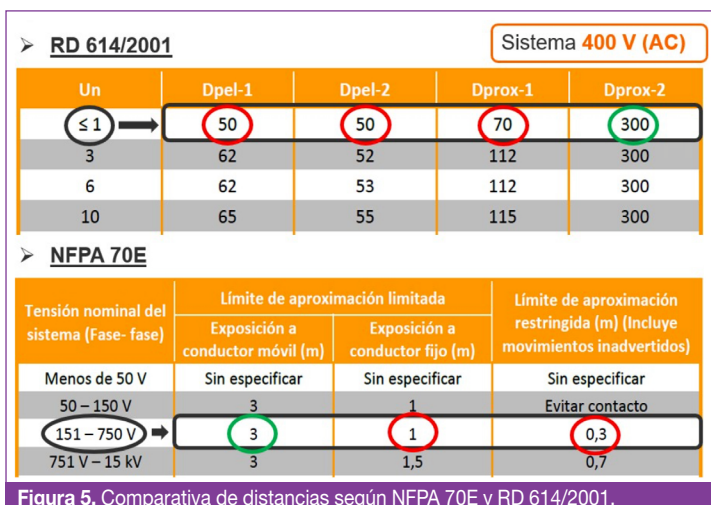


Figura 5. Comparativa de distancias según NFPA 70E y RD 614/2001.

Hasta la fecha y según lo indicado en el mencionado RD 614/2001, la energía calorífica incidente únicamente ha sido justificada mediante estimaciones generales y poco exhaustivas para cada tipo de actividad, sin entrar en detalle del trabajo concreto ejecutado ni de otras variables que pudieran afectar en el cálculo de dicha energía. Pero el estudio del *Arc Flash* nos posibilita una capacidad enorme de acometer los trabajos con mucha más seguridad, sobre todo por el hecho de disponer de la energía calorífica exacta para cada punto de la instalación (Figura 4).

El uso de herramientas y desarrollos informáticos ha facilitado la labor de diseño de instalaciones eléctricas en general y del cálculo de la energía calorífica incidente y la distancia

de arco en particular. Son tantas las variables que intervienen en un análisis completo del *Arc Flash*, que se requiere de software específico, potente y actualizado, capaz de procesar todas las variables presentes en una instalación de manera rápida y eficaz. Especial influencia tiene en este análisis algunos equipos eléctricos concretos como motores, generadores, conductores, interruptores [6] o transformadores de potencia [7] presentes en los sistemas eléctricos a estudio.

Todos estos equipos y su estado de funcionamiento afectan claramente al cálculo de energético. Puesto que no siempre es posible disponer o conocer con exactitud de las características reales de los equipos, en determinadas circunstancias se pueden llevar a cabo medidas o ensayos eléctricos específicos a los componentes eléctricos más importantes, con la única finalidad de determinar la energía calorífica incidente exacta en la instalación.

Sin entrar en más detalles, se necesita de un correcto análisis de flujos de cargas, seguido de un adecuado cálculo de cortocircuito y de un buen estudio de la actuación de las protecciones para que los resultados del estudio del *Arc Flash* se puedan considerar como veraces. Además, no debemos olvidar que una misma instalación puede disponer de uno o varios modos de funcionamiento, muy distintos unos de otros, por lo que siempre debemos ponernos en la situación más desfavorable frente a un posible incidente. Por último, hay que tener muy presente la integración de normas nacionales e internacionales en un mismo estudio, ya que en ciertas circunstancias pudieran aparecer resultados contradictorios (Figura 5).

Tras el adecuado estudio, se deben buscar en primera instancia las posibles mejoras para reducir la energía calorífica incidente, siempre que sea posible, para posteriormente determinar los mejores equipos de protección personal necesarios para los trabajadores [3].

CONCLUSIONES

Tal y como viene sucediendo en otros países, es necesario incrementar la seguridad en las instalaciones eléctricas de nuestro entorno, y no solo por las obligaciones legales en materia de seguridad industrial y laboral, sino por el hecho de proteger a nuestro bien más preciado, los trabajadores.

El análisis del *Arc Flash* posibilita la labor de quienes estamos preocupados por llevar a otro nivel la seguridad de los sistemas eléctricos, ayudando a mejorar la disponibilidad, seguridad y confiabilidad de estos (Figura 6).

Pero el hecho de llevar a cabo un análisis detallado del fenómeno *Arc Flash*, no pone punto final a la labor del preventivo. Estos estudios deben ser rigurosos, periódicos y programados, sobre todo por el hecho de que las instalaciones eléctricas son sistemas dinámicos fácilmente modificables. Cualquier modificación de importancia en un sistema eléctrico (generación, transporte, distribución o consumo) da lugar a la modificación de los balances energéticos, de las intensidades de cortocircuito y del ajuste de las protecciones, generando modificaciones en el sistema y variando la energía incidente en cada punto de la instalación.



Figura 6. Instalación estudiada desde el punto de vista del Arc Flash.

En definitiva, debemos ser rigurosos con este tipo de estudio y ponernos siempre en las mejores manos posibles. Nuestra seguridad va en ello.

AGRADECIMIENTOS

Me gustaría agradecer en primer lugar a la Sociedad Nuclear Española por su apoyo incondicional en materia de seguridad y prevención de riesgos laborales.

A todos los técnicos del Departamento de Asistencia Técnica del Grupo SGS que han colaborado activamente en el estudio y desarrollo del *Arc Flash* en España, ayudando a numerosas empresas en el cuidado de sus activos y de sus trabajadores.

A todos aquellos que han colaborado de manera directa o indirecta en el desarrollo y difusión de los primeros estudios de *Arc Flash*, como la Universidad de Córdoba o los Centros de Prevención de Riesgos Laborales de Córdoba y Sevilla, con los que SGS colabora activamente desde hace ya más de 6 años.

REFERENCIAS

- [1]. NFPA. National Fire Protection Association. NFPA - 70E, Standard for Electrical Safety in the Workplace. Quincy, Massachusetts, EE.UU: NFPA, 2018.
- [2]. IEEE. Institute of Electrical and Electronics Engineers. IEEE 1584, Guide for Performing Arc Flash Hazard 3 Park Avenue, Nueva York: EE.UU, IEEE , 2018.
- [3]. IEC. International Electrotechnical Commission. IEEE 61482. Protective clothing against the thermal hazards of an electric arc. Ginebra, Suiza: IEC, 2007.
- [4]. España. Real Decreto 614/2001 de 8 de junio, sobre disposiciones mínimas para la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico, 21 de junio de 2001, núm. 148, p. 21970.
- [5]. DOAN, Daniel, Arc Flash Calculations for Exposures to DC Systems. IEEE Transactions on Industry Applications: 2010, Vol. 46, No. 6.
- [6]. UNE-EN. Una Norma Española. UNE-EN 60265-1 Interruptores de alta tensión. Parte 1: Interruptores de alta tensión para tensiones asignadas superiores a 1 kV e inferiores a 52 kV. Madrid: UNE. 1999
- [7]. UNE-EN. Una Norma Española. UNE-EN 60076- Transformadores de potencia. Madrid: UNE. 2013
- [8]. R.H. Lee, The other electrical hazard: electric arc blast burns. IEEE Transactions on Industry Applications. Vol. IA-18, No. 3, May/June 1982.■