

La ley de Murphy y el cálculo de cables eléctricos

por Manoel da Costa

Los profesionales de la electricidad, acostumbrados al cumplimiento ineluctable de la ley de Murphy cada vez que se les cae una tostada del desayuno - con la mantequilla hacia el suelo y en el sitio más sucio de la cafetería - o en las raras ocasiones que consiguen contratar una obra en un precio razonable - y la Empresa hace suspensión de pagos - se muestran sorprendidos, e incluso quejosos, que dicho principio no sea de aplicación a las instalaciones eléctricas.

Protecciones mal dimensionadas, mate-

riales de calidad más que discutible, secciones insuficientes, resisten inasequibles al desaliento los avatares del trabajo diario, permitiendo que la pequeña parte de irresponsables que existe en todo colectivo profesional, siga cometiendo desmanes a diestro y siniestro, impávida la faz, firme el ademán.

¿Está equivocada la famosa ley? ¿Es el sector eléctrico, como España en su Época, diferente? ¿Tiene algo que ver en el asunto el agujero de ozono? ¿Dónde está Curro y el Carro de Manolo Escobar? No responderemos a esas pre-

guntas ni en presencia de nuestro abogado.

Por otra parte, nuestra única pretensión era abordar brevemente un aspecto frecuentemente olvidado en el cálculo de Conductores Aislados, y no el meterlos en temas cuya transcendencia filosófica sobrepasa ampliamente las posibilidades de este artículo. Y es que a veces uno se deja llevar por el entusiasmo.

Y, ¿qué tiene que ver esto con Murphy? Que la explicación adecuada, cuando secciones claramente insuficientes sufren calentamientos menores de los esperados, no es que algún competidor tenga un ángel de la guarda especialmente responsable, que tenga entre sus obligaciones el soplar sobre ellos para mejorar su refrigeración, simplemente puede que nos encontremos ante un Régimen de cargas no permanente.

Como primera observación, hacerles notar que dicho régimen permanente no deja de ser una abstracción. En el fondo, tengamos en cuenta, puestos a rizar el rizo - y nunca mejor empleada la frase - que permanente es eso que nuestras mujeres se hacen en el pelo cada quince días.

El proyectista, en el ejercicio de su responsabilidad como tal, siempre utiliza para el cálculo la situación mas desfavorable, por lo que es normal que esta situación, posible en el planteamiento inicial, se dé muy raramente, y de forma mucho mas improbable en la fase de puesta en marcha, con lo que las oportunidades de cobrar la obra antes de que pase algo irremediable, crecen de forma exponencial.

Ahora un poco más en serio:

¿Cómo actuar ante un problema de cálculo de conductores donde se conoce, con el grado de fiabilidad adecuado, que el régimen de carga no es permanente?

Ante todo repasemos rápidamente algunos conceptos. En primer lugar la capacidad de carga de un cable es un problema de tipo térmico: los aislantes utilizados en la fabricación de los cables



Robot de soldadura.

ven reducida su vida útil de forma espectacular cuando se sobrepasa su temperatura de funcionamiento. Se estima que un incremento de solamente 10°C sobre esta temperatura puede reducir la vida media de un cable a la mitad.

En segundo lugar, la temperatura final a la que llega un conductor depende de la temperatura inicial, de la cantidad de calor generado por unidad de tiempo en el cable y del calor transmitido por éste al medio. La cantidad de calor generada es función de las pérdidas -de todas la pérdidas pero fundamentalmente de las producidas en el conductor por efecto Joule, cuadráticas con respecto a la intensidad- y el flujo de calor entre el cuerpo mas caliente -el conductor- y el mas frío -el medio circundante- de la diferencia de temperaturas y de las Resistencias térmicas, según la conocida Ley de Ohm Térmica.

Si los tiempos de conexión -y por lo tanto la cantidad de calor generada- son suficientemente bajos, el cable no llegará a calentarse hasta la temperatura máxima permitida por el tipo de aislante empleado, por lo que habremos modificado las condiciones del cálculo, pudiendo aceptar sin ningún tipo de irresponsabilidad el uso de un coeficiente multiplicador en la intensidad

Se estima que un incremento de solamente 10°C sobre su temperatura de funcionamiento puede reducir la vida media de un cable a la mitad

admisible para el régimen permanente. Llegados a este punto, y para una clasificación de lo expuesto, podemos definir tres tipos de servicio diferente:

- Servicio permanente: en los casos en los que se puedan esperar períodos de carga de duración suficiente como para hacer alcanzar al sistema la temperatura de régimen.
- Servicio de corta duración: aque los que, en el período de tiempo entre dos conexiones sucesivas, el cable llege a enfriarse hasta la temperatura ambiente.
- Servicio intermitente: para los casos en los que, en el período de tiempo

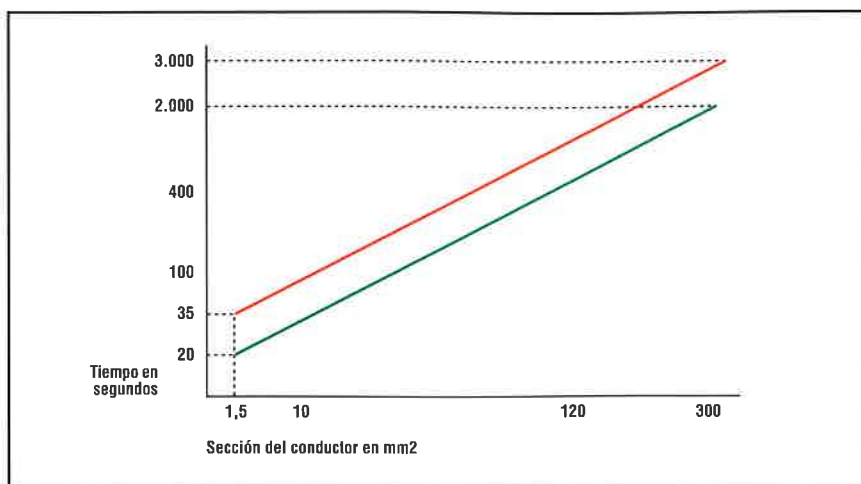


Gráfico de la constante de tiempo de un cable.

entre dos conexiones sucesivas, el cable no llegue a enfriarse hasta la temperatura ambiente.

$$I_s = \sqrt{\frac{I_1^2 \cdot t_1 + I_2^2 \cdot t_2}{t_1 + t_2}}$$

Son estos últimos casos interés, por existir en la industria muchas aplicaciones que pueden ser incluidas en esta denominación, como los robots de soldadura utilizados con profusión en la industria del automóvil. En general en este tipo de equipos se pueden distinguir dos situaciones diferentes:

- En primer lugar el robot toma pieza a soldar, de la cadena transportadora y la posiciona adecuadamente, tonando una intensidad I_1 durante un tiempo t_1

La Norma alemana VDE 0530, propone emplear para el cálculo de todos lo elementos electrotécnicos del sistema -cables, disyuntores de protección, etc.- una intensidad equivalente, a la que denomina Intensidad de Substitución, obtenida de la aplicación de la fórmula siguiente:

Para un ciclo mas complicado, con diversas intensidades y tiempos, la fórmula anterior puede ser substituida por la expresión de valor general:

$$I_s = \sqrt{\frac{I_1^2 \cdot t_1 + I_2^2 \cdot t_2 + \dots + I_n^2 \cdot t_n}{t_1 + t_2 + \dots + t_n}}$$

Esta aproximación es suficientemente exacta en la mayoría de los casos, aun-

que para ser más rigurosos deberíamos tener en cuenta todos los elementos que entran en la resolución del problema: masas de cada uno de los elementos implicados, capacidades caloríficas, resistencias térmicas, temperaturas, etc. De hecho distintos cables, en distintas disposiciones físicas presentan tan diferentes características de disipación del calor, que habitualmente se recurre al empleo de gráficas como las de la ilustración donde podemos obtener fácilmente la constante de tiempo del sistema en función de la sección del conductor, el tipo de cable y la forma de instalación.

Antes de finalizar referirme rápidamente al cálculo de la caída de tensión en este tipo de régimen. Puesto que las máquinas, o en general los consumidores alimentados a través de estos conductores presentan los mismos requerimientos de tensión para su correcto funcionamiento que en el régimen permanente, deberemos comprobar que con la sección obtenida por el método anterior se obtiene un resultado aceptable, aplicando para el cálculo de la resistencia la temperatura alcanzada por el conductor en el régimen no permanente, y la intensidad más alta de las del ciclo.

Nota: El profesional interesado en el tema puede encontrar una explicación mucho mas extensa en el interesante libro de Manuel Llorente Cables Eléctricos Aislados.

Manoel da Costa es Delegado de Gue-rin Vigo desde el año 1983. Ingeniero Técnico Industrial por la E.U.E.T.T.I. de esta ciudad, es además Profesor Asociado de la Universidad de Vigo, donde imparte la asignatura de Transportes Subestaciones y Redes.