

PROBLEMA 4

Se tiende una línea aérea III de MT (20 KV) un día en que la temperatura ambiente media fue de 30°C y se observó la presencia de un viento horizontal equivalente a una presión de 25 kg/m².

Se sabe que, por otra parte, en un momento en que la temperatura era de 10°C y NO existía viento apreciable, la flecha vertical registrada fue de 2'15 metros.

Se desea conocer:

- 1º) La tensión a la que se ejecutó el tendido de la línea.
- 2º) El coeficiente de seguridad mecánica del cable conductor en el momento en que se den las condiciones más desfavorables previstas por el vigente Reglamento para la zona por la que discurre el trazado de la línea considerada.

DATOS: Zona C: Conductor LA-40; $S = 43'1 \text{ mm}^2$; $d = 8'4 \text{ mm}$
 Carga de rotura = 1.400 kg; $\alpha = 19'1 \times 10^{-6} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$; $E = 8.100 \text{ kg/mm}^2$
 Peso unitario: $p_0 = 0'15 \text{ kg/m}$

El tramo de línea estudiado consta de "n" VANOS de longitud (igual para todos) 100 metros. Se supone, además, que todos los apoyos son de igual altura y se encuentran implantados al mismo nivel.

))))))))))))))))))))))))))))))

SOLUCIÓN

1º) Se procederá a comparar las dos situaciones siguientes:

Situación I:

Temperatura: $\theta_1 = 10^\circ\text{C}$

$$\omega_1 = \omega_0 = \frac{0'15}{43'1} = 0'0034803 \text{ (kg/m)/mm}^2$$

Del valor de la flecha: $f_1 = 2'15$ metros, se deduce:

$$t_1 = \frac{a^2 \omega_1}{8 f_1} = \frac{100^2 \times 0'0034803}{8 \times 2'15} = 2'023 \text{ kg/mm}^2$$

Situación 2:

Temperatura: $\theta_2 = 30^\circ\text{C}$

$$\begin{aligned} \omega_2 &= \sqrt{\omega_0^2 + \omega_V^2} = \sqrt{0'0034803^2 + \left(\frac{25 \times 0'0084}{43'1}\right)^2} = \\ &= 0'0059877 \text{ (kg/m)/mm}^2 \end{aligned}$$

" t_2 " a calcular.

La ecuación de cambio de condiciones se escribirá en la forma:

$$t_2^2 [t_2 - (K_1 - \alpha E \Delta\theta)] = \frac{a^2 E \omega_2^2}{24}$$

siendo:

$$K_1 = t_1 - \frac{a^2 E \omega_1^2}{24 t_1^2}$$

En este caso:

$$\begin{aligned} K_1 &= 2'023 - \frac{10^4 \times 8.100 \times 0'0034803^2}{24 \times 2'023^2} = 2'023 - 9'989 = \\ &= -7'966 \text{ kg/mm}^2 \end{aligned}$$

Por otra parte:

$$\Delta\theta = \theta_2 - \theta_1 = 30 - 10 = 20^\circ\text{C}$$

$$t_2^2 \left[t_2 - (-7'966 - 8.100 \times 19'1 \times 10^{-6} \times 20) \right] = \\ = \frac{100^2 \times 8.100 \times 0'0059877^2}{24}$$

o sea:

$$t_2^2 (t_2 + 11'06) = 121$$

Resuelta esta ecuación:

$$t_2 = 2'94 \text{ kg/mm}^2 \quad \text{ó} \quad T_2 = 2'94 \times 43'1 = 126'71 \text{ kg}$$

2º)

De nuevo se procederá a comparar dos situaciones de tendido:

Situación 1:

$$\theta_1 = 10^\circ\text{C} \quad ; \quad \omega_1 = \omega_0 = 0'0034803 \text{ (kg/m)/mm}^2 \quad ; \quad t_1 = 2'023 \text{ kg/mm}^2$$

Situación 3:

Temperatura: $\theta_3 = -20^\circ\text{C}$

$$\omega_3 = \omega_0 + \omega_H = 0'0034803 + \frac{0'36 \sqrt{8'4}}{43'1} = 0'0034803 + 0'0242083 = \\ = 0'0277606 \text{ (kg/m)/mm}^2$$

" t_3 " a calcular.

En este caso: $K_1 = -7'966 \text{ kg/mm}^2$ (conforme se calculó en el Apartado anterior):

$$\Delta\theta = \theta_3 - \theta_1 = -20 - 10 = -30^\circ\text{C}$$

En consecuencia, la ecuación de cambio de condiciones correspondiente se escribirá:

$$t_3^2 \left[t_3 - (-7'966 - 8.100 \times 19'1 \times 10^{-6} \times (-30)) \right] = \\ = \frac{100^2 \times 8.100 \times 0'0277606^2}{24}$$

Esta ecuación, una vez simplificada, se convierte en:

$$t_3^2 (t_3 + 3'325) = 2.601$$

La solución de esta ecuación es:

$$t_3 = 12'73 \text{ kg/mm}^2 \quad \text{ó} \quad T_3 = 12'73 \times 43'1 = 548'66 \text{ kg}$$

El coeficiente de seguridad pedido valdrá:

$$\text{C.S.} = \frac{1.400}{548'66} = 2'55$$

algo mayor que el valor reglamentariamente establecido para cables, que es de 2'5, pero menor que el generalmente utilizado (3).

PROBLEMA 5

Para un determinado vano de una línea eléctrica aérea AT situado en la zona B se observa que un día en que la temperatura era de -15°C y existía sobre los cables un manguito de hielo equivalente a una sobrecarga de $0'67\text{ Kg/m}$, la tensión unitaria era de 12 Kg/mm^2 .

- 1.- Se desea saber a que tensión debía efectuarse el tendido si la temperatura en el momento de la operación fue de 30°C y no existía sobrecarga.
- 2.- Asimismo se quiere conocer la tensión a que estará sometido el cable cuando se den las condiciones más desfavorables, así como su flecha.
- 3.- En las condiciones del apartado 2 determinar si el cable está dentro de los límites de seguridad mecánica considerando un coeficiente de seguridad de 3.

DATOS: Sección del conductor: $S = 54'6\text{ mm}^2$
 Peso del conductor: $p_0 = 0'19\text{ kg/m}$.
 Coeficiente de dilatación lineal: $\alpha = 19'1 \times 10^{-6}\text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$.
 Módulo de elasticidad: $E = 8.100\text{ kg/mm}^2$.
 Longitud del vano: $a = 100\text{ m}$.
 Carga de rotura: 1673 Kg .
 Diámetro aparente del cable: $9'45\text{ mm}$.

))))))))))))))))))))))))))))))

SOLUCIÓN

1º) En las condiciones de comprobación se tiene:

$$\omega_1 = \omega_0 + \omega_H = \frac{0'19 + 0'67}{54'6} = 0'015751\text{ (kg/m)/mm}^2$$

$$t_1 = 12\text{ kg/mm}^2 \quad ; \quad \theta_1 = -15^{\circ}\text{C}$$

Para la situación de tendido sería:

$$\omega_2 = \omega_0 = \frac{0'19}{54'6} = 0'0034798 \text{ (kg/m)/mm}^2 \quad ; \quad \theta_2 = 30^\circ\text{C}$$

t_2 : a determinar.

Con estos datos:

$$K_1 = t_1 - \frac{a^2 \omega_1^2 E}{24 t_1^2}$$

resulta:

$$K_1 = 12 - \frac{100^2 \times 8.500 \times 0'015751^2}{24 \times 12^2} = 12 - 6'1 = 5'9 \text{ kg/mm}^2$$

La ecuación de cambio de condiciones correspondiente se escribirá:

$$\begin{aligned} t_2^2 [t_2 - (5'9 - 18'8 \times 10^{-6} \times 8.500 \times 45)] &= \\ &= \frac{100^2 \times 0'0034798^2 \times 8.500}{24} \end{aligned}$$

o sea:

$$t_2^2 (t_2 + 1'291) = 42'89$$

cuya solución es:

$$t_2 = 3'118 \text{ kg/mm}^2$$

y:

$$T_2 = 3'118 \times 54'6 = 170'24 \text{ kg}$$

2º) Se procederá a comparar:

1) Situación de tendido:

$$t_1 = 3'118 \text{ kg/mm}^2 \quad ; \quad \omega_1 = \omega_0 = 0'0034798 \text{ (kg/m)/mm}^2$$

$$\theta_1 = 30^\circ\text{C}$$

2) *Condiciones más desfavorables:*

$$\omega_2 = \omega_0 + \omega_H = \frac{0'19}{54'6} + \frac{0'18 \sqrt{9'45}}{54'6} = 0'013614 \text{ (kg/m)/mm}^2$$

$$\theta_2 = -15^\circ\text{C}$$

t_2 : a determinar.

Para este supuesto:

$$\begin{aligned} K_1 &= 3'118 - \frac{100^2 \times 8.500 \times 0'0034798^2}{24 \times 3'118^2} = \\ &= 3'118 - 4'411 = -1'293 \text{ kg/mm}^2 \end{aligned}$$

y la ecuación de cambio de condiciones sería ahora:

$$\begin{aligned} t_2^2 [t_2 - (-1'293 - 18'8 \times 10^{-6} \times 8.500 \times [-45])] &= \\ &= \frac{100^2 \times 8.500 \times 0'013614^2}{24} \end{aligned}$$

o sea:

$$t_2^2 (t_2 - 5'898) = 656'41$$

cuya solución es:

$$t_2 = 11'163 \text{ kg/mm}^2$$

por lo que:

$$T_2 = 11'163 \times 54'6 = 609'5 \text{ kg}$$

La flecha correspondiente valdrá:

$$f_2 = \frac{a^2 \omega_2}{8 t_2} = \frac{100^2 \times 0'013614}{8 \times 11'163} = 1'524 \text{ m}$$

3º) El coeficiente de seguridad del segundo apartado tendrá por valor:

$$\text{C.S.} = \frac{1.673}{609'5} = 2'745$$

El vigente Reglamento Electrotécnico de líneas aéreas AT prescribe un coeficiente de seguridad de 3 para conductores formados por un solo hilo y de 2'5 para conductores cableados.

En consecuencia, y según la letra del Reglamento, el cable está dentro de las condiciones de seguridad.

Como es práctica usual adoptar el valor de 3 como coeficiente de seguridad, también para conductores cableados, desde ese punto de vista el conductor trabajaría fuera de los límites de la seguridad aceptada por encima de los preceptos reglamentarios.