



I Líneas aéreas. Cálculos mecánicos

2.4

TENDIDO DEL CONDUCTOR

Operación de tendido se realiza de forma simultánea en una serie de vanos entre apoyos de anclaje ejerciendo tracción.

1. Empleo de poleas que cuelgan de aisladores.
2. Empleo de cable piloto y cable tractor al que se engancha la bobina de cable.
3. Tensado y engrapado.

Tensado para respetar:

- Distancias de seguridad.
- Evitar riesgo de vibraciones.
- Evitar riesgo rotura conductor en condiciones más desfavorables.

Las cadenas de suspensión deben colgar verticalmente una vez engrapado el conductor



I Líneas aéreas. Cálculos mecánicos

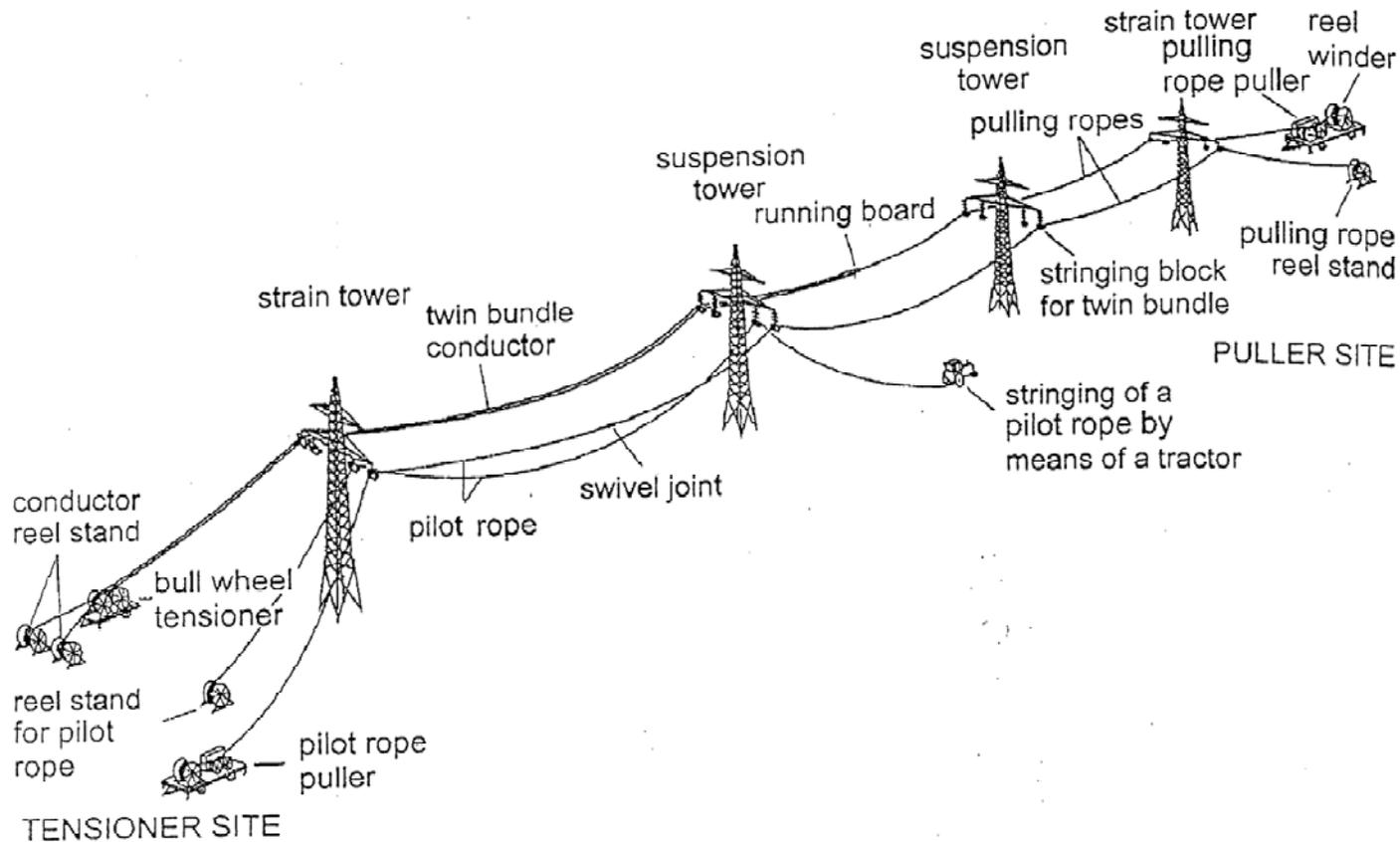
Generalidades sobre el tendido

- **Colocación previa de los apoyos.**
- **Operación de tendido.**
 - Colocación de **bobina del conductor-máquina tensadora_cabrestante auxiliar cable guía** y **cabrestante-máquina auxiliar para recoger cable** en cada extremo del cantón.
 - Empleo de gálibos de protección de espacios de madera en forma de H.
 - Se llevan los herrajes y aisladores a pie de apoyo.
 - Se colocan POLEAS en los aisladores en lugar de grapas y se les deja una cuerda colgada. Elemento fundamental del tendido de dimensiones según norma.
 - Anclaje de crucetas del apoyo.
 - Instalaciones de puesta a tierra de todas las máquinas, equipos y conductor (tierra móvil).
- **Etapas del tendido**
 - Tendido del cable guía a mano, con tractor....
 - Tendido cable tractor. Unión del cable guía con cable tractor en el cabrestante. Empleo del cabrestante auxiliar.
 - Tendido del conductor. Empleo del cabrestante.
 - Sujeción del conductor a los aisladores del apoyo de anclaje en el lado del cabrestante.



I Líneas aéreas. Cálculos mecánicos

Operaciones de tendido



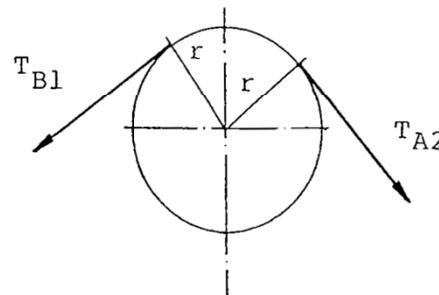


I Líneas aéreas. Cálculos mecánicos

Equilibrio del conductor sobre poleas

1.- Operación de regulación: operación de tensado del conductor sobre poleas para montar las grapas de forma que todos los vanos presenten la misma T_0 , definida en el proyecto. Se debe tener en cuenta el alargamiento debido a la fluencia.

Hipótesis: conductor sobre poleas presenta momentos iguales a ambos lados de la polea



$$T_{B1} = T_{A2}$$

Las componentes horizontales de tracción son distintas en cada vano.

Determinación del MAPA DE TRACCIONES

$$T_{0k}, T_{Ak}, T_{Bk}$$

I Líneas aéreas. Cálculos mecánicos

Equilibrio del conductor sobre poleas

2.- Operación de engrapado: para tener la misma T_0 en todos los vanos se debe modificar la longitud de cada vano.

Hipótesis: longitud del conductor sobre poleas (estado 1) y engrapado es la misma para el cantón añadiendo la dilatación elástica.

$$\Delta l_k = \frac{p^2 a_k^4}{24 a_k'} \left(\frac{1}{T_0^2} - \frac{1}{T_{0k1}^2} \right) - \frac{a_k'^2}{a_k} \left(\frac{T_0 - T_{0k1}}{ES} \right) \quad (1)$$

Ecuación a resolver

$$T_0^2 (T_0 + A) = B \quad (2)$$

$$A = \frac{\frac{p^2 ES}{24} \sum \frac{a_k^4}{a_k' T_{0k1}^2} - T_{0k1} \sum \frac{a_k'^2}{a_k}}{\sum \frac{a_k'^2}{a_k}} \quad B = \frac{\frac{p^2 ES}{24} \sum \frac{a_k^4}{a_k'}}{\sum \frac{a_k'^2}{a_k}}$$

I Líneas aéreas. Cálculos mecánicos

Equilibrio del conductor sobre poleas

2.- Operación de engrapado: para tener la misma T_0 en todos los vanos se debe modificar la longitud de cada vano.

Determinación de Δl_k

$$\Delta l_k = \frac{p^2 a_k^4}{24 a_k'} \left(\frac{1}{T_0^2} - \frac{1}{T_{0k1}^2} \right) - \frac{a_k'^2}{a_k} \left(\frac{T_0 - T_{0k1}}{ES} \right) \quad (1)$$

Determinación de T_0 el día del tendido

Ec. Cambio de condiciones VIR
Estado 1: condiciones más desfavorables
Estado 2: condiciones tendido

Conductor sobre poleas
Determinación MAPA DE TRACCIONES

Hipótesis de partida:
 $T_{0k} \rightarrow$ Mapa de tracciones
Resolver ec. (2) $\rightarrow T_{0c}$ tendido

NO

$T_{0c} = T_0$

Corrijo estimación

Interpolación lineal. Nuevo T_{0k}

Determinación de Δl_k

Regulación del conductor

- **Fin etapa tendido. Sujeción del conductor a los aisladores del apoyo de anclaje en el lado del cabrestante.**
- **Inicio etapa regulación. Dispositivo de tensado en el lado de la bobina del conductor. Empleo de un vano de referencia.**
 - **Medida de la fuerza de tracción: dinamómetro.**
 - **Medida de la flecha:**
 - ✓ **Tablillas en apoyo de referencia situadas a una distancia igual a la flecha.** Regulación del esfuerzo hasta que conductor quede tangente con la visual entre tablillas.
 - ✓ **Cronómetros.** Medida del tiempo en recorrer el vano de referencia.
 - ✓ **Medida indirecta de la flecha.**

Fenómeno de fluencia

- **Alargamiento inelástico en conductores a lo largo del tiempo → aumento de la flecha que afecta a las distancias de seguridad.** (Se debe tener en cuenta en los cálculos mecánicos o realizar operaciones de retensado).
- **Origen: tensado al que está sometido el conductor cuando está sobre poleas y tensión de las cargas futuras.**
 - **Depende de cómo se hace el tendido.**
 - **Vida futura del cable. Incertidumbre. Se estiman unas condiciones medias dadas por las condiciones EDS.**

Fenómeno de fluencia

- Estudios experimentales → estimación del alargamiento permanente.

$$e = \frac{\Delta l}{l} = Ft^n \quad \begin{array}{l} e \text{ en } \% \\ F \text{ y } n \text{ dependen del conductor} \\ t \text{ en horas} \end{array}$$

Según CIGRE para un periodo de 30 años:

$$e_{30} = e_{30} k_{\sigma} \left\{ \begin{array}{l} e_{30} = 1,12 - 0,97 \frac{w}{100} \\ k_{\sigma} = \frac{\sigma}{20} \end{array} \right.$$

Alargamiento en condiciones normalizadas
 $T = 20\% T_{rot}$.
 w % de acero del peso total

Desviación del esfuerzo medio σ respecto del normalizado con $\sigma \leq 30\%$

- Determinación alargamiento durante el tiempo en el que el conductor está sobre poleas:

$$e_{poleas} = Ft_{poleas}^n$$

Determinación de F con $n = 0,2-0,25$

$$e_{30} = F(30 \cdot 365 \cdot 24)^n$$



I Líneas aéreas. Cálculos mecánicos

Fenómeno de fluencia

➤ **Determinación alargamiento residual**

$$e = e_{30} - e_{poleas}$$

Tener en cuenta en la operación de regulación:

- Aumentar altura de apoyos.
- Operación de sobretensado. **Elección habitual**
Determinar $\Delta\theta$ que produzca el mismo e . $e_{poleas} = \alpha\Delta\theta$
Realizar el tendido con temperatura del tendido reducida en $\Delta\theta$.



I Líneas aéreas. Cálculos mecánicos

Fenómeno de fluencia

1.- Ec. de cambio de condiciones sin tener en cuenta la corrección de la fluencia

Estado 1. Máxima tracción θ_T T_{mT}

Estado 2. Día del tendido θ_t T_{mt}

Estado 3. Máxima temperatura al cabo de 30 años θ_θ $T_{m\theta}$ + fluencia

$$\frac{a^2 p_t^2}{24T_{mt}^2} - \frac{a^2 p_T^2}{24T_{mT}^2} = \alpha (\theta_t - \theta_T) + \frac{1}{ES} (T_{mt} - T_{mT}) \quad (1)$$

$$\frac{a^2 p_\theta^2}{24T_{m\theta}^2} - \frac{a^2 p_t^2}{24T_{mt}^2} = \alpha (\theta_\theta - \theta_t) + \alpha \Delta\theta + \frac{1}{ES} (T_{m\theta} - T_{mt}) \quad (2)$$

(1)+(2)

$$\frac{a^2 p_\theta^2}{24T_{m\theta}^2} - \frac{a^2 p_T^2}{24T_{mT}^2} = \alpha (\theta_\theta - \theta_T) + \alpha \Delta\theta + \frac{1}{ES} (T_{m\theta} - T_{mT})$$

La fluencia da lugar a un aumento de la flecha

I Líneas aéreas. Cálculos mecánicos

Equilibrio del conductor sobre poleas

2.- Ec. de cambio de condiciones con corrección de temperatura el día del tendido

Estado 1. Máxima tracción θ_T T_{mT}

Estado 2. Día del tendido con temperatura corregida θ_t $T_{mt'}$

Estado 2b. Día del tendido con tracción de tendido θ_t $T_{mt'}$

Estado 3. Máxima temperatura al cabo de 30 años θ_θ $T_{m\theta'}$ + fluencia

$$\frac{\alpha^2 p_{t'}^2}{24T_{mt'}^2} - \frac{\alpha^2 p_T^2}{24T_{mT}^2} = \alpha (\overbrace{\theta_t - \Delta\theta}^{\theta_{t'} = \theta_t - \Delta\theta} - \theta_T) + \frac{1}{ES} (T_{mt'} - T_{mT}) \quad (4)$$

$$\frac{\alpha^2 p_\theta^2}{24T_{m\theta'}^2} - \frac{\alpha^2 p_t^2}{24T_{mt'}^2} = \alpha (\theta_\theta - \theta_t) + \alpha \Delta\theta + \frac{1}{ES} (T_{m\theta'} - T_{mt'}) \quad (5)$$

(4)+(5)

$$\frac{\alpha^2 p_\theta^2}{24T_{m\theta'}^2} - \frac{\alpha^2 p_T^2}{24T_{mT}^2} = \alpha (\theta_\theta - \theta_T) + \frac{1}{ES} (T_{m\theta'} - T_{mT})$$

Se ha compensado el efecto de la fluencia