

Bloque 1: Líneas aéreas de alta tensión

(24 h, 3 semanas a 8 horas, viernes tarde y sábado mañana)

Tema 1: Conductores

- 1.- Introducción
- 2.- Características eléctricas y mecánicas
- 3.- Conductores de fase
 - 3.1.- Conductores de aluminio
 - 3.1.1.- Tipos de conductores. Características y dimensiones
 - 3.1.2.- Requisitos eléctricos
 - 3.1.3.- Temperatura de servicio en el conductor
 - 3.1.4.- Requisitos mecánicos
 - 3.2.- Conductores de cobre
 - 3.2.1.- Tipos de conductores. Características y dimensiones
 - 3.3.- Conductores de fibra óptica para fase OPPC
 - 3.3.1.- Tipos de conductores. Características y dimensiones
- 4.- Conductores de tierra
 - 4.1.- Conductores de acero
 - 4.1.1.- Tipos de conductores. Características y dimensiones
 - 4.1.2.- Requisitos eléctricos
 - 4.1.3.- Temperatura de servicio en el conductor
 - 4.1.4.- Requisitos mecánicos
 - 4.2.- Conductores de fibra óptica para tierra OPGW
 - 4.2.1.- Tipos de conductores. Características y dimensiones

Tema 2: Apoyos

- 1.- Introducción y características generales
 - 1.1.- Características resistentes
 - 1.2.- Características dimensionales
- 2.- Clasificación
 - 2.1.- Según su función
 - 2.2.- Según la disposición de conductores
 - 2.2.1.- Líneas de un solo circuito
 - 2.2.2.- Líneas de dos circuitos
 - 2.2.3.- Líneas de dos circuitos montando solo uno
 - 2.2.3.1.- Como tresbolillo
 - 2.2.3.2.- Como bandera
 - 2.2.4.- Líneas con conductores de tierra
- 3.- Tipos de apoyos
 - 3.1.- Apoyos de celosía
 - 3.1.1.- Apoyos para líneas de hasta 30 kV
 - 3.1.2.- Apoyos para líneas de más de 30 kV
 - 3.2.- Apoyos de chapa metálica
 - 3.2.1.- Apoyos para líneas de hasta 30 kV
 - 3.2.2.- Apoyos para líneas de más de 30 kV
 - 3.3.- Apoyos de hormigón
 - 3.3.1.- Apoyos de hormigón vibrado HV
 - 3.3.2.- Apoyos de hormigón vibrado hueco HVH

3.4.- Apoyos de presilla

Tema 3: Aisladores y herrajes

1.- Introducción

2.- Aisladores

2.1.- Características generales

2.2.- Materiales usados en la construcción de aisladores

2.2.1.- Aisladores de porcelana

2.2.2.- Aisladores de vidrio

2.2.3.- Aisladores poliméricos

2.3.- Tipos de aisladores

3.- Herrajes

3.1.- Materiales empleados en la construcción de herrajes

3.2.- Tipos de herrajes

3.2.1.- Herrajes de torre

3.2.2.- Herrajes de cadena

3.2.3.- Yugos

3.2.4.- Protecciones

3.2.5.- Grapas

3.2.5.1.- Grapas de amarre

3.2.5.2.- Grapas de suspensión

3.2.6.- Herrajes para cable de tierra

3.2.6.1.- Castillete de suspensión

3.2.6.2.- Grapas de suspensión para cables de acero

3.2.6.3.- Varillas de protección

3.2.6.4.- Grapa de suspensión armada para cables de acero

3.2.6.5.- Grapa de suspensión armada para cables de acero recubiertos de aluminio

3.2.6.6.- Grapa de amarre para cables de acero

3.2.6.7.- Guardacabos

3.2.7.- Accesorios para conductores

3.2.7.1.- Separadores semi-rígidos para haces dobles

3.2.7.2.- Amortiguadores

3.2.8.- Accesorios para cables de fibra óptica

3.2.8.1.- Grapa de suspensión armada para cables de fibra óptica OPGW

3.2.8.2.- Soportes de bajada para cables de fibra óptica

3.2.8.3.- Amortiguadores para cable de fibra óptica OPGW

3.2.9.- Poleas y rodillos

3.2.9.1.- Poleas

3.2.9.2.- Rodillos subterráneos

4.- Cadenas tipo

4.1.- Cadenas de suspensión para cable de fase

4.1.1.- Cadenas sencillas

4.1.2.- Cadenas dobles

4.1.3.- Cadenas en V

4.2.- Cadenas de amarre para cable de fase

4.2.1.- Cadenas sencillas

4.2.2.- Cadenas dobles

4.3.- Cadena de suspensión para cable de tierra

4.4.- Cadena de amarre para cable de tierra

5.- Nivel de aislamiento

- 6.- Cálculo eléctrico de la cadena de aisladores
- 7.- Cálculo mecánico de la cadena de aisladores
 - 7.1.- Cargas normales
 - 7.2.- Cargas anormales

Tema 4: Cargas y sobrecargas a considerar en una línea aérea de alta tensión

- 1.- Introducción
- 2.- Cargas permanentes
- 3.- Esfuerzo del viento sobre las líneas aéreas
 - 3.1.- Esfuerzo del viento sobre los conductores
 - 3.2.- Esfuerzo del viento sobre las cadenas de aisladores
 - 3.3.- Esfuerzo del viento sobre los apoyos de celosía
 - 3.4.- Esfuerzo del viento sobre las superficies planas
 - 3.5.- Esfuerzo del viento sobre las superficies cilíndricas
- 4.- Efecto del hielo sobre las líneas aéreas
- 5.- Efecto combinado del viento y hielo
 - 5.1.- Determinación del diámetro del conductor incluido el manguito de hielo
- 6.- Esfuerzo de la mitad del viento

Tema 5: Cálculo de conductores

- 1.- Catenaria
 - 1.1.- Constante de la catenaria
 - 1.2.- Valor de la tensión en un punto cualquiera de la catenaria
 - 1.3.- Relación entre la tensión en un punto del cable y la tensión horizontal
 - 1.3.1.- En un vano a nivel
 - 1.3.2.- En un vano a desnivel
 - 1.4.- Flecha
 - 1.4.1.- En un vano a nivel
 - 1.4.2.- En un vano a desnivel
 - 1.5.- Longitud del arco de catenaria
 - 1.6.- Aproximación a la catenaria usando la parábola
 - 1.6.1.- Flecha
 - 1.6.2.- Longitud del arco de parábola
 - 1.6.3.- Ecuación de cambio de condiciones
 - 1.6.3.1.- Vano a nivel
 - 1.6.3.2.- Vano a desnivel. Método de Truxá
 - 1.6.4.- Relación entre la tensión en el punto de engrape superior y el punto medio
 - 1.7.- Comparación entre métodos de cálculo
 - 1.7.1.- Ecuación de la catenaria
 - 1.7.2.- Ecuación de la parábola
 - 1.7.3.- Método de Truxá
 - 1.7.4.- Comparación de resultados
- 2.- Vano de regulación o cantón
 - 2.1.- Con apoyos situados al mismo nivel
 - 2.2.- Con apoyos situados a distinto nivel
 - 2.3.- Aumento de la longitud del vano por diferencias de pesos en el vano
- 3.- Tracción máxima admisible
 - 3.1.- Hipótesis limitadoras de la tracción máxima admisible
- 4.- Fenómenos vibratorios

- 4.1.- Efectos del viento sobre las líneas aéreas
- 4.2.- Tensión de cada día. EDS
- 4.3.- Tensión en horas frías. THF o CHS
- 5.- Flechas máximas en conductores de fase y cables de tierra
 - 5.1.- Hipótesis de viento
 - 5.2.- Hipótesis de temperatura
 - 5.3.- Hipótesis de hielo

Tema 6: Cálculo de apoyos

- 1.- Esfuerzos que se producen en los apoyos
 - 1.2.- Verticales
 - 1.2.1.- Eolovano
 - 1.2.2.- Gravivano
 - 1.2.3.- Determinación de las cargas verticales sobre el apoyo
 - 1.2.4.- Número de cadenas por apoyo
 - 1.3.- Transversales
 - 1.3.1.- Viento sobre apoyos
 - 1.3.2.- Viento sobre conductores
 - 1.3.3.- Resultante de ángulo
 - 1.4.- Longitudinales
 - 1.4.1.- Desequilibrio de tracciones
 - 1.4.2.- Rotura de conductores
 - 1.5.- Cálculo de apoyos de ángulo en el nuevo reglamento de líneas eléctricas de alta tensión
 - 1.5.1.- 1ª hipótesis
 - 1.5.2.- 2ª hipótesis
 - 1.5.2.1.- Hielo
 - 1.5.2.2.- Viento más hielo
 - 1.5.3.- 3ª hipótesis
 - 1.5.4.- 4ª hipótesis
- 2.- Hipótesis de cálculo
 - 2.1.- Eliminación de la 4ª hipótesis en apoyos de con cadenas de suspensión y amarre
 - 2.2.- Apoyos situados en zona A
 - 2.3.- Apoyos situados en zonas B y C
- 3.- Coeficientes de seguridad
- 4.- Desarrollo de las hipótesis de cálculo por tipo de apoyo
 - 4.1.- Apoyo de alineación-suspensión
 - 4.2.- Apoyo de alineación-amarre
 - 4.3.- Apoyo de alineación-anclaje
 - 4.4.- Apoyo de ángulo-suspensión
 - 4.5.- Apoyo de ángulo-amarre
 - 4.6.- Apoyo de ángulo-anclaje
 - 4.7.- Apoyo de principio-final de línea
- 5.- Distancias de seguridad en el apoyo
 - 5.1.- Distancia o separación de conductores
 - 5.2.- Distancias entre conductores y partes puestas a tierra
 - 5.2.1.- Ángulo de desviación de la cadena de aisladores en apoyos de alineación con cadenas de suspensión
 - 5.2.2.- Ángulo de desviación de la cadena de aisladores en apoyos de ángulo con cadenas de suspensión
 - 5.2.3.- Medidas correctoras

- 5.2.3.1.- Instalación de contrapesos
- 5.2.3.2.- Levantar el apoyo la altura necesaria
- 5.2.3.3.- Cambio de la función del apoyo en la línea
- 5.2.4.- Determinación del ángulo máximo que puede desviarse la cadena de aisladores
- 6.- Situación de las alturas de los distintos elementos en los apoyos
 - 6.1.- Nomenclatura
 - 6.2.- Alturas sin elección de apoyos normalizados

Tema 7: Elección de apoyos normalizados

- 1.- Utilización de catálogos
- 2.- Paso de esfuerzos verticales a horizontales
- 3.- Cambio de esfuerzos según coeficientes de seguridad
- 4.- Elección de crucetas y montajes
- 5.- Elección de apoyos por esfuerzos
- 6.- Optimización de la elección
 - 6.1.- Por peso de apoyo
 - 6.2.- Por cimentación
- 7.- Situación de las alturas de los distintos elementos en los apoyos
 - 7.1.- Apoyos escogidos por altura total
 - 7.2.- Apoyos escogidos por altura de referencia

Tema 8: Cálculo de cimentaciones

- 1.- Características generales
- 2.- Comprobación al arranque
- 3.- Comprobación a compresión
- 4.- Cimentaciones monobloque
 - 4.1.- Momento de vuelco de conductores
 - 4.2.- Momento de vuelco de viento sobre apoyos
 - 4.3.- Momento de vuelco absorbido por la cimentación
- 5.- Cimentaciones fraccionadas
 - 5.1.- Comprobación al arranque
 - 5.1.1.- Coeficiente de seguridad
 - 5.1.2.- Peso del macizo
 - 5.1.2.1.- Cimentaciones cuadradas sin cueva
 - 5.1.2.2.- Cimentaciones cilíndricas sin cueva
 - 5.1.2.3.- Cimentaciones cilíndricas con cueva
 - 5.1.3.- Volumen de arrastre de las tierras
 - 5.1.3.1.- Cimentaciones cuadradas sin cueva
 - 5.1.3.2.- Cimentaciones cilíndricas sin cueva
 - 5.1.3.3.- Cimentaciones cilíndricas con cueva
 - 5.1.4.- Rozamiento de las tierras
 - 5.1.4.1.- Cimentaciones cuadradas sin cueva
 - 5.1.4.2.- Cimentaciones cilíndricas sin cueva
 - 5.1.4.3.- Cimentaciones cilíndricas con cueva
 - 5.2.- Comprobación a compresión
 - 5.2.1.- Coeficiente de seguridad
 - 5.2.2.- Superficie de la base
 - 5.2.2.1.- Cimentaciones cuadradas sin cueva
 - 5.2.2.2.- Cimentaciones cilíndricas sin cueva

5.2.2.3.- Cimentaciones cilíndricas con cueva

Tema 9: Introducción a los cálculos eléctricos

- 1.- Constantes fundamentales de las líneas
 - 1.1.- Resistencia kilométrica
 - 1.2.- Radio equivalente
 - 1.2.1.- Fases simplex
 - 1.2.2.- Fases dúplex
 - 1.2.3.- Fases tríplex
 - 1.2.4.- Fases cuádruplex
 - 1.3.- Autoinducción kilométrica
 - 1.4.- Capacidad kilométrica
 - 1.5.- Conductancia o perditancia kilométrica
- 2.- Constantes características derivadas de las fundamentales
 - 2.1.- Reactancia de autoinducción
 - 2.2.- Susceptancia
 - 2.3.- Impedancia
 - 2.4.- Admitancia
- 3.- Distancia media geométrica
- 4.- Densidad de corriente de un conductor
- 5.- Intensidad máxima admisible
- 6.- Determinación de la sección de un conductor por potencia máxima
- 7.- Determinación de la sección de un conductor por caída de tensión

Tema 10: Líneas cortas

- 1.- Diagrama vectorial. Caída de tensión
 - 1.1.- Funcionamiento en vacío
 - 1.2.- Funcionamiento en carga
- 2.- Tipos de líneas
- 3.- Transmisión de potencia
- 4.- Regulación
- 5.- Potencia máxima con una regulación determinada

Tema 11: Líneas medias

- 1.- Método equivalente en T
 - 1.1.- Diagrama vectorial
 - 1.2.- Funcionamiento en vacío
 - 1.3.- Funcionamiento en carga
- 2.- Método equivalente en Π
 - 2.1.- Diagrama vectorial
 - 2.2.- Funcionamiento en vacío
 - 2.3.- Funcionamiento en carga

Tema 12: Líneas largas

- 1.- Introducción
- 2.- Tensión e intensidad en cualquier punto de la línea
- 3.- Aplicación de las formas hiperbólicas
- 4.- Valores característicos de una línea

- 4.1.- Impedancia característica de una línea
- 4.2.- Ángulo característico o complejo de una línea
- 4.3.- Potencia característica o natural de una línea eléctrica
- 5.- Onda directa y onda reflejada
- 6.- Funcionamiento límite de una línea
 - 6.1.- Funcionamiento en vacío
 - 6.2.- Funcionamiento en carga
- 7.- Línea de transmisión como cuadripolo

Tema 13: Regulación de la tensión

- 1.- Introducción
- 2.- Relación entre la naturaleza de la carga, tipo de línea y caída de tensión
- 3.- Regulación de la tensión en líneas eléctricas. Métodos de regulación
 - 3.1.- Regulación sin afectar a la naturaleza de las cargas
 - 3.1.1.- Regulación de la tensión en principio de línea
 - 3.1.2.- Empleo de transformadores o autotransformadores con tomas bajo carga
 - 3.1.3.- Reguladores de inducción
 - 3.1.4.- Condensadores en serie
 - 3.2.- Regulación por compensación de carga
 - 3.2.1.- Compensación del factor de potencia mediante condensadores estáticos en paralelo con la línea
 - 3.2.1.1.- Conexión en triángulo
 - 3.2.1.2.- Conexión estrella con neutro aislado
 - 3.2.1.3.- Conexión estrella con neutro a tierra
 - 3.2.1.4.- Conexión en doble estrella
 - 3.2.2.- Regulación por compensador síncrono. Campo de regulación
- 4.- Ventajas e inconvenientes de los condensadores estáticos y de los síncronos
- 5.- Cálculo de la potencias des las máquinas necesarias para regular
 - 5.1.- Potencias internas o propias de los autotransformadores o de los reguladores de inducción
 - 5.2.- Cálculo de la potencia del compensador síncrono o de la batería de condensadores estáticos

Tema 14: Efecto corona

- 1.- Introducción
- 2.- Tensiones que producen el efecto corona
 - 2.1.- Tensión crítica disrruptiva
 - 2.2.- Tensión crítica visual
 - 2.3.- Tensión simple eficaz de descarga
 - 2.4.- Pérdidas de potencia causadas por el efecto corona