

ELC-30714  
Líneas de Transmisión I

---

Planificación General:  
Líneas de Transmisión I

Prof. Francisco M. Gonzalez-Longatt

[flongatt@ieee.org](mailto:flongatt@ieee.org)

<http://www.giaelec.org/flongatt/LT.htm>

# 1. Descripción del Curso y Objetivos

---

- Este curso corresponde a un *nivel básico* de Sistemas de Transmisión I, para estudiantes de *pre-grado*,
- Luya orientación es:
  - Cuantificación de los parámetros eléctricos de líneas de transmisión aéreas de potencia y los fenómenos electromagnéticos asociados;
  - Uso de los parámetros eléctricos de las líneas de transmisión aéreas de potencia para modelar el sistema y
  - Poder evaluar el desempeño a frecuencia fundamental de la misma en condiciones de régimen estacionario

## 2. Contenido General del Curso

---

- Introducción a los Sistemas de Transmisión de Energía.
- Elementos de Sistemas de Transmisión.
- Generalidades de Parámetros Eléctricos en Sistemas de Transmisión.
- Parámetro Resistivo en Sistemas de Transmisión.
- Parámetro Inductivo en Sistemas de Transmisión
- Parámetro Capacitivo en Sistemas de Transmisión.
- Operación en Régimen Estacionario de Sistemas de Transmisión

# 3. Contenido Detallado del Curso

---

## Introducción

- Contextualizar al participante del marco referencial para el diseño, operación y control de los sistemas de transmisión.
- Presentar una visión general de los sistemas de potencia, su estructura, modo de operación y elementos constitutivos.
- Mostrar breve reseña histórica demostrativa de la evolución de los sistemas eléctricos,
- Mostrar una evolución histórica del Sistema de Transmisión Venezolano.

# Capítulo 1. Elementos de Sistemas de Transmisión

---

- Conceptualizar el sistema de transmisión, y su clasificación.
- Presentar los elementos que conforman el la línea de transmisión aérea de potencia: soportes, aisladores, conductores y elementos especiales.
- Efectuar especial énfasis en la normativa de las empresas eléctricas Venezolanas para los elementos del sistema de transmisión.

# Capítulo 2. Generalidades de Parámetros Eléctricos en Sistemas de Transmisión

---

## Capítulo 2. Generalidades de Parámetros Eléctricos en Sistemas de Transmisión

- Realizar una breve y básica explicación a los fenómenos eléctricos y magnéticos que dan origen a los parámetros eléctricos que caracterizan el comportamiento de las líneas de transmisión.
- Evidenciar la existencia de tres parámetros fundamentales: resistencia, inductancia, capacitancia; y en cada caso se comenta la naturaleza del fenómeno, su causas y consecuencias.

# Capítulo 2. Generalidades de Parámetros Eléctricos en Sistemas de Transmisión

---

- Comentario particular merece, algunas consideraciones para la operación de los sistemas de transmisión en Extra Alta Tensión y fenómenos asociados a este: Efecto Corona, Efecto Ferranti y las Perturbaciones Electromagnéticas.

# Capítulo 3. Parámetro Resistivo de Sistemas de Transmisión

---

- Ahorrar el parámetro resistivo asociado a la impedancia serie de la línea de transmisión de potencia aérea.
- Presentar los diferentes tipos de conductores (según su material y características constructivas)
- Muestrar los medios cuantitativos para el cálculo de la resistencia eléctrica de los mismos.

# Capítulo 3. Parámetro Resistivo de Sistemas de Transmisión

---

- Calcular la resistencia eléctrica en corriente continua y corriente alterna, mostrando el efecto de la variación de la frecuencia sobre este parámetro y pérdidas asociadas.
- Mostrar en forma muy general el efecto Piel.
- Mostrar el efecto de la variación de la temperatura sobre la resistencia del conductor y las pérdidas que genera en la transmisión de potencia.

# Capítulo 4. Parámetro Inductivo de Sistemas de Transmisión

---

- Abordar en primera instancia los fenómenos electromagnéticos asociados a la transmisión de energía eléctrica por un medio conductor.
- Estudiar las interacciones magnéticas entre conductores que transportan corriente eléctrica, y se considera el efecto proximidad, sobre la distribución no uniforme de la corriente.
- Cuantificar el campo magnético y todas las características asociadas al mismo, para de este modo poder determinar el impacto que los sistemas de transporte tienen sobre otros sistemas, como el caso de las perturbaciones causadas sobre los sistemas telefónicos, y otros sistemas de transporte.

# Capítulo 4. Parámetro Inductivo de Sistemas de Transmisión

---

- Estudiar la inductancia creada por la interacción de los campos magnéticos de los conductores de la línea, en particular se aborda los conceptos de Radio Medio Geométrico (RMG) y de Distancia Media Geométrica (DMG), el caso de líneas de transmisión que utilizan conductores compuestos, finalizando el estudio de la inductancia para líneas de transmisión de potencia trifásicas a frecuencia fundamental, con conductores en haz y de varios circuitos.
- Evidenciar la necesidad de la transposición y su efecto sobre el parámetro de inductancia serie de la línea de transmisión trifásica.
- Anexo: el cálculo de la inductancia de las líneas de transmisión de potencia por medio de métodos abreviados para el cálculo del parámetro inductivo con el uso de tablas.

# Capítulo 5 Parámetro Capacitivo de Sistemas de Transmisión

---

- Tratamiento del parámetro capacitivo, debido a lo complejo del tratamiento de ésta, y a los múltiples variables que tiene efecto sobre el mismo.
- Analizar del campo eléctrico que produce un cuerpo cargado, y se estudia cuantitativamente el efecto de estos campos cuasi-estacionarios en la capacitancia del sistema de transmisión.

# Capítulo 5 Parámetro Capacitivo de Sistemas de Transmisión

---

- Establecer el efecto que tiene la tierra y los conductores de guarda sobre el parámetro capacitivo de la línea de transporte, para ello se hace uso de la teoría de imágenes, y todo esto con la ayuda del álgebra matricial y se incluye el método de reducción de Kron, como una forma de reducción del orden del problema.
- Analizar del comportamiento de la corriente de descarga de la línea.
- Todo el análisis de la capacitancia se realiza para líneas de transmisión de potencia aéreas de corriente alterna de tipo trifásico a frecuencia fundamental, con el empleo de conductores sencillos, en haz y se finaliza con el uso de varios circuitos.

# Capítulo 6. Operación en Régimen Estacionario de Líneas de Transmisión

---

- Efectuar una clasificación de las líneas de transmisión de potencia aéreas de acuerdo a su longitud: Cortas, Medias y Largas.
- Justificar para cada modelo circuital en función a los fenómenos dominantes, los elementos y parámetros presentes en el modelo.
- Presentar los modelos circuitales equivalentes  $\Pi$  y T.

# Capítulo 6. Operación en Régimen Estacionario de Líneas de Transmisión

---

- Para el caso particular de las líneas de transmisión largas, se incluye el estudio de la ecuación de ondas y su solución en forma de onda viajera, incluyendo la definición de impedancia característica, constante de propagación, etc.
- Abordar el problema de transmisión de energía, y se analiza las características de caída de voltaje, pérdidas de potencia, regulación de voltaje y los efectos de la circulación de potencia reactiva en la regulación.
- Analizar una línea de transmisión larga operando en carga, diagrama del círculo.

## 4. Textos Recomendados

---

- 1) Briceño, Hildemaro. *Teoría de las Líneas de Transmisión Aéreas de Transmisión de Potencia Eléctrica*. Editorial de la Universidad de Los Andes, 1987.
- 2) EPRI. *Transmission Lines Reference Book, 345 kV and above*. Fred Weiner and Son Printers, Inc. 1975.
- 3) Grainger J., Stevenson W. *Análisis de Sistemas Eléctricos de Potencia*. Mc Graw Hill, Primera Edición, 1996.
- 4) Siegert, Luis A. *Alta Tensión y Sistemas de Transmisión*. Editorial Limusa, 1989.
- 5) CADAFE (1976). *Normas Para Proyecto de línea de Transmisión NL-P*. Dirección de Desarrollo. Gerencia de Proyectos de Líneas de Transmisión. Compañía Anónima de Administración y Fomento Eléctrico.

## 4. Textos Recomendados

---

- 1) *Criterios de Diseño de Líneas de Transmisión a 115 y 230 KV*. Curso de Actualización para Ingenieros Electricistas. Universidad de Los Andes, 1988.
- 2) Hernando Torrealba, R. *Líneas de Transmisión*. Universidad de Carabobo, 1981.
- 3) Raul Marti, *Sistemas de Transmisión*. Apuntes de clases de la Universidad Central de Venezuela, 1979.
- 4) Anderson, P. *Analysis of Faulted Power Systems*. Iowa State Press. 1973.
- 5) Beeman, D (1955). *Industrial Power System Handbook*. Mc Graw Hill. New York. 1955.
- 6) Westinghouse (1964). *Electrical Transmission and Distribution Reference Book*. Pittsburg. EE.UU.
- 7) Carson, J.R. *Wave propagation overhead wires with ground return*. Bell Syst. Tech. Journ, Vol. 5, pp. 539, 1929.

# 5. Plan de Evaluación

SEMANA	CONTENIDO PROGRAMÁTICO	MODALIDAD DE EVAL. Y PONDERACIÓN	FECHA DE EVALUACIÓN
1 28 Abr- 1May	Introducción a los sistemas de potencia y transporte de energía		
2 5-10 May	Elementos mecánicos y eléctricos de líneas de transmisión aéreas. Tipos y Clasificación de Conductores, Aislantes, soportes y Elementos especiales. Importancia de las líneas de transmisión		
3 12-17 May	Resistencia AC y DC de un conductor. Densidad de corriente, Efecto proximidad. Enlaces de flujo entre dos puntos externos a un conductor aislado. Inductancia de una línea bifilar monofásica.		
4 19-24 May	Enlaces de flujo de un conductor a un grupo. Inductancia de líneas de cables. Influencia sobre líneas muestras o líneas telefónicas de los enlaces de flujo.		
5 26-31 May	Cálculo de Radio Medio Geométrico de un conductor sólido en haz. Cálculo de la Distancia Media Geométrica. Inductancia de línea trifásica con disposiciones equiláteras, paralelas, en haz y simétricas. Uso de Tablas		
6 2-7 Jun	Campo eléctrico de un conductor recto de gran longitud. Diferencia de potencial entre dos conductores que forman parte de un grupo de conductores. Capacitancia de una línea trifásica con disposiciones equiláteras, paralelas, simétricas.		
7 9-14 Jun	Evaluación Escrita	EP 1 30%	Viernes 13-06-2008

# 5. Plan de Evaluacion

SEMANA	CONTENIDO PROGRAMÁTICO	MODALIDAD DE EVAL. Y PONDERACIÓN	FECHA DE EVALUACIÓN
8 16-21 Jun	Efecto del suelo sobre la capacitancia de las líneas trifásicas. Uso de tablas. Matriz de Capacitancia. Reducción de Kron		
9 23-28 Jun	Matriz de Capacitancia. Reducción de Kron		
10 30 Jun-5 Jul	Relación tensión y corriente en una línea de transmisión. Modelos de líneas de transmisión en función de su longitud		
11 7-12 Jul	Evaluación Escrita	EP 2 30%	Viernes 11-07-2008
12 14-19 Jul	Cálculo de la caída de tensión, pérdidas de potencia activa y reactiva en líneas de transmisión		
13 21-26 Jul	Diagrama de operación de la línea de transmisión. Teoría de onda viajera	Preparaduria 10%	
14 28 Jul-2 Agt	Evaluación Escrita y Entrega de Calificaciones	EP 3 30%	Lunes 28/07/2008

## 6. Material del Curso

---

- Material del Prof. Francisco M. Gonzalez-Longatt
- Visitar:

<http://www.giaelec.org/fglongatt/LT.htm>