



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR
DE
INGENIEROS DE MINAS

Ríos Rosas, 21
28003 MADRID.

DEPARTAMENTO DE
SISTEMAS ENERGÉTICOS

PROGRAMA DE LA ASIGNATURA
INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ENERGÉTICA

Curso : 2º
Cuatrimestre : 2º
Carácter : Troncal

Créditos totales
Teóricos : 3,7
Prácticos : 3,8

PLAN DE ESTUDIOS 1996

Edición 1: 1998.09.01

INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ENERGÉTICA : PROGRAMA

a) OBJETIVOS Y CONTENIDOS

BLOQUE 1: Transformaciones energéticas.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- 1.1 Conocer la importancia de la energía eléctrica.*
- 1.2 Conocer las fuentes de energía típicas que pueden ser utilizadas para su conversión en energía eléctrica.*
- 1.3 Conocer los métodos más usuales de conversión energética.*
- 1.4 Conocer los ordenes de magnitud de la energía y otras variables eléctricas en diferentes procesos.*
- 1.5 Conocer las energías renovables y su impacto en la situación eléctrica actual.*

CONTENIDOS:

1.1: INTRODUCCIÓN HISTÓRICA DE LA ELECTRICIDAD. IMPORTANCIA DE SU USO.

- Ordenes de magnitud de la energía en diversos procesos.

1.2: FUENTES DE ENERGÍA USUALES.

- Energía química. Carbón. Petróleo. Gas natural.
- Energía nuclear. Fusión. Fisión.
- Energía potencial. Agua.

1.3: MÉTODOS USUALES DE CONVERSIÓN ENERGÉTICA.

- Centrales eléctricas. Esquemas de funcionamiento. Hidráulicas. Térmicas. Fisión. Otras.
- Cogeneración.
- Ordenes de magnitud de los rendimientos de los procesos de conversión.

1.4: ENERGÍAS RENOVABLES.

- Solar térmica y fotovoltaica.
- Energía eólica.
- Otras.

BLOQUE 2: Componentes de los circuitos.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- 2.1 Explicar los modelos verbal y matemático e interpretar los efectos físicos de los elementos pasivos y activos de un circuito, considerados como ideales.
- 2.2 Comprender el concepto de circuito equivalente.
- 2.3 Representar e interpretar el circuito equivalente de elementos pasivos.
- 2.4 Explicar el circuito equivalente de la fuente real de tensión y de la fuente real de intensidad (Teoremas de Thevenin y Norton).
- 2.5 Aplicar linealización a componentes reales básicos.
- 2.6 Desarrollar modelos simples lineales de elementos no eléctricos, como componentes de máquinas eléctricas.

CONTENIDOS:

2.1: INTRODUCCIÓN.

- Modelos de los componentes. Propiedades.
- Conceptos de linealidad y superposición.
- Componentes simples eléctricos y no eléctricos de una máquina.
- Ejemplos de circuitos simples.

2.3: HERRAMIENTAS MATEMÁTICAS.

- Aplicación de la transformada de Laplace a los modelos.
- Notación operacional.
- Impedancia e inmitancia operacionales.

2.4: COMPONENTES ELÉCTRICOS Y MODELOS.

- Dipolos pasivos : Efecto resistivo, resistencia. Efecto capacitivo, condensador. Efecto inductivo, bobina.
Dipolos no lineales, diodos.
- Dipolos activos : Fuentes independientes, tensión, corriente. Fuentes dependientes.
Teoremas de Thevenin y Norton.
Potencia . Convenios generador y receptor. Teorema de la máxima transferencia de potencia.
- Cuadripolos pasivos : Definición. Parámetros. Modelos equivalentes.
Ejemplos: Bobinas acopladas, transformador ideal, otros.
- Cuadripolos activos : Amplificador operacional. Principios. Características ideales.

2.5: COMPONENTES NO ELÉCTRICOS QUE FORMAN PARTE DE UNA MÁQUINA ELÉCTRICA. MODELOS.

- Dipolos pasivos : Mecánicos de traslación, masa, resorte, rozamiento. Mecánicos de rotación, momento de inercia, resorte, rozamiento. Térmicos, resistencia, capacidad.
- Cuadripolos : Mecánicos de traslación, palanca. Mecánicos de rotación, engranajes.

2.6: APROXIMACIÓN LINEAL DE LOS MODELOS.

- Ventajas y limitaciones de la aproximación lineal.
- Modelo para pequeña señal del transistor bipolar, a partir de las curvas características.

BLOQUE 3: Ecuaciones de los Sistemas.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- 3.1 *Conocer las características, ecuaciones, transformada de Laplace y aplicaciones de las señales excitación y sus derivadas.*
- 3.2 *Establecer la ecuación temporal de un circuito.*
- 3.3 *Distinguir entre respuesta permanente y transitoria a partir de la solución de la ecuación.*
- 3.4 *Resolver circuitos, planteando sus ecuaciones y aplicando el cálculo operacional.*
- 3.5 *Comprender y aplicar el cálculo operacional para la resolución de circuitos con condiciones iniciales.*
- 3.6 *Conocer el concepto de función de transferencia.*
- 3.7 *Interpretar los teoremas del valor inicial y final a partir de una entrada excitación dada.*
- 3.8 *Deducir las ecuaciones e interpretar la respuesta temporal de circuitos.*
- 3.9 *Interpretar la representación en el plano de Evans y su relación con la respuesta temporal.*
- 3.10 *Comprender el concepto de polo dominante y su influencia en la respuesta temporal.*
- 3.11 *Resolver las ecuaciones de cuadripolos pasivos lineales y establecer modelos equivalentes.*

CONTENIDOS:

3.1: FUNCIONES EXCITACIÓN. SEÑALES.

- Excitación continua. Señales aleatorias.
- Funciones escalón, impulso, rampa. Expresión operacional.
- Funciones periódicas: senoidal, senoidal rectificada, tren de impulsos, diente de sierra. Expresión operacional. Gama de frecuencias
- Valores característicos de las señales periódicas: medio, eficaz, pico-pico. Factor de forma.

3.2: ESTUDIO DE LOS CIRCUITOS.

- Estudio de circuitos simples: componentes.
- Planteamiento y resolución de las ecuaciones de un circuito.
- Respuestas permanente y transitoria. Interpretación.

3.3: DESCRIPCIÓN EXTERNA DE LOS CIRCUITOS.

- Aplicación del cálculo operacional a la resolución de circuitos.
- Función de transferencia. Interpretación.
- Resolución con condiciones iniciales no nulas.
- Teoremas del valor inicial y final para una excitación dada.
- Circuitos de primer orden. Respuesta a una entrada escalón e impulso. Constante de tiempo. Ejemplos.
- Circuitos de segundo orden. Respuesta a una entrada escalón. Resonancia y amortiguación. Ejemplos.
- Circuitos de orden superior.
- Representación en el plano de Evans de los polos y ceros de la función de transferencia. Polo dominante. Interpretación.

3.4: CUADRIPOLOS PASIVOS LINEALES.

- Ecuaciones.
- Modelos equivalentes: Matrices de impedancia, admitancia, de parámetros híbridos y de transmisión.

Bloque 4: Régimen Armónico.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- 4.1 *Desarrollar la respuesta de un circuito sometido a una excitación senoidal, en régimen permanente, a partir de la función de transferencia.*
- 4.2 *Comprender y aplicar el método de cálculo simbólico a circuitos en régimen senoidal permanente.*
- 4.3 *Comprender el concepto de inmitancia compleja y su terminología.*
- 4.4 *Construir e interpretar la respuesta frecuencial de un circuito simple.*
- 4.5 *Representar mediante diagramas de Bode y Nyquist la respuesta frecuencial.*
- 4.6 *Interpretar en el dominio de la frecuencia la respuesta de un circuito.*
- 4.7 *Aplicar lo anterior al estudio de circuitos de primer orden, segundo orden y orden superior.*

CONTENIDOS:

4.1: RESPUESTA PERMANENTE DE UN CIRCUITO LINEAL A UNA ENTRADA SENOIDAL.

- Función de transferencia en el dominio de la frecuencia.
- Módulo y argumento.

4.2: RESOLUCIÓN DE CIRCUITOS.

- Método simbólico.
- Fasores y versores.
- Aplicaciones a componentes simples. Inmitancia compleja.

4.3: RESPUESTA FRECUENCIAL.

- Representación gráfica de la respuesta frecuencial. Diagramas de Bode y Nyquist.
- Interpretación de los diagramas de Bode y Nyquist.

4.4: CIRCUITOS DE PRIMER ORDEN.

- Función de transferencia.
- Pulsación de corte.
- Ejemplos de circuitos eléctricos, térmicos y mecánicos

4.5: CIRCUITOS DE SEGUNDO ORDEN.

- Función de transferencia.
- Pulsación de corte y resonancia. Factor de calidad.
- Ejemplos de circuitos eléctricos, térmicos y mecánicos

4.6: CIRCUITOS DE ORDEN SUPERIOR.

- Resolución de circuitos de orden superior a partir de los de primer y segundo orden.

BLOQUE 5: Circuitos Eléctricos de Potencia.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- 5.1 *Comprender los conceptos de potencia instantánea, media y fluctuante.*
- 5.2 *Representar vectorialmente diagramas de tensiones, corrientes e impedancias e interpretarlos.*
- 5.3 *Comprender los conceptos de potencia activa, reactiva y aparente y su representación vectorial.*
- 5.4 *Comprender y aplicar el teorema de Boucherot.*
- 5.5 *Conocer y comprender el concepto de factor de potencia y su importancia económica.*
- 5.6 *Conocer el fundamento de las diversas configuraciones para la medida de potencias.*
- 5.7 *Comprender y aplicar el teorema de la máxima transferencia de potencia.*
- 5.8 *Comprender la importancia técnica de los circuitos polifásicos.*
- 5.9 *Conocer los conceptos de tensiones y corrientes simples y compuestas.*
- 5.10 *Resolver circuitos polifásicos mediante la reducción a un circuito monofilar equivalente.*
- 5.11 *Conocer los métodos de medida de potencias en circuitos trifásicos.*
- 5.12 *Conocer el concepto de sistema desequilibrado y aplicarlo a situaciones de desequilibrio simples.*

CONTENIDOS:

5.1: CIRCUITOS DE POTENCIA EN RÉGIMEN ARMÓNICO.

- Potencias instantánea, media y fluctuante.
- Diagramas vectoriales de tensión, corriente e impedancias.
- Potencia Compleja: potencia activa, reactiva y aparente. Triángulo de potencias.

5.2 CONSERVACIÓN DE POTENCIAS.

- Teorema de Boucherot.
- Teorema de la máxima transferencia de potencia en régimen armónico.
- Aplicación al cálculo de circuitos de potencia.

5.3: FACTOR DE POTENCIA.

- Concepto.
- Importancia económica y de diseño de los circuitos.
- Corrección. Métodos y cálculo de compensación.

5.4: MEDIDA DE POTENCIAS.

- Vatímetros y varímetros.
- Contadores de energía.

5.5: CIRCUITOS POLIFÁSICOS.

- Concepto y justificación.
- Diagramas vectoriales.
- Circuitos trifásicos. Justificación de su uso en circuitos eléctricos de potencia.
- Estudio de circuitos trifásicos. Reducción a esquema unifilar.
- Conexiones estrella-triángulo. Modelo por fase. Tensiones y corrientes de línea y de fase.

- Potencias activa, reactiva y aparente en circuitos trifásicos.
- Corrección del factor de potencia.
- Medición de potencias. Configuraciones. Conexión Aaron.

5.6: CIRCUITOS DESEQUILIBRADOS.

- Concepto.
- Componentes simétricas.
- Aplicación al cálculo de configuraciones simples: cortocircuitos y cargas desequilibradas

BLOQUE 6: Generación, transporte y distribución de la energía eléctrica.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- 6.1 Conocer las características fundamentales que influyen en la generación y transporte de la energía eléctrica.*
- 6.2 Conocer los componentes de un sistema eléctrico de potencia y su simbología.*
- 6.3 Conocer la finalidad del uso de transformadores de potencia.*
- 6.4 Comprender y aplicar el cálculo del rendimiento y calentamiento en transformadores.*
- 6.5 Conocer la utilidad de los transformadores de medida y sus características fundamentales.*
- 6.6 Conocer los elementos de transporte de la energía eléctrica y sus circuitos equivalentes.*
- 6.7 Conocer las diversas topologías de distribución.*

CONTENIDOS:

6.1: INTRODUCCIÓN.

- Singularidades de los circuitos eléctricos de potencia.
- Curvas típicas de carga.
- Producción, consumo y pérdidas. Magnitudes.

6.2: COMPONENTES.

- Generadores. Modelo equivalente simple.
- Líneas. Modelo equivalente simple.
- Aparatación básica. Justificación.
- Cargas. Trifásicas y monofásicas. Compensación del factor de potencia.

6.3: FUNDAMENTOS DE LOS TRANSFORMADORES DE POTENCIA.

- Determinación de circuito equivalente a partir de los parámetros característicos fundamentales.
- Pérdidas y rendimientos. Balance energético.
- Caídas de tensión.
- Transformadores trifásicos. Conexiones. Índice horario. Conexiones normalizadas. Aplicaciones.
- Transformadores de medida. Finalidad. Parámetros. Errores y clase de precisión.

6.4: CIRCUITOS DE DISTRIBUCIÓN.

- Topologías simples típicas de redes de distribución.
- Garantía del servicio.
- Aplicación a la minería.

b) BIBLIOGRAFÍA

BÁSICA:

- Apuntes propios.
- RAS, E., 1972. Teoría de Circuitos. Fundamentos. Boixareu Editores/MARCOMBO, 1972.
- RAS, E., 1985. Transformadores de Potencia, Medida y Protección. Boixareu Editores/MARCOMBO, 1985.
- SCOTT, D.E., 1988. Introducción al Análisis de Circuitos. Un enfoque sistémico. MacGraw - Hill, 1988.

COMPLEMENTARIA:

- UNESA, 1987. Centrales Eléctricas, 1987.
- WEEDY, B.M., 1978. Circuitos Eléctricos de Gran Potencia. Reverté, 1978.
- WILHELMI AYZA, J.R., 1997. Análisis de Sistemas Hidroeléctricos. E.T.S.I. de Caminos, 1997.