



# Planificaciones

8506 - Máquinas Eléctricas I

Docente responsable: PODESTA HORACIO EDUARDO

## OBJETIVOS

Que los alumnos de la carrera Ingeniería Electricista puedan:

- Comprender los principios de conversión de energía y sus aplicaciones a las máquinas eléctricas.
- Reconocer las distintas máquinas eléctricas y la función de sus elementos.
- Analizar los principios de funcionamiento de las mismas y determinar sus características y aplicaciones.
- Resolver ejercicios referentes al funcionamiento y aplicación de las máquinas eléctricas en régimen permanente.
- Planear circuitos y ensayos para la verificación de características de las máquinas eléctricas.
- Realizar los ensayos de laboratorios planeados y de norma.

## CONTENIDOS MÍNIMOS

-

### PROGRAMA SINTÉTICO

1 REACTOR: Circuitos magnéticos en corriente alterna. Tensión inducida, energía y pérdidas. Armónicas. Modelos circuitales, fasoriales. Estimación de parámetros.

2 TRANSFORMADOR: Descripción, usos, construcciones y aplicaciones típicas. Transformador ideal y real. Flujos, ecuaciones, circuitos equivalentes y fasoriales. Determinación de parámetros. Características. Funcionamiento en paralelo. Autotransformador. Transformadores trifásicos. Aspectos constructivos.

3 MAQUINAS CON ROTOR A ANILLOS: Rotores a anillos y a colector. Arrollamientos. Fuerzas magnetomotrices, componentes, factores. Flujo por polo. Tensiones inducidas. Armónicas. Cupla.

4 MAQUINA ASINCRÓNICA TRIFÁSICA: Descripción. Diagramas fasorial y vectorial. Resbalamiento. Frecuencias. Ecuaciones. Modelos circuitales. Potencias y cupla. Características. Funcionamiento como motor, generador y freno. Ensayos. Arranque y control de la velocidad. Frenado.

5 MÁQUINA SINCRÓNICA TRIFÁSICA: Descripción. Máquinas con rotor cilíndrico y de polos salientes Diagramas fasoriales y vectoriales. Modelos, reactancias, potencias y cupla. Características. Ensayos. Funcionamiento como generador independiente y conectada a una red.

6 MÁQUINAS CON ROTOR A COLECTOR: Arrollamientos a colector. Fuerzas magnetomotrices. Tensiones inducidas y cupla.

7 MÁQUINA DE CORRIENTE CONTINUA: Descripción, aplicaciones, formas de excitación. Tensión inducida y cupla. Reacción de inducido. Conmutación. Funcionamiento como generador, características con distintas modalidades de excitación.

Funcionamiento como motor. Características. Arranque y control de la velocidad.

8 MÁQUINAS DE CORRIENTE ALTERNA A COLECTOR: Descripción, principio de funcionamiento, características y aplicaciones del motor monofásico serie, del motor repulsión y del motor Schräge.

### PROGRAMA ANALÍTICO

1 REACTOR: Circuitos magnéticos con corriente continua y con corriente alterna. Tensión inducida y factor de forma. Energía y pérdidas magnéticas. Dependencias funcionales. Núcleos lineales y alineales, conservativos y no conservativos, obtención gráfica de las ondas de corriente. Armónicas. Modelos circuitales. Fasoriales equivalentes. Estimación de parámetros a partir de datos constructivos de mediciones experimentales.

2 TRANSFORMADOR (I): Aspectos constructivos, formas típicas, campos de Aplicacion. Núcleos. Arrollamientos. Valores nominales. Transformador ideal. Reducción de magnitudes y parámetros. Flujos mutuo y dispersos. Ecuaciones eléctricas y magnéticas. Circuito equivalente. Modelos aproximados. Fasoriales. Funcionamiento en vacío y en cortocircuito. Determinación experimental de parámetros.

3 TRANSFORMADOR (II): Funcionamiento en carga. Regulación. Pérdidas y rendimiento. Valores por unidad. Autotransformador, ecuaciones, circuito equivalente, fasorial, transferencia conductiva e inductiva, economía. Funcionamiento en paralelo de transformadores monofásicos. Corriente de circulación y reparto de carga. Transformadores trifásicos. Aspectos constructivos. Valores por unidad trifásicos.

4 MÁQUINAS CON ROTOR A ANILLOS (I): Máquinas rotativas normales. Bases de funcionamiento y modelos elementales. Rotores a anillos y a colector. Arrollamientos a anillos. Terminología. Aspectos constructivos. Conexión entre conductores activos y bobinas para la formación de bobinados prácticos. Distribución de la fuerza magnetomotriz en el entrehierro. Construcción y análisis. Componente fundamental y armónicas. Bobinados distribuidos y de paso acortado. Factores de arrollamiento. Ondas de fuerza magnetomotriz para campos constante, alterno y giratorio.

5 MÁQUINAS CON ROTOR A ANILLOS (II): Flujo por polo y flujo concatenado en máquinas cilíndricas. Las tensiones inducidas de rotación, transformación y deslizamiento. El factor de hélice. Armónicas en máquinas trifásicas. Cupla por interacción de fuerzas magnetomotrizes en máquinas isótropas. Las leyes Blv y Bli de tensión inducida y fuerza electromagnética. La regla del látigo. Características de salida de motores y generadores eléctricos. Los valores nominales.

6 MÁQUINA ASINCRÓNICA TRIFÁSICA (I): Aspectos constructivos. Rotores en cortocircuito y con anillos rozantes. Diagramas fasorial (temporal) y vectorial (espacial). Regulador de inducción trifásico. Rotor en movimiento. Resbalamiento. Frecuencias. Ecuaciones de tensión y de fuerza magnetomotriz. Reducción de magnitudes al estator. Modelos circuitales. Balance de potencias. Equivalente de Thevenin. Corrientes. Cupla. Diagrama circular. Potencias eléctrica, de campo y electromecánica. Escalas.

7 MÁQUINA ASINCRÓNICA TRIFÁSICA (II): Curvas características. Funcionamiento como motor, generador y freno. Fasoriales. Determinación de parámetros por medio de ensayos. Influencia de los parámetros sobre las características de funcionamiento. El rotor bobinado, el arranque y el control de la velocidad por variación de la resistencia rotórica. El rotor en cortocircuito. Reducción de magnitudes al estator.

8 MÁQUINA ASINCRÓNICA TRIFÁSICA (III): Arranques directo, estrella-triángulo, con autotransformador, con resistencias estatóricas, suave y con resistencias rotóricas. La corriente de línea y la cupla. Rotor de ranura profunda y de doble jaula. Circuito equivalente. Control de la velocidad por variación del número de polos, de la frecuencia estatórica y del resbalamiento. Frenado con corriente continua.

9 MÁQUINA SINCRÓNICA TRIFÁSICA (I): Aspectos constructivos. Máquinas cilíndricas, y de polos salientes. Generador cilíndrico independiente. Diagrama fasorial-vectorial. Circuitos equivalentes. Reactancias. Saturación. Potencia y cupla. Características. Método de Potier. Método de la reactancia sincrónica saturada. Regulación de tensión. Ensayos indirectos.

10 MÁQUINA SINCRÓNICA TRIFÁSICA (II): La máquina sincrónica de polos salientes. Fasorial-vectorial. Reactancias. El generador independiente y su comparación con la máquina cilíndrica. Potencia y ángulo de potencia. Cuplas de excitación y de reluctancia. Características.

11 MÁQUINA SINCRÓNICA TRIFÁSICA (III): Máquina conectada a una red rígida. Funcionamiento como generador y motor. Potencias. Curvas en "V". El compensador sincrónico. Diagramas bicircular y de conoides. Límites. Determinación experimental de las reactancias longitudinal y transversal. La puesta en sincronismo con la red. Arranque del motor sincrónico.

12 MÁQUINAS CON ROTOR A COLECTOR: Arrollamientos a colector. Aspectos constructivos. Funcionamiento del colector. Distribución de la fuerza magnetomotriz en el entrehierro. Extracciones diametrales, a cuerdas y trifásicas. Desarrollo de campo constante, alterno y giratorio. Inducido a colector en los campos anteriores. Tensiones inducidas de transformación, rotación y de resbalamiento. Amplitudes y frecuencia. Influencia de la posición de las escobillas. Cupla función del espacio y del tiempo.

13 MÁQUINA DE CORRIENTE CONTINUA (I): Distribución de la inducción magnética en el entrehierro. Tensión inducida y cupla en base a Blv y Bli. Formas de excitación. Reacción de inducido. Efectos. Compensación. Conmutación. Polos auxiliares. Característica en vacío. Generador de excitación independiente. Autoexcitación. Generadores derivación, serie y compuesto. Características magnética en carga, externa y de regulación.

14 MÁQUINA DE CORRIENTE CONTINUA (II): Máquina conectada a la red. Funcionamiento como motor y como generador. Motores derivación, serie y compuesto. Características. Arranque. Control de velocidad. Grupo Ward Leonard. Máquinas de campo transversal.

15 MÁQUINAS DE CORRIENTE ALTERNA A COLECTOR: Motor monofásico serie. Construcción. Ecuaciones de tensión y cupla. Fasorial. Características. Control de la velocidad. Compensación conductiva e inductiva. Conmutación. Polos auxiliares. Motor monofásico a repulsión. Características. Control de la velocidad. Motor Schräge. Construcción. Diagramas fasoriales. Curvas características. Control de la velocidad y del factor de potencia.

## **BIBLIOGRAFÍA**

E.E. Staff del MIT: "Circuitos Magnéticos y Transformadores", Ed. Reverte.

J. HINDMARSH: "Máquinas Eléctricas y sus Aplicaciones", Ed. URMO S.A.

A.E.FITZGERALD, C. KINGSLEY Jr. y A. KUSKO: "Máquinas Eléctricas" 3ra. edición, Ed. Mc.GRAW-HILL.

M. KOSTENKO, L PIOTROVSKI. MAQUINAS ELECTRICAS tomo I y II. Editorial MIR.

J. PICHOR. CURSO DE ELECTROTECNIA Tomos III, IV y V.

V. GOURISHANKAR: "Conversión de Energía Electromecánica", Ed. Internacional Textbook Co.

M. CORTES CHERTA: "Curso Moderno de Máquinas Eléctricas Rotativas", tomos I a IV, Ed. Técnicos Asociados.

G.R. SLEMON: "Electric Machines and Drives", Ed. Addison Wesley Publishing Co. Inc.

MATSCH. Máquinas Electromagnéticas y Electromecánicas

N. A. LEMOZY: Apuntes y guías de clase. Apuntes: Reactor, Campos y fem en máquinas de anillos, bobinados de anillo y de colector, Diagrama circular de MA, Diagrama bicircular y de conoides de MS, Fmm y Fem en arrollamientos de colector, máquinas de colector de CA.

## **RÉGIMEN DE CURSADA**

### **Metodología de enseñanza**

CLASE TEÓRICA OBLIGATORIA: donde se explican los fundamentos teóricos de los temas del programa analítico, de acuerdo al calendario y eventualmente se visita el laboratorio para observar elementos reales.

CLASE TEÓRICO PRÁCTICA OBLIGATORIA: en ella se complementa la clase teórica con ejemplos numéricos de aplicación de la teoría y/o se explican temas teóricos que por su naturaleza son afines a la realización de los trabajos prácticos, en particular los de laboratorio.

CLASE DE EXPLICACIÓN DE T.P. Y PROBLEMAS OBLIGATORIA: en la misma se planean y analizan los trabajos prácticos de laboratorio, se corrigen los ya realizados y se discuten problemas de aplicación resueltos por la cátedra.

CLASE DE LABORATORIO OBLIGATORIA: se realizan los trabajos prácticos de laboratorio planeados en la clase de explicación.

### **Modalidad de Evaluación Parcial**

EVALUACIONES PARCIALES: la materia se divide en dos partes y, de acuerdo a las disposiciones vigentes, se toma un examen parcial teórico práctico, escrito, y dos recuperatorios, pudiéndose completar con interrogatorios orales y presentación de trabajos especiales.

TRABAJOS PRÁCTICOS: Los alumnos que hayan aprobado el parcial, los trabajos prácticos de laboratorio, dentro de los plazos establecidos, y hayan cumplido con el 75 % de asistencia a la totalidad de las clases, serán habilitados para rendir el Coloquio Integrador de la materia.

COLOQUIOS: son teórico prácticos, integradores, con una primera parte escrita y se concluyen en forma oral. Las oportunidades y plazos para rendirlos son las establecidas por las reglamentaciones vigentes.

## CALENDARIO DE CLASES

Semana	Temas de teoría	Resolución de problemas	Laboratorio	Otro tipo	Fecha entrega Informe TP	Bibliografía básica
<1> 09/03 al 14/03	Reactor en aire y con núcleo. Modelos. Estimación de parámetros.	Problemas 1.1/3/4/5		Transformador: descripción, funcionamiento, valores nominales. Diapositivas de transformadores		Aptes N.A. Lemozy. Staff del MIT.
<2> 16/03 al 21/03	Transformador ideal y real. Circuitos equivalentes. Ensayos en Vacío y en cortocircuito. Valores p.u. y %.	Problemas 2.2 y 2.3.		Preparación T.P. 1.		Hindmarsh. Kostenko. Aptes N.A. Lemozy.
<3> 23/03 al 28/03	Rendimiento y regulación. Paralelo de transformadores Autotransformador.	Problemas 2.2; 3.1/2; 4.1/2 y 5.1.		Preparación T.P. 2		Hindmarsh. Kostenko.
<4> 30/03 al 04/04	Principios de las máquinas rotativas, distintos tipos. Arrollamientos a anillos. Fmm Factores.		T.P. 1: Transformador monofásico.	Mostración de máquinas en laboratorio.		Hindmarsh. Pichoir tomo III
<5> 06/04 al 11/04	Arrollamientos a anillos: Flujo, Fem inducida. Cupla en máquina isotropa.	Prob 6.1/2.	T.P. 2: Paralelo de transformadores			Pichoir tomo III. Apuntes campo rotante y Cupla.
<6> 13/04 al 18/04	Máquina Asíncrona trifásica: introducción, circuito equivalente. Potencias, cupla, fasorial. M-G-F.	Problemas de arrollamientos.		Preparación T.P. 3.	T.P. 1.	Pichoir tomo III. Kostenko
<7> 20/04 al 25/04	Máquina Asíncrona: Funcionamiento como motor, generador y freno (continuación). Diagrama circular. Métodos de Arranque.		T.P. 3: Campos en máquina a anillos.		T.P. 2.	Hindmarsh. Pichoir tomo IV
<8> 27/04 al 02/05	Máquina asíncrona: Métodos de Arranque. Control de la velocidad. Rotores especiales.	Problemas 7.1/2/3/4 y 5.		Preparación T.P.4. Diagrama circular.		Hindmarsh. Pichoir tomo IV

Semana	Temas de teoría	Resolución de problemas	Laboratorio	Otro tipo	Fecha entrega Informe TP	Bibliografía básica
	Máquinas monofásicas. Formas de arranque.					
<9> 04/05 al 09/05	Máquina sincrónica. Tipos constructivos y principio de funcionamiento. Vacío. Cortocircuito. Potier. Modelos cilíndricos. Características externas y regulación.	Problemas, clase repaso.	T.P. 4: Máquina asincrónica.		T.P. 3.	Hindmarsh.  Apuntes variación velocidad
<10> 11/05 al 16/05	Máquina sincrónica de polos salientes. Modelo d-q. Fasoriales. Cupla.			Preparación T.P.5 y 6.		Hindmarsh. Kostenko. Matsch.
<11> 18/05 al 23/05	Parcial.		T.P. 5: Máquina sincrónica independiente.		T.P. 4.	Kostenko. Hindmarsh Complementos TP
<12> 25/05 al 30/05	Máquina sincrónica c/red. Puesta en paralelo y puesta en marcha. Diagramas bicircular y de concoides. Límites.	Problemas 9.1/2/3	T.P. 6: Máquina sincrónica en paralelo c/red.			Hindmarsh. Kostenko. Apunte Diagr. Bicircular y Concoides.
<13> 01/06 al 06/06	Arrollamientos a colector: Fundamentos. Fmm, fem inducidas. Cupla.	Prob. 12.1/2		Preparación T.P. 7. Desarrollo de arrollamientos a colector.	T.P. 5.	Apunte fmm, fem y cupla en máq de colector
<14> 08/06 al 13/06	Máquina de CC: principio de funcionamiento. Ecuaciones de E, Te y U. Reacción de inducido. Funcionamiento como generador. Autoexcitación. Curvas características.	Problemas 13.1/2/3/4/5	T.P. 7: Campos en máquina a colector.		T.P. 6.	Hindmarsh Kostenko
<15> 15/06 al 20/06	Máquina de CC: funcionamiento como motor. Puesta en marcha, control de la velocidad. Curvas características.	Problemas 14.1/2/3.		Preparación T.P. 8.		Kostenko. Aptes máquinas de colector de CA.
<16>	Conmutación.		T.P. 8: Máquina		T.P. 7.	Hindmarsh.

Semana	Temas de teoría	Resolución de problemas	Laboratorio	Otro tipo	Fecha entrega Informe TP	Bibliografía básica
22/06 al 27/06	Máquinas a colector de CA, características		a colector de CC.		T.P. 8 en receso.	Kostenko. Apte conmutación.

## CALENDARIO DE EVALUACIONES

### Evaluación Parcial

Oportunidad	Semana	Fecha	Hora	Aula
1º	11	29/10	14:30	E-7
2º	13	12/11	14:30	E-7
3º				
4º				
Observaciones sobre el Temario de la Evaluación Parcial				
El temario incluye desde el inicio de la materia al menos hasta maquinas asincrónicas inclusive.				