



INGENIERÍA ELÉCTRICA

PROGRAMA DE ASIGNATURA

ACTIVIDAD CURRICULAR: MAQUINAS ELECTRICAS I

Código : 950528

Año Académico: 2017

Área: MAQUINAS ELECTRICAS

Bloque: TECNOLOGIAS BASICAS

Nivel: 3°. **Tipo:** Obligatoria

Modalidad: Anual

Carga Horaria total: Hs Reloj: 144 Hs. Cátedra: 192

Carga horaria semanal: Hs Reloj: 4h 30min Hs. Cátedra: 6

Composición del equipo docente

Profesores Titulares:

Profesores Asociados:

Profesores Adjuntos: Ing. Roberto WULF

Auxiliares JTP: Ing. Sergio ROATTA

Auxiliares ATP 1°: Ing. Pablo YORNET

Auxiliares ATP 2°:

FUNDAMENTACIÓN

Máquinas Eléctricas I, es la primera asignatura de la carrera que inicia al alumno en el estudio y análisis del comportamiento de las Máquinas Eléctricas, comenzando con la más elemental, como es el transformador y finalizando con las máquinas de velocidad variable como son las Máquinas de Corriente Continua. La modelización de las mismas requiere la integración de conceptos aprendidos en las Ciencias Básicas estudiadas en los niveles anteriores y en Electrotecnia. De ahí su carácter de materia Integradora.



OBJETIVOS

- Introducir al estudiante en el estudio del transformador y de la máquina de corriente continua suministrándole los conocimientos necesarios para encarar el cálculo y proyecto de las mismas en cursos posteriores.
- Desarrollar familiaridad y competencia del estudiante para analizar y modelizar las máquinas eléctricas citadas, empleando técnicas analíticas, gráficas y numéricas y empleando estos conocimientos en la resolución de problemas de aplicación.
- Generar en el estudiante la comprensión de los problemas que le plantea la industria al ingeniero, referente al empleo de las máquinas nombradas y desarrollar en él la habilidad de analizar y solucionar los problemas de manipulación y selección de las más convenientes para cada aplicación, teniendo en cuenta las necesidades presentes y futuras, y sin descuidar el aspecto económico.

CONTENIDOS

a) Contenidos mínimos

- Transformador monofásico.
- Transformador trifásico.
- Autotransformador y transformadores especiales. Transitorios en transformadores.
- Principio de conversión de energía electromagnética.
- Máquina rotante de corriente continua en régimen permanente y transitorio.

Comentarios: Se complementará con ensayos de laboratorio de todas las máquinas, ajustándose a las normas.

b) Contenidos analíticos

Unidad Temática 1: TRANSFORMADOR MONOFASICO

Clasificación y aplicación. Detalles constructivos. Leyes circuitos magnéticos. Flujos concatenados e inductancias. Ley de inducción magnética. Tensiones inducidas en arrollamiento y reactancias.



Definición y funcionamiento del transformador ideal. Transformaciones de tensión, corriente, potencia aparente e impedancia. Ecuaciones de equilibrio, circuito equivalente y diagrama vectorial del transformador ideal en condiciones de carga instantánea y aparente.

Análisis de los parámetros del transformador real. Resistencia óhmica de arrollamientos. Resistencia o conductancia equivalente de pérdidas magnéticas del núcleo. Flujos concatenados propios y mutuos. Reactancias propias mutuas de dispersión. Estudio mediante tensiones inducidas y reactancias de dispersión.

Funcionamiento en vacío. Corrientes de magnetización. Pérdidas magnéticas. Ecuaciones y circuito equivalente. Diagrama vectorial. Forma de onda de la corriente en vacío. Armónicas.

Funcionamiento del transformador en carga. Ecuaciones de las f.m.m. del primario y del secundario. Flujos magnéticos y su espectro a plena carga del transformador. Ecuaciones de tensión y de corrientes. Circuitos equivalentes referido y no referido, exacto y aproximado. Diagrama vectorial y características externas para distintos tipos de carga.

Funcionamiento en cortocircuito permanente. Estado magnético del núcleo. Ecuaciones de tensión y de corrientes. Diagrama vectorial. Pérdidas en el cobre. Pérdidas adicionales en el cobre. Tensión de cortocircuito.

Determinación de la regulación de tensión. Determinación de pérdidas y del rendimiento. Régimen de equilibrio térmico. Curva de calentamiento. Servicios del transformador en carga permanente, temporario e intermitente. Aislamiento, clases y ensayos.

Ensayos tipos reglamentados por normas. Ensayos directos e indirectos. Realización de ensayos en vacío y en cortocircuito. Evaluación de ensayos. Determinación de parámetros para circuito equivalente. Determinación de los parámetros a partir de las dimensiones, cálculo de la resistencia de las bobinas y de la reactancia de dispersión. Análisis comparativo de los parámetros del transformador expresados en por unidad y a valores nominales de tensión y corriente. Ejemplos y cálculos numéricos.

Funcionamiento en paralelo de transformadores. Efectos de distintas relaciones de transformación y de distinta impedancia de cortocircuito. Condiciones para distribución correcta de carga común y para igual factor de potencia. Ensayos en oposición de transformadores. Problemas y cálculos numéricos.

Fenómenos transitorios en transformadores. Sobrecorriente de conexión. Cortocircuito instantáneo. Sobretensiones y medidas de protección. Determinación de efectos térmicos y mecánicos de cortocircuitos. Diversos ensayos para evaluar efectos electrodinámicos sobre arrollamientos provocados por cortocircuitos.



Unidad Temática 2: TRANSFORMADOR TRIFASICO

Clasificación y tipos básicos. Características eléctricas de conexiones en estrella, triángulo y zig-zag. Grupos de conexión normalizados. Determinación gráfica y experimental del grupo de conexión.

Funcionamiento en vacío de distintos grupos de conexión. Efecto de tercera armónica y múltiples en conexión estrella-estrella y en núcleos acorazados y de columnas. Neutro oscilante.

Análisis y cálculos de cargas simétricas y asimétricas en distintos grupos de conexión. Efectos magnéticos y eléctricos de carga asimétrica en grupos estrella-estrella. Conexión triángulo abierto de transformadores de potencia. Ensayos del transformador trifásico. Observación y registros de ondas deformadas y de armónicas. Cálculo y Construcción de un transformador trifásico.

Unidad Temática 3: TRANSFORMADORES ESPECIALES

Principio de funcionamiento, ecuaciones circuitos equivalentes y características de los siguientes transformadores: autotransformadores, transformadores de tres arrollamientos, transformador Scott, transformador de soldadura y de rectificación.

Unidad Temática 4: TEORIA DE LAS MAQUINAS DE CORRIENTE CONTINUA

Principio de conversión de energía electromecánica. Discusión de esquema-bloque del generador y motor. Leyes de conversión. Detalles del proceso en la máquina elemental de c.c. Cupla de excitación y de reluctancia. Energías almacenadas y cuplas desarrolladas.

Detalles constructivos de la máquina de corriente-continua. Estator, rotor y colector. Circuito magnético. Detalles magnéticos de cada tramo. Determinación de la f.m.m. necesaria para obtener un flujo determinado. Distribución del campo en el entrehierro.

Arrollamientos de inducido de máquinas de corriente continua. Conexiones y características de arrollamientos imbricados y ondulados. Diagrama y polígono de tensiones.

Tensión inducida en espiras de arrollamiento: Rectificación. Tensión inducida entre escobillas y su expresión analítica. Características en vacío.

Campo magnético del inducido. Reacción del inducido y sus efectos. Arrollamiento de compensación. Distribución de inducción magnética en el entrehierro bajo carga.

Creación de la cupla electromecánica, su expresión analítica. Potencia interna electromecánica. Pérdidas magnéticas y eléctricas. Fenómeno de conmutación. Causas que la empeoran y los métodos de mejoras. Polos auxiliares.



Unidad Temática 5: MAQUINAS DE CORRIENTE CONTINUA COMO GENERADORES

Esquema de conexión, ecuaciones de equilibrio y características principales de los generadores independientes, derivación, serie y compound. Discusión y determinación de características en vacío, en carga y de regulación. Triángulo de carga. Funcionamiento en paralelo. Ensayos de características y del rendimiento. Problemas.

Unidad Temática 6: MAQUINAS DE CORRIENTE CONTINUA COMO MOTORES

Proceso de conversión de energía en un motor de c.c. elemental. Método de arranque del motor. Esquemas de conexión, ecuaciones de equilibrio eléctrico y mecánico. Características mecánicas para motores derivación, serie y compound. Control de velocidad de los motores, serie y derivación. Frenado e inversión de giro. Motores de arranque. Ensayo de características y del rendimiento de motores. Problemas.

Unidad Temática 7: ESTADOS TRANSITORIOS DE UNA MAQUINA DE CORRIENTE CONTINUA

Definición de la máquina ideal de c.c. Parámetros y formulación eléctricos y dinámicos. Funciones de transferencia y diagramas de bloques. Estudio de transitorios eléctricos y mecánicos en funcionamiento como motor en base a ejemplos numéricos y gráficos.

Unidad Temática 8: MAQUINAS ESPECIALES DE CORRIENTE CONTINUA

Máquinas de campo transversal útil. Metadinas. Amplificadores rotativos. Amplidina. Rototrol. Servomotores de corriente continua. Generador de soldaduras.

DISTRIBUCIÓN DE CARGA HORARIA ENTRE ACTIVIDADES TEÓRICAS Y PRÁCTICAS

Tipo de actividad	Carga horaria total en hs. reloj	Carga horaria total en hs. cátedra
Teórica	88	117
Formación Práctica	56	75
Formación experimental	16	22
Resolución de problemas	16	21
Proyectos y diseño	24	32
Práctica supervisada	0	0

ESTRATEGIAS METODOLÓGICAS

- a) Modalidades de enseñanza empleadas según tipo de actividad (teórica-práctica)



El desarrollo del curso se base en exposiciones teóricas del Docente Titular, problemas de aplicación y explicación de las actividades prácticas, y el desarrollo de los trabajos prácticos efectuados en el laboratorio, siendo esta tarea efectuada por el equipo auxiliar, y la colaboración de los Sres. Jefes del Laboratorio y pañolero.

- b) Recursos didácticos para el desarrollo de las distintas actividades (guías, esquemas, lecturas previas, computadoras, software, otros)

Se utilizan apuntes de cátedra, guías de TP, guías de problemas, se proyectan diapositivas de máquinas y se muestran elementos reales en el laboratorio.

EVALUACIÓN

- a) Modalidad (tipo, cantidad, instrumentos)

- Se establecen dos (2) instancias de Examen Parcial durante el período de cursada, con dos (2) instancias de Recuperación por cada una de ellas a desarrollar en los períodos de Diciembre y Febrero según acordada del Consejo Departamental de Eléctrica (CDE).
- En Laboratorio se prevé la ejecución de cuatro (4) Trabajos Prácticos conteniendo cada uno de ellos tres (3) ensayos por los que deberán participar los tres (3) Grupos de Alumnos, establecidos en los inicios de clases, en forma de rotación.
 - Cada Trabajo Práctico dará origen a un (1) informe que deberá ser presentado a los quince (15) días corridos posteriores de los ensayos por los tres (3) Alumnos Responsables designados por cada Grupo. Cada Alumno no podrá ser responsable de más de un (1) Trabajo Práctico.
 - Con la Aprobación del Informe, los Alumnos del Grupo correspondiente podrán acceder a la Defensa (evaluación oral) del mismo presentándose con una (1) copia de dicho informe “Aprobado”. Quedan exceptuados de la evaluación los “Responsables” del Informe aprobado.
 - Para acceder a la Primer Evaluación Parcial, el Grupo al cual pertenece el Alumno deberá tener “aprobado” el Informe del T.P.Nº1 y “presentado” el informe del T.P.Nº2. Para acceder a la Segunda Evaluación Parcial, el grupo al cual pertenece el Alumno deberá tener “aprobado” los Informe del T.P.Nº1, T.P.Nº2, T.P.Nº3 y “presentado” el informe del T.P.Nº4.

- b) Requisitos de regularidad

Se deberá cumplir con:

- Figurar en el Acta de Trabajos Prácticos de acuerdo con la Asistencia registrada por Bedelía.



- Haber asistido al 75 % de las Clases Prácticas de Laboratorio.
- Aprobar los Informes de Trabajos Prácticos en tiempo y en forma a nivel grupo según lo establecido precedentemente.
- Aprobar los Trabajos Prácticos de Laboratorio en Defensa individual.

Cumpliendo todas las condiciones necesarias anteriores, además deberá:

- Aprobar las dos (2) Evaluaciones Parciales mediante examen teórico-práctico con un mínimo de SEIS (6) puntos, ya sea en la fecha original o bien en alguna de las instancias de Recuperación.

La superación con éxito de estas instancias determinarán que el Alumno apruebe la cursada y consecuentemente firme la Asignatura, accediendo a la posibilidad de presentarse a Examen Final.

c) Requisitos de aprobación

La aprobación definitiva se realiza mediante un Examen Final teórico, práctico o teórico-práctico con un mínimo de SEIS (6) puntos.

d) Requisitos para Promoción Directa de la Asignatura

Se deberá cumplir, en principio, con los cuatro (4) primeros requisitos de regularidad indicados en el ítem "b" a saber:

- Figurar en el Acta de Trabajos Prácticos de acuerdo con la Asistencia registrada por Bedelía.
- Haber asistido al 75 % de las Clases Prácticas de Laboratorio.
- Aprobar los Informes de Trabajos Prácticos en tiempo y en forma a nivel grupo según lo establecido precedentemente.
- Aprobar los Trabajos Prácticos de Laboratorio en Defensa individual.

Cumpliendo todas las condiciones necesarias anteriores, además deberá:

- Aprobar las dos (2) Evaluaciones Parciales mediante examen teórico-práctico con un mínimo de OCHO (8) puntos en las fechas originales.
- Si el Alumno no llegara a obtener la calificación mínima de OCHO (8) en uno (1) de los dos (2) Exámenes Parciales, tendrá derecho a acceder en el Primer Recuperatorio con fecha de Diciembre a una Actualización de Nota que dejará sin efecto la del Examen Parcial que estaría recuperando.
 - De obtener una calificación mínima de ocho (8) en el Examen Recuperatorio de Diciembre, y habiendo obtenido una calificación mínima de ocho (8) en el otro



Examen parcial, el Alumno aprobaría la cursada por Promoción Directa y consecuentemente aprobaría la Asignatura.

- La aprobación de los Exámenes Parciales en cualquier condición no enumerada aquí determinará que el Alumno apruebe la cursada y consecuentemente firme la Asignatura, accediendo a la posibilidad de presentarse a Examen Final para su aprobación.

Notas Aclaratorias:

Nota 1: La condición de 75 % de asistencia a las Clases Prácticas de Laboratorio permite no asistir a una (1) de dichas clases para obtener la Regularidad. En tal caso, al Alumno se le asignará un (1) Trabajo de Investigación, Problema o colaboración con teóricos de la Cátedra.

Nota 2: La inasistencia a dos (2) o más Clases Prácticas de Laboratorio determina la baja del Alumno en el curso del año lectivo.

Nota 3: El Alumno que habiendo obtenido una calificación de aprobación en uno de los Parciales hace uso de su derecho a presentarse a la instancia recuperatoria de Diciembre y no alcanzara el nivel mínimo de aprobación, deberá recuperar dicho Parcial en segunda instancia en Febrero para acceder a la Firma de la Asignatura en las condiciones dadas por la Cátedra.

ARTICULACIÓN HORIZONTAL Y VERTICAL CON OTRAS MATERIAS

Articulación vertical

La materia inicia el estudio detallado sobre el funcionamiento de las máquinas eléctricas y sus modelos circuitales equivalentes que continúa en Máquinas Eléctricas II en el siguiente nivel de la carrera. Este conocimiento, permite: la modelización de los sistemas eléctricos de potencia (que se estudian en la materia homónima del 5° nivel), una correcta elección de las mismas en función de sus características en Instalaciones Eléctricas (materia del 4° nivel) y la posibilidad de evaluar diversas aplicaciones y sus correspondientes mandos, en Accionamientos y Controles Eléctricos. Los modelos circuitales equivalentes requieren conocer correctamente la resolución de circuitos que provee Electrotecnia I en el nivel previo.

Articulación Horizontal

Para el estudio de estados transitorios (arranque, parada, cambio de carga) se requieren las herramientas de análisis de Electrotecnia II y para la modelización física, nociones de tecnología de materiales para poder definir los límites de funcionamiento. Electrotecnia II y Tecnología y Ensayos de materiales son materias del mismo nivel de la carrera.



CRONOGRAMA ESTIMADO DE CLASES

Semana	Tema	Tipo de Actividad	
		Teórica	Formación Práctica
1	Introducción al curso + Reglamento Unidad Temática 1	•	
2	Unidad Temática 1	•	•
3	Unidad Temática 1	•	•
4	Unidad Temática 1	•	•
5	TP Laboratorio N° 1 - Ensayos Transformador		•
6	Unidad Temática 1	•	•
7	Unidad Temática 1	•	•
8	Unidad Temática 2	•	
9	Unidad Temática 2	•	•
10	TP Laboratorio N° 2 - Paralelo de Transformadores		•
11	Unidad Temática 2	•	•
12	Unidad Temática 2	•	•
13	Unidad Temática 2	•	•
14	TP Laboratorio N° 3 - Transformadores Trifásicos		•
15	Unidad Temática 3	•	
16	Unidad Temática 3	•	•
17	Unidad Temática 3	•	•
18	Examen Parcial N° 1	-	-
19	Unidad Temática 4	•	
20	Unidad Temática 4	•	•
21	Unidad Temática 4	•	•
22	Unidad Temática 5	•	
23	Unidad Temática 5	•	•
24	Unidad Temática 6	•	
25	Unidad Temática 6	•	•
26	Unidad Temática 6	•	•
27	TP Laboratorio N° 3 - Máquina de Corriente Continua		•
28	Unidad Temática 7	•	
29	Unidad Temática 7	•	•
30	Unidad Temática 8	•	
31	Unidad Temática 8	•	•
32	Examen Parcial N° 2	-	-



BIBLIOGRAFÍA OBLIGATORIA

- M. Kostenko y L. Piotrovsky: *"Máquinas Eléctricas"* Tomo I, .Montaner Simon S. A.Barcelona 1979
- V. Gourishankar: *"Conversión de Energía Electromecánica"*, Ed. Alfaomega. México. 1990
- M. Cortes Cherta: *"Curso Moderno de Máquinas Eléctricas Rotativas"*, tomos II, Ed. Técnicos Asociados.
- Staff del MIT: *"Circuito Magnéticos y Transformadores"* Reverte. México. 1965

BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA

- Lemozy, Norberto A.: Apuntes del CEIT