

Programa Analítico de: MÁQUINAS ELÉCTRICAS (Plan 2005 adecuado)

Especialidad: INGENIERIA ELECTROMECAÁNICA

Nivel: Cuarto Año.

UNIDAD	CONTENIDOS
I	<p>1.1 <u>EL TRANSFORMADOR</u> Concepto básico, tipos constructivos, aplicaciones, vista en corte y principio físico de funcionamiento, vacío y carga. Circuito equivalente, diagrama vectorial, F_{em}, Ejemplo. Relaciones fundamentales: F_{em} por espira, relación de transformación (limitaciones), Ejemplo, corriente secundaria, tensión secundaria, caídas de tensión internas del secundario, corriente de vacío, ecuación de equilibrio en vacío, f_{mm}.total, corriente primaria, tensión primaria, valores reales. Diagrama vectorial completo en carga y conclusiones. Reducción del circuito equivalente a la malla del primario o secundario. Potencia del circuito magnético.</p> <p>1.2 <u>ENSAYOS Y CURVAS CARACTERÍSTICAS</u> Ensayo en vacío: objeto del ensayo, determinación del factor de potencia de vacío y de las componentes histerética y magnetizante de la corriente de vacío. Modelo circuital, ecuaciones de equilibrio y diagrama vectorial del trafo en vacío. Estudio de la I_m. Obtención de pérdidas en el núcleo y de los parámetros de vacío, estudio de la I_h. Circuito equivalente reducido y simplificado del trafo en carga, diagrama vectorial. Variación de la tensión con la carga. Ensayo en cortocircuito, circuito equivalente simplificado y diagrama vectorial, la corriente de cortocircuito permanente, regulación y característica externa. Pérdidas en el hierro, pérdidas en el cobre. Rendimiento y el factor de carga, curvas de rendimiento, el mayor rendimiento, regímenes de carga no constante y el rendimiento del transformador. Selección económica y el tiempo equivalente.</p> <p>1.3 <u>ENSAYOS, PROTECCIONES Y MANTENIMIENTO PREVENTIVO</u> Ensayos de rutina: conmutador, resistencia, relación, polaridad y grupo, vacío, cortocircuito, aislación, ensayo con tensión aplicada e inducida. Ensayos de tipo: calentamiento, con tensiones de impulso, de nivel de ruido, de hermeticidad, a baja presión, del aceite aislante (toma de muestras, análisis de gases, diagnóstico de fallas, tablas, de rigidez dieléctrica, ensayos especiales. Protecciones eléctricas de transformadores de potencia: Tipos de fallas. Objetivos de las protecciones. Tipo de falla y protección que la despeja. Protecciones de transformadores de distribución. Protección de transformadores de potencia superiores a los 5 MVA, descripción de las protecciones. Protección de transformadores de potencia inferiores a los 5 MVA; descripción de las protecciones</p> <p>1.4 <u>POLARIDAD, DESFASE Y SECUENCIA</u> Polaridad propia de un devanado, definición y convenciones. Polaridad relativa de dos devanados, la propiedad fundamental, polaridad aditiva y sustractiva, bornes homólogos. Método de ensayo (Iram 2104), conexiones y ejemplo. Desfase de un sistema, 0° y 180°, conexiones exafásicas (estrella doble, triángulo doble, anillo, triple estrella, dodecafásica), aplicaciones. Desfase de 120°, aplicaciones. Desfase de 60°, aplicación. Conexión zig-zag, correcta e incorrecta, aplicaciones. Desfase entre sistemas, los Grupos de Conexión, convenciones, ejemplos y diagramas vectoriales. Secuencia de fases. Método de ensayo, ejemplos prácticos.</p> <p>1.5 <u>PARALELO DE TRANSFORMADORES TRIFÁSICOS</u> Casos y condiciones, análisis. Primera condición: distintas tensiones, transformador en vacío y en carga, la potencia circulante. Segunda y tercera condición. Cuarta condición, caída de impedancia, caso(a) igual tensión de cortocircuito y sus componentes, caso (b) igual tensión de cortocircuito pero distintas sus componente, caso (c) diferentes tensiones de cortocircuito, conclusiones. Repartición de potencias, potencia a tensión de cortocircuito unitaria.</p>



	1.6	<p><u>EL AUTO TRANSFORMADOR</u> Generalidades, principio de funcionamiento, relación de transformación, el autotrafo en vacío, ecuación de equilibrio y diagrama vectorial. El autotransformador en carga: el transformador ficticio y su relación de transformación, el circuito equivalente de un autotransformador de bajada y de subida, deducción y ecuaciones. Estudio comparativo con el transformador de aislamiento. Relación entre las corrientes de un autotrafo de bajada. Potencia interna o electromagnética, potencia de paso y potencia transferida por conducción, conclusiones. Ventajas e inconvenientes, limitaciones. Conexiones. Tipos constructivos y aplicaciones.</p>
II	2.1	<p><u>MÁQUINA ASINCRÓNICA TRIFÁSICA</u> Descripción, aspectos constructivos, aplicaciones y principio de funcionamiento. Diferentes rotores. Campo Rodante bifásico y trifásico (Teorema de Ferraris). El motor a inducción como transformador: circuito abierto, rotor detenido y la relación de transformación de tensiones, arrollamiento rotórico cerrado (rotor bloqueado) y la relación de transformación de corrientes, rotor girando (motor en marcha), el deslizamiento y la frecuencia rotórica, consecuencias y aplicaciones; Fem. y reactancia secundaria para motor en marcha. Modelo circuital, ecuaciones de equilibrio, Fmm. en marcha y el diagrama vectorial. Circuito equivalente reducido al primario y la relación de transformación de impedancias, la rama en derivación y los cuatro circuitos equivalentes. Potencias: potencia electromagnética o potencia síncrona, las pérdidas en el Cobre y en el hierro. Ciclo de carga variable. Momento motor: deducción, gráfico de la curva par-velocidad, conclusiones, alteraciones de la curva de momento; otras expresiones del momento. Potencia del circuito magnético.</p>
	2.2	<p><u>ENSAYOS</u> Balance Energético. Ensayos de vacío para separación de Pérdidas. Determinación de parámetros del circuito equivalente: ensayo en cortocircuito (rotor bloqueado), valores comunes; pérdidas en el hierro, pérdidas por rozamiento y ventilación, obtención de R_0 y X_0. Influencia de la saturación en los parámetros X_1 y X_2. Influencia del efecto pelicular en los parámetros R_2 y X_2. Valores por unidad (p.u.) de los parámetros.</p>
	2.3	<p><u>ARRANQUES</u> Directo, arrollamientos divididos, conmutación Y/Δ, estático por resistencias, por auto transformador, con anillos rozantes, electrónico por tensión variable y limitación de corriente, jaulas especiales (doble jaula y ranura profunda; esquemas de conexión, gráficos y conclusiones de cada uno.)</p>
	2.4	<p><u>VARIACIÓN DE LA VELOCIDAD</u> a) <u>Variando el resbalamiento s</u>: por variación de la tensión U_1: autotransformador, reactancias saturables, tiristores con control de fase; variando la corriente I_2: resistencia rotórica, f.c.e.m. en el rotor. (b) <u>Variando la velocidad síncrona n_1</u>: por variación del número de polo, por variación de la frecuencia: ciclo convertidor, rectificador inversor: modulación por amplitud de pulsos PAM y modulación por ancho de pulsos PWM.</p>
	2.5	<p><u>FRENADO Y BOBINADO DE MOTORES TRIFÁSICOS</u> Por contracorriente, por corriente continua y súper síncrono, inversión de marcha. Mantenimiento. Criterios para la selección de motores: según pares resistentes y tipos de servicio. Bobinados concéntricos, formación de polos, desarrollo de los bobinados. Bobinados excéntricos, formación de polos, desarrollo de los bobinados. Construcción de los bobinados. Aislantes.</p>
2.6	<p><u>MOTORES ASINCRÓNICOS MONOFÁSICOS</u> Forma constructiva. Principio de funcionamiento: campos rodantes cruzados, momento motor. Arranque. Tipos de motores: fase auxiliar arranque resistivo, con capacitor de</p>	

		<p>arranque, con capacitor permanente, con capacitor de arranque y marcha. El motor con polos sombra: características constructivas, principio de funcionamiento, variación de la velocidad, sentido de giro, inversión del sentido de giro. El motor trifásico como monofásico, características y aplicaciones</p>
III	<p>3.1</p> <p>3.2</p> <p>3.3</p> <p>3.4</p> <p>3.5</p>	<p><u>LA MÁQUINA SÍNCRONA</u> Introducción. Generador: aspectos constructivos: de inducido rotante, de inducido fijo y rueda polar giratoria, tipos de inductores y aplicaciones. El generador: principio de funcionamiento, frecuencia, expresión de la Fem., forma de onda, conexiones. Campo rodante y el Teorema de Ferraris: campo bifásico; campo trifásico, conclusiones. Reacción de inducido con carga R pura, L pura, C pura y R-L, análisis minucioso y conclusiones. El Generador de rotor liso: circuito equivalente, ecuación de equilibrio y diagrama vectorial: exacto, simplificado y reducido. El ángulo de carga: definición. Potencia electromagnética y su característica angular. Generador de polos salientes: circuito equivalente, ecuación de equilibrio, diagrama vectorial exacto, reducido y simplificado, la potencia electromagnética y su característica angular. Parámetros característicos: las reactancias del generador. Estudio del cortocircuito trifásico. Período subtransitorio, transitorio y estacionario o permanente. Componente simétrica de la corriente de cortocircuito en cada período y reactancias correspondientes, circuitos equivalentes y reactancias equivalentes. aplicaciones. Valores por unidad. Métodos de excitación: con c.c. y con c.a., generadores auto excitados.</p> <p><u>ENSAYOS Y CURVAS CARACTERÍSTICAS</u> Vacío, cortocircuito, en carga, externa, de regulación. Relación de cortocircuito saturada y no saturada, la reactancia síncrona de eje directo. Variación de la tensión, regulación</p> <p><u>CURVA DE CAPACIDAD</u> Diagrama P-Q-S. Límites de funcionamiento. Lugares geométricos de E e I en un alternador. Ábaco en por unidad.</p> <p><u>PARALELO DE ALTERNADORES</u> Fundamentos de la condiciones para el acoplamiento, métodos de puesta en paralelo. Una máquina sobre barras infinitas, proceso para tomar carga: cuatro casos. Diagrama de potencia constante y excitación variable. Diagrama de excitación constante y potencia variable. Análisis de dos máquinas en paralelo: cambio de excitación, corriente y potencia.</p> <p><u>MOTOR SÍNCRONO</u> Principio de funcionamiento y conclusiones. Diagrama vectorial. Comparación mecánica. Modificación del $\cos\phi$. Curvas en V. Arranque, arranque automático. Estabilidad estática. Estabilidad dinámica y el teorema de las áreas. Aplicaciones: entregando potencia útil solamente, entregando potencia útil y sobreexcitada, como compensador síncrono. Motor a pasos: de reluctancia variable, a imán permanente, híbridos. Comparación de costos. Mantenimiento</p>
IV	<p>4.1</p> <p>4.2</p>	<p><u>LA MÁQUINA DE CORRIENTE CONTINUA</u> Generalidades, aspectos constructivos. Principio de funcionamiento, generación de la Fem., el colector y las ramas en paralelo. Valor medio de la Fem., consideraciones. Excitación del campo inductor, principio dinamoeléctrico, consideraciones. Formas de conexión, denominación normalizada de bornes, circuitos equivalentes y ecuaciones de equilibrio. Reacción de inducido, consecuencias, fmm. por reacción de inducido. Conmutación, soluciones: polos auxiliares, arrollamiento de compensación, Fem. de conmutación.</p> <p><u>ENSAYOS Y CURVAS CARÁCTERÍSTICAS</u> Ensayos: Características de funcionamiento. Generador excitación independiente, conclusiones. Generador en derivación, conclusiones. Generador serie, conclusiones.</p>

		<p><i>Generador compuesto normal, híper compuesto y diferencial. Aplicaciones.</i></p> <p>4.3 <u>MOTOR DE CORRIENTE CONTINUA</u> <i>Ecuación de la velocidad, consecuencias. Arranque, corriente y resistencia de arranque. Ecuación del par motor. Circuito equivalente, ecuaciones de equilibrio. Curvas características, corriente y velocidad versus par. Frenado regenerativo, por contracorriente, dinámico o reostático, consideraciones para el motor excitación independiente, derivación, serie y compuesto. Sistema Ward-Leonard: conexión, velocidad, momento, potencia, ventajas e inconvenientes, aplicaciones.</i></p> <p>4.4 <u>MANTENIMIENTO PREVENTIVO</u> <i>Herramientas necesarias, revisión y detección de fallas mecánicas; comprobación de circuitos: localización de derivaciones, cortocircuitos e interrupciones.</i></p>
--	--	--

PROGRAMA DE EXÁMEN: método tradicional con extracción de bolillas.

BOLILLAS	UNIDADES TEMATICAS	PRÁCTICOS DE GABINETE	ENSAYOS DE LABORATORIO
1	1.1 – 2.4 – 3.3 – 4.3	3 y 2	6 – 8 – 13
2	1.2 – 2.5 – 3.1 – 4.4	4 y 3	3 – 9 – 11
3	1.3 – 2.3 – 3.2 – 4.1	2 y 4	4 – 5 – 6
4	1.4 – 2.6 – 3.3 – 4.2	2 y 4	5 – 9 – 12
5	1.5 – 2.1 – 3.5 – 4.3	3 y 4	6 – 7 – 8
6	1.6 – 2.6 – 3.4 – 4.3	1 y 4	5 – 8 – 10
7	1.1 – 2.1 – 3.4 – 4.1	1 y 3	2 – 8 – 11
8	1.6 – 2.2 – 3.1 – 4.2	1 y 3	7 – 11 – 13
9	1.3 – 2.3 – 3.5 – 4.3	1 y 2	1 – 5 – 9

De las evaluaciones: Las evaluaciones se realizarán en forma individual e inmediata a la finalización del desarrollo teórico de cada unidad y una vez concluido el desarrollo de los Prácticos de resolución de problemas y ensayos de Laboratorio Experimental correspondientes a la unidad. Lo importante es que el alumno realice el esfuerzo de aprendizaje simultáneo al desarrollo de la misma. Las evaluaciones se hacen en forma escrita sobre la base de problemas similares a los resueltos en clase y preguntas conceptuales y/o desarrollos de los principales conceptos teóricos explicados en clase de cada unidad. La recuperación de cada una de las evaluaciones no aprobadas, se realizará de acuerdo al calendario incluido en la planificación. Los requisitos de regularidad y promoción son los de la ordenanza 1549 del consejo superior.



BIBLIOGRAFÍA RECOMENDADA:

UNIDAD I: TRANSFORMADORES

BIBLIOGRAFIA PRINCIPAL

Máquinas Eléctricas Apuntes de la Cátedra digitalizados en PDF en Página Web
Máquinas Eléctricas Jesús Fraile Mora – Editorial McGraw-Hill – 5ª Edición 2003 – Cap. 2 y 3
Problemas de Máquinas Eléctricas Serie Schaum - J. F. Mora-Edit. Mc Graw Hill-2005 – Cap. 3
Máquinas Eléctricas. Tomos I y II. Kostenko – Piotrovski. Editorial Mir.
Máquinas Eléctricas y Transformadores. Irving Kosow. Editorial Reverté

BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA

Máquinas Eléctricas Stephen J. Chapman-Editorial McGraw-Hill- 2ª Ed. 1996 – Cap. 2
Máquinas Eléctricas Marcelo A. Sobrevila-Editorial Alsina-1ª Ed. 2000 – Cap. 2

UNIDAD II : MÁQUINA ASÍNCRONA

BIBLIOGRAFIA PRINCIPAL

Máquinas Eléctricas Apuntes de la Cátedra digitalizados en PDF en Página Web
Máquinas Eléctricas Jesús Fraile Mora – Editorial McGraw-Hill – 5ª Edición 2003 – Cap. 4
Problemas de Máquinas Eléctricas Serie Schaum - J. F. Mora-Edit. McGraw Hill-2005 – Cap. 4
Máquinas Eléctricas. Tomos I y II. Kostenko – Piotrovski. Editorial Mir.
Máquinas Eléctricas y Transformadores. Irving Kosow. Editorial Reverté

BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA

Máquinas Eléctricas Stephen J. Chapman-Editorial McGraw-Hill- 2ª Ed. 1996 – Cap. 10 y 11
Máquinas Eléctricas Marcelo A. Sobrevila - Editorial Alsina-1ª Ed. 2000 – Cap. 5 y 6
Control de Máquinas Eléctricas. Irving Kosow. Editorial Reverté

UNIDAD III: MÁQUINA SÍNCRONA

BIBLIOGRAFIA PRINCIPAL

Máquinas Eléctricas Apuntes de la Cátedra digitalizados en PDF en Página Web
Máquinas Eléctricas Jesús Fraile Mora – Editorial McGraw-Hill – 5ª Edición 2003 – Cap. 5
Problemas de Máquinas Eléctricas Serie Schaum - J. F. Mora-Edit. McGraw Hill-2005 – Cap. 5
Máquinas Eléctricas. Tomos I y II. Kostenko – Piotrovski. Editorial Mir.
Máquinas Eléctricas y Transformadores. Irving Kosow. Editorial Reverté

BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA

Máquinas Eléctricas Stephen J. Chapman-Editorial McGraw-Hill- 2ª Ed. 1996 – Cap. 8 y 9
Máquinas Eléctricas Marcelo A. Sobrevila-Editorial Alsina-1ª Ed. 2000 – Cap. 4
Control de Máquinas Eléctricas. Irving Kosow. Editorial Reverté

UNIDAD IV: MAQUINAS DE CORRIENTE CONTINUA

BIBLIOGRAFIA PRINCIPAL

Máquinas Eléctricas Apuntes de la Cátedra digitalizados en PDF en Página Web
Máquinas Eléctricas Jesús Fraile Mora – Editorial McGraw-Hill – 5ª Edición 2003 – Cap. 6

Problemas de Máquinas Eléctricas Serie Schaum - J. F. Mora-Edit. McGraw Hill-2005 – Cap. 6
Máquinas Eléctricas. Tomos I y II. Kostenko – Piotrovski. Editorial Mir.
Máquinas Eléctricas y Transformadores. Irving Kosow. Editorial Reverté

BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA

Máquinas Eléctricas Stephen J. Chapman-Editorial McGraw-Hill- 2ª Ed. 1996 – Cap. 5 y 6
Máquinas Eléctricas Marcelo A. Sobrevila-Editorial Alsina-1ª Ed. 2000 – Cap. 7.1
Control de Máquinas Eléctricas. Irving Kosow. Editorial Reverté

LISTADO DE TRABAJOS PRACTICOS

PROBLEMAS DE GABINETE	ENSAYOS DE LABORATORIO
1 – Transformadores	1 -Transformador Prototipo: reconocimiento y descripción
	2 -Transformador Prototipo: ensayo de aislación.
	3 -Transformador Prototipo: medición de la resistencia de los bobinados
	4 –Transformador Prototipo: relación de transformación. Métodos.
	5 –Transformador Prototipo: ensayo de vacío y cortocircuito
	6 -Transformador Prototipo: Determinación de la potencia aproximada
	7 -Transformador Prototipo: Ensayo de polaridad y grupo de conexión
2 – Motor Asíncrono	8 - Motor Asíncrono-Ensayos: Vacío, Cortocircuito, Sep. de Pérdidas
	9 - Arranques Motor Asíncrono - Frenado
3 – Máquina Síncrona	10- Generador Síncrono: ensayo de vacío, cortocircuito y puesta en paralelo
	11- Motor Síncrono: Paralelo y funcionamiento sub y sobre excitado a $P=cte$
4 – Máquinas de C. C.	12 - Generador de Corriente Continua – Curvas Características
	13 - Motor de Corriente Continua – Variación de la velocidad

Visita a:

- 1.- Fabrica de Transformadores
- 2.- Central Hidroeléctrica y/o Central Térmica
- 3.- Taller de Reparación de Motores Eléctricos