



Ministerio de Capital Humano
Universidad Tecnológica Nacional
Facultad Regional Rosario

Rosario, 05 de marzo de 2024.-

VISTO el Expediente ID N° 8157473, relacionado con la presentación del Programa Analítico de la asignatura "Maquinas Eléctricas II", correspondiente a la carrera Ingeniería en Energía Eléctrica – Plan 2023, y

CONSIDERANDO

Que la presentación realizada obedece a la implementación del nuevo Diseño Curricular aprobado por el Consejo Superior de la Universidad Tecnológica Nacional – Ordenanza N° 1873.

Que dicho Programa Analítico cuenta con el aval del respectivo Consejo Departamental.

Que la Comisión de Enseñanza analizó el Expediente y aconsejó su aprobación.

Por ello y atento a las atribuciones otorgadas por el artículo 85° del Estatuto Universitario.

**EL CONSEJO DIRECTIVO DE LA FACULTAD REGIONAL ROSARIO
DE LA UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL**

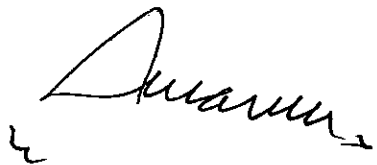

RESUELVE:

ARTÍCULO 1°.- Aprobar el Programa Analítico de la asignatura "Maquinas Eléctricas II" de la carrera Ingeniería en Energía Eléctrica – Plan 2023, que se agrega como Anexo I de la presente resolución.

ARTÍCULO 2°.- Regístrese. Comuníquese. Cumplido, archívese.

RESOLUCIÓN N° 138

UTN
FRRo
C.D.
S.R.


Ing. Rubén Fernando CICCARELLI
Decano

Ing. Antonio Luis MUIÑOS
Secretario Académico



Máquinas Eléctricas II
PROGRAMA ANALITICO. PLAN 2023
Carrera: Ingeniería en Energía Eléctrica

1. Datos administrativos de la asignatura			
Asignatura:	Máquinas Eléctricas II		
Nivel de la carrera:	4	Duración:	Anual
Plan	Plan 2023		
Bloque curricular:	Tecnologías Aplicadas		
Área:	Máquinas Eléctricas		
Carga horaria presencial semanal: (hs cátedra)	6	Carga Horaria total: (hs reloj)	144
Carga horaria no presencial semanal (si correspondiese)	--	% horas no presenciales (si correspondiese)	--
Competencias	Específicas		
	CE1.1 - CE1.2 - CE1.3		

2. Presentación, Fundamentación

La asignatura permite completar el perfil del profesional aportando los conocimientos necesarios sobre máquinas eléctricas rotativas de corriente alterna: motores, generadores y frenos en todas sus variedades y ramificaciones y las tecnologías aplicadas al control, supervisión y monitoreo de las mismas.

Relación de la asignatura con el perfil de egreso:

La asignatura aporta al campo de acción del Ingeniero en Energía Eléctrica conocimientos fundamentales y con la profundidad adecuada, respecto a máquinas que convierten energía eléctrica en movimiento y viceversa, para desempeñarse en el campo de las centrales de generación eléctrica y máquinas motrices para usos diversos en industrias, comercios y domicilios, máquinas-herramientas y dispositivos eléctricos diversos y desempeñarse en el ámbito de la tracción y movilidad eléctrica con el nuevo auge de la electrificación del transporte.

3. Objetivos

- Analizar e interpretar el comportamiento de las máquinas rotativas de corriente alterna.
- Interpretar y aplicar los principios básicos de la transformación de la energía a través de las máquinas rotativas de C.A.
- Definir los modelos físico-matemáticos de las máquinas eléctricas tanto para el estado permanente como para el transitorio.



- Determinar los parámetros de funcionamiento de las máquinas de C.A. en función de condiciones prefijadas de operación.
- Ensayar las máquinas rotativas de C.A., determinando sus curvas características y calcular los parámetros de sus circuitos equivalentes.

4. Contenidos mínimos

- Formas constructivas de las máquinas eléctricas de corriente alterna. Fuerza magnetomotriz, Flujo y Fuerza Electromotriz. Bobinados.
- La máquina sincrónica como generador.
- La máquina sincrónica como motor.
- La máquina asincrónica trifásica.
- La máquina asincrónica monofásica.
- Introducción al estudio transitorio de las máquinas eléctricas rotantes de corriente alterna.

5. Asignaturas correlativas previas

Para cursar y rendir debe tener cursada:

- Tecnologías y Ensayos de los Materiales Eléctricos.
- Instrumentos y Mediciones Eléctricas.
- Teoría de los Campos.
- Máquinas Eléctricas I
- Electrotecnia II

Para cursar y rendir debe tener aprobada:

- Química General.
- Física II
- Probabilidad y Estadística.
- Electrotecnia I
- Integración Eléctrica II
- Inglés I
- Análisis Matemático II

6. Asignaturas correlativas posteriores

- Generación, Transmisión y Distribución de la Energía Eléctrica
- Sistemas de Potencia
- Accionamientos y Controles Eléctricos
- Proyecto Final (integradora)



7. Programa analítico, Unidades temáticas

1º PARTE: FUNDAMENTOS DE LAS MÁQUINAS ELÉCTRICAS.

Unidad 1:

- Principios de funcionamiento de las máquinas eléctricas.
- Leyes fundamentales.
- Bobinado de excitación y excitado.
- Análisis del funcionamiento del generador, F.e.m. y corrientes.
- Análisis del funcionamiento como motor, F.m.m. y cupla.
- Máquinas sincrónicas y asincrónicas. Deslizamiento.
- Expresión de la fuerza electromotriz y de la fuerza magnetomotriz.
- F.m.m. de la bobina según la forma de la corriente.
- Armónicas de la máquina trifásica.
- Teorema de Leblanc.

Unidad 2:

- Principios básicos de la planificación de los bobinados de las máquinas eléctricas.
- Parámetros de bobinados.
- Paso polar y paso de bobina.
- N° de ranuras por polo y fase.
- Tipos de bobinas y de bobinados.
- Bobinados enteros o fraccionarios.
- Bobinados concentrados o distribuidos.
- Bobinados de paso entero o de paso acortado.
- Bobinados concéntricos, imbricado u ondulado.

Unidad 3:

- Esquemas de bobinados.
- Bobinado de una fase. Conexión entre bobinas.
- Paso de principios. Bobinado total.
- Demostración gráfica del campo giratorio.
- Esquema de bobinados fraccionados. Estrella de tensiones.
- Esquemas de bobinados bifásicos.

Unidad 4:



- Factores de bobinados.
- Factor de paso. Factor de distribución. Factor de hélice.
- Eliminación y minimización de armónicas.
- Influencia de las armónicas en la F.e.m del generador, y en la F.m.m o cupla del motor.
- Matlab. Transformada rápida de Fourier.
- Determinación de las armónicas de la F.m.m. del bobinado.

2° PARTE: MÁQUINAS ASINCRÓNICAS.

Unidad 5:

- Principio de funcionamiento del motor asincrónico trifásico.
- Rotor bobinado.
- Análisis a rotor abierto. Rotor libre. Diagrama fasorial.
- Análisis con el rotor en cortocircuito. Rotor bloqueado. Diagrama fasorial.
- Análisis en vacío y en carga. Diagramas fasoriales.
- Variación de los parámetros con el deslizamiento.

Unidad 6:

- Deducción del circuito equivalente. Parámetros característicos del motor trifásico.
- Circuito equivalente exacto, aproximado y simplificado.
- Análisis de las potencias y de la cupla del motor trifásico en base al circuito equivalente.
- Expresión de la cupla útil y de la potencia.
- Ensayos para la determinación de los parámetros del circuito equivalente.

Unidad 7:

- Deducción del diagrama circular.
- Escalas de corriente, de potencia y de cupla.
- Funcionamiento como motor, generador y freno de contramarcha.
- Sectores circulares para cada función.
- Punto de trabajo óptimo, por rendimiento y/o por factor de potencia.
- Recta de cupla. Recta de potencia.
- Ejes de deslizamiento, de rendimiento y de factor de potencia.
- Diagrama circular para el ensayo a tensión nominal.
- Arranque y funcionamiento con tensión reducida.



- Arranque y funcionamiento con resistencias adicionales en el rotor.
- Deducción de la característica Cupla-Velocidad.
- Cuplas críticas.

Unidad 8:

- El motor de inducción trifásico en régimen estable.
- Cupla motora y cupla resistente.
- Arranque del motor. Cuplas en juego. Expresión de D'Alambert.
- Cupla de inercia o de aceleración. Tiempo de aceleración. Cuplas medias.

Unidad 9:

- Expresión de Kloss.
- Característica cupla-velocidad exacta, aproximada y lineal.
- Característica artificial.
- Resistencia rotórica nominal.
- Método en tanto por uno.
- Arranque, frenado y control de la velocidad con resistencias adicionales rotóricas.
- Arranque, frenado y control de la velocidad por variación de tensión/frecuencia.

Unidad 10:

- Funcionamiento del motor monofásico y bifásico de inducción.
- Características constructivas de motor monofásico de inducción.
- Principio de funcionamiento.
- Circuito equivalente. Potencia y cupla.
- Característica cupla velocidad. Métodos de arranque.
- Arranque y/o funcionamiento como motor bifásico.
- Diagrama circular o elíptico.
- Motor de polo de sombra.

Unidad 11:

- Máquinas asincrónicas doblemente alimentadas.
- Principio de funcionamiento.
- Circuito equivalente.
- Empleo como generador.
- Ejemplo de generador para turbina eólica.



3° PARTE: MÁQUINAS SINCRÓNICAS.

Unidad 12:

- Máquinas sincrónicas de polos lisos.
- Uso como generador.
- Diagrama fasorial en vacío.
- Diagrama fasorial en carga.
- Fuerzas magnetomotrices y electromotriz de reacción de armadura.
- Reactancia de dispersión
- Ensayo de vacío: Determinación de la curva $e = f(i_{ex})$.
- Ensayo de cortocircuito: Determinación de la curva $I_{cc} = f(i_{ex})$.
- Determinación de la curva de la impedancia sincrónica $Z_s = f(i_{ex})$.
- Trabajos de aplicación en el laboratorio. Problemas de aplicación.

Unidad 13:

- La máquina sincrónica como generador, con distintos tipos de cargas.
- Diagrama fasorial con cargas inductivas y con cargas capacitivas.
- Aumento de potencia activa y/o de potencia reactiva.
- Ángulo de carga.
- Determinación de la expresión de la potencia y de la cupla de la máquina sincrónica.
- Trabajos de aplicación en el laboratorio. Problemas de aplicación.

Unidad 14:

- La máquina sincrónica como motor.
- Diagrama fasorial.
- Análisis con distintos tipos de cargas.
- Compensador sincrónico.
- Trabajos de aplicación en el laboratorio. Problemas de aplicación.

Unidad 15:

- Inserción en paralelo de la máquina sincrónica con la red.
- Condiciones para la puesta en paralelo.
- Circuito eléctrico. Distintas configuraciones.
- Máquina flotante, conexión, desconexión.
- Sobre-excitación y sub-exultación.



- Ángulo en avance y en retraso.
- Trabajos de aplicación en el laboratorio. Problemas de aplicación.

Unidad 16:

- Determinación de la regulación.
- Ensayo de Potier. Determinación de F_a y X_{disp} .
- Curva de carga $V = f(i_{ex})$.
- La regulación por el método general.
- Trabajos de aplicación en el laboratorio. Problemas de aplicación.

Unidad 17:

- Estudio de la máquina sincrónica de polos salientes.
- Diagrama fasorial. En vacío y en carga.
- Teoría de las dos reacciones, o teoría de Blondel.
- Determinación de E_o y ángulo Delta, a partir de los datos característicos.
- Trabajos de aplicación en el laboratorio. Problemas de aplicación.

Unidad 18:

- Paralelo de máquinas sincrónicas.
- Diagramas fasoriales.
- Funcionamiento en vacío. Corriente sincronizante.
- Funcionamiento con cargas. Análisis de distintas condiciones de carga.
- Corrientes sincronizantes. Cuplas sincronizantes.
- Corriente de circulación. Condiciones.
- Trabajos de aplicación en el laboratorio. Problemas de aplicación.

Unidad 19:

- Deducción del diagrama de carga o de Blondel.
- Lugar geométrico de la corriente, F_m , P y Q .
- Límites de funcionamiento.
- Área de funcionamiento posible.
- Trabajos de aplicación en el laboratorio. Problemas de aplicación.

Unidad 20:

- Cortocircuito de la máquina sincrónica.
- Reactancias características.



- Análisis como transformadores en ejes d y q.
- Corriente de cortocircuito, componentes subtransitoria, transitoria y permanente.
- Análisis de distintas condiciones iniciales del cortocircuito.
- Análisis de la corriente de excitación.
- Expresión de la corriente instantánea de cortocircuito.
- Corriente de choque. Corriente de apertura.
- Trabajos de aplicación en el laboratorio. Problemas de aplicación.

Unidad 21:

- Transitorios de la máquina sincrónica.
- Estabilidad.
- Pequeñas oscilaciones. Cupla sincronizante. Penduleo.
- Grandes oscilaciones. Estabilidad dinámica.
- Cuplas en juego.
- Expresión de D'Alambert.
- Método de las áreas iguales.
- Estudio de casos.
- Análisis del estado de las variables, punto a punto.
- Trabajo de aplicación y simulaciones en Matlab – Simulink.

Unidad 22:

- Inserción de la máquina sincrónica como motor.
- Arranque de la máquina sincrónica.
- Cuplas de arranque.
- Cuplas en juego durante la inserción.
- Ángulo de inserción. Estudio de casos.
- Análisis punto a punto de las variables intervinientes.

Unidad 23:

- Motor de reluctancia.
- Motor de imanes permanentes.
- Motor de imanes permanentes y reluctancia.
- Motores de alta eficiencia.
- Aplicaciones en tracción eléctrica.



8. Referencias bibliográficas (citadas según Normas APA)

Bibliografía obligatoria:

- Máquinas de corriente alterna. Michael Liwshitz Garik, Clyde, C. Whipple. CIESA. 2004.
- Máquinas eléctricas (Tomos 1, 3 y 4). Cortez Manuel.
- Maquinas eléctricas 6° edición. Jesús Fraile Mora. Mc Graw Hill. 2008.
- Apunte General, presentaciones, archivos complementarios y guías de TP de la cátedra. Carlos Canteloro, Nicolás Di Ruscio, Gonzalo Gómez.

Bibliografía complementaria web:

- Sitio web Tuveras.com: http://www.tuveras.com/index_tvpc.html
- Apuntes de la Universidad de Cantabria:
https://personales.unican.es/rodrigma/primer/publicaciones.htm#Aspectos_Generales
- Videos de Educatina: <https://www.youtube.com/@EducatinabyFlexFlix>
- Videos de Learning Engineering (LESICS - española):
<https://www.youtube.com/@AprendaIngenieria>

9. Metodologías de Enseñanza-Aprendizaje y de Evaluación

Se abordarán estrategias coherentes con las competencias que tienen que lograr los/las estudiantes de acuerdo a los lineamientos señalados en el apartado 6 del Diseño Curricular de la carrera Ingeniería en Energía Eléctrica y, tal como se destaca, teniendo en cuenta la participación activa de los/las estudiantes en el aula.

Se configurarán también estrategias de evaluación formativas y sumativas, enunciándose las formas e instrumentos de evaluación a utilizar para poder acreditar el desarrollo de las competencias indicadas en los niveles esperados. El régimen de aprobación considerará el cumplimiento de la Normativa vigente que incluye las modalidades de aprobación directa, aprobación no directa (regularización) y examen final de la asignatura.

Todos los apartados señalados más arriba se describen en detalle en el plan anual de actividades de la asignatura.