



Carrera: <b>Ingeniería Eléctrica</b>				
Unidad Curricular: <b>MÁQUINAS SINCRÓNICAS</b>				Código: <b>M11</b>
Prelación: <b>Mediciones Aplicadas</b>				Condición: <b>Obligatoria</b>
HT: <b>4</b>	HP: <b>1</b>	HL: <b>2</b>	HTI: <b>8</b>	Créditos: <b>4</b>
Ubicación: <b>Décimo primer Trimestre</b>		Componente: <b>Formación Profesional Específica</b>		Fecha de Aprobación:

HT: Horas teóricas; HP: Horas Prácticas; HL: Horas de Laboratorio; HTI: Horas de Trabajo Independiente

## I. JUSTIFICACIÓN

Las máquinas eléctricas rotativas nos han acompañado y facilitado la vida durante muchos años, las utilizamos para la generación de energía, para mover otras máquinas, como herramientas de trabajo o para realizar tareas domésticas. Las primeras máquinas en hacer ser desarrolladas fueron las máquinas de corriente continua y le siguieron las maquinas sincrónicas, y ambas pueden funcionar como generador o como motor, siendo los generadores sincrónicos los más utilizados para la generación de corriente alterna.

La unidad curricular Máquinas Sincrónicas le permite al estudiante desarrollar las competencias necesarias para desarrollarse en la operación y control de equipos, en la dirección e instalación correcta de equipos, y además podrá diseñar, simular, montar y realizar pruebas prototipo en equipos. Para el desarrollo de esta unidad curricular debe tener conocimientos las leyes fundamentales que rigen el funcionamiento de las máquinas eléctricas de CA, vectores, números complejos y fasores.

## II. COMPETENCIAS: GENÉRICAS Y ESPECÍFICAS A DESARROLLAR SEGÚN EL PERFIL

La unidad curricular contribuirá al desarrollo de las competencias genéricas y específicas del perfil de egreso que se indican a continuación.

<b>GENÉRICAS</b>	<b>ESPECÍFICAS</b>
------------------	--------------------

<p><b>G2.</b> Comunicación eficaz oral y escrita. Comunica de manera clara y correcta ideas y opiniones en el idioma castellano, mediante la expresión oral, la escritura y los apoyos gráficos para un adecuado desempeño en entornos sociales y culturales diversos.</p> <p><b>G5.</b> Investigación. Aplica el conocimiento científico para comprender y resolver problemas del entorno, mediante la</p>	<p><b>E6.</b> Opera y controla equipos, instalaciones y sistemas de: conversión de energía, instrumentación, control y protección, electrónicos y de comunicaciones básicas, fundamentado en conocimientos científicos, normas y técnicas, para garantizar su funcionamiento continuo, así como la utilización y consumo de energía eléctrica y su optimización.</p> <p><b>E11.</b> Dirige o supervisa la instalación apropiada de un sistema eléctrico, así como configuraciones básicas de sistemas de comunicaciones,</p>
<p>generación de conocimiento y con base en la evidencia.</p> <p><b>G6.</b> Liderazgo y trabajo en equipo. Integra equipos de trabajo, ya sea realizando tareas de dirección o como un miembro más, con el propósito de desarrollar proyectos con un fin determinado, motivando y conduciendo hacia metas comunes.</p> <p><b>G8.</b> Resolución de problemas. Identifica y plantea problemas del entorno para resolverlos con criterio y de forma efectiva, utilizando la lógica, los saberes adquiridos y herramientas organizadas adecuadamente.</p> <p><b>G11.</b> Abstracción, análisis y síntesis. Delimita los elementos de un proyecto, diseño o problema para su análisis y posterior integración al todo.</p>	<p>cumpliendo con los procedimientos, instructivos y documentos asociados al sistema de gestión de calidad y seguridad, la optimización de los procesos y la racionalización de costos.</p> <p><b>E12.</b> Participa creativamente en los procesos de fabricación y producción en la industria eléctrica para contribuir con el desarrollo del país.</p> <p><b>E13.</b> Diseña, simula, monta y realiza las pruebas del prototipo de los equipos y sistemas atendiendo las normas y estándares eléctricos vigentes, o se integra a equipos de trabajo interdisciplinarios para diseños más especializados, aplicando conocimientos del área y metodologías apropiadas, con el propósito de garantizar su correcto funcionamiento</p>

### III. RESULTADOS DE APRENDIZAJE

Al finalizar con éxito la unidad curricular el estudiante:

RA1. Identifica cada una de las partes y los datos de placa de Máquinas Síncronas para utilizarlas adecuadamente.

RA2.Regula y controla la tensión y la velocidad en un generador sincrónico para garantizar calidad de energía.

RA3.Realiza los ensayos necesarios en un generador sincrónico para determinar la regulación de voltaje.

RA4.Realiza la conexión en paralelo de un generador sincrónico con la red y de dos generadores para garantizar su adecuado funcionamiento.

RA5.Utiliza al motor sincrónico como un condensador sincrónico para compensar potencia reactiva.

#### IV. CONTENIDOS

##### a. Contenidos Conceptuales, Procedimentales y Actitudinales

RESULTADOS DE APRENDIZAJE	CONTENIDOS
<p><b>RA1.</b> Identifica cada una de las partes y los datos de placa de máquinas rotativas para utilizarlas adecuadamente.</p>	<p><b>Conceptuales:</b> Principio de funcionamiento de las maquinas eléctricas rotativas. <i>Partes de la Máquina sincrónica</i>. Implementación de Máquinas Sincrónicas.</p> <p><b>Procedimentales:</b> Identifica las partes y los datos de placa.</p> <p><b>Actitudinales:</b> Espíritu crítico y autocrítico Curiosidad por el conocimiento nuevo Criterios para el trabajo en equipo. Capacidad de trabajar en equipo. Capacidad de aplicar principios de matemática y física en el entendimiento y descripción de fenómenos físicos. Disposición para el autoaprendizaje. Disposición para el trabajo metódico y eficiente.</p>

<p><b>RA2.</b> Regula y controla la tensión y la velocidad en un generador rotativo para garantizar calidad de energía.</p>	<p><b>Conceptuales:</b>                  Funcionamiento de la máquina sincrónica como generador. Excitatriz de una máquina sincrónica. Partes de la Máquina sincrónica. Circuito equivalente. Condiciones Nominales de Funcionamiento. Circuito equivalente. Regulación del generador sincrónico. Característica externa. Límites de operación de los generadores.</p> <p><b>Procedimentales:</b>                  Montaje de la máquina sincrónica como generador. Ensayo para determinar la característica externa con cargas R, L y C. Montaje de la máquina asincrónica como generador. Conexión en paralelo a la red de potencia infinita, Conexión en paralelo a banco de condensadores.</p> <p><b>Actitudinales:</b>                  Espíritu crítico y autocrítico                  Curiosidad por el conocimiento nuevo Criterios para el trabajo en equipo.                  Capacidad de trabajar en equipo.                  Capacidad de aplicar principios de matemática y física en el entendimiento y descripción de fenómenos físicos.                  Disposición para el autoaprendizaje.                  Disposición para el trabajo metódico y eficiente.</p>
<p><b>RA3.</b> Realiza los ensayos necesarios en un generador sincrónico para determinar la regulación de voltaje.</p>	<p><b>Conceptuales:</b>  <i>Funcionamiento de la máquina sincrónica como generador. Método de Behn-Eschenburg. (Impedancia sincrónica): Determinación de la impedancia sincrónica (No saturada, Saturada). Diagrama fasorial. Condiciones nominales (Tensión, corriente, potencia, velocidad, etc.), Condiciones Nominales de Funcionamiento.</i></p> <p><b>Procedimentales:</b></p>

	<p>Medir la resistencia del estator.          Ensayo para obtener característica de vacío          Ensayo para obtener característica de cortocircuito          Ensayo para obtener la característica con carga de bajo factor de potencia.          Ensayo para obtener la característica con carga nominal.</p> <p><b>Actitudinales:</b>          Espíritu crítico y autocrítico          Curiosidad por el conocimiento nuevo Criterios para el trabajo en equipo.          Capacidad de trabajar en equipo.          Capacidad de aplicar principios de matemática y física en el entendimiento y descripción de fenómenos físicos.          Disposición para el autoaprendizaje.          Disposición para el trabajo metódico y eficiente.</p>
<p><b>RA4.</b> Realiza la conexión en paralelo de un generador sincrónico con la red y de dos generadores para garantizar su adecuado funcionamiento.</p>	<p><b>Conceptuales:</b>  <i>Funcionamiento de la máquina sincrónica como generador.</i>  <i>Acoplamiento de un generador sincrónico a la red.</i>  <i>Consideraciones al conectar un generador sincrónico a la red.</i>  <i>Consideraciones al conectar dos generadores sincrónicos en paralelo. Normativa IEEE</i></p> <p><b>Procedimentales:</b>          Ensayo para determinar el reparto de carga cuando se conecta un generador sincrónico en paralelo con la red.          Ensayo para determinar el reparto de carga cuando se conectan dos generadores sincrónicos en paralelo.</p> <p><b>Actitudinales:</b>          Espíritu crítico y autocrítico          Curiosidad por el conocimiento nuevo Criterios para el trabajo en equipo.          Capacidad de trabajar en equipo.          Capacidad de aplicar principios de matemática y física en el entendimiento y descripción de fenómenos físicos.          Disposición para el autoaprendizaje.          Disposición para el trabajo metódico y eficiente.</p>

<p><b>RA5.</b> Utiliza al motor sincrónico como un condensador sincrónico para compensar potencia reactiva.</p>	<p><b>Conceptuales:</b>  <i>Funcionamiento de la máquina sincrónica como motor. Circuito equivalente. Diagrama fasorial. Condiciones Nominales de Funcionamiento. Característica de funcionamiento (Curvas en V). Diagrama de límites de funcionamiento de la máquina sincrónica. Métodos de Arranque de Motores Sincrónicos. Regulación de Velocidad de Motores Sincrónicos. Normativa IEEE</i></p> <p><b>Procedimentales:</b>  Montaje de la maquina sincrónica como Motor.  Arranque de Motores Sincrónicos.  Ensayo para determinar las curvas en V.</p>
---	--

**b. Temario**

UNIDAD/TEMA	CONTENIDO	TIEMPO (HORAS)
-------------	-----------	----------------

		Operación del motor síncrono como condensador síncrono. <b>Actitudinales:</b> Espíritu crítico y autocritico Curiosidad por el conocimiento nuevo Criterios para el trabajo en equipo. Capacidad de trabajar en equipo. Capacidad de aplicar principios de matemática y física en el entendimiento y descripción de fenómenos físicos. Disposición para el autoaprendizaje. Disposición para el trabajo metódico y eficiente.	
<b>Capítulo 1.</b> Principio de funcionamiento de las máquinas rotativas	1.	Evolución de las Máquinas Eléctricas rotativas. Principio de funcionamiento. Aplicaciones. Partes de las máquinas rotativas: Rotor, Devanados y Estator. Rol de las máquinas en un sistema de Potencia. Tipos de máquinas y turbinas usadas para la generación de energía eléctrica.	10
<b>Capítulo2.</b> Funcionamiento de la Máquina Síncrona como Generador.		Funcionamiento de la máquina síncrona como generador. Excitatriz de una máquina síncrona: Función básica, Funciones de control y protección, Requerimientos, Elementos del sistema de excitación, Tipos (Sistema de excitación rotativo de corriente continua, Sistema de excitación rotativo de corriente alterna, Sistema de excitación estático). Potencia y rendimiento en generadores síncronos. Control de tensión y frecuencia de los generadores síncronos. Característica externa.Límites de operación de los generadores.	20
<b>Capítulo 3.</b> Circuito Equivalente de la Máquina Síncrona como Generador		Circuito equivalente. Caídas de voltaje: Resistencia, Reactancia de dispersión, Reacción de armadura. Método de BehnEschenburg. Diagrama fasorial. Condiciones nominales de Funcionamiento. Regulación del generador síncrono. Método directo.Método de Pottier : Reactancia de Pottier.	25
<b>Capítulo4.</b> Conexión en Paralelo de Generadores Síncronos		Acoplamiento de un generador síncrono a la red: Consideraciones al conectar un generador síncrono a la red, Reparto de carga. Conexión en paralelo de generadores síncronos: Condiciones para la conexión en paralelo de generadores, Funcionamiento en paralelo de dos generadores, Reparto de carga, Regulación de Tensión, Consideraciones prácticas sobre el funcionamiento de generadores síncronos en paralelo.	14
<b>Capítulo 5.</b>		Partes de los motores síncronos. Funcionamiento de la máquina síncrona como motor. Campo magnético giratorio. Circuito equivalente. Diagrama fasorial. Condiciones nominales. Potencia,	15

La Máquina sincrónica como Motor	rendimiento y par de motores sincrónicos. Característica de funcionamiento: Curvas en V. Diagrama de límites de funcionamiento de la máquina sincrónica. Métodos de Arranque de Motores Sincrónicos. El Motor sincrónico como condensador sincrónico.	
----------------------------------	---	--

**c. Contenidos transversales**

*Liderazgo y trabajo en equipo.* Desarrollo de habilidades para trabajos en grupo, tanto en tareas asignadas en la unidad curricular como en el desarrollo de prácticas en el laboratorio.

**V. REQUERIMIENTOS**

Analiza y calcula circuitos magnéticos.

Analiza y calcula circuitos eléctricos.

Analiza y calcula circuitos trifásicos.

Analiza y calcula vectores en 3 dimensiones

Analiza y calcula movimiento lineal y circular en régimen transitorio y permanente.

Realiza operaciones con números complejos y fasores.

Realiza mediciones de potencia en circuitos monofásicos y trifásicos.

Realiza gráficas en software de computación.

Realiza cálculos en por unidad (p.u.).

Describe las leyes fundamentales que rigen el funcionamiento de las máquinas eléctricas. Realiza cálculos con expresiones simbólicas.

**VI. ESTRATEGIAS METODOLÓGICAS**

Se utilizará una metodología de aprendizaje grupal inductiva-deductiva que requiere de la participación activa y constante de los estudiantes en la búsqueda, lectura y análisis de la información que facilite la integración de los aspectos teórico-prácticos así como el análisis y solución de problemas de la unidad curricular.

ACTIVIDAD	TÉCNICAS
-----------	----------

Clases de Teoría	Se impartirán en el aula, siendo la presencia del alumno necesaria para un aprendizaje adecuado y una formación óptima. La metodología se basa en clase expositiva centrada en el estudiante, con discusión socializada.
Clases de Problemas	Estas clases se intercalarán en el desarrollo de la asignatura de la forma más conveniente para el aprendizaje, no habrá días previamente asignados para ello. La metodología se fundamenta en el trabajo colaborativo para la resolución de problemas. El estudiante utilizará lógica deductiva, con la cual a partir de principios y leyes fundamentales puede solucionar teóricamente y experimentalmente problemas relacionados con el estudio de las propiedades más relevantes.
Tutorías	Atención personalizada al alumno, presencial y a distancia. Son opcionales y recomendables para el aprendizaje de los alumnos que cursan regularmente la asignatura y asistan a las clases.
Prácticas	En equipo o individualmente, los estudiantes realizarán: problemas, trabajos escritos y prácticos, diseño y elaboración de programas con computador para la solución de problemas.
Prácticas de Laboratorio	En equipo, los estudiantes observarán y realizarán ensayos y experimentos con máquinas sincrónicas que les permitirán medir cada una de las variables sus variables de estado para determinar su comportamiento para diferentes condiciones de funcionamiento.

## VII. SISTEMA DE EVALUACIÓN

Capítulo	Indicador de Logro	Resultado de Aprendizaje	Evidencias de Aprendizaje
1	Demuestra que sabe el principio de funcionamiento de las máquinas rotativas. Demuestra que sabe identificar las partes y los datos de placa de una máquina de corriente continua y de una máquina sincrónica.	RA1	Prueba corta
2	Demuestra que puede montar, regular y controlar la tensión y la velocidad en un generador sincrónico para determinar la característica externa.	RA1, RA2	Prueba escrita Informe de Laboratorio

<p><b>3</b></p>	<p>Demuestra que sabe realizar los ensayos necesarios en un maquina sincrónica para determinar cada una de las variables del circuito equivalente. Demuestra que sabe calcular la regulación de un generador sincrónico. Demuestra que sabe determinar la característica externa de un generador sincrónico</p>	<p>RA1, RA3</p>	<p>Prueba escrita Informe de Laboratorio</p>
<p><b>4</b></p>	<p>Conecta correctamente generadores sincrónicos en paralelo, cumpliendo con los requerimientos necesarios para tal fin y determina el reparto de carga.</p>	<p>RA1, RA4</p>	<p>Prueba escrita Informe de Laboratorio</p>
<p><b>5</b></p>	<p>Demuestra que sabe determinar las curvas en V de un motor sincrónico. Opera un motor sincrónico como condensador sincrónico</p>	<p>RA1, RA5</p>	<p>Prueba escrita Informe de Laboratorio</p>

### VIII. RECURSOS

*Recursos didácticos requeridos:* computador portátil, video beam, pizarrón, marcadores.

*Recursos de infraestructura:* aula con facilidades para la proyección. Laboratorio de Máquinas Eléctricas.

### IX. FUENTES DE INFORMACIÓN

#### **Básicas**

Fraile Mora, J. (2005). *Electromagnetismo y circuitos eléctricos*. Tercera Edición. Madrid: McGrawHill, Interamericana de España.

Mora, P., *Máquinas Eléctricas*, Universidad de Los Andes. Mérida, Venezuela,

#### **Complementarias**

Chapman, S. and Posada Salazar, O. (1993). *Máquinas eléctricas*. Quinta Edición. Santafé de Bogotá: McGraw-Hill.

Chee-Mun, O., *Dynamic Simulation of Electric Machiney Using Matlab/Simulink*, Editorial PrenticeHall.

Fernández Ferrer, J. (1981). *Circuitos magnéticos y transformadores*. 1st ed. Barcelona: Reverté.

Sanz, J., *Máquinas Eléctricas*, Editorial Pearson Educación, Madrid

Fitzgerald A., Umans S., Kingsley C., *Maquinas Electricas*, Sexta Edición, Editorial McGraw Hill.

Gourishankar, V., *Conversión de Energía Electromecánica*, Editorial Alfaomega, Mexico 1980

Guru B., Hizioglu H., *Máquinas Electricas y Transformadores*, Editorial Orfox, Mexico.

Kostenko, M., *Maquinas eléctricas*, Editorial Mir. Moscu.

### **Sitios web**

Machines, E. and Open CourseWare, M. (2017). Electric Machines. [online] MIT OpenCourseWare. Disponible en: <https://ocw.mit.edu/courses/electrical-engineering-and-computer-science/6-685electric-machines-fall-2013/> [Consultado el 16 de enero de 2017].

## **X. PRÁCTICAS DE LABORATORIO**

### **Práctica 1. Partes de una Máquina Síncronica.**

#### **Resultados de Aprendizaje:**

- Identifica cada una de las partes y los datos de placa de Máquinas Síncronicas para utilizarlas adecuadamente.

### **Práctica 2. Regulación de tensión y control de la velocidad de generadores síncronicos.**

#### **Resultados de Aprendizaje:**

- Regula y controla la tensión y la velocidad en un generador síncronico para garantizar calidad de energía.

### **Práctica 3. Ensayos para determinar la regulación de voltaje en generadores síncronicos.**

#### **Resultados de Aprendizaje:**

- Realiza los ensayos necesarios en un generador síncronico para determinar la regulación de voltaje.

### **Práctica 4. Conexión en Paralelo de Generadores Síncronicos.**

#### **Resultados de Aprendizaje:**

- Realiza la conexión en paralelo de un generador síncronico con la red y de dos generadores para garantizar su adecuado funcionamiento.

### **Práctica 5. Motor síncronico. Curvas en V. Condensador síncronico Resultados de Aprendizaje:**

- Utiliza al motor síncronico como un condensador síncronico para compensar potencia reactiva.

