



UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA
DEPARTAMENTO DE POTENCIA



| | | | | | | | |
|--|-----------------------|------------------|--------------------------|---|-----------------------------|---------------------------------------|--------------------------------------|
| ASIGNATURA: Laboratorio de Máquinas Eléctricas | | | | TIPO DE ASIGNATURA: Obligatoria | | | |
| CODIGO: 2317 | UNIDADES: 3 | | | REQUISITOS: 2520 | | | |
| HORAS/SEMANA: | TEORÍA: 2 | PRÁCTICA: | LABORATORIO: 2 | SEMINARIO: | TRABAJO SUPERVISADO: | HORAS TOTALES DE ESTUDIO: 4 | SEMESTRE: 10 ^{mo} |

PROPÓSITO

El propósito de esta asignatura es instruir al estudiante en las técnicas de medición de acuerdo a la normativa internacional y nacional vigente, con la finalidad de obtener los modelos eléctricos en régimen permanente de las máquinas eléctricas rotantes, comprobar las curvas de funcionamiento mediante simulaciones a partir de sus modelos eléctricos y comprender las diferentes aplicaciones de las máquinas rotantes en el campo industrial.

OBJETIVO GENERAL

Obtener mediante ensayos de laboratorio normalizados los modelos eléctricos de las máquinas eléctricas rotantes.

OBJETIVOS TERMINALES

- 1- Obtener mediante ensayos el modelo eléctrico de una máquina de corriente continua.
- 2- Obtener mediante ensayos el modelo eléctrico de una máquina de inducción.
- 3- Obtener mediante ensayos el modelo eléctrico de una máquina sincrónica.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1- Obtener mediante ensayos el modelo eléctrico de una máquina de corriente continua.

- 1.1- Determinar a través de ensayos las características internas de una máquina de corriente continua.
 - 1.1.1 Medir y graficar la curva de magnetización del arrollado excitación.
 - 1.1.2 Medir y graficar la curva de magnetización del arrollado serie.
 - 1.1.3 Medir las resistencias de los arrollados de campo, serie y excitación.
 - 1.1.4 Medir la resistencia de la armadura.
 - 1.1.5 Determinar la ubicación del plano neutro en la armadura de la máquina.
 - 1.1.6 Obtener la reacción de armadura de la máquina.
 - 1.1.7 Determinar la relación de composición entre los arrollados serie y paralelo.

| | | | |
|--|---|---|------------------|
| APROBADO EN CONSEJO DE ESCUELA: | APROBADO EN CONSEJO DE FACULTAD: | VIGENCIA DESDE: HASTA: | HOJA / |
|--|---|---|------------------|



UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA
DEPARTAMENTO DE POTENCIA



| | | | | | | | |
|--|-----------------------|------------------|--------------------------|---|-----------------------------|---------------------------------------|--------------------------------------|
| ASIGNATURA: Laboratorio de Máquinas Eléctricas | | | | TIPO DE ASIGNATURA: Obligatoria | | | |
| CODIGO: 2317 | UNIDADES: 3 | | | REQUISITOS: 2520 | | | |
| HORAS/SEMANA: | TEORÍA: 2 | PRÁCTICA: | LABORATORIO: 2 | SEMINARIO: | TRABAJO SUPERVISADO: | HORAS TOTALES DE ESTUDIO: 4 | SEMESTRE: 10 ^{mo} |

1.2- Comprobar mediante ensayos y simulaciones numéricas las curvas de funcionamiento de una máquina de corriente continua al trabajar como generador excitación independiente, excitación en paralelo y excitación compuesta.

1.3- Comprobar mediante ensayos y simulaciones numéricas las curvas de funcionamiento de una máquina de corriente continua al trabajar como motor con excitación independiente, excitación en paralelo y excitación compuesta.

2- Obtener mediante ensayos el modelo eléctrico de una máquina de inducción.

2.1- Medir los parámetros necesarios para modelar eléctricamente una máquina de inducción.

2.2- Obtener el circuito equivalente de un motor de inducción.

2.3- Verificar las curvas de funcionamiento de un motor de inducción con mediciones o ensayos del laboratorio y comprobar con la normativa correspondiente.

2.4- Verificar las curvas de funcionamiento de un motor de inducción con simulaciones numéricas.

3- Obtener mediante ensayos el modelo eléctrico de una máquina sincrónica.

3.1- Medir los elementos y características necesarias de una máquina sincrónica con la finalidad de obtener los diferentes modelos eléctricos.

3.1.1 Medir y tabular las resistencias estatóricas por cada una de las fases de la máquina sincrónica.

3.1.2 Medir y graficar la curva en vacío del generador sincrónico.

3.1.3 Medir y graficar la curva de cortocircuito del generador sincrónico.

3.1.4 Medir y graficar la curva de carga del generador sincrónico a factor de potencia cero ($fp = 0$).

3.1.5 Medir y graficar la curva de carga del generador sincrónico a factor de potencia unitario ($fp = 1$)

| | | | | |
|---------------------------------|----------------------------------|--------------------|--------|-----------|
| APROBADO EN CONSEJO DE ESCUELA: | APROBADO EN CONSEJO DE FACULTAD: | VIGENCIA DESDE: | HASTA: | HOJA / |
|---------------------------------|----------------------------------|--------------------|--------|-----------|



UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA
DEPARTAMENTO DE POTENCIA



| | | | | | | | |
|--|-----------------------|------------------|--------------------------|---|-----------------------------|---------------------------------------|--------------------------------------|
| ASIGNATURA: Laboratorio de Máquinas Eléctricas | | | | TIPO DE ASIGNATURA: Obligatoria | | | |
| CODIGO: 2317 | UNIDADES: 3 | | | REQUISITOS: 2520 | | | |
| HORAS/SEMANA: | TEORÍA: 2 | PRÁCTICA: | LABORATORIO: 2 | SEMINARIO: | TRABAJO SUPERVISADO: | HORAS TOTALES DE ESTUDIO: 4 | SEMESTRE: 10 ^{mo} |

- 3.1.6 Medir y graficar la curva de regulación del generador sincrónico a factor de potencia unitario ($fp=1$)
- 3.2- Obtener el modelo de Behn Eschemburg de una máquina sincrónica.
- 3.3- Obtener el modelo de Potier de una máquina sincrónica.
 - 3.3.1 Graficar la determinación de los parámetros de Potier.
- 3.4- Comprobar mediante ensayos y simulaciones numéricas las curvas de funcionamiento de una máquina sincrónica trabajando como generador, utilizando los modelos de Behn Eschemburg y Potier.
 - 3.4.1 Simular las curvas de carga de un generador sincrónico para diferentes factores de carga y utilizando los modelos de Behn Eschemburg y Potier.
 - 3.4.2 Comparar la curva de carga medida a factor de potencia unitario con la simulaciones del generador.
 - 3.4.3 Simular las curvas de carga de regulación en tensión de un generador sincrónico para diferentes factores de carga y utilizando el modelo de Potier.
 - 3.4.4 Comparar la curva de regulación medida a factor de potencia unitario con la simulación del generador.
- 3.5- Realizar el acoplamiento de un generador sincrónico a la red industrial.
- 3.6- Comprobar mediante ensayos y simulaciones numéricas las curvas de funcionamiento de una máquina sincrónica trabajando como motor, utilizando los modelos de Behn Eschemburg y Potier.
 - 3.6.1 Trazar las curvas (Curvas en V) obtenidas mediante simulaciones numéricas, de la corriente del estator en función de la corriente de excitación de un motor sincrónico a potencia constante, utilizando los modelos de Behn Eschemburg y Potier.
 - 3.6.2 Medir y comparar las curvas en V de un motor sincrónico a diferentes niveles de potencia con las simulaciones numéricas.

| | | | |
|--|---|---|------------------|
| APROBADO EN CONSEJO DE ESCUELA: | APROBADO EN CONSEJO DE FACULTAD: | VIGENCIA DESDE: HASTA: | HOJA / |
|--|---|---|------------------|



UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA
DEPARTAMENTO DE POTENCIA



| | | | | | | | |
|--|-----------------------|------------------|--------------------------|---|-----------------------------|---------------------------------------|--------------------------------------|
| ASIGNATURA: Laboratorio de Máquinas Eléctricas | | | | TIPO DE ASIGNATURA: Obligatoria | | | |
| CODIGO: 2317 | UNIDADES: 3 | | | REQUISITOS: 2520 | | | |
| HORAS/SEMANA: | TEORÍA: 2 | PRÁCTICA: | LABORATORIO: 2 | SEMINARIO: | TRABAJO SUPERVISADO: | HORAS TOTALES DE ESTUDIO: 4 | SEMESTRE: 10 ^{mo} |

CONTENIDO

PROGRAMA SINÓPTICO

La máquina de corriente continua (C.C). Normativas internacionales y nacionales para realizar ensayos sobre máquina C.C. Tipos de generadores de C.C. Generadores con excitación en derivación. Generadores con excitación independientes. Generadores con excitación compuesta. Curvas de carga y regulación de generadores. Motores de C.C.

Tipos de motores de C.C. Arranque de motores de C.C y medidas de seguridad. Curva de velocidad y regulación de velocidad. Curva del Par y regulación. Pérdidas mecánicas de motores C.C. Aplicaciones industriales de la máquina de C.C. La máquina de inducción. Normativas internacionales y nacionales para realizar ensayos sobre la máquina inducción. Diferencias entre motores jaula de ardillas y rotor bobinado. La definición de deslizamiento de velocidad. La curva del Par. Arranque de motores de inducción y medidas de seguridad. Pruebas de cortocircuito y motor girando en vacío. Prueba de vacío girando al sincronismo. Efectos de las tensiones de secuencia negativa sobre un motor de inducción. Clasificación de los motores de inducción jaula de ardilla y sus aplicaciones industriales. La máquina sincrónica. Normativas internacionales y nacionales para realizar ensayos sobre máquinas sincrónicas. Diferencias entre los generadores sincrónicos de polos lisos y polos salientes. Prueba en vacío y cortocircuito de un generador sincrónico. Medidas de seguridad en los ensayos de cortocircuitos. Diferencias entre los modelos de Behn Eschemburg, Potier y Blondel de una máquina sincrónica. Determinación de la impedancia de Behn Eschemburg. Determinación de los coeficientes de Potier. Curvas características de generadores sincrónicos: curva de caída de tensión y el fenómeno de la regulación. Acoplamiento de un generador sincrónico a red industrial. Condiciones necesarias para realizar el acoplamiento. Motores sincrónicos. Curvas de regulación a potencia constantes (curvas en V). Control de la potencia reactiva en una máquina sincrónica. Condensador sincrónico. El generador sincrónico aplicado sobre un sistemas de potencia.

PROGRAMA DETALLADO

Determinación de las características internas de una Máquina de Corriente Continua.

| | | | |
|--|---|---|------------------|
| APROBADO EN CONSEJO DE ESCUELA: | APROBADO EN CONSEJO DE FACULTAD: | VIGENCIA DESDE: HASTA: | HOJA / |
|--|---|---|------------------|



UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA
DEPARTAMENTO DE POTENCIA



| | | | | | | | |
|--|-----------------------|------------------|--------------------------|---|-----------------------------|---------------------------------------|--------------------------------------|
| ASIGNATURA: Laboratorio de Máquinas Eléctricas | | | | TIPO DE ASIGNATURA: Obligatoria | | | |
| CODIGO: 2317 | UNIDADES: 3 | | | REQUISITOS: 2520 | | | |
| HORAS/SEMANA: | TEORÍA: 2 | PRÁCTICA: | LABORATORIO: 2 | SEMINARIO: | TRABAJO SUPERVISADO: | HORAS TOTALES DE ESTUDIO: 4 | SEMESTRE: 10 ^{mo} |

El Generador de Corriente Continua.

El Motor de Corriente Continua.

Ensayos sobre una Máquina de Inducción para determinar su circuito equivalente.

El motor de inducción jaula de ardilla.

El motor de inducción rotor bobinado.

Ensayos sobre una Máquina Síncrona para determinar su circuito equivalente.

El Generador Síncrono.

El Motor Síncrono.

PROGRAMA DE LABORATORIO

La máquina de Corriente Continua.

- Ensayos sobre una máquina de Corriente Continua. Medición de las curvas características de los generadores y motores de corriente continua. Arranque de motores de C.C.

La máquina de Inducción.

- Ensayos sobre máquinas de jaula de ardilla y rotor bobinado. Medición de las curvas características de los motores de inducción. Arranque de motores de inducción.

La máquina síncrona.

| | | | |
|--|---|---|------------------|
| APROBADO EN CONSEJO DE ESCUELA: | APROBADO EN CONSEJO DE FACULTAD: | VIGENCIA DESDE: HASTA: | HOJA / |
|--|---|---|------------------|



UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA
DEPARTAMENTO DE POTENCIA



| | | | | | | | |
|--|-----------------------|------------------|--------------------------|---|-----------------------------|---------------------------------------|--------------------------------------|
| ASIGNATURA: Laboratorio de Máquinas Eléctricas | | | | TIPO DE ASIGNATURA: Obligatoria | | | |
| CODIGO: 2317 | UNIDADES: 3 | | | REQUISITOS: 2520 | | | |
| HORAS/SEMANA: | TEORÍA: 2 | PRÁCTICA: | LABORATORIO: 2 | SEMINARIO: | TRABAJO SUPERVISADO: | HORAS TOTALES DE ESTUDIO: 4 | SEMESTRE: 10 ^{mo} |

- Ensayos sobre una máquina sincrónica. Medición de las curvas características de los generadores y motores sincrónicos. Acoplamiento sobre la red industrial de un generador sincrónico.

REQUISITOS

Haber aprobado la asignatura:
 - Máquinas Eléctricas I.

PROGRAMACIÓN CRONOLÓGICA

El tiempo total destinado a esta asignatura se distribuirá de la siguiente manera:

| TEORÍA | | LABORATORIO | | | |
|----------------|--------------|--------------------|--------------|--|--|
| TEMA | HORAS | TEMA | HORAS | | |
| 1 | 2 | 1 | 16 | | |
| 2 | 1 | 2 | 11 | | |
| 3 | 1 | 3 | 11 | | |
| 4 | 2 | | | | |
| 5 | 1 | | | | |
| 6 | 1 | | | | |
| 7 | 2 | | | | |
| 8 | 1 | | | | |
| 9 | 1 | | | | |
| TOTALES | 12 | 38 | | | |

HORAS DE CONTACTO

La asignatura comprende:

| | | | |
|--|---|-----------------|---------------|
| APROBADO EN CONSEJO DE ESCUELA: | APROBADO EN CONSEJO DE FACULTAD: | VIGENCIA | HOJA |
| | | DESDE: | HASTA: |
| | | | / |



UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA
DEPARTAMENTO DE POTENCIA



| | | | | | | | |
|--|-----------------------|------------------|--------------------------|---|-----------------------------|---------------------------------------|--------------------------------------|
| ASIGNATURA: Laboratorio de Máquinas Eléctricas | | | | TIPO DE ASIGNATURA: Obligatoria | | | |
| CODIGO: 2317 | UNIDADES: 3 | | | REQUISITOS: 2520 | | | |
| HORAS/SEMANA: | TEORÍA: 2 | PRÁCTICA: | LABORATORIO: 2 | SEMINARIO: | TRABAJO SUPERVISADO: | HORAS TOTALES DE ESTUDIO: 4 | SEMESTRE: 10 ^{mo} |

12 horas de teoría.
38 horas de laboratorio.
10 horas de evaluación.

Lo que permite una distribución semanal de:

2 horas de teoría
2 horas de laboratorio.

PLAN DE EVALUACIÓN

La calificación del alumno se obtendrá de la aplicación de los siguientes instrumentos:

TEORÍA

| Instrumento | Contenido A Evaluar | Valor Porcentual |
|--------------------------------|----------------------------|-------------------------|
| Instrumento (1 ^{ro}) | Temas 1, 2, 3 | 15% |
| Instrumento (2 ^{do}) | Temas 4, 5, 6 | 15% |
| Instrumento (3 ^{er}) | Temas 7, 8, 9 | 15% |

SUBTOTAL DE TEORÍA: 45%

LABORATORIO

| | | | |
|--|---|---|------------------|
| APROBADO EN CONSEJO DE ESCUELA: | APROBADO EN CONSEJO DE FACULTAD: | VIGENCIA DESDE: HASTA: | HOJA / |
|--|---|---|------------------|



UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA
DEPARTAMENTO DE POTENCIA



| | | | | | | | |
|--|-----------------------|------------------|--------------------------|---|-----------------------------|---------------------------------------|--------------------------------------|
| ASIGNATURA: Laboratorio de Máquinas Eléctricas | | | | TIPO DE ASIGNATURA: Obligatoria | | | |
| CODIGO: 2317 | UNIDADES: 3 | | | REQUISITOS: 2520 | | | |
| HORAS/SEMANA: | TEORÍA: 2 | PRÁCTICA: | LABORATORIO: 2 | SEMINARIO: | TRABAJO SUPERVISADO: | HORAS TOTALES DE ESTUDIO: 4 | SEMESTRE: 10 ^{mo} |

| Instrumento | Contenido A Evaluar | Valor Porcentual |
|--------------------|----------------------------|-------------------------|
| Práctica N° 1 | Temas 1, 2, 3 | 10% |
| Práctica N° 2 | Temas 4, 5, 6 | 10% |
| Práctica N° 3 | Temas 7, 8, 9 | 10% |
| Control Práctico | Temas seleccionado (1-9) | 25% |

SUBTOTAL DE LABORATORIO: 55%

NOTA DEFINITIVA: teoría + laboratorio 100%

BIBLIOGRAFÍA

- *Ensayos de Máquinas de Corriente Continua.* Guía publicada por el Departamento de Potencia. 1999. Prof. Jean Pierre Chassande, Alexander Cepeda y Julio Molina.
- *Máquinas de Inducción o Máquinas Asincrónicas.* Guía publicada por el Departamento de Potencia. Prof. Jean Pierre Chassande.
- *Determinación del Circuito Equivalente de una Máquina Asíncrona.* Guía publicada por el Departamento de Potencia. Prof. Alexander Cepeda y Jean Pierre Chassande.
- *Ensayos de Máquinas Síncronas.* Guía publicada por el Departamento de Potencia. 1993. Prof. Alexander Cepeda y Jean Pierre Chassande.
- *IEC 34-2 Rotating Electric Machines. Part 2. Methods for Determining Losses and Efficiency of Rotating Electrical Machinery from Test.* 3^{era} edition, published by International Electrotechnical Commission; 1972.
- *IEEE Std. 113 Guide. Tests Procedure for Direct Current Machines.* Published by The Institute of Electrical and Electronic Engineers Inc; 1985.

| | | | |
|--|---|---|------------------|
| APROBADO EN CONSEJO DE ESCUELA: | APROBADO EN CONSEJO DE FACULTAD: | VIGENCIA DESDE: HASTA: | HOJA / |
|--|---|---|------------------|



UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA
DEPARTAMENTO DE POTENCIA



| | | | | | | | |
|--|-----------------------|------------------|--------------------------|---|-----------------------------|---------------------------------------|--------------------------------------|
| ASIGNATURA: Laboratorio de Máquinas Eléctricas | | | | TIPO DE ASIGNATURA: Obligatoria | | | |
| CODIGO: 2317 | UNIDADES: 3 | | | REQUISITOS: 2520 | | | |
| HORAS/SEMANA: | TEORÍA: 2 | PRÁCTICA: | LABORATORIO: 2 | SEMINARIO: | TRABAJO SUPERVISADO: | HORAS TOTALES DE ESTUDIO: 4 | SEMESTRE: 10 ^{mo} |

- *Nema MG 1. Motor and Generator*; Published by National Electrical Manufactures Association; 1989.
- *IEEE Std. 112-84. IEEE Standard Test Procedure for Polyphase Induction Motor and Generators*; ANSI/IEEE, 1984.
- *IEEE 115 Guide: Test Procedure for Synchronous Machines. Part I. ANSI/IEEE*; 1995.

MATERIAL DE CONSULTA

- *Langsdorf Alexander S. Principios de Máquinas de Corriente Continua. 6^{ta} edición*, ed. McGraw-Hill; 1964.
- *Kosow Irving L. Máquinas Eléctricas y Transformadores. 2^{da} Edición*, ed. Prentice-Hall; 1993.
- *Fitzgerald A. E. Máquinas Eléctricas. 5^{ta} edición*, ed. McGraw-Hill; 1992.
- *Lafosse M., Manual Práctico de Medidas Eléctricas y de Ensayos de Máquinas.* ed. Urmos; 1965.
- *Chapman Stephen J. Máquinas Eléctricas. 1^{era} edición.* ed. McGraw-Hill; 1989.
- *McPherson George, An Introduction to Electrical Machines and Transformers. 2^{da} edition*, ed. John Wiley & Sons; 1990.
- *Minda Tito, Elaboración de los Ensayos Necesarios para la Determinación de Parámetros de Máquinas Rotativas en Régimen Estacionario; Informe de Proyecto de Grado, Esc. Ing. Eléct. UCV, Caracas, 1988.*
- *Harel CH. Máquinas Eléctricas y sus ensayos. Ed. Dossat S.A.; 1962*

| | | | |
|--|---|------------------------------------|-------------|
| APROBADO EN CONSEJO DE ESCUELA: | APROBADO EN CONSEJO DE FACULTAD: | VIGENCIA | HOJA |
| | | DESDE: HASTA: | / |