

FACULTAD: Ingeniería.		ESCUELA: Ingeniería Eléctrica.		DEPARTAMENTO: Potencia	
ASIGNATURA: ACCIONAMIENTO Y CONTROL DE MOTORES ELÉCTRICOS			CÓDIGO: 2318	PAG.: 1 DE: 10	
REQUISITOS: MAQUINAS ELECTRICAS II, LABORATORIO DE MAQUINAS ELECTRICAS Y SISTEMAS DE CONTROL I				UNIDADES: 5	
HORAS					
TEORÍA	PRÁCTICA	TRAB. SUPERV.	LABORATORIO	SEMINARIO	TOTALES DE ESTUDIO
4			3	2	

PROPÓSITO

Independientemente de la naturaleza de las fuentes de energía eléctrica, siempre ha persistido la necesidad de acondicionar las velocidades de rotación o los pares motrices nominales de las máquinas eléctricas a los requerimientos de los procesos mecánicos asociados; de ahí la necesidad de emplear sistemas adicionales conocidos como manejadores o controladores de máquinas que en conjunto con la carga mecánica impulsada, definen un sistema de accionamiento. También, la creciente necesidad de aumentar la productividad en los procesos industriales, aunado a las actuales y futuras políticas de ahorro y conservación de la energía, ha acelerado, en los últimos años, el desarrollo y empleo de sistemas de accionamientos que mejoran el rendimiento de las máquinas eléctricas empleadas en los procesos industriales. Esta parte terminal de la enseñanza, dentro del eje de formación en el área de máquinas eléctricas de la opción Industrial de la carrera de Ingeniería Eléctrica, está consagrada al análisis de las propiedades de los accionamientos en general, con particular atención en lo concerniente tanto a la caracterización e implementación teórico-práctica de sistemas de accionamientos comerciales y control de motores industriales, como al conocimiento de criterios de selección y campos de aplicación de los sistemas de control, electromecánico o digital, para el accionamiento de los motores eléctricos.

OBJETIVO GENERAL

- Caracterizar los elementos principales de un accionamiento, para su modelación y ajuste según el campo de aplicación y criterios de selección.
- Evaluar las características principales y campos de aplicación de los accionamientos empleados para el control de las máquinas eléctricas.
- Caracterizar las máquinas eléctricas rotativas bajo aplicaciones especiales.

OBJETIVOS TERMINALES

- 1- Estudiar los elementos principales de un accionamiento.
- 2- Estudiar los sistemas de arranque de las máquinas eléctricas rotativas.
- 3- Estudiar el control de velocidad de las máquinas eléctricas rotativas.
- 4- Estudiar el comportamiento de la potencia real de máquinas eléctricas rotativas bajo condiciones de funcionamiento no nominales.
- 5- Estudiar criterios de selección y campos de aplicación industrial del control de velocidad de las máquinas eléctricas rotativas.
- 6- Estudiar las máquinas eléctricas rotativas en aplicaciones especiales.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- 1- Estudiar el funcionamiento del conjunto motor – carga mecánica

Fecha Emisión:		Nro. Emisión:		Período Vigente:		Ultimo Período:	
Profesor: A. Cepeda		Jefe Dpto.: A. Cepeda		Director: F. Brito		Aprob. Cons. Escuela:	
						Aprob. Cons. Facul.:	

FACULTAD: Ingeniería.		ESCUELA: Ingeniería Eléctrica.		DEPARTAMENTO: Potencia	
ASIGNATURA: ACCIONAMIENTO Y CONTROL DE MOTORES ELÉCTRICOS				CÓDIGO: 2318	PAG.: 2 DE: 10
REQUISITOS: MAQUINAS ELECTRICAS II, LABORATORIO DE MAQUINAS ELECTRICAS Y SISTEMAS DE CONTROL I					UNIDADES: 5
HORAS					
TEORÍA	PRÁCTICA	TRAB. SUPERV.	LABORATORIO	SEMINARIO	TOTALES DE ESTUDIO
4			3	2	
<p>1.1- Determinar la característica mecánica de la máquina motriz.</p> <p>1.2- Determinar la característica mecánica de la carga.</p> <p>1.3- Determinar el momento de inercia del conjunto motor – carga.</p> <p>1.4- Determinar el par de carga resultante referido al eje de la máquina motriz.</p> <p>1.5- Caracterizar el punto de funcionamiento y estabilidad del sistema motor – carga.</p> <p>2- Estudiar los sistemas de arranque a tensión reducida de las máquinas eléctricas rotativas</p> <p>2.1- Caracterizar el comportamiento de los motores durante el arranque.</p> <p>2.2- Seleccionar el tipo o método de arranque de motores de inducción.</p> <p>3- Estudiar el control de velocidad de las máquinas eléctricas</p> <p>3.1- Identificar las variables a controlar en un motor eléctrico.</p> <p>3.2- Determinar la ley de control de velocidad de un motor eléctrico.</p> <p>3.3- Determinar la característica mecánica del motor bajo control de velocidad.</p> <p>3.4- Determinar la característica eléctrica del motor bajo control de velocidad.</p> <p>3.5- Seleccionar el tipo o método de control de velocidad de motores de inducción.</p> <p>4- Estudiar la potencia real de máquinas eléctricas rotativas bajo condiciones de funcionamiento no nominales</p> <p>4.1- Identificar las variables que determinan la potencia real de un motor eléctrico.</p> <p>4.2- Determinar la potencia real de un motor eléctrico.</p> <p>5- Estudiar aplicaciones especiales de los motores eléctricos</p> <p>5.1- Analizar los generadores asincrónicos.</p> <p>5.2- Analizar los motores de paso (stepping-motor).</p>					
Fecha Emisión:		Nro. Emisión:		Período Vigente:	
Ultimo Período:		Profesor: A. Cepeda		Jefe Dpto.: A. Cepeda	
Aprob. Cons. Escuela:		Director: F. Brito		Aprob. Cons. Facul.:	

FACULTAD: Ingeniería.		ESCUELA: Ingeniería Eléctrica.		DEPARTAMENTO: Potencia	
ASIGNATURA: ACCIONAMIENTO Y CONTROL DE MOTORES ELÉCTRICOS				CÓDIGO: 2318	PAG.: 3 DE: 10
REQUISITOS: MAQUINAS ELECTRICAS II, LABORATORIO DE MAQUINAS ELECTRICAS Y SISTEMAS DE CONTROL I					UNIDADES: 5
HORAS					
TEORÍA	PRÁCTICA	TRAB. SUPERV.	LABORATORIO	SEMINARIO	TOTALES DE ESTUDIO
4			3	2	
CONTENIDO					
A- PROGRAMA SINÓPTICO					
Características de motores eléctricos acoplados con la carga. Arranque y equipos de arranque de motores eléctricos. Control de velocidad de motores eléctricos. Potencia nominal versus Potencia Real de motores eléctricos. Protecciones de los motores eléctricos. Generador asincrónico. Motor de Paso.					
B- PROGRAMA DETALLADO					
TEMA 1. Características de motores eléctricos acoplados con la carga					
<ul style="list-style-type: none"> • Funciones par-velocidad - $M=f(n)$ - de motores y carga. • Par dinámico, condiciones de estabilidad. • Ecuación del sistema motor - carga. • Momento de inercia resultantes, referido al eje del motor. • Cálculo de los tiempos de arranque y frenado. 					
TEMA 2. Arranque y equipos de arranque de motores eléctricos.					
<ul style="list-style-type: none"> • Métodos de arranque para: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Motores de corriente continua ▪ Motores asincrónicos trifásicos ▪ Motores asincrónicos monofásicos • Número y frecuencia de arranque. • Tipos y Características de arrancadores según el motor eléctrico • Calentamiento de los motores durante el arranque. 					
Fecha Emisión:		Nro. Emisión:		Período Vigente:	
Ultimo Período:		Profesor: A. Cepeda		Jefe Dpto.: A. Cepeda	
Aprob. Cons. Escuela:		Director: F. Brito		Aprob. Cons. Facul.:	

FACULTAD: Ingeniería.		ESCUELA: Ingeniería Eléctrica.		DEPARTAMENTO: Potencia	
ASIGNATURA: ACCIONAMIENTO Y CONTROL DE MOTORES ELÉCTRICOS				CÓDIGO: 2318	PAG.: 4 DE: 10
REQUISITOS: MAQUINAS ELECTRICAS II, LABORATORIO DE MAQUINAS ELECTRICAS Y SISTEMAS DE CONTROL I					UNIDADES: 5
HORAS					
TEORÍA	PRÁCTICA	TRAB. SUPERV.	LABORATORIO	SEMINARIO	TOTALES DE ESTUDIO
4			3	2	

TEMA 3. Control de velocidad de motores eléctricos.

- Motores de corriente continua:
 - Regulación de la corriente de excitación de los polos.
 - Regulación de la corriente de armadura.
 - Análisis de las características par-velocidad en los cuatro cuadrantes.
- Motor asincrónico:
 - Relación entre par de carga y potencia del entrehierro.
 - Relaciones de potencia del entrehierro – potencia de deslizamiento - potencia mecánica - y velocidad.
 - Variación de velocidad por inserción de resistencia en el rotor.
 - Variación de velocidad con aprovechamiento de realimentación de la potencia de deslizamiento.
 - Variación de velocidad a través de una fuente de frecuencia y tensión variables
 - Análisis de las características par-velocidad en los cuatro cuadrantes.

TEMA 4. Potencia nominal versus Potencia Real de motores eléctricos.

- Potencia real del motor con condiciones de enfriamiento nominales
- Potencia real del motor con condiciones de enfriamiento no nominales

TEMA 5. Motores eléctricos especiales.

- Analizar los tipos de generadores asincrónicos, conforme al tipo de rotor y topologías de control. Campos de Aplicación y criterios de selección.
- Analizar las ecuaciones circuitales de la máquina asincrónica como generador.
- Definir el punto de operación de una máquina asincrónica, utilizando un modelo circuital en aplicaciones de generador

Fecha Emisión:		Nro. Emisión:		Período Vigente:		Ultimo Período:	
Profesor: A. Cepeda		Jefe Dpto.: A. Cepeda		Director: F. Brito		Aprob. Cons. Escuela: Aprob. Cons. Facul.:	

FACULTAD: Ingeniería.		ESCUELA: Ingeniería Eléctrica.		DEPARTAMENTO: Potencia	
ASIGNATURA: ACCIONAMIENTO Y CONTROL DE MOTORES ELÉCTRICOS			CÓDIGO: 2318	PAG.: 5 DE: 10	
REQUISITOS: MAQUINAS ELECTRICAS II, LABORATORIO DE MAQUINAS ELECTRICAS Y SISTEMAS DE CONTROL I				UNIDADES: 5	
HORAS					
TEORÍA	PRÁCTICA	TRAB. SUPERV.	LABORATORIO	SEMINARIO	TOTALES DE ESTUDIO
4			3	2	

- Determinar la influencia de los cambios de la velocidad de rotación en las condiciones de operación del generador asincrónico.
- Analizar los tipos de motores de paso, conforme al tipo de rotor y topologías de control. Campos de Aplicación y criterios de selección.
- Analizar los esquemas de control tipo de los tipos de motores de paso bajo estudio.

C- PROGRAMA DE LABORATORIO

6.1- Caracterización de Máquinas Eléctricas.

Especificar y realizar las pruebas de funcionamiento de sistemas de accionamiento.

Pre-laboratorio:

- Análisis de los parámetros característicos de las máquinas eléctricas rotativas. Momento de Inercia y constante de tiempo.

Laboratorio:

- Determinación de los modelos eléctricos de los motores (DC ó AC) asociados a un sistema de accionamiento.
- Determinación del Momento de Inercia de un sistema de accionamiento.
- Determinación de las constantes de tiempo de los arrollados del motor eléctrico asociado a un sistema de accionamiento.

TEMA 1. Arranque de Motores Eléctricos.

Pre-laboratorio:

- Análisis del comportamiento del motor durante el arranque a tensión reducida.
- Estimación de la curva característica de la corriente durante el tiempo de arranque.
- Diseño de un arrancador a tensión reducida a través de elementos electromecánicos.
- Análisis de los parámetros de ajuste de un arrancador suave.
- Estimación de los tiempos y magnitudes de las corrientes de arranque de un motor eléctrico a tensión reducida.

Fecha Emisión:		Nro. Emisión:		Período Vigente:		Ultimo Período:	
Profesor: A. Cepeda		Jefe Dpto.: A. Cepeda		Director: F. Brito		Aprob. Cons. Escuela: Aprob. Cons. Facul.:	

FACULTAD: Ingeniería.		ESCUELA: Ingeniería Eléctrica.		DEPARTAMENTO: Potencia	
ASIGNATURA: ACCIONAMIENTO Y CONTROL DE MOTORES ELÉCTRICOS			CÓDIGO: 2318	PAG.: 6	DE: 10
REQUISITOS: MAQUINAS ELECTRICAS II, LABORATORIO DE MAQUINAS ELECTRICAS Y SISTEMAS DE CONTROL I				UNIDADES: 5	
HORAS					
TEORÍA	PRÁCTICA	TRAB. SUPERV.	LABORATORIO	SEMINARIO	TOTALES DE ESTUDIO
4			3	2	

Laboratorio:

- **(Arranque Electromecánico)**
 - Montaje de un arrancador a tensión reducida a través de elementos electromecánicos y/o Controlador Lógico Programable (PLC).
 - Registro de los valores de tiempo y corriente de arranque para las diferentes condiciones de operación y comparación con los valores determinados o estimados teóricamente.
- **(Arranque Electrónico):**
 - Ajuste de los parámetros de un arrancador suave industrial, con base a los datos nominales del motor asociado para diferentes condiciones de operación.
 - Registro de los valores de tiempo y corriente de arranque para diferentes condiciones de operación y comparación con los valores determinados o estimados teóricamente.

TEMA 2. Control de Velocidad de la Máquina AC.

Pre-laboratorio:

- Diagrama de bloques del sistema de control de velocidad.
- Parámetros de ajuste de un variador de velocidad industrial.
- Estimación y especificación de los protocolos de ensayo para la determinación de la característica mecánica de un sistema de accionamiento.

Laboratorio:

- Identificación de los bloques del sistema de control de velocidad de un sistema de velocidad industrial tipo.
- Ajuste de los parámetros de un variador de velocidad industrial, con base a los datos nominales del motor a controlar.
- Registro de las ondas de corriente y tensión para un punto de funcionamiento y determinación del espectro de armónicas (lado de la fuente y del motor).
- Determinación de la característica mecánica, y comparación con la calculada teóricamente.

Fecha Emisión:		Nro. Emisión:		Período Vigente:		Ultimo Período:	
Profesor: A. Cepeda		Jefe Dpto.: A. Cepeda		Director: F. Brito		Aprob. Cons. Escuela:	
						Aprob. Cons. Facul.:	

FACULTAD: Ingeniería.		ESCUELA: Ingeniería Eléctrica.		DEPARTAMENTO: Potencia	
ASIGNATURA: ACCIONAMIENTO Y CONTROL DE MOTORES ELÉCTRICOS				CÓDIGO: 2318	PAG.: 7 DE: 10
REQUISITOS: MAQUINAS ELECTRICAS II, LABORATORIO DE MAQUINAS ELECTRICAS Y SISTEMAS DE CONTROL I					UNIDADES: 5
HORAS					
TEORÍA	PRÁCTICA	TRAB. SUPERV.	LABORATORIO	SEMINARIO	TOTALES DE ESTUDIO
4			3	2	

- Compensación de la variación de velocidad para tres cargas distintas.

TEMA 3. Control de Velocidad de la Máquina DC

Pre-laboratorio:

- Diagrama de bloques del sistema de control de velocidad.
- Parámetros de ajuste de un variador de velocidad industrial.
- Estimación y especificación de los protocolos de ensayo para la determinación de la característica mecánica de un sistema de accionamiento.

Laboratorio:

- Identificación de los bloques del sistema de control de velocidad de un sistema de velocidad industrial tipo.
- Ajuste de los parámetros de un variador de velocidad industrial, con base a los datos nominales del motor a controlar.
- Registro de las ondas de corriente y tensión del motor eléctrico para un punto de funcionamiento y determinación del espectro de armónicas (lado de la fuente y del motor), bajo control de velocidad por variación de la tensión de armadura, sin realimentación y con realimentación.
- Determinación de la característica mecánica (sin y con realimentación) y análisis comparativo con la estimación teórica.
- Determinación y análisis comparativo, con la estimación teórica, de la regulación de velocidad (sin y con realimentación) para tres condiciones de carga distinta.

D- REQUISITOS

Haber aprobado las asignaturas:

- Máquinas Eléctricas II (código 2316)
- Laboratorio de Máquinas Eléctricas (código 2317)
- Sistemas de Control I (código 2222)

Fecha Emisión:		Nro. Emisión:		Período Vigente:		Ultimo Período:	
Profesor: A. Cepeda		Jefe Dpto.: A. Cepeda		Director: F. Brito		Aprob. Cons. Escuela:	
						Aprob. Cons. Facul.:	

FACULTAD: Ingeniería.		ESCUELA: Ingeniería Eléctrica.		DEPARTAMENTO: Potencia	
ASIGNATURA: ACCIONAMIENTO Y CONTROL DE MOTORES ELÉCTRICOS			CÓDIGO: 2318	PAG.: 8	DE: 10
REQUISITOS: MAQUINAS ELECTRICAS II, LABORATORIO DE MAQUINAS ELECTRICAS Y SISTEMAS DE CONTROL I				UNIDADES: 5	
HORAS					
TEORÍA	PRÁCTICA	TRAB. SUPERV.	LABORATORIO	SEMINARIO	TOTALES DE ESTUDIO
4			3	2	

E- PROGRAMACIÓN CRONOLÓGICA

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

TEORÍA		LABORATORIO	
TEMA	HORAS	TEMA	HORAS
1	10	1	12
2	10	2	12
3	14	3	9
4	6	4	9
5	8		
-----		-----	
TOTALES:	48		44

F- HORAS DE CONTACTO

La asignatura comprende:

48 horas de teoría.

44 horas de laboratorio.

10 y 4 horas de evaluación de teoría y laboratorio, respectivamente.

Lo que permite una distribución semanal de:

4 horas de teoría

3 horas de laboratorio.

G- PLAN DE EVALUACIÓN

La calificación del alumno se obtendrá de la aplicación de los siguiente instrumentos según el componente especificado:

Comentario [AC1]: Dado por 1 hora contacto x 4 asignaciones + 4 horas contacto avance proyecto + 2 horas presentación proyecto

Comentario [AC2]: Dado por 1 hora contacto revisión preliminar informe de laboratorio

Fecha Emisión:	Nro. Emisión:	Período Vigente:	Ultimo Período:	
Profesor: A. Cepeda	Jefe Dpto.: A. Cepeda	Director: F. Brito	Aprob. Cons. Escuela:	Aprob. Cons. Facul.:

FACULTAD: Ingeniería.		ESCUELA: Ingeniería Eléctrica.		DEPARTAMENTO: Potencia	
ASIGNATURA: ACCIONAMIENTO Y CONTROL DE MOTORES ELÉCTRICOS			CÓDIGO: 2318	PAG.: 9	DE: 10
REQUISITOS: MAQUINAS ELECTRICAS II, LABORATORIO DE MAQUINAS ELECTRICAS Y SISTEMAS DE CONTROL I				UNIDADES: 5	
HORAS					
TEORÍA	PRÁCTICA	TRAB. SUPERV.	LABORATORIO	SEMINARIO	TOTALES DE ESTUDIO
4			3	2	

COMPONENTE TEORÍA.

Instrumento	Contenido A Evaluar	Valor Porcentual
Asignación ó tarea (1 ^{to})	Tema 1	7,5%
Asignación ó tarea (2 ^{do})	Tema 2	7,5%
Asignación ó tarea (3 ^{ro})	Tema 4	7,5%
Asignación ó tarea (4 ^{to})	Tema 5	7,5%
Seminario o Proyecto	Tema 3	30%

CALIFICACIÓN PARCIAL DE LA TEORÍA: 60%

COMPONENTE LABORATORIO.

Instrumento	Contenido A Evaluar	Valor Porcentual
Informe N° 1	Tema 1	10%
Informe N° 2	Tema 2	10%
Informe N° 3	Tema 3	10%
informe N° 4	Tema 4	10%

CALIFICACIÓN PARCIAL DE LA TEORÍA: 40%

CALIFICACIÓN DEFINITIVA: SUMA PONDERADA DE LAS CALIFICACIONES PARCIALES DE LOS COMPONENTES DE TEORIA Y DE LABORATORIO.

H- BIBLIOGRAFÍA DE REFERENCIA

- P. Krause. *Analysis of electric machinery*. McGraw-Hill, Singapore, 1987.
- M. H. Rashid. *Electrónica de Potencia*. Prentice Hall Hispanoamericana S.A., México, 1995. ISBN 0-13-678996-X.
- C. M. Ong. *Dynamic Simulation of Electric Machinery Using MatLab/SIMULINK*. Prentice Hall PTR, New Jersey, 1998. ISBN 0-13-723785-5.

Fecha Emisión:		Nro. Emisión:		Período Vigente:		Ultimo Período:	
Profesor: A. Cepeda		Jefe Dpto.: A. Cepeda		Director: F. Brito		Aprob. Cons. Escuela:	
						Aprob. Cons. Facul.:	

FACULTAD: Ingeniería.	ESCUELA: Ingeniería Eléctrica.	DEPARTAMENTO: Potencia			
ASIGNATURA: ACCIONAMIENTO Y CONTROL DE MOTORES ELÉCTRICOS		CÓDIGO: 2318	PAG.: 10 DE: 10		
REQUISITOS: MAQUINAS ELECTRICAS II, LABORATORIO DE MAQUINAS ELECTRICAS Y SISTEMAS DE CONTROL I				UNIDADES: 5	
HORAS					
TEORÍA	PRÁCTICA	TRAB. SUPERV.	LABORATORIO	SEMINARIO	TOTALES DE ESTUDIO
4			3	2	

- B. Giessel y R. Hernández M.. *Introducción al estudio de las máquinas eléctricas rotativas convencionales*. Universidad Central de Venezuela, 1977.
- Robert Chauprade. *Control electrónico de los motores de corriente continua*. Editorial Gustavo Gili, S.A., Barcelona. 1983. ISBN 84-252-1164-6.
- Robert Chauprade. *Control electrónico de los motores de corriente alterna*. Editorial Gustavo Gili, S.A., Barcelona. 1983. ISBN 84-252-1156-5.
- Orlando Lobosco y José Pereira. *Selección y aplicación de motores eléctricos TOMO 1*. Editorial Marcombo S.A. - Siemens Aktiengesellschaft. 1989. Marcombo. ISBN 3-8009-1541-3 SIEMENS
- Enciclopedia CEAC de Electricidad. *Maniobra, mando y control eléctricos*. Ediciones CEAC. Barcelona España 1976, ISBN: 84-329-6009-8.
- Orlando Lobosco y José Pereira. *Selección y aplicación de motores eléctricos Volume 2 SÉRIE BRASILEIRA DE TECNOLOGIA*. McGraw Hil - Siemens S.A. 1988.

Fecha Emisión:	Nro. Emisión:	Período Vigente:	Ultimo Período:	
Profesor: A. Cepeda	Jefe Dpto.: A. Cepeda	Director: F. Brito	Aprob. Cons. Escuela:	Aprob. Cons. Facul.: