



Teaching Guide

Teaching Guide				
Identifying Data				2018/19
Subject (*)	Electric Machines II		Code	770G02026
Study programme	Grao en Enxeñaría Eléctrica			
Descriptors				
Cycle	Period	Year	Type	Credits
Graduate	2nd four-month period	Third	Obligatory	6
Language	SpanishGalician			
Teaching method	Face-to-face			
Prerequisites				
Department	Enxeñaría Industrial			
Coordinador	Chouza Gestoso, Jesus Diego		E-mail	jesus.chouza@udc.es
Lecturers	Chouza Gestoso, Jesus Diego		E-mail	jesus.chouza@udc.es
Web	moodle.udc.es/login/index.php			
General description	Esta materia forma parte do Módulo de Tecnoloxía Específica de Electricidade, o seu obxectivo é o estudo do fundamento teórico dos convertidores electromecánicos de enerxía, a fin de comprender o funcionamento da máquina eléctrica , como un conxunto de mecanismos capaces de xerar, aproveitar ou transformar a enerxía eléctrica.			

Study programme competences

Code	Study programme competences
A1	Capacidade para a redacción, firma, desenvolvemento e dirección de proxectos no ámbito da enxeñaría industrial, e en concreto da especialidade de electricidade.
A4	Capacidade de xestión da información, manexo e aplicación das especificacións técnicas e da lexislación necesarias no exercicio da profesión.
A5	Capacidade para analizar e valorar o impacto social e medioambiental das solucións técnicas actuando con ética, responsabilidade profesional e compromiso social, e buscando sempre a calidade e mellora continua.
A24	Capacidade para o cálculo e deseño de máquinas eléctricas.
B1	Capacidade de resolver problemas con iniciativa, toma de decisións, creatividade e razoamento crítico.
B2	Capacidade de comunicar e transmitir coñecementos, habilidades e destrezas no campo da enxeñaría industrial.
B3	Capacidade de traballar nun contorno multilingüe e multidisciplinar.
B4	Capacidade de traballar e aprender de forma autónoma e con iniciativa.
B5	Capacidade para empregar as técnicas, habilidades e ferramentas da enxeñaría necesarias para a práctica desta.
C1	Expresarse correctamente, tanto de forma oral coma escrita, nas linguas oficiais da comunidade autónoma.
C3	Utilizar as ferramentas básicas das tecnoloxías da información e as comunicacións (TIC) necesarias para o exercicio da súa profesión e para a aprendizaxe ao longo da súa vida.
C6	Valorar criticamente o coñecemento, a tecnoloxía e a información dispoñible para resolver os problemas cos que deben enfrontarse.

Learning outcomes

Learning outcomes	Study programme competences		
Principios de funcionamento e aplicacións das máquinas de indución.	A1	B1	C1
Comprender os principios de funcionamento e saber aplicalos para este tipo de máquinas.	A4	B2	C3
Saber identificar, clasificar e describir o comportamento de sistemas con máquinas eléctricas de indución a través do uso de métodos analíticos e técnicas de modelado.	A5	B3	C6
Ter habilidade para aplicar métodos cuantitativos á análise das máquinas eléctricas e para resolver problemas de enxeñaría.	A24	B4	
Deberá desenvolver habilidades de traballo en laboratorio e en talleres.		B5	
Saber empregar literatura técnica e outras fontes de información, como estándares da industria referentes a este tipo máquinas eléctricas.			



Principios de funcionamento e aplicacións das máquinas sínconas.	A1	B1	C1
Comprender os principios de funcionamento e saber aplicalos para este tipo de máquinas.	A4	B2	C3
Saber identificar, clasificar e describir o comportamento de sistemas con alternadores e motores síncronos a través do uso de métodos analíticos e técnicas de modelado.	A5	B3	C6
Ter habilidade para aplicar métodos cuantitativos á análise das máquinas eléctricas e para resolver problemas de enxeñaría.	A24	B4	
Deberá desenvolver habilidades de traballo en laboratorio e en talleres.		B5	
Saber empregar literatura técnica e outras fontes de información, como estándares da industria referentes a este tipo máquinas eléctricas			

Contents	
Topic	Sub-topic



BLOQUE TEMATICO I. Máquinas eléctricas de inducción.

Tema 1. Constitución e funcionamento da máquina de indución.

- 1.1.- Introducción.
- 1.2.- Onda de campo dun devanado de ca monofásico concentrado de paso diametral.
- 1.3.- Onda de campo dun devanado distribuído de paso acurtado.
- 1.4.- Onda de campo dun devanado trifásico. Campo magnético giratorio.
- 1.4.1.- Teorema de Ferraris.
- 1.5. Constitución e principios de funcionamento.
- 1.6. Devanados de corrente alterna.
- 1.7. Magnitudes fundamentais.
- 1.8. Diagrama no espazo do motor de indución.
- 1.9. Forzas tangenciais e par motor
- 1.10. O motor de indución como transformador.
- 1.11. Diagrama vectorial en baleiro.
- 1.12. Circuito equivalente e diagrama vectorial en carga.
- 1.13. Circuitos equivalentes aproximados.
- 1.14. Balance de potencia.
- 1.15. Rendemento eléctrico.

PUNTOS CRAVE

Teorema de Ferraris.

Diagrama vectorial do motor de indución.

Circuito equivalente.

Balance de potencias.

Tema 2. O motor de indución en servizo.

- 2.1. Características funcionais.
- 2.2. Curva de velocidade.
- 2.3. Curva de intensidade absorbida.
- 2.4. Curva de rendemento.
- 2.5. Curva de factor de potencia.
- 2.6. Característica par-deslizamiento e límite de estabilidade.
- 2.7. Diagrama circular. Dedución e trazado.
- 2.7.1 Representación das magnitudes máis importantes.
- 2.7.2. Representación das potencias, dos pares e deslizamientos.
- 2.7.3. Determinación do diagrama circular a partir dos ensaios.
- 2.8. A máquina de indución funcionando como xerador e freo electromagnético.

PUNTOS CRAVE

Características.

Diagrama circular.

Tema 3. Arranque do motor de indución.

- 3.1. Arranque directo.
- 3.2. Por regulación do circuito do estator.
- 3.2.1. Introducción dunha impedancia no estator.
- 3.2.2. Arranque por autotransformador.



3.2.3. Conmutación estrela-triángulo.

3.3. Por regulación do rotor.

PUNTOS CRAVE

Variación da tensión de alimentación.

Inserción de resistencias no circuíto do rotor.

Tema 4. Regulación da velocidade.

4.1. Métodos de regulación da velocidade.

4.2. Variación do número de polos.

4.3. Regulación por variación na frecuencia de alimentación.

4.4. Regulación da velocidade actuando sobre o deslizamiento

4.4.1. Regulación por variación da tensión da liña.

4.4.2. Regulación por variación da resistencia do rotor.

4.4.3. Regulación por recuperación de enerxía rotórica.

4.5. Regulación electrónica dos motores de indución.

4.6. Freado dos motores de indución

4.6.1. Freado por recuperación (regenerativo).

4.6.2. Freado por contracorrente ou en contramarcha.

4.6.3. Freado dinámico.

PUNTOS CRAVE

Regulación por variación da frecuencia.

Reguladores electrónicos.

Tema 5. Motores de indución de execución especial.

5.1. Motor de indución de dobre gaiola.

5.2. Motor de indución de ranura profunda.

5.3. Motor de indución de rotor macizo.

5.4. Motor de indución lineal.

Tema 6. Xeradores asíncronos.

6.1. A máquina de indución como xerador.

6.2. Excitación do xerador de indución por condensadores.

6.3. Regulador de indución trifásico.

6.4. Decalador de fase.

6.5. Convertidor dinámico rotativo de frecuencia.

PUNTOS CRAVE

Excitación do xerador de indución.



Tema 7. Motor de indución monofásico.

- 7.1. Introducción.
- 7.2. Teoría do dobre campo giratorio.
- 7.3. Circuito equivalente e características.
- 7.4. Teoría do campo transversal.
- 7.5. Arranque dos motores monofásicos.
 - 7.5.1. Motor de fase partida.
 - 7.5.2. Motor con arranque por condensador.
- 7.6. Outros motores monofásicos de indución.
 - 7.6.1. Motor con expira de sombra.
 - 7.6.2. Motor monofásico de indución con arranque por reluctancia.
- 7.7. Aplicacións dos motores monofásicos de indución.

PUNTOS CRAVE

Arranque dos motores monofásicos.

PRÁCTICAS DE LABORATORIO

Práctica 1. Arranque automático directo dun motor asíncrono trifásico.

Práctica 2. Ensaio sen carga e de curto dun motor asíncrono trifásico.

Práctica 3. Diagrama do círculo. Rendemento.

Práctica 4. Característica par-velocidade.

Práctica 5. Montaxe dunha instalación de arranque, protección e investimento de marcha dun motor trifásico de rotor en gaiola de esquío (Investidor estrela-triángulo).

Práctica 6. Motor trifásico de varias velocidades. Conexións Dahlander.

Práctica 7. Arranque automático dun motor asíncrono de rotor bobinado mediante a adición de resistencia ao rotor (2 chanzos).



BLOQUE TEMATICO II. La máquina síncrona.

Tema 1. Teoría e fundamentos xerais.

- 1.1. Constitución e clasificación das máquinas síncronas.
- 1.2. Principio de funcionamento como xerador e como motor.
- 1.3. O sistema inductor e a súa excitación.
- 1.4. Refrixeración das grandes unidades.

Tema 2. Funcionamento en baleiro e en carga.

- 2.1. Característica sen carga.
- 2.2. Funcionamento en carga. Fluxo de dispersión.
- 2.3. Reactancia e f.e.m. de dispersión.
- 2.4. Reacción de inducido.
- 2.5. Influencia do $\cos \phi$.
- 2.6. Influencia da saturación.

PUNTOS CRAVE

Reacción do inducido.

Tema 3. Diagramas vectoriales, curvas características e parámetros singulares.

- 3.1. Diagrama no espazo da máquina de rotor cilíndrico con carga equilibrada.
- 3.2. Diagrama vectorial e circuíto equivalente da máquina síncrona de rotor cilíndrico, non saturada.
- 3.3. Diagrama vectorial da máquina saturada.
- 3.4. Diagrama vectorial da máquina síncrona de polos saíntes.
- 3.5. Características en curtocircuíto.
- 3.6. Triángulo de Potier.
- 3.7. Característica reactiva.
- 3.8. Reactancia síncrona non saturada e saturada.
- 3.9. Relación de curtocircuíto.

PUNTOS CRAVE

Diagramas espaciais.

Diagramas temporais.

Tema 4. Regulación de tensión dun alternador.

- 4.1. Regulación dun alternador.
- 4.2. Métodos de Behn-Eschenburg e A.I.E.E.
- 4.3. Método de Potier e A.S.A.
- 4.4. Método de Blondel para máquinas de polos saíntes.
 - 4.4.1. Reactancias síncronas longitudinal e transversal.
- 4.5. Potencias activa e reactiva do xerador síncrono.



- 4.6. Características Potencia- ángulo do par.
- 4.7. Característica exterior.
- 4.8. Característica de regulación.
- 4.9. Autoexcitación dun alternador.

PUNTOS CRAVE

Regulación de tensión.

Tema 5. As máquinas síncronas funcionando en paralelo

- 5.1. Manobra de axuste, sincronización.
- 5.2. Estabilidade estática do funcionamento en paralelo.
- 5.3. A máquina síncrona axustada a unha rede de potencia infinita.
- 5.4. Análise do funcionamento como xerador e como motor.
- 5.5. Diagrama circular de correntes a excitación constante e potencia variable.
- 5.6. Repartición das potencias activa e reactiva entre alternadores axustados en paralelo sobre unha rede de potencia infinita.

PUNTOS CRAVE

Estatismo. Repartición das potencias entre alternadores axustados.

Tema 6. O motor síncrono en servizo.

- 6.1. Método de arranque do motor síncrono.
- 6.2. Motor asíncrono-sincronizado.
- 6.3. Motor síncrono como compensador de fase.
- 6.4. Par e potencia do motor síncrono.
- 6.5. Característica da máquina síncrona como motor.
- Curvas en V de Mordey.
- 6.6. Motores de reluctancia, histéresis e imáns permanentes.
- 6.7. Aplicacións do motor síncrono.

PUNTOS CRAVE

Características e aplicacións do motor síncrono.

Tema 7. Curtocircuíto da máquina síncrona.

- 7.1. Curtocircuíto permanente simétrico e asimétrico.
- 7.2. Curtocircuíto fase-neutro, fase-fase e dúas fases-neutro.
- 7.3. Reactancia directa, inversa e homopolar.
- 7.4. Curtocircuíto brusco dun alternador funcionando en baleiro.
- 7.5. Reactancia subtransitoria e transitoria.
- 7.6. Curtocircuíto brusco da máquina síncrona en carga.
- 7.7. Curtocircuíto brusco trifásico en máquinas de polos saíntes.
- 7.8. Curtocircuíto brusco asimétrico.



7.9. Constante de tempo que interveñen no cortocircuíto brusco.

PUNTOS CRAVE

Reactancia directa, inversa e homopolar.

PRÁCTICAS DE LABORATORIO

Práctica 1. Ensaio dun alternador trifásico. Características en baleiro e cortocircuíto. Impedancia síncrona.

Práctica 2. Análise non lineal. Método de Potier ou do factor de potencia nulo.

Práctica 3. Determinación directa das características en carga dun alternador.

Práctica 4. Determinación da intensidade de excitación en carga e da relación de tensión dos alternadores.

Práctica 5. Axuste á rede dun xerador síncrono. Límites de funcionamento.

Práctica 6. Repartición de cargas de alternadores en paralelo.

Práctica 7. Curvas en V ou de Mordey dun motor síncrono.



Planning

Methodologies / tests	Competencies	Ordinary class hours	Student?s personal work hours	Total hours
Guest lecture / keynote speech	A1 A4 A5 A24 B1 B2 B3 B4 B5 C1 C3 C6	21	32	53
Laboratory practice	A1 A4 A5 A24 B1 B2 B3 B4 B5 C1 C3 C6	9	10	19
Problem solving	A1 A4 A5 A24 B1 B2 B3 B4 B5 C1 C3 C6	21	38	59
Objective test	A1 A4 A5 A24 B1 B2 B3 B4 B5 C1 C3 C6	5	12	17
Personalized attention		2	0	2

(*)The information in the planning table is for guidance only and does not take into account the heterogeneity of the students.

Methodologies

Methodologies	Description
Guest lecture / keynote speech	Ofrecer unha visión xeral e estruturada dos temas, destacando os puntos importantes. Desenvólvese na aula, intercalando aplicacións prácticas con desenvolvementos teóricos, empregáense medios audiovisuais
Laboratory practice	Realizará experiencias prácticas do desenvolvido nos contidos da materia
Problem solving	Deberá solucionar os problemas que lle propoñan, relacionados cos contidos.
Objective test	Deberá demostrar o seu grao de aprendizaxe dunha maneira obxectiva, deberá quitar as súas propias conclusións a fin de autoevaluar a súa aprendizaxe, e se fose necesario introducir medidas correctoras

Personalized attention

Methodologies	Description
Problem solving Laboratory practice	Orientar al alumno en los puntos básicos, dando un visión estructurada de la asignatura Realizar experiencias prácticas que sirvan para contrastar los conocimientos teóricos adquiridos

Assessment

Methodologies	Competencies	Description	Qualification
Objective test	A1 A4 A5 A24 B1 B2 B3 B4 B5 C1 C3 C6	A proba obxectiva que se realizará ao final do curso, nas correspondentes convocatorias oficiais, onde o alumno deberá demostrar o seu grao de aprendizaxe dunha maneira obxectiva. Constarán dun número comprendido entre 15 e 20 preguntas tipo test, acompañadas de 6 posibles respostas, onde só unha é a correcta, o alumno deberá xustificar sempre a resposta, sendo esta condición indispensable para que a resposta sexa aceptada como correcta. Para superar a materia o alumno deberá obter 4,5 ptos. sobre 10 nesta proba. Esta proba representará o 70% da nota final.	70
Problem solving	A1 A4 A5 A24 B1 B2 B3 B4 B5 C1 C3 C6	Proporase unha proba cando o desenvolvemento do temario chegue á metade, que suporá o 15% da nota final, sempre que o alumno obteña 5 ptos. sobre 10 na proba obxectiva. Esta proba é voluntaria.	15
Laboratory practice	A1 A4 A5 A24 B1 B2 B3 B4 B5 C1 C3 C6	A realización con aproveitamento das prácticas de laboratorio son indispensables para superar a materia. O exame de prácticas de laboratorio representarán o 15% da nota final da materia, sempre que o alumno obteña 4,5 ptos. sobre 10 na proba obxectiva, en ningún caso pode servir para compensar notas inferiores a 4,5 ptos, na Proba Obxectiva.	15
Others			



Assessment comments

Se na proba obxectiva a nota é maior ou igual a 4,5 pto. sobre 10 . A nota será $0,70 \times (\text{nota proba obxectiva}) + 0,15 \times (\text{nota prácticas laboratorio, deberá asistir a todas as sesións}) + 0,15 \times (\text{nota da proba intermedia a realizar, nas horas de solución de problemas, é unha proba voluntaria})$. No caso de que non se alcancen os 4,5 pto na proba obxectiva, a nota resultante será a obtida exclusivamente na proba obxectiva. Todas as probas avalíaranse sobre 10. A proba obxectiva evaluarase como: $\text{Nota} = \frac{\text{Acertos} - (\text{Erros} + \text{Distractores})}{10/N^\circ \text{ de preguntas}}$

Sources of information

Basic	- (). FRAILE MORA, J. , Máquinas eléctricas. Madrid, Mc Graw Hill/Interamericana de España, 2003. FRAILE MORA, J. , Problemas de máquinas eléctricas. Madrid, Mc Graw Hill/Interamericana de España, 2005. CHAPMAN, S., Máquinas eléctricas, Bogotá, Mc Graw Hill/Interamericana, 2000. MAZÓN, J.; MIÑAMBRES, J.F.; ZORROZUA, M.A. y otros. Guía de autoaprendizaje de máquinas eléctricas. Pearson. Prentice Hall. Madrid 2008. GRAY, C.; Máquinas Eléctricas y sistemas accionadores. México, Ediciones Alfaomega, 1993. FITZGERALD, KINGSLEY, UMANS. , Máquinas eléctricas. México, Mc Graw Hill/Interamericana, 2004. HURTADO PÉREZ, E.; Problemas de electrotecnia, Valencia, Editorial del servicio de publicaciones de la U. politécnica de Valencia. 1993. ORTEGA, G ; GÓMEZ, M.; BACHILLER, A.; Problemas resueltos de máquinas eléctricas. Madrid, Thomson Editores España, Paraninfo. 2002
Complementary	

Recommendations

Subjects that it is recommended to have taken before

Electric Machines I/770G02021
Electric Installations low voltage/770G02022
Electrical power circuits/770G02023
Física I/770G02003
Física II/770G02007
Fundamentos de Electricidade/770G02013

Subjects that are recommended to be taken simultaneously

High-voltage electrical installations/770G02027

Subjects that continue the syllabus

Installations of Renewable Energies/770G02033
Electric Machines and Drives/770G02035
Electric Energy Transport/770G02036

Other comments

(*)The teaching guide is the document in which the URV publishes the information about all its courses. It is a public document and cannot be modified. Only in exceptional cases can it be revised by the competent agent or duly revised so that it is in line with current legislation.