26-27

GRADO EN INGENIERÍA ELÉCTRICA
CUARTO CURSO

GUÍA DE ESTUDIO PÚBLICA

ANÁLISIS Y OPERACIÓN DE SISTEMAS ELÉCTRICOS

CÓDIGO 68904049

UNED

26-27

ANÁLISIS Y OPERACIÓN DE SISTEMAS ELÉCTRICOS

CÓDIGO 68904049

ÍNDICE

PRESENTACIÓN Y CONTEXTUALIZACIÓN
REQUISITOS Y/O RECOMENDACIONES PARA CURSAR LA ASIGNATURA
EQUIPO DOCENTE
HORARIO DE ATENCIÓN AL ESTUDIANTE
TUTORIZACIÓN EN CENTROS ASOCIADOS
COMPETENCIAS QUE ADQUIERE EL ESTUDIANTE
RESULTADOS DE APRENDIZAJE
CONTENIDOS
METODOLOGÍA
SISTEMA DE EVALUACIÓN
BIBLIOGRAFÍA BÁSICA
BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA
RECURSOS DE APOYO Y WEBGRAFÍA
PRÁCTICAS DE LABORATORIO
IGUALDAD DE GÉNERO

NOMBRE DE LA ASIGNATURA	ANÁLISIS Y OPERACIÓN DE SISTEMAS ELÉCTRICOS
CÓDIGO	68904049
CURSO ACADÉMICO	2026/2027
DEPARTAMENTO	INGENIERÍA ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA, CONTROL, TELEMÁTICA Y QUÍMICA APLICADA A LA INGENIERÍA
TÍTULO EN QUE SE IMPARTE	GRADO EN INGENIERÍA ELÉCTRICA
CURSO - PERIODO - TIPO	GRADUADO EN INGENIERÍA ELÉCTRICA (PLAN 2024) - CUARTO CURSO - SEMESTRE 1 - OBLIGATORIAS
CURSO - PERIODO - TIPO	GRADUADO EN INGENIERÍA ELÉCTRICA (PLAN 2009) - CUARTO CURSO - SEMESTRE 1 - OBLIGATORIAS
TÍTULO EN QUE SE IMPARTE	GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES
CURSO - PERIODO - TIPO	GRADUADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍA INDUSTRIAL (PLAN 2024) - CUARTO CURSO - SEMESTRE 1 - OPTATIVAS
CURSO - PERIODO - TIPO	GRADUADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍA INDUSTRIAL (PLAN 2011) - NINGUNO CURSO - SEMESTRE 1 - OPTATIVAS
Nº ETCS	5
HORAS	125.0
IDIOMAS EN QUE SE IMPARTE	CASTELLANO

PRESENTACIÓN Y CONTEXTUALIZACIÓN

Se trata de una asignatura que tiene un carácter fundamentalmente tecnológico y es de tipo terminal ya que sus contenidos no sirven de base para asignaturas posteriores y, sin embargo, requiere de conocimientos de asignaturas anteriores, fundamentalmente de *"Física I", "Física II", "Teoría de Circuitos", "Máquinas Eléctricas"* y *"Líneas e instalaciones de alta tensión*". Su objetivo principal es proporcionar al alumno una base científica y técnica que le permita conocer y entender la naturaleza de los problemas relacionados con los sistemas de energía eléctrica, su planteamiento matemático y los modelos más usuales o relevantes utilizados para su representación, así como algunos de los métodos y herramientas de cálculo adecuadas para su resolución.

Partiendo de unos conocimientos básicos de sistemas eléctricos (representación del sistema y análisis del estado normal de funcionamiento) y el generador como elemento más sofisticado de un sistema de potencia y que lleva aparejado la mayor parte de la funcionalidad para controlar dicho sistema, se abordará el **estudio del sistema eléctrico en su conjunto**, formado por generadores y cargas conectados a él.

Para el estudio del **sistema trifásico desequilibrado**, (por ejemplo, si se produce por un

cortocircuito fase-tierra), usaremos el método de las componentes simétricas. De esta forma conseguiremos comprender el comportamiento del sistema en condiciones desequilibradas.
Después abordaremos el estudio del **flujo de cargas** (o flujo de potencias) que nos servirá tanto para tomar las medidas oportunas en la operación, como en la planificación de futuras extensiones en un sistema eléctrico en régimen permanente.
Otro conocimiento fundamental de un sistema eléctrico de potencia es cómo mantener su estabilidad, entendiendo como tal, la capacidad del sistema para mantener los generadores en sincronismo ante perturbaciones. Desde el punto de vista del generador (una máquina conectada a un nudo de potencia infinita, o a dos máquinas conectadas entre sí), se estudia en la asignatura de *"Generación eléctrica",* y en lla presente asignatura se profundizará en el estudio de la **estabilidad de los sistemas de gran dimensión**, (sistema con muchas máquinas). Es recomendable el estudio en paralelo de estos apartados.
Con estos conocimientos ya estaremos en condiciones de desarrollar el siguiente objetivo: generar en cada instante la potencia demandada de la manera más económica y fiable. Mediante la **operación del sistema** se entenderá el funcionamiento global de los sistemas de energía eléctrica y la forma de actuación para su control total.
Por último, y sabiendo que todo sistema eléctrico tiene un comportamiento "vivo" (cambia continuamente) y ha de estar siempre en equilibrio, estudiaremos las acciones que debe realizar el **Operador de Sistema** [OS] para mantener de forma constante el equilibrio entre generación y demanda, garantizando la seguridad y continuidad del suministro en unas condiciones de calidad determinadas.
La asignatura **ANÁLISIS Y OPERACIÓN DE SISTEMAS ELÉCTRICOS** se encuentra ubicada en el primer cuatrimestre del cuarto curso de los Grados en Ingeniería Eléctrica y en Técnicas Industriales de la UNED. Es asignatura obligatoria en el Grado en Ingeniería Eléctrica y es optativa en el Grado en Ingeniería en Técnicas Industriales. El objetivo principal de esta asignatura es familiarizar al alumno con el sistema eléctrico de una forma global y estudiar y comprender su funcionamiento, su estabilidad, su control, etc., y la operación del sistema eléctrico español en su conjunto teniendo en cuenta los componentes básicos del sistema (demanda, generación, líneas) de forma que entienda cómo se aplican los principios electrotécnicos aprendidos en otras asignaturas. Este enfoque teórico permitirá un primer acercamiento al sector eléctrico, sector que constituye uno de los mercados industriales y profesionales más importantes y con mayor futuro dentro de la ingeniería eléctrica.
Con esta asignatura se busca que el alumno desarrolle las siguientes competencias generales: Iniciativa y motivación; Planificación y organización; Capacidad para trabajar de forma autónoma; Capacidad de análisis y síntesis.
Por otro lado, las competencias específicas a alcanzar durante el estudio de esta asignatura, son las siguientes: Capacidad para la redacción y desarrollo de proyectos en el ámbito de las instalaciones eléctricas; Conocimientos para la realización de mediciones, cálculos, valoraciones, informes y planos; Facilidad para el manejo de especificaciones, reglamentos y normas de obligado cumplimiento; Poseer, comprender y tener capacidad para aplicar los fundamentos científicos y tecnológicos de los sistemas eléctricos; Comprender el funcionamiento global de los sistemas de energía eléctrica.

El análisis y operación de sistemas eléctricos para el Graduado en Ingeniería eléctrica es un pilar básico para su desarrollo profesional puesto que una gran parte de los proyectos a desarrollar en el ámbito de la ingeniería eléctrica necesitan los conocimientos del sistema para su correcto desarrollo. Esta asignatura se complementa con otras asignaturas del grado como son Líneas e Instalaciones de Alta Tensión, Accionamiento y Control de Máquinas Eléctricas, Generación de Energía Eléctrica, Control Avanzado de Sistemas Eléctricos y Máquinas e Instalaciones Eléctricas.

REQUISITOS Y/O RECOMENDACIONES PARA CURSAR LA ASIGNATURA

Para una correcta asimilación de los contenidos de esta asignatura es indispensable haber cursado la asignatura de 2º curso *Teoría de Circuitos*, ya que los conocimientos y métodos de resolución de circuitos tratados en dicha asignatura se emplean en ésta de **Análisis y Operación de Sistemas Eléctricos**.
Dado que el generador es el elemento más sofisticado de un sistema de potencia y que lleva aparejado la mayor parte de la funcionalidad para controlar dicho sistema, se recomienda el estudio en paralelo de la asignatura de *"Generación eléctrica".*
Además, también resultan necesarios los conocimientos básicos de electricidad incluidos en las asignaturas de *Física-I y Física-II*. Por último, los conocimientos de las asignaturas de *Instalaciones de BT y de MT* y de *Máquinas Eléctricas*, constituyen también una referencia de partida para comprender el fundamento de las máquinas que compones los sistemas eléctricos y las características básicas de los conductores, cables y de los materiales de instalación utilizados también en las instalaciones de alta tensión.

EQUIPO DOCENTE

Nombre y Apellidos	JOSE CARPIO IBAÑEZ
Correo Electrónico	jcarpio@ieec.uned.es
Teléfono	91398-6474
Facultad	ESCUELA TÉCN.SUP INGENIEROS INDUSTRIALES
Departamento	INGENIERÍA ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA, CONTROL, TELEMÁTICA Y QUÍMICA APLICADA A LA INGENIERÍA

Nombre y Apellidos	JOSE CARPIO IBAÑEZ
Correo Electrónico	jose.carpio@ieec.uned.es
Teléfono	91398-6474
Facultad	ESCUELA TÉCN.SUP INGENIEROS INDUSTRIALES
Departamento	INGENIERÍA ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA, CONTROL, TELEMÁTICA Y QUÍMICA APLICADA A LA INGENIERÍA

Nombre y Apellidos	PABLO TAPETADO MORALEDA (Coordinador/a de asignatura)
Correo Electrónico	ptapetado@ieec.uned.es
Teléfono	
Facultad	ESCUELA TÉCN.SUP INGENIEROS INDUSTRIALES
Departamento	INGENIERÍA ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA, CONTROL, TELEMÁTICA Y QUÍMICA APLICADA A LA INGENIERÍA

HORARIO DE ATENCIÓN AL ESTUDIANTE

La enseñanza a distancia posee unas características que la diferencian claramente de la enseñanza presencial, de forma que los alumnos dispondrán de la ayuda y los recursos necesarios siguientes para cursar la asignatura:
Tutorías presenciales o virtuales en los centros asociados correspondientes.
Curso Virtual (plataforma e-learning de la asignatura) donde el equipo docente de la asignatura pondrá a disposición de los alumnos diverso material de apoyo en el estudio y donde podrá disponer de diferentes foros generales y particulares en los que libremente puedan plantear las dudas y comentarios que consideren oportunos durante el desarrollo del aprendizaje y que serán respondidas por los tutores o equipos docentes. Este soporte es fundamental en la asignatura y supondrá la vía principal de comunicación entre los alumnos y el equipo docente o entre los alumnos entre sí.
Tutoría presencial o telefónica a cargo del equipo docente que se realizará durante las guardias, por teléfono, por fax, por correo electrónico o por correo postal.
El horario de guardia es: los LUNES (lectivos) de 16,00 h a 20,00 h.
Teléfono: 91 398 64 74
Fax: 91 398 60 28
Correo electrónico: ptapetado@ieec.uned.es
Dirección Postal:
Dpto. de Ingeniería Eléctrica, Electrónica y de Control
E.T.S. de Ingenieros Industriales - U.N.E.D.
c/ Juan del Rosal, nº 12
28040 MADRID

TUTORIZACIÓN EN CENTROS ASOCIADOS

Las sesiones de tutoría se imparten presencialmente y en línea desde el Centro Asociado de referencia o, en su defecto, desde otro Centro Asociado. A continuación se muestran los centros asociados y extensiones en las que se imparten tutorías de la asignatura.

COMPETENCIAS QUE ADQUIERE EL ESTUDIANTE

Ver sección de Resultados de Aprendizaje.

RESULTADOS DE APRENDIZAJE

HABILIDADES O DESTREZAS:
CTE-ELC.4 - Capacidad para el cálculo y diseño de instalaciones eléctricas de alta tensión.

COMPETENCIAS:

CB1 - Que los estudiantes hayan demostrado poseer y comprender conocimientos en un área de estudio que parte de la base de la educación secundaria general, y se suele encontrar a un nivel que, si bien se apoya en libros de texto avanzados, incluye también algunos aspectos que implican conocimientos procedentes de la vanguardia de su campo de estudio.
CB2 - Que los estudiantes sepan aplicar sus conocimientos a su trabajo o vocación de una forma profesional y posean las competencias que suelen demostrarse por medio de la elaboración y defensa de argumentos y la resolución de problemas dentro de su área de estudio.
CB3 - Que los estudiantes tengan la capacidad de reunir e interpretar datos relevantes (normalmente dentro de su área de estudio) para emitir juicios que incluyan una reflexión sobre temas relevantes de índole social, científica o ética.
CB5 - Que los estudiantes hayan desarrollado aquellas habilidades de aprendizaje necesarias para emprender estudios posteriores con un alto grado de autonomía.
CG.10 - Capacidad de trabajar en un entorno multilingüe y multidisciplinar.
CG.11 - Conocimiento, comprensión y capacidad para aplicar la legislación necesaria en el ejercicio de la profesión de Ingeniero Técnico Industrial.
CG.3 - Conocimiento en materias básicas y tecnológicas, que les capacite para el aprendizaje de nuevos métodos y teorías, y les dote de versatilidad para adaptarse a nuevas situaciones.
CG.4 - Capacidad de resolver problemas con iniciativa, toma de decisiones, creatividad, razonamiento crítico y de comunicar y transmitir conocimientos, habilidades y destrezas en el campo de la Ingeniería Industrial.
CG.5 - Conocimientos para la realización de mediciones, cálculos, valoraciones, tasaciones, peritaciones, estudios, informes, planes de labores y otros trabajos análogos.
CG.6 - Capacidad para el manejo de especificaciones, reglamentos y normas de obligado cumplimiento.
CG.7 - Capacidad de analizar y valorar el impacto social y medioambiental de las soluciones técnicas.

CONTENIDOS

TEMA 1: ESTUDIOS DE RED

Contenido:

1. Cortocircuitos desequilibrados.

1. Introducción.
2. Componentes simétricas.
3. Modelos de los elementos para las distintas secuencias.

4. Aplicación al análisis de cortocircuitos.
5. Conexión de las redes de secuencia.
6. Procedimiento general de cálculo.

2. Flujo de cargas.

1. Introducción
2. Modelo de la red
3. El problema del flujo de potencias
4. Método de Gauss-Seidel
5. Método de Newton-Raphson
6. Método desacoplado rápido
7. Flujo de potencias en continua
8. Control del flujo de potencias

3. Estabilidad de sistemas de gran dimensión.

1. Solución numérica de la ecuación de oscilación
2. Análisis de sistemas de gran dimensión
3. Factores que afectan a la estabilidad

TEMA 2: CONTROL Y OPERACIÓN DEL SISTEMA

Contenido:

1. Control del sistema.

1. Introducción
2. Control terciario (tercer lazo de control del generador)
3. Despacho económico con y sin pérdidas
4. Formulación general del flujo de potencias óptimo
5. Marco liberalizado

2. Operación del Sistema: Mercados

1. Introducción
2. Cobertura diaria del suministro de energía eléctrica. Asignación de las unidades de producción
3. Criterios de seguridad y funcionamiento
4. Establecimiento de la reserva de regulación frecuencia-potencia
5. Operación de la red de transporte
6. Actuaciones en tiempo real

METODOLOGÍA

La metodología que se contempla en esta asignatura incluye las siguientes actividades fundamentales:
Estudio de los contenidos teóricos, utilizando la bibliografía básica y complementaria con el fin de cumplir con los objetivos del aprendizaje. (50% del tiempo dedicado a la asignatura, aproximadamente 60 h).
Resolución de problemas incluidos en la bibliografía básica con el objetivo de que el alumno adquiera una visión práctica y real. (30% tiempo dedicado a la asignatura, aproximadamente 37 h).
Repaso final de los contenidos teóricos y prácticos descritos. Preparación y realización de las pruebas de evaluación continua. (20% del tiempo dedicado a la asignatura, aproximadamente 24 h).

SISTEMA DE EVALUACIÓN

TIPO DE PRUEBA PRESENCIAL

Tipo de examen	Examen mixto
Preguntas test	5
Preguntas desarrollo	3
Duración del examen	120 (minutos)
Material permitido en el examen	

Calculadora no programable

Criterios de evaluación

La prueba presencial consta de dos partes: una primera tipo test, que es eliminatoria, y una segunda con tres problemas. El test está formado por cinco preguntas y su contenido es de conceptos básicos. Para que se le corrijan los problemas y, por lo tanto, poder aprobar el examen es necesario responder correctamente al menos a cuatro de las preguntas del test.

% del examen sobre la nota final	100
Nota del examen para aprobar sin PEC	5
Nota máxima que aporta el examen a la calificación final sin PEC	10
Nota mínima en el examen para sumar la PEC	5

Comentarios y observaciones

PRUEBAS DE EVALUACIÓN CONTINUA (PEC)

¿Hay PEC?	Si

Descripción

Se efectuará para esta asignatura una prueba de evaluación continua de carácter voluntario, que se planteará sobre mediados de enero.

Para ello, en el curso virtual se propondrán diversos ejercicios de evaluación, con las instrucciones correspondientes para su realización. El alumno tendrá que resolverlos dentro del plazo que se establezca y sus resultados se enviarán al equipo docente para su estudio y consideración.

A pesar de su carácter voluntario, el equipo docente aconseja su realización como forma de ayuda en la preparación de la asignatura, así como una manera de comprobar los conocimientos adquiridos de la misma.

Criterios de evaluación

Los resultados no harán media con las Pruebas Presenciales (PP), aunque sí servirán para aumentar la nota obtenida hasta un máximo del 15%, siempre que ésta haya sido superada.

Ponderación de la PEC en la nota final	0
Fecha aproximada de entrega	
Comentarios y observaciones	

OTRAS ACTIVIDADES EVALUABLES

¿Hay otra/s actividad/es evaluable/s?	No
Descripción	
Criterios de evaluación	
Ponderación en la nota final	0
Fecha aproximada de entrega	
Comentarios y observaciones	

¿CÓMO SE OBTIENE LA NOTA FINAL?

La prueba presencial consta de dos partes: una primera tipo test, que es eliminatoria, y una segunda con tres problemas. El test está formado por cinco preguntas y su contenido es de conceptos básicos. Para que se le corrijan los problemas y, por lo tanto, poder aprobar el examen es necesario responder correctamente al menos a cuatro de las preguntas del test.

La puntuación del test será:

4 correctas = 1 punto

5 correctas = 2 puntos

La puntuación entre los 3 problemas será:

8 puntos.

BIBLIOGRAFÍA BÁSICA

ISBN(13):9788497322836
Título:SISTEMAS DE ENERGÍA ELÉCTRICAnull
Autor/es:Barrero González, Fermín ;
Editorial:THOMSON PARANINFO,S.A.

BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA

ISBN(13):null
Título:ANÁLISIS DE SISTEMAS DE POTENCIA1995
Autor/es:J.J. Grainger Y W.D.Stevenson ;
Editorial:MC GRAW HILL

ISBN(13):null
Título:ELECTRIC ENERGY SYSTEM THEORY. AN INTRODUCTION.1982
Autor/es:O.I. Elgerd ;
Editorial:MC GRAW HILL

ISBN(13):null
Título:POWER SYSTEM ANALYSIS1986
Autor/es:A.R.Bergen ;
Editorial:PRENTICE-HALL

ISBN(13):9788448148072
Título:TECNOLOGÍA ELÉCTRICA1ª
Autor/es:Guirado Torres, Rafael ; Asensi Orosa, Rafael ; Jurado Melguizo, Francisco ; Carpio Ibánez, José ;
Editorial:MC GRAW HILL

El libro dado como bibliografía básica junto al documento que hemos escrito en el Departamento de Ingeniería Eléctrica, Electrónica y Control (DIIEC), son suficientes para preparar de forma completa el contenido de la asignatura. Sin embargo, para aquellos alumnos que deseen profundizar en el temario de la asignatura se mencionan las citadas obras como bibliografía complementaria.

RECURSOS DE APOYO Y WEBGRAFÍA

Como materiales adicionales para el estudio de la asignatura se ofrece el curso virtual donde podrán obtenerse, además de la presente guía de la asignatura, el documento *"Operación de Sistemas Eléctricos: Mercados"* ya que este último no es un libro editado, sino un documento para los alumnos de esta asignatura.
Probablemente algo decisivo para lograr el objetivo de dominar las materias de esta asignatura consiste en localizar las dificultades de aprendizaje con las que se encuentra un

alumno durante su estudio

Conviene matizar que aprendizaje no es solo la adquisición de un conjunto de reglas prácticas, sino que en el aprendizaje se interiorizan multitud conceptos que estarán interrelacionados con otras materias del grado de Ingeniería, ya estudiadas en cursos previos e incluso durante la formación pre-universitaria, como las matemáticas, la física, la electricidad básica, etc. El aprendizaje se centra en la integración de los nuevos saberes con los ya obtenidos.

Muchas veces se aprecia que los alumnos carecen de la agilidad y destreza necesaria para resolver alguna ecuación diferencial sencilla, un sistema de ecuaciones, operar con números complejos o sacar alguna conclusión de un sistema desde el punto de vista de la física elemental. Repasar conceptos cuando no se tenga la suficiente agilidad en esto es algo muy recomendable.

Cuando se enfrente a alguna dificultad, no trate de que se la resuelvan enseguida. Trate de releer cuestiones previas y a “atacar” la dificultar desde otro punto de vista. Deje descansar el problema un tiempo y abórdelo de nuevo más tarde. Muchas veces tenemos delante de nosotros la solución, pero por un motivo u otro no la podemos ver.

Si la dificultad persiste, trate de comentarlas con algún compañero. Para eso dispone del “foro de alumnos”. Acudir a menudo al foro le puede “darle luz” sobre su dificultad y además puede usted resolver las dificultades de otros, además de encontrar dudas de sus compañeros que usted no se había planteado.

Cuando hay algún concepto que no se entiende, leer con otras palabras las explicaciones o definiciones que le crean dificultad, puede ser de gran ayuda. Hoy en día en *internet* se encuentran muchas formas distintas de explicar lo mismo. Acuda a internet para tratar de encontrar una explicación distinta de la dificultad que se le ha presentado. Aquí se incluyen algunos **enlaces de interés** que pueden ser útiles:

•https://www.ree.es/es/actividades/operacion-del-sistema-electrico

•https://www.omie.es/inicio

https://iie.fing.edu.uy/ense/asign/esep_act/material/cap1.pdf

•https://www.tesis.uchile.cl/bitstream/handle/2250/110950/cf-sierra_ej.pdf?sequence=1

El siguiente paso es acudir al tutor o personal docente de la asignatura, tratando de razonar su duda, sus dificultades y las posibles soluciones o alternativas que se le plantean. Muchas veces, tratando de explicar cuál es su dificultad, se abre una vía de entendimiento y resolución.

Además, podrán utilizar los distintos foros allí creados para la formulación de dudas y aclaraciones que se necesiten.

.

PRÁCTICAS DE LABORATORIO

¿Hay prácticas en esta asignatura de cualquier tipo (en el Centro Asociado de la Uned, en la Sede Central, Remotas, Online,..)?

Esta asignatura no tiene prácticas de laboratorio

IGUALDAD DE GÉNERO

En coherencia con el valor asumido de la igualdad de género, todas las denominaciones que en esta Guía hacen referencia a órganos de gobierno unipersonales, de representación, o miembros de la comunidad universitaria y se efectúan en género masculino, cuando no se hayan sustituido por términos genéricos, se entenderán hechas indistintamente en género femenino o masculino, según el sexo del titular que los desempeñe.