

LÍNEAS E INSTALACIONES DE ALTA TENSIÓN

Curso 2015/2016

(Código: 68013037)

1. PRESENTACIÓN DE LA ASIGNATURA

Se trata de una asignatura de tercer curso, cuatrimestral y de carácter obligatorio dentro para la titulación de grado en ingeniería eléctrica y valorada en 5 créditos ECTS.

El objetivo principal de esta asignatura es familiarizar al alumno con los elementos reales que constituyen el sistema eléctrico (líneas de alta tensión y subestaciones, principalmente), de forma que entienda cómo se aplican los principios electrotécnicos teóricos aprendidos en otras asignaturas a los proyectos de diseño de las líneas e instalaciones de alta tensión, facilitando 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.

En esta asignatura se dará una visión detallada del sistema eléctrico que permite articular las actividades de generación, transporte, distribución y comercialización de la energía eléctrica. También se darán a conocer al alumno los elementos que sirven para conectar las centrales eléctricas con los centros de consumo, resaltando la importancia de la utilización de las técnicas de alta o muy alta tensión con el fin de garantizar un compromiso técnico-económico que permita el uso eficiente de la energía eléctrica. De entre estos elementos de conexión se destacarán las subestaciones de transformación y maniobra, así como las líneas de alta tensión.

Para conseguir que el alumno sea capaz de diseñar o proyectar una subestación o una línea de alta tensión, así como de entender los parámetros técnicos que definen su funcionamiento se estudiarán en primer lugar los fundamentos electrotécnicos necesarios para su diseño y proyecto, como por ejemplo los sistemas por unidad, los cálculos de intensidades de cortocircuitos en régimen equilibrado o desequilibrado, la transformación de componentes simétricas, el cálculo de los parámetros concentrados de las líneas o el cálculo eléctrico de una línea de alta tensión.

Una vez que el alumno asimile los fundamentos electrotécnicos anteriores, podrá estudiar el diseño de las subestaciones de maniobra y transformación y de las líneas de alta tensión, así como las ventajas e inconvenientes de los diferentes tipos constructivos.

Al final del curso el alumno deberá ser capaz de entender la función de las líneas de transporte y distribución en alta tensión dentro del sistema eléctrico, así como la importancia de la aplicación de los reglamentos de obligado cumplimiento en España con objeto de garantizar la seguridad del sistema tanto para las propias instalaciones como de las personas, reducir la tipificación del material utilizado en la construcción de las instalaciones y mejorar la regularidad del suministro eléctrico.

Esta asignatura utiliza los conocimientos adquiridos con la asignatura de 2º curso: "Instalaciones de BT y de MT", que trataba los elementos que intervienen en el diseño de las instalaciones de baja tensión y media tensión (hasta 30 kV de tensión nominal), al ampliar el nivel de tensión por encima de los 30 kV, se requieren elementos con características diferentes de funcionamiento y diseño.

Por otra parte esta asignatura complementa la de 3º curso: "Diseño y Cálculo de las Instalaciones Eléctricas", que aborda el cálculo de las instalaciones de baja y media tensión, principalmente los centros de transformación. Concretamente en la asignatura de líneas e instalaciones de alta tensión se trata el proyecto de dos nuevos elementos: las líneas y las subestaciones, necesarias para el transporte de energía en alta tensión (a partir de 132 kV), así como para su distribución (generalmente a partir de 45 kV).

Por último en las asignaturas del siguiente curso (4º curso) "Análisis y operación de sistemas eléctricos" y "Generación de energía eléctrica", se abordarán los últimos eslabones del sistema eléctrico como son las centrales eléctricas, incluidas las renovables por su enorme importancia presente y futura, así como los sistemas de control, protección, análisis y mercados aplicables en la operación global del sistema



eléctrico. Con todas las asignaturas mencionadas el alumno llegará a adquirir una visión general del funcionamiento del sistema eléctrico de sus parámetros de funcionamiento y de las características técnicas de diseño a utilizar en los proyectos.

2.CONTEXTUALIZACIÓN EN EL PLAN DE ESTUDIOS

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; aplicación de los conocimientos a la práctica.

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 de alta tensión.
- Adquisición de los conocimientos necesarios para mediciones, cálculos, peritajes, informes y confección de planos.
- Capacidad de manejar y entender reglamentos y normas de obligado cumplimiento dentro de este ámbito, así como entender o redactar especificaciones técnicas de productos.
- Comprender y adquirir la capacidad para aplicar los fundamentos científicos y tecnológicos en el diseño de las instalaciones eléctricas de baja y media tensión.

Las Instalaciones eléctricas para el Graduado en Ingeniería eléctrica constituyen un pilar básico para su desarrollo profesional puesto que una gran parte de los proyectos relacionados con el ámbito de la ingeniería eléctrica se desarrollan en el campo de las instalaciones de alta tensión.

Esta asignatura complementa otras asignaturas del grado como son "Teoría de circuitos", "Teoría de máquinas", "Accionamiento y control de máquinas eléctricas", "Generación de energía eléctrica" y "Análisis y operación de Sistemas eléctricos".

3.REQUISITOS PREVIOS REQUERIDOS 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 líneas e instalaciones de alta tensión.

Además, también resultan necesarios los conocimientos básicos de electricidad incluidos en las asignaturas de Física-I y Física-II. Por último, los conocimientos de la asignatura de "Instalaciones de BT y de MT", constituyen también una referencia de partida para comprender las características básicas de los conductores, cables y de los materiales de instalación utilizados también en las instalaciones de alta tensión.

4.RESULTADOS DE APRENDIZAJE

Con el estudio de esta asignatura el alumno adquirirá los conocimientos teóricos necesarios para los proyectos básicos de las infraestructuras eléctricas más importantes de alta tensión como son las subestaciones y las líneas de alta tensión.

En particular, conocerá las partes fundamentales de un sistema eléctrico, el cálculo de cortocircuitos tanto equilibrados como desequilibrados, el cálculo de los parámetros más importantes de las líneas (inductancia y capacidad), los cálculos eléctricos y mecánicos de las líneas, las particularidades del diseño de las líneas construidas con conductores desnudos o con cables, así como las funciones de las subestaciones, sus tipos y la forma de diseñar los sistemas de puesta a tierra.

Finalmente conocerá la reglamentación española aplicable a estos productos y que rigen la realización de los proyectos y memorias junto con las normas internacionales, europeas y nacionales de aplicación a los aparatos utilizados en estas instalaciones.



Estos conocimientos permitirán al alumno la realización de proyectos de líneas eléctricas de alta tensión tanto con conductores desnudos, como con cables aislados, así como el diseño preliminar de subestaciones eléctricas en sus distintos niveles de tensión.

5. CONTENIDOS DE LA ASIGNATURA

El programa de la asignatura es el siguiente:

Capítulo 1. Representación del sistema eléctrico.

- 1.1. Introducción.
- 1.2. La energía eléctrica en el panorama energético global.
- 1.3. La producción y la demanda de energía eléctrica.
- 1.4. Datos fundamentales del sector eléctrico español.
- 1.5. Descripción general de sistemas de energía eléctrica.
- 1.6. Aparatación eléctrica. Descripción de instalaciones típicas.

Capítulo 2. Sistemas por unidad y su aplicación al transformador de potencia.

- 2.1. Introducción.
- 2.2. Transformadores trifásicos.
- 2.3. El sistema por unidad.
- 2.4. Análisis por unidad de transformadores de dos devanados.
- 2.5. Análisis por unidad de transformadores de tres devanados.
- 2.6. Análisis en valores por unidad de sistemas de potencia.
- 2.7. Transformadores de regulación.

Capítulo 3. Cortocircuitos equilibrados.

- 3.1. Introducción.
- 3.2. Cortocircuito alejado del generador.
- 3.3. Cortocircuito próximo al generador.
- 3.4. Análisis de cortocircuitos trifásicos equilibrados.
- 3.5. Valores característicos de las corrientes de cortocircuito.

Capítulo 4. Cortocircuitos desequilibrados.

- 4.1. Introducción.
- 4.2. Componentes simétricas.
- 4.3. Modelos de los elementos para las distintas secuencias.
- 4.4. Aplicación al análisis de cortocircuitos.
- 4.5. Conexión de las redes de secuencia.
- 4.6. Procedimiento general de cálculo.

Capítulo 5. Cálculo eléctrico de líneas.

- 5.1. Introducción a los tipos de conductores empleados en líneas aéreas de alta tensión.
- 5.2. Introducción al cálculo eléctrico.
- 5.3. Cálculo eléctrico de línea corta simple circuito.
- 5.4. Cálculo eléctrico de línea corta doble circuito.
- 5.5. Cálculo eléctrico de línea larga.
- 5.6. Cálculo del efecto corona.
- 5.7. Cálculo eléctrico de aisladores.
- 5.8. Fundamentos para el cálculo de líneas subterráneas.
- 5.9. Cálculo de la intensidad admisible de un cable, en régimen permanente, sobrecarga o cortocircuito.
- 5.10. Ejemplo de cálculo eléctrico de línea de alimentación a un centro de transformación de cliente.
- 5.11.- Ejemplo de cálculo eléctrico de una red de distribución de compañía entre dos subestaciones.

Capítulo 6. Cálculo mecánico de líneas.

- 6.1. Introducción al cálculo mecánico de conductores.
- 6.2. Objetivos del cálculo mecánico y ecuación de cambio de condiciones.



- 6.3. Prescripciones del RLAT para el cálculo mecánico de conductores.
- 6.4. Cálculo del coeficiente de sobrecarga del conductor.
- 6.5. Ejemplo de cálculo mecánico de conductor, en un vano desnivelado, comparando los modelos de la catenaria y parábola con el método de Truxá.
- 6.6. **Ejemplo de cálculo mecánico de vano a nivel.**
- 6.7. Ejemplo de cálculo mecánico de vano desnivelado.
- 6.8. Ejemplo de cálculo mecánico de un cantón de línea.
- 6.9. Ejemplo de cálculo mecánico de un cantón de línea de categoría especial.
- 6.10. Repotenciación de una línea utilizando conductores de alta temperatura.
- 6.11. Ejemplo de cálculo mecánico de conductores unipolares aislados reunidos en haz.
- 6.12. Introducción al cálculo mecánico de apoyos.
- 6.13. Tipos de apoyos para líneas aéreas de alta tensión.
- 6.14. Cálculo mecánico de apoyos.
- 6.15. Ejemplo de cálculo de apoyos en línea aérea de 3ª categoría simple circuito.
- 6.16. Desviación de las cadenas de aisladores.

Capítulo 7. Cálculo de la puesta a tierra en apoyos e instalaciones de alta tensión.

- 7.1. Cálculo de puestas a tierra.
- 7.2. Ejemplo de cálculo de puesta a tierra en línea aérea de 3ª categoría con neutro impedante y neutro aislado.
- 7.3. Cálculo de puesta a tierra en línea aérea de 2ª categoría con cable de tierra y sin cable de tierra.
- 7.4. Comportamiento frente al rayo de las puestas a tierra y longitud crítica de los electrodos.

Capítulo 8. Subestaciones.

- 8.1. Introducción: funciones de una subestación.
- 8.2. Tipos de subestaciones: AIS, GIS, y esquemas unifilares, ventajas e inconvenientes.
- 8.3. Fundamentos del cálculo de subestaciones.
- 8.4. Particularidades de los sistemas de puesta a tierra en subestaciones.

6.EQUIPO DOCENTE

- [PASCUAL SIMON COMIN](#)

7.METODOLOGÍA Y ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE

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. (40% del tiempo dedicado a la asignatura, aproximadamente 50 h).
- Revisión de los problemas resueltos incluidos en la bibliografía básica con el objetivo de que el alumno adquiera una visión práctica y real de los proyectos de instalaciones de alta tensión. (20% tiempo dedicado a la asignatura, aproximadamente 25 h).
- Realización de actividades prácticas consistentes en la resolución de los tests de evaluación, y otros ejercicios propuestos incluidos en la bibliografía básica o a través del curso virtual, apoyados y supervisados por los tutores. (20% tiempo dedicado a la asignatura, aproximadamente 25 h).
- Repaso final de los contenidos teóricos y prácticos descritos. Preparación y realización de las pruebas presenciales. (20% del tiempo dedicado a la asignatura, aproximadamente 25 h).

8.EVALUACIÓN

La evaluación tendrá en cuenta el trabajo, actividad y rendimiento del alumno a lo largo del curso, considerando su



participación en los cursos virtuales, los resultados de los ejercicios de autoevaluación o de evaluación a distancia, así como las pruebas presenciales finales.

PRUEBAS DE AUTOEVALUACIÓN Y DE EVALUACIÓN A DISTANCIA.

Se considerarán los desarrollos de los ejercicios de autoevaluación o de evaluación a distancia, basados en la realización de preguntas tipo test y en la resolución de ejercicios prácticos similares a los problemas de examen.

Para ello, en el curso virtual se adjuntarán los ejercicios de autoevaluación y de evaluación a distancia, con las instrucciones correspondientes para su realización. Los desarrollos de ambos tipos de ejercicios se enviarán al equipo docente para su estudio y consideración en la nota final hasta un máximo del 15% de la nota final de la asignatura.

PRUEBAS FINALES PRESENCIALES.

Las pruebas presenciales finales son la parte más importante para la evaluación del aprendizaje. Sólo si el resultado de dicha prueba es satisfactorio (aprobado), se tendrán en cuenta para la nota final también las actividades realizadas en los cursos virtuales y la realización de los ejercicios de autoevaluación o de evaluación a distancia. En cualquier caso la prueba presencial final pesará hasta un 85% de la nota.

La duración de la prueba presencial será de dos horas, constará de un examen con preguntas teóricas que podrán ser de tipo test o de desarrollo breve, junto con ejercicios prácticos a resolver, que demuestren la adquisición de los conocimientos teóricos y prácticos de la asignatura. Cada una de las preguntas y ejercicios se valorarán entre 1 y 5 puntos, hasta un total de 10.

Al ser una asignatura cuatrimestral del 2º cuatrimestre, solamente se realizarán pruebas presenciales finales en las convocatorias de junio y de septiembre y en los centros asociados correspondientes.

En las pruebas presenciales se podrá utilizar el libro "Cálculo y Diseño de líneas eléctricas de alta tensión". Se podrá utilizar también calculadora programable o no programable.

PRÁCTICAS DE LABORATORIO

En esta asignatura no se contempla la realización de prácticas de laboratorio.



9. BIBLIOGRAFÍA BÁSICA

ISBN(13): 9788492812868

Título: CÁLCULO Y DISEÑO DE LÍNEAS ELÉCTRICAS DE ALTA TENSIÓN

Autor/es: Pascual Simón Comín ; Alberto González Sanz ; Fernando Garnacho Vecino ; Jorge Moreno Mohino ;

Editorial: Garceta

Buscarlo en Editorial UNED

Buscarlo en librería virtual UNED

Buscarlo en bibliotecas UNED

Buscarlo en la Biblioteca de Educación

ISBN(13): 9788497322836

Título: SISTEMAS DE ENERGÍA ELÉCTRICA

Autor/es: Barrero González, Fermín ;

Editorial: THOMSON PARANINFO, S.A.

Buscarlo en Editorial UNED

Buscarlo en librería virtual UNED

Buscarlo en bibliotecas UNED

Buscarlo en la Biblioteca de Educación

Comentarios y anexos:

Para el estudio de la asignatura son necesarios dos libros.

- FERMIN BARRERO GONZÁLEZ. Sistemas de energía eléctrica. THOMSON Editores Spain. Paraninfo S.A. ISBN: 9788497322836
- Pascual Simón, Jorge Moreno, Fernando Garnacho y Alberto González. Editorial GARCETA. Año 2011. Cálculo y diseño de líneas eléctricas de alta tensión, ISBN: 978-84-9281-286-8.

Además se deberá consultar la guía de estudio detallada de la asignatura.

- GUÍA DE ESTUDIO parte 2ª: en la página Web del Departamento de Ingeniería Eléctrica, Electrónica y de Control (DIEEC: www.ieec.uned.es y allí deberá buscar la asignatura en el apartado "docencia") y en los Cursos Virtuales de la UNED correspondientes a esta asignatura, existirá una guía de estudio en la que se incluirán los aspectos complementarios que añaden conceptos y explicaciones y que se han de tener en cuenta para el estudio y aprovechamiento de la asignatura. El tema 8 de subestaciones se incluirá íntegramente dentro del curso virtual de la plataforma ALF.

10. BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA

ISBN(13): 9788428330343



Título: REGLAMENTO DE LÍNEAS DE ALTA TENSIÓN Y SUS FUNDAMENTOS TÉCNICOS (2008)
Autor/es: Simón Comín, Pascual ; Garnacho Vecino, Fernando ; Moreno Mohino, Jorge ; Rodríguez Herrerías, José ;
Editorial: Cengage Learning

Buscarlo en librería virtual UNED

Buscarlo en bibliotecas UNED

Buscarlo en la Biblioteca de Educación

Buscarlo en Catálogo del Patrimonio Bibliográfico

Comentarios y anexos:

Los libros y documentos que se dan a continuación como bibliografía complementaria, le servirán al alumno para profundizar y ver algunos aspectos descritos en el programa de la asignatura descrito en el capítulo 3 – Contenidos.

- REGLAMENTO SOBRE CONDICIONES TÉCNICAS Y GARANTÍAS DE SEGURIDAD EN LÍNEAS ELÉCTRICAS DE ALTA TENSIÓN Y SUS INSTRUCCIONES TÉCNICAS COMPLEMENTARIAS, ITC-LAT01 A 09, (RD 223/2008) y las guías de aplicación que lo desarrollan.

Este documento puede descargarse, gratuitamente, en la página web del Ministerio de Industria, Turismo y Comercio (www.mityc.es) en la parte de SERVICIOS: LEGISLACIÓN: Legislación sobre Seguridad Industrial, Reglamentos nacionales sobre instalaciones.

- Reglamento sobre Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación. RD 3275/1982. Ministerio de Industria, Turismo y Comercio. Servicio de Publicaciones del Ministerio, Paseo de la Castellana 160. 28071 Madrid.

Nota: puesto que los textos reglamentarios tienen carácter legal, es fácil descargarlos gratuitamente de Internet en su versión original publicada en el BOE, para ello el alumno puede utilizar cualquier buscador de Internet, y teclear como parámetro de búsqueda "RD 223/2008, y "RD 3275/1982" respectivamente.

- JORGE MORENO. FERNANDO GARNACHO. PASCUAL SIMÓN. JOSÉ RODRÍGUEZ. Reglamento de líneas de alta tensión y sus fundamentos técnicos. Editorial Paraninfo. ISBN-13: 978-84-283-3034-3.

Nota: este libro está basado en el nuevo Reglamento de líneas de alta tensión (RD 223/2008).

11. RECURSOS DE APOYO

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, una ampliación de la misma en la que se explicarán los capítulos de los libros de la bibliografía básica que correspondan a cada uno de los temas de estudio descritos en el contenido, textos y referencias complementarias que añaden conceptos y explicaciones y que se han de tener en cuenta para el estudio y aprovechamiento de la asignatura.

Concretamente el capítulo 8 de subestaciones, al no estar incluido en la bibliografía básica se incluirá íntegramente en el curso virtual de la plataforma ALF.

12. TUTORIZACIÓN



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 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, personalmente, 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 76 23
Fax: 91 398 60 28

Correo electrónico: psimon@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

