



PRESENTACIÓN

Breve descripción:

La presente asignatura presenta aspectos clave en la formación de los ingenieros eléctricos. Por una parte, desde el punto de vista analítico, se presentan las principales herramientas para la resolución de redes tanto en régimen estacionario (flujo de cargas) como en régimen de fallo (redes de secuencia). Previamente se introduce la problemática de la representación "por unidad" de los sistemas de potencia.

En una segunda parte se presentan aspectos esenciales del diseño configuración y operación de subestaciones eléctricas, así como de la operación global de la red desde centros de control de transporte y de distribución. También se estudian las particularidades de las instalaciones de corriente continua, que ya están pasando a tener especial protagonismo en el sistema eléctrico.

Finalmente, en la tercera parte de la asignatura, se estudia la reglamentación de Códigos de Red Europeos. Y dentro de ellos, se estudian con detenimiento los concernientes a la Conexión de Generadores. Se presentan los requisitos y también la Norma Técnica de Supervisión de la Conformidad.

Titulación (Módulo/Materia):

- Ingeniería Eléctrica (Bloque Especializado de electricidad/Energía)

Detalles:

- **ECTS:** 6 ECTS
- **Curso, semestre:** 4.º curso, 2.º semestre
- **Carácter:** Obligatorio
- **Idioma:** Castellano

Profesores de la asignatura:

- de Nó Lengaran, Joaquín Juan/Profesor Titular
- Sancho Seuma, Juan Ignacio/Profesor Titular

RESULTADOS DE APRENDIZAJE (Competencias)

INGENIERÍA ELÉCTRICA

CE21 - Capacidad para el cálculo y diseño de instalaciones eléctricas de baja y media tensión.

CE22 - Capacidad para el cálculo y diseño de instalaciones eléctricas de alta tensión.

CE24 - Conocimiento sobre sistemas eléctricos de potencia y sus aplicaciones.



PROGRAMA

1.- Representación de Sistemas de Potencia

Introducción. Diagramas unifilares. Representaciones circuitales. El Sistema "por unidad". Ejemplos.

2.- Cálculo de sistemas de potencia en régimen de fallo

Introducción. Fallos trifásicos simétricos. Ejemplos de resolución. Fallos asimétricos: fase simple a tierra, fase a fase, doble fase a tierra. Redes de secuencia. Consideraciones particulares de las redes de secuencia cero. Diagramas equivalentes. Ejemplos de cálculo.

3.- Cálculos en régimen estacionario: flujo de cargas

Definición. Ecuaciones de flujo de cargas. Tipos de nudos. Flujo de cargas desacoplado. Ejemplo de cálculo de flujo de cargas: pérdidas en líneas.

4.- Subestaciones y operación de redes

Funciones de una subestación. Tipos de subestación. Configuraciones posibles. Aparatación en subestaciones. Maniobras. Centros de Operación de Redes: Transporte y Distribución. Criterios de operación.

5.- Instalaciones en corriente continua

Limitaciones en el transporte AC. Líneas HVDC. Breve historia. Convertidores. Subestaciones: aparatación DC. Conexiones. Configuraciones. Cables DC.

6.- Centros de control eléctrico

Justificación y funcionalidad. Centros de Control para actividad de Transporte. Centros de Control para actividad de Distribución. Operatividad, Funcionalidades implementadas. Operación ordinaria de la red en tiempo real. Operación ante actividades de mantenimiento programadas: procedimientos. Actividades en respuesta a situaciones anómalas.

7.- Códigos de Red Europeos

Introducción. Reglamento CE 714/2009: aspectos esenciales. Agencias y entidades responsables: ACER, ENTSEO-E, CNMC, REE. Códigos de Red: definición y clasificación. Códigos de Red de Conexión: requisitos para generadores (RfG), conexión de la demanda (DCC), conexión de sistemas de alta tensión en corriente continua (HVDC). Códigos de Red de Explotación: emergencias y reposición de servicios (NC ER), gestión de la red de transporte (GL OS). Códigos de Red de Mercado: asignación de capacidad y gestión de congestiones (GD CACM), balance eléctrico (GD EB), asignación de capacidad a plazo (GD FCA).

8.- Requisitos para generadores (RfG)

Introducción. Reglamento UE 2016/631. Objeto, antecedentes y situación actual. Ámbito de aplicación. Elementos clave: significatividad, tipo de generador, ubicación, definición del requisito. Ejemplos de requisitos técnicos abiertos y cerrados. Requisitos para MGE: Estabilidad de frecuencia. Requisitos para MGE: Estabilidad de tensión. Requisitos para MGE: Robustez. Requisitos para MGE: Restablecimiento del Sistema. Requisitos para MGE: Gestión del Sistema. Traslación de los RfG a la normativa española: borradores de RD y OM.



Universidad de Navarra

Aplicabilidad de los RfG a los Procedimientos de Operación PO12.2. Evaluación de la Conformidad: Norma Técnica de Supervisión de la Conformidad (NTS). Concepto de UGE y CAMGE. Procedimiento sde evaluación: pruebas de conformidad, simulación de conformidad, certificados de equipo. Estudio detallado de la Evaluación de la Conformidad por Certificados de equipos.

9.- Requisitos para conexión de la demanda (DCC)

Introducción. Reglamento UE 2016/1388. Objeto, antecedentes y situación actual. Ámbito de aplicación. Principales familias de requisitos: generales de frecuencia, generales de tensión, cortocircuito, potencia reactiva, protección, control, intercambio de información, desconexión y conexión de demanda, modelos de simulación.

10.- Introducción a la problemática del aislamiento en líneas aéreas aéreas

Introducción: principios generales. Aisladores y cadenas de aisladores: sollicitaciones mecánicas y eléctricas. Tipos constructivos. Aisladores de vidrio: partes principales. Comportamiento frente a sobretensiones: contorneamiento y perforación. Principales ensayos eléctricos para aisladores. Exigencias del Reglamento de Líneas de Alta Tensión: distancias mínimas y nivel de aislamiento normalizado. Selección de cadenas de aisladores: ejemplo práctico.

PROGRAM (ENGLISH)

1.- Power Systems Representation

Introduction. Single-line diagrams. Circuit representations. The "per unit" system. Examples.

2.- power systems analysis under fault conditions.

Introduction. Symmetrical three-phase faults. Resolution examples. Asymmetrical faults: single phase to earth, phase to phase, double phase to earth. Sequence networks. Particular considerations for zero sequence networks. Equivalent diagrams calculation examples.

3.- Stationary regime analysis: load flow.

Introduction. Load flow equations. Types of nodes. Decoupled load flow. Example of load flow calculation: line losses.

4.- Substations and network operation

Substation functions. Types of substations. Possible configurations. Switchgear in substations. Manoeuvres. Network Operation Centres: Transmission and Distribution. Operation criteria.

5.- Direct current installations

Limitations in AC transmission. HVDC lines. Brief history. Converters. Substations: DC switchgear. Connections. Configurations. DC cables.

6.- Electrical control centres

Justification and functionality. Control Centres for Transmission activity. Control Centres for Distribution activity. Operability, implemented functionalities. Ordinary operation of the grid in real time. Operation for scheduled maintenance activities: procedures. Activities in response to anomalous situations.



7.- European Network Codes

Introduction. EC Regulation 714/2009: essential aspects. Responsible agencies and entities: ACER, ENTSE0-E, CNMC, REE. Network Codes: definition and classification. Grid Connection Codes: requirements for generators (RfG), demand connection (DCC), connection of high voltage direct current (HVDC) systems. Operating Network Codes: emergency and restoration of services (NC ER), transmission network management (GL OS). Market Network Codes: capacity allocation and congestion management (GD CACM), electricity balancing (GD EB), forward capacity allocation (GD FCA).

8.- Requirements for Generators (RfG)

Introduction. EU Regulation 2016/631. Purpose, background and current situation. Scope of application. Key elements: significance, type of generator, location, definition of the requirement. Examples of open and closed technical requirements. Requirements for MGE: Frequency stability. Requirements for MGE: Voltage stability. Requirements for MGE: Robustness. Requirements for MGE: System Restorability. MGE Requirements: System Management. Translation of the RfG into Spanish legislation: draft RD and OM. Applicability of the RfG to the Operating Procedures PO12.2. Conformity Assessment: Conformity Supervision Technical Standard (NTS). Concept of UGE and CAMGE. Conformity assessment procedures: Conformity testing, Conformity simulation, Equipment certificates. Detailed study of Conformity Assessment by Equipment Certificates.

9.- Demand Connection Connection (DCC)

Introduction. EU Regulation 2016/1388. Purpose, background and current situation. Scope of application. Main families of requirements: general frequency, general voltage, short circuit, reactive power, protection, control, information exchange, disconnection and demand connection, simulation models.

10.- Introduction to the insulation problems in overhead lines.

Introduction: general principles. Insulators and insulator chains: mechanical and electrical stresses. Construction types. Glass insulators: main parts. Surge behaviour: contouring and perforation. Main electrical tests for insulators. Requirements of the High Voltage Lines Regulations: minimum clearances and standardised insulation level. Selection of insulator chains: practical example.

ACTIVIDADES FORMATIVAS

La dedicación de 150 a 180 horas (6 ECTS) de la asignatura Instalaciones Eléctricas se reparte en las siguientes actividades formativas:

- Clases presenciales teóricas: 44 horas
- Clases presenciales prácticas, laboratorios o talleres: 28 horas
- Trabajos dirigidos: 0 horas
- Tutorías: 0 a 4 horas
- Estudio personal: 72 a 98 horas
- Evaluación: 6 horas
- Elaboración y defensa del PFG: 0 horas



METODOLOGÍAS DOCENTES

- Clases expositivas
- Trabajo individual o en grupo, resolución de problemas e informes de laboratorio
- Entrevista personal con el profesor de una asignatura
- Estudio del alumno basado en diferentes fuentes de información
- Realización de pruebas evaluadas
- Visitas técnicas a empresas

El las clases se expondrán los aspectos teóricos más relevantes de cada tema, con gran apoyo en sistemas audiovisuales: proyección de vídeos, fotografías de instalaciones, esquemas de operaciones, etc.

En algunos de los temas se incluirá el planteamiento y resolución de ejercicios asociados a los temas explicados, para afianzar las competencias adquiridas.

Durante la asignatura se procurará la realización de visitas técnicas a una serie de instalaciones, de entre las siguientes:

- Subestación de interior de Mazarredo, de Iberdrola Distribución (Bilbao)
- Laboratorio de Vehículo Eléctrico y Hub de Innovación de Iberdrola S.A. (Bilbao)
- Centro de Control Eléctrico de REE - CECOEL (Madrid)
- Instalaciones de generación hidroeléctrica de Iberdrola en la cuenca del Duero (Central de Aldeadávila, presas de Aldeadávila y Almendra)
- Instalaciones de generación solar térmica de la empresa Torresol Energy; (San José del Valle, Cádiz)
- Laboratorio de alta tensión y alta potencia de Ormazabal-Velatia (Boroa-Vizcaya)
- Verescence - La Granja Insulators (Segovia). Diseño y fabricación de aisladores eléctricos de vidrio.

El alumno debe estudiar la teoría de los temas presentados a partir de las notas de clase, la documentación aportada y de la bibliografía recomendada. Deberá resolver ejercicios y problemas relaciones con algunos de los sistemas explicados.. Superará un examen al final de curso y en un examen parcial intermedio.

EVALUACIÓN

Se recuerda que cualquier intento de fraude, copia, plagio u otro comportamiento irregular supone una infracción grave tal y como está contemplado en el título IV "Normas de disciplina académica de los estudiantes" dentro del [Sistema de normas sobre la convivencia](#) en la Universidad de Navarra.

CONVOCATORIA ORDINARIA

- Evaluación continua del seguimiento de la asignatura (2,5 puntos): Se valorará la presencia, participación y proactividad en las actividades de la asignatura: clases, visitas a empresas, conferencias, etc.
- Examen parcial a realizar durante el cuatrimestre: (3 puntos) Tendrá carácter liberatorio con una calificación superior o igual a 6,0. Constará de una parte conceptual y otra de ejercicios (60%/40%). En el curso 2026/27 será el miércoles 24/2/2027 de 9:00 a 11:30



Universidad de Navarra

- Examen final (3+4,5 puntos) A realizar al final del cuatrimestre. Constará de una parte conceptual y otra de ejercicios (60%/40%). En el curso 2026/27 será el martes 25 de mayo de 2027, de 15:00 a 18:00

CONVOCATORIA EXTRAORDINARIA

- Se realizará un examen final sobre 7,5 puntos análogo al de la convocatoria ordinaria. La calificación de la participación será la conseguida durante el curso.
- Para casos de alumnos que según programas de intercambio no hayan superado la asignatura por equivalencia, el examen tendrá una valoración de 10 puntos

HORARIOS DE ATENCIÓN

Miércoles de 15:30 a 16:30 (Despachos E-02, E-03 y O-201, Edificio Urdaneta)

De cara a la preparación del examen de la asignatura se publicarán horarios específicos

Otros horarios previa cita vía correo electrónico:

- de Nó Lengaran, Joaquín Juan (deno at tecnun.es)
- Sancho Seuma, Juan Ignacio (isancho at tecnun.es)

BIBLIOGRAFÍA

Básica:

- "Power System Analysis". Arthur R. Bergen. Prentice-Hall. 1986. ISBN: 0136878644 [Localízalo en la Biblioteca](#)
- "Modern Power Systems Analysis" Wang, Xi-Fan, Song, Yonghua, Irving, Malcolm Springer 2009 [Localízalo en la Biblioteca](#) (Versión papel y electrónica)
- "Maniobras en redes eléctricas I. Maniobras en parques de intemperie" Iberdrola-Endesa-Sevillana de Electricidad-Fenosa [Localízalo en la Biblioteca](#)
- "Reglamento de Líneas de Alta Tensión y sus fundamentos técnicos". Ministerio de Industria Turismo y Comercio; Jorge Moreno Mohíno...[et al.] [Localízalo en la Biblioteca](#)
- "Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en instalaciones eléctricas de alta tensión y sus Instrucciones Técnicas Complementarias ITC-RAT 01 a 23" Mayo 2014 [Localízalo en la biblioteca](#)
- "Reglamento sobre centrales eléctricas, subestaciones y centros de transformación". Ministerio de Industria y Energía. [Localízalo en la Biblioteca](#) , [Localízalo en la Biblioteca](#) (versión electrónica)
- "Subestaciones eléctricas" Jesús Trashorras. Paraninfo 2015. [Localízalo en la biblioteca](#)

Complementaria:

- "Elementos de diseño de subestaciones eléctricas", Gilberto Enríquez Harper [Localízalo en la biblioteca](#)
- [ENTSO-E Ten Year Network Development Plan \(TYNDP\)](#)