

Curso Académico: ( 2019 / 2020 )

Fecha de revisión: 30-04-2019

Departamento asignado a la asignatura: Departamento de Ingeniería Eléctrica

Coordinador/a: RODRIGUEZ AMENEDO, JOSE LUIS

Tipo: Obligatoria Créditos ECTS : 6.0

Curso : 1 Cuatrimestre : 2

**MATERIAS QUE SE RECOMIENDA HABER SUPERADO**

Los alumnos que cursen la asignatura deberán tener conocimientos previos de sistemas eléctricos, máquinas eléctricas y teoría de control

**COMPETENCIAS QUE ADQUIERE EL ESTUDIANTE Y RESULTADOS DEL APRENDIZAJE.**

Los alumnos que superen la asignatura serán capaces de:

- Adquirir conocimientos adecuados de Ingeniería eléctrica y áreas que aquí tengan aplicación.
- Conocer los requisitos técnicos y la normativa internacional de conexión de los plantas de generación renovable en los sistemas eléctricos.
- Evaluar el impacto de la generación renovable en la operación técnica del sistema eléctrico y conocer su contribución real al control de tensión y de frecuencia.
- Asimilar el principio de funcionamiento y el estado del arte de la tecnología de aerogeneradores, paneles solares fotovoltaicos y plantas solares termoeléctricas en lo relativo a sus sistemas eléctricos asociados.
- Conocer los dispositivos electrónicos empleados en los sistemas flexibles de conexión en corriente alterna (FACTS) utilizados en la operación conjunta con fuentes renovables.
- Analizar el comportamiento de las plantas de generación renovable en el sistema eléctrico ante perturbaciones severas (cortocircuitos, huecos de tensión) y su contribución a la estabilidad del sistema.
- Saber los criterios generales de protección de las plantas de energía renovable.
- Conocer el estado del arte y las técnicas de control modernas para incorporar generación renovable a sistemas eléctricos débiles y aislados.
- Conocer las peculiaridades de los sistemas eléctricos asociados a los parques eólicos marinos.
- Conocimiento de los requisitos exigidos para la integración de energías renovables en la red eléctrica, y en los mercados de energía eléctrica. (CE10)
- Capacidad de diseñar la integración de energías renovables en redes y mercados eléctricos. (CE11)

**DESCRIPCIÓN DE CONTENIDOS: PROGRAMA**

## 1.- Introducción de la asignatura.

Control de Convertidores VSC conectados a red

- Descripción de la asignatura
- Topologías de convertidores electrónicos
- Técnicas de modulación
- Principio de funcionamiento
- Seguidores de fase. PLL
- Control vectorial
- Límites de funcionamiento

## 2.- Instalaciones eléctricas de las plantas de energía renovable

- Instalaciones eléctricas de baja tensión
- Puesta a tierra y protección contra contactos indirectos
- Protección contra sobrecargas y sobre-tensiones
- Centros de transformación
- Red de media tensión
- Subestación eléctrica

## 3.- Control de generadores eléctricos a velocidad variable

- Control vectorial de generadores asíncronos. Generador Doblemente alimentado
- Control vectorial de generadores síncronos- Generadores síncronos de imanes permanentes

- 4.- Códigos de Red y Normativa Internacional
- Normativa ENTSOE. Requisitos a los generadores
  - Procedimiento de operación P.O.12.2

- 5.- Control de tensión
- Fundamentos
  - Métodos y dispositivos de control de tensión
  - Compensación de líneas de transmisión
  - Elementos de compensación pasivos
  - Elementos de compensación activos. SVS
  - STATCOM

- 6.- Continuidad de suministro.
- Huecos de tensión. Definición y clasificación
  - Dispositivos de ensayo. Generadores de huecos de tensión
  - Procedimiento de verificación, validación y ensayo de huecos de tensión
  - Respuesta de generadores síncronos
  - Respuesta de aerogeneradores de velocidad fija
  - Respuesta de aerogeneradores de velocidad variable
  - Respuesta del inversor
  - Dispositivos de compensación de huecos de tensión

- 7.- Control de frecuencia
- Regulación de velocidad de generadores síncronos
  - Regulación frecuencia-potencia
  - Participación de la generación renovable en la estabilidad de frecuencia

- 8.- Generadores síncronos virtuales
- Emulación de Inercia
  - Operación y Control de convertidores en red aislada
  - Sistemas de Gestión de Energía

- 9.- Estudios de integración en la red I.
- Estudios estáticos
  - Capacidad de acceso de la generación renovable
  - Potencia de cortocircuito
  - Casos de estudio con PSS/E

- 10.-Estudios de integración en la red II.
- Estudios dinámicos de red
  - Estabilidad en los sistemas eléctricos de potencia
  - Estudios de estabilidad transitoria. Criterios de admisibilidad
  - Casos de estudio con PSS/E

- 11.- Estudios de integración en red III
- Modelos de plantas de energía renovable para estudios de red
  - Estudios de pequeña señal
  - Casos de estudio con PSS/E

12. Protecciones eléctricas
- Introducción y conceptos básicos
  - Corrientes de cortocircuito
  - Comportamiento de la tecnología de aerogeneradores ante cortocircuitos
  - Sistemas de protección
  - Impacto producido por la penetración de equipos de electrónica de potencia

13. Sistemas de transmisión HVDC
- Comparación de sistemas de transmisión HVAC y HVDC. Ventajas e inconvenientes
  - Sistemas de transmisión HVDC-LCC
  - Sistemas de transmisión HVDC-VSC
  - Enlaces de conexión HVDC en el sistema eléctrico español.

14. Parques eólicos marinos
- Topologías AC y DC
  - Esquemas eléctricos y componentes

## ACTIVIDADES FORMATIVAS, METODOLOGÍA A UTILIZAR Y RÉGIMEN DE TUTORÍAS

El método docente consistirá en clases magistrales y presentación de trabajos por parte de los alumnos.

Las clases magistrales serán impartidas por profesores de la Universidad Carlos III de Madrid y especialistas de reconocido prestigio en los temas tratados.

La presentación de los trabajos por parte del alumno consistirá en la exposición pública de un tema propuesto por el tutor al comienzo de la asignatura.

## SISTEMA DE EVALUACIÓN

El criterio de evaluación será continuo y su ponderación será la siguiente:

- 1 Trabajo dirigido (100% de la nota final)

Si el alumno no superara la nota mínima en la evaluación continua se deberá presentar a un examen final en la convocatoria extraordinaria

La convocatoria extraordinaria consistirá en la presentación pública de un trabajo relacionado con alguno de los temas del programa

**Peso porcentual del Examen Final:** 0

**Peso porcentual del resto de la evaluación:** 100

## BIBLIOGRAFÍA BÁSICA

- N. Jenkins, R. Allan, P. Crossley, D. Kirschen, G. Strbac Embedded Generation, The Institution of Electrical Engineering, 2000

- T. Ackermann (Ed.) Wind Power in Power Systems, Wiley, 2005

## BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA

- A.J. Wood, B.F. Wollenberg, G.B. Sheblé Power Generation, Operation and Control, Wiley, 2014

- D.S. Kirschen, G. Strbac Fundamentals of Power System Economics, Wiley, 2004

- I.J. Pérez-Arriaga (Ed.) Regulation of the Power Sector, Springer, 2013

- S. Stoft Power System Economics. Designing markets for Electricity, Wiley, 2002