



## DATOS IDENTIFICATIVOS

### Calidad de la energía eléctrica

Asignatura	Calidad de la energía eléctrica			
Código	V12G320V01911			
Titulación	Grado en Ingeniería Eléctrica			
Descriptores	Creditos ECTS	Seleccione	Curso	Cuatrimestre
	6	OP	4	1c
Lengua	Castellano			
Impartición				
Departamento	Ingeniería eléctrica			
Coordinador/a	Pérez Donsion, Manuel			
Profesorado	Pérez Donsion, Manuel			
Correo-e	donsion@uvigo.es			
Web				
Descripción general				

### Competencias de titulación

Código	
A3	CG3 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.
A6	CG6 Capacidad para el manejo de especificaciones, reglamentos y normas de obligado cumplimiento.
A7	CG7 Capacidad para analizar y valorar el impacto social y medioambiental de las soluciones técnicas.
A37	TE6 Conocimiento sobre sistemas eléctricos de potencia y sus aplicaciones.
B1	CT1 Análisis y síntesis.
B3	CT3 Comunicación oral y escrita de conocimientos en lengua propia.
B5	CT5 Gestión de la información.
B9	CS1 Aplicar conocimientos.
B14	CS6 Creatividad.
B16	CP2 Razonamiento crítico.
B17	CP3 Trabajo en equipo.
B19	CP5 Relaciones personales.
B20	CP6 Capacidad para comunicarse con personas no expertas en la materia.
B21	CP7 Liderazgo.

### Competencias de materia

Resultados previstos en la materia	Resultados de Formación y Aprendizaje	
Descripción general	A3	B1
Los objetivos que se persiguen con esta materia son:	A6	B3
- La adquisición de los conocimientos básicos sobre la calidad de la energía eléctrica	A7	B5
- La adquisición de los conocimientos básicos sobre las perturbaciones electromagnéticas, sus causas, efectos, normativas y medida.	A37	B9
- El conocimiento de los sistemas, equipos y dispositivos que se pueden utilizar industrialmente para eliminar, o al menos minimizar, los efectos de las perturbaciones electromagnéticas.		B14
		B16
		B17
		B19
		B20
		B21

### Contenidos

Tema
------

<p>TEMA 1: CALIDAD DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA. INTRODUCCION</p>	<p>1.1 Calidad de la energía eléctrica 1.2 Calidad de la onda de tensión 1.3 Perturbación electromagnética 1.3.1 Clasificación de las perturbaciones electromagnéticas en función de la frecuencia 1.3.2 Clasificación de las perturbaciones electromagnéticas según la forma de transmisión 1.3.3 Clasificación de las perturbaciones electromagnéticas en función de la naturaleza temporal 1.4 Parámetros que definen la onda de tensión y perturbaciones que les afectan 1.5 Compatibilidad electromagnética 1.5.1 Nivel de compatibilidad electromagnética 1.6 Entornos electromagnéticos 1.7 Coordinación de estrategias 1.8 Evaluación económica de una mala calidad de onda 1.9 Continuidad del suministro</p>
<p>TEMA 2: CALIDAD DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA. NORMATIVA</p>	<p>2.1 Normativa 2.2 Organismos de normalización 2.3 Clasificación de las normas 2.4 Calidad de la electricidad como producto 2.5 Normas referentes a compatibilidad electromagnética 2.6 Resumen de normativa y aspectos importantes de la misma 2.7 Requisitos de la tensión 2.8 Normativa relativa a la continuidad en el suministro</p>
<p>TEMA 3. VARIACIONES DE FRECUENCIA</p>	<p>3.1 Variaciones de frecuencia 3.2 Límites 3.3 Causas 3.4 Medida 3.5 Efectos que producen 3.6 Métodos de prevención y corrección 3.6.1 Regulador de velocidad de la turbina 3.6.2 Métodos de prevención y corrección en redes de distribución</p>
<p>TEMA 4: VARIACIONES LENTAS DE TENSIÓN</p>	<p>TEMA 4: VARIACIONES LENTAS DE TENSIÓN 4.1 Definición 4.2 Valores de referencia y límites 4.3 Causas que las originan. 4.4 Efectos que produce 4.4.1 Efectos de una tensión baja 4.4.2 Efectos de una tensión alta 4.5 Métodos de corrección 4.5.1 Sistemas de corrección 4.6 Medida</p>
<p>TEMA 5: FLUCTUACIONES DE TENSIÓN. FLICKER</p>	<p>5.1 Definición de fluctuación de tensión 5.2 Definición de flicker 5.3 Evaluación del flicker. 5.4 Niveles de compatibilidad 5.5 Índices de severidad del flicker 5.6 Fisiología del flicker 5.7 Medidores del efecto flicker 5.8 Medidor de la IEC 5.9 Medidor de la UIE 5.10 Explicación matemática del origen del flicker 5.11 Principales dispositivos perturbadores 5.12 Otros orígenes del flicker 5.13 Efectos que producen 5.14 Métodos de prevención y corrección</p>

TEMA 6: HUECOS DE TENSIÓN E INTERRUPCIONES	<ul style="list-style-type: none"> <li>6.1 Hueco de tensión</li> <li>6.2 Niveles de compatibilidad electromagnética</li> <li>6.3 Causas que los originan</li> <li>6.4 Caracterización de los huecos de tensión</li> <li>6.5 Medida de los huecos de tensión</li> <li>6.6 Análisis estocástico</li> <li>6.7 Tipos de huecos de tensión</li> <li>6.8 Efecto de las conexiones del transformador</li> <li>6.9 Causas de un posible fallo de los equipos</li> <li>6.10 Sensibilidad del equipo frente a huecos de tensión</li> <li>6.11 Estimación de la probabilidad de aparición de un problema como consecuencia de un hueco de tensión</li> <li>6.12 Efectos que producen</li> <li>6.13 Evaluación de las pérdidas de producción</li> <li>6.14 Acciones de prevención y corrección <ul style="list-style-type: none"> <li>6.14.1 Principios fundamentales de corrección</li> <li>6.14.2 Acciones de prevención y corrección en función de la instalación</li> <li>6.14.3 Usuarios finales</li> <li>6.14.4 Medios de inmunización de las instalaciones industriales <ul style="list-style-type: none"> <li>6.14.4.1 Transformadores de varias tomas</li> <li>6.14.4.2 Regulador de reactancia saturable</li> <li>6.14.4.3 Variacs motorizados</li> <li>6.14.4.4 Regulador por control de fase</li> <li>6.14.4.5 Reguladores electrónicos de tensión</li> <li>6.14.4.6 Regulador estático de tensión</li> <li>6.14.4.7 Acondicionadores de conmutación suave en línea</li> <li>6.14.4.8 Transformadores ferroresonantes</li> <li>6.14.4.9 Sintetizadores magnéticos</li> <li>6.14.4.10 Almacenamiento de energía mediante baterías</li> <li>6.14.4.11 Volantes de inercia y grupos motor-generator</li> <li>6.14.4.13 SMES</li> <li>6.14.4.14 Almacenamiento de energía mediante condensadores. Supercondensadores</li> <li>6.14.4.15 Almacenamiento de energía mediante aire comprimido</li> <li>6.14.4.16 Restaurador dinámico de tensión</li> </ul> </li> </ul> </li> <li>6.15 Huecos derivados del arranque de motores</li> <li>6.16 Medidas que puede adoptar la empresa suministradora</li> <li>6.17 Prevención y eliminación de faltas</li> <li>6.18 Experiencias prácticas</li> <li>6.19 Interrupción de tensión <ul style="list-style-type: none"> <li>6.19.1 Duración</li> <li>6.19.2 Límites</li> <li>6.19.3 Medida según la IEC 61000-4-30 (Clase A)</li> </ul> </li> </ul>
TEMA 7. TRANSITORIOS DE TENSIÓN Y SOBRETENSIONES TEMPORALES	<ul style="list-style-type: none"> <li>7.1 Transitorios de tensión. Definición</li> <li>7.2 Parámetros característicos</li> <li>7.3 Valores de referencia <ul style="list-style-type: none"> <li>7.3.1 Límites</li> </ul> </li> <li>7.4 Causas que originan los transitorios <ul style="list-style-type: none"> <li>7.4.1 Fuentes externas al sistema eléctrico</li> <li>7.4.2 Fuentes internas al sistema eléctrico</li> </ul> </li> <li>7.5 Efectos que producen <ul style="list-style-type: none"> <li>7.5.1 Efectos sobre las redes eléctricas y equipos asociados</li> <li>7.5.2 Efectos sobre los receptores</li> <li>7.5.3 Efectos en B.T. de las sobretensiones que aparecen en M.T.</li> </ul> </li> <li>7.6 Métodos de prevención y corrección <ul style="list-style-type: none"> <li>7.6.1 Medidas que puede adoptar la empresa suministradora</li> <li>7.6.2 Medidas que puede adoptar el cliente <ul style="list-style-type: none"> <li>7.6.2.1 Supresor de transitorios</li> </ul> </li> </ul> </li> <li>7.7 Sobretensiones temporales <ul style="list-style-type: none"> <li>7.7.1 Definiciones</li> <li>7.7.2 Límites</li> <li>7.7.3 Medida</li> </ul> </li> </ul>

TEMA 8. EQUIPAMIENTO FACTS	<ul style="list-style-type: none"> <li>8.1 FACTS (Flexible Alternating Current Transmisión System)</li> <li>8.2 Compensación de potencia reactiva en sistemas de transmisión <ul style="list-style-type: none"> <li>8.2.1 Compensación paralela <ul style="list-style-type: none"> <li>8.2.1.1 Reactancias controladas por tiristores (TCR)</li> <li>8.2.1.2 Capacidades conmutadas por tiristores (TSC)</li> <li>8.2.1.3 Compensadores basados en inversores PWM</li> </ul> </li> <li>8.2.2 Compensador estático de potencia reactiva <ul style="list-style-type: none"> <li>8.2.2.1 Límite de estabilidad de un sistema con SVC</li> <li>8.2.2.2 Circuito equivalente del SVC</li> <li>8.2.2.3 Convertidor en fuente de tensión</li> </ul> </li> <li>8.2.3 STATCOM</li> </ul> </li> <li>8.3 Compensación serie <ul style="list-style-type: none"> <li>8.3.1 TCSC</li> <li>8.3.2 SSSC</li> <li>8.3.3 UPFC</li> </ul> </li> </ul>
TEMA 9. ARMÓNICOS	<ul style="list-style-type: none"> <li>9 Armónicos <ul style="list-style-type: none"> <li>9.1 Distorsión armónica</li> <li>9.2 Valores de referencia</li> <li>9.3 Límites normalizados</li> <li>9.4 Descomposición en series de Fourier</li> <li>9.5 Condiciones de medida</li> <li>9.6 Causas que originan la distorsión armónica <ul style="list-style-type: none"> <li>9.6.1 Convertidores estáticos</li> <li>9.6.2 Lámparas de descarga</li> <li>9.6.3 Hornos de arco</li> <li>9.6.4 Inductancias saturables</li> <li>9.6.5 Máquinas rotativas</li> </ul> </li> <li>9.7 Modelo utilizado en los cálculos</li> <li>9.8 Efectos que provocan <ul style="list-style-type: none"> <li>9.8.1 Efectos instantáneos</li> <li>9.8.2 Efectos retardados</li> <li>9.8.3 Armónicos en presencia de condensadores <ul style="list-style-type: none"> <li>9.8.3.1 Condiciones en ausencia de condensadores</li> <li>9.8.3.2 Condiciones en presencia de condensadores <ul style="list-style-type: none"> <li>9.8.3.2.1 Resonancia paralelo</li> <li>9.8.3.2.2 Resonancia serie</li> </ul> </li> </ul> </li> </ul> </li> <li>9.9 Métodos de prevención y corrección <ul style="list-style-type: none"> <li>9.9.1 Criterios a tener en cuenta a la hora de adoptar una solución</li> </ul> </li> <li>9.10 Filtros pasivos para la corrección de armónicos <ul style="list-style-type: none"> <li>9.10.1 Definiciones</li> <li>9.10.2 Clasificación</li> </ul> </li> <li>9.11 Filtros activos</li> <li>9.12 Filtros híbridos</li> </ul> </li> </ul>
TEMA 10. DESEQUILIBRIOS DE TENSIÓN	<ul style="list-style-type: none"> <li>10.1 Definición</li> <li>10.2 Cálculo de un sistema desequilibrado</li> <li>10.3 Valores de referencia</li> <li>10.4 Causas que los originan</li> <li>10.5 Efectos que producen</li> <li>10.6 Métodos de corrección y prevención</li> <li>10.7 Sistemas de corrección universales</li> <li>10.8 Sistemas de alimentación ininterrumpida estáticos (SAIs)</li> </ul>
PRÁCTICAS/TRABAJOS DIRIGIDOS	<ul style="list-style-type: none"> <li>Práctica/Trabajo 1. Análisis del efecto flicker. Técnicas de medidas y dispositivos correctores</li> <li>Práctica/Trabajo 2. Técnicas y dispositivos modernos de corrección/minimización de los efectos de los huecos de tensión.</li> <li>Práctica/Trabajo 3. Análisis de las causas que producen los transitorios de tensión y técnicas y dispositivos que permitan minimizar sus efectos.</li> <li>Práctica/Trabajo 4. FACTS. Análisis comparativo del comportamiento del SVC y del STATCOM</li> <li>Práctica/Trabajo 5. Análisis del efecto de los condensadores utilizados para la compensación del factor de potencia en los armónicos. Resonancias.</li> </ul>

### Planificación

	Horas en clase	Horas fuera de clase	Horas totales
Trabajos tutelados	18	54	72
Presentaciones/exposiciones	1	1	2
Sesión magistral	32	32	64
Pruebas de respuesta corta	2	2	4

Trabajos y proyectos	1	1	2
Otras	1	1	2

\*Los datos que aparecen en la tabla de planificación son de carácter orientativo, considerando la heterogeneidad de alumnado

<b>Metodologías</b>	
	Descripción
Trabajos tutelados	El alumno debe realizar una serie de prácticas/trabajos tutelados por el profesor, relativos a estudios y análisis de diferente temática enmarcada en la calidad de la energía eléctrica que complementen la formación del alumno. La realización de los trabajos tutelados tiene carácter obligatorio.
Presentaciones/exposiciones	El alumno, o grupos reducidos de alumnos (no más de tres), expondrá(n) públicamente a los demás compañeros y al profesor el contenido del trabajo tutelado.
Sesión magistral	El profesor expondrá en las clases de teoría los contenidos de la materia.

<b>Atención personalizada</b>	
Metodologías	Descripción
Sesión magistral	El alumno debe realizar una serie de prácticas/trabajos tutelados por el profesor, relativos a estudios y análisis de diferente temática enmarcada en la calidad de la energía eléctrica que complementen la formación del alumno. La realización de los trabajos tutelados tiene carácter obligatorio. Se ofrecerán tutorías personalizadas a los alumnos en: EEI. Sede Campus. Profesor: Manuel Pérez Donsión. Despacho 248. Horario: Martes de 15:00 a 18:00, Miércoles de 9:00 a 11:00 y Jueves de 9:00 a 11:00 El profesor atenderá las dudas y consultas de los alumnos.
Trabajos tutelados	El alumno debe realizar una serie de prácticas/trabajos tutelados por el profesor, relativos a estudios y análisis de diferente temática enmarcada en la calidad de la energía eléctrica que complementen la formación del alumno. La realización de los trabajos tutelados tiene carácter obligatorio. Se ofrecerán tutorías personalizadas a los alumnos en: EEI. Sede Campus. Profesor: Manuel Pérez Donsión. Despacho 248. Horario: Martes de 15:00 a 18:00, Miércoles de 9:00 a 11:00 y Jueves de 9:00 a 11:00 El profesor atenderá las dudas y consultas de los alumnos.
Presentaciones/exposiciones	El alumno debe realizar una serie de prácticas/trabajos tutelados por el profesor, relativos a estudios y análisis de diferente temática enmarcada en la calidad de la energía eléctrica que complementen la formación del alumno. La realización de los trabajos tutelados tiene carácter obligatorio. Se ofrecerán tutorías personalizadas a los alumnos en: EEI. Sede Campus. Profesor: Manuel Pérez Donsión. Despacho 248. Horario: Martes de 15:00 a 18:00, Miércoles de 9:00 a 11:00 y Jueves de 9:00 a 11:00 El profesor atenderá las dudas y consultas de los alumnos.

<b>Evaluación</b>		
	Descripción	Calificación
Pruebas de respuesta corta	La evaluación de los conocimientos adquiridos por el alumno se hará de forma individual, y sin la utilización de ningún tipo de fuente de información, en un único examen que englobará toda la materia impartida en el Aula durante un cuatrimestre. Asimismo se evaluará de forma oral y en las fechas acordadas con los alumnos las Prácticas/Trabajos dirigidos. Los exámenes de la teoría impartida en el aula coincidirán con las convocatorias correspondientes Teoría: 5 /10 Puntos Prueba escrita en la que se evaluará la docencia de Aula, con un peso de cinco puntos sobre diez (5/10).	50
Trabajos y proyectos	Prácticas/Trabajos tutelados: 3/10 Puntos Prueba que consistirá en la presentación oral del trabajo tutelado particular asignado al alumno o grupo reducido de alumnos (máximo 3) en la que se evaluará el trabajo realizado y la consecución de los objetivos previstos. A esta parte se le asigna un peso de tres puntos sobre diez (3/10).	30
Otras	Evaluación continua: 2/10 Puntos Se evaluará la asistencia a clase y el comportamiento activo tanto en clase de aula como en la realización de la práctica/ trabajo tutelado.	20

#### **Otros comentarios sobre la Evaluación**

La materia estará superada cuando en la evaluación (Teoría + Prácticas/Trabajos tutelados) se obtenga una nota final mínima de cinco puntos sobre diez (5/10) y que se tenga un mínimo de **0,8/10** puntos en evaluación continua.

Segunda convocatoria.

---

## **Fuentes de información**

---

[2] J. Arrillaga y L.I. Eguíluz. "Armónicos en sistemas de potencia".

"Calidad de la energía eléctrica". Publicación electrónica interna.

Recursos y fuentes de información complementaria[[2] Mendis, D.A. González, "Harmonic and Transient Overvoltage Analysis in Arc Furnace Power Systems". IEEE Transactions on Industry Applications, Vol. 28, No. 2, March/April 1992

"On the Need for Strict Second Harmonic Limits". IEEE ICHQP'98. Athens, October 1998. Pp. 176-181.

[7] ANSI/IEEE C57. 110 - 1986. "Recommended Practice for establishing transformer capability when supplying nonsinusoidal load currents".

la Universidad de Cantabria.

---

## **Recomendaciones**

---

### **Asignaturas que se recomienda haber cursado previamente**

---

Fundamentos de teoría de circuitos y máquinas eléctricas/V12G320V01304

Máquinas eléctricas/V12G320V01504

Centrales eléctricas/V12G320V01702

Sistemas eléctricos de potencia/V12G320V01802

---