**Nom assignatura**: Qualitat de subministrament i integració de renovables a la xarxa

**Codi**: (A omplir pel centre)

**Crèdits ECTS**: 5

**Idioma d’impartació:** Català/Castellà/Anglès

**Unitat responsable**: 240 – ETSEIB – Escola Tècnica Superior d’Enginyeria Industrial de Barcelona

**Departament**: 709 – Departament d’Enginyeria Elèctrica

**Curs d’inici**: 2013/2014

**Titulacions**: Màster universitari en Enginyeria de l’Energia

**Responsable de l’assignatura**: Joan Montañá

|  |
| --- |
| **Requisits** |

Capacitats prèvies:

* Electrotècnia bàsica.
* Coneixements bàsics de circuits elèctrics.
* Coneixements bàsics de sèries de Fourier.
* Coneixements de sistemes elèctrics de potència.

Requisits:

|  |
| --- |
| **Professorat** |

Professor Responsable: Joan Montañá

Professorat: Luis Sainz

Horari d’atenció: Indicat a la programació de l’assignatura disponible a Atenea

|  |
| --- |
| **Metodologia** |

**Metodologies docents**

Durant el desenvolupament de l'assignatura es faran servir les següents metodologies docents:

* Classe magistral o conferència (EXP): exposició de coneixements per part del professorat mitjançant classes magistrals o bé per persones externes mitjançant conferències convidades.
* Classes participatives (PART): resolució col · lectiva d'exercicis, realització de debats i dinàmiques de grup amb el professor o professora i altres estudiants a l'aula; presentació a l'aula d'una activitat realitzada de manera individual o en grups reduïts.
* Treball teòric-pràctic dirigit (TD): realització a l'aula d'una activitat o exercici de caràcter teòric o pràctic, individualment o en grups reduïts, amb l'assessorament del professor o professora.
* Projecte, activitat o treball d'abast reduït (PR): aprenentatge basat en la realització, individual o en grup, d'un treball de reduïda complexitat o extensió, aplicant coneixements i presentant resultats.
* Projecte o treball d'abast ampli (PA): aprenentatge basat en el disseny, la planificació i realització en grup d'un projecte o treball d'àmplia complexitat o extensió, aplicant i ampliant coneixements i redactant una memòria on s'aboca el plantejament d'aquest i els resultats i conclusions.
* Activitats d'Avaluació (EV).

**Activitats formatives:**

Durant el desenvolupament de l'assignatura es faran servir les següents activitats formatives:

* Presencials
  + Classes magistrals i conferències (CM): conèixer, comprendre i sintetitzar els coneixements exposats pel professorat mitjançant classes magistrals o bé per conferenciants (presencial).
  + Classes participatives (CP): participar en la resolució col · lectiva d'exercicis, així com en debats i dinàmiques de grup, amb el professor o professora i altres estudiants a l'aula (presencial).
  + Presentacions (PS): presentar a l'aula una activitat realitzada de manera individual o en grups reduïts (presencial).
  + Treball teòric pràctic dirigit (TD): realitzar a l'aula una activitat o exercici de caràcter teòric o pràctic, individualment o en grups reduïts, amb l'assessorament del professor o professora (presencial).
* No Presencials
  + Projecte, activitat o treball d'abast reduït (PR): dur a terme, individualment o en grup, un treball de reduïda complexitat o extensió, aplicant coneixements i presentant resultats (no presencial).
  + Projecte o treball d'abast ampli (PA): dissenyar, planificar i dur a terme individualment o en grup un projecte o treball d'àmplia complexitat o extensió, aplicant i ampliant coneixements i redactant una memòria on s'aboca el plantejament d'aquest i els resultats i conclusions (no presencial).
  + Estudi autònom (EA): estudiar o ampliar els continguts de la matèria de forma individual o en grup, comprenent, assimilant, analitzant i sintetitzant coneixements (no presencial).

**Dedicació prevista de l’estudiant**

|  |  |
| --- | --- |
|  | **hores** |
| Classes teòriques i conferències (CTC) | 15 |
| Classes pràctiques (CP) | 15 |
| Pràctiques de laboratori o taller (L/T) |  |
| Presentacions (PS) |  |
| Total (Grup Gran/Mitjà/Petit) | **30** |
| Tutories de treballs teòric pràctics (TD) | 15 |
| Total AD (Activitats Dirigides) | **15** |
| Projecte, activitat o treball d’abast reduït (PR) | 30 |
| Projecte o treball d’abast ampli (PA) | 20 |
| Estudi autònom (EA) | 30 |
| Total AA (Aprenentatge Autònom) | **80** |
| TOTAL | **125** |

**Sistema de qualificació**

|  |  |
| --- | --- |
|  | % |
| Prova escrita de control de coneixements (PE). | 50 |
| Prova oral de control de coneixements (PO). | 0 |
| Treball realitzat en forma individual o en grup al llarg del curs (TR). | 25 |
| Assistència i participació en classes i laboratoris (AP). | 25 |
| Qualitat i rendiment del treball en grup (TG) | 0 |

**Normes de realització de les activitats**

S’especificaran en els enunciats de cada activitat disponible a Atenea.

|  |
| --- |
| **Objectius d’aprenentatge de l’assignatura** |

**Objectius**

* Adquirir els coneixements dels efectes que produeixen els diferents tipus de pertorbacions i les seves tècniques de mitigació.
* Comprendre l’origen dels harmònics, valorar-ne els seus efectes en així com plantejar-ne solucions.
* Entendre l’origen, la magnitud i els efectes de les pertorbacions transitòries. Estudi de les seva mitigació.
* Conèixer les característiques de qualitat de la tensió subministrada. Estudi de les variacions de tensió i freqüència.
* Identificar les causes, modelar i comprendre els efectes de les interrupcions i els talls de subministrament així com els sots de tensió.
* Conèixer el marc normatiu referent a la qualitat de subministrament i compatibilitat electromagnètica especialment en la generació amb energies renovables.

**Resultats de l’aprenentatge**

Al finalitzar l'assignatura, el/la estudiant:

* Coneixerà les fonts de pertorbació que afecten als sistemes elèctrics.
* Coneixerà els efectes de les pertorbacions a la qualitat de subministrament.
* Podrà modelar les pertorbacions i avaluar els efectes a la qualitat de subministrament.
* Coneixerà el marc normatiu actual en relació a la qualitat de subministrament.

|  |
| --- |
| **Competències** |

**BÀSIQUES I GENERALS**

CG1 Integrar i aplicar els coneixements matemàtics, analítics, científics, instrumentals, tecnològics i de gestió adquirits en la formació universitària, així com la seva capacitat de resolució de problemes, dins l'àmbit de l'enginyeria de l'energia.

CG3 Intervenir en processos de recerca, desenvolupament i innovació en l'àmbit de les tecnologies energètiques i de l'ús de l'energia en els sectors productius i de serveis, aportant nous coneixements, avenços tecnològics i solucions innovadores en equips de treball multidisciplinaris, nacionals o internacionals.

CG4 Analitzar de forma crítica les polítiques energètiques regionals, nacionals i supranacionals i saber aplicar la legislació en matèria energètica en qualsevol dels àmbits de l'enginyeria de l'energia i de la gestió energètica.

CG6 Dur a terme dictàmens i assessorament tècnic en l'àmbit de l'enginyeria de l'energia.

**ESPECÍFIQUES**

CE1 Entendre, descriure i analitzar, de forma clara i àmplia tota la cadena de conversió energètica, des del seu estat com, font d'energia fins al seu ús com servei energètic. Identificar, descriure i analitzar la situació i característiques dels diferents recursos energètics i dels usos finals de l'energia, en les seves dimensions econòmica, social i ambiental, i formular judicis valoratius.

CE4 Realitzar de forma eficient l'obtenció de dades de recursos renovables d'energia i el seu tractament estadístic i aplicar coneixements i criteris de valoració en el disseny i avaluació de solucions tecnològiques per a l'aprofitament de recursos renovables d'energia, tant per a sistemes aïllats com connectats a xarxa. Reconèixer i valorar les aplicacions tecnològiques més noves en l'àmbit de l'aprofitament dels recursos renovables d'energia.

CE6 Aplicar criteris tècnics i econòmics a la selecció de l'equip elèctric més adequat per a una determinada aplicació. Dimensionar equips i instal·lacions elèctriques. Reconèixer i valorar les aplicacions tecnològiques més noves en l'àmbit de la producció, transport, distribució, emmagatzematge i ús de l'energia elèctrica.

CE7 Analitzar el comportament d'equips i instal·lacions en operació per tal d'elaborar un diagnòstic valoratiu sobre el seu règim d'explotació i d'establir mesures dirigides a millorar l'eficiència energètica d'aquests.

|  |
| --- |
| **Continguts** |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **1. Introducció** | **Dedicació**: | **13 h** |
| Classes teòriques i conferències | 3 h |
| Classes pràctiques | 0 h |
| Activitats dirigides | 0 h |
| Aprenentatge autònom | 10 h |
| **Descripció:**  En aquest mòdul s’introduiran els conceptes de qualitat de subministrament en sistemes elèctrics, compatibilitat electromagnètica, classificació general de les pertorbacions i normatives relacionades. Es farà incís en els sistemes amb fonts d’energia renovables.  Temes:   * 1. Conceptes de qualitat de subministrament.   2. Tipus de pertorbacions en sistemes elèctrics.   3. Origen i classificació de les pertorbacions des de la compatibilitat electromagnètica.   4. Efectes de la integració de fonts d’energia renovable a la xarxa.   5. Marc normatiu actual. | | |
| **Objectius específics:**   * Conèixer els conceptes relacionats amb la qualitat de subministrament. * Conèixer els tipus i orígens de les pertorbacions que afecten a la qualitat de subministrament. * Caracteritzar les pertorbacions. * Conèixer l’àmbit normatiu actual. | | |
| **Activitats vinculades:**  Activitat 1  Activitat 5 | | |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **2. Pertorbacions periòdiques** | **Dedicació**: | **39.5 h** |
| Classes teòriques i conferències | 4.5 h |
| Classes pràctiques | 5 mitjançant Montecarlo per avaluar els efectes de les pertorbacions transitories. h |
| Activitats dirigides | 5 h |
| Aprenentatge autònom | 25 h |
| **Descripció:**  El segon mòdul de l’assignatura es tracta les pertorbacions periòdiques. S’estudiarà els orígens dels harmònics i els sues efectes en la qualitat de subministrament i consum elèctric. Es presentaran tècniques de identificació i de mitigació. Es realitzarà especial incís als casos amb fonts d’energia renovable integrades a la xarxa.  Temes:  2.1 Harmònics i el seu origen.  2.2 Carregues no lineals.  2.3 Resolució de circuits amb harmònics.  2.4 Efectes dels harmònics.  2.5 Identificació i quantificació del problema harmònic.  2.6 Solucions al problema harmònic.  2.7 Revisió de la normativa actual. | | |
| **Objectius específics:**   * Identificar l’origen dels harmònics. * Modelar sistemes amb harmònics i avaluar els efectes a la qualitat. * Conèixer les tècniques de mitigació. | | |
| **Activitats vinculades:**  Activitat 1  Activitat 2  Activitat 5 | | |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **3. Pertorbacions no periòdiques** | **Dedicació**: | **72.5 h** |
| Classes teòriques i conferències | 7.5 h |
| Classes pràctiques | 10 h |
| Activitats dirigides | 10 h |
| Aprenentatge autònom | 45 h |
| **Descripció:**  El tercer mòdul de l’assignatura es dedica a les pertorbacions no periòdiques. Es tractaran en primer lloc les sobretensions temporals i transitòries. De les sobretensions transitòries es realitzarà especial incís a les d’origen atmosfèric i especialment en sistemes de generació eòlica. En segon lloc s’estudiaran les fonts de variacions de tensió y freqüència. Finalment es tractaran els talls i sots de tensió. Es descriuran els efectes de la integració de fonts d’energia d’origen renovable a la xarxa.  En aquest tema es presentaran tècniques basades en simulació mitjançant Montecarlo per avaluar els efectes de les pertorbacions transitòries. També es treballaran amb eines de simulació per l’avaluació de sots de tensió.  Temes:  3.1 Introducció a les pertorbacions no periòdiques  3.2 Sobretensions temporals  3.3 Sobretensions transitòries  3.4 Coordinació d’aïllament i protecció contra sobretensions  3.5 Interrupcions llargues de subministrament  3.6 Interrupcions curtes de subministrament  3.7 Desequilibris  3.8 Sots de tensió  3.9 Tècniques de mitigació.  3.10 Revisió de la normativa actual | | |
| **Objectius específics:**   * Entendre l’origen, la magnitud i els efectes de les pertorbacions transitòries. Estudi de les seva mitigació. * Conèixer les característiques de qualitat de la tensió subministrada. Estudi de les variacions de tensió i freqüència. * Identificar les causes, modelar i comprendre els efectes de les interrupcions i els talls de subministrament així com els sots de tensió. | | |
| **Activitats vinculades:**  Activitat 1  Activitat 3  Activitat 4  Activitat 5 | | |

|  |
| --- |
| **Planificació d’activitats** |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **1. Dossier de problemes i projectes** | **Dedicació**: | **50 h** |
| Classes teòriques i conferències | 0 h |
| Classes pràctiques | 0 h |
| Activitats dirigides | 0 h |
| Aprenentatge autònom | 50 h |
| **Descripció:**  A cada mòdul es proposarà la resolució de problemes d’abast reduït corresponent als continguts estudiats. La dedicació total a la resolució d’aquests problemes és de 30 hores.  També es proposaran casos d’estudi i/o petits projectes d’abast ampli on es porti a la pràctica els coneixements adquirits. Per aquestes activitats s’utilitzaran recursos de fonts de informació i eines informàtiques per tal d’obtenir les solucions. La dedicació total és de 20 hores. | | |
| **Material:**   * Enunciats de l’activitat. * Apunts i problemes de l’assignatura. * Eines informàtics. * Fonts de informació disponibles. | | |
| **Lliurament:**  Segons s’especificarà a l’enunciat de l’activitat. | | |
| **Objectius específics:**   * Posar en pràctica la resolució de problemes específics. * Adquirir els coneixements per poder donar solucions a problemes reals. * Utilització dels recursos de informació i eines informàtiques. | | |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **2. Pràctiques al laboratori de pertorbacions periòdiques** | **Dedicació**: | **10 h** |
| Classes teòriques i conferències | 0 h |
| Classes pràctiques | 0 h |
| Activitats dirigides | 5 h |
| Aprenentatge autònom | 5 h |
| **Descripció:**  En aquesta activitat es realitzaran dues sessions al laboratori. L’activitat es divideix en dues parts:   1. Mesura i estudi dels corrents consumits per dispositius no lineals. 2. Efectes dels harmònics | | |
| **Material:**   * Guions de les pràctiques disponibles a Atenea. * Instruments i equips del laboratori. | | |
| **Lliurament:**  Cada part es lliurarà en un termini de dues setmanes després del seu inici. | | |
| **Objectius específics:**   * Aprendre a mesurar intensitats en dispositius no lineals així com a la anàlisis dels resultats. * Identificar i avaluar els efectes dels harmònics mitjançant mesures experimentals. | | |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **3. Pràctiques de sobretensions** | **Dedicació**: | **10 h** |
| Classes teòriques i conferències | 0 h |
| Classes pràctiques | 0 h |
| Activitats dirigides | 5 h |
| Aprenentatge autònom | 5 h |
| **Descripció:**  En aquesta activitat es realitzaran dues sessions. L’activitat es divideix en dues parts:   1. Eines informàtiques per la simulació de sobretensions temporals i mètode de Montecarlo per l’avaluació de risc. 2. Coordinació d’aïllament i protecció contra sobretensions.   A la primera part s’introdueix als alumnes una de les eines informàtiques disponibles per la simulació de pertorbacions no transitòries. També es presentaran les eines computacionals per la realització de l’estudi d’avaluació de risc.  La segona part es realitzarà al laboratori d’alta tensió. Es verificarà de forma experimental la característica d’aïllament d’un dispositiu i es comprovarà l’eficàcia d’un protector contra sobretensions d’alta tensió. | | |
| **Material:**   * Guions de les pràctiques disponibles a Atenea. * Instruments i equips del laboratori. * Programari disponible. | | |
| **Lliurament:**  Cada part es lliurarà en un termini de dues setmanes després del seu inici. | | |
| **Objectius específics:**   * Simular sobretensions temporals i transitoris en un sistema elèctric. * Implementar el mètode de Montecarlo per l’avaluació de risc. * Assaigs d’aïllament i d’avaluació de protectors contra sobretensions. | | |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **4. Pràctiques de sots de tensió** | **Dedicació**: | **10 h** |
| Classes teòriques i conferències | 0 h |
| Classes pràctiques | 0 h |
| Activitats dirigides | 5 h |
| Aprenentatge autònom | 5 h |
| **Descripció:**  En aquesta activitat s’estudiarà mitjançant eines de simulació la generació de sots de tensió, els seus efectes i mitigació. | | |
| **Material:**   * Guions de les pràctiques disponibles a Atenea. * Programari disponible. | | |
| **Lliurament:**  Cada part es lliurarà en un termini de dues setmanes després del seu inici. | | |
| **Objectius específics:**   * Simular una xarxa elèctrica i incloure la generació de sots. * Avaluar els efectes dels sots de tensió a varis punts de la xarxa. * Avaluar el comportament de varis dispositius de la xarxa en front al sot de tensió. | | |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 1. **Prova escrita** | **Dedicació**: | **2 h** |
| Classes teòriques i conferències | 0 h |
| Classes pràctiques | 0 h |
| Activitats dirigides | 0 h |
| Aprenentatge autònom | 2 h |
| **Descripció:**  S’avaluaran els coneixements adquirits a l’assignatura mitjançant una prova escrita. Aquesta prova estarà formada per una part teòrica i una part pràctica amb problemes sobre els diferents mòduls. | | |
| **Material:**   * Apunts i exercicis de l’assignatura. | | |
| **Lliurament:**  Es lliurarà la prova escrita al final de la sessió. | | |
| **Objectius específics:**   * Avaluar el grau d’assoliment dels objectius de l’assignatura. | | |

|  |
| --- |
| **Bibliografia** |

**Bàsica**:

[M. H. J. Bollen](http://www.amazon.com/exec/obidos/search-handle-url/002-6325736-8390431?%5Fencoding=UTF8&search-type=ss&index=books&field-author=Math%20H.%20J.%20Bollen), Understanding Power Quality Problems: Voltage Sags and Interruptions, IEEE Press, 1999

[R. C. Dugan, Mark F. McGranaghan, H. Wayne Beaty](http://biblioteques.upc.es/cgi-bin/vtls.web.gateway?searchtype=title&conf=080000++++++++++++++&searcharg=Electrical+power+systems+quality+Roger+C), Electrical power systems quality, McGraw-Hill ,1996

[A. Moreno-Muñoz](http://www.amazon.com/exec/obidos/search-handle-url/002-6325736-8390431?%5Fencoding=UTF8&search-type=ss&index=books&field-author=Antonio%20Moreno-Mu%C3%B1oz), Power Quality: Mitigation Technologies in a Distributed Environment (Power Systems), Springer, 2007.

J. Arrillaga, D. A. Bradley, P.S. Bodger, Power System Harmonics. John Wiley & Sons, 1983

[M. H. J. Bollen](http://www.amazon.com/exec/obidos/search-handle-url/002-6325736-8390431?%5Fencoding=UTF8&search-type=ss&index=books&field-author=Math%20H.%20J.%20Bollen), Understanding power quality problems: voltage sags and interruptions, IEEE Press, 2000.

V. Cooray, The lightning flash, IEE Power & Energy Series-34, 2003

**Complementària**:

UNE-EN 50160: Características de la tensión suministrada por las redes generales de distribución

UNE-EN 61000 Compatibilidad electromagnética (CEM)

IEEE Standard 1250-1995: Guide for Service to Equipment Sensitive to Momentary Voltage Distrurbances,

IEEE Standard 1159-1995: Recommended practices for monitoring electric power quality,

IEEE Standard 519-1992: Recommended practices and requierements for harmonic control in electrical power systems,

REAL DECRETO 661/2007, de 25 de mayo, por el que se regula la actividad de producción de energía eléctrica en régimen especial.