

# Opasraportti

LUT School of Energy Systems (23B2)

## Diplomi-insinööri Sähkötekniikka Industrial IoT

### Sähkötekniikan "Industrial IoT" DI-ohjelma 2018-2019 Sähkötekniikan diplomi-insinöörin tutkinto (120 op)

*The MSc programme "Industrial IoT" is taught in Finnish*

#### Perustietoja

- tutkinto diplomi-insinööri (DI), Master of Science in Technology (M.Sc. Tech.)
- ylempi korkeakoulututkinto, antaa hakukelpoisuuden tieteellisiin jatko-opintoihin
- laajuus 120 op
- opinnot on mahdollista suorittaa joustavana etäopiskeluna, mitoitettu kahdeksi lukuvuodeksi.

#### "Industrial IoT" DI-ohjelman osaamistavoitteet

Sähkötekniikan diplomi-insinööri kykenee itsenäiseen tieteelliseen työskentelyyn, tiedonhakuun ja analyttiseen ongelmanratkaisuun. Hänellä on kyky toimia ryhmän jäsenenä, suunnitella, toteuttaa ja johtaa erilaisia hankkeita sekä kommunikoida niihin liittyen. Sähkötekniikasta valmistunut on tietoinen alansa eettisistä ulottuvuuksista sekä yhteiskunnallisista vaikutuksista, ja hän kykenee arvioimaan kriittisesti myös alansa tulevaisuutta.

Sähkötekniikan Industrial IoT -ohjelmasta valmistuneella on kyky soveltaa automaatio-, säätö- ja kommunikaatiotekniikan keskeisiä teorioita etenkin sähkötekniisiin ja elektroniisiin laitteisiin. Hän pystyy soveltamaan tietojaan ja taitojaan alan tuotekehitykseen, tutkimukseen ja markkinointiin liittyvissä tehtävissä sekä näiden johtamisessa. Koulutus antaa valmiudet myös tieteelliseen jatkokoulutukseen ja itsenäiseen opiskeluun. Tutkinnon osaamistavoitteet on kuvattu syventymisopinnoissa tarkemmin moduulikohtaisesti:

##### 1. Data Processing & Communications

Syventymisopinnot suoritettuaan opiskelija osaa analysoida ja suunnitella langattomia tiedonsiirtojärjestelmiä ottaen huomioon tiedonsiirtokanavan häiriöllisyyden, modulaatiomenetelmät, tiedonsiirtonopeuden rajoitukset sekä tiedonsiirtoprotokollat. Lisäksi opiskelija osaa suunnitella, analysoida ja toteuttaa digitaalisia suodattimia ja soveltaa monen näytteenottotaajuuden digitaalista signaalinkäsittelyä.

##### 2. Säätötekniikka

Syventymisopinnot suoritettuaan opiskelija osaa laatia säätösovelluksille vaatimusmäärittelyt sekä suunnitella, toteuttaa ja testata vaatimukset täyttävän säätöjärjestelmän. Opiskelija osaa muodostaa järjestelmälle ja sen komponenteille dynaamisen mallin ja simuloida sitä. Lisäksi opiskelija osaa suunnitella digitaalisia säätöalgoritmeja. Opiskelija on perehtynyt automaation laite- ja järjestelmätekniikkaan sekä osaa valita säätöjärjestelmään soveltuvat järjestelmäkomponentit ja tiedonsiirtoratkaisut. Opiskelija osaa myös liittää laitteistot osaksi digitaalista teollista ympäristöä ja palveluita kuten data-analytiikkaa sekä ymmärtää näiden palveluiden merkityksen osana neljännen sukupolven teollisuusjärjestelmiä. Sovellustarkasteluissa painotetaan erityisesti sähkökäyttöihin ja tehoelektroniikkaan liittyviä suunnittelutehtäviä.

### 3. Sulautetut järjestelmät

Syventymisopinnot suoritettuaan opiskelija osaa suunnitella ja toteuttaa sulautettuja järjestelmiä hyödyntäen yleisimpiä ohjelmointi- ja kuvauskieliä. Opintojen pääpaino on sulautettujen järjestelmien ohjelmoinnissa.

## Tutkintorakenne

Diplomi-insinöörin tutkinto 120 op muodostuu

- ydinopinnoista
- automaatiotekniikan syventymisopinnoista, joihin sisältyy diplomityö
- vapaasti valittavasta sivuopintokokonaisuudesta
- vapaasti valittavista opinnoista.

Sähkötekniikan diplomi-insinöörin tutkintoon tähtäävä "Industrial Iot" DI-ohjelma on mahdollista suorittaa joustavana etäopiskeluna. Pääosa opinnoista suoritetaan etäopetusmateriaalia ja etäyhteyksiä hyödyntäen verkkoympäristössä. Vain eräitä laboratorioharjoituksia ja seminaariesityksiä toteutetaan lukukausittain lähiopetuksena muutaman päivän intensiivijaksoilla Lappeenrannassa.

Industrial IoT -ohjelma toteutetaan muuntokoulutuksena ja se on osa Väli-Suomen ICT-alan verkostomaista koulutusyhteistyöhanketta. Hankkeeseen on saatu avustusta Opetus- ja kulttuuriministeriöltä.

Lisätietoja Uni-portaalissa:

<https://uni.lut.fi/sahkotekniikka>

## Tutkintorakenteet

### Sähkötekniikan DI-ohjelman "Industrial IoT" tutkinnon rakenne

Diplomi-insinöörin tutkinnon laajuus on 120 op ja se koostuu ydinopinnoista, automaatiotekniikan syventymisopinnoista, sivuopintokokonaisuudesta ja vapaasti valittavista opinnoista.

**Automaatiotekniikan syventymisopinnot** sisältävät diplomityön (30 op) sekä 2 opiskelijan valitsemaa vaihtoehtoista moduulia: Data Processing & Communication, Säädetekniikka tai Sulautetut järjestelmät.

**Sivuopintojen** laajuus on vähintään 20 op. Sivuo pintokokonaisuudeksi suositellaan SaDsähkö Sähkötekniikkaa, jonka sisällöksi valitaan joko Electrical Drives 25 op tai Electric Conversion Systems 20 op. Sivuo pintokokonaisuuden voi kuitenkin vapaasti valita LUT:n tarjonnasta tai tehdä vaihdossa/muussa yliopistossa (anomuksesta).

**Vapaasti valittaviin opintoihin** voi valita esitiedot huomioiden mitä tahansa LUT:n opintojaksoja, myös toisen sivuo pintokokonaisuuden. Anomuksesta voi sisällyttää muiden kotimaisten/ulkomaisten yliopistojen opintoja, Puolustusvoimien johtajakoulutusta tai max. 8 op työharjoittelua (BL10A8000 DI-tutkinnon työharjoittelu 2-10 op).

## Sähkötekniikan diplomi-insinöörin tutkinto Industrial IoT 2018-2019

Tutkintorakenteen tila: hyväksytty

Lukuvuosi: 2018-19

Lukuvuoden alkamispäivämäärä: 01.08.2018

## **Ydinopinnot (vähintään 40 op)**

Industrial IoT-ohjelman ydinopintojen laajuus on 40 op.

Ydinopintoihin kuuluu pakollista työharjoittelua 2 op; tämän ylittävä osuus voidaan sijoittaa vapaasti valittaviin opintoihin.

Ydinopintoihin kuuluvien opintojaksojen opintojaksokuvauksista poikkeavia suoritusajankohtia:

Johdanto sulautettuihin järjestelmiin DI 1

Signaalien digitaalinen käsittely DI 1.

SaYdinA: Automaatiotekniikan ydinopinnot, 40 op

*Pakolliset ydinopinnot 40 op.*

BL20A0900: Tiede, teknologia ja yhteiskunta, 4 op

BL40A0100: Measurement Technology, 2 op

BL40A0401: Signaalien digitaalinen käsittely I, 4 op

BL40A1811: Johdanto sulautettuihin järjestelmiin, 6 op

BL40A2010: Introduction to IoT-Based Systems, 4 op

BL40A2301: Energy Efficiency, 6 op

BL40A2700: System Engineering Project Work, 6 op

BL40A2810: Automation, 6 op

BL10A8000: DI- tutkinnon työharjoittelu, 2 - 10 op

## **Automaatiotekniikan syventymisopinnot (vähintään 56 op)**

Automaatiotekniikan syventymisopinnot sisältävät diplomityön (30 op) sekä 2 opiskelijan valitsemaa vaihtoehtoista moduulia niin, että syventymisopintojen laajuus on vähintään 56 op.

Moduuleihin sisältyvien opintojaksojen opintojaksokuvauksista poikkeavia suoritusajankohtia:

Digitaalisäädön perusteet DI 1

Digital Control Design DI 2

Embedded System Design DI 2

Embedded System Programming DI 2.

SaSyvA: Automaatiotekniikan syventymisopinnot, 56 - 61 op

*Valitse 2 moduulia syventymisopintoihin.*

SaDDPC: Data Processing & Communication, 16 op

*Syventymisopintojen vaihtoehtoinen moduuli.*

BL40A0810: Digital Signal Processing II, 4 op

BL40A2020: Wireless Communication Systems, 4 op

BL40A2030: Wireless Communication Networks, 4 op

BL40A2040: Enabling Energy Internet via Machine-type Communications, 4 op

SaDST: Sääntötekniikka, 15 op

*Syventymisopintojen vaihtoehtoinen moduuli.*

BL40A0501: Digitaalisäädön perusteet, 4 op

BL40A1202: Digital Control Design, 6 op

BL40A2820: Motion Control and System Identification, 5 op

SaDSj: Sulautetut järjestelmät, 11 op

*Syventymisopintojen vaihtoehtoinen moduuli.*

BL40A1601: Embedded System Design, 6 op

BL40A1101: Embedded System Programming, 5 op

*Pakollinen opinnäytetyö.*

## Sivuopinnot (vähintään 20 op)

Sivuopinnoiksi suositellaan Sähkötekniikan sivuopintokokonaisuutta (SaDsähkö Sähkötekniikka, väh. 20 op), jonka sisällöksi valitaan jompi kumpi näistä syventymisopinnot moduuleista: Electric Conversion Systems, 20 op tai Electrical Drives, 25 op.

Sivuopinnot voi myös valita LUT:n sivuopintokokonaisuuksien tarjonnasta tai tehdä vaihdossa/muussa yliopistossa (anomuksesta).

## Vapaasti valittavat opinnot

Vapaasti valittavia opintoja otetaan siten, että diplomi-insinöörin tutkinnon laajuus 120 op täyttyy. Vapaasti valittaviin opintoihin voi valita mitä tahansa LUT:n opintojaksoja. Anomuksesta voi sisällyttää myös muiden kotimaisten/ulkomaisten yliopistojen opintoja, Puolustusvoimien johtajakoulutuksen tai max. 8 op valinnaista työharjoittelua (BL10A8000 DI-tutkinnon työharjoittelu 2-10 op).

HUOM. Kandidaatin ja DI-tutkinnoissa voi työharjoittelua olla yhteensä max. 12 op.

# Tutkintorakenteisiin kuulumattomat opintokokonaisuudet ja -jaksot

**Sivuopintokokonaisuudeksi suositellaan SaDsähkö Sähkötekniikkaa, jonka sisällöksi valitaan joko Electrical Drives 25 op tai Electric Conversion Systems 20 op.**

Sivuopintojen laajuus on vähintään 20 op. Sivuoopintokokonaisuuden voi vapaasti valita LUT:n tarjonnasta tai tehdä vaihdossa/muussa yliopistossa.

**DI-tutkintoihin soveltuvia sivuopintokokonaisuuksia lukuvuonna 2018-2019 ovat:**

(sivuopintokokonaisuutta valittaessa muistettava tarkistaa mahdolliset esitietovaatimukset)

SaDSähkö Sähkötekniikka  
 EnDSOEDM Energiatekniikka digitaalisille maisteriohjelmille (etäopiskeltava)  
 EnSaM100 Energiatekniikka  
 EnSaM150 Energiatekniikka, laaja  
 EnDMES Modelling of Energy Systems  
 EnDSaBT Bio-Energy Technology  
 KeSoM200 Kemia  
 KeSoM300 Kemian prosessitekniikka  
 KeSOD400 Biobased Chemical Engineering (etäopiskeltava)  
 KeSOD500 Advanced Chemistry  
 KoDSaMate Advanced Materials Engineering  
 KoDSaManu Modern Manufacturing  
 YmKSaYmte Ympäristötekniikka  
 YmDSaResp Environmental Responsibility  
 MaDIntM300 Technomathematics  
 FyDInt300 Technical Physics  
 MaDSaCompu Computer Vision and Pattern Recognition  
 TiDSOsedt Software Engineering and Digital Transformation minor  
 TuSOEntr Entrepreneurship, minor  
 KaSOLiik Liiketoimintaosaaminen

KaSOIbm International Business and Management.

Näiden sivuopintokokonaisuuksien tarkempi sisältö: katso erillinen Sivuo pintokokonaisuudet opas.

SaDsähkö: Sähkötekniikka, 20 op

*Valitse sivuopintokokonaisuuteen yksi moduuli ja täydennä sitä tarvittaessa 20 op laajuuteen muiden moduulien opintojaksoilla. Choose one of the elective specialisation modules. If the size of the elective module is less than 20 cr., the remaining credits are selected from the other modules.*

SaDsä: Sähköverkot, 23 - 28 op

*Valinnainen moduuli 23 op*

BL20A1600: Smart Grids, 5 op

BL20A0500: Sähkönjakelutekniikka, 8 op

BL20A0600: Sähkönsiirtotekniikka, 5 op

BL20A1001: Sähköverkkojen suojaus, 5 op

SaDEK: Elektroniikan komponentit, 21 - 24 op

*Valinnainen moduuli 21-24 op.*

BL50A1300: Advanced Course in Electronics, 6 op

BL50A1400: Analogiaelektroniikka, 6 op

BL50A1600: Elektroniikan laboratoriotyöt 2, 3 - 6 op

BM30A0601: Optoelectronics, 6 op

SaDET: Elektroniikan tuotesuunnittelu, 17 - 24 op

*Valinnainen moduuli 18-24 op.*

BL20A0100: Terminen laitesuunnittelu, 3 op

BL50A0802: Laitte- ja järjestelmäsuunnittelu, 7 op

BL50A0900: Analogiasignaalin käsittely, 6 op

BL50A1700: Elektroniikan projekti, 2 - 8 op

SaDMI: Microelectronics, 20 op

*Elective module 20 ECTS cr.*

BL50A1300: Advanced Course in Electronics, 6 op

BM30A1600: Microelectronics, 6 op

BM30A1701: Physics of Semiconductor Devices, 6 op

BM30A2100: Microelectronics Processing Technology, 2 op

SaDEIMa: Electricity Market, 22 - 23 op

*Elective module 22-23 ECTS cr.*

BL20A0201: Power Exchange Game for Electricity Markets, 3 op

BL20A1600: Smart Grids, 5 op

BH60A4400: Introduction to Sustainability, 3 op

BH60A5700: Business and Sustainability, 6 op

*Choose Electricity Market, if you have not studied it earlier. Otherwise, choose Investointihankkeiden elinkaarilaskelmat (taught in Finnish only).*

BL20A0401: Electricity Market, 5 op

CS31A0610: Investointihankkeiden elinkaarilaskelmat, 6 op

SaDEIDri: Electrical Drives, 25 op

*Elective module 25 ECTS cr.*

BL30A0600: Tehoelektroniikka, 6 op

BL30A0901: Power Electronic Components, 5 op

BL30A1001: Electrical Drives, 8 op

BL40A2810: Automation, 6 op

SaDPoEI: Power Electronics, 19 op

*Elective module 19 ECTS cr.*

BL20A0100: Terminen laitesuunnittelu, 3 op

BL30A0600: Tehoelektroniikka, 6 op

BL30A0800: Sähkömagneettiset komponentit, 3 op

BL30A0901: Power Electronic Components, 5 op

BL50A0600: Electromagnetic Compatibility in Power Electronics, 2 op

SaDDoEm: Design of Electrical Machines, 24 op

*Elective module 24 ECTS cr.*

BL20A0100: Terminen laitesuunnittelu, 3 op

BL30A0400: Sähkökoneen suunnittelu, 6 op

- BL30A0800: Sähkömagneettiset komponentit, 3 op  
 BL30A1001: Electrical Drives, 8 op  
 BL30A1200: Sähkömagnetismin numeeriset menetelmät, 4 op  
 SaDECS: Electric Conversion Systems, 24 op  
*Elective module 20 ECTS cr.*  
 BL30A0600: Tehoelektroniikka, 6 op  
 BL30A1020: Electrical Drives, Compact, 4 op  
 BL40A2401: Electrical Engineering in Wind and Solar Systems, 6 op  
 BL40A2910: Electric Energy Conversion Systems, 4 op  
 SaDSoEc: Solar Economy, 18 - 21 op  
*Elective module 18-21 ECTS cr.*  
 BL20A1300: Energy Resources, 6 op  
 BL20A1400: Renewable Energy Technology, 6 op  
 BL20A1500: Energy Scenarios, 6 op  
*LUT Summer School course, optional.*  
 BL10A8400SS: Solar Economy and Smart Grids, 3 op  
 SaDCaA: Control and Automation, 22 op  
*Elective module 22 ECTS cr.*  
 BL40A0810: Digital Signal Processing II, 4 op  
 BL40A1202: Digital Control Design, 6 op  
 BL40A2700: System Engineering Project Work, 6 op  
 BL40A2810: Automation, 6 op  
 SaDEmSy: Embedded Systems, 24 op  
*Elective module 24 ECTS cr.*  
 BL40A0810: Digital Signal Processing II, 4 op  
 BL40A1101: Embedded System Programming, 5 op  
 BL40A1601: Embedded System Design, 6 op  
 BL40A1740: Digital Electronics, 3 op  
 BL40A2700: System Engineering Project Work, 6 op

## Opintojaksojen kuvaukset

### Tutkintorakenteisiin kuuluvien opintokohteiden kuvaukset

#### **SaYdinA: Automaatiotekniikan ydinopinnot, 40 op**

**Voimassaolo:** 01.08.2018 -

**Opiskelumuoto:** Yleisopinnot

**Laji:** Kokonaisuus

**Vastuuyksikkö:** LUT School of Energy Systems (23B2)

**Arvostelu:** Opintojaksot 0-5,H,P

*Pakolliset ydinopinnot 40 op.*

#### **BL20A0900: Tiede, teknologia ja yhteiskunta, 4 op**

**Voimassaolo:** 01.08.2007 -

**Opiskelumuoto:** Yleisopinnot

**Laji:** Opintojakso

**Vastuuyksikkö:** LUT School of Energy Systems (23B2)

**Arvostelu:** Opintojaksot 0-5,H,P

**Opettajat:** Karl-Erik Michelsen, Johanna Naukkarinen

**Huom:**

E-kurssi, jostajärjestetään erillinen toteutus jokaisessa periodissa. Toteutus alkaa periodin alussa ja jatkuu jonkin verran seuraavan periodin puolelle.

**Suoritusvuosi:**

DI 1

**Periodi:**

1,2,3,4

**Opetuskieli:**

Suomi

**Vastuuopettaja(t):**

Professori, FT Karl-Erik Michelsen, Tutkijatohtori, TkT Johanna Naukkarinen

**Tavoitteet:**

Opintojakson suoritettuaan opiskelija osaa

- hahmottaa tieteen, teknologian ja yhteiskunnan välistä vuoropuhelua
- analysoida opintojaksolla esitetyjä teemoja erinäkökulmista
- esittää perustellun mielipiteensä teknologian yhteiskunnallisista ulottuvuuksista ja kytkeä omat näkemyksensä osaksi aiheista käytävää laajempaa keskustelua
- argumentoida yleistajuisesti omaan ammattialaan liittyviä, yhteiskunnallisesti tärkeitä asioita.

**Sisältö:**

Kurssi tarkastelee tieteen, teknologian ja yhteiskunnan rajapintaa useista eri näkökulmista. Kurssilla käydään läpi kuusi teemaa, jotka avaavat tieteen, teknologian ja yhteiskunnan välistä vuoropuhelua. Kurssin teemat vaihtelevat, mutta pysyvinä teemoina ovat teknologisen yhteiskunnan riskit, tieteen ja teknologian sukupuolittuminen, tieteen ja teknologian eettiset kysymykset sekä ympäristö ja kestävä kehitys.

**Suoritustavat:**

Kurssi tapahtuu etäopiskeluna, johon kuuluvat seuraavat tehtävät:

- jokaiseen teema-alueeseen liittyvään oppimateriaaliin (ääni- tai videotallenteet sekä kirjallinen materiaali) tutustuminen sekä teemaan liittyvän blogikirjoituksen laatiminen annetussa aikataulussa
- vertaispalautteen antaminen
- laajemman lopputyön kirjoittaminen valitusta aiheesta; sekä
- asioiden hallintaa osoittavan Moodle-tentin tekeminen.

Kurssin työ määrä jakautuu seuraavasti: viikkotehtävät (materiaaliin tutustuminen & blogikirjoituksen laatiminen) 6 x 10 h, lopputyö 40 h, vertaispalaute 2 h, Moodle-tentti 2 h.

Kokonaismitoitus 104 h.

**Kuulustelujärjestyksen mukainen tentti (Kyllä/Ei):**

Ei

**Moodle-tentti (Kyllä/Ei):**

Kyllä

**Exam-tentti (Kyllä/Ei):**

Ei

**Arviointi:**

0–5. Lopputyö 50 %, blogikirjoitukset 30 %, Moodle-tentti 20 %.

**Oppimateriaalit:**

Oppimateriaali Moodlessa.

**Vaihto-opiskelijoille paikkoja? (Kyllä,paikkamäärä/Ei):**

Ei

**Paikkoja avoimen yliopiston opiskelijoille? (Kyllä, paikkamäärä/Ei):**

Ei

### **BL40A0100: Measurement Technology, 2 op**

**Voimassaolo:** 01.01.2018 -

**Opiskelumuoto:** Yleisopinnot

**Laji:** Opintojakso

**Vastuuyksikkö:** LUT School of Energy Systems (23B2)

**Arvostelu:** Opintojaksot 0-5,H,P

**Suoritusvuosi:**

M.Sc. (Tech.) 1

**Periodi:**

3

**Opetuskieli:**

English

**Vastuuopettaja(t):**

Post-doctoral researcher, D.Sc. (Tech.) Niko Nevaranta, M.Sc. (Tech.) Timo Eloranta

**Tavoitteet:**

Upon completion of the course a student will be able to:

1. apply fundamentals of measurement,
2. apply analog and digital signal conversions,
3. apply digital signal filtering and data transfer,
4. apply IoT applications of digital signal manipulation.

**Sisältö:**

1. Static properties of measurements
2. Measurement accuracy and uncertainty
3. Dynamic properties of measurements
4. Signal conversions with AD and DA conversions
5. Digital and analog signal I/O connections
6. Digital filtering of measured signals
7. Digital measurement and control with machine vision and RF tag's
8. Applications of digital and wireless measurement and control

**Suoritustavat:**

Interactive videos, reflective assignments, 3D-simulations in Ciro and Fluid Sim environments. 3rd period. Independent distance learning.

Total workload 52 h.

**Kuulustelujärjestyksen mukainen tentti (Kyllä/Ei):**

No

**Moodle-tentti (Kyllä/Ei):**

No

**Exam-tentti (Kyllä/Ei):**

No

**Arviointi:**

0-5. Continuous assessment based on weekly assignments 100 %.

**Oppimateriaalit:**

Lecture material in Moodle.



**Esitietovaatimukset:**

BL40A0110 Measurement and Automation Technology, Introduction.

**Vaihto-opiskelijoille paikkoja? (Kyllä,paikkamäärä/Ei):**

No

**Paikkoja avoimen yliopiston opiskelijoille? (Kyllä, paikkamäärä/Ei):**

No

**BL40A0401: Signaalien digitaalinen käsittely I, 4 op**

**Voimassaolo:** 01.08.2017 -

**Opiskelumuoto:** Yleisopinnot

**Laji:** Opintojakso

**Vastuuyksikkö:** LUT School of Energy Systems (23B2)

**Arvostelu:** Opintojaksot 0-5,H,P

**Opettajat:** Antti Kosonen, Joonas Koponen

**Huom:****Suoritusvuosi:**

Tkk 3

**Periodi:**

1-2

**Opetuskieli:**

Suomi

**Vastuupettaja(t):**

Tutkijaopettaja, TkT Antti Kosonen

**Tavoitteet:**

Opintojakso perehdyttää opiskelijan signaalien digitaalisen käsittelyn perusteisiin. Opintojakson suoritettuaan opiskelija osaa: 1. analysoida diskreettiaikaisia järjestelmiä aika-, z- ja taajuustasossa, 2. suunnitella yksinkertaisia digitaalisia suodattimia ns. napa-nolla-sijoittelulla sekä soveltaa diskreettiä Fourier-muunnosta (DFT) signaalien analysointiin.

**Sisältö:**

Näytteenoton periaate. Diskreettiaikaiset signaalit ja järjestelmät. z-muunnos ja sen soveltaminen lineaaristen aikainvarianttien järjestelmien analyysiin. Signaalien ja järjestelmien taajuusanalyysi. Diskreetti Fourier-muunnos (DFT).

**Suoritustavat:**

Luentoja 14 h, harjoituksia 14 h ja kotitehtäviä 7 h, 1. periodi. Luentoja 14 h, harjoituksia 14 h ja kotitehtäviä 7 h, harjoitustyö 20 h, 2. periodi. Tentti. Itsenäisen työn osuus 14 h. Kokonaismitoitus 104 h.

**Kuulustelujärjestyksen mukainen tentti (Kyllä/Ei):**

Kyllä

**Moodle-tentti (Kyllä/Ei):**

Ei

**Exam-tentti (Kyllä/Ei):**

Ei

**Arviointi:**

0-5. Tentti 60 %, harjoitustyö 40 %. Lisäksi hyväksytysti suoritettut kotitehtävät, joista voi myös saada lisäpisteitä.

**Oppimateriaalit:**

Kosonen, A.: Signaaliendigitaalinen käsittely (luentomoniste).

Lisäksi suositellaan seurattavaksi soveltuvin osin kirjaa Proakis, J.G., Manolakis, D.G.: Digital Signal Processing, Principles, Algorithms, and Applications.

**Esitietovaatimukset:**

Kompleksilukulaskennan perusteet, lukusarjojen laskennan perusteet, aikajatkuvien signaalien teoria.

**Vaihto-opiskelijoille paikkoja? (Kyllä, paikkamäärä/Ei):**

max 15

**Paikkoja avoimen yliopiston opiskelijoille? (Kyllä, paikkamäärä/Ei):**

max 15

**BL40A1811: Johdanto sulautettuihin järjestelmiin, 6 op**

**Voimassaolo:** 01.08.2013 -

**Opiskelumuoto:** Yleisopinnot

**Laji:** Opintojakso

**Vastuuyksikkö:** LUT School of Energy Systems (23B2)

**Arvostelu:** Opintojaksot 0-5, H, P

**Opettajat:** Jero Ahola, Tero Ahonen

**Suoritusvuosi:**

Tkk 3

**Periodi:**

3-4

**Opetuskieli:**

Suomi ja englanti

**Vastuupettaja(t):**

professori, TkT Jero Ahola

**Tavoitteet:**

Opintojakso toimii johdantona sulautettuihin järjestelmiin. Opintojakson suoritettuaan opiskelija osaa: 1. tunnistaa sulautettujen järjestelmien eri mikroprosessorityypit ja tyypillisimmät oheispiirit, 2. kuvata sulautetun järjestelmän ja siihen liitettyjen oheiskomponenttien toiminnan, 3. ohjelmoida ja testata sovellusohjelmia sulautetuille järjestelmille C-kielellä.

**Sisältö:**

Mikroprosessorin arkkitehtuuri, käskykanta ja toiminta, mikro-ohjaimet, muistipiirit ja oheiskomponentit, järjestelmäsuunnittelu, ohjelmointi ja sovelluskehitys, sovellutus esimerkkejä.

**Suoritustavat:**

Luentoja 14 h, harjoituksia 14 h, 3. periodi. Luentoja 14 h, harjoituksia 14 h, 4. periodi. Harjoitustyöt 97 h. Tentti 3 h.

Kokonaismitoitus 156 h.

**Kuulustelujärjestyksen mukainen tentti (Kyllä/Ei):**

Kyllä

**Moodle-tentti (Kyllä/Ei):**

Ei

**Exam-tentti (Kyllä/Ei):**

Ei

**Arviointi:**

0-5. 50 % tentti ja 50 % harjoitustyöt. Molemmat on suoritettava hyväksytysti.

**Oppimateriaalit:**

Vahid/Givargis: Embedded System Design - A Unified Hardware/Software Introduction. Luentokalvot.

**Esitietovaatimukset:**

Ohjelmoinnin perusteet C-kielillä.

**Vaihto-opiskelijoille paikkoja? (Kyllä,paikkamäärä/Ei):**

max 5

**Paikkoja avoimen yliopiston opiskelijoille? (Kyllä, paikkamäärä/Ei):**

max 15

**BL40A2010: Introduction to IoT-Based Systems, 4 op**

**Voimassaolo:** 01.01.2018 -

**Opiskelumuoto:** Yleisopinnot

**Laji:** Opintojakso

**Vastuuyksikkö:** LUT School of Energy Systems (23B2)

**Arvostelu:** Opintojaksot 0-5,H,P

**Joka toinen lukuvuosi luennoitava (Kyllä, seuraava luennointilukuvuosi/Jätä tyhjäksi):**

Yes

**Suoritusvuosi:**

M.Sc. (Tech.) 1

**Periodi:**

1

**Opetuskieli:**

English

**Vastuopettaja(t):**

Pedro Nardelli, D.Sc. (Tech.), Assistant professor (tenure track)

**Tavoitteet:**

After the course, the student will be able to: (1) define information and communication, (2) differentiate the physical and symbolic realities, (3) work with the concept of structure of awareness, (4) characterize the internet of things (IoT) and cyber-physical systems, (5) model and analyze systems as constituted by physical, information and decision-making layers.

**Sisältö:**

Introduction. Basic concepts of probability and random variables. Definition of information and communication. Introduction to networks and their different topologies. The structure of awareness. Basics of queuing theory. Basics of game theory. Three-layer model of IoT-based systems. Problems with communication and information processing. Applications in cloud-based services and system platforms.

**Suoritustavat:**

Lectures 14 h (7 x 2h) and tutorials using Jupyter notebooks (7 x 2h) 14h. Weekly homework 14 h. Final work 32 h. Independent studies 30 h.  
Total workload 104 h.

**Kuulustelujärjestyksen mukainen tentti (Kyllä/Ei):**

No

**Moodle-tentti (Kyllä/Ei):**

No

**Exam-tentti (Kyllä/Ei):**

No

**Arviointi:**

Scale: 0-5;

Grade = Weekly assignments 50% + Final work 50%.

**Oppimateriaalit:**

Lecture notes and other material in Moodle.

**Esitietovaatimukset:**

Basic mathematical and programming skills.

**Osallistujamäärää rajoitettu? (Kyllä, lukumäärä, prioriteetit/Jätä tyhjäksi):**

Target students: Engineering, economics, business and computer science students who desire to learn more about the role of information networks in the system dynamics.

**Vaihto-opiskelijoille paikkoja? (Kyllä,paikkamäärä/Ei):**

15-

**Paikkoja avoimen yliopiston opiskelijoille? (Kyllä, paikkamäärä/Ei):**

15-

**BL40A2301: Energy Efficiency, 6 op****Voimassaolo:** 01.08.2013 -**Opiskelumuoto:** Yleisopinnot**Laji:** Opintojakso**Vastuuyksikkö:** LUT School of Energy Systems (23B2)**Arvostelu:** Opintojaksot 0-5,H,P**Opettajat:** Lasse Laurila, Tero Ahonen, Jero Ahola, Antti Kosonen, Tero Kaipia**Huom:**

The course is suitable for distance learning.

**Suoritusvuosi:**

M.Sc. (Tech.) 1

**Periodi:**

4

**Opetuskieli:**

English

**Vastuuopettaja(t):**

Professor, D.Sc (Tech.) Jero Ahola

**Tavoitteet:**

Upon completion of the course the student will be able to: 1. determine actions for the energy efficiency of the energy conversion process, 2. estimate the overall energy efficiency of the energy conversion system, 3. identify applications of electric energy usage and apply methods that can be used to improve the energy efficiency.

**Sisältö:**

The course provides the student with an introduction to the significance and development potential of energy efficiency in energy production, transmission, distribution and end use. The focus is on electric energy and systems approach. The lecture topics are the efficiency of

energy production processes, the efficiency of electricity transmission and distribution and the efficiency of energy end use. The course is arranged as a series of lectures delivered by experts. The lecture topics may vary from year to year.

**Suoritustavat:**

Lectures 12 h, individual home works 141 h, examination 3 h. The course is suitable for distance learning. Total workload 156 h.

**Soveltuvuus jatko-opintoihin (Kyllä/Jätä tyhjäksi):**

Yes

**Kuulustelujärjestyksen mukainen tentti (Kyllä/Ei):**

No

**Moodle-tentti (Kyllä/Ei):**

Yes

**Exam-tentti (Kyllä/Ei):**

No

**Arviointi:**

0-5, examination 100%. In addition, 70 % of individual assignments have to be passed. It is also possible to receive additional points to the exam based on the individual assignments.

**Oppimateriaalit:**

Lecture material in Moodle.

**Vaihto-opiskelijoille paikkoja? (Kyllä,paikkamäärä/Ei):**

15-

**Paikkoja avoimen yliopiston opiskelijoille? (Kyllä, paikkamäärä/Ei):**

max 15

**BL40A2700: System Engineering Project Work, 6 op**

**Voimassaolo:** 01.08.2013 -

**Opiskelumuoto:** Yleisopinnot

**Laji:** Opintojakso

**Vastuuyksikkö:** LUT School of Energy Systems (23B2)

**Arvostelu:** Opintojaksot 0-5,H,P

**Opettajat:** Olli Pyrhönen, Tuomo Lindh, Jan-Henri Montonen, Jero Ahola

**Suoritusvuosi:**

M.Sc. (Tech.) 2

**Periodi:**

1-2

**Opetuskieli:**

English

**Vastuuopettaja(t):**

Associate professor. D.Sc. (Tech.) Tuomo Lindh, professor, D.Sc. (Tech.) Olli Pyrhönen, professor, D.Sc. (Tech.) Jero Ahola

**Tavoitteet:**

Upon completion of the course the student is prepared to work in a R&D team as a system engineer. The student is able to manage the project scheduling and project roles, and share responsibilities among group members. The student can produce a technical documentation.

**Sisältö:**

The students will analyse and design a selected electrical energy conversion system in the field of industrial electrical drives, renewable energy conversion or motion control system. The topics are linked to an on-going research project or industrial co-operation in the above-mentioned fields. The project work includes several partly alternative system engineering tasks, such as project planning, preliminary system design, dynamic modelling and simulation, component dimensioning, electrical dimensioning, control design, automation design, control software design and project documentation. The tasks are project dependent and will be defined in the project plan.

Introduction to a system engineering approach in technical projects. Project documentation, different tasks in project work, project planning and implementation, example projects, execution of system engineering tasks, project documentation and presentation. The main result of the project work is technical project documentation including an overall description and the results of agreed system engineering tasks.

**Suoritustavat:**

Introductory lecture, independent group working (3-5 students in one group), individual tasks within the group work, project group meetings with supervisors, writing project documentation, project presentation and demonstration. The project work topics will be defined in detail at the beginning of the course.

Total workload 156 h.

**Kuulustelujärjestyksen mukainen tentti (Kyllä/Ei):**

No

**Moodle-tentti (Kyllä/Ei):**

No

**Exam-tentti (Kyllä/Ei):**

No

**Arviointi:**

0-5, Project work that includes management of the project, system design, problem solving, designs, documentation and presentation.

Also the project phases from setting the goals to the design, implementation and utilization are graded.

**Oppimateriaalit:**

Project related material.

Jürg Kuster, Eugen Huber, Robert Lippmann, Alphons Schmid, Emil Schneider, Urs Witschi, Roger Wüst. Project Management Handbook, ISBN 978-3-662-45373-5.

**Esitietovaatimukset:**

A majority of the M.Sc. (El. Eng.) studies should be completed before participation.

**Vaihto-opiskelijoille paikkoja? (Kyllä,paikkamäärä/Ei):**

No

**Paikkoja avoimen yliopiston opiskelijoille? (Kyllä, paikkamäärä/Ei):**

This course has 1-5 places for open university students. More information on the web site for open university instructions.

**BL40A2810: Automation, 6 op**

**Voimassaolo:** 01.08.2017 -

**Opiskelumuoto:** Yleisopinnot

**Laji:** Opintojakso

**Vastuuyksikkö:** LUT School of Energy Systems (23B2)

**Arvostelu:** Opintojaksot 0-5,H,P

**Opettajat:** Jan-Henri Montonen, Tuomo Lindh

**Suoritusvuosi:**

M.Sc. (Tech.) 1

**Periodi:**

1-2

**Opetuskieli:**

English

**Vastuopettaja(t):**

Associate professor, D.Sc. (Tech.) Tuomo Lindh

**Tavoitteet:**

Upon completion of the course the student will be able to: 1. apply automation and digital control theory to practical implementations, 2. use the analog and digital communication techniques applied to automation, 3. apply fieldbuses, 4. formulate a dynamic system model of motor drives 5. Simulate servo motor driven mechatronic systems, 6. construct controllers and models of dynamic systems using IEC61131-3 and C programming languages, 7. select a proper controller structure, 8. work in a group solving automation and control problems.

**Sisältö:**

IEC61131-3 programming languages, Feedback devices, Automation hardware and software. Fieldbuses. Basics of servo drive dynamics, Utilizing Simulink models in PLC systems. C/C++ languages in PLC systems. HMI, OPC, IoT in automation. Introduction to safety in automation.

**Suoritustavat:**

Lectures 14 h, exercises 14 h, 1st period.

Lectures 14 h, exercises 14 h, 2nd period.

Independent study: project work 35 h, laboratory exercises 21h

preparation for examination 40 h, examination at Moodle 4 h.

Total workload 156 h.

**Kuulustelujärjestyksen mukainen tentti (Kyllä/Ei):**

No

**Moodle-tentti (Kyllä/Ei):**

Yes

**Exam-tentti (Kyllä/Ei):**

No

**Arviointi:**

0-5, examination 40 %. Project work 60%.

**Oppimateriaalit:**

Presentation slides at Moodle.

Karl-Heinz John, Michael Tiegelkamp. IEC 61131-3: Programming Industrial Automation Systems. e-ISBN 978-3-642-12015-2.

**Esitietovaatimukset:**

Basics of programming.

**Vaihto-opiskelijoille paikkoja? (Kyllä, paikkamäärä/Ei):**

Yes, 10.

**Paikkoja avoimen yliopiston opiskelijoille? (Kyllä, paikkamäärä/Ei):**

This course has 1-10 places for open university students. More information on the web site for open university instructions.

**BL10A8000: DI- tutkinnon työharjoittelu, 2 - 10 op**

**Voimassaolo:** 01.08.2012 -

**Opiskelumuoto:** Harjoittelu

**Laji:** Työharjoittelu

**Vastuuyksikkö:** LUT School of Energy Systems (23B2)

**Arvostelu:** Opintojaksot 0-5,H,P

**Opettajat:** Simo Hammo

**Huom:**

Tällä opintojaksolla voidaan antaa myös suoritukset ainejärjestössä, killassa tai ylioppilaskunnan hallituksessa toimimisesta 3-6 op (1-2 vuoden työskentely). Kirjallinen raportti, arviointi hyväksytty /hylätty.

**Suoritusvuosi:**

DI 1-2

**Periodi:**

1-4

**Opetuskieli:**

Suomi ja englanti

**Vastuuopettaja(t):**

laboratorioinsinööri, TkL Simo Hammo

**Tavoitteet:**

Opiskelijalla on perustuntemus jostakin oman alan työstä, työympäristöstä ja työyhteisöstä. Hän osaa soveltaa jo hankittuja tietoja ja taitoja johonkin oman alansa työhön.

**Sisältö:**

Opiskelija hakeutuu yritykseen (kesä)toihin, työskentelee siellä työntekijänä palkallisessa työsuhteessa, pyytää työstä työtodistuksen ja hyväksyttää työn DI-tutkinnon harjoitteluksi. Harjoitteluun hyväksyttävien työsuhteiden kesto on vähintään 4 viikkoa kokoaikaisessa työsuhteessa. Diplomityön tekemistä ei hyväksytä harjoitteluksi. Harjoittelun tarkastajan harkinnan mukaan harjoitteluksi voidaan hyväksyä myös ennen opintojen alkamista tehty työ, jota ei ole hyväksytty opiskelijan aiempiin tutkintoihin.

**Suoritustavat:**

Ensimmäiset 2 opintopistettä: työn hakua ja rekrytointia 10 h, työsuhteen aloittamiseen liittyviä tehtäviä (esim. perehdytys, työsuhteen ja työpaikan pelisäännöt) 15 h, työyhteisön toimintojen havainnointia työnteon ohessa (esim. töiden/tuotannon organisointitavat, johtaminen, työyhteisön/tiimien työskentelytavat, työpaikan sosiaalinen toiminta) 22 h, kirjallinen harjoitteluraportti 5 h (laajuus 2-3 sivua), yhteensä 52 h. Opintopisteet 3-10: yrityksen työtehtävissä työskentelyä 26-208 h (1 op/26 h). Tutkinnon pakollisen harjoittelun määrä on 2 op. Max. 8 op työharjoittelua voi sisällyttää valinnaisiin opintoihin. Kandidaatin ja DI-tutkintoihin voi yhteensä sisällyttää enintään 12 op työharjoittelua. Lisätietoja opinto-oppaan tutkintorakennesuudesta. Kokonaismoitus 52-260 h.

**Kuulustelujärjestyksen mukainen tentti (Kyllä/Ei):**

Ei

**Moodle-tentti (Kyllä/Ei):**

Ei

**Exam-tentti (Kyllä/Ei):**

Ei

**Arviointi:**

Hyväksytty-hylätty, harjoitteluraportti 100 %.

**Oppimateriaalit:**

Ohjeet ja lomakkeet: <https://uni.lut.fi/fi/lomakkeet>

**Vaihto-opiskelijoille paikkoja? (Kyllä,paikkamäärä/Ei):**

Ei



**Paikkoja avoimen yliopiston opiskelijoille? (Kyllä, paikkamäärä/Ei):**

Ei

## **SaSyvA: Automaatiotekniikan syventymisopinnot, 56 - 61 op**

**Voimassaolo:** 01.08.2018 -

**Opiskelumuoto:** Syventävät opinnot

**Laji:** Kokonaisuus

**Vastuuyksikkö:** LUT School of Energy Systems (23B2)

**Arvostelu:** Opintojaksot 0-5,H,P

*Valitse 2 moduulia syventymisopintoihin.*

### **SaDDPC: Data Processing & Communication, 16 op**

**Voimassaolo:** 01.08.2018 -

**Opiskelumuoto:** Syventävät opinnot

**Laji:** Kokonaisuus

**Vastuuyksikkö:** LUT School of Energy Systems (23B2)

**Arvostelu:** Opintojaksot 0-5,H,P

*Syventymisopintojen vaihtoehtoinen moduuli.*

### **BL40A0810: Digital Signal Processing II, 4 op**

**Voimassaolo:** 01.08.2017 -

**Opiskelumuoto:** Yleisopinnot

**Laji:** Opintojakso

**Vastuuyksikkö:** LUT School of Engineering Science (23B3)

**Arvostelu:** Opintojaksot 0-5,H,P

**Opettajat:** Antti Kosonen, Tuomo Lindh

**Suoritusvuosi:**

M.Sc. (Tech.) 1

**Periodi:**

3-4

**Opetuskieli:**

English

**Vastuuopettaja(t):**

Associate Professor, D.Sc. Antti Kosonen

**Tavoitteet:**

Upon completion of the course the student will be able to: 1. describe the practical implementation of digital filters, 2. describe the finite word length effects on the frequency response and operation of a filter, 3. in order to minimize these effects, transform the direct-form implementations into a more beneficial format with respect to the finite word length effects and do the required scaling, 4. describe the representations of fixed and floating point numbers, 5. design FIR and IIR filters with the ready-made software and describe the basics of design methods, 6. know applications of optimal and adaptive filters, 7. implement median filters.

**Sisältö:**

The finite word length effects and elimination of these effects. Alternative structures for discrete-time systems and their programming implementation. Computer-aided design of digital filters. Decimation and interpolation. Median filters. Optimal and adaptive filters.

**Suoritustavat:**

14 h of lectures and 14 h of tutorials, 1st period. 14 h of lectures, 14 h of tutorials, 30 h of assignment with seminar, 2nd period. Written examination. Independent study 18 h. Total workload 104 h.

**Soveltuvuus jatko-opintoihin (Kyllä/Jätä tyhjäksi):**

Yes

**Kuulustelujärjestyksen mukainen tentti (Kyllä/Ei):**

Yes

**Moodle-tentti (Kyllä/Ei):**

No

**Exam-tentti (Kyllä/Ei):**

No

**Arviointi:**

Examination 60%, assignment 40%.

**Oppimateriaalit:**

Proakis, J.G. and Manolakis, D.G.: Digital Signal Processing, Principles, Algorithms, and Applications. Lecture slides.

Luukko, J.: Digitaalinen suodatus (luentomoniste)

**Esitietovaatimukset:**

BL40A0401 Signaalien digitaalinen käsittely I (Digital Signal Processing I) or corresponding knowledge.

**Vaihto-opiskelijoille paikkoja? (Kyllä, paikkamäärä/Ei):**

max 10

**Paikkoja avoimen yliopiston opiskelijoille? (Kyllä, paikkamäärä/Ei):**

max 15

**BL40A2020: Wireless Communication Systems, 4 op**

**Voimassaolo:** 01.01.2018 -

**Opiskelumuoto:** Yleisopinnot

**Laji:** Opintojakso

**Vastuuyksikkö:** LUT School of Energy Systems (23B2)

**Arvostelu:** Opintojaksot 0-5, H, P

**Suoritusvuosi:**

M.Sc. (Tech.) 1

**Periodi:**

2

**Opetuskieli:**

English

**Vastuuopettaja(t):**

Pedro Nardelli, D.Sc. (Tech.), Assistant professor (tenure track)

**Tavoitteet:**

This course introduces the fundamental theories used in communication engineering. The students will be able to design/analyze simple wireless communication systems, including physical layer for analog and digital transmission (e.g. bandwidth, channel modeling, modulation, demodulation, bit-error rate, channel capacity, etc.).

**Sisältö:**

(1) Review of signals and systems;(2) Analog modulation; (3) Digital modulation; (4) Review of probability theory and stochastic processes; (5) Demodulation; (6) Basics of information theory.

**Suoritustavat:**

Lectures 14 h (7 x 2h) and tutorials using Jupyter notebooks (7 x 2h) 14h. Weekly homework 28 h. Final work 10 h. Independent studies 38 h. Total workload 104 h.

**Kuulustelujärjestyksen mukainen tentti (Kyllä/Ei):**

No

**Moodle-tentti (Kyllä/Ei):**

No

**Exam-tentti (Kyllä/Ei):**

No

**Arviointi:**

Scale: 0-5;

Grade = Weekly assignments 70% + Final work 30%.

**Oppimateriaalit:**

The course mainly follows the textbook [1]. Additional lecture notes and other materials are provided in Moodle.

[1] Madhow, Upamanyu. Introduction to Communication Systems. Cambridge University Press, 2014. (textbook).

Preliminary version available at: [http://www.ece.ucsb.edu/wcsl/Publications/intro\\_comm\\_systems\\_madhow\\_jan2014b.pdf](http://www.ece.ucsb.edu/wcsl/Publications/intro_comm_systems_madhow_jan2014b.pdf)

**Esitietovaatimukset:**

Signals and systems, probability theory and basic programming skills. Introduction to IoT-based systems, analog and digital signal processing and/or computer networks are desirable (but not mandatory).

**Vaihto-opiskelijoille paikkoja? (Kyllä, paikkamäärä/Ei):**

15-

**Paikkoja avoimen yliopiston opiskelijoille? (Kyllä, paikkamäärä/Ei):**

15-

**BL40A2030: Wireless Communication Networks, 4 op**

**Voimassaolo:** 01.01.2018 -

**Opiskelumuoto:** Yleisopinnot

**Laji:** Opintojakso

**Vastuuyksikkö:** LUT School of Energy Systems (23B2)

**Arvostelu:** Opintojaksot 0-5,H,P

**Suoritusvuosi:**

M.Sc. (Tech.) 1

**Periodi:**

3

**Opetuskieli:**

English

**Vastuopettaja(t):**

Pedro Nardelli, D.Sc. (Tech.), Assistant professor (tenure track)

**Tavoitteet:**

After this course, the students will be able to design/analyze wireless communication networks. This includes queuing theory, models of wireless networks (regular grids, random), medium access control, error control, and performance analysis.

**Sisältö:**

(1) Introduction to communication networks; (2) Review of probability theory and stochastic processes; (3) Fundamentals of queuing theory; (4) Models of wireless networks; (5) Medium access control; (6) Error control techniques; (7) Performance analysis of wireless networks.

**Suoritustavat:**

Lectures 14 h (7 x 2h) and tutorials using Jupyter notebooks (7 x 2h) 14 h. Weekly homework 14 h. Final work 24 h. Independent studies 38 h. Total workload 104 h.

**Kuulustelujärjestyksen mukainen tentti (Kyllä/Ei):**

No

**Moodle-tentti (Kyllä/Ei):**

No

**Exam-tentti (Kyllä/Ei):**

No

**Arviointi:**

Scale: 0-5;

Grade = Weekly assignments 60% + Final work 40%.

**Oppimateriaalit:**

[1] Bertsekas, D. P., and Gallager, R.G., 1987. Data networks (2nd Edition). Prentice-hall. Available at: <http://web.mit.edu/dimitrib/www/datanets.html>

[2] Marsic, Ivan. Computer networks: Performance and quality of service. Rutgers University. 2013. Available at: [http://www.ece.rutgers.edu/~marsic/books/CN/book-CN\\_marsic.pdf](http://www.ece.rutgers.edu/~marsic/books/CN/book-CN_marsic.pdf)

**Esitietovaatimukset:**

Probability theory and basic programming skills. Introduction to IoT-based systems and/or computer networks are desirable (but not mandatory).

**Osallistujamäärää rajoitettu? (Kyllä, lukumäärä, prioriteetit/Jätä tyhjäksi):**

Target students: Electrical engineering

**Vaihto-opiskelijoille paikkoja? (Kyllä, paikkamäärä/Ei):**

15-

**Paikkoja avoimen yliopiston opiskelijoille? (Kyllä, paikkamäärä/Ei):**

15-

**BL40A2040: Enabling Energy Internet via Machine-type Communications, 4 op****Voimassaolo:** 01.01.2018 -**Opiskelumuoto:** Yleisopinnot**Laji:** Opintojakso**Vastuuyksikkö:** LUT School of Energy Systems (23B2)**Arvostelu:** Opintojaksot 0-5, H, P

**Suoritusvuosi:**

M.Sc. (Tech.) 1

**Periodi:**

4

**Opetuskieli:**

English

**Vastuopettaja(t):**

Pedro Nardelli, D.Sc. (Tech.), Assistant professor (tenure track)

**Tavoitteet:**

After the course, the student will be able to: (1) define what is Energy Internet and how the technological advances in machine-type communications (MTC) are enabling its development, (2) model human- and machine-type of traffic, (3) differentiate operation modes of the Internet of Things (IoT), namely Ultra-reliable Low-latency Communications (URLLC) and massive Machine-type Communications (mMTC) in addition to the broadband communications, and (4) propose possible ways to manage the energy system based on packetized energy together with the required IoT /MTC solutions.

**Sisältö:**

(1) Introduction to IoT-based systems, (2) Basics of machine-type communications, (3) Applications and modes of operation (mMTC, URLLC and broadband), (4) Energy Internet: Packetized management of the energy system, (5) IoT-enabled energy internet via MTC: Examples, (6) Cloud-based services and system platform for energy internet via MTC, (7) Student presentations about different standards.

**Suoritustavat:**

Lectures 14 h (7 x 2h) and tutorials/student presentations (7 x 2h) 14 h. Weekly homework 14 h. Final work 24 h. Independent studies 38 h. Total workload 104 h.

**Soveltuvuus jatko-opintoihin (Kyllä/Jätä tyhjäksi):**

Yes

**Jatko-opintojakso, jolle ilmoittaudutaan WebOodissa (Kyllä/Jätä tyhjäksi):**

Yes

**Kuulustelujärjestyksen mukainen tentti (Kyllä/Ei):**

No

**Moodle-tentti (Kyllä/Ei):**

No

**Exam-tentti (Kyllä/Ei):**

No

**Arviointi:**

Scale: 0-5;

Grade = Weekly assignments 30% + Presentation 30% + Final work 40%.

**Oppimateriaalit:**

Lecture notes and other material in Moodle.

**Esitietovaatimukset:**

Basic knowledge of signal processing, communications, networking and information theories is desirable. Recommended: Introduction to IoT-based systems, Wireless Communication Systems and Wireless Communication Networks.

**Vaihto-opiskelijoille paikkoja? (Kyllä, paikkamäärä/Ei):**

15-

**Paikkoja avoimen yliopiston opiskelijoille? (Kyllä, paikkamäärä/Ei):**

15-

**SaDST: Säättötekniikka, 15 op****Voimassaolo:** 01.08.2018 -**Opiskelumuoto:** Syventävät opinnot**Laji:** Kokonaisuus**Vastuuyksikkö:** LUT School of Energy Systems (23B2)**Arvostelu:** Opintojaksot 0-5,H,P*Syventymisopinnojen vaihtoehtoinen moduuli.***BL40A0501: Digitaalisäädön perusteet, 4 op****Voimassaolo:** 01.08.2009 -**Opiskelumuoto:** Yleisopinnot**Laji:** Opintojakso**Vastuuyksikkö:** LUT School of Energy Systems (23B2)**Arvostelu:** Opintojaksot 0-5,H,P**Opettajat:** Jan-Henri Montonen, Tuomo Lindh**Suoritusvuosi:**

TkK 3

**Periodi:**

3-4

**Opetuskieli:**

Suomi

**Vastuupettaja(t):**

tutkijaopettaja, TkT Tuomo Lindh

**Tavoitteet:**

Opintojakson suoritettuaan opiskelija osaa: 1. muodostaa järjestelmän systeemyhtälöt ja analysoida järjestelmän käyttäytymistä niiden perusteella, 2. diskretoida tilayhtälö- ja siirtofunktio- ja malleja ja selittää napojen kuvautumisen diskreetoitaessa, 3. analysoida diskreetin järjestelmän ominaisuuksia ja tarkastella niiden stabiiliutta ja käyttäytymistä Bode-diagrammin, Nyquistin diagrammin ja juuriuran avulla, 4. suunnitella jatkuva-aikaisen säätäjän annettujen spesifikaatioiden perusteella ja muuttaa sen diskreetiksi sopivaa approksimaatiota käyttäen, 5. muuttaa spesifikaatiot diskreettiaikaiseksi ja suunnitella suoraan diskreettiaikaisen säätimen, 6. ohjelmoida digitaalisen säätimen ja järjestelmän mallin.

**Sisältö:**

Näytteenoton perusteet, diskreetin mallinnuksen perusteet, diskreetti siirtofunktio, aikajatkua ja diskreetti tilamalli. Tilayhtälötekniikan perusteet. Digitaalisten säätöpiirien analyysimenetelmät, diskreetti taajuusvaste, diskreetin systeemin stabiilius. Digitaaliset perussäätöalgoritmit ja niiden virittäminen. Digitaalisen säädön toteutusnäkökohtia.

**Suoritustavat:**

Luentoja 14 h, harjoituksia 14 h, 3. periodi. Luentoja 14 h, mikroharjoituksia 14 h, harjoitustyö, 4. periodi. Tentti.

Kokonaismitoitus 104 h.

**Kuulustelujärjestyksen mukainen tentti (Kyllä/Ei):**

Kyllä

**Moodle-tentti (Kyllä/Ei):**

Ei

**Exam-tentti (Kyllä/Ei):**

Ei

**Arviointi:**

0–5, tentti 100 %. Hyväksytysti suoritettu harjoitustyö.

**Oppimateriaalit:**

Esityskalvot ja Matlab-koodit Moodlessa.

Lisäksi suositellaan jotain seuraavista kirjoista:

Ioan D. Landau and Gianluca Zito, Digital Control Systems, Design, Identification and Implementation.

Åström, Wittenmark, Computer Controlled Systems.

Franklin, Powell, Workman, Digital Control of Dynamic Systems.

Kuo, Digital Control Systems, 2nd edition.

**Esitietovaatimukset:**

BL40A0200 Sääntötekniikan perusteet A.

**Vaihto-opiskelijoille paikkoja? (Kyllä,paikkamäärä/Ei):**

Ei

**Paikkoja avoimen yliopiston opiskelijoille? (Kyllä, paikkamäärä/Ei):**

Opintojaksolla on 1-5 opiskelupaikkaa avoimen yliopiston opiskelijalle. Lisätietoja avoimen yliopiston www-sivuilta.

**BL40A1202: Digital Control Design, 6 op**

**Voimassaolo:** 01.08.2017 -

**Opiskelumuoto:** Yleisopinnot

**Laji:** Opintojakso

**Vastuuyksikkö:** LUT School of Energy Systems (23B2)

**Arvostelu:** Opintojaksot 0-5,H,P

**Opettajat:** Olli Pyrhönen, Rafal Jastrzebski, Pasi Peltoniemi

**Suoritusvuosi:**

M.Sc. (Tech.) 1

**Periodi:**

1-2

**Opetuskieli:**

Suomi ja englanti

**Vastuopettaja(t):**

Professor Olli Pyrhönen

**Tavoitteet:**

Upon completion of the course students are able to design and implement a digital control system for industrial application independently. The necessary skills are dynamic plant modeling, system design, control synthesis, system simulation and digital controller implementation in an industrial control platform.

**Sisältö:**

The teaching approach on this course is practical control design and implementation for different applications. The first half of the course introduces design of advanced control methods for different application. The application topics may change yearly. The following topics are included, plant modelling, different state-space and transfer functions algorithms for SISO and MIMO systems, digital controller synthesis, system simulation, controller programming and testing. In

the second half of the course every student will design, program and test a controller using an industrial controller platform and a laboratory equipments.

**Suoritustavat:**

28 h interactive lectures in computer class room, 1. period, 14 h control system development project tutorial lectures in computer class room, laboratory working 6 h, exam 3 h, independent studies.

Total workload 156 h.

**Soveltuvuus jatko-opintoihin (Kyllä/Jätä tyhjäksi):**

Kyllä

**Kuulustelujärjestyksen mukainen tentti (Kyllä/Ei):**

Ei

**Moodle-tentti (Kyllä/Ei):**

Kyllä

**Exam-tentti (Kyllä/Ei):**

Ei

**Arviointi:**

Examination 60%, control system design project 40%.

**Oppimateriaalit:**

Lecture script and handout, more detailed material in the text books:

Franklin G.F., Powell J.D., Workman M.L., Digital Control of Dynamic Systems, Addison-Wesley, 1998,

Kuo B., Digital Control Systems, 2nd ed., Oxford University Press, 1992,

Åström K.J., Wittenmark B., Computer Controlled Systems, 3rd ed., Prentice Hall, 1997, 557 p.

**Esitietovaatimukset:**

BL40A0200 Sääntötekniikan perusteet A or BL40A0300 - Sääntötekniikan perusteet B

BL40A0501 - Digitaalisäädön perusteet

**Vaihto-opiskelijoille paikkoja? (Kyllä,paikkamäärä/Ei):**

max 10

**Paikkoja avoimen yliopiston opiskelijoille? (Kyllä, paikkamäärä/Ei):**

Ei

**BL40A2820: Motion Control and System Identification, 5 op**

**Voimassaolo:** 01.01.2018 -

**Opiskelumuoto:** Yleisopinnot

**Laji:** Opintojakso

**Vastuuyksikkö:** LUT School of Energy Systems (23B2)

**Arvostelu:** Opintojaksot 0-5,H,P

**Suoritusvuosi:**

M.Sc. (Tech.) 2

**Periodi:**

3-4

**Opetuskieli:**

English

**Vastuuopettaja(t):**

Associate professor, D.Sc. (Tech.) Tuomo Lindh

**Tavoitteet:**



Upon completion of the course a student will be able to:

1. apply automation and digital control theory to control of mechatronic systems,
2. apply dynamics in order to model motor driven mechanics ,
3. simulate mechatronic systems and related controlled motor drives,
4. use PLC technology and fieldbuses in mechatronics,
5. use PLCOpen motion control libraries.
6. In addition, the student construct programs for trajectory tracking and controllers for position control,
7. construct observers and understand the principles of self-tuning controllers,
8. construct dynamical system models based on tests and measurements, (select model structure and use system identification tools (Matlab and Simulink) and construct a real-time system for gathering SI and parameter estimation data and
9. work in a group solving motion control problems.

**Sisältö:**

Basics of dynamics related to rigid and flexible servo axis models, transfer function and state-space models of servo axes, lumped models, interconnections of mechanics models, Co-simulation of electric drives and mechanics, Motion control and controllers. System identification (linear model structures: AR, ARMA, ARX,ARMAX, Box-Jenkins, OE) and parameter estimation. Excitation signals and their implementations in discrete real time. (Basics of recursive identification and self tuning controllers.)

**Suoritustavat:**

21 hours of lectures, 3rd and 4th period. Weekly home works, assignment 4th period. Written examination.

Total workload 130 h.

**Soveltuvuus jatko-opintoihin (Kyllä/Jätä tyhjäksi):**

Yes

**Jatko-opintojakso, jolle ilmoittaudutaan WebOodissa (Kyllä/Jätä tyhjäksi):**

Yes

**Kuulustelujärjestyksen mukainen tentti (Kyllä/Ei):**

No

**Moodle-tentti (Kyllä/Ei):**

Yes

**Exam-tentti (Kyllä/Ei):**

No

**Arviointi:**

0-5. Written examination (40%), assignment (60%). Additionally, accepted weekly homework.

**Oppimateriaalit:**

Lecture material in Moodle.

Additionally, the following books to the appropriate extent:

Ioan D. Landau and Gianluca Zito, Digital Control Systems, Design, Identification and Implementation.

Bobal, V., Digital Self-tuning Controllers: Algorithms, Implementation and Applications.

**Esitietovaatimukset:**

Basics of digital control and automation.

**Vaihto-opiskelijoille paikkoja? (Kyllä,paikkamäärä/Ei):**

No

**Paikkoja avoimen yliopiston opiskelijoille? (Kyllä, paikkamäärä/Ei):**

No

**Voimassaolo:** 01.08.2018 -

**Opiskelumuoto:** Syventävät opinnot

**Laji:** Kokonaisuus

**Vastuuyksikkö:** LUT School of Energy Systems (23B2)

**Arvostelu:** Opintojaksot 0-5,H,P

*Syventymisopinnojen vaihtoehtoinen moduuli.*

### **BL40A1601: Embedded System Design, 6 op**

**Voimassaolo:** 01.08.2013 -

**Opiskelumuoto:** Yleisopinnot

**Laji:** Opintojakso

**Vastuuyksikkö:** LUT School of Energy Systems (23B2)

**Arvostelu:** Opintojaksot 0-5,H,P

**Opettajat:** Jero Ahola, Juhamatti Korhonen

**Suoritusvuosi:**

M.Sc. (Tech.) 1

**Periodi:**

3-4

**Opetuskieli:**

English

**Vastuuopettaja(t):**

D.Sc. (Tech.) Juhamatti Korhonen

**Tavoitteet:**

Upon completion of the course the student will be able to program with VHDL hardware design language and design and implement digital systems by using programmable logic circuits.

**Sisältö:**

Circuit design of digital electronics with programmable logic circuits. Principles of digital circuit design, system level synthesis, hardware design languages.

**Suoritustavat:**

Lectures 14 h, exercises, 14 h, 3rd period. Lectures 14 h, exercises, 14 h, assignment, 4th period. Examination.

Total workload 156 h.

**Kuulustelujärjestyksen mukainen tentti (Kyllä/Ei):**

Yes

**Moodle-tentti (Kyllä/Ei):**

No

**Exam-tentti (Kyllä/Ei):**

No

**Arviointi:**

0-5, examination 25 %, assignment 1 25 %, assignment 2 50 %.

**Oppimateriaalit:**

To be announced in class.

**Esitietovaatimukset:**

Basics of digital design and digital electronics, basics of programming.

**Vaihto-opiskelijoille paikkoja? (Kyllä,paikkamäärä/Ei):**

Yes, 15

**Paikkoja avoimen yliopiston opiskelijoille? (Kyllä, paikkamäärä/Ei):**

Max. 15

### **BL40A1101: Embedded System Programming, 5 op**

**Voimassaolo:** 01.08.2017 -

**Opiskelumuoto:** Yleisopinnot

**Laji:** Opintojakso

**Vastuuyksikkö:** LUT School of Energy Systems (23B2)

**Arvostelu:** Opintojaksot 0-5,H,P

**Opettajat:** Teemu Sillanpää, Jouni Vuojolainen, Tuomo Lindh

**Suoritusvuosi:**

M.Sc. (Tech.) 1

**Periodi:**

1-2

**Opetuskieli:**

English

**Vastuuopettaja(t):**

Associate professor, D.Sc. (Tech.) Tuomo Lindh

**Tavoitteet:**

Upon completion of the course the student will be able to: 1. apply C language and its structures to embedded system programming, 2. form complex data types such as structures, unions and buffers and use these in order to maintain information of different entities (e.g. processing units), 3. control the registers of a micro controller using C-language, 4. use different PUs of a micro controller, 5. Take into use a real time operation system.

**Sisältö:**

Design tools, C-language in embedded system programming, utilization of a micro controller environment (registers, timers, buses, A/D conversion etc.). Typical data structures, typical program structures in real-time applications.

**Suoritustavat:**

14 h of lectures, 14 h of tutorials, 1st period. 14 h of lectures, 14 h of tutorials, 2nd period. Assignment. Written examination. Total workload 130 h.

**Kuulustelujärjestyksen mukainen tentti (Kyllä/Ei):**

Yes

**Moodle-tentti (Kyllä/Ei):**

No

**Exam-tentti (Kyllä/Ei):**

No

**Arviointi:**

0-5, assignment 1 50 %, examination 50 %.

**Oppimateriaalit:**

Wolf, W.: Computers as components: principles of embedded computing system design. Lecture notes.

**Esitietovaatimukset:**

Basics of C language.

**Vaihto-opiskelijoille paikkoja? (Kyllä,paikkamäärä/Ei):**

No

**Paikkoja avoimen yliopiston opiskelijoille? (Kyllä, paikkamäärä/Ei):**

This course has 1-5 places for open university students. More information on the web site for open university instructions.

*Pakollinen opinnäytetyö.*

**BL10A2001: Diplomityö, 30 op**

**Voimassaolo:** 01.08.2015 -

**Opiskelumuoto:** Yleisopinnot

**Laji:** Lopputyö

**Vastuuyksikkö:** LUT School of Energy Systems (23B2)

**Arvostelu:** Opintojaksot 0-5,H,P

**Opettajat:** Katja Hynynen

**Suoritusvuosi:**

DI 2

**Periodi:**

1-4

**Opetuskieli:**

Suomi

**Vastuupettaja(t):**

TkT Katja Hynynen

**Tavoitteet:**

Opintojakson suoritettuaan opiskelija osaa: 1. asettaa tutkimusongelman, 2. valita tutkimusongelmaan sopivat tutkimusmenetelmät, 3. etsiä tutkimukseen sopivia lähteitä ja arvioida lähteiden kelvollisuutta ja niissä esitetyn tiedon laatua ja luotettavuutta, 4. käyttää ja tulkita löytämiään lähteitä oikein, 5. raportoida työstään kirjallisesti tieteellisen työn periaatteiden mukaisesti sähköalan käytännöt huomioon ottaen.

**Sisältö:**

Tieteellisen työn perusteet. Hyvä tieteellinen työskentelytapa tutkimusongelman asettamisessa, tutkimusmetodien valinnassa ja tieteellisessä raportoinnissa sähköalan käytännöt huomioon ottaen. Tieteellisen tiedon soveltaminen ongelmanratkaisussa. Informaatiolukutaito. Tieteellinen raportointi. Tiedonhaku. Oikeakielisuus. Diplomityön tekeminen.

**Suoritustavat:**

Diplomityö 780 h.

**Kuulustelujärjestyksen mukainen tentti (Kyllä/Ei):**

Ei

**Moodle-tentti (Kyllä/Ei):**

Ei

**Exam-tentti (Kyllä/Ei):**

Ei

**Arviointi:**

0-5, diplomityö 100 %.

**Oppimateriaalit:**

Opintomateriaali Moodlessa. Uni-portaalin koulutusohjelmakohtaiset diplomityöohjeet.

**Esitietovaatimukset:**

Tekniikan kandidaatin tutkinto (ei koske suoraan DI-tutkinto-ohjelmaan hyväksytyjä opiskelijoita).

**Vaihto-opiskelijoille paikkoja? (Kyllä,paikkamäärä/Ei):**

Ei

**Paikkoja avoimen yliopiston opiskelijoille? (Kyllä, paikkamäärä/Ei):**

Ei

## Tutkintorakenteisiin kuulumattomien opintokokonaisuuksien ja -jaksojen kuvaukset

### SaDsähkö: Sähkötekniikka, 20 op

**Voimassaolo:** 01.08.2015 -

**Opiskelumuoto:** Sivuaineopinnot

**Laji:** Kokonaisuus

**Vastuuyksikkö:** LUT School of Energy Systems (23B2)

**Arvostelu:** Opintojaksot 0-5,H,P

**Tavoitteet:**

Sähkötekniikan sivuopinnot (SaDsähkö) on tarkoitettu sähkötekniikan DI-opiskelijoille.

**Sähköverkot**

Opiskelija osaa suunnitella sähkönjakeluverkkoja ja johtaa sähköverkkoliiketoiminnan kehittämistä, sisältäen sähkötekniikan suunnittelun, suojauksen suunnittelun, verkkojen teknis-taloudellisen mitoituksen sekä sähköverkkoliiketoiminnan strategisen suunnittelun ottaen huomioon sähköverkkoihin liittyvän regulaation rajoitteet ja mahdollisuudet. Lisäksi opiskelija osaa hyödyntää alan tuoreinta tutkimustietoa ja tunnistaa keskeiset teknisen ja sähkömarkkinakehityksen vaikutukset sähköenergiajärjestelmässä.

**Electricity Market**

Opiskelija osaa selittää sähkö- ja päästöoikeusmarkkinoiden toiminnan pääpiirteet ja pystyy soveltamaan näitä tietoja ja taitoja sähkömarkkinoiden operatiivisessa toiminnassa. Lisäksi opiskelija osaa hyödyntää alan tuoreinta tutkimustietoa ja tunnistaa keskeiset teknisen ja sähkömarkkinakehityksen vaikutukset sähköenergiajärjestelmässä. Sähkömarkkinoiden opintojen rinnalle sopivat esim. sähköverkkoyhtiöiden ja uusiutuvan energian ja energiatehokkuuden opinnot sekä kauppatieteen ja/tai tuotantotalouden kurssit ja sivuainepaketit.

**Electrical Drives**

Opiskelija hallitsee sähkökäyttöjen järjestelmäkokonaisuuksia (sis. mm. taajuudenmuuttaja, sähkömoottori tai -generaattori ja mekaaninen kuorma). Opiskelija ymmärtää pyörivien sähkökoneiden vektorisäätömenetelmiä ja osaa suunnitella taajuudenmuuttajan ohjaus- ja säätöalgoritmeja sekä sovellustason ohjelmia. Opiskelija osaa mallintaa eri sähkökoneiden toimintaa sekä käyttää sähkömekaanisten järjestelmien ja sen osien simulointityökaluja. Lisäksi opiskelija osaa mitoittaa ja valita sovelluskohteeseen sopivat sähkökäytön komponentit.

**Power Electronics**

Opiskelija osaa kuvata keskeisimpien tasa- ja vaihtosuuntaajien sekä hakkuriteholähteiden toiminta- ja ohjausperiaatteet. Opiskelija osaa myös suunnitella tehoelektronikan päävirtapiiriratkaisuja eri sovelluskohteisiin ja mitoittaa laitteiden jäähdytyksen. Lisäksi opiskelija osaa suunnitella sähkömagneettisia komponentteja sekä tunnistaa keskeiset häviömekanismit ja häiriölähteet.

**Design of Electrical Machines**

Opiskelija osaa suunnitella ja käyttää sähkökoneita sekä kehittää sähkökäyttöjen järjestelmäkokonaisuuksia (sis. mm. taajuudenmuuttaja, sähkömoottori tai -generaattori ja mekaaninen kuorma). Opiskelija osaa mallintaa

ja simuloida sähkömoottorikäyttöjä sekä soveltaa numeerisen kenttäratkaisun työkaluja. Opiskelija osaa suunnitella taajuudenmuuttajan sovellustason ohjelmia. Lisäksi opiskelija osaa perusteet taajuusmuuttajien ohjaus- ja säätöalgoritmien kehittämiseksi.

### **Electric Conversion Systems**

Opiskelija tuntee erilaisten tehoelektronikkapohjaisten sähköenergianmuuntojärjestelmien keskeisimmät toimintaperiaatteet, komponenttitekniikan ja säätöperiaatteet. Opiskelija osaa suunnitella perustopologian sekä valita ja mitoittaa komponentit erilaisiin sähköenergian muuntosovelluksiin. Opinnoissa perehdytään erityisesti teollisuuskäyttöihin, laivasähköjärjestelmiin, sähköisten kulkuneuvojen tehojärjestelmiin sekä smart-grid ja tuuli- ja aurinkovoimalateknologiaan.

### **Solar Economy**

Opiskelija osaa kuvata uusiutuvan energiantuotannon laitetekniikkaa sekä tunnistaa uusiutuvan energiantuotannon projekteihin ja talouteen liittyviä kysymyksiä. Tämän lisäksi opiskelija osaa kuvata ja selittää uusiutuvan energian muuntoprosesseja sekä kykenee luotettavaan investointi- ja systeemisuunnitteluun.

### **Control and Automation**

Opiskelija osaa laatia säätösovelluksille vaatimusmäärittelyt sekä suunnitella, toteuttaa ja testata vaatimukset täyttävän säätöjärjestelmän myös osana laajempaa tuotekehitysprojektia. Opiskelija osaa muodostaa järjestelmälle ja sen komponenteille dynaamisen mallin ja simuloida sitä. Opiskelija osaa suunnitella digitaalisia säätöalgoritmeja ja mittaussignaalin digitaalisen suodatuksen. Opiskelija on perehtynyt automaation laite- ja järjestelmätekniikkaan ja osaa valita säätöjärjestelmään soveltuvat järjestelmäkomponentit ja tiedonsiirtoratkaisut. Opiskelija osaa toteuttaa säätöjärjestelmän ohjelmallisesti automaatiolaitteessa tai sulautetussa ohjauselektronikassa. Sovellustarkasteluissa painotetaan erityisesti sähkökäyttöihin ja tehoelektronikkaan liittyviä suunnittelutehtäviä.

### **Embedded Systems**

Opiskelija osaa suunnitella ja toteuttaa sulautettuja järjestelmiä hyödyntäen yleisimpiä ohjelmointi- ja kuvauskieliä. Lisäksi opiskelijalla on valmiudet työskennellä osana tuotekehitysprojektia, jossa laitteiston tai palvelun toteutus perustuu sulautetun järjestelmän, eli esimerkiksi mikrokontrollerin, ohjausalgoritmeihin. Opintojen pääpaino on sulautettujen järjestelmien ohjelmoinnissa sekä digitaalisten suodattimien suunnittelussa.

### **Elektroniikan komponentit**

Opiskelija osaa hyödyntää keskeisimpiä elektroniikkasuunnittelun työkaluja ja käyttää elektroniikan perusmittalaitteita tuotekehitys- ja tutkimustyössä. Opiskelija osaa soveltaa elektroniikan komponentteja elektronisen laitteen suunnittelussa ja hyödyntää alan uusinta tutkimustietoa.

### **Elektroniikan tuotesuunnittelu**

Opiskelijalla on keskeiset tiedot ja taidot elektroniikkasuunnitteluprojektin läpiviemiseksi. Hän osaa hyödyntää keskeisimpiä elektroniikkasuunnittelun työkaluja ja käyttää elektroniikan perusmittalaitteita tuotekehitys- ja tutkimusprojekteissa. Opinnot suoritetaan pääasiassa projektimuotoisesti.

### **Microelectronics**

Opiskelija osaa kuvata puolijohdekomponenttien rakennetta, toimintaa ja fysiikkaa. Lisäksi opiskelija osaa mallintaa integroitujen piirien komponenttien toimintaa simulointiohjelmistolla. Opiskelija osaa myös kuvata mikroelektronikan valmistuksen vaiheet ja menetelmät sekä hyödyntää alan uusinta tutkimustietoa.

*Valitse sivuopintokokonaisuuteen yksi moduuli ja täydennä sitä tarvittaessa 20 op laajuuteen muiden moduulien opintojaksolla. Choose one of the elective specialisation modules. If the size of the elective module is less than 20 cr., the remaining credits are selected from the other modules.*

## **SaDsä: Sähköverkot, 23 - 28 op**

**Voimassaolo:** 01.08.2014 -

**Opiskelumuoto:** Pääaineopinnot

**Laji:** Kokonaisuus

**Vastuuyksikkö:** LUT School of Energy Systems (23B2)

**Arvostelu:** Opintojaksot 0-5,H,P

*Valinnainen moduuli 23 op*

**BL20A1600: Smart Grids, 5 op**

**Voimassaolo:** 01.08.2016 -

**Opiskelumuoto:** Yleisopinnot

**Laji:** Opintojakso

**Vastuuyksikkö:** LUT School of Energy Systems (23B2)

**Arvostelu:** Opintojaksot 0-5,H,P

**Opettajat:** Samuli Honkapuro, Jarmo Partanen, Jukka Lassila, Tero Kaipia

**Huom:**

The course is suitable for distance learning.

**Suoritusvuosi:**

M.Sc. (Tech.) 1-2

**Periodi:**

3-4

**Opetuskieli:**

English

**Vastuuopettaja(t):**

Associate Professor, D.Sc. Samuli Honkapuro

**Tavoitteet:**

Upon completion of the course the student will be able to 1. Label the key elements and functionalities of the smart grid system 2. Analyze the impacts of the smart grid elements on electricity distribution system and electricity markets 3. Document and present orally the results of the seminar work 4. Provide both written and oral peer review.

**Sisältö:**

Smart grid concept, demand side management, energy storages, distributed generation, microgrids, communications in smart grids. In addition, annually changing topical subjects.

**Suoritustavat:**

Lectures 14 h, Moodle quizzes 7 h in 3rd period. Independent seminar work 100 h. Presentation of the seminar work 2 h, peer review of a written seminar work 5 h and working as an opponent in seminar 2 h in 4th period. Course is suitable for distance learning. Total workload 130 h.

**Soveltuvuus jatko-opintoihin (Kyllä/Jätä tyhjäksi):**

Yes

**Kuulustelujärjestyksen mukainen tentti (Kyllä/Ei):**

No

**Moodle-tentti (Kyllä/Ei):**

No

**Exam-tentti (Kyllä/Ei):**

No

**Arviointi:**

0-5. The course is evaluated based on seminar work (written and oral presentation), Moodle quizzes, and student's work as a reviewer and an opponent.

**Oppimateriaalit:**

Study materials handed out in Moodle.

**Esitietovaatimukset:**

Attending the course BL20A0500 Sähköjälkuteknikka (Electricity distribution) OR BL20A0401 Electricity Market OR BL20A0400 Sähkömarkkinat (Electricity Market)

**Vaihto-opiskelijoille paikkoja? (Kyllä,paikkamäärä/Ei):**

max 10

**Paikkoja avoimen yliopiston opiskelijoille? (Kyllä, paikkamäärä/Ei):**

max 5

**BL20A0500: Sähköjaketekniikka, 8 op****Voimassaolo:** 01.08.2007 -**Opiskelumuoto:** Yleisopinnot**Laji:** Opintojakso**Vastuuyksikkö:** LUT School of Energy Systems (23B2)**Arvostelu:** Opintojaksot 0-5,H,P**Opettajat:** Jarmo Partanen, Jukka Lassila**Huom:**

Opintojakso on mahdollista suorittaa etäopintoina.

**Suoritusvuosi:**

DI 1

**Periodi:**

2-3

**Opetuskieli:**

Suomi

**Vastuuopettaja(t):**

professori, TkT Jarmo Partanen

**Tavoitteet:**

Opintojakson suoritettuaan opiskelija osaa: 1. suorittaa sähköjaketuverkkoihin liittyvät tekniset ja taloudelliset laskentatehtävät, jännitteet, virrat, häviöt, vikavirrat, luotettavuus, häviö-, investointi-, keskeytys- ja ylläpitokustannukset, 2. laatia sähköjaketuverkkojen pitkän aikavälin strategisia kehityssuunnitelmia, 3. mitoittaa sähköjaketuverkon teknistaloudellisesti, 4. selittää sähköjaketuverkkojen käyttötoiminnan tavoitteet ja periaatteet, 5. hyödyntää sähköjaketuautomatation sovelluksia käyttötoiminnassa ja suunnitella sähköjaketuverkkojen oiko- ja maasulkusuojauksen. 6. ymmärtää Smart Grid konseptin vaikutukset sähköjaketuverkkoliiketoimintaan.

**Sisältö:**

Sähköjaketujärjestelmän kehittäminen, jaketuverkon käyttötoiminta, suojaus ja automaatio, verkko-yhtiön tietöjärjestelmät, Smart Grids, teollisuusverkot.

**Suoritustavat:**

Henkilökohtainen haastattelu. Luentoja 42 h, harjoituksia 28 h, 2.-3. periodi. Harjoitustyö 60 h. Tentti 3 h (kuulustelu-järjestyksen mukainen tentti TAI erikseen sovittava etätenttimahdollisuus). Itsenäinen työskentely 75 h. Luennolla ohjataan aihepiiriin keskeisiin oppimistavoitteisiin. Opintojakson menestyksellä suorittaminen edellyttää aktiivista itsenäistä työskentelyä. Opintojakso on mahdollista suorittaa etäopintoina. Kokonaismoitus 208 h.

**Soveltuvuus jatko-opintoihin (Kyllä/Jätä tyhjäksi):**

Kyllä

**Kuulustelu-järjestyksen mukainen tentti (Kyllä/Ei):**

Kyllä

**Moodle-tentti (Kyllä/Ei):**

Ei



**Exam-tentti (Kyllä/Ei):**

Ei

**Arviointi:**

0–5, tentti 100 %. Suoritusvaatimuksena hyväksytty harjoitustyö, josta voi saada lisäpisteitä tenttiarvosteluun.

**Oppimateriaalit:**

Lakervi, Partanen: Sähkönjakelutekniikka (Otatieto Moniste 609).

Luentomateriaali ja luentovideot Moodlessa

**Esitietovaatimukset:**

BL20A0700 Sähköverkkotekniikan peruskurssi, BL20A0600 Sähkönsiirtotekniikka ja BL20A0400 Sähkömarkkinat kuunneltuna.

**Vaihto-opiskelijoille paikkoja? (Kyllä,paikkamäärä/Ei):**

Ei

**Paikkoja avoimen yliopiston opiskelijoille? (Kyllä, paikkamäärä/Ei):**

max 5

**BL20A0600: Sähkönsiirtotekniikka, 5 op**

**Voimassaolo:** 01.08.2007 -

**Opiskelumuoto:** Yleisopinnot

**Laji:** Opintojakso

**Vastuuyksikkö:** LUT School of Energy Systems (23B2)

**Arvostelu:** Opintojaksot 0-5,H,P

**Opettajat:** Jarmo Partanen, Jouni Haapaniemi

**Huom:**

Opintojakso on mahdollista suorittaa etäopiskeluna.

**Suoritusvuosi:**

DI 1

**Periodi:**

2

**Opetuskieli:**

Suomi

**Vastuopettaja(t):**

professori, TkT Jarmo Partanen

**Tavoitteet:**

Opintojakson suoritettuaan opiskelija osaa: 1. kuvata sähkövoimajärjestelmän toimintaperiaatteet, 2. selittää ja määritellä sähkövoimajärjestelmän taajuuden ja jännitteen säädön periaatteet Nordel-järjestelmän erityisominaisuudet mukaan lukien, 3. laskea silmukoidun sähkönsiirtoverkkojen tehonjaon ja vikavirrat, 4. laskea yksittäisen generaattorin staattisen ja transienttistabiilisuuden, 5. selittää tasasähkövoimansiirron perustekniikat ja sovelluskohteet, 6. esittää silmukoidun sähkönsiirtoverkon vikavirtasuojauksen toteutusperiaatteet.

**Sisältö:**

Sähkönsiirtojärjestelmän kuvaus. Taajuuden ja jännitteen säätö. Tehonjakojen, vikavirtojen ja stabiiliuden laskeminen silmukoidussa verkossa. Tasasähkövoimansiirto. Relesuojaus.

**Suoritustavat:**

Luentoja 28 h, harjoituksia 28 h, kotitehtävät, 2. periodi. Tentti 3 (kuulustelujärjestyksen mukainen tentti TAI erikseen sovittava etätenttimahdollisuus), itsenäinen työskentely 71 h. Luennolla

ohjataan aihepiirin keskeisiin oppimistavoitteisiin. Opintojakson menestyksekkäs suorittaminen edellyttää aktiivista itsenäistä työskentelyä. Opintojakso on mahdollista suorittaa etäopiskeluna. Kokonaismitoitus 130 h.

**Kuulustelujärjestyksen mukainen tentti (Kyllä/Ei):**

Kyllä

**Moodle-tentti (Kyllä/Ei):**

Ei

**Exam-tentti (Kyllä/Ei):**

Ei

**Arviointi:**

0-5, tentti 100 %.

**Oppimateriaalit:**

Mörsky: Voimalaitosten yhteiskäytön tekniikka (Otatieto Moniste 549).

Mörsky: Relesuojaustekniikka. (Otatieto, moniste 540).

Elovaara, Haarla: Sähköverkot I ja II. (Otatieto, 2011, ISBN 978-951-672-360-3)

Kothari, Nagrath: Modern Power System Analysis. (Tata McGraw-Hill, 2003, ISBN 0-07-049489-4).

Luentokalvot ja -videointi Moodlessa.

**Esitietovaatimukset:**

BL30A0000 Sähköiset piirit ja BL20A0700 Sähköverkkotekniikan peruskurssi suoritettuna.

**Vaihto-opiskelijoille paikkoja? (Kyllä,paikkamäärä/Ei):**

Ei

**Paikkoja avoimen yliopiston opiskelijoille? (Kyllä, paikkamäärä/Ei):**

max 5

**BL20A1001: Sähköverkkojen suojaus, 5 op**

**Voimassaolo:** 01.08.2013 -

**Opiskelumuoto:** Yleisopinnot

**Laji:** Opintojakso

**Vastuuyksikkö:** LUT School of Energy Systems (23B2)

**Arvostelu:** Opintojaksot 0-5,H,P

**Opettajat:** Tero Kaipia, Jukka Lassila, Janne Karppanen

**Huom:**

Luennoidaan joka toinen vuosi, seuraavan kerran lukuvuonna 2019-20.

**Joka toinen lukuvuosi luennoitava (Kyllä, seuraava luennointilukuvuosi/Jätä tyhjäksi):**

Kyllä, 2020 kevät

**Suoritusvuosi:**

DI 1-2

**Periodi:**

4

**Opetuskieli:**

Suomi

**Vastuopettaja(t):**

Tutkijaopettaja, TkT Jukka Lassila

**Tavoitteet:**

Opintojakson suoritettuaan opiskelija osaa: 1. arvioida sähköverkon suojaamiseen käytettävien reletyyppien ominaisuudet sekä suojauksen suunnittelun keskeisimmät kriteerit, 2. suunnitella sähkönjakeluverkon oikosulku- ja maasulkusuojauksen sekä siirtoverkon distanssirelesuojauksen, 3. listata hajautetun tuotannon vaikutukset verkkojen suojaukseen ja ottaa huomioon ne suunnittelutyössä, 4. luetella erilaisten verkkojen keskeisimmät erot suojauksen kannalta, 5. tunnistaa mittamuuntajien ja katkaisijoiden relesuojauksen kannalta tärkeimmät ominaisuudet ja tehdä näiden perusmitoituksen, 6. laskea eristysrakenteen sähkölujuuden ja kuvata siihen vaikuttavat tekijät, 7. tunnistaa sähkölujuuden asettamat reunaehdot suojaussuunnitteluun sekä 8. valita ylijännitesuojat.

**Sisältö:**

Sähköverkkojen suojauksen periaatteet ja suojauksessa käytettävä releteknikka. Erilaiset suojareleet, ylivirtareleet, distanssireleet, differentiaalireleet, valokaarisuojaus, ylijännitesuojaus. Eristyskoordinaatio. Johtojen ja muuntajien suojaus. Suojauksen suunnittelu.

**Suoritustavat:**

Luentoja 21 h, harjoituksia 14 h, 3. periodi. Tentti. Luennolla ohjataan aihepiirin keskeisiin oppimistavoitteisiin. Opintojakson menestyksekkäs suorittaminen edellyttää aktiivista itsenäistä työskentelyä. Kokonaismitoitus 130 h.

**Soveltuvuus jatko-opintoihin (Kyllä/Jätä tyhjäksi):**

Kyllä

**Kuulustelujärjestyksen mukainen tentti (Kyllä/Ei):**

Kyllä

**Moodle-tentti (Kyllä/Ei):**

Ei

**Exam-tentti (Kyllä/Ei):**

Ei

**Arviointi:**

0 - 5, tentti 100%.

**Oppimateriaalit:**

Elovaara, Haarla: Sähköverkot II (Otatieto),  
Mörsky: Relesuojaustekniikka (Otatieto, moniste 540) ja luennoilla jaettava materiaali.  
Aro,  
Martti et al.: Suurjännitetekniikka. Otatieto Oy, 2003.

**Esitietovaatimukset:**

BL20A0700 Sähköverkkotekniikan peruskurssi suoritettuna, BL20A0500 Sähkönjakeluteknikka ja BL20A0600 Sähkönsiirtotekniikka kuunneltuna.

**Vaihto-opiskelijoille paikkoja? (Kyllä,paikkamäärä/Ei):**

Ei

**Paikkoja avoimen yliopiston opiskelijoille? (Kyllä, paikkamäärä/Ei):**

max 15

**SaDEK: Elektroniikan komponentit, 21 - 24 op**

**Voimassaolo:** 01.08.2014 -

**Opiskelumuoto:** Pääaineopinnot

**Laji:** Kokonaisuus

**Vastuuyksikkö:** LUT School of Energy Systems (23B2)

**Arvostelu:** Opintojaksot 0-5,H,P

**BL50A1300: Advanced Course in Electronics, 6 op****Voimassaolo:** 01.08.2008 -**Opiskelumuoto:** Yleisopinnot**Laji:** Opintojakso**Vastuuyksikkö:** LUT School of Energy Systems (23B2)**Arvostelu:** Opintojaksot 0-5,H,P**Opettajat:** Pertti Silventoinen, Jero Ahola**Suoritusvuosi:**

M.Sc. (Tech.) 1

**Periodi:**

3-4

**Opetuskieli:**

English

**Vastuopettaja(t):**

Professor, D.Sc. (Tech.) Pertti Silventoinen

**Tavoitteet:**

The student prepares a seminar presentation on a new topic in electronics. Upon completion of the course the student will be able to demonstrate in-depth knowledge of a new topic in electronics.

**Sisältö:**

The course contents are subject related and will be specified during the introductory lectures.

**Suoritustavat:**

2 h of introductory lectures, 12 h of seminar presentations, 3rd period. 12 h of seminar presentations, 4th period. No written examination. Independent work 130 h. Total workload 156 h.

**Soveltuvuus jatko-opintoihin (Kyllä/Jätä tyhjäksi):**

Yes

**Jatko-opintojakso, jolle ilmoittaudutaan WebOodissa (Kyllä/Jätä tyhjäksi):**

Yes

**Kuulustelujärjestyksen mukainen tentti (Kyllä/Ei):**

No

**Moodle-tentti (Kyllä/Ei):**

No

**Exam-tentti (Kyllä/Ei):**

No

**Arviointi:**

0-5, seminar presentation. Peer review. 100 %.

**Oppimateriaalit:**

The material will be specified in the introductory lecture.

**Vaihto-opiskelijoille paikkoja? (Kyllä,paikkamäärä/Ei):**

No

**Paikkoja avoimen yliopiston opiskelijoille? (Kyllä, paikkamäärä/Ei):**

max 5

**BL50A1400: Analogiaelektroniikka, 6 op****Voimassaolo:** 01.08.2008 -**Opiskelumuoto:** Yleisopinnot**Laji:** Opintojakso**Vastuuyksikkö:** LUT School of Energy Systems (23B2)**Arvostelu:** Opintojaksot 0-5,H,P**Opettajat:** Pertti Silventoinen, Heikki Järvisalo**Suoritusvuosi:**

DI 1

**Periodi:**

1-2

**Opetuskieli:**

Suomi

**Vastuupettaja(t):**professori, TkT Pertti Silventoinen  
nuorempi tutkija, DI Heikki Järvisalo**Tavoitteet:**

Opintojakson suoritettuaan opiskelija osaa: 1. nimetä analogiaelektroniikan keskeisimmät puolijohdekomponentit ja kuvata niiden toimintaperiaatteet, 2. mitoittaa transistorivahvistimien biasointikytkennän, 3. soveltaa piensignaalmalleja transistorivahvistimien analyysiin sekä moniasteisten vahvistimien vahvistuksen laskemiseen, 4. tunnistaa operaatiovahvistimen keskeisimmät epäideaalisuudet ja niiden vaikutukset vahvistinsuunnittelussa.

**Sisältö:**

Elektroniikan peruskomponentit, diodit, transistorit, integroidut piirit. Differentiaali-, operaatio- ja instrumentointivahvistimet. Moniasteiset vahvistimet ja takaisinkytkennät. Tehovahvistimet. Oskillaattorit. Analogiset erikoispiirit.

**Suoritustavat:**

Luentoja 12 h, harjoituksia 12 h, 1. periodi. Harjoituksia 12 h, laboratoriotyöskentely 8 h, harjoitustyö 12 h, 2. periodi. Harjoitustyö 1-2. periodi. Itsenäisen työn osuus 97 h. Tentti 3 h. Kokonaismoitus 156 h.

**Kuulustelujärjestyksen mukainen tentti (Kyllä/Ei):**

Kyllä

**Moodle-tentti (Kyllä/Ei):**

Ei

**Exam-tentti (Kyllä/Ei):**

Ei

**Arviointi:**

0-5, tentti (50 %), harjoitustyöt (25 %) ja laskuharjoitukset (25 %).

**Oppimateriaalit:**

Luentokalvot  
Electronic Devices, Thomas L. Floyd  
Microelectronics, Jacob Millman  
Microelectronic circuits, Sedra & Smith

**Esitietovaatimukset:**

Suositellaan BL50A0100 Analogiatekniikka.

**Vaihto-opiskelijoille paikkoja? (Kyllä,paikkamäärä/Ei):**

Ei

**Paikkoja avoimen yliopiston opiskelijoille? (Kyllä, paikkamäärä/Ei):**

max 5

### **BL50A1600: Elektroniikan laboratoriotyöt 2, 3 - 6 op**

**Voimassaolo:** 01.08.2013 -

**Opiskelumuoto:** Yleisopinnot

**Laji:** Opintojakso

**Vastuuyksikkö:** LUT School of Energy Systems (23B2)

**Arvostelu:** Opintojaksot 0-5,H,P

**Opettajat:** Tommi Kärkkäinen

**Suoritusvuosi:**

DI 1-2

**Periodi:**

1-4

**Opetuskieli:**

Suomi

**Vastuupettaja(t):**

Tutkijatohtori, TKT Tommi Kärkkäinen

**Tavoitteet:**

Opintojakson suoritettuaan opiskelija osaa: 1. soveltaa muiden opintojaksojen teoretietoa käytännön elektroniikkasuunnittelussa, ongelmaratkaisussa ja prototyypirakentamisessa, 2. käyttää yleismittareita, oskilloskooppeja, signaaligeneraattoreita, teholähteitä ja muita opetuslaboratoriomme mittalaitteita, 3. analysoida kytkentöjen toimintaa mittauksien perusteella, 4. tuottaa teknistieteellisen raportin suunnittelutöistä, mitoituksista ja mittauksista, 5. toimia tiimin jäsenenä elektroniikkaprojektissa ja kantaa vastuunsa projektin onnistumisesta.

**Sisältö:**

Elektroniikan laboratoriotyöskentely ja prototyypitestausta, mittalaitteiden käyttö. Elektroniikkasuunnittelun perusteet, elektroniikan testaussuunnittelu, vianhaku, käsinjuottaminen, elektroniikkapiirien simulointi, projektityöskentely ja projektinhallinta.

**Suoritustavat:**

Elektroniikan laiteprojektin määrittely, toteutus ja dokumentointi. Elektroniikkasuunnittelua, laboratoriotyöskentelyä ja raportointeja, 1.–4. periodi. Henkilökohtaiset tehtävät 16 h, projektityöskentely 62-138 h. Kokonaismitoitus 78-156 h.

**Kuulustelujärjestyksen mukainen tentti (Kyllä/Ei):**

Ei

**Moodle-tentti (Kyllä/Ei):**

Ei

**Exam-tentti (Kyllä/Ei):**

Ei

**Arviointi:**

1–5. Perustuu projektissa tuotettuun dokumentaatioon ja projektin onnistumiseen 80 %, ja henkilökohtaisiin tehtäviin 20 %.

**Oppimateriaalit:**

Verkkomateriaali Moodlessa, opintojaksolla ilmoitettava materiaali.

**Esitietovaatimukset:**

BL50A0502 Elektroniiikan laboratoriotyöt 1.

**Vaihto-opiskelijoille paikkoja? (Kyllä,paikkamäärä/Ei):**

Ei

**Paikkoja avoimen yliopiston opiskelijoille? (Kyllä, paikkamäärä/Ei):**

max 5

**Yritystoimeksiannon kuvaus ja määräaika:**

Laboratoriokurssilla toteutetaan pieniä, yksinkertaisia elektroniikan laitesuunnitteluprojekteja. Opiskelijat tekevät toteutettavalle laitteelle vaatimusmäärittelyn, rakentavat laitteesta prototyypin ja testaavat ja toteavat prototyypin toimivuuden.

Toimeksiantojen deadline 31.8. Kurssin yhteyshenkilö: Tommi Kärkkäinen, tommi.karkkainen@lut.fi, +358 40 148 8341

**BM30A0601: Optoelectronics, 6 op**

**Voimassaolo:** 01.08.2009 -

**Opiskelumuoto:** Yleisopinnot

**Laji:** Opintojakso

**Vastuuyksikkö:** LUT School of Engineering Science (23B3)

**Arvostelu:** Opintojaksot 0-5,H,P

**Opettajat:** Bernardo Barbiellini, Erkki Lähderanta, Ekaterina Soboleva

**Suoritusvuosi:**

M.Sc. (Tech.) 1

**Periodi:**

1

**Opetuskieli:**

English

**Vastuopettaja(t):**

Professor, Ph.D. Bernardo Barbiellini

Junior Researcher, M.Sc.(Tech.) Ekaterina Soboleva

**Tavoitteet:**

Students get a good understanding of the basics of optoelectronics and photonics and are able to deal with the following topics: optical data communication, construction of wave guides using total internal reflection and working principles of light emitting diodes and photodetectors.

**Sisältö:**

Wave nature of light, dielectric waveguides and optical fibers, working principals of light emitting diodes, LASERS and photovoltaic devices. Computation tasks to consolidate knowledge.

**Suoritustavat:**

Lectures 28 h, exercises 14 h, preparation for exam 114 h, 1st period. Examination.

**Soveltuvuus jatko-opintoihin (Kyllä/Jätä tyhjäksi):**

Yes

**Kuulustelujärjestyksen mukainen tentti (Kyllä/Ei):**

Yes

**Moodle-tentti (Kyllä/Ei):**

No

**Exam-tentti (Kyllä/Ei):**

No

**Arviointi:**

0-5, examination 100 %.

**Oppimateriaalit:**

Kasap, S. O.: Optoelectronics and Photonics P. Silfsten & E. Vartiainen: Optoelektronikka,

**Esitietovaatimukset:**

Basic knowledge about optics.

**Vaihto-opiskelijoille paikkoja? (Kyllä,paikkamäärä/Ei):**

max 5

**Paikkoja avoimen yliopiston opiskelijoille? (Kyllä, paikkamäärä/Ei):**

max 5

**SaDET: Elektroniikan tuotesuunnittelu, 17 - 24 op**

**Voimassaolo:** 01.08.2014 -

**Opiskelumuoto:** Pääaineopinnot

**Laji:** Kokonaisuus

**Vastuuyksikkö:** LUT School of Energy Systems (23B2)

**Arvostelu:** Opintojaksot 0-5,H,P

*Valinnainen moduuli 18-24 op.*

**BL20A0100: Terminen laitesuunnittelu, 3 op**

**Voimassaolo:** 01.08.2007 -

**Opiskelumuoto:** Yleisopinnot

**Laji:** Opintojakso

**Vastuuyksikkö:** LUT School of Energy Systems (23B2)

**Arvostelu:** Opintojaksot 0-5,H,P

**Opettajat:** Janne Nerg

**Huom:**

Opintojakso soveltuu etäopiskeluun.

**Suoritusvuosi:**

DI 1

**Periodi:**

3

**Opetuskieli:**

Suomi

**Vastuuopettaja(t):**

tutkijaopettaja, TkT Janne Nerg

**Tavoitteet:**

Opintojakson suoritettuaan opiskelija osaa 1. selittää sähkötekni- sen laitteen termisen mitoituksen periaatteet sekä 2. laskea termiseen mitoitukseen liittyviä perustehtäviä, häviöiden määrittäminen, lämmön siirto, lämpötasapainon saavuttaminen.

**Sisältö:**



Lämmönsiirtomekanismit, elektroniikkalaitteiden jäähdytysmenetelmät, lämpötilan vaikutus laitteen toimintaan. Lämpöresistanssiverkot ja niiden käyttö, laitteen käyttöympäristön ja käytön laadun vaikutus termiseen mitoitukseen. Erilaiset numeeriset ratkaisumenetelmät.

**Suoritustavat:**

Luentoja 14 h, harjoituksia 14 h, 3. periodi. Kotitehtäviä. Kurssin voi suorittaa joko viikoittaisilla kotitehtävillä (jatkuva arviointi) tai tentillä. Kotitehtävät 45 h, tenttiin valmistautuminen ja tentti 45 h. Muun itsenäisen opiskelun osuus 5 h. Kurssi soveltuu etäopiskeluun. Kokonaismoitus 78 h.

**Kuulustelujärjestyksen mukainen tentti (Kyllä/Ei):**

Kyllä

**Moodle-tentti (Kyllä/Ei):**

Ei

**Exam-tentti (Kyllä/Ei):**

Ei

**Arviointi:**

0-5, tentti 100 % tai jatkuva arviointi (kotitehtävät) 100 %.

**Oppimateriaalit:**

Luentomateriaali Moodlessa.

**Vaihto-opiskelijoille paikkoja? (Kyllä,paikkamäärä/Ei):**

Ei

**Paikkoja avoimen yliopiston opiskelijoille? (Kyllä, paikkamäärä/Ei):**

max 5

**BL50A0802: Laite- ja järjestelmäsuunnittelu, 7 op**

**Voimassaolo:** 01.08.2015 -

**Opiskelumuoto:** Yleisopinnot

**Laji:** Opintojakso

**Vastuuyksikkö:** LUT School of Energy Systems (23B2)

**Arvostelu:** Opintojaksot 0-5,H,P

**Opettajat:** Mikko Kuisma, Tommi Kärkkäinen, Pertti Silventoinen

**Suoritusvuosi:**

DI 1

**Periodi:**

1-3

**Opetuskieli:**

Suomi

**Vastuupettaja(t):**

professori, TkT Pertti Silventoinen

**Tavoitteet:**

Opintojakson suoritettuaan opiskelija osaa: 1. laatia elektroniikkalaitteen tai järjestelmän vaatimusmäärittelyt, 2. soveltaa aiemmissa opintojaksoissa hankittuja elektroniikan suunnitteluvalmiuksia prototyypisuunnitteluun, 3. tunnistaa keskeisimmät prototyypisuunnittelun ja tuotannollisen laitteen suunnittelun väliset erot ja ottaa ne huomioon laitesuunnittelussa, 4. soveltaa hankkimiaan suunnitteluvalmiuksia aina piiritasolta kokonaisuun laitteisiin ja järjestelmiin. 5. analysoida elektroniikkalaitteen teknisiä ratkaisuja ja valmistettavuutta. 6. dokumentoida ja esitellä toteuttamansa projektit

**Sisältö:**

Prototyypin suunnittelu. Tuotannollisten vaatimusten huomioiminen. Laajojen järjestelmien spesifointi, suunnittelu ja toteuttaminen. Elektroniikkaa sisältävän laitteen valmistettavuuden analysointi.

**Suoritustavat:**

Luentoja 7 h, 1. periodi. Ryhmätapaamisia 12 h 2.-3. periodit. Ryhmissä tehtävät projektityöt. Itsenäisen työn osuus noin 163 tuntia. Kokonaismitoitus 182 tuntia.

**Soveltuvuus jatko-opintoihin (Kyllä/Jätä tyhjäksi):**

Kyllä

**Kuulustelujärjestyksen mukainen tentti (Kyllä/Ei):**

Ei

**Moodle-tentti (Kyllä/Ei):**

Ei

**Exam-tentti (Kyllä/Ei):**

Ei

**Arviointi:**

0-5, Projektien toteutus ja dokumentointi, oma osuus projektissa, vertais- ja itsearviointi.

**Oppimateriaalit:**

Ohjaustapaamisissa ja luennoilla ilmoitettavat materiaalit.

**Esitietovaatimukset:**

Analogia- ja digitaalielektroniikan perusasioiden osaaminen. Kiinnostus elektronisten laitteiden suunnitteluun ja rakentamiseen. Kyky työskennellä pienryhmissä.

**Vaihto-opiskelijoille paikkoja? (Kyllä,paikkamäärä/Ei):**

Ei

**Paikkoja avoimen yliopiston opiskelijoille? (Kyllä, paikkamäärä/Ei):**

max 5

**Yritystoimeksiannon kuvaus ja määräaika:**

Kurssi pohjautuu yrityksiltä saatavien pienten laite- tai järjestelmäsuunnittelutehtävien tekemiseen. Tehtävät sisältävät tyypillisesti elektroniikkasuunnittelua, simulointia, prototyyppien rakentamista ja laiteläheistä ohjelmointia. Toimeksiannot yrityksiltä olisi hyvä saada elokuun loppuun mennessä.

**BL50A0900: Analogiasignaalin käsittely, 6 op**

**Voimassaolo:** 01.08.2007 -

**Opiskelumuoto:** Yleisopinnot

**Laji:** Opintojakso

**Vastuuyksikkö:** LUT School of Energy Systems (23B2)

**Arvostelu:** Opintojaksot 0-5,H,P

**Opettajat:** Mikko Kuisma

**Huom:**

Tämä opintojakso vaatii kykyä tehdä työtä tavoitteellisesti ja omatoimisesti, sekä itsenäisesti että osana tiimiä

**Suoritusvuosi:**

DI 1

**Periodi:**

1-3

**Opetuskieli:**

Suomi

**Vastuopettaja(t):**

tutkijaopettaja, TkT Mikko Kuisma

**Tavoitteet:**

Opintojakson suoritettuaan opiskelija osaa: 1. toteuttaa pienen elektroniikan suunnittelu- ja testausprojektin, 2. mitoittaa analogisia piiriosia, kuten modulaattori ja suodin, 3. suunnitella ja sovittaa linjaohjaimen kaapelisiirtolinjaan (< 1 GHz), 4. toimia osana suunnitteluryhmää projektimaisessa elektroniikan tuotekehityksessä.

**Sisältö:**

Signaalianalyysi analogisissa ja ana/digi-järjestelmissä. Siirtolinjateoria käytännön kaapeloinnissa, linjaohjaimen käyttö ja siirtotien päättäminen alle 1GHz sovelluksissa. Signaalin laatu. Prototyypisuunnittelu ja vianetsintä. Kurssin opetuksessa pääpaino on kurssin aihepiiriin liittyvän elektronisen järjestelmän ("Mobiilikaiutin" - liikuteltava soitin) asiakaslähtöisestä suunnittelusta ja käytännön toteutuksessa. Projektin yhteydessä harjoitellaan myös ryhmädynamiikkaa ja projektinhallintaa.

**Suoritustavat:**

Luentoja ja koutsausta 1. periodi 14 h. Projektityö - itsenäisen työn osuus 142 h. Kokonaismitoitus 156 h.

**Soveltuvuus jatko-opintoihin (Kyllä/Jätä tyhjäksi):**

Kyllä

**Kuulustelujärjestyksen mukainen tentti (Kyllä/Ei):**

Ei

**Moodle-tentti (Kyllä/Ei):**

Ei

**Exam-tentti (Kyllä/Ei):**

Ei

**Arviointi:**

0-5, Projekti ja dokumentointi, oma osuus projektissa, vertais- ja itsearviointi.

**Oppimateriaalit:**

Kurssilla ilmoitettava materiaali.

**Esitietovaatimukset:**

Suositteluaan BL50A1400 Analogiaelektroniikka.

**Vaihto-opiskelijoille paikkoja? (Kyllä,paikkamäärä/Ei):**

Ei

**Paikkoja avoimen yliopiston opiskelijoille? (Kyllä, paikkamäärä/Ei):**

max 5

**BL50A1700: Elektroniikan projekti, 2 - 8 op**

**Voimassaolo:** 01.08.2014 -

**Opiskelumuoto:** Yleisopinnot

**Laji:** Opintojakso

**Vastuuyksikkö:** LUT School of Energy Systems (23B2)

**Arvostelu:** Opintojaksot 0-5,H,P

**Opettajat:** Mikko Kuisma, Pertti Silventoinen

**Huom:**

Pääosin omatoimisesti tiimissä suoritettava projektiopintojakso henkilöille, jolla on jo aiempaa projektikokemusta.

**Suoritusvuosi:**

DI 2

**Periodi:**

1-4

**Opetuskieli:**

Suomi

**Vastuopettaja(t):**

TkT Mikko Kuisma

**Tavoitteet:**

Opintojakson suoritettuaan opiskelija osaa: 1. soveltaa käytäntöön elektroniikan kursseilla hankittua osaamistaan, 2. suunnitella elektroniikkalaitteen tai jonkin rajatun osakokonaisuuden elektroniikkalaitteesta, joka toteuttaa ennalta annetut vaatimukset, 3. työskennellä elektroniikan tuotekehitystiimissä, 4. asemoida oman tekemisensä osana tuoteprojektia, 5. kommunikoida projektiin liittyvistä seikoista muiden ryhmän jäsenten kanssa.

**Sisältö:**

Vaihtuu vuosittain projektin mukaan, mm. elektroniikkakomponenttien käytännön ominaisuudet, elektroniikkasuunnittelu ja terminen mitoitus käytännössä, sulautetun järjestelmän suunnittelu, toteutus ja ohjelmointi, häiriösuojaus, tehoelektroniikan sovellukset, laitteen suojaus.

**Suoritustavat:**

Elektroniikkalaitteeprojektin toteuttaminen ryhmässä. Itsenäisen työn osuus 52-208 h. Kokonaismitoitus 52-208 h.

**Soveltuvuus jatko-opintoihin (Kyllä/Jätä tyhjäksi):**

Kyllä

**Kuulustelujärjestyksen mukainen tentti (Kyllä/Ei):**

Ei

**Moodle-tentti (Kyllä/Ei):**

Ei

**Exam-tentti (Kyllä/Ei):**

Ei

**Arviointi:**

0-5, projektityö, vertaisarviointi ja raportit 100 %.

**Esitietovaatimukset:**

Aiempi kokemus projekteista joko työelämässä tai esimerkiksi kursseilla Projektityöskentely, Analogiasignaalin käsittely tai Laite- ja järjestelmäsuunnittelu

**Vaihto-opiskelijoille paikkoja? (Kyllä,paikkamäärä/Ei):**

Ei

**Paikkoja avoimen yliopiston opiskelijoille? (Kyllä, paikkamäärä/Ei):**

Ei

**Yritystoimeksiannon kuvaus ja määräaika:**

Kurssilla voidaan toteuttaa asiakaslähtöisesti elektroniikkaa sisältävä projekti. Tiimi kootaan tarvittaessa poikkitieteellisesti täydentämällä elektroniikan ja sähkötekniikan osaamista esimerkiksi talouden tai mekaniikan opiskelijoilla. Tyypillisesti projekteissa on toteutettu laite- ja järjestelmäsuunnittelua, elektroniikkasuunnittelua ja termistä mitoitusta, sulautetun järjestelmän suunnittelu-, toteutus- ja ohjelmointitehtäviä, IoT-järjestelmiä ja anturointeja, mittausjärjestelmiä, häiriösuojausta, tehoelektroniikan sovelluksia.

Kurssin laajuus yhdellä opiskelijalla on tyypillisesti välillä 50 - 200 h. Projekteja käynnistetään pääsääntöisesti aina syyskuun alussa, mutta toimeksiantoja voidaan ottaa tehtäväksi läpi vuoden.

etunimi.sukunimi@lut.fi 0400 866 787

### **SaDMI: Microelectronics, 20 op**

**Voimassaolo:** 01.08.2014 -

**Opiskelumuoto:** Pääaineopinnot

**Laji:** Kokonaisuus

**Vastuuyksikkö:** LUT School of Energy Systems (23B2)

**Arvostelu:** Opintojaksot 0-5,H,P

*Elective module 20 ECTS cr.*

### **BL50A1300: Advanced Course in Electronics, 6 op**

**Voimassaolo:** 01.08.2008 -

**Opiskelumuoto:** Yleisopinnot

**Laji:** Opintojakso

**Vastuuyksikkö:** LUT School of Energy Systems (23B2)

**Arvostelu:** Opintojaksot 0-5,H,P

**Opettajat:** Pertti Silventoinen, Jero Ahola

**Suoritusvuosi:**

M.Sc. (Tech.) 1

**Periodi:**

3-4

**Opetuskieli:**

English

**Vastuupettaja(t):**

Professor, D.Sc. (Tech.) Pertti Silventoinen

**Tavoitteet:**

The student prepares a seminar presentation on a new topic in electronics. Upon completion of the course the student will be able to demonstrate in-depth knowledge of a new topic in electronics.

**Sisältö:**

The course contents are subject related and will be specified during the introductory lectures.

**Suoritustavat:**

2 h of introductory lectures, 12 h of seminar presentations, 3rd period. 12 h of seminar presentations, 4th period. No written examination. Independent work 130 h. Total workload 156 h.

**Soveltuvuus jatko-opintoihin (Kyllä/Jätä tyhjäksi):**

Yes

**Jatko-opintojakso, jolle ilmoittaudutaan WebOodissa (Kyllä/Jätä tyhjäksi):**

Yes

**Kuulustelujärjestyksen mukainen tentti (Kyllä/Ei):**

No

**Moodle-tentti (Kyllä/Ei):**

No

**Exam-tentti (Kyllä/Ei):**

No

**Arviointi:**

0-5, seminar presentation. Peer review. 100 %.

**Oppimateriaalit:**

The material will be specified in the introductory lecture.

**Vaihto-opiskelijoille paikkoja? (Kyllä,paikkamäärä/Ei):**

No

**Paikkoja avoimen yliopiston opiskelijoille? (Kyllä, paikkamäärä/Ei):**

max 5

### **BM30A1600: Microelectronics, 6 op**

**Voimassaolo:** 01.08.2008 -

**Opiskelumuoto:** Yleisopinnot

**Laji:** Opintojakso

**Vastuuyksikkö:** LUT School of Engineering Science (23B3)

**Arvostelu:** Opintojaksot 0-5,H,P

**Opettajat:** Erkki Lähderanta, Ekaterina Soboleva, Bernardo Barbiellini

**Suoritusvuosi:**

M.Sc. (Tech.) 1

**Periodi:**

1

**Opetuskieli:**

English

**Vastuuopettaja(t):**

Professor, Ph.D. Bernardo Barbiellini

Junior Researcher, M.Sc.(Tech.) Ekaterina Soboleva

**Tavoitteet:**

Students get a good understanding of microelectronics basics and main integrated circuit(IC) components, students gain fluency to the most important variables and functions related to the IC components, and are able to apply their skills to analog IC design.

**Sisältö:**

Considering the basic components (PN junctions, metal-oxide-semiconductor, bipolar junction transistors, MOSFET, diodes, and amplifiers) of integrated circuit and their operation principles. Computation tasks and simulation to facilitate understanding.

**Suoritustavat:**

Lectures 28 h, exercises and tutorials 28 h, assignment 40 h, preparation for exam 60 h.

Assignment and its presentation. Written examination.

**Kuulustelujärjestyksen mukainen tentti (Kyllä/Ei):**

Yes

**Moodle-tentti (Kyllä/Ei):**

No

**Exam-tentti (Kyllä/Ei):**

No

**Arviointi:**

0-5, examination 100 %. Satisfactorily completed assignment required.

**Oppimateriaalit:**

Roger T. Howe, Charles G. Sodini: Microelectronics An Integrated Approach.

**Esitietovaatimukset:**

Recommended BL40A1711 Johdanto digitaalielektroniikkaan and BL50A1400 Analogiaelektroniikka.

**Vaihto-opiskelijoille paikkoja? (Kyllä,paikkamäärä/Ei):**

max 5

**Paikkoja avoimen yliopiston opiskelijoille? (Kyllä, paikkamäärä/Ei):**

max 5

**BM30A1701: Physics of Semiconductor Devices, 6 op****Voimassaolo:** 01.08.2013 -**Opiskelumuoto:** Yleisopinnot**Laji:** Opintojakso**Vastuuyksikkö:** LUT School of Engineering Science (23B3)**Arvostelu:** Opintojaksot 0-5,H,P**Opettajat:** Tuure Tuuva**Suoritusvuosi:**

M.Sc. (Tech.) 2

**Periodi:**

1-2

**Opetuskieli:**

English

**Vastuuopettaja(t):**

Professor, Ph.D. Tuure Tuuva

**Tavoitteet:**

Student will acquire an in-depth knowledge of semiconductor diode, CCD, MOSFET, LED and photodiode and their operation.

**Sisältö:**

Structure, operation and physics of semiconductor devices.

**Suoritustavat:**

Special assignment 102 h, seminars 28 h, 1st-2nd period. Total workload 130 h.

**Soveltuvuus jatko-opintoihin (Kyllä/Jätä tyhjäksi):**

Yes

**Kuulustelujärjestyksen mukainen tentti (Kyllä/Ei):**

No

**Moodle-tentti (Kyllä/Ei):**

No

**Exam-tentti (Kyllä/Ei):**

No

**Arviointi:**

Pass/fail, seminar presentation 100 %.

**Oppimateriaalit:**

Sze, Physics of Semiconductor Devices.

**Vaihto-opiskelijoille paikkoja? (Kyllä,paikkamäärä/Ei):**

No

**Paikkoja avoimen yliopiston opiskelijoille? (Kyllä, paikkamäärä/Ei):**

max 5

**BM30A2100: Microelectronics Processing Technology, 2 op**

**Voimassaolo:** 01.08.2009 -

**Opiskelumuoto:** Yleisopinnot

**Laji:** Opintojakso

**Vastuuyksikkö:** LUT School of Engineering Science (23B3)

**Arvostelu:** Opintojaksot 0-5,H,P

**Opettajat:** Tuure Tuuva

**Suoritusvuosi:**

M.Sc. (Tech.) 1

**Periodi:**

1-2

**Opetuskieli:**

English

**Vastuupettaja(t):**

Professor, Ph.D. Tuure Tuuva

**Tavoitteet:**

To provide the student with a basic knowledge of microelectronics processing technology and components. Oxidation, diffusion and metallization.

**Sisältö:**

Purification of semiconductor materials. Growth of semiconductor crystals and wafer preparation. Epitaxial layers, diffusion, ion implantation, oxidation, etching and photolithography. Semiconductor manufacturing and development.

**Suoritustavat:**

Special assignment 52 h.

**Kuulustelujärjestyksen mukainen tentti (Kyllä/Ei):**

No

**Moodle-tentti (Kyllä/Ei):**

No

**Exam-tentti (Kyllä/Ei):**

No

**Arviointi:**

0-5, seminar and/or written assignment 100 %.

**Oppimateriaalit:**

Plummer, J. D., Deal, M. D., Griffin, P. B., Silicon VLSI Technology: Fundamentals, Practice and Modeling.



**Vaihto-opiskelijoille paikkoja? (Kyllä,paikkamäärä/Ei):**

No

**Paikkoja avoimen yliopiston opiskelijoille? (Kyllä, paikkamäärä/Ei):**

max 5

**SaDEIMa: Electricity Market, 22 - 23 op****Voimassaolo:** 01.08.2017 -**Opiskelumuoto:** Syventävät opinnot**Laji:** Kokonaisuus**Vastuuyksikkö:** LUT School of Energy Systems (23B2)**Arvostelu:** Opintojaksot 0-5,H,P*Elective module 22-23 ECTS cr.***BL20A0201: Power Exchange Game for Electricity Markets, 3 op****Voimassaolo:** 01.08.2007 -**Opiskelumuoto:** Yleisopinnot**Laji:** Opintojakso**Vastuuyksikkö:** LUT School of Energy Systems (23B2)**Arvostelu:** Opintojaksot 0-5,H,P**Opettajat:** Nadezhda Belonogova, Samuli Honkapuro**Suoritusvuosi:**

M.Sc. (Tech.) 1

**Periodi:**

2-3

**Opetuskieli:**

English

**Vastuupettaja(t):**

M.Sc. (Tech.) Nadezda Belonogova

**Tavoitteet:**

Upon completion of the course the student will be able to: Plan electricity purchase and sale in an economically viable way, recognize the most common risk management instruments and basic mechanisms of demand response in electricity markets, and exploit financial products of the power exchange in risk management and trade electricity in day ahead and intraday markets. These skills will be practised in a power exchange game, after which the student will be able to analyse and interpret the game results.

**Sisältö:**

Electricity purchase/sale, OTC markets, physical products on the power exchange (Elspot and Elbas), financial products on the power exchange (DS Futures and Futures), risk management.

**Suoritustavat:**

Lectures 8 h, weekly game situation practice 40 h, 2nd and 3rd period. Written homework 4h, intermediate report 4h and final report 10h. Independent work 12h. The lectures focus on the key learning objectives in the topic. Successful completion of the course requires student's active independent work.

Total workload 78 h.

**Kuulustelujärjestyksen mukainen tentti (Kyllä/Ei):**

No

**Moodle-tentti (Kyllä/Ei):**

No

**Exam-tentti (Kyllä/Ei):**

No

**Arviointi:**

0-5, written report 100 %.

**Oppimateriaalit:**

Course material in Moodle.

**Esitietovaatimukset:**

BL20A0401 Electricity Market.

**Vaihto-opiskelijoille paikkoja? (Kyllä,paikkamäärä/Ei):**

max 5

**Paikkoja avoimen yliopiston opiskelijoille? (Kyllä, paikkamäärä/Ei):**

max 5

**BL20A1600: Smart Grids, 5 op****Voimassaolo:** 01.08.2016 -**Opiskelumuoto:** Yleisopinnot**Laji:** Opintojakso**Vastuuyksikkö:** LUT School of Energy Systems (23B2)**Arvostelu:** Opintojaksot 0-5,H,P**Opettajat:** Samuli Honkapuro, Jarmo Partanen, Jukka Lassila, Tero Kaipia**Huom:**

The course is suitable for distance learning.

**Suoritusvuosi:**

M.Sc. (Tech.) 1-2

**Periodi:**

3-4

**Opetuskieli:**

English

**Vastuopettaja(t):**

Associate Professor, D.Sc. Samuli Honkapuro

**Tavoitteet:**

Upon completion of the course the student will be able to 1. Label the key elements and functionalities of the smart grid system 2. Analyze the impacts of the smart grid elements on electricity distribution system and electricity markets 3. Document and present orally the results of the seminar work 4. Provide both written and oral peer review.

**Sisältö:**

Smart grid concept, demand side management, energy storages, distributed generation, microgrids, communications in smart grids. In addition, annually changing topical subjects.

**Suoritustavat:**

Lectures 14 h, Moodle quizzes 7 h in 3rd period. Independent seminar work 100 h. Presentation of the seminar work 2 h, peer review of a written seminar work 5 h and working as an opponent in seminar 2 h in 4th period. Course is suitable for distance learning. Total workload 130 h.

**Soveltuvuus jatko-opintoihin (Kyllä/Jätä tyhjäksi):**

Yes

**Kuulustelujärjestyksen mukainen tentti (Kyllä/Ei):**

No

**Moodle-tentti (Kyllä/Ei):**

No

**Exam-tentti (Kyllä/Ei):**

No

**Arviointi:**

0-5. The course is evaluated based on seminar work (written and oral presentation), Moodle quizzes, and student's work as a reviewer and an opponent.

**Oppimateriaalit:**

Study materials handed out in Moodle.

**Esitietovaatimukset:**

Attending the course BL20A0500 Sähkönjakelutekniikka (Electricity distribution) OR BL20A0401 Electricity Market OR BL20A0400 Sähkömarkkinat (Electricity Market)

**Vaihto-opiskelijoille paikkoja? (Kyllä,paikkamäärä/Ei):**

max 10

**Paikkoja avoimen yliopiston opiskelijoille? (Kyllä, paikkamäärä/Ei):**

max 5

**BH60A4400: Introduction to Sustainability, 3 op**

**Voimassaolo:** 01.08.2013 -

**Opiskelumuoto:** Yleisopinnot

**Laji:** Opintojakso

**Vastuuyksikkö:** LUT School of Energy Systems (23B2)

**Arvostelu:** Opintojaksot 0-5,H,P

**Opettajat:** Risto Soukka, Mirja Mikkilä, Virgilio Panapanaan

**Suoritusvuosi:**

M.Sc. (Tech.) 1

**Periodi:**

1

**Opetuskieli:**

English

**Vastuopettaja(t):**

Professor, D.Sc. (Tech.) Risto Soukka

**Tavoitteet:**

Upon completion of the course the students are expected to be able to:

1) explain the interaction between the environment, society and business and understand the relationships of various actors in these fields and their impacts on the society and the environment,

- 2) understand the core idea and thinking behind sustainability and its importance in order to limit or decelerate environmental damages and improve our quality of life while pursuing a more sustainable lifestyle and business within the planetary boundaries,
- 3) understand and apply practically the learned principles and concepts of sustainability in relation to current production and consumption habits,
- 4) know and be guided about the different value-adding activities and tools that promote sustainability

**Sisältö:**

The idea is to learn and understand sustainability challenges and their interconnectedness, and find out how we could move or transit towards a more sustainable world.

**Suoritustavat:**

1st period: 14 h of lectures. Independent study (approx. 64 h): assignment (group work) and seminar (approx. 26 h). Preparation for the examination and the exam (approx. 38 h). Total workload 78 h.

**Soveltuvuus jatko-opintoihin (Kyllä/Jätä tyhjäksi):**

Yes

**Kuulustelujärjestyksen mukainen tentti (Kyllä/Ei):**

No

**Moodle-tentti (Kyllä/Ei):**

Yes

**Exam-tentti (Kyllä/Ei):**

No

**Arviointi:**

0 - 5. Examination 60 %, assignment 40 %.

**Oppimateriaalit:**

Will be announced during lectures. Moodle.

**Vaihto-opiskelijoille paikkoja? (Kyllä,paikkamäärä/Ei):**

max 5

**Paikkoja avoimen yliopiston opiskelijoille? (Kyllä, paikkamäärä/Ei):**

max 5

**BH60A5700: Business and Sustainability, 6 op**

**Voimassaolo:** 01.01.2018 -

**Opiskelumuoto:** Yleisopinnot

**Laji:** Opintojakso

**Vastuuyksikkö:** LUT School of Energy Systems (23B2)

**Arvostelu:** Opintojaksot 0-5,H,P

**Huom:**

Replaces the course BH60A3001 Corporate Responsibility and Management 2.

**Suoritusvuosi:**

M.Sc. (Tech.) 1

**Periodi:**

3-4

**Opetuskieli:**

English

**Vastuuopettaja(t):**

Professor, D.Sc. (Econ. & Bus. Adm.), M.Sc. (Tech.) Lassi Linnanen  
Associate Professor, D.Sc. (Agr. & For.) Mirja Mikkilä

**Tavoitteet:**

Upon the completion of the course the student is expected to be able to:

1. analyze decision making situations related to sustainable business,
2. propose solutions to challenging business situation within sustainable business,
3. understand various sustainable business and enterprise models,
4. evaluate critically responsible corporate communication,
5. discuss and argument on various perspectives of sustainable business based on the learned issues and on-going societal debate.
6. carry out self- and peer evaluations

**Sisältö:**

Familiarization with the sustainable business models and the strategic responsibility framework of a firm. Reorganization of dimensions of responsible business. Deepening the application skills of mechanisms and tools of sustainable management. Analysis of business and financial consequences of responsibility governance. Familiarization of basics of business ethics. Communication and reporting of goals and implementation of corporate responsibility to stakeholders. Learning of corporate responsibility reporting guidelines.

**Suoritustavat:**

Lectures 6 h, 3 period. Written report on Corporate Responsibility communication and preparation of seminar presentation, groupwork approximately 30 h, written report 3 period.  
Seminar presentation 4. period. Case-assignments, group work, approximately 120 h, 3-4 period.  
The student must participate in the case-assignments.  
Total workload 156 h, of which independent work approximately 118 h.

**Soveltuvuus jatko-opintoihin (Kyllä/Jätä tyhjäksi):**

Yes

**Jatko-opintojakso, jolle ilmoittaudutaan WebOodissa (Kyllä/Jätä tyhjäksi):**

Yes

**Kuulustelujärjestyksen mukainen tentti (Kyllä/Ei):**

No

**Moodle-tentti (Kyllä/Ei):**

No

**Exam-tentti (Kyllä/Ei):**

No

**Arviointi:**

Evaluation 0 - 5. Written report 30 %, case-assignments 70 %.

**Oppimateriaalit:**

Caset: Hamschmidt, Jost (toim.): Case studies in sustainability management and strategy: the Oikos collection, 2007,  
Pirson, Michael (toim.): Case studies in social entrepreneurship: the Oikos collection, 2015,  
GRI yhteiskuntavastuun raportointiohjeisto, versiot 3.1 ja 4. Further course material will be announced during the lectures,  
Course material in Moodle

**Esitietovaatimukset:**

Sustainability transition and sustainable business (Kestävyysmuutos ja johtaminen) or Introduction to Sustainable Business  
passed or equivalent knowledge studied earlier.

**Vaihto-opiskelijoille paikkoja? (Kyllä,paikkamäärä/Ei):**

Max 5

**Paikkoja avoimen yliopiston opiskelijoille? (Kyllä, paikkamäärä/Ei):**

Max 5

*Choose Electricity Market, if you have not studied it earlier. Otherwise, choose Investointihankkeiden elinkaarilaskelmat (taught in Finnish only).*

**BL20A0401: Electricity Market, 5 op**

**Voimassaolo:** 01.08.2007 -

**Opiskelumuoto:** Yleisopinnot

**Laji:** Opintojakso

**Vastuuyksikkö:** LUT School of Energy Systems (23B2)

**Arvostelu:** Opintojaksot 0-5,H,P

**Opettajat:** Samuli Honkapuro

**Suoritusvuosi:**

M.Sc. (Tech.) 1

**Periodi:**

1

**Opetuskieli:**

English

**Vastuuopettaja(t):**

Associate Professor, D.Sc. (Tech.) Samuli Honkapuro

**Tavoitteet:**

Upon completion of the course the student will be able to: 1. describe the characteristics of the different business sectors in the Nordic electricity market, 2. explain electricity price formation, 3. explain the operation principle of the power exchange, 4. identify and describe the products of the power exchange, 5. select the right risk management method for electricity trade, 6. describe the tasks of the different parties in an electric power system in maintaining technical and commercial power balance, including demand side management.

**Sisältö:**

The restructuring of the electricity markets, power exchange, electricity trade, balance management.

**Suoritustavat:**

28 h of lectures 10 h optional Moodle quizzes 1st period. 89 h independent studies. Written examination 3 h.

Total workload 130 h

**Kuulustelujärjestyksen mukainen tentti (Kyllä/Ei):**

Yes

**Moodle-tentti (Kyllä/Ei):**

No

**Exam-tentti (Kyllä/Ei):**

No

**Arviointi:**

0-5, examination 100%. Non-mandatory Moodle quizzes provide extra points to exam.

**Oppimateriaalit:**

Material distributed in Moodle.

**Vaihto-opiskelijoille paikkoja? (Kyllä,paikkamäärä/Ei):**

15-

**Paikkoja avoimen yliopiston opiskelijoille? (Kyllä, paikkamäärä/Ei):**

max 15

**CS31A0610: Investointihankkeiden elinkaarilaskelmat, 6 op****Voimassaolo:** 01.08.2016 -**Opiskelumuoto:** Yleisopinnot**Laji:** Opintojakso**Vastuuyksikkö:** LUT School of Business and Management (23E1)**Arvostelu:** Opintojaksot 0-5,H,P**Opettajat:** Timo Kärri, Sini-Kaisu Kinnunen**Huom:**

Ei voi sisällyttää samaan tutkintoon kuin CS31A0603 Life-Cycle Costing of Investment Projects.

**Suoritusvuosi:**

DI 1-2

**Periodi:**

1

**Opetuskieli:**

Suomi

**Vastuuopettaja(t):**professori, TkT Timo Kärri  
nuorempi tutkija, DI Sini-Kaisu Kinnunen**Tavoitteet:**

Opintojakson suoritettuaan opiskelija osaa:

- laatia ja arvioida investointiehdotuksia
- analysoida kestävän kehityksen asettamat vaatimukset hankkeiden elinkaaren aikana.

**Sisältö:**

Investointiehdotuksen laatiminen. Kurssilla käsiteltäviä asioita ovat investoinnin elinkaari, elinkaarenaikaiset tuotto- ja kustannustekijät, pääoman tuottovaatimus, pääoman ja käyttöpääoman tarpeen arviointi, hankkeiden luokittelu ja valinta sekä epävarmuuden ja riskien huomioon ottaminen. Laskentamenetelmistä esillä ovat nykyarvo, sisäinen korko, pääoman tuottoaste, takaisinmaksuaika, hyöty-kustannussuhde ja kannattavuusindeksi. Investointiprosessi, hankkeiden ajoitus ja rahoitus, elinkaarimalli rahoitusmuotona, koneiden elinaarimallit, reaaliopio käsitteenä, hankkeiden kannattavuuden arviointi kestävän kehityksen näkökulmasta.

**Suoritustavat:**

Luentoja 26 h, laskuharjoituksia 10 h, mikroharjoituksia 9 h, kotitehtävät 12 h, itsenäinen opiskelu 64 h, tenttiin valmistautuminen ja tentti 36 h 1. periodi. Kokonaismitoitus 157 h.

**Kuulustelujärjestyksen mukainen tentti (Kyllä/Ei):**

Kyllä

**Moodle-tentti (Kyllä/Ei):**

Ei

**Exam-tentti (Kyllä/Ei):**

Ei

**Arviointi:**

0 - 5. Tentti, pisteitä lisätehtävistä.

**Oppimateriaalit:**

Luentomonisteet (3 kpl) Mott, Graham: Investment appraisal. Pitman Publishing, 1997, (196 p.).  
Götze U. et al: Investment appraisal - Methods and models. Springer. 2008, (341 p.)

**Esitietovaatimukset:**

CS31A0102 Kustannusjohtamisen peruskurssi

**Vaihto-opiskelijoille paikkoja? (Kyllä,paikkamäärä/Ei):**

Ei

**Paikkoja avoimen yliopiston opiskelijoille? (Kyllä, paikkamäärä/Ei):**

max 5

**SaDEIDri: Electrical Drives, 25 op**

**Voimassaolo:** 01.08.2017 -

**Opiskelumuoto:** Syventävät opinnot

**Laji:** Kokonaisuus

**Vastuuyksikkö:** LUT School of Energy Systems (23B2)

**Arvostelu:** Opintojaksot 0-5,H,P

*Elective module 25 ECTS cr.*

**BL30A0600: Tehoelektroniikka, 6 op**

**Voimassaolo:** 01.08.2007 -

**Opiskelumuoto:** Yleisopinnot

**Laji:** Opintojakso

**Vastuuyksikkö:** LUT School of Energy Systems (23B2)

**Arvostelu:** Opintojaksot 0-5,H,P

**Opettajat:** Lasse Laurila

**Huom:**

The course is suitable for distance learning.

Course has examination in Examination schedule, but it is not traditional paper exam. The exam will be done with computer.

**Suoritusvuosi:**

M.Sc. (Tech.) 1

**Periodi:**

1-2

**Opetuskieli:**

English

**Vastuuopettaja(t):**

Associate professor, D.Sc. (Tech.) Lasse Laurila

**Tavoitteet:**

Upon completion of the course the student will be able to: 1. demonstrate good general knowledge of the different basic main circuits in modern power electronics, 2. describe the features and functions of different rectifiers, switch-mode converters and inverters, 3. calculate and simulate typical design tasks of the aforementioned circuits, 4. describe the joint operation of static converters and loads as well as the network interferences caused by converters and alternatives to reduce these interferences.

**Sisältö:**



Operation of the main circuits of different power converters: rectifiers (single and three-phase), DC-DC switch mode converters and power supplies (buck, boost, buck-boost, flyback, forward), inverters (single and three-phase), resonance converters (ZVS, ZCS). Characteristics and operation. Pulse width modulation (PWM). Harmonic components. Simulation of power electronic circuits (simulation tools used: PSpice and Matlab/Simulink, calculations on Mathcad, Excel). Possible extra assignments to gather extra points to the exam.

**Suoritustavat:**

Combined lectures and tutorials, 28 h, 1st period. Combined lectures and tutorials, 28 h, 2nd period. Moodle-examination, 3 h. Independent study 97 h. The course is suitable for distance learning.

Total workload 156 h.

**Kuulustelujärjestyksen mukainen tentti (Kyllä/Ei):**

Yes

**Moodle-tentti (Kyllä/Ei):**

Yes

**Exam-tentti (Kyllä/Ei):**

No

**Arviointi:**

0-5, examination 100 %. 75 % of tutorial tasks passed or 75 % active presence in tutorials. Possible extra assignments to gather extra points to the exam.

**Oppimateriaalit:**

Mohan, Undeland, Robbins: Power Electronics, converters, applications, and design. Chapters 1 to 18.

Course material in Moodle.

**Esitietovaatimukset:**

Recommended: BL30A0000 Electric Circuits. Integration and derivation (esp. sine and cosine functions).

FFT. Laplace transforms. Basic software skills with Excel, Word.

**Vaihto-opiskelijoille paikkoja? (Kyllä,paikkamäärä/Ei):**

No

**Paikkoja avoimen yliopiston opiskelijoille? (Kyllä, paikkamäärä/Ei):**

max 5

**BL30A0901: Power Electronic Components, 5 op**

**Voimassaolo:** 01.08.2016 -

**Opiskelumuoto:** Yleisopinnot

**Laji:** Opintojakso

**Vastuuyksikkö:** LUT School of Energy Systems (23B2)

**Arvostelu:** Opintojaksot 0-5,H,P

**Opettajat:** Lasse Laurila

**Huom:**

The course is suitable for distance learning.

Course has examination in Examination schedule, but it is not traditional paper exam. The exam will be done with computer.

**Suoritusvuosi:**

M.Sc. (Tech.) 1

**Periodi:**

3-4

**Opetuskieli:**

English

**Vastuopettaja(t):**

Lasse Laurila, D.Sc. (Tech.), Associate professor

**Tavoitteet:**

After the course the student can: 1. describe the properties, operation and suitable applications of different power electronic devices, passive components and electrical energy storages. 2. calculate the losses of the device and design suitable cooling and protection. 3. Simulate and analyse switching phenomena of power electronic components.

**Sisältö:**

Basic semiconductor physics, pn-junction, power semiconductor devices, passive components, mobile power electronics, electrical energy storages (batteries, supercapacitors). Operation principles of power electronic switches, switching phenomena, losses, applications. Manufacturing methods, gate and base drive circuits, cooling methods, protection methods. Simulation of power electronic components. Possible extra assignments to gather extra points to the exam.

**Suoritustavat:**

Combined lectures and tutorials, 28 h, 3. period. Combined lectures and tutorials, 28 h, 4th period. Moodle examination 3 h. Independent study 71 h. The course is suitable for distance learning. Total workload 130 h.

**Kuulustelujärjestyksen mukainen tentti (Kyllä/Ei):**

Yes

**Moodle-tentti (Kyllä/Ei):**

Yes

**Exam-tentti (Kyllä/Ei):**

No

**Arviointi:**

0-5, examination 100 %. 75 % of tutorial tasks passed or 75 % active presence in tutorials. Possible extra assignments to gather extra points to the exam.

**Oppimateriaalit:**

Mohan, Undeland, Robbins: Power Electronics, converters, applications, and design. Chapters 19-29.

Course material in Moodle.

Recommended to follow also additional material listed in Moodle and lecture materials.

**Esitietovaatimukset:**

BL30A0000 Electric Circuits. Integration and derivation.

**Vaihto-opiskelijoille paikkoja? (Kyllä,paikkamäärä/Ei):**

No

**Paikkoja avoimen yliopiston opiskelijoille? (Kyllä, paikkamäärä/Ei):**

max 5

**BL30A1001: Electrical Drives, 8 op**

**Voimassaolo:** 01.08.2010 -

**Opiskelumuoto:** Yleisopinnot

**Laji:** Opintojakso

**Vastuuyksikkö:** LUT School of Energy Systems (23B2)

**Arvostelu:** Opintojaksot 0-5,H,P

**Opettajat:** Juha Pyrhönen

**Huom:**

The first part (2nd period) will be studied in collaboration with BL30A1020 Electrical Drives, Compact. Common lectures, exercises and homework. The student may participate either in "Electrical Drives, Compact" or "Electrical Drives", not in both of them.

**Suoritusvuosi:**

M.Sc. (Tech.) 1

**Periodi:**

2-3

**Opetuskieli:**

English

**Vastuupettaja(t):**

Professor, D.Sc. (Tech.) Juha Pyrhönen

**Tavoitteet:**

Upon completion of the course the student will be able to: 1. understand the role of electrical drives, 2. understand different torque producing principles in different machines, 3. model and simulate a DC motor drive, 4. describe the principles of scalar, vector and direct torque control of rotating field machines, 5. define and understand the functioning of the most important power electronic converters, 6. discuss the principles of PWM in general, space vector modulation and DTC, 7. model the behaviour of permanent magnet synchronous machine by using vector equivalent circuits and vector diagrams, 8. understand synchronous machine control in details, 9. understand synchronous reluctance machine control in details, 10. understand the role of induction machine and its control in details, 11. know the switched reluctance machine control principles, 12. discuss the adverse effects of PWM systems on motor behaviour and the wave nature of the motor cable. Mastering the course material well gives the student comprehensive understanding of the basics of electrical drives and wide possibilities to work in the field. This is the course for drives professionals.

**Sisältö:**

Theory of electric motor drives, operation and vector equivalent circuits. Synchronous machine drives, asynchronous machine drives, synchronous reluctance machine drives, permanent magnet synchronous machine drives, switched reluctance motor drives. Torque production in different machines. Power electronic converters suitable for motor and generator drives. Scalar control, vector control, direct flux linkage control and direct torque control (DTC). Motor cable wave nature, bearing currents. Applying the principles for practical electrical machine types.

**Suoritustavat:**

Lectures 24 h, tutorials 24 h, 2nd period. Lectures 24 h, tutorials 24 h, 3rd period. Independent study including homework tasks 109 h. Examination 3 h. Total workload 208 h.

**Soveltuvuus jatko-opintoihin (Kyllä/Jätä tyhjäksi):**

Yes

**Kuulustelujärjestyksen mukainen tentti (Kyllä/Ei):**

No

**Moodle-tentti (Kyllä/Ei):**

Yes

**Exam-tentti (Kyllä/Ei):**

No

**Arviointi:**

0-5, written examination 100 %.

OR Pass/fail via good enough independent homework.

**Oppimateriaalit:**

Lecture material in Moodle.

The course is based on the book: Pyrhönen, Hrabovcova, Semken: "Electrical Machine Drives Control: An Introduction", published by John Wiley et Sons 2016

**Esitietovaatimukset:**

The students are recommended to have completed the courses BL30A0000 Electric Circuits, BL10A0100 Basics of Electric Engineering, BL30A0200 Laboratory Course in Electrical Engineering, BL30A0500 Introduction to Electrical Drives and BL30A0800 Electromagnetic Components and to have attended the course BL30A0400 Design of an Electrical Machine.

**Vaihto-opiskelijoille paikkoja? (Kyllä,paikkamäärä/Ei):**

15-

**Paikkoja avoimen yliopiston opiskelijoille? (Kyllä, paikkamäärä/Ei):**

max 5

**BL40A2810: Automation, 6 op**

**Voimassaolo:** 01.08.2017 -

**Opiskelumuoto:** Yleisopinnot

**Laji:** Opintojakso

**Vastuuyksikkö:** LUT School of Energy Systems (23B2)

**Arvostelu:** Opintojaksot 0-5,H,P

**Opettajat:** Jan-Henri Montonen, Tuomo Lindh

**Suoritusvuosi:**

M.Sc. (Tech.) 1

**Periodi:**

1-2

**Opetuskieli:**

English

**Vastuuopettaja(t):**

Associate professor, D.Sc. (Tech.) Tuomo Lindh

**Tavoitteet:**

Upon completion of the course the student will be able to: 1. apply automation and digital control theory to practical implementations, 2. use the analog and digital communication techniques applied to automation, 3. apply fieldbuses, 4. formulate a dynamic system model of motor drives 5. Simulate servo motor driven mechatronic systems, 6. construct controllers and models of dynamic systems using IEC61131-3 and C programming languages, 7. select a proper controller structure, 8. work in a group solving automation and control problems.

**Sisältö:**

IEC61131-3 programming languages, Feedback devices, Automation hardware and software. Fieldbuses. Basics of servo drive dynamics, Utilizing Simulink models in PLC systems. C/C++ languages in PLC systems. HMI, OPC, IoT in automation. Introduction to safety in automation.

**Suoritustavat:**

Lectures 14 h, exercises 14 h, 1st period.

Lectures 14 h, exercises 14 h, 2nd period.

Independent study: project work 35 h, laboratory exercises 21h  
preparation for examination 40 h, examination at Moodle 4 h.  
Total workload 156 h.

**Kuulustelujärjestyksen mukainen tentti (Kyllä/Ei):**

No

**Moodle-tentti (Kyllä/Ei):**

Yes

**Exam-tentti (Kyllä/Ei):**

No

**Arviointi:**

0-5, examination 40 %. Project work 60%.

**Oppimateriaalit:**

Presentation slides at Moodle.

Karl-Heinz John, Michael Tiegelkamp. IEC 61131-3: Programming Industrial Automation Systems.e-ISBN 978-3-642-12015-2.

**Esitietovaatimukset:**

Basics of programming.

**Vaihto-opiskelijoille paikkoja? (Kyllä,paikkamäärä/Ei):**

Yes, 10.

**Paikkoja avoimen yliopiston opiskelijoille? (Kyllä, paikkamäärä/Ei):**

This course has 1-10 places for open university students. More information on the web site for open university instructions.

**SaDPoEI: Power Electronics, 19 op**

**Voimassaolo:** 01.08.2017 -

**Opiskelumuoto:** Syventävät opinnot

**Laji:** Kokonaisuus

**Vastuuyksikkö:** LUT School of Energy Systems (23B2)

**Arvostelu:** Opintojaksot 0-5,H,P

*Elective module 19 ECTS cr.*

**BL20A0100: Terminen laitesuunnittelu, 3 op**

**Voimassaolo:** 01.08.2007 -

**Opiskelumuoto:** Yleisopinnot

**Laji:** Opintojakso

**Vastuuyksikkö:** LUT School of Energy Systems (23B2)

**Arvostelu:** Opintojaksot 0-5,H,P

**Opettajat:** Janne Nerg

**Huom:**

Opintojakso soveltuu etäopiskeluun.

**Suoritusvuosi:**

DI 1

**Periodi:**

3

**Opetuskieli:**

Suomi

**Vastuuopettaja(t):**

tutkijaopettaja, TkT Janne Nerg

**Tavoitteet:**

Opintojakson suoritettuaan opiskelija osaa 1. selittää sähkötekni- sen laitteen termisen mitoituksen periaatteet sekä 2. laskea termiseen mitoitukseen liittyviä perustehtäviä, häviöiden määrittäminen, lämmön siirto, lämpötasapainon saavuttaminen.

**Sisältö:**

Lämmönsiirtomekanismit, elektroniikkalaitteiden jäähdytysmenetelmät, lämpötilan vaikutus laitteen toimintaan. Lämpöresistanssiverkot ja niiden käyttö, laitteen käyttöympäristön ja käytön laadun vaikutus termiseen mitoitukseen. Erilaiset numeeriset ratkaisumenetelmät.

**Suoritustavat:**

Luentoja 14 h, harjoituksia 14 h, 3. periodi. Kotitehtäviä. Kurssin voi suorittaa joko viikoittaisilla kotitehtävillä (jatkuva arviointi) tai tentillä. Kotitehtävät 45 h, tenttiin valmistautuminen ja tentti 45 h. Muun itsenäisen opiskelun osuus 5 h. Kurssi soveltuu etäopiskeluun. Kokonaismitoitus 78 h.

**Kuulustelujärjestyksen mukainen tentti (Kyllä/Ei):**

Kyllä

**Moodle-tentti (Kyllä/Ei):**

Ei

**Exam-tentti (Kyllä/Ei):**

Ei

**Arviointi:**

0-5, tentti 100 % tai jatkuva arviointi (kotitehtävät) 100 %.

**Oppimateriaalit:**

Luentomateriaali Moodlessa.

**Vaihto-opiskelijoille paikkoja? (Kyllä,paikkamäärä/Ei):**

Ei

**Paikkoja avoimen yliopiston opiskelijoille? (Kyllä, paikkamäärä/Ei):**

max 5

**BL30A0600: Tehoelektroniikka, 6 op****Voimassaolo:** 01.08.2007 -**Opiskelumuoto:** Yleisopinnot**Laji:** Opintojakso**Vastuuyksikkö:** LUT School of Energy Systems (23B2)**Arvostelu:** Opintojaksot 0-5,H,P**Opettajat:** Lasse Laurila**Huom:**

The course is suitable for distance learning.

Course has examination in Examination schedule, but it is not traditional paper exam. The exam will be done with computer.

**Suoritusvuosi:**

M.Sc. (Tech.) 1

**Periodi:**

1-2

**Opetuskieli:**

English

**Vastuuopettaja(t):**

Associate professor, D.Sc. (Tech.) Lasse Laurila

**Tavoitteet:**

Upon completion of the course the student will be able to: 1. demonstrate good general knowledge of the different basic main circuits in modern power electronics, 2. describe the features and functions of different rectifiers, switch-mode converters and inverters, 3. calculate and simulate typical design tasks of the aforementioned circuits, 4. describe the joint operation of static converters and loads as well as the network interferences caused by converters and alternatives to reduce these interferences.

**Sisältö:**

Operation of the main circuits of different power converters: rectifiers (single and three-phase), DC-DC switch mode converters and power supplies (buck, boost, buck-boost, flyback, forward), inverters (single and three-phase), resonance converters (ZVS, ZCS). Characteristics and operation. Pulse width modulation (PWM). Harmonic components. Simulation of power electronic circuits (simulation tools used: PSpice and Matlab/Simulink, calculations on Mathcad, Excel). Possible extra assignments to gather extra points to the exam.

**Suoritustavat:**

Combined lectures and tutorials, 28 h, 1st period. Combined lectures and tutorials, 28 h, 2nd period. Moodle-examination, 3 h. Independent study 97 h. The course is suitable for distance learning.

Total workload 156 h.

**Kuulustelujärjestyksen mukainen tentti (Kyllä/Ei):**

Yes

**Moodle-tentti (Kyllä/Ei):**

Yes

**Exam-tentti (Kyllä/Ei):**

No

**Arviointi:**

0-5, examination 100 %. 75 % of tutorial tasks passed or 75 % active presence in tutorials. Possible extra assignments to gather extra points to the exam.

**Oppimateriaalit:**

Mohan, Undeland, Robbins: Power Electronics, converters, applications, and design. Chapters 1 to 18.

Course material in Moodle.

**Esitietovaatimukset:**

Recommended: BL30A0000 Electric Circuits. Integration and derivation (esp. sine and cosine functions).

FFT. Laplace transforms. Basic software skills with Excel, Word.

**Vaihto-opiskelijoille paikkoja? (Kyllä,paikkamäärä/Ei):**

No

**Paikkoja avoimen yliopiston opiskelijoille? (Kyllä, paikkamäärä/Ei):**

max 5

**Voimassaolo:** 01.08.2007 -

**Opiskelumuoto:** Yleisopinnot

**Laji:** Opintojakso

**Vastuuyksikkö:** LUT School of Energy Systems (23B2)

**Arvostelu:** Opintojaksot 0-5,H,P

**Opettajat:** Janne Nerg

**Huom:**

Opintojakso soveltuu etäopiskeluun.

**Suoritusvuosi:**

DI 1

**Periodi:**

1

**Opetuskieli:**

Suomi

**Vastuuopettaja(t):**

tutkijaopettaja, TkT Janne Nerg

**Tavoitteet:**

Opintojakson suoritettuaan opiskelija osaa: 1. suunnitella yksinkertaisia keloja ja muuntajia, 2. nimetä ja kuvata sähkömagneettisten komponenttien sydänmateriaalit, 3. kuvata sähkömagneettisten komponenttien häviömekanismit, 4. selittää sähkömagneettisten komponenttien epälineaarisuudet eri taajuuksilla, 5. minimoida muuntajien hajainduktanssin.

**Sisältö:**

Faradayn induktiolaki, Amperen virtalaki, muuntajan ja kelan toiminta sekä niiden epäideaalisuudet, magneettiset materiaalit, häviöt.

**Suoritustavat:**

Luentoja 14 h, harjoituksia 14 h, 1. periodi. Kotitehtäviä. Kurssin voi suorittaa joko viikoittaisilla kotitehtävillä (jatkuva arviointi) tai tentillä. Kotitehtävät 45 h, tenttiin valmistautuminen ja tentti 45 h. Muun itsenäisen opiskelun osuus 5 h. Opintojakso soveltuu etäopiskeluun. Kokonaismoitus 78 h.

**Kuulustelujärjestyksen mukainen tentti (Kyllä/Ei):**

Kyllä

**Moodle-tentti (Kyllä/Ei):**

Ei

**Exam-tentti (Kyllä/Ei):**

Ei

**Arviointi:**

0-5, tentti 100 % tai jatkuva arviointi (kotitehtävät) 100 %.

**Oppimateriaalit:**

Luentomateriaali Moodlessa.

**Esitietovaatimukset:**

BL30A0300 Sähkömagnetismi kuunneltuna.

**Vaihto-opiskelijoille paikkoja? (Kyllä,paikkamäärä/Ei):**

Ei

**Paikkoja avoimen yliopiston opiskelijoille? (Kyllä, paikkamäärä/Ei):**

max 5



**BL30A0901: Power Electronic Components, 5 op****Voimassaolo:** 01.08.2016 -**Opiskelumuoto:** Yleisopinnot**Laji:** Opintojakso**Vastuuyksikkö:** LUT School of Energy Systems (23B2)**Arvostelu:** Opintojaksot 0-5,H,P**Opettajat:** Lasse Laurila**Huom:**

The course is suitable for distance learning.

Course has examination in Examination schedule, but it is not traditional paper exam. The exam will be done with computer.

**Suoritusvuosi:**

M.Sc. (Tech.) 1

**Periodi:**

3-4

**Opetuskieli:**

English

**Vastuuopettaja(t):**

Lasse Laurila, D.Sc. (Tech.), Associate professor

**Tavoitteet:**

After the course the student can: 1. describe the properties, operation and suitable applications of different power electronic devices, passive components and electrical energy storages. 2. calculate the losses of the device and design suitable cooling and protection. 3. Simulate and analyse switching phenomena of power electronic components.

**Sisältö:**

Basic semiconductor physics, pn-junction, power semiconductor devices, passive components, mobile power electronics, electrical energy storages (batteries, supercapacitors). Operation principles of power electronic switches, switching phenomena, losses, applications. Manufacturing methods, gate and base drive circuits, cooling methods, protection methods. Simulation of power electronic components. Possible extra assignments to gather extra points to the exam.

**Suoritustavat:**

Combined lectures and tutorials, 28 h, 3. period. Combined lectures and tutorials, 28 h, 4th period. Moodle examination 3 h. Independent study 71 h. The course is suitable for distance learning. Total workload 130 h.

**Kuulustelujärjestyksen mukainen tentti (Kyllä/Ei):**

Yes

**Moodle-tentti (Kyllä/Ei):**

Yes

**Exam-tentti (Kyllä/Ei):**

No

**Arviointi:**

0-5, examination 100 %. 75 % of tutorial tasks passed or 75 % active presence in tutorials. Possible extra assignments to gather extra points to the exam.

**Oppimateriaalit:**

Mohan, Undeland, Robbins: Power Electronics, converters, applications, and design. Chapters 19-29.

Course material in Moodle.

Recommended to follow also additional material listed in Moodle and lecture materials.

**Esitietovaatimukset:**

BL30A0000 Electric Circuits. Integration and derivation.

**Vaihto-opiskelijoille paikkoja? (Kyllä,paikkamäärä/Ei):**

No

**Paikkoja avoimen yliopiston opiskelijoille? (Kyllä, paikkamäärä/Ei):**

max 5

**BL50A0600: Electromagnetic Compatibility in Power Electronics, 2 op**

**Voimassaolo:** 01.08.2007 -

**Opiskelumuoto:** Yleisopinnot

**Laji:** Opintojakso

**Vastuuyksikkö:** LUT School of Energy Systems (23B2)

**Arvostelu:** Opintojaksot 0-5,H,P

**Opettajat:** Pertti Silventoinen, Juhamatti Korhonen

**Huom:**

The course is suitable for distance learning.

**Suoritusvuosi:**

M.Sc. (Tech.) 2

**Periodi:**

2

**Opetuskieli:**

English

**Vastuuopettaja(t):**

D.Sc. (Tech.) Juhamatti Korhonen

**Tavoitteet:**

Upon completion of the course the student will be able to:

1. describe the coupling mechanisms of electromagnetic interference in power electronics,
2. describe the most significant sources of electromagnetic emissions in power electronic systems,
3. provide suitable filter solutions for common-mode filtering, differential-mode filtering, du/dt filtering and harmonics filtering.

**Sisältö:**

Power electronics as an interference source, network harmonics, reflection phenomena of cables, conductive RF interference, interference radiation of power electronics, filtering techniques of conductive interference.

**Suoritustavat:**

14 h of lectures, 2st period. Moodle examination, weekly quizzes. Independent work 38 h. Online course.

Total workload 52 h.

**Soveltuvuus jatko-opintoihin (Kyllä/Jätä tyhjäksi):**

Yes

**Kuulustelujärjestyksen mukainen tentti (Kyllä/Ei):**

No

**Moodle-tentti (Kyllä/Ei):**

Yes

**Exam-tentti (Kyllä/Ei):**

No

**Arviointi:**

0-5, Moodle examination 70 %, weekly quizzes 30 %.

**Oppimateriaalit:**

To be announced in class.

**Esitietovaatimukset:**

Recommended: Basic knowledge of electromagnetism and electromagnetic fields.

**Vaihto-opiskelijoille paikkoja? (Kyllä,paikkamäärä/Ei):**

15-

**Paikkoja avoimen yliopiston opiskelijoille? (Kyllä, paikkamäärä/Ei):**

max 10

**SaDDoEm: Design of Electrical Machines, 24 op****Voimassaolo:** 01.08.2017 -**Opiskelumuoto:** Syventävät opinnot**Laji:** Kokonaisuus**Vastuuyksikkö:** LUT School of Energy Systems (23B2)**Arvostelu:** Opintojaksot 0-5,H,P*Elective module 24 ECTS cr.***BL20A0100: Terminen laitesuunnittelu, 3 op****Voimassaolo:** 01.08.2007 -**Opiskelumuoto:** Yleisopinnot**Laji:** Opintojakso**Vastuuyksikkö:** LUT School of Energy Systems (23B2)**Arvostelu:** Opintojaksot 0-5,H,P**Opettajat:** Janne Nerg**Huom:**

Opintojakso soveltuu etäopiskeluun.

**Suoritusvuosi:**

DI 1

**Periodi:**

3

**Opetuskieli:**

Suomi

**Vastuuopettaja(t):**

tutkijaopettaja, TkT Janne Nerg

**Tavoitteet:**

Opintojakson suoritettuaan opiskelija osaa 1. selittää sähkötekniikan laitteen termisen mitoituksen periaatteet sekä 2. laskea termiseen mitoitukseen liittyviä perustehtäviä, häviöiden määrittäminen, lämmön siirto, lämpötasapainon saavuttaminen.

**Sisältö:**

Lämmönsiirtomekanismit, elektroniikkalaitteiden jäähdytysmenetelmät, lämpötilan vaikutus laitteen toimintaan. Lämpöresistanssiverkot ja niiden käyttö, laitteen käyttöympäristön ja käytön laadun vaikutus termiseen mitoitukseen. Erilaiset numeeriset ratkaisumenetelmät.

**Suoritustavat:**

Luentoja 14 h, harjoituksia 14 h, 3. periodi. Kotitehtäviä. Kurssin voi suorittaa joko viikoittaisilla kotitehtävillä (jatkuva arviointi) tai tentillä. Kotitehtävät 45 h, tenttiin valmistautuminen ja tentti 45 h. Muun itsenäisen opiskelun osuus 5 h. Kurssi soveltuu etäopiskeluun. Kokonaismitoitus 78 h.

**Kuulustelujärjestyksen mukainen tentti (Kyllä/Ei):**

Kyllä

**Moodle-tentti (Kyllä/Ei):**

Ei

**Exam-tentti (Kyllä/Ei):**

Ei

**Arviointi:**

0-5, tentti 100 % tai jatkuva arviointi (kotitehtävät) 100 %.

**Oppimateriaalit:**

Luentomateriaali Moodlessa.

**Vaihto-opiskelijoille paikkoja? (Kyllä,paikkamäärä/Ei):**

Ei

**Paikkoja avoimen yliopiston opiskelijoille? (Kyllä, paikkamäärä/Ei):**

max 5

**BL30A0400: Sähkökoneen suunnittelu, 6 op**

**Voimassaolo:** 01.08.2007 -

**Opiskelumuoto:** Yleisopinnot

**Laji:** Opintojakso

**Vastuuyksikkö:** LUT School of Energy Systems (23B2)

**Arvostelu:** Opintojaksot 0-5,H,P

**Opettajat:** Juha Pyrhönen

**Suoritusvuosi:**

M.Sc. (Tech.) 1

**Periodi:**

1

**Opetuskieli:**

English

**Vastuopettaja(t):**

Professor, D.Sc. (Tech.) Juha Pyrhönen

**Tavoitteet:**

Upon completion of the course the student will be able to: 1. perform a basic design of a rotating electrical machine, 2. design the simplest winding arrangements and other components of the machine, 3. explain the torque production process in electrical machines, 4. calculate the main data (equivalent circuit parameters) of an electrical machine from machine geometric and winding designs, 5. List and apply the most important materials used in magnetic circuits and windings, 6. model the machine with an equivalent circuit, 7. compare machine designs with each other by using the per unit presentation of machines, 8. use phasor diagrams in the machine analysis, 9. discuss the problems of insulation systems and heat transfer.

**Sisältö:**

Electromagnetic principles used in machine design, the magnetic circuit of an electric machine, the windings of an electric machine, impacts of the structure of the electric motor on the motor characteristics, calculation of the parameters of an equivalent circuit from the dimensions of the machine (resistances, inductances), effective-value phasor diagrams for different machine types, principles of electric machine design, insulation materials and systems heat transfer.

**Suoritustavat:**

Lectures 24 h, tutorials 24 h, design assignment of an electric machine 48 h and other independent studies 57 h, exam 3 h 1st period.  
Total workload 156 h.

**Soveltuvuus jatko-opintoihin (Kyllä/Jätä tyhjäksi):**

Yes

**Kuulustelujärjestyksen mukainen tentti (Kyllä/Ei):**

Yes

**Moodle-tentti (Kyllä/Ei):**

No

**Exam-tentti (Kyllä/Ei):**

No

**Arviointi:**

0-5, written examination 100 %. Satisfactorily completed assignment required.  
Or: The course can be passed with the grade "Accepted" by satisfactory completion of the homework and the design assignment.

**Oppimateriaalit:**

Lecture materials in Moodle.  
The course is based on suitable parts of Pyrhönen, Jokinen, Hrabovcova: Design of Rotating Electrical Machines

**Esitietovaatimukset:**

Students are recommended to have good knowledge in electromagnetism, completed BL30A0000 Electric Circuits, BL10A0100 Basics of Electric Engineering.

**Vaihto-opiskelijoille paikkoja? (Kyllä,paikkamäärä/Ei):**

15-

**Paikkoja avoimen yliopiston opiskelijoille? (Kyllä, paikkamäärä/Ei):**

max 5

**BL30A0800: Sähkömagneettiset komponentit, 3 op**

**Voimassaolo:** 01.08.2007 -

**Opiskelumuoto:** Yleisopinnot

**Laji:** Opintojakso

**Vastuuyksikkö:** LUT School of Energy Systems (23B2)

**Arvostelu:** Opintojaksot 0-5,H,P

**Opettajat:** Janne Nerg

**Huom:**

Opintojakso soveltuu etäopiskeluun.

**Suoritusvuosi:**

DI 1

**Periodi:**

1

**Opetuskieli:**

Suomi

**Vastuopettaja(t):**

tutkijaopettaja, TkT Janne Nerg

**Tavoitteet:**

Opintojakson suoritettuaan opiskelija osaa: 1. suunnitella yksinkertaisia keloja ja muuntajia, 2. nimetä ja kuvata sähkömagneettisten komponenttien sydänmateriaalit, 3. kuvata sähkömagneettisten komponenttien häviömekanismit, 4. selittää sähkömagneettisten komponenttien epälineaarisuudet eri taajuuksilla, 5. minimoida muuntajien hajainduktanssin.

**Sisältö:**

Faradayn induktiolaki, Amperen virtalaki, muuntajan ja kelan toiminta sekä niiden epäideaalisuudet, magneettiset materiaalit, häviöt.

**Suoritustavat:**

Luentoja 14 h, harjoituksia 14 h, 1. periodi. Kotitehtäviä. Kurssin voi suorittaa joko viikoittaisilla kotitehtävillä (jatkuva arviointi) tai tentillä. Kotitehtävät 45 h, tenttiin valmistautuminen ja tentti 45 h. Muun itsenäisen opiskelun osuus 5 h. Opintojakso soveltuu etäopiskeluun. Kokonaismoitus 78 h.

**Kuulustelujärjestyksen mukainen tentti (Kyllä/Ei):**

Kyllä

**Moodle-tentti (Kyllä/Ei):**

Ei

**Exam-tentti (Kyllä/Ei):**

Ei

**Arviointi:**

0-5, tentti 100 % tai jatkuva arviointi (kotitehtävät) 100 %.

**Oppimateriaalit:**

Luentomateriaali Moodlessa.

**Esitietovaatimukset:**

BL30A0300 Sähkömagnetismi kuunneltuna.

**Vaihto-opiskelijoille paikkoja? (Kyllä,paikkamäärä/Ei):**

Ei

**Paikkoja avoimen yliopiston opiskelijoille? (Kyllä, paikkamäärä/Ei):**

max 5

**BL30A1001: Electrical Drives, 8 op**

**Voimassaolo:** 01.08.2010 -

**Opiskelumuoto:** Yleisopinnot

**Laji:** Opintojakso

**Vastuuyksikkö:** LUT School of Energy Systems (23B2)

**Arvostelu:** Opintojaksot 0-5,H,P

**Opettajat:** Juha Pyrhönen

**Huom:**

The first part (2nd period) will be studied in collaboration with BL30A1020 Electrical Drives, Compact. Common lectures, exercises and homework. The student may participate either in "Electrical Drives, Compact" or "Electrical Drives", not in both of them.

**Suoritusvuosi:**

M.Sc. (Tech.) 1

**Periodi:**

2-3

**Opetuskieli:**

English

**Vastuopettaja(t):**

Professor, D.Sc. (Tech.) Juha Pyrhönen

**Tavoitteet:**

Upon completion of the course the student will be able to: 1. understand the role of electrical drives, 2. understand different torque producing principles in different machines, 3. model and simulate a DC motor drive, 4. describe the principles of scalar, vector and direct torque control of rotating field machines, 5. define and understand the functioning of the most important power electronic converters, 6. discuss the principles of PWM in general, space vector modulation and DTC, 7. model the behaviour of permanent magnet synchronous machine by using vector equivalent circuits and vector diagrams, 8. understand synchronous machine control in details, 9. understand synchronous reluctance machine control in details, 10. understand the role of induction machine and its control in details, 11. know the switched reluctance machine control principles, 12. discuss the adverse effects of PWM systems on motor behaviour and the wave nature of the motor cable. Mastering the course material well gives the student comprehensive understanding of the basics of electrical drives and wide possibilities to work in the field. This is the course for drives professionals.

**Sisältö:**

Theory of electric motor drives, operation and vector equivalent circuits. Synchronous machine drives, asynchronous machine drives, synchronous reluctance machine drives, permanent magnet synchronous machine drives, switched reluctance motor drives. Torque production in different machines. Power electronic converters suitable for motor and generator drives. Scalar control, vector control, direct flux linkage control and direct torque control (DTC). Motor cable wave nature, bearing currents. Applying the principles for practical electrical machine types.

**Suoritustavat:**

Lectures 24 h, tutorials 24 h, 2nd period. Lectures 24 h, tutorials 24 h, 3rd period. Independent study including homework tasks 109 h. Examination 3 h. Total workload 208 h.

**Soveltuvuus jatko-opintoihin (Kyllä/Jätä tyhjäksi):**

Yes

**Kuulustelujärjestyksen mukainen tentti (Kyllä/Ei):**

No

**Moodle-tentti (Kyllä/Ei):**

Yes

**Exam-tentti (Kyllä/Ei):**

No

**Arviointi:**

0-5, written examination 100 %.

OR Pass/fail via good enough independent homework.

**Oppimateriaalit:**

Lecture material in Moodle.

The course is based on the book: Pyrhönen, Hrabovcova, Semken: "Electrical Machine Drives Control: An Introduction", published by John Wiley et Sons 2016

**Esitietovaatimukset:**

The students are recommended to have completed the courses BL30A0000 Electric Circuits, BL10A0100 Basics of Electric Engineering, BL30A0200 Laboratory Course in Electrical Engineering, BL30A0500 Introduction to Electrical Drives and BL30A0800 Electromagnetic Components and to have attended the course BL30A0400 Design of an Electrical Machine.

**Vaihto-opiskelijoille paikkoja? (Kyllä,paikkamäärä/Ei):**

15-

**Paikkoja avoimen yliopiston opiskelijoille? (Kyllä, paikkamäärä/Ei):**

max 5

**BL30A1200: Sähkömagnetismin numeeriset menetelmät, 4 op**

**Voimassaolo:** 01.08.2007 -

**Opiskelumuoto:** Yleisopinnot

**Laji:** Opintojakso

**Vastuuyksikkö:** LUT School of Energy Systems (23B2)

**Arvostelu:** Opintojaksot 0-5,H,P

**Opettajat:** Janne Nerg

**Suoritusvuosi:**

M.Sc. (Tech.) 2

**Periodi:**

3

**Opetuskieli:**

English

**Vastuupettaja(t):**

Associate professor, D.Sc. (Tech.) Janne Nerg

**Tavoitteet:**

Upon completion of the course the student will be able to model and analyse electrical machines using commercial finite element based calculation software.

**Sisältö:**

The fundamentals of the element method, boundary conditions, modelling of materials, post-processing of results. Iron loss models. Eddy current problems, utilisation of circuit model in calculation.

**Suoritustavat:**

28 h of supervised tutorials. 3rd period. Self study: assignment and report 76 h. Total workload 104 h.

**Soveltuvuus jatko-opintoihin (Kyllä/Jätä tyhjäksi):**

Yes

**Kuulustelujärjestyksen mukainen tentti (Kyllä/Ei):**

No

**Moodle-tentti (Kyllä/Ei):**



No

**Exam-tentti (Kyllä/Ei):**

No

**Arviointi:**

Course requirements: participation in tutorials and a satisfactorily completed assignment. 0-5, assignment 100 %.

**Oppimateriaalit:**

Course material in Moodle.

**Esitietovaatimukset:**

BL30A0500 Introduction to Electrical Drives and BL30A0400 Design of an Electrical Machine.

**Vaihto-opiskelijoille paikkoja? (Kyllä,paikkamäärä/Ei):**

No

**Paikkoja avoimen yliopiston opiskelijoille? (Kyllä, paikkamäärä/Ei):**

max 5

**SaDECS: Electric Conversion Systems, 24 op**

**Voimassaolo:** 01.08.2017 -

**Opiskelumuoto:** Syventävät opinnot

**Laji:** Kokonaisuus

**Vastuuyksikkö:** LUT School of Energy Systems (23B2)

**Arvostelu:** Opintojaksot 0-5,H,P

*Elective module 20 ECTS cr.*

**BL30A0600: Tehoelektroniikka, 6 op**

**Voimassaolo:** 01.08.2007 -

**Opiskelumuoto:** Yleisopinnot

**Laji:** Opintojakso

**Vastuuyksikkö:** LUT School of Energy Systems (23B2)

**Arvostelu:** Opintojaksot 0-5,H,P

**Opettajat:** Lasse Laurila

**Huom:**

The course is suitable for distance learning.

Course has examination in Examination schedule, but it is not traditional paper exam. The exam will be done with computer.

**Suoritusvuosi:**

M.Sc. (Tech.) 1

**Periodi:**

1-2

**Opetuskieli:**

English

**Vastuuopettaja(t):**

Associate professor, D.Sc. (Tech.) Lasse Laurila

**Tavoitteet:**

Upon completion of the course the student will be able to: 1. demonstrate good general knowledge of the different basic main circuits in modern power electronics, 2. describe the features and functions of different rectifiers, switch-mode converters and inverters, 3. calculate and simulate typical design tasks of the aforementioned circuits, 4. describe the joint operation of static converters and loads as well as the network interferences caused by converters and alternatives to reduce these interferences.

**Sisältö:**

Operation of the main circuits of different power converters: rectifiers (single and three-phase), DC-DC switch mode converters and power supplies (buck, boost, buck-boost, flyback, forward), inverters (single and three-phase), resonance converters (ZVS, ZCS). Characteristics and operation. Pulse width modulation (PWM). Harmonic components. Simulation of power electronic circuits (simulation tools used: PSpice and Matlab/Simulink, calculations on Mathcad, Excel). Possible extra assignments to gather extra points to the exam.

**Suoritustavat:**

Combined lectures and tutorials, 28 h, 1st period. Combined lectures and tutorials, 28 h, 2nd period. Moodle-examination, 3 h. Independent study 97 h. The course is suitable for distance learning.

Total workload 156 h.

**Kuulustelujärjestyksen mukainen tentti (Kyllä/Ei):**

Yes

**Moodle-tentti (Kyllä/Ei):**

Yes

**Exam-tentti (Kyllä/Ei):**

No

**Arviointi:**

0-5, examination 100 %. 75 % of tutorial tasks passed or 75 % active presence in tutorials. Possible extra assignments to gather extra points to the exam.

**Oppimateriaalit:**

Mohan, Undeland, Robbins: Power Electronics, converters, applications, and design. Chapters 1 to 18.

Course material in Moodle.

**Esitietovaatimukset:**

Recommended: BL30A0000 Electric Circuits. Integration and derivation (esp. sine and cosine functions).

FFT. Laplace transforms. Basic software skills with Excel, Word.

**Vaihto-opiskelijoille paikkoja? (Kyllä,paikkamäärä/Ei):**

No

**Paikkoja avoimen yliopiston opiskelijoille? (Kyllä, paikkamäärä/Ei):**

max 5

**BL30A1020: Electrical Drives, Compact, 4 op**

**Voimassaolo:** 01.08.2017 -

**Opiskelumuoto:** Yleisopinnot

**Laji:** Opintojakso

**Vastuuyksikkö:** LUT School of Energy Systems (23B2)

**Arvostelu:** Opintojaksot 0-5,H,P

**Opettajat:** Juha Pyrhönen

**Huom:**

The course has common lectures, exercises and homework with the first part of the course BL30A1001 Electrical Drives.

The student may participate either in "Electrical Drives, Compact" or "Electrical Drives", not in both of them.

**Suoritusvuosi:**

M.Sc. (Tech.) 1

**Periodi:**

2

**Opetuskieli:**

English

**Vastuopettaja(t):**

Professor, D.Sc. (Tech.) Juha Pyrhönen

**Tavoitteet:**

Upon completion of the course the student will be able to: 1. understand the role of electrical drives, 2. understand different torque producing principles in different machines, 3. model and simulate a DC motor drive, 4. describe the principles of scalar, vector and direct torque control of rotating field machines, 5. define the most important power electronic converters, 6. discuss the principles of PWM, space vector modulation and DTC. 7. model the behaviour of permanent magnet synchronous machine by using vector equivalent circuits and vector diagrams.

**Sisältö:**

Theory of electric motor drives, operation and vector equivalent circuits. Torque production in different machines. Power electronic converters suitable for motor and generator drives. Scalar control, vector control, direct flux linkage control and direct torque control (DTC). Permanent magnet synchronous machine drives.

**Suoritustavat:**

Common lectures 24 h, tutorials 24 h, 2nd period. Independent study including homework 56 h. Total workload 104 h.

**Kuulustelujärjestyksen mukainen tentti (Kyllä/Ei):**

No

**Moodle-tentti (Kyllä/Ei):**

No

**Exam-tentti (Kyllä/Ei):**

No

**Arviointi:**

Pass/fail. The course can be passed with via good enough independent homework.

**Oppimateriaalit:**

Lecture material in Moodle

The course is based on chapters 1-7 and 9 of the book: Pyrhönen, Hrabovcova, Semken, "Electrical Machine Drives Control: An Introduction", published by John Wiley et Sons 2016

**Esitietovaatimukset:**

The students are recommended to have completed the courses BL30A0000 Electric Circuits, BL10A0100 Basics of Electric Engineering, BL30A0200 Laboratory Course in Electrical Engineering, BL30A0500 Introduction to Electrical Drives and BL30A0800 Electromagnetic Components and to have attended the course BL30A0400 Design of an Electrical Machine.

**Vaihto-opiskelijoille paikkoja? (Kyllä,paikkamäärä/Ei):**

15-

**Paikkoja avoimen yliopiston opiskelijoille? (Kyllä, paikkamäärä/Ei):**

max 5

## **BL40A2401: Electrical Engineering in Wind and Solar Systems, 6 op**

**Voimassaolo:** 01.08.2013 -

**Opiskelumuoto:** Yleisopinnot

**Laji:** Opintojakso

**Vastuuyksikkö:** LUT School of Energy Systems (23B2)

**Arvostelu:** Opintojaksot 0-5,H,P

**Opettajat:** Olli Pyrhönen

### **Huom:**

The course is suitable for distance learning.

### **Suoritusvuosi:**

M.Sc. (Tech.) 1

### **Periodi:**

3-4

### **Opetuskieli:**

English

### **Vastuopettaja(t):**

Professor, D.Sc. (Tech.) Olli Pyrhönen

### **Tavoitteet:**

Upon completion of the course the student can: 1. Describe the functional principle of wind or solar power plant 2. describe and identify electrotechnical components and system layouts in wind and solar power plants, 3. dimension the electrotechnical components in wind /solar power plants, 4. describe and analyse the control systems of wind/solar power plants, 5. describe and analyse the grid connection requirements of wind/solar power plants, 6. Describe and analyse the interaction between the grid and wind/solar power plant in different abnormal situations.

### **Sisältö:**

Drive train technologies in wind power systems, Permanent magnet synchronous generator drive train, double-fed induction generator drive train, electric conversion in PV solar power, system topologies and power electronics solutions in small and utility scale PV solar plants. Control of a wind power plant, control of a solar power plant, technical requirements in grid connection, voltage and reactive power control in wind/solar power plants, electrical protection of wind/solar power plants. Grid codes, other international regulations and standards in wind and solar power systems. Introduction to grid connection modelling software.

### **Suoritustavat:**

Lectures 28 h, exercises 14 h, demolectures 6 h, 4-6 h, assignment 62 h, independent working 37 h, examination 3h. Total workload 156 h. The course is suitable for distant learning. In distant learning, exercises are replaced by homeworks. Total workload 156 h.

### **Soveltuvuus jatko-opintoihin (Kyllä/Jätä tyhjäksi):**

Yes

### **Kuulustelujärjestyksen mukainen tentti (Kyllä/Ei):**

No

### **Moodle-tentti (Kyllä/Ei):**

Yes

### **Exam-tentti (Kyllä/Ei):**

No

**Arviointi:**

0-5, examination 50 %, homeworks 25 %, assignment 25 %

**Oppimateriaalit:**

Material handed out in class.

**Esitietovaatimukset:**

Previous knowledge of electrical engineering required. Basics of electrical machines and/or transmission of electricity recommended.

**Vaihto-opiskelijoille paikkoja? (Kyllä,paikkamäärä/Ei):**

max 10

**Paikkoja avoimen yliopiston opiskelijoille? (Kyllä, paikkamäärä/Ei):**

No

**BL40A2910: Electric Energy Conversion Systems, 4 op**

**Voimassaolo:** 01.08.2017 -

**Opiskelumuoto:** Yleisopinnot

**Laji:** Opintojakso

**Vastuuyksikkö:** LUT School of Energy Systems (23B2)

**Arvostelu:** Opintojaksot 0-5,H,P

**Opettajat:** Pasi Peltoniemi, Olli Pyrhönen

**Suoritusvuosi:**

M.Sc. (Tech.) 2

**Periodi:**

1

**Opetuskieli:**

English

**Vastuuopettaja(t):**

Professor, D.Sc. (Tech.) Olli Pyrhönen

**Tavoitteet:**

The student knows the most relevant electrical power conversion solutions in industrial and power system applications. He/she get knowledge of system topologies, main components and control principles in the selected application fields. He/she is able to make basic system design, component selection and dimensioning according to application specifications.

**Sisältö:**

Marine vessel power system technology, system layout, components and control principles. Electric vehicle and hybrid work machine power system technology, components and control principles. Industrial drive applications, components and control principles. Electrochemical conversion system applications, components and control principles. Examples of different applications. Component selection and dimensioning. Examples of existing system solutions in different application fields.

**Suoritustavat:**

14 hours of lectures, 1st period. 6-7 h Visiting lectures from industry, 2nd period. Assignment 1st and 2nd period 40 h.

Written examination 3 h. Independent working 40 h.

Total workload 104 h.

**Soveltuvuus jatko-opintoihin (Kyllä/Jätä tyhjäksi):**

Yes

**Kuulustelujärjestyksen mukainen tentti (Kyllä/Ei):**

No

**Moodle-tentti (Kyllä/Ei):**

Yes

**Exam-tentti (Kyllä/Ei):**

No

**Arviointi:**

0-5- Written examination (70%), assignment (30%).

**Oppimateriaalit:**

Lecture material.

**Esitietovaatimukset:**

Electrical Drives, Compact

Power Electronics

Säätötekniikan perusteet /Introduction to Control Engineering

**Vaihto-opiskelijoille paikkoja? (Kyllä,paikkamäärä/Ei):**

Yes, max 10

**Paikkoja avoimen yliopiston opiskelijoille? (Kyllä, paikkamäärä/Ei):**

no

**SaDSoc: Solar Economy, 18 - 21 op****Voimassaolo:** 01.08.2017 -**Opiskelumuoto:** Syventävät opinnot**Laji:** Kokonaisuus**Vastuuyksikkö:** LUT School of Energy Systems (23B2)**Arvostelu:** Opintojaksot 0-5,H,P*Elective module 18-21 ECTS cr.***BL20A1300: Energy Resources, 6 op****Voimassaolo:** 01.08.2014 -**Opiskelumuoto:** Yleisopinnot**Laji:** Opintojakso**Vastuuyksikkö:** LUT School of Energy Systems (23B2)**Arvostelu:** Opintojaksot 0-5,H,P**Opettajat:** Christian Breyer, Michael Child**Suoritusvuosi:**

M.Sc. (Tech.) 1

**Periodi:**

1-2

**Opetuskieli:**

English

**Vastuupettaja(t):**

Professor, D.Sc. (Tech.) Christian Breyer

**Tavoitteet:**

Upon completion of the course the student will be able to: 1. Identify the constraints and potentials of all relevant energy sources in a global context. 2. Describe all relevant energy conversion technologies on the basis of their energy resource. 3. Analyse the principal structure of future energy systems on the basis of energy resource characteristics. 4. Describe the special relevance of wind energy and solar energy in the ongoing energy transformation.

**Sisältö:**

The course provides an overview on the availability of energy resources and related emissions and techno-economic maturity of related energy conversion technologies, which induces a fundamental structure for the future energy system and the related energy transformation pathway. The course comprises the main energy resources for the current and future energy system: crude oil, natural gas, coal, uranium, hydro power, bioenergy, solar energy, wind energy, geothermal energy, and ocean energy. These energy resources have different theoretical, technical and economic potentials as well as geographic variations in availability. The resources also differ considerably in the impact of the emissions related to the respective energy conversion technologies being relevant for the degree of sustainability. A broad variety of energy conversion technologies at different levels of maturity are used for utilizing the resources.

**Suoritustavat:**

Lectures 14 h, exercises 14 h, 1st period. Lectures 14 h, exercises 14 h, 2nd period. Examination 3h. Independent study 97 h. Total workload 156 h.

**Kuulustelujärjestyksen mukainen tentti (Kyllä/Ei):**

Yes

**Moodle-tentti (Kyllä/Ei):**

No

**Exam-tentti (Kyllä/Ei):**

No

**Arviointi:**

0-5, examination 100%.

**Oppimateriaalit:**

Material handed out in class and made available on Moodle.

**Vaihto-opiskelijoille paikkoja? (Kyllä, paikkamäärä/Ei):**

15-

**Paikkoja avoimen yliopiston opiskelijoille? (Kyllä, paikkamäärä/Ei):**

max 5

**BL20A1400: Renewable Energy Technology, 6 op**

**Voimassaolo:** 01.08.2015 -

**Opiskelumuoto:** Yleisopinnot

**Laji:** Opintojakso

**Vastuuyksikkö:** LUT School of Energy Systems (23B2)

**Arvostelu:** Opintojaksot 0-5, H, P

**Opettajat:** Christian Breyer, Michael Child

**Suoritusvuosi:**

M.Sc. (Tech.) 1

**Periodi:**

3-4

**Opetuskieli:**

English

**Vastuopettaja(t):**

Professor, D.Sc. (Tech.) Christian Breyer

**Tavoitteet:**

Upon completion of the course the student will be able to: 1. Identify the major renewable energy (RE) conversion technologies, mainly converting resources to electricity. 2. Describe the major characteristics of the technologies, in particular applications, efficiency, economics, industrial scale and future prospects. 3. Analyse the need for storage technologies and their different fields of application based on their key technical and economic features.

**Sisältö:**

The course is focused on the conversion of the resources to electricity. The RE technologies discussed in the course are: wind turbines, solar photovoltaics, solar thermal electricity generation and hydro powerplants. The storage technologies covered comprise a general overview and in particular include battery storage, pumped hydro storage and power-to-gas technologies. All technologies are classified with respect to their applications, efficiency, maturity, economics, industrial scaling and expected relevance for the ongoing energy transformation.

**Suoritustavat:**

3<sup>rd</sup> period lectures 14 h, exercises 14 h. 4<sup>th</sup> period lectures 14 h, exercises 14 h, examination 3 h. Independent study 97 h. Total workload 156 h.

**Soveltuvuus jatko-opintoihin (Kyllä/Jätä tyhjäksi):**

Yes

**Kuulustelujärjestyksen mukainen tentti (Kyllä/Ei):**

Yes

**Moodle-tentti (Kyllä/Ei):**

No

**Exam-tentti (Kyllä/Ei):**

No

**Arviointi:**

0-5, examination 100 %

**Oppimateriaalit:**

Material handed out in class and made available on Moodle.

**Vaihto-opiskelijoille paikkoja? (Kyllä,paikkamäärä/Ei):**

15-

**Paikkoja avoimen yliopiston opiskelijoille? (Kyllä, paikkamäärä/Ei):**

max 5

**BL20A1500: Energy Scenarios, 6 op****Voimassaolo:** 01.08.2015 -**Opiskelumuoto:** Yleisopinnot**Laji:** Opintojakso**Vastuuyksikkö:** LUT School of Energy Systems (23B2)**Arvostelu:** Opintojaksot 0-5,H,P**Opettajat:** Michael Child, Christian Breyer**Suoritusvuosi:**



M.Sc. (Tech.) 2

**Periodi:**

1-2

**Opetuskieli:**

English

**Vastuopettaja(t):**

Professor, D.Sc. (Tech.) Christian Breyer

**Tavoitteet:**

Upon completion of the course the student will be able to: 1. Describe the sustainability requirements of future energy systems as the major guard rail for the energy transformation. 2. Analyse energy transformation scenarios and identify the key technologies and setups for sustainable energy progress. 3. Describe the energy transformation in all sectors, the major technologies, the required transformation period and entire system cost optimization. 4. Describe the special role of power technologies for the energy transformation. 5. Recognize the difference between standard levelized cost of energy and total societal cost of energy.

**Sisältö:**

The course comprises the key elements of energy scenarios: demand, supply, cost, constraints. Energy demand is an aggregate of power, heat, cooling, mobility, agriculture and industrial energy needs. The demand has to be matched with supply of energy fulfilling sustainability criteria, safety requirements and societal acceptance for the least cost. A complete set of demand curves, technical characteristics of all major technologies, current and projected technology costs and emission factors are taken into account for sustainable energy transformation pathway formulation. The special relevance of wind energy and solar photovoltaics, the increasing relevance of power technologies, the role of storage technologies and the necessity of societal cost of energy are discussed in detail. Real scenarios for Finland, Europe and the World used as references.

**Suoritustavat:**

1<sup>st</sup> period lectures 14 h, exercises 14 h. 2<sup>nd</sup> period lectures 14 h, exercises 14 h, presentation/oral examination 1 h. Independent study 99 h. Total workload 156 h.

**Soveltuvuus jatko-opintoihin (Kyllä/Jätä tyhjäksi):**

Yes

**Kuulustelujärjestyksen mukainen tentti (Kyllä/Ei):**

No

**Moodle-tentti (Kyllä/Ei):**

No

**Exam-tentti (Kyllä/Ei):**

No

**Arviointi:**

0-5, presentation/oral examination 100 %

**Oppimateriaalit:**

Material handed out in class and made available on Moodle.

**Esitietovaatimukset:**

BL20A1300 Energy Resources and BL20A1400 Renewable Energy Technology (at least one of the two courses)

**Vaihto-opiskelijoille paikkoja? (Kyllä,paikkamäärä/Ei):**

max 15

**Paikkoja avoimen yliopiston opiskelijoille? (Kyllä, paikkamäärä/Ei):**

max 5

**BL10A8400SS: Solar Economy and Smart Grids, 3 op****Voimassaolo:** 01.06.2014 -**Opiskelumuoto:** Yleisopinnot**Laji:** Opintojakso**Vastuuyksikkö:** LUT School of Energy Systems (23B2)**Arvostelu:** Opintojaksot 0-5,H,P**Opettajat:** Jarmo Partanen, Christian Breyer, Olli Pyrhönen, Satu Viljainen**Suoritusvuosi:**

M.Sc. (Tech.) 1-2

**Periodi:**

INT. Summer School

**LUT Summer School ajankohta:**

6. – 10.8.2018

**Opetuskieli:**

English

**Vastuupettaja(t):**

Professor, D.Sc. (Tech.) Christian Breyer

**Tavoitteet:**

After having passed this course the student is able to:

- understand the basic processes of solar economy and Smart Grids
- recognize the key properties of global climate challenges, solar economy, electricity market models, wind and solar power technologies, energy storage technologies and smart grid concept
- recognize the most important aspects, chances and challenges of transformation from existing energy systems to sustainable energy systems.

**Sisältö:**

During the course the student will become familiar with the properties and application areas of:

- Climate change
- Solar economy
- Wind power technology
- Solar power technology
- Energy Storage Technologies
- New electricity market
- Demand response
- Smart Grid concept.

**Suoritustavat:**

- Introductory lectures and exercises 24 h
- Team work and a limited project work 20 h
- Presentations of the results of the team work/ project work 8 h
- Independent work is needed 26 h.

Total workload 78 h.

**Kuulustelujärjestyksen mukainen tentti (Kyllä/Ei):**

No

**Moodle-tentti (Kyllä/Ei):**

No

**Exam-tentti (Kyllä/Ei):**

No

**Arviointi:**

Final grade 0 –5, project work/presentation

**Oppimateriaalit:**

Lecture notes and other materials distributed during the course by email.

**Esitietovaatimukset:**

Previous studies either in electrical engineering, environmental engineering or energy engineering are recommended.

**Vaihto-opiskelijoille paikkoja? (Kyllä,paikkamäärä/Ei):**

15–

**Paikkoja avoimen yliopiston opiskelijoille? (Kyllä, paikkamäärä/Ei):**

max 5

**SaDCaA: Control and Automation, 22 op**

**Voimassaolo:** 01.08.2017 -

**Opiskelumuoto:** Syventävät opinnot

**Laji:** Kokonaisuus

**Vastuuyksikkö:** LUT School of Energy Systems (23B2)

**Arvostelu:** Opintojaksot 0-5,H,P

*Elective module 22 ECTS cr.*

**BL40A0810: Digital Signal Processing II, 4 op**

**Voimassaolo:** 01.08.2017 -

**Opiskelumuoto:** Yleisopinnot

**Laji:** Opintojakso

**Vastuuyksikkö:** LUT School of Engineering Science (23B3)

**Arvostelu:** Opintojaksot 0-5,H,P

**Opettajat:** Antti Kosonen, Tuomo Lindh

**Suoritusvuosi:**

M.Sc. (Tech.) 1

**Periodi:**

3-4

**Opetuskieli:**

English

**Vastuuopettaja(t):**

Associate Professor, D.Sc. Antti Kosonen

**Tavoitteet:**

Upon completion of the course the student will be able to: 1. describe the practical implementation of digital filters, 2. describe the finite word length effects on the frequency response and operation of a filter, 3. in order to minimize these effects, transform the direct-form implementations into a more beneficial format with respect to the finite word length effects and do the required scaling, 4. describe the representations of fixed and floating point numbers, 5. design FIR and IIR filters with the ready-made software and describe the basics of design methods, 6. know applications of optimal and adaptive filters, 7. implement median filters.

**Sisältö:**

The finite word length effects and elimination of these effects. Alternative structures for discrete-time systems and their programming implementation. Computer-aided design of digital filters. Decimation and interpolation. Median filters. Optimal and adaptive filters.

**Suoritustavat:**

14 h of lectures and 14 h of tutorials, 1st period. 14 h of lectures, 14 h of tutorials, 30 h of assignment with seminar, 2nd period. Written examination. Independent study 18 h. Total workload 104 h.

**Soveltuvuus jatko-opintoihin (Kyllä/Jätä tyhjäksi):**

Yes

**Kuulustelujärjestyksen mukainen tentti (Kyllä/Ei):**

Yes

**Moodle-tentti (Kyllä/Ei):**

No

**Exam-tentti (Kyllä/Ei):**

No

**Arviointi:**

Examination 60%, assignment 40%.

**Oppimateriaalit:**

Proakis, J.G. and Manolakis, D.G.: Digital Signal Processing, Principles, Algorithms, and Applications. Lecture slides.

Luukko, J.: Digitaalinen suodatus (luentomoniste)

**Esitietovaatimukset:**

BL40A0401 Signaalien digitaalinen käsittely I (Digital Signal Processing I) or corresponding knowledge.

**Vaihto-opiskelijoille paikkoja? (Kyllä, paikkamäärä/Ei):**

max 10

**Paikkoja avoimen yliopiston opiskelijoille? (Kyllä, paikkamäärä/Ei):**

max 15

**BL40A1202: Digital Control Design, 6 op**

**Voimassaolo:** 01.08.2017 -

**Opiskelumuoto:** Yleisopinnot

**Laji:** Opintojakso

**Vastuuyksikkö:** LUT School of Energy Systems (23B2)

**Arvostelu:** Opintojaksot 0-5, H, P

**Opettajat:** Olli Pyrhönen, Rafal Jastrzebski, Pasi Peltoniemi

**Suoritusvuosi:**

M.Sc. (Tech.) 1

**Periodi:**

1-2

**Opetuskieli:**

Suomi ja englanti

**Vastuupettaja(t):**

Professor Olli Pyrhönen

**Tavoitteet:**

Upon completion of the course students are able to design and implement a digital control system for industrial application independently. The necessary skills are dynamic plant modeling, system design, control synthesis, system simulation and digital controller implementation in an industrial control platform.

**Sisältö:**

The teaching approach on this course is practical control design and implementation for different applications. The first half of the course introduces design of advanced control methods for different application. The application topics may change yearly. The following topics are included, plant modelling, different state-space and transfer functions algorithms for SISO and MIMO systems, digital controller synthesis, system simulation, controller programming and testing. In the second half of the course every student will design, program and test a controller using an industrial controller platform and a laboratory equipments.

**Suoritustavat:**

28 h interactive lectures in computer class room, 1. period, 14 h control system development project tutorial lectures in computer class room, laboratory working 6 h, exam 3 h, independent studies.

Total workload 156 h.

**Soveltuvuus jatko-opintoihin (Kyllä/Jätä tyhjäksi):**

Kyllä

**Kuulustelujärjestyksen mukainen tentti (Kyllä/Ei):**

Ei

**Moodle-tentti (Kyllä/Ei):**

Kyllä

**Exam-tentti (Kyllä/Ei):**

Ei

**Arviointi:**

Examination 60%, control system design project 40%.

**Oppimateriaalit:**

Lecture script and handout, more detailed material in the text books:

Franklin G.F., Powell J.D., Workman M.L., Digital Control of Dynamic Systems, Addison-Wesley, 1998,

Kuo B., Digital Control Systems, 2nd ed., Oxford University Press, 1992,

Åström K.J., Wittenmark B., Computer Controlled Systems, 3rd ed., Prentice Hall, 1997, 557 p.

**Esitietovaatimukset:**

BL40A0200 Sääätötekniikan perusteet A or BL40A0300 - Sääätötekniikan perusteet B

BL40A0501 - Digitaalisäädön perusteet

**Vaihto-opiskelijoille paikkoja? (Kyllä,paikkamäärä/Ei):**

max 10

**Paikkoja avoimen yliopiston opiskelijoille? (Kyllä, paikkamäärä/Ei):**

Ei

**BL40A2700: System Engineering Project Work, 6 op**

**Voimassaolo:** 01.08.2013 -

**Opiskelumuoto:** Yleisopinnot

**Laji:** Opintojakso

**Vastuuyksikkö:** LUT School of Energy Systems (23B2)

**Arvostelu:** Opintojaksot 0-5,H,P

**Opettajat:** Olli Pyrhönen, Tuomo Lindh, Jan-Henri Montonen, Jero Ahola

**Suoritusvuosi:**

M.Sc. (Tech.) 2

**Periodi:**

1-2

**Opetuskieli:**

English

**Vastuopettaja(t):**

Associate professor, D.Sc. (Tech.) Tuomo Lindh, professor, D.Sc. (Tech.) Olli Pyrhönen, professor, D.Sc. (Tech.) Jero Ahola

**Tavoitteet:**

Upon completion of the course the student is prepared to work in a R&D team as a system engineer. The student is able to manage the project scheduling and project roles, and share responsibilities among group members. The student can produce a technical documentation.

**Sisältö:**

The students will analyse and design a selected electrical energy conversion system in the field of industrial electrical drives, renewable energy conversion or motion control system. The topics are linked to an on-going research project or industrial co-operation in the above-mentioned fields. The project work includes several partly alternative system engineering tasks, such as project planning, preliminary system design, dynamic modelling and simulation, component dimensioning, electrical dimensioning, control design, automation design, control software design and project documentation. The tasks are project dependent and will be defined in the project plan.

Introduction to a system engineering approach in technical projects. Project documentation, different tasks in project work, project planning and implementation, example projects, execution of system engineering tasks, project documentation and presentation. The main result of the project work is technical project documentation including an overall description and the results of agreed system engineering tasks.

**Suoritustavat:**

Introductory lecture, independent group working (3-5 students in one group), individual tasks within the group work, project group meetings with supervisors, writing project documentation, project presentation and demonstration. The project work topics will be defined in detail at the beginning of the course.

Total workload 156 h.

**Kuulustelujärjestyksen mukainen tentti (Kyllä/Ei):**

No

**Moodle-tentti (Kyllä/Ei):**

No

**Exam-tentti (Kyllä/Ei):**

No

**Arviointi:**

0-5, Project work that includes management of the project, system design, problem solving, designs, documentation and presentation.

Also the project phases from setting the goals to the design, implementation and utilization are graded.

**Oppimateriaalit:**

Project related material.

Jürg Kuster, Eugen Huber, Robert Lippmann, Alphons Schmid, Emil Schneider, Urs Witschi, Roger Wüst. Project Management Handbook, ISBN 978-3-662-45373-5.

**Esitietovaatimukset:**

A majority of the M.Sc. (El. Eng.) studies should be completed before participation.

**Vaihto-opiskelijoille paikkoja? (Kyllä,paikkamäärä/Ei):**

No

**Paikkoja avoimen yliopiston opiskelijoille? (Kyllä, paikkamäärä/Ei):**

This course has 1-5 places for open university students. More information on the web site for open university instructions.

**BL40A2810: Automation, 6 op**

**Voimassaolo:** 01.08.2017 -

**Opiskelumuoto:** Yleisopinnot

**Laji:** Opintojakso

**Vastuuyksikkö:** LUT School of Energy Systems (23B2)

**Arvostelu:** Opintojaksot 0-5,H,P

**Opettajat:** Jan-Henri Montonen, Tuomo Lindh

**Suoritusvuosi:**

M.Sc. (Tech.) 1

**Periodi:**

1-2

**Opetuskieli:**

English

**Vastuuopettaja(t):**

Associate professor, D.Sc. (Tech.) Tuomo Lindh

**Tavoitteet:**

Upon completion of the course the student will be able to: 1. apply automation and digital control theory to practical implementations, 2. use the analog and digital communication techniques applied to automation, 3. apply fieldbuses, 4. formulate a dynamic system model of motor drives 5. Simulate servo motor driven mechatronic systems, 6. construct controllers and models of dynamic systems using IEC61131-3 and C programming languages, 7. select a proper controller structure, 8. work in a group solving automation and control problems.

**Sisältö:**

IEC61131-3 programming languages, Feedback devices, Automation hardware and software. Fieldbuses. Basics of servo drive dynamics, Utilizing Simulink models in PLC systems. C/C++ languages in PLC systems. HMI, OPC, IoT in automation. Introduction to safety in automation.

**Suoritustavat:**

Lectures 14 h, exercises 14 h, 1st period.

Lectures 14 h, exercises 14 h, 2nd period.

Independent study: project work 35 h, laboratory exercises 21h

preparation for examination 40 h, examination at Moodle 4 h.

Total workload 156 h.

**Kuulustelujärjestyksen mukainen tentti (Kyllä/Ei):**

No

**Moodle-tentti (Kyllä/Ei):**

Yes

**Exam-tentti (Kyllä/Ei):**

No

**Arviointi:**

0-5, examination 40 %. Project work 60%.

**Oppimateriaalit:**

Presentation slides at Moodle.

Karl-Heinz John, Michael Tiegelkamp. IEC 61131-3: Programming Industrial Automation Systems. e-ISBN 978-3-642-12015-2.

**Esitietovaatimukset:**

Basics of programming.

**Vaihto-opiskelijoille paikkoja? (Kyllä, paikkamäärä/Ei):**

Yes, 10.

**Paikkoja avoimen yliopiston opiskelijoille? (Kyllä, paikkamäärä/Ei):**

This course has 1-10 places for open university students. More information on the web site for open university instructions.

**SaDEmSy: Embedded Systems, 24 op**

**Voimassaolo:** 01.08.2017 -

**Opiskelumuoto:** Syventävät opinnot

**Laji:** Kokonaisuus

**Vastuuyksikkö:** LUT School of Energy Systems (23B2)

**Arvostelu:** Opintojaksot 0-5, H, P

*Elective module 24 ECTS cr.*

**BL40A0810: Digital Signal Processing II, 4 op**

**Voimassaolo:** 01.08.2017 -

**Opiskelumuoto:** Yleisopinnot

**Laji:** Opintojakso

**Vastuuyksikkö:** LUT School of Engineering Science (23B3)

**Arvostelu:** Opintojaksot 0-5, H, P

**Opettajat:** Antti Kosonen, Tuomo Lindh

**Suoritusvuosi:**

M.Sc. (Tech.) 1

**Periodi:**

3-4

**Opetuskieli:**

English

**Vastuupettaja(t):**

Associate Professor, D.Sc. Antti Kosonen

**Tavoitteet:**

Upon completion of the course the student will be able to: 1. describe the practical implementation of digital filters, 2. describe the finite word length effects on the frequency response and operation of a filter, 3. in order to minimize these effects, transform the direct-form implementations into a more beneficial format with respect to the finite word length effects and do the required scaling, 4. describe the representations of fixed and floating point numbers, 5. design FIR and IIR filters with the ready-made software and describe the basics of design methods, 6. know applications of optimal and adaptive filters, 7. implement median filters.

**Sisältö:**



The finite word length effects and elimination of these effects. Alternative structures for discrete-time systems and their programming implementation. Computer-aided design of digital filters. Decimation and interpolation. Median filters. Optimal and adaptive filters.

**Suoritustavat:**

14 h of lectures and 14 h of tutorials, 1st period. 14 h of lectures, 14 h of tutorials, 30 h of assignment with seminar, 2nd period. Written examination. Independent study 18 h. Total workload 104 h.

**Soveltuvuus jatko-opintoihin (Kyllä/Jätä tyhjäksi):**

Yes

**Kuulustelujärjestyksen mukainen tentti (Kyllä/Ei):**

Yes

**Moodle-tentti (Kyllä/Ei):**

No

**Exam-tentti (Kyllä/Ei):**

No

**Arviointi:**

Examination 60%, assignment 40%.

**Oppimateriaalit:**

Proakis, J.G. and Manolakis, D.G.: Digital Signal Processing, Principles, Algorithms, and Applications. Lecture slides.

Luukko, J.: Digitaalinen suodatus (luentomoniste)

**Esitietovaatimukset:**

BL40A0401 Signaalien digitaalinen käsittely I (Digital Signal Processing I) or corresponding knowledge.

**Vaihto-opiskelijoille paikkoja? (Kyllä, paikkamäärä/Ei):**

max 10

**Paikkoja avoimen yliopiston opiskelijoille? (Kyllä, paikkamäärä/Ei):**

max 15

**BL40A1101: Embedded System Programming, 5 op**

**Voimassaolo:** 01.08.2017 -

**Opiskelumuoto:** Yleisopinnot

**Laji:** Opintojakso

**Vastuuyksikkö:** LUT School of Energy Systems (23B2)

**Arvostelu:** Opintojaksot 0-5, H, P

**Opettajat:** Teemu Sillanpää, Jouni Vuojolainen, Tuomo Lindh

**Suoritusvuosi:**

M.Sc. (Tech.) 1

**Periodi:**

1-2

**Opetuskieli:**

English

**Vastuopettaja(t):**

Associate professor, D.Sc. (Tech.) Tuomo Lindh

**Tavoitteet:**

Upon completion of the course the student will be able to: 1. apply C language and its structures to embedded system programming, 2. form complex data types such as structures, unions and buffers and use these in order to maintain information of different entities (e.g. processing units), 3. control the registers of a micro controller using C-language, 4. use different PUs of a micro controller, 5. Take into use a real time operation system.

**Sisältö:**

Design tools, C-language in embedded system programming, utilization of a micro controller environment (registers, timers, buses, A/D conversion etc.). Typical data structures, typical program structures in real-time applications.

**Suoritustavat:**

14 h of lectures, 14 h of tutorials, 1st period. 14 h of lectures, 14 h of tutorials, 2nd period. Assignment. Written examination. Total workload 130 h.

**Kuulustelujärjestyksen mukainen tentti (Kyllä/Ei):**

Yes

**Moodle-tentti (Kyllä/Ei):**

No

**Exam-tentti (Kyllä/Ei):**

No

**Arviointi:**

0-5, assignment 1 50 %, examination 50 %.

**Oppimateriaalit:**

Wolf, W.: Computers as components: principles of embedded computing system design. Lecture notes.

**Esitietovaatimukset:**

Basics of C language.

**Vaihto-opiskelijoille paikkoja? (Kyllä,paikkamäärä/Ei):**

No

**Paikkoja avoimen yliopiston opiskelijoille? (Kyllä, paikkamäärä/Ei):**

This course has 1-5 places for open university students. More information on the web site for open university instructions.

**BL40A1601: Embedded System Design, 6 op**

**Voimassaolo:** 01.08.2013 -

**Opiskelumuoto:** Yleisopinnot

**Laji:** Opintojakso

**Vastuuyksikkö:** LUT School of Energy Systems (23B2)

**Arvostelu:** Opintojaksot 0-5,H,P

**Opettajat:** Jero Ahola, Juhamatti Korhonen

**Suoritusvuosi:**

M.Sc. (Tech.) 1

**Periodi:**

3-4

**Opetuskieli:**

English

**Vastuopettaja(t):**

D.Sc. (Tech.) Juhamatti Korhonen

**Tavoitteet:**

Upon completion of the course the student will be able to program with VHDL hardware design language and design and implement digital systems by using programmable logic circuits.

**Sisältö:**

Circuit design of digital electronics with programmable logic circuits. Principles of digital circuit design, system level synthesis, hardware design languages.

**Suoritustavat:**

Lectures 14 h, exercises, 14 h, 3rd period. Lectures 14 h, exercises, 14 h, assignment, 4th period. Examination.

Total workload 156 h.

**Kuulustelujärjestyksen mukainen tentti (Kyllä/Ei):**

Yes

**Moodle-tentti (Kyllä/Ei):**

No

**Exam-tentti (Kyllä/Ei):**

No

**Arviointi:**

0-5, examination 25 %, assignment 1 25 %, assignment 2 50 %.

**Oppimateriaalit:**

To be announced in class.

**Esitietovaatimukset:**

Basics of digital design and digital electronics, basics of programming.

**Vaihto-opiskelijoille paikkoja? (Kyllä,paikkamäärä/Ei):**

Yes, 15

**Paikkoja avoimen yliopiston opiskelijoille? (Kyllä, paikkamäärä/Ei):**

Max. 15

**BL40A1740: Digital Electronics, 3 op**

**Voimassaolo:** 01.08.2017 -

**Opiskelumuoto:** Yleisopinnot

**Laji:** Opintojakso

**Vastuuyksikkö:** LUT School of Energy Systems (23B2)

**Arvostelu:** Opintojaksot 0-5,H,P

**Opettajat:** Jero Ahola, Tero Ahonen

**Suoritusvuosi:**

M.Sc. (Tech.) 1

**Periodi:**

2

**Opetuskieli:**

English

**Vastuuopettaja(t):**

Antti Pinomaa, D.Sc. (Tech.), Post-doctoral researcher

**Tavoitteet:**

After the completion of course, the student is able to design, implement and simulate digital systems based on sequential logic. He/she is able to describe the functionality and implementation of basic sequential logic circuits, registries, memories, programmable logic circuits. In addition, the student is able to understand how digital systems are implemented with electronics and what physical limitations are involved.

**Sisältö:**

Sequential logic, components based on sequential logic, registries, memories, programmable logic circuits, design, simulation and implementation of digital systems, design of algorithmic state machines.

**Suoritustavat:**

Lectures 18 h, exercises 12 h, individual weekly assignments, independent study 48 h.  
Total workload 78 h.

**Kuulustelujärjestyksen mukainen tentti (Kyllä/Ei):**

Yes

**Moodle-tentti (Kyllä/Ei):**

No

**Exam-tentti (Kyllä/Ei):**

No

**Arviointi:**

0-5, exam 100%. 70% of weekly assignments satisfactorily passed.

**Oppimateriaalit:**

Lecture material in Moodle.

Additionally, it is recommended to follow the book Floyd, Digital Fundamentals to the appropriate extent.

**Esitietovaatimukset:**

BL40A1730 Digitaalitekniikka (Digital technology)

Basics of digital technology (Boolean algebra, combinatorial logic systems)

**Vaihto-opiskelijoille paikkoja? (Kyllä,paikkamäärä/Ei):**

max 15

**Paikkoja avoimen yliopiston opiskelijoille? (Kyllä, paikkamäärä/Ei):**

max 15

**BL40A2700: System Engineering Project Work, 6 op**

**Voimassaolo:** 01.08.2013 -

**Opiskelumuoto:** Yleisopinnot

**Laji:** Opintojakso

**Vastuuyksikkö:** LUT School of Energy Systems (23B2)

**Arvostelu:** Opintojaksot 0-5,H,P

**Opettajat:** Olli Pyrhönen, Tuomo Lindh, Jan-Henri Montonen, Jero Ahola

**Suoritusvuosi:**

M.Sc. (Tech.) 2

**Periodi:**

1-2

**Opetuskieli:**

English

**Vastuopettaja(t):**

Associate professor. D.Sc. (Tech.) Tuomo Lindh, professor, D.Sc. (Tech.) Olli Pyrhönen, professor, D. Sc. (Tech.) Jero Ahola

**Tavoitteet:**

Upon completion of the course the student is prepared to work in a R&D team as a system engineer. The student is able to manage the project scheduling and project roles, and share responsibilities among group members. The student can produce a technical documentation.

**Sisältö:**

The students will analyse and design a selected electrical energy conversion system in the field of industrial electrical drives, renewable energy conversion or motion control system. The topics are linked to an on-going research project or industrial co-operation in the above-mentioned fields. The project work includes several partly alternative system engineering tasks, such as project planning, preliminary system design, dynamic modelling and simulation, component dimensioning, electrical dimensioning, control design, automation design, control software design and project documentation. The tasks are project dependent and will be defined in the project plan.

Introduction to a system engineering approach in technical projects. Project documentation, different tasks in project work, project planning and implementation, example projects, execution of system engineering tasks, project documentation and presentation. The main result of the project work is technical project documentation including an overall description and the results of agreed system engineering tasks.

**Suoritustavat:**

Introductory lecture, independent group working (3-5 students in one group), individual tasks within the group work, project group meetings with supervisors, writing project documentation, project presentation and demonstration. The project work topics will be defined in detail at the beginning of the course.

Total workload 156 h.

**Kuulustelujärjestyksen mukainen tentti (Kyllä/Ei):**

No

**Moodle-tentti (Kyllä/Ei):**

No

**Exam-tentti (Kyllä/Ei):**

No

**Arviointi:**

0-5, Project work that includes management of the project, system design, problem solving, designs, documentation and presentation.

Also the project phases from setting the goals to the design, implementation and utilization are graded.

**Oppimateriaalit:**

Project related material.

Jürg Kuster, Eugen Huber, Robert Lippmann, Alphons Schmid, Emil Schneider, Urs Witschi, Roger Wüst. Project Management Handbook, ISBN 978-3-662-45373-5.

**Esitietovaatimukset:**

A majority of the M.Sc. (El. Eng.) studies should be completed before participation.

**Vaihto-opiskelijoille paikkoja? (Kyllä,paikkamäärä/Ei):**

No

**Paikkoja avoimen yliopiston opiskelijoille? (Kyllä, paikkamäärä/Ei):**

This course has 1-5 places for open university students. More information on the web site for open university instructions.