

# Opasraportti

LUT School of Energy Systems (23B2)

## Diplomi-insinööri Sähkötekniikka DIODI

### Sähkötekniikan DIODI-ohjelma 2018-2019 Sähkötekniikan diplomi-insinöörin tutkinto (120 op)

*The MSc programme DIODI 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.

#### DIODI:n 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. Sähkötekniikasta valmistuneella on kyky soveltaa sähkötekniikan keskeisiä teorioita käytännön sähkötekniisiin ja elektronisiin laitteisiin. Hän pystyy soveltamaan tietojaan ja taitojaan alan tuotekehitykseen, tutkimukseen ja markkinointiin liittyvissä tehtävissä sekä näiden johtamisessa. Kansainvälisestä toiminnasta ja kieliopinnoista kiinnostuneille yliopistomme tarjoaa laajan kielivalikoiman sekä erinomaiset mahdollisuudet lähteä opiskelijavaihtoon tai -harjoitteluun ulkomaille. Koulutus antaa valmiudet myös tieteelliseen jatkokoulutukseen ja itsenäiseen opiskeluun.

##### 1. Sähköverkot ja -markkinat (DIODI)

Syventymiskohteen opinnot suoritettuaan opiskelija osaa suunnitella sähkönjakeluverkkoja ja johtaa sähköverkkoliiketoiminnan kehittämistä, sisältäen sähkötekniikan suunnittelun, verkkojen teknistaloudellisen mitoituksen sekä sähköverkkoliiketoiminnan strategisen suunnittelun ottaen huomioon sähkönjakeluverkkoihin liittyvän regulaation rajoitteet ja mahdollisuudet. Opiskelija tunnistaa keskeiset tekniset ja sähkömarkkinakehityksen vaikutukset sähköenergiajärjestelmässä. Lisäksi opiskelija tuntee erilaisten sähköenergianmuuntojärjestelmien (mm. laivasähköjärjestelmät ja sähköisten kulkuneuvojen tehojärjestelmät) keskeisimmät toimintaperiaatteet, komponenttitekniikan ja säätöperiaatteet sekä osaa suunnitella perustopologian ja mitoittaa komponentit erilaisiin sähköenergian muuntosovelluksiin.

##### 2. Electrical Drives

Opinnot suoritettuaan opiskelija hallitsee sähkökäyttöjen järjestelmäkokonaisuuksia (sis. mm. taajuudenmuuttaja, sähkömoottori tai -generaattori ja mekaaninen kuorma). Opiskelija ymmärtää pyöriä 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.

### 3. Power Electronics

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

### 4. Electric Conversion Systems

Opinnot suoritettuaan opiskelija tuntee erilaisten tehoelektroniikkapohjaisten sähköenergianmuuntojärjestelmien keskeisimmät toimintaperiaatteet, komponenttitekniikan ja säätöperiaatteet. Opiskelija osaa suunnitella perustopologian sekä valita ja mitoittaa komponentit erilaisiin sähköenergian muutosovelluksiin. Opintoissa perehdytään erityisesti teollisuuskäyttöihin, laivasähköjärjestelmiin, sähköisten kulkuneuvojen tehojärjestelmiin sekä smart-grid ja tuuli- ja aurinkovoimalateknologiaan.

### 5. Elektroniikan tuotesuunnittelu

Opinnot suoritettuaan 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.

## Tutkintorakenne

Diplomi-insinöörin tutkinto 120 op muodostuu

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

Sähkötekniikan diplomi-insinöörin tutkintoon tähtäävä DIODI-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. DIODI-ohjelma poikkeaa jonkin verran sisällöltään päiväopintoina opiskeltavasta sähkötekniikan DI-ohjelmasta.

Lisätietoja Uni-portaalissa:

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

## Tutkintorakenteet

### Sähkötekniikan DI-ohjelman "DIODI" tutkinnon rakenne

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

Sähkötekniikan syventymisopinnot sisältävät diplomityön (30 op) sekä 2-3 opiskelijan valitsemaa moduulia. DIODI:ssa syventymisopintojen moduuleja ovat Sähköverkot ja -markkinat (DIODI), Electrical Drives, Power Electronics, Electric Conversion Systems sekä Elektroniikan tuotesuunnittelu. Jos syventymisopintoja on yli 80 op, ei tarvita erillistä sivuopintokokonaisuutta.

Sivuopintojen laajuus on vähintään 20 op. Sivuoipintokokonaisuuden voi vapaasti valita LUT:n tarjonnasta tai tehdä vaihdossa/muussa yliopistossa. Koulutusohjelman oman sivuopintojen kokonaisuuden (SaDsähkö Sähkötekniikka)

sisällöksi valitaan yksi syventymisopintojen moduuleista. Jos laajuus on alle 20 op, valitaan puuttuva määrä opintoja muista moduuleista.

HUOM. Mikäli syventymisopintojen laajuus on vähintään 80 op, ei sivuopintokokonaisuutta tarvitse suorittaa.

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

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

## Sähkötekniikan diplomi-insinöörin tutkinto DIODI 2018-2019

Tutkintorakenteen tila: hyväksytty

Lukuvuosi: 2018-19

Lukuvuoden alkamispäivämäärä: 01.08.2018

### Ydinopinnot (vähintään 20 op)

DIODI-ohjelman ydinopintojen laajuus on vähintään 20 op.

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

SaDIODIYdin: Sähkötekniikan ydinopinnot DIODI, 20 - 22 op

*Pakolliset ydinopinnot 20 op, joihin kuuluu pakollista työharjoittelua 2 op.*

BL10A8000: DI- tutkinnon työharjoittelu, 2 - 10 op

BL20A0900: Tiede, teknologia ja yhteiskunta, 4 op

BL40A2301: Energy Efficiency, 6 op

BL10A1200: Tutkimusmetodiikka DIODI, 4 op

BL10A1210: Sähkötekniikan laboratorio työt DIODI, 4 op

### Sähkötekniikan syventymisopinnot (70 - 95 op)

Sähkötekniikan syventymisopinnot sisältävät diplomityön (30 op) sekä 2-3 opiskelijan valitsemaa moduulia niin, että syventymisopintojen laajuus on vähintään 70 op.

HUOM. Mikäli syventymisopintojen laajuus on vähintään 80 op, ei DI-tutkintoon tarvitse ottaa sivuopintokokonaisuutta.

SaDIODISyv: Sähkötekniikan syventymisopinnot DIODI, 70 - 95 op

*Diplomityö 30 op*

BL10A2001: Diplomityö, 30 op

*Valitse 2-3 moduulia niin, että syventymisopintojen minimilaajuus täyttyy*

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

SaDSVM: Sähköverkot ja -markkinat DIODI, 18 op

*Valinnainen moduuli 23 op*

BL20A0400: Sähkömarkkinat, 5 op

BL20A0500: Sähkönjakelutekniikka, 8 op

BL20A0600: Sähkönsiirtotekniikka, 5 op

- BL20A1600: Smart Grids, 5 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  
 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

### Sivuopinnot (vähintään 20 op)

Sivuopinnot voi vapaasti valita LUT:n sivuopintokokonaisuuksien tarjonnasta tai tehdä vaihdossa/muussa yliopistossa (anomuksesta). Koulutusohjelman oman sivuopintokokonaisuuden (SaDSähkö Sähkötekniikka, väh. 20 op) sisällöksi valitaan yksi syventymisopinnojen moduuleista. Jos laajuus on alle 20 op, valitaan puuttuva määrä opintoja muista moduuleista.

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  
 EnDMES Modelling of Energy Systems  
 KeSoM200 Kemia  
 KeSoM300 Kemian prosessitekniikka  
 KeSOD400 Biobased Chemical Engineering (etäopiskeltava)  
 KeSOD500 Advanced Chemistry  
 KoDSaKote Konetekniikka  
 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.

HUOM. Mikäli syventymisopinnojen laajuus on vähintään 80 op, ei DI-tutkintoon tarvitse ottaa sivuopintokokonaisuutta.

## 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 opintopaketteja. 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

Sivuopintojen laajuus on vähintään 20 op. Sivuo pintokokonaisuuden voi vapaasti valita LUT:n tarjonnasta tai tehdä vaihdossa/muussa yliopistossa. Koulutusohjelman oman sivuo pintojen kokonaisuuden (**SaDSähkö Sähkötekniikka**) sisällöksi valitaan yksi syventymisopintojen moduuleista. Jos laajuus on alle 20 op, valitaan puuttuva määrä opintoja muista moduuleista.

HUOM. Mikäli syventymisopintojen laajuus on vähintään 80 op, ei sivuo pintokokonaisuutta tarvitse suorittaa.

### DI-tutkintoihin soveltuvia sivuo pintokokonaisuuksia lukuvuonna 2018-2019 ovat:

(sivuo pintokokonaisuutta 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  
 KoDSaKote Konetekniikka  
 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 sivuo pintokokonaisuuksien tarkempi sisältö: katso erillinen Sivuo pintokokonaisuudet opas.

EnDSOEDM: Energiatekniikka digitaalisille maisteriohjelmille, 21 op

*Sivuo pintokokonaisuus 21 op. Tarkoitettu LESin ja LENSin digiohjelmien opiskelijoille.*

BH40A0010: Johdatus energiaterniikkaan EnTeDI -opiskelijoille, 4 op

BH40A0210: Energiaterhokkaat pumppu-, puhallin- ja kompressorijärjestelmät, 4 op

BH40A0220: Efficient Power Plants and Waste Heat Recovery, 5 op

BH61A020E: Energy Economics for EnTeDI, 5 op

BH61A060E: Bioenergy for EnTeDI, 3 op

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

SaDSoc: 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

#### SaDIODIYdin: Sähkötekniikan ydinopinnot DIODI, 20 - 22 op

**Voimassaolo:** 01.08.2016 -**Opiskelumuoto:** Yleisopinnot**Laji:** Kokonaisuus**Vastuuyksikkö:** LUT School of Energy Systems (23B2)**Arvostelu:** Opintojaksot 0-5,H,P*Pakolliset ydinopinnot 20 op, joihin kuuluu pakollista työharjoittelua 2 op.***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

**Vastuopettaja(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) töihin, 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 tutkintorakenneosuudesta. Kokonaismitoitus 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



**Voimassaolo:** 01.08.2007 -

**Opiskelumuoto:** Yleisopinnot

**Laji:** Opintojakso

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

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

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

**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

**Vastuupettaja(t):**

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

**Tavoitteet:**

Opintojakson suoritettuaan opiskelija osaa

- hahmottaa tieteen, teknologian ja yhteiskunnan välistä vuoropuhelua
- analysoida opintojaksolla esitettyjä 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 työmäärä 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 Moodlella.

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

Ei

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

Ei

**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:** Antti Kosonen, Tero Kaipia, Tero Ahonen, Lasse Laurila, Jero Ahola

**Huom:**

The course is suitable for distance learning.

**Suoritusvuosi:**

M.Sc. (Tech.) 1

**Periodi:**

4

**Opetuskieli:**

English

**Vastuupettaja(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

**BL10A1200: Tutkimusmetodiikka DIODI, 4 op****Voimassaolo:** 01.08.2016 -**Opiskelumuoto:** Yleisopinnot**Laji:** Opintojakso**Vastuuyksikkö:** LUT School of Energy Systems (23B2)**Arvostelu:** Opintojaksot 0-5,H,P**Opettajat:** Harri Eskelinen**Suoritusvuosi:**

DI 1

**Periodi:**

1-2

**Opetuskieli:**

Suomi

**Vastuuopettaja(t):**

Professori, TkT Harri Eskelinen

**Tavoitteet:**

Opintojakson suoritettuaan opiskelija osaa:

- suunnitella, johtaa ja toteuttaa tutkimustyön tiedeyhteisössä vakiintuneita ja tiedeyhteisön hyväksymiä tutkimuksen suunnittelua, toteuttamista ja tutkimustulosten raportointia koskevia käytäntöjä noudattaen
- vertailla, valita ja käyttää tutkimuksessa eri teollisuuden aloilla ja yrityksissä vakiintuneita, kunkin alan tai yrityksen hyväksi havaitsemia toimintatapoja tutkimuksen käytännön läpiviennissä
- laatia tiedeyhteisön hyväksymän mallin mukaisen tutkimussuunnitelman ja -raportin.

**Sisältö:**

Tieteellisyyden kriteerit. Tieteellinen tutkimustyö tekniikan aloilla. Kvalitatiivisen ja kvantitatiivisen analyysin perusteita. Näkökulmia numeeristen tulosten esittämiseen ja analysointiin. Kirjallisuustutkimuksen ja haastattelujen suorittaminen. Organisaation "hiljaisen tiedon" käyttäminen. Tutkimussuunnitelman rakenne. Tutkimusraportin rakenne ja kirjoittaminen. IMRAD- rakenteen käyttäminen raportoinnissa.

**Suoritustavat:**

Opiskelija lukee kurssikirjan, tutustuu Moodlen oppimateriaaliin ja tekee kurssikirjassa olevat työkirjan tehtävät. Kirjan sisällöstä järjestetään suullinen tentti Skypen välityksellä opettajan ja opiskelijan keskenään sopimana ajankohtana (opiskelija ottaa yhteyttä opettajaan tenttiajankohdan sopimiseksi).

Hyväksytysti suoritettuna tentin jälkeen opiskelija laatii IMRAD-rakenteen mukaisen tutkimussuunnitelman opettajan kanssa sovittavasta aiheesta ja palauttaa työn Moodlen kautta arvosteltavaksi (opiskelija ottaa yhteyttä opettajaan tutkimusaiheen sopimiseksi).

Itseopiskelu (kirja) 80 h, kirjan harjoitustehtävät 23 h, Skype-tentti 1 h.

Kokonaismitoitus 104 h.

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

Ei

**Moodle-tentti (Kyllä/Ei):**

Ei

**Exam-tentti (Kyllä/Ei):**

Ei

**Arviointi:**

0-5, Skype-tentti 50 %, tutkimussuunnitelma 50 %.

**Oppimateriaalit:**

Eskelinen H.& Karsikas S., Tutkimusmetodiikan perusteet - Tekniikan alan oppikirja, Tammertekniikka 2014, ISBN 978-952-5491-79-1. (Kirja tilattavissa [www.tammertekniikka.fi](http://www.tammertekniikka.fi).) Oppikirjaa tukeva luento- ja muu lisämateriaali Moodlessa.

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

Kyllä, vain DIODI- tai ELEC-ohjelmien opiskelijoille.

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

Ei

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

Ei

**BL10A1210: Sähkötekniikan laboratoriotyöt DIODI, 4 op**

**Voimassaolo:** 01.08.2017 -

**Opiskelumuoto:** Yleisopinnot

**Laji:** Opintojakso

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

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

**Opettajat:** Pertti Silventoinen

**Huom:**

DIODI- ja ELEC-opiskelijoille

**Suoritusvuosi:**

DI 1

**Periodi:**

1-4

**Opetuskieli:**

Suomi

**Vastuopettaja(t):**

professori, TkT Pertti Silventoinen  
tutkijatohtori, TkT Tommi Kärkkäinen

**Tavoitteet:**

Opintojakson suoritettuaan opiskelija osaa: 1. tehdä sähkötekniisiä mittauksia turvallisesti. 2. suunnitella ja toteuttaa mittauksia laboratoriossa olevilla mittalaitteilla ja välineillä sähkökäyttöjen, sähkökoneiden, tehoelektronikan ja/tai sähköverkkojen aihepiireistä, 3. analysoida mittaustuloksia ja tehdä niistä

johtopäätöksiä, 4. Selostaa laboratoriotyössä ratkaistavan ongelman, mittausjärjestelyn sekä mittaustulokset ja niiden analyysin.

**Sisältö:**

Sähkötekniset kytkennät ja mittaukset, sähkökoneiden päätyypit, tehokertoimen käsite, loistehon kompensointi, sähkön laatu, taajuusmuuttajan toimintaperiaate, hakkuriteholähteet.

**Suoritustavat:**

Ennakkotehtäviä ja laboratoriomittauksia intensiivijaksoilla. Yhteensä neljä yhden opintopisteen laajuista laboratoriotyötä, jotka opiskelijat määrittelevät itse. Kurssilla käytetään oppimismenetelmänä ongelmaperustaista oppimista (PBL).

Kokonaismitoitus 104 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, Ennakkotehtävät, laboratoriotyöskentelyyn osallistuminen, tekemisiensä esittely, raportti.

**Oppimateriaalit:**

Moodle-materiaali ja muu opintojaksolla ilmoitettava materiaali.

**Esitietovaatimukset:**

Sähkötekniikan perusteiden osaaminen. Taito käyttää sähkötekniikan perusmittalaitteita, kuten yleismittaria ja oskilloskooppia. Kyky työskennellä pienryhmissä.

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

Kyllä, vain DIODI- ja ELEC-opiskelijoille

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

Ei

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

Ei

## **SaDIODISyv: Sähkötekniikan syventymisopinnot DIODI, 70 - 95 op**

**Voimassaolo:** 01.08.2016 -

**Opiskelumuoto:** Pääaineopinnot

**Laji:** Kokonaisuus

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

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

*Diplomityö 30 op*

### **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. Oikeakielisyys. 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

*Valitse 2-3 moduulia niin, että syventymisopintojen minimilaaajuus täyttyy*

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

**Voimassaolo:** 01.08.2014 -

**Opiskelumuofo:** 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

**Vastuupettaja(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 määritys, 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 (kotehtävät) 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:** Tommi Kärkkäinen, Mikko Kuisma, 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:**

Prototyypisuunnittelu. Tuotannollisten vaatimusten huomioiminen. Laajojen järjestelmien spesifiointi, 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 digitaalielektronikan 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, prototyypin rakentamista ja laitelähteistä 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 suunnittelussa ja käytännön toteutuksessa. Projektin yhteydessä harjoitellaan myös ryhmädynamiikkaa ja projektinhallintaa.

**Suoritustavat:**

Luentoja ja koutsausta 1. periodi 14 h. Projektityö - itsenäisen työn osuus 142 h. Kokonaismoitus 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:**

Suosittelaa 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, tehoelektronikan sovellukset, laitteen suojaus.

**Suoritustavat:**

Elektroniikkalaitteprojektin 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, häiriösuojauksia, tehoelektronikan 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

**SaDSVM: Sähköverkot ja -markkinat DIODI, 18 op**

**Voimassaolo:** 01.08.2016 -

**Opiskelumuoto:** Pääaineopinnot

**Laji:** Kokonaisuus

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

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

**Tavoitteet:**

Sivuopinnot suoritettuaan opiskelija osaa suunnitella sähkönjakeluverkkoja ja johtaa sähköverkkoliiketoiminnan kehittämistä, sisältäen sähköteknisen suunnittelun, verkkojen

teknistaloudellisen mitoituksen sekä sähköverkkoliiketoiminnan strategisen suunnittelun ottaen huomioon sähköjakeluverkkoihin liittyvän regulaation rajoitteet ja mahdollisuudet. Opiskelija tunnistaa keskeiset teknisen ja sähkömarkkinakehityksen vaikutukset sähköenergiajärjestelmässä.

*Valinnainen moduuli 23 op*

**BL20A0400: Sähkömarkkinat, 5 op**

**Voimassaolo:** 01.08.2007 -

**Opiskelumuoto:** Yleisopinnot

**Laji:** Opintojakso

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

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

**Opettajat:** Salla Annala, Jarmo Partanen

**Suoritusvuosi:**

TkK 3 (DI 1)

**Periodi:**

1

**Opetuskieli:**

Suomi

**Vastuupettaja(t):**

Professori, TkT Jarmo Partanen

**Tavoitteet:**

Opintojakson suoritettuaan opiskelija osaa: 1. selittää pohjoismaisten sähkömarkkinoiden eri liiketoiminta-alueiden ominaisuudet, 2. selittää miten sähkön hinta muodostuu ja mallintaa sähkön kulutusta, 3. selittää sähköpörssin toimintaperiaatteen, 4. nimetä ja kuvata sähköpörssin tuotteet, 5. valita oikeat riskienhallintamenetelmät sähkökauppaan, 6. selittää sähköjärjestelmän osapuolten tehtävät teknisen ja kaupallisen tehotasapainon ylläpitämiseksi, 7. suorittaa sähköntoimitusten taseselvityksen, 8. hinnoitella sähkökaupan ja sähkönjakelun tuotteet, 9. kuvata miksi ja miten sähköverkkoliiketoimintaa valvotaan.

**Sisältö:**

Sähkömarkkinoiden kehitys, sähköverkon kuormat ja kuormitusennusteet, sähköpörssi, sähkökauppa, tasehallinta ja taseselvitys, hinnoittelun perusteet, sähköverkkoliiketoiminta ja sen valvonta.

**Suoritustavat:**

Luentoja 28 h, harjoituksia 14 h, 1. periodi. Tentti 3 h, itsenäinen työskentely 85 h. Luennolla ohjataan aihepiirin keskeisiin oppimistavoitteisiin. Opintojakson menestyksekkäs suorittaminen edellyttää aktiivista itsenäistä työskentelyä. Opintojakso on mahdollista suorittaa myös etäopintoina.

Kokonaismitoitus 130 h.

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

Ei

**Moodle-tentti (Kyllä/Ei):**

Kyllä

**Exam-tentti (Kyllä/Ei):**

Ei

**Arviointi:**

0 - 5, Moodle tentti 100%.

**Oppimateriaalit:**

Luentomoniste ja luentomateriaali sisältäen ppt-kalvot ja luentovideon, kaikki tallennettu Moodleen.

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

Ei

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

max 5

**BL20A0500: Sähkönjakelutekniikka, 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

**Vastuopettaja(t):**

professori, TkT Jarmo Partanen

**Tavoitteet:**

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

**Sisältö:**

Sähkönjakelujärjestelmän kehittäminen, jakeluverkon käyttötoiminta, suojaus ja automaatio, verkkoyhtiön tietojärjestelmät, Smart Grids, teollisuusverkot.

**Suoritustavat:**

Henkilökohtainen haastattelu. Luentoja 42 h, harjoituksia 28 h, 2.-3. periodi. Harjoitustyö 60 h. Tentti 3 h (kuulustelujärjestyksen mukainen tentti TAI erikseen sovittava etätenttimahdollisuus). Itsenäinen työskentely 75 h. Luennolla ohjataan aihepiirin keskeisiin oppimistavoitteisiin. Opintojakson menestyksekkäs suorittaminen edellyttää aktiivista itsenäistä työskentelyä. Opintojakso on mahdollista suorittaa etäopintoina. Kokonaismoitus 208 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 %. Suoritusvaatimuksena hyväksytyt harjoitustyö, josta voi saada lisäpisteitä tenttiarvosteluun.

**Oppimateriaalit:**

Lakervi, Partanen: Sähköjälkelutekniikka (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:** Jouni Haapaniemi, Jarmo Partanen

**Huom:**

Opintojakso on mahdollista suorittaa etäopiskeluna.

**Suoritusvuosi:**

DI 1

**Periodi:**

2

**Opetuskieli:**

Suomi

**Vastuupettaja(t):**

professori, TkT Jarmo Partanen

**Tavoitteet:**

Opintojakson suoritettuaan opiskelija osaa: 1. kuvata sähkövoimajärjestelmän toimintaperiaatteet, 2. selittää ja määrittää 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. Kokonaismoitus 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 (Otatiето Moniste 549).

Mörsky: Relesuojaustekniikka. (Otatiето, moniste 540).

Elovaara, Haarla: Sähköverkot I ja II. (Otatiето, 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

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

**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 Sähköjaketekniikka (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

**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

**Vastuupettaja(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

**Vastuuopettaja(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

**Vastuupettaja(t):**

tutkijaopettaja, TkT Janne Nerg

**Tavoitteet:**

Opintojakson suoritettuaan opiskelija osaa 1. selittää sähköteknisen 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

**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

**Vastuupettaja(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. 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.

**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

**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

**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

**Vastuopettaja(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

**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

**Vastuupettaja(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

**Vastuuopettaja(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

**Vastuupettaja(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

## Tutkintorakenteisiin kuulumattomien opintokokonaisuuksien ja -jaksojen kuvaukset

### EnDSOEDM: Energiatekniikka digitaalisille maisteriohjelmille, 21 op

**Voimassaolo:** 01.08.2018 -

**Opiskelumuoto:** Sivuaineopinnot

**Laji:** Kokonaisuus

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

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

#### **Tavoitteet:**

Energiatekniikka digitaalisille maisteriohjelmille sivuopintokokonaisuuden suoritettuaan opiskelija:

- ymmärtää energiantuotannon perusteet Suomessa ja maailmalla
  - ymmärtää voimalaitostekniikan perusteet
  - ymmärtää energiatalouden ja energiatehokkuuden perusteet.
- Sivuopintokokonaisuus soveltuu etäopiskeluun.

*Sivuopintokokonaisuus 21 op. Tarkoitettu LESin ja LENSin digiohjelmien opiskelijoille.*

### **BH40A0010: Johdatus energiatekniikkaan EnTeDI -opiskelijoille, 4 op**

**Voimassaolo:** 01.01.2018 -

**Opiskelumuoto:** Yleisopinnot

**Laji:** Opintojakso

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

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

#### **Huom:**

Opintojakso vain EnTeDI-opiskelijoille tai muiden digitaalisten (esim. DIODI, JEDI) maisteriohjelmien opiskelijoille.

#### **Suoritusvuosi:**

DI 1

#### **Periodi:**

1-2

#### **Opetuskieli:**

Suomi

#### **Vastuuopettaja(t):**

TkT Ahti Jaatinen-Värri, TkT Kari Myöhänen

#### **Tavoitteet:**

Opintojakson suoritettuaan opiskelija:

1. Ymmärtää voimalaitostekniikan perusteet ja yleisimpien voimalaitostyyppien toimintaperiaatteen
2. Osaa laskea yleisimmät voimalaitosprosessit ja voimalaitoksen toiminta-arvot
3. Osaa kuvata suomen energiajärjestelmän rakenteen.
4. Ymmärtää miten sähköä tuotetaan Suomessa ja muualla.
5. Osaa tulkita eri energiaskenaarioita ja vertailla niitä.

**Sisältö:**

Voimalaitosopin rusteet, energiantuotanto Suomessa ja maailmalla, energiaskenaariot.

**Suoritustavat:**

Verkkoluentoja, luentoja ja harjoituksia, itsenäistä opiskelua, ryhmitöitä, henkilökohtaisia harjoitustöitä, kotitehtäviä 1 ja 2 periodi.

Kokonaiskuormitus 104 h.

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

Ei

**Moodle-tentti (Kyllä/Ei):**

Ei

**Exam-tentti (Kyllä/Ei):**

Ei

**Arviointi:**

0-5, kotitehtävät, harjoitustehtävät, ryhmätyöt.

**Oppimateriaalit:**

Oppimateriaali ilmoitetaan Moodlessa.

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

Ei

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

Ei

**BH40A0210: Energiatehokkaat pumppu-, puhallin- ja kompressorijärjestelmät, 4 op**

**Voimassaolo:** 01.01.2018 -

**Opiskelumuoto:** Yleisopinnot

**Laji:** Opintojakso

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

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

**Huom:**

Opintojakso vain EnTeDI-opiskelijoille tai muiden digitaalisten (esim. DIODI, JEDI) maisteriohjelmien opiskelijoille.

Opetetaan ensimmäisen kerran lukuvuonna 2019-2020.

**Suoritusvuosi:**

DI 2

**Periodi:**

1-2

**Opetuskieli:**

Suomi

**Vastuupettaja(t):**

Tutkijaopettaja, TkT Pekka Punnonen

**Tavoitteet:**

Opintojakson suoritettuaan opiskelija osaa 1. pumppujen, puhaltimien ja kompressorien rakenteen ja toimintaperiaatteen, 2. valita näistä sopivia tyyppisiä eri käyttökohteisiin, 3. näistä riittävät tiedot myös taloudellista optimointia ja osto- tai myyntineuvotteluita varten, 4. perustiedot ko. laitteiden suunnitteluun ja päämittojen valintaan.

**Sisältö:**

Pumpputyypit ja toimintaperiaatteet, keskipakopumpun laskenta ja ominaisuudet virtauspiirissä. Kavitointi. Kompressorityypit ja toimintaperiaatteet, radiaalikompressorin laskenta. Puhallintyyppit ja toimintaperiaatteet. Prosessisovellutukset, valintakriteerit ja säätö.

**Suoritustavat:**

Luentoja, verkkoluentoja, itseopiskelua. EXAM-Tentti. Kotitehtäviä, quizzeja, mitoitustehtävä. Kokonaismitoitus 104 h.

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

Ei

**Moodle-tentti (Kyllä/Ei):**

Ei

**Exam-tentti (Kyllä/Ei):**

Kyllä

**Arviointi:**

0-5, quizit, kotitehtävät ja mitoitustehtävä 60%, EXAM-tentti 40%.

**Oppimateriaalit:**

Luentomateriaali Moodlessa.  
Lisäksi: Gülich, J.F. 2010: Centrifugal pumps.  
Airila, Mauri et al.: Kompressorikirja.  
Wirzenius, A.: Keskipakopumput.  
Larjola, Jaakko: Radiaalikompressorit.

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

Ei

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

Ei

**BH40A0220: Efficient Power Plants and Waste Heat Recovery, 5 op**

**Voimassaolo:** 01.01.2018 -

**Opiskelumuoto:** Yleisopinnot

**Laji:** Opintojakso

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

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

**Huom:**

The course is only for EnTeDI students or those studying in so called digital master's programmes (DIODI, JEDI, etc.)

**Suoritusvuosi:**

M.Sc. (Tech.) 1

**Periodi:**

3-4

**Opetuskieli:**

English

**Vastuopettaja(t):**

Antti Uusitalo, TkT, tutkijatohtori

**Tavoitteet:**

Upon completion of the course student: 1. Has knowledge on different waste heat recovery technologies and knowledge on the principles of waste heat recovery 2. Understands the principles of dimensioning and optimizing of efficient power systems 3. Is able to estimate waste heat recovery potential in different applications and to evaluate the most suitable waste heat recovery technology for different applications.

**Sisältö:**

Principles of waste heat recovery and the main factors affecting on waste heat recovery potential and opportunities. Operational principles of high efficiency power plants and different waste heat recovery technologies and their typical applications. Principles of dimensioning of the heat recovery devices.

**Suoritustavat:**

On-line lectures, quizz, homework, assignments, and independent studies.  
Total workload 130 h.

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

No

**Moodle-tentti (Kyllä/Ei):**

No

**Exam-tentti (Kyllä/Ei):**

No

**Arviointi:**

0-5

**Oppimateriaalit:**

Material informed later

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

Yes, the course is only for EnTeDI students or those studying in so called digital master's programmes (DIODI, JEDI, etc.)

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

No

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

No

**BH61A020E: Energy Economics for EnTeDI, 5 op**

**Voimassaolo:** 01.01.2018 -

**Opiskelumuoto:** Yleisopinnot

**Laji:** Opintojakso

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

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

**Huom:**

Only for the EnTeDI students.

**Suoritusvuosi:**

M.Sc. (Tech.) 1

**Periodi:**

3-4

**Opetuskieli:**

English

**Vastuopettaja(t):**

Professor, D.Sc. (Tech.) Tapio Ranta

**Tavoitteet:**

Upon completion of the course the students will be able to utilise energy economic calculation methods and to calculate the additional cost in the energy production costs caused by emission trading. Students will be able to describe the basic concepts of Finnish energy economics and explain the structure of energy taxation in Finland, and calculate the energy taxes of fuels. Students will understand the structure of energy tariffs, and will be able to compile a duration curve of the consumption curve of energy.

**Sisältö:**

Use of energy statistics. The variation in energy demand and duration curves. Calculation methods for energy production costs. Profitability calculations of energy projects. Environmental impacts in energy production, especially carbon dioxide emissions. Energy and fuel markets. The effect of emission trading on the price of electricity, and energy tariffs. Energy taxation and the pricing system of natural gas. Energy economics in Finland and EU. The need for investments in electricity production. National energy and climate strategy. Fuel economics. Energy scenarios.

**Suoritustavat:**

Independent studies in Moodle, Homework based on lectures and exercises in Moodle.  
Total workload 130 h.

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

No

**Moodle-tentti (Kyllä/Ei):**

No

**Exam-tentti (Kyllä/Ei):**

No

**Arviointi:**

Evaluation is based on exercises and homework in Moodle 100%, Pass/Fail.

**Oppimateriaalit:**

Study materials, including the lecture material, will be listed in Moodle.

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

No

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

No

**BH61A060E: Bioenergy for EnTeDI, 3 op**

**Voimassaolo:** 01.01.2018 -

**Opiskelumuoto:** Yleisopinnot

**Laji:** Opintojakso

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

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

**Huom:**

Only for the students of EnTeDI and Biorefineries M.Sc. programmes.

**Suoritusvuosi:**

M.Sc. (Tech.) 1

**Periodi:**

1

**Opetuskieli:**

English

**Vastuopettaja(t):**

Tapio Ranta, D.Sc. (Tech.), Professor

**Tavoitteet:**

Upon completion of the course the student will be able to understand the meaning of bioenergy, alternative biomass resources, supply methods, refining and end-user applications; describe the quality properties of solid biofuels and how they are measured and evaluated by using standards; and explain the meaning of sustainability in bioenergy systems.

**Sisältö:**

The role of bioenergy in the EU energy policy, incentive programmes and future plans. Raw-material sources of bioenergy, potential resources and current use. Biomass supply systems and logistics. Refined biofuel commodities, biogas and liquid biofuels. Biomass international trade. Quality properties of solid biofuels, quality measurement and standards. Sustainable bioenergy.

**Suoritustavat:**

Independent studies in Moodle, Exercises in Moodle.

Total workload 78 h.

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

No

**Moodle-tentti (Kyllä/Ei):**

No

**Exam-tentti (Kyllä/Ei):**

No

**Arviointi:**

Evaluation is based on exercises in Moodle 100%, Pass/Fail.

**Oppimateriaalit:**

Study materials, including the lecture material, will be listed in Moodle.

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

Yes, only for the students of EnTeDI and Biorefineries M.Sc. programmes.

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

No

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

No

## 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. sähköverkkojen 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 muutosovelluksiin. Opinnossa 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 järjestelmäteknikkaan 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.

## **Elektronikan 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.

## **Elektronikan 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 mikroelektroniikan valmistuksen vaiheet ja menetelmät sekä hyödyntää alan uusinta tutkimustietoa.

*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**

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

#### **Huom:**

The course is suitable for distance learning.

#### **Suoritusvuosi:**

M.Sc. (Tech.) 1-2

#### **Periodi:**

3-4

#### **Opetuskieli:**

English

#### **Vastuupettaja(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 Sähköjaketekniikka (Electricity distribution) OR BL20A0401 Electricity Market OR BL20A0400 Sähkötörkinat (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 -

**Opiskelumuuoto:** 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

**Vastuupettaja(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 sähköjakeluverkon teknistaloudellisesti, 4. selittää sähköjakeluverkkojen käyttötoiminnan tavoitteet ja periaatteet, 5. hyödyntää sähköjakeluautomaation sovelluksia käyttötoiminnassa ja suunnitella sähköjakeluverkkojen oiko- ja maasulkusuojauksen. 6. ymmärtää Smart Grid konseptin vaikutukset sähköjakeluverkkoliiketoimintaan.

**Sisältö:**

Sähköjakelujärjestelmän kehittäminen, jakeluverkon käyttötoiminta, suojaus ja automaatio, verkkoyhtiön tietojärjestelmät, Smart Grids, teollisuusverkot.

**Suoritustavat:**

Henkilökohtainen haastattelu. Luentoja 42 h, harjoituksia 28 h, 2.-3. periodi. Harjoitustyö 60 h. Tentti 3 h (kuulustelujärjestyksen mukainen tentti TAI erikseen sovittava etätenttimahdollisuus). Itsenäinen työskentely 75 h. Luennolla ohjataan aihepiirin keskeisiin oppimistavoitteisiin. Opintojakson menestyksekkäs suorittaminen edellyttää aktiivista itsenäistä työskentelyä. Opintojakso on mahdollista suorittaa etäopintoina. Kokonaismitoitus 208 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 %. Suoritusvaatimuksena hyväksytyt harjoitustyö, josta voi saada lisäpisteitä tenttiarvosteluun.

**Oppimateriaalit:**

Lakervi, Partanen: Sähköjakelutekniikka (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:** Jouni Haapaniemi, Jarmo Partanen

**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 menestyksellä suoritaminen edellyttää aktiivista itsenäistä työskentelyä. Opintojakso on mahdollista suorittaa etäopiskeluna. Kokonaismoitus 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:** Jukka Lassila, Janne Karppanen, Tero Kaipia

**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

**Vastuupettaja(t):**

Tutkijaopettaja, TkT Jukka Lassila

**Tavoitteet:**

Opintojakson suoritettuaan opiskelija osaa: 1. arvioida sähköverkon suojaamiseen käytettävien reletyyppien ominaisuudet sekä suojauksen suunnittelun keskeisimmät kriteerit, 2. suunnitella sähköjakeluverkon oikosulku- ja maasulkusuojausten sekä siirtoverkon distanssirelesuojausten, 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 relesuojausten 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 reletekniikka. Erilaiset suojareleet, ylivirtareleet, distanssireleet, differentiaalireleet, valokaarisuojaus, ylijännitesuojaus. Eristyskoordinaatio. Johtojen ja muuntajien suojaus. Suojausten suunnittelu.

**Suoritustavat:**

Luentoja 21 h, harjoituksia 14 h, 3. periodi. Tentti. Luennolla ohjataan aihepiirin keskeisiin oppimistavoitteisiin. Opintojakson menestyksellä suorittaminen edellyttää aktiivista itsenäistä työskentelyä. Kokonaismoitus 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 Sähkönjakelutekniikka 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

*Valinnainen moduuli 21-24 op.*

**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:** Jero Ahola, Pertti Silventoinen

**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

**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:** Heikki Järvisalo, Pertti Silventoinen**Suoritusvuosi:**

DI 1

**Periodi:**

1-2

**Opetuskieli:**

Suomi

**Vastuopettaja(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. Kokonaismitoitus 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:**

Suositteluaan 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

**Vastuopettaja(t):**

Tutkijatohtori, TkT Tommi Kärkkäinen

**Tavoitteet:**

Opintojakson suoritettuaan opiskelija osaa: 1. soveltaa muiden opintojaksojen teoretietoa käytännön elektroniikkasuunnittelussa, ongelmratkaisussa 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 Elektroniikan 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, Ekaterina Soboleva, Erkki Lähderanta

**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 sähköteknisen 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

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

**Suoritusvuosi:**

DI 1

**Periodi:**

1-3

**Opetuskieli:**

Suomi

**Vastuuopettaja(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 piiritalolta kokonaisuun laitteisiin ja järjestelmiin. 5. analysoida elektroniikkalaitteen teknisiä ratkaisuja ja valmistettavuutta. 6. dokumentoida ja esitellä toteuttamansa projektit

**Sisältö:**

Prototyypisuunnittelu. Tuotannollisten vaatimusten huomioiminen. Laajojen järjestelmien spesifiointi, 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 digitaalelektroniikan 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

#### **Vastuupettaja(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. Prototyyppisuunnittelu 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. Kokonaismoitus 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:**

Suosittelaaan 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

**Vastuuopettaja(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. Kokonaismoitus 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, mittaussuunnitelmia, häiriösuojauksia, tehoelektronikan 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:** Jero Ahola, Pertti Silventoinen

**Suoritusvuosi:**

M.Sc. (Tech.) 1

**Periodi:**

3-4

**Opetuskieli:**

English

**Vastuuopettaja(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.

**Sovelтуvuus 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

**Vastuopettaja(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

**Vastuopettaja(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.

**Sovelтуvuus 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

**Vastuopettaja(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:** Samuli Honkapuro, Nadezhda Belonogova

**Suoritusvuosi:**

M.Sc. (Tech.) 1

**Periodi:**

2-3

**Opetuskieli:**

English

**Vastuopettaja(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:** Tero Kaipia, Jukka Lassila, Jarmo Partanen, Samuli Honkapuro

**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 Sähköjaketekniikka (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

**Voimassaolo:** 01.08.2013 -

**Opiskelumuoto:** Yleisopinnot

**Laji:** Opintojakso

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

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

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

**Suoritusvuosi:**

M.Sc. (Tech.) 1

**Periodi:**

1

**Opetuskieli:**

English

**Vastuupettaja(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

**Vastuupettaja(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

**Vastuopettaja(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:** Sini-Kaisu Kinnunen, Timo Kärri

**Huom:**

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

**Suoritusvuosi:**

DI 1-2

**Periodi:**

1

**Opetuskieli:**

Suomi

**Vastuopettaja(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

**Vastuopettaja(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

**Vastuupettaja(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

**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

**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.

**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 sähköteknisen 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

**Vastuupettaja(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

**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

**Vastuupettaja(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 häviömekanismeja, 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

**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

**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

**Vastuopettaja(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

**Vastuupettaja(t):**

tutkijaopettaja, TkT Janne Nerg

**Tavoitteet:**

Opintojakson suoritettuaan opiskelija osaa 1. selittää sähköteknisen 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 Moodlella.

**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

**Vastuupettaja(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

**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. 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.

**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

**Vastuopettaja(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

**Vastuupettaja(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

**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 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 electromechanical 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

**Vastuopettaja(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

**Vastuuopettaja(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

*LUT Summer School course, optional.*

**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:** Olli Pyrhönen, Satu Viljainen, Jarmo Partanen, Christian Breyer

**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

**Vastuuopettaja(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 Säättötekniikan perusteet A or BL40A0300 - Säättötekniikan 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:** Jan-Henri Montonen, Jero Ahola, Olli Pyrhönen, Tuomo Lindh

**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.

**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

**Vastuopettaja(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:** Jouni Vuojolainen, Tuomo Lindh, Teemu Sillanpää

**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.

**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:** Juhamatti Korhonen, Jero Ahola

**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

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

**Suoritusvuosi:**

M.Sc. (Tech.) 2

**Periodi:**

1-2

**Opetuskieli:**

English

**Vastuupettaja(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.