

Elektroenergeetika ja mehhatroonika instituut, 2017. aasta teadus- ja arendustegevuse aruanne

Struktuuriüksuse struktuur 2017. a

Elektroenergeetika ja mehhatroonika instituut

Department of Electrical Power Engineering and Mechatronics

Ivo Palu, ivo.palu@ttu.ee, +372 620 3752

Instituudis tegutsevad järgmised uurimisrühmad:

- Mehhatroonika ja autonoomsete süsteemide keskus
- Mikrovõrgud ja metroloogia
- Elektrimasinate uurimisrühm
- Jõuelektronika uurimisrühm
- Kõrgepinge
- Elektrisüsteemide uurimisrühm
- Energiamajanduse uurimisrühm
- Elektrotehnika aluste uurimisrühm

The Department conducts research within 8 research groups:

- Mechatronics and Autonomous Systems Centre
- Microgrids and Metrology
- Electrical Machines
- Power Electronics
- High-Voltage
- Power Systems
- Energy Economics
- Fundamentals of Electrical Engineering

Teadus- ja arendustegevuse ülevaade uurimisrühmade lõikes:

1. Mehhatroonika ja autonoomsete süsteemide keskus

uurimisrühma nimetus inglise keeles: Mechatronics and Autonomous Systems Centre

uurimisrühma juhi nimi, ametikoht: professor Mart Tamre

uurimisrühma liikmed:

- Dmitry Shvarts, teadur, PhD
- Robert Hudjakov, teadur, PhD
- Leo Teder, assistent
- Dhanushka Chamara Liyanage, insener, doktorant
- Märt Juurma, nooremteadur
- Trieu Minh Vu, professor,
- Andres Kiitam, teadur, PhD
- Tiia Tammaru, teadur

- Oliver Mets, doktorant
- Ervin Piigli, doktorant
- Rivo Öpik, doktorant

uurimisrühma teadustöö ülevaade:

Teadustöö põhisuund on arukate masinate juhtsüsteemid ja –algoritmid, arukate tajurisüsteemide väljatöötamine ja robotsüsteemide rakendused tööstuses ja igapäeva automatiseerimislahendustes. Tegevus on kontsentreeritud tööstuslikele proaktiivsetele süsteemidele ja selliste süsteemide arukale võrkstruktuuri juhtimisele. Väljaarendatud arukal masinnägemisel põhinevate tööstuslike juht- ja sensorikasüsteemide rakenduste testimine erinevate TTÜ teiste instituutide lahendustes kasutamiseks. Põhitegevus lõppenud aastal on olnud suunatud osalise laboratoorse baasi ja inimeste töövõimekuse säilitamisele seoses teadus- ja õppelaborite ümberkorraldustega instituudis.

Mehhatroonika valdkonna T&A koostööpartnerite leidmisel ja edasise T&A tegevuse kontekstis on olnud olulisem intensiivse koostöö käivitamine Thomas Johann Seebecki elektroonikainstituudiga ja arvutisüsteemide instituudiga kraadi ja doktoriõppele suunatud projekti Dora Pluss Tegevus 3. Suve- ja talvekoolide korraldamine: „Tallinn Winter School: Nutikad tulevikusüsteemid“ raames ning koostöö geoloogia instituudiga projekti "Visual3D - visualiseerimismudelid geoloogias" raames samuti osalemine kahe nutika spetsialiseerumise projektitaotluses robotbaari ja roomiksõiduki autonoomse juhtimissüsteemi teemadel.

Jätub prof. Vu Trieu Minh juhtimisel ennustava juhtimise (MPC – model predictive control) mudelite ja optimeerimisprobleemide uurimine nii lineaarsetes kui ka mittelineaarsetes süsteemides. Väljatöötatud MPC mudelid tagavad süsteemi robustsuse piirangute korral ja on kasutatavad mitmesugustes rakendustes.

Short description of research:

The research is focused on control of smart machines, smart sensing systems and robotic systems for production and service automation. Activity is concentrated on proactive industrial hardware systems and on smart control capable to work in networked systems. The activity related to testing of developed smart vision systems based industrial control and sensorics applications at in collaboration with different TTU departments. The main activity was concentrated on preserving partial R&D capabilities of laboratory base and personnel.

For the perspective of mechatronics, the most essential was intensifying the collaboration with the Departments of Electronics and Computer Systems in the framework the Project „Tallinn Winter School: Smart Systems of Tomorrow“, which is targeted for the strengthening the collaboration in real projects of MSc and PhD students from mechatronics, electronics and computer systems. It is worth mentioning the starting collaboration with the Department of Geology in the framework of the Project "Visual3D – visualizing models in geology" as well as collaboration in the framework of applying for two Archimedes Smart Specialization projects in topics of robot bartender and autonomous UGV control system.

Prof. Vu Trieu Minh was continuing the research in the field of model predictive control (MPC) models and optimization methods both at linear and unilinear systems. Developed MPC models assure system robustness in case of various restrains and they are usable in different applications.

- **loetelu uurimisrühma liikmete aruandeaastal juhitud olulisematest projektidest/lepingutest:**

- Lep17043 "Robot-baar, teostatavusuuring (18.04.2017–10.05.2017)", Mart Tamre, Tallinna Tehnikaülikool, Inseneriteaduskond, Elektroenergeetika ja mehhatroonika instituut.
- Lep17028 "Poolautonoomse roomiksõiduki 3D simulatsiooni loomine (27.02.2017–30.04.2017)", Mart Tamre, Tallinna Tehnikaülikool, Inseneriteaduskond, Elektroenergeetika ja mehhatroonika instituut.

- **uurimisrühma liikmete koostöö teiste T&A asutuste ja ettevõtetega (sh välisriikidest):**

Koostöö ITMO ülikooliga, St.Peterburg, Venemaa, ühispublikatsioonid, ühis PhD juhendamine, ühis MSc tööde juhendamine, DoubleDegree MSc Mechatronics õppekava jms.

University of Picardie, Prantsusmaa, ühisjuhendamised, tudengivahetus

Koostöö TÜ-ga Archimedes projektide raames

- **uurimisrühma liikmete kuni 3 olulisemat aruandeaastal ilmunud artiklit (ETISE klassifikaator 1.1, erandjuhul 3.1):**

1. Vu Trieu Minh; Tamre Mart; Reza Moezzi; Mets Oliver; Jurise Martin; Polder Ahti; Teder Leo; Juurma Mart (2016). PERFORMANCES OF PID AND DIFFERENT FUZZY METHODS FOR CONTROLLING A BALL ON BEAM. Central European Journal of Engineering, 6 (1), 145–151.10.1515/eng-2016-0018.
2. Minh, V. T.; Katushin, D.; Antonov, M.; Veinthal, R. (2017). Regression Models and Fuzzy Logic Prediction of TBM Penetration Rate. Open Engineering, 7 (1), 60–68.10.1515/eng-2017-0012.
3. Minh, V. T.; Abouelkheir, M.; Tamre, M. (2017). Design and simulations of dual clutch transmission for hybrid electric vehicles. International Journal of Electric and Hybrid Vehicles, 9 (3), 1–20 [ilmumas].

- **Loetelu uurimisgrupi liikmetest, kes on riiklike T&A-ga seotud otsustuskogude liikmed (töötaja nimi, ametikoht ning otsustuskogu nimetus ja positsioon otsustuskogus).**

Mart Tamre, professor

2016–... Eesti Kaitsetööstuse Liit - TTÜ esindaja

2016–... EU komisjoni ekspert töögrupis "Preparation of the Work Programme 2018-2020 – SYSTEMS FOR SECURITY PRACTITIONERS"

2014–... TTÜ-ITMO MSc Double Degree mehhatroonika õppekava akadeemiline vastutaja

2014–... Ajakirja "Scientific and Technical Journal of Information Technologies Mechanics and Optics" toimetuskolleegiumi liige

2012–... IEEE liige

2010–... TTÜ esindaja Robotics Industries Association organisatsioonis

2005–... AUVSI liige

- 2002–... TTÜ Mehhatroonika MSc ja Bsc õppekavade akadeemiline vastutaja
- 2002–... TTÜ mehhatroonika õppekavatöögrupi esimees
- 2000–... EAS ekspert
- 1995–... Eesti teadlaste liidu liige

Andres Kiitam, emeriitprofessor, teadur

- 2014–... Kvaliteedispetsialisti ja kvaliteedijuhi kutsete kutsekomisjoni liige
- 2006–... Walter Masing Award (Eesti-Saksa ühisauhind) žürii liige
- 2002–... Eesti Juhtimiskvaliteedi Auhinna žürii esimees
- 1997–... MCB Literati Club (UK, ekspertide ühendus) liige
- 1997–... PHARE, PRAQ III, LEONARDO, TEMPUS, AEF jm projektide ekspert/juhtekspert
- 1995–... Eesti masina- ja aparaaditööstuse kvaliteeditagamise nõukogu liige
- 1992–... TTÜ mehhatroonika/aparaadiehituse instituudi nõukogu liige
- 1992–... Eesti Süsteemiinseneride Seltsi liige
- 1991–... Eesti Kvaliteediühingu liige

Tiia Tammaru, teadur

- 2014–... Eesti Kvaliteediühingu (EKÜ) esindaja EFQMis
- 2013–... Eesti Kvaliteediühingu esindaja EHFFis (European Health Future Forum)
- 2010–... Rahvusvahelise Kvaliteediinnovatsiooni auhinna Quality Innovation of the Year hindamiskomisjoni liige
- 2009–... Eesti Kvaliteediühing, juhatuse esimees
- 2008–... Eesti Kvaliteediühingu (EKÜ) esindaja WAQis (World Alliance of Quality)
- 2007–... Konkursi Talinna Vastutustundlik Ettevõtja hindamiskomisjoni liige
- 2007–... EVS tehniline komitee 33 'Juhtimissüsteemid', liige
- 1995–... European Organization for Quality (EOQ), Eesti Kvaliteediühingu esindaja, Üldassamblee liige
- 1993–... Eesti Kvaliteediühing (EKÜ), juhatuse liige

- **Mikrovõrgud ja metroloogia**

uurimisrühma nimetus inglise keeles: Microgrids and Metrology

uurimisrühma juhi nimi, ametikoht: Argo Rosin, Vanemteadur/teadusprodekaan

uurimisrühma liikmed:

Professorid: Toomas Kübarsepp, Helmuth Biechl (Hochschule Kempten, Saksamaa);

Dotsendid: Madis Lehtla, Elmo Pettai, Edi Kulderknup,

Elektrivalgustuse labori juhataja/dekaan: Arvo Oorn

Teadurid: Toomas Vinnal, Andrei Pokatilov, Taavi Möller

Doktorandid: Denis Lebedev, Semih Hürmeýdan, Ahmad Rahmoun, Andreas

Christian Armstorfer, Jorge Luis Helguero Cruz, Raivo Melsas, Toivo Varjas, Kaija

Vill, Urmas Raudsaar, Aron Kuhi-Thalfeldt, Klodian Dhoska, Martin Parker, Toivo

Varjas

- **uurimisrühma teadustöö ülevaade:**

- Lühikirjeldus: Uurimisrühma tegevus hõlmab (1) elektrivarustuse süsteemide ja mikrovõrkudega seotud uurimis- ja arendustööd tööstus- ja teenindussektorile ning kodumajapidamistele; (2) energiatarbimise juhtimisega ja energiasalvestite rakendamisega seotud uurimistööd taastuenergiaallikatega mikrovõrkudes; (3) elektervalgustuse ja (4) metroloogia- ja mõõtetehnikaalast uurimistööd.
 - Ühiskondlik mõjusus: suurem energia-, kulutõhusus, töökindlus ja paindlikkus elektrivarustuses, elektri- ja valgustuspaigaldistes; faasinihke ja fotodetektorite omaduste mõõtemetodite parendamine
- **Short description of research:**
 - Overview: Main research object: Studies of the research group are focused on (1) electricity supply of enterprises, buildings and home users, incl. electricity efficiency, power quality, reliability; (2) demand side management and energy flow research in networks with alternative energy sources and energy storages; (3) research of electrical lighting and (4) metrology and measurement science.
 - Social influence: higher energy/cost efficiency, reliability, and flexibility of power supply systems, electrical installations, lighting systems; improvement of phase difference and semiconductor photodetector measurement methods.
- **Olulisemad teadustulemused:**
 - Energiasalvestil põhineva energiahaldussüsteemi uurimine ja väljatöötamine kodumajapidamistele (Denis Lebedevi doktoritöö);
 - Mikrovõrkude energiasalvestussüsteemi matemaatiline modelleerimine ja analüüs (Ahmad Rahmouni doktoritöö);
 - Alternatiivsete tehniliste lahenduste uurimine pingeprobleemide lahendamiseks madalpingevõrgus (LEP16048);
 - Teadmistepõhise ehituse tippkeskuse raames nullenergiahoonete ja -piirkondade energiavoogude juhtimise optimeerimine (TAR16012);
 - Jõuelektronikal baseeruv energia juhtimissüsteem liginullenergia ehitistele (PUT1680);
 - Paindlikkusteenuste platvormi prototüübi välja töötamine pilootpiirkonna võrgupiirangute juhtimise näitel (LEP17014).
- **The main research achievements:**
 - Research and Development of Storage Based Energy Management System for Households (PhD thesis of Denis Lebedev);
 - Mathematical Modeling and Analysis of a Battery Energy Storage System for Microgrids (PhD thesis of Ahmad Rahmoun);
 - Research of innovative technological solutions for solving the voltage problems in low voltage grid (LEP16048);
 - Optimization of power flow control in Zero energy and resource efficient smart buildings and districts (TAR16012);
 - Power Electronics Based Energy Management Systems for Net Zero Energy Buildings (PUT1680);
 - Demand-side response platform prototype creation in the example of pilot area network limitations (LEP17014);

- **Koostöö:**
kõrgkooliga Hochschule Kempten'iga energiasalvestite juhtimis- ja diagnostikamudelite uurimine; Elektrilevi OÜ-ga alternatiivsete tehniliste lahenduste uurimine pingeprobleemide lahendamiseks madalpingevõrgus ning paindlikkusteenuste platvormi prototüübi välja töötamine pilootpiirkonna võrgupiirangute juhtimise näitel; metroloogiainstituudiga Physikalisch-Technische Bundesanstalt doktorandi stažeerimine madalate footonvoogude täppismõõtesüsteemide arendusel ja katsetustel.
- **Cooperation:**
Research and development of control and diagnostic models for energy storages with Prof. Helmuth Biechl from Hochschule Kempten; with Estonian DSO Elektrilevi research of voltage problems and new technological solutions for LV grid, also creation of demand-side response platform prototype in the example of pilot area network limitations; development and testing of testbed for high-accuracy measurements of low photon fluxes with Physikalisch-Technische Bundesanstalt (exchange of doctoral student).
- **Olulisemad publikatsioonid:**
 1. Rosin, A.; Link, S.; Lehtla, M.; Martins, J.; Drovтар, I.; Roasto, I. (2017). Performance and feasibility analysis of electricity price based control models for thermal storages in households. *Sustainable Cities and Society*, 32, 366–374.10.1016/j.scs.2017.04.008.
 2. Rosin, A.; Drovтар, I.; Kilter, J. (2017). Solutions and active measures for wind power integration. In: A. Moreno-Munoz (Ed.). *Large Scale Grid Integration of Renewable Energy Sources* (87–129). IET The Institution of Engineering and Technology.10.1049/PBPO098E.
 3. Лаанеотс Р. А. Основы метрологии : монография. Санкт-Петербург: Государственный научный центр Российской Федерации - Всероссийский научно-исследовательский институт метрологии им. Д.И. Менделеева, 2017. 473с., деп. в ВИНТИ РАН 19.06.2017 № 76-B2017.
 4. Laaneots, R.; Raba, K. Mõõtmestamine ja tolereerimine : õpik kõrgkoolidele. Tallinn : [Tallinna Tehnikaülikooli] Kirjastus, 2017. 432, [5] lk.
 5. K. Vill and A. Rosin, "Identification of Estonian weak low voltage grid topologies," 2017 IEEE International Conference on Environment and Electrical Engineering and 2017 IEEE Industrial and Commercial Power Systems Europe (EEEIC / I&CPS Europe), Milan, 2017, pp. 1-5. doi: 10.1109/EEEIC.2017.7977757
- **Loetelu struktuuriüksuse töötajatest, kes on välisakadeemiate või muude oluliste T&A-ga seotud välisorganisatsioonide liikmed:**
 - Toomas Kübarsepp, professor
 - EURAMET e.V. Eesti Vabariigi delegaat
 - EURAMET/EMPIR täitevkomitee liige
 - Argo Rosin, vanemteadur
 - IEEE member
 - IEEE Industrial Electronics Society (IES) liige
 - IEEE Power & Energy Society (PES) liige
 - Konverentsi RTUCON 2017 teaduskomitee liige

- Andrei Pokatilov, teadur
 - EURAMET elektri ja magnetismi tehnilise komitee EV esindaja
- **Loetelu struktuuriüksuse töötajatest, kes on riiklike T&A-ga seotud otsustuskogude liikmed (näidates töötaja nime, allüksuse ja ametikoha ning otsustuskogu nimetuse).**
 - Toomas Kübarsepp, professor
 - EV majandus- ja kommunikatsiooniministeeriumi metroloogianõukogu liige
 - EVS nanotehnoloogia tehnilise komitee TK 29 liige
 - Arvo Oorn, dekaan, Valgustehnika labori juhataja
 - Tallinna Tehnikaülikooli nõukogu liige
 - Tallinna Tehnikaülikooli akadeemilise komisjoni liige
 - Eesti Moritz Hermann Jacobi Seltsi liige
 - KIK tänavavalgustuse juhtgrupi liige
 - Vormsi valla majanduskomisjoni liige
 - Argo Rosin, vanemteadur
 - Tallinna Tehnikaülikooli teaduskomisjoni liige
 - Eesti Inseneride Liidu liige
 - Eesti Standardikeskuse tehnilise komitee "Tarkvõrk" liige
 - Eesti tööstuspoliitika komisjoni liige, Majandus- ja Kommunikatsiooniministeerium
 - Energeetika ja tööstuse töörühma liige arengudokumendi "Kliimapolitiitika põhialused aastani 2050" koostamisel, Keskkonnaministeerium
 - Ressursitõhususe meetme ekspertgrupi liige, Keskkonnaministeerium
 - IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers) liige
 - Eesti Transpordi ja Teede Ühingu liige
 - Eesti Moritz Hermann Jacobi Seltsi liige
 - Toivo Varjas, doktorant-nooremteadur
 - Eesti Standardikeskuse tehnilise komitee "Valgustehnika" TK-24 liige
 - Eesti Moritz Hermann Jacobi Seltsi liige
 - Raivo Teemets, dotsent
 - Eesti Standardikeskuse tehnilise komitee "Valgustehnika" TK-24 liige
 - Eesti Standardikeskuse tehnilise komitee "Madalpinge" TK-17 liige
 - Eesti Standardikeskuse tehnilise komitee "Kõrgepingeline" TK-19 liige
 - Eesti Standardikeskuse tehnilise komitee "Elektromagnetiline ühilduvus" TK-44 liige
 - Eesti Moritz Hermann Jacobi Seltsi liige
 - Rein Laaneots, emeriitdotsent
 - Justiitsministeeriumi tööstusomandi apelatsioonikomisjoni liige
 - Rahvusvahelise Standardimisorganisatsiooni (ISO) tehniliste komiteede ISO/TC 12, ISO/TC 30, ISO/TC 213 ja ISO/REMCO liige (esindab Eestit)
 - Euroopa Standardimiskomitee (CEN) tehniliste komiteede CEN/TC 92, 176, 237, 290, 294 ja 332 liige (esindab Eestit)
 - Eesti Standardikeskuse tehnilise komitee EVS/TK 38 "Metroloogia" esimees
 - Eesti Akrediteerimiskeskuse metroloogiakomitee esimees, assessor
 - USA-s asuva Rotalia Fondi Stipendiumide Komitee liige
 - Eesti Teadlaste Liidu liige

- **Elektrimasinate uurimisrühm**
uurimisrühma nimetus inglise keeles: Electrical Machines Research Group

uurimisrühma juhi nimi, ametikoht: Ants Kallaste, vanemteadur

uurimisrühma liikmed:

- Anouar Belahcen, professor
- Toomas Vaimann, vanemteadur, PhD
- Anton Rassõlkin, teadur, PhD
- Svetlana Orlova, teadur (järel doktorant), PhD
- Levon Gevorgov, nooremteadur (doktorant)/teadur
- Payam Shams Ghahfarokhi, doktorant
- Kamil Daukaev, doktorant
- Oleg Kudrjavitsev, doktorant
- Bilal Asad, doktorant
- Heigo Mäemuru, insener (magistrant)

- **Teadustöö lühikirjeldus:**

Elektrimasinate uurimisrühma tegevusse kuulub elektrimasinate, sealhulgas tuulegeneraatorite, analüüs, projekteerimine, katsetamine, arendamine jms. Samuti tegeleb töörühm elektrimasinate diagnostikaga, püsिमagnetmaterjalide rakendamisega elektrimasinates ning elektrimasinate ja ajamisüsteemide optimeerimismetodoloogia uurimise ja parendamisega.

Rühm tegeleb aktiivselt teaduspartnerlusega välisülikoolide ja teiste T&A asutustega. Ettevõtetele pakutakse konsultatsioone, ekspertiise, koolitusi jm teenuseid.

- **Short description of research:**

Electrical Machines Research Group is mainly involved in electrical machine, including wind generators, analysis, design, testing, development etc. In addition to this, the research group deals with electrical machine diagnostics, developing of permanent magnet materials for the use in electrical machines, novel methodologies for design and optimization of electrical machines and drives.

The group is actively involved in scientific partnership with other universities and R&D institutions. Services, such as consultations, trainings, expertise, etc., are provided for industrial partners.

- **Uurimisgrupi T&A ühiskondlik mõjukus:**

Uurimisgrupi tegevuse ühiskondlik mõjutus on eelkõige seotud keskkonna probleemide lahendamisega. Uurimisgrupp tegeleb suurel määral tuulegeneraatorite arendamise, katsetamise ja projekteerimisega, millega luuakse võimalus keskkonda säästva energialiigi arenguks ja laialdasemaks kasutuselevõtuks.

- **Societal impact of research group R&D:**

The societal impact related to the research group activities is mainly connected to the solving of environmental issues. The group is actively involved in wind generator research, including developing, testing and designing of the generators, which supports the development and wider use of environmentally friendly energy sources.

- **2017. aasta olulisemad märkimist väärivad teadustulemused:**

Vastavalt 2016 aasta patendile “Püsimagnetitega sünkroonreluktansmootor” (nr. P201400013) on valminud masina prototüüp mis on katsetamisel

Tuuleagregaadis kasutatava välisrootoriga püsimagnetgeneraatori projekteerimine ja optimeerimine (Oleg Kudrjajtsevi doktoritöö)

Muudetava kiirusega ajamitega tsentrifugaalpumpadega varustatud tsirkulatsioonpumbajamade energiahaldussüsteemide simuleerimine ja eksperimentaalne uurimine (Levon Gevorkovi doktoritöö)

- **Main research results in 2017:**

According to the International patent „Permanent magnet assisted synchronous reluctance motor“ (nr. P201400013), issued in 2016, a prototype was built, which is currently being tested

Design and Optimization of Permanent Magnet Generator with Outer Rotor for Wind Turbine Application (Oleg Kudrjajtsev’s PhD dissertation)

Simulation and Experimental Study on Energy Management of Circulating Centrifugal Pumping Plants with Variable Speed Drives (Levon Gevorkov’s PhD dissertation)

- **Loetelu uurimisrühma liikmete aruandeaastal juhitud olulisematest projektidest/lepingutest:**

- PUT1260 – Elutsükli arvestav elektrimootorajamite optimeerimismetodoloogia, 01.01.2016-31.12.2019, Anouar Belahcen
- PUTJD134 – Elektrimasinate rikketuvastuse pöördprobleemide lahendamine, 01.03.2015-28.02.2017, Toomas Vaimann
- MOBTP13 - Energiamuundussüsteemide töö- ja korrasolekukontrolli digitaalne rakendamine, 01.03.2017-28.02.2018, Toomas Vaimann
- VERT18002 – Tehnoloogilisele arengule suunatud koolide koostöö, 01.10.2017-31.10.2019, Anton Rassõlkin

- **Koostöö T&A asutustega:**

- Pihkva Riiklik Ülikool, Venemaa – ühispublikatsioonid, külalisloengud, doktorandi kaasjuhendamine, doktorantide mobiilsus
- Aalto Ülikool, Soome – ühispublikatsioonid, järel doktorantuur
- Füüsikalise Energeetika Instituut, Läti – ühispublikatsioonid, järel doktorantuur
- Lääne-Böömimaa Ülikool, Tšehhi – ühispublikatsioonid, külalisloengud
- Eesti Maaülikool – ühispublikatsioonid
- Magdeburg-Stendal Tehnikakõrgkool – külalisloengud

- Sileesia Tehnikaülikool – külalisloengud
- **Koostöö ettevõtetega:**
 - Goliath Wind OÜ – tuulegeneraatori väljatöötamine
 - If P&C Insurance AS – maasoojuspumpade alased ekspertiisid
 - Global4Wind OÜ – tuulegeneraatori analüüs
 - TS Energia OÜ – tuulegeneraatori analüüs
 - Electric Torque Machines AS – püsिमagnetite karakteristikute analüüs
 - Harju Maakohus – ekspertiisid
 - Konesko AS – elektrimootorite rikete analüüs
 - BTA Baltic Insurance Company AS – ekspertiisid
- **Uurimisrühma liikmete kuni 3 olulisemat aruandeaastal ilmunud artiklit (ETISE klassifikaator 1.1, erandjuhul 3.1):**
 1. J. Martinez; A. Belahcen; A. Muetze; (2017). Analysis of the vibration magnitude of an induction motor with different numbers of broken bars. IEEE Transactions on Industry Applications, PP, 1–1.TIA.2017.2657478.
 2. M. Farzam Far; A. Belahcen; P. Rasilo; S. Clenet; A. Pierquin; (2017). Model order reduction of electrical machines with multiple inputs. IEEE Transactions on Industry Applications, PP, 1–1.TIA.2017.2681967.
 3. Lehtikoinen, Antti; Arkkio, Antero; Belahcen, Anouar (2017). Reduced Basis Finite Element Modeling of Electrical Machines with Multiconductor Windings. Ieee Transactions On Industry Applications, 53 (5), 4252–4259.
- **Loetelu uurimisgrupi liikmetest, kes on välisriikide akadeemiate ja/või muude oluliste T&A-ga seotud välisorganisatsioonide liikmed:**
 - Anouar Belahcen – IEEE (Elektri- ja Elektroonikainseneride Instituut), vanemliige
 - Toomas Vaimann – IEEE (Elektri- ja Elektroonikainseneride Instituut), liige
 - Ants Kallaste – IEEE (Elektri- ja Elektroonikainseneride Instituut), liige
 - Anton Rassõlkin – IEEE (Elektri- ja Elektroonikainseneride Instituut), liige
- **Sisse tulnud järel doktorandid:**
 - Svetlana Orlova, Läti, Füüsikalise Energeetika Instituut, 01.04.2016–30.09.2017, PUT1260
- **Välja läinud järel doktorandid:**
 - Toomas Vaimann, Soome, Aalto Ülikool, 01.01.2015-28.02.2017, PUTJD134, Aalto Ülikooli rahastus
 - Anton Rassõlkin, Saksamaa, Institute for Competence in AutoMobility, IKAM GMBH, 01.10.2017-31.10.2017, Climate-KIC inovatsiooni programm Pioners into Practice
- **Muu informatsioon**
- **Kaitstud doktoritööd**
 - a. Oleg Kudrjajtsev, doktorikraad, 2017, (juh) Aleksander Kilk; Toomas Vaimann, Design and Optimization of Permanent Magnet Generator with Outer Rotor for Wind

Turbine Application (Tuuleagregaadis kasutatava välisrootoriga püsomagnetgeneraatori projekteerimine ja optimeerimine), Tallinna Tehnikaülikool.

- b. Levon Gevorkov, doktorikraad, 2017, (juh) Valery Vodovozov, Simulation and Experimental Study on Energy Management of Circulating Centrifugal Pumping Plants with Variable Speed Drives (Muudetava kiirusega ajamitega tsentrifugaalpumpadega varustatud tsirkulatsioonpumbajamade energiahaldussüsteemide simuleerimine ja eksperimentaalne uurimine), Tallinna Tehnikaülikool.

- Võrgustikud, komisjonid:

- Anton Rassõlkin – Koostöövõrgustik CUCEE (Cooperation of the Universities in Central and East Europe), TTÜ poolne koordinaator
- Toomas Vaimann
 - Eesti Teadusagentuuri riikliku õpilaste teadustööde konkursi hindamiskomisjon, esimees
 - Eesti Teadusagentuuri riikliku üliõpilaste teadustööde konkursi hindamiskomisjon, liige
 - Eesti Moritz Hermann Jacobi Selts, liige
 - Eesti Elektroenergeetika Selts, liige

- Rahvusvahelised kaasjuhendamised:

Toomas Vaimann – doktorandi kaasjuhendamine Pihkva Riiklikus Ülikoolis (Venemaa); doktorant Aleksei Petrov, (juh) Igor Plokhov; Toomas Vaimann, Asünkroonmootori dünaamika diagnostiline mudel, (Диагностическая модель динамики асинхронного электродвигателя).

- Külalisloengud:

- 20.11.2017 – Anton Rassõlkin, "Energeetikast Eestis", Pihkva Riiklik Ülikool, Pihkva, Venemaa
- 19.10.2017 - Anton Rassõlkin, "Elektrisõidukid ja elektriautod infrastruktuuri rakendamine Eestis", Magdeburg-Stendal Tehnikakõrgkool, Magdeburg, Saksamaa
- 31.04.2017 - Anton Rassõlkin, "Elektrisõidukid ja elektriautod infrastruktuuri rakendamine Eestis", Sileesia Tehnikaülikool, Gliwice, Poola
- 30.03.2017 – Toomas Vaimann, "Elektrimasinate rikked ja diagnostika", Sileesia Tehnikaülikool, Gliwice, Poola

4. Jõuelektroonika uurimisrühm

uurimisrühma nimetus inglise keeles: Power Electronics Group

uurimisrühma juhi nimi, ametikoht: Dmitri Vinnikov, juhtivteadur

uurimisrühma liikmed:

- Indrek Roasto, vanemteadur
- Tanel Jalakas, vanemteadur
- Andrei Blinov, vanemteadur
- Oleksandr Husev, vanemteadur
- Janis Zakis, vanemteadur
- Serhii Stepenko, teadur, Mobilias Plussi järel doktor

- Sergio Pires-Pimentel, külalisteadur
- Andrii Chub, teadur
- Elizaveta Liivik, teadur
- Roman Kosenko, nooremteadur, doktorant
- Elena Makovenko, nooremteadur, doktorant
- Oleksandr Korkh, nooremteadur, doktorant

- **uurimisrühma teadustöö ülevaade:**

Teadusgrupi uurimistöö on suunatud uudsete taastuvenergeetikas, transpordis ja sideseadmetes kasutatavate jõupooljuhtmuundurite arendamisele ja katselisele uurimisele. Põhilisteks arendussuundadeks on uute skeemilahenduste süntees, juhtimis- ja kaitselagoritmide loomine ning muundurite projekteerimismetoodikate koostamine, tõstmaks jõuelektrooniliste seadmete töökindlust, kasutegurit ning võimsustihedust. Muu arendustegevus on suunatud mikro- ja tarkvõrkude: juhtimis, kontrolli, energiavoogude suunamise ja sidealgoritmide arendamisesse.

Jõuelektroonika uurimisgrupp on impedants-tüüpi allikaga muundurite arenduse eesliinil. Eriti palju on panustatud taastuvenergeetikas rakendust leidvate galvaaniliselt isoleeritud impedants-tüüpi allikaga alalispingemuundurite arendusse. Aastal 2017 pakuti välja ning prooviti eksperimentaalselt ka järgi mitmeid uusi impedants-tüüpi allikaga alalispingemuundurite skeemilahendusi. Näiteks võib tuua: kõrge kasuteguriga, suure sisendpinge ulatusega ja kontrollitava muutuvtopoloogiaga galvaaniliselt isoleeritud impedants-tüüpi allikaga alalispingemuundur. Selle uurimistöö tulemused on kokku võetud artiklis “High-Performance Quasi-Z-Source Series Resonant DC-DC Converter for Photovoltaic Module Level Power Electronics Applications“ (IEEE Transactions on Power Electronics, vol. 32, nr. 5, 2017) mis pälvis TTÜ 2017 aasta teadusartikli auhinna tehnika ja tehnoloogia valdkonnas.

Uurimisgrupi liikmed on oma panuse andnud ka impedantsallikaga vaheldite arendamisesse. Pakuti välja ning katsetati modulaarse, ühefaasilise, maksimaalse pingetõstmise kontrolliga impedants-tüüpi allikaga vaheldit. Antud skeemilahendust rakendati katseliselt päikesepaneele teenindavates muundusseadmetes, kus oli võimalik näidata suurepärase pingetõstmise ja koormuse stabiliseerimist, püsivat sisendvoolu ja hea kvaliteediga väljundpinget.

Jõuelektroonika uurimisgrupp lööb aktiivselt kaasa ka 17 Euroopa riigi uue põlvkonna neutronallika loomise ühisprojektis (European Spallation Source, ESS). ESS-ist saab valmimisel maailma võimsaim neutronite allikas koos ainulaadse laborikompleksiga mitmesuguste tipptasemel teadusuuringute läbiviimiseks.

2017 aasta töö tulemuste põhjal on koostatud rohkem kui 40 teadusartiklit. Positiivset vastukaja on saadud nii uurimisasutustest kui ka tööstusettevõtetest mitmel pool maailmas.

- **Short description of research:**

Research in the Group is focused on the development and experimental validation of new state of the art power electronic converters for such demanding applications as renewable energy systems, rolling stock, automotive and telecom. Key research directions include synthesis of new converter topologies, development of special control and protection algorithms, implementation of new

components and elaboration of design guidelines to further improve the efficiency, power density, reliability and flexibility of the on-market power electronic converters. Other research activities are concentrated on the development of power flow control algorithms and new supervision, fault detection, protection and communication methods for the electronic power distribution grids (Micro- and SmartGrids).

Power Electronics Group of TUT is one of the frontiers of the latest advances in the topic of impedance-source converters, especially, in the field of impedance-source (IS) galvanically isolated DC-DC converters for renewable energy applications. In 2017 they have proposed and experimentally validated many novel IS DC-DC converter topologies including magnetically integrated single-switch IS galvanically isolated step-up DC-DC converter, multi-mode quasi-Z-source series resonant DC-DC converter and high-performance quasi-Z-source DC-DC converter with reconfigurable buck-boost switching stage and topology-morphing control. The latter was described in journal paper "High-Performance Quasi-Z-Source Series Resonant DC-DC Converter for Photovoltaic Module Level Power Electronics Applications" (IEEE Transactions on Power Electronics, vol. 32, nr. 5, 2017), which was recently awarded by Tallinn University of Technology as the best research article of 2017 in the field of engineering and technology.

Moreover, the group members have significantly contributed to the development of the advanced IS inverters. They proposed and experimentally validated the novel topology of the interleaved single-phase quasi-Z-source inverter with advanced boost modulation technique. This topology was experimentally proven in photovoltaic applications, where it demonstrated excellent input voltage and load regulation capability, continuous input current and enhanced output voltage quality.

Power Electronics Group is also actively involved in the R&D activities of the European Spallation Source (ESS), which is a joint project involving 17 European countries, including Estonia, aimed to build and operate next-generation research infrastructure for using neutrons to conduct research on materials. The ESS will be the world's most powerful neutron radiation source, more than 100 times greater than other similar sources.

The research findings of the group in 2017 were disseminated in more than 40 research papers and have received an extremely positive feedback from research institutions and industrial companies all around the world.

• **Loetelu uurimisrühma liikmete aruandeaastal juhitud olulisematest projektidest/lepingutest:**

- PUT1443 "Parendatud omadustega impedantsallikaga muundurid" (vastutav täitja Dmitri Vinnikov)
- PUT1680 "Power Electronics Based Energy Management Systems for Net Zero Energy Buildings" (vastutav täitja Indrek Roasto)
- B51 "Smart Grid Ready Power Conditioner for Zero Energy and Resource Efficient Buildings" (vastutav täitja Indrek Roasto)

- Lep17008 "Research and Development of Advanced Control and Protection Algorithms for Photovoltaic Module Integrated Converters" (vastutav täitja Dmitri Vinnikov)
- TAR16012 "Teadmistepõhise ehituse tippkeskus" (vastutav täitja Dmitri Vinnikov).
- VEU15033 "COST Action TD1406-Innovation in Intelligent Management of Heritage Buildings (i2MHB)", (vastutav täitja Dmitri Vinnikov).
- VA16021 "Power Electronic Transformer - an Energy Router for Active Distribution Grids", (vastutav täitja Dmitri Vinnikov).

- **uurimisrühma liikmete koostöö teiste T&A asutuste ja ettevõtetega (sh välisriikidest):**

Jõuelektroonika uurimisrühmal on tihe koostöö mitmete juhtivate jõuelektroonika arenduskeskustega Euroopas ja Ameerika Ühendriikides (CTS/UNINOVA and FCT/UNL, Portugal; School of Industrial Engineering, University of Extremadura, Hispaania; ECPE European Center for Power Electronics e.V., Saksamaa; Department of Energy Technology, Aalborg University, Taani; Institute of Control and Industrial Electronics, Warsaw University of Technology, Poola; College of Engineering, Michigan State University, USA; Electronic Engineering Department, University of Seville, Hispaania; Electrical and Computer Engineering Department, Texas A&M University at Qatar, Katar; jne.). Tähtsaimad koostöötulemused olid: ühisartiklid, teadustulemuste ja taristu ühiskasutus, teadurite lähetused, konverentsid, seminarid ja töötoad. Lisaks eelpool mainitud asutustele toimus hea koostöö ka TTÜ Thomas Johann Seebecki nimelise elektroonikainstituudiga (prof. Toomas Rang) ja firmaga Clifton. Ülikondensaatoreid uuriti koos firmaga Skeleton Tech.

Parimad tulemused saavutati koostöös Eesti firmadega 4Energia, Ubik Solutions ja MyWind, kus suudeti teadustulemusi rakendada uutes innovatiivsetes toodetes. Koos ettevõttega Ubik Solutions arendati välja väikese ja keskmise võimsusega päikese-elektrijaamades kasutatav jõupooljuhtmuundustehnoloogia OPTIVERTER[®]. OPTIVERTER[®] on hübriidne skeemilahendus, ühendades endas nii päikesepaneeli teenindavate mikromuundurite kui ka päikesepaneelide optimeerijate parimad omadused: varjutuskindel maksimaalse võimsuspunkti järgimine, galvaaniline isolatsioon, otsene ühilduvus elektrivõrguga, muundusseadme, päikesepaneeli ja energiatoodangu monitoorimine, lihtne paigaldus ning süsteemi skaleeritavus.

- **Cooperation:**

Power Electronics Group maintains close cooperation with leading power electronics research centers from Europe and USA (CTS/UNINOVA and FCT/UNL, Portugal; School of Industrial Engineering, University of Extremadura, Spain; ECPE European Center for Power Electronics e.V., Germany; Department of Energy Technology, Aalborg University, Denmark; Institute of Control and Industrial Electronics, Warsaw University of Technology, Poland; College of Engineering, Michigan State University, USA; Electronic Engineering Department, University of Seville, Spain; Electrical and Computer Engineering Department, Texas A&M University at Qatar, Qatar; etc.). The most important outcomes of research cooperation are: joint publications, sharing of research infrastructure, research internships, joint organization of workshops and conferences, etc. Very fruitful cooperation is also established with Estonian research centers and industrial companies. For example, joint research in the field of wide-bandgap semiconductors was initiated

with Thomas Johann Seebeck Department of Electronics of TUT (prof. Toomas Rang) and industrial company Clifton. Joint activities in the field of ultracapacitors were initiated with Estonian company Skeleton Tech.

Moreover, the outstanding results were obtained in cooperation with Estonian companies 4Energia, Ubik Solutions and My!Wind that have implemented the obtained scientific and practical results in their innovative products. For example, in cooperation with Ubik Solutions the group members have developed and brought to market the revolutionary power conversion technology for residential and small-to-medium commercial photovoltaic installations, called OPTIVERTER[®]. OPTIVERTER[®] is a hybrid technology that for the first time merges the key features of recently popular PV power optimizers and PV microinverters such as shade-tolerant maximum power point tracking (MPPT), galvanic isolation, direct AC grid connectivity, monitoring of energy production and state of health of a PV module, safety cut-off as well as low cost of installation and flexible scaling up of PV power system.

- **uurimisrühma liikmete kuni 3 olulisemat aruandeaastal ilmunud artiklit (ETISE klassifikaator 1.1, erandjuhul 3.1)**

1. Vinnikov, D.; Chub, A.; Liivik, E.; Roasto, I. (2017). High-Performance Quasi-Z-Source Series Resonant DC-DC Converter for Photovoltaic Module Level Power Electronics Applications. IEEE Transactions on Power Electronics, 32 (5), 3634–3650.10.1109/TPEL.2016.2591726.
2. Chub, A.; Husev, O.; Blinov, A.; Vinnikov, D. (2017). Novel Isolated Power Conditioning Unit for Micro Wind Turbine Applications. IEEE Transactions on Industrial Electronics, 64 (7), 5984–5993.10.1109/TIE.2016.2645890.
3. Vinnikov, D.; Chub, A.; Kosenko, R.; Zakis, J.; Liivik, E. (2017). Comparison of Performance of Phase-Shift and Asymmetrical Pulse Width Modulation Techniques for the Novel Galvanically Isolated Buck-Boost DC-DC Converter for Photovoltaic Applications. IEEE Journal of Emerging and Selected Topics in Power Electronics, 5 (2), 624–637.10.1109/JESTPE.2016.2631628.

- **Loetelu uurimisrühma töötajate olulisematest sise- ja välisriiklikest T&A-ga seotud tunnustustest (töötaja nimi, allüksus ning tunnustus).**

Dmitri Vinnikov, Tallinna Tehnikaülikooli 2017. aasta teadlane

- **Loetelu uurimisgrupi liikmetest, kes on riiklike T&A-ga seotud otsustuskogude liikmed.**

Dmitri Vinnikov, Eesti Teadusagentuur hindamisnõukogu loodusteaduste ja tehnika ekspertkomisjoni liige

- **Loetelu uurimisgrupi liikmetest, kes on välisriikide akadeemiate ja/või muude oluliste T&A-ga seotud välisorganisatsioonide liikmed (töötaja nimi, allüksus ning välisakadeemia või muu olulise T&A-ga seotud välisorganisatsiooni nimetus).**

- Dmitri Vinnikov, IEEE Senior Member
- Dmitri Vinnikov, Chair of the IEEE Estonia Section IES/PELS Joint Societies Chapter

- Dmitri Vinnikov, European Spallation Source (ESS) Accelerator (ACCSYS) koostöö kogu liige
- Dmitri Vinnikov, Student and Young Professionals Activity Committee Member of the IEEE Industrial Electronics Society (IEEE-IES)
- **Uurimisgrupis osalenud järel doktorite ning TTÜ-st järel doktorantuuri suundunud uurimisgrupi töötajate loetelu** (nii ETIS-e kaudu esitatud taotluste kui muude meetmete alusel näidates ära järel doktori nime, päritolumaa ja asutuse, järel doktorantuuri perioodi ning meetme, mille alusel järel doktorit rahastatakse).
 - Andrii Chub, järel doktorantuur ülikoolis Christian-Albrechts-Universität zu Kiel (Saksamaa)
 - Elizaveta Liivik, järel doktorantuur Aalborgi Ülikoolis (Taani)
 - Serhii Stepenko, Mobilias Plussi järel doktor

5. Kõrgepinge

uurimisrühma nimetus inglise keeles: High-Voltage

uurimisrühma juhi nimi, ametikoht: Paul Taklaja, vanemlektor

uurimisrühma liikmed:

- direktor, professor Ivo Palu
 - koordinaator, doktor Jaan Niitsoo
 - nooremteadur, doktorant Ivar Kiitam
 - spetsialist, Annemai Avingu
- **uurimisrühma teadustöö ülevaade:**

Uurimisgrupi eesmärk on uurida kõrgepinge isolatsioonimaterjale ja kõrge pinge ning suure elektriväljatugevuse mõju elektriseadmetele. Keskendutakse isolatsiooni uurimisele ja isolaatorite kasutamisele õhu- ja kaabelliinidel. Täiendavalt uuritakse elektrikvaliteedi mõju kõrgepingeseadmetele nagu trafod, kaabelliinid jt elektriseadmed. Uuteks murekohtadeks on suures ulatuses ja kiirelt muutuvad võimsused ja ebalineaarsed koormused. Uurimustöö käigus püütakse anda hinnang töökindlusele ja seadmete jääkressursile mõõtes erinevaid keskkonna ja materjali omadusi.

- **Short description of research:**

Research of the High Voltage research group is focusing on the studies of the high voltage insulation and applications associated with the high voltages and strong electrical fields. Most research is related to the insulators and insulation used in power lines, both overhead and cable lines are studied. Another scope of research is the effects to high voltage equipment (transformers, cable power lines etc.) due to high loading, nonlinear loads and power quality. Influence of power quality and dynamic power loading for the equipment, increased thermal and mechanical stress and aging are investigated. Research aims to provide indexes of reliability, considering different

stresses to the power transmission networks during their lifetime, taking into account air pollution, weather, wildlife but also influences of characteristics of the future electric loads, materials etc.

- **olulisemad teadustulemused:**

- Ivo Palu juhitud Lep17037 "Harku-Lihula-Sindi õhuliini hankedokumentide projekti erinõuete koostamise konsultatsioon vastavalt õhuliinide standardi siseriiklikele erinõuetele"; Lep17035 "Ettepanekute väljatöötamine ja vormistamine standardi "Elektriõhuliinid vahelduvpingega üle 1 kV, osa 2-20: Eesti siseriiklikud erinõuded (SEN)" raames"; Lep17034 "Elektrivõrgu töökindlusnäitaja SAIDI 90 väärtuse tagava eelarve analüüs",
- Paul Taklaja juhitud Lep16105 "Vananevate juhtmete füüsikalised omadused – II etapp”

- **The main research achievements:**

- Ivo Palu principal investigator "Consultation for Project Specification for Harku-Lihula-Sindi overhead powerline procurement documents in accordance with NNA of the standard "Overhead electrical lines exceeding AC 1 kV""; Lep17035 "Drafting and finalizing of propositions in the framework of standard "Overhead electrical lines exceeding AC 1 kV - Part 2-20: National Normative Aspects (NNA) for Estonia", Lep17034 "A full SAIDI (System Average Interruption Duration Index) 90-minute budget analysis".
- Paul Taklaja principal investigator Lep16105 "The physical characteristics of aging overhead line conductors - Phase II”

- **Koostöö:** Aalto ülikool, Nordkap, Elering, Elektrilevi

- **Cooperation:** Aalto university, Nordkap, Elering, Elektrilevi

- **Olulisemad publikatsioonid**

1. Mishra, S.; Leinakse, M.; Palu, I. (2017). Wind power variation identification using ramping behavior analysis. Energy Procedia, 141. Elsevier

Loetelu uurimisgrupi liikmetest, kes on riiklike T&A-ga seotud otsustuskogude liikmed (töötaja nimi, ametikoht ning otsustuskogu nimetus ja positsioon otsustuskogus).

Ivo Palu, Professor

- TTÜ elektroenergeetika ja mehhatroonika instituudi nõukogu liige
- TTÜ inseneriteaduskonna nõukogu liige
- Eesti elektroenergeetika seltsi juhatuse liige
- Eesti Energia nõukogu liige
- IEEE Power and Energy Society liige
- IEEE liige

Loetelu uurimisgrupi liikmetest, kes on välisriikide akadeemiate ja/või muude oluliste T&A-ga seotud välisorganisatsioonide liikmed (töötaja nimi, allüksus ning välisakadeemia või muu olulise T&A-ga seotud välisorganisatsiooni nimetus).

- Ivo Palu, Professor, IEEE liige

6. Elektrisüsteemide uurimisrühm

uurimisrühma nimetus inglise keeles: Power Systems Research Group
uurimisrühma juhi nimi, ametikoht: dotsent Jako Kilter

uurimisrühma liikmed:

- dotsent Ülo Treufeldt,
- emeriitprofessor Mati Meldorf,
- nooremteadur (doktorant) Tanel Sarnet,
- nooremteadur (doktorant) Mari Löper,
- nooremteadur (doktorant) Triin Kangro,
- nooremteadur (doktorant) Kaur Tuttelberg,
- nooremteadur (doktorant) Madis Leinakse,
- insener Uku Salumäe,
- doktorant Marko Tealane,
- doktorant Alexander Mazikas,
- doktorant Henri Manninen.

Uurimisrühma teadustöö ülevaade:

Uurimisgrupi teadustegevus on suunatud tänapäevaste ja tuleviku elektrisüsteemide juhtimisalgoritmide ja rakenduste väljatöötamisele ja arendamisele. Olulisimad teadussuunad on seotud reaalarajuhtimissüsteemide arendamise ja analüüsiga laiseire mõõtmiste baasil võttes arvesse alalisvoolühenduste, juhitavate ülekandesüsteemide, tuule- ja päikeseelektrijaamade, elektri kvaliteedi ja koormuse modelleerimise aspekte. Käsitletakse elektrisüsteemi juhtimist ja analüüsi tuleviku elektrisüsteemide arenguid silmas pidades – sünkroniseeriva massi vähenemine ja läbi konverteertehnoloogiate elektrijaamade järjest suurem osakaal elektrisüsteemis. See kõik toob kaasa väljakutseid elektrisüsteemi juhtimises, releekaitstes ning süsteemi stabiilsuse jälgimises ja hindamises. Samuti on oluliseks uurimisvaldkonnaks elektri kvaliteedi mõõtmised ja hinnangud elektriülekandevõrkudes kasutades ära tänapäevaste kompenseerimisseadmete ja laiseiremõõtmiste võimalusi.

Uurimisrühm teeb aktiivset koostööd Eesti olulisemate energeetikavaldkonna ettevõtetega, sh Elering, Elektrilevi, Graanul Invest, VKG, Tallinna Elektrijaam, jt. Ettevõtetega koostöös lahendatakse mitmeid olulisi Eesti energeetikaga seotud küsimusi, nt Eesti elektrisüsteemide koormused ja nende karakteristikud ning Eesti elektrisüsteemi reaktiivvõimsuse kompenseerimise olemus ja võimalused, ja teostatakse teadus- ja arendustööd, mille baasil on ettevõtetel võimalik

turule tuua uusi rakendusi või olemasolevates elektripaigaldistes optimeerida kasutatavaid lahendusi. Uurimisrühma kasutada on maailma tippteadusaparatuur – reaalajasimulaator RTDS, releekaitse ja automaatika seadmed, Omicron testseadmed/kalibraatorid ja võimendid, jm.

- **Uurimisrühma olulisemad teadustöö tulemused:**

- Teostatud Eesti elektrisüsteemi koormuste staatiliste ja dünaamiliste karakteristikute uurimist ja töötatud välja nende määramise meetoodika.
- Töötati välja Eesti elektrisüsteemi reaktiivvõimsuse kompenseerimise meetoodika ja analüüsi mitmekorruseliste liinide reaktiivvõimsuse tasakaalu.
- Edasi on arendatud ülekandevõrkude kõrgepingekaablite matemaatilisi mudeleid ja hindamisemethodikaid.
- Välja on töötatud uued meetodid ja rakendused laimõõtmiste kasutamiseks elektrisüsteemide analüüsis ja juhtimisel.
- Arendati välja maailmas esmakordne lähenemisviis elektrisüsteemi inertsi määramiseks pidevate mõõtmeandmete alusel.
- Välja on töötatud uued meetodid elektri kvaliteedi jälgimiseks ja hindamiseks ülekandevõrkudes.
- Jätkatud ENTSO-E ja Eesti võrgueeskirjade nõuete analüüside ja sellekohaste uuringutega.

- **Short description of research:**

Research and development activities in the group are focused on the development of control and protection algorithms and applications, and performing system analysis considering the challenges in modern and future power systems. Key research areas are focused on power system real-time control and analysis based on wide-area information with respect to HVDC and FACTS control, wind power connections, power quality and load modelling. Emphasis is on modern power systems where the level of generation through converters is increasing and consequently the level of system inertia is decreasing. This brings new challenges to the system control, relay protection, and system stability assessment. Other research activities are concentrated on the development and assessment of power quality mitigation methods in transmission and distribution systems considering the availability of modern compensation devices and wide-area information.

Research group has active cooperation with most of the important power system related companies in Estonia, e.g. Elering, Elektrilevi, Graanul Invest, VKG, Tallinna Elektri jaam, etc. Cooperation with companies is focused on solving multiple and important R&D activities related to power system planning and control challenges, e.g. static and dynamic characteristics of Estonian power system and reactive power planning in Estonian power system. Based on the research it is possible for these companies to use new applications and solutions, and optimize the utilization of current assets. In its research related activities, the research group is able to use the world class equipment, e.g. RTDS, relay and automation devices, Omicron testing unit and amplifiers, etc.

Main research outcomes:

- Development of methodology to determine electrical network load static and dynamic characteristics.
- Development of reactive power compensation methodology in transmission network and assessment of reactive power balance on the multi-level transmission overhead lines.
- Development of mathematical models for high voltage cable networks and composing assessment methodology for considering cables for network studies in load flow and dynamic studies.
- Development of new methods and applications for the use of wide-area measurements for power system analysis and control.
- Development of first approach to determine power system inertia based on continuous PMU measurements.
- Development of novel methods for power quality monitoring and assessment in transmission networks.
- Development of ENTSO-E and Estonian Grid Code requirements and performing corresponding studies.

Olulisemad teadus- ja arendusprojektid:

- Jako Kilteri juhitud projekt: Horizon2020 - MIGRATE “Massive Integration of Power Electronic Devices”.
- Ülo Treufeldti juhitud projekt: LEP15066 "Eesti elektrisüsteemi ülekandevõrgu koormuste staatilised ja dünaamilised karakteristikud.
- Ivo Palu juhitud projekt: LEP17056 “Reaktiivenergia kompenseerimine Eesti elektrisüsteemis”.

Uurimisrühma koostöö teiste T&A asutuste ja ettevõtetega:

Koostööd on tehtud järgmiste TA asutustega: Technical University of Dresden, KTH, University of Manitoba, NTNU, University of Manchester, DTU, Aalto University, IPE, Technical University of Berlin, University of Ljubljana ja TU Delft. Olulisemateks koostööpartneriteks ettevõtluses on Elering, Elektrilevi, VKG Energia, Graanul Invest ja Tallinna Elektri jaam.

Olulisemad publikatsioonid:

1. Tuttelberg, K., Kilter, J. Uncertainty Propagation in PMU-based Transmission Line Monitoring. IET Generation, Transmission & Distribution. <http://dx.doi.org/10.1049/iet-gtd.2017.0244>.
2. Tuttelberg, K.; Kilter, J. (2018). Estimation of transmission loss components from phasor measurements. International Journal of Electrical Power & Energy Systems. <https://doi.org/10.1016/j.ijepes.2017.11.040>.
3. Löper, M., Salumäe, U., Kilter, J. Assessment of Higher Harmonics Influence to PMU Measurement Accuracy. Proc. of IEEE International Conference on Innovative Smart Grid Technologies (IEEE ISGT Europe 2017). 26-29. september 2017, Torino, Italy.

Loetelu uurimisrühma töötajate olulisematest sise- ja välisriiklikest T&A-ga seotud tunnustustest (töötaja nimi, allüksus ning tunnustus).

- Jako Kilter – Aasta Energeetik, Eesti Elektroenergeetika Selts.
- Madis Leinakse ja Jako Kilter – Eesti Teadusagentuuri üliõpilaste teadustööde konkursi 3. preemia (loodusteaduste ja tehnika valdkonnas rakenduskõrgharidus ja bakalaureuseõppe üliõpilaste astmes) saanud Henry Kapp'i bakalaureusetöö „Koormuste modelleerimise erinevused tarkvarades PSCAD ja PSS/E” juhendajad
- Madis Leinakse – Parim elektroenergeetika ettekanne, 16. Rahvusvaheline sümposium "Topical Problems in the Field of Electrical and Power Engineering"
- Mari Löper – Jaan Poska stipendium

Loetelu uurimisgrupi liikmetest, kes on riiklike T&A-ga seotud otsustuskogude liikmed (töötaja nimi, ametikoht ning otsustuskogu nimetus ja positsioon otsustuskogus).

- Jako Kilter, Dotsent
 - Eesti Standardikeskuse Kõrgepingekomitee EVS/TK 19 esimees
 - TTÜ elektroenergeetika ja mehhatroonika instituudi nõukogu liige
 - Eesti elektroenergeetika seltsi liige
 - Eesti elektroenergeetika seltsi kutsekomisjoni liige
 - Eesti Võrgueeskirja uuendamise töögrupi liige
- Tanel Sarnet, Nooremteadur, doktorant, Eesti elektroenergeetika seltsi liige
- Mari Löper, Nooremteadur, doktorant, Eesti elektroenergeetika seltsi liige
- Triin Kangro, Nooremteadur, doktorant, Eesti elektroenergeetika seltsi liige
- Kaur Tuttelberg, Nooremteadur, doktorant, Eesti elektroenergeetika seltsi liige
- Madis Leinakse, Nooremteadur, doktorant, Eesti elektroenergeetika seltsi liige

Loetelu uurimisgrupi liikmetest, kes on välisriikide akadeemiate ja/või muude oluliste T&A-ga seotud välisorganisatsioonide liikmed (töötaja nimi, allüksus ning välisakadeemia või muu olulise T&A-ga seotud välisorganisatsiooni nimetus).

- Jako Kilter, Dotsent
 - IEEE Senior member
 - IEEE Power and Energy Society liige
 - IEEE Transportation Electrification Community liige
 - IEEE Smart Cities Community liige
 - IEEE Smart Grid Community liige
 - CIGRE B4.64 liige (Impact of AC System Characteristics on the Performance of HVDC schemes)
 - CIGRE C4.27 (Benchmarking of Power Quality Performance in Transmission Systems) liige
 - ENTSO-E EPS & CC töögrupi liige
 - ENTSO-E CNC töögrupi liige

- ENTSO-E EPS & CC DT HVDC AdHoc töögrupi liige
- ENTSO-E WG EPS Requirements for Generators töögrupi liige
- IET The Journal of Engineering - artiklite retsenseerimise komitee liige
- IET Generation, Transmission and Distribution Journal – artiklite retsenseerimise komitee liige
- IEEE Transactions on Industrial Electronics – artiklite retsenseerimise komitee liige
- IEEE ISGT Europe 2017, Tehnilise komitee liige
- IEEE MELECON`18, Tehnilise komitee liige
- Tanel Sarnet, Nooremteadur, doktorant
 - IEEE liige
 - IEEE Power and Energy Society liige
- Triin Kangro, Nooremteadur, doktorant
 - IEEE liige
 - IEEE Power and Energy Society liige
- Kaur Tuttelberg, Nooremteadur, doktorant
 - IEEE liige
 - IEEE Power and Energy Society liige
- Madis Leinakse, Nooremteadur, doktorant
 - IEEE liige
 - IEEE Power and Energy Society liige
 - IEEE Industry Applications Society liige
 - InnoEnergy CommUnity saadik
 - InnoEnergy CommUnity mentor
 - Euroopa Innovatsiooni- ja Tehnoloogiainstituudi (EIT) Vilistlaskogu liige
- Mari Löper, Nooremteadur, doktorant
 - IEEE liige
 - IEEE Power and Energy Society liige

7. Energiamaajanduse uurimisrühm

uurimisrühma nimetus inglise keeles: Energy economics research group

uurimisrühma juhi nimi, ametikoht: Ivo Palu, professor

uurimisrühma liikmed:

- emeriitprofessor Juhan Valtin,
- dotsent Reeli Kuhi-Thalfeldt,
- teadur Matti Keel,
- teadur Victor Astapov,
- vanemlektor Jelena Šuvalova,
- nooremteadur Hardi Koduvere,
- insener Tarmo Trummal,
- doktorant-nooremteadur Karl Kull

Uurimisrühma teadustöö ülevaade:

Energiamajanduse uurimisrühm tegeleb energiasüsteemi, selle osade ja elektrituru kontekstis erinevate analüüside läbiviimisega.

Uurimisrühm on pädev elektrisüsteemi ja elektrituru talituse majanduslikes ning tehnilistes modelleerimistes, mida viiakse läbi erinevate tarkvaradega nagu Balmorel, LEAP, EnergyPro ja TIMES. Modelleerimisel arvestatakse ka energiasüsteemide tehniliste elementidega nii investeeringute majanduslikes analüüsid kui ka süsteemide optimeerimisel. Stsenaariumipõhistes analüüsid on veel lisaks võimalik hinnata ka elektrihaamade konkurentsivõimet elektriturul, hinnates süsteemi tundlikkust sisendparameetrite muutuste korral.

Energiamajanduslike arengute alastes analüüsid hinnatakse arengustsenaariume energiasektoris ning koostatakse prognooside põhjal leitakse optimaalseim süsteemi energiavarustuse tase. Tulemusena aidatakse kaasa energiapoliitika arendamisele ja aidatakse kaasa riikliku pikaajalise energiastrateegia väljatöötamisele. Läbimõeldud lahendused aitavad maandada süsteemi tuleviku perspektiivis tekkivaid riske ning tõsta kvaliteeti.

Uurimisrühm viib läbi ka täiendkoolitusi energiamajanduse valdkonnas, mis aitavad erinevatel ettevõtetel ennast täiendada ning saada väärtuslikke kogemusi.

Short description of research:

The research team specializes in energy systems by looking and taking into account the different components and challenges that the energy market consists of in today's society. By conducting various analysis, the team is able to create order and gain insight into the complex field of energy forecasting.

In everyday practice, the team has vast resources of information on the Estonian energy system and by implementing it with modelling software like Balmorel, LEAP, EnergyPro and TIMES, it is possible to make breakthroughs and defining conclusions on the economic aspects and the future of the energy system.

The energy economics research team is able to create complicated models, which take into account possible future technologies and trends in order to help assess the economic aspect of new power plants and their competitiveness in tomorrow's market.

The energy system is bound by energy law and regulations. By analysing the energy system with broader models, it is possible to forecast the developments and general impact, which different policies may implicate. This in return helps the government and policymakers to create better long-term development plans and aid the economic growth in general.

Various in-service programmes are available for professional training or staff development efforts.

Loetelu uurimisrühma liikmete aruandeaastal juhitud olulisematest projektidest/lepingutest

Flex4RES - Flexibility for Variable Renewable Energy Integration (NER)

Elektrituru mudeli Balmorel „flow based capacity allocation“ lisamooduli arendus (Elering AS)

Välisühenduste piiramise sotsiaalmajanduslike mõjude uuring (Elering AS)

Eesti pikaajaline elektritarbimise prognoos
Elektrivõrgu töökindlusnäitaja SAIDI 90 väärtuse tagava eelarve analüüs
Riskihinnangu analüüs elektrivõrgu tehnilisele abile
Riskihinnangu analüüs gaasivõrgu tehnilisele abile
Välisühenduste piiramise sotsiaalmajanduslike mõjude uuring

Koostöö:

Teadus- ja arendustegevusega seonduvaid koostööprojekte on tehtud ettevõtetega nagu Elering AS, Eesti Energia AS, Elektrilevi OÜ, VKG Energia, Kiviõli keemiatööstuse OÜ, OÜ Osula Energia, Eleon AS

Cooperation:

Research and development projects have been carried out in partnership with Elering AS, Eesti Energia AS, Elektrilevi OÜ, VKG Energia, SEI, Aalto Ülikool, Technical University of Denmark, Norwegian University of Life Sciences

Olulisemad artiklid:

Trashchenkov, S.; Astapov, V. (2017). Spurious Activation Assessment of Thermal Power Plant's Safety-Instrumented Systems. Environment. Technology. Resources, III: Environment. Technology. Resources 11th International Scientific and Practical Conference. June 15-17, 2017, Rezekne Academy of Technologies, Rezekne, Latvia. Rezekne Academy of Technologies, 310–315.

Koduvere, H.; Traber, T.; Koivisto, M. J. (2017). Impacts of offshore grid developments in the North Sea region on market values by 2050: How will offshore wind farms and transmission lines pay? In: 14th International Conference on the European Energy Market (EEM).

Astapov V.; Palu, I. (2017). Operation and Stability Analysis for Standalone Microgrid through Simulations in DigSilent Software. Proceedings of 18th International Scientific Conference on Electric Power Engineering: 18th International Scientific Conference on Electric Power Engineering (EPE), Kouty nad Desnou, Czech Republic, May 17-19, 2017. IEEE, 1–6.

Loetelu uurimisgrupi liikmetest, kes on riiklike T&A-ga seotud otsustuskogude liikmed (töötaja nimi, ametikoht ning otsustuskogu nimetus ja positsioon otsustuskogus).

Ivo Palu, Professor

TTÜ elektroenergeetika ja mehhatroonika instituudi nõukogu liige
TTÜ inseneriteaduskonna nõukogu liige
Eesti elektroenergeetika seltsi juhatuse liige
Eesti Energia nõukogu liige
IEEE Power and Energy Society liige
IEEE liige

Arvi Hamburg, professor:
Eesti Inseneride Liidu president
Eesti Teaduste Akadeemia energeetikanõukogu esimees
TTÜ Kuratooriumi liige
WEC- Estonia juhatuse liige
Elektroenergeetika Seltsi aseesimees
Tallinna Tehnikakõrgkooli nõukoja esimees
Kehtna Kutseharidus keskuse nõukogu esimees

Heiki Tammoja, vanemteadur:

- Elektroenergeetika kutsekomisjoni liige

8. Elektrotehnika aluste uurimisrühm

uurimisrühma nimetus inglise keeles: **Research Group of Fundamentals of Electrical Engineering**
uurimisrühma juhi nimi, ametikoht: Lauri Kütt, professor

uurimisrühma liikmed:

- Aleksander Kilk, dotsent
- Tarmo Rosman, lektor
- Toomas Vinnal, teadur
- Heigo Mölder, teadur
- Marek Jarkovoi, nooremteadur, doktorant
- Tiiu Sakkos, insener
- Andrei Škvorov, insener

Uurimisrühma teadustöö ülevaade

Elektrotehnika aluste uurimisgrupi põhilisteks uurimisteemadeks aastal 2017 olid elektritoite kvaliteet ning elektromagnetiline ühilduvus.

- Elektritoite kvaliteedi uurimisteemad keskendusid võrgupinge kvaliteedi, sh pingetaseme tagamise, pingelohkude ning pingekuju parameetrite tagamisele. Teadustöö oli seotud laiapõhjalise uuringu ettevalmistamisega, võrgupinge moonutuste teemal. Viimased võivad saada sureks probleemiks uute mittelineaarsete tarbijate võrku ühendamisega, sh ligi-nullenergiahoonete võrku ühendamisega.
- Elektromagnetilise ühilduvuse (EMÜ) valdkonnas täiustati TTÜ juures oleva EMÜ labori võimekust.

Research group scientific activities overview

Research group main research activities in 2017 were electric power supply quality and electromagnetic compatibility.

- In the field of electric power quality, scientific activity was carried out in the topics of distribution networks' voltage quality, voltage dips and voltage waveform distortions. Scientific efforts were set for preparations of a larger study of non-linear waveform distortions in the alternating current (AC) grids. Target is to investigate the effects of the near-zero energy buildings connection to the grid.
- In the field of electromagnetic compatibility (EMC), further development of the capabilities of the EMC laboratory was carried out.

Uurimisgrupi T&A ühiskondlik mõjukus

Elektritoite kvaliteedi ja EMÜ uurimisteemad on suure tähtsusega nii jaotusvõrguettevõtete kui ka elektri- ja elektroonikaseadmete tööstusele.

- EL energeetikadirektiividele vastavuse saavutamiseks tuleb tagada suure hulga pooljuhtmuundurite ühendamine jaotusvõrku, et liita võrguga päikesepaneelid, väiketuulikud jm. taastuvenergiatootjad. Selleks tuleb uurida jaotusvõrgu piire ja võimalusi, millega võrk suudab töötada ilma, et võrgu teiste klientide või komponentide pingetingimuste rikkumiseta. Teema on otseselt seotud EMÜ valdkonnaga (nõuded seadmetele ja/või võrgu tugevdamiseks pingemoonutuste vastu) ning elektrikvaliteedi valdkonnaga (nõuded pingetaseme tagamiseks ja ülekoormuse vältimiseks võrgus).
- Elektri- ja elektroonikaseadmete tööstuse toodang peab vastama muuhulgas EL madalpingedirektiivis ja EMÜ kriteeriumidele esitatud kriteeriumidele. Uurimisgrupi töö toimub Eestis unikaalse sisseseadega EMÜ teaduslaboris, mis võimaldab välja töötatud tooteid enne turule sisenemist katsetada vastavalt esitatud tingimustele. EMÜ labori tugi ettevõtetele annab võimaluse Eesti innovaatilistel ettevõtetel oma tooteid välja töötada ja turule viia sensisest märksa kiiremini.

Socio-economic impact of the research group

The electric power quality and EMC topics are of high importance and impact for the distribution grid operators as well as electric and electronic product developers.

- For meeting the targets of EU energy directives, the distribution grid operator has to provide support for connecting large number of power electronic inverters to the grid. This is needed for connecting the renewable generators, such as photovoltaic and low-power wind turbines and other. Research here targets verifications of the networks' capability to include the new sources without violating voltage level and waveform criteria for other customers / components. Research is directly related to field of EMC research (voltage waveform distortions and necessary measures in the grid) and electric power (requirements to maintain voltage level and avoiding overload).

- Electric and electronic products have to meet criteria stated in the EU LVC and EMC directives. Research group operates the EMC laboratory, which is a unique laboratory in Estonia, providing the opportunity to carry out EU directive compatibility testing. Support to the product developers provides the innovative companies with opportunity to reach product market readiness in faster pace.

Uurimisrühma 2017. aasta olulisemad teadustulemused

- Teostatud uurimistöö elektromagnetväljade tugevuse monitoorimiseks tuuleparkide hooldusalustel. Projekt VA17076.
- Lõpetatud kondensaatorseadmete rikete diagnostika ja töökindluse analüüsi uurimistöö. Projekt LEP18007.
- Alustatud intensiivne uurimistöö TTÜs erinevate pooljuhtmuundureid rakendavate seadmete koormusvoolu moonutuste uurimiseks.

Main research outcome in 2017

- Carried out investigation on the electromagnetic field distribution inside the vessels for maintenance of offshore wind power plants. Project VA17076.
- Concluded the investigation and diagnostics on the capacitor device failures and reliability. Project VA18007.
- Starting of intense research in Tallinn University of Technology related to power electronic converter based customer loads.

Loetelu uurimisrühma liikmete aruandeaastal juhitud olulisematest projektidest/lepingutest

VA17076 „Elektromagnetväljade mõõtmine ja analüüs tööstus laevadel“, 14.02.2017, Lauri Kütt, Tallinna Tehnikaülikool, Inseneriteaduskond, Elektroenergeetika ja mehhatroonika instituut.

Uurimisrühma liikmete koostöö teiste T&A asutuste ja ettevõtetega (sh välisriikidest)

- Aalto University School of Electrical Engineering – Prof. Matti Lehtonen, ühine uurimisteema (elektritoite kvaliteet, elektromagnetiline ühilduvus, termoelektrilised elemendid), ühistegevus teaduspublikatsiooni raames, teadusprojektide ettevalmistamine.
- Dresden University of Technology – Prof. Peter Schegner, Dr. Jan Meyer, ühine uurimisteema (elektritoite kvaliteet, elektromagnetiline ühilduvus), ühistegevus teaduspublikatsiooni raames.
- Edinburgh University – Dr. Sasa Djokic, ühine uurimisteema (elektritoite kvaliteet, elektromagnetiline ühilduvus), ühistegevus teaduspublikatsiooni raames.
- Eesti Maaülikool – Prof. Andres Annuk, ühine uurimisteema (elektritoite kvaliteet).

Uurimisrühma liikmete kuni 3 olulisemat aruandeaastal ilmunud artiklit

1. Kütt, L.; Millar, J.; Karttunen, A.; Lehtonen, M.; Karppinen, M., Thermoelectric applications for energy harvesting in domestic applications and micro-production units (2017). Part I: Thermoelectric concepts, domestic boilers and biomass stoves, Renewable & Sustainable Energy Reviews, (accepted, will be published in 2018).