

## Elektroenergeetika ja mehhatroonika instituut, 2018. aasta teadus- ja arendustegevuse aruanne

### Struktuuriüksuse struktuur 2018. a

Elektroenergeetika ja mehhatroonika instituut  
Department of Electrical Power Engineering and Mechatronics  
Ivo Palu, [ivo.palu@ttu.ee](mailto:ivo.palu@ttu.ee), +372 620 3752

### Instituudis tegutsevad järgmised uurimisrühmad:

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

The Department conducts research within 8 research groups:

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

## Teadus- ja arendustegevuse ülevaade uurimisrühmade lõikes:

- **Jõuelektroonika uurimisrühm**

- uurimisrühma nimetus inglise keeles: **Power Electronics Research Group**
- uurimisrühma juhi nimi, ametikoht: Dmitri Vinnikov, juhtivteadur, [dmitri.vinnikov@taltech.ee](mailto:dmitri.vinnikov@taltech.ee), tel: 620 3705
- uurimisrühma liikmed:
  - Indrek Roasto, vanemteadur
  - Tanel Jalakas, vanemteadur
  - Andrei Blinov, vanemteadur
  - Oleksandr Husev, vanemteadur
  - Janis Zakis, vanemteadur
  - Serhii Stepenko, teadur, Mobilitas Plussi järeldoktor
  - Sergio Pires-Pimentel, külalisteadur
  - Andrii Chub, teadur
  - Elizaveta Liivik, teadur
  - Roman Kosenko, nooremteadur, doktorant
  - Elena Makovenko (Santasheva), nooremteadur, doktorant
  - Oleksandr Korkh, nooremteadur, doktorant
  - Denys Zinchenko, nooremteadur, doktorant
  - Oleksandr Matiushkin, nooremteadur, doktorant
  - Mahdiyyeh Najafzadeh, doktorant
- võtmesõnad: muundurid taastuenergeetikale, liginullenergiamaajade energiasüsteemid, energiasalvesteid teenindavad jõupooljuhtmuundurid
- Keywords: power converters for renewables, energy systems for near-zero energy buildings, power converters for energy storages.

- uurimisrühma teadustöö ülevaade:

### **Frascat Manual klass - 2.2**

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

Jõuelektroonika uurimisgrupp on impedants-tüüpi allikaga muundurite arendamise eesliinil. Eriti palju on panustatud taastuenergeetikas rakendust leidvate galvaaniliselt isoleeritud impedants-tüüpi allikaga alalispingemuundurite arendamisse. Aastal 2018 pakuti välja ning prooviti/katsetati? eksperimentaalselt ka mitmeid uusi impedants-tüüpi allikaga alalispingemuundurite skeemilahendusi, sealhulgas ka heade parameetritega faasimuutja põhine integreeritud vaheldite perekond, patenteerimisel olev ümberkonfigureeritav alaldite perekond pinget tõstvate alalispingemuundurite kasuteguri- ning pingetõstmistunnusjoonte lineariseerimiseks ning integreeritud magnetkomponentidega impedants-tüüpi allikaga sisendvoolu pulsatsiooni vähendamise ja kohalduva faasijagamisega mitmefaasiline

muundur. Selle uurimistöö tulemused avaldati organisatsiooni IEEE jõu-ning tööstuselektronika ühingute (PELS and IES) põhikonverentsidel kogu maailmas, saades positiivset vastukaja nii tööstus- kui ka teadusasutustelt, sealhulgas kolm parima artikli auhinda IEEE IES ja IAS allorganisatsioonidelt.

Jõuelektronika uurimisgrupp osaleb aktiivselt ka 17 Euroopa riigi uue põlvkonna neutronallika loomise ühisprojektis (European Spallation Source, ESS). ESS-ist saab valmimisel maailma võimsaim (100 korda võimsam kõigist olemasolevatest sarnastest seadmekompleksidest) neutronite allikas koos ainulaadse laborikompleksiga mitmesuguste tippasemel teadusuuringute läbiviimiseks. Jõuelektronika uurimisgrupi liikmed arendasid koostöö käigus välja uudse kõrgepingelise toiteploki ESS lineaarkiirendi prootonite allika klüstroidide toiteks. Antud seadme jaoks loodi unikaalse konstruktsiooniga kuivisolatsiooniga trafo, mis võimaldab välja anda kuni 0.5 MW võimsusega moduleeritud impulsse ning mille isolatsioon peab vastu pingele üle 60 kV. Kogu seade töötab moduleeritud sagedusel 15 kHz. Arendatud kontsepti järgi ehitati ka seadme prototüüp, mida katsetati edukalt Tallinna Tehnikaülikooli jõuelektronika laboris.

Uurimisgrupi liikmed on koostöös tööstuspartneritega välja arendanud ka mitmeid uusi jõuelektronilisi süsteeme ja tehnoloogiaid energiatõhusatele ning liginullenergia hoonetele. Uute süsteemide hulgas on nii päikesepaneeli teenindav mikromuundur „Optiverter“, modulaarne vahelduvvoolu akusalvesti kodumajapidamistele, liginullenergia hoonete energiaruuter kui ka majapidamistes kiiret mikrovõrkude loomist võimaldav universaalne jõupooljuhtmuundur päikesepaneelidele.

2018. aasta töötulemuste põhjal on koostatud rohkem kui 40 teadusartiklit, sealhulgas ka 15 teaduslikku ajakirja-artiklit.

- **Short description of research:**

**Frascat Manual class - 2.2**

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 TalTech 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 2018 the researchers of the group have proposed and experimentally validated many novel IS DC-DC converters including the high-performance integrated buck-boost inverters family based on unfolding circuit, patent-pending family of reconfigurable rectifiers for voltage gain extension and linearization of efficiency of the wide input voltage range step-up DC-DC converters and magnetically integrated multiphase IS converter with adaptive phase-shedding control and input current ripple cancellation. The research findings in this field were reported at the flagship conferences of the IEEE Power and Industrial Electronics Societies (PELS and IES) all over the world and received an extremely positive feedback from research institutions and industrial companies including 3 best paper awards from the IEEE IES and IEEE IAS societies.

Power Electronics Group was 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. Group members have developed a novel high voltage power supply for ESS accelerator proton source klystrons (IOTs). For this power supply was developed a dry isolation, high frequency pulse transformer with unique construction that delivers up to 0.5 MW modulated pulses and its isolation can withstand more than 60 kV. Whole device operates at 15 kHz modulated frequency. To verify the concept a prototype device was constructed and successfully tested in TalTech power electronics laboratory.

In cooperation with industrial partners the group member have developed and validated several novel power electronic systems and technologies for zero energy and resource efficient buildings including novel concept of PV module-level power electronics called Optiverter, residential modular AC-battery system, energy router and universal PV-to-grid interface that enables fast deployment of residential microgrids.

The research findings of the group in 2018 were disseminated in more than 40 research papers including 15 journal publications.

- **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).
- LEP18046 "Proof of Concept of Energy Efficient Universal Autonomous Surface Vessel" (vastutav täitja Indrek Roasto)
- MOBJD126 "Research, Design and Implementation of Novel Power Quality Enhancement Techniques for Distributed Generation Systems" (vastutav täitja Serhii Stepenko)

- **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 elektroonikainstituudiga (prof. Toomas Rang).

Häid tulemusi saadi koostöös Eesti firmadega, kus suudeti teadustulemusi rakendada uutes innovatiivsetes toodetes. Koos ettevõttega arendati välja väikese ja keskmise võimsusega päikese-elektrijaamades kasutatav jõupooljuht- muundustehnoloogia OPTIVERTER<sup>®</sup>, mis 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).

Moreover, the outstanding results were obtained in cooperation with Estonian companies that have implemented the obtained scientific and practical results in their innovative products. For example, 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<sup>®</sup>. OPTIVERTER<sup>®</sup> 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. A. Blinov, R. Kosenko, A. Chub and D. Vinnikov, "Bidirectional soft-switching dc–dc converter for battery energy storage systems," in *IET Power Electronics*, vol. 11, no. 12, pp. 2000-2009, 16 10 2018.
2. A. Chub, D. Vinnikov, E. Liivik and T. Jalakas, "Multiphase Quasi-Z-Source DC–DC Converters for Residential Distributed Generation Systems," in *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, vol. 65, no. 10, pp. 8361-8371, Oct. 2018.
3. O. Husev, O. Matiushkin, C. Roncero, F. Blaabjerg and D. Vinnikov, "Novel Family of Single-Stage Buck-Boost Inverters Based on Unfolding Circuit," in *IEEE Transactions on Power Electronics* (early access paper, doi: 10.1109/TPEL.2018.2879776).

- **Loetelu uurimisrühma töötajate olulisematest sise- ja välisriiklikest T&A-ga seotud tunnustustest (töötaja nimi, allüksus ning tunnustus).**
  - Dmitri Vinnikov, Andrii Chub, Elizaveta Liivik - Parima artikli auhind konverentsil 12th International Conference on Compatibility and Power Electronics and Power Engineering CPE-POWERENG'2018, Katar
  - Dmitri Vinnikov, Andrii Chub, Elizaveta Liivik, Indrek Roasto - TTÜ 2017. a. parima teadusartikli autor tehnika ja tehnoloogia valdkonnas
  - 2. koht konkursil "Rakenduslik teadustöö 2017" (teadustöö "OPTIVERTER- uudne väike- ja keskmistes energiasüsteemides päikesepaneelidega kasutatav jõupooljuhtmuunduri tehnoloogia")
  - Andrii Chub, Dmitri Vinnikov, Elizaveta Liivik, Oleksandr Korkh - Parima artikli auhind konverentsil 59th International Scientific Conference on Power and Electrical Engineering of Riga Technical University (IEEE RTUCON'2018)
  - Dmitri Vinnikov, Andrii Chub, Elizaveta Liivik - IEEE-IES parima konverentsiartikli auhind
  
- **Loetelu uurimisgrupi liikmetest, kes on riiklike T&A-ga seotud otsustuskogude liikmed.**

Dmitri Vinnikov, Eesti Teadusagentuuri 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
  - Elizaveta Liivik, IEEE Senior Member
  - Andrei Blinov, 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 doktorit nime, päritolumaa ja asutuse, järel doktorantuuri perioodi ning meetme, mille alusel järel doktorit rahastatakse).**
  - Andrii Chub, järel doktorantuur ülikoolis Federico Santa Maria Technical University Chile (Tšiili)
  - Elizaveta Liivik, järel doktorantuur Aalborgi Ülikoolis (Taani)
  - Serhii Stepenko, Mobilias Plussi järel doktor

- **Elektrisüsteemide uurimisrühm**

- **uurimisrühma nimetus inglise keeles: Power Systems Research Group**

- **uurimisrühma juhi nimi, ametikoht:** dotsent Jako Kilter, [jako.kilter@taltech.ee](mailto:jako.kilter@taltech.ee), tel: 620 3765

- **uurimisrühma liikmed:**

- vanemlektor 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,
- nooremteadur (doktorant) Marko Tealane,
- nooremteadur (doktorant) Tarmo Trummal,
- doktorant Alexander Mazikas,
- doktorant Henri Manninen,
- insener Uku Salumäe.

- **võtmesõnad: elektrisüsteemid, elektrivõrgud, alajaamad, elektrivõrgu koormus, elektrivõrkude juhtimine.**

- **Keywords: Electrical systems, power networks, substations, electrical grid load, management of the electrical grid.**

- **Uurimisrühma teadustöö ülevaade:**

#### **Frascat Manual klass - 2.2**

Uurimisgrupi teadustegevus on suunatud tänapäevaste ja tuleviku elektrisüsteemide juhtimisalgoritmide ning rakenduste väljatöötamisele ja arendamisele. Olulisimad teadussuunad on seotud reaalaajujuhtimissüsteemide arendamise ja analüüsiga laiseire mõõtmiste baasil võttes arvesse alalisvooluühenduste, 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. Koostöös ettevõtetega lahendatakse mitmeid olulisi Eesti energeetikaga seotud küsimusi, nt Eesti elektrisüsteemide koormused ja nende karakteristikud, ning Eesti elektrisüsteemi reaktiivvõimsuse kompenseerimise olemus ja võimalused. Teostatakse teadus- ja arendustöid, mille baasil on ettevõtetel võimalik turule tuua uusi rakendusi või optimeerida olemasolevates elektripaigaldistes kasutatavaid lahendusi. Uurimisrühma kasutada on maailma tippteadusaparatuur – reaalaajasimulaator RTDS, releekaitse ja automaatika seadmed, sh Siemensi releekaitaselabor, Omicron testseadmed/kalibraatorid ja võimendid jm.

- **Uurimisrühma olulisemad teadustöö tulemused:**

- Välja on töötatud uued meetodid ja rakendused laimõõtmiste kasutamiseks elektrisüsteemide analüüsis ja juhtimisel, sh reaalajas inertsi ja lühisvõimsuse määratlemine.
- Töötati välja soojuselektrijaamade kompleksse optimeerimise meetodeid ja rakendati neid reaalse elektrijaama näitel.
- Analüüsiti elektrisüsteemi laikaitsemisega seotud kitsaskohti ja töötati välja esmased põhimõtted Eesti elektrisüsteemi süsteemikaitse parendamiseks.
- Edasi on arendatud ülekandevõrkude kõrgepingekaablite matemaatilisi mudeleid ja hindamisemethodikaid.
- Töötati välja uued lähenemisviisid elektri kvaliteedi jälgimiseks ja hindamiseks tänapäeva ja tuleviku ülekandevõrkudes.
- Jätkatud ENTSO-E ja Eesti võrgueeskirjade nõuete analüüside ja sellekohaste uuringutega.
- Töötati välja põhimõtted Eesti elektrisüsteemi pimekäivitusvõime modelleerimiseks ja analüüsimiseks

- **Short description of research:**

**Frascat Manual class - 2.2**

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 Elektriijaam, 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, including Siemens relay protection lab, Omicron testing unit and amplifiers, etc.

- **Main research outcomes:**

- Development of new methods and applications, including estimation of system inertia and short-circuit power, for the use of wide-area measurements for power system analysis and control.
- Development and application of complex optimization methods for thermal power plants.
- Analysis and development of power system wide-area protection concept in scope of Estonian Power system system protection principles.
- 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 novel methods for power quality monitoring and assessment in transmission networks.
- Development, assessment and combination of ENTSO-E Grid Code requirements in view of Estonian Grid Code development.
- Development of principles for modelling and analysis of Estonian power system black-start restoration process.

- **Olulisemad teadus- ja arendusprojektid:**

- Jako Kilteri juhitud projekt: Horizon2020 - MIGRATE “Massive Integration of Power Electronic Devices”.
- Jako Kilteri juhitud projekt: LEP18031 „Soojuselektrijaama ja elektrisüsteemi talitluse kompleksse optimeerimise ja varustuskindluse tõstmise meetodika väljatöötamine ja rakendamine”.
- Jako Kilteri juhitud projekt: LEP18095 „Kiisa avariireservelektrijaama ja elektrisüsteemi pimekäivitusvõimaluste uuring”.
- Jako Kilteri juhitud projekt: EITSA18006 „TTÜ energeetika valdkonna õppekavade IKT kompetentside edendamine”.

- **Uurimisrühma koostöö teiste T&A asutuste ja ettevõtetega:**

Koostööd on tehtud järgmiste TA asutustega: Technical University of Dresden, 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. Wilson, D., Uhlen, K. (2018) Estimation of Power System Inertia from Ambient Wide Area Measurements. IEEE Transactions on Power Systems. <http://dx.doi.org/10.1109/TPWRS.2018.2843381>.
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. Božiček, A.; Kilter, J.; Sarnet, T.; Papič, I.; Blažič, B. (2018) Harmonic Emissions of Power Electronic Devices Under Different Transmission Network Operating Conditions. IEEE Transactions on Industry Applications. <https://doi.org/10.1109/TIA.2018.2808478>.

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

- Jako Kilter – Eesti elektroenergeetika seltsi parima lõputöö auhinnaga nomineeritud Tarmo Trummali magistritöö „Faasimõõteseadmete karakteristikute testimine reaalajasimulaatoriga“ juhendaja.
- Mari Löper – Tallinna Tehnikaülikooli Arengufondi doktoriõppe Mati Jostovi 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
  - CIGRE Eesti kaasesimees

- TTÜ elektroenergeetika ja mehhatroonika instituudi nõukogu liige
- Eesti elektroenergeetika seltsi liige
- Eesti elektroenergeetika seltsi kutsekomisjoni liige
- Archimedes; Kristjan Jaagu taotluste hindamise ekspert
  
- Madis Leinakse, Nooremteadur, doktorant,
  - Tallinna Tehnikaülikooli nõukogu liige
  - Tallinna Tehnikaülikooli nõukogu teaduskomisjoni liige
  - Tallinna Tehnikaülikooli elektroenergeetika ja mehhatroonika instituudi nõukogu liige
  - Eesti elektroenergeetika seltsi liige
  
- Tanel Sarnet, Nooremteadur, doktorant, Eesti elektroenergeetika seltsi liige
- Marko Tealane, 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
- Tarmo Trummal, 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 (Impact of AC System Characteristics on the Performance of HVDC schemes) liige
    - CIGRE C4.27 (Benchmarking of Power Quality Performance in Transmission Systems) liige
    - CIGRE B4/C6.37 (Medium Voltage DC distribution systems) liige
    - CIGRE C2/C4.41 (Impact of High Penetration of Inverter-based Generation on System Inertia of networks) liige
    - CIGRE C4.51 (Connection of Railway Traction Systems to Power Networks) liige
    - CIGRE C4/B4.52 (Guidelines for Sub-synchronous Oscillation Studies in Power Electronics Dominated Power Systems) liige
    - IET The Journal of Engineering - artiklite retsenseerimise komitee liige
    - IET Smart Grid Journal - artiklite retsenseerimise komitee liige
    - IET Renewable Power Generation - 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 2018, Tehnilise komitee liige
    - IEEE MELECON`18, Tehnilise komitee liige
    -
  - Tanel Sarnet, Nooremteadur, doktorant
    - IEEE liige

- IEEE Power and Energy Society liige
- CIGRE C4.51 (Connection of Railway Traction Systems to Power Networks) 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
- Triin Kangro, Nooremteadur, doktorant
  - IEEE liige
  - IEEE Power and Energy Society liige
- Kaur Tuttelberg, Nooremteadur, doktorant
  - IEEE liige
  - IEEE Power and Energy Society liige
- Mari Löper, Nooremteadur, doktorant
  - IEEE liige
  - IEEE Power and Energy Society liige

---

## • Mehatroonika ja autonoomsete süsteemide keskus

- **uurimisrühma nimetus inglise keeles: Mechatronics and Autonomous Systems Centre**
- **uurimisrühma juhi nimi, ametikoht:** professor Mart Tamre, [mart.tamre@taltech.ee](mailto:mart.tamre@taltech.ee), tel: 620 3202
- **uurimisrühma liikmed:**
  - Trieu Minh Vu, professor, PhD
  - Andres Kiitam, teadur, PhD
  - Tiia Tammaru, teadur, MSc
  - Leo Teder, assistent, MSc
  - Dmitry Shvarts, teadur, PhD
  - Robert Hudjakov, teadur, PhD
  - Dhanushka Chamara Liyanage, insener, doktorant
  - Even Sekhri, insener, doktorant
  - Ali Zahavi, insener, BSc
  - Saleh Ragheb Saleh Alsaleh, insener, BSc
  - Märt Juurma, nooremteadur, MSc
- **võtmesõnad:** mehhatroonikasüsteemide kavandamine ja juhtimine , masinnägemise rakendused, UGV ja UAV simulatsioonid
- **Keywords:** design and control of mechatronic systems, machine vision applications, UGV and UAV simulations
- **uurimisrühma teadustöö ülevaade:**  
**Frascati Manual' klass - 2.2**

Keskus funktsioneerib kolmes omavahel seotud tegevusvaldkonnas:

1. **Prof. Trieu Minh Vu** jätkab oma uurimistööd seadmete juhtimise algoritmide ja matemaatiliste mudelite alal, sealhulgas MPC, LQR, SMC, H-lõpmatus, hägus loogika ja AI valdkonnas. Teadustegevuse põhifookus on autonoomsete sõidukite manööverdamise ja etteantud liikumistrajektoori järgimise matemaatiliste mudelite koostamine ning uurimine. Samuti sõidukite vedrustussüsteemi matemaatiliste mudelite koostamine ja uurimine. Metoodilises osas on Matlab ja Simulink kontsentreeritud mudelite arendamisele ning nende käitumise uurimisele. Tema teadustöö väljundiks on artiklite kirjutamine ja aktiivne publitseerimine.
2. **Kvaliteeditehnika tegevussuunda** juhib emeriitprofessor ja teadur Andres Kiitam koos Tiia Tammaruga, kus põhiline teadus- ja arendustöö on suunatud järgmistele probleemidele: 1. organisatsioonide hindamise EFQMi täiuslikkusemudel (EFQM Excellence Model) ja selle kolm komponenti – täiuslikkuse aluspõhimõtted, kriteeriumid ja RADAR-loogika ning enesehindamine; 2. EFQM mudeli ja RADAR-tööriistade rakendamine lisaväärtust tekitava käitumisanalüüsi läbiviimisel; 3. organisatsiooni enese- ja välishindamine ning kvaliteet turunduses ja kliendikeskse kavandamine (QFD). Töö olulisemateks väljunditeks on eri taseme kvaliteedialased koolitused TalTech, Eesti Kvaliteediühingu ja ka rahvusvaheliste organisatsioonide (EFQM) kaudu Eestis ja välismaal.

**Mehhatroonikasüsteemide tegevussuund** prof. Mart Tamre eestvedamisel on robotika ja automaatika juhtsüsteemide tehisintelligentsil põhineva riist- ja vastava tarkvara väljatöötamine ning kasutajaliideste loomine süsteemide, sensorika ja eriti uute masinnägemise rakenduste väljatöötamine. Rõhk on AI ja eriti Deep Learning (süvaõppe) ja hüperspektraal ning multispektraal masinnägemise rakendustel ning vastava rakendus- ja simulatsioonitarkvara väljatöötamisel ja rakendamisel reaalsetes tööstusrobotika, sotsiaalvaldkonna robotika ja UGV ja UAV süsteemides ning samuti *hardware-in-the-loop* simulatsiooni- ja testsüsteemide loomisel.

**Mehhatroonikasüsteemide tegevussuunda toetavad prof. Tamre juhtimisel järgmised projektid:** 1) Lep18082EE „Rakendusuuring kaugjuhitavate sõidukite juhtimisabi ning turvalisuse funktsioonide jaoks oluliste sensorite ja tarkvaraalgoritmide süsteemi arendamiseks “(29.09.2018-30.04.2021) 2) VERT19002 "Multifunktsionaalne innovatiivne kaasaegse tootmise tugivõrgustik kutseõppele (1.11.2018–30.04.2021)", 3) S391 "TalTech *campuse* droonide autonoomsete tulevikurakenduste testkeskkond“ (01.04.-31.12.2018).

**Lisaks on uurimisrühm seotud järgmiste instituudi ja teaduskonna üleste projektidega:** 4) ETAG 18012 "Ülikõvu osakesi sisaldavad kestvad keraamikakomposiidid kulumiskindlate lõikeriistade valmistamiseks (1.09.2018–31.08.2021)", 5) AR17140 "Dora Pluss Tegevus 3. Suve- ja talvekoollide korraldamine: „Tallinn Winter School: Nutikad tulevikusüsteemid“ (1.04.2017–31.03.2018)" 6) Lep14167 "Kaitseministeeriumi, Eesti kaitseväge, Kaitseväge ühendatud õppeasutuste, TTÜ ja TÜ koostööleping aastateks 2015-2019 (4.12.2014–31.12.2019)", 7) AR16054 "Kõrghariduse rahvusvahelistumine, mobiilsuse ja järelkasvu toetamine Dora Pluss (1.01.2016–31.08.2022)"

- **Short description of research:**

### **Frascat Manual class - 2.2**

The Centre is functioning in three connected R&D fields

1. **Prof. Trieu Minh Vu** continued the research in the field of advance control techniques, models and algorithms including MPC, LQR, SMC, H-infinity, fuzzy logic and AI. The focus of research is developing of Vehicle maneuvering and trajectory path following mathematical models and testing these models. The attention has been on dumping models also and respective model testing. From the methodological point the focus has been on Matlab and Simulink model development and investigation of these models. Output of research supervised by prof. Vu is via publications and articles.

2. **Quality Engineering activity direction** lead by Prof. Emer and researcher Andres Kiitam together with researcher Mrs. Tiia Tammaru. The focus of R&D in Quality direction is concentrated on the problems implementing of EFQM excellence models on assessing organizations (EFQM Excellence Model) and on the use of three components – Basic principles, criteria and RADAR logic and self-assessment. There are also under focus EFQM model and RADAR tools implementation for added benefit creation at behavioral analysis. Tests are made with organizational self and external assessments to focus on quality at marketing and design for quality (QFD). **Main outcomes are** quality trainings and training methodical materials on various levels at TalTech, Estonian Association for Quality and at International Organizations (EFQM) in Estonia and abroad.

**Mechatronics Systems activity field** managed by prof. Mart Tamre is focused on the development of robotics and automation hard- and software based on the AI and development of smart user interfaces as well as development of sensor and especially machine vision applications. The main attention is on AI and especially on Deep Learning and hyper- and multispectral machine vision applications and respective application and simulation software development and their implementation at practical industrial robotics social robotics and UGV and UAV systems. The focus is also on development of hardware-in-the-loop simulation and test systems.

- **loetelu uurimisrühma liikmete aruandeaastal juhitud olulisematest projektidest/lepingutest:**
  - Lep18082EE „ Applied research on system of sensors and software algorithms for safety and driver assistance on remotely operated ground vehicles for off- road applications“ (29.09.2018-30.04.2021), Mart Tamre, Tallinna Tehnikaülikool, Inseneriteaduskond, Elektroenergeetika ja mehhatroonika instituut;
  - VERT19002 " Multifunctional Innovative Learning Assisting Network for VET in Advanced Manufacturing (1.11.2018–30.04.2021)", Mart Tamre, Tallinna Tehnikaülikool, Inseneriteaduskond, Elektroenergeetika ja mehhatroonika instituut; 3
  - S391 "Taltech Campus Drone Test Environment for Autonomous Applications“ (01.04.-31.12.2018), 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, ühine PhD juhendamine, ühine 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; Moezzi, R.; Owe, I. (2018). Fuel economy regression analyses for hybrid electric vehicle. *European Journal of Electrical Engineering*, 20 (3), 363–377,
  2. Vu Trieu Minh.; Tamre, M.; Sekhri, E. (2018). Modeling and robust control algorithms for a linear belt driven system. *Open Computer Science*, 8 (1), 142–153.
  3. Vu Trieu Minh.; Tamre, M.; Musalimov, V.; Kovalenko, P.; Monakhov, I. (2018). Development of a Wireless Communication Network for Monitoring and Controlling of Autonomous Robots. *International Journal of Robotics and Automation*, 33 (3), 226-232.
- **Loetelu uurimisgrupi liikmetest, kes on riiklike T&A-ga seotud otsustuskogude liikmed (töötaja nimi, ametikoht ning otsustuskogu nimetus ja positsioon otsustuskogus).**

**Trieu Minh Vu**

2017-... Executive Editor: Global Journal of Technology and Optimization ISSN: 2229-8711,

<http://www.omicsonline.com/open-access/editorialboardGJTO.php>

2015-... Standing Member: Technical Committee (TC) of International Federation of Automatic Control (IFAC) on Automotive Control, <http://tc.ifac-control.org/7/1/members>

Member of Institute of Electrical and Electronics Engineering – Control System Society (IEEE-CSS).

Member of Asian Control Association (ACA).

Member of review Committee of Asian Journal of Control (AJC).

Member of review Committee of International Symposium on Neutral Networks (ISNN).

**Andres Kiitam, emeriitprofessor, teadur**

2014-... Kvaliteedispecialisti 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-... 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

**Mart Tamre, professor**

2012-... TalTech MSc Mechatronics rahvusvahelise õppekava programmijuht

2014-... TalTech-ITMO MSc Double Degree mehhatroonika õppekava akadeemiline vastutaja

2012- ... TalTech BSc Mehhatroonika õppekavajuht

2016-... Eesti Kaitsetööstuse Liit - TTÜ esindaja

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

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

2007-... ETAG ekspert

2007-2019 Member of Int.Conf. Steering and Scientific Board, Int. Conf. REM, Research and Education in Mechatronics, 8th-19th

- **Mikrovõrgud ja metroloogia**

- **uurimisrühma nimetus inglise keeles: Microgrids and Metrology**

- **uurimisrühma juhi nimi, ametikoht ja kontaktandmed:** Argo Rosin, professor, Ehitajate tee 5, room NRG-408 [argo.rosin@taltech.ee](mailto:argo.rosin@taltech.ee), Skype: argo.rosin, phone: +3725290305

- **uurimisrühma liikmed:**

Professorid: Helmuth Biechl (Hochschule Kempten, Saksamaa);

Dotsendid: Raivo Teemets, Rein Laaneots, Madis Lehtla, Elmo Pettai, Edi Kulderknup,

Elektrivalgustuse labori juhataja(dekaan): Arvo Oorn

Järeldoktorid: Roya Ahmadiyahangar

Doktorandid: Tobias Häring, Vahur Maask, Tarmo Korõtko, Andreas Christian Armstorfer,

Jorge Luis Helguero Cruz, Toivo Varjas, Kaija Vill.

- **võtmesõnad: Mikrovõrgud, tarbimise juhtimine, rakendusmetroloogia**

- **Keywords: microgrids, demand side management, applied metrology**

- **uurimisrühma teadustöö ülevaade:**

**Frascati Manual klass - 2.2**

- 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 mõjukus: suurem energia-, kulutõhusus, töökindlus ja paindlikkus elektrivarustuses, elektri- ja valgustuspaigaldistes; faasinihke ja fotodetektorite omaduste mõõtemetodite parendamine

- **Short description of research:**

**Frascati Manual' class - 2.2**

- 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:**

- **Väärtusahela kaardistamise meetodika uurimine ja arendamine tarbimise juhtimise võimaluste hindamiseks tööstussektoris** (Raivo Melsase doktoritöö);
- Tehnoloogilise lahenduse eeluuring kompensatorite monitooringuks kasutuskohas (Lep17108); Virtuaalse elektri jaama arenduslabori väljatöötamine (Lep18038); valdkondlikud ekspertiisid (Lep18030, Lep18002, Lep17114);
- Teadmispõhise ehituse tippkeskuse raames nullenergiahoonete ja -piirkondade energiavoogude juhtimise optimeerimine (TAR16012);
- Jõuelektronikal baseeruv energia juhtimissüsteem liginullenergia ehitistele (PUT1680);

- **The main research achievements:**
  - Research and Development of Improved Value Stream Mapping Methodology for Evaluation of Demand Side Management Possibilities in the Industry Sector (PhD thesis of Raivo Melsas);
  - Preliminary research of the technological solution for monitoring the compensators conditions at site (Lep17108); Development of a virtual power plant laboratory (Lep18038); expertises in research field (Lep18030, Lep18002, Lep17114)
  - 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);
  
- **Koostöö:**
  - Kõrgkooliga Hochschule Kempten energiasalvestite juhtimis- ja diagnostikamudelite uurimine ja arendamine;
  - Pentamet OÜ-ga tehnoloogiliste lahenduste eeluuring kompensaatorite monitooringuks kasutuskohas ja ettevalmistus rakendusuringuks;
  - Tallinna Kommunaalameti, Empoweri jt ettevõtetega koostöö valgustustehniliste mõõtmiste ja rahvusvaheliste projektitaotluste koostamisel.
  
- **Cooperation:**
  - In R&D of control and diagnostic models for energy storages together with Prof. Helmut Biechl from Hochschule Kempten;
  - with Pentamet OÜ preliminary research of the technological solution for monitoring the compensators conditions at site and preparation of applied research application;
  - in the field of electrical lighting systems with Municipality of Tallinn, Empower and other companies and preparation of international project applications.
  
- **Olulisemad publikatsioonid:**
  1. Rahmoun, A.; Beg, N.; Rosin, A.; Biechl, H.. (2018). Stability and eigenvalue sensitivity analysis of a BESS model in a microgrid. *2018 IEEE International Energy Conference (ENERGYCON), Limassol, Cyprus, 3-7 June 2018*. IEEE, 1–6. [10.1109/ENERGYCON.2018.8398792](https://doi.org/10.1109/ENERGYCON.2018.8398792) .
  2. Beg, N.; Armstorfer, A.; Rosin, A.; Biechl, H. (2018). Mathematical Modeling and Stability Analysis of a Microgrid in Island Operation. *2018 International Conference on Smart Energy Systems and Technologies (SEST), Sevilla, Spain, 10-12 Sept. 2018*. Sevilla, Spain: IEEE, 1–6. [10.1109/SEST.2018.8495694](https://doi.org/10.1109/SEST.2018.8495694).
  3. Korõtko, T.; Rosin, A. (2018). Search algorithm development for novel electricity auction in microgrids. *59th International Scientific Conference on Power and Electrical Engineering of Riga Technical University: RTUCON2018, Riga Latvia, November 12-14, 2018*. IEEE, 1–6.
  4. Roasto, I.; Rosin, A.; Jalakas, T. (2018). Multiport Interface Converter with an Energy Storage for Nanogrids. *44th Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society (IECON2018), Washington DC, USA, October 21-23, 2018*. IEEE, 6088–6093.
  
- **Loetelu struktuuriüksuse töötajatest, kes on välisakadeemiade või muude oluliste T&A- ga seotud välisorganisatsioonide liikmed:**
  - Argo Rosin, professor
    - IEEE member



- IEEE Industrial Electronics Society (IES) liige
  - IEEE Power & Energy Society (PES) liige
  - Konverentsi RTUCON 2017 teaduskomitee liige
- **Loetelu struktuuriüksuse töötajatest, kes on riiklike T&A-ga seotud otsustuskogude liikmed (näidates töötaja nime, allüksuse ja ametikoha ning otsustuskogu nimetuse).**
    - 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, professor
      - Tallinna Tehnikaülikooli teaduskomisjoni liige
      - Eesti Inseneride Liidu liige
      - Eesti Standardikeskuse tehnilise komitee "Tarkvõrk" liige
      - Eesti tööstuspoliitika komisjoni liige, Majandus- ja Kommunikatsiooni-ministeerium
      - Energeetika ja tööstuse töörühma liige arengudokumendi "Kliimapolitiika põhialused aastani 2050" koostamisel, Keskkonnaministeerium
      - Ressursitõhususe meetme ekspertgrupi liige, Keskkonnaministeerium
      - 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, emeriitdotsent
      - 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 apellatsioonikomisjoni 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 juht:** Ants Kallaste, vanemteadur, [ants.kallaste@taltech.ee](mailto:ants.kallaste@taltech.ee), tel: 620 3807

- **uurimisrühma liikmed:**

- Anouar Belahcen, professor
- Toomas Vaimann, vanemteadur, PhD
- Anton Rassõlkin, teadur, PhD
- Antti Lehikoinen, külalisteadur, PhD
- Levon Gevorkov, teadur
- Payam Shams Ghahfarokhi, doktorant-nooremteadur
- Bilal Asad, doktorant
- Hamidreza Heidari, doktorant
- Hans Tiismus, doktorant
- Abhisek Majumder, doktorant
- Heigo Mäemuru, insener (magistrant)

- **võtmesõnad: elektrimasinad, elektriajamid, diagnostika**

- **Keywords: electrical machines, electrical drives, fault diagnostics**

- **Teadustöö lühikirjeldus:**

- **Frascat Manual klass - 2.2**

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

Rühm teeb aktiivselt koostööd teaduspartneritega välisülikoolidest ja teistest T&A asutustest. Ettevõtetele pakutakse konsultatsioone, ekspertiise, koolitusi jm teenuseid.

- **Short description of research:**

- **Frascat Manual class - 2.2**

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 mõjukus on eelkõige seotud keskkonnaprobleemide lahendamisega. Uurimisgrupp tegeleb suurel määral tuulegeneraatorite arendamise, katsetamise ja projekteerimisega, mis annab paremad võimalused 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.

- **2018. aasta olulisemad märkimistväärid teadustulemused:**

Projekti PSG137 projekti käivitamine ja kolme 3D prinditud elektrimasina prototüübi valmimine

Projekti SS419 raames valminud ISEAUTO töötav prototüüp. Rühma liige Anton Rassõlkin on projekti kaastatud elektroonika osa projektijuhina

Sisse on antud, vastavalt projektide PUTJD134 ja MOBTP13 tulemustele, kasuliku mudeli avaldus: Elektrimasina tehnilise seisundi jälgimise meetod; Omanikud: Tallinna Tehnikaülikool; Autorid: Toomas Vaimann, Jan Sobra, Anouar Belahcen, Ants Kallaste; Prioriteedi number: U20180009; Prioriteedi kuupäev: 25.04.2018

- **Main research results in 2018:**

Launching of project PSG137 and the finalization of three additively manufactured electrical machine prototypes

In project SS419, the working prototype of ISEAUTO self-driving car was realized. Group member Anton Rassõlkin is involved as the project leader of electronics team

According to project results of PUTJD137 and MOBTP13, utility model application was handed in and pending. Utility model: Method for monitoring of the technical condition of the electrical machine; Owners: Tallinn University of Technology ; Authors: Toomas Vaimann, Jan Sobra, Anouar Belahcen, Ants Kallaste; Priority number: U20180009; Priority date: 25.04.2018.

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

- PUT1260 – Elutsüklit arvestav elektrimootorajamite optimeerimismetodoloogia, 01.01.2016-31.12.2019, Anouar Belahcen
- PSG137 – 3D prinditud elektrimasinad. 01.01.2018-31.12.202, Ants Kallaste
- 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
- Lep18080 – Analüütiline temperatuurimudel ABB generaatoritele AMG0630, AMG0560 ja AMG0500, 10.9.2018-22.03.2019, Ants Kallaste

- **Koostöö T&A asutustega:**

- Pihkva Riiklik Ülikool, Venemaa – ühispublikatsioonid, külalisloengud, doktorandi kaasjuhendamine, doktorantide mobiilsus
- Extremadura Ülikool, Hispaania – mobiilsus, ühispublikatsioonid
- Minski Riiklik Ülikool, Valgevene – mobiilsus, ühispublikatsioonid
- Aalto Ülikool, Soome – ühispublikatsioonid, mobiilsus
- Füüsikalise Energeetika Instituut, Läti – ühispublikatsioonid
- Lääne-Böömimaa Ülikool, Tšehhi – ühispublikatsioonid, järel doktorantuur
- Vilniuse Gediminase Tehnikaülikool, Leedu – ühisprojekti taotlused
- Agderi Ülikool, Norra – ühisprojekti taotlused

- **Koostöö ettevõtetega:**
  - ABB AS – ekspertiisid, arendustöö
  - Electric Torque Machines AS – püsomagnetite karakteristikute analüüs
  - Harju Maakohus – ekspertiisid
  - BTA Baltic Insurance Company AS – ekspertiisid
  
- **Uurimisrühma liikmete kuni 3 olulisemat aruandeaastal ilmunud artiklit (ETISE klassifikaator 1.1, erandjuhul 3.1):**
  1. T. Vaimann, J. Sobra, A. Belahcen, A. Rassõlkin, M. Rolak, A. Kallaste, (2018). Induction machine fault detection using smartphone recorded audible noise. *IET Science, Measurement & Technology*, 12 (4), 554–560.
  2. P. Shams Ghahfarokhi, A. Belahcen, A. Kallaste, T. Vaimann, A. Rassõlkin, (2018). Determination of natural convection heat transfer coefficient over the fin side of a coil system. *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 126 (A), 677–682.
  3. P. Shams Ghahfarokhi, A. Belahcen, A. Kallaste, T. Vaimann, A. Rassõlkin, (2018). Hybrid Thermal Model of a Synchronous Reluctance Machine. *Case Studies in Thermal Engineering*, 12, 381–389.
  
- **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
  
- **Järeldoktorandid:**
  - Levon Gevorkov, University of West Bohemia, Plzen, Tšehhi Vabariik, 01.09.2018-28.02.2019
  
- **Muu informatsioon**
  
- **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:**

- 29.11.2018 - "Viimase miili sõiduk - ISEAUTO" Eesti Elektroenergeetika Seltsi (EEES) erialapäev – Anton Rassõlkin
  - 26.02.2018 - "Electric vehicle infrastructure in Estonia and ISEAUTO - Estonian first self-driving car", Erasmus+ programm "How it is to live, study and work in a foreign EU country", Eesti Rahvusraamatukogu, Tallinn, Eesti – Anton Rassõlkin
- 

- **Kõrgepingetehnika uurimisrühm**

- **uurimisrühma nimetus inglise keeles: High Voltage Research Laboratory**
- **uurimisrühma juht:** Paul Taklaja, vanemlektor, [paul.taklaja@taltech.ee](mailto:paul.taklaja@taltech.ee), tel: 620 3754
- **uurimisrühma liikmed:**
  - vanemlektor, Ülo Treufeldt
  - koordinaator, doktor Jaan Niitsoo
  - nooremteadur, doktorant Ivar Kiitam
- **võttesõnad: kõrgepinge, isolaatorid, osalahendused.**
- **Keywords: high voltage, insulators, partial discharges.**

- **uurimisrühma teadustöö ülevaade:**

**Frascat Manual klass - 2.2**

Uurimisgrupi eesmärk on uurida kõrgepinge isolatsioonimaterjale ja kõrgepinge 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:**

**Frascat Manual class - 2.2**

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:**

- Paul Taklaja juhitud Lep16105 "Vananevate juhtmete füüsikalised omadused – II etapp"
- Paul Taklaja juhitud 12-1/20 / JV-JUH-18/9370-10 „Keskpingeõhuliinide kandemastide kolmnurkraaversite mehhaanilise tugevuse hindamine modelleerimise teel“

- **The main research achievements:**
  - Paul Taklaja principal investigator Lep16105 “The physical characteristics of aging overhead line conductors - Phase II”
  - Paul Taklaja principal investigator 12-1/20 / JV-JUH-18/9370-10 „Modelling and estimating mechanical strength of medium voltage triangular cross-arms“
- **Koostöö:** Aalto ülikool, Nordkap, Elering AS, Elektrilevi OÜ, Hammarprodukter OÜ, Tavrida Electric Export AS, AS Harju Elekter Elektrotehnika, VKG
- **Cooperation:** Aalto university, Nordkap, Elering AS, Elektrilevi OÜ, Hammarprodukter OÜ, Tavrida Electric Export AS, AS Harju Elekter Elektrotehnika, VKG
- **Olulisemad publikatsioonid**
  1. Kiitam, I.; Taklaja, P.; Tuttelberg, K. (2018). Effect of Electrode Shape on Medium Voltage Covered Conductor Insulation Durability Under Electric Stress. 2018 IEEE 59th International Scientific Conference on Power and Electrical Engineering of Riga Technical University (RTUCON): RTUCON 2018, November 12-14, 2018, Riga Technical University, Riga, Latvia. IEEE,.
  2. Kiitam, I.; Taklaja, P.; Tuttelberg, K. (2018). Voltage Withstand Properties of the Insulation of Different Types of Medium Voltage Covered Overhead Line Conductors. Proceedings of the 19th International Scientific Conference Electric Power Engineering 2018: EPE 2018, May 16-18, 2018, Hotel SANTON, Brno, Czech Republic. Ed. Radil, L.; Macháček, J.; Morávek, J. IEEE, 18–21.
- **Loetelu uurimisgrupi liikmetest, kes on riiklike T&A-ga seotud otsustuskogude liikmed (töötaja nimi, ametikoht ning otsustuskogu nimetus ja positsioon otsustuskogus).**
  - Paul Taklaja
    - TTÜ elektroenergeetika ja mehhatroonika instituudi nõukogu liige
    - Eesti elektroenergeetika seltsi liige
    - Elektriinseneride kutsekomisjoni liige
  - Ülo Treufeldt
    - Eesti elektroenergeetika seltsi liige
  - Jaan Niitsoo
    - Eesti elektroenergeetika seltsi liige
  - Ivar Kiitam
    - 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).**
  - Jaan Niitsoo, IEEE liige
  - Ivar Kiitam, IEEE liige

- **Energiamajanduse uurimisrühm**

- **uurimisrühma nimetus inglise keeles: Energy economics research group**

- **uurimisrühma juhi nimi, ametikoht:** Ivo Palu, professor, [ivo.palu@taltech.ee](mailto:ivo.palu@taltech.ee), tel: 620 3752

- **uurimisrühma liikmed:**

- emeriitprofessor Juhan Valtin,
- emeriitprofessor Heiki Tammoja,
- külalisprofessor Arvi Hamburg,
- dotsent Reeli Kuhi-Thalfeldt,
- teadur Matti Keel,
- teadur Victor Astapov,
- vanemlektor Jelena Šuvalova,
- nooremteadur Hardi Koduvere,
- insener Tarmo Trummal
- doktorant-nooremteadur Karl Kull
- doktorant-nooremteadur Sambheet Mishra
- energiamajanduse ekspert Hannes Agabus
- doktorant Lauri Ulm
- doktorant Cletus John Crasta
- doktorant Aron Kuhi-Thalfeldt
- doktorant Mihkel Härm
- doktorant Tarmo Mere
- doktorant Arbo Reino
- doktorant Martin Saks
- doktorant Margus Laanetu
- doktorant Elina Rebecka Rikkas
- doktorant Madis Uuemaa

- **võtmesõnad:** kliimamuutust leevendav energiamajandus, tehnoloogia rakendatavuse ja investeringute tasuvuse analüüsid, elektrisüsteemi ja elektrituru majanduslik- ja tehniline modelleerimine

- **Keywords:** green energy economy, technology applicability and investment profitability analyses, economic and technical modelling of power system and electricity market

- **Uurimisrühma teadustöö ülevaade:**

- Frascat Manual klass - 2.2**

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 investeringute majanduslikes analüüsid kui ka süsteemide optimeerimisel. Stsenaariumipõhistes analüüsid on võimalik lisaks veel hinnata ka elektrijaamade konkurentsivõimet elektriturul, hinnates süsteemi tundlikkust sisendparameetrite muutuste korral.

Energiamajanduslike arengute alastes analüüsid hinnatakse arengustsenaariume energiasektoris ning koostatud prognooside põhjal leitakse optimaalseim süsteemi energiavarustuse tase, mille tulemusena

aidatakse kaasa energiapoliitika arendamisele ja riikliku pikaajalise energiate strateegia väljatöötamisele. Lähimõeldud lahendused aitavad maandada süsteemi tuleviku perspektiivis tekkivaid riske ning parandada kvaliteeti.

Uurimisrühm on täiendanud oma rahvusvahelist kompetentsi tehnoloogiate rakendatavuse ja reaalinvesteeringute tasuvuse analüüside valdkonnades.

Uurimisrühm viib läbi ka täiendkoolitusi energiamajanduse valdkonnas, mis aitavad erinevate ettevõtete töötajatel end täiendada ning saada väärtuslikke kogemusi.

Täiendavaks uurimisvaldkonnaks on lisandunud energiaspektori digitaliseerimine, kus fookuskeskmeks on kliima- ja roheinvesteeringute võimendamine ning elektrituru disaini kaasajastamine uutel tehnoloogiatel rajanevate toodete-teenustega.

- **Short description of research:**  
**Frascat Manual class - 2.2**

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.

The research team has raised its international competence in the fields of technology applicability and real investment profitability analysis.

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

An additional area of research is the digitalization of the energy sector, where the focus is on leveraging climate finance/green investments and modernizing the electricity market design with products and services based on new technologies.

- **loetelu uurimisrühma liikmete aruandeaastal juhitud olulisematest projektidest/lepingutest**
  - Lep18045 „Võrguteenuse nõudlust mõjutavad trendid ja nende trendide mõju uuring“, (15.05.2018-02.11.2018), Ivo Palu
  - Lep18047 „Elektrilevi 35(20)-110 kV võrgu arenguplaani koormuste prognoos ja meetodika uuendamine“ (14.05.2018-02.11.2018), Ivo Palu
  - VNF15057 - Flex4RES – „Energiasüsteemi paindlikkus taastuvate energiaallikate integreerimise taustal, Flexibility for Variable Renewable Energy Integration (NER) (14.09.2015-29.03.2019)“, Hardi Koduvere
  - LMIN18072 „POTEnCIA energiasüsteemi mudeli ning JRC-IDEES andmebaasi arendamine“, Hardi Koduvere
  - VE18061 „Balmorel (või ekvivalentne elektrituru mudel), mudeli andmebaas ja abiteenus“, Hardi Koduvere
  - LEP18102 „Stsenaariumite koostamine BALMOREL mudeliga lähtudes riikliku õhusaaste kontrolli direktiivist 2016/2284/EL“, Hardi Koduvere



- Lep18084 "Uurimistöo elektrivõrkude ja teiste infrastruktuuride haldamise vormidest täna ja tulevikus (1.10.2018–14.12.2018)", Hannes Agabus
- **Koostöö:**  
Teadus- ja arendustegevusega seonduvaid koostööprojekte on tehtud järgnevate asutustega Elering AS, Eesti Energia AS, Elektrilevi OÜ, VKG Energia, NTNU, CIGRE
- **Cooperation:**  
Research and development projects have been carried out in partnership with Elering AS, Eesti Energia AS, Elektrilevi OÜ, VKG Energia. NTNU, CIGRE, Kazakh National Agrarian University, Almaty University of Power Engineering and Telecommunications.
- **Olulisemad artiklid:**
  1. Söder, L.; Lund, P. D.; Koduvere, H.; Folsland Bolkesjø, T.; Høyvik Rossebø, G.; Rosenlund-Soysal, E.; Skytte, K.; Katz, J.; Blumberga, D. (2018). A review of demand side flexibility potential in Northern Europe. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 91, 654–664.
  2. Møller Sneum, D.; Sandberg, E.; Koduvere, H.; Olsen, O. J.; Blumberga, D. (2018). Policy incentives for flexible district heating in the Baltic countries. *Utilities Policy*, 1–12.
  3. Wiese, F.; Bramstoft, R.; Koduvere, H.; Pizarro Alonso, A.; Balyk, O.; Kirkerud, J. G.; Grytli Tveten, A.; Folsland Bolkesjø, T.; Münster, M.; Ravn, H. (2018). Balmorel open source energy system model. *Energy Strategy Reviews*, 20, 28–34.
  4. Shokolakova, Sh.; Keshuov, S.A.; Saukhimov, A.A.; Tokhtibakiev, K. K.; Ceylan, O.; Shuvalova, E. (2018). Optimization of mode in distribution electrical grid by using renewable energy sources for rural energy supply. *International Journal of Mechanical Engineering & Technology (IJMET)*, 9 (7), 1396–1404.
  5. Mishra, S.; Würsig, C.; Palu I. (2018). Multivariate scenario generation an ARIMA and copula approach. *International Journal of Modelling and Optimization [ilmumas]*.
  6. Mishra, S.; Leinakse, M.; Palu, I.; Kilter, J. (2018). Ramping Behaviour Analysis of Wind Farms. 2018 IEEE International Conference on Environment and Electrical Engineering and 2018 IEEE Industrial and Commercial Power Systems Europe (EEEIC / I&CPS Europe): 2018 IEEE International Conference on Environment and Electrical Engineering and 2018 IEEE Industrial and Commercial Power Systems Europe (EEEIC / I&CPS Europe), Palermo, Italy, 12-15 June 2018. IEEE, 1–5.10.1109/EEEIC.2018.8493720.

**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 esimees
- TTÜ inseneriteaduskonna nõukogu liige
- Eesti elektroenergeetika seltsi juhatuse liige
- Eesti Energia nõukogu liige
- IEEE Power and Energy Society liige

- IEEE liige
- CIGRE Eesti rahvuskomitee esimees

Arvi Hamburg, külalisprofessor:

- 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
- Eesti elektroenergeetika seltsi juhatuse liige

---

## • Elektrotehnika aluste uurimisrühm

- uurimisrühma nimetus inglise keeles: **Research Group of Fundamentals of Electrical Engineering**
- uurimisrühma juhi nimi, ametikoht: Lauri Kütt, professor, [lauri.kutt@taltech.ee](mailto:lauri.kutt@taltech.ee), tel: 620 3806
- uurimisrühma liikmed:

- Aleksander Kilk, dotsent
- Martin Jaanus, vanemlektor
- Tarmo Rosman, lektor
- Toomas Vinnal, insener
- Marek Jarkovoi, insener
- Heigo-Elmar Vahesaar, insener
- Muhammad Naveed Iqbal, doktorant
- Noman Shabbir, doktorant

- **võtmesõnad: elektromagnetiline ühilduvus, elektrienergia kvaliteet, electromagnetic uuringud, elektrotehnika, kontuuride analüüs, termoelektrilised generaatorid**
- **Keywords: Electromagnetic compatibility, Electric power quality, Electromagnetic research, Electrical engineering, Circuit analysis, Thermoelectric generators**

## • Uurimisrühma teadustöö ülevaade

### Frascat Manual klass - 2.2

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, mis võivad saada

sureks probleemiks uute mittelineaarsete tarbijate võrku ühendamisel, sh ligi-nullenergiahoonete võrku ühendamisel.

- Elektromagnetilise ühilduvuse (EMÜ) valdkonnas täiustati TTÜ juures oleva EMÜ labori võimekust.

- **Research group scientific activities overview**

- **Frascat Manual class - 2.2**

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 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 esitatud ja EMÜ kriteeriumidele. Uurimisgrupi töö toimub Eestis unikaalse sisseseadega EMÜ teaduslaboris, mis võimaldab väljatöötatud 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 2018. aasta olulisemad teadustulemused**

- PSG142 "Pooljuhtmuundurite väljundvoolukuju süntees taastuenergiaallikate võrguga liitmisvõimaluse suurendamiseks" (1.01.2018–31.12.2021) – edukalt käivitatud teadustegevuste läbiviimine personaalse uurimisgrandi raames.
- Laboratoorsete katseseadmete valmimine ja esialgsed katsed termoelektriliste elementide tööparameetrite uuringuteks.

- **Main research outcome in 2018**

- PSG142 „Synthesis of output current waveforms of power electronic converters for increasing the hosting capacity of renewable energy sources in the distribution networks“ (1.01.2018–31.12.2021) – successful initiation of the personal study grant research project.
- Completion of a laboratory test units and initial tests for the evaluation of thermoelectric module’s performance studies.

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

PSG142 "Pooljuhtmuundurite väljundvoolukuju süntees taastuenergiaallikate võrguga liitmisvõimaluse suurendamiseks" (1.01.2018–31.12.2021), 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.

- **Uurimisrühma liikmete kuni 3 olulisemat aruandeaastal ilmunud artiklit**

1. Kütt, Lauri; Millar, John; Karttunen, Antti; Lehtonen, Matti; Karppinen, Maarit (2018). Thermoelectric applications for energy harvesting in domestic applications and micro-production units. Part I: Thermoelectric concepts, domestic boilers and biomass stoves. *Renewable & Sustainable Energy Reviews*, 98, 12/2018, 519–544.10.1016/j.rser.2017.03.051.
2. Vinnal, Toomas; Kütt, Lauri; Jarkovoi, Marek (2018). Harmonic Currents and Voltages in Industrial LV Networks - Case Studies. 2018 International Symposium on Power Electronics, Electrical Drives, Automation and Motion (SPEEDAM). Itaalia: IEEE Xplore,.10.1109/SPEEDAM.2018.8445234.
3. Iqbal, M. N.; Kütt, L.; Rosin, A. (2018). Complexities associated with modeling of residential electricity consumption. 59th International Scientific Conference on Power and Electrical

Engineering of Riga Technical University: 2018 IEEE 59th International Scientific Conference on Power and Electrical Engineering of Riga Technical University (RTUCON), Riga, Latvia, 12-13 November 2018. IEEE.

- **Loetelu uurimisgrupi liikmetest, kes on välisriikide akadeemiate ja/või muude oluliste T&A-ga seotud välisorganisatsioonide liikmed:**
  - Lauri Kütt – IEEE (Elektri- ja Elektroonikainseneride Instituut), liige
  
- **Koostöö ettevõtetega:**
  - ABB AS – konsultatsioonid, laboratooriumide arendustööd, elektromagnetväljade mõõtmine ja kaardistamine töökeskkonnas
  - Cleveron AS – elektromagnetilise ühilduvuse alane konsultatsioon
  - Fund Ehitus AS – elektromagnetväljade mõõtmine ja kaardistamine hoonetes
  - Novotrade AS – ekspertiisi läbiviimine
  - Maru Ehitus – ekspertiisi läbiviimine
  - Tehnopol AS – elektromagnetväljade mõõtmine ja kaardistamine hoonetes
  - CGI AS – elektromagnetväljade mõõtmine ja kaardistamine hoonetes