

Elektroenergeetika ja mehhatroonika instituut, 2019. aasta teadus- ja arendustegevuse aruanne

Elektroenergeetika ja mehhatroonika instituut
Department of Electrical Power Engineering and Mechatronics
Ivo Palu, ivo.palu@taltech.ee, +372 620 3752

Instituudis tegutsevad järgmised uurimisrühmad:

- Elektrisüsteemide uurimisrühm
- Jõuelektroonika uurimisrühm
- Mehhatroonika ja autonoomsete süsteemide keskus
- Mikrovõrgud ja metroloogia sh valgustehnika labor
- Elektrimasinate uurimisrühm
- Energiamajanduse uurimisrühm sh kõrgepingetehnika labor
- Elektrotehnika aluste uurimisrühm

The Department conducts research within 7 research groups:

- Power Systems
- Power Electronics
- Mechatronics and Autonomous Systems Centre
- Microgrids and Metrology, incl. Laboratory of Lightning Technology
- Electrical Machines
- Energy Economics incl. High Voltage laboratory
- Fundamentals of Electrical Engineering

1. ELEKTRISÜSTEEMIDE UURIMISRÜHM

- **uurimisrühma nimetus inglise keeles: Power Systems Research Group**
- **uurimisrühma juhi nimi, ametikoht:** dotsent Jako Kilter, jako.kilter@taltech.ee, tel: 620 3765
- **uurimisrühma liikmed:**
 - vanemlektor Ülo Treufeldt,
 - emeriitprofessor Mati Meldorf,
 - teadur Kaur Tuttelberg
 - teadur Tanel Sarnet,
 - nooremteadur (doktorant) Mari Löper,
 - nooremteadur (doktorant) Madis Leinakse,
 - nooremteadur (doktorant) Marko Tealane,
 - nooremteadur (doktorant) Tarmo Trummal,
 - doktorant Alexander Mazikas,
 - doktorant Henri Manninen,
 - insener Uku Salumäe.
- **võtmesõnad:** elektrivõrgu stabiilsus, tuule- ja päikeseelektrijaamade ühendamine elektrivõrku, elektri kvaliteedi ja koormuse modelleerimine
- **Keywords:** HVDC and FACTS control, wind power connections, power quality, load modelling
- **Uurimisrühma teadustöö ülevaade:**

Frascat Manual klass - 2.2

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 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 konvertertehnoloogiate 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 elektrisüsteemi pimekäivitusvõimekuse tagamine, süsteemi optimaalne juhtimine läbi konverterite ühendatud tootmiseseadmete korral, elektrikoormused 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 tipp-teadusaparatuur – reaalarajasimulaator RTDS, releekaitse ja automaatika seadmed, sh Siemensi releekaitselabor, Omicron testseadmed/kalibraatorid ja võimendid, jm.

- **Uurimisrühma olulisemad teadustöö tulemused:**

- Välja on töötatud uued meetodid ja rakendused laimõõtmiste kasutamiseks elektrisüsteemide analüüsis ja juhtimisel, sh reaajas inerts ja lühisvõimsuse määratlemine.
- Töötati välja soojuselektrijaamade komplekse optimeerimise meetodeid ja rakendati neid reaalse elektrijaama näitel.
- Analüüsiti elektrisüsteemi laikaitsmisega seotud kitsaskohti ja töötati välja esimesed põhimõtted Eesti elektrisüsteemi süsteemikaitse parendamiseks.
- Töötati välja uued lähenemisviisid elektri kvaliteedi jälgimiseks ja hindamiseks tänapäeva ja tuleviku ülekandevõrkudes.
- Töötati välja põhimõtted Eesti elektrisüsteemi pimekäivitusvõime modelleerimiseks ja analüüsimiseks.
- Analüüsiti Eesti elektrisüsteemi alalisvooluühenduste võimekust talitleda erinevate tuleviku elektrisüsteemi stsenaariumite korral.
- Arendati elektroenergeetika magistriõppekava ja suurendati selle sidusust IKT valdkonnaga.

- **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. system black start capability, optimal system control in future power systems, 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 novel methods for power quality monitoring and assessment in transmission networks.
 - Development of principles for modelling and analysis of Estonian power system black-start restoration process.
 - Analysis of the operation of Estonian HVDC connections considering various future scenarios.
 - Development of Electrical Power Engineering master level study curriculum and enhancement of its relation to the field of ICT.
- **Olulisemad teadus- ja arendusprojektid:**
 - Horizon2020 - MIGRATE “Massive Integration of Power Electronic Devices”. Eleringi poolne koordinaator
 - LEP18031 „Soojuselektrijaama ja elektrisüsteemi talitluse kompleksse optimeerimise ja varustuskindluse tõstmise meetodika väljatöötamine ja rakendamine“.
 - LEP18095 „Kiisa avariioreservelektrijaama ja elektrisüsteemi pimekäivitusvõimaluste uuring“.
 - EITSA18006 „TTÜ energeetika valdkonna õppekavade IKT kompetentside edendamine“.
 - LEP19080 „Eesti elektrisüsteemi alalisvooluühenduste talitlemise piirangud ja võimalikud parendavad tehnilised lahendused“.
- **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 ettevõttes on Elering, Elektrilevi, VKG Energia, Kiviõli Keemiatööstus, Utilitas, Eesti Energia.
- **Olulisemad publikatsioonid:**
 1. Tuttelberg, K., Löper, M., Kilter, J. (2019). Correcting Systematic Errors in Corona Losses Measured with Phasor Measurement Units. IEEE Transactions on Power Delivery, 34 (6), 2275–2277.10.1109/TPWRD.2019.2917610.
 2. Leinakse, M., Tani, P., Kilter, J. (2019). Impact of Distributed Generation on Estimation of Exponential Load Models. 2019 IEEE Power & Energy Society General Meeting (PESGM): 2019 IEEE Power & Energy Society General Meeting (PESGM), Atlanta, GA, USA, 2019.
- **Loetelu uurimisrühma töötajate olulisematest sise- ja välisriiklikest T&A-ga seotud tunnustustest (töötaja nimi, allüksus ning tunnustus).**
 - Tarmo Trummal – Üliõpilaste teadustööde riikliku konkursi loodusteaduste ja tehnika valdkonnas magistriõppe üliõpilaste astmes II preemia konkursitöö "Faasimõõteseadmete karakteristikute testimine reaajasimulaatoriga" eest
 - Mari Löper – Tallinna Tehnikaülikooli Arengufondi doktoriõppe Eleringi digitaliseerimise 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 senati liige
 - Tallinna Tehnikaülikooli senati teaduskomisjoni liige
 - Tallinna Tehnikaülikooli inseneriteaduskonna nõukogu liige
 - Tallinna Tehnikaülikooli elektroenergeetika ja mehhatroonika instituudi nõukogu liige
 - Eesti elektroenergeetika seltsi liige
 - Kaur Tuttelberg, teadur, Eesti elektroenergeetika seltsi liige
 - Tanel Sarnet, teadur, Eesti elektroenergeetika seltsi liige
 - Marko Tealane, Nooremteadur, doktorant, Eesti elektroenergeetika seltsi liige
 - Mari Löper, 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 2019, tehnilise komitee liige
 - IEEE PowerTech 2019, tehnilise komitee liige
 - IEEE Power and Energy Society General Meeting 2019 artiklite hindamise 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
- Kaur Tuttelberg, teadur
 - IEEE liige
 - IEEE Power and Energy Society liige
- Mari Löper, Nooremteadur, doktorant
 - IEEE liige
 - IEEE Power and Energy Society liige

2. JÕUELEKTROONIKA UURIMISRÜHM

- **uurimisrühma nimetus inglise keeles: Power Electronics Group**
- **uurimisrühma juhi nimi, ametikoht:** Dmitri Vinnikov, uurija-professor, dmitri.vinnikov@taltech.ee, tel: 620 3705
- **uurimisrühma liikmed:**
 - Indrek Roasto, vanemteadur
 - Tanel Jalakas, vanemteadur
 - Andrei Blinov, vanemteadur
 - Oleksandr Husev, vanemteadur
 - Andrii Chub, vanemteadur
 - Serhii Stepenko, teadur, Mobilitas Plussi järel doktor
 - Sergio Pires-Pimentel, külalisteadur
 - Elizaveta Liivik, teadur
 - Roman Kosenko, nooremteadur
 - Elena Makovenko (Santasheva), nooremteadur, doktorant
 - Oleksandr Korkh, nooremteadur, doktorant
 - Denys Zinchenko, nooremteadur, doktorant
 - Oleksandr Matiushkin, nooremteadur, doktorant
 - Mahdiyyeh Najafzadeh, doktorant
 - Abualkasim Ahmed Ali Bakeer, doktorant
 - Vadim Sidorov, doktorant
- **võtmesõnad:** muundurid taastuvenergeetikale, liginullenergiamaajade energiasüsteemid, energiasalvesteid teenindavad jõupooljuhtmuundurid, jõuelektronikaseadmete töökindlus
- **Keywords:** power converters for renewables, energy systems for near-zero energy buildings, power converters for energy storages, reliability of power electronic systems
- **uurimisrühma teadustöö ülevaade:**

Frascat Manual klass - 2.2

Uurimisrühma teadustöö on suunatud uudsete taastuveneergetikas, transpordis ja sideseadmetes kasutatavate jõupooljuhtmuundurite arendamisele ja katselisele uurimisele. Põhilisteks arendussuundadeks on uute skeemilahenduste süntees, juhtimis- ja kaitselogaritmide 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 idealgoritmide arendamisele.

Jõuelektroonika uurimisrühm on impedants-tüüpi allikaga muundurite arendamise eesliinil. Eriti palju on panustatud taastuveneergetikas ja liginullenergia hoonetes rakendust leidvate galvaaniliselt isoleeritud impedants-tüüpi allikaga alalispingemuundurite arendamisele. Aastal 2019 pakuti välja ning kontrolliti katseliselt uudet galvaaniliselt isoleeritud laia sisendpinge- ja koormusdiapasooniga veakindlat alalispingemuunduri topoloogiat. Veakindlus põhineb täissillaga impedants-tüüpi allikaga muundurite ümberkonfigureeritavusel. Ükskõik millise transistori hävimist selles skeemilahenduses on võimalik korvata jõuahela automaatse ümberkonfigureerimise teel ilma seadet välja lülitamata. Lisaks uuriti ka kõrgest kasutuseast põhjustatud päikese-mikromuunduri riket. Koostöös Eesti firmaga Ubik Solutions OÜ loodi seadmete tööprofiile kasutatav meetod muundurite tööea ja sellest põhjustatud rikete hindamiseks ning ennetamiseks. Selleks uuriti muunduri komponentide kaovõimsuse mõju elektrilistele ühendustele ja jootekohtadele, loodi süsteemi tasemel lõplike elementide meetodil põhinevad elektrotermilised mudelid ning uuriti seadmesisest komponentidevahelist termilist sidet. Uuriti ka ülisuure pingetõstmisvõimekusega päikese-mikromuunduri primaarahelates kasutatavate eritüübiliste kondensaatorite (elektrolüüt-, kile- ning keraamilised kondensaatorid) töökindlust. Õnnestus eksperimentaalselt tõestada, et kilekondensaatorite töökindlus on suurim ja võimalike rikete arv on väikseim, kinnitades nende sobivust tööks päikese-mikromuundurites, kus seadmete eeldatavaks tööeks on vähemalt 20 aastat. 2019. aasta töötulemuste põhjal on koostatud rohkem kui 40 teadusartiklit, sealhulgas ka 15 teaduslikku ajakirja-artiklit. Esitamisel on 1 Eesti-Hispaania patenditaotlus „Universal DC-DC/AC converters“. Uurimistöö tulemused avaldati organisatsiooni IEEE jõu-ning tööstuselektronika ühingute (PELS and IES) põhikonverentsidel kogu maailmas, saades positiivset vastukaja nii tööstus- kui ka teadusasutustelt. Seisuga 31.12.2019 on teadustulemuste baasil kaitstud kaks doktoritööd:

- 1) Roman Kosenko "Bidirectional Isolated Current-Fed Soft-Switching Secondary-Modulated DC-DC Converters", kaitsmise kuupäev 15. jaanuar 2019;
- 2) Elena Santasheva "Quasi-Z-Source Based String Inverter for Residential Photovoltaic Application", kaitsmise kuupäev 27. juuni 2019.

Jõuelektroonika uurimisrühma liikmed on koostöös tööstuspartneritega välja arendanud ka mitmeid uusi jõuelektroonilisi 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.

- **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 and zero-energy and resource efficient buildings. In 2019 the researchers of the group have proposed and experimentally a novel high step-up galvanically isolated DC-DC converter topology with wide input voltage and load regulation range and fault-tolerant operation capability. The fault-tolerance approach is based on the inherent redundancy of the full-bridge impedance-source converter topology and ensures the continuity of the operation of the converter in the case of failure of any switch in the front-end inverter by the reconfiguration of the power circuit. Also, the wear-out failure of PV microinverters was studied. A mission profile based system-level wear-out assessment method was proposed and applied in cooperation with Estonian company Ubik Solutions OÜ. Compared with conventional reliability assessments, several improvements have been achieved: 1) the dependence of component power loss on the junction/hotspot temperature is experimentally characterized and applied; 2) system-level FEM simulations are performed and the enclosure temperature is incorporated into the electro-thermal model; 3) the thermal cross-coupling effect between components is considered and modeled. Also, the reliability issues of different types of capacitors i.e. ceramic, electrolytic and film, applied in the input side of PV microconverters having a ultra-wide dc gain range have been investigated. The experimental results of the study have demonstrated that the film capacitors have the lowest damage and therefore could be considered as the preferable choice for the PV microconverters where the expected service life of over 20 years is one of the main technology challenges. In 2019 members of the group have published over 40 research papers incl. 15 contributions in high-rank journals. Moreover, an Estonian-Spanish joint patent application „Universal DC-DC/AC converters“ has been submitted. The research findings 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. Based on the research outcomes two PhD theses were defended in the group in 2019:

- 1) Roman Kosenko "Bidirectional Isolated Current-Fed Soft-Switching Secondary-Modulated DC-DC Converters", date of defense 15.01.2019;
- 2) Elena Santasheva "Quasi-Z-Source Based String Inverter for Residential Photovoltaic Application", date of defense 27.06.2019.

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.

- **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)
- PSG206 "Alalispingemuundurid ülisuure reguleerimisvahemiku ja veajärgse töövõimega" (vastutav täitja Andrii Chub)

- B51 "Smart Grid Ready Power Conditioner for Zero Energy and Resource Efficient Buildings" (vastutav täitja Indrek Roasto)
- TAR16012 "Teadmistepõhise ehituse tippkeskus" (vastutav täitja Dmitri Vinnikov).
- VEU15033 "COST Action TD1406-Innovation in Intelligent Management of Heritage Buildings (i2MHB)" (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 TalTech Thomas Johann Seebecki elektroonikainstituudiga (prof. Toomas Rang ja Mart Min).

Häid tulemusi saadi koostöös Eesti „start-up“ ettevõtetega Ubik Solutions OÜ ja MikroMasch OÜ, kus suudeti teadustulemusi rakendada uutes innovatiivsetes toodetes. Koos ettevõttega Ubik Solutions OÜ arendati välja väikese ja keskmise võimsusega päikese-elektrijaamades kasutatav jõupooljuhtmuundustehnoloogia OptiVerter®, 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 TalTech (profs. Toomas Rang and Mart Min).

Moreover, the outstanding results were obtained in cooperation with Estonian start-up companies Ubik Solutions OÜ ja MikroMasch OÜ that have implemented the obtained scientific and practical results in their innovative products. For example, in cooperation with Ubik Solutions OÜ the group members have

developed and commercialized 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. D. Vinnikov, A. Chub, E. Liivik, R. Kosenko and O. Korkh, "Solar Optiverter—A Novel Hybrid Approach to the Photovoltaic Module Level Power Electronics," in IEEE Transactions on Industrial Electronics, vol. 66, no. 5, pp. 3869-3880, May 2019.
2. Y. Shen, A. Chub, H. Wang, D. Vinnikov, E. Liivik and F. Blaabjerg, "Wear-Out Failure Analysis of an Impedance-Source PV Microinverter Based on System-Level Electrothermal Modeling," in IEEE Transactions on Industrial Electronics, vol. 66, no. 5, pp. 3914-3927, May 2019.
3. O. Husev, O. Matiushkin, C. Roncero-Clemente, F. Blaabjerg and D. Vinnikov, "Novel Family of Single-Stage Buck–Boost Inverters Based on Unfolding Circuit," in IEEE Transactions on Power Electronics, vol. 34, no. 8, pp. 7662-7676, Aug. 2019.

- **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 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
- Elizaveta Liivik, IEEE Senior Member
- Andrei Blinov, IEEE Senior Member
- Andrii Chub, 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 Federico Santa Maria Technical University Chile (Tšiili)
 - Elizaveta Liivik, järel doktorantuur Aalborgi Ülikoolis (Taani)
 - Serhii Stepenko, Mobilias Plussi järel doktor
-

3. MEHHAATROONIKA JA AUTONOOMSETE SÜSTEEMIDE KESKUS

uurimisrühma nimetus inglise keeles: Mechatronics and Autonomous Systems Centre

uurimisrühma juhi nimi, ametikoht: Anton Rassõlkin, professor, anton.rassolkn@taltech.ee, tel: 620 3305, +37253919587

uurimisrühma liikmed:

- Trieu Minh Vu, professor
 - Mart Tamre, professor
 - Andres Kiitam, teadur, PhD
 - Tiia Tammaru, teadur, MSc
 - Leo Teder, assistent, MSc
 - Dmitry Shvarts, teadur, PhD
 - Robert Hudjakov, teadur, PhD
 - Kristjan Pütsep, lektor, doktorant
 - Hamidreza Heidari, doktorant
 - Viktor Rjabtšikov, insener, magistrant
 - Dhanushka Chamara Liyanage, insener, doktorant
 - Even Sekhri, doktorant
 - Saleh Ragheb Saleh Alsaleh, doktorant
 - Märt Juurma, teadur
 - Georg Haud, insener
 - Ali Zahavi, insener
- **võtmesõnad:** mehhaatronikasüsteemide kavandamine ja juhtimine, masinnägemise rakendused, veoajam, mehitamata õhu- ja maismaasõidukite simulatsioonid
 - **Keywords:** design and control of mechatronic systems, machine vision applications, UGV and UAV simulations, Propulsion

uurimisrühma teadustöö ülevaade:

Frascati Manual' klass - 2.2

Uue tennuriprofessori ja uurimisrühma juhi prof. Anton Rassõlkin juhtimisel on mehhatroonika uurimisrühma lisandunud aktiivselt veoelektriamite arendamine, katsetamine ja optimeerimine. Endiselt jätkub teadustöö **prof. Trieu Minh Vu** juhtimisel seadmete juhtimise algoritmide ja matemaatiliste mudelite alal, sealhulgas MPC, LQR, SMC, H-lõpmatus, hägus loogika ja AI valdkonnas. **Prof. Mart Tamre** teadus- ja arendustegevuse põhifookus 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 rakendustele ning vastava rakendus- ja simulatsioonitarkvara väljatöötamisele ja rakendamisele reaalses tööstusrobotika, sotsiaalvaldkonna robotika ja UGV ja UAV süsteemides ning samuti hardware-in-the-loop simulatsiooni- ja testsüsteemide loomisele.

Uurimisrühmas jätkatakse ka **kvaliteeditehnika tegevussuunda**, kus tegutseb emeriitprofessor ja teadur Andres Kiitam koos Tiia Tammaruga.

- **Short description of research:**

- **Frascat Manual class - 2.2**

Research under the supervision of new tenure track professor Anton Rassõlkin is involved in the development, testing and optimization of traction drives. Novel innovation is done also by **Trieu Minh Vu**, who continued the research in the field of advance control techniques, models and algorithms including MPC, LQR, SMC, H-infinity, fuzzy logic and AI. Third professor, 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. Research group is also active in **Quality Engineering activities** lead by Prof. Emer and researcher Andres Kiitam together with researcher Mrs. Tiia Tammaru.

- **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
- Lep14167 " Cooperation agreement between MOD Estonia, Defence Forces, National Defence College, TUT and UT for the years 2015-2019 (4.12.2014–31.12.2019)", Mari-Anne Meister, Tallinna Tehnikaülikool, Teadusosakond, Mart Tamre jt on täitjad; 7) AR16054 "Kõrghariduse rahvusvahelistumine, mobiilsuse ja järelkasvu toetamine Dora Pluss (1.01.2016–31.08.2022)", Marika Lunden, Tallinna Tehnikaülikool, Teadusosakond, Mart Tamre on täitja.
- VERT18002 – Tehnoloogilisele arengule suunatud koolide koostöö, 01.10.2017-31.10.2019, Anton Rassõlkin

- **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

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

Sell, R.; Rassõlkin, A.; Wang, R.; Otto, T. (2019). Integration of autonomous vehicles and Industry 4.0. Proceedings of the Estonian Academy of Sciences, 68 (4), 389–394.10.3176/proc.2019.4.07.

Heidari, H.; Rassõlkin, A.; Vaimann, T.; Kallaste, A.; Taheri, A.; Holakooie, M.; Belahcen, A. (2019). A Novel Vector Control Strategy for a Six-Phase Induction Motor with Low Torque Ripples and Harmonic Currents. Energies, 12 (6), #1102.10.3390/en12061102.

Minh, Vu T.; Tamre, M.; Safonov, A.; Musalimov, V.; Kovalenko, P.; Monakhov, I. (2019). Design and implementation of a mechatronic elbow orthosis. Mechatronic Systems and Control, 47, 1–8.10.2316/J.2019.201-0056.

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

Anton Rassõlkin, Professor

10.10.2019–31.12.2019 ITMO Ülikool (Peterburg, Venemaa) Juhtimissüsteemide ja robotika teaduskond, Külalisprofessor (0,25)

- Eesti Moritz Hermann Jacobi Selts, liige
- Eesti Teadusagentuuri õpilaste teadustööde riikliku konkursi hindamiskomisjoni liige
- Tallinna Tehnikaülikooli elektroenergeetika ja mehhatroonika instituudi nõukogu liige
- IEEE Liige
- CUCÉE võrgustiku koordinaator Tallinna Tehnikaülikoolis (<http://e-cucee.eu/>)
- Noore Inseneri Programmi (NIP) Elektromehaanika õppepäeva juht
- SA Archimedes suve- ja talvekooli konkursi hindamiskomisjoni liige
- Erasmus+ üliõpilasvahetusprogrammi stipendiumikomisjoni liige
- Rahvusvahelise teaduskonverentsi "International Conference on Electrical Power Drive Systems (ICEPDS)" programmikomitee liige
- Rahvusvahelise teaduskonverentsi "International Power Electronics and Motion Control Conference (IEEE-PEMC)" tehnilisekomitee liige
- Rahvusvahelise Sümpoosiumi "Topical Problems in the Field of Electrical and Power Engineering" teaduskomitee liige
- Rahvusvahelise teaduskonverentsi "International Conference on Electrical Power Drive Systems (ICEPDS)" teaduskomitee liige
- Rahvusvahelise teaduskonverentsi "Automatic Control and Automation of Production Processes" (Minsk, Valgevene) organiseeriva töörühma liige
- Rahvusvahelise teaduskonverentsi "International Scientific Conference on Power and Electrical Engineering of Riga Technical University" (RTUCON) programmikomitee liige
- Rahvusvahelise teadusseminari "International Scientific and Practical Seminar: Electromechanics, Electric Power Engineering, Information Technologies" (Pihkva, Venemaa) organiseeriva töörühma liige

- Rahvusvahelise teaduskonverentsi "International Conference of Young Specialists on Micro/Nanotechnologies and Electron Devices (EDM 2019)" (Altai, Venemaa) organiseeriva töörühma 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

Mart Tamre, professor

- 2012–... TalTech MSc Mechatronics rahvusvahelise õppekava programmijuht
- 2014–... TalTech-ITMO MSc Double Degree mehhatroonika õppekava akadeemiline vastutaja
- 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

4. MIKROVÖRGUD JA METROLOGIA

- **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, Skype: argo.rosin, phone: +3725290305
- **uurimisrühma liikmed:**

Professorid: Helmuth Biechl (Hochschule Kempten, Saksamaa)

Dotsendid: Madis Lehtla, Rein Laaneots, Raivo Teemets

Elektrivalgustuse labori juhataja: Arvo Oorn

Järel doktorid: Roya Ahmadiyahangar

Teadur: Tarmo Korõtko

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

Jorge Luis Helguero Cruz, Toivo Varjas, Freddy Plaum, Nauman Beg

Insener: Taavi Möller

- **võtmesõnad:** mikrovõrgud, tarbimise juhtimine, juhtimissüsteemid, energiasalvestid, elektervalgustus
- **Keywords:** microgrids, energy flexibility, control systems, energy storages, electrical lighting
- **uurimisrühma teadustöö ülevaade:**

Frascati Manual klass - 2.2

Lühikirjeldus:

elektrivarustuse ja mikrovõrkudega seotud T&A tööd;
energiavoogude paindliku juhtimise ja -salvestamisega seotud T&A tööd;
elektervalgustuse ja mõõtetehnikaalast T&A tööd.

Ühiskondlik mõjukus:

suurem energia-, kulutõhusus, töökindlus ja paindlikkus elektri- ja valgustuspaigaldistes;
valgustustehniliste mõõtemetodite parendamine ja tööstuslike diagnostika lahenduste väljatöötamine.

- **Short description of research:**

Frascati Manual' class - 2.2

Overview: Studies of the research group are focused on

microgrids and electricity supply of buildings;
energy flexibility research in networks with alternative energy sources and energy storages;
research of electrical lighting and measurement science.

Social influence:

higher energy/cost efficiency, reliability, and flexibility of power supply systems;
improvement of measurement methods and development of integrated diagnostic solutions for industry.

- **Olulisemad teadustulemused:**

- Mikrovõrkude elektriksiooni uurimine ja väljatöötamine (Tarmo Korõtko doktoritöö);
- Läänemere piirkonna valgustus - linnad kiirendavad säästva ja aruka linnavalgustuse lahenduste kasutuselevõttu (VIR19013);
- Kompensaatorite monitooring kasutuskohas: tehnoloogilise lahenduse kontseptsiooni väljatöötamine (LEP18101);

- Teadmistepõhise ehituse tippkeskuse raames nullenergiahoonete ja -piirkondade energiavoogude juhtimise optimeerimine (TAR16012)
- **The main research achievements:**
 - Research and Development of Electricity Auction for Microgrids. (PhD thesis of Tarmo Korõtko);
 - Proof of Concept of an Integrated Monitoring and Diagnostics Solution For Predictive Maintenance of Expansion Joints (LEP18101);
 - Lighting the Baltic Sea Region - Cities accelerate the deployment of sustainable and smart urban lighting solutions (VIR19013);
 - Optimization of power flow control in Zero energy and resource efficient smart buildings and districts (TAR16012);
- **Koostöö:**
 - Kõrgkooliga Hochschule Kempten mikrovõrkude juhtimismudelite uurimine ja arendamine;
 - Pentamet OÜ-ga kompensaatorite monitooringuks ja ennetavaks diagnostikaks uudsete tehnoloogiliste lahenduste kontseptsioonide uurimine ja väljatöötamine
 - Valgustustehnoloogiate uurimine, arendamine ja rakendamine ettevõtetega Riigi Kinnisvara AS, Empower AS, Elektrilevi OÜ, Tallinna ja Tartu Linnavalitsus, jt.
- **Cooperation:**
 - R&D of control models for microgrids together with Prof. H. Biechl from Hochschule Kempten;
 - R&D of Proof of Concept of an Integrated Monitoring and Diagnostics Solution for Predictive Maintenance of Expansion Joints with Pentamet OÜ
 - Measurements and working on international projects in the field of electrical lighting systems with Riigi Kinnisvara AS, Empower AS, Elektrilevi OÜ, Municipalities of Tallinn and Tartu, etc.
- **Olulisemad publikatsioonid/most important publications:**
 1. Häring, T.; Rosin, A.; Biechl, H. (2019). Using common household thermal storages to support the PV- and battery system in nearly zero energy buildings in off-grid mode. Sustainable Energy Technologies and Assessments, 35, 12–24.10.1016/j.seta.2019.05.014.
 2. Ahmadiyahangar, R.; Rosin, A.; Nabavi Niaki, A.; Palu, I.; Korõtko, T. (2019). A Review on Real-Time Simulation and Analysis Methods of Microgrids. International Transactions on Electrical Energy Systems .10.1002/2050-7038.12106.
 3. Armstorfer, A.; Biechl, H.; Rosin, A. (2019). Analysis of Black Start Strategies for Microgrids with Renewable Distributed Generation. IECON 2019 - 45th Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society. IEEE, 2121–2125.10.1109/IECON.2019.8926631.
 - a. **Muu info:**
 - T&A fookusvaldkond: Targad ja energiatõhusad keskkonnad/
 - Frascati Manuaali teadusvaldkondade ja -erialade klassifikaator: 2. Tehnika ja tehnoloogia; 2.2 Elektrotehnika, elektroonika, infotehnika
 - Patentne leiutis: Pinna valguse peegeldust iseloomustavate suuruste mõõtemeetod ja selle sooritamise mõõtevahend; Prioriteedi nr: P201900029 (19.12.2019).

b. Loetelu struktuuriüksuse töötajatest, kes on välisakadeemiade või muude oluliste T&A- ga seotud välisorganisatsioonide liikmed:

- Argo Rosin, vanemteadur
 - IEEE member
 - IEEE Industrial Electronics Society (IES) liige
 - IEEE Power & Energy Society (PES) liige
 - Konverentsi RTUCON 2017 teaduskomitee liige

c. 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, vanemteadur
 - 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 tööühma liige arengudokumendi "Kliimapolitiika 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 "Kõrgepinge" 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
-

5. ELEKTRIMASINATE UURIMISRÜHM

- **uurimisrühma nimetus inglise keeles: Electrical Machines Research Group**
- **uurimisrühma juhi nimi, ametikoht:** Ants Kallaste, vanemteadur, ants.kallaste@taltech.ee, tel: 620 3807
- **uurimisrühma liikmed:**
 - Anouar Belahcen, professor
 - Toomas Vaimann, vanemteadur, PhD
 - Anton Rassõlkin, teadur, PhD
 - Payam Shams Ghahfarokhi, teadur
 - Bilal Asad, doktorant
 - Hamidreza Heidari, doktorant
 - Hans Tiismus, doktorant-nooremteadur
 - Hadi Ashraf Raja, doktorant
 - Ekaterina Andriushchenko, doktorant

- **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, 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:**

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 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.

- **2019. aasta olulisemad märkimist väärivad teadustulemused:**

Projekti PSG137 käigus määrati ja parametrizeeriti 3D printimiseks sobivate elektrimasinate materjalid

Projekti Lep19042 raames leiti võimalused reisirongi veduri TEP70 kaasajastamiseks ning kasutamiseks kaubavedurina, säilitades veomadused ning tõstes veomomenti

Projekt PUT1260 edukalt lõpule viidud. Projekti tulemuste järelpublitseerimine kestab

Kaitstud doktoritöö Payam Shams Ghahfarokhi „Soojusanalüüsi töövahendi väljaarendus sünkroonreluktantsmootorile“, juhendajad Dr. Ants Kallaste ja Prof. Anouar Belahcen.

Projektis Lep18080 töötati välja analüütiline temperatuuri mudel generaatorite modelleerimiseks, mis on juba tööstuses rakendust leidnud

- **Main research results in 2019:**

During project PSG137, suitable materials for 3D printing of electrical machines were parametrized and characterized.

During project Lep19042, solutions were found to modernize and rebuild a soviet TEP70 passenger locomotive for the use in cargo trains, keeping the traction properties and enhancing traction torque.

Project PUT1260 was successfully finalized. The follow-up publication of results is ongoing.

Payam Shams Ghahfarokhi successfully defended his PhD thesis “Development of Thermal Analysis Tools for Synchronous Reluctance Motors”, supervised by Dr. Ants Kallaste and Prof. Anouar Belahcen.

During project Lep18080, analytical temperature model for generator modelling was developed, which has already found use in industry.

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

- PUT1260 – Elutsükli arvestav elektrimootorajamite optimeerimismetodoloogia, 01.01.2016-31.12.2019, Anouar Belahcen
- PSG137 – 3D prinditud elektrimasinad. 01.01.2018-31.12.202, Ants Kallaste
- VERT18002 – Tehnoloogilisele arengule suunatud koolide koostöö, 01.10.2017-31.10.2019, Anton Rassõlkin
- Lep18080 – Analüütiline temperatuuri mudel ABB generaatoritele AMG0630, AMG0560 ja AMG0500, 10.9.2018-22.03.2019, Ants Kallaste
- Lep19026 "Tehnoloogilise lahenduse eeluuring hübriidajamiga veesõidukite automaatlaadija väljatöötamiseks (21.03.2019–30.04.2019)", Toomas Vaimann
- Lep19042 "Veduri TEP70 veokarakteristikute muutmine (13.05.2019–5.07.2019)", Toomas Vaimann

- **Koostöö T&A asutustega:**
 - Pihkva Riiklik Ülikool, Venemaa – doktorandi kaasjuhendamine
 - ITMO Ülikool, Venemaa – ühispublikatsioonid, külalisloengud, mobiilsus, projektitaotlused
 - Moskva Energeetikainstituut, Venemaa – 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
 - Ühinenud Depood AS – arendustöö
 - Baltic Workboats AS – arendustöö
 - Pentamet OÜ – arendustöö
 - PZU Kindlustus AB „Lietuvos draudimas“ Eesti filiaal – ekspertiisid
 - If P&C Insurance Eesti filiaal – ekspertiisid

- **Uurimisrühma liikmete kuni 3 olulisemat aruandeaastal ilmunud artiklit (ETISE klassifikaator 1.1, erandjuhul 3.1):**
 1. Asad, B.; Vaimann, T.; Belahcen, A.; Kallaste, A.; Rassõlkin, A.; Iqbal, M. N. (2019). Broken rotor bar fault detection of the grid and inverter fed induction motor by effective attenuation of the fundamental component. IET Electric Power Applications, 1–12.10.1049/iet-epa.2019.0350.
 2. Heidari, H.; Rassõlkin, A.; Vaimann, T.; Kallaste, A.; Taheri, A.; Holakooie, M.; Belahcen, A. (2019). A Novel Vector Control Strategy for a Six-Phase Induction Motor with Low Torque Ripples and Harmonic Currents. Energies, 12 (6), #1102.10.3390/en12061102.
 3. Sathyan, S.; Aydin, U.; Lehikoinen, A.; Belahcen, A.; Vaimann, T.; Kataja, J. (2019). Influence of magnetic forces and magnetostriction on the vibration behavior of an induction motor. International Journal of Applied Electromagnetics and Mechanics, 59 (3), 825–834.10.3233/JAE-171045.

- **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

- **Muu informatsioon**
- **Võrgustikud, komisjonid:**
 - Ants Kallaste
 - Eesti Moritz Hermann Jacobi Selts, juhatuse esimees
 - Anton Rassõlkin

- Koostöövõrgustik CUCEE (Cooperation of the Universities in Central and East Europe), TTÜ poolne koordinaator
 - Eesti Moritz Hermann Jacobi Selts, liige
- Toomas Vaimann
 - Eesti Teadusagentuuri riikliku õpilaste teadustööde konkursi hindamiskomisjon, liige
 - Eesti Teadusagentuuri riikliku üliõpilaste teadustööde konkursi hindamiskomisjon, liige
 - Energeetika, Mäe- ja Keemiatööstuse Kutsenõukogu liige, Rektorite Nõukogu esindaja
 - 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:
 - ITMO Ülikool, Venemaa – Toomas Vaimann, Ants Kallaste, Anton Rassõlkin
 - Lääne-Böömimaa Ülikool, Tšehhi – Toomas Vaimann, Ants Kallaste, Payam Shams Ghahfarokhi, Anton Rassõlkin

6. ENERGIAMAJANDUSE UURIMISRÜHM SH KÕRGEPIINGE LABOR

- uurimisrühma nimetus inglise keeles: **Energy economics research group**
- uurimisrühma juhi nimi, ametikoht: Ivo Palu, professor, ivo.palu@taltech.ee, tel: 620 3752
- uurimisrühma liikmed:
 - professor Fushuan Wen
 - emeriitprofessor Heiki Tammoja,
 - külalisprofessor Arvi Hamburg,
 - teadur Matti Keel,
 - teadur Victor Astapov,
 - vanemlektor Jelena Šuvalova,
 - vanemlektor Paul Taklaja
 - vanemlektor, Ülo Treufeldt
 - koordinaator, doktor Jaan Niitsoo
 - nooremteadur Hardi Koduvere,
 - insener Tarmo Trummal
 - doktorant-nooremteadur Karl Kull
 - doktorant-nooremteadur Sambeet Mishra
 - doktorant-nooremteadur Ivar Kiitam
 - energiamajanduse ekspert Hannes Agabus
 - doktorant Lauri Ulm

- doktorant Cletus John Crasta
- doktorant Aron Kuhl-Thalfeldt
- doktorant Mihkel Härm
- doktorant Margus Laanetu
- doktorant Elina Rebecka Rikkas
- doktorant Madis Uuema
- doktorant Tarmo Mere
- doktorant Alex Roost
- doktoteadustöö 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 analüüsides kui ka süsteemide optimeerimisel. Stsenaariumipõhistes analüüsides on võimalik lisaks veel hinnata ka elektrijaamade konkurentsivõimet elektriturul, hinnates süsteemi tundlikkust sisendparameetrite muutuste korral.

Energiamajanduslike arengute alastes analüüsides hinnatakse arengutsenaariume energiasektoris ning koostatud prognooside põhjal leitakse optimaalseim süsteemi energiaravustuse tase, mille tulemusena aidatakse kaasa energiapoliitika arendamisele ja riikliku pikaajalise energiastrateegia väljatöötamisele. Läbimõeldud lahendused aitavad maandada süsteemi tuleviku perspektiivis tekkivaid riske ning parandada kvaliteeti.

Uurimisrühm on täiendanud oma rahvusvahelist kompetentsi tehnoloogiate rakendatavuse ja reaalinvesteeringute tasuvuse analüüsides valdkondades.

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 uut tehnoloogiatel rajanevate toodete-teenustega.

2019. aastal liideti uurimisrühmaga kõrgepinge tehnika labor. Labori eesmärk on uurida kõrgepinge isolatsioonimaterjale ja kõrgepinge ning suure elektriväljatugevuse mõju elektriseadmetele. Keskendutakse isolatsiooni töökindluse uurimisele ning 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 antakse hinnang töökindlusele ja seadmete jääkressursile mõõtes erinevaid keskkonna ja materjali omadusi.

5. 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.

Due to the overlap in staff and for better administrative arrangements High Voltage research laboratory joined the research group of Energy economics. Laboratory is in good collaboration with several other research groups and can now focus on research work in laboratory. Laboratory 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.

loetelu uurimisrühma liikmete aruandeaastal juhitud olulisematest projektidest/lepingutest

- VNF15057 - Flex4RES – „Energiasüsteemi paindlikkus taastuvate energiaallikate integreerimise taustal, Flexibility for Variable Renewable Energy Integration (NER) (14.09.2015-29.03.2019)“, Hardi Koduvere
- VFP15059 "MIGRATE - jõuelektroonika seadmete integreerimine elektrisüsteemis (1.01.2016–31.12.2019)", Ivo Palu
- VE18061 "Balmorel (või ekvivalentne elektrituru mudel), mudeli andmebaas ja helpdesk teenus (7.12.2018–7.03.2019)", Hardi Koduvere
- LEP19035 "Tuumaelektrijaama käitumine elektriturul (22.04.2019–1.10.2019)", Hannes Agabus
- VFP19026 "SMAGRINET - Targa võrgu kompetentsikeskus (1.04.2019–30.09.2021)", Ivo Palu, projekti koordinaator
- Lep19075 "Arendustööd PCO tarkvaras sisalduvas GAMS'i (General Algebraic Modeling System) mudelis (7.10.2019–7.10.2022)", Hardi Koduvere

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. Mishra, Sambheet; Bordin, Chiara; Tomaszgard, Asgeir; Palu, Ivo (2019). A multi-agent system approach for optimal microgrid expansion planning under uncertainty. International Journal of Electrical Power & Energy Systems, 109, 696–709.10.1016/j.ijepes.2019.01.044.
2. Jiajia Yang, Zhaoyang Dong, Fushuan Wen, Guo Chen, and Yichen Qiao (2019). A decentralized distribution market mechanism considering renewable generation units with zero marginal costs. IEEE Transactions on Smart Grid. [10.1109/TSG.2019.2942616](https://doi.org/10.1109/TSG.2019.2942616)
3. Shafiq, M.; Kiitam, I.; Taklaja, P.; Kutt, L.; Kauhaniemi, K.; Palu, I. (2019). Identification and Location of PD Defects in Medium voltage Underground Power Cables Using High Frequency Current Transformer. IEEE Access, 7, 103608–103618.10.1109/ACCESS.2019.2930704.

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
- CIGRE Eesti rahvuskomitee esindaja

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

Fushuan Wen

- Keynote Speaker on “Planning of Charging Infrastructure for Electric Vehicles with Actual Applications”, The 9th International Conference on Power and Energy Systems, Perth, Australia, Dec 10-12, 2019 (IEEE sponsored).
 - Joint Session Chairman on “Emerging methods and techniques in integrated energy systems”, The 9th International Conference on Power and Energy Systems, Perth, Australia, Dec 10-12, 2019 (IEEE sponsored).
 - Panelist of a Panel Session on “Resilience of Power Systems and Energy Internet”, 2019 IEEE PES Innovative Smart Grid Technologies Asia (ISGT Asia 2019), May 21-25, 2019, Chengdu, China.
 - Joint Session Chairman on “Big Data Analytics, Modern Artificial Intelligence and Advanced Optimization Technologies in Power and Integrated Energy Systems”, 2019 IEEE PES Innovative Smart Grid Technologies Asia (ISGT Asia 2019), May 21-25, 2019, Chengdu, China.
-

6. 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, tel: 620 3806
- **uurimisrühma liikmed:**
 - Aleksander Kilk, vanemlektor
 - Martin Jaanus, vanemlektor
 - Tarmo Rosman, insener
 - Toomas Vinnal, insener
 - Marek Jarkovoi, insener
 - Heigo Mölder, insener
 - Martin Parker, insener
 - Muhammad Naveed Iqbal, doktorant
 - Noman Shabbir, doktorant
- **võtmesõnad:** elektromagnetiline ühilduvus, elektrienergia kvaliteet, electromagentic uuringud, elektrotehnika, kontuuride analüüs, termoelektrilised generaatorid
- **Keywords:** electromagnetic compatibility, electric power quality, electromagentic research, electrical engineering, circuit analysis, thermoelectric generators
- **Uurimisrühma teadustöö ülevaade**

Frascat Manual klass - 2.2

Uurimisrühma tegevuse põhisuunaks on elektritoite kvaliteet (võrgupinge kvaliteet, sh pingetaseme ning pingekuju parameetrid, nende mõjutajad ja optimeerimine; vahelduvvoolumõõtmised ja mõõteandmete töötlemine; toite kvaliteedi mõju uurimine seadmete ja süsteemi talitlusele jpm) ning elektromagnetiline ühilduvus (EMÜ) (seadmete ja süsteemide vastastikune EM-mõjutus, elektromagnetiline emissioon ja immuunsus; laiaribaline EM-väljade hindamine ja mõõtmine keskkonnas; mürade mõju seadmete ja süsteemide talitlusele jpm).

Elektritoite kvaliteedi valdkonnas on suureks väljakutseks EL energeetikadirektiividele vastavuse saavutamine, milleks 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).

Elektromagnetilise ühilduvuse valdkonnas on uurimistöö seotud muuhulgas asjaoludega, kuidas ühildada erinevad tehnoloogilised lahendused toitesüsteemidesse (näiteks toiteliini kommunikatsioon ja võrkudesse ühendatud seadmed), kuidas tagada elektri- ja elektroonikaseadmete tööstuse toodangu vastavus EL EMÜ ja madalpingedirektiivis esitatud 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.

Research group scientific activities overview

Frascat Manual class - 2.2

The main fields of activity of the research group are electric power quality (voltage quality, including voltage level and voltage waveform parameters, their influences and optimization; alternating voltage/current measurements and measurement data processing; investigation for influence of the voltage quality on the operation of devices and systems etc) and electromagnetic compatibility (EMC) (devices' and systems' mutual electromagnetic influence, electromagnetic emission and immunity; wideband EM-field measurement and evaluation; influence of EM-noise on the operation of devices and systems etc).

In the field of electric power quality challenges arise from the upcoming EU energy regulations, stating fulfilment conditions possible through higher amount of power electric converters related to small-power generation units including photovoltaic panels, small-power wind and other renewable producers. In order to achieve this, investigation has to be carried out for the limits and capabilities of a public distribution network for operation without inadvertent violations of the voltage quality. Topics are closely related to both the fields of power quality (requirements to voltage quality and overload avoidance) and of EMC (requirements for devices and/or enforcement of the network against voltage degradation).

In the topics of EMC the research is targeted at conditions on how to combine different technologies to the same power supply grid (for example, power line communication and devices in the network), how to guarantee the compliance of specific electric and electronic products to the EU EMC and low voltage directives. The research group has equipment in the EMC laboratory, which also provides capabilities to test the products prior to their market release. The EMC laboratory can also provide services to the innovative electric and electronic industry, supporting faster development and market entry for their products.

Uurimisrühma 2019. aasta olulisemad teadustulemused

2019. aastal viidi uurimisgrupi eestvedamisel läbi rahvusvaheline konverents „2019 Electric Power Supply Quality and Reliability“, millele lisandus uus temaatiline osa „2019 Symposium on Electrical Engineering and Mechatronics“. Elektritoite kvaliteedi ja varustuskindluse-alast konverentsi peeti seerias juba 11. korda. 2008. aastast on konverentsil olnud rahvusvaheliselt hinnatud elektri-ja elektroonikainseneride ühenduse IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers) tehniline tugi, mis on tõestuseks konverentsi kõrge tasemest. 2019. aastal toetasid konverentsi tehniliselt IEEE Power and Energy Society (PES) ja IEEE Industrial Electronics Society (IES). Kõik konverentsil ettekandmisele tulnud erialased

teadusartiklid on IEEE tehnilise toe läbi ka kantud IEEE Xplore andmebaasi, millises olevad artiklid on indekseeritud ka Scopus ja ISI WOS andmebaasides (ETIS kategooria 3.1).

Konverents toimus 2019. aastal 12. – 15. juunini, asukohaga Kärđlas, Eestis. 2019. aastal osales konverentsil 74 erialaspetsialisti, saabudes üritusele 13 erinevast riigist. Konverentsi käigus toimus 50 erineva teaduspublikatsiooni suuline ettekanne. Konverentsi korraldaja oli Tallinna Tehnikaülikooli Elektroenergeetika ja mehhatroonika instituut ning peasponsoriks Elering AS.

Main research outcome in 2019

In 2019 the research group was responsible for organizing of the international conference „2019 Electric Power Supply Quality and Reliability“, with added new thematic section „2019 Symposium on Electrical Engineering and Mechatronics“. For the electric power supply conference, this was the 11th occasion since 1996 and since 2008 this conference has had technical co-sponsorship from the IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers), as a proof of its high scientific evaluation. For 2019 conference, the technical co-sponsorship was provided through IEEE Power and Energy Society (IEEE PES) and IEEE Industrial Electronics Society (IEEE IES). Through the technical co-sponsorship, all presented scientific papers were also included in the IEEE Xplore library, indexed in ISI WOS and Scopus (ETIS category 3.1).

Conference took place from June 12th till June 15th in Kärđla, Hiiumaa. Altogether, 74 specialists in the field were present, arriving from 13 different countries. During the conference, scientific results from 50 papers were delivered. Main organizer of the conference was Tallinn University of Technology, Department of Electrical Power Engineering and Mechatronics. Financial sponsorship was provided by Elering AS.

Loetelu uurimisrühma liikmete aruandeaastal juhitud olulisematest projektidest/lepingutest

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

LEP19025 "Kaugloetavate arvestite andmesidekindluse analüüs Elektrilevi OÜ võrgus" (8.04.2019–9.12.2019), Lauri Kütt,

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. Iqbal, M. N.; Kütt, L.; Shabbir, N. (2019). Modeling of Lighting Load in Residential Buildings. International Journal of Engineering and Advanced Technology, 8 (2S), 233–236.

2. Sayenko, Y.; Kalyuzhniy, D.; Bolgov, V.; Kütt, L. (2019). Mathematical model for assessment of voltage disturbing sources in networks with distributed power generation. *Przegląd Elektrotechniczny = Electrical Review*, 2019 (03), 49–53.10.15199/48.2019.03.12.
 3. Puvj, Verner; Tukka, Toni; Lehtonen, Matti; Kutt, Lauri (2019). Survey of a Power Quality Measurement Campaign in Low-Voltage Grids. 2019 Electric Power Quality and Supply Reliability Conference (PQ) & 2019 Symposium on Electrical Engineering and Mechatronics (SEEM), IEEE, 1–7.10.1109/PQ.2019.8818232.
- **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
 - Fund Ehitus AS – elektromagnetväljade mõõtmine ja kaardistamine hoonetes
 - Natufia OÜ – ekspertiisi läbiviimine
 - CGI AS – elektromagnetväljade mõõtmine ja kaardistamine hoonetes