

Elektroenergeetika ja mehhatroonika instituut, 2021. 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 – AAK teemad 2 ja 1
- Jõuelektroonika uurimisrühm - AAK teemad 1 ja 3
- Mehhatroonika ja autonoomsete süsteemide keskus - AAK teemad 2 ja 1
- Mikrovõrgud ja metroloogia sh valgustehnika labor- AAK teemad 1 ja 2
- Elektrimasinate uurimisrühm- AAK teemad 3 ja 1
- Energiamaajanduse uurimisrühm sh kõrgepingetehnika labor- AAK teemad 2 ja 4, 5
- Elektrotehnika aluste uurimisrühm - AAK teemad 1 ja 3

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

Instituudiga seotud AAK teemad:

1. Targad ja energiatõhusad keskkonnad
2. Usaldusväärsed IT-lahendused (dependable IT solutions)
3. Keskkonnaressursside vääristamine
4. Tulevikku vaatav riigivalitsemine
5. Innovaatilised väike- ja keskmise suurusega ettevõtted ja digitaalne majandus

1. Elektrisüsteemide uurimisrühm

- **uurimisrühma nimetus inglise keeles: Power Systems Research Group**
- **uurimisrühma juhi nimi, ametikoht:** Jako Kilter, kaasprofessor teneuris, jako.kilter@taltech.ee, tel: 620 3765
- **uurimisrühma liikmed:**
 - vanemlektor Ülo Treufeldt,
 - emeriitprofessor Mati Meldorf,
 - teadur Kaur Tuttelberg
 - nooremteadur Tanel Sarnet,
 - nooremteadur (doktorant) Mari Löper,
 - nooremteadur (doktorant) Madis Leinakse,
 - nooremteadur (doktorant) Marko Tealane,
 - nooremteadur (doktorant) Tarmo Trummal,
 - nooremteadur (doktorant) Guido Andreesen
 - nooremteadur (doktorant) Nathalia De Moraes Dias Campos
 - doktorant Pradeep Kumar Gupta
 - doktorant Sajjed Asefi
 - doktorant Alexander Mazikas,
 - doktorant Henri Manninen,
 - insener Uku Salumäe.
- **võtmesõnad:** elektrivõrgu stabiilsus, tuule- ja päikeseelektrijaamade ühendamine elektrivõrkudesse, elektri kvaliteet, alalisvooluühendused, koormus, laiseire
- **Keywords:** power system stability, wind and solar power connections, power quality, HVDC and FACTS, load modelling, wide-area monitoring
- **CERCS (EST):** T125 - Automatiseerimine, robotika, juhtimistehnika; T140 – Energeetika
- **CERCS (ENG):** T125 - Automation, robotics, control engineering; T140 – Energy research
- **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 reaalaajajuhtimissüsteemide 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 konverteritehnoloogiate elektrijaamade järjest suurem osakaal elektrisüsteemis. See kõik toob kaasa väljakutseid elektrisüsteemide modelleerimises, juhtimises, releekaitses 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 teadus- ja arendustegevuse alast koostööd nii Eesti olulisemate energeetikavaldkonna ettevõtetega, sh Elering, Elektrilevi, Enefit Power, Enefit Green, Graanul Invest, VKG, Utilitas, Tallinna Elektri jaam, jt, kui ka välisülikoolidega. 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 tippteadusaparatuur – reaaliajasiimulaator RTDS, releekaitse ja automaatika seadmed, sh Siemensi releekaitselabor, Omicron testseadmed/kalibraatorid ja võimendid, jm. Välisülikoolidega oli vaadeldaval perioodil oluline koostöö Delfti Tehnikaülikooli (elektrisüsteemi kaitsmine), Dresdeni Tehnikaülikooli (elektri kvaliteet) ning põhjamaadest Trondheimi Tehnikaülikooli, Chalmersi Tehnikaülikooli, Tampere Tehnikaülikooli ja Aalto Ülikooliga (süsteemi stabiilsus ja juhtimine).

- **Uurimisrühma olulisemad teadustöö tulemused:**

- Loodi uudne lähenemisviis ja juhtalgoritmid tööstustarbivate ja elektrisüsteemi vaheliseks koostööks süsteemiteenuste raamistikus.
- Loodi uus laiseirel põhinev süsteemikaitse lahendus, mille eesmärk on tagada elektrisüsteemi koordineeritud kaitse asünkroonkäigu raamistikus.
- Arendati võrguettevõtete varade hindamise ja võrdlemise metoodikat ning töötati välja matemaatilised lähenemisviisid elektrivõrgu õhuliinide tegeliku seisundi määramiseks.
- Töötati välja uued lähenemisviisid elektri kvaliteedi jälgimiseks ja hindamiseks tänapäeva ja tuleviku ülekandevõrkudes kasutades laiseiresüsteemi võimalusi.
- Loodi lähenemisviis ja metoodika elektrivõrgu koormusmodelite teisendamiseks erinevate võrguarvutustarkvarade vahel.
- Analüüsiti ja töötati välja metoodika alalisvooluühenduste ja sünkroonmasinate koostööks madala inertsiiga elektrivõrgu tingimustes.
- Analüüsiti ja määratleti tuule- ja päikeseenergia suuremahulise liitumisega kaasnevad väljakutsed ning võimalikud parendavad lahendused Eesti elektrisüsteemi raamistikus.
- Arendati elektroenergeetika magistriõppekava ja suurendati selle sidusust reaaliajarvutuste ja -analüüsidega ning masinõppe võimalustega.

- **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 research and development-based cooperation with most of the important power system related companies in Estonia, e.g. Elering, Elektrilevi, Enefit Power, Enefit Green, Graanul Invest, VKG, Utilitas, Tallinna Elektri jaam, etc, as well with many international academic institutions. 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. In observable period the most important academic cooperation was with TU Delft (power system protection), TU Dresden (power quality) and with NTNU, Chalmers, Tampere and Aalto universities (system stability).

- **Main research outcomes:**

- Development of new methodology and control algorithms for enabling reliable and optimal cooperation between electrical network and industrial (generation) facility with respect to system services.
- Development of new system protection algorithm using wide-area measurements with scope of enabling coordinated power system protection in case of out-of-step situation.
- Advancement of network utility asset management and comparison methodology and development of mathematical approach for determining the actual condition of electrical network overhead lines.
- Development of power quality monitoring methodology in transmission networks using wide-area measurements.
- Development of mathematical algorithms for conversion of network busload models between different network calculation tools.
- Analysis and development of methodology for the coordinated cooperation of HVDC and synchronous units in low inertia systems.
- Analysis and development of methodology to determine the challenges and possible solutions with significant increase of wind and solar power plants in view of Estonian power system.
- Development of Electrical Power Engineering master level study curriculum and enhancement of its relation to the field of real-time simulations and machine learning.

- **Olulisemad teadus- ja arendusprojektid:**

- VNF20074 „Põhjamaade-Baltikumi AC/DC ülekandevõrkude stabiilsuse suurendamise platvorm“.
- LEEEE21116 „Riskipõhise varahalduse põhimõtted tuleviku elektrisüsteemides“.

- LEEEEE21002 „Study of Renewable Energy Source penetration capacity in Estonian power system“.
- LEEEEE21073 „Elektriraudtee AC/DC vastastikmõjude analüüs“
- LEEEEE21075 „Eesti Elektrisüsteemi alalisvooluühenduste talitlemise piirangud ja võimalikud parendavad tehnilised lahendused II etapp“

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

Koostööd on tehtud järgmiste TA asutustega: Delft University of Technology, Technical University of Dresden, NTNU, University of Manchester, DTU, Aalto University, IPE, Technical University of Berlin, University of Ljubljana, Tampere Technical University ja Chalmers. Olulisemateks koostööpartneriteks ettevõtluses on olnud Elering, Elektrilevi, Enefit Power, Enefit Green, VKG Energia, Utilitas, Eesti Energia.

- **Olulisemad publikatsioonid:**

1. Manninen, Henri; Ramlal, Craig J.; Singh, Arvind; Rocke, Sean; Kilter, Jako; Landsberg, Mart. Toward automatic condition assessment of high-voltage transmission infrastructure using deep learning techniques. *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, 128, 106726. DOI: 10.1016/j.ijepes.2020.106726.
2. Trummal, T.; Sarnet, T.; Kilter, J. Modelling of distribution level coreless induction furnace for rapid voltage change assessment. *Electric Power Systems Research*, 195, #107151. DOI: 10.1016/j.epsr.2021.107151.
3. Manninen, Henri; Kilter, Jako; Landsberg, Mart. Health Index Prediction of Overhead Transmission Lines: A Machine Learning Approach. *IEEE Transactions on Power Delivery*. 37 (1). DOI: 10.1109/TPWRD.2021.3052721.
4. Leinakse, M.; Kilter, J. Exponential to ZIP and ZIP to exponential load model conversion: Methods and error. *IET Generation Transmission & Distribution*, 15 (2), 177–193. DOI: 10.1049/gtd2.12002.
5. Leinakse, M.; Kilter, J. Processing and Filtering Digital Fault Recorder Events for Load Model Estimation. 2021 IEEE PES Innovative Smart Grid Technologies Europe (ISGT Europe). IEEE, 01–05. DOI: 10.1109/ISGTEurope52324.2021.9640026.

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

-

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

- Jako Kilter, kaasprofessor tenuuris
 - Eesti Standardikeskuse Kõrgepingekomitee EVS/TK 19 esimees
 - CIGRE Eesti kaasesimees
 - TTÜ elektroenergeetika ja mehhatroonika instituudi nõukogu liige
 - Eesti elektroenergeetika seltsi liige
 - Archimedes; Kristjan Jaagu taotluste hindamise ekspert

- Madis Leinakse, Nooremteadur, doktorant,
 - Tallinna Tehnikaülikooli inseneriteaduskonna 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, kaasprofessor tenuuris
 - 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 2021, tehnilise komitee liige
 - IEEE PowerTech 2021, tehnilise komitee liige
 - IEEE Power and Energy Society General Meeting 2021 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
- Marko Tealane, Nooremteadur, doktorant
 - IEEE liige
 - IEEE Power and Energy Society liige
- Tarmo Trummal, Nooremteadur, doktorant
 - IEEE liige
 - IEEE Power and Energy Society liige

Info uurimisrühma rakendusliku väljundiga teadus- ja arendustegevuse kohta:

Eesti energeetika valdkonna ettevõtete toetamine teadus ja arendustegevusega. Samuti elektrisüsteemide alased konsultatsioonid ja nõustamised. Kõikide lepingute tulemused on otseselt rakendatavad ettevõtete igapäevatoos ja võimaldavad optimaalsemat ressursside kasutamist.

Lep18095 - Kiisa avariireservelektrijaama ja elektrisüsteemi pimekäivitusvõimaluste uuring
 VNF20074 - Põhjamaade-Baltikumi AC/DC ülekandevõrkude stabiilsuse suurendamise platvorm
 LEEEEE19063 - Iru päikeseelektrijaama elektrivõrguga ühendamise seotud vastuvõtukatsetuste mõõtmine, tulemuste analüüs ja katsearuande koostamine
 LEEEEE20087 - Riskipõhise varahalduse põhimõtted tuleviku elektrisüsteemides
 LEEEEE20072 - Tehnilise konsultatsiooni teenus seoses Püssi, Viru ja Kiisa 330kV alajaamadesse rajatavate sünkroonkompensaatoritega
 LEEEEE21002 - Study of Renewable Energy Source penetration capacity in Estonian power system
 LEEEEE21003 - Varja tuuleelektrijaama PSS/E mudeli verifitseerimine
 LEEEEE21019 - Enefit280-2 põlevkivitehase reaktiivvõimsuse kompenseerimise dimensioneerimine ja PQ kõverate koostamine
 LEEEEE21024 - Iru päikeseelektrijaama pingelohu läbimise võimekuse modelleerimine ja analüüs
 LEEEEE21050 - ENEFIT280 tootmiseadme matemaatilise mudelite verifitseerimine
 LEEEEE21067 - Enefit280-2 elektripaigaldise ehitamisega seotud tehniline konsultatsioon
 LEEEEE21073 - Elektriraudtee AC/DC vastastikmõjude analüüs
 LEEEEE21075 - Eesti Elektrisüsteemi alalisvooluühenduste talitlemise piirangud ja võimalikud parendavad tehnilised lahendused II etapp
 LEEEEE21080 - Enefit-280, Eesti Elektriijaama ja Auvere Elektriijaama omavajaduste vastastikuse reserveerimise hindamine

2. Jõuelektroonika uurimisrühm

- **uurimisrühma nimetus inglise keeles: Power Electronics Group**
- **uurimisrühma juhi nimi, ametikoht:** Dmitri Vinnikov, uuriija-professor, dmitri.vinnikov@taltech.ee, tel: 620 3705
- **uurimisrühma liikmed:**
 - Tanel Jalakas, vanemteadur
 - Andrii Chub, vanemteadur
 - Andrei Blinov, vanemteadur
 - Oleksandr Husev, vanemteadur
 - Indrek Roasto, vanemlektor
 - Hamed Mashinchi Maheri, järel doktor-teadur
 - Naser Vosoughi Kurdkandi, järel doktor-teadur
 - Omar Mohamed Abdelrahim Abdelghafour, järel doktor-teadur
 - Roman Kosenko, insener
 - Oleksandr Korkh, insener
 - Denys Zinchenko, doktorant
 - Oleksandr Matiushkin, doktorant
 - Mahdiyyeh Najafzadeh, doktorant
 - Abualkasim Ahmed Ali Bakeer, doktorant
 - Vadim Sidorov, doktorant
 - Saeed Rahimpour, doktorant
 - Naser Hassanpour, doktorant
- **võtmesõnad:** jõuelektroonika muundurid, liginullenergiamaajade energiasüsteemid, energiatõhusus, jõuelektroonikasüsteemide töökindlus
- **Keywords:** power electronic converters, power systems for near-zero energy buildings, energy efficiency, reliability of power electronic systems
- **CERCS (EST):** T140 – Energeetika; T170 – Elektroonika; T190 - Elektrotehnika
- **CERCS (ENG):** T140 – Energy research; T170 – Electronics; T190 - Electrical engineering
- **uurimisrühma teadustöö ülevaade:**

Frascat Manual klass - 2.2

Uurimisrühma teadustöö on fokuseeritud taastuvenergeetikas, raudteel, elektersõidukites ja telekommunikatsioonis kasutatavate jõuelektrooniliste süsteemide arendamisele ja katsetamisele. Põhilisteks uurimissuundadeks on muunduritele uute skeemilahenduste loomine, spetsiaalsete juhtimis- ja kaitsealgoritmide arendamine, uudsete komponentide ja materjalide juurutamine ning jõuelektrooniliste süsteemide kasutegurit, võimsustihedust ja töökindlust parandavate juhiste koostamine. Aastast 2010 on Jõuelektroonika uurimisrühm ECPE (European Center for Power Electronics) liige. ECPE on tööstusettevõtete poolt loodud organisatsioon, mis edendab Euroopas jõuelektroonika alast haridust, arendustööd, teadusuuringuid ja arendatud tehnoloogiate ülekannet. Lisaks sellele on uurimisrühm osa Eesti teadmispõhise ehituse tippkeskusest ZEBE. Üks ZEBE põhitegevustest on kodumajapidamiste alalisvoolu mikrovõrkude arendamine ning

energiaefektiivsete ja süsinikuneutraalsete hoonete kasutuselevõtu kiirendamine. Aastal 2021 on grupi liikmed osalenud rohkem kui kümnes erinevas kohalikus ja rahvusvahelises teadus- ja arendusprojektis, milledest võib välja tuua järgmiseid:

- **"Tulevikukindlad jõuelektroonikasüsteemid kodumajapidamiste mikrovõrkudele"** (PRG1086, vastutav täitja Dmitri Vinnikov, projekti rahastas SA Eesti Teadusagentuur). Tänapäevane tehnika areng ning seadusandlikud piirangud sunnivad oluliselt vähendada nii ehitiste energiatarvet kui ka süsiniku jalajälge. Seda eesmärki võimaldavad saavutada energiatootmise ja –salvestamise võimekusega kodumajapidamiste alalispinge-mikrovõrgud (ESVKA mikrovõrgud). Antud mikrovõrkude laialdasemat kasutuselevõttu hetkel piiravad teadmiste, küpsete tehnoloogiliste lahenduste ja turuvalmis jõuelektrooniliste süsteemide vähesus. Käesoleva projekti ülesanneteks on nende süsteemide uurimises läbimurde saavutamine, arendades uusi skeemilahendusi, juhtimismeetodeid, mitme parameetriga optimeerimisalgoritme ning süsteemide töökindlust ja kasutusiga tõstvaid meetodeid. Eeldame, et uued teadmised aitavad kaasa innovaatiliste kuluefektiivsete jõuelektroonika süsteemide väljatöötamisele, kommertsialiseerimisele ning ESVKA mikrovõrkude laialdasemale levikule. Kõik see aitab omakorda kiirendada üleminekut kõrge energiatõhususe ning madala süsinikuemissiooniga hoonete kasutamisele.
 - **"Alalispingemuundurid ülisuure reguleerimisvahemiku ja veajärgse töövõimega"** (EAG9, vastutav täitja Andrii Chub, projekti rahastas SA Eesti Teadusagentuur). Antud projekti käigus välja arendatud seade võimaldab ühendada kodumajapidamise alalisvoolu elektrivõrguga ükskõik missugust päikesepaneeli, integreeritud paneeliga katusekatte moodulit või fassaadielementi. Kõik see avab tee innovatsioonile ja uutele võimalustele energianeutraalsete hoonete arendusel ning võimaldab arendajatel oma tehnoloogiat kiiremini arendada. Lisaks sellele võimaldab see tehnoloogia ehitada madala kõrgusprofiiliga (20 mm 360 W kohta) seadmeid, muutes nende kasutamise päikeseenergiast elektrit tootvates katustes ja fassaadides võimalikuks ja majanduslikult mõttekaks.
 - **"Elektrisõidukite laadimistaristu Kataris: laadija arendamine, energiavõrku integreerimine ja hinnastamine"** (VA21001, vastutav täitja Dmitri Vinnikov, projekti rahastas Katari Riiklik Teadusfond). Antud projekti eesmärgiks on konkureeriva hinnaga, töökindla ning Katari rasketesse kliimatilistesse tingimustesse sobiva elektrisõidukite kiirlaadija põhimõttelise lahenduse väljatöötamine ning katsetamine. Lisaks sellele uuritakse massilise elektrisõidukite laadimise mõju Katari elektrivõrgule koos optimaalsete elektrisõidukite laadimisstrateegiatega loomisega. Kõige muu kõrval analüüsitakse ka elektrisõidukite akude vananemist ja nende elutsüklit Katari kliima ja sõidutingimuste korral. Selle info põhjal töötatakse välja ning kontrollitakse katseliselt järgi täpsed akude haldamise tehnoloogiad.
- **Teised TA projektid 2021. aastal**
 - PRG675 "Laiendatud funktsionaalsusega alalisvoolu ja vahelduvvooluvõrkude jaoks üheaegselt rakendatavad suure jõudlusega elektrilised elektroonilised muundurid" (vastutav täitja Oleksandr Husev).
 - EAG122 "Universaalne alalis/vahelduvvoolu muundur akusalvestitele (UniBSI)" (vastutav täitja Oleksandr Husev).

- MOBJD1033 "Üheastmelised osavõimsusega pinget tõstvad ja langetavad muundurid" (vastutav täitja Omar Mohamed Abdelrahim Abdelghafour).
- PSG206 "Alalispingemuundurid ülisuure reguleerimisvahemiku ja veajärgse töövõimega", (vastutav täitja Andrii Chub).
- EMP474 "Optimeeritud aku-energiasalvestid kodumajapidamistele" (vastutav täitja Andrei Blinov).
- LEEEE20047 „Universaalne jõuelektronika sidumismuundur päikesepaneelide ja akusalvestite integreerimiseks kodumajapidamiste alalisvoolu-elektrivõrkudesse“ (vastutav täitja Dmitri Vinnikov).
- TAR16012 "ZEBE - Teadmistepõhise ehituse tippkeskus : Nutikas ja efektiivne nullenergiahoonete energiahaldus“ (vastutav täitja Dmitri Vinnikov).
- VFP19031 "FINEST TWINS: Targa linna tippkeskuse loomine (täitjad Dmitri Vinnikov and Andrii Chub).

- **Short description of research:**

Frascat Manual class - 2.2

Research in the Group is focused on the development and experimental validation of advanced power electronic systems for such demanding applications as renewable energy systems, rolling stock, automotive and telecom. Key research directions include synthesis of novel converter topologies, development of special control and protection algorithms, implementation of advanced components and materials, and elaboration of design guidelines for enhancing the efficiency, power density and reliability of power electronic systems. Since 2010 the Power Electronic Group is a member of ECPE - European Center for Power Electronics e.V., which is the industry-driven research network promoting education, innovation, science, research and technology transfer in the area of Power Electronics in Europe. Moreover, the group is a part ZEBE – Estonian Centre of Excellence for zero energy and resource efficient smart buildings and districts. The core activities in ZEBE are related to the advancing the residential DC microgrid technology and acceleration of the transition towards highly energy-efficient and decarbonized buildings. In 2021 the group members have participated in more than 10 different national and international R&D projects, from which the following can be highlighted:

- **"Future-Proof Power Electronic Systems for Residential Microgrids ”** (PRG1086, principal investigator Dmitri Vinnikov, project funded by the Estonian Research Council). Current trends and regulatory directives stipulate significant decrease in the energy consumption and carbon footprint of buildings. The residential DC microgrids (RDC μ G) with on-site renewable energy generation and storage were proven as a promising technology needed to meet these targets. However, the lack of awareness, mature technologies, and market-ready power electronic systems still limit the wide adoption of RDC μ Gs. The main objective of this project is to make a breakthrough in the applied design of power electronic systems for RDC μ G by the acquisition of cutting-edge knowledge in topologies, control, optimization, reliability and lifetime extension methods. It is highly expected that key competences obtained during the project will help to advance the emerging RDC μ G technology by enabling novel versatile cost-effective power electronic systems, which will push forward the innovation and accelerate the transition towards highly energy-efficient and decarbonized buildings.

- **"Universal photovoltaic-to-microgrid interface (UniPV2 μ G)"** (EAG9, principal investigator Andrii Chub, project funded by the Estonian Research Council). The device developed in this project can interface virtually any residential PV module/tile/facade element into the mainstream residential direct current grid. This opens up new opportunities for innovation in energy-neutral buildings and enables producers of these technologies to deploy their systems faster. The developed technology achieves a low-height profile (around 20 mm for 360 W), which makes its installation in solar roofs and facades feasible and economically viable.
- **"Electric Vehicle Charging Infrastructure in Qatar: Charger Design, Grid Integration, and Cost Quantification"** (VA21001, principal investigator: Dmitri Vinnikov, project founded by the Qatar National Research Fund). This project aims at the design and demonstration of the cost-competitive and highly reliable fast charger concept technology for electrical vehicles (EV) which will meet the requirements of the harsh climate conditions of Qatar. Also, the impact of large-scale EV integration on the power grid of Qatar will be assessed and the optimal EV charging strategies will be proposed. Moreover, the battery aging and lifetime under Qatar driving and climate conditions will be analyzed and the accurate battery management techniques will be developed and tested.
- **Other R&D projects in 2021:**
 - PRG675 "New Generation of High-Performance Power Electronic Converters Simultaneously Applicable for DC and AC Grids with Extended Functionalities" (principal investigator Oleksandr Husev)
 - EAG122 "Universal dc/ac battery storage interface (UniBSI)" (principal investigator Oleksandr Husev).
 - MOBJD1033 "Single-Stage Buck-Boost Partial Power Converters" (principal investigator Omar Mohamed Abdelrahim Abdelghafour).
 - PSG206 "DC-DC Converters with Ultra-Wide Regulation Range and Post-Fault Operation Capability" (principal investigator Andrii Chub).
 - EMP474 "Optimized Residential Battery Energy Storage Systems" (principal investigator Andrei Blinov)
 - LEEEE20047 "Flexible Power Electronic Interface for DC Grid Integration of Residential Photovoltaic and Battery Energy Storage Systems (FPEI)" (principal investigator Dmitri Vinnikov)
 - TAR16012 "ZEBE - Estonian Centre of Excellence for Zero Energy and Resource Efficient Smart Buildings and Districts: Intelligent and Efficient Energy Management for ZEB" (principal investigator Dmitri Vinnikov).
 - VFP19031 "FINEST TWINS: Establishment of Smart City Center of Excellence (Dmitri Vinnikov and Andrii Chub).
- **uurimisrühma liikmete koostöö teiste T&A asutuste ja ettevõtetega (sh välisriikidest):**

Jõuelektronika uurimisrühmal on tihe koostöö mitmete juhtivate jõuelektronika 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 laia sageduskarakteristikuga jõupooljuhtseadeldisete teemal ning TTÜ Ehituse ja Arhitektuuri instituudiga tõhusama energiakasutuse teemal. Uurimisrühm teeb kaasa ka Eesti teadusinfrastruktuuri kujundamise projektis SmartIC, mis toetab Eesti ja Euroopa tööstust üleminekul tootmise tasemele tööstus 4.0, arendades järgmise generatsiooni tehnoloogiaid mehhaanikas, automaatikas, mehhatroonikas, materjaliteaduses, inseneerias ning informaatikas. Lisaks sellele teeb töögrupp koostööd ka TTÜ Keemiliste kiletehnoloogiate teaduslaboriga järgmise põlvkonna päikese-energiasüsteemide arendamisel.

Koostöös Eesti ettevõttega Ubik Solutions OÜ arendasid ning kommertsialiseerisid uurimisgrupi liikmed välja uudse päikesepaneeli taseme jõuelektroonilise süsteemi OptiVerter®. OptiVerter® on hübriidne tehnoloogia, mis esmakordselt ühendab endas päikese-optimisaatorite ja päikese-mikroinverterite põhiomadusi nagu: varjutuskindel maksimaalse võimsuspunkti jälgimine, galvaaniline isolatsioon, otseühilduvus vahelduvvooluvõrguga, energiatoodangu ja päikesepaneeli oleku jälgimine, turvaline-väljalülitus, madal hind ja süsteemi lihtne skaleeritavus. Koos firmaga MikroMasch OÜ loodi uudne modulaarne aku energiasalvesti kodumajapidamistel ja väikestele tootmisettevõtete taastuenergeetika rakendustele.

- **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 and research cooperation on Zero Energy Buildings and more efficient use of energy was established with Department of Civil Engineering and Architecture. The group is also participating in the Smartic, which is a new Estonian Research Infrastructures Roadmap initiative project supporting Estonian and European industries in their transition to Industry 4.0 manufacturing by developing next generation technologies in the fields of mechanics, mechanical engineering, automation, mechatronics, materials science and engineering, and ICT. Power electronics group also cooperates with the Laboratory of Thin Film Chemical Technologies of TalTech in the field of next generation photovoltaic systems.

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 photovoltaic module level power electronic system 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. In cooperation with MikroMasch OÜ the researchers of the group have introduced a novel modular battery energy storage system for residential and small-commercial renewable energy applications.

- **uurimisrühma liikmete olulisemad aruandeaastal ilmunud artiklid (ETISE klassifikaator 1.1)**

1. D. Zinchenko, A. Blinov, A. Chub, D. Vinnikov, I. Verbytskyi and S. Bayhan, "High-Efficiency Single-Stage On-Board Charger for Electrical Vehicles," in IEEE Transactions on Vehicular Technology, vol. 70, no. 12, pp. 12581-12592, Dec. 2021, doi: 10.1109/TVT.2021.3118392.
2. A. Chub, D. Vinnikov, O. Korkh, M. Malinowski and S. Kouro, "Ultrawide Voltage Gain Range Microconverter for Integration of Silicon and Thin-Film Photovoltaic Modules in DC Microgrids," in IEEE Transactions on Power Electronics, vol. 36, no. 12, pp. 13763-13778, Dec. 2021, doi: 10.1109/TPEL.2021.3084918.
3. A. Blinov, I. Verbytskyi, D. Pefititsis and D. Vinnikov, "Regenerative Passive Snubber Circuit for High-Frequency Link Converters," in IEEE Journal of Emerging and Selected Topics in Industrial Electronics, doi: 10.1109/JESTIE.2021.3066897.
4. V. Sidorov, A. Chub, D. Vinnikov and A. Baker, "An Overview and Comprehensive Comparative Evaluation of Constant-Frequency Voltage Buck Control Methods for Series Resonant DC-DC Converters," in IEEE Open Journal of the Industrial Electronics Society, vol. 2, pp. 65-79, 2021, doi: 10.1109/OJIES.2020.3048003.
5. O. Husev, D. Vinnikov, C. Roncero-Clemente, A. Chub and E. Romero-Cadaval, "Single-Phase String Solar qZS-based Inverter: Example of Multi-Objective Optimization Design," in IEEE Transactions on Industry Applications, vol. 57, no. 3, pp. 3120-3130, May-June 2021, doi: 10.1109/TIA.2020.3034292.
6. W. Luo, S. Stynski, A. Chub, L. G. Franquelo, M. Malinowski and D. Vinnikov, "Utility-Scale Energy Storage Systems: A Comprehensive Review of Their Applications, Challenges, and Future Directions," in IEEE Industrial Electronics Magazine, vol. 15, no. 4, pp. 17-27, Dec. 2021, doi: 10.1109/MIE.2020.3026169.
7. A. Sangwongwanich et al., "Design for Accelerated Testing of DC-Link Capacitors in Photovoltaic Inverters Based on Mission Profiles," in IEEE Transactions on Industry Applications, vol. 57, no. 1, pp. 741-753, Jan.-Feb. 2021, doi: 10.1109/TIA.2020.3030568.

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

- Dmitri Vinnikov, arvatud Stanfordi ülikooli poolt maailma 2 % mõjukaimate teadlaste hulka

- Dmitri Vinnikov, Eesti Teaduste Akadeemia, akadeemik tehnika- ja arvutiteaduste alal
- **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
 - Oleksandr Husev, 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 doktorite nime, päritolumaa ja asutuse, järel doktorantuuri perioodi ning meetme, mille alusel järel doktorit rahastatakse).

-

3. Mehhatroonika ja autonoomsete süsteemide keskus

- **uurimisrühma nimetus inglise keeles: Mechatronics and Autonomous Systems Centre**
- **uurimisrühma juhi nimi, ametikoht:** Anton Rassõlkin, abiprofessor tenuuri rajal, anton.rassolkin@taltech.ee, tel: 620 3202, +37253919587
- **uurimisrühma liikmed:**
 - Andres Kiitam, teadur, kandidaat
 - Daniil Valme, insener
 - Dhanushka Chamara Liyanage, insener, doktor
 - Dmitry Shvarts, teadur, doktor
 - Even Sekhri, insener, magistrikraad
 - Hamidreza Heidari, doktorant
 - Kristjan Pütsep, lektor, magistrikraad
 - Leo Teder, lektor, magistrikraad
 - Mahmoud Ibrahim Hassanin Mohamed, doktorant
 - Mart Tamre, emeriitprofessor
 - Märt Juurma, nooremteadur
 - Robert Hudjakov, teadur
 - Saleh Ragheb Saleh Alsaleh, insener, magistrikraad
 - Tiia Tammaru, lektor, magistrikraad
 - Viktor Rjabtšikov, doktorant-nooremteadur
- **võtmesõnad:** mehhatroonikasüsteemide kavandamine ja juhtimine, veoajam, digitaalsed kaksikud, mehitamata õhu- ja maismaasõidukite simulatsioonid, masinnägemise rakendused
- **Keywords:** Design and Control of Mechatronic Systems, Propulsion Drive, Digital Twins, UGV and UAV simulations, Machine Vision Applications
- **CERCS (EST):** T455 – Mootorid ja ajamid; T190 – Elektrotehnika; T121 – Signaalitöötlus
- **CERCS (ENG):** T455 – Motors and propulsion systems; T190 - Electrical engineering; T121 – Signal processing
- **uurimisrühma teadustöö ülevaade:**

Frascati Manual klass - 2.2

Mehhatroonika ja autonoomsete süsteemide keskuse teadustegevus on suunatud mehhatroonika ja autonoomsete süsteemide edasiarendule. Tänapäevase sõidukite (sh erinevad elektertranspordivahendid nn elektriautod, mehitamata maismaa- ja õhusõidukid) nõuavad ka energiatõhususe optimeerimist. Selle eesmärgi saavutamiseks tegutseb uurimisrühm mitmete katseplatvormide ja digitaalsete kaksikute arendamisega. Sõidukite tööelu pikendamiseks ja tõrkeriskide vähendamiseks uuritakse võimalused reaali- ja virtuaalsensorite kombineerimine tehisintellektiga. Lisaks sellele, 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 tööstusrobotika, ning mehitamata maismaasõiduki (UGV) ja mehitamata õhusõiduki (UAV) süsteemides ning samuti hardware-in-the-loop simulatsiooni- ja testsüsteemide loomisele.

- **Short description of research:**

- **Frascat Manual class - 2.2**

The research activities of the Mechatronics and Autonomous Systems Centre are focused on the further development of mechatronics and autonomous systems. Modern vehicles (including various electric vehicles, e.g., electric cars, unmanned land, and aircraft) also require energy efficiency optimization. To achieve this goal, the research team is working on developing several test platforms and digital twins. To prolong the working life of vehicles and reduce the risk of failure, the possibilities of combining real and virtual sensors with artificial intelligence are being explored. Additionally, the main focus of R&D is the development of hardware and related software based on artificial intelligence for robotics and automation control systems and the development of user interfaces for systems, sensing, and especially new machine vision applications. The emphasis is on industrial robotics and the development of unmanned ground vehicle (UGV) and unmanned aerial vehicle (UAV) systems, as well as hardware-in-the-loop simulation and test systems.

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

- PSG453 "Digital twin for propulsion drive of autonomous electric vehicle" (1.01.2020–31.12.2023); Principal Investigator: Anton Rassõlkin; Tallinn University of Technology, School of Engineering, Department of Electrical Power Engineering and Mechatronics; Financier: Estonian Research Council;
- VERT21024 "Digital platform supporting remote laboratory classes in electrical engineering, mechatronics and automation" (1.03.2021–28.02.2023); Principal Investigator: Anton Rassõlkin; Tallinn University of Technology, School of Engineering, Department of Electrical Power Engineering and Mechatronics (partner); Financier: POLITECHNIKA SLASKA;
- SEF21002 "Teaching materials and good practices exchange in the field of energy conversion technology between Tallinn University of Technology and Belarusian State University of Technology" (4.01.2021–3.01.2023); Principal Investigator: Anton Rassõlkin; Tallinn University of Technology, School of Engineering, Department of Electrical Power Engineering and Mechatronics; Financier: Välisministeerium;
- VNF20038 "Advances in Information, Automation and Electrical Engineering" (15.05.2020–1.10.2021); Principal Investigator: Anton Rassõlkin; Tallinn University of Technology, School of Engineering, Department of Electrical Power Engineering and Mechatronics (partner); Financier: NORDPLUS PROGRAMME;

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

- ITMO ülikool, St.Peterburg, Venemaa - ühispublikatsioonid, ühis PhD juhendamine, ühis MSc tööde juhendamine, DoubleDegree MSc Mechatronics õppekava jms.
- Sileesia tehnikaulikool (Silesian University of Technology), Gliwice, Poola - projektitaotluste ettevalmistamine, ühispublikatsioonid, ühis magistrیتööde juhendamine, jms.

- Valgevene Riiklik Tehnoloogiline Ülikool (Belarusian State Technological University), Minsk, Valgevene - projektitaotluste ettevalmistamine, ühispublikatsioonid, ühis doktoritööde juhendamine, jms.
 - Mittelhesseni tehnikakõrgkool (TH Mittelhessen University of Applied Sciences), Giessen, Saksamaa – CUCEE võrgustik, tudengivahetus
 - Riia Tehnikaülikool (Riga University of Technology), Riia, Läti - projektitaotluste ettevalmistamine, koostöö Nordplus projekti raames
 - Emden/Leer tehnikakõrgkool (University of Applied Sciences Emden/Leer), Emden; saksamaa - projektitaotluste ettevalmistamine
- **uurimisrühma liikmete kuni 3 olulisemat aruandeaastal ilmunud artiklit (ETISE klassifikaator 1.1, erandjuhul 3.1):**
 - Rassolkin, A.; Orosz, T.; Demidova, G. L.; Kutsd, V.; Rjabtšikov, V.; Vaimann, T.; Kallaste, A. (2021). Implementation of Digital Twins for Electrical Energy Conversion Systems in selected case studies. Proceedings of the Estonian Academy of Sciences, 70 (1), 19–39. DOI: 10.3176/proc.2021.1.03.
 - Orosz, T.; Gadó, K.; Katona, M.; Rassõlkin, A. (2021). Automatic Tolerance Analysis of Permanent Magnet Machines with Encapsulated FEM Models Using digital-twin-distiller. Processes, 1–15. DOI: 10.3390/pr9112077.
 - Rassõlkin, A.; Vaimann, T.; Org, P.; Leibak, A.; Gordon, R.; Priidel, E (2021). ADCS development for student CubeSat satellites – TalTech case study. Proceedings of the Estonian Academy of Sciences, 70 (3), 268. DOI: 10.3176/proc.2021.3.06.
 - Heidari, H.; Rassõlkin, A.; Kallaste, A.; Vaimann, T.; Andriushchenko, E.; Belahcen, A.; Lukichev, D. (2021). A Review of Synchronous Reluctance Motor-Drive Advancements. Sustainability, #729. DOI: 10.3390/su13020729.
 - **Loetelu uurimisgrupi liikmetest, kes on riiklike T&A-ga seotud otsustuskogude liikmed (töötaja nimi, ametikoht ning otsustuskogu nimetus ja positsioon otsustuskogus).**

Anton Rassõlkin, Professor

01.09.2021–... Tallinna Tehnikaülikool, Inseneriteaduskond, Inseneriteaduskonna dekanaat, programmijuht (mehhatroonika - ingliskeelne) (1,00)

10.10.2020–... Sileesia tehnikaukool, Elektrotehnika teaduskond, Jõuelektronika, Elektriajami ja Robotika instituut (Gliwice, Poola), Külalisprofessor (0,25)

01.01.2020–... Tallinna Tehnikaülikool, Inseneriteaduskond, Elektroenergeetika ja mehhatroonika instituut, Mehhatroonika ja autonoomsete süsteemide uurimisrühma juht (1,00)

01.09.2019–... Tallinna Tehnikaülikool, Inseneriteaduskond, Elektroenergeetika ja mehhatroonika instituut, Abiprofessor tenuuris (1,00)

01.10.2019–31.12.2021 ITMO Ülikool, Juhtimissüsteemide ja robotika teaduskond (Peterburi, Venemaa), Külalisprofessor (0,25)

Teadusorganisatsiooniline ja -administratiivne tegevus:

2021–... IEEE Vehicular Technology Society/Communications Based Train Control and Signals (VT/CBTC&SIG) standardi nõukoogu liige;
2021–... Ajakirja "Acta Technica Jaurinensis" (ISSN 2064-5228 Online) kolleegiumi liige
2020–... IEEE vanemliige
2020–... Ajakirja "Power engineering: research, equipment, technology" (ISSN 1998-9903) kolleegiumi liige
2020–... Rahvusvahelise teadusseminari "International Workshop on Electric Drives (IWED)" programmkomitee liige; IEEE, Moskva, Venemaa;
2019–... Eesti Moritz Hermann Jacobi Selts, liige;
2019–... Rahvusvahelise teaduskonverentsi "ENVIRONMENT. TECHNOLOGY. RESOURCES" teaduskomitee liige, Tehnikaakadeemia, Rezekne, Läti;
2018–... Rahvusvahelise Sümpoosiumi "Topical Problems in the Field of Electrical and Power Engineering" and "Doctoral School of Energy and Geotechnology III" programmkomitee liige;
2018–... Rahvusvahelise teaduskonverentsi "International Conference on Electrical Power Drive Systems (ICEPDS)" programm- ja teaduskomitee liige, IEEE; ICEPDS2020 Peterburi, Venemaa;
2018–... Noore Inseneri Programmi (NIP) Elektromehaanika õppepäeva juht;
2017–... Eesti Teadusagentuuri õpilaste teadustööde riikliku konkursi hindamiskomisjoni liige;
2017–... Tallinna Tehnikaülikooli elektroenergeetika ja mehhatroonika instituudi nõukogu liige;
2017–... Erasmus+ üliõpilasvahetusprogrammi stipendiumikomisjoni liige;
2016–... CUCEE võrgustiku koordinaator Tallinna Tehnikaülikoolis (<http://e-cucee.eu/>);
2021–2021 Külalistoimetaja: Special Issue of MDPI Energies (ISSN 1996-1073) "Novel Approaches to Electrical Machine Fault Diagnosis";
2021–2021 Rahvusvahelise teaduskonverentsi "IEEE International Symposium on Diagnostics for Electric Machines, Power Electronics and Drives" (SDEMPED) erisessiooni juht, IEEE; SDEMPED2021 Dallas TX, USA;
2021–2022 Rahvusvahelise teaduskonverentsi "20th International Conference on Mechatronics (Mechatronics 2022)" teaduskomitee liige, IEEE; ICEPDS2020 Plzeň, Tšehhi Vabariik;
2021–2021 Rahvusvahelise teaduskonverentsi "2nd International Conference on Industry 4.0 and Advanced Manufacturing" (I4AM22) programmkomitee liige, Bangalore, India;
2020–2021 Külalistoimetaja: Special Issue of MDPI Sustainability (ISSN 2071-1050) "Mechatronics Technology and Transportation Sustainability";
2020–2021 Rahvusvahelise teaduskonverentsi "Alternating Current Electric Drives" (ACED) juhtkomitee liige, IEEE; ACED2021 Ekaterinburg, Venemaa;
2020–2021 Külalistoimetaja: Special Issue of MDPI Electronics (ISSN 2079-9292) "Robust Design Optimization of Electrical Machines and Devices";
2019–2021 Rahvusvahelise teaduskonverentsi "International Power Electronics and Motion Control Conference" (IEEE-PEMC) tehnilise- ja erisessiooni juht, IEEE; IEEE-PEMC2020 Gliwice, Poola;
2018–... Noore Inseneri Programmi (NIP) Elektromehaanika õppepäeva juht;

Andres Kiitam, emeriitprofessor, teadur

Teadusorganisatsiooniline ja -administratiivne tegevus:

- 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

Teadusorganisatsiooniline ja -administratiivne tegevus:

- 2020–2020 Kvaliteedispetsialisti (tase 5) ja kvaliteedijuhi (tase 6, tase 7) kutse andmise hindamisstandardite uuendamise töögrupi liige
- 2020 Eesti Kvaliteediühingu auliige
- 2019–2020 Kvaliteedispetsialisti (tase 5) ja kvaliteedijuhi (tase 6, tase 7) kutsestandardite uuendamise töögrupi liige
- 2019–2020 CAF kogemusõppe (benchlearning) projekti juhtassessor
- 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
- 2009–2020 Eesti Kvaliteediühing, juhatuse esimees
- 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, emeriitprofessor

Teadusorganisatsiooniline ja -administratiivne tegevus:

- 2016–... EU komisjoni ekspert töögrupis "Preparation of the Work Programme 2018-2020 – SYSTEMS FOR SECURITY PRACTITIONERS"
- 2016–... Eesti Kaitsetööstuse Liit - TTÜ esindaja
- 2014–... TalTech-ITMO MSc Double Degree mehhatroonika õppekava akadeemiline vastutaja
- 2014–... Ajakirja "Scientific and Technical Journal of Information Technologies Mechanics and Optics" toimetuskolleegiumi liige
- 2013–... Mehhatroonika inseneri kutsestandardite väljatöötamise töögrupi juht Eesti Kutsekoja juures
- 2012–... TalTech MSc Mechatronics rahvusvahelise õppekava programmijuht
- 2012–... IEEE liige
- 2010–... TTÜ esindaja Robotics Industries Association organisatsioonis

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

2007-... ETAG ekspert

2005-... AUVSI liige

2002-... TTÜ mehhatroonika õppekavatöögrupi esimees

1995-... Eesti teadlaste liidu liige

4. Mikrovõrgud ja metroloogia sh valgustehnika labor

- **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:**

Elektrivalgustuse labori juhataja: Arvo Oorn

Järel doktorid: Roya Ahmadiyahangar

Teadur: Tarmo Korõtko, Imre Drovтар

Doktorandid (sh järel doktorandid): Tobias Häring, Vahur Maask, Andreas Christian Armstorfer, Jorge Luis Helguero Cruz, Toivo Varjas, Freddy Plaum, Nauman Beg, Elnaz Azizi, Mohammad Reza Habibi

Insener: Taavi Möller, Martin Parker

- **võtmesõnad:** mikrovõrgud, tehisintellekt, tarbimise juhtimine, automaatikasüsteemid, energiasalvestid, elektervalgustus
- **Keywords:** microgrids, artificial intelligence, automation systems, energy flexibility, energy storages, electrical lighting
- **CERCS (EST):** T140 – Energeetika; T190 – Elektrotehnika
- **CERCS (ENG):** T140 – Energy research; T190 – Electrical engineering;

- **uurimisrühma teadustöö ülevaade:**

Frascati Manual klass - 2.2

- Uurimisteemad
 - elektrivarustuse ja mikrovõrkude optimeerimine;
 - tehisintellektil põhinev energiavoogude paindlik juhtimine ja -salvestamine;
 - elektervalgustuse uuringud ja mõõtemetodite arendus.
- Ühiskondlik mõjukus
 - suurem energia-, kulutõhusus, töökindlus ja paindlikkus elektri-, automaatika- ja valgustuspaigaldistes;
 - valgustustehniliste mõõtemetodite parendamine ja tööstuslike diagnostika lahenduste väljatöötamine
 - koostöö professori Helmuth Biechlig (Hochschule Kempten, Saksamaa)
- Olulisemad projektid
 - AR20013 "Targa linna tippkeskus", Piloottprojekt „Energiavajaduse vähendamine mikrovõrkude ning energiasalvestite abil“, Euroopa struktuurifondid.
 - Lep18101 "Kompensaatorite monitooring kasutuskohas: tehnoloogilise lahenduse kontseptsiooni väljatöötamine", Pentamet OÜ.
 - VIR19013 "Läänemere piirkonna valgustus – linnad kiirendavad säästva ja aruka linnavalgustuse lahenduste kasutuselevõttu", Interreg.
 - TAR16012 "Teadmistepõhise ehituse tippkeskus", SA Archimedes.

- VFP19031 (856602) "FINEST TWINS: Targa linna tippkeskuse loomine", Horizon.
- LEEE20107 Energiatarbimise juhtimise paindlikkustoote pilootprojekt - 2. etapp, Eesti Energia AS.

- **Short description of research:**

Frascati Manual' class - 2.2

- Research topics
 - Optimization of microgrids power supply systems;
 - AI based power flow control and energy storage;
 - Research of electrical lighting and development of measurement science.
- Social Influence
 - higher energy/cost efficiency, reliability, and flexibility of power supply, automation and lighting systems;
 - development of measurement methods and integrated diagnostic solutions for industry
 - cooperation with professor Helmuth Biechl (Hochschule Kempten, Germany)
- Most important projects
 - AR20013 "Smart City Center of Excellence", Pilot project „Reducing energy supply requirements using microgrids and energy storage“, European Structural Funds.
 - Lep18101 " Proof of Concept of an Integrated Monitoring and Diagnostics Solution For Predictive Maintenance of Expansion Joints ", Pentamet OÜ
 - VIR19013 " Lighting the Baltic Sea Region - Cities accelerate the deployment of sustainable and smart urban lighting solutions ", Interreg.
 - TAR16012 "Estonian Centre of Excellence in Zero Energy and Resource Efficient Smart Buildings and Districts", SA Archimedes.
 - VFP19031 (856602) "FINEST TWINS: Establishment of Smart City Center of Excellence", Horizon.
 - LEEE20107 Energy flexibility service pilot project - Stage 2, Eesti Energia AS

- **Olulisemad publikatsioonid/most important publications:**

1. Häring, T.; Kull, T. M.; Ahmadiyahangar, R.; Rosin, A.; Thalfeldt, M.; Biechl, H. (2021). Microgrid Oriented modeling of space heating system based on neural networks. Journal of Building Engineering, 43, 103150. DOI: [10.1016/j.jobe.2021.103150](https://doi.org/10.1016/j.jobe.2021.103150).
2. Azizi, E.; Shotorbanib, A.; Ahmadiyahangar, R.; Mohammadi-Ivatloo, B.; Rosin, A.; Sadiq, R.; Hewage, K. (2021). Cost/Comfort-oriented Clustering-based Extended Time of Use Pricing. Sustainable Cities and Society, 102673. DOI: [10.1016/j.scs.2020.102673](https://doi.org/10.1016/j.scs.2020.102673).
3. Azizi, E.; Ahmadiyahangar, R.; Rosin, A.; Martins, J.; Lopes, R. A.; Beheshti, M. T.; Bolouki, S. (2021). Residential energy flexibility characterization using non-intrusive load monitoring. Sustainable Cities and Society, 75, 103321. DOI: [10.1016/j.scs.2021.103321](https://doi.org/10.1016/j.scs.2021.103321).

- **uurimisrühma liikmete rahvusvahelisel ja riiklikul tasemel olulised tunnustused lõppenud aastal**

Argo Rosin – Aasta insener 2021

- **uurimisrühma liikmete osalus välisriikide akadeemiate ja/või muude oluliste TA&I-ga seotud välisorganisatsioonide töös lõppenud aastal.**

Argo Rosin, Professor

IEEE Senior Member,

IEEE Industrial Electronics Society (IES) member,

IEEE Power & Energy Society (PES) member

Konverentsi RTUCON 2020 teaduskomitee liige

Roya Ahmadiyahangar, post-doc teadur

IEEE Member

IEEE Eesti sektsiooni sekretär

- **Info uurimisrühma rakendusliku väljundiga teadus- ja arendustegevuse kohta**
 - **LEEEE20099 „Tallinna tänavavalgustuse valgustehnilised mõõtmised“, Elektrilevi OÜ.** Töö tulemusi rakendatakse kvaliteetsemate ja töökindlamate Tallinna tänavavalgustuslahenduste väljatöötamisel.
 - **LEEAE21059 „Elektripaigaldise töökindluse hindamine koos kohapealsete mõõdistamistega“, Eesti Pank.** Töö tulemusi rakendatakse Eesti Panga elektrivarustuse seisukorra parandamiseks.
 - **LEEE20107 „Energiatarbimise juhtimise paindlikkustoote pilootprojekt - 2. etapp“, Eesti Energia AS.** Töö tulemusi rakendatakse uudsete paindlikkusteenuste väljatöötamisel.

5. Elektrimasinate uurimisrühm

- **uurimisrühma nimetus inglise keeles: Electrical Machines Research Group**
- **uurimisrühma juhi nimi, ametikoht:** Ants Kallaste, professor, ants.kallaste@taltech.ee, tel: 620 3807

- **uurimisrühma liikmed:**
 - Anouar Belahcen, kaasatud professor
 - Toomas Vaimann, vanemteadur
 - Galina Demidova, järeldoktor-teadur
 - Payam Shams Ghahfarokhi, teadur/insener
 - Bilal Asad, teadur
 - Hans Tiismus, doktorant-nooremteadur
 - Karolina Kudelina, doktorant-nooremteadur
 - Hadi Ashraf Raja, doktorant
 - Ekaterina Andriushchenko, doktorant
 - Siarhei Autso, doktorant
 - Muhammad Usman Naseer, doktorant
 - Martin Sarap, doktorant-nooremteadur

- **võtmesõnad: elektrimasinad, generaatorid, elektriajamid, diagnostika, seisundiseire, tehisintellekt**
- **Keywords: electrical machines, generators, electrical drives, fault diagnostics, condition monitoring, artificial intelligence**
- **CERCS (EST):** T121 – Signaalitöötlus; T190 – Elektrotehnika; T455 – Mootorid ja ajamid
- **CERCS (ENG):** T121 – Signal processing; T190 – Electrical engineering; T455 – Motors and propulsion systems

- **Teadustöö lühikirjeldus:**

Frascat Manual klass - 2.2

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

Viimaste aastate olulisemad teadussuunad on elektrimasinate 3D printimise võimaluste uurimine ja tehnoloogia arendus. Tegeletakse elektrimasinate ja ajamisüsteemide intelligentsete seisundiseire ja diagnostika arendusega, kaasates tehisintellekti, asjade interneti ja Tööstus 4.0 võimalusi.

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 main research topics of the last years have been the investigation of additive manufacturing possibilities of electrical machines and the development of this technology. Active research is going on in the field of intelligent methods for electrical machines and drive systems condition monitoring and diagnostics, involving Artificial Intelligence methods, possibilities provided by Internet of Things and Industry 4.0 technologies.

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 elektrimasinate diagnostika ja kasutuse uuringutega, mis toetab ressursitõhusust ning elektrimasinate elukaare põhise projekteerimise valdkonda.

- **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 the research of electrical machine diagnostics and exploitation, which supports the resource sustainability as well as the field of electrical machines life cycle oriented design.

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

- PSG137 – „3D prinditud elektrimasinad (01.01.2018-31.12.2021)“, Ants Kallaste
- ETAG21001 – „Tööstuslikul internetil baseeruvad energiamuundussüsteemide seire- ja diagnostikameetodid (1.01.2021–31.12.2023)“, Toomas Vaimann
- SS20028 "MEKTORY satelliidiprogrammi maajaama paraboolantenni elektripaigaldis ja juhtimine (1.09.2020–30.06.2021)", Toomas Vaimann

- **Koostöö T&A asutustega:**

- Pihkva Riiklik Ülikool, Venemaa – doktorandi kaasjuhendamine
- ITMO Ülikool, Venemaa – ühispublikatsioonid, külalisloengud, mobiilsus, projektitaotlused
- Moskva Energeetikainstituut, Venemaa – mobiilsus
- Valgevene Riiklik Tehnikaülikool, Valgevene – ühispublikatsioonid, ühisprojekt

- Aalto Ülikool, Soome – ühispublikatsioonid, mobiilsus
- Füüsikalise Energeetika Instituut, Läti – ühispublikatsioonid, taristu riskasutus
- Lääne-Böömimaa Ülikool, Tšehhi – ühispublikatsioonid, järeldoktorantuur, ühisprojekt
- Sileesia Tehnikaülikool, Poola – ühispublikatsioonid, ühisprojektid
- Vilniuse Gediminase Tehnikaülikool, Leedu – ühispublikatsioonid, ühisprojekt
- Agderi Ülikool, Norra – ühispublikatsioonid, ühisprojekt
- Riia Tehnikaülikool, Läti – ühispublikatsioonid, ühisprojekt
- INP Toulouse Ülikool – koostöö Laplace'i laboratooriumiga, külalisloengud

- **Koostöö ettevõtetega:**

- Enefit Green AS – arendustöö
- Elering AS – arendustöö
- Proekspert AS – arendustöö
- Danfoss – arendustöö
- If P&C Insurance AS – ekspertiis
- Riigi Tugiteenuste Keskus – konsultatsioonid
- ICP Solutions OÜ – ekspertiis

- **Uurimisrühma liikmete olulisemad aruandeaastal ilmunud artiklit (ETISE klassifikaator 1.1):**

1. Asad, B.; Vaimann, T.; Belahcen, A.; Kallaste, A.; Rassolkin, A.; Khang, H. V.; Ghahfarokhi, P. S.; Iqbal, M. N.; Naseer, U. (2021). The modeling and investigation of slot skews and supply imbalance on the development of principal slotting harmonics in squirrel cage induction machines. *IEEE Access*, 1–15. DOI: [ieeexplore.ieee.org/document/9645542](https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3062618).
2. Shams Ghahfarokhi, P.; Podgornovs, A.; Kallaste, A.; Cardoso, A. J. M.; Belahcen, A.; Vaimann, T.; Tiismus, H.; Asad, B. (2021). Opportunities and Challenges of Utilizing Additive Manufacturing Approaches in Thermal Management of Electrical Machines. *IEEE Access*, 9, 1–14. DOI: [10.1109/ACCESS.2021.3062618](https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3062618).
3. Asad, B.; Tiismus, H.; Vaimann, T.; Belahcen, A.; Kallaste, A.; Rassolkin, A.; Ghahfarokhi, P. S. (2021). Sliding Mean Value Subtraction-Based DC Drift Correction of B-H Curve for 3D-Printed Magnetic Materials. *Energies*, 14 (2), #284. DOI: [10.3390/en14020284](https://doi.org/10.3390/en14020284).
4. Tiismus, H.; Kallaste, A.; Belahcen, A.; Tarraste, M.; Vaimann, T.; Rassolkin, A.; Asad, B.; Shams Ghahfarokhi, P. (2021). AC Magnetic Loss Reduction of SLM Processed Fe-Si for Additive Manufacturing of Electrical Machines. *Energies*, 14 (5), 1241. DOI: [10.3390/en14051241](https://doi.org/10.3390/en14051241).
5. Tiismus, H.; Kallaste, A.; Belahcen, A.; Rassolkin, A.; Vaimann, T.; Ghahfarokhi, P. S. (2021). Additive Manufacturing and Performance of E-Type Transformer Core. *Energies*, 14 (11), #3278. DOI: [10.3390/en14113278](https://doi.org/10.3390/en14113278).
6. Kudelina, K.; Vaimann, T.; Asad, B.; Rassolkin, A.; Kallaste, A.; Demidova, G. (2021). Trends and Challenges in Intelligent Condition Monitoring of Electrical Machines

Using Machine Learning. Applied Sciences, 11 (6), #2761. DOI: 10.3390/app11062761.

7. Asad, B.; Vaimann, T.; Belahcen, A.; Kallaste, A.; Rassõlkin, A.; Ghafarokhi, P. S.; Kudelina, K. (2021). Transient Modeling and Recovery of Non-Stationary Fault Signature for Condition Monitoring of Induction Motors. Applied Sciences, 11 (6), 2806–2823. DOI: 10.3390/app11062806.

- **Loetelu uurimisgrupi liikmetest, kes on välisriikide akadeemiate ja/või muude oluliste T&A-ga seotud välisorganisatsioonide liikmed:**

- Ants Kallaste, professor
 - IEEE, vanemliige
 - Eesti Moritz Hermann Jacobi Selts, juhatuse esimees
 - Rahvusvahelise teaduskonverentsi "International Conference on Electrical Power Drive Systems (ICEPDS)" rahvusvahelise juhtkomitee liige
 - Rahvusvahelise teaduskonverentsi "Environment. Technology. Resources" teaduskomitee liige
 - Tallinna Tehnikaülikooli elektroenergeetika ja mehhatroonika instituudi nõukogu liige
- Anouar Belahcen, kaasatud professor
 - IEEE, vanemliige
 - Aalto Ülikooli (Soome) elektrotehnika ja automaatika instituudi asejuht
 - Aalto Ülikooli (Soome) automaatika ja elektrotehnika magistriõppekava programmijuht
 - Aalto Ülikooli (Soome) elektromehaanika uurimisrühma juht
 - Õpetamiskvaliteedi komitee liige (Aalto Ülikool/ELEC, Soome)
- Toomas Vaimann, vanemteadur
 - ITMO Ülikool (Venemaa), Juhtimissüsteemide ja robotika teaduskond, Külalisprofessor
 - Eesti Noorte Teaduste Akadeemia, liige
 - IEEE, vanemliige
 - Tallinna Tehnikaülikooli energiamuundus- ja juhtimissüsteemid magistriõppekava programmijuht
 - Tallinna Tehnikaülikooli elektroenergeetika ja mehhatroonika instituudi nõukogu liige
 - Eesti Moritz Hermann Jacobi Selts, liige
 - Eesti Elektroenergeetika Selts, liige
 - Energeetika, Mäe- ja Keemiatööstuse Kutsenõukogu liige, Rektorite Nõukogu esindaja
 - Eesti Teadusagentuuri üliõpilaste teadustööde riikliku konkursi hindamiskomisjoni liige
 - Eesti Teadusagentuuri õpilaste teadustööde riikliku konkursi hindamiskomisjoni liige

- MDPI Energies - ajakirja eriväljaande "Novel Approaches to Electrical Machine Fault Diagnosis" toimetaja
- MDPI Machines - ajakirja valdkondliku toimetuskolleegiumi liige
- MDPI Applied Sciences - ajakirja eriväljaande "Advances in Machine Fault Diagnosis" toimetaja
- Rahvusvahelise konverentsi International Scientific Technical Conference Alternating Current Electric Drives (ACED) juhtkomitee liige
- Rahvusvahelise konverentsi International Workshop on Electric Drives (IWED) komitee liige
- Rahvusvahelise konverentsi International Conference on Electrical Power Drive Systems (ICEPDS) juhtkomitee liige
- Rahvusvahelise konverentsi International Scientific Conference on Electric Power Engineering (EPE) juhtkomitee liige
- Rahvusvahelise konverentsi International Scientific and Practical Conference „Environment. Technology. Resources.“ teadusliku komitee liige
- TTÜ Arengufondi üliõpilasstipendiumite hindamiskomisjoni liige
- Rahvusvahelise konverentsi "Electric Power Quality and Supply Reliability " (PQ) organisatsioonikomitee liige
- Payam Shams Ghahfarokhi, teadur/insener
 - IEEE, liige
 - IEEE jõuelektroonika ühingu (IES) liige
 - MDPI Machines - ajakirja eriväljaande " Thermal Analysis of Electric Machine Drives " toimetaja
- Karolina Kudelina, doktorant-nooremteadur
 - IEEE Üliõpilasliige
 - IEEE Women in Engineering liige
 - IEEE Women in Engineering Eesti sektsiooni esinaine
 - Eesti Moritz Hermann Jacobi Seltsi liige
- Hans Tiismus, doktorant-nooremteadur
 - IEEE Üliõpilasliige
 - Eesti Moritz Hermann Jacobi Selts, liige
 - Tallinna Tehnikaülikooli elektroenergeetika ja mehhatroonika instituudi nõukogu liige
- **Loetelu uurimisrühma töötajate olulisematest sise- ja välisriiklikest T&A-ga seotud tunnustustest (töötaja nimi, allüksus ning tunnustus).**
 - Bilal Asad, 2021. a üliõpilaste teadustööde riiklikul konkursil tehnika ja tehnoloogia valdkonna, doktoriõppe astme 1. preemia võitnud töö “ Kolmeafaasilise lühisrootoriga asünkroonmootori matemaatiline modelleerimine ning lähtuv rikkediagnostiline signaalitöötlus” autor
 - Toomas Vaimann, 2021. a üliõpilaste teadustööde riiklikul konkursil tehnika ja tehnoloogia valdkonna, doktoriõppe astme 1. preemia võitnud töö “ Kolmeafaasilise lühisrootoriga asünkroonmootori matemaatiline

modelleerimine ning lähtuv rikkediagnostiline signaalitöötlus” (Bilal Asad) juhendaja

- Ants Kallaste, 2021. a üliõpilaste teadustööde riiklikul konkursil tehnika ja tehnoloogia valdkonna, doktoriõppe astme 1. preemia võitnud töö “Kolmefaasilise lühisrootoriga asünkroonmootori matemaatiline modelleerimine ning lähtuv rikkediagnostiline signaalitöötlus” (Bilal Asad) juhendaja
- Anouar Belahcen, 2021. a üliõpilaste teadustööde riiklikul konkursil tehnika ja tehnoloogia valdkonna, doktoriõppe astme 1. preemia võitnud töö “Kolmefaasilise lühisrootoriga asünkroonmootori matemaatiline modelleerimine ning lähtuv rikkediagnostiline signaalitöötlus” (Bilal Asad) juhendaja
- Karolina Kudelina, Aasta Tehnikaüliõpilane 2021, Eesti Inseneride Liit
- Karolina Kudelina, IEEE IES Students and Young Professionals parima artikli konkurs (IEEE-PEMC konverents), 1. preemia laureaat
- Karolina Kudelina, "The Best Ambassador of Power Electronics & Motion Control" (IEEE-PEMC konverents) konkurs, 1. preemia laureaat

- **Info uurimisrühma rakendusliku väljundiga teadus- ja arendustegevuse kohta**

- **PSG137 – „3D prinditud elektrimasinad (01.01.2018-31.12.2021)“, Ants Kallaste**

Töö tulemusel töötatakse välja elektrimootorite 3D printimise tehnoloogiat, mida saab edaspidiselt rakendada eriotstarbeliste elektrimootorite loomiseks ja kiireks prototüüpimiseks, eelkõige kosmose, lennunduse ja meditsiini valdkondades.

- **ETAG21001 " Tööstuslikul internetil baseeruvad energiamuundussüsteemide seire- ja diagnostikameetodid (1.01.2021–31.12.2023)", Toomas Vaimann**

Töö tulemusel töötatakse välja elektrimootorite diagnostilise meetodeid, mida saab edaspidiselt rakendada tuulegeneraatorite, elektersõidukite ja teiste, raskesti ligipääsetavate energiamuundussüsteemide diagnostikaks ja olukorra seireks.

- **SS20028 "MEKTORY satelliidiprogrammi maajaama parabolantenni elektripaigaldis ja juhtimine (1.09.2020–30.06.2021)", Toomas Vaimann**

Töö tulemusi rakendatakse MEKTORY satelliidiprogrammi maajaama parabolantenni juhtimises ja edasises tegevuses.

- **Uurimisgrupis osalenud järel doktorite ning TTÜ-st järel doktorantuuri suundunud uurimisgrupi töötajate loetelu**

Payam Shams Ghahfarokhi, järel doktorantuur Riia Tehnikaülikoolis (Läti)

Galina Demidova, järel doktor-teadur ITMO Ülikoolist (Venemaa)

6. Energiamaajanduse uurimisrühm sh kõrgepinge labor

- uurimisrühma nimetus inglise keeles: **Energy economics and high voltage engineering research group**
- uurimisrühma juhi nimi, ametikoht: Ivo Palu, professor, ivo.palu@taltech.ee, tel: 620 3752

- **uurimisrühma liikmed:**

- professor Fushuan Wen
- vanemteadur Muhammad Shafiq
- teadur Victor Astapov
- vanemlektor Jelena Šuvalova
- vanemlektor Paul Taklaja
- vanemlektor Reeli Kuhu-Thalfeldt
- järel doktor/teadur Sambheet Mishra
- nooremteadur Hardi Koduvere
- doktorant-nooremteadur Karl Kull
- doktorant-nooremteadur Ivar Kiitam
- doktorant Cletus John Crasta
- doktorant Lauri Ulm
- doktorant Maninder Choudhary,
- doktorant Praveen Prakash Singh
- järel doktor Yan Xu
- energiamaajanduse ekspert Hannes Agabus

- **võttesõnad:** kliimamuutust leevendav energiamaajandus, tehnoloogia rakendatavuse ja investeeringute tasuvuse analüüsid, elektrisüsteemi ja elektrituru majanduslik- ja tehniline modelleerimine, kõrgepinge, isolaatorid, osalahendused
- **Keywords:** green energy economy, technology applicability and investment profitability analyses, economic and technical modelling of power system and electricity market, high voltage, insulators, partial discharges
- **CERCS (EST):** T140 – Energeetika; T190 - Elektrotehnika
- **CERCS (ENG):** T140 – Energy research; T190 - Electrical engineering

- **Uurimisrühma teadustöö ülevaade:**

Frascat Manual klass - 2.2

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

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

elektrijaamade konkurentsivõimet elektriturul, hinnates süsteemi tundlikkust sisendparameetrite muutuste korral.

Energiamajanduslike arengute alastes analüüsid hinnatakse arengutsenaariume energiasektoris ning koostatud prognooside põhjal leitakse optimaalseim süsteemi energiavarustuse 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 analüüside valdkondades.

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

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

2019. aastal liitus uurimisrühmaga kõrgepingetehnika labor. Labori eesmärk on uurida kõrgepinge isolatsioonimaterjale ja kõrgepinge ning suure elektriväljatugevuse mõju elektriseadmetele. Keskendutakse isolatsiooni töökindluse uurimisele ning isolatorite 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.

- **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 opportunities and emerging technologies. High Voltage research 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, power cable 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. Along with detection and location of insulation faults, prediction of incoming failures in power cables are the most recent activities of the ongoing research at the HV lab. This research aims to provide indexes of reliability, considering different stresses to the power network components during their in-service lifetime, considering air pollution, weather, wildlife but also influences of characteristics of the future electric loads, materials, etc.

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

- VFP19026 "SMAGRINET - Targa võrgu kompetentsikeskus (1.04.2019–30.09.2021)", Ivo Palu, projekti juht, Karl Kull projekti koordinaator
- PSG632 – „Aging behavior of medium voltage cables under smart grid operation (Keskpingekaablite vananemine tarkvõrgus)“ projekti juht Muhammad Shafiq
- PUTJD915 „Energiasüsteemide optimaalne planeerimine ja käitamine virtuaalses elektrijaamas (01.04.2020-31.03.2022)“, Sambeet Mishra

- **Koostöö:**

Teadus- ja arendustegevusega seonduvaid koostööprojekte on tehtud järgnevate asutustega Elering AS, Eesti Energia AS, Elektrilevi OÜ, VKG Energia, NTNU, CIGRE, MKM

- **Cooperation:**

Research and development projects have been carried out in partnership with Elering AS, Eesti Energia AS, Elektrilevi OÜ, VKG Energia. NTNU, CIGRE.

- **Olulisemad artiklid:**

1. Singh, P. P.; Wen, F.; Palu, I. (2021). Dynamic network tariff in practices: key issues and challenges. *Proceedings of 2021 IEEE International Conference on Computing, Power and Communication Technologies*. IEEE. DOI: [10.1109/GUCON50781.2021.9573767..](https://doi.org/10.1109/GUCON50781.2021.9573767..)
2. Bordin, C.; Mishra, S.; Palu, I. (2021). A Multihorizon Approach for the Reliability Oriented Network Restructuring Problem, Considering Learning Effects, Construction Time, and Cables Maintenance Costs. *Renewable Energy*, 168, 878–895. DOI: [10.1016/j.renene.2020.12.105](https://doi.org/10.1016/j.renene.2020.12.105).

3. Mishra, S.; Crasta, C. J.; Bordin, C.; Mateo-Fornés, J. (2021). Smart contract formation enabling energy-as-a-service in a virtual power plant. *International Journal of Energy Research*, 1–23. DOI: [10.1002/er.7381](https://doi.org/10.1002/er.7381).
4. Singh, P. P.; Wen, F.; Palu, I. (2021). Dynamic network tariff in practices: key issues and challenges. *Proceedings of 2021 IEEE International Conference on Computing, Power and Communication Technologies*. IEEE. DOI: [10.1109/GUCON50781.2021.9573767](https://doi.org/10.1109/GUCON50781.2021.9573767).
5. Kiitam, I.; Shafiq, M.; Taklaja, P.; Parker, M.; Palu, I.; Kutt, L. (2021). Characteristic pulse pattern features of different types of partial discharge sources in power cables. In: 2021 IEEE PES/IAS PowerAfrica, PowerAfrica 2021 (1–5). IEEE PES/IAS PowerAfrica, Nairobi, Keenia, 23.-27. aug 2021. IEEE. DOI: [10.1109/PowerAfrica52236.2021.9543366](https://doi.org/10.1109/PowerAfrica52236.2021.9543366).

- **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

Fushuan Wen, professor:

- IEEE Fellow
- Member of Technical Program Committee, 3rd International Conference on Smart Energy Systems and Technologies (SEST), 7-9 September 2020, Istanbul, Turkey. Member of the Technical Program Committee, 2021 Asia Conference on Electronics Engineering (ACEE 2021), March 5-7, 2021, Beijing, China.
- Member of Technical Program Committee, 4th International Conference on Smart Energy Systems and Technologies (SEST), 6-8 September, 2021, Vaasa, Finland.
- Plenary speaker, International Conference and Expo on Energy Engineering and Power Technology, September 13-15, 2021, Brussels, Belgium.
- Plenary speaker, Global Conference on Electrical and Electronics, December 02-04, 2021, Rome, Italy.

Muhammad Shafiq, Senior Researcher:

- Member, European EMTP-ATP Users Group
- Member IEEE
- Guest Editor Special Issue on Power Systems and High Voltage Engineering, *Energies*, 2021-2022.
- Guest Editor Special Issue on Condition Monitoring of Power System Component, *Energies*, 2021-2022.

- Session Chair, IEEE International Conference on Electrical, Computer and Energy Technologies (ICECET), South Africa, Dec. 2021.
 - Reviewer, 39th IEEE Electrical Insulation Conference, (EIC), Denver, CO, USA, 2021.
 - **Loetelu uurimisrühma töötajate olulisematest sise- ja välisriiklikest T&A-ga seotud tunnustustest (töötaja nimi, allüksus ning tunnustus).**
1. Paper titled, “Dynamic Network Tariff in Practices: Key Issues and Challenges” has been chosen for the best paper award in the 2021 IEEE International Conference on Computing, Power and Communication Technologies (GUCON 2021) held on September 24-26, 2021.

7. Elektrotehnika aluste uurimisrühm

- **uurimisrühma nimetus inglise keeles: Research Group of Fundamentals of Electrical Engineering**
- **uurimisrühma juhi nimi, ametikoht:** Lauri Kütt, vanemlektor, 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
 - Arvi Lugenberg, insener
 - Noman Shabbir, doktorant,
 - Kamran Daniel, doktorant,
- **võtmesõnad:** elektromagnetiline ühilduvus, elektrienergia kvaliteet, electromagnetismi valdkonna uuringud, elektrotehnika, elektriahelate analüüs.
- **Keywords:** electromagnetic compatibility, electric power quality, electromagnetic research, electrical engineering, circuit analysis.
- **CERCS (EST):** T140 – Energeetika; T190 – Elektrotehnika; T191 – Kõrgsagedustehnoloogia, mikrolained
- **CERCS (ENG):** T140 – Energy research; T190 - Electrical engineering; T191 – High frequency technology, microwaves
- **Uurimisrühma teadustöö ülevaade**

Frascat Manual klass - 2.2, TalTech TA prioriteetsed suunad: targad ja energiatõhusad keskkonnad, keskkonnaressursside vääristamine

Uurimisrühma tegevuse põhisuunaks on elektritoite kvaliteet (võrgupinge kvaliteet, sh pingetaseme ning pingekuju parameetrid, nende mõjutajad ja optimeerimine; vahelduvvoolumõõtmised ja mõõteandmete töötlemine; toitekvaliteedi 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 ühendamise 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.

- **Teadus-arendusprojektid 2021 aastal:**

- **PSG142 "Pooljuhtmuundurite väljundvoolukuju süntees taastuenergiaallikate võrguga liitmisvõimaluse suurendamiseks"** (1.01.2018–31.12.2021), vastutav täitja Lauri Kütt
Projekti põhieesmärgiks on uurida tingimusi, mis võimaldaksid avardada pooljuhtmuundurite abil taastuenergiatootjate liitmist elektrivõrkudega. Uurimistöö keskendub pooljuhtmuundurite võrku liitmise asjaoludele, millised on seotud vahelduvpingevõrkude pingekuju moonutuste vähendamisega. Projekti raames uuritakse täpsustatud tingimusi, kuidas elektri jaotusvõrgu, tarbijate ja taastuenergia-pooljuhtmuundurite koosmõjul võrgupinge moonutused kujunevad, samuti millistes piirides on pooljuhtmuundurite väljundvoolu lainekuju võimalik seadistada selliselt, et sellest tingitud võrgupinge lainekuju moonutused oleksid vähimad.
- **LEEE21063 "Elektromagnetvälja mõju hindamine Harku-Paldiski ülekandeliini lähimbruses"** (30.09.2020–18.12.2020), vastutav täitja Lauri Kütt
Elektromagnetväljade (EMV) tasemete hinnang lähtudes ohutusest inimesele, võttes aluseks inimese võimalikku püsivat viibimist Harku-Paldiski perspektiivsete ülekandeliinde läheduses. Selleks kirjeldatakse EMV oodatavaid potentsiaalseid tasemeid Harku-Paldiski perspektiivsete ülekandeliinde vahetus ümbruses.
- **AR20013 "Targa linna tippkeskus"** (1.01.2020–31.08.2023); Vastutav täitja: Ralf-Martin Soe; Tallinna Tehnikaülikool, Targa linna tippkeskus, Tallinna Tehnikaülikool.
Antud projekti raames on uurimisgrupp seotud elektrivarustuskindluse ja elektrikvaliteedi tagamise meetodite uurimise teemadega, millised on uurimisel alamteema „Energiavajaduse vähendamine mikrovõrkude ning energiasalvestite abil“ raames.

2021. aastal viidi läbi Elektriliste Tehnoloogiate Mõõtekeskuse (EMK), milline on moodustatud Elektroenergeetika ja mehhatroonika instituudi, Elektrotehnika aluste uurimisgrupi juurde, edukas akrediteerimine. Akrediteerimisel olnud laboriteenuste ulatuses on olme- ja töökeskkondade elektromagnetväljade mõõtmine sagedusvahemikus 10 Hz ... 3 GHz. Akrediteerimise eduka läbimise tulemusena omistas Eesti Akrediteerimiskeskus EMK-le akrediteerimistunnistuse L302.

Research group scientific activities overview

Frascat Manual class - 2.2, TalTech R&D Priority Areas: Smart and energy-efficient environments, Valorisation of natural resources

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.

- **R&D projects within 2021:**

- **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), principal investigator Lauri Kütt
Main goal of the project is to investigate conditions to allow higher hosting capacity of the power electronic converters' interfaced renewable sources for the distribution networks. Research focuses on the aspects on the reduction of network voltage waveform distortion upon presence of power electronic converters. Conditions of co-influence of distribution network, consumer loads and renewable energy converters on the waveform distortions are investigated along with setting of the renewable sources' output current waveforms in order to reach minimum waveform distortions in the distribution grid.
- **LEEEE20095 "Study on Electromagnetic field influence on Rail Baltic track within Harju, Rapla and Pärnu counties"** (30.09.2020–18.12.2020), principal investigator Lauri Kütt
Assessment of the levels of electromagnetic fields (EMC) for safety of residents, assuming possible permanent presence of residents in the vicinity of prospective Harku-Paldiski transmission lines. For this purpose, the expected levels of EMV in the immediate vicinity of perspective transmission lines analysed.
- **AR20013 " Smart City Center of Excellence"** (1.01.2020–31.08.2023); principal investigator: Ralf-Martin Soe; Tallinn University of Technology

Within this project, research group is involved in studies related to electric power quality and supply reliability topics, researched under subtopic „Reducing Energy Supply Requirement Using Microgrids and Energy Storage“.

In 2021, a sub-unit of Measurement Centre of Electrical Technologies established under department of Electrical Power Engineering and Mechatronics, research group of Fundamentals of Electrical Engineering, was successfully accredited. Accreditation scope holds measurement services of electromagnetic fields in industrial and residential environments in frequency range from 10 Hz until 3 GHz. As a result of successful accreditation, the laboratory received accreditation certificate no. L302. from Estonian Accreditation Centre.

- **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 5 olulisemat aruandeaastal ilmunud artiklit (ETISE klassifikaator 1.1)**

- Iqbal, M.N.; Kütt, L.; Lehtonen, M.; Millar, R.J.; Püvi, V.; Rassõlkin, A.; Demidova, G.L. (2021). Travel activity based stochastic modelling of load and charging state of electric vehicles. *Sustainability*, 13 (3), 1–14. DOI: 10.3390/su13031550.
- Iqbal, M.N.; Kütt, L.; Daniel, K.; Asad, B.; Shams Ghahfarokhi, P. (2021). Estimation of harmonic emission of electric vehicles and their impact on low voltage residential network. *Sustainability*, 13 (15), 8551. DOI: 10.3390/su13158551.
- Iqbal, M.N.; Kütt, L.; Daniel, K.; Jarkovoi, M.; Asad, B.; Shabbir, N. (2021). Bivariate stochastic model of current harmonic analysis in the low voltage distribution grid. *Proceedings of the Estonian Academy of Sciences*, 70 (2), 190–206. DOI: 10.3176/proc.2021.2.08.
- Shabbir, N.; Kütt, L.; Asad, B.; Jawad, M.; Iqbal, M.N.; Daniel, K. (2021). Spectrum analysis for condition monitoring and fault diagnosis of ventilation motor: A case study. *Energies*, 14 (7), 1–16. DOI: 10.3390/en14072001.
- Javed, U.; Ijaz, K.; Jawad, M.; Ansar, E. A.; Shabbir, N.; Kütt, L.; Husev, O. (2021). Exploratory Data Analysis Based Short-Term Electrical Load Forecasting: A Comprehensive Analysis. *Energies*, 14 (17), ARTN 5510. DOI: 10.3390/en14175510.

- **Loetelu uurimisgrupi liikmetest, kes on välisriikide akadeemiate ja/või muude oluliste T&A-ga seotud välisorganisatsioonide liikmed:**

- Lauri Kütt – IEEE (Elektri- ja Elektroonikainseneride Instituut), vanemliige
- Martin Jaanus – IEEE (Elektri- ja Elektroonikainseneride Instituut), vanemliige