

Elektroenergeetika ja mehhatroonika instituut

Instituudi 2024. aasta teadus- ja arendustegevuse ülevaade

Instituudi 2024. aasta kuni 3 kõige olulisemat edulugu

1. Uksed avas Residential DC Innovation Hub

Elektroenergeetika ja mehhatroonika instituudi jõuelektroonika uurimisrühm töötas välja ja avas ainulaadse uurimis- ja näidiskeskuse Residential DC Innovation Hub. Tegu on esimese alalisvoolu kogemuskeskusega Põhja-Euroopas: siin rakendatakse ja testitakse alalisvoolutehnoloogiaid, et rakendada neid elamutes. Alalisvoolutehnoloogia muudab elamute energiavarustuse põhimõtteid, optimeerib energiavoogusid ja suurendab tulevaste hoonete energiatõhusust.

Residential DC Innovation Hub tõstab teadlikkust alalisvoolutehnoloogiast ja hõlbustab üleminekut alalisvoolule ehitussektoris.

2. Stanford/Elsevier maailma tipp 2% teadlased: elektroenergeetika ja mehhatroonika instituudist 7 maailma tippu

Seitse elektroenergeetika ja mehhatroonika instituudi inimest on Stanford/Elsevier's 2% teadlaste edetabelis, millega tunnustatakse enim tsiteeritud teadlasi nende vastavates valdkondades. Esile tuuakse uurijaid, kelle töö on avaldanud märkimisväärset mõju, tuginedes Scopuse andmebaasile.

Stanford/Elsevier maailma tipp 2% teadlaste nimistusse kuuluvad: Dmitri Vinnikov, Anton Rassõlkin, Andrii Chub, Oleksandr Husev, Toomas Vaimann, Ants Kallaste ja Andrei Blinov.

3. Riigi teaduspreemia laureaadid

Riigi teaduspreemia pälvisid 2024. aastal Elektroenergeetika ja mehhatroonika instituudi jõuelektroonika uurimisrühma teadlased Dmitri Vinnikov (juhina), Andrei Blinov, Andrii Chub ja Oleksandr Husev. Aastapreemia tehnikateaduste alal anti tööde tsükli „Topoloogia muutva juhtimisega innovaatilised jõuelektroonika-süsteemid“ eest. Laureaatide loodud pingemuundurid suudavad tarkade juhtimisalgoritmide toel toimida eri režiimides, alates klassikalisest nelja diodiga täissillast kuni pingekordistini, ning taluda üksikute komponentide rikkeid. Tarkvarapõhise jõuelektroonika uuringud on realiseeritud universaalsete muunduritena, mis töötavad nii vahelduv- kui ka alalisvooluvõrkudes, tuues lähemale ülemineku väiksemate edastamiskadudega alalisvoolule.

TA valdkonna väljakutsed 2025. aastaks

Seoses hea tööga 2023 ja 2024 aasta tudengite värbamisel on meil suurenenud tudengite arv ja juurde on vaja täiendavat õpet toetavat personali ja õppejõudusid. Teaduritelt oodatakse lisaks teadus- ja arendustööle veel tudengite juhendamist ja panustamist õppetöö taseme parandamisse.

Laborite taristu on vananenud - koos õppelaboritega peame vaatama üle oma teaduslaborid– milliseid laboreid eelisarendada ja milliste arendamisest sootuks loobuda.

TA valdkonna 2024. aasta väljakutsed ja nende tulemused

Väljakutse

Seoses hea tööga 2023. aasta tudengite värbamisel on meil suurenenud tudengite arv ja juurde on vaja täiendavat õpet toetavat personali ja õppejõudusid. Teaduritelt oodatakse lisaks teadus- ja arendustööle veel tudengite juhendamist ja panustamist õppetöö taseme parandamisse.

Koos õppelaboritega peame vaatama üle oma teaduslaborid– milliseid laboreid eelisarendada ja milliste arendamisest sootuks loobuda.

Täitmine/tulemused

Olulisemad soetatud seadmed

Kaamera INSIGHT-IS2802M-24520-LAB-2023

Konverter IT6006C-500-40

Arvuti Dell Alienware*16

Mõõteseade LISN 3-Phase - 100 A

Power analyser CA-8345

Osalahenduste mõõteseade MV60

Arvuti MIC-770V3W-00A1 R680E, Modular IPC

SCARA tüüpi tööstusrobot

Karteesian tüüpi tööstusroboti õppekomplekt

Andmehõivesüsteem DeweSoft SIRIUSi-4xHV-4xLV Pro

Koondhinnang instituudis kasutusel oleva taristu seisundi kohta

amortiseerunud

Selgitus instituudis kasutusel oleva taristu seisundi kohta

Taristu on soetatud põhiosas 20 aastat tagasi ning vahepealsel ajal suuremaid uuendusi ei ole tehtud

1 Elektrotehnika aluste uurimisrühm, sh Elektriliste Tehnoloogiate Mõõtekeskus

Uurimisrühma juht

Lauri Kütt, kaasprofessor teneuris, lauri.kutt@taltech.ee

Uurimisrühma liikmed

Lauri Kütt, Doktor, kaasprofessor teneuris
Kamran Daniel, Doktor, insener
Martin Jaanus, Doktor, vanemlektor
Marek Jarkovoi, Doktor, insener
Aleksander Kilk, Doktor, vanemlektor
Heigo Mölder, Doktor, teadur
Martin Parker, Magister, doktorant-nooremteadur
Tarmo Rosman, Kõrgharidus, insener
Toomas Vinnal, Doktor, insener
Madis Bauman, Kesk, koordinaator

Võtmesõnad

Eesti keeles

elektromagnetiline ühilduvus; elektrienergia kvaliteet; elektromagnetismi valdkonna uuringud; elektrotehnika; elektriahelate analüüs

Inglise keeles

electromagnetic compatibility; electric power quality; electromagnetic research; electrical engineering; circuit analysis

Uurimisrühma kompetentside tutvustus

Rühma ülevaade eesti keeles

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

Rühma ülevaade inglise keeles

The main research activities are related to electric power supply 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) (mutual electromagnetic influence of devices and systems, 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, laying down requirements that can be achieved 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, an 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. The 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 in 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 of their products.

Viimaste aastate olulisemad projektid:

LEEA22118 Päikeseparkide mõju uuring 2022 - 2023

<https://www.etis.ee/Portal/Projects/Display/2c1eb3c7-3669-4194-9d34-ac6a8f81c1b1>

PRG2055 Tõhusad, töökindlad ja turvalised osavõimsusega elektroonilised süsteemid 2024 - 2028

<https://www.etis.ee/Portal/Projects/Display/db8275c1-c87e-4d18-a3de-b77b8d3ffd0e>

Viimaste aastate olulisemad artiklid:

Shabbir, Noman; Kütt, Lauri; Astapov, Victor; Daniel, Kamran; Jawad, Muhammad; Husev, Oleksandr; Rosin, Argo; Martins, Joao (2024). Enhancing PV Hosting Capacity and Mitigating Congestion in Distribution Networks with Deep Learning Based PV Forecasting and Battery Management. Applied

Energy, 372, #123770. DOI: 10.1016/j.apenergy.2024.123770.

<https://www.etis.ee/Portal/Publications/Display/8808120b-0b87-478a-8f33-32d61299c5b6>

Daniel, Kamran; Kütt, Lauri; Iqbal, Muhammed Naveed; Shabbir, Noman; Jarkovoi, Marek (2024). Estimation of peak voltage value and its occurrence timing upon non-sinusoidal supply voltage. CPE-PowerENG 2024: 18th International Conference on Compatibility, Power Electronics and Power Engineering, Gdynia, Poland, June 24 - 26, 2024. IEEE. DOI: 10.1109/CPE-POWERENG60842.2024.10604412. <https://www.etis.ee/Portal/Publications/Display/d388aa59-f9ce-41ca-abcb-6bbca06b111c>

Kütt, Lauri; Tiivel, Tuuli; Parker, Martin; Valgur, Laur; Jarkovoi, Marek; Chub, Andrii (2024). A DFT-Based Approach for Condition Monitoring of Switch-Mode Power Converters. 2024 IEEE 65th International Scientific Conference on Power and Electrical Engineering of Riga Technical University (RTUCON): 2024 IEEE 65th International Scientific Conference on Power and Electrical Engineering of Riga Technical University (RTUCON), Riga, Latvia, 10-12 October 2024. IEEE, 1–5. DOI: 10.1109/RTUCON62997.2024.10830915. <https://www.etis.ee/Portal/Publications/Display/6100b83f-c2bb-4c11-aed0-bb64c778abcd>

Uurimisrühma lõppenud aasta rahvusvahelisel tasemel väljapaistvad teadustulemused

Eesti keeles

2024. aastal toimus intensiivne uurimistöö energiatõhusate seadmete pooljuhtmuundurite võrgumõjutuste uurimisel. Täpsustati pooljuhtmuundurite poolt tarbitava koormusvoolu lainekuju sõltuvust elektrivõrgu talitusparameetritest, mille kujunemise osas töötati välja täpsem uudne mudel. Töö tulemusi kajastav doktootritöö kaitsti Kamran Danieli poolt augustis 2024.

Elektromagnetilise ühilduvuse alal jätkus töö taastuenergia-allikate ja pooljuhtmuundurite jaotusvõrgus talitlemisega seotud juhtivuslike häiringute mõõtmisvõimekuse arendamisega. Edasi arendati ehitatud elektripaigaldiste mõõtmiseks vajalikke vahendeid ja valmistati ette kohalpealseteks välitöödeks sobilik katseplatvorm.

Inglise keeles

During 2024 active academic research was done in the topics of distorted load currents in the distribution grids emerging due to wide adoption and connection of power electronic converters in the energy efficient electric loads. A novel more accurate model was developed from the investigations of the current waveform to account for various operating conditions of the power grid. Results of the work were published in a PhD thesis by Kamran Daniel, defended in August, 2024.

In the field of electromagnetic compatibility the ongoing activities were targeted on building a conducted emission field testing capabilities. Equipment tailored for the measurements in the electric installations was prepared and an in-situ measurement platform was assembled.

Rühma TA seotus ühiskonnas aktuaalsete probleemidega ning neile lahenduste pakkumisega

Eesti keeles

Elektritoite kvaliteedi valdkonnas on suureks väljakutseks EL-i energeetikadirektiividele vastavuse saavutamine, milleks tuleb tagada suure hulga pooljuhtmuundurite ühendamine jaotusvõrku, et liita võrguga päikesepaneelid, väiketuulikud jm. taastuenergiatootjad. Elektromagnetilise ühilduvuse (EMÜ) valdkonnas on uurimistöö seotud muuhulgas asjaoludega, kuidas ühildada erinevad tehnoloogilised lahendused toitesüsteemidesse (näiteks toiteliini kommunikatsioon ja võrkudesse ühendatud taastuenergiaseadmed), kuidas tagada elektri- ja elektroonikaseadmete tööstuse toodangu vastavus EL-i EMÜ ja madalpingedirektiivis esitatud kriteeriumidele.

Inglise keeles

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 the topics of electromagnetic compatibility (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 renewable energy devices in the network), how to guarantee the compliance of specific electric and electronic products to the EU EMC and low voltage directives.

Info uurimisrühma rakendusliku väljundiga TA kohta

Senised rakendused ettevõtluses, majanduses, ühiskonnas

Uurimisrühma TA rakenduskompetentsid ettevõtluskoostöös

Elektromagnetilise ühilduvuse katsete läbiviimine

Elektromagnetilise ühilduvuse ekspertiis ja nõustamine

Elektri- ja magnetväljatugevuse mõõtmine

Tööstuslike elektromagnetväljade hindamine ja mõõtmine

Elektromagnetilise ühilduvuse mõõtmised paigaldistes ja välisasukohtades

Elektrikvaliteedi parameetrite mõõtmine

Elektrikvaliteedi alane nõustamine ja ekspertiis

Ettevõtluskoostöö eesmärk

Uurimisgrupp pakub ekspertteenuseid ja mõõtmisteenuseid elektritoite kvaliteedi ja elektromagnetilise ühilduvuse, samuti elektromagnetväljade mõõtmise alal. Laboratoorsete mõõtevahendite toel sooritatakse toitekvaliteedi mõõtmise teenust, samuti elektromagnetilise ühilduvuse valdkonna nõutete eelkatseid.

Uurimisgrupi juures tegutsev mõõtelabor (Elektriliste Tehnoloogiate Mõõtekeskus, EAK tunnistus L302) pakub akrediteeritud elektromagnetväljade mõõtmise teenust sagedusvahemikus 10 Hz ... 3 GHz. Mõõtmisi teostatakse nt töökohtades elektromagnetväljade intensiivsuse määramiseks tööstus- ja kohtades, samuti olmekeskkonnas esinevate elektromagnetväljade hindamiseks.

Täiendav info:

Uurimisrühma seotus TalTech TA prioriteetse suunaga (kuni kaks olulisemat suunda):

- 1. Targad ja energiatõhusad keskkonnad
- 3. Keskkonnaressursside vääristamine

Uurimisrühma tegevusega seotud teadusvaldkond – kuni 2 alamvaldkonda Frascati Manuali klassifikaatori alusel ja kuni 3 teaduseriala CERCS klasifikaatori alusel.

Frascati Manuali teadusvaldkonnad:

2.2 Elektrotehnika, elektroonika, infotehnika

CERCSi teaduserialad:

T140 Energeetika

T190 Elektrotehnika

T191 Kõrgsagedustehnoloogia, mikrolained

Hinnang rühma kasutuses olevale TA taristule (sh kollektsioonid ja andmekogud), piisavus ja seisund

Hinnang seisundile:

vajab uuendamist

Seisundi selgitus:

Uurimisrühma käsutuses olev mõõtevahendite ja laboratoorsete katsevahendite baas 2024 sai olulisi täiendusi. Hangitud seadmete nimekirjas on mh elektromagnetilise ühilduvuse standardijärgsete katsete läbiviimiseks vajalikud mõõte-tehisevõrgud ja nende abiseadmed kuni 100 A koormusvooluga ahealte mõõtmiseks. Täiendati juba olemasolevaid mõõtesüsteeme, sh tõhustati erinevate mõõtevahendite automatiseerimist. TA taristu arenduste toel on plaanis jätkata akrediteeritud mõõteteenuste väljaarendamisega.

Uurimisrühma liikmete osalus oluliste TA&I-ga seotud välisorganisatsioonide töös lõppenud aastal

- * Lauri Kütt, vanemlektor
- * IEEE (Elektri- ja elektroonikainseneride instituut), vanemliige
- * Erialaühendus IEEE Power and Energy society
- * Erialaühendus IEEE Electromagnetic Compatibility Society
- * Erialaühendus IEEE Power Electronics Society
- * Erialaühendus IEEE Industrial Electronics Society

- * Martin Jaanus, vanemlektor
- * IEEE (Elektri- ja elektroonikainseneride instituut), vanemliige

Kolm kõige olulisemat välis- ja kolm kõige olulisemat Eesti koostööpartnerit
Välispartnerid:

-
-
-

Eesti partnerid:

- OÜ Skeleton Technologies, Elering AS, Starship OÜ
- Keskkonnaagentuur
-

Rühma liikmete TA populariseerimisega seotud tegevused

Uurimisrühma liikmed panustasid oluliselt erinevate valdkonda tutvustavate töötubade läbiviimisesse ja välja töötamisse. Töötubade sisuks on olnud elektriliste väikeseadmete koostamine (päikeseelektrijaam, LED lambid, taskulambid jt). Töötubasid viidi läbi mh Noore Inseneri Programmi, TalTech avatud uste päeva raames, samuti suurematel valdkonna üritustel (Positron 2024, Robotex 2024).

Rühma liikmete rahvusvahelisel ja riiklikul tasemel olulised tunnustused lõppenud aastal
Riiklikud:

Rahvusvahelised:

Rühma liikmete osalemine TA tegevusega seonduvalt ettevõtete nõustamistes

Uurimisrühma liige Lauri Kütt:

- EVS tehnilise komitee EVS/TK 44 „Elektromagnetiline ühilduvus“ liige

Uurimisrühma liige Toomas Vinnal

- EVS tehnilise komitee EVS/TK 17 „Madalpinge liige

Uurimisrühma veebilehe aadress

Eesti keeles

<https://taltech.ee/elektrotehnika-alused>

Inglise keeles

2 Elektrimasinate uurimisrühm

Uurimisrühma juht

Ants Kallaste, kaasprofessor tenuuris, ants.kallaste@taltech.ee

Uurimisrühma liikmed

Ants Kallaste, Doktor, kaasprofessor tenuuris
Bilal Asad, Doktor, teadur
Siarhei Autsou, Magister, doktorant-nooremteadur
Karolina Kudelina, Magister, doktorant-nooremteadur
Muhammad Usman Naseer, Magister, doktorant-nooremteadur
Hadi Ashraf Raja, Doktor, teadur
Martin Sarap, Magister, doktorant-nooremteadur
Shahid Hussain, Magister, doktorant-nooremteadur
Hans Tiismus, Doktor, teadur
Toomas Vaimann, Doktor, juhtivteadur
Muhammad Usman Sardar, Magister, doktorant-nooremteadur
Zahoor Ahmad, Magister, doktorant-nooremteadur
Suleman Saeed, Magister, doktorant-nooremteadur
Maia-Liisa Veldi, , laborant
Khizra Arif, Magister, doktorant-nooremteadur

Võtmesõnad

Eesti keeles

elektrimasinad; generaatorid; elektriajamid; diagnostika; seisundiseire; tehisintellekt

Inglise keeles

electrical machines; generators; electrical drives; fault diagnostics; condition monitoring; artificial intelligence

Uurimisrühma kompetentside tutvustus

Rühma ülevaade eesti keeles

Elektrimasinate uurimisrühma tegevusse kuulub elektrimasinate, sealhulgas tuulegeneraatorite, analüüs, projekteerimine, katsetamine, arendamine jms. Samuti tegeleb töörühm elektrimasinate diagnostikaga, püsिमagnetmaterjalide rakendamisega elektrimasinates ning elektrimasinate ja ajamisüsteemide optimeerimismetodoloogia uurimise ja parendamisega. 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. Uurimisrühma tegevuse ühiskondlik mõju on eelkõige seotud keskkonnaprobleemide lahendamisega. Uurimisrühm tegeleb suurel määral elektrimasinate diagnostika ja kasutuse uuringutega, mis toetab ressursitõhusust ning elektrimasinate elukaare põhise projekteerimise valdkonda.

Rühma ülevaade inglise keeles

The Electrical Machines Research Group is mainly involved in analysis, design, testing, development etc. of electrical machines, including wind generators. Additionally, 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, expert assessment, etc., are provided for industrial partners. Main research outcomes Material characterization and development of printing methodology for additively manufactured Electrical Machines. The world's first 3D printed induction machine prototype was presented. A 3D printed synchronous reluctance machine prototype was produced in collaboration with McGill University.

Viimaste aastate olulisemad projektid:

PRG1827 Kihltisandustehnoloogial põhinevad elektrimasinad 2023 - 2027

<https://www.etis.ee/Portal/Projects/Display/f422e3b2-f8ac-40ad-938d-2ea1475284b9>

VERT23001 Elektriseadmete seire ja rikkediagnostika alane rakendussuutlikkuse suurendamine

2023 - 2025 <https://www.etis.ee/Portal/Projects/Display/e2852e3d-d2ab-416c-9325-86565115fd96>

Viimaste aastate olulisemad artiklid:

Quercio, Michele; Poskovic, Emir; Franchini, Fausto; Fracchia, Elisa; Ferraris, Luca; Canova, Aldo; Tenconi, Alberto; Tiismus, Hans; Kallaste, Ants (2024). Application of active thermography for the study of losses in components produced by laser powder Bed fusion. Journal of Magnetism and Magnetic Materials, 592, #171796. DOI: 10.1016/j.jmmm.2024.171796.

<https://www.etis.ee/Portal/Publications/Display/a95df873-93d1-4ad6-b01a-0385fe373559>

Stella, M.; Faba, A.; Fulginei, F. Riganti; Quercio, M.; Scorretti, R.; Bertolini, V.; Sabino, L.; Tiismus, H.; Kallaste, A.; Cardelli, E. (2024). Experimental measurements and numerical modelling of additively manufactured Fe-Si cores. Journal of Magnetism and Magnetic Materials, 591, #171752. DOI:

10.1016/j.jmmm.2024.171752. <https://www.etis.ee/Portal/Publications/Display/02b6ba23-daf3-42d9-9e5b-fda91bf4243e>

Gilbert Zequera, Rolando Antonio; Rjabtšikov, Viktor; Rassõlkin, Anton; Vaimann, Toomas; Kallaste, Ants (2024). Deep Learning methodology for charging management applications in battery cells based on Neural Networks. IEEE Transactions on Intelligent Vehicles, 1–15. DOI:

10.1109/TIV.2024.3417216. <https://www.etis.ee/Portal/Publications/Display/119c9e4d-4cfe-44bc-a16d-fd87de4911aa>

Ahmad, Zahoor; Kallaste, Ants; Vaimann, Toomas; Naseer, Muhammad Usman; Hussain, Shahid; Rassõlkin, Anton (2024). Review of Design Freedom Offered by Additive Manufacturing for Performance Enhancement of Electrical Machine. IEEE Open Journal of the Industrial Electronics

Society, 5, 1300–1323. DOI: 10.1109/OJIES.2024.3509547.

<https://www.etis.ee/Portal/Publications/Display/c5cc48c8-ae54-45a5-add7-7b87cd9a4a21>

Asafi, S.; Asad, B.; Leinakse, M.; Manninen, H.; Kilter, J.; Vaimann, T.; Kallaste, A.; Tealane, M.; Landsberg, M. (2024). Review of High Voltage Instrument Transformer Condition Monitoring. IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation, 31 (6), 3331–3341. DOI: 10.1109/TDEI.2024.3422260. <https://www.etis.ee/Portal/Publications/Display/ae348a77-cede-4635-8ee4-52613755a289>

Uurimisrühma lõppenud aasta rahvusvahelisel tasemel väljapaistvad teadustulemused

Eesti keeles

2024. aastal on elektrimasinate uurimisrühma liikmed osalenud erinevates kohalikes ja rahvusvahelistes teadus- ja arendusprojektides, milledest võib välja tuua järgnevad:

Kihtlisandustehnoloogial põhinevad elektrimasinad (PRG1827). Antud projektis lahendamist vajavad küsimused on nii masinatüüpide defineerimine, mis on sobivad 3D printimiseks kui ka nende optimeerimine vastavalt 3D printimise võimalustele. Kusjuures on oluline lähtuda ka elektrimasina rakendusest, kuna 3D printimine on just sobilik eriotstarbeliste masinate jaoks. Selleks, et masinaid valmistada on vajalik teada nii 3D prinditud materjalide omadusi kui ka materjali järeltöötamise vajadust.

Kõrge kvaliteetne püsिमagnetite taaskasutus uuteks energia- ja mobiilsusrakendusteks (MagNEO) (TEM-TA25). NdFeB, kõige tugevamad ja suurima „energiatihedusega“ püsिमagnetid, leiavad kasutust nii roheenergia tootmisel tuulegeneraatorites kui ka elektriautodes. NdFeB tehnoloogia on võrreldav liitiumakude tehnoloogiaga: mõlemad on võtmetähtsusega, nõuavad piiratud maavarade kaevandamist, taaskasutus on keerukas. NdFeB taaskasutus vähendaks ELi sõltuvust Hiinast, on võrreldes kaevandamisega säästlikum ning väiksema CO₂ jalajäljega. Projekt keskendub paagutatud ("sintered") NdFeB taaskasutuse arendamisele. Keskendume NdFeB magnetite vesinik dekrepiteerimise ja HDDR tehnoloogiatele, kuid uurime ka alternatiive. Tehnoloogilise protsessi sisend on ringlusest kogutud NdFeB ja väljund NdFeB vaheprodukt, mida on võimalik kasutada paagutatud, seotud („bonded“), ALD kaetud, või 3D prinditud NdFeB tööstuslikus, skaleeritavas tootmispotsessis. Narvas on ehitamisel ELi suurim NdFeB tehas. Projektis arendatavad meetodid aitavad parendada olemasolevaid ja leida uusi seal kasutatavaid ringmajanduslikke protsesse.

Elektriseadmete seire ja rikkediagnostika alane rakendussuutlikkuse suurendamine (VER23001). Projekti eesmärk on tõsta spetsialiseeritud tööjõu elektrisüsteemide ja -seadmete diagnostika ja seire alast kvalifikatsiooni projekti partnerriikides. Selleks luuakse valdkonna õppeks olulisi innovaatilisi õpetamis- ja õppemeetodeid, mille abil vähendatakse eriala ekspertteadmiste puudujääki ning tõstetakse projekti valdkonna olulisust tööjõuturul ja ühiskonnas. Projekt aitab Nepalil ja Bhutanil luua kohalik spetsialiseeritud ekspertteadmisi omav inimressurss elektriseadmete alases seires ja diagnostikas, vähendades sõltuvust väliskonsultantidest. Peamiseks eesmärgiks on edendada probleemõppel põhinevat õpetamist ja õpet Nepalil ja Bhutanis, kasutades Euroopa

partnerülikoolide pikaaegset kogemust valdkonnas, samal ajal võimaldades Euroopa partnerülikoolidel uuendada oma vastavaid õppematerjale ning edendada üliõpilasvahetust ja teaduskoostööd projekti partnerite vahel.

Riski- ja seisundipõhise varahalduse põhimõtete väljatöötamine (LEEE21116). Töö eesmärk on mõista elektrivõrgu operaatori varade kasutatavust ja arendada metodoloogia seadmete tegeliku tehnilise seisukorra määramiseks ja analüüsiks. Samuti on oluliseks väljundiks hooldusmetoodika arendamine ja võimalik rakendamine tellija reaalse alajaama näitel.

Sünkroonkompensaatorite paigaldamisega seotud tehniline konsultatsioon (LEEEV22087).

Projekti eesmärk on tehniliselt konsulteerida sünkroonkompensaatorite hankimist ja paigaldamist Lätis.

2024. aastal kaitses uurimisrühmas doktorikraadi:

Karolina Kudelina; (juh) Toomas Vaimann, Hadi Ashraf Raja, Artificial Intelligence Driven Approaches for Fault Prognostics of Electrical Machines Using Vibration Spectrum Analysis (Tehisintellektil põhinevad lähenemisviisid elektrimasinate rikete prognoosimiseks vibratsioonispektri analüüsi abil

Inglise keeles

PARTICIPATION IN LOCAL AND INTERNATIONAL RESEARCH AND DEVELOPMENT PROJECTS BY THE RESEARCH GROUP ON ELECTRICAL MACHINES IN 2024:

Additive Manufacturing-Based Electrical Machines (PRG1827)

This project addresses issues such as defining types of machines suitable for 3D printing and optimizing them according to the possibilities of 3D printing. A key consideration is the application of the electrical machine, as 3D printing is particularly suitable for specialized machines. Manufacturing these machines requires knowledge of the properties of 3D-printed materials and the need for post-processing.

High-Quality Recycling of Permanent Magnets for New Energy and Mobility Applications (MagNEO) (TEM-TA25)

NdFeB, the strongest permanent magnets with the highest "energy density," are used in renewable energy production (e.g., wind turbines) and electric vehicles. The technology of NdFeB is comparable to lithium battery technology: both are critical, rely on limited natural resources, and are difficult to recycle. Recycling NdFeB would reduce the EU's dependence on China, be more sustainable than mining, and have a smaller carbon footprint. The project focuses on developing recycling methods for sintered NdFeB magnets, using hydrogen

decrepitation and HDDR technologies while exploring alternatives. The process inputs are recycled NdFeB magnets, and the outputs include intermediate products suitable for various industrial applications, such as sintered, bonded, ALD-coated, or 3D-printed NdFeB magnets. A major NdFeB recycling plant is under construction in Narva, and the methods developed in this project aim to improve existing processes and identify new circular economy solutions.

Enhancing the Practical Application of Monitoring and Fault Diagnostics of Electrical Equipment (VER23001)

The project aims to improve the qualifications of specialized personnel in electrical systems and equipment diagnostics and monitoring in the participating countries. It seeks to develop innovative teaching and learning methods for this field, addressing the shortage of expert knowledge and raising the sector's significance in the labor market and society. The project is focused on creating local expertise in Nepal and Bhutan to reduce dependency on foreign consultants, using problem-based learning approaches. European partner universities will also update their educational materials and foster student exchanges and scientific collaboration.

Development of Risk- and Condition-Based Asset Management Principles (LEEEE21116)

This project aims to understand the usability of assets managed by an electrical grid operator and develop methodologies for determining and analyzing the actual technical condition of equipment. A significant outcome is the development and potential implementation of maintenance methodologies based on a real substation provided by the client.

Technical Consultation on the Installation of Synchronous Compensators (LEEEV22087)

The project involves providing technical consultation for the procurement and installation of synchronous compensators in Latvia.

DOCTORAL DEFENSES IN 2024

* Karolina Kudelina, Supervisor(s): Toomas Vaimann, Hadi Ashraf Raja, Artificial Intelligence-Driven Approaches for Fault Prognostics of Electrical Machines Using Vibration Spectrum Analysis

Rühma TA seotus ühiskonnas aktuaalsete probleemidega ning neile lahenduste pakkumisega

Eesti keeles

Elektrimasinate teadus- ja arendustegevusel on oluline ühiskondlik mõjukus, kuna see on seotud mitmete aktuaalsete ja eeldatavalt tulevikus tekkivate probleemide lahendamisega. Siin on mõned näited elektrimasinate teadus- ja arendustegevuse ühiskondlikust mõjukusest:

- * **Energiatõhusus ja säästlikkus:** Elektrimasinate parem efektiivsus ja energiatõhusus on olulised keskkonnasäästlikkuse seisukohast. Näiteks, kui elektrimasinad on optimeeritud ja valmistatud vastavalt uusimatele tehnoloogiatele, väheneb energiakulu, mis omakorda aitab vähendada süsiniku jalajälge.
- * **Tööstuslik internet ja tehisintellekt:** Elektrimasinate seire- ja diagnostikameetodid, mis kasutavad tööstusliku interneti ja tehisintellekti võimalusi, võivad aidata ennetada rikkeid, suurendades seeläbi masinate töökindlust ja pikendades nende eluiga. See omakorda vähendab hoolduskulusid ja parandab tootmise tõhusust.
- * **3D-printimise tehnoloogia kasutamine:** Elektrimasinate loomisel 3D-printimise tehnoloogiat kasutades saab masinate kujundust kohandada vastavalt spetsiifilistele vajadustele. See võib olla eriti kasulik eriotstarbeliste masinate jaoks, mis nõuavad unikaalset disaini ja funktsionaalsust.
- * **Elektrisüsteemide diagnostika ja seire:** Diagnostikasüsteemid elektrivõrgus olevate elektrimasinate jaoks võivad aidata tuvastada potentsiaalseid rikkeid enne nende tekkimist. See suurendab elektrisüsteemide usaldusväärsust ja vähendab ootamatute elektrikatkestuste riski, mis omakorda mõjutab positiivselt ühiskonna igapäevaelu ja ettevõtete tootmist.
- * **Kvalifikatsiooni tõstmine:** Osalemine haridus- ja arendusprojektides, mis suurendavad spetsialiseeritud tööjõu elektrisüsteemide ja -seadmete diagnostika alast kvalifikatsiooni, aitab tõsta osalevate riikide töötajate oskustaset. See omakorda soodustab kohalikku tööhõivet ja teadmiste levikut ühiskonnas.

Kokkuvõttes võib elektrimasinate teadus- ja arendustegevuse ühiskondlik mõjukus avalduda mitmel moel, olles suunatud keskkonnasäästlikkusele, efektiivsusele, turvalisusele ning tööturu kvalifikatsiooni ja oskuste arendamisele.

Inglise keeles

The societal impact of electrical machines research and development is significant, as it is connected to addressing current and anticipated future societal issues, offering solutions to them. Here are some examples of the societal impact of electrical machines research and development:

- * **Energy Efficiency and Sustainability:** Improved efficiency and energy sustainability of electrical machines are crucial for environmental sustainability. For instance, optimizing and manufacturing electrical machines using the latest technologies can reduce energy consumption, thereby decreasing the carbon footprint.
- * **Industrial Internet and Artificial Intelligence:** Monitoring and diagnostic methods for electrical machines utilizing the capabilities of industrial

internet and artificial intelligence can help prevent breakdowns, thereby enhancing machine reliability and extending their lifespan. This, in turn, reduces maintenance costs and improves production efficiency.

- * Utilization of 3D Printing Technology: Incorporating 3D printing technology in the creation of electrical machines allows for the customization of machine designs according to specific needs. This can be particularly beneficial for specialized machines that require unique designs and functionalities.

- * Diagnostics and Monitoring of Electrical Systems: Diagnostic systems for electrical machines within the power grid can help identify potential faults before they occur. This increases the reliability of electrical systems and reduces the risk of unexpected power outages, positively impacting daily life and business operations.

- * Elevating Qualifications: Participation in education and development projects that enhance the qualification in the diagnostics of electrical systems and equipment contributes to raising the skill level of the workforce in participating countries. This, in turn, promotes local employment and the dissemination of knowledge within society.

In summary, the societal impact of electrical machines research and development can manifest in various ways, focusing on environmental sustainability, efficiency, safety, and the development of qualifications and skills in the workforce.

Info uurimisrühma rakendusliku väljundiga TA kohta

Senised rakendused ettevõtluses, majanduses, ühiskonnas

- * LEEEV22087 Sünkroonkompensaatorite paigaldamisega seotud tehniline konsultatsioon, AS "Augstsprieguma tīkls" Lāti

- * LEEEE21116 Riski- ja seisundipõhise varahalduse põhimõtete väljatöötamine, Elering AS

- * Mootori vastavuskriteeriumite väljatöötamine, Enefit Power AS

- * Konsultatsioon 3D prinditud elektrimasinate alal, Dynatomics LLC

- * Päikeseelektrijaamade rikkepõhjuste analüüs, Evecon OÜ

- * Tuuliku väljatöötamine, Solintel OÜ

Uurimisrühma TA rakenduskompetentsid ettevõtluskoostöös

- * Elektrimasinad ja energiamuundamis tehnoloogiad

- * Projekteerimine, optimeerimine ja diagnostika ekspertiis elektrimasinate valdkonnas

* Energiamuundussüsteemide jälgimise ja diagnostika meetodite arendamine

* Kihtlisandusmeetoditel elektrimasinad

* Eriotstarbeliste elektrimasinate ja komponentide valmistamiseks sobivate 3D-printimismeetodite uurimine ja väljatöötamine.

* Elektrisüsteemide diagnostika ja seire

* Reaalselt rakendatavate diagnostikasüsteemide väljatöötamine elektrivõrgus olevate elektrimasinate rikete tuvastamiseks.

* Tööstuslik internet (IoT) ja tehisintellekt

* Tööstusliku interneti ja tehisintellekti kasutamise oskus elektrimasinate seire ja diagnostika täiustamiseks.

* Energiatõhususe ja keskkonnasäästlikkuse uurimine

* Elektrimasinate energiatõhususe ja keskkonnasäästlikkuse uurimine ning nende parendamisele suunatud lahenduste pakkumine.

* Õppearendus elektriseadmete valdkonnas

* Osalemine projektides, mis tõstavad spetsialiseeritud tööjõu kvalifikatsiooni elektrimasinate projekteerimise, kasutamise ja diagnostika alal.

Ettevõtluskoostöö eesmärk

Täiendav info:

Uurimisrühma seotus TalTech TA prioriteetse suunaga (kuni kaks olulisemat suunda):

- 3. Keskkonnaressursside vääristamine
- 1. Targad ja energiatõhusad keskkonnad

Uurimisrühma tegevusega seotud teadusvaldkond – kuni 2 alamvaldkonda Frascati Manuali klassifikaatori alusel ja kuni 3 teaduseriala CERCS klasifikaatori alusel.

Frascati Manuali teadusvaldkonnad:

2.2 Elektrotehnika, elektroonika, infotehnika

CERCSi teaduserialad:

T140 Energeetika

T190 Elektrotehnika

T455 Mootorid ja ajamid

Hinnang rühma kasutuses olevale TA taristule (sh kollektsioonid ja andmekogud), piisavus ja seisund

Hinnang seisundile:

Seisundi selgitus:

EMG rühma kasutuses on NRG-001 teaduslabor. Elektrimasinate laboris on võimalik läbi viia erinevaid elektrimasinate alaseid katsetusi kuni 50 kW masinatega. Laboris on olemas seadmed erinevate elektriliste, mehaaniliste, soojuslike ja magnetiliste parameetrite mõõtmiseks. On olemas muundurid nii asünkroon-, sünkroon kui ka reluktantsmasinate juhtimiseks. Lisaks on olemas laboris tuuletunnel (tuul <20m/s) läbimõõduga 80 cm erinevate jahutustingimuste ja diagnostikapark asünkroon- ja püsिमagnetmasinate rikete monitoorimiseks. Hetkel on arendamisel elektrimasinate kalorimeetriline katsekompleks.

Uurimisrühma liikmete osalus oluliste TA&I-ga seotud välisorganisatsioonide töös lõppenud aastal

* Ants Kallaste

* IEEE, vanemliige

* Toomas Vaimann

* IEEE, vanemliige

* Rahvusvahelise konverentsi International Scientific and Practical Conference Environment. Technology. Resources. teadusliku komitee liige

* Rahvusvahelise konverentsi International Scientific Conference on Electric Power Engineering (EPE) juhtkomitee liige

* MDPI Machines - ajakirja valdkondliku toimetuskolleegiumi liige

* Rahvusvahelise mehhatroonikakonverentsi – Mechatronika, rahvusvahelise teadusliku komitee liige

* Hans Tiismus

* IEEE, liige

* Bilal Asad

* IEEE, liige

* Hadi Ashraf Raja

* IEEE, liige

* Kakrolina Kudelina

* IEEE jõuelektronika seltsi liige

* IEEE Women in Engineering liige

* IEEE Women in Engineering Eesti sektsiooni esinaine

* Rahvusvahelise konverentsi IEEE International Power Electronics and Motion Control Conference tehnilise sessiooni esimees

* IEEE üliõpilaste ja noorte professionaalide komitee liige (20th IEEE Power

Electronics and Motion Control Conference)

* Muhammad Usman Naseer

* IEEE, Üliõpilasliige

* Martin Sarap

* IEEE, Üliõpilasliige

* Shahid Hussein,

* IEEE, Üliõpilasliige

Kolm kõige olulisemat välis- ja kolm kõige olulisemat Eesti koostööpartnerit
Välispartnerid:

- Aalto University, School of Electrical Engineering, Department of Electrical Engineering and Automation
- Ghent University, Belgium, Faculty of Engineering and Architecture, Department of Electromechanical, Systems and Metal Engineering
- McGill University, Department of Electrical and Computer Engineering, Computational Electromagnetics Lab

Eesti partnerid:

- If P&C Insurance AS
- Elering AS
- Evecon OÜ

Rühma liikmete TA populariseerimisega seotud tegevused

* Toomas Vaimann - 3D printimine avab elektrimasinate tootmisel ennenägematuid võimalusi, Elektriala 2/2023

* Toomas Vaimann - Digitaalkaksikud diagnostika rakenduseks, Elektriala 2/2023

* Toomas Vaimann - Quo vadis, Eesti energeetika?, Riigikogu toimetised, 07.06.2023

* Toomas Vaimann - Energeetikasektori omapäraks on pikaajalisus, Novaator, 05.07.2023

* Martin Sarap - Noore Inseneri Programmi töötoa läbiviija

* Martin Sarap - Insenerivõistluse Rakett 21 töötoa läbiviija

Rühma liikmete rahvusvahelisel ja riiklikul tasemel olulised tunnustused lõppenud aastal
Riiklikud:

Hans Tiismus instituudi parim noorteadlane

Rahvusvahelised:

Toomas Vaimann ja Ants Kallaste maailma 2% tippteadlaste hulgas
(Elsevier/Stanford list)

Rühma liikmete osalemine TA tegevusega seondult ettevõtete nõustamistes

Uurimisrühma veebilehe aadress

Eesti keeles

<https://taltech.ee/elektrimasinad>

Inglise keeles

3 Energiamajanduse ja kõrgepingetehnika uurimisrühm

Uurimisrühma juht

Ivo Palu, täisprofessor tenuuris, ivo.palu@taltech.ee

Uurimisrühma liikmed

Ivo Palu, Doktor, täisprofessor tenuuris
Hannes Agabus, Doktor, energiamajanduse ekspert
Victor Astapov, Doktor, teadur
Ivar Kiitam, Doktor, teadur
Reeli Kuhi-Thalfeldt, Doktor, vanemlektor
Sambeet Mishra, Doktor, teadur
Maninder Choudhary, Magister, doktorant-nooremteadur
Praveen Prakash Singh, Magister, doktorant-nooremteadur
Jelena Šuvalova, Doktor, vanemlektor
Paul Taklaja, Doktor, vanemlektor
Sten Buldas, Kesk, laborant
Ahto Pärl, Magister, doktorant-nooremteadur
Marek Tull, Magister, doktorant
Heiki Jakson, Magister, doktorant-nooremteadur

Võtmesõnad

Eesti keeles

kliimamuutust leevendav energiamajandus; tehnoloogia rakendatavuse ja investeeringute tasuvuse analüüsid; elektrisüsteemi ja elektrituru majanduslik- ja tehniline modelleerimine; kõrgepinge; isolaatorid; osalahendused

Inglise keeles

green energy economy; technology applicability and investment profitability analyses; economic and technical modelling of power system and electricity market; high voltage; insulators; partial discharges

Uurimisrühma kompetentside tutvustus

Rühma ülevaade eesti keeles

Uurimisrühm tegeleb energiasüsteemi, selle osade ja elektrituru kontekstis erinevate analüüside läbiviimisega. Omatakse pädevust elektrisüsteemi ja elektrituru talituse majanduslikes ning tehnilistes modelleerimistes, mida viiakse läbi erinevate tarkvaradega nagu Enegypro, DigSilent, WindPro jt. Uuringutes arvestatakse energiasüsteemide tehniliste elementidega nii investeeringute majanduslikes analüüsides kui ka süsteemide optimeerimisel. Stsenaariumipõhistes analüüsides hinnatakse elektrijaamade konkurentsivõimet elektriturul ning süsteemi tundlikkust sisendparameetrite muutuste korral. Lisaks energiamajanduslikele arengutele hinnatakse arengustsenaariume energiasektoris ning koostatud prognooside põhjal leitakse optimaalseim süsteemi energiavarustuse tase, mille tulemusena aidatakse kaasa energiapoliitika arendamisele ja riikliku pikaajalise energiasüsteemi väljatöötamisele. Lähimõeldud lahendused aitavad maandada süsteemi tuleviku perspektiivis tekkivaid riske ning parandada kvaliteeti. Uurimisrühm tegeleb ka kliima- ja

roheinvesteeringute võimendamise ning elektrituru disaini kaasajastamisega uute võimaluste ja esile kerkivate tehnoloogiatel põhinevate toodete ja teenustega Kõrgepingetehnika labor keskendub kõrgepinge isolatsioonimaterjalide ja kõrgepinge ning suure elektriväljatugevuse mõju uurimisele elektriseadmetele. Lisaks uuritakse elektrikvaliteedi mõju kõrgepingeseadmetele, nagu näiteks trafod, kaabelliinid ja muud elektriseadmed.

Rühma ülevaade inglise keeles

The research team specializes in analyzing the components and challenges of the energy market to gain insight and create models using software such as EnergyPro, DigSilent, Windpro. The models consider future technologies and trends to evaluate the economic aspects of new power plants and their competitiveness. Broader models are used to analyze the energy system's impact on policies and regulations, allowing the government and policymakers to create better long-term development plans and aid economic growth. The team has international expertise in technology applicability and investment profitability analysis. In-service programs are available for professional training and staff development. They also conduct research on digitalizing the energy sector and high voltage insulation and applications. The High Voltage research laboratory activities are focused 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 of high loading, nonlinear loads and power quality to high voltage equipment (transformers, cable power lines etc.).

Viimaste aastate olulisemad projektid:

VNF22011 Elektrisüsteemi juhtimine ja jälgimine elektrisõidukite nõudluse katkendliku stohhastilisuse korral 2022 - 2024 <https://www.etis.ee/Portal/Projects/Display/93ea1ce6-3292-4679-8812-7f0efff1d658>

Viimaste aastate olulisemad artiklid:

Zahraoui, Younes; Korotko, Tarmo; Rosin, Argo; Zidane, Tekai Eddine Khalil; Agabus, Hannes; Mekhilef, Saad (2024). A Competitive Framework for the Participation of Multi-Microgrids in the Community Energy Trading Market: A Case Study. IEEE Access, 12, 68232–68248. DOI: 10.1109/ACCESS.2024.3399168. <https://www.etis.ee/Portal/Publications/Display/83628cfd-992e-45f9-828b-f4e40eae2b05>

Uurimisrühma lõppenud aasta rahvusvahelisel tasemel väljapaistvad teadustulemused

Eesti keeles

Energiamajanduse ja kõrgepingetehnika uurimisrühma 2024. aasta põhitegevuseks oli konsultatsiooniteenuste pakkumine oma lähematele partneritele ja

riigiasutustele. Uurimisrühmaga liitus uus doktorant. Kõrgepingelabori poolt viidi läbi mahukad uuringud osalahenduste mõõtmiseks tuulepargis.

Energeetika valdkonda ootavad ees suures muutused ning prof. Ivo Palu juhtimisel uuriti, milliseid oskuseid tuleviku energeetika peab teadma ja mis ootused on tööstusel lõpetajatele. Lõpptulemusi tutvustatakse 2025. aasta kevadel.

Inglise keeles

The main activity of the research group in 2024 was providing consulting services to its closest partners and government institutions. A new PhD student joined the research group. Extensive studies were conducted by the high-voltage laboratory to measure partial discharge in a wind park.

The energy sector is facing significant changes. Under the leadership of Prof. Ivo Palu, consortia explored the skills future energy professionals need to acquire and the expectations of the industry for graduates.

The results will be presented in the spring of 2025.

Rühma TA seotus ühiskonnas aktuaalsete probleemidega ning neile lahenduste pakkumisega

Eesti keeles

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

Inglise keeles

Research group conducts various analyses within the context of the energy system, its components, and the electricity market. They possess expertise in economic and technical modeling of the electricity system and market operations. Their modeling takes into account technical elements of energy systems in economic investment analyses and system optimization. Scenario-based analyses also evaluate the competitiveness of power plants in the electricity market, assessing system sensitivity to input parameter changes. In analyses of energy-related developments, scenarios in the energy sector are assessed, and the most optimal level of energy supply system is determined based on prepared forecasts, thereby contributing to energy policy development and the formulation of national long-term energy strategy. Well-considered solutions help mitigate

future risks to the system and improve quality. The research group has enhanced its international competence in the fields of technology applicability and real investment profitability analyses. Additionally, they conduct further training in the energy economics field, aiding employees of various companies in self-improvement and gaining valuable experiences.

Info uurimisrühma rakendusliku väljundiga TA kohta

Senised rakendused ettevõtluses, majanduses, ühiskonnas

Uurimisrühm panustas tuleviku linna arendamises linna elektrivarustuse mudeli väljatöötamisse. Projekti "Kliimaneutraalse piirkonna energiavarustuse ja ehituslahenduste kavandamise digitaalse tööriista rakendusuring" esitati elektri tootmise mudel, mida saab kasutada linnaosa elektritootmise arvutamiseks.

Uurimisrühma TA rakenduskompetentsid ettevõtluskoostöös

Uurimisrühm omab järgmisi kompetentse:

- * kõrgepingetehnikaga seotud mõõtmised, analüüsid ja diagnostika. olemas vastavateks töödeks vajalik mõõtetehnika ja labor.
- * elektri tulevikustenaariumite analüüs ja mudeldamine. Olemas vajalikud tarkvarad ja litsentsid.

Ettevõtluskoostöö eesmärk

uurimisrühma koostöö ettevõtetega saab jagada kaheks:

- * kõrgepingealased konsultatsioonid ja elektrikaablite mõõtmine ja diagnostika
- * energiamajanduse alased konsultatsioonid ja analüüsid

Täiendav info:

Uurimisrühma seotus TalTech TA prioriteetse suunaga (kuni kaks olulisemat suunda):

- 2. Usaldusväärsed IT lahendused
- 4. Innovaatilised ettevõtted ja tulevikku vaatav riigivalitsemine

Uurimisrühma tegevusega seotud teadusvaldkond – kuni 2 alamvaldkonda Frascati Manuaali klassifikaatori alusel ja kuni 3 teaduseriala CERCS klasifikaatori alusel.

Frascati Manuaali teadusvaldkonnad:

2.2 Elektrotehnika, elektroonika, infotehnika

CERCSi teaduserialad:

T140 Energeetika

T190 Elektrotehnika

Hinnang rühma kasutuses olevale TA taristule (sh kollektsioonid ja andmekogud), piisavus ja seisund

Hinnang seisundile:

Seisundi selgitus:

Uurimisrühm kasutab oma teadustööks litsenseeritud tarkvara.

Uurimisrühma liikmete osalus oluliste TA&I-ga seotud välisorganisatsioonide töös lõppenud aastal

Kolm kõige olulisemat välis- ja kolm kõige olulisemat Eesti koostööpartnerit

Välispartnerid:

- Aalto Ülikool
- University of South-Eastern Norway, USN
- Technical University of Denmark, DTU

Eesti partnerid:

- HARNO
- Kliimaministeerium
- Eesti Energia; Elektrilevi

Rühma liikmete TA populariseerimisega seotud tegevused

Uurimisrühma liikmete esinemine koolides, meedias ja kutsutud konverentsidel.

Rühma liikmete rahvusvahelisel ja riiklikul tasemel olulised tunnustused lõppenud aastal
Riiklikud:

Rahvusvahelised:

Rühma liikmete osalemine TA tegevusega seondult ettevõtete nõustamistes
Ivo Palu on Eesti Elektroenergeetika Seltsi juhatuse esimees ja CIGRE Eesti rahvuskomitee esimees.

Uurimisrühma veebilehe aadress

Eesti keeles

<https://taltech.ee/et/energiamajandus>

Inglise keeles

4 Mikrovõrkude ja metroloogia uurimisrühm, sh valgustehnika labor

Uurimisrühma juht

Argo Rosin, täisprofessor tenuuris, argo.rosin@taltech.ee

Uurimisrühma liikmed

Argo Rosin, Doktor, täisprofessor tenuuris
Roya Ahmadiyahangar, Doktor, vanemteadur
Imre Drovtar, Doktor, elektrivarustuse ekspert
Tobias Häring, Doktor, masinõppe rakenduste ekspert
Tarmo Korõtko, Doktor, vanemteadur
Vahur Maask, Doktor, teadur
Taavi Möller, Magister, insener
Arvo Oorn, Teaduste kandidaat, laboratooriumi juhataja
Freddy Plaum, Magister, insener
Toivo Varjas, Doktor, valgustehnika ekspert
Younes Zahraoui, Doktor, järeldoktor-teadur
Arqum Shahid, Magister, doktorant-nooremteadur
Merilin Metsik, Kõrgharidus, insener
Martin Parker, Magister, doktorant-nooremteadur
Lukas Gebremariam Lapiso, Magister, doktorant-nooremteadur
Mitra Nabian Dehaghani, Magister, doktorant-nooremteadur
Furqan Amjad, Magister, doktorant-nooremteadur
Marti Laidre, Magister, insener
Jaakob Lambot, Kõrgharidus, insener
Trevor Uuna, Kõrgharidus, insener
Julius Välja, Muu, insener

Võtmesõnad

Eesti keeles

mikrovõrgud; elektrisüsteemi digitaliseerimine; energiakogukonnad; tehisintellekti rakendused elektrisüsteemis; energiapaindlikkus; tarbimise juhtimine; energiasalvestid; automaatika ja diagnostikasüsteemid; elektervalgustus

Inglise keeles

microgrids; power system digitalization; energy communities; artificial intelligence applications in power system; energy flexibility; demand side management; energy storages; automation and diagnostic systems; electrical lighting

Uurimisrühma kompetentside tutvustus

Rühma ülevaade eesti keeles

Teadustöö on fokusseeritud kahe teadusvaldkonna - elektrivarustuse ja metroloogia - arendamisele. Elektrivarustuse valdkonna teadustöö on fokusseeritud tarbijapoolse elektrisüsteemi paindlikkuse ennustamis- ja karakteriseerimismudelite uurimisele, energia kogukondade paindlikkuse suurendamisele, rakendades tehisintellekti energiavoogude juhtimiseks ja optimeerimiseks mikrovõrkudes, ning uudsete paindlikkusteenuste ja -toodete arendamisele. Samuti uuritakse tänavavalgustustaristu rakendamisevõimalusi

rohetehnoloogiate (elektersõidukid, taastuenergia jne) laialdasemaks integratsiooniks elektrisüsteemi. Metroloogia valdkonna teadustöö on fookuseeritud peamiselt elektervalgustuses ja tööstusseadmete diagnostikas oluliste mõõtemetodite arendusele. Elektervalgustuses uuritakse uute valgustustehnoloogiate mõju inimesele ja keskkonnale (sh liiklusohutusele), töötatakse välja uusi valgustehnilisi mõõtemetodeid, nt leedekraanide, valgusreostuse mõjude hindamiseks. Samuti uuritakse tööstusseadmete diagnostikaks sobivate mõõtemetodite ja algoritme, et ennetada majanduslikult kulukaid rikkeid ja tõrkeid.

Rühma ülevaade inglise keeles

The research activities are focused on the development of the following key research areas: electrical power supply systems (microgrids) and metrology. Research in the field of electricity supply is focused on the research of models for predicting and characterizing the flexibility of the electricity system on demand side; on increasing the flexibility of energy communities by applying the artificial intelligence for control and optimization of energy flows, and on the development of innovative flexibility services and products. The application of the street lighting infrastructure is also being studied for a wider integration of green technologies (EVs, renewables, etc.) into the electricity system. Research in the field of metrology is mainly focused on the development of measurement methods important in electric lighting and diagnostics of industrial equipment. In electric lighting, the impact of new lighting technologies on humans and the environment (including road safety) is studied, new lighting measurement methods are developed, e.g. for evaluating the effects of LED screens and lighting pollution. Measurement methods and algorithms suitable for diagnostics of industrial equipment are also studied in order to prevent economically costly failures and malfunctions.

Viimaste aastate olulisemad projektid:

ÕÜF3 Uudsete taastuenergia tootmis- ja paindlikustehnoloogiate uurimine ja arendamine 2023 - 2029 <https://www.etis.ee/Portal/Projects/Display/f01ed541-6c1e-4324-8001-d721a790eaac>

ÕÜF4 Uudsete väike- ning kogukonnaenergeetika lahenduste uurimine ja arendamine 2023 - 2029 <https://www.etis.ee/Portal/Projects/Display/ee723c4e-47d1-4a6f-95a1-a43666845e33>

AR20013EE; AR20013IT2; AR20013TCR Energiavajaduse vähendamine mikrovõrkude ja energiasalvestite abil 2021 - 2023 <https://www.etis.ee/Portal/Projects/Display/313b3603-64de-43b4-83bc-1ec45405eb36>

TEM-TA78 Hoonete energiasäästu- ja paindlikustehnoloogiate potentsiaali ning rakendamise mõju andmepõhine hindamine 2024 - 2028 <https://www.etis.ee/Portal/Projects/Display/12c98a80-9a09-44cb-8efa-3b44808f7556>

VHE23035 Taastuenergia põhinevad +energia kodud 2023 - 2026

<https://www.etis.ee/Portal/Projects/Display/7a1a2848-d3c0-4e71-8575-fd99c8693966>

Viimaste aastate olulisemad artiklid:

Maask, Vahur; Rosin, Argo; Korotko, Tarmo; Thalfeldt, Martin; Syri, Sanna; Ahmadiyahangar, Roya (2023). Aggregation ready flexibility management methods for mechanical ventilation systems in buildings. Energy and Buildings, 296, #113369. DOI: 10.1016/j.enbuild.2023.113369.

<https://www.etis.ee/Portal/Publications/Display/3fc087c8-44a0-4648-91f2-5f04b486657f>

Plaum, F.; Rosin, A.; Ahmadiyahangar, R. (2024). Novel Quantification Method of Aggregated Energy Flexibility Based on Power-Duration Curves. IEEE Access, 12, 132825–132837. DOI:

10.1109/ACCESS.2024.3461151. <https://www.etis.ee/Portal/Publications/Display/80fd4b70-8e08-47d5-90b7-c707860d76e7>

AhmadiAhangar, R.; Plaum, F.; Haring, T.; Drovtar, I.; Korotko, T.; Rosin, A. (2024). Impacts of grid-scale battery systems on power system operation, case of Baltic region. IET Smart Grid, 7 (2, 2), 101–119. DOI: 10.1049/stg2.12142. <https://www.etis.ee/Portal/Publications/Display/e7c10be8-9bc4-4150-a0e7-e0af733dc3e6>

Shahid, A.; Plaum, F.; Korotko, T.; Rosin, A. (2024). AI Technologies and Their Applications in Small-Scale Electric Power Systems. IEEE Access, 12, 109984–110001. DOI:

10.1109/ACCESS.2024.3440067. <https://www.etis.ee/Portal/Publications/Display/b0974abe-3e58-472a-a5a6-e126314b7702>

Plaum, F.; Ahmadiyahangar, R.; Rosin, A.; Kilter, J. (2022). Aggregated demand-side energy flexibility: A comprehensive review on characterization, forecasting and market prospects. Energy Reports, 8, 9344–9362. DOI: 10.1016/j.egy.2022.07.038.

<https://www.etis.ee/Portal/Publications/Display/a2556d49-e7c2-4822-856a-921bac9adf7f>

Uurimisrühma lõppenud aasta rahvusvahelisel tasemel väljapaistvad teadustulemused

Eesti keeles

Projektide (ÕÜF3, ÕÜF4, TEM-TA78 ja PSG739) raames uuriti suurte energiasalvestite mõju elektrisüsteemi talitluskindlusele Baltikumis; analüüsiti energiatootmis-, paindlikkus- ja AI tehnoloogiaid ning rakendusi väikeenergeetikas; töötati esmakordselt välja hoonete ventilatsioonisüsteemide juhtimismeetodid, mis arvestavad ühtaegu siseõhu kvaliteedi, ventilatsioonisüsteemi töörežiimide, ruumide erineva kasutuse ja hoone kasutajate seadistustega; töötati välja täiesti uudne meetod agregeeritud energiapaindlikkuse kvantifitseerimise võimsuse ja kestuskõverate alusel; arendati reaalaia simulatsiooni platvorm välja, mis kasutab tarbijate energiapaindlikkust võrgutoe pakkumiseks agregatorite kaudu.

Inglise keeles

As part of the projects (ÕÜF3, ÕÜF4, TEM-TA78, and PSG739), the impact of large energy storage systems on the reliability of the Baltic power system was studied; power generation, energy flexibility, AI technologies, and applications in small-scale energy systems were analyzed; for the first time, control methods

for building ventilation systems were developed that simultaneously consider indoor air quality, operating modes of the ventilation system, varying usage of spaces, and user settings; a completely novel method for quantifying aggregated energy flexibility based on power-duration curves was developed; and a real-time co-simulation platform was created to harness consumer energy flexibility for grid support through aggregators.

Rühma TA seotus ühiskonnas aktuaalsete probleemidega ning neile lahenduste pakkumisega

Eesti keeles

- * suurem elektrisüsteemi paindlikkus, talitus- ja töökindlus uudsete elektrisüsteemi paindlikkuslahenduste abil
- * suurem energia- ja kulutõhusus elektri-, automaatika- ja valgustuspaigaldistes;
- * valgustustehniliste mõõtemetodite parendamine ja tööstuslike diagnostika lahenduste väljatöötamine

Inglise keeles

- * higher flexibility, resilience and reliability of microgrids by using novel flexibility solutions
- * higher energy efficiency and feasibility of electrical, automation and lighting systems;
- * development of measurement methods and diagnostic solutions for industry

Info uurimisrühma rakendusliku väljundiga TA kohta

Senised rakendused ettevõtluses, majanduses, ühiskonnas

- * Paindlikkusteenuste platvormi prototüüp pilootpiirkonna näitel. Elering, Elektrilevi. LEP17014.
- * Hoonete paindlikkuse hindamise analüütilise võimekuse arendamine. Fusebox. LEEEE21055.
- * Energeetikaalased ja tehisintellekti rakendamisega seotud uuringud, mõõtmised, konsultatsioonid ja ekspertiisid ettevõtetele ja asutustele. Enefit Connect, Riigi Kinnisvara, Eesti Pank, Tarkvõrk OÜ, Pöyry Management Consulting. LEEEE21133, LEEEE22059, LEEAE21059, VE15023, LEEEE24095.

* Valgustehnilised uuringud, mõõtmised, konsultatsioonid ja ekspertiisid ettevõtetele. Tallinna Transpordiamet, Enefit Connect, Riigi Kinnisvara. LEEAE21114, LEEEE22115, LEEEE21065, LEEEE20099, LEP19093.

Uurimisrühma TA rakenduskompetentsid ettevõtluskoostöös

- * tarbijapoolse elektrisüsteemi paindlikkuse ennustamis- ja karakteriseerimismudelite uurimine
- * tehisintellekti rakendamine energia kogukondade paindlikkuse ja kulutõhususe suurendamiseks läbi energijavogude juhtimise ja optimeerimise mikrovõrkudes
- * uudsete elektrisüsteemi ja mikrovõrkudele talitluskindluse parandamiseks paindlikkusteenuste ja -toodete arendamine.
- * tänavavalgustustaristu rakendamisevõimaluste uurimine rohetehnoloogiate (elektersõidukid, taastuvenergia jne) laialdasemaks integratsiooniks
- * elektervalgustuses ja tööstusseadmete diagnostikas oluliste mõõtemetodite arendus, et parandada tehnoloogiate töökindlust, vähendada hoolduskulusid (sh rikkeid ja tõrkeid) ja tagada töökohtadele ettenähtud nõuded.
- * uute valgustustehnoloogiate mõju uurimine inimesele ja keskkonnale (sh liiklusohutusele)

Ettevõtluskoostöö eesmärk

Soov teha koostööd kõigi töötleva tööstuse ettevõtetega elektrisüsteemide ja tööstusautomaatika teemal. Lisaks on plaan suurendada rahvusvaheliselt akrediteeritud valgustehnika labori teenuste mahtu ja liituda mõne Horizon konsortsiumiga.

Täiendav info:

Uurimisrühma seotus TalTech TA prioriteetse suunaga (kuni kaks olulisemat suunda):

- 1. Targad ja energiatõhusad keskkonnad
- 2. Usaldusväärsed IT lahendused

Uurimisrühma tegevusega seotud teadusvaldkond – kuni 2 alamvaldkonda Frascati Manuali klassifikaatori alusel ja kuni 3 teaduseriala CERCS klasifikaatori alusel.

Frascati Manuali teadusvaldkonnad:

2.2 Elektrotehnika, elektroonika, infotehnika

CERCSi teaduserialad:

T140 Energeetika

T190 Elektrotehnika

Hinnang rühma kasutuses olevale TA taristule (sh kollektsioonid ja andmekogud), piisavus ja seisund

Hinnang seisundile:

piisav

Seisundi selgitus:

Mikrovõrkude labor sh haotusvõrgu SCADA stend, võrguemulaator 9 kVA, reaajasimulaatorid Speedgoat ja RTDS, PV-süsteem, hooratasenergiasalvesti, akuenergiasalvesti, alajaamenergiasalvesti, Pakri Tööstuspargi ja Tartu pilootide energiasalvestid, akrediteeritud valgustehnikalabor sh gonio-spektromeeter GLG 30-1800 valgustehnilisteks mõõtmisteks jne

Uurimisrühma liikmete osalus oluliste TA&I-ga seotud välisorganisatsioonide töös lõppenud aastal

* Argo Rosin, rahvusvahelise konverentsi teaduskomitee liige: "64th International Scientific Conference on Power and Electrical Engineering", Riga Technical University.

Kolm kõige olulisemat välis- ja kolm kõige olulisemat Eesti koostööpartnerit
Välispartnerid:

- Oulu Ülikool (Soome)
- Hochschule Kempten (Saksamaa)
- Amirkabir University of Technology

Eesti partnerid:

- Tarkvõrk OÜ
- Elektrilevi OÜ
- Tallinna Kommunaalamet

Rühma liikmete TA populariseerimisega seotud tegevused

1. VIDEO) Õiglase Ülemineku Foorum «Nutikast kahanemisest kestliku suurtööstuseni. Ida-Viru tuleviku visandid» (konverents)

[<https://majandus.postimees.ee/8134328/video-oiglase-ulemineku-foorum-nutikast-kahanemisest-kestliku-suurtoostuseni-ida-viru-tuleviku-visandid>].

Postimees. 14.11.2024.

2. Elektri hind kruvib juba ülespoole: mida saab kodus teha, et arveid madalal hoida?

[<https://www.tv3.ee/3-portaal/tele-ja-kino/tv3/elektrihind-kruvib-juba-ulespoole-mida-saab-kodus-teha-et-arveid-madalal-hoida/>](videointervju)

TV3. 03.10.2024.

3. Kui palju maksab keskmise eramu päikeselahendus? (intervjuu) TM Kodu ja Ehitus. 01.10.2024

4. Miljon eurot ja kuus tippkeskust! TalTech annab noortele uskumatu võimaluse

[<https://digi.geenius.ee/blogi/teadus-ja-tulevik/miljon-eurot-ja-kuus-tippkeskust-taltech-annab-noortele-uskumatu-voimaluse/>].

Digigeenius. 08.08.2024.

5. Rohepööre ja energeetika. Käsi pulsil

[<https://kuku.pleier.ee/podcast/kasi-pulsil/180974>] (intervjuu). Raadio

Kuku. 05.07.2024.

6. Roheenergia juhuslikkusest aitab kasu lõigata nutikas ventilatsioonisüsteem

[<https://novaator.err.ee/1609373645/roheenergia-juhuslikkusest-aitab-kasu-loigata-nutikas-ventilatsioonisusteem>].

Vahur Maask, Argo Rosin. Novaator. 17.06.2024

7. "AK. Nädal": kas päikesepaneelid majal on siiani tasuvad?

[<https://www.err.ee/1609352610/ak-nadal-kas-paikesepaneelid-majal-on-siiani-tasuvad>] (intervjuu). ERR. 26.05.2024.

8. Teadlane: elekter läheb odavamaks, võrgutasud kallimaks

[<https://novaator.err.ee/1609347900/teadlane-elekter-laheb-odavamaks-vorgutasud-kallimaks>]. Novaator. 21.05.2024.

9. Päikesepaneelidest, energiasalvestitest, elektrivõrgu tasakaalustamisest ja rohepöördest (intervjuu). Terevisioon. 21.05.2024

10. Argo Rosin: teadmiste roll töö(järg)se ühiskonna kujunemisel

[<https://www.err.ee/1609323678/argo-rosin-teadmiste-roll-toe-jarg-se-uhiskonna-kujunemisel>]. ERR. 25.04.2024.

11. Hoia raha kokku: kuidas kodus säästlikult energiat tarbida. Postimehe lisa. 28.02.2024.

12. TalTechi ekspert kõrgetest elektrihindadest: mõistlik on veeta aega kodust väljas

[<https://arileht.delfi.ee/artikkel/120260176/taltech-i-ekspert-korgetest-elektrihindadest-moistlik-on-veeta-aga-kodust-valjas>]

(intervjuu). Delfi Ärileht. 05.01.2024

Rühma liikmete rahvusvahelisel ja riiklikul tasemel olulised tunnustused lõppenud aastal
Riiklikud:

TalTechi 2023. aasta parim teadusartikkel tehnika ja tehnoloogia valdkonnas:
Maask, Vahur; Rosin, Argo; Korotko, Tarmo; Thalfeldt, Martin; Syri, Sanna;
Ahmadiyahangar, Roya (2023). "Aggregation ready flexibility management methods
for mechanical ventilation systems in buildings. Energy and Buildings", 296,
#113369.

Rahvusvahelised:

Rühma liikmete osalemine TA tegevusega seonduvalt ettevõtete nõustamistes

- * Arvo Oorn, Tallinna Tehnikaülikooli Nõukogu liige
- * Argo Rosin, ENMAK 2030 juhtkomisjoni liige, Kliimaministeerium
- * Argo Rosin, Tallinna Tehnikaülikooli inseneriteaduskonna teadusprodekaan
- * Argo Rosin, Tallinna Tehnikaülikooli Senati ja Senati teaduskomisjoni liige
- * Argo Rosin, Tallinna Tehnikaülikooli prioriteetse suuna "Targad ja energiatõhusad keskkonnad" juht
- * Tarmo Korõtko, Eesti Standardikeskuse tehnilise komitee "Tarkvõrk" liige ja Tallinna Tehnikaülikooli esindaja

Uurimisrühma veebilehe aadress

Eesti keeles

<https://taltech.ee/mikrovorgud-ja-metroloogia>

Inglise keeles

<https://taltech.ee/en/microgrids-and-metrology-group>

5 Elektrisüsteemide uurimisrühm

Uurimisrühma juht

Jako Kilter, kaasprofessor teneuris, jako.kilter@taltech.ee

Uurimisrühma liikmed

Jako Kilter, Doktor, kaasprofessor teneuris
Guido Andreesen, Magister, doktorant-nooremteadur
Nathalia De Moraes Dias Campos, Magister, doktorant
Pradeep Kumar Gupta, Magister, doktorant-nooremteadur
Madis Leinakse, Doktor, teadur
Mari Löper, Magister, doktorant
Henri Manninen, Doktor, teadur
Tanel Sarnet, Magister, elektrisüsteemi dünaamika ekspert
Marko Tealane, Doktor, releekaitse ja automaatika ekspert
Ülo Treufeldt, Teaduste kandidaat, kõrgepingevõrkude peaspetsialist
Kaur Tuttelberg, Doktor, elektrisüsteemi ekspert
Sajjad Asefi, Magister, doktorant-nooremteadur

Võtmesõnad

Eesti keeles

elektrivõrgu stabiilsus; tuule- ja päikeseelektrijaamade ühendamine elektrivõrku; elektri kvaliteet; alalisvooluühendused; koormus; laiseire

Inglise keeles

power system stability; wind and solar power connections; power quality; HVDC and FACTS; load modelling; relay protection; wide-area monitoring and control

Uurimisrühma kompetentside tutvustus

Rühma ülevaade eesti keeles

Uurimisrühma teadustegevus on suunatud tänapäevaste ja tuleviku elektrisüsteemide juhtimisalgoritmide ja rakenduste väljatöötamisele ja arendamisele. Olulisimad teadussuunad on seotud reaajajuhtimissüsteemide arendamise ja analüüsiga laiseire mõõtmiste baasil, võttes arvesse alalisvooluühenduste, juhitavate ülekandesüsteemide, tuule- ja päikeseelektrijaamade, elektri kvaliteedi ja koormuse modelleerimise aspekte. Käsitletakse elektrisüsteemi juhtimist ja analüüsi tuleviku elektrisüsteemide arenguid silmas pidades – sünkroniseeriva massi vähenemine ja läbi konvertertehnoloogiate elektrijaamade selle järjest suurem osakaal elektrisüsteemis. See kõik toob kaasa väljakutseid elektrisüsteemi juhtimises, releekaitstes ning süsteemi stabiilsuse jälgimises ja hindamises. Oluliseks uurimisvaldkonnaks on ka elektri kvaliteedi mõõtmised ja hinnangud elektriülekandevõrkudes, kasutades ära tänapäevaste kompenseerimisadmetega ja laiseiremõõtmiste võimalusi. Uurimisrühm teeb aktiivset koostööd Eesti olulisemate energeetikavaldkonna ettevõtetega, sh Elering, Elektrilevi, Graanul Invest, VKG, Tallinna Elektri jaam, jt. Ettevõtetega koostöös lahendatakse mitmeid olulisi Eesti energeetikaga seotud küsimusi, nt Eesti elektrisüsteemi

pimekäivitusvõimekuse tagamine, süsteemi optimaalne juhtimine läbi konverterite ühendatud tootmisseadmete korral, elektrikoormused ja nende karakteristikud ning Eesti elektrisüsteemi reaktiivvõimsuse kompenseerimise olemus ja võimalused. Uurimisrühma kasutada on maailma tippteadusaparatuur – reaalaajasimulaator RTDS, releekaitse ja automaatika seadmed, sh Siemensi releekaitaselabor, Omicron testseadmed/kalibraatorid ja võimendid, jm.

Rühma ülevaade inglise keeles

Research 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: power system real-time control protection and analysis based on wide-area information with respect to HVDC and FACTS control, wind power integration, 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. 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. Main research outcomes: • Development of 2 new methodology and control algorithms for enabling reliable and optimal cooperation between electrical network and industrial (generation) facility with respect to system services; 2 new system protection algorithm using wide-area measurements with scope of enabling coordinated power system protection in case of out-of-step situation; 2 mathematical algorithms for conversion of network busload models between different network calculation tools. • Analysis and development of 2 methodology for the coordinated cooperation of HVDC and synchronous units in low inertia systems; 2 methodology to determine the challenges and possible solutions with significant increase of wind and solar power plants in view of Estonian power system. • Advancement of network utility asset management and comparison methodology and development of mathematical approach for determining the actual condition of substation circuit breaker.

Viimaste aastate olulisemad projektid:

TEM-TA134 Elektrisüsteemide optimaalne ja töökindel juhtimine suuremahulise taastuvenergeetika raamistikus 2024 - 2028 <https://www.etis.ee/Portal/Projects/Display/52ce6345-8122-4bd6-9b51-626b4dd93251>

VNF20074 Põhjamaade-Baltikumi AC/DC ülekandevõrkude stabiilsuse suurendamise platvorm 2020 - 2023 <https://www.etis.ee/Portal/Projects/Display/dd629df6-1d35-4e1a-8378-115da1e87838>

LEEEV21139 Targale tuulepargi matemaatilise mudeli väljatöötamine ja ühendusuuringute teostamine 2021 - 2022 <https://www.etis.ee/Portal/Projects/Display/51d7626e-e74b-46fb-b853-bb1aba812c40>

LEEEE22063 Purtsu tuule- ja päikeseelektrijaama ühise juhtimissüsteemi arendamine ja katsetamine, elektripaigaldise modelleerimine, nõutavate raportite koostamine ning elektripaigaldise vastavuskatsetustel osalemine, mõõtmine ja vajalike raportite koostamine 2022 - 2023 <https://www.etis.ee/Portal/Projects/Display/95d31153-655e-443e-a34c-13fe97a83e7c>

LEEEE23015 Saarde tuuleelektrijaama mudelite arendamine ja elektrivõrguga koostöö analüüs 2023 - 2024 <https://www.etis.ee/Portal/Projects/Display/071f072e-d308-45a3-8bb1-6e1ed0fbd838>

Viimaste aastate olulisemad artiklid:

Drovtar, I.; Leinakse, M.; Tuttelberg, K.; Kilter, J. (2024). Utilizing Demand Response in Load Modelling for Voltage and Reactive Power Control Studies. IEEE Transactions on Power Systems, 1–12. DOI: 10.1109/TPWRS.2024.3425157.

<https://www.etis.ee/Portal/Publications/Display/20ddf2d4-631c-4ca1-8841-11a31db791c1>

Gupta, Pradeep Kumar; Tuttelberg, Kaur; Kilter, Jako (2024). Weather dependency of corona losses on 330 kV overhead transmission lines. International Journal of Electrical Power & Energy Systems, 155 (Part A), #109537. DOI: 10.1016/j.ijepes.2023.109537.

<https://www.etis.ee/Portal/Publications/Display/4a38abe7-86d4-4f7b-87fb-2c63c66663fa>

Asefi, S.; Asad, B.; Leinakse, M.; Manninen, H.; Kilter, J.; Vaimann, T.; Kallaste, A.; Tealane, M.; Landsberg, M. (2024). Review of High Voltage Instrument Transformer Condition Monitoring. IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation, 31 (6), 3331–3341. DOI:

10.1109/TDEI.2024.3422260. <https://www.etis.ee/Portal/Publications/Display/ae348a77-cede-4635-8ee4-52613755a289>

Campos, N. M. D.; Sarnet, T.; Kilter, J. (2023). Novel Gramian-based Structure-preserving Model Order Reduction for Power Systems with High Penetration of Power Converters. IEEE Transactions on Power Systems, 38 (6), 5381–5391. DOI: 10.1109/TPWRS.2022.3228458.

<https://www.etis.ee/Portal/Publications/Display/f667d77e-0c27-48fc-b1d7-58cd1c084217>

Gupta, Pradeep Kumar; Ruiz, Jordi-Roger Riba; Casals-Torrens, Pau; Garvín, Jordi Talens i; Tuttelberg, Kaur; Kilter, Jako (2024). Sensitivity analysis of corona discharges measuring instruments using different electrodes and high voltage supplies. IEEE Sensors Letters, 8 (12), 6015704. DOI:

10.1109/LENS.2024.3504551. <https://www.etis.ee/Portal/Publications/Display/ab04d502-3ba6-4062-817a-cbc5d7b92422>

Uurimisrühma lõppenud aasta rahvusvahelisel tasemel väljapaistvad teadustulemused

Eesti keeles

Uurimisrühma olulisemad teadustöö tulemused on järgmised:

- * Eesti ja Balti elektrisüsteemi reservituru mahtude hindamisraamistiku loomine ja analüüside teostamine.

- * Loodi uudne lähenemisviis ja juhtalgoritmid tööstustarbijate ja elektrisüsteemi vaheliseks koostööks süsteemiteenuste raamistikus.

- * Määratleti ja arendati elektrivõrgu mudelite mahu vähendamise algoritmid, arvestades muundurpõhiseid tootmisüksuste lisandumist elektrisüsteemidesse.

- * Arendati võrguettevõtete varade hindamise ja võrdlemise metoodikat ning

töötati välja matemaatilised lähenemisviisid võimsuslüliti tegeliku seisundi määramiseks.

* Analüüsi Eesti elektrisüsteemi saartalitluse ja isekäivituse võimalusi ning neid mõjutavaid tegureid. Koostati põhimõtted Eesti elektrisüsteemi operatiivseks juhtimiseks häiringutalitluses.

* Analüüsi ja töötati välja meetodika alalisvooluühenduste ja sünkroonmasinate koostööks madala inertsiga elektrivõrgu tingimustes.

* Analüüsi ja määratleti tuule- ja päikeseenergia suuremahulise liitumisega kaasnevad väljakutsed ning võimalikud parendavad lahendused Eesti elektrisüsteemi raamistikus.

Inglise keeles

Main research outcomes are as following:

- 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 mathematical algorithms for network order reduction considering inverter based resources.
- Advancement of network utility asset management and comparison methodology and development of mathematical approach for determining the actual condition of substation circuit breaker.
- Analysis of Estonian power system island operation and power system black start capability and its influencing factors.
- 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.

Rühma TA seotus ühiskonnas aktuaalsete probleemidega ning neile lahenduste pakkumisega

Eesti keeles

Uurimisgrupi teadus- ja arendustegevus on suunatud tänapäevaste ja tuleviku elektrisüsteemide optimaalse ja stabiilse talitluse tagamisega seotud arusaamise ning analüüsi ja juhtimismeetodite arendamisele. Teemaatika on ühiskondlikult oluline, kuna elektrienergia olemasolu ja hind mõjutavad kõiki ühiskonna liikmeid. Samuti on olulisel kohal uute tootmisüksuste (tuul- ja päikeseelektrijaamad, jm) liitumisega seotud teemad ja elektrisüsteemide pideva talitluskindluse tagamine. Olulisimad teadussuunad on seotud reaalaja juhtimissüsteemide arendamise ja analüüsiga laiseire mõõtmiste baasil, võttes arvesse alalisvooluühenduste, juhitavate ülekandesüsteemide, tuule- ja

päikeseelektrijaamade, elektri kvaliteedi ja koormuse modelleerimise aspekte. Käsitletakse elektrisüsteemi juhtimist ja analüüsi tuleviku elektrisüsteemide arenguid silmas pidades – sünkroniseeriva massi vähenemine ja läbi konverteertehnoloogiate elektrijaamade järjest suurem osakaal elektrisüsteemis. See kõik toob kaasa väljakutseid 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.

Inglise keeles

The research and development activities of the research group are aimed at the development of understanding, analysis and control methods related to ensuring the optimal and stable operation of modern and future power systems. The topic is socially important, as the availability and price of electricity affects all members of society. Issues related to the connection of new production units (wind and solar power plants, etc.) and ensuring the continuous operational reliability of power systems are also of relevance. 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.

Info uurimisrühma rakendusliku väljundiga TA kohta

Senised rakendused ettevõtluses, majanduses, ühiskonnas

Uurimisrühm on teostanud mitmeid rakendusliku väljundiga teadus- ja arendustegevusi. Olulisemad neist on järgmised:

* Riski- ja seisundipõhise varahalduse põhimõtete väljatöötamine - arendatakse ja töötatakse välja seadmete mõõtelahendusi nende tegeliku seisukorra hindamiseks.

* Enefit280 ja Enefit280-2 tootmiseseadmete ning BESS juhtkontrolleri loogika

arendamine ja testimine - arendatakse ja katsetatakse Enefit õlitehaste juhtkontrolleri algoritmi.

* Purtse tuule- ja päikeseelektrijaama ühise juhtimissüsteemi arendamine ja katsetamine, elektripaigaldise modelleerimine, nõutavate raportite koostamine ning elektripaigaldise vastavuskatsetustel osalemine, mõõtmine ja vajalike raportite koostamine - arendatakse ja katsetatakse Purtse hübriidjaama juhtkontrolleri algoritmi.

* Sopi/Tootsi päikese- ja tuuleelektrijaamade modelleerimine ja katsetamine - analüüsitakse ja katsetatakse päikese- ja tuuleelektrijaamasid ning hinnatakse nende vastastikmõjusid elektrivõrguga.

* Tallinna Elektrijaama uue päikeseelektrijaama lisandumine - analüüsiti ja katsetati päikeseelektrijaama ning hinnati selle vastastikmõju elektrivõrguga. Arendati välja elektripaigaldise juhtkontroller, mille abil on võimalik tagada selle nõuetele vastav juhtimine.

* Targale hübriidelektrijaama talitluse analüüs ja optimaalse juhtimise tagamine - analüüsiti hübriidelektrijaama talitlust ja aidati kaasa elektrijaama juhtkontrolleri arendamisele.

* Eesti Elektrisüsteemi alalisvooluühenduste talitlemise piirangud ja võimalikud parendavad tehnilised lahendused - II etapp - analüüsiti Eesti elektrisüsteemi talitlemist saartalitlusel ja selle raames saadi arusaam ning töötati välja põhimõtted kuidas peaks Eesti elektrisüsteemi juhtima.

* Tehnilise konsultatsiooni pakkumine seoses andmete- ja andmesidekvaliteedi suurendamine faasimõõteseadmete (PMU) lisamisega Eesti ülekandevõrgu alajaamadesse - analüüsiti ja pakuti välja asukohad, kuhu lisada täiendavad PMU mõõteseadmed.

* Harku ESTLINK 1 ja Kiisa AREJ-de koostöö uuring - analüüsiti Estlink 1 ja Kiisa AREJ omavahelist koostalitlemist ja koostati vastavasisulised juhtpõhimõtted.

* Balti LFC ploki vajalike sageduse hoidmise ja taastamise reserveid dimensioneerimine suurenenud taastuenergiaallikate lisandumise korral - analüüsiti reserviturgude mahtusid ja selle põhjal koostati põhimõtted, mida ettevõtted saavad kasutada oma tegevuste planeerimisel, mis on seotud reserveid pakkumisega.

Uurimisrühma TA rakenduskompetentsid ettevõtluskoostööks

Elektrivõrgud

- * planeerimine, sh püsitalitluse ja stabiilsuse arvutused, töökindluse hindamine, võrgukadude optimeerimine, majanduslikud analüüsid
- pimekäivitusvõimekuse arvutused ja hindamine, reaktiivvõimsuse kompenseerimine
- * projekteerimine ja ehitus
- * releekaitse ja automaatikasüsteemid
- * elektrivõrkude alased konsultatsioonid

Elektrisüsteemid

- * reaajas talitluse simuleerimine ja juhtimine (RTDS)
- * süsteemide modelleerimine võrguarvutustarkvarades ja analüüsid
- * talitluse ja elektri kvaliteedi mõõtmised
- * elektrisüsteemide alased konsultatsioonid

Elektrijaamad

- * elektrijaamade talitluse analüüsimine, sh vastavus võrgueeskirja ja võrguettevõtjate tehnilistele nõuetele
- * ehitamise ja võrguga liitumise alased konsultatsioonid
- * modelleerimine võrguarvutustarkvarades (PSCAD, PSS/E, DlgSILENT)
- * juhtkontrollerite arendamine, seadistamine ja katsetamine
- * talitluse mõõtmine, sh vastuvõtukatsetused, kvaliteedimõõtmised
- * side- ja juhtimislahenduste arendamine, seadistamine ja katsetamine

Ettevõtluskoostöö eesmärk

Ettevõtluskoostöö eesmärk on Eesti elektrisüsteemi talitluskindluse tagamine ja uute tootmisüksuste lisandumise võimaldamine. Aktiivset koostööd teadus- ja arendustegevuse raames tehakse kõikide Eesti olulisemate energeetikavaldkonna ettevõtetega, sh Elering, Elektrilevi, Enefit Power, Enefit Green, Utilitas Wind, Evecon, Enery Estonia, Tallinna Elektri jaam, jt. Oluliste uurimisteemadena saab välja tuua Eesti elektrisüsteemi saartalitluse ja pimekäivitusvõime tagamine, sünkroonkompensaatorite elektrivõrguga liitumine, süsteemi optimaalne juhtimine läbi konverterite ühendatud tootmisseadmete korral, elektrikoormused ja nende karakteristikud ning Eesti elektrisüsteemi reaktiivvõimsuse kompenseerimise olemus ja võimalused. Koostöös ettevõtetega alustati uut teadus-

ja arendusprojekti TemTA-134, mille eesmärgiks on tagada elektrisüsteemi talitluskindlus suuremahulisel muudurpõhiste tootmisüksuste lisandumisel. Samuti teostatakse teadus- ja arendustööd, mille baasil on ettevõtetel võimalik turule tuua uusi rakendusi või olemasolevates elektripaigaldistes optimeerida kasutatavaid lahendusi. Välja on töötatud mitmeid juhtkontrolleri lahendusi hübriidelektrijaamadele, mis võimaldavad tagada nende optimaalsemat juhtimist ja Võrgueeskirja nõuete täitmise. Lisaks Eesti ettevõtetele tehakse koostööd Läti põhivõrguettevõttega AST ja mitmete Läti päikese- ja tuuleelektrijaamasid arendatavate ettevõtetega.

Täiendav info:

Uurimisrühma seotus TalTech TA prioriteetse suunaga (kuni kaks olulisemat suunda):

- 2. Usaldusväärsed IT lahendused
- 1. Targad ja energiatõhusad keskkonnad

Uurimisrühma tegevusega seotud teadusvaldkond – kuni 2 alamvaldkonda Frascati Manuaali klassifikaatori alusel ja kuni 3 teaduseriala CERCS klasifikaatori alusel.

Frascati Manuaali teadusvaldkonnad:

2.2 Elektrotehnika, elektroonika, infotehnika

CERCSi teaduserialad:

T125 Automatiseerimine, robotika, control engineering

Hinnang rühma kasutuses olevale TA taristule (sh kollektsioonid ja andmekogud), piisavus ja seisund

Hinnang seisundile:

hea

Seisundi selgitus:

Uurimisrühma kasutada on maailma tipptasemel elektrisüsteemide modelleerimise ja analüüsivahendid, sh reaajasimulaator RTDS, National Instrument juhtkontrollerid, Omicron võimendid ja testseadmed ning võrguarvutustarkvarad PSCAD, PSS/E, Digsilent. Samuti on kasutada releekaitse- ja automaatikalabor, mis põhineb kõige uuematel Siemensi releedel ja juhtimissüsteemidel.

Uurimisrühma liikmete osalus oluliste TA&I-ga seotud välisorganisatsioonide töös lõppenud aastal

- 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
- Wind Integration Workshop, Advisory Committee liige
- CIGRE B4.64 (Impact of AC System Characteristics on the Performance of HVDC schemes) liige
- CIGRE C4.51 (Connection of Railway Traction Systems to Power Networks) 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 Power Systems – artiklite retsenseerimine komitee liige
- IEEE Transactions on Power Delivery – artiklite retsenseerimine komitee liige
- IEEE Transactions on Industrial Electronics – artiklite retsenseerimise komitee liige
- IEEE ISGT Europe 2023, tehnilise komitee liige
- IEEE PowerTech 2023, tehnilise komitee liige
- IEEE Power and Energy Society General Meeting 2023 artiklite hindamise komitee liige

- Tanel Sarnet, ekspert
- IEEE liige
- IEEE Power and Energy Society liige
- CIGRE C4.51 (Connection of Railway Traction Systems to Power Networks) liige

- Madis Leinakse, teadur

- 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, doktorant-nooremteadur

- IEEE liige

- IEEE Power and Energy Society liige

- Sajjad Asefi, doktorant-nooremteadur

- IEEE liige

- IEEE Power and Energy Society liige

- Pradeep Kumar Gupta, doktorant-nooremteadur

- IEEE liige

- IEEE Power and Energy Society liige

**Kolm kõige olulisemat välis- ja kolm kõige olulisemat Eesti koostööpartnerit
Välispartnerid:**

- Läti põhivõrguettevõtte AST ning Targale tuuleelektrijaama arendaja ja käitaja TCK
- NTNU, Department of Electric Energy
- Dresdeni Tehnikaülikool, Institute of Electrical Power Systems and High Voltage Engineering; NTNU, Department of Electric Power Engineering

Eesti partnerid:

- Elering AS
- Enefit Green AS
- Utilitas Wind AS

Rühma liikmete TA populariseerimisega seotud tegevused

Uurimisrühma liikmed tegelevad aktiivselt oma teadus- ja arendustegevuse populariseerimisega. Uurimisrühmal on oma LinkedIn leht, kus kajastatakse uurimisrühma tegevusi. Samuti koostatakse täiendõppematerjale nii tudengitele kui ka valdkonnas töötavatele inseneridele.

Rühma liikmete rahvusvahelisel ja riiklikul tasemel olulised tunnustused lõppenud aastal **Riiklikud:**

Rahvusvahelised:

Rühma liikmete osalemine TA tegevusega seonduvalt ettevõtete nõustamistes

Professor Jako Kilter nõustas Elering AS sünkroonkompensaatorite projekti raames. Samuti nõustamine alalisvooluühenduste teemadel.

Professor Jako Kilter nõustas Läti põhivõrguettevõtet AST sünkroonkompensaatorite projekti raames.

Professor Jako Kilter nõustas Enefit Power AS uue õlitehase projekti raames.

Professor Jako Kilter nõustas Utilitas Wind AS meretuuleelektrijaamade teemadel.

Professor Jako Kilter nõustas Evecon OÜ gaasiturbiinelektrijaamade teemadel.

Uurimisrühma veebilehe aadress

Eesti keeles

<https://taltech.ee/elektrisusteemid>

Inglise keeles

6 Mehhatroonika ja autonoomsete süsteemide uurimisrühm

Uurimisrühma juht

Anton Rassõlkin, kaasprofessor teneuris, anton.rassolkin@taltech.ee

Uurimisrühma liikmed

Anton Rassõlkin, Doktor, kaasprofessor teneuris
Andres Kiitam, Teaduste kandidaat, kvaliteedijuhtimise ekspert
Mahmoud Ibrahim Hassanin Mohamed, Magister, doktorant-nooremteadur
Kristjan Pütsep, Magister,
Viktor Rjabtšikov, Magister, doktorant-nooremteadur
Even Sekhri, Doktor, lektor
Tiia Tammaru, Teadusmagister, lektor
Leo Teder, Teadusmagister, lektor
Daniil Valme, Magister, doktorant-nooremteadur
Rolando Antonio Gilbert Zequera, Magister, doktorant-nooremteadur
Diana Belolipetskaja, Kõrgharidus, doktorant-nooremteadur
Johannes Muru, Magister, doktorant-nooremteadur
Andres Aleksander Kase, Muu, laborant
Kenari Koonik, Kõrgharidus, õppeassistent
Martin Võip, Muu, laborant
Karl Aleksander Leoste, Kõrgharidus, õppeassistent

Võtmesõnad

Eesti keeles

mehhatroonikasüsteemide kavandamine ja juhtimine; veoajam; digitaalsed kaksikud; mehitamata õhu- ja maismaasõidukite simulatsioonid; masinnägemise rakendused

Inglise keeles

design and control of mechatronic systems; propulsion drive; Digital Twins; UGV and UAV simulations; machine vision applications

Uurimisrühma kompetentside tutvustus

Rühma ülevaade eesti keeles

Mehhatroonika on üks dünaamilisemaid tehnikasuundi maailmas ja kujutab endast sünergia infotehnoloogiast, elektroonikast, optikast ja mehhaanikasüsteemidest. Mehhatroonika ja autonoomsete süsteemide uurimisrühma teadustegevused on suunatud valdkonna edasiarengule. Tänapäevased sõidukid (sh erinevad elektritranspordivahendid, 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 võimalusi reaals- ja virtuaalsensorite kombineerimiseks tehisintellektiga.

Lisaks sellele on teadus- ja arendustegevuse põhifookuses robotika ja automaatika juhtsüsteemide tehisintelligentsil põhineva riist- ja vastava tarkvara väljatöötamine ning kasutajaliideste loomine süsteemide, sensorika ja eriti uute masinnägemise rakenduste väljatöötamiseks. Rõhk on tööstusrobotika

ning mehitamata maismaasõiduki (UGV) ja mehitamata õhusõiduki (UAV) süsteemidel ning samuti hardware-in-the-loop simulatsiooni- ja testsüsteemide loomisel.

Mehhatroonika ja autonoomsete süsteemide uurimisrühm pakub ekspertiise, konsultatsioone, koolitusi ja teaduspartnerlusi.

Rühma ülevaade inglise keeles

Mechatronics is one of the most dynamic technical trends in the world and represents the synergy of IT, electronics, optics, and mechanical systems. The research activities of the Mechatronics and Autonomous Systems Research Group are directed at the further development of the field.

The Mechatronics and Autonomous Systems Group's research activities focus on 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. The research team is developing several test platforms and digital twins to achieve this goal. The possibilities of combining real and virtual sensors with artificial intelligence are being explored to prolong the working life of vehicles and reduce the risk of failure.

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 developing user interfaces for systems, sensing, and especially new machine vision applications. The emphasis is on industrial robotics and the development of unmanned aerial vehicle (UGV) and unmanned aerial vehicle (UAV) systems, as well as hardware-in-the-loop simulation and test systems.

The mechatronics and autonomous systems research group offer expertise, consultations, training, and research partnerships.

Viimaste aastate olulisemad projektid:

PSG453 Isejuhtiva elektrisõiduki veoajami digitaalne kaksik 2020 - 2024

<https://www.etis.ee/Portal/Projects/Display/72b66c74-e911-49c3-ac6a-6716f9e72ba5>

VERT21044 Fossiilkütuste kaevanduse alade tööjõu ümberõpe kaasaegsesse tööstusse kaasamiseks

2021 - 2024 <https://www.etis.ee/Portal/Projects/Display/9a5677c8-0e92-4da2-8f83-b53b5032ac09>

TF24022EE IKT moodulite väljatöötamine ja uuendamine tehnika valdkonnas (digipädevuste tõstmine õpetamise osakaalu ainetes „Tööstusautomaatika ja ajamid“ ning „Masinnägemine“) 2023 - 2024 <https://www.etis.ee/Portal/Projects/Display/f43d9056-2fd6-41db-9a7a-bf0d3d2d5706>

Viimaste aastate olulisemad artiklid:

Rassolkin, Anton; Maksimkins, Pavels; Stupans, Andrejs; Rjabtsikov, Viktor; Senfelds, Armands; Kuts, Vladimir (2024). Spatial Representation of Self-driving Vehicle for Virtual Entity of Digital Twin. Computer, 57 (5), 58–66. DOI: 10.1109/MC.2023.3319108.

<https://www.etis.ee/Portal/Publications/Display/3d063dfd-487f-41e9-9eae-813665355ae5>

Gilbert Zequera, Rolando Antonio; Rjabtsikov, Viktor; Rassolkin, Anton; Vaimann, Toomas; Kallaste, Ants (2024). Deep Learning methodology for charging management applications in battery cells based on Neural Networks. IEEE Transactions on Intelligent Vehicles, 1–15. DOI: 10.1109/TIV.2024.3417216. <https://www.etis.ee/Portal/Publications/Display/119c9e4d-4cfe-44bc-a16d-fd87de4911aa>

Ibrahim, Mahmoud; Rassolkin, Anton; Vaimann, Toomas; Kallaste, Ants (2024). Propulsion drives and control algorithms of electrical vehicles. In: Handbook of Power Electronics in Autonomous and Electric Vehicles. (139–159). Elsevier . DOI: 10.1016/B978-0-323-99545-0.00009-9.

<https://www.etis.ee/Portal/Publications/Display/fa7e20e3-84fa-4519-8a13-d822296a3429>

Sekhri, Even; Tamre, Mart; Kapoor, Rajiv (2024). Review of State-of-the-Art Microwave Filter Tuning Techniques and Implementation of a Novel Tuning Algorithm Using Expert-Based Hybrid Learning. Wireless Personal Communications, 134 (2), 625–681. DOI: 10.1007/s11277-024-10894-x.

<https://www.etis.ee/Portal/Publications/Display/50679308-3a3f-4cfd-8c29-b8c346c13ea3>

Valme, Daniil; Galindos, Javier; Chamara Liyanage, Dhanushka (2024). Road Condition estimation using Deep Learning with Hyperspectral Images: Detection of Water and Snow. Proceedings of the Estonian Academy of Sciences, 73 (1), 77–91. DOI: 10.3176/proc.2024.1.09.

<https://www.etis.ee/Portal/Publications/Display/892bd202-2089-4098-90bc-9e331b0a0575>

Uurimisrühma lõppenud aasta rahvusvahelisel tasemel väljapaistvad teadustulemused

Eesti keeles

Tähtsaimad rahvusvahelisel tasemel teadus- ja arendustegevuse tulemused olid ühisprojektide taotlemine, ühisartiklite koostamine, teadustulemuste ja taristu ühiskasutamine, teadurite välislähetused, konverentside, seminaride ning töötubade korraldamine.

Inglise keeles

* The completed project PSG453 Digital twin for propulsion drive of autonomous electric vehicle has contributed to advancing the development of electric vehicles, including autonomous vehicles, by addressing the growing need for energy optimization. A key outcome of the project is the creation of model sets for a specialized unsupervised prognosis and control platform designed for the performance estimation of electric propulsion drive systems in self-driving electric vehicles. This platform integrates monitoring sensors, an area that has not been extensively explored in previous research. To achieve this goal, several test platforms and digital twins were developed. The digital twin concept employed in the project comprises three interconnected components: the physical entities in the real world, their

corresponding virtual models, and the connected data and visualization layer that bridges the physical and virtual domains. These developments provide a foundation for more efficient and intelligent energy optimization in electric and autonomous vehicle systems.

* The REMAKER project, undertaken under the Erasmus+ KA2 action, successfully addressed the critical need for workforce retraining in fossil fuel mining areas to meet modern industry demands. Recognizing the relatively low levels of automation and robotization in the traditional fossil fuel sector, the project facilitated the transition of the available workforce into the mechatronics-oriented industry, which aligns with the principles of Industry 4.0. To achieve this, comprehensive retraining courses were developed and implemented, focusing on key technological areas such as electrical drives, automation, robotics, power electronics, and condition monitoring of industrial systems. These disciplines, characterized by their strong interconnections and overlap, form the core technological foundation of modern mechatronics-oriented industries. By integrating these technical fields with IT technologies, the project established a holistic training approach, ensuring that the retrained workforce has the competencies required for successful integration into modern industrial environments.

* The Development and Innovation of ICT Modules in the Field of Technology resulted in significant advancements in the quality of education in electrical drives and machine vision. Within this framework, the EEV5040 Industrial Automation and Drives course was developed to provide students with a comprehensive understanding of electric drives, including the latest trends, such as model-based design methodology of modern electrical drives. They acquire the ability to create, adapt, and analyze electric motor control systems, enabling them to address real-world challenges in this field. These outcomes enhance ICT teaching in industry-specific subjects, equipping students with essential practical skills and theoretical knowledge. In addition, the development project also led to the revision of the EEM0040 Machine Vision course. The traditional curriculum was expanded to include a component of hyperspectral technology, thereby broadening the scope of the course. This development activity aims to integrate machine vision concepts with hyperspectral data processing. Students are trained in using hyperspectral cameras, learning to handle the processing of hyperspectral images. Students gain a comprehensive understanding of the properties of hyperspectral data, including the relationship between the wavelength spectrum and material characteristics. Moreover, students acquire skills in machine vision methods, enabling them to identify objects and features within hyperspectral images. These outcomes significantly enhance the student's technical proficiency and preparedness for the evolving demands of the industry.

* Successful defence of two doctoral theses:

1. Even Sekhri, Doctor's Degree, 2024, (sup) Anton Rassõlkin; Rajiv Kapoor; Mart Tamre, Fully Automated Tuning of Microwave Coaxial Cavity Filters, Tallinn University of Technology, School of Engineering, Department of Electrical Power Engineering and Mechatronics
2. Viktor Rjabtšikov, Doctor's Degree, 2024, (sup) Anton Rassõlkin, Development Methodology for creating the Digital Twin for Propulsion Drive of an Electric Vehicle, Tallinn University of Technology, School of Engineering, Department of Electrical Power Engineering and Mechatronics

Rühma TA seotus ühiskonnas aktuaalsete probleemidega ning neile lahenduste pakkumisega

Eesti keeles

Mehhatroonika süsteemide kasutamine tööstuses võimaldab automatiseerimist ja efektiivsuse suurenemist. See võib viia tootmise suurenemiseni, kulude vähenemiseni ja toodete parema kvaliteedini. Samuti muudab mehatroonika koduautomaatikat ning pakub nutikamaid, energiatõhusamaid, turvalisemaid ja mugavamaid lahendusi.

Mehhatroonika ja autonoomsete süsteemide uurimisrühma tegevused mõjutavad transpordivahendeid, näiteks autonoomsete sõidukite arendamisel. See võib suurendada liiklusohutust, vähendada ummikuid ning mõjutada üldist transpordi ökonoomilisust ja keskkonnasäästlikkust.

Mehhatroonika valdkond mõjutab ka haridust ja teadusarendust, pakkudes uusi võimalusi inseneriteaduste õpetamiseks ja uurimiseks.

Inglise keeles

The use of mechatronic systems in industry enables automation and increased efficiency. This can increase production, lower costs, and better product quality. Mechatronics is also changing home automation and offers smarter, more energy-efficient, safer, and more convenient solutions.

The activities of the Mechatronics and Autonomous Systems research group affect means of transport, for example, in the development of autonomous vehicles. This can increase road safety, reduce congestion, and affect the overall economy and environmental sustainability of transport.

The field of mechatronics also influences education and research development, providing new opportunities for engineering teaching and research.

Info uurimisrühma rakendusliku väljundiga TA kohta

Senised rakendused ettevõtluses, majanduses, ühiskonnas

Patentne leiutis: Robotsüsteem ja meetod õõsfiltri automaatseks häälestamiseks;
Omanikud: Tallinna Tehnikaülikool, Tallinna Tehnikaülikool, Inseneriteaduskond,
Elektroenergeetika ja mehhatroonika instituut; Autorid: Even Sekhri, Mart Tamre,
RAJIV KAPOOR; Prioriteedi number: P202400005; Prioriteedi kuupäev: 30.04.2024.

Uurimisrühma TA rakenduskompetentsid ettevõtluskoostööks

Mehhatroonika ja autonoomsete süsteemide uurimisrühm pakub ekspertiise, konsultatsioone, koolitusi, teaduspartnerlust.

Ettevõtluskoostöö eesmärk

Mehhatroonika ja autonoomsete süsteemide uurimisrühm pakub laialdast ekspertiisi, konsultatsioone, koolitusi ja teaduspartnerlust, toetades nii tööstust kui ka akadeemilist kogukonda. Rühm keskendub valdkondadele, mis on seotud mehhatroonika, autonoomsete süsteemide ning e-transpordi arendamise ja rakendamisega.

Aastal 2024 on uurimisrühma peamiseks tegevusteks ekspertiiside pakkumine mehhatroonika ja e-transpordi valdkonnas, sealhulgas praktilised lahendused ja tehnoloogiate rakendamine teaduslaborites. Lisaks osaleb rühm aktiivselt rahvusvahelistes koostööprojektides, sealhulgas Horizon Europe ja Eesti Teadusagentuuri (ETAG) personaalsete uurimisgrantide taotlemisel. Need algatused toetavad uute teadusuuringute läbiviimist ja teadmussiiret, edendades innovatsiooni ja tehnoloogia arengut nii Eesti kui ka rahvusvahelisel tasandil.

Täiendav info:

Uurimisrühma seotus TalTech TA prioriteetse suunaga (kuni kaks olulisemat suunda):

- 2. Usaldusväärsed IT lahendused
- 1. Targad ja energiatõhusad keskkonnad

Uurimisrühma tegevusega seotud teadusvaldkond – kuni 2 alamvaldkonda Frascati Manuali klassifikaatori alusel ja kuni 3 teaduseriala CERCS klasifikaatori alusel.

Frascati Manuali teadusvaldkonnad:

2.2 Elektrotehnika, elektroonika, infotehnika

CERCSi teaduserialad:

T455 Mootorid ja ajamid
T190 Elektrotehnika
T121 Signaalitöötlus

Hinnang rühma kasutuses olevale TA taristule (sh kollektsioonid ja andmekogud), piisavus ja seisund

Hinnang seisundile:

Seisundi selgitus:

Uurimisrühma liikmete osalus oluliste TA&I-ga seotud välisorganisatsioonide töös lõppenud aastal

- * Anton Rassõlkin, kaasprofessor tenuuris
- * Rahvusvahelise Sümpoosiumi "Topical Problems in the Field of Electrical and Power Engineering" and "Doctoral School of Energy and Geotechnology III" programmkomitee liige;
- * Rahvusvahelise teaduskonverentsi "Enviroment. Technology. Resources" teaduskomitee liige, Rezekne, Läti;

- * Rahvusvahelise teaduskonverentsi "Conference on Compatibility, Power Electronics and Power Engineering" (CPE-POWERENG 2023) sessiooni juht, IEEE; CPE-POWERENG 2023 Tallinn, Estonia;

- * Läti Teadusnõukogu (LCS) - ekspert/hindaja
- * IEEE Vehicular Technology Society/Communications Based Train Control and Signals (VT/CBTC&SIG) standardi nõukoogu liige;
- * IEEE vanemliige;
- * EAI liige;
- * CUCEE võrgustiku koordinaator Tallinna Tehnikaülikoolis (<http://e-cucee.eu/>);
- * COST Action CA19108 - High-Temperature SuperConductivity for AcceLerating the Energy Transition (Hi-SCALE) 2. ja 3. töögrupide liige;
- * COST Action CA22151 - Cyber-Physical systems and digital twins for the decarbonisation of energy-intensive industries (CYPHER) 3. ja 4. töögrupide liige;

- * Viktor Rjabtšikov, doktorant-nooremteadur
- * IEEE Üliõpilasliige;

- * Mahmoud Ibrahim Hassanin Mohamed, doktorant-nooremteadur
- * IEEE Üliõpilasliige;

- * Rolando Antonio Gilber Zequera, doktorant-nooremteadur
- * IEEE Üliõpilasliige;

- * Daniil Valme, doktorant-nooremteadur
- * IEEE Üliõpilasliige;

- * Johannes Muru, doktorant-nooremteadur
- * IEEE Üliõpilasliige;
- * EAI liige;

- * Diana Belolipetskaja, doktorant-nooremteadur
- * IEEE Üliõpilasliige;
- * EAI liige;

Kolm kõige olulisemat välis- ja kolm kõige olulisemat Eesti koostööpartnerit **Välispartnerid:**

- Aalto university, School of Engineering, Department of Mechanical Engineering, Mechatronics, Soome (projektitaotluste ettevalmistamine, jms.)
- Lund University, Department of Physics, Rootsi (projektitaotluste ettevalmistamine jms.)
- Aarhus University, Department of Electrical and Computer Engineering, Taani (projektitaotluste ettevalmistamine jms.)

Eesti partnerid:

- Wisebalt OÜ, eMobility (õppeprojektid, koostööprojektid)
- Phoenix Contact UAB, Eesti (õppeprojektid, koostööprojektid)
- Formula Student Team Tallinn (õppeprojektid)

Rühma liikmete TA populariseerimisega seotud tegevused

* Uurimisrühma liige Kenari Koonik osales aktiivselt valdkonna populariseerimisele suunatud üritustel, sealhulgas Robotexil, Positronil, TalTechi avatud uste päeval, Rööpameistri võistlusel ning teistel sarnastel üritustel. Nende tegevuste eesmärgiks oli tutvustada laiemale avalikkusele teadus- ja arendustegevust ning inspireerida noori inseneeria, robotika ja tehnoloogiaga seotud erialasid õppima.

* Anton Rassõlkin

* 2024.09.03 - "Utilizing Digital Twins Technology for the Diagnostics of Electromechanical Devices" 024 International Conference on Diagnostics in Electrical Engineering (Diagnostics), IEEE #61830, September 3. - 5. 2024, Pilsen, Czech Republic

* 2024.05.25 - Invited Speech "Development of Digital Twin for Propulsion Drive of Autonomous Electric Vehicle" 13th International Doctoral School of Energy Conversion and Saving Technologies by Riga Technical University 24th – 25th May 2024 Rõnisi, Latvia

Rühma liikmete rahvusvahelisel ja riiklikul tasemel olulised tunnustused lõppenud aastal **Riiklikud:**

- * Daniil Valme - Eesti Inseneride Liidu aasta tehnikaüliõpilane 2024
- * Daniil Valme - TalTech Elektroenergeetika ja mehatroonika instituudi 2024.aasta insenerivaldkonna populariseerija
- * Diana Belolipetskaja - Sander Paasi nimeline magistriõppe stipendium

Rahvusvahelised:

Rühma liikmete osalemine TA tegevusega seondult ettevõtete nõustamises

- * Anton Rassõlkin, kaasprofessor tenuuris
- * Kutsekoda SA - Mehhatroonikainseneri töörühma liige;
- * Ettevõtluse Arendamise Sihtasutus (EAS) - ekspert/hindaja;
- * Eesti Keele Instituut - retsensent;
- * Eesti Moritz Hermann Jacobi Selts, liige;
- * Tallinna Tehnikaülikooli elektroenergeetika ja mehatroonika instituudi nõukogu liige;

- * Viktor Rjabtšikov, doktorant-nooremteadur
- * Eesti Moritz Hermann Jacobi Selts, liige;
- * IEEE Estonia Student Branch Secretary;

Uurimisrühma veebilehe aadress

Eesti keeles

<https://taltech.ee/mehatroonika-ja-autonoomsed-susteemid>

Inglise keeles

<https://taltech.ee/en/mechatronics-and-autonomous-systems>

7 Jõuelektroonika uurimisrühm

Uurimisrühma juht

Dmitri Vinnikov, juhtivateadur, dmitri.vinnikov@taltech.ee

Uurimisrühma liikmed

Dmitri Vinnikov, Doktor, juhtivateadur
Hossein Afshari, Magister, doktorant
Abualkasim Ahmed Ali Bakeer, Doktor, insener
Andrii Blinov, Doktor, vanemteadur
Edivan Laercio Carvalho, Doktor, järel doktor-teadur
Andrii Chub, Doktor, vanemteadur
Oleksandr Husev, Teaduste kandidaat, vanemteadur
Tanel Jalakas, Doktor, vanemteadur
Oleksandr Matushkin, Doktor, teadur
Parham Mohseni, Magister, doktorant
Saeed Rahimpour, , doktorant
Indrek Roasto, Doktor, vanemlektor
Salman Khan, Magister, doktorant-nooremteadur
Mohammad Mahad Nadeem, Magister, doktorant-nooremteadur
Saeid Pourjafar, Doktor, järel doktor-teadur
Viktor Shevchenko, Doktor, järel doktor-teadur
Sayeed Hasan, Magister, doktorant-nooremteadur
Ievgen Verbytskyi, Doktor, järel doktor-teadur
Neelesh Yadav, Doktor, järel doktor-teadur
Sachin Chauhan, Doktor, järel doktor-teadur
Artem Fesenko, , tööstusdisainer
Artur Lavrov, Kõrgharidus, laborant
Hossein Nourollahi Hokmabad, Magister, doktorant
Tofopfun Nifise Olayiwola, Magister, doktorant-nooremteadur
Salamat Ali, Magister, doktorant-nooremteadur
Hetal Sharma, Magister, doktorant-nooremteadur
Tuhin Mitra, Magister, doktorant-nooremteadur

Võtmesõnad

Eesti keeles

jõuelektroonika muundurid; liginullenergiamaajade energiasüsteemid; energiatõhusus;
jõuelektroonikasüsteemide töökindlus

Inglise keeles

power converters for renewables; energy systems for near-zero energy buildings; power converters
for energy storages; reliability of power electronic systems

Uurimisrühma kompetentside tutvustus

Rühma ülevaade eesti keeles

Uurimisrühma teadustöö on fokuseeritud taastuvenergeetikas, raudteel, elektrisõidukites 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 jõuelektroniliste süsteemide kasutegurit, võimsustihedust ja töökindlust parandavate juhiste koostamine. Aastast 2010 on Jõuelektronika uurimisrühm ECPE (European Center for Power Electronics) liige. ECPE on tööstusettevõtete poolt loodud organisatsioon, mis edendab Euroopas jõuelektronika alast haridust, arendustööd, teadusuuringuid ja arendatud tehnoloogiate ülekannet. Uurimisrühm on osa Eesti energiatõhususe tippkeskusest ENER. Üks ENER'i põhitegevustest on kodumajapidamiste alalisvoolu mikrovõrkude arendamine ning energiatõhusate ja süsinikuneutraalsete hoonete kasutuselevõtu kiirendamine.

Rühma ülevaade inglise keeles

Research in the group is focused on the development and experimental validation of advanced power electronic converters for such demanding applications as renewable energy systems, rolling stock, automotive and telecom. The key research directions include synthesis of new 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 the on-market power electronic systems. Since 2010 the Power Electronic Group is a member of ECPE - European Center for Power Electronics e.V., which is an 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 of ENER – Estonian Centre of Excellence in Energy Efficiency. The core activities in ENER are related to the advancing of the residential DC microgrid technology and acceleration of the transition towards highly energy-efficient and decarbonized buildings

Viimaste aastate olulisemad projektid:

TF24019EE Energiatõhususe tippkeskus 2024 - 2030

<https://www.etis.ee/Portal/Projects/Display/37a7d1ee-53cb-4233-b765-082fc3feb0fe>

PRG1086 Tulevikukindlad jõuelektronikasüsteemid kodumajapidamiste mikrovõrkudele 2021 - 2025 <https://www.etis.ee/Portal/Projects/Display/9c9cda20-2179-4a46-902c-93510b213888>

PRG2055 Tõhusad, töökindlad ja turvalised osavõimsusega elektroonilised süsteemid 2024 - 2028 <https://www.etis.ee/Portal/Projects/Display/db8275c1-c87e-4d18-a3de-b77b8d3ffd0e>

PRG675 Laiendatud funktsionaalsusega alalisvoolu ja vahelduvvooluvõrkude jaoks üheaegselt rakendatavad suure jõudlusega elektrilised elektroonilised muundurid 2020 - 2024 <https://www.etis.ee/Portal/Projects/Display/3ad251c8-a9cb-47fe-88f1-d306194fcaab>

VHE23052 Suund alalisvoolu kasutamisele 2023 - 2027

<https://www.etis.ee/Portal/Projects/Display/63f86d46-9c64-438b-b7b1-49f35fe93374>

Viimaste aastate olulisemad artiklid:

Arena, Gabriele; Chub, Andrii; Lukianov, Mykola; Strzelecki, Ryszard; Vinnikov, Dmitri; De Carne, Giovanni (2024). A Comprehensive Review on DC Fast Charging Stations for Electric Vehicles: Standards, Power Conversion Technologies, Architectures, Energy Management, and Cybersecurity. IEEE Open Journal of Power Electronics, 5, 1573–1611. DOI: 10.1109/OJPEL.2024.3466936. <https://www.etis.ee/Portal/Publications/Display/3cdaf4e4-281a-45b7-8fa0-28a514551d5f>

Pogulaguntla, Aditya; Dsa, Daniel; Yagna, Griddalur Venkata; Banavath, Satish Naik; Carvalho, Edivan Laercio; Chub, Andrii; Vinnikov, Dmitri (2024). Air-Core Coupled Inductor Based Modular Solid-State Circuit Breaker With Reduced Components for DC Buildings. IEEE Journal of Emerging and Selected Topics in Power Electronics, 1–12. DOI: 10.1109/JESTPE.2024.3485735. <https://www.etis.ee/Portal/Publications/Display/c61cdcc9-9bf2-41db-ad97-9bc1d42c9ed1>

Carvalho, Edivan Laercio; Chub, Andrii; Hassanpour, Naser; Blinov, Andrei; Rathore, Akshay Kumar; Vinnikov, Dmitri (2024). P3R: Partial Power Postregulated Grid-Forming Converter for Prosumer DC Buildings. IEEE Transactions on Industrial Electronics, 1–10. DOI: 10.1109/TIE.2024.3423358. <https://www.etis.ee/Portal/Publications/Display/fdfb8534-6764-45a1-9e83-02f4bd812597>

Blinov, Andrei; Chub, Andrii; Guler, Naki; Bayhan, Sertac; Parsa, Leila; Vinnikov, Dmitri (2024). Modular MV Naturally Balanced Converter with High-Frequency Isolation and no DC-Link Capacitor for EV Fast Charging. IEEE Transactions on Transportation Electrification. DOI: 10.1109/TTE.2024.3399329. <https://www.etis.ee/Portal/Publications/Display/5d19fd0e-3e0e-4a41-bf48-87d4939693cd>

Yadav, Neelesh; Hassanpour, Naser; Chub, Andrii; Blinov, Andrei; Vinnikov, Dmitri (2024). Improved Maximum Power Point Tracking Algorithm for Step-Up/Down Partial Power Converters Operating Around Zero Partiality. IEEE Journal of Emerging and Selected Topics in Power Electronics, 12 (2), 1984–1994. DOI: 10.1109/JESTPE.2024.3354843. <https://www.etis.ee/Portal/Publications/Display/488161c0-c655-4ef8-9d57-043863167e85>

Uurimisrühma lõppenud aasta rahvusvahelisel tasemel väljapaistvad teadustulemused

Eesti keeles

Viimase viie aasta jooksul on TTÜ jõuelektroonika uurimisrühm olnud üks kodumajapidamiste energiatõhusate alalisvoolu (AV) jaotussüsteemide uurimise ja rakendamise eestvedajatest ning innovaatoritest Euroopas. Kuna uue põlvkonna jõuelektroonikal baseeruva kodumajapidamiste AV jaotussüsteemide laialdasemat kasutuselevõttu piiravad hetkel mitmed tegurid, nt praktiliste teadmiste puudumine, osalt ebaküps tehnoloogia, turuvalmis lahenduste vähesus, on ka jõuelektroonika uurimisrühm keskendunud sobivate jõuelektrooniliste süsteemide praktilisele arendamisele. Muu hulgas on patenteeritud mitmeid uudseid tehnoloogiaid („OptiVerter DC“, „FlexiVerter“, „FORCE“, universaalse väljundiga kahesuunalised jõupooljuhtmuundurid, veatolerantsed alalisvoolumuundurid, kondensaatorivabad isoleeritud muundurid jt), mis aitavad täita tehnoloogilist tühikut, anda hoogu innovatsioonile ja kiirendada AV jaotussüsteemide integratsiooni hoonetes. Viimane asjaolu on oluliseks sammuks energiatõhusamate ja madala süsinikuemissiooniga hoonete suunas.

Aastal 2024 on uurimisrühma 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 vähendama 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 tõstvad 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.

* "Laiendatud funktsionaalsusega alalisvoolu ja vahelduvvooluvõrkude jaoks üheaegselt rakendatavad suure jõudlusega elektrilised elektroonilised muundurid" (PRG675, vastutav täitja Oleksandr Husev, projekti rahastas SA Eesti Teadusagentuur). Projekti eesmärk on välja arendada järgmise põlvkonna kõrgjõudlusega jõuelektroonikal põhinevad kompleksid, mis omaksid laiendatud funktsionaalsust tööks alalis- ja vahelduvvoolu madalpingevõrkudes. Projekti sihiks on parendada elektri jaotusvõrgu talitlust lisades täiustatud tugifunktsioonide võimekusega muundur-seadmeid. Uued jõupooljuhttehnika topoloogiad koos uudsete materjalide ja juhtimismeetoditega võimaldavad arendada pooljuhtmuundurite juurde talitlusviise ja funktsioone, mida saaks kasutada üheaegselt nii alalis- kui vahelduvvoolu elamupiirkondade jaotusvõrkudes. Projekti annab tuntava panuse täiendavaks teaduslikult uudsete lahenduste arendamiseks ja rakendamiseks, samuti saadud uudsete tulemuste rakendamiseks tööstuse jaoks oluliste eesmärkide saavutamiseks. Projekti meeskond on tugevalt motiveeritud et asetada Eesti kõrgtehnoloogiliste lahenduste rakendamisel täiendavalt üks samm ettepoole.

* „Nutikate roheenergia süsteemide ja ärimudelite uurimis- ja koolitusvõrgustik“ (VFP21053, vastutav täitja Dmitri Vinnikov, rahastaja - Euroopa Komisjoni Horisont 2020 programm). "Koostöölised nutikad energiavõrgud" on paljutöötav kontseptsioon, mis põhineb digitehnoloogial ning majanduslikel ja organisatsioonilistel struktuuridel, mis on otseselt seotud energiatarbijate mõjuvõimu suurendamise, käitumismuutuste edendamise ja kõigi osaliste vahelise koostöö suurendamisega. Uudsed energiavõrgud nõuavad uut visiooni, aga ka uuenduslikke ärimudeleid ja tehnoloogia arengut energia tootmise, jaotamise ja tarbimise vallas, et olla edukad ja jätkusuutlikud. Nutikatesse energiavõrkudesse sisseehitatud multidistsiplinaarne ja mitmekihiline kontseptsioon on oluline, aitamaks kaasa keskkonnasõbralikumate ja nutikamate energiasüsteemide levikule meie ühiskonnas „SMARTGYsum“ – (SMART Green Energy Systems and Business Models) –

koolitab 15 noorteadlast 36 kuu jooksul, et võimaldada tarkvõrkude alase visiooni elluviimist, keskendudes erinevatele tehnilistele ja sotsiaalmajanduslikele aspektidele, mis toetuvad nutikatele koostöölistele energiasüsteemidele, pakkudes suurepärast võimalust arendada oma tulevast karjääri jõuelektroonikas, elektrotehnikas, materjaliteadustes, IKT-s, andmeteadustes, aga ka rahanduses, energeetika alastes investeeringutes, energiaturgude ning majanduslik- ja poliitiliste instrumentide juhtimises jne. Selle tulemusel luuakse akadeemiliste ja tööstuslike partnerite võrgustik, kes teevad tihedat koostööd, järgides ülekantavat, inter- ja multidistsiplinaarset lähenemisviisi, mille eesmärk on tõsta nooremteadurite tööalast konkurentsivõimet ja karjäärivõimalusi avalikus ning erasektoris, samuti nende innovatsiooni- ja ettevõtluspotentsiaali Euroopa ühiskonna pikaajaseks mõjutamiseks

* „Suund alalisvoolu kasutamisele - Shift2DC“ (HVE23052, vastutav täitja Andrii Chub, rahastaja - Euroopa Komisjon). SHIFT2DC projekti eesmärk on pakkuda välja ja rakendada läbivalt rakenduspõhist lähenemisviisi nii kesk- kui ka madalpinge alalisvoolu energiasüsteemide projekteerimiseks, simuleerimiseks, testimiseks ja rakendamiseks. Projekti eestvedajateks on kolmkümmend kaks partnerit ning nendele lisaks ka osaliselt seotud ettevõtted kaheteistkümnest riigist, keda ühendavad teadmised ja kogemused, et arendada, katsetada ja demonstreerida pakutavate alalisvoolulahenduste tehnilist teostatavust, tasuvust, elutsükli ja keskkonnamõju andmekeskustes, eluhoonetes, tööstusasutustes ja sadamates üle kogu Euroopa (Saksamaa, Prantsusmaa ja Portugal). Välirikatsed ja näidisinstallatsioonid võimaldavad hinnata täiustatud juhtimismetoodikaid ja projekteerimisviise, määratleda sobivaid rakendustingimusi ning leida kõige lootustandvamaid lahendusi ja nendele vastavaid ärimudeleid kesk- ja madalpinge alalisvoolusüsteemide jaoks. Lisaks testitavatele ja demonstreeritavatele alalisvoolulahendustele hindab SHIFT2DC ka tarbijate vaatenurka alalisvoolulahenduste osas ja pakub neile välja uusi tööriistu, mis soodustavad alalisvoolulahenduste kiiremat kasutuselevõttu. Kõik SHIFT2DC projektis väljatöötatavad lahendused ja tööriistad on juhtumiukses, võimaldades selle tulemusi kasutada enamikus rakendustes. Arendustöö teises etapis pakutakse välja konkreetsed simulatsiooniprogrammide teegid hoonete, andmekeskuste, tööstusasutuste ja sadamate jaoks, mis võimaldavad nimetatud keskkondi paremini ja üksikasjalikumalt simuleerida. SHIFT2DC projektis välja pakutud ja arendatud alalisvoolu lahendused kavandatakse koostalitlusvõime nõudeid, skaleeritavust ning turva- ja privaatsusvajadusi arvesse võttes. Lisaks kõigele muule aitavad projekti tulemused kaasa ka alalisvoolulahenduste vajadustele vastavate erialaste standardite väljatöötamisele. Lõpuks antakse nõu ka seadusandlik/regulatiivse raamistiku loomiseks ja kohaldamiseks, mis omakorda edendaks kesk- ja madalpinge alalisvoolu energiasüsteemide kasutuselevõttu ning tagaks turvalise ja ökonoomse toitesüsteemide haldamise vahelduv- ja alalisvoolu hübriidvõrkudes.

Inglise keeles

In the last years the main research efforts of the group were focused on making a breakthrough in the applied design of high-performance cost-effective power

electronic systems for residential DC microgrids by the acquisition of cutting-edge knowledge in topologies, control, optimization, reliability and lifetime extension methods. A special emphasis was done on the application versatility and availability after critical faults as the important metrics of any mission-critical power electronic system. A number of innovative technologies have been developed, experimentally validated and patented ("OptiVerter DC", "FlexiVerter", "FORCE", bidirectional converters with universal output, fault-tolerant DC converters, capacitorless galvanically isolated converters, etc.), which help to push innovation forward and accelerate the industrial uptake of the highly promising residential DC microgrid technology.

In 2024 the research 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.

* „New Generation of High-Performance Power Electronic Converters Simultaneously Applicable for DC and AC Grids with Extended Functionalities“ (PRG675, principal investigator Oleksandr Husev, project funded by the Estonian Research Council). This project is aimed to develop a new generation of high-performance power electronic facilities applicable for dc and ac residential grids with extended functionalities. The goal of the project is to improve an electrical energy system by creating an advanced power electronics solutions. New power electronics topologies along with novel materials and control strategies will allow power electronics converters to demonstrate more favorable characteristics and functionalities.

Our attention will be paid to the developments of solutions that are simultaneously applied to ac and dc residential power grids and ensure a smooth transition between dc and ac grids. The project will provide a significant contribution to the development of multiple scientific novelties and deployment of the obtained novelty into industrially relevant targets. The project team is strongly motivated to place Estonia among countries that one step ahead in the development of highly-technological solutions.

* „Research and Training Network for Smart and Green Energy Systems and Business Models“ (VFP21053, principal investigator Dmitri Vinnikov, project funded by the European Commission, Horizon 2020 Programme). “Collaborative Smart Grids” (CSGs) are a promising concept built on digital technologies and economic and organizational structures, directly linked to the empowerment of consumers, the promotion of behavioural change and increased collaboration among all stakeholders. CSGs require a new vision but also innovative business models and technology developments around energy production, distribution and consumption to be successful and sustainable. The multidisciplinary and multilayer concept embedded in CSGs is essential to contribute to greener and smarter energy systems in our societies. SMARTGYsum - SMART Green energyY Systems and bUsiness Models - will train 15 ESR for 36 months to enable the implementation of the Smart Energy vision, focusing on different technical and socioeconomic aspects that conform Electric Energy Systems (EESs) and CSGs, providing an excellent basis to develop their future careers in Power Electronics, Electric Engineering, Material Sciences, ICT, Data Sciences but also energy capturing of value, value chains, finance & investments, management of energy markets, economical and policy instruments, etc. As a result, there will be a network of academic and industrial partners closely collaborating following a transferable, inter and multidisciplinary approach, aimed at raising the employability and career opportunities of ESRs within the public and the private sectors, as well as their potential for conducting innovation, entrepreneurship and for impacting in the European society at medium and long-term.

* „Shift2DC“ (VHE23052, principal investigator Andrii Chub, project funded by the European Commission). SHIFT2DC project aims to propose and implement a top-down application-agnostic approach for the design, simulation, test, validation, and application of both medium (MV) and low voltage (LV) direct current (DC) solutions. Thirty-two partners, including affiliated and associated partners, from twelve countries, will join expertise to develop, test and demonstrate the technical feasibility, cost-benefit, life cycle and environmental impact of the proposed DC solutions in Data centres, Buildings, Industry and Ports across Europe (Germany, France, and Portugal). The field-tests and demonstrators will allow an evaluation of the advanced control methodologies and tools, the definition of the appropriate implementation conditions, and a consolidation of the most promising solutions and corresponding business models for MV and LV DC systems. Beyond the DC solutions that will be tested and demonstrated, SHIFT2DC will also

evaluate the consumers' perspective regarding DC solutions and propose new tools that promote the faster adoption of DC solutions. All the solutions and tools that will be developed in the SHIFT2DC project will be case-agnostic allowing the use of its results in most applications. In a second stage of the development, specific libraries for buildings, datacentres, industry and ports will be proposed allowing a better and more detailed simulation of the mentioned environments. The DC solutions proposed and developed in the SHIFT2DC project will be designed taking into consideration the interoperability requirements, the scalability opportunities and the security and privacy needs. In addition, the project results will contribute to the development of standards in compliance with the needs of DC solutions. Finally, a regulatory framework that promotes the adoption of MVDC and LVDC solutions and assures secure and economic power systems management under hybrid AC/DC grids will be proposed.

Rühma TA seotus ühiskonnas aktuaalsete probleemidega ning neile lahenduste pakkumisega

Eesti keeles

Eesti majandus on mitmes ühiskonna jätkusuutliku arengu seisukohalt olulises näitajas eeldatavast kehvem. Eurostati andmetel oli Eesti süsinikdioksiidi emissioon elaniku kohta ning selle kasvumäär teisel kohal Euroopa Liidus. Lisaks kannatab Eesti majandus EL-i kõrgeima elamute energiatarbimise all põrandapinna kohta (üle 1,5 korra kõrgem kui EL-i keskmine). Ilmselgelt on energiasäästlikud hooned kriitiliselt vajalik arendus, mis on määratletud ka Eesti riikliku energia- ja kliimakava (NECP2030) strateegiliste eesmärkide hulgas. Kuigi olemasoleva hoonefondi renoveerimisel saaks kasutada standardseid tehnoloogiaid, vajab Eesti eesseisvaid väljakutseid ja valitsuse eesmärgi, arvestades hoonete süsinikujalajälje korvamiseks enamat. Taltech'i jõuelektroonika uurimisgrupi välja töötatud elamute alalisvoolul põhineva elektrijaotuse uudne tehnoloogia võib olla kauaoodatud lahendus antud probleemile, mis tõstab oluliselt Eesti teaduse ja innovatsiooni rahvusvahelist nähtavust ning toob kaasa senisest intensiivsema siseriikliku ja rahvusvahelise koostöö akadeemilistingkondade ja tööstuse vahel.

Jõuelektroonika uurimisrühma teadustöö eldatav kasu Eesti majandusele, ühiskonnale, avalikule sektorile ja teenustele:

- * tiptasemel oskusteave Eestis jõuelektroonikal põhinevatest energiasäästutehnoloogiatest;
- * äri- ja väike-äriakenduste alalisvoolusüsteemide alles arenevale turule sisenemisest;
- * uute roheenergia tehnoloogial põhinevate ettevõtete ning töökohtade loomine;
- * riigi süsinikdioksiidi heitkoguste vähendamine elaniku kohta;

- * juhtroll ELis alalisvoolul põhinevate hoonete kasutust ja ehitust reguleerivate standardite väljatöötamisel;
- * siseriikliku energia varustusekindluse parandamine energia hajatootmise ja salvestamise tulemusena;
- * elektrisõidukite laadimistaristu arendamise soodustamine tänu selle lihtsamale ja tõhusamale integreerimisele alalisvoolu mikrovõrkudega;
- * elatustaseme ja üldise elukvaliteedi paranemine tänu energiatõhusate hoonete kasutuselevõtt

Inglise keeles

The Estonian economy is underperforming in several indices crucial for sustainable society development. According to Eurostat, Estonia showed the second-largest carbon emission per capita as well as its second-highest growth rate in EU. Moreover, the Estonian economy suffers from the highest residential energy consumption per floor area in EU (more than 1.5 times higher than EU average). Clearly, the energy-efficient buildings are the much-needed development that is also defined among strategic goals of the Estonian national energy and climate plan (NECP2030). Although the renovation of existing building stock could be done using standard technologies, Estonia needs more than that considering challenges ahead and targets of the government to offset the carbon footprint of the buildings. The disruptive technology of DC power distribution in residential buildings developed by the Power Electronics Group could be a long-awaited solution to the problem, which will significantly enhance the visibility of Estonian research and innovation, and lead to more intensive national and international cooperation between academia and industry.

Expected benefits for Estonian economy, society, public policy, and/or services:

- * cutting-edge Estonian know-how on power electronics based energy-saving technologies;
- * revenue from entering the emerging market of DC power systems for residential and small-commercial applications;
- * creation of new cleantech ventures with new jobs at the labour market;
- * reduction of the national carbon emission per capita;
- * leading role in EU in the development of public policies and standards for DC-based buildings;
- * improvement of domestic energy supply security as an outcome of more distributed energy generation and storage;
- * fostering the development of charging infrastructures for electric vehicles due to more simple and efficient integration with DC microgrids;
- * improvement of the standards of living and quality of life due to commissioning of energy efficient buildings.

Info uurimisrühma rakendusliku väljundiga TA kohta

Senised rakendused ettevõtluses, majanduses, ühiskonnas

Uurimisrühma teadustöö üheks oluliseks verstapostiks on topoloogiat muutva juhtimise (TMJ) tehnoloogia erinevate praktiliste kasutusjuhtude põhjalik uurimine koos oskuste arendamise ja projekteerimisjuhiste koostamisega, mis lihtsustavad tehnoloogia tööstuslikku kasutuselevõttu. TMJ eeliseid demonstreeriti erinevates rakendustes, aidates seega kaasa uue suuna "tarkvarapõhine jõuelektroonika" tekkele. Jõuelektroonika uurimisrühma poolt välja töötatud TMJ tehnikate tulemusel loodi uudsete omadustega paindlikud jõuelektroonilised süsteemid, mis võimaldavad üleminekut jätkusuutlikule ringmajandusele.

Näiteks oli TMJ alaldi üheks silmapaistvamaks praktiliseks väljundiks maksimaalse võimsuspunkti jälgimise (MPPT) töövahemiku laiendamine odavates päikesemikromuundurites. Hiljem kasvas sellest välja esimene kaubanduslik päikesemikromuundur globaalse MPPT-ga nn „OptiVerter DC“. Muunduri töötas välja Eesti idufirma Ubik Solutions OÜ päikesepaneelide integreerimiseks elamute AV mikrovõrkudesse. Kombineerides 2021. aastal TMJ alaldi kombineeritud energiaülekande põhimõtetega, pakuti välja uudne odavate päikesemikromuundurite perekond. Lisaks töötati välja ja demonstreeriti maailma kõige laiem sisendpingeulatusega (rohkem kui 1:20 suhtega) päikesemikromuundurit, mis on mõeldud räni ja amorfse kilega fotogalvaaniliste päikesepaneelide integreerimiseks alalisvoolu mikrovõrkudesse.

Aastal 2020 pakuti koostöös Ubik Solutions OÜ-ga välja veel üks TMJ võimalik rakendus sildvaheldites, millele on väljastatud ka Euroopa Liidu kaubamärk „FlexiVerter“ (#018202165). Tegu on esimese TMJ tööstusliku näitega, mis on heaks näiteks uudest kuuerežiimsest (ingl. Hexamode) tarkvarapõhisest jõuelektroonikast, mis sarnaneb ka jõuelektroonika „LEGO“ kontseptsiooniga. Lisaks võimaldas TMJ vähendada veatolerantsete tööstuslike muundurite juurutuskulusid. Uurimisrühma poolt välja töötatud uudne null-liiasusmuundurite tehnoloogia koos TMJ-ga suudab taluda pooljuhtide rikkeid ilma komponente lisamata. Hea näide selle eelistest on maailmas esimese veatolerantse päikesemikromuunduri väljatöötamine. Selle tulemusel vähenesid oluliselt veatolerantsete muundurite juurutamise kulud ja suurenes kulutundlike rakenduste kättesaadavus ning töökindlus. TMJ võimaldas kasutusele võtta ka uudsed ümberkonfigureeritava sillaga pehmelülitusega vaheldi, mida rakendati edukalt elektrisõidukite laadimisel kasuteguri tõstmiseks. See oli Euroopa Jõuelektroonika Keskuse (ECPE) uurimis- ja innovatsiooniprojekt, mida toetasid Daimler-Benz AG ja Volkswagen AG. Katari Riikliku Teadusfondi rahastatud uurimisprojekti rakendati sama tehnoloogiat ka elektrisõidukite kiirlaadijates, mis mõeldud karmides keskkonnatingimustes töötamiseks. Viimase projekti tulemuste avalik esmaesitlus toimus 2022. a. märtsis Kataris rahvusvahelise

konverentsi ja messi IEEE SGRE-2022 raames. Täisfunktsionaalse tehnoloogia (TRL5) esitlus toimus Tallinnas 2023. a. juunis IEEE CPE-POWERENG'2023 konverentsil. TMJ sillutab teed järgmise põlvkonna elektrisõidukite laadijatele võimaldades paremat kasutegurit ja töökindlust ning sellel on tugev potentsiaal kommertsialiseerimiseks.

Lisaks on TMJ pannud aluse ka täiesti uuele jõuelektronika universaalmuundurite perekonnale, mis ühilduvad erinevate vahelduv- ja alalisvoolu mikrovõrgu standarditega. Tehniliselt on need klassikalised võrguvahendid PV-paneelide ja/või akude liidestamiseks, kuid lisaks vaheldit ümberkonfigureerides saavad töötada ka alalisvoolu mikrovõrgus. See tehnoloogia lihtsustab hoonete edaspidist üleviimist alalispinge peale. Lähiajal on uurimisrühmal plaanis luua uus TTÜ spin-off ettevõtte, kes seda tehnoloogiat turustama hakkab.

2024. a. olulisemad arendusprojektid

* "UbiCharge: linna elektrisõidukite laadimise ümbermõtestamine" (GFAEEAB24, vastutav täitja: Andrei Blinov; Tallinna Tehnikaülikool). Projekti raames töötatakse välja laialdaselt kasutatava laadimistaristu kontseptsioon. Riistvara saab integreerida olemasolevasse infrastruktuuri ja pakkuda alalisvoolu laadimist paljudele elektrisõidukitele. Arendustöö eesmärk on tõsta tehnoloogilise valmisoleku taset (TRL) ning näidata tehnoloogia teostatavust ja omadusi elektrisõidukite laadimisel laboritingimustes. Prototüübi arendamisel järgitakse praktilise tööstusdisaini tavaid, et hinnata tervikliku süsteemi jõudlusnäitajaid.

* "Universaalne alalis/vahelduvvoolu muundur akusalvestitele" (EAG122, vastutav täitja: Oleksandr Husev; projekti rahastas Sihtasutus Eesti Teadusagentuur). Alalisvoolu mikrovõrkudest on saanud kaasaegne trend. Arendajaid meelitab seda tehnoloogiat juurutama muundamisastmete arvu vähenemine ning salvestite ja taastuvenergia allikate võrku integreerimise lihtsus. Samas on kindel, et üleminek vahelduvvoolu energiavõrkudelt alalisvoolu omadele ei toimu kiiresti. Lähima kümne aasta jooksul näeme mõlemat tüüpi süsteemide ühildumist, mis tekitab unikaalse müügivõimaluse universaalsetele toitemuunduritele. Need universaalsed toitemuundurid saaks toidet nii alalis- kui ka vahelduvvooluvõrgust. Antud projekti põhiline eesmärk oli universaalse muunduri tehnilise valmisoleku taseme tõstmine, tehnoloogia turustamise eesmärgil. Projekti kestel tegeleti normatiivide analüüsiga, komponentide optimeerimisega, töökindluse, näitajate ja ohutuse tõstmisega ning seadme pikaajalise raketeta töövõime saavutamisega.

* "TalTech Residential DC Innovation Hub" (vastutav täitja Dmitri Vinnikov) – TalTechi alalisvoolu innovatsioonikeskus on ainulaadne uurimis- ja näidisasutus, mille arendab jõuelektronika uurimisrühm, et tõsta üldsuse teadlikkust alalisvoolutehnoloogiast ja hõlbustada ehitussektoris

üleminekut alalisvoolule. Arvestades ülikoolilinnaku eesmärki saavutada 2035. aastaks kliimaneutraalsus, tuleb rõhutada, et TalTech Residential DC Innovation Hub on esimene alalisvoolu kogemuskeskus Põhja-Euroopas. Keskuses rakendatakse ja testitakse erinevaid alalisvoolutehnoloogiaid, et neid saaks kasutada ka elamutes. Alalisvoolutehnoloogia muudab elamute energiavarustuse põhimõtteid, optimeerib energiavoogusid ja suurendab tulevaste hoonete energiatõhusust.

Uurimisrühma TA rakenduskompetentsid ettevõtluskoostööks **ENERGIATÕHUSATE JÕUELEKTROONIKASÜSTEEMIDE ÄLJATÖÖTAMINE**

- * Muundurite väljatöötamine energiasüsteemide, taastuenergia, elektertranspordi, lennunduse, autotööstuse ja telekommunikatsiooni vallas
- * Pinget tõstvad isoleeritud alalis- ja vahelduvpingemuundurid taastuenergeetika rakendustele

SKEEMILAHENDUSTE SÜNTEES JÕUPOOLJUHTMUUNDURITELE

- * Spetsiaalsete juhtimis- ja kaitsealgoritmide väljatöötamine
- * Uute komponentide juurutamine ja disainijuhendite väljatöötamine turuvõimsate elektrooniliste muundurite tõhususe, võimsustiheduse, töökindluse ja paindlikkuse edasiseks parandamiseks

ARVUTI SIMULATSIOONIMODELITE LOOMINE

- * Jõupooljuhtmuundurite simulatsioonimodelite loomine tarkvaras PSIM
- * Juhtimis- ja elektroonikasüsteemide modelleerimine MATLAB Simulink tarkvarapaketi

SEADMEPROTOTÜÜPIDE LOOMINE JA KATSETAMINE

- * Jõuelektrooniliste alalis- ja vahelduvvooluseadmete prototüüpide projekteerimine (toiteplokid, võrguvaheldid, sagedusmuundurid)
- * Prototüüpsadmete ehitamine
- * Jõuelektrooniliste seadmete katsetamine

MIKRO- JA TARKVÕRGUD

- * Juhtimis, kontrolli, energiavoogude suunamise ja sidealgoritmide arendamine

LABORITEENUSED

- * jõupooljuhtmuundurite katsetamine
- * päikesepaneelide simuleerimine
- * elektrikvaliteedi mõõtmised

Ettevõtluskoostöö eesmärk

Jõuelektronika uurimisrühm teeb tihedat koostööd tööstuspartneritega võimaldamaks teadussaavutuste kiiret ülekannet tööstusesse.

Täiendav info:

Uurimisrühma seotus TalTech TA prioriteetse suunaga (kuni kaks olulisemat suunda):

- 1. Targad ja energiatõhusad keskkonnad
- 3. Keskkonnaressursside vääristamine

Uurimisrühma tegevusega seotud teadusvaldkond – kuni 2 alamvaldkonda Frascati Manuali klassifikaatori alusel ja kuni 3 teaduseriala CERCS klasifikaatori alusel.

Frascati Manuali teadusvaldkonnad:

2.2 Elektrotehnika, elektroonika, infotehnika

CERCSi teaduserialad:

T140 Energeetika

T170 Elektroonika

T190 Elektrotehnika

Hinnang rühma kasutuses olevale TA taristule (sh kollektsioonid ja andmekogud), piisavus ja seisund

Hinnang seisundile:

Seisundi selgitus:

* TTÜ jõuelektronika laboris (NRG-101) on võimalik luua ning katsetada jõupooljuhtmuundureid ning nende kaitse ja juhtahelaid. Seadmete katsetamiseks on olemas koormusseadmed kuni 10 kW (alalis- ja vahelduvvool). Reguleeritavad vahelduvpinge allikad ning vahelduvvoolukoormused võimsusega 5 kuni 12 kW, 230 V ühe- või kolmefaasilise 400 V elektrivõrgu simuleerimiseks.

* Alalisvooluseadmete katsetamiseks on võimalik kasutada kuni 600 V, 3kW programmeeritavaid toiteplokkide. Taastuvenergeetika rakenduste alase uurimistöö läbi viimiseks saab kasutada päikesepaneelide elektroonilisi simulaatoreid, mis võimaldavad simuleerida kuni 500 W erineval tehnoloogial põhinevaid päikesepaneelide või päikesepaneelide jadasid võimsusega kuni 15 kW.

* Lisaks toite- ning koormusseadmetele on jõuelektronika labor varustatud ka kaasaegsete mõõteriistadega pinge, voolu, energiakvaliteedi, temperatuuri,

mahtuvuse ja induktiivsuse täpseks mõõtmiseks ja salvestamiseks.

Uurimisrühma liikmete osalus oluliste TA&I-ga seotud välisorganisatsioonide töös lõppenud aastal
Dmitri Vinnikov - Eesti Teadusagentuuri hindamiskooskogu loodusteaduste ja tehnika ekspertkomisjoni liige

Kolm kõige olulisemat välis- ja kolm kõige olulisemat Eesti koostööpartnerit
Välispartnerid:

- Current/OS
- Schneider Electric
- DC Opportunities

Eesti partnerid:

- Liginullenergiahoonete uurimisrühm: Ehituse ja arhitektuuri instituut, Tallinna Tehnikaülikool
- CAFA Tech
- Schöttli Keskkonnatehnika AS

Rühma liikmete TA populariseerimisega seotud tegevused

Jõuelektroonika uurimisrühm aktiivselt tegeleb Eesti esimese kodumajapidamiste AV mikrovõrkude initsiatiivi („i3DC“- „Inform, Inspire and Innovate“) edendamiseks. Töö selles suunas algas 2020 koostöös Eesti roheenergia idufirmaga Ubik Solutions OÜ. Põhieesmärgiks on luua side juhtivate Eesti teadlaste ning Eesti roheenergia ettevõtete vahele, anda hoogu innovatsioonile ning kiirendada paljulubava AV mikrovõrkude kasutuselevõttu Eestis. Aastatel 2021-2024 korraldas D. Vinnikov viis rahvusvahelist kodumajapidamiste AV süsteemide innovatsiooni alast töötuba, millest on osa võtnud üle 300 eksperti teadusest ja tööstusest. Kohal olid ka turul tegutsevad energiamüüjad ning seadusloojad, kes vedasid diskussiooni nii kodumajapidamiste AV mikrovõrkude innovatsioonipotentsiaalidest kui ka uusimatest arengutest. Tänu Eesti ettevõtluse suurele huvile võib eeldada, et antud ettevõtlus panustab majanduse arengusse ning aitab Eesti roheenergeetika arendustööl ja innovatsioonil tähelepanu saada.

Rühma liikmete rahvusvahelisel ja riiklikul tasemel olulised tunnustused lõppenud aastal
Riiklikud:

Eesti Vabariigi teaduspreemia tehnikateaduste alal (teadustöö "Topoloogiat muutva juhtimisega innovaatilised jõuelektroonikasüsteemid", D. Vinnikov -

kollektiivi juht, Andrii Chub, Andrei Blinov ja Oleksandr Husev)

Rahvusvahelised:

Aastal 2024 hinnati neli jõuelektroonika uurimisrühma liiget (D. Vinnikov, O. Husev, A. Blinov ja A. Chub) Stanfordi Ülikooli poolt kahe protsendi maailma kõige mõjukamate teadlaste hulka.

Rühma liikmete osalemine TA tegevusega seondult ettevõtete nõustamistes

Uurimisrühma veebilehe aadress

Eesti keeles

<https://taltech.ee/jouelektroonika>

Inglise keeles

<https://www.linkedin.com/company/peg-taltech>