

**ENERGEETIKATEADUSKOND  
ELEKTROTEHNIKA INSTITUUT  
TEADUS- JA ARENDUSTEGEVUSE AASTAARUANNE 2014**

## **1. Struktuur**

**Elektrotehnika instituut,  
Department of Electrical Engineering,  
Direktor, prof. Tõnu Lehtla**

Elektrotehnika õppetool, Chair of Electrical Engineering, õppetooli hoidja PhD Heigo Mölder  
Elektrimasinate õppetool, Chair of Electrical Machines, õppetooli hoidja PhD Ants Kallaste  
Elektrijamite ja elektrivarustuse õppetool, Chair of Electrical Drives and Electricity Supply  
Robotitehnika õppetool, Chair of Robotics, prof. Tõnu Lehtla  
Valgustehnika labor, Laboratory of Lighting, PhD Arvo Oorn

## **2. Teadus- ja arendustegevuse (edaspidi T&A) iseloomustus**

2.1 Struktuuriüksusesse kuuluvad uurimisgrupid (*kõik uurimisgrupid näidatakse aruandes eraldi, järgides alltoodud ülesehitust*).

### **Elektrotehnika instituudi teadus ja arendustöö valdkonnad ja uurimisrühmad**

#### **1) Muundustehnika (jõupooljuhttehnika) töörühm,**

Power Converter technology, vanemteadur **Dmitri Vinnikov** Töörühma liikmed on vanemteadurid Indrek Roasto, Tanel Jalakas, Janis Zakis, Andrei Blinov, Olesander Husev, teadur Andrii Chub jt.

*Töörühma tegevus* hõlmab uute pooljuhtmuundurite uurimist ja arendust mitmesuguste alternatiivenergeetika rakenduste tarbeks. Välmitakse muundureid elektrituulikute, kütuseelementide, PV päikesepaneelide ja ülikondensaator-salvestite ja aktiivsete jaotusvõrkude tarbeks. Uurimisrühm on Euroopa jõuelektronika kompetentsikeskuse <http://www.ecpe.org/> liige Euroopa *Power Electronics Research Network* võrgustikku kuuluvad valdkonna olulised ettevõtted ja ülikoolide uurimisrühmad. Võrgustik koordineerib ja rahastab vastavasisulist arendustööd. Töörühm on tihedas koostöös arendusettevõttega Ubik Solutions (Lep 14083), ECPE (VE602).

#### *Olulisemad tulemused aastal 2014.*

Esmakordselt maailmas esitati järgmised uued teaduslikud ideed: kõrgsageduslikke mitmikviik jõupooljuhtmuundurite uus kontseptsioon energiavoogude paindliku juhtimise tagamiseks tarbijate, energiaallikate ja salvestite vahel; maksimaalse võimsuspunkti jälgimisalgoritmid ja võrguga integreerimise põhimõtted päikesepaneelidele; diagnostikamudelid Li-Ion akudele.

Projekti meeskonna poolt TTÜ energeetikamajas arendatavat mikrovõrku täiendati uudsete muunduritega, mis ehitati valmis tihedas koostöös firmaga Ubik Solutions OÜ. Perioodil 01.10.13-30.09.14 on kokku avaldatud 50 eelretsenseeritud publikatsiooni sh 7 kategooriast 1.1, 7.

Töörühma liikmetele (Dmitri Vinnikov, Indrek Roasto, Tanel Jalakas) omistati Eesti Vabariigi riiklik teaduspreemia 2014. ETAG rahuldas 2 personaalse (O. Husev ja Andrei Blinov) uurimistoetuse taotlused

*Main research object:* Power converter technology, control of power electronic based converters, incl. intelligent transformers for different renewable sources (wind turbines, solar PVs, fuel cells, supercapacitor banks, etc) and active distribution networks. Research group is the member of *European Power Electronics Competence Centre* <http://www.ecpe.org/>. The members of this centre are best university research groups and the main power electronics firms in Europe. Main Estonian industry partner for the research group is: *Ubik Solutions* and *ECPE*.

*The main research achievements in 2014.*

New scientific ideas: power flow control conception for high frequency multiport power electronic converters to guarantee flexible power flow between consumers, power sources and energy storages, algorithms for the monitoring of maximal power and new concept to integrate PV panels with power grid, diagnostic models for Li-Ion batteries.

The microgrid, under development in Power Engineering Faculty, was complemented with new power converters, built up in cooperation with Ubik Solutions OÜ.

During 01.10.13-30.09.14 totally 50 pre-reviewed publications, incl. 7 from category 1.1.

The members of the research group (Dmitri Vinnikov, Indrek Roasto, Tanel Jalakas) were awarded with Estonian State research award 2014. Two personal research grants (O. Husev and Andrei Blinov) were achieved.

Uurimisrühma paremad publikatsioonid 2014:

1. Fernó Pires, V.; Romero-Cadaval, E.; Vinnikov, D.; Roasto, I.; Martins, J. F. (2014). Power Converter Interfaces for Electrochemical Energy Storage Systems – A Review. *Energy Conversion and Management*, 86, 453 - 475.
2. Chub, A.; Husev, O.; Vinnikov, D. (2014). Comparative Study of Rectifier Topologies for Quasi-Z-Source Derived Push-Pull Converter. *Electronics and Electrical Engineering*, 20(6), 29 - 34.
3. Chub, A.; Husev, O.; Blinov, A.; Vinnikov, D. (2014). CCM and DCM Analysis of Quasi-Z-Source Derived Push-Pull DC/DC Converter. *Informacije MIDEM-Journal of Microelectronics Electronic Components and Materials*, 44(3), 224 - 234.
4. Husev, O.; Vinnikov, D.; Roncero-Clemente, C.; Romero-Cadaval, E. (2014). New hysteresis current control for grid connected single-phase three-level quasi-Z-source inverter. 2014 Twenty-Ninth Annual IEEE Applied Power Electronics Conference and Exposition (APEC), Fort Worth, TX, USA, 16-20 March 2014. IEEE, 1765 - 1770.
5. Chub, A.; Husev, O., Vinnikov, D., Blaabjerg, F. (2014). Novel Family of Quasi-Z-Source DC/DC Converters Derived from Current-Fed Push-Pull Converters. *In: Proceedings of the 16th Conference on Power Electronics and Applications, EPE'14-ECCE Europe: The 16th Conference on Power Electronics and Applications, EPE'14-ECCE Europe, 26.-28.8.2014, Lappeenranta, Finland.* IEEE, 1 - 10.

**2) Elektrivarustus ja elektri tarkvõrgud, Electricity supply and active distribution networks**, PhD, vanemteadur **Argo Rosin**. Töörühma liikmed: nooremteadur Imre Drovтар, doktorandid Denis Lebedev, Ahmad Rahmoun, Urmas Raudsaar, Aivar Auväärt, teadur Siim Link (TTÜ soojustehnika instituut), Prof. Helmuth Biechl (Hochschule Kempten, Saksamaa).

*Töörühma tegevus* hõlmab taastuenergiaallikatega mikrovõrkudes energiatarbimise ja energiasalvestite uurimist ja juhtimismudelite sünteesi sh tarbimise adaptiivjuhtimist reaaliajajhinna tingimustes; elektrikvaliteedi, töökindluse, energia säästliku ja kulutõhusa kasutamise analüüse; elektromehaaniliste ja -keemiliste energiasalvestite rakendusuringud ning tasuvusanalüüsid. Töörühma peamised partnerettevõtted on Riigi Kinnisvara, Elering, Elektrilevi.

*Olulisemad saavutused:* Kaitstud doktoritöö: Aivar Auväärt, *Development of Energy Reserve optimization Methodology for Households with Renewable Power Systems*, 2014. Juhendajad, Dr.Sc Argo Rosin ja Tõnu Lehtla. Välis- ja siseriiklikud lepingud. Ilmunud raamat: Rosin, A.; Drovтар, I.; Link, S.; Hõimoja, H.; Mölder, H.; Möller, T. (2014). Tarbimise juhtimine – suurtarbijate koormusgraafikute salvestamine ning analüüs juhtimise rakendamise võimaluste tuvastamiseks (Elering). . Esitati uudsed teaduslikud ideed: diagnostikamudelid Li-Ion akudele koostöös Hochschule Kempten’iga; koormuste juhtimismudelid (EL 7RP projekt EcoGRID).

*Main research object:* Electricity supply of enterprises, buildings and home users, incl. electricity efficiency, power quality, reliability and demand side management in smart and micro grids. Energy flow research in networks with alternative energy sources and energy storages. Main industrial partners are State Real Estate Ltd, Estonian TSO Elering, DSO Elektrilevi.

*The main research achievements in 2014:* Doctoral thesis: Aivar Auväärt, *Development of Energy Reserve optimization Methodology for Households with Renewable Power Systems*, 2014. Supervisors: Dr.Sc Argo Rosin ja Tõnu Lehtla. Välis- ja siseriiklikud lepingud. Published book (In Estonian): Rosin, A.; Drovтар, I.; Link, S.; Hõimoja, H.; Mölder, H.; Möller, T. (2014). Load demand side management – registration and analyse of load diagrams of high level energy consumers for optimal control solutions. Published new scientific ideas: load control models (EU 7FP project EcoGRID); diagnostic models for Li-Ion batteries in cooperation with Hochschule Kempten .

*Uurimisrühma paremad publikatsioonid 2014:*

1. Kütt, L.; Saarijärvi, E.; Lehtonen, M.; Rosin, A.; Mölder, H. (2014). Load Shifting in the Existing Distribution Network and Perspectives for EV Charging– Case Study. IEEE PES Innovative Smart Grid Technologies, Europe; Istanbul; 12-15 October 2014. IEEE.
2. Lebedev, D.; Rosin, A. (2014). Modelling of Electricity Spot Price and Load Forecast Based New Energy Management System for Households. 55th International Scientific Conference on Power and Electrical Engineering of Riga Technical University (RTUCON), Riga Technical University, Riga, October 14, 2014. Latvia: IEEE, 222 - 226
3. Raudsaar, U.; Drovтар, I.; Rosin, A. (2014). Overview – Pumped-Hydro Energy Storage for Balancing Wind Energy Forecast Errors. In: *Proceedings of 9th International Conference 2014 Electric Power Quality and Supply Reliability: 2014 Electric Power Quality and Supply Reliability, Rakvere, Estonia, June 11 - 13, 2014*. IEEE, 1 - 6.

4. Uuemaa, P.; Puusepp, A.; Drovtar, I.; Kilter, J.; Rosin, A.; Valtin, J. (2014). Load Control Implementation in the Energy Intensive Industry. 17th IEEE Mediterranean Electrotechnical Conference - Power Electrical Systems (MELECON 2014), 13-16 April, Beirut, Lebanon. IEEE, 213 - 218.
5. Rahmoun, A.; Loske, M.; Rosin, A. (2014). Determination of the Impedance of Lithium-ion Batteries Using Methods of Digital Signal Processing. Energy Procedia (204 - 213). Elsevier

**3) Elektrimasinate uurimisrühm, Electrical Machines, Töörühma juht: PhD Ants Kallaste**  
Töörühma liikmed: professorid Anouar Belahcen ja Kuno Janson, vanemteadur Viktor Bolgov, dotsent Aleksander Kilk, teadur Toomas Vaimann jt.

*Töörühma tegevusse* kuulub elektrimasinate, sealhulgas tuulegeneraatorite, analüüs, projekteerimine, katsetamine, arendamine jms. Samuti tegeleb töörühm elektrimasinate diagnostikaga, püsimagnetmaterjalide rakendamisega elektrimasinates ning elektrimasinate optimeerimismetodoloogia uurimise ja parendamisega. Peamised tööstuspartnerid: ABB, Konesko.

*Olulisemad saavutused:* Elektrimasinate grupis kaitsti 2014. aastal üks doktoritöö Vaimann, T. (2014). *Diagnostics of Induction Machine Rotor Faults Using Analysis of Stator Signals*. (Tallinna Tehnikaülikool; Elektrotehnika instituut) Tallinn: TUT Press. Patentne leiutis: Püsimagnetitega sünkroon-reluktantsmootor; Tallinna Tehnikaülikool; Autorid: Kuno Janson, Anouar Belahcen, Ants Kallaste, Toomas Vaimann; Prioriteedinumber: P20140013; Prioriteedikuupäev: 09.05.2014. Kokku ilmus 16 teaduspublikatsiooni (ETIS klassifikaator 1.1, 1.2, 3.1). Esitati avaldus ETAGi PUTJD raames järeldoktorantuuri (toomas Vaimann) projekti rahastamiseks, mis ka rahuldati.

*Main research object:* Electrical machines for wind generators (incl. analyse, design, experiments, development). Special electrical machines with high power density for transport applications. Main industry partners: ABB, Konesko

*The main research achievements in 2014.* Doctoral thesis: Vaimann, T. (2014). *Diagnostics of Induction Machine Rotor Faults Using Analysis of Stator Signals*. Patent: Permanent magnet synchronous reluctance motor. Tallinn University of Technology; Authors: Kuno Janson, Anouar Belahcen, Ants Kallaste, Toomas Vaimann; Priority no: P20140013; 09.05.2014. Totally 16 scientific publications (ETIS 1.1, 1.2, 3.1). ETAGi PUTJD application for post-doctoral work Toomas Vaimann in Aalto University (Finland)..

Uurimisrühma paremad publikatsioonid 2014:

- 1 Belahcen, A.; Rasilo, P.; Arkkio, A. (2014). Segregation of Iron Losses From Rotational Field Measurements and Application to Electrical Machine. IEEE Transactions on Magnetics, 50(2), 893 - 896.
- 2 Vaimann, T.; Belahcen, A.; Kallaste, A. (2014). Changing of magnetic flux density distribution in a squirrel-cage induction motor with broken rotor bars. Electronics and Electrical Engineering, 20(7), 11 - 14.
- 3 Vaimann, T.; Belahcen, A.; Martinez, J.; Kilk, A. (2014). Detection of induction motor broken bars in grid and frequency converter supply. Przegląd Elektrotechniczny, 90(1/2014), 90 - 94.

- 4 Kallaste, A.; Vaimann, T.; Belahcen, A. (2014). Possible manufacturing tolerance faults in design and construction of low speed slotless permanent magnet generator . In: Proceedings of the 16th European Conference on Power Electronics and Applications (EPE '14 ECCE Europe): 16th European Conference on Power Electronics and Applications (EPE '14 ECCE Europe), Lappeenranta, Finland, August 26-28, 2014. Lappeenranta: IEEE, 1 - 10.
- 5 Belahcen, A.; Martinez, J.; Vaimann, T. (2014). Comprehensive computations of the response of faulty cage induction machines. In: Proceedings of the 2014 International Conference on Electrical Machines (ICEM): 21st International Conference on Electrical Machines (ICEM), Berlin, Germany, September 2-5, 2014. Berlin: IEEE, 1504 - 1509

#### **4) Elektrotehnika ja elektromagnetilise ühilduvuse uurimisrühm, Electrical Engineering and Electromagnetic Compatibility, teadur, PhD Heigo Mölder juhtimisel**

Töörühma liikmed: Prof. Jaan Järvi, vanemteadur Jevgeni Šklovski, teadur Toomas Vinnal, teadur Lauri Kütt, doktorant Marek Jarkovoi, doktorant Mairo Märss jt).

*Töörühma uurimisvaldkonnaks* on ülikõrgsagedusenergeetika ja selle rakendused, elektromagnetiline ühilduvus, elektromagnetväljad, elektrienergia kvaliteet ja sääst, keevitusseadmed ja keevitusmuundurid.

*Olulisemad tulemused:* Heigo Mölder sai Eesti Arengufondi ideekonkursi “Mis teenb elu Eestis paremaks?” stipendiumi ideega “Estonia as a hackerspace” ja sai aastase stipendiumi. Jätkus elektromagnetilise ühilduvuse labori uuendamine. Ilmus prof. Jaan Järviku raamat “Üldelektrotehnika”. Täideti rida tööstusprojekte.

*Main research object:* Ultra high frequency power applications, electromagnetic compatibility in the power and ICT systems, EMC/EMI measurements, EM-field measurements, Power quality measurements and logging, welding equipment and electronics. Main partners: Estonian TSO Elering, DSO Elektrilevi.

The main areas of research in our Power quality and electromagnetic compatibility group

*The main research achievements in 2014.* Estonian Development Fund national idea contest “What makes life better in Estonia” one year scholarship (Heigo Mölder) for the idea “Estonia as a hackerspace”. New interior and many new laboratory equipment for electromagnetic compatibility. Professor Jaan Järvi new book (In Estonian) “Electrical Engineering (General course)”. Three industrial research projects completed in 2014.

Uurimisrühma paremad publikatsioonid 2014:

1. Shafiq, M.; Hussain, G. A.; Kütt, L.; Lehtonen, M. (2014). Effect of Geometrical Parameters on High Frequency Performance of Rogowski Coil for Partial Discharge Measurements. Measurement, 49, 126 - 137.
2. Shafiq, M.; Lehtonen, M.; Kütt, L.; Isa, M. (2014). Design, Implementation and Simulation of Non-Intrusive Sensor for On-Line Condition Monitoring of MV Electrical Components. Engineering (ENG), 6(11), 680 - 691.
3. Rosin, A.; Drovtar, I.; Link, S.; Höimoja, H.; Mölder, H.; Möller, T. (2014). Tarbimise juhtimine suurtarbijate koormusgraafikute salvestamine ning analüüs juhtimise rakendamise võimaluste tuvastamiseks. Elering
4. Kütt, L.; Saarijärvi, E.; Lehtonen, M.; Molder, H.; Vinnal, T. (2014). Harmonic load of residential distribution network — Case study monitoring results. In: Proceedings of 2014

Electric Power Quality and Supply Reliability Conference (PQ): 2014 Electric Power Quality and Supply Reliability Conference (PQ), Rakvere, Estonia, 11 - 13 June 2014. IEEE Conference Publications, 93 - 98.

5. Kütt, L.; Saarijärvi, E.; Lehtonen, M.; Mölder, H.; Niitsoo, J. (2014). Estimating the harmonic distortions in a distribution network supplying EV charging load using practical source data — case example. 2014 IEEE Power and Energy Society General Meeting; National Harbor, MD, USA; 27-31 July 2014. IEEE.

### **5) Elektriajamite, robotite ja tööstusautomaatika töörühm, Electrical drives, industry automation and robotics** Dots. **Elmo Pettai** juhtimisel

Töörühma liikmed: prof. Tõnu Lehtla, prof. Valery Vodovozov, dots. Madis Lehtla, ass. Zoja Raud, teadur Anton Rassõlkin, doktorant Kristjan Peterson jt.

*Uurimisvaldkonnaks* on elektriajamid ja nende juhtimine, sh transpordivahendite ja tööstusrobotite juhtimine ning elektriautode laadimisjaamad, tööstusautomaatika rakendused, sh robotid.

*Olulisemad saavutused* 2014: Kaitstud doktoritöö: Anton Rassõlkin Research and Development of Trial Instrumentation for Electric Propulsion Motor drives. Juhendajad Hardi Hõimoja ja Varery Vodovozov. Tööstusprojekt ettevõttega Harju Elekter Elektrotehnika “Tarkvõrgu salvestava alajaama väljatöötamine” Rahvusvaheline TEMPUS programmi projekt “*Development of Training Network for Improving Education in Energy*”

*Main research object:* Electrical drives for transportation, industry automation and robotics. Smart grid components (storage stations) for industry and transport. Main industry partner: Harju Elekter Elektrotehnika AS. The main aim is research and development of technology for industrial and energy applications. All modern machines, industry automation and power conversion systems are multi-disciplinary research objects including mechanical and material issues, energy conversion and power electronic issues as well as motion control and energy flow control issues. The main focus of research in our group is energy conversion, motion control and energy flow control.

*The main research achievements in 2014.*

Doctoral thesis: Anton Rassõlkin. Research and Development of Trial Instrumentation for Electric Propulsion Motor drives. Supervisors Hardi Hõimoja and Varery Vodovozov. Industrial project for Harju Elekter Elektrotehnika “*Smart Grid substation with energy storage for use with renewable energy sources*“. Project in the frame of international TEMPUS programme “*Development of Training Network for Improving Education in Energy*”

Uurimisrühma paremad publikatsioonid 2014:

1. Mägi, M.; Peterson, K.; Pettai, E. (2014). Development of Testing Method for Smart Substations with Prosumers. Informacije MIDEM-Journal of Microelectronics Electronic Components and Materials, 44(3), 185 - 200.
2. Vodovozov, V.; Lillo, N.; Raud, Z. (2014). Variable-Speed Single-Phase Induction Motor Drive for Vehicular Applications. Electrical Engineering Research (EER), 2, 18 - 24.
3. Vodovozov, V.; Raud, Z.; Lehtla, T.; Rassolkin, A.; Lillo, N. (2014). Comparative Analysis of Electric Drives for Vehicle Propulsion. 9th International Conference on Ecological Vehicles and Renewable Energies EVER 2014. Monaco: IEEE, 2014, 1 - 8.

4. Vodovozov, V.; Lillo, N.; Raud, Z. (2014). Single-Phase Electric Drive for Automotive Applications. In: International Symposium on Power Electronics, Electrical Drives, Automation and Motion SPEEDAM 2014: IEEE, 2014, 1293 - 1298.
5. Vodovozov, V.; Bakman, I. (2014). Sensorless Pressure Calculation for Parallel Redundancy in Pumping Systems. EPE'14 ECCE Europe. Lappeenranta, Finland: IEEE, 2014, P.1 - P.9

## **6) Valgustehnika, Electrical lighting, PhD Arvo Oorn**

Töörühma liikmed on dotsent Raivo Teemets, PhD Jelena Armas, lektor Tiiu Tamm, doktorandid Toivo Varjas ja Marko Kuusik.

Uurimis- ja arendustöö valdkonnaks on uute valgustustehniliste lahenduste väljatöötamine, sh LED valgustite toiteallikad, valgustuse juhtimine ning valgustehnilised mõõtmised. 2014. aasta oluliseks saavutuseks oli mitmete arendustöö ja teenuslepingute sõlmimine.

*Main research object:* Research, measurement and development of lighting systems components and installations. Main partner: Tallinn City Office.

2.2 Loetelu struktuuriüksuse töötajate rahvusvahelistest tunnustustest.

2.3 Loetelu struktuuriüksuse töötajatest, kes on välisakadeemiate või muude oluliste T&A- ga seotud välisorganisatsioonide liikmed.

Aruande koostas

Tõnu Lehtla  
Elektrotehnika instituudi direktor