

ISSN 1407-7345

RĪGAS TEHNISKĀS UNIVERSITĀTES  
ZINĀTNISKIE RAKSTI

SCIENTIFIC PROCEEDINGS  
OF RIGA TECHNICAL UNIVERSITY

4. SĒRIJA

**ENERĢĒTIKA  
UN ELEKTROTEHNIKA**

**POWER AND ELECTRICAL  
ENGINEERING**

13. SĒJUMS

IZDEVNIECĪBA "RTU", RĪGA 2004

# SCIENTIFIC RESEARCH IN POWER ELECTRONICS AND ELECTRICAL DRIVE IN LATVIA

## ZINĀTNISKĀ PĒTNIECĪBA ENERGOELEKTRONIKĀ UN ELEKTROPIEDZIŅĀ LATVIJĀ

L. Ribickis

*Atslēgas vārdi: energoelektronika, elektriskā piedziņa, elektromehānika, industriālā elektronika.*

### Ievads

Energoelektronika jeb spēka elektronika kā zinātnes virziens pasaulē sāka attīstīties 20.gadsimta sešdesmitajos gados pēc pusvadītāju slēdžu – tiristoru un jaudīgu tranzistoru ražošanas uzsākšanas.

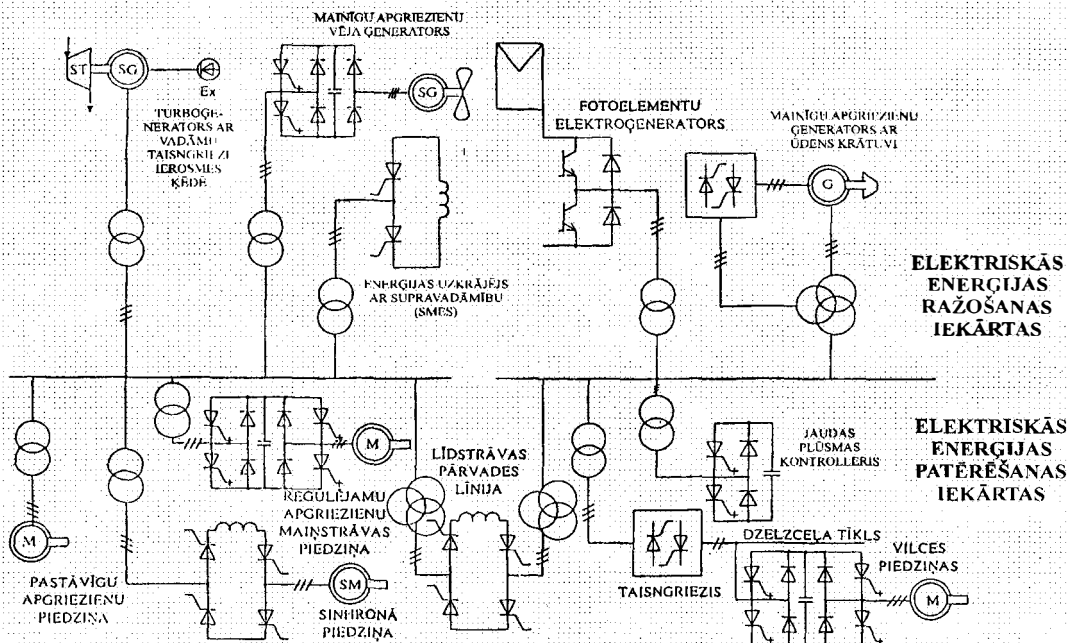
Iespējas elektroniski ar mazas jaudas vadības impulsiem ieslēgt un atslēgt lielas jaudas iekārtas deva pusvadītāju slēdžu elementi. Tāpēc tūkstošiem inženieru un pētnieku sāka darboties šajā interesantajā zinātnes un pētniecības virzienā, lai atklātu, izstrādātu un ieviestu elektroenerģijas pārveidotājus ar lielu ātrdarbību, augstu lietderības koeficientu, maziem gabarītiem un svaru, kā arī draudzīgus videi.

Pasaules energoelektroniku saime ir izstrādājusi simtiem un tūkstošiem unikālu spēka shēmu un vadības sistēmu, nepārtraukti samazinās pārveidotāju iekārtu svārs, izmēri un izmaksas.

Mēs protam pārveidot elektroenerģijas parametrus no nanowatiem un miliwatiem līdz simtiem megawatu pie spriegumiem no mikrovoltiem līdz simtiem kilovoltu. Taču darbs vēl turpinās, jo tāds universāls elektroenerģijas pārveidotājs, kas spētu apmierināt visu patērētāju prasības, vēl nav izstrādāts.

Kāpēc energoelektronika parasti tiek minēta kopā ar elektropiedziņu? Varētu domāt, ka elektriskā piedziņā viss jau sen ir atklāts un izstrādāts, jo pirmais līdzstrāvas elektropiedziņas realizācijas piemērs bija deviņpadsmitā gadsimta pirmajā pusē, kad profesors B. Jakobi 1838.gadā kuģoja ar laivu pret straumi bez burām, bez airiem, bet ar dzenskrūvi, ko grieza elektriskais dzinējs. Pavisam vienkārši runājot, laba elektriskā piedziņa ir ar energoefektīvu ātruma regulēšanu visos iespējamajos dzinēja un mehānisma statiskos un dinamiskos režīmos. Tāda piedziņa ir ļoti dārga. Būtiski ir augstas kvalitātes dzinēji, vadi, kabeli un komutējošā aparatūra, bet energoelektroniskais pārveidotājs ar datorsmadzenēm ir tas, kas regulē enerģijas plūsmu un tās parametrus, lai dzinējs varētu veikt mehānisko darbu tā, kā to pieprasa tehnoloģiskais process. Att. 1 attēlotas energoelektronikas pārveidotāju pielietošanas vietas.

Elektrisko piedziņu var raksturot arī no patērētās elektroenerģijas daudzuma industriāli attīstītās valstīs. Statistikas dati liecina, ka OECD valstīs elektrisko mašīnu sistēmas, jeb elektriskā piedziņa patērē no 60% līdz 70% no visas attiecīgajā valstī izmantotās elektroenerģijas. Un, savukārt, maiņstrāvas piedziņā izmanto ap 95% no visās piedziņās kopā izmantotās enerģijas. Tātad, pat vismazākie uzlabojumi elektrisko piedziņu lietderības koeficientu palielināšanā dod lielu tautsaimniecisku efektu. Energoelektronikas pārveidotāju tandēms ar elektrisko dzinēju elektrisko piedziņu sistēmās ir galvenais pētījumu objekts jau vismaz četrus gadu desmitus un turpināsies vēl daudzus gadus līdz cilvēce iemācīsies veikt mehānisku darbu netradicionāliem līdzekļiem.



Att.1 Energoelektronikas pārveidotāji elektroenerģijas ražošanā un patērēšanas iekārtās

## Galvenie energoelektronikas un kustības vadības pētniecības centri Latvijā

Līdz ar pusvadītāju diožu, tranzistoru un tiristoru parādīšanos tirgū sākās to intensīva izpēte arī Latvijā. 60 – jos gados bija jau nostabilizējušies sekojoši centri:

- Rīgas Politehniskā institūta Elektrotehnikas un enerģētikas fakultātes Elektriskās piedziņas un transporta elektrifikācijas katedra. Te docents E.Blumbergs uzbūvēja pirmos frekvences pārveidotājus ar tiristoriem. Profesors I.Raņķis tad izstrādāja virkni tiristoru – impulsu regulātorus līdzstrāvas vilces elektropiedziņai; Profesors J.Greibulis aktīvi strādāja pie pusvadītāju pārveidotāju shēmu pilnveidošanas un parametru optimizācijas;
- LZA Fizikāli enerģētiskā institūtā A.Kroģera vadībā tika izstrādātas un optimizētas vadāmo taisngriežu un invertoru shēmas. Profesoru V. Apsīša un V. Kucevalova vadībā tika radīta bezkontakta sinhrono induktormašīnu skola;
- Vissavienības vagonbūves Zinātniski - pētnieciskā institūta Rīgas filiāle Rīgas vagonbūves rūpnīcas teritorijā tika izstrādāti jaudīgi tiristoru impulsu pārveidotāji piepilsētas elektrovilcieniem. Docenta L.Birznieka vadībā izveidotās spēka shēmas vēl tagad turpina darboties Latvijas dzelzceļa elektriskajos sastāvos; Dr. A. Docenko vadībā tika strādāts pie divfāzīga jaudīga tiristoru impulsu regulatora izveides;
- Rīgas elektromašīnu rūpnīcas konstruktoru birojs Dr. V.Veicmana vadībā izstrādāja jaunus pusvadītāju pārveidotājus kā piepilsētas elektrovilcienu vilces piedziņām, tā arī vagonu elektroapgādes vajadzībām;
- Jelgavas Lauksaimniecības akadēmijas Tehniskajā fakultātē pētnieku grupa Dr. A. Grunduļa vadībā izstrādāja elektrodzinēju aizsardzības sistēmu pārveidotājus;
- Nelielu pētnieku un konstruktoru kolektīvi šai nozarē bija arī Rēzeknes Elektrosinstrumentu rūpnīcā, Daugavpils pievadķēžu ražošanas uzņēmumā, Liepājas metalurģijas uzņēmumā, kā arī Jelgavas autobusu fabrikā.

Laika gaitā mainījās šo iestāžu nosaukumi, bet spēka elektronikas un elektropiedziņas problēmu pētīšana turpinās jau gandrīz piecus gadu desmitus. Astoņdesmito gadu vidū sākās milzīgas izmaiņas kustības vadības iespējamo pētījumu jomā, jo Rīgā tika uzbūvēta robotu rūpnīca un tika plānots masveidā ražot elektriskos robotus. Taču Latvijas neatkarības iegūšana un privatizācija 90 – to gadu sākumā pilnībā pārtrauca robotu rūpnīcas darbību, kā arī praktiski uz astoņiem līdz desmit gadiem pārtrauca visu bijušo ražojošo lielo uzņēmumu attīstību. Pāreja no plānveida saimniekošanas metodēm uz brīvo tirgu atnesa jaunas iespējas un privātais ražošanas bizness atkal pieprasa jaunus izstrādājumus spēka elektronikā, elektriskā piedziņā un automatizācijā, ko var īsāk nosaukt – industriālā elektronikā.

Kas notiek ar FEI, RTU un LLU spēka elektronikas pētniekiem pēc neatkarības izcīnīšanas totālajā rūpniecības sabrukuma apstākļos?

Zinātnieki vairāk pievēršas teorētiskiem pētījumiem un tiek publicēti daudz darbi ar jaunām idejām, kuras dzimušas analizējot un sintezējot iepriekšējo gadu daudzos eksperimentālos rezultātus.

Kvalitatīvas izmaiņas aprēķinos ievēd datortehnika un brīžiem pat šķita, ka datormodelēšanas rezultāti kļuvis par novitātes apstiprinājumu. Taču, kā vienmēr, eksperiments visu noliek savās vietās.

21.gadsimtā Latvijas spēka elektronikas jomā praktiski darbojas visi iepriekš minētie pētniecības centri, bet ar atšķirīgu intensitāti. Rīgas Tehniskās universitātes Industriālās elektronikas un elektrotehnikas institūts tandēmā ar LZA Fizikāli enerģētiskā institūta Ergoelektronikas un elektrofizisko procesu modelēšanas laboratorijām ir galvenais pētnieciskais spēks Latvijas Republikā.

## **Novitātes elektriskās piedziņas un spēka elektronikas jomās RTU Industriālās elektronikas un elektrotehnikas institūtā**

Jaunumu zinātnē un pētniecībā parasti apstiprina ar izgudrojumu vai atklājumu, kas noformēts tikai savā valstī vai plašāk starptautiski. Atklājumu mums vēl nav, jo pārsvarā nodarbojamies ar pielietojamo zinātni. Bet jaunajā pētnieciskajā tēmā “Vienvadu elektroenerģijas pārvades līnijas”, kur profesora J.Greivuļa vadībā aktīvi darbojas arī doktorants J.Voitkāns, varētu sagaidīt arī atklājumus. Taču autorapliecību un patentu jomā mūsu institūts ir izcils, jo pēdējos trīsdesmit gados ir iegūti 250 patenti un autorapliecības.

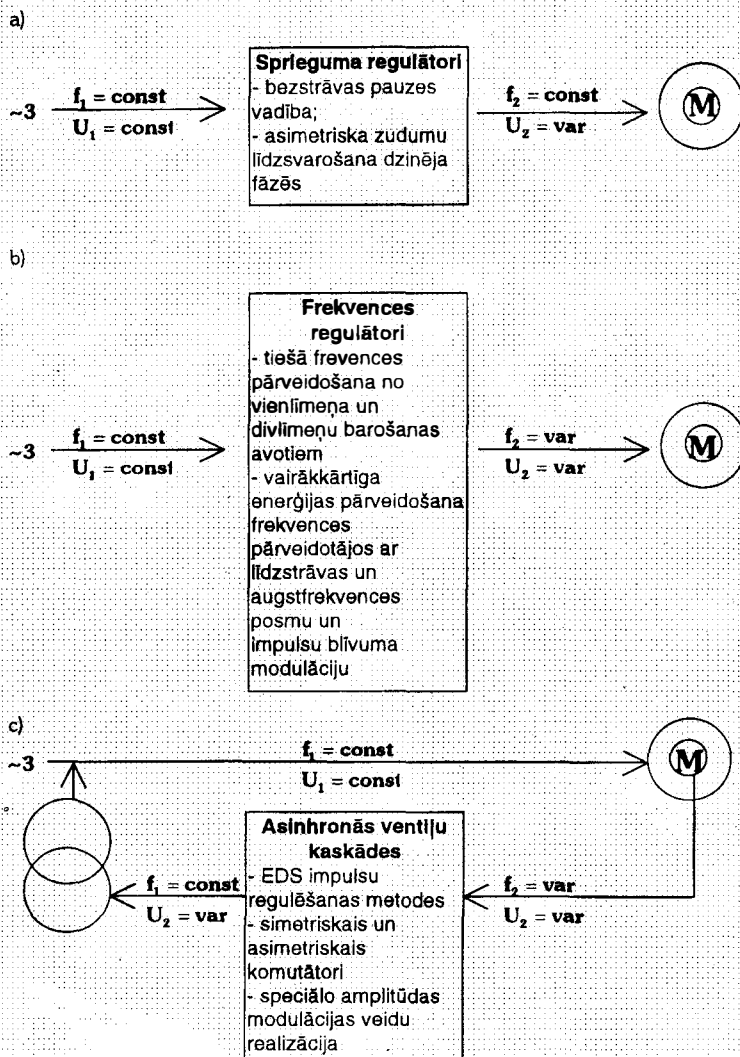
Turpmāk es gribētu raksturot savas izstrādnes un pēc tam mana institūta kolēģu darbus, kas ir savstarpēji saistīti un ļoti bieži arī jaunās idejas ir kolektīvu apspriežu un semināru rezultāts.

### Spēka elektronikas pārveidotāji regulējamā maiņstrāvas piedziņā

Ikvienam jaudas diapazonam atbilstošam racionālās piedziņas veidam ir rasti risinājumi darbības efektivitātes uzlabošanai, pielietojot jaunas pārveidotāju vadības metodes, shēmas un elektroenerģijas pārveidošanas principus. Att. 2 ir parādīti pētniecības virzieni tieši maiņstrāvas piedziņas shēmu un to vadības metožu izstrādē.

### Parametriskās regulēšanas pārveidotāji maiņstrāvas piedziņā

Izstrādāta centrālās sūkņu piedziņa ir tiristoru sprieguma regulatoru, izpētīta un pamatota tiristoru pārveidotāja vadība ar bezstrāvas pauzes leņķa regulēšanu, kas stabilizē izejas spriegumu visā ātruma regulēšanas diapazonā. Izveidots matemātiskais modelis sistēmai – tiristoru sprieguma regulators, asinhronais īsslēgtais dzinējs, centrālās sūkņa un analizēta tās dinamika. Pētījumu rezultātā izstrādāta metodika vadības sistēmas parametru aprēķinam kvazinepārtraukti regulējot ūdens spiedienu.



Att. 2. Grafisks pētījumu virzienu attēlojums maiņstrāvas elektriskā piedziņā

- spēka pārveidotāji ar parametrisku regulēšanu;
- frekvences regulatori ar vienreizēju, divkāršu un trīskāršu enerģijas pārveidošanu;
- spēka pārveidotāji rotora ķēdē.

Izstrādāta daudzfunkcionāla tiristoru asinhronā piedziņa ar dzinēja elektrisko zudumu izlīdzināšanu statora tinumos, ja ir nesimetriskas barošanas avots, kas vienlaicīgi veic ātruma regulēšanu un pārslodzes aizsardzību. Izveidots tiristoru asinhronās piedziņas un tīkla matemātiskais modelis uz ACSL (Advanced Continues Simulation Language) modelēšanas paketes bāzes, veikti sistēmas dinamikas pētījumi un pierādīta šāda pārveidotāja efektivitāte, ja ir dažādas tīkla nesimetrijas pakāpes.

Analizētas un klasificētas tiristoru regulatoru un tiristoru asinhrono piedziņu shēmas un vadības metodes. Izstrādāta sprieguma regulēšanas vadības metožu sintēzes formula. Izpētītas maiņsprieguma pārveidotāju shēmas ar tiristoru mākslīgo komutāciju un iegūtas likumsakarības shēmas parametru aprēķinam atkarībā no regulēšanas diapazona lieluma. Izpētīti asinhrono dzinēju īpašie darbības režīmi, radītas shēmas tiristoru asinhrono dzinēju vadībai no vienfāzes tīkla, divfāzu asinhronā dzinēja simetriskai vadībai bez kondensatora,

pulsējošā momenta veidošanai uz asinhronā dzinēja vārpstas ar normālu un paaugstinātu amplitūdu.

### Regulējama piedziņa ar frekvences pārveidotājiem

Mazas un vidējas jaudas maiņstrāvas piedziņās ekonomiski izdevīgi ir lietot pusvadītāju pārveidotājus, kas regulē maiņspriegumu un tā frekvenci uz dzinēja statora spailēm. Frekvenču pārveidotājos ar izteiktu līdzstrāvas posmu elektroenerģijas plūsma tiek pārveidota divas reizes – taisngriezta un invertēta. Šādu elektroiekārtu invertoros nepieciešama slodzes strāvas komutācija, kas izraisa zudumus pārveidotājā un dzinējā, kā arī rada elektromagnētiskos kropļojumus elektroapgādes tīklos.

Ir izstrādātas efektīvas frekvenču pārveidotāju shēmas, kur elektroenerģiju pārveido trīs reizes: iztaisno, invertē neregulējamā augstfrekvencē ar rezonanses invertoru un pārveido augstfrekvenci regulējamā zemfrekvencē. Šāda pārveidotāja galvenā priekšrocība ir iespēja regulēt izejas frekvenci un spriegumu, pārslēdzot komutācijas elementus, ja slodzes strāvai ir nulles vērtība, kas būtiski samazina komutācijas zudumus. Impulsu blīvuma modulāciju (IBM) var veidot ar vienpolāru vai bipolāru spriegumu formētā izejas sprieguma pusperioda un perioda laikā. Šo pārveidotāju izejas sprieguma augstāko harmonisko analīze pierāda nepieciešamību nesošo rezonanses frekvenci palielināt virs 20 kHz, kas reducē zudumus pārveidotājā. Ir veikta IBM metožu klasifikācija, izveidota oriģināla pārveidotāja shēma un atrasta jauna IBM realizācijas metode, kas nodrošina labāku izejas sprieguma augstāko harmonisko sastāvu.

Mazāki enerģijas zudumi ir vienreizējās jeb tiešās frekvences pārveidošanas procesā. Tāpēc ir atklāta iespēja izveidot tiešo frekvences pārveidotāju ar regulējamu izejas sprieguma frekvenci visā frekvences diapazonā. Teorētiski pamatota daudzfāzu sinusoidālu spriegumu tiešās frekvences pārveidošanas matemātiskā metode, kas balstās uz ieejas un modulācijas funkciju reizinājuma trigonometrisku izteiksmi bāzes.

Praktiskās realizācijas jomā ir pierādītas trīsfāzu tiristoru sprieguma regulatora pielietošanas iespējas tiešās frekvences pārveidošanas procesā, ja ir diskrētas izejas sprieguma frekvences (46,15; 45; 42,86; 40,90; 37,5 Hz u.c.), kas ir tuvu ieejas frekvencei (50 Hz) un zemākām izejas sprieguma frekvences vērtībām (6,25; 3,125 Hz u.c.). Eksperimentāli pārbaudīta šāda pārveidotāja darbība asinhronā piedziņā ar ventilatora tipa slodzēm.

Izstrādāti mikroprocesoru vadības sistēmas algoritmi frekvences regulēšanai, izejas sprieguma impulsu amplitūdas tuvināšanai modulācijas sinusoidai un sprieguma efektīvas vērtības regulēšanai atbilstoši slodzes prasībām. Lai uzlabotu tiešā frekvences pārveidotāja kvalitāti un tuvinātu izejas sprieguma un strāvas formas sinusoidai, izstrādāti: divlīmeņu ieejas sprieguma frekvences pārveidotāja teorētiskais pamatojums, matemātiskais modelis, spēka shēma un tās vadības algoritms.

Sadarbībā ar asociēto profesoru I. Galkinu ir izstrādātas matricas veida frekvences pārveidotāja vadības sistēmas un pusvadītāju slēdžu komutācijas metodes.

### Regulējamas piedziņas ar asinhronās ventiļu kaskādes shēmām

Lielas jaudas centrālās sūkņiem regulējamās piedziņās lieto asinhroniem dzinējiem rotora pusē ieslēgtus pusvadītāju pārveidotājus. Ar asinhrono ventiļu kaskādes (AVK) shēmu regulē EDS rotora tinumā un vienlaicīgi atdod "slīdes jaudu" apgādes tīklam. Lai uzlabotu jaudas koeficientu rekuperējot elektroenerģiju tīklā, izstrādāta virkne AVK spēka shēmas ar dažādiem tīkla vadāmā invertora mērķlīgās komutācijas paņēmieniem.

Izveidotā shēma ar paaugstinātas frekvences komutatoru un īsi slēdzošo tiristoru AVK līdzstrāvas posmā realizē vairākas pārveidotāja vadības metodes, lai uzlabotu jaudas koeficientu. Ir teorētiski pierādīta un praktiski realizēta AVK shēma ar vadības metodi, kas visā ātruma regulēšanas diapazonā uztur maksimālu jaudas koeficienta vērtību.

Slīdes jaudas rekuperācija tīklā notiek impulsu veidā, kas rada ievērojamus kropļojumus vai elektromagnētiskos trokšņus. Tāpēc izstrādātas pārveidotāju shēmas, kas realizē nepārtrauktu

invertējamās strāvas formu. Izmantojot Volša un Serafila funkciju matemātisko aparātu realizāciju ar speciālām AVK shēmā, ir panākta sinusoidālas formas invertējamā strāva. Izstrādāti AVK pārveidotāju un piedziņas shēmu mikroprocesoru vadības principi.

### Tehnoloģisko procesu vadības sistēmas

Centrbēdzes sūkņu piedziņas organiski iekļaujas visos ūdensapgādes kompleksos, kur pirmais efektīvas darbības nosacījums ir automatizācijas jeb SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) sistēmu izveidošana. Pielietotas mikroprocesoru vadības un kontroles sistēmas ūdens spiediena paaugstināšanas sūkņu stacijām. Izveidoti sūkņu staciju vadības algoritmi ūdens spiediena regulēšanai sūkņu stacijas izejā un tīkla diktējošā punktā, kā arī ūdens padeves un rezervuāra līmeņa kontrolei. Izstrādāta virkne jaunu shēmu vadības, kontroles, uzskaites un aizsardzības ķēžu interfeisu iekārtām. Sūkņu piedziņas agregātiem atkarībā no pārveidotāju veida ir izstrādātas vadības sistēmu struktūrshēmas.

Veidojot automatizētas ūdenssūkņu stacijas – uzturot pastāvīgu spiedienu tīkla diktējošā punktā – ir jāievēro hidrauliskie pārejas procesi sazarotā ūdensapgādes tīklā. Ūdens spiediena dinamikas pētījumu rezultāti pierāda kvazinepārtrauktas regulēšanas metodes priekšrocības tīklā ar stohastisku patēriņu. Noteiktas matemātisko cerību robežas sūkņu piedziņu parametriem, lai nodrošinātu aperiodisku ūdens spiediena regulēšanas pārejas procesu. Atklāta hiperboliska sakarība starp ūdens spiediena izmaiņas lielumu un iedarbes laika aizturi, ja ir noteiktas sūkņa griešanās ātruma izmaiņas pakāpes.

Tehnoloģisko procesu automatizācijas jomā ir izstrādāti vadības algoritmi ūdens attīrīšanas tehnoloģiskās līnijas koagulēšanas, filtrēšanas un hlorēšanas posmiem. Ūdens koagulēšanai vadība izstrādāta un ieviesta pēc elektriskās vadītspējas starpības un paliekošā alumīnija lieluma. Ūdens filtrēšanai un hlorēšanai izveidotas kontroles, uzskaites un vadības mikroprocesoru sistēmu darbības algoritmi, izstrādāti elektroiekārtu komplekti.

Analizēti centrālās sūkņu tiristoru asinhronās piedziņas enerģētiskie rādītāji un dota dzinēju izvēles metodika jaunām sūkņu iekārtām, kā arī noteiktas uzstādīto dzinēju regulēšanas diapazonu robežas.

Sadarbībā ar docentu E. Blumbergu desmit gadus tika strādāts pie regulējamu maiņstrāvas piedziņu iekārtu ieviešanas dažādās tautsaimniecības nozarēs, izmantojot frekvences pārveidotājus, ekonomaizerus, plūstošās palaišanas iekārtas un reaktīvās jaudas kompensātorus. Šis pētījumu virziens ir nosaukts par elektropiedziņu sistēmu darbības optimizācijas servisu (DOS). DOS pētījumi balstās uz ekspertu slēdzienu un tehniski – ekonomiskiem aprēķiniem.

Aktuāla problēma regulējamu sūkņu piedziņu automatizācijā ir dzinēju izvēle. Pusvadītāju pārveidotāji darbojas impulsu režīmos, tāpēc izejas spriegums un strāva dzinēja tinumos pēc formas atšķiras no sinusoīdas. Rodas papildus jaudas zudumi elektriskā mašīnā, tādēļ nepieciešams izvēlēties īpašus vai lielākus gabarītu standarta dzinējus, kas nodrošinātu drošu regulējamās piedziņas darbību visā ātruma regulēšanas diapazonā. Ir izstrādāta metodika asinhrono dzinēju izvēlei sūkņu piedziņām ar tiristoru sprieguma regulatoriem un asinhronām ventiļu kaskādēm.

Ekspertu sistēmu izstrāde dzinēju un elektroiekārtu izvēlē ir ļoti aktuāla tēma kompleksu ražotņu un to tehnoloģisko procesu projektēšanā un realizācijā.

### Speciālas elektriskās mašīnas un elektromehāniskie pārveidotāji

Izstrādāta virkne elektromašīnu devēju dzinēju ātruma, paātrinājuma un slodzes momenta mērīšanai. Izveidoto konstrukciju pamatā ir bezkontakta sinhronā induktora tipa mikromašīna. Mērījumu kvalitāte tiek uzlabota īpaši izdalot un mērot augstākās pāra harmoniskās.

Pirmā veida ātruma devējiem ir trīs raksturīgas konstruktīvās pazīmes:

1. rotorā ir divas ķetnveida polu sistēmas ar pretēju polaritāti;
2. nekustīgs gredzenveida ierosmes tinums novietots pie gala vāka;
3. statora zobu skaits un rotora zobu skaits pie katras gaisa spraugas tiek aprēķināts atbilstoši izdalāmās augstākās harmoniskās kārtas numuram.

Otrā veida ātruma devējiem katrā magnētiskā sistēmā ir vairākas paketes, ko nosaka izdalāmās harmoniskās numurs, un rotora paketes attiecībā pret statora paketēm ir aksiāli nobīdīta par noteiktu ģeometrisku leņķi. Šiem devējiem ir paaugstināta precizitāte, jo tiek samazinātas mērījumu kļūdas, kas rodas ekscentricitātes un rotora dalījuma nevienmērīguma dēļ.

Realizēta ideja par darba mašīnas apvienošanu ar ātruma devēju vienā korpusā, neizmantojot dzinēja vārpstu. Īpaši aktuāli centrālās sūkņu piedziņām, kas ievietotas dziļurbumos. Tāpēc izveidoti magnētiski saistīti ātruma devēji, kas konstruktīvi apvieno asinhronā dzinēja un induktortipa mikromašīnas – tahogenerators magnētiskās ķēdes.

Veidojot automātiskas vadības sistēmas centrālās sūkņu agregātiem, lielas problēmas rada cauruļvadu aizbīdņu atvēršanas un aizvēršanas elektropiedziņas darbība. Tāpēc izstrādāts elektromašīnu devējs. Lai noteiktu cauruļvadu aizbīdņu stāvokli, izstrādāti elektromagnētiskie lineārā pārvietojuma mērītāji.

Ja sūkņu agregāti nepareizi izslēgti, cauruļvados veidojas hidrauliskie triecieni un vibrācijas. Tāpēc izstrādātas shēmas cauruļvadu vibrācijas devējiem uz pjezokeramikas elementu bāzes. Sadarbībā ar LZA FEI zinātniekiem V. Pugačevu un N. Levinu ir radītas vairākas jaunas lēngaitas induktormašīnu konstrukcijas ar samazinātu svaru, kā arī speciālu ģeneratori vēja enerģētiskām iekārtām.

#### Spēka elektronikas pārveidotāju vadības sistēmas elementi

Vadības sistēmu kvalitātes uzlabošanai pusvadītāju pārveidotājos, sūkņu piedziņu elektroiekārtās un automatizētās stacijās ir izstrādātas analogās un diskretās shēmas. Izveidotas filtru shēmas ar paaugstinātu lietderības koeficientu un ātrdarbību. Izstrādātas žāgveida impulsu ģenerators shēmas ar paaugstinātu linearitāti un precīzu sinhronizāciju, impulsu ģeneratoru shēmas ar paaugstinātu drošības impulsu formēšanai, kas taisnstūra impulsus pārveido augstfrekvences “impulsu pakete”, ģenerējot drošas “impulsu paketes” un pārveidojot analogo signālu diskretas formas sprieguma impulsos ar amplitūdas modulāciju. Tiristoru vadības signālu formēšanā būtiska vieta ir blokingeneratoram. Izveidotas shēmas, kas nodrošina paaugstinātu ģenerācijas frekvenci un stabilitāti, palielinātu impulsu jaudu, uzlabotu impulsu priekšējo fronti un paaugstinātu drošumu pret traucējumiem. Autonomo invertoru vadības ķēdēs pielieto multivibrātorus, kas noteic pārveidotāja darbības kvalitāti. Izveidotas shēmas, kas paaugstina izejas impulsu jaudu, palielina impulsu priekšējās frontes stāvumu, stabilizē ģenerētos impulsus un to frekvenci.

#### Pētījumi energoelektronikā profesora Ivara Raņķa vadībā

Profesors I. Raņķis veic pētījumus spēka elektronikas jomās ne tikai elektrotransportā, bet arī regulējamā asinhronā piedziņā, kur viņa vadībā docente A. Žiravecka ir pētījusi asinhronās elektropiedziņas plūstošu palaišanu ar tiristoru maiņstrāvas regulatoriem un izstrādājusi elektrodzinēju parametru noteikšanas sistēmu un palaišanas algoritmus, ievērojot strāvas termiskās iedarbības faktorus.

Dr. A. Purviņš, akadēmiķa I. Matīsa un profesora I. Raņķa vadība, ir veicis elektrisko un magnētisko statisko lauku parciālos risinājumus sarežģītās neviendabīgās vidēs ar integrālvienādojumu metodi. Ir izstrādātas precīzas aprēķinu metodes atklātu magnetostatisku sistēmu matemātiskā modelēšanā, kā arī aprēķinu metodes neekranētu elektrostātisku sistēmu modelēšanā un praktisku uzdevumu risināšanā.



Profesors I. Raņķis sadarbībā ar Rīgas elektromašīnbūves rūpnīcu tika pētījis vēja ģeneratora jaudas optimizācijas iespējas. Pētījumu rezultātā tika izveidota un ieviesta ražošanā jaudas optimizācijas tranzistoru pārveidotājiekārta. Saņemti vairāki LR patenti. Viņa vadībā ir izveidoti lieljaudas tiristoru sprieguma stabilizatori apgaismes tīklu spriegumu stabilizācijai un uzstādīti vairākos uzņēmumos.

Profesors I. Raņķa vadībā tiek veikti VAS Latvenergo pasūtīti pētījumi reaktoru jaudas regulēšanā elektropārvades sistēmās. Viņa vadībā ir veikti pētījumi ar tīklu saistīto pārveidotāju modulācijas laukā, kas ļautu uzlabot pārveidotāju elektromagnētisko saderību ar tīklu. Izveidota sistēma maiņstrāvas elektrovilciena enerģētisko parametru uzlabošanai.

Jaunākie pētījumi ir modulējamā tranzistoru vadītā transformatora izveidē, pielietojot tā saucamos maiņstrāvas tranzistorus. Izstrādāts tiešās pārveides modulētais transformators ar jaudu līdz 200 W, kas ļautu atrisināt apgaismes sistēmu pārveidotāju minimizācijas problēmas.

#### Pētījumi elektropiedziņā un energoelektronikā profesors Jāņa Greivuļa vadībā

Profesors J. Greivulis savā zinātniskā darbībā pēdējos gados ir pievērsies šādām tēmām:

- kuģu iekārtu diagnostika, ietverot dīzeļdzinēju kā galveno mezglu (datu datorapstrāde);
- elektrisko mašīnu gultņu diagnostika;
- dīzeļvilciena G-D sistēmas pilnveidošana;
- strāvas invertoru pielietojums sinhrono dzinēju pieres daļu speciālos tinumos palaišanas un bremzēšanas procesos;
- vienvadu elektroenerģijas pārvades līnijas (struktūra, galvenie raksturojumi, slēgumi);
- mikropiedziņas pētīšana taktīlā attēla iegūšanai cilvēkiem ar vāju redzi (Ni-Ti sakausējumi ar atmiņas fenomenu).

Profesors J. Greivuļa vadībā Dr. R. Graf ir izstrādājis metodi reljefā attēla veidošanai taktilogrāfiskajā Braula displejā, pamatojoties uz stāvokļa matricu speciālu sakausējumu stieplēm ar atmiņas īpašībām.

Dr. A. Terebkovs ir izstrādājis elektropiedziņas optimizācijas un vadības metodes ar Serafila funkcijas pielietojumu, izveidojis jaunu bezkontakta induktoru pārveidotāju un pjezodzinēju konstruktīvos risinājumus, kā arī izstrādājis dīzeļdzinēju diagnostikas metožu uzlabojumus.

Profesors J. Greivulis un profesors I. Raņķis ir izstrādājuši monogrāfiju "Iekārtu vadības elektroniskie elementi un mezgli", kas ir svarīgs ieguldījums teorētiskās un pielietojamās bāzes nostiprināšanā spēka elektronikā.

#### Sadarbība ar Transporta un mašīnzinību fakultātes Dzelzceļa transporta institūtu

Aktīva sadarbība man veidojas ar RTU TMF Dzelzceļa institūta asociētiem profesoriem L. Sergejevu un A. Ļevčenkovu. Asoc. Profesores L. Sergejevas vadībā Dr. M. Mežītis ir izstrādājis jaunu dzelzceļa vilcienu kustības vadības mikroprocesoru sistēmu drošības koncepciju un algoritmus.

Asociētā profesora A. Ļevčenkova vadībā Dr. N. Kuņicina ir izstrādājusi programmu aģentu modelēšanas metodes elektroapgādes loģistikas sistēmās izmantojot globālo tīklu. Metodika nodrošina lēmuma pieņemšanas procedūras organizāciju elektroapgādes liberalizētā tirgus apstākļos.

Spēka elektronikas un regulējamas piedziņas pārveidotāju vadības sistēmās tiek pētīta izplūdušās loģikas kontroleru pielietošanas efektivitāte tos realizējot ar signālprocesoriem vai neirālo tīklu specializētajās vidēs.

Mākslīgā intelekta jeb ekspertu sistēmu izstrāde elektroiekārtās dzinēju un pārveidotāju izvēlē ir aktuāla tēma un pirmie pētījumi šai jomā arī tiek veikti.

#### Sadarbība ar Enerģētikas un elektrotehnikas fakultātes Enerģētikas institūtu

Profesors J. Dirba aktīvi strādā pie maiņstrāvas elektrisko mašīnu speciālo un dinamisko režīmu izpētes, ir sarakstījis divas monogrāfijas. Viņa vadībā Dr. E. Ketnere ir pētījusi maiņstrāvas elektrisko mašīnu dinamiskos režīmus, izstrādājusi funkcionālos modeļus un ekvivalentās dinamiskās slodzes noteikšanas metodiku, kā arī nesimetrisko režīmu aprēķinu metodiku. Dr. N. Roldugina ir veikusi sinhrono dzinēju speciālo režīmu regulēšanas likumu optimizāciju, nodrošinot uzdotās raksturliķnes realizāciju un zudumu minimizāciju.

Profesors J. Barkāns aktīvi strādā pie energotaupīšanas jautājumiem elektroenerģijas ražošanas un izmantošanas elektroiekārtās. Ir uzrakstījis vairākas monogrāfijas. Viņa vadībā Dr. I. Zicmane ir pētījusi HES ūdens režīmu vadīšanu un prognozēšanu. Atklāts, ka saules intensitātes procesa izmaiņas ir globāls faktors, kas iespaido upju gada caurplūstamību un līdz ar to saražotās elektroenerģijas daudzumu.

Profesora A. Sauhata vadībā RTU Enerģētikas institūtā daudz pētījumu tiek veikti energosistēmu relejaizsardzības un pretavāriju automātikas sistēmu elektroiekārtu izstrādē un to komercializācijā. Te spēka elektronikas pārveidotāji tiek izmantoti kvalitatīvošs barošanas blokos.

Pēdējos gados ļoti aktuāla ir augstsprieguma jaudīgu pusvadītāju pārveidotāju izmantošana pārvades un sadales līniju reaktīvās jaudas kompensēšanā vai vienkārši jaudas plūsmas regulēšanā.

Sadarbībā ar EEF EI zinātniekiem profesoru A. Sauhata un V. Čuvičina vadībā tiek strādāts pie Eiropas Savienības 6. Ietvara programmas integrētā projekta EU DEEP izpildes. Šis projekts ir viens no lielākajiem Eiropā, veltīts sadalītās elektroenerģijas ražošanas ietekmes izpētei uz lielām energokompānijām brīvā tirgus apstākļos.

#### Sadarbība ar LZA Fizikālā enerģētiskā institūta zinātniekiem

Zinātniskā sadarbība ar LZA FEI notiek divos galvenos virzienos:

- universālas teorijas izstrāde elektroenerģijas parametru regulēšanā un spēka pārveidotāju energoefektivitātes paaugstināšana tiek veikta kopā ar FEI Energoelektronikas laboratorijas pētniekiem Dr. J. Stabulnieku, Dr. L. Rutmani un Dr. L. Latkovski;
- Speciālu lēngaitas sinhrono un asinhrono mašīnu izstrāde alternatīvās enerģētikas iekārtām tiek veikta sadarbībā ar FEI Elektrofizisko procesu modelēšanas laboratorijas pētniekiem profesoru V. Pugačevu un profesoru N. Levinu. Šo profesoru vadībā Dr. M. Manonovs ir izstrādājis mazas jaudas vēja enerģētiskās iekārtas ar bezreduktoru lēngaitas ģeneratoru.

#### **Nākotnes perspektīvas energoelektronikas un elektropiedziņas zinātniskā pētniecībā**

Pusvadītāju pārveidotāju izveidē jauns kvalitatīvs lēciens tiek gaidīts sakarā ar uz SiC bāzes izveidotajiem slēdžu elementiem. SiC diodes un tranzistori ir ļoti ātrdarbīgi un strādā giga hercu diapazonā. Tas savukārt ļauj samazināt visu pasīvo elementu izmērus un svaru.

Jaunas programmējamas loģikas iekārtas (FPGA) paver iespējas būtiski vienkāršot vadības sistēmu izveidi.

Intensīvs darbs pie daudzlīmeņu pārveidotājiem ir ļāvis izstrādāt augstsprieguma pusvadītāju pārveidotājus darbam sadales un pārvades tīklos. Jaudas plūsmas kontroleri ir jauna pusvadītāju pārveidotāju pielietošanas sfēra sadalītas un izkaisītas elektroenerģijas ražošanas (DER) sistēmās.

Matricas veida pusvadītāju pārveidotāji, kas ļauj tieši pārveidot daudzfāzu maiņstrāvas frekvenci bez līdzstrāvas posma, ir ātrdarbīgi, energoefektīvi un paver plašas iespējas maiņstrāvas piedziņu kvalitātes paaugstināšanā.

Jauna veida un konstrukciju elektrisko dzinēju izveidi paver jauni mīkstie magnētiskie kompozītmateriāli.

Jauna un neizpētīta ir spēka elektronikas pārveidotāju sintēze ūdeņraža enerģētikas iekārtās. Mākslīgais intelekts ekspertu sistēmās un izplūdušās loģikas kontroleri ir jomas nākotnes pētījumiem energoelektronikas pārveidotāju un regulējamu piedziņu vadības sistēmās.

## Izmantotās literatūras saraksts

1. Грейвулис Я.П., Рыбицкий Л.С. Тиристорный асинхронный электропривод для центробежных насосов. - Рига: Зинатне, 1983. - 218 с. (Greivulis J., Ribickis L. Tristoru asinhronā piedziņa centrālās sūkņu iekārtās. - Rīga: Zinātne, 1983, 218 lpp.)
2. Грейвулис Я.П., Авкштоль И.В., Рыбицкий Л.С. Асинхронно - вентильный каскад с улучшенными энергетическими показателями. - Рига: Зинатне, 1991. - 217 с. (Greivulis J., Avkštols I., Ribickis L. Asinhronās ventīļu kaskādes ar uzlabotiem enerģētiskiem rādītājiem. - Rīga: Zinātne, 1992, 217 lpp.)
3. Рыбицкий Л.С. Регулирование скорости вращения асинхронных короткозамкнутых двигателей средней мощности для привода центробежного насоса// Изв. АН Латв.ССР. Сер. Физ. и техн. наук. - 1976. - 3. - с. 92-96.
4. Рыбицкий Л.С. Особенности тиристорного регулирования асинхронных двигателей, приводящих центробежные насосы городских водонасосных станций// Электротехника. - Рига: РПИ, 1977. - Вып. 11. - с. 72-82.
5. Рыбицкий Л.С. Блумбергс Э.А. Тиристорные регуляторы переменного напряжения с улучшенными нагрузочными характеристиками// Изв. АН Латв.ССР Сер. физ. и техн. наук. - 1977. - 6. - с. 81-85.
6. Рыбицкий Л.С., Попов М.И., Труханов А.Н. Некоторые исследования тиристорного регулятора переменного напряжения с искусственной коммутацией// Моделирование и автоматизация электрических систем. - Рига: РПИ, 1979. - с. 114-120.
7. Рыбицкий Л.С., Грейвулис Я.П. Гармонический анализ напряжений и токов в тиристорном асинхронном электроприводе при управлении углом бестоковой паузы тиристорov// Проблемы электромагн. совещ. силовых полупроводниковых преобр.: Тез. докл. научн.-техн.совещ. - Таллинн: Ин-т термofиз. и электрфиз АН ЭССР, 1981. - с.69-70.
8. Рыбицкий Л.С. Исследование тиристорного асинхронного электропривода центробежного насоса при дискретно-ступенчатом регулировании: Автореф. дис. канд. техн. наук. - Минск: Белорусский политехн. ин-т, 1980. - 24 с. (Ribickis L. Centrālās sūkņu tristoru asinhronās piedziņas izpēte ar rakāpienveidīgu diskretu regulēšanu. ТЗК autoreferāts. - Minska: Bālkrievijas Politehniskais institūts, 1980, 24 lpp.)
9. Рыбицкий Л.С. Аналоговая модель тиристорного асинхронного электропривода центробежного насоса // Periodica Polytechnica Electrical engineering. - Budapest: VTU, 1981. - Vol.25, Nr.1. - P.55-67.
10. Rybitsky L., Muljadi E. Induction Machine Phase Balancing by Unsymmetrical Voltage Control for General Case of Unbalance// Proc. of WEMPEC Review Meeting University of Wisconsin, Madison, USA, April 22, 1987. - Madison, 1987. - p. 88-92.
11. Ribickis L. Induction Machine Phase Balancing by Unsymmetrical Voltage Control. - Madison: University of Wisconsin-Madison, USA, WEMPEC, 1987, 63 p.
12. Рыбицкий Л.С. Классификация и математическое описание способов тиристорного регулирования переменного напряжения// Моделирование и автомат. электр. систем. - Рига: РПИ, 1983. - с.49-56.
13. А.с. 888317 СССР, МКИ Н02 Р 5/40. Электропривод центробежного насоса/ Я.П.Грейвулис, Л.С.Рыбицкий, Э.А.Блумбергс; РТУ-287812/24-07; Заявлено 05.02.80; Оpubл.07.12.81, Бюл. 45. - 3 с.: ил. УДК 621.313.333.077.
14. А.с. 1112514 СССР, МКИ Н02 Р 1/42. Способ управления трехфазным асинхронным электродвигателем/ Я.П.Грейвулис, Л.С.Рыбицкий, И.В.Авкштоль, Э.А.Блумбергс; РТУ - 3512569/24-07; Заявлено 17.11.82; Оpubл. 07.09.84; Бюл. 33. - 4 с.: ил. УДК 621.316.717.
15. А.с. 1112515 СССР, МКИ Н02 Р 1/42. Способ управления двухфазным асинхронным электродвигателем/ Я.П.Грейвулис, Л.С.Рыбицкий, Э.А.Авкштоль, Я.А.Дирба; РТУ - 3512570/24-07; Заявлено 17.11.82, Оpubл. 07.09.84, Бюл. 33. - 4 с.: ил. УДК 621.316.717.
16. А.с. 1192084 СССР, МКИ Н02 Р 1/26. Способ возбуждения маятниковых колебаний двухфазного асинхронного двигателя/ Я.П.Грейвулис, И.В.Авкштоль, Л.С.Рыбицкий; РТУ - 3673848/24-07; Заявлено 19.12.83; Оpubл. 15.11.85, Бюл. 42. - 3 с.: ил. УДК 621.313.333.
17. А.с. 1352608 СССР, МКИ Н02 Р 7/62. Способ возбуждения маятниковых колебаний ротора двухфазного асинхронного двигателя/ Я.П.Грейвулис, И.В.Авкштоль, Л.С.Рыбицкий; РТУ - 4046030/24-07; Заявлено 28.03.86; Оpubл. 15.11.87, Бюл. 42. - 4 с.: ил. УДК 621.313.17.
18. Рыбицкий Л.С., Рутманис Л.А. Метод формирования кривой выходного напряжения в приводах переменного тока// Современные проблемы электромеханики: Тез. докл. Всесоюз. конф.-Москва: МЭИ, 1989. - Ч.11. - с.91-92.
19. Рутманис Л.А., Стабулниекс Я.П., Рыбицкий Л.С., Лиепиньш М.М., Морс Д.Г. Методы уменьшения динамических возмущений в квазичастотных регуляторах напряжения// Пробл. электромагн. совместим. силовых полупроводник. преобразоват.: Тез. докл. научн.-техн. совещ. - Таллинн, 1990. - С.32-33.
20. Ribickis L., Rutmanis L. A novel approach to control output voltage waveform of static converter// PEMS' 90 Proceedings of the 6th Conf. on Power Electronics and Motion Control. - Budapest, Hungary, 1990. - Vol. 1. - P.895-897.
21. Рутманис Л.А., Стабулниекс Я.П., Рыбицкий Л.С., Морс Д.Г., Лиепиньш М.М. Процессы непосредственного преобразования частоты // Пробл. преобразоват. техники: Тез. докл. 5-ой Всесоюз. научно - техн. конф. - Киев, 1991. - Ч.3. - с.140-142.
22. Рыбицкий Л.С., Рутманис Л.А., Морс Д.Г., Лиепиньш М.М. Метод формирования кривой выходного напряжения преобразователя в приводах переменного тока// Новые разновидности электропривода и возможности их применения: Тез. докл. Международн. конф. Таллинн, 1990. - С.55-59.
23. Рутманис Л.А., Рыбицкий Л.С., Морс Д.Г., Лиепиньш М.М. Квазичастотное преобразование// Proc. of Int. Conf. on Semiconductors in Energetics, Riga, Latvia, 1991. - P.64-65.
24. А.с. 1721778 СССР, МКИ Н02 Р 7/42. Способ управления асинхронным электроприводом/ Д.Г.Морс, Л.С.Рыбицкий, Л.А.Рутманис. - Заявлено 09.10.89; Полож. реш. 27.11.90. - 2 с. УДК 621.313.333(088.8).
25. Ribickis L., Liepins M., Rutmanis L., Stabulnieks J. Alternative Solution of Direct Frequency Conversion for AC Drives// IEEE International Symposium on Industrial Electronics ISIE' 93 - Budapest, Hungary, June 1-3, 1993. - P.440-442.
26. Rutmanis L., Stabulnieks J., Ribickis L., Liepins M. An alternative solution for a direct frequency conversion concept and research method// Latvian Journal of Physics and Technical Sciences. - 1993. - 3. - P.67-72.
27. Гришкян Ф.В., Рыбицкий Л.С. Выходное напряжение преобразователя со звеном высокой частоты при модуляции плотности импульсов// Пробл. электромагн. совместимости силовых полупровод. преобразоват. Тез. докл. 4 научно-техн. совещания - Таллинн, 1990, с. 18-21.
28. Гришкян Ф.В., Рыбицкий Л.С. Расчет коэффициентов ряда Фурье для выходного напряжения преобразователя частоты со звеном повышенной частоты// Новые разновидности электропривода и возможности их применения: Тез. докл. Международн. конф. - Таллинн, 1990. - с. 60-63.
29. Гришкян Ф.В., Рыбицкий Л.С. Анализ методов высокочастотной модуляции выходного напряжения инверторов в частотных электроприводах // Автоматизация электродвижения и Технологичните Процеси. - Тез. докл. международн. научно - техн. конф. - Варна, 1990. - с.22-30.
30. Гришкян Ф.В., Лиепиньш М.М., Рыбицкий Л.С. Анализ применения модуляции плотности импульсов в преобразователях частоты асинхронного электропривода// Latvian Journal of Physics and Technical Sciences. - 1991. - 1. - P.24-32.
31. А.с.1721759 СССР, МКИ Н02 М 7/48. Способ управления инвертором с широтно импульсной модуляцией/ Ф.В.Гришкян, Л.С.Рыбицкий, Я.П.Грейвулис, С.С.Петров. - Заявлено 25.01.90; Полож. реш. 26.12.90. - 1 с. УДК 621.314.27 (088.8).
32. Авкштоль И.В., Грейвулис Я.П., Рыбицкий Л.С. АВК с искусственной коммутацией одной группы тиристорov// Изв. АН Латв. ССР. Сер. физ. и техн. наук. - 1984. - 5. - с.116-125.
33. Ribickis L., Greivulis J. Centrifugal pump drive with slip power recovery// 5-th Power Electronic Conf., Budapest'85, October 21-25, 1985.-Budapest, 1985. - P.265-272.
34. Грейвулис Я.П., Авкштоль И.В., Рыбицкий Л.С. АВК с периодическим замыканием роторной цепи// Изв. АН Латв. ССР. Сер.Физ. и техн. наук.- 1985. - 4. - с.115-122.
35. Авкштоль И.В., Грейвулис Я.П., Рыбицкий Л.С. Преобразователь с амплитудной модуляцией// Проблемы эл. манитной совместимости силовых полупроводниковых преобразователей: Тез. докл. Всесоюзного научно-техн. совещ. АН ЭССР. - Таллинн, 1986. - Ч.11. - с.146-149.

36. Ribickis L., Greivulis J. Induction motor control of centrifugal pump drive with the sub synchronous converter cascade// Proceeding of International Conference on Evolution and Modern Aspects of Induction Machines, Torino, Italy, July 8-11, 1986.-Torino, 1986.- P. 610-613.
37. Ribickis L., Greivulis J., Avkshohl I. Sub-synchronous converter cascade with amplitude modulation of inverted current // Proc. of European Conference on Power Electronic Application, Grenoble, France, September 15-17, 1987.- P.364-368.
38. Рыбицкий Л.С., Грейвулис Я.П., Авкшголь И.В., Зитарс У.А. Электропривод центробежного насоса по схеме асинхронно-вентильного каскада// Изв.АН Латв.ССР.Сер.физ.и техн.наук. -1987.-4. -с.121-125.
39. Система управления АВК с использованием функции Уолла/Я.П.Грейвулис, У.В.Ивбулс, И.М.Цубергс,Л.С.Рыбицкий. - Рига, 1990.- 13 с.- Ден. в ЛатНИИТИ 17.12.89, 163 - Ла.
40. Ribickis L., Ivbulis U., Greivulis J., Petrov S. Static Kraemer Drive with Specially Designed Voltage Inverter// Proc. of 4-th European Conference on Power Electronics and Application; Firenze, Italy, 1991.- P. 301-305.
41. А.с.1092689 СССР, МКИ НО2 Р 7/62. Асинхронный вентильный каскад/ Я.П.Грейвулис, И.В.Авкшголь, Л.С.Рыбицкий, И.Я.Ранькис; РТУ - 3572636/24-07; Заявлено 04.04.83; Опубл.15.05.84, Бюл. 18.- 8 с.: ил. УДК 621.313.333.
42. А.с. 1108599 СССР, МКИ НО2 Р 7/62. Асинхронный вентильный каскад/ Я.П.Грейвулис, И.В.Авкшголь, Л.С.Рыбицкий; РТУ - 3588104/24-07; Заявлено 12.05.83; Опубл.15.08.84., Бюл. 30.- 5 с.: ил. УДК 621.313.333.
43. А.с. 1104634 СССР, МКИ НО2 Р 7/62. Асинхронный вентильный каскад/ Я.П.Грейвулис, И.В.Авкшголь, Л.С.Рыбицкий; РТУ - 3580197/24-07; Заявлено 15.04.83; опубл. 23.07.84, Бюл. 27.- 5 с.: ил. УДК 621.313.333.
44. А.с. 1252904 СССР, МКИ НО2 Р 7/62. Асинхронный вентильный каскад/ Я.П.Грейвулис, И.В.Авкшголь, Л.С.Рыбицкий; РТУ - 3591561/24-07; Заявлено 19.05.83; Опубл. 23.08.86, Бюл. 31.- 4 с.: ил. УДК 621.313.333.
45. А.с. 1272465 СССР, МКИ НО2 Р 7/74. Асинхронный вентильный каскад/ Я.П.Грейвулис, И.В.Авкшголь, Л.С. Рыбицкий; РТУ - 3609279/24-07; Заявлено 23.06.83; Опубл. 23.11.86, Бюл. 43.- 5 с.: ил. УДК 621.313.333.072.9.
46. А.с. 1272466 СССР, МКИ НО2 Р 7/74. Асинхронный вентильный каскад/ Я.П.Грейвулис, И.В.Авкшголь, Л.С.Рыбицкий; РТУ - 3715978/24-07; Заявлено 27.01.84; Опубл. 23.11.86, Бюл. 43, - 4 с.: ил. УДК 621.313.333.072.9.
47. А.с. 1356173 СССР, МКИ НО2 Р 7/74. Асинхронный вентильный каскад/ Я.П.Грейвулис, И.В.Авкшголь, Л.С.Рыбицкий; РТУ - 3874260/24-07; Заявлено 26.03.85.; Опубл.30.11.87., Бюл. 44.- 3 с.: ил. УДК 621.131.333.
48. А.с.1131012 СССР, МКИ НО2 Р 7/46. Способ регулирования скорости асинхронного двигателя в структуре асинхронно-вентильного каскада/ Я.П.Грейвулис, Л.С.Рыбицкий, И.В.Авкшголь; РТУ - 3584482/24-07; Заявлено 28.04.83; Опубл. 23.12.84, Бюл. 47.- 4 с.: ил. УДК 62.83-57:621.313.333.062.4.
49. Грейвулис Я.П., Бамбе У.Я., Рыбицкий Л.С. К вопросу регулирования скорости вращения центробежных насосов на повышающих водонасосных станциях в сети городского водоснабжения//Моделирование и автоматиз. электр. систем.-Рига:РПИ, 1979.-с.107-113.
50. Блумбергс Э.А., Рыбицкий Л.С. Метод линеаризации нагрузочных характеристик асинхронных двигателей при выборе регулируемого привода центробежных насосов// Электроэнергетика. -Рига: РПИ, 1977. - Вып. 11.- с. 83-86.
51. Грейвулис Я.П., Рыбицкий Л.С. Регулирование скорости вращения центробежных насосов на повысительных водонасосных станциях в сети городского водоснабжения., Prace Naukowe Instytutu Ukladow Elektromasz. Politechniki. Wroclawskiej, 1979. -№г. 31.-P.63-69.
52. Грейвулис Я.П., Рыбицкий Л.С. Система управления асинхронного электропривода центробежных насосов водопровода// Моделирование и автоматизация электрических систем. - Рига: РПИ 1979.- с.87-94.
53. Рыбицкий Л.С. Исследование квазинепрерывной системы регулирования давления воды при дискретно-ступенчатом изменении скорости вращения тиристорного асинхронного электропривода центробежного насоса// Моделирование и автоматизация электрических систем. -Рига: РПИ, 1981.- С. 112-126.
54. А.с. 1592640 СССР, МКИ А 17 Д 5/02. Устройство для определения утечек в трубопроводах жидкости/ Я.П.Грейвулис, Я.Ф.Бажбауэр, Я.И.Кузьмин, Л.С.Рыбицкий, А.Я.Янсонс; РТУ - 438538/23-29; Заявлено 29.02.88; Опубл. 15.09.90, Бюл. 34.- 3 с.: ил. УДК 621.643.
55. Грейвулис Я.П., Рыбицкий Л.С., Пумпурс А.Я. Микропроцессорная система управления ТП коагулирования с использованием оптико-волоконных модулей// Автоматиз. эл. технологич. процессов в гибких произв. системах машиностр. на основе полупроводниковых преобраз.частоты: Сб.тез. У1 Всес.научно-техн.конф. -Уфа, 1988. -С.122-123.
56. Ribickis L. Mikroprocesori dabas un tehnoloģisko procesu vadībā// Vispasaules latviešu zinātņu kongresa tēžu krājums. - Rīga, 1991. -5.d.,-107.lpp.
57. Ribickis L. Maiņstrāvas elektropiedziņu un tehnoloģisko procesu vadības sistēmu izstrādes elektromehatronikas laboratorijā// Vispasaules latviešu zinātņu kongresa tēžu krājums. - Rīga, 1991. -1.d.,-83.lpp.
58. Ribickis L., Pumpurs A. Microprocessor Control System in Riga Municipal Plant, Water Supply and Sewerage// International conference integrated computer applications in water supply distribution 1993, Leicester, UK, September 1-3, 1993. - Leicester, 1993. - P.443-455.
59. Greivulis J., Petrov S., Ribickis L. Contactless synchronous pickups operating of higher harmonics// Proc. of Electrical Drive Sym., Cagliari, Italy.- Cagliari, 1987. -P.187-193.
60. Ribickis L., Petrov S., Greivulis J. Analysis of reluctance pickups with non-uniform tooth pitch of rotor// Proc. of International Conference on Electrical Machines, September 12-14, 1988, Pisa, Italy.- Pisa, 1988.- Vol.3.-P.15-17.
61. Ribickis L., Petrov S., Greivulis J. Contactless Reluctance Pickups of Electric Drives Angular Speed, Acceleration an Torque// Proceedings of 6th Conference on Power Electronics and Motion Control.- Budapest, Hungary, October 1-3, 1990. - Vol. 2.- P.532-536.
62. Петров С.С., Грейвулис Я.П., Рыбицкий Л.С. Принципы построения индукторного датчика с двухвинтовым ротором для контроля скорости электрических машин двойного движения// Изв. АН Латв.ССР. Сер.физ.и техн. наук. - 1990.- 6.- С. 94-99.
63. Ribickis L., Petrov S., Greivulis J. Design Principles for Higher Harmonics Multiple Frequency Reluctance Pickups in Electrical Drive //Proc. of Electrical Drive Symp. 1990: Capri, Italy.- Capri, 1990.-Vol. 2.- P. 454-459.
64. Ribickis L., Petrov S., Greivulis J., Pugachev V. Inductor Generator With the Cantilever Rotor// Proc. of International Conference on the Evolution and Modern Aspects of Synchronous Machines, Zurich, Switzerland, August 27-29, 1991. - Part 3. - P.865-869.
65. Петров С.С., Пугачев В.А., Грейвулис Я.П., Рыбицкий Л.С. Характеристики индукторных генераторов с консольным ротором// Латв. физ. техн. журнал - 1991.-3.-С.110-117.
66. Петров С.С., Пугачев В.А., Рыбицкий Л.С., Грейвулис Я.П., Мультишкационно-концентрические обмотки в аксиальной индукторной машине с гребенчатой зубовой зоной// Латв. физ. техн. журнал - 1992.- 2.- с. 90-98.
67. А.с.1582288 СССР, МКИ НО2 К 23/66. Совмещенный коллекторный двигатель- тахогенератор/ С.С.Петров, Я.П.Грейвулис, Л.С.Рыбицкий, И.В.Авкшголь; РТУ - 4487541/24-07; Заявлено 28.09.88; Опубл. 30.07.90, Бюл. 28.- 5 с.: ил. УДК 621.313.333.
68. А.с.1617547 СССР, МКИ НО2 К 19/20. Синхронный тахогенератор/ С.С.Петров, Я.П.Грейвулис, Л.С.Рыбицкий, М.М.Линепиньш.; РТУ - 4642111/07; Заявлено 27.01.89; Бюл. 48. - 4 с.: ил. УДК 621.313.323.
69. А.с.1673980 СССР, МКИ ПО 1 Р 3/46. Устройство для измерения скорости/ С.С.Петров, Я.П.Грейвулис, Л.С.Рыбицкий, Д.Г.Морс; РТУ - 4487548/10; Заявлено 28.09.88; Опубл. 30.08.91, Бюл. 32.- 4 с.: ил. УДК 621.313.333.
70. А.с.1721734 СССР, МКИ НО2 К 19/16. Синхронный генератор./ С.С.Петров, Я.П.Грейвулис, В.А.Пугачев Л.С.Рыбицкий; РТУ - 4740192/07; Заявлено 05.09.89; Бюл. 11. - 5 с.: ил. УДК 621.313.
71. А.с.1753549 СССР, МКИ НО2 К 19/20. Одноименнополосная электрическая индукторная машина/ С.С.Петров, В.А.Пугачев, Я.П.Грейвулис, Л.С.Рыбицкий; РТУ - 4750426/07; Заявлено 17.10.89; Бюл. 29. - 3 с.: ил. УДК 621.313.
72. А.с.1758784 СССР, Электрическая индукторная машина./ В.А.Пугачев, С.С.Петров, Я.П.Грейвулис, С.Диржис, Л.Домбур, Л.С.Рыбицкий, Л.Круткис; РТУ, ФЭИ - 4789236/07; Заявлено 05.02.90; Бюл. 32.- 3 с.: ил. УДК 621.313.
73. Грейвулис Я.П., Рыбицкий Л.С. Генератор пилообразного напряжения// Проблемы эл.магнитной совместимости силовых полупроводн.преобр.: Тез. докл. 11 междувед. научн. техн. совещ.- Таллинн, 1982.- с.194-195.
74. А.с.980185 СССР, МКИ НО1 Н 36/00. Датчик линейных перемещений/ И.Я.Ранькис, Я.П.Грейвулис, И.М.Цубергс, Л.С.Рыбицкий; РТУ- 3298539/24-11. Заявлено 20.05.81. Заявлено 07.12.82, Бюл. 45.- 3 с.: ил. УДК 621.316.54.06.
75. А.с.1226030 СССР, МКИ ПО 1В 7/14. Датчик линейных перемещений/ Я.П.Грейвулис, И.М.Цубергс, Л.С.Рыбицкий, У.Я.Бамбе, А.А.Зантс; РТУ - 3800019-25-28; Заявлено 02.10.84; Опубл. 23.04.86, Бюл. 15.- 3 с.: ил. УДК 621.317.39:531.71.
76. А.с.718876 СССР, МКИ НОЗ М 1/14. Сглаживающий фильтр мостового выпрямителя/ Я.П.Грейвулис, Л.С.Рыбицкий, Ю.М.Берзиньш; РТУ - 2405100/18-09; Заявлено 20.09.76; Опубл. 28.02.80, Бюл. 8.- 2 с.: ил. УДК 621.374.33.
77. А.с.1243066 СССР, МКИ НО2 М 1/12. Устройство для сглаживания пульсаций выходного напряжения выпрямителя/ Я.П.Грейвулис, Л.С.Рыбицкий, И.В.Авкшголь; РТУ - 3390578/24-07; Заявлено 05.02.82; Опубл. 07.07.86, Бюл. 25.- 2 с.: ил. УДК 621.314.5.

78. А.с. 1379641 СССР, МКИ ПО 1 Н 1/08.Пьезоэлектрическое устройство для контроля вибраций/ Я.П.Грейвулис, Л.С.Рыбickий, В.Э.Юркевич, Л.П.Белов; РТУ - 4080190/24-28; Заявлено 30.04.86; Опубл. 07.03.88, Бюл. 9- 2 с.ил. УДК 534.08.
79. А.с. 705656 СССР, МКИ НОЗ К 4/82. Генератор пилообразного напряжения/ Я.П.Грейвулис, Л.С.Рыбickий; РТУ - 2447372/18-21; Заявлено 27.01.77; Опубл. 25.12.79, Бюл.47-2 с.: ил. УДК 621.373.4.
80. А.с. 1094140 СССР, МКИ НОЗ К 4/08.Генератор пилообразного напряжения/ Я.П.Грейвулис, Л.С.Рыбickий; РТУ - 3387951/18-21; Заявлено 29.01.82; Опубл. 23.05.84, Бюл.19-3 с.: ил. УДК 621.375.
81. А.с. 6710116 СССР, МКИ НОЗ К 3/335. Формирователь импульсов/ Я.П.Грейвулис, И.Я.Ранкис, Л.С.Рыбickий; РТУ - 2508865/18-21; Заявлено 20.07.77; Опубл. 30.06.79, Бюл. 24-2 с.: ил. УДК 621.373.
82. А.с. 1177892 СССР, МКИ НОЗ К 5/00. Формирователь импульсов/ Я.П.Грейвулис, Л.С.Рыбickий, И.В.Авкштол; РТУ - 3567986/24-21; Заявлено 25.03.83; Опубл. 07.09.85., Бюл. 33- 3 с.: ил. УДК 621.374.38.
83. А.с. 785956 СССР, МКИ НОЗ К 3/00. Генератор импульсов/ Я.П.Грейвулис, Л.С.Рыбickий; РТУ - 2700542/18-21; Заявлено 25.12.78; Опубл. 07.12.80, Бюл. 45- 2. с. ил. УДК 621.374.38.
84. А.с. 1390789 СССР, МКИ НОЗ К 3/335. Генератор импульсов/ Я.П.Грейвулис, Л.С.Рыбickий; РТУ - 3590885/24-21; Заявлено 12.05.83.; Опубл. 23.04.88, Бюл. 15- 2 с.: ил. УДК 621.373.
85. А.с. 1226611 СССР, МКИ НОЗ К 3/02.Генератор импульсов/ Я.П.Грейвулис, И.Я.Ранкис, Л.С.Рыбickий; РТУ 3544852/24-21; Заявлено 24.01.83; Опубл. 23.04.86, Бюл. 15- 2 с.: ил. УДК 621.373.
86. А.с. 597069 СССР, МКИ НОЗ К 3/30. Блокинг-генератор/ Я.П.Грейвулис, Л.С.Рыбickий, Ю.М.Берзиньш; РПИ - 2403812/18-21; Заявлено 20.09.76; Опубл. 05.03.78, Бюл. 92 с.: ил. УДК 621.373.52.
87. А.с. 601804 СССР, МКИ НОЗ К 3/30. Блокинг-генератор/ Я.П.Грейвулис, Л.С.Рыбickий; РТУ - 2405125/18-21; Заявлено 20.09.76; Опубл. 05.04.78, Бюл.13-2 с.ил. УДК 621.373.5.
88. А.с. 765990 СССР, МКИ НОЗ К 3/30. Блокинг-генератор/ Я.П.Грейвулис, Л.С.Рыбickий, Ю.М.Берзиньш; РТУ - 2589590/18-21; Заявлено 07.03.78; Опубл. 23.09.80, Бюл. 35- 4 с.: ил. УДК 621.373.
89. А.с.970653 СССР, МКИ НОЗ К 3/30.Блокинг-генератор/ Я.П.Грейвулис, Л.С.Рыбickий, И.Я.Ранкис, Ю.М.Берзиньш; РТУ- 3275065/18-21; Заявлено 14.04.81; Опубл. 30.10.82, Бюл. 40- 3 с.: ил. УДК 621.373.
90. А.с. 530433 СССР, МКИ НОЗ К 3/281. Мультивибратор/ Я.П.Грейвулис, Л.С.Рыбickий, В.В. Журидов; РПИ - 2139929/21; Заявлено 03.06.75; Опубл. 30.09.76, Бюл.36-2 с.: ил. УДК 621.373.
91. А.с. 748807 СССР, МКИ НОЗ К 3/281. Мультивибратор/ Я.П.Грейвулис, Л.С.Рыбickий; РТУ - 2607350/18-21; Заявлено 24.04.78; Опубл. 15.07.80, Бюл. 26- 3 с.: ил. УДК 621.373.28.
92. А.с. 752755 СССР, МКИ НОЗ К 3/281. Мультивибратор/ Я.П.Грейвулис, Л.С.Рыбickий; РТУ - 2603422/18-21; Заявлено 13.04.78; Опубл. 30.07.80, Бюл. 28- 2 с.: ил. 621.374.611.
93. А.с. 847491 СССР, МКИ НОЗ К 3/281. Мультивибратор/ Я.П.Грейвулис, Л.С.Рыбickий; РТУ - 2700905/18-21; Заявлено 25.12.78; Опубл. 15.07.81, Бюл. 26- 3 с.: ил. УДК 621.374.14.
94. А.с. 1040597 СССР, МКИ НОЗ К 3/281. Мультивибратор/ Я.П.Грейвулис, Л.С.Рыбickий, Т.Е.Самушенко, В.Г.Пименов; РТУ- 3430266/18-21; Заявлено 27.04.82; Опубл. 07.09.83., Бюл. 33- 3 с.: ил. Удк 621.373.
95. Patents Nr. 5001 (Latvija), ISK H02K 19/20. Vientipa polu induktora mašīna/Petrovs S., Pugačevs V., Greivulis J., Ribickis L.; Piet. Nr. P-92-15; Prior. 17.10.1989; Pat. publ. "Patenti un preču zīmes", 1993.
96. Patents LV 10985B, GO7C3/00 (H02K17/12). Trīsfāzu asinhronā dzinēja enerģētisko parametru noteikšanas paņēmieni. L.Ribickis, S.Petrovs, J.Greivulis. Patenta publikācijas datums: 20.02.1996.
97. Ribickis L. Maistrāvas piedziņas energoelektronikas iekārtu teorija un prakse ūdensapgādes sistēmās: Dr.Habil.Sc.Ing. zin.darbu kopsavilkums, RTU 1105, Rīga, RTU, 1994, 81 lpp.
98. Ribickis L., Raņķis I. Electrical Drives. –Rīga, RTU, 1996, 107 p.
99. Ribickis L., Galkina A. Elektroenerģijas taupīgas lietošanas metodes. –Rīga, RTU, 1997, 109 lpp.
100. Ločmelis A., Ribickis L. Elektroiekārtu elektromagnētiskā savietojamība. – Rīga: RTU izdevniecība, 2003, 90 lpp.
101. Рыбickий Л.С. Исследование на АВМ динамики тиристорного асинхронного электропривода центробежного насоса// Молодые ученые ученые народному хозяйству// Тез. окл. республ. конференции 26-27 апреля, 1979 г.- Рига: РПИ, 1979.- с. 172-173.
102. Рыбickий Л.С., Ивбулс У.В., Грейвулис Я.П. Применение функции Уолша при управлении АВК// Сборник тез. Всесоюз. конф. по пробл. управ. пром. эл. систем.- Ульяновск 1989.- с. 39-40.
103. Rutmanis L., Stabulnieks J., Ribickis L. Illustrations of frequency conversion principle// Latvian Journal of Physics and Technical Sciences. -1994. N#1.P.49-56.
104. Rutmanis L., Stabulnieks J., Ribickis L., Belkov V. Simplified methods of direct frequency conversion for a fan-type electrical drive// Latvian Journal of Physics and Technical sciences. - 1995. N#2. - P. 46-52.
105. Автоколебательные схемы на базе операционных усилителей// Я.П.Грейвулис, И.В. Авкштол, Л.С. Рыбickий, И.М. Цубергс. - Рига, 1987. - 14 с. - Дел. в ЛатНИИНТИ 27.11.87., 103 -Ла.
106. Система регулирования давления центробежного насоса на базе асинхронного вентильного каскада/ Я.П. Грейвулис, Л.С. Рыбickий И.В. Авкштол, И.М. Цубергс и др.- Рига, 1988.- 15 с.- Дел. в ЛатНИИНТИ 30.05.88, 131 - Ла.
107. Система регулирования давления водопроводной сети с интегральным регулятором/ Я.П. Грейвулис, И.В. Авкштол, Л.С. Рыбickий, И.М. Цубергс и др.- Рига, 1988.- 9 с.- Дел. в ЛатНИИНТИ 30.05.88., 132- Ла.
108. Математическая модель и динамические характеристики переменного-полосного индукторного тахогенератора акселерометра/ С.С. Петров, Я.П. Грейвулис, Л.С. Рыбickий, Ф.В. Гришчик и др. - Рига, 1989.- 25 с.- Дел. в ЛатНИИНТИ 17.12.89, 164 - Ла.
109. Ribickis L., Liepins M., Rutmanis L., Stabulnieks J. New Solutions for Direct Frequency Converter as voltage regulator // IECON'4 - Bologna, Italy, September 5-8, 1994. Bologna, 1994 - p. 220-223.
110. Rutmanis L., Stabulnieks J., Ribickis L., Liepins M. An Alternative Solution for a Direct Frequency Conversion Concept and research Method. / Latvian Journal of Physics and technical Sciences Nr. 3, 1994, p. 67-72.
111. Rutmanis L., Stabulnieks J., Ribickis L. New possibilities of AC/AC Direct Frequency and Voltage Conversion // PEMC'94, Warsaw, Poland, September 20-22, 1994, Warsaw, 1994 - p. 125-130.
112. L.Ribickis. Theory and Praxis of Power Electronic Equipment of A.C. Drives in Water Supply Systems, Baltic Electrical Engineering review, 1995, Nr. 1, p. 46-48.
113. L.Ribickis, L.Rutmanis, J.Stabulnieks. Different power conversion modes as a single process // Latvian Journal of Physics and Technical Sciences, 1996. Nr. 1, p. 18 - 24.
114. L.Ribickis, L.Rutmanis, J.Stabulnieks. A new methods of direct frequency conversion for a fan-type electric drive // PEMC'96, Budapest, Hungary, September 2-4, 1996. - Budapest, 1996. - p. 2/554 - 2/557.
115. L.Ribickis, L.Rutmanis, J.Stabulnieks. Modelling of the Direct Frequency Conversion Process // ELECTRIMACS 1996 - Saint-Nazaire, France, September 17-19, 1996. - p. 493-496.
116. L.Rutmanis, J.Stabulnieks, L.Ribickis. Direct frequency conversion process for different modes // EPE'97, Trondheim, Norway, September 8-10, 1997. - Trondheim, 1997. - p.3/493 - 3/497.
117. L.Ribickis, I.Galkins, L.Rutmanis, J.Stabulnieks. Analysis of General Switching Variants of a Direct Frequency Converter Input Voltages // Latvian Journal of Physics and Technical Sciences, 1997, N, 2, p. 42 - 47.
118. Рыбickий Л., Пугачев В., Стабулникс Я., Рутманис Л. Упрвление и исследование непосредственного преобразования частоты с применением компьютерных программ //Тезис докладов Всероссийской научно технической конференции "Устройства и системы энергетической электроники" УССЭ-98, Москва, МГТА, 24-25 февраль 1998, с. 83-86.
119. A.Galkina, L.Ribickis. Elektropiedziņas darbības optimizācijas serviss // RTU Zinātniskie raksti Elektrotehnika un Enerģētika, Sērija 3, N1, RTU 2000, 22.-30.lpp.
120. L.Ribickis, L.Rutmanis, J.Stabulnieks. Energy Saving Factors in a Direct Frequency Conversion Process // Baltic Electrical Engineering Review, 1998, N 8, p. 10-17.
121. I.Galkin, L.Ribickis. Matrix Converters with Pulse – Width Modulation // Latvian Journal of Physics and Technical Sciences, 1998, N 4, p. 29-40.

122. L.Rutmanis, J.Stabulnieks, L.Ribickis. Direct frequency Conversion Process for Different Modes // PEMC'98 – Proceedings of the 8<sup>th</sup> International Power Electronics & Motion Control Conference, 8 – 10 September, 1998, Prague, Czech Republic, 1998, Vol. 2, p. 2-80:2 – 84.
123. L.Ribickis, L.Rutmanis, J.Stabulnieks. Energy Saving Features in a Direct Frequency Process // Latvian Journal of Physics and Technical Sciences, 1999, N 2, p.3-9.
124. L.Ribickis, I.Galkin. Direct Frequency Converters for Induction Motor Drives // ISIE'99- Proceedings of the IEEE International Symposium on Industrial Electronics, 12-16 July, 1999, Bled, Slovenia, 1999, Vol. I, p. 26-30.
125. L.Rutmanis, J.Stabulnieks, L.Ribickis. Estimation of Most Favorable Switching Variants for a Direct Frequency Conversion // EPE'99- Proceedings of the 8<sup>th</sup> European Conference on Power Electronics and Applications, 7-9 September 1999, EPFL Lausanne, Switzerland, 1999, p. 1-6.
126. L.Ribickis, S.Petrovs, A.Galkina. Seraphim tipa funkciju izmantošana centrālās sūkņu asinhronās piedziņas enerģētisko rādītāju noteikšanai izejas datu deficīta apstākļos // Enerģētika un Elektrotehnika, RTU, 2000., 16.-30.lpp.
127. I.Galkin, L.Ribickis. Double-Zone Frequency Converters and Double-Zone Approach to Modulation in the Matrix Converters // The Research Symposium of Young Scientists "Actual Problems of Electrical Drives and Industry Automation" May 31 – June 5, 1999, Tallin, Estonia, 1999, p. 88-93.
128. L.Ribickis, I.Galkin. The Comparison of Double-Zone and Matrix Direct Frequency Converters for Induction Motor Drives // Технічна Електродинаміка Системи Керування та контролю напівпровідникових перетворювачів, Київ, 1999, стр. 81-84.
129. F.Bussehts, R.Belmans, W.Geysen, L.Ribickis. Dzinēja magnētiskā lauka vektorvadība celtņu piedziņas sistēmās // Enerģētika un sabiedrība, 1999., N 12, 24. – 28.lpp.
130. L.Rutmanis, J.Stabulnieks, L.Ribickis. New possibilities of the Direct Frequency Conversion Process in the Rectifier Mode // EPE-PEMC 2000 Košice, Proceedings of the 9<sup>th</sup> International Conference and Exhibition on Power Electronics and Motion Control, 5-7 September, 2000, Košice, Slovak Republic, 2000, Vol.2, p. 2-241:2-245.
131. L.Ribickis, I.Galkin. Possibilities of Reactive Power Flow in the 3x3 Matrix Converter // EDPE-2000, Proceedings of the 11<sup>th</sup> International Conference on Electrical Drives and Power Electronics, 9-11 October, 2000, Dubrovnik, Croatia, 2000, p. 64 – 69.
132. I.Galkin, L.Ribickis. Power Factor Adjustment by Means of Direct Frequency Converters // BEC 2000, Proceedings of the 7<sup>th</sup> Biennial Conference on Electronics and Microsystem Technology, 7-9 October 2000, TTU, Tallin, Estonia, 2000, p. 120-125.
133. Ribickis L. Theory and practice of power electronic devices of AC drive in water supply systems/ Outline of works for scientific degree of Dr.Hab.Sc.Ing. 09.11.94.- Riga,1994. - 84 p.
134. L.Ribickis. Efektīva elektropiedziņa 50% ietaupījums // Žurnāls karjera, Rīga, 2000, Nr.3, 26 lpp.
135. I.Galkin, L.Ribickis "Reactive power control by means of matrix converters" // EPE2001, Proceedings of the 9<sup>th</sup> European Conference on Power Electronics and Applications, 27-29 August 2001 Graz, Austria, 2001, p.1-8.
136. L.Ribickis, I.Galkins, L.Rutmanis, J.Stabulnieks. Preferable Methods of Direct Frequency Conversion // Proceedings of EPE-PEMC 2002, 9-11 September, Dubrovnik, Croatia, p. 1-8.
137. L.Ribickis, O.Krievs. Izplūdušās loģikas kontroleru pielietojums industriālajā elektronikā un elektropiedziņā // RTU zinātnisko rakstu krājumā "Enerģētika un elektrotehnika" Sējums 4, Izdevums 5, Rīga, RTU, 2002, 77.-85. lpp.
138. LR Patents Nr. LV 12702. V.Kancēviča, Ē.Masteiko, L.Ribickis. Anteriju protēze. Int.Cl.A61 F2 / 06. Publ.dat. 20.10.2001. Spēkā no 16.02.2000.
139. I.Galkins, L.Ribickis. Integration of Matrix Converters into Mechatronics Systems // Proceedings of ICBM2002, International Conference on Bionics, Biomechanics and Mechatronics, June 3-5, 2002, Varna, Bulgaria; Volume 3, p 38-42.
140. L.Ribickis, I.Rapķis, A.Vilks, O.Plataiskals. Investigations of Soft Commutation Equipment for 33 MVAR Shunt Reactor // Proceedings of 3<sup>rd</sup> International Workshop CPE 2003, Compatibility in Power Electronics, 28-30 May 2003, Gdansk Zielona Gora, Poland, p. 84-91.
141. A.Vītols, L.Ribickis. Thyristor – based FACTS Controller for electrical transmission systems // Proceedings of the 4<sup>th</sup> Research Symposium of Young Scientists "Actual Problems of Electrical Drives and Industry Automation", Tallinn, Estonia, May 17-21, 2003, TTU, 2003, p. 97-104.
142. A.Vītols, L.Ribickis. Maiņstrāvas elastīgo pārvades sistēmu jaudas plūsmas kontroleru analīze // RTU Zinātniskie raksti, Elektrotehnika un enerģētika. Sējums 4, Izdevums 9, Rīga, RTU, 59.-64.lpp.
143. V.Pugachov, L.Ribickis, N.Levin, M.Manonov. A Multipolar Inductor Generator of Angular Design for Windmills // Riga Technical University Scientific Proceedings, Vol.4, Nr.10, 2003, Riga, RTU, p. 9-15.
144. L.Ribickis, V.Pugachov, N.Levin, M.Manonov. Directly Driven Inductor Wind Generator of ring Construction // Proceedings of European Power Electronics Conference EPE'03 Toulouse, France, 2-4 September 2003, 10 pages.
145. L.Ribickis, A.Vītols. Maiņstrāvas elastīgo pārvades sistēmu jaudas plūsmas kontroleris UPFC // RTU Zinātnisko rakstu krājums „Enerģētika un elektrotehnika”, sērija 4, sējums 10, 2003, 59.-64. lpp.
146. V.Pugachov, N.Levin, M.Manonov. A multipole asynchronous generator // Proceedings of IECM 2002. 15th International Conference on Electrical Machines. – 25.-28. August 2002, Brugge, Belgium, 6 pages.
147. V.Pugachov, N.Levin, L.Ribickis, M.Manonovs. Daudzpolu gredzenveida induktorgenerators vēja iekārtām // Latvian Journal of Physics and Technical Sciences, 2003, Nr.6, p.3-10.
148. V.Pugachov, N.Levin, L.Ribickis, A.Zhiravecka. 50 Years of Research of Contactless Electrical Machines // Proceedings of the 11th International Conference "Power Electronics and Motion Control EPE-PEMC '04", September 2-4, 2004, Riga, Latvia – RTU Publishing House, 2004, Volume 3 of 7, p.281-284.
149. V.Pugachov, N.Levin, L.Ribickis, M.Manonov. A Multipolar Asynchronous Generator with Two Channels of Electrical Energy Generation // Proceedings of the 11th International Conference "Power Electronics and Motion Control EPE-PEMC '04", September 2-4, 2004, Riga, Latvia – RTU Publishing House, 2004, Volume 3 of 7, p.347-350.
150. I.Prušis, I.Rankis, L.Ribickis. Possibilities of Realisation of AC Transistors // Proceedings of the 11th International Conference "Power Electronics and Motion Control EPE-PEMC '04", September 2-4, 2004, Riga, Latvia – RTU Publishing House, 2004, Volume 2 of 7, p.99-101.
151. N.Kunicina, A.Levcenkovs, L.Ribickis. Algorithm for Software Agents to Power Supply Modelling in Baltic Region // Proceedings of the 11th International Conference "Power Electronics and Motion Control EPE-PEMC '04", September 2-4, 2004, Riga, Latvia – RTU Publishing House, 2004, Volume 5 of 7, p.129-134.
152. N.Kunicina, A.Levcenkovs, L.Ribickis. The use of software agents in power energy logistics // Proceedings of the International workshop on Harbour, Maritime and Multimodal Logistics Modelling & Simulation HMS 2003, Riga, Latvia, 18-20 September, 2003, RTU, p.367-371.
153. L.Rutmanis, J.Stabulnieks, L.Ribickis. A Method for Control of Direct Frequency Conversion // Proceedings of the 11th International Conference "Power Electronics and Motion Control EPE-PEMC '04", September 2-4, 2004, Riga, Latvia – RTU Publishing House, 2004, Volume 1 of 7, p.561-564.
154. Ribickis L., Zebergs V., Zeltins N. Energetical and Power Electronic Research in Latvia // Proceedings of the 11th International Conference „Power Electronics and Motion Control EPE-PEMC 2004”, September 2-4, 2004, Riga, Latvia – RTU Publishing House, 2004, Volume 4 of 7, p.479-483.
155. Andersen H.M., Widell K.E., Ribickis L., Hansen J. Energy Efficient Pump Control // Danish Board of District Heating, News from DBDH, Energy & Environment Journal Nr. 4, 2002, p. 30-33.
156. Power Electronic Converters and control // Proceedings of the 11th International Conference „Power Electronics and Motion Control EPE-PEMC 2004”, September 2-4, 2004, Riga, Latvia, Volume 1 of 7, Edited by Ribickis L., Krievs O., Vasermane E., Avotins A., Zhiravetska A. – RTU Publishing House, 2004, 564 p.
157. Devices, Control and Converters, Measurements and Sensors // Proceedings of the 11th International Conference „Power Electronics and Motion Control EPE-PEMC 2004”, September 2-4, 2004, Riga, Latvia, Volume 2 of 7, Edited by Ribickis L., Krievs O., Vasermane E., Avotins A., Zhiravetska A. – RTU Publishing House, 2004, 399 p.
158. Electrical Machines, Actuators and Drives // Proceedings of the 11th International Conference „Power Electronics and Motion Control EPE-PEMC 2004”, September 2-4, 2004, Riga, Latvia, Volume 3 of 7, Edited by Ribickis L., Krievs O., Vasermane E., Avotins A., Zhiravetska A. – RTU Publishing House, 2004, 457 p.
159. Motion Control, Adjustable Speed Drives and Education of Electrical Engineering // Proceedings of the 11th International Conference „Power Electronics and Motion Control EPE-PEMC 2004”, September 2-4, 2004, Riga, Latvia, Volume 4 of 7, Edited by Ribickis L., Krievs O., Vasermane E., Avotins A., Zhiravetska A. – RTU Publishing House, 2004, 549 p.
160. Power supply Quality, Renewables, Power Systems and DER // Proceedings of the 11th International Conference „Power Electronics and Motion Control EPE-PEMC 2004”, September 2-4, 2004, Riga, Latvia, Volume 5 of 7, Edited by Ribickis L., Krievs O., Vasermane E., Avotins A., Zhiravetska A. – RTU Publishing House, 2004, 533 p.

161. Mechatronics, Industrial Drive Systems, Power electronics and Drives in Transport, EMC and Design of PE Systems // Proceedings of the 11th International Conference „Power Electronics and Motion Control EPE-PEMC 2004“, September 2-4, 2004, Riga, Latvia, Volume 6 of 7, Edited by Ribickis L., Krievs O., Vasermane E., Avotins A., Zhiravetska A. – RTU Publishing House, 2004, 422 p.
162. Industrial Electronics // Proceedings of the 11th International Conference „Power Electronics and Motion Control EPE-PEMC 2004“, September 2-4, 2004, Riga, Latvia, Volume 7 of 7, Edited by Ribickis L., Krievs O., Vasermane E., Avotins A., Zhiravetska A. – RTU Publishing House, 2004, 173 p.
163. Ribickis L. EPE-PEMC 2004, Riga, Latvia - the 11th International Power Electronics and Motion Control Conference // EPE Journal, Vol 14, Nr. 2, May, 2004, p.1-4.
164. United States Patent Nr. US 6, 709, 467B1. Date of Patent: Mar. 23.2004.
165. И.Я. Ранькис. Оптимизация параметров тиристорных систем импульсного регулирования тягового электропривода. - Рига: Зинатне, 1985, 183 с.
166. J. Dirba. Sinhrono mašīnu speciālie režīmi. – Rīga: RTU, 1997, 70 lpp.
167. J. Greivulis, I. Raņķis. Iekārtu vadības elektroniskie elementi un mezgli. – Rīga: Avots, 1997, 288 lpp.
168. С.С. Петров, Я.П. Грейвулис. Бесконтактные индукторные преобразователи параметров вращения. – Рига: РТУ, 1997, 275 с.
169. A. Žiravecka. Asinhronā elektrodzinēja pļūstošās palaišanas īpatnību pētīšana sistēmā ar tiristoru maiņstrāvas regulatoru // Promocijas darbs. – Rīga: RTU, 1999, 96 lpp.
170. I. Galkins. Matricas veida frekvences pārveidotāja izpēte un izstrāde // Promocijas darba kopsavilkums. – Rīga: RTU, 2001, 46 lpp.
171. J. Dirba, K. Ketners, N. Levins, V. Pugačevs. Transporta elektriskās mašīnas. – Rīga: RTU, 2001, 327 lpp.
172. A. Purviņš. Elektrisko un magnētisko statisko lauku parciālie risinājumi sarežģītās nevienādīgās vidēs ar integrālvienādojumu metodi // Promocijas darba kopsavilkums. – Rīga: RTU, 2002, 52 lpp.
173. A. Dolgicers. Relejaizsardzību un pretavārijas automātiskās sistēmas elementu sintēze // Promocijas darbs. – Rīga: RTU, 2002, 266 lpp.
174. I. Raņķis. Energoelektronika. – Rīga: RTU, 2002, 142 lpp.
175. A. Terebkovs. Specializētie enerģijas pārveidotāji ar paplašinātām funkcionālām iespējām // Promocijas darba kopsavilkums. – Rīga: RTU, 2002, 48 lpp.
176. N. Roldugina. Sinhrono dzinēju speciālo režīmu regulēšanas likumu optimizācija // Promocijas darba kopsavilkums. – Rīga: RTU, 2002, 36 lpp.
177. E. Ketnere. Maiņstrāvas elektrisko mašīnu dinamisko režīmu izpēte un modelēšana // Promocijas darba kopsavilkums. – Rīga: RTU, 2002, 36 lpp.
178. A. Joņins. Augstsprieguma līniju bojājumu vietas noteikšanas metožu sintēze un optimizācija // Promocijas darba kopsavilkums. – Rīga: RTU, 2003, 46 lpp.
179. M. Mezītis. Dzelzceļa vilcienu kustības vadības sistēmu drošības paaugstināšanas metožu izstrāde // Promocijas darba kopsavilkums. – Rīga: RTU, 2003, 26 lpp.
180. M. Manonovs. Mazjaudas vējenerģētisko iekārtu efektivitātes paaugstināšana ar induktorgenerators toriem // Promocijas darbs. – Rīga: RTU, 2003, 174 lpp.
181. J. Barkāns. Enerģijas racionāla izmantošana. – Rīga: RTU, 2003, 285 lpp.
182. I. Zicmane. HES ūdens režīmu vadīšana un to prognozēšana // Promocijas darba kopsavilkums. – Rīga: RTU, 2004, 23 lpp.
183. N. Kuņiņina. Programmu agentu modelēšanas metožu izstrāde elektroapgādes un transporta loģistikas sistēmās // Promocijas darba kopsavilkums. – Rīga: RTU, 2004, 16 lpp.
184. R. Graf. Mikropredziņas iekārta taktiļā attēla pārraidei neredzīgajiem // Promocijas darba kopsavilkums. – Rīga: RTU, 2004, 35 lpp.

**Leonīds Ribickis**, professor, LZA korespondētāja loceklis, Dr. Hab. Sc. Eng.

Riga Technical University, Institute of Industrial Electronics and Electrical Engineering,  
Department of Industrial Electronics and Electrical Technology

Address: Kalku Street 1, Riga, LV 1050, Latvia

Phone: +371 7089415

### **Ribickis L. Scientific Research in Power Electronics and Electrical Drives in Latvia.**

*The study reflects the development of Power Electronics and Adjustable Electrical Drives over the last four decades in the Republic of Latvia. The main centers of motion control and power electronic research in Latvian industry and academia have been described. A special emphasis has been put on the novelties carried out by the Institute of Industrial Electronics and Electrical Engineering of Riga Technical University. The inventions in the areas such as power converters, electrical machines, transducers and control systems have been described in particular. Moreover, information about the scientific co-operation between different Latvian scientific groups as well as the future perspectives in the research of power electronics and electrical drives has been covered in the study.*

### **Ribickis L. Zinātniskā pētniecība energoelektronikā un elektriskā piedziņā Latvijā.**

*Pētījumā ir atainota energoelektronikas un regulējamās elektriskās piedziņas attīstība Latvijā pēdējās četrās desmitgadēs. Ir apskatīti galvenie centri kustības vadības un energoelektronikas pētniecībā Latvijas industrijā un akadēmiskajās pētniecības iestādēs. Īpaša uzmanība ir pievērsta jaunizgudrojumiem, kas ir veikti Rīgas Tehniskās universitātes Industriālās elektronikas un elektrotehnikas institūtā, jo īpaši izgudrojumiem tādās jomās kā: energopārveidotāji, elektriskās mašīnas, devēji un vadības sistēmas. Bez tam, pētījumā ir atspoguļota informācija par zinātnisko sadarbību starp dažādām Latvijas zinātnieku grupām, tāpat ir aprakstītas nākotnes perspektīvas energoelektronikas un elektriskās piedziņas nozarēs.*

### **Рибичикс Л. Научные исследования по силовой электронике и электроприводу в Латвии.**

*В исследовании отражено развитие силовой электроники и регулируемого электропривода в Латвии за время последних четырех десятилетий. Рассмотрены главные центры исследования в Латвии в областях управления движением и силовой электроники в промышленности и учебно-исследовательских учреждениях. Особое внимание направлено на новые изобретения, которые проведены в институте Индустриальной электроники и электротехники Рижского Технического университета, в особенности в таких направлениях как: силовые полупроводниковые преобразователи, электрические машины, датчики и системы управления. В исследовании отражена информация о научном сотрудничестве между различными группами ученых, а также показаны перспективы дальнейших исследований в отраслях силовой электроники и электропривода.*