ІНСТИТУТ ЕЛЕКТРОДИНАМІКИ НАН УКРАЇНИ

Пройдений шлях Інституту електродинаміки НАН України – це шлях становлення й розвитку енергетики, електротехніки та енергетичного машинобудування України, значні успіхи вчених інституту, створення й розвиток наукових шкіл і нових напрямків в електротехніці та енергетиці. Щоб зрозуміти й оцінити наші теперішні досягнення, треба зробити короткий екскурс в історію створення інституту.

Інтенсивний розвиток промисловості України в довоєнний період вимагав глибоких наукових досліджень у різних галузях електротехніки, енергетичного машинобудування, вирішення широкого кола проблем загальної енергетики України. Виходячи з цього, академіки АН УРСР В. М. Хрущов, Г. Ф. Проскура та професор І. Т. Швець поставили перед Президією АН України та Урядом питання про організацію науково-дослідного інституту в системі Академії наук УРСР, щоб очолити й всебічно розвивати дослідницькі роботи в галузі енергетики.

Постановою РНК УРСР від 16 листопада 1939 р. у системі Академії наук УРСР було створено Інститут енергетики АН УРСР у Харкові. Першим його директором і керівником електротехнічного відділу було призначено ініціатора організації інституту академіка АН УРСР В. М. Хрущова.

Академік АН УРСР
В. М. Хрущов

У той час гідромеханічним і теплотехнічним відділами керував академік АН УРСР Г. Ф. Проскура, а під керівництвом чл.-кор. АН УРСР В. М. Майзеля досліджувалися питання динаміки енергетичних машин. Тоді ж було створено київський філіал інституту, який очолив професор І. Т. Швець. В інституті працював фахівець в галузі енергетичних систем чл.-кор. АН УРСР О.К. Котельников.

Першими роботами інституту в галузі загальних проблем енергетики були дослідження з питань енергопостачання сільських районів Правобережної України на основі використання місцевих енергоресурсів.

Під час війни інститут був евакуйований в Копейськ Челябінської області й в Уфу. Уся робота інституту була спрямована на допомогу оборонним підприємствам Уралу. Чимало робіт, виконаних електротехнічним відділом інституту під час його перебування на Уралі, мали значне оборонне й народногосподарське значення.

Науковцями інституту було розроблено компаундування синхронних машин потужних електростанцій для підвищення стійкості та надійності ро-

боти енергосистем; 1942 - 1943 рр. були роками виробничої перевірки й початком впровадження компаундування в енергосистемах Уралу. Наркомат електростанцій СРСР затвердив протиаварійний циркуляр про застосування компаундування. В інституті було складено "Керівні вказівки".

Під керівництвом професора А. Л. Матвєєва проводились роботи з реконструкції енергетичного господарства оборонної промисловості та з нормування електроспоживання.

Згідно з рішенням РНК УРСР Академія наук УРСР у середині 1943 р. переїхала до Москви. Інститут енергетики АН УРСР переведено до Москви в жовтні 1943 р. У цей час значна частина території України вже була визволена від фашистських загарбників. 6 листопада був визволений Київ, і Академія наук УРСР почала підготовку до реевакуації. У цих умовах Інститут енергетики АН УРСР зосередив свою увагу на завданнях відновлення енергетики УРСР.

У лютому 1944 р. частина колективу наукових працівників інституту працювала вже в Києві, а в квітні до Києва переїхав весь склад інституту. Розпочалася робота з відновлення будівлі інституту, що розмістився в будинку 55-б по вул. Чкалова. Протягом 1944 - 1947 рр. значно зріс обсяг дослідницьких робіт. Була створена лабораторно-технічна база, зросла кількість наукових працівників.

Академік АН УРСР
С. О. Лебедєв

У вересні 1944 р. постановою Ради Народних Комісарів УРСР Харківська група була перейменована у філіал Інституту енергетики АН УРСР. У 1945 р. було створено відділ інституту у Львові.

У лютому 1946 р. академіком АН УРСР було обрано С. О. Лебедєва, який після переїзду до Києва очолив електротехнічний відділ інституту. У Харківському філіалі електротехнічною групою керував професор А. Л. Матвєєв.

До планів інституту було включено тему з експериментального дослідження режимів енергосистем, яка мала комплексний характер і виконувалась більшістю працівників електротехнічного відділу під загальним керівництвом академіка АН УРСР С. О. Лебедєва. Було проведено розробку, виготовлено промисловий зразок і виконано успішні промислові дослідження компаундування синхронних генераторів з електромеханічним коректором напруги, досліджено характеристики швидкісного регулятора турбін, розроблено спеціальні пристрої для вимірювання кута вибігу синхронних машин та лічильник для врахування втрат у мережах. Ці дослідження були цінним вкладом у нау-

ку й послужили справі поліпшення режимів роботи енергосистем. Робота була схвалена Міністерством електростанцій і електропромисловості УРСР.

Одночасно було виконано теоретичні дослідження з питань паралельної роботи енергетичних систем та автоматичного регулювання на кількох параметрах, розроблено аналітичні методи нормування споживання електроенергії на заводах важкого машинобудування, проведено дослідження з катодного захисту трубопроводів від корозії тощо.

Під керівництвом д.т.н. С. І. Тетельбаума було розроблено основи загальної теорії бездротової передачі енергії у вигляді пучків радіохвиль, проведено теоретичні дослідження оптимальних форм антен та експериментальні дослідження елементів випромінюючих систем для такої передачі.

У травні 1947 р. рішенням Ради Міністрів Української РСР Інститут енергетики АН УРСР було розділено на два самостійні інститути: Інститут електротехніки та Інститут теплоенергетики АН УРСР. З цього часу практично й починається історія Інституту електродинаміки НАН України (Інститут електротехніки АН УРСР до 1963 р.).

Новоутворений Інститут електротехніки АН УРСР очолив академік АН УРСР С. О. Лебедєв. До кінця 1947 р. інститут повністю розгорнув свою роботу. На цей час у його складі вже було п’ять лабораторій: регулювання й моделювання (згодом лабораторія № 1), струмів високої частоти, електричних станцій та енергосистем, електричних вимірювань, автоматики та електроапаратури, а в 1948 р. інституту була передана ще й електролабораторія в Харкові.

На 1 січня 1948 р. в Інституті електротехніки АН УРСР працювало 57 чоловік, у тому числі 15 наукових працівників, 11 інженерів та п’ять аспірантів. У липні 1948 р. С. І. Тетельбаума, який керував лабораторією струмів високої частоти, було обрано чл.-кор. АН УРСР.

Визначним досягненням інституту за час його існування є створення колективом лабораторії № 1 під керівництвом академіка АН УРСР С. О. Лебедєва першої в Радянському Союзі малої електронної обчислювальної машини "МЭСМ". Цю машину було змонтовано й випробувано в 1950 р., а в 1951 р. вона була налагоджена й пущена в експлуатацію для розв’язання практичних задач. За завданням ряду організацій на малій електронній обчислювальній машині разом з Інститутом математики АН УРСР проводились табулювання спеціальних функцій, обчислено велику кількість складних інтегралів, розв’язано ряд трансцендентних рівнянь, а також нелінійних диференціальних рівнянь. У цій же лабораторії проведено ряд досліджень по розробленню нових елементів і вузлів для обчислювальних машин, різних питань моделювання процесів регулювання й виготовлено кілька стендів-моделей, на яких розв’язувались практичні задачі теорії регулювання.

За рішенням Ради Міністрів СРСР у складі Академії наук УРСР на базі лабораторії № 1, яка займалася питаннями розвитку обчислювальної техніки,

було створено нову наукову установу – Обчислювальний центр АН УРСР, який пізніше став основою для створення Інституту кібернетики АН УРСР.

У 1952 р. академіка АН УРСР С. О. Лебедєва було переведено на постійну роботу до Інституту точної механіки і обчислювальної техніки АН СРСР (Москва). Директором Інституту електротехніки АН УРСР було обрано чл.-кор. АН УРСР А. Д. Нестеренка.

Чл.-кор. АН УРСР
А. Д. Нестеренко

Чл.-кор. АН УРСР
С. І. Тетельбаум

З моменту організації інституту в ньому проводяться науково-дослідні роботи, спрямовані на підвищення стійкості енергосистем. За розробку й впровадження пристроїв компаундування генераторів електростанцій для підвищення стійкості енергосистем і поліпшення роботи електроустановок академік АН УРСР С. О. Лебедєв і к.т.н. Л. В. Цукерник були удостоєні Державної премії за 1950 р.

Важливі роботи в галузі техніки надвисоких частот виконувались під керівництвом чл.-кор. АН УРСР С. І. Тетельбаума. Саме на базі керованої ним лабораторії згодом (1960 р.) було створено Інститут радіотехнічних проблем.

У лабораторії електростанцій та енергосистем під керівництвом тоді к.т.н. Л. В. Цукерника було розроблено методику аналізу стійкості складних енергосистем, яка має велике практичне значення у зв’язку з об’єднанням електростанцій в єдину енергетичну систему та здійсненням потужних електропередач змінного струму на далеку відстань. Досліджувались різні методи підвищення стійкості далеких електропередач за допомогою синхронних компенсаторів, штучного гальмування, удосконалення регуляторів турбін. Експериментальні роботи по проблемі стійкості проводились у той час на лабораторній електродинамічній моделі передачі на далекі відстані, а також на потужній промисловій установці, що моделювала електропередачу Куйбишев

− Москва. Ця установка була збудована та експлуатувалась у співдружності з Київенерго та ГЕС-1. Потім лабораторія розширила роботи, пов'язані з проблемою єдиної енергетичної системи СРСР, питаннями автоматизації, а також використанням нової обчислювальної техніки для аналізу режимів і підвищенням економічності роботи енергосистем. Наприкінці 1959 р. у лабораторії електростанцій та енергосистем було створено опорну групу при Київенерго по застосуванню обчислювальної техніки в енергетичних системах, яка проводила розробку методів розрахунку нормальних і аварійних режимів складних систем (уперше в СРСР).

З 1948 р. Інститут електротехніки АН УРСР широко впроваджує на електростанціях Радянського Союзу та інших країн свої пристрої регулювання напруги синхронних генераторів. У 1957 р. розроблено на принципі компаундування з фазовим керуванням швидкодіючі регулятори напруги для корабельних електростанцій, впровадження яких було проведено спільно з ЦКБ "Електропривод" (Москва). Після випробувань з участю інституту ці регулятори почали застосовуватись на практиці. Подібні регулятори було розроблено й впроваджено в серійне виробництво для потужних електростанцій.

У галузі релейного захисту енергосистем було розроблено нові принципи виконання захисту, які ґрунтувались на використанні трансформаторів струму нульової послідовності. Були розроблені й впроваджені реле й показники замикання на землю в електричних мережах. Проводились дослідження перехідних процесів у трансформаторах струму, які застосовуються в релейному захисті. У результаті було сконструйовано, виготовлено й випробувано при різних режимах трифазний феромагнітний реєстратор струмів короткого замикання, створено новий пристрій для частотного розвантаження енергосистем, розроблено оригінальну схему стабілізуючого генератора імпульсів для систем циркулярного керування по основній електричній мережі.

Під керівництвом професора А. Л. Матвєєва в Харківській лабораторії було проведено цикл робіт із розробки пристроїв для автоматизації електростанцій: комбінованого регулятора потужності й частоти, автоматичного оператора для пуску й зупинки гідрогенераторів багатоагрегатних гідростанцій, регулятор кута повороту лопатей гвинтових турбін.

На ряді електростанцій у 1948 - 1949 рр. почалось впровадження розроблених інститутом регуляторів швидкості та регуляторів кута повороту лопатей гідротурбін. У 1954 р. Міністерством електростанцій та електропромисловості УРСР було прийнято рішення про встановлення розроблених інститутом регуляторів кута повороту лопатей гідротурбін на всіх вітчизняних гідроелектростанціях з несталим напором.

У лабораторії електричних вимірювань, яка згодом була перетворена в лабораторію електричних та магнітних вимірювань, під керівництвом чл.-кор. АН УРСР А. Д. Нестеренка розроблялися нові методи вимірювання електричних величин.

Основним напрямком роботи цієї лабораторії стала розробка методів і створення апаратури для вимірювання магнітних властивостей магнітно-м'яких та магнітотвердих матеріалів у постійному і змінному магнітних полях.

Науковими співробітниками лабораторії проведено дослідження схем мостів змінного струму для вимірювання напруженості магнітного поля, індукції та втрат у зразках феромагнітних матеріалів при частотах 100 - 150 кГц. Було створено міст, який дав змогу виконувати ці вимірювання з великою точністю, та диференціальний калориметр для вимірювання втрат у малих зразках. Виготовлено, досліджено й налагоджено вимірювач напруженості поля за принципом ядерного магнітного резонансного поглинання.

У складі групи працівників заводу "Точелектроприлад", удостоєної за розроблення та освоєння нових типів електровимірювальної апаратури Державної премії за 1951 р., був і чл.-кор. АН УРСР А. Д. Нестеренко.

З метою зміцнення зв'язку з виробництвом у 1957 р. інститут організував на заводі "Точелектроприлад" (Київ) опорну групу лабораторії електричних та магнітних вимірювань, роботи якої виконувались у співдружності з працівниками заводу. Групою науковців інституту було розроблено й передано заводу "Точелектроприлад" пристрої для вимірювання магнітної індукції, дія яких ґрунтується на ефекті Холла і властивостях вісмуту змінювати свій опір у магнітному полі. Ці пристрої дали змогу заміряти магнітну індукцію в зазорах 1 мм магнітних систем вимірювальних приладів.

Роботи лабораторії автоматики та електроапаратури, яку згодом було реорганізовано в лабораторію напівпровідникових та магнітних пристроїв автоматики, були спрямовані на розроблення теоретичних питань і конструкцій нових елементів і вузлів автоматики з використанням напівпровідникових та магнітних елементів. Тут було розроблено теорію, виготовлено й експериментально перевірено кілька варіантів малих електричних машин нової конструкції з трьома ступенями вільності руху. Проведено дослідження магнітних підсилювачів у релейному та пульсуючому режимах, розроблено теорію розрахунку електричних кіл зі сталлю, яка підмагнічується змінним струмом, лінійну теорію та методи розрахунку магнітних підсилювачів, зроблено розрахунки розподілу втрат у феромагнетиках на основі застосування безрозмірних критеріїв.

На основі розробок індуктивно-ємнісних пристроїв для стабілізації струму виконано стабілізуючі пристрої для живлення автоматики дільниць залізниці.

У Києві, уперше в СРСР, впроваджено розроблені в той час інститутом безконтактні автоматичні пристрої керування вуличними світлофорами та безконтактні автоматичні пристрої мерехтливого світла.

У 1952 р. з Інституту будівельної механіки АН УРСР було переведено до Інституту електротехніки лабораторію електротермії, очолювану академіком АН УРСР К. К. Хреновим. Ця лабораторія працювала над проблемою проми-

слового застосування електричного нагрівання металу в галузі зварювальної техніки. У 1953 р. було закінчено експериментальні дослідження процесів, що відбуваються в дузі постійного струму, розроблено склад керамічних флюсів для різних сортів сталі, виготовлено машину для їх приготування. З 1957 р. на ряді великих машинобудівних заводів Радянського Союзу, таких як Ново-Краматорський, "Більшовик" (Київ) та інших, було почато впровадження автоматичного зварювання під керамічними флюсами, розробленими в інституті. Тепер керамічні флюси широко застосовуються для зварювання різних сортів сталі.

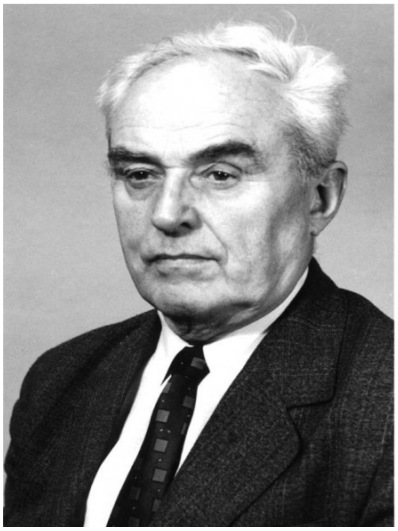
У лабораторії було розроблено також методи з'єднання тонких металів-листів за допомогою конденсаторного зварювання й створено серію машин як для точкового, так і для шовного конденсаторного зварювання різних металів, було розроблено й досліджено нові засоби холодного зварювання металів, зокрема розроблено метод холодного зварювання алюмінієвого та мідного дротів. Розроблено тоді було й кілька способів з'єднання мідних та алюмінієвих шин з мідними (точковим зварюванням, зварюванням встик, зварюванням зсувом, облицюванням алюмінію, міддю), розроблено ряд зразків пристроїв для холодного зварювання. Згодом цю лабораторію було переведено до Інституту електрозварювання АН УРСР ім. Є. О. Патона.

Наприкінці 1953 р. була організована лабораторія електрифікації сільського господарства, завдання якої полягали в проведенні роботи в напрямках автоматизації малих електростанцій, у розробці питань сільськогосподарського електроприводу та телекерування. У зв'язку зі створенням Академії сільськогосподарських наук УРСР, яка взяла на себе розробку питань електрифікації та механізації сільського господарства, на базі лабораторії в інституті було організовано дві нові лабораторії: електричних машин та електроприводу та лабораторію автоматичного регулювання виробничих процесів.

Лабораторія електричних машин та електроприводу під керівництвом доктора технічних наук І. М. Постнікова розробляла нові типи електричних машин. Було виконано широкі дослідження однофазних конденсаторних двигунів з послідовно з'єднаними обмотками статора, розроблено однофазні двигуни для напруг 220 і 440 В, потужність яких дорівнює потужності трифазних двигунів такого ж габариту, розроблено нові типи багатошвидкісних однофазних конденсаторних двигунів. Велика робота виконана по узагальненню методів теоретичного дослідження однофазних двигунів. Було також розроблено схеми автоматичного керування пуском однофазних двигунів із застосуванням електромагнітних реле змінного струму. У галузі синхронних машин було виконано значну роботу з удосконалення методів розрахунку синхронних двигунів змішаного збудження.

У лабораторії автоматичного регулювання виробничих процесів під керівництвом чл.-кор. АН УРСР О. Г. Івахненка було розроблено теорію багатоконтурних і комбінованих систем автоматичного регулювання, розроблено методи аналітичного дослідження комбінованих систем автоматичного регу-

лювання за збурюючими впливами та їхніми похідними й проведено дослідження таких систем. На основі цієї теорії розроблено чимало пристроїв: магнітні регулятори швидкості двигунів змінного струму, магнітні підсилювачі, стабілізовані зворотними зв'язками, стабілізатори струму й напруги з комбінованим керуванням і регулятори захисного потенціалу підземних трубопроводів.



Чл.-кор. АН УРСР
О. Г. Івахненко

Значний внесок зробили наукові співробітники лабораторії в теорію і схеми кібернетичних систем автоматичного регулювання, розробивши методи їх розрахунку та стабілізації. У результаті цих робіт виготовлено експериментальні регулятори для регулювання повітряного режиму в схемі автоматичного регулювання процесу горіння котла та автоматичного дозування вапна на хімічних водоочисниках теплових електростанцій.

У цій же лабораторії було вперше розроблено пристрої програмного керування металообробними верстатами. Виготовлено розімкнуту систему двокоординатного керування для фрезерного верстата із застосуванням нових елементів. Розроблено нові типи крокових двигунів для систем програмного керування. Зважаючи на тематику цієї лабораторії, пізніше її було переведено до Інституту кібернетики АН УРСР.

На 1 січня 1961 р. в інституті було вже шість лабораторій, в яких працювало 180 співробітників основного штату та навчалось в аспірантурі 25 аспірантів. Наукові кадри інституту поповнювались переважно за рахунок припливу талановитої молоді з різних вузів України.

Перші 15 років діяльності інституту дали змогу чітко визначити основні наукові напрямки діяльності:

перетворення та стабілізація параметрів електромагнітної енергії;

підвищення ефективності та надійності процесів електромеханічного перетворення енергії;

аналіз, оптимізація й автоматизація режимів електроенергетичних систем та їх елементів;

інформаційно-вимірювальні системи та метрологічне забезпечення в електроенергетиці.

Слід зазначити, що роботи з цих наукових напрямків неможливі без глибоких наукових досліджень із залученням основних положень теоретичних основ електротехніки та електрофізики. Проте певна частина досліджень цьо-

го плану виходить за рамки якогось одного зі згаданих напрямків, має більш узагальнюючий “міжгалузевий” характер.

У той же час почалась реорганізація інституту. На основі лабораторій було створено наукові відділи. Інститут електротехніки в 1964 р. було перейменовано в Інститут електродинаміки АН УРСР.

* * *

Науковий напрямок "перетворення та стабілізація параметрів електромагнітної енергії" був започаткований чл.-кор. НАН УРСР О. М. Міляхом, а продовжили й розвивають його учні – академік НАН України А. К. Шидловський, чл.-кор. НАН України І. В. Волков, В. Г. Кузнецов, Б. П. Борисов, А. А. Щерба, Н. А. Шидловська, В. Ф. Резцов, к.т.н. Ю. І. Драбович, д.т.н. К. О. Липківський, В. О. Барабанов, М. С. Комаров, І. В. Мостовяк, В. С. Федій, О. Д. Музиченко, Б. П. Павлов, М. М. Юрченко, Е. М. Чехет, Є. О. Антонов, Ю. П. Ємець, А. П. Ращепкін, В.М. Ісаков, В. Ф. Жаркін, І. П. Кондратенко та ін.

У цьому напрямку отримано фундаментальні результати, які дозволили інституту стати науковим лідером не тільки в Україні, але й серед країн СНД та далекого зарубіжжя.

Чл.-кор. НАН України
О. М. Мілях

Історія становлення й розвитку цього наукового напрямку – це історія розвитку перетворювальної техніки колишнього СРСР та України.

На основі досліджень електричних кіл з необоротними властивостями зароджується напрямок по розробці перетворювачів для стабілізації параметрів електроенергії в багатофазних мережах загальнопромислового та спеціального призначення (О. М. Мілях, А. К. Шидловський), визначаються основні завдання, ідеологія пошуку та розробки нових технічних засобів покращання якості (нормалізації) параметрів живлячої електроенергії.

Електромагнітні та напівпровідникові системи реверсування струму в гальванічних ваннах (Л. М. Биков, В. С. Маслобойщиков, К. О. Липківський) дали поштовх створенню такого піднапрямку, як розробка систем перетворювальної техніки для живлення електротехнологічного устаткування.

Опанування транзисторної (Ю. І. Драбович, М. М. Юрченко), а згодом і тиристорної (В. Ю. Тонкаль) техніки слугували фундаментом розвитку ще одного піднапрямку – створення надійних напівпровідникових систем вторинного електроживлення відповідальних об’єктів.

Досвід розробки перетворювачів (стабілізаторів) частоти на магнітних підсилювачах (Р. П. Карташов, В. С. Федій) дав змогу сформувати піднапрямок, спрямований уже на розвиток напівпровідникових перетворювачів частоти для регульованого електроприводу.

І, нарешті, піднапрямку, пов'язаному з розробкою систем незмінного струму, дуальних систем незмінної напруги, передували дослідження індуктивно-ємнісних перетворювачів для живлення рельсових кіл, дугових навантажень тощо (Б. Є. Кубишин, І. В. Волков).

У 1963 р. формується та остаточно формулюється найбільш узагальнююча назва цього напрямку наукових досліджень – перетворення та стабілізація параметрів електромагнітної енергії.

Зважаючи на наявність в Україні кількох центрів розвитку досліджень із перетворювальної техніки та необхідність координації їх роботи, рішенням Президії АН УРСР у 1970 р. було створено наукову комісію "Перетворення параметрів електричної енергії". Виходячи з провідної ролі Інституту електродинаміки АН УРСР у вирішенні цих питань, а також у налагодженні дієвих творчих зв'язків з науковцями інших регіонів, організацію цієї Комісії було доручено саме інституту електродинаміки, а головою комісії призначено О. М. Міляха. (Він залишався на цій посаді до 1979 р., коли комісію було переформовано у секцію наукової ради АН УРСР з комплексної проблеми "Наукові основи електроенергетики", яку очолив А. К. Шидловський.)

На початку 70-х склалася така ситуація, коли творчий потенціал, накопичений у відділі, для успішного подальшого розвитку почав вимагати певного диференціювання. Відбулося розгалуження багатого спектра наукової тематики – створення нових підрозділів. Відділ № 1 став "науковою колискою" для майбутніх восьми (!) відділів Інституту електродинаміки АН УРСР.

Академік НАН України
А. К. Шидловський

У створеному в 1972 р. під керівництвом А. К. Шидловського відділі № 2 науковим напрямком було визначено розробку теорії, методів і технічних засобів стабілізації параметрів електроенергії та електромагнітної сумісності в електричних мережах і системах стосовно до задач підвищення якості енергії, ефективності її перетворення й використання.

Подальший розвиток теорії багатофазних коригуючих кіл і створення на її основі ефективних пристроїв багатофункціонального призначення для комплексного вирішення проблеми підвищення якості електроенергії в електричних мережах і системах загального

призначення знайшов своє місце в 20 докторських і більш ніж 45 кандидатських дисертаціях учнів А. К. Шидловського.

Основні розробки відділу – це симетруючі пристрої для індукційних чавунно-плавильних печей, симетруючі пристрої для дво- і триколонних установок електрошлакового переплаву лиття, блоки автономного керування конденсаторними установками, пристрої для нормалізації показників якості електроенергії в мережах з індукційними плавильними печами, прилади для вимірювання відхилень і несиметрії трифазних напруг, тиристорний регулятор потужності й перетворювач частоти та порядку слідування фаз, компенсуючі пристрої із пофазним тиристорним керуванням, пристрої для нормалізації показників якості напруг на вводі ЕОМ, фільтросиметруючі пристрої для електроживлення радіоелектронної апаратури, джерела живлення з поліпшеною електромагнітною сумісністю, імітатори систем електропостачання і навантаження, шунтові симетруючі пристрої.

Неодмінною складовою досліджень основних аспектів проблеми нормалізації параметрів електроенергії було дослідження й створення систем стабілізації напруги змінного струму. Перші пристрої цього функціонального призначення розроблялись в інституті ще на початку 60-х років на основі магнітних підсилювачів. У результаті комплексу досліджень було запропоновано й обґрунтовано доцільність виконання високоефективних стабілізаторів напруги з дискретним керуванням на основі класу трансформаторно-ключових виконавчих структур. Це дало змогу реалізувати багато оригінальних схемотехнічних рішень, частина яких знайшла масове впровадження. Роботи по вдосконаленню розроблених систем стабілізації проводяться в інституті й зараз. Розроблено спеціальні фільтри-стабілізатори, що відзначаються високим рівнем електромагнітної сумісності з живлячою низьковольтною розподільчою мережею тощо (К. О. Липківський).

Розвитку піднапрямку "напівпровідникові системи вторинного електроживлення відповідальних об’єктів" передувало глибоке, досить тривале вивчення фізичних властивостей транзистора як нового для сприйняття складного напівпровідникового приладу. У результаті було обґрунтоване й здійснене розширення діапазону потужності, що перетворюється, шляхом специфічного паралельного з’єднання малопотужних тоді транзисторів. Зокрема, було запропоновано відмовитись від масивної арматури для охолодження елементів і застосувати тільки сформовані структури (кристали), на базі яких були створені транзисторні плати-збірки (ТПЗ) на великі струми, що за енергетичними та масогабаритними показниками не мали аналогів у світовій практиці (Ю. І. Драбович).

Суттєве покращання енергетичних, масогабаритних та, найголовніше, надійнісних показників транзисторних систем електроживлення (СЕЖ), яке отримано в інституті, зацікавило розробників космічної апаратури. На початку 60-х років минулого століття розгортається спільна з Інститутом електрозварювання ім. Є. О. Патона та іншими відповідними науковими й технічни-

ми структурами робота по створенню першої генерації "космічних" перетворювачів параметрів електроенергії. І в 1969 р. на космічному кораблі "Союз-6" починає працювати розроблена установка "Вулкан", а у 1973 і 1975 р. за допомогою установок "Зарница-1" та "Зарница-2" проводиться активний космічний експеримент по створенню штучного полярного сяйва шляхом інжекції в іоносферу Землі потужного електронного пучка, що дало змогу одержати виключно цікаві результати для експериментальної космічної фізики.

Подальший розвиток досліджень у цьому піднапрямку перстворювальної техніки також значною мірою був пов’язаний з космічною тематикою. Розробляється СЕЖ для пристрою "Испаритель-80", за допомогою якого на борту орбітальної станції "Салют-6" у період 1979 - 1982 рр. уперше у світі проведено серію експериментів (200 зразків) по нанесенню тонкоплівкових покриттів у космосі методом електронно-променевого випарювання й конденсації речовин у вакуумі, а також СЕЖ для апаратури "Універсальний ручний інструмент" (УРІ), з яким на станції "Салют-7" (1984 р.) уперше у світі й в історії космонавтики було проведено у відкритому космосі технологічні операції – нагрів, пайку, зварювання, різання та напилення (Ю. І. Драбович, М. М. Юрченко).

У 80-х роках в інституті продовжувались інтенсивні роботи по розширенню частотного діапазону транзисторних перетворювачів. Це дало змогу досягти потрібних частот перетворення електричної енергії в СЕЖ у межах 10 – 1000 кГц. Останнє десятиріччя пов’язане з якісним зрушенням у принципах конструювання транзисторних перетворювачів, зокрема з побудовою перетворювальних каскадів у вигляді багатокоміркових конструкцій.

В Інституті електродинаміки НАН України розроблено такі силові модулі на струми 100–500 А на основі комірок, а їх конструкція запатентована. У перспективі робіт передбачається розробка теорії системного аналізу джерел електроживлення з урахуванням електричної мережі, активного або пасивного коректора коефіцієнта потужності перетворювачів і навантаження, подальша розробка методів підвищення надійності, поліпшення експлуатаційних характеристик, зниження собівартості розробки транзисторних СЕЖ.

Паралельно з роботою над транзисторними СЕЖ в інституті з початку 60-х років розгортались також дослідження тиристорних перетворювачів для СЕЖ. На основі проведених досліджень було створено численні СЕЖ для відповідальних споживачів – радіоапаратури різного призначення, імітаторів систем живлення автономних об’єктів, програмних регуляторів, стендів випробування фізичної апаратури тощо. Упродовж більш ніж 20 років інститут був провідною науковою організацією в цьому важливому піднапрямку перетворювальної техніки (В. Ю. Тонкаль, Е. М. Гречко, О. В. Новосельцев).

На даний час наукові дослідження зі створення та вдосконалення напівпровідникових перетворювачів для систем вторинного електроживлення продовжують розвиватись і мають перспективи досягнення нових вагомих результатів як наукового, так і практичного плану. Приблизно з середини 60-х

років під керівництвом О. М. Міляха у відділі № 1 було почато дослідження класу перетворювачів частоти з безпосереднім зв'язком.

У 70-х роках минулого століття в інституті склався колектив під керівництвом Е. М. Чехета, який почав займатися транзисторними безпосередніми перетворювачами частоти (БПЧ). Були розроблені різноманітні оригінальні силові схеми й системи керування БПЧ. Розроблені перетворювачі були орієнтовані, в основному, на застосування в частотно-регульованому асинхронному електроприводі.

У 2000 р. співробітники відділу № 1 інституту Е. М Чехет, В. М. Михальський та В. М. Соболєв уперше у світі для комутації струму ключами МП з векторною широтно-імпульсною модуляцією запропонували стратегію, яка гарантує безпечну комутацію навіть при дуже значних спотвореннях кривих напруги мережі живлення та довільних спотвореннях кривих струму навантаження. За період 2002 – 2005 рр. на нову стратегію комутації струму отримано патенти України, США, Великобританії та Російської Федерації.

Для керування МП запропоновано нову векторну широтно-імпульсну модуляцію. Розроблено нові алгоритми для асинхронних двигунів з векторним керуванням і машини подвійного живлення. Вирішено задачу відпрацювання моменту та стабілізації на рівні одиниці коефіцієнта потужності статорної ланки машини подвійного живлення.

З кінця 70-х років у інституті під керівництвом І. В. Волкова і В. М. Ісакова починаються дослідження в галузі розробки електроприводів зі стабілізацією струму в силових ланцюгах, що дає змогу реалізувати нові електромеханічні характеристики, необхідні при роботі багатьох промислових механізмів.

Роботи, проведені в цьому напрямку, дали змогу запропонувати ряд нових схемних рішень електроприводів технологічних машин, електромеханічні та функціональні характеристики яких раніше досягались більш складними технічними засобами. Новизна цих схемних рішень підтверджена більш як 20 авторськими свідоцтвами і патентами України.

Серед найбільш ефективних розробок на базі цих рішень слід відзначити: пристрої повільного пуску для кантувачів на Алчевському металургійному комбінаті; електроприводи слідкуючих лебідок ЛЕСА-1 для спускопідйомних пристроїв морського базування; електропривод лінії відпалювання кольорових металів на заводі ОКМ (Кіров, Росія).

Ідея стабілізації струму була також використана при розробці частотно-керованих електроприводів на базі автономного інвертора струму і на базі автономного інвертора напруги. На основі цих рішень виконана розробка ряду регульованих електроприводів із струмово-частотним керуванням типів ЕУАТ, ЕУАТ-1М і ЕРТ потужністю 0,25 ÷ 7,5 кВт, серійне виробництво яких було налагоджено на НВО ЕТАЛ (Олександрія).

За останні 15 років впроваджено майже 200 електроприводів по системі ″джерело струму – двигун″.

Роботи, проведені в останні роки, були націлені для застосування в найбільш поширених технологічних системах. Найбільш показовими, з точки зору енерго- та ресурсозбереження, є технологічні системи в енергетичній галузі та переробній промисловості. Виконано низку високоефективних впроваджень результатів досліджень, зокрема автоматизованих систем та комплексів: хімічної підготовки води на Київських ТЕЦ-5 і ТЕЦ-6, Черкаській ТЕС тощо; транспортування і подачі відходів виробництва в системи підготовки паливо-повітряних сумішей для котлоагрегатів на підприємствах переробної промисловості; дозування сипучих компонентів у лініях по виробництву комбікормів; безперервної поточної технології виробництва комбікормів на Київському, Попельнянському, Телешівському заводах тощо.

У 1977 р. в інституті починаються роботи по створенню напівпровідникових перетворювачів для тягового електроприводу, дослідження систем енергозабезпечення, методів та засобів керування для електротранспорту з автономними джерелами живлення. У відділі № 2 організується лабораторія електромобілів, головний напрямок досліджень і розробок якої – силові імпульсні напівпровідникові перетворювачі та системи керування, включаючи й мікропроцесорні, для реалізації складних алгоритмів керування режимами споживання електричної енергії та руху автономних транспортних засобів – вантажних і пасажирських електромобілів з різними типами хімічних джерел струму. Розробки охоплюють різноманітні тягові приводи з напругою акумуляторної батареї від 50 до 200 В при потужностях тягових двигунів від 3 до 40 кВт.

Інститут тривалий час співпрацював з Волзьким автозаводом (Тольятті, Росія) і виконав розробки нових тягових транзисторних перетворювачів з мікропроцесорними системами керування, що були випробувані на експериментальних електромобілях ВАЗ-2802 і ВАЗ-2702. У 1996 - 2004 рр. було продовжено спільні роботи з конвертації автомобіля "Таврія", що випускався Запорізьким автомобільним заводом, на електромобіль. Тут було встановлено розроблений лабораторією електропривод. Також було проведено роботи з розробки й удосконалення ряду електротранспортних засобів різного функціонального призначення – гібридний електромобіль і електроцикл із підвищеною маневреністю, електрокари, електровізки, електроголівник (електробуксирувальник) для спортивного застосування тощо.

Електромобілі "Таврія"

Електроцикл

У 1998 р. був створений електроцикл на базі вантажного мотоцикла "Дніпро-300", що виробляється Київським мотоциклетним заводом. Ця розробка не має аналогів у Європі й Америці. У даний час два електроцикли передано в експлуатацію до ботанічного саду НАН України (В. Б. Павлов).

Інститут електродинаміки НАН України завжди посідав чільні наукові позиції в напрямку перетворення й стабілізації параметрів електроенергії з використанням електромагнітних і напівпровідникових перетворювачів для реалізації різних технологічних процесів. Новий імпульс у дослідженні різних аспектів вирішення проблеми інтенсифікації електротехнологічних процесів виник у 70 - 80-х роках минулого століття в процесі розробки систем електроживлення потужних несиметричних і, в більшості, нелінійних технологічних навантажень, зокрема установок індукційного та електрошлакового переплаву, магнітогідродинамічних насосів для позапічної обробки та дозованого електромагнітного розливання металевих розплавів(Б. П. Борисов).

Чл.-кор. НАН України
Б. П. Борисов

У 80 - 90-х роках було ініційовано роботи з дослідження проблем інтенсифікації процесів електроіскрового диспергування струмопровідних матеріалів у рідинах і з розробки принципів побудови та стабілізації параметрів систем електроіскрового диспергування шару струмопровідних матеріалів для отримання мікро- та нанопорошків металів і композитів (А. А. Щерба). Дослідження електроіскрової технології показало її переваги перед іншими технологіями: електровибуху провідників, електронно-променевого випаровування-конденсації, лазерної обробки, електрохімічного осадження, ультразвукового подрібнення та газотермічного розпилення.

В Україні тривалий час було відсутнє виробництво конкурентоспроможної кабельно-провідникової продукції, тоді як потреба в ній була і є дуже великою. Більшість кабельних ліній України вичерпали ресурс, мали великі втрати електроенергії, низькі експлуатаційні показники, використовували застарілі конструкції кабелів з паперово-масляною ізоляцією.

Світові тенденції вирішення таких проблем полягали у створенні стійких до кризових ситуацій високовольтних кабельних ліній в енергонасичених місцевостях та повітряних ліній електропередавання з самоутримними ізольованими проводами у віддалених регіонах. У 1993 р. на цьому напрямку розпочали спільні дослідження Інститут електродинаміки НАН України та завод "Південкабель" (Харків). Першим результатом була розробка вітчизняної

технології виготовлення кабелів із силанольно зшитою поліетиленовою ізоляцією (ЗПЕ-ізоляцією) на напругу до 1кВ.

Технологічна лінія виготовлення кабелів із ЗПЕ-ізоляцією
та самоутримних ізольованих проводів

Подальша розробка технології виробництва кабелів на 10 кВ показала можливість суттєвого підвищення надійності, безпеки, термостійкості та струмових навантажень; значного зменшення діелектричної проникності, тангенса кута діелектричних втрат, ємності кабелю, його зовнішнього діаметра, маси, радіуса вигинання та витрат на прокладання; спрощення технології прокладання при гострих кутах відхилення, будь-яких перепадах висоти траси та низьких температурах (до - 200° С без підігріву); зменшення енергоємності виробництва в три-чотири рази і виключення споживання газу. Тому головною метою стала розробка та впровадження в серійне виробництво вітчизняної високовольтної кабельно-провідникової продукції на напругу до 110 кВ з досягненням експлуатаційних показників світового рівня.

Для підвищення якості ізоляції та конструкції кабелів було вирішено складну проблему розробки методів і тривимірних комп'ютерних моделей для аналізу електричних і температурних полів у зшитій поліетиленовій ізоляції з урахуванням гетерогенних включень, форма яких може змінюватись. Найбільш руйнівні електрофізичні процеси в ізоляції виникають при одночасній дії електричного поля та води в зонах біля струмопровідної жили, в яких напруженість поля є найвищою. На основі аналізу електрофізичних процесів у приповерхневих зонах ЗПЕ-ізоляції було розроблено конструктивні та технологічні рішення для зменшення локальних перенапруженостей електричного поля та блокування доступу вологи в ізоляцію через жилу (А. А. Щерба, О. Д. Подольцев, І. М. Кучерява).

Результатом вирішення зазначених проблем стала розробка вітчизняних технологій та створення на заводі "Південкабель" (Харків) двох техноло-

гічних ліній серійного виготовлення кабелів із ЗПІ-ізоляцією – на 35 і 110 кВ, експлуатаційні параметри яких відповідають світовому рівню. Слід зауважити, що, за даними інституту "Укренергомережпроект", вартість таких ліній в 2,5 - 3 рази менша від ліній з маслянонаповненими кабелями.

За останнє десятиріччя по науковому напрямку "перетворення та стабілізація параметрів електромагнітної енергії" в інституті проведено комплекс теоретичних досліджень з подальшого розвитку теорії електромагнітного перетворення енергії, оцінка електромагнітної сумісності та взаємодії широкого класу перетворювачів електромагнітної енергії з енергоємними технологічними навантаженнями. Результатом цих досліджень стало створення та впровадження принципово нового обладнання для сучасних технологій (електротехнології обробки металу, технологічне устаткування космічних апаратів), автономних систем електроживлення, систем динамічного та електромагнітносумісного електроприводу, електрообладнання для реалізації мікро- та нанотехнологій, що використовуються для отримання нових електротехнічних матеріалів.

Значний внесок учені інституту зробили в наукові дослідження, пов'язані з підвищенням ефективності та надійності процесів електромеханічного перетворення енергії. Основоположником цього напрямку був чл.-кор. НАН України І. М. Постніков. Під його керівництвом та керівництвом його учнів – академіка НАН України Г. Г. Счастлівого, докторів технічних наук А. І. Ліщенка, А. А. Войтеха, А. М. Кравченка, О. І. Тітка, Г. М. Федоренка, В. І. Виговського, В. А. Лісника, В. І. Смородіна, В. І. Кисленка, А. О. Афоніна, П. Ф. Вербового, Л. І. Мазуренка та багатьох інших – створена наукова школа, широко відома своїми науковими досягненнями не тільки в Україні та країнах СНД, а й далеко за їх межами.

Чл.-кор. НАН України
І. М. Постніков

Наукові дослідження в галузі електромеханіки розвиваються в інституті понад 50 років.

Становлення наукової школи електромеханіки почалося з приходом в інститут д.т.н., професора І. М. Постнікова в 1954 р. До цього часу І. М. Постніков (з 1950 р.) завідував кафедрою електричних машин у Київському політехнічному інституті (КПІ), і це сприяло відбору в Інститут електродинаміки найбільш талановитих випускників КПІ. На початковому етапі досліджень у галузі електромеханіки можна виділити дві основні проблеми, що одержали найбільший розвиток і які розробляються дотепер. Це проблема нагрівання й охолодження еле-

ктродвигунів і проблема надійності кінцевих зон потужних турбогенераторів. Крім зазначених проблем, у цей період у пошуковому плані проводилися дослідження деяких інших питань електромеханіки.

Академік. НАН України
Г. Г. Счастлівий

На початку 60-х років в інституті почалися дослідження, які були пов'язані з проблемою надійності потужних турбогенераторів. Загальносвітова тенденція швидкого розвитку електроенергетики поєднувалася в ці роки з різким збільшенням одиничних потужностей турбогенераторів, характерною рисою якого було збільшення електромагнітних навантажень, що досягаються за рахунок інтенсифікації охолодження активної зони при габаритах, які практично мало змінюються.

Гадане збільшення ефективності конструкцій генераторів зростаючої потужності (зменшення ККД, масогабаритних показників), а також ефективність спорудження електростанцій увійшла в серйозне протиріччя з різко погіршеними показниками надійності. Основною проблемою стало нагрівання та збільшення втрат в елементах кінцевих зон генераторів. Гострота проблеми виявилася в період експлуатації турбогенераторів потужністю 200 і 300 МВт. Галузеві інститути не мали методів розрахунку цих явищ, заводи випускали генератори з конструктивними недоліками.

У цей критичний період з ініціативи головного конструктора заводу "Електроважмаш" (Харків) Л. Я. Станіславського і професора І. М. Постнікова в інституті розгорнулися комплексні дослідження з цієї проблеми. Висунуті І. М. Постніковим ідеї з розрахунку електромагнітних полів і нагрівання в кінцевих частинах потужних турбогенераторів активно підтримані фахівцями заводу й працівниками ряду електростанцій (Придніпровська, Бурштинська ГРЕС та ін.).

Колектив молодих учених інституту (Г. П. Єзовіт, В. М. Ніколаєв, В. М. Асанбаєв, В. І. Смородін, А. С. Карацуба, А. А. Бабяк, А. М. Кравченко та ін.) за активної участі фахівців заводу "Електроважмаш" (В. С. Кильдишев, І. Я. Черемисов, Б. В. Співак, П. Я. Карташевський та ін.) проводили дослідження невідомих фізичних явищ і процесів. У роботі брали участь також молоді вчені з Інституту математики АН УРСР (Л. П. Нижник, А. А. Березовський та ін.).

Характерна риса досліджень по даній проблемі – комплексний підхід до її вирішення, при якому розробка теорії, методів математичного моделювання полів і розробка методик інженерних розрахунків і шляхів удосконалення

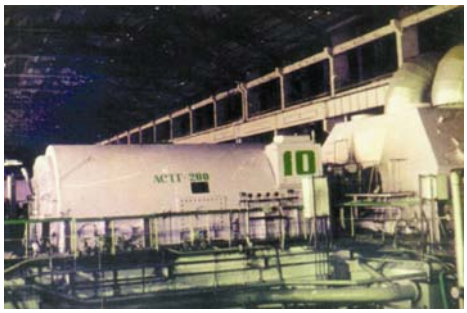
конструкцій взаємодоповнювались вивченням фізичних полів шляхом проведення натурних експериментів на виготовлених генераторах, а також пов'язаних з ними експериментальних досліджень на масштабних моделях кінцевих зон турбогенераторів 300 і 500 МВт.

Етап інтенсивного розвитку досліджень і розробок у галузі електромеханіки в Інституті електродинаміки АН УРСР (1971 - 1990 рр.) характеризується великими досягненнями в галузі теорії електромеханічного перетворення енергії й проведенням на цій основі багаточисельних прикладних досліджень і розробок разом із заводами електротехнічної промисловості країни, які завершувалися серійним виробництвом електричних машин різних типів і конструкцій.

Найбільш активно розвивалися дослідження електромагнітних і теплових полів у турбогенераторах граничних потужностей. Тісне співробітництво вчених інституту із НДІ заводу "Електроважмаш" дало змогу заводу значно поліпшити конструкцію турбогенераторів потужністю 200 і 300 МВт і підвищити їхню надійність. При цьому інтегральний показник надійності – коефіцієнт готовності – у 80-ті роки за статистичними даними досяг значень 0,995 – 0,999, що відповідало світовому рівню.

Розвиток енергосистем країни, створення магістральних ліній електропередач на 500 – 750 кВ і вище, а також прийнята в СРСР технічна політика в рішенні питань розміщення джерел реактивної потужності в розподільних мережах і у споживачів електроенергії висунули проблему експлуатації турбогенераторів (ТГ) у режимах недозбудження, у режимах споживання реактивної потужності, що не передбачалося стандартами й технічними умовами й вимагало обмеження потужності ТГ. У цей же період загострилася проблема нерівномірності електроспоживання й, відповідно, виникла необхідність роботи ТГ у маневрених режимах. Треба було створити модифікації ТГ потужністю 60 – 200 МВт для пікових і напівпікових режимів із частими пусками та зупинками.

У цей же період за ініціативою І. М. Постнікова в інституті активно розгорнулися дослідження з проблеми створення потужних асинхронних генераторів. Цей новий тип генераторів в умовах електроенергетики, що розвивається, може істотно підвищити ефективність функціонування системи "електростанція - енергосистема". Основний обсяг досліджень електромагнітних і теплових процесів у генераторі даного типу потужністю 200 МВт (АСТГ-200) виконано в інституті у співробітництві з ученими КПІ.



Перший у світі асинхронний турбогенератор АСТГ-200

Досліджено електромагнітні й теплові процеси в роторі АСТГ, розроблено методи розрахунку параметрів і характеристик генератора з урахуванням впливу масиву ротора, досліджено динамічні процеси й стійкість керованого АСТГ.

Розроблені методи розрахунку процесів у роторі АСТГ і питання розрахунку втрат і нагрівання крайніх пакетів сердечника статора в широкому діапазоні регулювання активної й реактивної потужностей використано при проектуванні першого у світовій практиці турбогенераторобудування генератора АСТГ-200, виготовленого на заводі "Електроважмаш", який успішно експлуатується на Бурштинській ГРЕС із 1985 р.

У 70 - 80 - х роках одержали розвиток роботи в області нових типів асинхронних двигунів (АД) малої потужності. Розроблено математичні моделі й методи розрахунків на ЕОМ електромагнітних процесів для проектування різних типів АД малої потужності.

Важливим напрямком у створенні нових типів АД стало створення модифікацій двигунів у складі серій, що випускаються в країні.

Співробітниками відділу електромеханічного перетворення енергії в цей період отримано понад 250 авторських посвідчень і патентів на схеми полюсоперемикаючих обмоток АД (А. І. Антоненко, О. О. Войтех, Г. М. Киричек, І. І. Краштан та ін.). Полюсоперемикаючі АД із сумісними обмотками одержали широке впровадження для приводу ліфтів і багатьох інших механізмів. Ці досягнення базуються на серйозній теоретичній базі дослідження перехідних процесів в АД таких типів, у тому числі розробленими в інституті методами розрахунку.

Багатопланове завдання створення електроприводів з регульованими АД одержало цікаве рішення у створенні двигунів із частотнозалежними параметрами ротора. Незважаючи на обмежений діапазон регулювання та підвищені втрати, такі двигуни, завдяки їхній простоті й надійності, одержали практичне використання в ряді приводів механізмів потужністю до 50 кВт (О. О. Войтех, Г. М. Киричек, П. Ф. Вербовий та ін.).

Активність співробітників відділу електромеханічного перетворення енергії найбільшою мірою виявилася у співробітництві з багатьма електромеханічними заводами, у тому числі Смілянським, Ужгородським, Миколаївським, Полтавським і Олександровським заводами, а також СКБ "Укрелектромаш" (Харків), об’єднанням "Ельфа" (Литва).

Наприкінці 70-х років в інституті організовано відділ безконтактних електричних машин (А. І. Ліщенко), що розвиває дослідження в області створення синхронних і асинхронних двигунів (СД, АД) з масивним феромагнітним ротором, асинхронних генераторів з новими системами ємнісного й вентильного збудження, електромеханічних систем із реалізацією складних законів руху й програмним керуванням, а також лінійних асинхронних двигунів.

Проведено широкий комплекс розрахунково-теоретичних досліджень у сполученні з експериментальними на лабораторних зразках численних варі-

антів асинхронних генераторів (АГ) з ємнісним збудженням. Розроблено різноманітні АГ, що відрізняються схемами обмоток статора, використанням різних способів включення батарей конденсаторів і застосуванням аналого-цифрових систем керування, що забезпечують високу якість функціонування АГ у робочих і перехідних режимах (А. І. Ліщенко, В. А. Лісник, О. П. Фаренюк).

Досліджено можливості створення машинно-вентильних комплексів на основі АГ з вентильним порушенням і автоматичним керуванням (А. І. Ліщенко, Л. І. Мазуренко).

Проведено великий обсяг теоретичних та експериментальних досліджень і розробок нових технологічних схем і конструкцій електромеханічних систем для реалізації безпосереднього безредукторного приводу на основі крокових і вентильних двигунів. Застосування нових систем керування й конструкцій електромагнітної частини дало змогу створити електроприводи лінійного, коливального, поворотного й обертового рухів для транспортних систем, верстатобудування, робототехніки й іншого технологічного устаткування (А. О. Афонін, В. В. Гребенніков та ін.). Стале творче співробітництво з фахівцями НВО "Ротор" (Черкаси) дозволило протягом 80-х років реалізувати ряд практичних розробок різного призначення.

Великим досягненням в області електромеханіки є розробка принципово нового типу електродвигунів – триступеневих електричних машин. За висунутою й науково обґрунтованою чл.-кор. АН УРСР О. М. Міляхом ідеєю розроблено теорію електромагнітних процесів, методи розрахунку параметрів і характеристик електродвигунів зі сферичними статором і ротором. Проведені дослідження лабораторних моделей і розроблені разом із НВО "Арсенал" конструкції й технології дозволили серійно випускати такі машини (В. О. Барабанов, О. Є. Антонов).

Електродвигуни такого типу ефективно використовувалися в системах керування просторовим положенням літальних апаратів з керуванням за двома координатами. Застосування триступеневих машин істотно підвищило якість і технічні характеристики систем у цілому.

За останні 10 років по науковому напрямку з проблем електромеханічного перетворення енергії отримано значний науковий доробок. Розроблено моделі, методи й методичні засоби та проведено дослідження параметрів, характеристик теплових та електромагнітних процесів, механічної й динамічної стійкості та принципів створення генераторів нового покоління синхронно-асинхронного типу. Використання генераторів синхронно-асинхронного типу при модернізації електростанцій України забезпечить оптимальне співвідношення пікових, напівпікових та базових потужностей, розширення допустимих режимів і підвищення динамічної стійкості всього енергетичного обладнання (О. І. Тітко, Г. Г. Счастлівий).

Розроблено й досліджено методами математичного й фізичного моделювання нові ефективні способи й пристрої діагностики практично всіх вуз-

лів генераторів і двигунів власних потреб, для яких мають місце ушкодження. Велику увагу приділено розробці та дослідженню нових способів і пристроїв діагностики роторів потужних генераторів. При цьому особлива роль належить контролю швидкоплинних процесів, характеристики яких, як показують дослідження, є найбільш чутливими діагностичними параметрами.

Відомо, що в найближчі 10 – 15 років для стабільного електропостачання економіки України необхідно модернізувати й замінити більше 100 енергоблоків. Заміна обладнання повинна здійснюватися з урахуванням того, що генеруюче обладнання буде успішно вирішувати всі задачі економіки в перспективі, через 20 – 40 років. У зв'язку з цим інститут працює над розробкою теорії й принципів створення генераторів нового покоління синхронно-асинхронного типу, які успішно вирішують ряд сучасних і перспективних завдань. Отримало подальший розвиток дослідження в галузі автономних енергокомплексів з асинхронним генератором. У числі багатьох розробок таких комплексів можна відзначити універсальні автономні генератори з автоматичним керуванням потужністю до 200 кВт для транспортних енергоустановок, що забезпечують необхідні показники якості електроенергії при змінній частоті обертання приводного двигуна.

Розроблено високошвидкісні стартери-генератори для транспортних самохідних установок потужністю до 100 кВт. Використання високої частоти обертання (18000 об/хв) забезпечує гарні масогабаритні показники, а система автоматичного регулювання збудження забезпечує стабілізацію напруги асинхронного генератора при зміні частоти обертання в 2 - 2,5 рази. Розроблено методи проектування таких енергоустановок (В. А. Лісник, Л. І. Мазуренко).

Активно розвиваються дослідження й роботи зі створення нових типів електромеханічних систем на основі керованого струмового шару з оптимізацією використання електромагнітної енергії в зоні її перетворення. Використання нових ідей, конструктивних, технологічних і схемотехнічних рішень, сучасних магнітних матеріалів та електронних компонентів дає змогу реалізувати електромеханічні системи нового типу з високими техніко-економічними показниками (А. А. Афонін, В. В. Гребенніков).

Вагомі результати отримані по створенню нових типів триступеневих електричних машин, що охоплюють широке коло питань теорії, конструювання й дослідження характеристик двохкоординатних електричних машин (ДЕМ) для систем керування. Розроблено основи теорії й принципи побудови ДЕМ із двоступеневим і триступеневим ротором, описано особливості руху ротора у двох типах ДЕМ. Дослідження рівнянь руху й умов взаємодії статора й ротора різних конструкцій дозволили визначити умови забезпечення необхідних характеристик по точності й швидкодії, що є основними для якісного функціонування систем керування літальних апаратів.

Розроблені принципи розрахункового аналізу для проектування ДЕМ різних призначень дають конкретне обґрунтування вибору конструкцій, що за-

безпечують виконання функцій відповідно до потреб систем керування руху (О. Є. Антонов).

Провідне місце у вітчизняній науці й у країнах СНД упродовж багатьох десятиліть мають праці інституту з аналізу, оптимізації та автоматизації режимів електроенергетичних систем та їх елементів.

Започаткували наукові дослідження на цьому напрямку відомі вчені – академіки В. М. Хрущов та С. О. Лебедєв, класичні праці яких по дослідженню та розрахунку режимів електроенергетичних систем (ЕЕС) широко розвинуті в інституті. Ці дослідження продовжили д.т.н. Л. В. Цукерник, д.т.н. І. М. Сирота, академіки НАН України Б. С. Стогній та О. В. Кириленко, чл.-кор. НАН України В. Г. Кузнецов, д.т.н. В. А. Авраменко, д.т.н. О. Ф. Буткевич, к.т.н. В. О. Крилов та ін.

Створення в 1949 – 1951 рр. під керівництвом С. О. Лебедєва першої на європейському континенті цифрової електронної обчислювальної машини "МЭСМ" започаткувало застосування ЕОМ для дослідження режимів та керування функціонуванням ЕЕС. В інституті під керівництвом Л. В. Цукерника та його учнів було виконано піонерські роботи по застосуванню ЕОМ для аналізу статичної та динамічної стійкості, розрахунків усталених режимів та струмів короткого замикання складних ЕЕС, проведено широкий комплекс робіт із дослідження статичної та динамічної стійкостей складних енергосистем, розробки систем диспетчерського керування. Розроблені програми знайшли широке, всесоюзне впровадження та використання в енергосистемах Радянського Союзу.

Електричне навантаження (ЕН) є одним з основних параметрів, що визначають режим роботи ЕЕС. Розробка методів, алгоритмів і програм прогнозування ЕН в інституті була розпочата наприкінці 70-х років минулого століття. На основі розробленого методу й алгоритму інформативного аналізу й короткотермінового прогнозування періодично нестаціонарних випадкових процесів були розроблені й впроваджені програми в Об′єднаних диспетчерських управліннях (ОДУ) Півдня, Донбасенерго, Дніпроенерго, Київенерго, Харківенерго та інших організаціях.

Починаючи з 1976 р., ведуться дослідження з розрахунків та аналізу на ЕОМ нормальних сталих режимів (НР) з метою їхнього планування в складних електричних мережах ЕЕС.

На основі виконаних досліджень розроблено і впроваджено в промислову експлуатацію в ряді ЕЕС України програми V-VI-14 і V-VI-24 розрахунків та аналізу НР на ЕОМ третього покоління та програмний комплекс V-VI-14П розрахунків та аналізу НР та еквівалентування на ПЕОМ у складних електричних мережах об’ємом до 1000 вузлів.

Значний внесок інститут вніс у створення й впровадження методик і програмних засобів розрахунків та аналізу на ЕОМ аварійних режимів, насамперед струмів короткого замикання (КЗ) (і пов’язаних з ними технологічних розрахунків) у складних електричних мережах 110 – 750 кВ ЕЕС.

Інститут (Л. В. Цукерник, К. В. Хрущова, В. М. Авраменко, Н. А. Качанова, В. О. Крилов) був піонером в СРСР у даному напрямку, вів дослідження широким фронтом, перебував на вістрі найбільш актуальних проблем, розробляв і широко впроваджував промислове програмне забезпечення на ЕОМ всіх поколінь, вплинув і продовжує впливати на стан справ у цій галузі застосування ЕОМ для електричних розрахунків.

В останній час в інституті (В. О. Крилов, В. М. Авраменко) розроблені комплексні методики автоматизованих розрахунків на ЕОМ уставок мікропроцесорних (МП) струмових захистів від КЗ на землю, максимальних струмових захистів і дистанційних захистів від усіх видів КЗ у МП терміналах 7SA513 і 7SA522 фірми Siemens, REL521(511) і REL670 фірми ABB, L60 фірми General Electric у складних електричних мережах ЕЕС із урахуванням суттєвих особливостей цих захистів. Останнє найбільшою мірою стосується МП дистанційних захистів (у цих МП терміналах) як важливих, функціонально складних і таких, що мають рішення, які значно відрізняються від вітчизняних пристроїв релейного захисту.

Перераховані методичні розробки реалізовані в програмах і програмних комплексах, які одержали широке практичне застосування в експлуатуючих і проектних енергетичних організаціях.

Головними реалізаціями інституту в розробці й впровадженні в промислову експлуатацію в експлуатуючих і проектних енергетичних організаціях для ЕОМ третього покоління є такі: програмні комплекси V-VI-18, V-VI-20, V-VI-28 автоматизованих розрахунків аварійних режимів в електричних мережах об’ємом до 1000 вузлів, програмні комплекси V-VI-38, V-VI-40 і V-VI-48, V-VI-50 в електричних мережах об’ємом відповідно до 2000 і 3000 вузлів. Усі перелічені комплекси одержали всесоюзне впровадження.

Починаючи з 1988 р., було розроблено програмні комплекси V-VI-50П1, V-VI-50П2 і V-VI-50П3 для складних електричних мереж об’ємом до 3000 вузлів. На даний момент програмний комплекс V-VI-50П3 є робочою версією комплексного програмного забезпечення для розрахунків на ПЕОМ аварійних режимів і пов’язаних з ними технологічних розрахунків, що безупинно розвивається й поповнюється.

Комплекси V-VI-50П2, V-VI-50П3 (у різній комплектації) впроваджено в промислову експлуатацію в Національній енергетичній компанії (НЕК) "Укренерго" і всіх восьми регіональних ЕЕС України, у багатьох енергетичних організаціях Росії, Казахстану, Узбекистану, Туркменістану та ін. (В. О. Крилов).

Упродовж багатьох років в інституті ведуться дослідження, пов’язані з задачами розрахунку електромеханічних перехідних процесів ЕЕС. Отримані наукові результати реалізовано в програмах УДАР-2,3,4, які впроваджено в ряді ОДУ та енергосистем (В. М. Авраменко).

Можливості доступу до поточних або ретроспективних вимірів параметрів режиму, які відкрилися внаслідок впровадження оперативно-інформацій-

них комплексів (ОІК), стали потужним стимулом до розробки програм оперативного керування й, насамперед, до створення програмних засобів, призначених для вирішення задачі оцінювання стану. Запропоновані рішення було реалізовано в програмах ІДОР-1 та ІДОР-2. Найбільш успішно ці програми використовувалися в ОДУ Уралу, Північного Заходу, Півдня, Середньої Волги, а також у Центральному диспетчерському управлінні Єдиної енергосистеми СРСР (ЦДУ ЄЕС).

Автономний модуль оцінювання стану був включений до складу централізованої системи протиаварійної автоматики Об′єднаної енергосистеми Уралу. Розроблена система з 1989 по 2004 р. у реальному масштабі часу уточнювала уставки протиаварійної автоматики, адаптуючи їх до реального режиму роботи енергооб'єднання.

У 1989 р. був розроблений програмний комплекс (ПК) ″Космос″ (В. Л. Пріхно) для персональних ЕОМ. У складі комплексу на єдиній спеціалізованій базі даних об'єднано програми для розв'язання таких задач: синтез розрахункової схеми на основі описів схем первинних комутацій станцій і підстанцій та інформації про стан комутаційних апаратів; оцінювання режимів енергосистем на основі телевимірюваної інформації; розрахунок сталих і самоустановлених по частоті режимів; обважнення сталих режимів; еквівалентування сталих режимів; оптимізація режимів за активною потужністю; оптимізація режимів за реактивною потужністю; ієрархічні розрахунки режимів енергосистем.

ПК ″Космос″ впровадженио в промислову експлуатацію в усіх енергосистемах Російської Федерації, в ОДУ Сходу, Сибіру, Уралу, Середньої Волги, Північного Заходу, Півдня й Центра, а також у ЦДУ ЄЕС Росії. Ієрархічна система формування режимів енергооб'єднання впроваджена й функціонує в ОДУ Уралу, у ЦДУ ЄЕС, а також у Федеральній мережній компанії Росії. Епізодично вирішується задача формування режиму енергооб'єднання, яке включає країни СНД і Балтії (модель синхронної зони). У цей час програмний комплекс впроваджується в ОДУ Республіки Білорусь. В Україні ПК ″Космос″ впроваджено й експлуатується в Дніпровській і Центральній енергосистемах, а також у головному офісі НЕК "Укренерго". З цього року виконується робота з впровадження дворівневого ПК у всіх енергосистемах України. При цьому передбачається участь в ієрархічному формуванні розрахункових моделей і суміжних держав – Росії й Білорусі.

Перераховані вище дослідження та розробки програмних комплексів проводились у відділі аналізу режимів електроенергетичних систем.

Наприкінці 1963 р. групою співробітників лабораторії електричних станцій та енергосистем (пізніше відділ моделювання електричних систем) інституту був створений відділ автоматизації електричних систем. Очолив відділ д.т.н. І. М. Сирота (1908 - 1994). Науковим напрямком відділу стала розробка теоретичних засад та методів підвищення надійності роботи електроенергетичних систем на основі застосування нових принципів автоматич-

ного керування та релейного захисту. Цей напрямок робіт став природним розвитком більш загального напрямку, фундатором якого в Інституті електротехніки АН УРСР був видатний вчений академік С. О. Лебедєв – автор розробки методів аналізу й оптимізації режимів електричних систем. Напрямок нового відділу визначили роботи д.т.н. І. М. Сироти, який до часу створення відділу провів глибокі дослідження процесів замикання на землю в мережах з ізольованою нейтраллю, розробив теорію трансформаторів струму (ТС) нульової послідовності, на основі яких були створені оригінальні ТС з підмагнічуванням кабельного (ТНП) та шинного (ТНП-Ш) типів. На базі цих досліджень та розробок було створено низку захистів від замикань на землю в мережах 6 – 35 кВ, а також захисти від замикань на землю генераторів. Останні було занесено до офіційних технічних директивних матеріалів. Був також розроблений, хоча й трудомісткий, але досить точний метод розрахунку перехідних режимів роботи фазних ТС високої напруги, а також основи теорії ТС з розрізним осердям.

На початок створення відділу були також розроблені нові електромагнітні регулятори збудження синхронних машин на основі керованого фазового компаундування типів УБК, РНА, РВА, які з незначними змінами протягом кількох десятиліть випускались серійно на Мінському електротехнічному заводі (О. М. Костюк). У новому відділі з'явились також нові напрямки робіт.

У 1968 р. із групи релейного захисту відокремилась група струмовимірювальних пристроїв, керівником якої став к.т.н. Б. С. Стогній. У 1975 р. у зв'язку з переходом д.т.н. І. М. Сироти на посаду наукового консультанта завідуючим відділом став к.т.н. Б. С. Стогній.

У 1988 р. у відділі створено лабораторію програмованих систем автоматики і захисту, а в 1996 р. на її основі – відділ моделювання електроенергетичних об'єктів під керівництвом д.т.н. О. В. Кириленка.

Після створення відділу автоматизації електричних систем під керівництвом І. М. Сироти було продовжено дослідження процесів замикання на землю в електричних системах, які стали традиційними для відділу, а також розроблені нові пристрої релейного захисту від цього типу ушкоджень і пристрої протиаварійної автоматики. Досліджувались проблеми вдосконалення режимів нейтралі та забезпечення безпеки обслуговування електроустановок.

На основі проведених досліджень було створено ряд приладів захисту від замикань на землю, зокрема комплекс захистів від замикань на землю в ланцюгах генераторної напруги потужних енергоблоків, що працювали на накладеному струмі нульової послідовності другої гармоніки. Розроблено захист потужних генераторів, що працювали на збірні шини, на базі фазних трансформаторів струму з використанням парних гармонік накладеного струму.

Усі перелічені прилади захисту від замикань на землю знайшли широке втілення в ряді енергосистем та на промислових підприємствах.

Наприкінці 60-х років минулого століття під керівництвом к.т.н. Б. С. Стогнія у відділі було розпочато глибокі наукові дослідження високовольтних вимірювальних перетворювачів струму та напруги, які є основними й найбільш масово використовуваними джерелами вимірювальної інформації про режими роботи електроенергетичних об'єктів (ЕЕО). Трансформатори струму (ТС) і напруги (ТН), що є такими перетворювачами, утворюють домінуючий внесок у похибки передачі інформації про струм та напругу від контрольованого ЕЕО до вторинних систем електроенергетики, а саме: систем вимрювання, обліку електроенергії, релейного захисту та автоматики, і, таким чином, значною мірою визначають рівень технологічного керування

Академік НАН України
Б.С.Стогній

Академік НАН України
О. В. Кириленко

ЕЕС та ефективність їх функціонування. У результаті виконаного спільно з Всесоюзним інститутом трансформаторобудування і Запорізьким заводом високовольтної апаратури комплексу науково-дослідних і дослідно-конструкторських робіт була розв'язана важлива народногосподарська задача: розроблено теорію, принципи побудови та методи випробування й на цій основі створено нове покоління вимірювальних перетворювачів (ВП) струму, які вперше у вітчизняній практиці високовольтних вимірювань струму забезпечують нормовані метрологічні характеристики як у статичних (усталених) режимах, так і в динамічних (аварійних) режимах ЕЕС. Найбільш вагомим практичним результатом цих робіт стала організація на виробничому об'єднанні "Запоріжтрансформатор" серійного виробництва каскадних триступеневих ТС для першої у світі ЛЕП напругою 1150 кВ Екібастуз –Урал.

У 1985 – 1990 рр. цей напрямок досліджень поповнився розробками методів відновлення вхідного сигналу ТС, датчиків імпульсного струму потужних електротехнологічних устав, різних типів проміжних ВП струму, розв'я-

занням задач забезпечення вимог чинних нормативних документів щодо якості перехідних процесів у ТН. Важливим досягненням цього періоду стало розв'язання під керівництвом к.т.н. О. В. Кириленка задачі автоматизації проектування на ЕОМ електромагнітної частини ВП струмів за умов детермінованого або стохастичного характеру вхідних сигналів, складності структури та нелінійності їхніх характеристик.

З кінця 80-х років минулого століття у подальших дослідженнях було обґрунтовано доцільність і показано можливості, які надає застосування мікропроцесорної технології при побудові систем комплексної автоматизації ЕЕО, зокрема первинних вимірювальних каналів струму та напруги та їхніх окремих компонентів.

У 1992 – 1993 рр. за державною програмою "Електротехніка України" Мінмашпрому України виконано науково-дослідну роботу зі створення перспективного для електроенергетики трифазного ВП струму для ЛЕП 330 кВ з цифровим представленням вимірювальної інформації.

Каскадний трансформатор струму для першої у світі ЛЕП 1150 кВ

У 1994 – 1995 рр. виконано розробку й виготовлено дослідний зразок першої в Україні цифрової системи вимірювання параметрів нормального режиму приєднань підстанції, включно з обліком електроенергії, у складі цифрової системи керування підстанцією 35/10 кВ, а також комплексу програмно-технічних засобів на базі спеціалізованих промислових контролерів для передачі інформації від системи та її прийому на диспетчерському пункті верхнього рівня керування.

Виходячи з результатів попередніх досліджень, запропоновано комплексне розв'язання задачі інформаційного забезпечення систем керування шляхом побудови та застосування багатофункціонального засобу вимірювання електричних величин як єдиного уніфікованого джерела вимірювальної та повідомляючої інформації й ретранслятора командної інформації для систем диспетчерського керування, систем комерційного обліку електроенергії, контролю та управління її якістю.

На основі цих розробок ВО "Київприлад" освоїло промислове виробництво трифазного багатофункціонального лічильника електроенергії типу "Каскад", який, забезпечуючи комплекс необхідних споживацьких власти-

востей, задовольняє всі вимоги національних і вітчизняних стандартів, ринок електроенергії і відповідає світовим тенденціям розвитку техніки вимірювань в електроенергетиці (Є. М. Танкевич).

Застосування цього засобу вимірювання надає можливості побудови сучасних багаторівневих розподілених систем керування електричною потужністю та енергією, які реалізують перспективну концепцію – інтелектуальний лічильник електроенергії та неінтелектуальний пристрій збору даних. "Каскад" внесено до державного реєстру засобів вимірювальної техніки. Це перший в Україні багатофункціональний високого класу точності лічильник активної та реактивної енергії з метрологічно атестованими додатковими функціями вимірювання струму, напруги, активної та реактивної потужностей, коефіцієнта потужності та частоти.

Реалізація запропонованого підходу до створення інформаційної основи систем комплексної автоматизації ЕЕО забезпечує побудову ефективних, розподілених, багаторівневих систем керування ЕЕС з технічно раціональною та економічно виправданою структурою.

Однією з останніх робіт, виконаних в інституті, є робота, присвячена створенню науково-методичних основ проектування високоточних високовольтних ТС з використанням нових магнітних матеріалів і електронних схем корекції похибок. Такі ТС сумісні з цифровими системами керування електромережами і відповідають сучасним світовим тенденціям технологічного розвитку, міжнародним нормам та стандартам. Розроблена методика є найважливішим компонентом системи проектування ТС і буде активно задіяна в подальшій роботі зі створення високотехнологічних та технічно досконалих ТС нового покоління на етапах розробки та виготовлення їх макетних та експериментальних зразків.

Виробництво таких високоточних ТС, що користуються суттєвим попитом на вітчизняному та світовому ринках, забезпечує економію дорогих матеріалів та енергоресурсів, а їхнє впровадження в енергомережах України сприятиме зменшенню метрологічних втрат електроенергії таі підвищенню точності її обліку.

Інформаційно-діагностичний комплекс “Регіна”

На початку 80-х років минулого століття відділ автоматизації електричних систем, одним з перших в Україні, розпочав дослідження мікропроцесорних систем керування в енергетиці. Були проведені дослідження, розроблені принципи та створені мікропроцесорні системи для реєстрації параметрів нормальних та аварійних

режимів, в основному струмів, напруг та дискретних сигналів релейно-контактної логіки пристроїв релейного захисту та протиаварійної автоматики. Було створено серію мікропроцесорних систем для захисту, вимірювання, реєстрації параметрів аварійних режимів в електроенергетичних системах та швидкоплинних процесів в електротехнологічних установках. Широке впровадження в електроенергетиці отримав найбільш досконалий зі створених – інформаційно-діагностичний комплекс (ІДК) "Регіна" (Б. С. Стогній, М. Ф. Сопель).

ІДК "Регіна" призначений для реєстрації аналогових та дискретних сигналів, аналізу розвитку аварійних ситуацій, оцінки функціонування пристроїв релейного захисту та автоматики, визначення місця пошкодження під час коротких замикань на лініях електропередачі, визначення залишкового ресурсу високовольтних вимикачів, побудови добової відомості режимів, проведення фазового та гармонічного аналізу синусоїдних сигналів, виділення симетричних складових у трифазних мережах змінного струму, виведення інформації у вигляді текстових повідомлень, графіків та таблиць на екран дисплею та на друк, а також передачі зареєстрованої та обробленої інформації на будь-які вищі рівні керування. На даний час реалізовано дві структури ІДК "Регіна": у вигляді двох рівнів та у вигляді локальної мережі.

ІДК "Регіна" сертифікований відповідними органами в Україні і в Республіці Білорусь, а також включений до державного реєстру засобів вимірювальної техніки України та Республіки Білорусь.

У травні 2005 р. МПП "Анігер", яке на даний час займається виробництвом ІДК "Регіна", сертифіковано на відповідність вимогам міжнародного стандарту ISO 9001:2000.

Створений реєстратор став базовим при побудові інформаційно-довідкових, діагностичних та моніторингових систем для електроенергетики та інших галузей народного господарства. Основне застосування ІДК "Регіна" – "велика" електроенергетика. Сотні комплексів працюють на АЕС, ТЕС, ТЕЦ, ГЕС, підстанціях напругою 750, 500, 330, 154, 110 кВ. ІДК "Регіна" застосовується не тільки в Україні, а й у Білорусії, Казахстані, Азербайджані, Молдові. Дуже широке застосування розробка отримала в системах електропостачання залізниць у вирішенні такої важливої проблеми, як визначення місця пошкодження контактних мереж рухомих потягів як змінного, так і постійного струму. Пристроями визначення місць пошкоджень контролюється понад 2000 км електрифікованих ліній "Укрзалізниці". Зараз оснащення підстанцій, що живлять контактні мережі, пристроями для визначення місць пошкоджень успішно продовжується.

ІДК "Регіна" застосовується також на компресорних станціях, промислових підприємствах (електрозабезпечення), великих котельнях тощо.

З часом розвинулась низка специфічних застосувань ІДК "Регіна". Було проведено дослідження процесів старіння ізоляції, визначено методи, розроблено алгоритми та створено систему автоматичного контролю ізоляції під

робочою напругою за параметром "комплексна провідність" трансформаторів струму, лінійних ізоляторів та високовольтних вводів силових трансформаторів, яку впроваджено в розподільчих пристроях 750 та 330 кВ підстанції "Вінницька-750". Система забезпечує по точності вимірів діелектричних характеристик виконання вимог державного стандарту.

Початок 21-го століття визначив для інституту нові перспективи наукових та науково-технічних досліджень. Шлях української економіки, зокрема електроенергетики, до євроінтеграції вимагає розв'язання цілої низки важливих оперативно-технічних задач у різноманітних режимах роботи об'єднаної української енергосистеми. Постало завдання розробки принципів та методів побудови точних засобів моніторингу, що функціонують у масштабі реального часу із забезпеченням єдиної часової прив'язки. Ця досить актуальна і своєчасна проблема успішно була вирішена.

У результаті було створено систему моніторингу електромеханічних перехідних режимів (СМПР) енергосистем. До її складу входять розроблені нові реєстратори "Регіна-Ч" для прийому та реєстрації миттєвих значень струмів і напруг, вимірювань, обчислень, запису й подальшої передачі в диспетчерський центр інформації про частоту, величини перебігу потужності, кути векторів напруги з прив'язкою до сигналів точного часу, отримуваних від супутникової системи GPS. Інформація надходить з п'яти об'єктів України: Південноукраїнської АЕС, Хмельницької АЕС, Західноукраїнської ПС 750кВ, Донбаської ПС 750 кВ, ПС Мукачеве 400 кВ. Впровадження "Регіни-Ч" дозволяє вирішити низку важливих задач, зокрема надання необхідних синхронізованих параметрів в СМПР ЦДУ енергосистем Росії, з якою об'єднана енергетична система України працює паралельно, надання необхідних синхронізованих параметрів у систему моніторингу Європи UCTE (при паралельній роботі), створення власної державної СМПР (у тому числі тривалих перехідних режимів). Створення останньої забезпечує перевірку достовірності розрахункових моделей і оцінки результатів розрахунків режимів, створення бібліотеки режимів, що дає змогу перейти від протиаварійної автоматики (ПА), орієнтованої на виконання об'ємів розвантажувальних заходів, визначених за найбільш важкими збуреннями, до автоматики, що визначає оптимізовані об'єми дій, використовуючи методи аналізу ризику. Ця система дозволяє також забезпечити оперативний персонал НЕК та енергосистем достовірним моніторингом плинних режимів за рахунок динамічного надання параметрів від усіх необхідних об'єктів системи, зведених до єдиного часу, створити передумови для планомірного впровадження систем автоматизованої системи керування технологічними процесами (АСКТП) енергооб'єктів і вдосконалення систем АСДК енергосистем та енергооб'єднань, створити інформаційну базу для виконання ефективного комплексу "порадника диспетчера", що діє в режимі, наближеному до "on-line", за рахунок швидкісних, синхронізованих за часом, телевимірювань та телесигналізації, забезпечити можливості виконання чіткого й достовірного аналізу причин появи, ходу

розвитку й ліквідації аварійних режимів, створення і розвитку центральної координуючої системи протиаварійного керування об'єднань, що забезпечує автоматичне відновлення балансу активної та реактивної потужності під час аварійного випадання крупних об'єктів генерації чи відділення великих районів навантаження і т.д.

Реєстратор "Реґіна-Ч" забезпечує точність на рівні кращих світових досягнень. Час, наприклад, фіксується з точністю 20 мкс, а кут –0,1 град.

У теперішній час розв'язується нова й складна проблема створення першої на теренах колишнього СРСР АСКТП підстанції 750 кВ у нормальних, аварійних та післяаварійних режимах. Завдяки інтеграції в єдиний комплекс з системами релейного захисту та протиаварійної автоматики забезпечується можливість керування технологічними процесами як в автоматизованому режимі, так і в автономному через пристрої релейного захисту та протиаварійної автоматики. За рахунок концентрації інформації від мікропроцесорних пристроїв релейного захисту та автоматики мікропроцесорних пристроїв керування вимикачами, контролерів, реєстраторів аварійних подій, лічильників електричної енергії та підсистем моніторингу надається можливість з робочого місяця оперативного персоналу проводити повний контроль стану технологічного обладнання, керувати всіма комутаційними апаратами, простежувати зміну системних параметрів, забезпечити оперативний аналіз аварійної ситуації, діагностувати стан основного обладнання. У створенні АСКТП, впровадження якої передбачається на новостворюваній підстанції 750 кВ "Київська", беруть участь багато організацій із використанням зарубіжного досвіду. Серед них провідне місце належить колективу відділу автоматизації електричних систем Інституту електродинаміки НАН України.

За останні роки по науковому напрямку з аналізу, оптимізації та автоматизації режимів електроенергетичних систем та їх елементів проведено комплекс теоретичних досліджень із розвитку наукових основ функціонування складних систем, до яких належить енергетична система України. Запропоновано нові методи побудови, розроблено засоби забезпечення режимної безпеки електроенергетичних систем та мереж. Результати цих досліджень стосуються роботи систем електропостачання в умовах несиметрії та несинусоїдальності й визначення зон режимної безпеки за критеріями якості та ефективності електропостачання, резонансних процесів в електричних мережах різного ієрархічного рівня з метою їхнього попередження та знешкодження, оптимізації структури енергооб'єднань енергосистеми України при планових і аварійних відключеннях основного устаткування (В. Г. Кузнєцов, Ю. І. Тугай).

За результатами проведених досліджень уперше в Україні та в межах СНД створено автоматизовану систему керування електроенергетичними об'єктами, яка забезпечує їхній моніторинг, глибоку діагностику та досконале управління шляхом збору інформації від систем сучасних мікропроцесорних пристроїв релейного захисту та автоматики, її обробки, збереження та

передачі на верхні рівні оперативного керування в обсягах, необхідних для прийняття рішень як у нормальних, так і в аварійних режимах роботи (Б. С. Стогній, О. В. Кириленко).

* * *

Інститут має значний доробок фундаментальних досліджень з розвитку загальної теорії вимірювальних електричних та електронних кіл. На основі цієї теорії колективом учених під керівництвом чл.-кор. АН УРСР А. Д. Нестеренка в 1947 – 1976 рр. та академіка НАН України Ф. Б. Гриневича розроблено нові принципи побудови різних типів надвисокоточних приладів для електричних та магнітних вимірювань, створено новий клас цифрових вимірювальних мостів, запропоновано ряд еталонів. У рамках цього напрямку добре відомі наукові праці докторів технічних наук Є. О. Андрієвського, А. Д. Ніженського, А. І. Новіка, М. М. Сурду, З. Я. Монастирського, чл.-кор. НАН України С. Г. Таранова та багатьох інших.

Академік НАН України
Ф. Б. Гриневич

Основні дослідження та розробки, що пов’язані з науковим напрямком "інформаційно-вимірювальні системи і метрологічне забезпечення в електроенергетиці" проводяться у двох відділах інституту – відділі електричних і магнітних вимірювань та відділі контролю електромагнітних процесів.

Відділ електричних і магнітних вимірювань (ЕМВ) Інституту електродинаміки НАН України був заснований у 1947 р. чл.-кор. АН УРСР А. Д. Нестеренком. Одним із основних напрямків наукових досліджень і розробок відділу за останні 40 років є створення високоточних завадостійких автоматичних цифрових мостів змінного струму. Розробка теоретичних основ модуляційних екстремальних систем зрівноважування та прецизійних мостових кіл для вимірювання параметрів комплексних опорів, а також експериментальні роботи в цьому напрямку отримали після 1966 р. новий імпульс. Було встановлено дуже тісні контакти між співробітниками відділу та працівниками заводу "Точелектроприлад", і за короткий строк, на основі створеного у відділі макета, у 1967 р. був запущений у виробництво перший серійний цифровий автоматичний міст Р570 для вимірювання ємності від 0,005 пФ до 10 мкФ і тангенса кута втрат (10^{-4}...0,1) конденсаторів. Клас точності моста – 0,1. З 1969 р. замість Р570 протягом багатьох років випускався серійно цифровий екстремальний міст Р589 – конструктивно допрацьована, більш досконала модель з аналогічними характеристиками. Паралельно йшли дослідження зі створення цифрових екстремальних мостів (ЦЕМ) для вимірювання інших параметрів комплексних опорів. Результати цих дослі-

джень дозволили створити цифровий екстремальний міст для вимірювання параметрів котушок індуктивностей, який з 1970 р. випускався заводом "Точелектроприлад" під маркою Р591 (діапазон вимірювання індуктивності 1 мкГн – 10 Гн, тангенса кута втрат 0,001 – 0,9, що відповідає добротності від 1000 до 1,1, клас точності 0,2).

Життя ставило нові завдання. Більш перспективними могли б бути універсальні прилади, що дають змогу вимірювати складові будь-якого пасивного комплексного опору при будь-якому співвідношенні активної та реактивної компонент. Необхідно було теоретично обґрунтувати принципи побудови таких приладів. Результатом вирішення цих науково-технічних задач стала розробка та передача на завод макета першого універсального цифрового екстремального моста, що став прототипом серійного приладу Р5016 (випускався з 1975 р.).

У 80-ті роки разом з виробничими об’єднаннями "Точелектроприлад" та "Катіон" (м. Хмельницький) було виконано великий цикл робіт зі створення та налагодження серійного виробництва нового покоління універсальних і спеціалізованих вимірювачів параметрів комплексних опорів. В основу цих розробок були покладені нові варіаційні способи вимірювання параметрів комплексних опорів і відповідні структури вимірювальних кіл.

Уперше були застосовані цифрові синтезатори вимірювальних сигналів, аналого-цифрове перетворення та цифрова обробка сигналів нерівноваги моста, цифрові методи корекції похибок і калібрування приладів. З використанням цих принципів, а також новітньої елементної бази за короткий строк були розроблені, передані для впровадження в серійне виробництво та серійно випускалися Київським заводом "Точелектроприлад" перші в СРСР мікропроцесорні універсальні мости змінного струму Р5084 (клас точності 0,2 %) і Р5083 (клас точності 0,005 %), вимірювач ЦЕ5002 (клас точності 0,02 %), а також вимірювач RLC широкого призначення Р5030, що був на момент розробки одним із кращих у світі приладів "для інженерів". Ці прилади відрізнялися широкими діапазонами вимірювання (від 10^{-5} до 10^{11} Ом для опору, від 10^{-16} до 10 Ф для ємності, від 10^{-10} до 10^{7} Гн для індуктивності), простотою структур вимірювальних кіл, а міст Р5083 – ще й найвищою на той час у світі точністю, широким діапазоном частот робочих напруг (100 Гц – 100 кГц).

Зараз ведеться розробка компактного легкого універсального моста для визначення практично будь-яких параметрів комплексних опорів у широкому діапазоні значень при будь-яких фазових кутах, на ряді робочих частот із застосуванням сучасної елементної бази й вбудованої ЕОМ.

Для потреб електронної та електротехнічної промисловості були розроблені унікальні прилади – вимірювач комплексу параметрів електролітичних конденсаторів з ємністю до 100 Ф у діапазоні частот від 1 Гц до 100 кГц при постійній напрузі до 500 В (ПІК-СМА) і перший автоматичний високовольтний міст змінного струму з робочою напругою 500 В для контролю якості

електроізоляційних матеріалів при їхньому виробництві. Продовженням цих робіт в останні роки стала розробка принципів побудови й налагодження серійного виробництва високовольтних вимірювальних комплексів для електроенергетики.

На початку 90-х років минулого століття на основі комбінованих мостових і лінійних перетворювальних структур були створені автоматичні ультрапрецизійні вимірювальні системи для метрологічного забезпечення передачі одиниць національних еталонів пасивних електричних величин, які не мали закордонних аналогів.

У результаті розвитку цих робіт було створено апаратуру для державного еталона ємності і тангенса кута втрат України, похибка якої не перевищує 0,0001 %, а поріг чутливості – 0,00001 %.

Для потреб організацій Держстандарту СРСР були розроблені й пройшли приймальні випробування дослідні зразки багаточастотної вимірювальної системи для атестації і передачі значень робочих еталонів взірцевим мірам параметрів комплексних опорів будь-якого характеру реактивності найвищих розрядів. Похибка передачі значень не перевищувала 0,001 %. На момент створення система не мала аналогів у світі.

На базі варіаційних мостових систем змінного струму разом з ПО "Арсенал" були розроблені й виготовлені дослідні зразки кутовимірювальної системи "Ємкосин", призначеної для вимірювання кутових переміщень у діапазоні 0–360°, причому розрізнювальна здатність кутовимірювальної системи менше 0,1", максимальна похибка вимірювання у всьому діапазоні не перевищує 1", а час відпрацьовування максимальної кутової неузгодженості не перевищує 5 мс. Такі метрологічні характеристики на порядок перевершують відповідні показники існуючих у той час за кордоном аналогічних за призначенням пристроїв "Індуктосин".

Більшість із цих приладів не застаріли морально й дотепер (за винятком елементної бази) і продовжують використовуватися в промисловості та при наукових дослідженнях.

Більше 30 років відділ електричних і магнітних вимірювань займається розробкою й дослідженням термо- і кондуктометричних систем.

Лінійка термокондуктометричних засобів вимірювання містить більше 20 приладів, зокрема: Р5016К, Р5079К, Р5079Е, Р507, ЦЕ003, ЦЕ002, ЦПК-1, КМ-2Е, КМ-4Е, Р50Т, БІТС, СА300. У кондуктометрах був реалізований широкий діапазон вимірювань від 10^{-11} до 1 См і досягнута похибка менше 0,002 %, у термометричних мостах, наприклад СА300, похибка вимірювання забезпечувалася на рівні 10^{-7}, що еквівалентно похибці вимірювання температури 0,00005 °С. Такі прецизійні термо- і кондуктометричні мости знайшли застосування у провідних метрологічних центрах України та Росії (НВО "Метрологія" (Харків), Укрметртестстандарт (Київ), ВНДІМ ім. Д. І. Менделєєва (Санкт-Петербург), 32-й Метрологічний центр Міністерства Оборони РФ).

На базі кондуктометрів Р5016К, Р5079К, Р5079Е було розроблено вимірювальну систему першого в Радянському Союзі еталона питомої електричної провідності розчинів електролітів, ГОСТ 8.457-82. У 2005 р. на основі кондуктометрів КМ-2Е, КМ-4Е та цифрового вимірювача температури БІТС було розроблено вимірювальну систему для українського еталона електролітичної провідності рідини, а також відповідний стандарт на перевірочну схему ДСТУ 4448 : 2005.

На основі розробок відділу були створені спеціалізовані термокондуктометри: для потреб океанології – вимірювач солоності морської води Р5079С (після державних випробувань присвоєно шифр ГМ-85) і для потреб цукрової промисловості – вимірювач зольності цукру КЦ-ЗС.

Для кондуктометричних вимірювань у Барнаульському (Росія) ОКБ створено й виготовлено малою серією міст Р5079КБ. Для термокондуктометричних вимірювань у складі стенда для випробувань океанських зондів в Інституті екології Чорного та Азовського морів створено термо- і кондуктометричні мости Р50Т та Р5079КЕ.

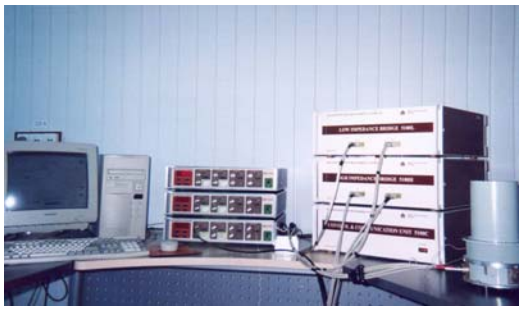
Для ЦКБ ГМП створено вимірювальні канали СТД-системи (солоність, температура, тиск) океанічного зонда "Зонд-6000" з похибкою менше 0,002% для роботи на глибинах до 6 км. Створено прецизійну термокондуктометричну апаратуру Р509ТТ і Р509S для Севастопольського метрологічного центру забезпечення океанічних вимірювань.

У співдружності з ДНТП "Спецавтоматика" Інституту автоматики протягом 1999 - 2000 рр. проводились роботи по розробці апаратури для вимірювань в енергетиці, у результаті цієї роботи створено:

високовольтний прецизійний міст змінного струму СА7100 для еталона коефіцієнта передачі високих напруг України та Російської Федерації;

апаратура для вимірювання параметрів ізоляції СА7100-2 для роботи в складі стаціонарних або пересувних випробувальних лабораторій;

високовольтні еталонні конденсатори серії СА6001.



Еталонна система для вимірювання імпедансу СА5100

Одним з актуальних напрямків вимірювальної техніки є вимірювання малих та надмалих активних і реактивних опорів (мікроіндуктивностей, у тому числі індуктивностей розсіювання, опорів підвідних проводів тощо). Дослідження, що проведені у відділі, дали змогу розробити спеціальний клас мостових кіл, в яких забезпечується ефективний захист від впливу опору проводів підключення та контактів, режим заданого струму об’єкта вимірювання (що дозволяє вимірювати опір, починаючи з ну-

льових значень), захист від інших паразитних зв'язків. Було створено ЦЕМ Р5012, який переважає за своїми параметрами вітчизняні та зарубіжні аналоги.

Поряд зі створенням апаратури широкого застосування, призначеної для серійного виробництва, у відділі постійно проводяться дослідження, спрямовані на розробку спеціалізованих автоматичних вимірювальних приладів, як правило, з унікальними характеристиками. Так, для електрохімічних досліджень було створено багаточастотний екстремальний цифровий міст "Екстрем", в якому на об'єкт вимірювання одночасно подаються сигнали трьох різних частот та одночасно здійснюється зрівноважування кола на цих трьох частотах трьома окремими системами регулювання, у результаті чого за короткий час отримуються три пари чисел, що характеризують активний та реактивний опір об'єкта на кожній із трьох частот вимірювання.

До комплекту установки високої точності для вимірювання товщини плівок діелектричного покриття був розроблений і виготовлений багатодекадний цифровий міст ЕМС-5, який спільно з ємнісним диференціальним датчиком забезпечував вимірювання переміщень у діапазоні до 200 мкм з розрізнювальною здатністю 10^{-10} м (1 $\mathring{A}$).

Крім того, розроблені й виготовлені:

апаратура для дистанційного (до 0,6 – 1 км) вимірювання рівня кріогенних рідин (з досить близькою до одиниці відносною електричною проникністю) у резервуарах;

прецизійна вимірювальна система з ємнісними датчиками для юстування в процесі функціонування набірного багатометрового дзеркала оптичного телескопа (діапазон переміщень, що вимірюються, ± 10 мкм, розрізнювальна здатність 0,005 мкм);

прецизійний вимірювач кута нахилу до горизонту (інклінометр) з ємнісним гідростатичним датчиком (похибка вимірювання та чутливість – частки кутової секунди).

У теоретичному плані розроблено основи узагальненого аналізу мостових вимірювальних кіл з тісним індуктивним зв'язком.

Велика кількість досліджень, виконаних у відділі, була направлена на створення унікальних за характеристиками пристроїв для вимірювання неелектричних величин (в основному, мікро- та макро переміщень, маси, тиску і т.п.) за допомогою ємнісних датчиків. Останніми роками інтенсивні роботи у відділі проводились з теоретичних та експериментальних досліджень простих вимірювальних перетворювачів для ємнісних датчиків з використанням аналогового зрівноважування, з комутаційним перетворенням зрівноважуючих сигналів. На їх основі створені та впроваджені система реєстрації деформацій фюзеляжу літальних апаратів для визначення витрати ресурсу; вимірювачі мікробиття дисків магнітних накопичувачів; вимірювач товщини гумової стрічки в потоці; оптико-акустичний пірометр для вимірювання температури в доменних печах; вимірювач переміщень та зусиль для технологічної лінії по

виробництву радіоелектронних виробів; гамма-ємнісних вимірювачів рівня рідких та сипучих середовищ типу ДРУС тощо.

Розроблено та впроваджено у виробництво системи вимірювання рівня рідких діелектриків з малими значеннями діелектричної проникності, які, порівняно із зарубіжними аналогами, мають у 3…5 разів вищу точність вимірювання, у 8 - 10 разів вищу швидкодію, зменшену від кількох годин до одиниць секунд тривалість підготовки до виконання вимірювань. Вони використовувались для систем заправки космічних комплексів "Енергія–Буран" у 1980–1990 рр. у проекті корабля багаторазового використання "Сабля" (аналог "Шаттла"). Розроблено кондуктометричні вимірювальні засоби, що відрізняються схемною простотою та високою надійністю і при однакових метрологічних характеристиках у 4 - 5 разів дешевші від зарубіжних аналогів. Вони впроваджені в серійне виробництво й використовуються на цукрових заводах України, Росії та Молдови.

Світові тенденції в контрольно-вимірювальній техніці свідчать про перспективність застосування просторово-розподілених мережевих структур та уніфікованих апаратно-програмних компонентів при реалізації інформаційно-керуючих, діагностичних і моніторингових комплексів різного призначення.

К.т.н. В. М. Зварич, д.ф.-м.н. Б. Г. Марченко, чл.-кор. НАН України Н. А. Шидловська, д.т.н. М. В. Мислович випробовують ІВС діагностики електричних машин

У результаті виконаних робіт розроблено варіанти уніфікованих вимірювальних терміналів для мережевих систем збору даних і керування, здатних працювати практично з будь-якими типами датчиків при дуже широких діапазонах вимірюваних величин, частот і рівнів вимірювальних сигналів.

Практичними результатами розробки стали експериментальні зразки компонентів інформаційно-вимірювальних систем для контролю параметрів технологічних процесів, прилади для визначення характеристик якості конструкційних матеріалів, програмно-апаратні комплекси для біомедичних досліджень. Зокрема, на основі уніфікованих базових вузлів реалізовано серію приладів для оперативних вимірювань. Серед них: портативні електронні ваги, високоточні цифрові термометри та терморегулятори, вимірювачі вологості газів, твердих і сипучих матеріалів з ємнісними та кондуктометричними датчиками; вимірювачі тиску в газових і рідких середовищах, забезпечені системою передачі тиску на датчик з розділювальною мембраною; багатоканальні

вимірювачі температури та вимірювачі різниці температури з мініатюрними тонкоплівковими датчиками. У цих пристроях досягнуто розрізнювальну здатність по температурі 0,0001 К, по тиску 1 мм вод. Ст., по електропровідності 10^{-12} Сим. Особливістю приладів є наявність допоміжних вимірювальних каналів для врахування та компенсації впливу неінформативних параметрів на результати вимірювань. На основі уніфікованих мережевих терміналів реалізовані також вимірювально-інформаційні комплекси для біохімічних досліджень.

Створені зразки вимірювальної апаратури демонструвалися на найкрупніших міжнародних виставках у Ганновері (EXPO-2000, Ганновермесе, CeBIT), Москві, Пекіні, на національних і міжнародних виставках в Україні.

Дослідження проблем розробки теорії та принципів побудови, впровадження в серійне виробництво магнітовимірювальної апаратури з гальваномагнітними перетворювачами були розпочаті з ініціативи й під керівництвом чл.-кор. АН УРСР А. Д. Нестеренка.

Результати досліджень були покладені в основу теорії нового класу магнітовимірювальних приладів – компараторів змінних полів, які забезпечують значне розширення частотного діапазону й підвищення точності вимірювань. Одержали теоретичне обґрунтування й питання випробування магнітів складної форми в пристроях із замкнутою та неповністю замкнутою магнітною системою.

Теоретичні розробки в галузі магнітних вимірювань знайшли свою практичну реалізацію. Інститутом електродинаміки НАН України разом із Житомирським заводом "Електровимірювач" уперше у світовій практиці була розроблена та впроваджена у виробництво серія аналогових і цифрових комбінованих приладів для вимірювання магнітних і електричних параметрів, у яких вимірювання індукції постійних магнітних полів здійснюється за допомогою гальваномагнітних перетворювачів:

малогабаритний багатодіапазонний тесламетр Ф4354 для вимірювання постійного струму та індукції постійних магнітних полів із калібруванням по взірцевому магнітному полю;

багатофункціональний переносний електровимірювальний прилад типу Ф4300 із підвищеною чутливістю до магнітної індукції;

прилад комбінований цифровий Щ4310 для вимірювання сильних і слабких постійних магнітних полів з автоматичною компенсацією дрейфу нуля й автоматичною корекцією адитивної похибки. Модифікація Щ4311 цього приладу забезпечує вимірювання радіальної й аксіальної складових постійних магнітних полів.

Разом із комбінованими був розроблений і впроваджений у серійне виробництво спеціалізований аналоговий мілітесламетр Ф4355 – перший у світовій практиці прилад з автоматичною установкою нуля та усуненням похибки від впливу полярного магнітного поля.

Практично всі прилади для вимірювання магнітної індукції, які були розроблені в інституті і впроваджені в серійне виробництво, за технічними характеристиками перевершували кращі закордонні аналоги.

Починаючи з 1976 р., у співавторстві зі співробітниками Державного оптичного інституту (Ленінград) і ДКБ Московського енергетичного інституту започатковано роботи зі створення високоточних лазерних далекомірів, дія яких основана на фазовому методі вимірювання відстані. Розроблений лазерний профілометр застосовувався для контролю та юстування антени радіотелескопа ТНА-1500, який був використаний при картографуванні планети Венера й у міжнародному експерименті "Вега" (1985 р.). Подальші дослідження, направлені на покращення метрологічних характеристик таких систем, були продовжені на початку 90-х років минулого століття в рамках роботи з Астрокосмічним центром ФІ РАН.

Незважаючи на сталість фундаментальних положень теорії вимірювань, протягом кількох останніх десятиліть відбуваються стрімкі зміни принципів побудови засобів вимірювань.

Учені Інституту електродинаміки НАН України брали безпосередню участь на всіх етапах розвитку електровимірювальної техніки в Україні. Результати їх роботи помітні на прикладі досягнень в інформаційно-вимірювальному забезпеченні електроенергетики.

Починаючи з 50-х років минулого століття, спільно з фахівцями провідних підприємств України в галузі вимірювальної техніки створено гаму магнітовимірювальних приладів з використанням давачів Холла. Сімдесяті та вісімдесяті роки характеризуються запуском у серійне виробництво портативних приладів та інформаційно-вимірювального комплексу для аналізу показників якості електроенергії.

В Україні на початку 90-х років минулого століття не було жодного підприємства, яке б виготовляло електронні електролічильники і засоби їх метрологічного забезпечення. Тому перед ученими інституту стояла багатопланова задача. Треба було не тільки створити теорію й принципи побудови нового покоління засобів вимірювань, але й організувати розробку та широке впровадження інтелектуальної мікропроцесорної апаратури.

Незважаючи на всі труднощі, у результаті спільної роботи вчених і виробничників отримано наступні практичні результати (С. Г. Таранов, Ю. Ф. Тесик):

проведено державну метрологічну атестацію і впроваджено в народному господарстві України 10 робочих еталонів потужності та енергії 1-го розряду. З них три впроваджено в Держметрспоживстандарті України, чотири – в Мінпаливенерго України, три – на промислових підприємствах України;

проведено державну метрологічну атестацію й впроваджено в народному господарстві України три робочих еталони потужності та енергії 2-го розряду з робочим діапазоном струму від 10 мА до 120 А. Вони впроваджені на промислових підприємствах України;

проведено державну метрологічну атестацію і впроваджено в народному господарстві України 15 робочих еталонів потужності та енергії 3-го розряду з робочим діапазоном струму від 10 мА до 120 А. Усі впроваджено на промислових підприємствах України;

проведено державну метрологічну атестацію єдиної в Україні міри показників якості електричної енергії 1-го розряду;

проведено державну метрологічну атестацію джерела напруги і струму для перевірки промислових і побутових електролічильників;

створено низку багатофункціональних робочих засобів обліку електроенергії трансформаторного включення;

створено багатофункціональні робочі засоби обліку електроенергії безтрансформаторного включення на максимальні робочі струми 60 і 120 А;

створено багатофункціональний електролічильник безтрансформаторного включення на максимальний робочий струм 200 А;

продовжуються роботи по створенню багатофункціонального електролічильника безтрансформаторного включення на максимальний робочий струм 500 А, а також потужного стендового обладнання для їхнього метрологічного забезпечення.

Наведені вище результати багаторічних досліджень у науковому напрямку "інформаційно-вимірювальні системи і метрологічне забезпечення в електроенергетиці" охоплюють лише невелику частину досліджень та розробок.

Як уже зазначалось, роботи вчених інституту отримали високу оцінку. Про це свідчить те, що вчені інституту були удостоєні загалом 19 Державних премій, семи премій НАН України ім. Г. Ф. Проскури, шести премій НАН України ім. С. О. Лебедєва, трьох премій НАН України ім. В. М. Хрущова та однієї премії МААН. Серед учених інституту – шість заслужених діячів науки і техніки України, два заслужених винахідника України. Близько 10 наукових співробітників інституту відзначені преміями президента України та НАН України для молодих учених , 10 молодих науковців є стипендіатами Президента України та НАН України.

Велика кількість розробок інституту відзначена преміями, дипломами й медалями ВДНГ колишнього СРСР та України, золотої медалі Лейпцігської ярмарки. Високий рівень робіт інституту захищає більш ніж 2600 авторських свідоцтв і патентів зарубіжних країн.

Починаючи з 1979 р., на базі інституту видається науковий журнал "Технічна електродинаміка", що виходить раз на два місяці, та збірник наукових праць, що виходить тричі на рік.

В інституті працюють три спеціалізовані ради по захисту дисертацій доктора та кандидата наук з семи спеціальностей, що відповідають основним напрямкам наукових досліджень інституту.

Наукові підрозділи інституту стали базою для створення нових установ. На основі наукових відділів інституту були засновані Інститут кібернетики НАН України, Інститут радіотехнічних проблем, Інститут проблем моделю-

вання в енергетиці НАН України, Інститут загальної енергетики НАН України, Інститут відновлюваної енергетики НАН України та Науково-технічний центр магнетизму технічних об'єктів НАН України (Харків).

На базі інституту, а також за його активною участю регулярно проводяться міжнародні науково-технічні конференції та школи-семінари.

Академіки НАН України О. В. Кириленко, Б. С. Стогній, А. К. Шидловський на урочистому відкритті міжнародної конференції ПСЕ-2008

Редакція журналу «Технічна електродинаміка» обговорює з професором К. О. Липківським черговий випуск

Зараз в інституті у 15 наукових відділах працюють п'ять академіків НАН України та сім членів-кореспондентів НАН України, 37 докторів технічних наук та 93 кандидати технічних наук, висококваліфікований інженерно-технічний персонал.

Значний науковий потенціал та творчий доробок інституту дає всі підстави сподіватись, що його розробки будуть суттєво впливати на подальший розвиток наукових досліджень та науково-технічний прогрес у багатьох галузях промисловості нашої країни.

Основні публікації про історію інституту

1. *Шидловський А. К.* Інститут електродинаміки НАН України – Історія, здобутки. Перспективи // Техн. електродинаміка. – 1997. - № 1. – С. 3 - 11.

2. *Шидловський А. К., Липківський К.О.* Розвиток в Інституті електродинаміки НАН України досліджень по перетворенню та стабілізації параметрів електромагнітної енергії // Техн. електродинаміка. – 2007. - № 3. – С.11 - 26.

3. *Счастлівий Г. Г., Титко О.І.* Підвищення ефективності та надійності електромеханічного перетворення енергії // Техн. електродинаміка. – 2007. - № 3 – С. 27 - 40.

4. *Стогній Б. С.* На шляхах автоматизації електричних систем // Техн. електродинаміка. – 2007. - № 3. – С. 41 - 50.

5. *Кириленко О. В., Буткевич О. Ф., Денисюк С. П., Левітський В. Г., Рибіна О.Б.* Інформатизація та інтелектуалізація систем керування в електроенергетиці: деякі підсумки за останні роки // Техн. електродинаміка. – 2007. - № 3. – С. 51 - 58.

6. *Авраменко В. М., Крилов В. О., Прихно В. Л., Черненко П. О.* Проблеми моделювання та керування режимами електроенергетичних систем // Техн. електродинаміка. – 2007. - № 3. – С. 64 - 71.

7. *Кузнєцов В. Г.* Проблеми керування режимами сучасних електричних мереж // Техн. електродинаміка. – 2007. - № 3. – С. 59 - 64.

8. *Гриневич Ф. Б., Таранов С. Г.* Розвиток досліджень в науковому напрямку "Інформаційно-вимірювальні системи та метрологічне забезпечення в електроенергетиці" // Техн. електродинаміка. – 2007. - № 4.

9. *Шидловська Н.А.* Дослідження з теоретичної електротехніки у відділах Інституту електродинаміки НАН України // Тех. Електродинаміка. – 2007. - № 4.

10. *Антонов А.Е.* Проблемы прикладной технической науки в Украине // Техн.електродинаміка. – 2008. - № 2.

11. *Кузнецов В.Г., Рамазанов К.Н., Салимова А.К.* Управление спросом на электроэнергию как фактор повышения эффективности работы энергосистем // Техн. електродинаміка. – 2009. - № 2.

12. *Липківський К.О., Халіков В.А., Можаровський А.Г.* Дослідження проблеми перетворення параметрів напруги змінного струму в електротехнічних та електротехнологічних системах // Техн. електродинаміка. – 2010. – № 1.

13. *Стогній Б.С., Кириленко О.В., Денисюк С.П.* Інтелектуальні електричні мережі електроенергетичних систем та їхнє технологічне забезпечення// Техн. електродинаміка. – 2010. - № 6.

14. *Мислович М.В., Сисак Р.М., Улітко О.В.* Імітаційне моделювання процесів акустичної емісії при вирішенні задач діагностування електротехнічного обладнання // Техн. електродинаміка. – 2010. - № 6.

Лауреати Державної премії СРСР в галузі науки і техніки

1	С.О. Лебедєв, Л.В. Цукерник	Розробка і впровадження пристроїв компаундування генераторів електростанцій для підвищення стійкості енергосистем і поліпшення роботи електроустановок	1950 р.
2	А.Д. Нестеренко	Розробка та організація масового випуску нових типів електровимірювальної апаратури	1952 р.
3	Ф.Б. Гриневич,	Розробка теоретичних основ і принципів	1976 р.

В.П. Карпенко, А.І. Новік, М.М. Сурду	побудови автоматичних вимірювачів комплексних електричних величин та впровадження в серійне виробництво цифрових автоматичних мостів змінного струму та магнітовимірювальної апаратури	

Лауреати Державної премії України в галузі науки і техніки

1	О.М. Мілях, І.В. Волков, Б.Є. Кубишин, С.І.Закревський	Розробка теорії на основі індуктивно-ємнісних перетворювачів та створення на її основі систем стабілізованого струму для електроживлення електротехнічної та електронної апаратури	1975 р.
2	І.М. Постніков	Загальна теорія і перехідні процеси електричних машин	1977 р.
3	А.Д. Нестеренко, С.Г. Таранов, Є.О. Андрієвський, В.В. Брайко, Н.Є. Февральова	Розробка теоретичних основ і принципів побудови та серійне виробництво магнітовимірювальної апаратури з гальваномагнітними перетворювачами	1978 р.
4	А.К. Шидловський, Ю.І. Драбович, М.С.Комаров, М.М. Юрченко, Г.Ф. Пазєєв	Спецпроект	1982 р.
5	Б.С. Стогній, І.М. Сирота, В. В. Рогоза, П.О. Черненко, Є.М. Танкевич	Розробка теорії, принципів побудови і створення на їх основі нового покоління вимірювальних перетворювачів струму для сучасних електроенергетичних систем	1985 р.
6	А.М. Кравченко	Розробка наукових основ проектування, виробництва і впровадження блочних трансформаторів граничної потужності	1987 р.
7	Г.Г. Счастлівий, І.М. Постніков, О.І. Титко, В.І. Смородін	Розробка наукових основ і методів підвищення навантаження та надійності ТГ серії ТГВ виробничого об'єднання “Електроважмаш”, створення і впровадження технологічних рішень по конструкції їх торцевих зон	1990 р.

8	В.Г. Кузнецов, Ю.І. Тугай	Розробка наукових основ, методів і технічних засобів запобігання феррорезонансним процесам на підстанціях електричних мереж напругою 110 кВ і вище	1996 р.
9	А.А. Щерба	Розробка науково-технічних основ, організація серійного виробництва та впровадження на лініях електропередачі 10-1150 кВ високовольтних ізолюючих конструкцій зі склопластика та силіконових еластомерів	1998 р.
10	О.В. Кириленко	Розробка наукових основ та засобів підвищення енергетичної ефективності та їх впровадження в системах управління, постачанням і використанням електроенергії, природного газу та тепла	1999 р.
11	Г.М. Федоренко	Створення та впровадження у виробництво серії вітчизняних вибухобезпечних асинхронних двигунів потужністю від 2,2 до 400 кВт для вибухобезпечних виробництв України	2001 р.
12	С.О. Кудря	Розробка наукових основ та принципів побудови експлуатаційно надійних конструкцій магістральних електромереж, освоєння їх виробництва та впровадження	2002 р.
13	М.В. Мислович, М.Ф. Сопель	Розробка та впровадження наукоємних технологій і практичних методів реконструкції гідроелектростанцій України для підвищення їх техніко-екологічної безпеки та енергоефективності в об’єднаній енергосистемі	2005 р.
14	Б.Г. Марченко	Інформаційно-діагностичні технології забезпечення надійності та безпеки експлуатації авіаційної техніки	2005 р.
15	А.Ф. Жаркін, І.М. Кучерява, О.Д. Подольцев	Розробка та впровадження в серійне виробництво вітчизняної високовольтної кабельно-провідникової продукції на напругу до 110 кВ, що забезпечує підвищення надійності та безпеки систем електропостачання	2007 р.

16	О.Ф. Буткевич, В.Л.Тутик, С.Я. Дячук, В.В.Сорочинський	Моніторинг та діагностування електроенергетичних об'єктів та систем України на базі комплексів «Регіна»	2010 р.
17	О.Є. Антонов	Створення нових типів та модернізація діючих турбогенераторів для теплових електричних станцій	2011 р.
18	В.Г. Мельник	Мікроелектронні датчики нового покоління для інтелектуальних систем	2011 р.

Лауреати Премії НАН України ім. Г.Ф. Проскури

1	Г.Г. Счастлівий, О.І. Титко	Дослідження електромагнітних і теплових полів у потужних турбогенераторах та електричних машинах з використанням надпровідності	1979 р.
2	О.М. Мілях, В.О. Барабанов	Монографія "Трьохступеневі електричні машини"	1983 р.
3	Б.П. Борисов, В.К. Шнурко, Г.Я. Вагін (ГПІ)	Електропостачання електротехнологічних установок (цикл робіт)	1989 р.
4	І.В. Волков, В.М. Ісаков, О.П. Плугатар	Електромеханічні системи для енерго- і ресурсозберігаючих технологій на базі електроприводу з джерелами струму в силових ланцюгах (цикл теоретичних і експериментальних досліджень та впровадження в народне господарство)	1994 р.
5	Б.Г. Марченко, М.В. Мислович, І.В. Хімюк	Методи математичного моделювання фізичних процесів і полів в електротехнічному обладнанні для вирішення задач підвищення його надійності, контролю та діагностики	1997 р.
6	В.Г. Кузнецов	Основи теорії та методи підвищення режимної безпеки електроенергетичних систем	2001р.
7	В.Ф. Рєзцов, М.М. Юрченко	Елементи теорії та методи побудови фотоелектричних систем для бортових технологічних установок космічних апаратів	2004 р.

Лауреати Премії НАН України ім. С. О. Лебедєва

1	А.К. Шидловський, Л.В. Цукерник	Розвиток теорії і методів аналізу та оптимізації режимів електроенергетичних систем і систем енергозабезпечення	1986 р.
2	Є.О. Андрієвський, С.Г. Таранов	Створення теорії і розробка вимірювальної апаратури для визначення магнітних характеристик матеріалів на базі рідкоземельних матеріалів	1990 р.
3	В.М. Авраменко, Л.М. Дашевський, Е.А. Шкабара	Комплекс робіт по створенню методів, алгоритмів, програм для розрахунків усталених режимів енергосистем і першої вітчизняної електронної обчислювальної машини, що стала базою для розвитку сучасних технічних засобів автоматизації управління режимами енергосистем	1991 р.
4	Б.С. Стогній, О.В. Кириленко	Теоретичні основи та розробка інформаційно-керуючих систем в електроенергетиці	1995 р.
5	В.Г. Кузнецов	Розвиток теорії і методи аналізу електромагнітної сумісності в системах електропостачання	2006 р.
6	С.П. Денисюк, В.В. Павловський	Проблеми управління та забезпечення стійкості об’єднаних енергосистем в умовах лібералізації ринку електроенергії (цикл робіт)	2011 р.

Лауреати Премії НАН України ім. В.М. Хрущова

1	А.К. Шидловський, К.О. Липківський, В.С. Федій	Розвиток теорії електричних кіл з вентилями та створення на її основі нових технічних засобів корекції параметрів електричної енергії	1999 р.
2	О.Ф. Буткевич, В.Г. Левитський	Серія праць: "Елементи теорії та методи побудови систем інформаційного забезпечення та управління режимами елект-	2000 р.

		ричних мереж"	
3	А.А. Щерба, І.П. Кондратенко	Моделювання та аналіз електромагнітних процесів в енергетичних і технологічних системах (цикл робіт)	2010 р.

Лауреати Премії МААН

1	В.Г. Кузнецов, Ю.І. Тугай	Підвищення ефективності і надійності функціонування магістральних електричних мереж України і Молдови	1998 р.