

УДК 621.3.01

**РОЗВИТОК ТЕОРЕТИЧНОЇ
ЕЛЕКТРОТЕХНІКИ В ІНСТИТУТІ
ЕЛЕКТРОДИНАМІКИ НАН УКРАЇНИ
(1991–2017 РР.)****DEVELOPMENT OF THEORETICAL ELECTRICAL
ENGINEERING AT THE INSTITUTE OF
ELECTRODYNAMICS OF NAS UKRAINE
(1991–2017)**

Лавріненко О. В.,
асистент кафедри теоретичних основ
електротехніки, Національний технічний
університет «Харківський політехнічний інститут»
(Харків, Україна), e-mail: lavrinol2004@gmail.com,
ORSID: <https://orsid.org/0000-0001-5274-3955>

Lavrinenko O. V.,
assistant of the department of Theoretical
Electrical Engineering, National Technical University
«Kharkov Polytechnic Institute» (Kharkov, Ukraine),
e-mail: lavrinol2004@gmail.com, ORSID:
<https://orsid.org/0000-0001-5274-3955>

Робота присвячена дослідженню розвитку важливої галузевої науки – теоретичної електротехніки в провідному науковому інституті НАН України Інституті електродинаміки у період з 1991 по 2017 рік. Автором проведено послідовний проблемно-хронологічний аналіз залучених архівних матеріалів та наукових джерел з метою історичної реконструкції розвитку теоретичної електротехніки в ІЕ НАН на етапах формування свого наукового шляху, пошуку нових ідей та їх практичної реалізації в сучасному історичному періоді розвитку академічної науки в Україні. Для порівняльного аналізу науково-дослідної тематики монографій та авторефератів дисертаційних робіт, захищених науковцями інституту, було використано статистичний метод дослідження.

Ключові слова: теоретична електротехніка, Інститут електродинаміки НАН України, нелінійні кола, електромагнітне поле, моделювання електромагнітних процесів.

The work is devoted to the study of the development of an important branch science – theoretical electrical engineering at the leading scientific institute of the National Academy of Sciences of Ukraine Institute of Electrodynamics in the period from 1991 to 2017. The author carried out a sequential problem–chronological analysis of the attracted archival materials and scientific sources for the purpose of historical reconstruction of theoretical electrical engineering development at the EI NAS at the stages of formation of its scientific path, the search for new ideas and their practical implementation in the modern historical period of the development of academic science in Ukraine. For a comparative analysis of the research themes of monographs and abstracts of dissertation papers defended by the scientists of the institute, a statistical method of research was used.

Keywords: theoretical electrical engineering, Institute of Electrodynamics of the National Academy of Sciences of Ukraine, nonlinear circles, electromagnetic field, modeling of electromagnetic processes.

Дослідження історичних етапів розвитку провідних галузей науки та техніки, виникнення нових наукових напрямів та становлення і посилення теоретичних наукових шкіл має важливе значення для розуміння взаємозв'язку невинного технічного прогресу та першочергових потреб людини XXI століття. Науково-теоретичний базис галузевої науки являє собою основу для подальшого гармонійного розвитку нових технічних напрямків та ідей в рамках існуючих, теоретично обґрунтованих, технологічних можливостей їх практичної реалізації та подальшого впровадження. Одною з таких галузевих наук є теоретична електротехніка.

Теоретична електротехніка досліджує електричні, магнітні та електромагнітні явища та процеси в різних фізичних середовищах, складних технічних системах та пристроях, вивчає закони, яким вони підлягають та фізичні особливості цих явищ та процесів. На основі цих законів вчені розробляють конкретні математичні та фізичні моделі, нові методи аналізу та синтезу з метою створення сучасних та вдосконалення існуючих електротехнічних систем і пристроїв, та для подальшого забезпечення ефективного практичного використання в них енергії електромагнітного поля.

Послідовне висвітлення етапів розвитку української наукової школи з теоретичної електротехніки на конкретних прикладах теоретичного обґрунтування, поетапного створення та удосконалення електротехнічних пристроїв та складних інженерних систем, дозволяє всебічно дослідити особливості науково-технічного розвитку цього напрямку в Україні.

Історичний розвиток теоретичної електротехніки слід розглядати в контексті розвитку двох основних наукових рівнів: перший рівень – це діяльність академічних наукових шкіл в системі Національної академії наук (НАН) України, другий рівень – це діяльність науково-педагогічних шкіл в системі вищої професійної технічної освіти, які представлені фундаментальними роботами науковців спеціалізованих вищих навчальних закладів країни.

Метою статті є послідовна історична реконструкція розвитку теоретичної електротехніки в провідному науковому інституті НАН України Інституті електродинаміки (ІЕД), на основі залучених архівних матеріалів науково-технічного архіву ІЕД, на етапах формування свого наукового шляху, пошуку ідей та їх практичної реалізації в історичному періоді з 1991 р. по 2017 р.

Весь історичний період статті слід розділити на два етапи поступового становлення та розвитку теоретичної електротехніки. Перший етап 1991–2005 рр. – який характеризується освоєнням нових наукових напрямів та практичних задач теоретичної електротехніки в умовах розриву тісних економічних та технічних зв'язків з республіками колишнього Радянського Союзу.

Другий етап 2006–2017 рр. – який характеризується поступовим формуванням та розвитком новітніх теоретичних та технічних напрямків й задач, спрямованих на забезпечення потреб держави в високотехнологічній електротехнічній продукції, в умовах швидкого економічного росту електроенергетичного комплексу України.

Становлення і розвиток української наукової школи з теоретичної електротехніки в перші роки незалежності нашої держави були тісно пов'язані з досягненнями вчених провідних наукових установ та навчальних закладів Української РСР наприкінці 80–х років ХХ ст. [38]. Високий науковий рівень теоретичних досліджень, їх актуальність, комплексність, повна практична реалізація та міцний зв'язок з нагальними запитами

електроенергетичної галузі характеризували діяльність вчених–електротехніків на протязі останніх п'ятдесяти років. Тому в складних економічних та політичних умовах початку 90–х років ХХ ст. наукові співробітники ІЕД намагалися зберегти та розвинути накопичений інтелектуальний капітал з урахуванням нових практичних потреб України.

Дослідження ІЕД завжди були тісно пов'язані з теоретичною електротехнікою. Інститут став колицкою цілої низки видатних електротехніків. Різноманітність наукових напрямів ІЕД у повній мірі відображено у великій кількості його підрозділів і у кожному з них за допомогою залучення методів теоретичної електротехніки вчені досягли значних успіхів [36]. У 1991 році в структурі інституту налічувалось 23 наукових відділи, 34 наукових лабораторії, які входили до складу наукових відділів, а також науково експериментальне відділення [4, арк. 5].

Вже на початку 1992 року керівництво інституту сконцентрувало основні сили наукового колективу та матеріально технічні засоби всіх лабораторій на наукові напрями, затверджені постановою загальних зборів ОФТПЕ АН України від 12–13 листопада 1991 р. [5, арк. 3]:

- перетворення та стабілізація параметрів електромагнітної енергії;
- підвищення ефективності і надійності процесів електромеханічного перетворення енергії;
- аналіз, оптимізація і автоматизація режимів електроенергетичних систем і їх елементів;
- інформаційно–вимірювальні системи і метрологічне забезпечення в електроенергетиці;
- комплексні енергетичні системи з відновлювальними джерелами енергії.

У період з 1991–1996 рр., на етапі формування нових завдань АН України, у відділі оптимізації систем електропостачання ІЕД під керівництвом В. Г. Кузнєцова були розроблені математичні моделі аналізу частотних характеристик трифазних систем з несиметричною структурою, запропоновані нові схематичні рішення силових багатофазних фільтрів [6, арк. 7]. Також розроблені методи, алгоритми й програми аналізу і оптимального керування режимами енергосистем з урахуванням показників якості електроенергії. Слід зазначити, що розробка нових підходів і методів аналізу та оптимізації режимів роботи складних енергосистем була обумовлена сучасним етапом розвитку електроенергетичного сектору, для якого характерним було безперервне зростання питомої ваги та енергоємності споживачів з підвищеною відповідальністю їх функціонування, а саме використання засобів цифрової електронної техніки, що в свою чергу вимагало виконання умов електромагнітної сумісності та надійності [1; 2].

Науковці відділу електрофізики перетворення енергії на чолі з Ю. П. Ємцем провели аналітичні дослідження формування сил у діелектричній системі, що складається з двох паралельних один одному довгих циліндричних тіл кругового перерізу, розташованих в однорідному поперечному

електричному полі. Розглянули вплив локальних сил на циліндрові поверхні та проаналізували вплив сил при загальних припущеннях відносно геометричних характеристик системи та її фізичних параметрів [6, арк. 9]. Математичну модель та числовий алгоритм для розрахунку взаємнообумовленого розподілу електромагнітного поля в масивних струмопроводах в перехідному режимі було розроблено науковою групою відділу на чолі з В. Т. Чемерисом [7, арк. 11].

У відділі регулювання параметрів електричної енергії під керівництвом К. А. Липківського була розроблена універсальна інженерна методика точного розрахунку і аналізу перехідних і усталених електромагнітних процесів та енергетичних характеристик багатофункціональних імпульсних перетворювачів змінної напруги в електричних колах першого і другого порядку [8, арк. 10]. Ця методика дозволила запропонувати та реалізувати багато оригінальних схемотехнічних рішень, частина яких найшла масове впровадження, зокрема розроблені спеціальні фільтри–стабілізатори, які відзначаються високим рівнем електромагнітної сумісності з живлячою низковольтною розподільчою мережею [39].

Вчені відділу перетворення та стабілізації електромагнітних процесів під керівництвом академіка А. К. Шидловського розробили новий підхід до аналізу електромагнітних процесів в трифазних чотирипровідних системах з нелінійними навантаженнями та визначили доцільні області застосування різних моделей мереж низької напруги з нелінійними навантаженнями [8, арк. 6]. Провели повний аналіз впливу випрямного навантаження на форму кривих струмів і напруг з урахуванням параметрів мережі [37].

У відділі стабілізації параметрів електромагнітної енергії, В. С. Федій провів велику низку теоретичних та експериментальних досліджень електромагнітних процесів в послідовному RLC – контурі, доповненому реверсивним вентильним комутатором в колі з реактивних елементів, що дало змогу запропонувати ряд нових пристроїв для підвищення якості електричної енергії в автоматичних та промислових системах електропостачання [9, арк. 10].

Зазначимо, що теорія електромагнітних процесів в одно – і багатофазних колах, що містять послідовний RLC – контур і ключовий комутатор у колі одного з реактивних елементів (ємності або індуктивності контуру) на відміну від популярної теорії перехідних та усталених електромагнітних процесів в електричних колах, що містять реактивні і ключові елементи, яка була розвинута досить повно, потребувала додаткових, поглиблених досліджень. Вона мала низку проблем у загальних випадках, але її доцільно було застосовувати з погляду теоретичної електротехніки, оскільки це надавало нові можливості зі створення перспективних технічних засобів для підвищення якості електричної енергії, розроблення нових підходів при створенні джерел живлення технологічних установок, зарядних пристроїв для

індуктивних (ємнісних) накопичувачів енергії, а також нових технічних засобів для підвищення якості електричної енергії [3].

Роботи відділу автоматизації електричних систем на чолі з Б. С. Стогнієм, розвивали напрям досліджень перехідних та усталених режимів роботи трансформаторів струму при детермінованих, квазітермінованих та стохастичних вхідних сигналах. Вченими відділу були розроблені науково-методичні основи проектування високоточних високовольтних трансформаторів струму з використанням нових магнітних матеріалів і електронних схем корекції похибок. Такі трансформатори струму відповідали сучасним світовим тенденціям технологічного розвитку, міжнародним нормам й стандартам та були сумісними з цифровими системами керування електромережею [30].

У роботах Ю. М. Гориславця було виявлено основні фізичні закономірності періодичної дії електромагнітного поля на рідкий метал з метою створення нового класу ефективних систем дозування, а також розвинута теорія математичного та фізичного моделювання електромагнітних та магнітодинамічних процесів в технології дозування рідких металів. Це теорія мала важливе значення для розвитку металургійної промисловості України, в контексті рішення таких задач як підвищення якості виплавлувальних металів та сплавів, отримання матеріалів з наперед заданими властивостями та очистка розплаву від неметалічних домішок та включень [8, арк. 11].

Слід зазначити що 1996 рік став критичним в розвитку теоретичної електротехніки в Україні, тому що на той час була відсутня державна програма розвитку науки, що вела до падіння престижу праці науковців та не створювала належних умов для припливу талановитої молоді в наукові заклади НАН України. Відсутність коштів для передплати вітчизняних та зарубіжних науково-технічних видань, привела до повної інформаційної блокади і зниження рівня наукових досліджень. Також стала практично неможливою підготовка та видання провідними вченими інституту узагальнюючих монографій із-за їх великої вартості, що в перспективі могло пагубно вплинути на стан наукових досліджень в Україні [9, арк. 37].

У 1997 році командою науковців на чолі з Ю. П. Ємцем була розроблена розрахунково-теоретична модель розрахунку зовнішнього електромагнітного поля, створеного багатозонною системою проводів, яка оснований на мультипольному представленні системи змінних струмів. Проведено аналіз на розподіл поля магнітних та електричних моментів різних порядків [10, арк. 11].

В цьому ж році А. А. Щербою були досліджені особливості силової дії змінного та імпульсного електромагнітного полів на метал, що знаходиться в рідкому стані, чи на стадії кристалізації. Сформульовані вимоги до особливостей побудови напівпровідникових перетворювачів та систем електроживлення [10, арк. 10].

Вже у 1998 році науковці відділу перетворення та стабілізації електромагнітних процесів розвинули теорію електромагнітних процесів в індукційних технологічних установках для електромагнітної обробки металів та сплавів та удосконалили методи розрахунку електромагнітного поля та параметрів таких систем. Експериментально визначили характеристики силової та теплової дії електромагнітного поля на метал, з'ясував взаємний вплив параметрів індукційних пристроїв та електричної мережі [11, арк. 7, 8, 9].

У період з 1999 по 2001 роки науковими відділами ІЕД було проведено аналіз кіл синусоїдального струму з навантаженнями, що нелінійно залежать від електричних параметрів та температури [11; 12; 13]. Під керівництвом Е. М. Чехета було розроблено різноманітні оригінальні силові схеми й системи керування безпосередніми перетворювачами частоти, які завдяки їх топології стали називати матричними перетворювачами [12, арк. 9]. Завдяки своїй структурі вони могли конкурувати з іншими відомими перетворювачами частоти і мали ряд переваг внаслідок того, що вони були одноступеневими, потребували мінімум пасивних реактивних компонентів, забезпечували двосторонній потік енергії, відрізнялися високою питомаю потужністю та високою швидкістю.

Науковцями відділу на чолі з К. О. Липківським було розроблено оригінальну методику розрахунку миттєвих та інтегральних значень струмів, напруг і енергетичних показників імпульсних перетворювачів напруги довільної періодичної форми в ланцюгах високого порядку за допомогою рівнянь другого порядку шляхом декомпозиції та і матричного припасування, [11, арк. 10; 39].

У 2001 році Н. А. Шидловською розвинуто теорію аналізу нелінійних електричних кіл з тепловими втратами. Проаналізовано можливість використання форм запису A, Y, Z, H параметрів для нелінійних чотиріпольників [13, арк. 6]. Слід зазначити, що в багатьох напрямках теоретичної електротехніки приділялася велика увага дослідженням явищ, що ґрунтуються на вивченні нелінійності. Це можна пояснити тим, що сучасні технічні пристрої часто базуються на використанні нелінійних фізичних явищ, а також тим, що при більш жорстких конструктивних та експлуатаційних вимогах система, аналіз якої, був можливий раніше в межах лінійної теорії, виявляє такі властивості, для дослідження яких необхідно враховувати нелінійність характеристик її елементів в реальних умовах їх функціонування. Розвиток високоефективних числових методів аналізу нелінійних електричних кіл ставав можливим ще й завдяки використанню комп'ютерної техніки та прикладних комп'ютерних програмних пакетів [35].

В тому ж році під керівництвом А. К. Шидловського почалися розробки аналітичної методики синтезу схем нового класу електричних кіл коригуючи пристроїв з урахуванням апріорної умови активного вхідного опору на основі реактивних та ідеальних чотиріпольників.

Вперше одержані структури, схеми, параметри елементів електричних кіл коригуючи пристроїв з урахуванням однофазного активного вхідного опору для стаціонарних і нестаціонарних навантажень постійного струму та нелінійних навантажень [13, арк. 7; 23, арк. 9].

З 2002 року отримали подальший розвиток теоретичні дослідження перехідних та усталених режимів в послідовному контурі з реверсивним комутатором в колі ємності (індуктивності) [14, арк. 7; 22, арк. 14]. Були розроблені нові критерії оцінки тривалості перехідних процесів в контурі з комутатором, що враховують як параметри контуру, так і комутатора, а також варіант його ввімкнення в контур. Визначено умови при яких традиційний резонансний фільтр неосновної гармоніки, доповнений комутатором в колі ємності (індуктивності) перетворюється по відношенню до мережі в моногармонічний фільтр напруги або струму з постійною амплітудою та регульованою фазою. Вперше досліджено вплив коливань частоти мережі, параметрів контуру та комутатора, а також варіанта його ввімкнення на амплітуду або фазу вищої гармоніки напруги (струму) на вході активного фільтра. Були отримані нові аналітичні залежності, що описують режими періодичності та биття кривих напруги (струму) на вході та виході комутатора в залежності від частоти керування ключами комутатора [14, арк. 9].

А. А. Щербою, на основі узагальненого аналізу силової та теплової дії електричного та магнітного полів, процесів накопичення електричного заряду та протікання нестаціонарних струмів у гетерогенних середовищах складної структури з різною електропровідністю, виявлено нові залежності між електричними та технологічними параметрами досліджуваних електротехнологічних систем обробки гранульованих, дисперсних та рідких двофазних середовищ, удосконалено математичні та фізичні моделі таких систем, визначено енергетично та технологічно ефективні режими електромагнітної обробки різномірних матеріалів [15, арк. 12; 33]. Були розроблені теоретичні принципи побудови та стабілізації параметрів системи електроіскрового диспергування шару струмопровідних матеріалів для отримання мікро- та нанопорошків металів і композитів [31].

У 2003 році науковцями відділу перетворення та стабілізації електромагнітних процесів вперше запропоновано розширену математичну модель та методику визначення параметрів схеми заміщення мережі низької напруги, що враховують всі параметри мережі та навантажень, а також алгоритми функціонування засобів нормалізації параметрів електричної енергії [16, арк. 6]. За допомогою засобів схематичного моделювання було отримано нові кількісні характеристики результатів фільтрації вищих гармонік в мережах низької напруги з нелінійними навантаженнями. Крім того, вперше проведено аналіз електромагнітних процесів у системах трифазних моногармонічних активних фільтрів вищих гармонік струму для автономних та

загальнопромислових мереж електропостачання з нелінійними навантаженнями. У результаті отримано якісні характеристики ефективності зазначеної фільтрації як при ідеальних та і при реальних параметрах реактивних та ключових елементів, що входять до схеми фільтрів та аналітичні вирази для оцінки впливу добротності силових елементів схеми на гармонійний склад струму на вході фільтра. За результатами проведених досліджень розроблено рекомендації щодо використання цих фільтрів у трифазних мережах низької напруги [16, арк. 28].

Запропоновані А. П. Ращепкіним методики розрахунку електромагнітних та температурних полів у металевій стрічці, а також електричних параметрів, енергетичних характеристик та оптимальних геометричних розмірів струмових контурів канонічної форми були рекомендовані для потреб технології індукційної термообробки тонкого металевого прокату [17, арк. 8; 21, арк. 12].

Важливим для розвитку теоретичної електротехніки виявилася програма розрахунку магнітних полів розроблена М. В. Мисловичем. Ці розрахунки базувалися на асимптотичному представленні розв'язку і дозволили враховувати геометричні властивості струмових контурів просторової конфігурації. Також встановлено межі та ефективність використання запропонованих програм розрахунку для визначення електромагнітних полів та щільності потоку електромагнітної енергії в провідне середовище [17, арк. 9].

В Україні тривалий час було відсутнє виробництво конкурентно-спроможної кабельно-провідникової продукції. Більшість кабельних ліній використовували застарілі конструкції кабелів з паперово-масляною ізоляцією, які вичерпали свій ресурс, мали великі втрати електроенергії та низькі експлуатаційні показники. В результаті співпраці науковців ІЕД під керівництвом А. А. Щерби та заводу «Південкабель» м. Харків, була розроблена вітчизняна технологія виготовлення кабелів із силанольнозшитотою поліетиленовою ізоляцією на напругу до 1 кВ, 10 кВ [19, арк. 8].

Для підвищення якості ізоляції та конструкції кабелів були розроблені методи та тривимірні комп'ютерні моделі для аналізу електричних і температурних полів у зшитій поліетиленовій ізоляції з урахуванням гетерогенних включень. Так як найбільш руйнівні електрофізичні процеси в ізоляції виникають при одночасній дії електричного поля та води в зонах біля струмопровідної жили, де напруженість поля є найвищою, науковцями інституту були запропоновані конструктивні та технологічні рішення для зменшення цих локальних перенапружень та блокування доступу вологи в ізоляцію через жилу [32].

З квітня 2012 року колектив ІЕД НАН України зосередив свої зусилля на подальшому розвитку фундаментальних та прикладних досліджень в галузі фізико-технічних проблем енергетики по напрямках затверджених Постановою Президії НАН України №67 від 28 березня 2012 р. [25, арк. 4]:

- перетворення і стабілізація параметрів електромагнітної енергії;
- системи та комплекси електромагнітного перетворення енергії;
- режими енергетичних об'єктів та системи керування ними;
- інформаційно–вимірювальні системи і метрологічне забезпечення в електроенергетиці.

Вчені відділу електроживлення технологічних систем О. Д. Подольцев та І. М. Кучерява досліджували сучасні підходи до моделювання процесів різної фізичної природи в електротехнічних пристроях. У своїх наукових роботах вони розраховували імпульсні електромагнітні поля в рухомих провідниках, розробили нові математичні моделі та розвинули методи чисельного аналізу електромагнітного поля в струмопровідних середовищах зі складною структурою [26, арк. 11; 29]. Теоретично розвинули метод багатомасштабного моделювання електрофізичних процесів у неоднорідних діелектричних та провідних середовищах [27, арк. 10; 28].

Під керівництвом А. А. Щерби також ведуться розробки методів математичного і фізичного моделювання електрофізичних процесів, що виникають у діелектричних, провідних і магнітних середовищах під дією електромагнітного поля [25, арк. 14]. І в залежності від параметрів прикладеного електромагнітного впливу розглянуті середовища можуть мати як лінійні так і нелінійні властивості, що детально описано у роботі [34].

Підводячи підсумки наукової діяльності вчених ІЕД, слід зауважити що на базі інституту ще у 1964 року було створено Спеціалізовану вчену раду Д 26.187.01 (Д 01.98.02) із захисту кандидатських і докторських дисертацій зі спеціальності 05.09.05 – теоретична електротехніка [36; 4–27]. Також основні наукові здобутки вчених та дослідників ІЕД НАН з теоретичної електротехніки були викладені в монографіях, які повною мірою висвітлювали важливі результати з розвитку цього напрямку в Україні. При порівняльному аналізі науково–дослідної тематики монографій, виданих вченими інституту та авторефератів дисертаційних робіт, захищених науковцями інституту [4–27], автором було використано статистичний метод дослідження. Результати представлені на рис. 1, 2.

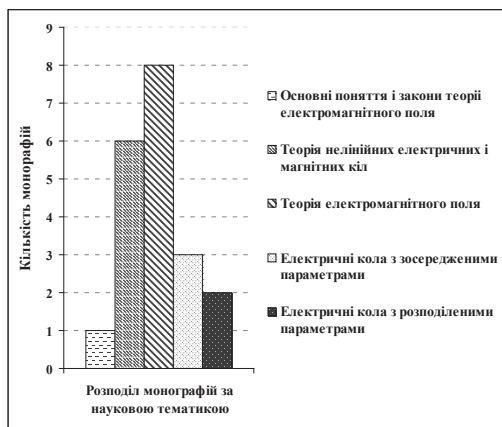


Рис. 1

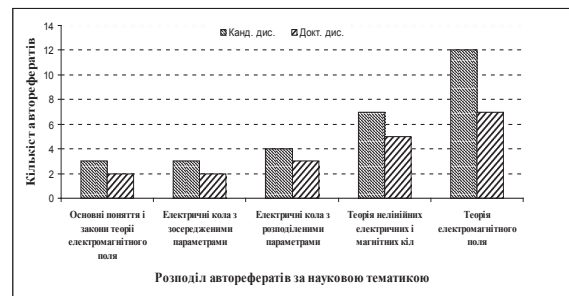


Рис. 2

Сьогодні наполеглива праця вчених ІЕД НАН над подальшим розвитком теоретичних та прикладних досліджень в галузі теоретичної електротехніки спрямована на вирішення актуальних проблем моделювання та прогнозування дії електромагнітного поля, захисту навколишнього середовища від електромагнітного впливу об'єктів енергетики та впровадження та практичну реалізацію важливих наукових результатів інноваційного розвитку промислового комплексу України на сучасному рівні.

Список використаних джерел

1. Кузнецов, ВГ., Григор'єв, ОС., Данилюк, ВБ., 1992. 'Зниження несиметрії та несинусоїдальності напруг в електричних мережах', Київ: *Наукова думка*, 240 с.
2. Кузнецов, ВГ., Тугай, ЮИ., Баженов, ВА., 1992. 'Оптимизация режимов электрических сетей', Київ: *Наукова думка*, 145 с.
3. Наместнік, СГ., 2002. 'Особливі режими в послідовному RLC – контурі з реверсивним комутатором'. Кандидат наук. Інститут електродинаміки НАН України.
4. 'Науково–технічний архів ІЕД НАН України', Звіт про діяльність Інституту електродинаміки АН України у 1991 р., Ф.263, Оп.1, Спр.709, 74 арк.
5. Там само, Звіт про діяльність Інституту електродинаміки АН України у 1992 р., Спр.741, 55 арк.
6. Там само, Звіт про діяльність Інституту електродинаміки АН України у 1993 р., Спр.770, 42 арк.
7. Там само, Звіт про діяльність Інституту електродинаміки АН України у 1994 р., 1 Спр.794, 42 арк.
8. Там само, Звіт про діяльність Інституту електродинаміки НАН України у 1995 р., Спр.815, 40 арк.
9. Там само, Звіт про діяльність Інституту електродинаміки НАН України у 1996 р., Спр.837, 45 арк.
10. Там само, Звіт про діяльність Інституту електродинаміки НАН України у 1997 р., Спр.854, 53 арк.
11. Там само, Звіт про діяльність Інституту електродинаміки НАН України у 1998 р., Спр.875, 39 арк.
12. Там само, Звіт про діяльність Інституту електродинаміки НАН України у 1999 р., Спр.896, 47 арк.
13. Там само, Звіт про діяльність Інституту електродинаміки НАН України у 2000 р., Спр.920, 54 арк.
14. Там само, Звіт про діяльність Інституту електродинаміки НАН України у 2001 р., Спр.941, 56 арк.
15. Там само, Звіт про діяльність Інституту електродинаміки НАН України у 2002 р., Спр.963, 63 арк.
16. Там само, Звіт про діяльність Інституту електродинаміки НАН України у 2003 р., Спр.990, 60 арк.
17. Там само, Звіт про діяльність Інституту електродинаміки НАН України у 2004 р., Спр.1018, 74 арк.
18. Там само, Звіт про діяльність Інституту електродинаміки НАН України у 2005 р., Спр.1043, 96 арк.
19. Там само, Звіт про діяльність Інституту електродинаміки НАН України у 2006 р., Спр.1065, 84 арк.
20. Там само, Звіт про діяльність Інституту електродинаміки НАН України у 2007 р., Спр.1089, 123 арк.

21. Там само, Звіт про діяльність Інституту електродинаміки НАН України у 2008 р., Спр.1114, 146 арк.
22. Там само, Звіт про діяльність Інституту електродинаміки НАН України у 2009 р., Спр.1140, 157 арк.
23. Там само, Звіт про діяльність Інституту електродинаміки НАН України у 2010 р., Спр.1161, 193 арк.
24. Там само, Звіт про діяльність Інституту електродинаміки НАН України у 2011 р., Спр.1236, 196 арк.
25. Там само, Звіт про діяльність Інституту електродинаміки НАН України у 2012 р., Спр.1208, 200 арк.
26. Там само, Звіт про діяльність Інституту електродинаміки НАН України у 2013 р., Спр.1236, 157 арк.
27. Там само, Звіт про діяльність Інституту електродинаміки НАН України у 2014 р., Спр.1285, 154 арк.
28. Подольцев, ОД., Кучерява, ІМ., 2011. 'Багатомасштабне моделювання в енергетиці', Київ: *ІЕД НАН України*, 255 с.
29. Подольцев, АД., Кучерявая, ІН., 2015. 'Мультифизическое моделирование в электротехнике', Київ: *ІЕД НАН України*, 305 с.
30. Стогній, БС., 2007. 'На шляхах автоматизації електричних систем', *Технічна електродинаміка*, №3, с.41–50.
31. Щерба, АА., Подольцев, АД., Кучерявая, ІН., 2002. 'Исследование электроэрозийных явлений при протекании импульсного тока между токопроводящими гранулами с учетом микроплазменного контактного промежутка', *Техническая электродинамика*, №4, с.3–6.
32. Щерба, АА., Резинкина, ММ., 2007. 'Моделирование и анализ электрических полей энергетических объектов', Київ: *Наукова думка*, 248 с.
33. Щерба, АА., Резинкина, ММ., 2009. 'Электромагнитные поля и их воздействие на объекты', Київ: *Наукова думка*, 190 с.
34. Щерба, АА., Резинкин, ОЛ., Резинкина, ММ., 2016. 'Электрофизические процессы в диэлектрических и магнитных средах', Київ: *Наукова думка*, 192 с.
35. Шидловська, НА., 1999. 'Аналіз нелінійних електричних кіл методом малого параметру', Київ: *Євроіндекс*, 192 с.
36. Шидловська, НА., 2007. 'Дослідження з теоретичної електротехніки у відділах Інституту електродинаміки НАН України', *Технічна електродинаміка*, №4, с.20–25.
37. Шидловський, АК., Перхач, ВС., Скрипник, АІ. 1992. 'Енергетичні системи з електропередачами та вставками постійного струму', Київ: *Наукова думка*, 286 с.
38. Шидловський, АК., 1997. 'Інститут електродинаміки НАН України. Історія здобутки, перспективи', *Технічна електродинаміка*, №1, с.3–11.
39. Шидловський, АК., Липківський, КО., 2007. 'Розвиток досліджень по перетворенню та стабілізації параметрів електромагнітної енергії в Інституті електродинаміки НАН України', *Технічна електродинаміка*, №3, с.11–26.
7. Там само, 'Zvit pro diialnist Instytutu elektrodynamiky AN Ukrainy u 1994 r. (Report on the activity of the Institute of Electrodynamics of the Academy of Sciences of Ukraine in 1994)', 1 Spr.794, 42 ark.
8. Там само, 'Zvit pro diialnist Instytutu elektrodynamiky NAN Ukrainy u 1995 r. (Report on the activity of the Institute of Electrodynamics of the National Academy of Sciences of Ukraine in 1995)', Spr.815, 40 ark.
9. Там само, 'Zvit pro diialnist Instytutu elektrodynamiky NAN Ukrainy u 1996 r. (Report on the activity of the Institute of Electrodynamics of the National Academy of Sciences of Ukraine in 1996)', Spr.837, 45 ark.
10. Там само, 'Zvit pro diialnist Instytutu elektrodynamiky NAN Ukrainy u 1997 r. (Report on the activity of the Institute of Electrodynamics of the National Academy of Sciences of Ukraine in 1997)', Spr.854, 53 ark.
11. Там само, 'Zvit pro diialnist Instytutu elektrodynamiky NAN Ukrainy u 1998 r. (Report on the activity of the Institute of Electrodynamics of the National Academy of Sciences of Ukraine in 1998)', Spr.875, 39 ark.
12. Там само, 'Zvit pro diialnist Instytutu elektrodynamiky NAN Ukrainy u 1999 r. (Report on the activity of the Institute of Electrodynamics of the National Academy of Sciences of Ukraine in 1999)', Spr.896, 47 ark.
13. Там само, 'Zvit pro diialnist Instytutu elektrodynamiky NAN Ukrainy u 2000 r. (Report on the activity of the Institute of Electrodynamics of the National Academy of Sciences of Ukraine in 2000)', Spr.920, 54 ark.
14. Там само, 'Zvit pro diialnist Instytutu elektrodynamiky NAN Ukrainy u 2001 r. (Report on the activity of the Institute of Electrodynamics of the National Academy of Sciences of Ukraine in 2001)', Spr.941, 56 ark.
15. Там само, 'Zvit pro diialnist Instytutu elektrodynamiky NAN Ukrainy u 2002 r. (Report on the activity of the Institute of Electrodynamics of the National Academy of Sciences of Ukraine in 2002)', Spr.963, 63 ark.
16. Там само, 'Zvit pro diialnist Instytutu elektrodynamiky NAN Ukrainy u 2003 r. (Report on the activity of the Institute of Electrodynamics of the National Academy of Sciences of Ukraine in 2003)', Spr.990, 60 ark.
17. Там само, 'Zvit pro diialnist Instytutu elektrodynamiky NAN Ukrainy u 2004 r. (Report on the activity of the Institute of Electrodynamics of the National Academy of Sciences of Ukraine in 2004)', Spr.1018, 74 ark.
18. Там само, 'Zvit pro diialnist Instytutu elektrodynamiky NAN Ukrainy u 2005 r. (Report on the activity of the Institute of Electrodynamics of the National Academy of Sciences of Ukraine in 2005)', Spr.1043, 96 ark.
19. Там само, 'Zvit pro diialnist Instytutu elektrodynamiky NAN Ukrainy u 2006 r. (Report on the activity of the Institute of Electrodynamics of the National Academy of Sciences of Ukraine in 2006)', Spr.1065, 84 ark.
20. Там само, 'Zvit pro diialnist Instytutu elektrodynamiky NAN Ukrainy u 2007 r. (Report on the activity of the Institute of Electrodynamics of the National Academy of Sciences of Ukraine in 2007)', Spr.1089, 123 ark.
21. Там само, 'Zvit pro diialnist Instytutu elektrodynamiky NAN Ukrainy u 2008 r., (Report on the activity of the Institute of Electrodynamics of the National Academy of Sciences of Ukraine in 2008)', Spr.1114, 146 ark.
22. Там само, 'Zvit pro diialnist Instytutu elektrodynamiky NAN Ukrainy u 2009 r. (Report on the activity of the Institute of Electrodynamics of the National Academy of Sciences of Ukraine in 2009)', Spr.1140, 157 ark.
23. Там само, 'Zvit pro diialnist Instytutu elektrodynamiky NAN Ukrainy u 2010 r. (Report on the activity of the Institute of Electrodynamics of the National Academy of Sciences of Ukraine in 2010)', Spr.1161, 193 ark.
24. Там само, 'Zvit pro diialnist Instytutu elektrodynamiky NAN Ukrainy u 2011 r. (Report on the activity of the Institute of Electrodynamics of the National Academy of Sciences of Ukraine in 2011)', Spr.1184, 196 ark.
25. Там само, 'Zvit pro diialnist Instytutu elektrodynamiky NAN Ukrainy u 2012 r. (Report on the activity of the Institute of Electrodynamics of the National Academy of Sciences of Ukraine in 2012)', Spr.1208, 200 ark.

References

1. Kuznetsov, V.H., Hryhoriev, O.S., Danyliuk, V.B., 1992. 'Znyzhennia nesymetrii ta nesynusoidalnosti napruh v elektrychnykh merezhakh (Reduction of unbalanced and non-sinusoidal stresses in electrical networks)', Kyiv: *Naukova dumka*, 240 s.
2. Kuznetsov, V.G., Tugai, Iul., Bazhenov, V.A., 1992. 'Optimizatsiia rezhimov elektricheskikh setei (Optimization of electrical networks)', Kyiv: *Naukova dumka*, 145 s.
3. Namiestnik, S.H., 2002. 'Osoblyvi rezhymy v poslidovnomu RLC – konturi z reverznyym komutatorom (Special modes in serial RLC – circuit with a reversible switch)'. Kandydat nauk. Instytut elektrodynamiky NAN Ukrainy.
4. 'Naukovo–tekhnichnyi arkhiv IED NAN Ukrainy (Scientific and Technical Archive of the IED of the NAS of Ukraine), Zvit pro diialnist Instytutu elektrodynamiky AN Ukrainy u 1991 r. (Report on the activity of the Institute of Electrodynamics of the Academy of Sciences of Ukraine in 1991)', F.263, Op.1, Spr.709, 74 ark.
5. Там само, 'Zvit pro diialnist Instytutu elektrodynamiky AN Ukrainy u 1992 r. (Report on the activity of the Institute of Electrodynamics of the Academy of Sciences of Ukraine in 1992)', Spr.741, 55 ark.
6. Там само, 'Zvit pro diialnist Instytutu elektrodynamiky AN Ukrainy u 1993 r. (Report on the activity of the Institute of Electrodynamics of the Academy of Sciences of Ukraine in 1993)', Spr.770, 42 ark.

26. Tam samo, 'Zvit pro diialnist Instytutu elektrodynamiky NAN Ukrainy u 2013 r. (Report on the activity of the Institute of Electrodynamics of the National Academy of Sciences of Ukraine in 2013)', Spr.1236, 157 ark.
27. Tam samo, 'Zvit pro diialnist Instytutu elektrodynamiky NAN Ukrainy u 2014 r. (Report on the activity of the Institute of Electrodynamics of the National Academy of Sciences of Ukraine in 2014)', Spr.1285, 154 ark.
28. Podoltsev, OD., Kucheriava, IM., 2011. 'Bahatomasshtabne modeliuвання v enerhetytsi (Large-scale modeling in power engineering)', Kyiv: *IED NAN Ukrainy*, 255 s.
29. Podoltcev, AD., Kucheriavaia, IN., 2015. 'Multifizicheskoe modelirovanie v elektrotekhnike (Multiphysical modeling in electrical engineering)' Kyiv: *IED NAN Ukrainy*, 305 s.
30. Stohnii, BS., 2007. 'Na shliakhakh avtomatyzatsii elektrychnykh system, (On the ways of automation of electric systems)', *Tekhnichna elektrodynamika*, №3, s.41–50.
31. Shcherba, AA., Podoltcev, AD., Kucheriavaia, IN., 2002. 'Issledovanie elektroerozionnykh iavlenii pri protekanii impulsnogo toka mezhdz tokoprovodiashchimi granulami s uchetom mikroplazmennogo kontaktного promezhutka (Investigation of electro sphere phenomena during the flow of impulse current between conductive granules, taking into account the microplasma contact gap)', *Tekhnicheskaiia elektrodinamika*, №4, s.3–6.
32. Shcherba, AA., Rezinkina, MM., 2007. 'Modelirovanie i analiz elektricheskikh polei energeticheskikh obektov (Modeling and analysis of electric fields of energy objects)', Kyiv: *Naukova dumka*, 248 s.
33. Shcherba, AA., Rezinkina, MM., 2009. 'Elektromagnitnye polia i ikh vozdeistvie na obekty (Electromagnetic fields and their effects on objects)', Kyiv: *Naukova dumka*, 190 s.
34. Shcherba, AA., Rezinkin, OL., Rezinkina, MM., 2016. 'Elektrofizicheskie protsessy v dielektricheskikh i magnitnykh sredakh (Electrophysical processes in dielectric and magnetic media)', Kyiv: *Naukova dumka*, 192 s.
35. Shydlovska, NA., 1999. 'Analiz neliniinykh elektrychnykh kil metodom maloho parametru (Analysis of nonlinear electric circuits by a small parameter method)', Kyiv: *Yevroindeks*, 192 s.
36. Shydlovska, NA., 2007. 'Doslidzhennia z teoretychnoi elektrotekhniky u viddilakh Instytutu elektrodynamiky NAN Ukrainy (Research on theoretical electrical engineering at the departments of the Institute of Electrodynamics of the National Academy of Sciences of Ukraine)', *Tekhnichna elektrodynamika*, №4, s.20–25.
37. Shydlovskiy, AK., Perkhach, VS., Skrypnyk, AI. 1992. 'Enerhetychni systemy z elektroperedachamy ta vstavkamy postoiinoho strumu (Power systems with power supply and DC inserts)', Kyiv: *Naukova dumka*, 286 s.
38. Shydlovskiy, AK., 1997. 'Instytut elektrodynamiky NAN Ukrainy. Istoriia zdobutky, perspektyvy (Institute of Electrodynamics of the National Academy of Sciences of Ukraine. History of achievements, perspectives)', *Tekhnichna elektrodynamika*, №1, s.3–11.
39. Shydlovskiy, AK., Lypkivskiy, KO., 2007. 'Rozvytok doslidzhen po peretvorenniu ta stabilizatsii parametriv elektromahnitnoi enerhii v Instytuti elektrodynamiky NAN Ukrainy (Development of research on transformation and stabilization of electromagnetic energy parameters at the Institute of Electrodynamics of the National Academy of Sciences of Ukraine)', *Tekhnichna elektrodynamika*, №3, s.11–26.
