

О.Є. ТВЕРИТНИКОВА, ст. викладач каф. ВІТС,
А.Я. ДУЛЬФАН, канд. ф.м. наук, доцент, каф. ЗЕФ (м. Харків)

ФОРМУВАННЯ ТЕОРЕТИЧНОЇ БАЗИ ДЛЯ РОЗВИТКУ ЕЛЕКТРОТЕХНІКИ ЯК ГАЛУЗІ ТЕХНІЧНИХ НАУК У ХІХ СТ.

Детально проаналізовані етапи становлення теоретической електротехники. Освещена роль українских ученых в становлении теоретических основ електротехники.

Realization of detail analysis of establishment of theoretical electrical engineering. Illuminate the role of Ukrainian scientists in establishment of theoretical basics of electrical engineering.

Теоретична база електротехнічної галузі формувалась у взаємозв'язку з розвитком техніки. Техніка водночас стає і передумовою і наслідком науки. Передумовою тому, що розширення і поглиблення теоретичних наукових досліджень відбувається під впливом удосконалення приладів і інструментів. З другого боку техніка є наслідок природознавства тому, що технічне використання природничих сил є можливим тільки при умові знання природничих законів. Розглядаючи зв'язок між електротехнікою і фізикою можна вважати, що теоретичною базою інженерної діяльності в галузі електротехніки становляться наукові фізичні знання про явища які знаходяться в основі дії електротехнічних пристроїв. Відкриття в фізиці електричних і магнітних явищ створили нові можливості для впровадження технічних реалізацій, таких як телеграф, освітлення, електродвигуни тощо. Вивчення нових напрямів прикладної фізики сформувало галузі відповідних технічних дисциплін. Практична діяльність фахівця-електрика базується на рівняннях Дж. Максвелла [1, с. 341].

Детально проведено аналіз становлення теоретичної електротехніки на початку ХХ ст. у праці [1, 3]. В публікаціях показано передумови виникнення концепції електромагнітного поля і подальшого розвитку теорії електричних машин змінних струмів. Між тим автори не приділяють уваги внеску у розвиток теоретичної електротехніки українських вчених. Автор ставить за мету, опираючись на архівні матеріали, здійснити цілісний історико-науковий аналіз процесу становлення електротехніки, як галузі технічних наук наприкінці ХІХ – початку ХХ ст.

Наукові основи електротехніки почали складатися з 1785 р. коли Ш. Кулон, спираючись на результати дослідів, сформулював фундаментальний закон електростатики – закон взаємодії електричних зарядів. Цим законом було розпочато кількісне вивчення електричних явищ [2, с. 15]. Після створення у 1800 р. першого джерела електричного струму, гальванічних елементів, приладів для вивчення електролізу, термоелектричних і магнітних явищ, починаються активні

дослідження електричного струму, його магнітних, хімічних, теплових, світових властивостей. За короткий термін було встановлено основний закон електричного кола – Г.С. Ом (1820 р.); встановлення зв'язку між магнітними і електричними явищами – Х.К. Ерстед, тобто вплив електричного поля на магнітну стрілку; закон взаємодії електричних струмів – А. Ампер (1820 р.), закон дії струму на магніт – Ж.Б. Біо, Ф. Савар (1820 р.); закон електролізу – М. Фарадей (1833-1834 рр.), закон теплової дії струму – Д. П. Джоуль (1841 р.), Е.Х. Ленц (1842 р.). Результати цих досліджень заклали фундамент електродинаміки і дозволили виявити електричну природу магнетизму [3, с. 132].

Важливішим кроком у розвитку електротехнічної науки стало відкриття М. Фарадеєм у 1831 р. явища електромагнітної індукції. М. Фарадей ставить перед собою задачу експериментальної перевірки ідей Декарта: принципу збереження енергії. Результатом стало два фундаментальних узагальнення: закон індукції і взаємодії магнетизму і світла. Відкриття М. Фарадея показало, що для розуміння електромагнітних явищ, які відбуваються при наявності змінних струмів і магнітів, які рухаються, класичного підходу недостатньо і потрібні нові фізичні концепції. Ними стали концепції електричного і магнітного поля. Підкреслимо, що ці поняття існували і в електростатиці і магнітостатиці попереднього періоду, але вони мали формальний характер і визначали силу, яка діє на одиничний заряд. Ця гіпотеза М. Фарадея стала основою для створення теорії електромагнітного поля [4, с. 842].

Усі відомі теоретичні роботи щодо питань електричних і магнітних явищ попередніх дослідників узагальнив Дж. К. Максвелл. Його працями завершилося створення теорії електромагнітного поля. У 1864 р. Дж. Максвелл вперше опублікував повну систему рівнянь електромагнітного поля, яка об'єднала відомі раніше співвідношення. Він узагальнив відомі закономірності такі як закон електромагнітної індукції, закон Кулону, закон Амперу. Закон сформульований Кулоном у рамках силового підходу, заснованого на теорії дальності, у рівняннях Максвелла замінюється на принцип близькодії де у взаємодії між зарядами обов'язково бере участь електромагнітне поле. У законі Амперу він знайшов протиріччя – закон не виконувався у колах змінного струму. Максвелл ввів до рівняння додаток, що враховував струм зсуву [5, с. 7-8].

Формування законів у диференціальній формі привело Дж. Максвелла до фізичної картини, де електричне поле має джерела двох видів – електричні заряди і змінне магнітне поле. Заряди створюють потенційне електричне поле, змінне магнітне поле є джерелом вихрового електричного поля, магнітне поле створюють струми які проходять по провідникам. Тобто причиною виникнення магнітного поля може служити не тільки струм провідності, але і зміна електричного поля, що викликає струм зсуву. Ця нова ідея Дж. Максвелла яка була отримана теоретичним шляхом дозволила зв'язати електричне і магнітне поле в новий клас явищ – електромагнітні хвилі. Таким чином, якщо важливішим досягненням вчених XVII ст. стало відокремлення електричних і магнітних явищ,

то для дослідників XIX ст. стало досягненням їх з'єднання. Це висловлення підтверджує модель розвитку науки по спіралі, точніше по фракталу (деревоподібній структурі яка має точки вибору, галузі подібності та нецілу топологічну вимірність) [6, с. 34].

Фундаментальне значення для розвитку електродинаміки мали роботи з експериментального обґрунтування теорії електромагнітного поля професора М.М. Шіллера. Директор ХТІ 1903-1905 рр., більш відомий як реакціонер. Між тим його праці з теорії електромагнітного поля та його експериментального підтвердження, а також дослідного вивчення електричних коливань заслуговують уваги. У 1874 р. він розробив метод визначення діелектричної проникності. Спираючись на результати експериментальних досліджень перевіряв співвідношення Дж. Максвелла і підтвердив гіпотезу про існування струмів зсуву. Праці М.М. Шіллера мали важливе значення для розвитку електродинаміки, радіофізики, радіотехніки. Він вперше довів справедливості двох теоретичних основ цих наук – теорії електричних коливань та теорії електромагнітного поля [8, ф. р-1682, оп. 2, од. збер. 369, арк. 3; 7, с. 32].

Наприкінці XIX ст. з'явився новий напрям теоретичних досліджень, пов'язаний з дослідом процесів в пристроях, які працюють на змінному струмі: машини змінного струму, трансформатори, вимірювальні прилади, передача енергії змінним струмом. Проводячи аналіз публікацій журналу „Електрика” кінця XIX ст. (1880-1989 рр.) можна стверджувати, що підґрунтя створення теорії змінних струмів належить М. О. Доліво-Добровольському, С. Томсону, А. Кенеллі, Дж. Блемінгу. Результатом досліджень стало визначення теоретичних положень: закон Ому для кіл змінного струму, поняття індуктивного опору, пояснення явища електричного резонансу у колах змінного струму [10].

Суттєвий вплив на формування окремих розділів теоретичних засад електротехніки мали теоретичні праці І. Пулюя з електродинаміки змінних струмів. Праці групи загального характеру, присвячені явищам електромагнітної індукції та самоіндукції, стали важливими при розробці теоретичних положень для генераторів струму, трансформаторів, електровимірювальних приладів. Аналітичні праці другої групи присвячені аналізу роботи однофазних та трифазних генераторів змінного струму ті розрахунків лінійних кіл мали значний вплив на формування теоретичних основ електротехніки [9, с. 11].

Систематичні теоретичні дослідження динамомашин постійного струму були розпочаті Дж. Гопкінсом у 1879 р. Він запропонував графічну форму для виразу залежності між електрозбуджувальною силою і силою струму у зовнішньому колі при постійній частоті обертання. Його праці разом з працями Каппа, Фрелиха з розрахунків магнітного кола, Пуля з проектування динамомашин, Арнольда з теорії обмоток машин постійного струму склали підґрунтя сучасної теорії машин постійного струму. Подальший розвиток теорія динамомашин набула у працях М. Депре. Він розвив методики попередників, обґрунтував перевагу графічного методу аналізу електромагнітних процесів в електромашині, можливість отримання постійної напруги від машини зі

змішаним збудженнями запропонував використовувати результати даних досліджень і для вирішення проблем передачі на відстань. Спираючись на дослідження академіка Маскара М. Депре підтвердив, що у відомій формулі $\eta = E_1 / E_2$ (де E_1 е.р.с. генератору, E_2 – противо-е.р.с. двигуна) к.к.д. не залежить від опору з'єднувальних дротів, але без теоретичного підтвердження. Незалежно від М. Депре російський вчений Д.А. Лачінов займався дослідженнями електромагнітних процесів в електричних машинах, проводив дослідження електропередачі на відстань. Його публікація „Електромеханічна робота” є однією з перших теоретичних робіт з теорії електричних машин постійного струму де автором були закладені наукові основи теорії електропіводу і по-перше сформульовано положення теорії електропередачі. У результаті теоретичного аналізу процесів в електричному колі, до якого входили генератор, лінія передач і приймач (електродвигун) вчений встановив основний закон електропередачі, яким встановлювалось кількісна залежність між напругою і опором лінії передачі [11, с. 26].

Висновки. Таким чином, можна вважати, що у ХІХ ст. закладено базу для подальшого розвитку електротехнічної галузі. Відбуваються перші спроби розробки наукових основ електротехніки. Відкриття М. Фарадея та їх математичного оформлення Дж. Максвеллом пояснили широке коло явищ і означили новий напрям у розвитку наукових основ електротехніки. Для подальшого розвитку електротехніки стає необхідним глибокі теоретичні дослідження, які знаходять розвиток у роботах видатних вчених. Наприкінці ХІХ ст. сформувались основні положення теорії електропередач, електричних мереж, електромашин постійного струму, теорії змінних струмі, що дало можливість для бурхливого розвитку промисловості на початку ХХ ст. Отже, теоретична база стала передумовою для розвитку промисловості.

Список літератури: 1. *Симоненко О.Д.* Становление электротехники как технической науки// Методологические проблемы взаимодействия общественных и естественных наук. М.: Наука, 1981. – С. 340-357. 2. *Калашиников С.Г.* Электричество. Учеб. пособ. –М.: Наука, 1985. – 576 с. 3. *Иванов Б.И., Чешев В.В.* Становление и развитие технических наук. – Л.: Наука, 1977. – 264 с. 4. *Цейтлин З.* Теоретические проблемы электричества во взглядах Фарадея и Максвелла на природу электромагнитных явлений//Электричество. № 17-18. – 1932. – С. 841-846. 5. *Чернишов П.А., Самсонов В.П., Чернишов М.П.* Технічна електродинаміка. Навч. посіб –Х.: НТУ „ХПІ”, 2006. – 290 с. 6. *Соболь О.В., Дульфан А.Я.* Теория фракталов. Методы фрактальной геометрии. – Х.: НТУ ХПИ, –2006. –с. 206. 7. *Глебова А.М.* Експериментальне підтвердження теорії електромагнітного поля українським фізиком М.М. Шіллером (1874-1876)//Нариси з історії природознавства і техніки. – 2002. № 44. С. 18-33. 8. *Державний архів Харківської області.* 9. *Рокіцький О.М.* Іван Пуллоу у світовій науці і техніці: Автореф. дис... канд. іст. наук: 07.00.07 / КНУ. – К., 2002. – 21 с. 10. *Симоненко О.Д.* О развитии переменных токов в электротехнике в конце XIX – начале XX вв.//Из истории энергетики, электроники и связи. Вып. 14. М.: Наука, 1983. – С. 226-229. 11. *Осадчий Н.П.* Исторический очерк передачи электрической энергии на расстояние. –М. Л.: Энергия, 1964. – 96 с.

Поступила в редакцію 24.06.08

В.М. УДОВИЧЕНКО, канд. техн. наук, НТУ "ХПІ", (м. Харків)

ВЗАЄМОЗВ'ЯЗОК ДВОВИМІРНИХ ІНТЕГРАЛІВ ФУР'Є ТА ХАРТЛІ ДЛЯ ФІНІТНИХ ФУНКЦІЙ

Сформульовані та доведені теореми, що встановлюють взаємозв'язок двовимірних інтегралів Фур'є та Хартлі для фінітних функцій. Дані теореми є узагальненням відповідних теорем, які встановлюють взаємозв'язок між операторами обчислення дискретних та дискретно-неперервних двовимірних перетворень Фур'є та Хартлі.

The theorems establishing interrelation between integrals of Fourier and integrals of Hartley for limited function are formulated and proved. These theorems are generalisation of the corresponding theorems, establishing interrelation between operators of calculations of discrete and is discrete-continuous transformations of Fourier and transformations of Hartley.

Проблема, яку ми розв'язуємо в даній статті, полягає в доповненні інструментарію інформаційних технологій у базисах Фур'є та Хартлі (скорочено $F\&H$) [1, 2] відповідними теоремами, які встановлюють зв'язок між двовимірними інтегралами $F\&H$ для фінітних функцій. Ці теореми є узагальненням відповідних теорем, які були раніше сформульовані автором для операторів обчислення двовимірних перетворень $F\&H$ і потрібні для подальшої розбудови інструментарію інформаційних технологій у базисах $F\&H$. Тому проблема є актуальною.

У літературі, присвяченій застосуванню перетворень $F\&H$, основними напрямками досліджень є теоретичні аспекти перетворень $F\&H$ та їх застосування для вирішення практичних задач обробки сигналів [3-6], порівняння швидких алгоритмів дискретних перетворень $F\&H$ [7], створення багатовимірних варіантів дискретних перетворень $F\&H$ [8] але відсутні теореми, що встановлюють взаємозв'язок двовимірних інтегралів Фур'є та Хартлі для фінітних двовимірних функцій..

Метою роботи є формулювання та доведення теорем, що встановлюють взаємозв'язок двовимірних інтегралів Фур'є та Хартлі для двовимірних фінітних функцій з метою подальшого їх застосування для розбудови інструментарію інформаційних технологій в базисах Фур'є та Хартлі.

Побудова теорем, що встановлюють взаємозв'язок двовимірних інтегралів Фур'є та Хартлі для фінітних функцій. Не зменшуючи загальності ми вважаємо, що носій фінітних функції $f(x, y)$, $\text{supp } f(x, y) = D$, $D = [-\pi, \pi]^2$. Відомо [4, 6], прямі двовимірні перетворення $F\&H$ фінітної, абсолютно інтегрованої функції $f(x, y)$,