

УДК 378.147:621.3

**ПРОФЕСІЙНО-ОРІЄНТОВАНЕ ФОРМУВАННЯ МОДЕЛЕЙ
ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНИХ ПРИСТРОЇВ ПРОМИСЛОВОГО ОБЛАДНАННЯ**

© Лазарєв М.І., Мосієнко Г.М., Тарасенко А.І.
Українська інженерно-педагогічна академія

Інформація про авторів:

Лазарєв Микола Іванович: ORCID: 0000-0001-9742-4739; lazarev@uipa.edu.ua; доктор педагогічних наук; проректор з наукової роботи, Українська інженерно-педагогічна академія, вул. Університетська 16, м. Харків, 61003, Україна.

Мосієнко Ганна Миколаївна: ORCID: 0000-0001-5603-8380; mosik61173@gmail.com; старший викладач кафедри фізики, електротехніки та електроенергетики; Українська інженерно-педагогічна академія; вул. Університетська 16, м. Харків, 61003, Україна.

Тарасенко Анатолій Іванович: ORCID: 0000-0002-0896-3587; tarasik2808@gmail.com; кандидат технічних наук; доцент кафедри фізики, електротехніки та електроенергетики; Українська інженерно-педагогічна академія; вул. Університетська 16, м. Харків, 61003, Україна.

В статті розглянуто проблему професійно-орієнтованого формування математичних моделей електротехнічних пристроїв промислового обладнання машинобудівної галузі. На основі проведеного аналізу літературних джерел електротехнічної підготовки інженерів неелектричних спеціальностей обґрунтована важливість професійно-орієнтованого підходу до побудови абстрактних об'єктів технічної теорії. Приведена класифікація об'єктів предметної галузі, яка передбачає упорядкування елементів в групи за певними ознаками. Характерною ознакою кожної групи встановлено той параметр, заради якого цей елемент створювався, або параметр, який є основним у більшості випадків практичного застосування реального фізичного елемента. Запропонована концепція формування моделей електротехнічних пристроїв промислового обладнання. Показано, що для урахування властивостей елемента в реальних умовах необхідно уточнювати структуру моделі та склад ідеалізованих елементів, які її представляють в залежності від умов експлуатації, характеристик джерела живлення та режимів роботи.

Ключові слова: схеми заміщення, ідеалізовані елементи електротехніки, математичні моделі, професійно-орієнтоване формування моделей, предметна галузь, машинобудівна галузь.

Лазарев Н.И., Мосиенко А.Н., Тарасенко А.И. «Профессионально-ориентированное формирование моделей электротехнических устройств промышленного оборудования»

В статье рассмотрена проблема профессионально-ориентированного формирования математических моделей электротехнических устройств промышленного оборудования машиностроительной отрасли. На основе проведенного анализа литературных источников электротехнической подготовки инженеров неэлектрических специальностей обоснована важность профессионально-ориентированного подхода к построению абстрактных объектов технической теории. Приведенная классификация объектов предметной области, которая предусматривает упорядочение элементов в группы по определенным признакам. Характерным признаком каждой группы установлен тот параметр, ради которого этот элемент создавался, или параметр, который является основным в большинстве случаев практического применения реального физического элемента. Предложенная концепция формирования моделей электротехнических устройств промышленного оборудования. Показано, что для учета свойств элемента в реальных условиях необходимо уточнять структуру модели и состав идеализированных элементов, которые ее представляют в зависимости от условий эксплуатации, характеристик источника питания и режимов работы.

Ключевые слова: схемы замещения, идеализированные элементы электротехники, математические модели, профессионально-ориентированное формирование моделей, предметная область, машиностроительная отрасль.

N. Lazarev, A. Mosienko, A. Tarasenko "Profession-oriented formation of models of electrical devices of industrial equipment"

The article considers the problem of profession-oriented formation of mathematical models of electrical devices for the industrial equipment of the machine-building field. Based on the analysis of the literature sources on electrical engineering training of engineers of non-electric specialties, the importance of a professionally oriented approach to the construction of abstract objects of the technical theory is substantiated. The paper provides the resulted classification of the objects of the subject area which implies ordering elements in groups in accordance with particular features. A characteristic feature of each group is the parameter for which this element was created, or the parameter that is the main one in most cases of practical application of the real physical element. The authors offer a concept of forming models of electrical devices for industrial equipment. It is shown that in order to take into account the properties of an element under real conditions, it is necessary to refine the structure of the model and the composition of idealized elements that represent it depending on operating conditions, power source characteristics and operating modes.

Keywords: substitution schemes, idealized elements of electrical engineering, mathematical models, professionally-oriented formation of models, subject area, machine-building industry.

Постановка проблеми. На практиці, в умовах виробництва, у інженера дуже часто виникає необхідність вирішувати ті задачі, які можна вважати не характерними для його кваліфікації, але які є для нього посилені, наприклад, як для інженера-механіка, який прослухав курс електротехніки. Тобто має місце звичайна виробнича ситуація. Інженер-механік бачить перед собою конкретний об'єкт, який представляє собою машину, механізм, елемент обладнання, в якому знаходяться як складові частини різноманітні електротехнічні пристрої [1]. Для того, щоб їх модифікувати, щось змінити, удосконалити він повинен провести, нехай не складні, якісь елементарні розрахунки. Для проведення необхідних розрахунків він повинен скористатися вже не реальними елементами, а їх моделями, їх спрощеними представленнями, за допомогою яких він і зможе провести ці розрахунки. Перехід від реальних об'єктів, пристроїв до їх моделей і є процесом моделювання, тобто інженера-механіка необхідно навчити за конкретним фізичним об'єктом бачити те, що називається еквівалентною схемою, або схемою заміщення і що насправді є ідеалізованою моделлю. Для того, щоб навчити його це робити, він повинен оволодіти основами моделювання.

Все це зумовило необхідність сформулювати професійно-орієнтований підхід до побудови моделей електротехнічних пристроїв виробничого обладнання.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Електротехніка є базою, основою для вивчення спеціальних електротехнічних дисциплін, які обов'язково входять до навчальних планів підготовки інженерів будь якого неелектротехнічного напрямку. Складність електротехнічної підготовки інженерів-неелектриків обумовлена певною специфікою її викладання. Одним з основних факторів, який суттєво впливає на якість підготовки спеціалістів є те, що на момент вивчення електротехніки (другий курс) студенти ще не знайомі з реальним промисловим обладнанням своєї галузі виробництва і з тим різноманіттям електротехнічних пристроїв, які входять до складу машин і механізмів, наприклад, машинобудівної галузі. Це зумовлює послаблення мотивації вивчення дисципліни, тому що студенту важко відповісти на питання «Де це він може застосувати в своїй майбутній професійній діяльності?» [2]. Суттєву роль відіграє також підвищена складність ідеалізованих технічних систем і пристроїв та режимів їх функціонування. Ступінь абстракції в електротехніці досить висока і потребує досить міцної математичної підготовки. Ускладнює ситуацію те, що в електротехніці має місце великий об'єм теоретичних понять, висока ступінь їх логічної взаємодії та високий рівень ієрархічності систем цих понять [3].

Практично всі автори підручників і навчальних посібників з електротехніки підкреслюють - для роз'яснення специфіки електротехнічної підготовки спеціалістів важливо показати, що поряд з концептуальним і математичним апаратом надзвичайно важливу роль

відіграють ідеалізовані, досить абстрактні схеми. Вони представляють собою сукупність абстрактних об'єктів, зорієнтованих, з одного боку на застосування відповідного математичного апарата, а з другого – на теоретичний експеримент, тобто на проектування можливих експериментальних ситуацій.

В підручнику «Електротехніка» під редакцією Герасимова В.Г. зазначається, що курс електротехніки повинен дати студенту загальні відомості, без яких він не зможе вивчити і зрозуміти дію різноманітних електротехнічних пристроїв та приладів і в подальшому навчитись ефективно застосовувати їх в різних галузях народного господарства.

Вивчення електротехніки має велике значення в формуванні інженерного світогляду студентів. При вивченні складних електромагнітних процесів студент переконується в важливості методу наукових абстракцій, як одного з найефективніших методів пізнання світу. Абстракція у вигляді схем заміщення дозволяє виділити основні властивості елемента електричного кола в кожному конкретному випадку [4].

В свою чергу Міліх В.П. підкреслює, що при вивченні процесів в електричних колах і електротехнічних пристроях, а також при їх розрахунках використовують електричні схеми заміщення. У цих схемах кожний реальний елемент або пристрій уявляється у вигляді одного або сукупності ідеальних елементів – математичних моделей. Кожний ідеальний елемент заміщує яке-небудь одне явище або властивість реального об'єкта. Ідеальні елементи – абстрактні поняття, тому їх не слід плутати із реальними об'єктами [5].

Це ж саме відмічається і в навчальному посібнику «Основи електротехніки» авторів Беневоленський С.Б., Марченко А.Л. При аналізі електричних кіл їх замінюють схемами заміщення. Схема заміщення електричного кола – це розрахунково-математична модель електричного кола, яка містить ідеальні пасивні (резистивні, індуктивні та ємнісні) і активні (джерела напруги та джерела струму) елементи. Ці елементи є еквівалентами (моделями) реальних пристроїв кола, яким теоретично надаються певні електричні і магнітні властивості, які відображають головні (домінуючі) процеси в елементах кола [6].

Тобто така побудова абстрактних об'єктів є специфічною і обов'язковою для технічної теорії, і робить їх однаковими в тому плані, що вони сконструйовані, по перше, за допомогою фіксованого набору елементів, і, по друге, обмеженого і заданого набору способів їх з'єднання. Будь які електротехнічні пристрої можуть бути представлені як утворені з ієрархічно організованих кіл, блоків, з'єднань і елементів.

Постановка завдання. Метою дослідження є визначення принципів формування математичних моделей електротехнічних пристроїв промислового обладнання.

Виклад основного матеріалу. Основи моделювання закладені в філософії. Саме філософія визначає моделювання як метод пізнання навколишнього світу. Можливості моделювання, тобто переносу результату отриманого в ході побудови і дослідження моделі на оригінал, базуються на тому, що модель в певній мірі відображає деякі риси і властивості реального об'єкту, які цікавлять дослідника. Модель виступає як своєрідний інструмент пізнання, який дослідник ставить між собою і реальним об'єктом і за допомогою якого вивчає цей об'єкт [7].

Електротехнічні пристрої, які застосовують у складі промислового обладнання досить різноманітні за своїм призначенням – це трансформатори, електричні машини, комутаційні апарати, вимірювальні прилади, елементи управління та автоматики, освітлювальні пристрої та багато іншого [8]. Вони відрізняються своїми характеристиками, принципом дії, конструктивним оформленням та ін., але всі вони є споживачами електричної енергії і аналіз процесів, які в них відбуваються базується на одних і тих же фізичних законах. Тому в електротехніці мають справу з відносно незначною кількістю ідеальних елементів та їх з'єднань, які представляють ці ідеальні елементи на теоретичному рівні. До таких елементів, перш за все, відносять опір, індуктивність, ємність, джерела напруги та струму. Всі елементи реального електричного кола повинні бути приведені до вказаного вигляду. Для застосування математичного апарату потрібна подальша ідеалізація: кожен з перелічених вище елементів може чинити різний вплив на роботу електричного кола. При чому в залежності від режиму функціонування електротехнічного пристрою одна і та ж сама схема може мати різний вигляд

і для аналізу її необхідно представити схемою заміщення або еквівалентною схемою.

Схема заміщення представляє собою графічну форму математичного опису стану електричного кола. Кожному функціональному елементу такої схеми відповідає певне математичне співвідношення, скажімо, між силою струму і напругою на деякій ділянці кола або конкретна математична операція (диференціювання, інтегрування, і так далі). Порядок розташування і характеристики функціональних елементів адекватні електричній схемі. Таким чином, схеми заміщення в електротехніці представляють собою ідеалізоване зображення електричного кола, оскільки в них абстрагуються від багатьох приватних характеристик електротехнічного пристрою (габарит, маса, спосіб монтажу та ін.). Ці характеристики враховують в процесі проектування та виготовлення, тобто в процесі безпосередньо інженерної діяльності [9]. В схемах заміщення вказують узагальнені параметри стандартизованих конструктивних елементів (резисторів, конденсаторів, акумуляторів та ін.), які необхідні для проведення розрахунків режимів та енергетичних характеристик електротехнічного обладнання. Необхідно враховувати, що головні елементи будь якої схеми заміщення (джерело живлення, приймач електричної енергії та комутаційні та регулюючі елементи, що їх з'єднують) абстраговані від багатьох параметрів реальних конструктивних елементів, які входять до складу електротехнічних пристроїв промислового обладнання.

Описуючи ідеалізовані пасивні елементи, необхідно враховувати те, що кожний такий елемент електричного кола відображає тільки одну суттєву особливість електромагнітних процесів, які мають місце в реальних елементах електротехнічного обладнання. Кожен ідеалізований елемент відображає найбільш характерну властивість реального пристрою: резистора, котушки індуктивності або конденсатора. В той же час треба враховувати, що процеси в реальних елементах суттєво складніші, ніж у ідеалізованих, тому що в кожному реальному елементі поряд з основним мають місце також і супутні процеси, які характеризуються додатковими параметрами. В результаті схеми заміщення реальних елементів в загальному вигляді мають більш складну структуру і складаються з сукупності ідеалізованих елементів різного типу.

Для врахування всіх особливостей тих процесів які відбуваються, наприклад, в реальному резисторі при різних частотах джерела живлення, схема заміщення набуває досить складного вигляду (рис. 1.) [10].

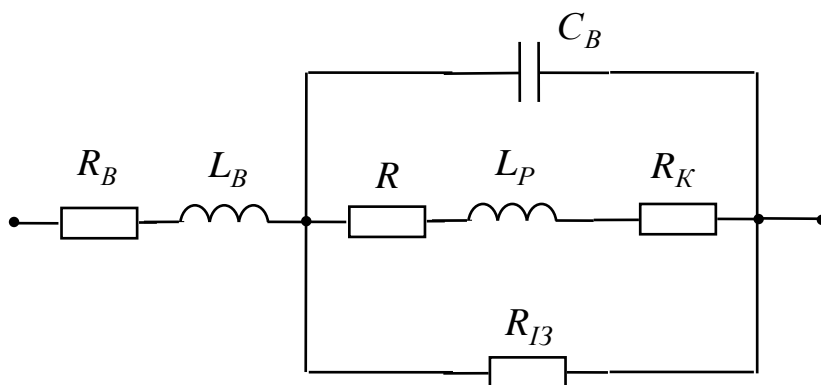


Рис. 1. Схема заміщення резистора

Так поряд з основним параметром (елементом) R , показані супутні параметри, які суттєво залежать від конструкції реального елемента, технології його виготовлення і властивостей матеріалів, що входять до його складу. На рис 1. позначено:

R_{I3} – опір ізоляції; який необхідно враховувати при побудові моделей високоомних резисторів, а також резисторів, що працюють при високій напрузі.

R_K – опір контактів, залежить від матеріалу (мідь, срібло, полуда), а також від робочої площі контактів;

R_B – опір виводів, залежить від матеріалу, площі перерізу, довжини виводів;

L_P – індуктивність резистора, визначається технологією виготовлення резистора та його конструкцією. Так резистори виготовлені шляхом намотки дроту на ізоляційний каркас мають досить велику індуктивність.

L_B – індуктивність виводів, залежить від довжини та конфігурації виводів.

C_B – ємність між виводами, залежить від конструкції резистора. При намотці дроту на ізоляційний каркас сумарна міжвиткова ємність може бути досить значною.

Чим вище точність розрахунків, тим більша кількість факторів повинна враховуватись при побудові моделі і тим складніший вигляд буде мати еквівалентна схема кожного елемента предметної галузі. Разом з тим ускладнення еквівалентних схем суттєво збільшує трудомісткість розрахунків, тому при аналізі електричних кіл необхідно прагнути до використання спрощених схем заміщення реальних елементів, які б склались з мінімальної кількості обґрунтовано необхідних ідеалізованих елементів.

Але в узагальненому вигляді схеми заміщення одного і того ж елемента можуть мати різний вигляд в залежності від робочого частотного діапазону.

Так реальна котушка з магнітним осердям в першому приближенні, коли суттєвим для аналізу є тільки накопичування енергії магнітного поля, а всіма іншими параметрами можна знехтувати, моделюють однією ідеальною індуктивністю. При необхідності врахування інших параметрів, які суттєво залежать від частоти джерела живлення схема заміщення стає набагато складнішою (рис. 2.) [11].

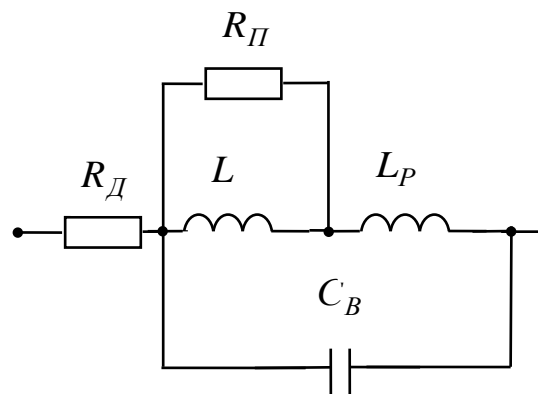


Рис. 2. Схема заміщення котушки індуктивності

На рис. 2. позначено:

L – основний параметр, заради якого створювався фізичний елемент. Це індуктивність котушки, яка враховує магнітні потоки, що замикаються по осердю.

L_P – індуктивність розсіювання. Враховує магнітні потоки, які замикаються по повітрю.

R_D – опір дроту, яким намотана котушка. Враховує втрати потужності на нагрів котушки при проходженні по ній електричного струму.

R_{II} – опір, який враховує втрати потужності на перемагнічування осердя, оскільки втрати в осерді залежать від відповідної частки магнітного потоку.

C – параметр, який враховує міжвиткову ємність при застосуванні котушки на високих частотах.

З огляду на різноманіття схем заміщення реальних об'єктів промислового обладнання, їх залежність від конкретних умов експлуатації, скористаємося класифікацією електротехнічних пристроїв для предметної галузі машинобудування, представленою

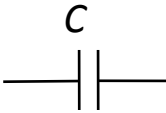
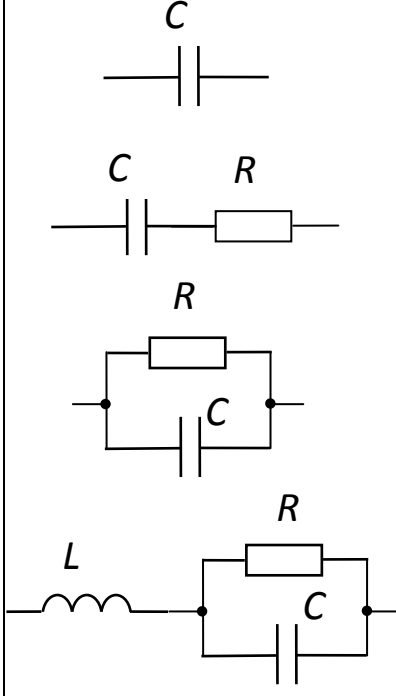
чотирма групами елементів (R , L , C , E). Характерною ознакою кожної групи встановлено той параметр, заради якого цей елемент створювався, або параметр, який є основним у більшості випадків практичного застосування реального фізичного елемента [12].

Розглянемо, для прикладу, елементи фізичної області групи C . Елементи цієї групи – це елементи, які створено насамперед для отримання параметра C , тобто конденсатори. До цієї групи можна віднести елементи, які в силу своїх конструктивних особливостей також характеризуються параметром C , як основним параметром.

Конденсатор найчастіше подають ємністю і послідовно (або паралельно) з'єднаним з нею опором. Деякі типи конденсаторів в силу своїх конструктивних особливостей мають досить суттєву внутрішню індуктивність (паперові конденсатори). На високих частотах необхідно також враховувати індуктивність виводів. Ідеальний (безвтратний) конденсатор – це тільки ємність. Тому схеми заміщення реальних конденсаторів та технологічних пристроїв, які характеризуються параметром ємності, досить різноманітні в залежності від частоти джерела живлення та умов експлуатації (табл. 1).

Таблиця 1

Моделі елементів предметної області групи C

№ п/п	Фізичний елемент	Ідеальний елемент	Варіанти моделей (схем заміщення)
1	Електроіскрова конденсаторна установка		
2	Ємнісний давач лінійних розмірів		
3	Ємнісний давач переміщень		
4	Ємнісний давач тиску		
5	Ємнісний давач вологості		
6	Ємнісний рівнемір		
7	Конденсатор фільтру випрямляча		
8	Конденсатор компенсатора реактивної потужності		

Розглянемо іншу групу елементів фізичної області, групу E . В цю групу входять всі джерела живлення, тобто ті елементи фізичної області, які характеризуються наявністю електрорушійної сили (ЕРС), незалежно від того, яким чином вона отримана.

Джерела живлення досить часто в схемах заміщення представляють ідеальними джерелами ЕРС або напруги. Такий підхід є правомірним, якщо потужність джерела живлення значно перевищує потужність споживача, і втратами потужності в джерелі можна знехтувати. Якщо таку ідеалізацію застосувати неможна, враховують внутрішній активний опір джерела живлення, втрати потужності в джерелі, змінення напруги на затискачах джерела при різних режимах його роботи. В більш складних випадках, при високих частотах роботи обладнання, виникає необхідність враховувати і реактивні складові

внутрішнього опору джерела, як правило індуктивну складову. Але при роботі обладнання на промислових частотах достатньо враховувати тільки активну складову внутрішнього опору джерела живлення (табл.2). Більш складні схеми заміщення характерні для високочастотних пристроїв промислової електроніки.

Таблиця 2

Моделі елементів предметної області групи E

№ п/п	Фізичний елемент	Ідеальний елемент	Варіанти моделей (схем заміщення)
4.1	Електромеханічний генератор		
4.2	Гальванічний елемент		
4.3	Акумулятор електричний		
4.4	Термоелектричний генератор		
4.5	Вентильний фотоелемент		
4.6	Вторинне джерело живлення		

Як бачимо кожен елемент предметної області, в залежності від умов його роботи, може бути представлений певною схемою заміщення. Найпростіша схема заміщення відповідає ідеальному елементу, Вона включає один параметр, який є основним для даного елемента. Така ідеалізація є досить популярною при виконанні розрахунків, що не претендують на велику точність і дозволяють отримати прийнятний результат при значному спрощенні об'єму обчислювань. При необхідності початкову модель ускладнюють, вводячи в неї додаткові параметри.

Узагальнюючи вищесказане можна сформулювати концепцію формування моделей реальних об'єктів промислового обладнання. Структурне втілення цієї концепції показано на рис. 3.

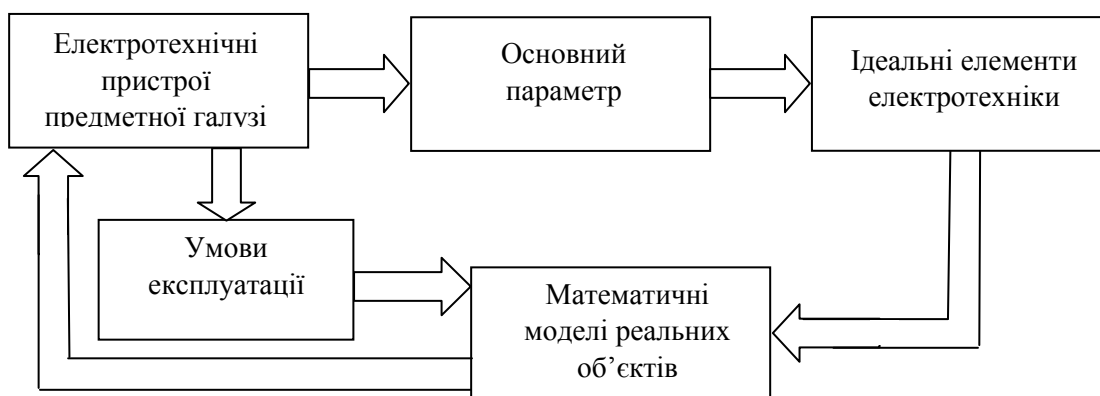


Рис. 3. Концепція формування моделей електротехнічних пристроїв промислового обладнання

Взагалі послідовність визначення схеми заміщення фізичного елемента можна представити в такому вигляді:

1. Виділити основний параметр, який характеризує реальний елемент предметної області.
2. Визначити ідеальну базову модель, яка відповідає властивостям елементу.
3. Визначити схеми заміщення для найбільш характерних режимів роботи елементу:
 - в колі постійного струму;
 - в колі промислової частоти;
 - в високочастотних колах промислової електроніки.

Висновки. Запропоновано професійно-орієнтований підхід до формування математичних моделей електротехнічних пристроїв промислового обладнання, наприкладі машинобудівного обладнання, що дозволяє зменшити складність сприйняття теоретичного матеріалу шляхом максимального його наближення до предметної галузі.

Корегування та уточнення моделей електротехнічних пристроїв здійснюється шляхом врахування умов експлуатації та режимів їх роботи в реальних умовах.

Перспективи подальших досліджень його впровадження полягає в урахуванні особливостей формування моделей елементів електричних кіл при роботі з джерелами живлення різної частоти. Подальші дослідження можуть бути направлені на послідовну розробку схем заміщення електротехнічних пристроїв реального промислового обладнання і формування уточнених моделей об'єктів предметної області на базі основних ідеалізованих елементів.

Список використаних джерел

1. Шеховцов В.П. Электрическое и электромеханическое оборудование / В.П. Шеховцов. – М.: ФОРУМ ; ИНФРА-М, 2009. – 416 с.
2. Казаков В.А. Самостоятельная работа студентов и ее информационно-методическое обеспечение / В.А.Казаков – К.:Выща шк., 1990. –248 с.
3. Зайнутдинова Л.Х. Создание и применение электронных учебников (на примере общетехнических дисциплин) / Л.Х.Зайнутдинова.– Астрахань: Изд-во «ЦНТЭП», 1999. –364с.
4. Электротехника / Х.Э. Зайдель, В.В. Коген-Далин, В.В. Крымов и др. ; под ред. В.Г. Герасимова. – М.: Высшая школа, 1985. – 480 с.
5. Міліх В.І. Електротехніка, електроніка та мікропроцесорна техніка / В.І. Міліх, О.О. Шавьолкін. –Київ: Каравела, 2007. – 688 с.
6. Беневоленский С.Б. Основы электротехники / С.Б. Беневоленский, А.Л. Марченко.– М.: Изд-во Физ.-мат.лит., 2006. – 568 с.
7. Спиркин А.Г. Философия / А.Г. Спиркин. – М.:Гардарики, 2004. – 736 с.
8. Лазарев М.І. Аналіз електротехнічної складової професійної діяльності інженерів машинобудівного профілю / М.І. Лазарев, Г.М. Мосієнко, А.І. Тарасенко // Проблеми інженерно-педагогічної освіти: зб. наук. праць / Укр. інж.-пед. акад. – Харків, 2015. – Вип. 48-49. – С. 91-102.
9. Степин В.С. Философия науки и техники : учеб.пособие/ В.С. Степин, В.Г. Горохов, М.А. Розов. – М.: Гардарики, 1999. – 400 с.
10. Попов В.П. Основы термисторов / В.П. Попов. – М.: Высш. шк., 2003. – 575 с.
11. Мурзин Ю.М. Электротехника / Ю.М.Мурзин, Ю.И. Волков. – СПб.: Питер, 2007. – 443 с.
12. Мосієнко Г.М. Предметно-орієнтоване формування змісту дисципліни «Електротехніка» для майбутніх інженерів машинобудівних спеціальностей / Г.М. Мосієнко // Проблеми інженерно-педагогічної освіти: зб. наук. праць / Укр. інж.-пед. акад. – Харків, 2010. – Вип. 28-29. – С. 67-75.

References

1. Shehovcov, VP 2009, *Jelektricheskoe i jelemekhanicheskoe oborudovanie*, [Electrical and electromechanical equipment] FORUM, INFRA-M, Moskva.
2. Kazakov, VA 1990, *Samostojatel'naja rabota studentov i ee informacionno-metodicheskoe obespechenie*, [Independent work of students and its information and methodical support] Vyshha shkola, Kiev.
3. Zajnutdinova, LH 1999, *Sozdanie i primeneniej elektronnyh uchebnikov (na primere obshhetehnicheskikh disciplin)* [Creation and application of electronic textbooks (on the example of general technical disciplines)], Izdatelstvo CNTJeP, Astrahan.

4. Zajdel, HJe, Kogen-Dalin, VV, Krymov, VV et al. 1985, *Jelektrotehnika [Electrical Engineering]*, Vysshaja shkola, Moskva.
5. Milykh, VI & Shavolkin, OO 2007, *Elektrotehnika, elektronika ta mikroprotsesornatehnika*, [Electrical engineering, electronics and microprocessor technology] Karavela, Kyiv.
6. Benevolenskij, SB & Marchenko, AL 2006, *Osnovyj elektrotehniki*, [Fundamentals of Electrical Engineering] Izdatelstvo Fiziko-matematicheskoy literatury, Moskva.
7. Spirkin, AG 2004, *Filosofija [Philosophy]*, Gardariki, Moskva.
8. Lazarev, MI, Mosiienko, HM & Tarasenko, AI 2015, 'Analiz elektrotekhnichnoi skladovoi profesiinoi diialnosti inzheneriv mashynobudivnoho profilu' [An analysis of the electrical engineering component of the professional activity of engineers in the engineering industry], *Problemy inzhenerno-pedahohichnoi osvity*, Ukrainska inzhenerno-pedahohichna akademiia, Kharkiv, iss. 48-49, pp. 91-102.
9. Stepin, VS, Gorohov, VG & Rozov, MA 1999, *Filosofija nauki i tehniki [Philosophy of Science and Technology]*, Gardariki, Moskva.
10. Popov, VP 2003, *Osnovy terii cepej [Fundamentals of the theory of chains]*, Vysshaja shkola, Moskva.
11. Murzin, JuM & Volkov, JuI 2007, *Jelektrotehnika [Electrical Engineering]*, Piter, Sankt-Peterburg.
12. Mosiienko, HM 2010, 'Predmetno-orientovane formuvannia zmistu dystsypliny «Elektrotehnika» dlia maibutnikh inzheneriv mashynobudivnykh spetsialnostei' [Subject-oriented formation of the contents of the discipline "Electrical engineering" for future engineers in engineering specialties], *Problemy inzhenerno-pedahohichnoi osvity*, Ukrainska inzhenerno-pedahohichna akademiia, Kharkiv, iss. 28-29, pp. 67-75.

Стаття надійшла до редакції 30.01.2018