

УДК 378.146.1:620.9

ДОСВІД РОЗРОБКИ ТА ВПРОВАДЖЕННЯ КУРСОВИХ ТЕСТОВИХ ЗАВДАНЬ З ТЕХНІЧНОЇ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ЕНЕРГЕТИЧНОГО ОБЛАДНАННЯ

© Мороз О. М., Трунова І. М..

Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка

Інформація про авторів:

Мороз Олександр Миколайович: ORCID: 0000-0002-8520-9211; moroz-fekt@inbox.ru; доктор технічних наук; директор навчально-наукового інституту енергетики та комп'ютерних технологій ХНТУСГ імені Петра Василенка; Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка, вул. Артема 44, м. Харків, , 61002, Україна.

Трунова Ірина Михайлівна: ORCID: 0000-0001-7510-4291; tirmix@yandex.ru; кандидат технічних наук; доцент кафедри електропостачання та енергетичного менеджменту навчально-наукового інституту енергетики та комп'ютерних технологій ХНТУСГ імені Петра Василенка, Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка, вул. Артема 44, м. Харків, , 61002, Україна.

Пропонується вдосконалення навчального процесу підготовки фахівців енергетичної галузі шляхом упровадження розроблених курсових тестових завдань з обліку та аналізу технічного стану розподільних мереж напругою 0,38-20 кВ із повітряними лініями електропередачі. В курсових тестових завданнях використовуються сучасні методики розрахунків якісної та кількісної оцінки технічного стану електрообладнання, комп'ютерні технології, ефективний контроль якості навчання кожного студента. Виявлені та усунуті недоліки в методиці обліку та аналізу технічного стану розподільних мереж напругою 0,38-20 кВ із повітряними лініями електропередачі. Наведені пояснення щодо практичного впровадження курсових тестових завдань з обліку та аналізу технічного стану розподільних мереж напругою 0,38-20 кВ із повітряними лініями електропередачі у навчальний процес. Зроблений висновок, що для забезпечення успішності майбутнього фахівця студентам у процесі навчання необхідно надати можливість самостійного виконання поставленого завдання та перевірки його результату із зацікавленістю та розумінням можливості практичного використання набутих навичок, зокрема на підприємствах енергетичної галузі.

Ключові слова: технічний стан, розподільні мережі, курсові тестові завдання.

Трунова И. М., Мороз А. Н. «Опыт разработки и внедрения курсовых тестовых заданий по технической эксплуатации энергетического оборудования»

Предлагается усовершенствование учебного процесса подготовки специалистов энергетической отрасли путем внедрения разработанных курсовых тестовых заданий по учету и анализу технического состояния распределительных сетей напряжением 0,38-20 кВ с воздушными линиями электропередачи. В курсовых тестовых заданиях используются современные методики расчетов качественной и количественной оценки технического состояния электрооборудования, компьютерные технологии, эффективный контроль качества обучения каждого студента. Определены и устранены недостатки в методике учёта и анализа технического состояния распределительных сетей напряжением 0,38-20 кВ с воздушными линиями электропередачи. Приведены пояснения относительно практического внедрения курсовых тестовых заданий по учету и анализу технического состояния распределительных сетей напряжением 0,38-20 кВ с воздушными линиями электропередачи в учебный процесс. Сделан вывод, что для обеспечения успешности будущего специалиста студентам в процессе обучения необходимо предоставить возможность самостоятельного выполнения поставленного задания и проверки его результатов с интересом и пониманием возможности практического использования приобретенных навыков, в частности на предприятиях энергетической отрасли.

Ключевые слова: техническое состояние, распределительные сети, курсовые тестовые задания.

Trunova I. M., Moroz O. M. “Experience of developing and implementing course’s test tasks for maintenance of energy equipment”.

Improvement of the academic process of training of specialists for the energy industry through the working out and introduction of course’s test tasks for calculation and analysis of the technical condition of distribution networks with voltage of 0.38-20 kV overhead transmission lines are proposed. Modern calculation methods of qualitative and quantitative assessment of technical condition of electrical equipment, computer technology, and effective control of the education quality of each student are used in the course’s test tasks. Weaknesses in the method of calculation and analysis of the technical condition of distribution networks with voltage of 0.38-20 kV overhead transmission lines identified and eliminated. The explanations on the practical implementation of the course’s test tasks for calculation and analysis of the technical condition of distribution networks with voltage of 0.38-20 kV overhead transmission lines in the learning process are given. It is concluded that to ensure the success of the future specialist, must provide for the students in the learning process the ability to self-perform the assigned tasks with interest and understanding the possibilities of practical use of acquired skills, in particular, at the enterprises of the energy industry

Key words: technical condition, the distribution network, course test tasks.

Постановка проблеми. Для реалізації Програми сталого розвитку ХНТУСГ імені Петра Василенка була прийнята Програма діяльності з підвищення ефективності навчального процесу і якості підготовки фахівців в університеті [1], яка спрямована на забезпечення взаємозв’язку навчального процесу з виробництвом; підготовку за потребами споживачів висококваліфікованих фахівців, конкурентоспроможних на ринку праці; формування особистостей нового покоління – лідерів, здатних сприймати та використовувати у своїй діяльності сучасні досягнення на користь виробництва. Серед завдань цієї програми є модернізація структури, змісту й організації навчання на засадах компетентнісного підходу; інформатизація освіти, вдосконалення бібліотечного та інформаційно-ресурсного її забезпечення; використання ІТ-технологій. Тому розширення тематики електронних підручників, навчальних посібників із розробкою індивідуальних завдань у залежності від конкретних потреб, модернізація навчального процесу шляхом інтенсивного комп’ютерно-мультимедійного його супроводження, запровадження активних форм навчання та контролю якості знань є актуальним завданням.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Курсові завдання з технічної експлуатації енергетичного обладнання, як правило, базуються на розрахунках, що виконують під час ремонту (наприклад, розрахунок обмоток статора асинхронного двигуна, який не має паспортних даних, або розрахунок обмоток однофазного електродвигуна під час перемотування його із трифазного [2]). Поряд із цим, підготовка фахівців енергетичної галузі передбачає набуття студентами навичок із організації та аналізу технічної експлуатації електрообладнання, які повинні базуватися на рекомендаціях чинних нормативних документів, сучасних методиках та комп’ютерних технологіях.

На підприємствах обленерго облік та аналіз технічного стану розподільних мереж напругою 0,38-20 кВ із повітряними лініями електропередачі виконується за рекомендаціями «Методичних вказівок з обліку та аналізу в енергосистемах технічного стану розподільних мереж напругою 0,38—20 кВ із повітряними лініями електропередачі» [3], при цьому можуть використовуватися комп’ютерні програми. Зокрема, в Полтаваобленерго, Запоріжжяобленерго, Львівобленерго та ін. упроваджена автоматизована система керування активами [4], яка має модуль РМ (repair and maintenance - ремонт та обслуговування), де, наприклад, аналітична звітність виконання ремонтної програми має зв’язок з електронними таблицями EXCEL. Ці таблиці зручно використовувати зокрема і для комплексної якісної та кількісної оцінки технічного стану

повітряних ліній напругою 6-20 кВ, трансформаторних підстанцій напругою 6-20/0,4 кВ і повітряних ліній напругою 0,38 кВ. Навичками користування такими програмами та навичками, за необхідності коригування цих програм мають володіти випускники, зокрема інституту енергетики та комп'ютерних технологій.

Аналіз «Методичних вказівок з обліку та аналізу в енергосистемах технічного стану розподільних мереж напругою 0,38—20 кВ із повітряними лініями електропередачі» [3] дозволяє зробити певні зауваження щодо методики розрахунків та виявив необхідність розробки навчального посібника та аналогічного електронного посібника для організації самостійного навчання студентів і наповнення інноваційним змістом навчального матеріалу, проведення контролюючих заходів та підсумкового оцінювання знань. Аналіз наукових доробок щодо курсових завдань як з технічної експлуатації енергетичного обладнання, так і з інших дисциплін, показав, що існуюча практика їх виконання студентами потребує розвитку шляхом поєднання виконання завдання курсової роботи з можливістю її захисту за допомогою відповідних тестових завдань, в яких перевіряються як теоретичні знання, так і практичні навички, які отримані студентом під час виконання курсової роботи.

Постановка завдання. Метою статті є вдосконалення навчального процесу викладання дисциплін «Експлуатація енергетичного обладнання та засобів автоматизації» і «Основи технічної експлуатації та надійність енергетичного обладнання» для напрямів підготовки студентів 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» та 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» шляхом впровадження курсових завдань з технічної експлуатації енергетичного обладнання з наступною тестовою перевіркою отриманих теоретичних та практичних знань та навичок з обліку та аналізу технічного стану розподільних мереж відповідно до вимог сучасних галузевих нормативних документів; навичок користування комп'ютерними програмами для розрахунку коефіцієнтів дефектності та визначення технічного стану розподільних мереж; навичок програмування для коригування, за необхідності, існуючих програм.

Основний матеріал. Аналіз технічного стану енергетичного обладнання базується на обліку наявного обладнання та дефектів, що виникають під час його експлуатації. Відповідно до наказу Мінпаливенерго України № 352 від 01.07.08 «Про затвердження форм звітності Міністерства палива та енергетики України», щорічно електропередавальні організації повинні надавати до Держенергонагляду та Головного інформаційно-обчислювального центру Міністерства енергетики та вугільної промисловості України інформацію за формою 56-енерго, в якій передбачено проведення компаніями якісної та кількісної оцінки технічного стану основних груп об'єктів електричних мереж, а саме: повітряних ліній основних класів напруги (110-150 кВ, 35 кВ, 6-20 кВ і до 1 кВ); підстанцій напругою 110-150 і 35 кВ; трансформаторних підстанцій напругою 6-20 кВ; розподільних пунктів напругою 6-20 кВ. Однак за результатами аналізу звітів, отриманих від електропередавальних організацій про розподіл об'єктів електричних мереж за їх технічним станом і про питому кількість відключень, Держенергонагляд поставив під сумнів достовірність наданих електропередавальними організаціями даних, вказавши, що це є результатом відсутності, зокрема, належного обліку [5]. Тому для підвищення достовірності звітних даних та якісного наступного аналізу технічного стану розподільних мереж необхідні фахівці з відповідними навичками з організації технічної експлуатації енергетичного обладнання, з обробки отриманих даних про дефекти об'єктів розподільних мереж, зокрема з використанням комп'ютерних технологій.

За узагальненими результатами звітів електропередавальних організацій електричні мережі 35-110 кВ перебувають у кращому технічному стані в порівнянні з мережами 0,38-20 кВ, де у незадовільному та непридатному технічному стані знаходяться 13% повітряних ліній та 18,8 % підстанцій [5]. Основним нормативним документом із відповідними рекомендаціями щодо цих мереж є «Методичні вказівки з обліку та аналізу в енергосистемах технічного стану розподільних мереж напругою 0,38—20 кВ з повітряними лініями електропередачі» [3], аналіз яких показав, що допущені деякі неточності в методиці

визначення комплексного якісного технічного стану, наприклад, трансформаторних підстанцій напругою 6-20/0,4 кВ, а саме: не вказані коди дефектів для визначення коефіцієнтів дефектності для комутаційних апаратів РП 0,4 кВ ЩТП, КТП та ЗТП, при наявності яких коефіцієнт дефектності КДКАнн приймається рівним 100, а при відсутності – рівним 0, а саме Н41, Н42*, Н43*, для апаратів захисту – Н45*, для ізоляторів шин та приєднань РП – Н56 тощо. Також не приведена таблиця з довідниковими даними щодо розрахункового об'єму одного елемента опор. Усі ці зауваження були виправлені в розроблених навчальному [6] та електронному [7] посібниках «Практикум з обліку та аналізу технічного стану розподільних мереж напругою 0,38-20 кВ із повітряними лініями електропередачі».

Процес технічної експлуатації розподільних мереж напругою 0,38—20 кВ із повітряними лініями електропередачі передбачає проведення оглядів повітряних ліній напругою 6-20 кВ та 0,38 кВ і трансформаторних підстанцій напругою 6-20/0,4 кВ. При цьому всі дефекти, що були виявлені під час оглядів, мають бути зафіксовані в листках огляду, а потім ця інформація переноситься до журналів дефектів. Процес обліку та аналізу технічного стану розподільних мереж дуже трудомісткий, тому впровадження комп'ютерних технологій дозволив його спростити та підвищити ефективність цих дій, достовірність звітної інформації за формою 56-енерго, що сприятиме підвищенню надійності енергетичного обладнання.

Оскільки розрахунок коефіцієнтів дефектності повітряних ліній напругою 6-20 кВ, трансформаторних підстанцій напругою 6-20/0,4 кВ і повітряних ліній напругою 0,38 кВ базується на переліку характерних дефектів елементів вказаних об'єктів, то на практиці дуже зручним виявилось використання електронних таблиць EXCEL. Тому в розроблених курсових тестових завданнях студентам пропонується за прикладом розробити аналогічну власну програму розрахунку в електронних таблицях EXCEL коефіцієнтів дефектності повітряних ліній напругою 6-20 кВ та 0,38 кВ, і трансформаторних підстанцій напругою 6-20/0,4 кВ. Ці навички можуть бути дуже корисними майбутнім фахівцям при роботі з існуючими програмами внаслідок того, що може виникати необхідність їхнього коригування або розробки нової вдосконаленої програми. Можливості студентів щодо розробки комп'ютерних програм розрахунків базуються на наявності відповідного комп'ютерного забезпечення кафедри електропостачання та енергетичного менеджменту ННІ енергетики та комп'ютерних технологій ХНТУСГ імені Петра Василенка та отриманих знань за попередні роки навчання, коли студентами вивчалися дисципліни: «Теорія інформації», «Комп'ютерна техніка та організація обчислювальних робіт», «Інженерні розрахунки на персональному комп'ютері» тощо. В тексті посібників [6,7] та в файлі електронних таблиць EXCEL, що додається до електронного посібника [7], є необхідні пояснення та приклади для виконання роботи студентів за варіантами завдань, що містять вихідні дані для розрахунків у вигляді таблиці з кодами дефектів на повітряних лініях напругою 10 кВ, трансформаторних підстанціях напругою 10/0,4 кВ та повітряних лініях напругою 0,38 кВ. Крім того у вихідних даних для розрахунку наводяться варіанти довжин та кількість повітряних ліній, типи та кількість трансформаторних підстанцій.

За коефіцієнтами дефектності повітряних ліній та трансформаторних підстанцій визначається їхній технічний стан, тобто виконується комплексна якісна оцінка технічного стану повітряних ліній напругою 6-20 кВ, трансформаторних підстанцій напругою 6-20/0,4 кВ і повітряних ліній напругою 0,38 кВ. При цьому робиться висновок – в доброму, задовільному, незадовільному чи непридатному технічному стані знаходиться повітряна лінія або трансформаторна підстанція та, відповідно, потребує ТО, КР, реконструкції або заміни.

Другим етапом розроблених курсових тестових завдань є кількісна оцінка технічного стану розподільних мереж. Кількісна оцінка технічного стану об'єкта характеризує сумарну кількість його аварійних автоматичних і змушених відключень, яку можна очікувати в наступному році. В обленерго вона визначається за даними переліку дефектів його елементів, складеного станом на 31 грудня звітного року на підставі даних, що були

На рисунку червоним кольором виділені ті клітинки, де необхідно запрограмувати формули розрахунку, які посилаються на дані журналів дефектів (також складаються в електронних таблицях EXCEL за варіантами завдань, де вказані відповідні коди дефектів).

У тексті посібників [6,7] та у файлі електронних таблиць електронного посібника [7] (рисунок 1 – ілюстрація фрагмента цього файлу) наводяться приклади формул, які не завжди достатньо лише скопіювати, тому що необхідно враховувати багато чинників, які впливають на результати розрахунків, але загальну уяву про формули, які студентам треба застосувати, вони надають. На рисунку 1 в тих клітинках, де є результат розрахунку в електронних таблицях EXCEL, що отримують студенти у файлі для виконання завдання, ці формули є і для отримання інформації студентам необхідно лише активізувати відповідну клітинку. В посібниках пояснення щодо формул дається у вигляді, що наведений на рисунку 2. Результат розрахунку перевіряється за основними показниками, наприклад, за середньою кількісною оцінкою для сукупності ПЛ напругою 10 кВ (питоме число ймовірних відключень сукупності ПЛ – *вОПЛс*). На рисунку 3 показаний фрагмент електронних таблиць EXCEL із виділеними клітинками для результату розрахунків, що перевіряється під час тестування.

В		С	Д	Е	Ф	Г	Н	І	
15									
16	Найменування	Всього	Оцінка технічного стану об'єктів				=ЕСЛИ(И(C29>50;C29>50);D29;0)+ ЕСЛИ(И(C30>50;C30>50);D30;0)+ ЕСЛИ(И(C31>50;C31>50);D31;0)+ ЕСЛИ(И(C32>50;C32>50);D32;0)		
17	об'єкта		Добрий	Задовільний	Незадовільний	Непридатний			
18	ПЛ 6—20 кВ, км	12	0	12	0				
19	ТП 6—20/0,38 кВ, шт.	5							
20	щтп	5	4	0	0				
21	кТП1	5	4		0				
22	кТП1п	5	4	0					
23	зтп1	5		0	0	0			
24	ПЛ 0,38 кВ, км	15		0	0				
25									

Рисунок 2

	AH	AI	AJ	AK	AL	AM	AN	AO	AP
85		Кількісна оцінка технічного стану ПЛ напругою 10 кВ							
86									
87									
88		Диспетчерський номер ПЛ 10 кВ	Довжина ПЛ 10 кВ км	$BO_{ПЛ_j}$, відкл/(ПЛ-рік)	$EO_{ПЛ_j}$, відкл/(100 км·рік)				
89									$BO_{ПЛ_j} = \sum_{i=1}^m n_{i,ВЛ_j} \cdot ВД_{i,ПЛ_j}$ $EO_{ПЛ_j} = \frac{BO_{ПЛ_j}}{L_{ПЛ_j}} \cdot 100$
90		1А	12	0	0,0				
91		2В							
92		3С							
93		4D							
94									
95		Середня кількісна оцінка для сукупності ПЛ напругою 10 кВ							
96					$EO_{ПЛ_c}$, відкл/(100 км·рік)				
97									
98									

Рисунок 3

Таким чином, експериментальний досвід упровадження курсових тестових завдань з технічної експлуатації енергетичного обладнання дозволив рекомендувати такий загальний алгоритм написання курсових тестових завдань для інших навчальних дисциплін:

- видача вихідних даних для виконання завдання;
- забезпечення методичними розробками з прикладами виконання поставлених задач;
- забезпечення тестами за варіантами завдань для самостійної перевірки правильності виконання поставленої задачі та успішності засвоєння теоретичного матеріалу;
- захист курсового завдання у тестовій формі за допомогою комп'ютерних програм тестування.

Висновки. Досвід розробки та впровадження курсових тестових завдань з обліку та аналізу технічного стану розподільних мереж напругою 0,38-20 кВ із повітряними лініями електропередачі показав, що для забезпечення успішності майбутнього фахівця студентам у процесі навчання необхідно надати можливість самостійного виконання поставленого завдання та перевірки його результату із зацікавленістю та розумінням можливості практичного використання набутих навичок, зокрема на підприємствах обленерго. При цьому студенти, які отримали таку фахову підготовку, можуть використовувати як комп'ютерні програми, що вже є на підприємствах обленерго, так і вдосконалювати їх, зважаючи на існуючі зауваження щодо «Методики обліку та аналізу в енергосистемах технічного стану розподільних мереж напругою 0,38-20 кВ із повітряними лініями електропередачі» (що враховано в розроблених курсових тестових завданнях) та на необхідність таких дій у разі появи нових методичних розробок та нормативів.

Список використаних джерел

1. Програма діяльності з підвищення ефективності навчального процесу і якості підготовки фахівців в університеті [Електронний ресурс] // Харківський національний технічний університет сільського господарства ім. Петра Василенка. – 2013. – Режим доступу до сайту : <http://khntusg.com.ua/node/891>
2. Дьяков В. И. Типовые расчеты по электрооборудованию : практ. пособие / В. И. Дьяков. – М. : Высш. шк., 1991. – 160 с.
3. Методичні вказівки з обліку та аналізу в енергосистемах технічного стану розподільних мереж напругою 0,38–20 кВ з повітряними лініями електропередачі: СОУ-Н МПЕ 40.1.20.576:2005. – К. : ГРІФРЕ. – 2005. – 67 с.
4. Офіційний сайт ВАТ «Полтаваобленерго». – Режим доступу до сайту : <http://www.poe.pl.ua/index.php?r=presscenter/news&id=106>
5. Офіційний сайт Держенергонагляду. – Режим доступу до сайту : http://2014.ukrenergo.energy.gov.ua/ukrenergo/control/uk/publish/article?art_id=91625&cat_id=35377
6. Трунова І. М. Практикум з обліку та аналізу технічного стану розподільних мереж напругою 0,38-20 кВ з повітряними лініями електропередачі: навч. посіб. для студентів вищих навч. закладів / І. М. Трунова, О. А. Савченко, В. Г. Пазій. – Х. : Фінарт, 2016. – 112 с.
7. Практикум з обліку та аналізу технічного стану розподільних мереж напругою 0,38-20 кВ з повітряними лініями електропередачі [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студентів вищих навч. закладів / І. М. Трунова, О. А. Савченко, В. Г. Пазій. – Електрон. дані (3,8 Мб). – Харків, ХНТУСГ, 2016. – 1 електрон. опт. диск (DVD). – Сист. вимоги: процесор 1 ГГц; привод DVD, ОС: Windows Vista, 7, 8; Adobe Reade, Microsoft Excel, MyTestX.

References

1. Ministerstvo aharnoyi polityky ta prodovolstva Ukrainy, Kharkivskyy natsionalnyy tekhnichnyy universytet silskoho hospodarstva imeni Petra Vasylenka 2013, *Prohrama diyalnosti z pidvyshchennya efektyvnosti navchalnoho protsesu i yakosti pidhotovky fakhivtsiv v universyteti*, viewed 31 January 2016, <<http://khntusg.com.ua/node/891>>.
2. Djakov, VI 1991, *Tipovye raschety po jelektrooborudovaniju*, Vysshaja shkola, Moskva.
3. Ministerstvo palyva ta enerhetyky Ukrainy 2005, *Metodychni vkazivky z obliku ta analizu v enerhosystemakh tekhnichnoho stanu rozpodilnykh merezh napruhoju 0,38–20 kV z povitryanymy linyamy elektroperedachi: SOU-N MPE 40.1.20.576:2005*, HRIFRE, Kyiv.
4. Ofitsiyyny sayt VAT Poltavaoblenerho <<http://www.poe.pl.ua/index.php?r=presscenter/news&id=106>>.
5. Ofitsiyyny sayt Derzhenerhonahlyadu <http://2014.ukrenergo.energy.gov.ua/ukrenergo/control/uk/publish/article?art_id=91625&cat_id=35377>.
6. Trunova, IM, Savchenko, OA & Pazyi, VH 2016, *Praktykum z obliku ta analizu tekhnichnoho stanu rozpodilnykh merezh napruhoju 0,38-20 kV z povitryanymy linyamy elektroperedachi*, Finart, Kharkiv.
7. Trunova, IM, Savchenko, OA & Pazyi, VH 2016, *Praktykum z obliku ta analizu tekhnichnoho stanu rozpodilnykh merezh napruhoju 0,38-20 kV z povitryanymy linyamy elektroperedachi*, Kharkivskyy natsionalnyy tekhnichnyy universytet silskoho hospodarstva imeni Petra Vasylenka, Kharkiv.

Стаття надійшла до редакції 20.10.2015р.