

МЕТОДИ ПРОГНОЗУВАННЯ ЕЛЕКТРОСПОЖИВАННЯ ТЯГОВИМИ ПІДСТАНЦІЯМИ ЗАЛІЗНИЦІ

Abstract. Found that short-term and operational forecasts power consumption are the most important for railway transport. The analysis and classification existing methods of forecasting power consumption are performed. Methods of simulation modeling using the technology of artificial neural networks are recommended to apply at the automated forecasting system.

Актуальність

На сьогоднішній день залізниці закупають електроенергію для власних потреб та для постачання своїм абонентам у різних типів постачальників за регульованим та за нерегульованим тарифами [1]. При наявності сучасної автоматизованої системи комерційного обліку електричної енергії (АСКОЕ) залізниця повністю контролює весь процес енергоспоживання і має можливість за погодженням з постачальниками енергоресурсів гнучко переходити до різних тарифних систем, мінімізуючи свої енерговитрати [2].

Малі темпи будівництва нових електрифікованих ліній та зростання вартості електроенергії збільшують актуальність проблеми мінімізації витрат на її придбання.

Перспективним напрямком щодо мінімізації затрат на закупівлю електроенергії є автоматизація процесу прогнозування споживання електроенергії на тягових підстанціях. Залізниці мають потребу в точному прогнозі необхідної кількості електроенергії. У випадку, якщо залізниця замовить менший обсяг, ніж їй знадобиться, нестачу вона купуватиме за значно більшими цінами. А у випадку якщо буде спожито менше, ніж замовлено, надлишок доведеться реалізувати за суттєво меншими цінами, ніж вона була придбана. Остаточна ціна для залізниці як споживача таким чином залежить від точності прогнозу споживання.

Розроблені раніше технології прогнозування були орієнтовані в основному на стаціонарні умови і використання питомих норм витрат. Сучасні умови функціонування залізниці характеризуються нестабільністю економічних процесів, що вимагає вдосконалення методів прогнозування [3].

На сьогоднішній день налічується велика кількість методів прогнозування [4-7]. Вибір ефективного методу для конкретного випадку має велике значення для точності прогнозування. Аналіз існуючих методів прогнозування не лише визначить переваги їх застосування, а й саму доцільність автоматизації цього процесу.

Вивчення останніх наукових праць і публікацій показало, що розробка методів і алгоритмів, що дозволяють підвищити достовірність прогнозування потреб електроенергії для тягових підстанцій залізниць та автоматизація цього процесу є актуальним завданням [1-3,7-9].

Мета роботи

Метою роботи є визначення актуальних термінів, на які здійснюватиметься прогноз тягового електроспоживання, класифікація та аналіз існуючих методів прогнозування щодо перспективи їхнього вжитку в автоматизованій системі прогнозування потреб електроенергії для тягових підстанцій.

Основна частина

Інформаційні системи знаходять все більше застосування в задачах ефективного використання електроенергії на залізничному транспорті. Застосування АСКОЕ дає можливість скористатися диференційованими тарифами (ДТ) на оплату електроенергії і спланувати виробництво таким чином, щоб максимально перевести енергоємні операції на час дії пільгових тарифів. Прогнозування тягового електроспоживання дозволяє не лише оцінити ефективність застосування ДТ оплати електроенергії, а й підвищити її. За цих умов об'єктивно зростає необхідність у підвищенні наукового підходу до побудови АСКОЕ [2] та автоматизації прогнозування електроспоживання тяговими підстанціями залізниці.

За періодом (проміжком часу) прогнозування поділяють на оперативне (до 1 місяця), короткострокове (до 1 року), середньострокове (до 3 – 5 років) та довгострокове (від 5 років) [4, 5]. Важливе значення для роботи з організації закупівлі електроенергії залізницею має точність прогнозування її споживання за годину, добу, місяць, так як заявка на місячний обсяг закупівлі складається до 20 числа місяця, що передує місяцю закупівлі. Від точності прогнозування залежить величина місячного платежу, а також точність розрахунку погодинних оптових тарифів [8]. За цих умов для прогнозування електроспоживання залізниці найбільшу роль відіграють оперативне та короткострокове прогнозування.

До чинників, що впливають на значення показників споживання електроенергії тяговими підстанціями відносять потужність енергосистеми, відстань між тяговими підстанціями, величину міжпоїздного інтервалу та інтенсивність експлуатації електрифікованої ділянки, перехідний опір між рейками та землею, схему живлення, вагу поїздів, кліматичні умови, тип тягового електропостачання. Фактори можна розділити на змінні з часом (вага поїзда, кліматичні умови, величина міжпоїздного інтервалу, інтенсивність експлуатації електрифікованої ділянки) та постійні (відстань між тяговими підстанціями, тип тягового електропостачання), що в свою чергу необхідно враховувати при прогнозуванні.

В Україні від тягових підстанцій живиться не лише рухомий склад, а й об'єкти інфраструктури залізниці та населення. Велика кількість факторів впливу, в тому числі й значна частка нетягових споживачів ускладнює

прогнозування і робить його практично неможливим без застосування сучасних інформаційно-обчислювальних систем.

Для оцінки електроспоживання необхідний збір, обробка та зберігання статистичної інформації. На сьогоднішній день в Україні кожна магістраль має автоматизовану систему комерційного обліку електричної енергії (АСКОЕ). Всього нараховується понад 5 тис. лічильників, за якими залізниці купують електроенергію на оптовому ринку електроенергії (ОРЕ), а це дозволяє контролювати в автоматичному режимі 98 % обсягу закупівлі електроенергії з ОРЕ електроенергії в цілому по Укрзалізниці. Зважаючи на це, можна стверджувати, що для вирішення завдання оцінки електроспоживання тяговими підстанціями існує готова технічна база.

Сотні методів прогнозування, що існують сьогодні, основані на застосуванні базових процедур, які в цих методах повторюються, тому на практиці застосовують лише близько двох десятків методів. Для полегшення аналізу серед чисельних методів прогнозування слід виділити основні їх типи та розробити класифікацію.

Методи прогнозування умовно поділяють на дві групи. До однієї групи відносять евристичні методи, засновані на інтуїції, ерудиції і досвіді, тобто суб'єктивних якостях експерта. Іншу групу утворюють формалізовані методи, засновані на логічному аналізі моделі процесу. Результати можуть бути виражені математичними і графічними моделями, матрицями та мережами. Значне число методів у тій чи іншій мірі об'єднують елементи обох груп [6].

Евристичні методи прогнозування – це методи ухвалення рішень, що використовують досвід та інтуїцію фахівців у вирішенні аналогічних проблем. Розрізняють дві групи евристичних методів прогнозування: інтуїтивні, основані на особистій ерудиції, досвіді експерта та аналітичні, засновані на логічному аналізі моделі процесу розвитку об'єкта прогнозування.

Після опису об'єкта прогнозу евристичні методи прогнозування виконуються в три етапи: формування експертних груп, збір думок експертів і статистична обробка результатів.

Евристичні методи прогнозування застосовують при прогнозі нових систем, коли ще немає достатньої кількості статистичної інформації, або не допустимо формалізувати прогноз у вигляді математичних моделей. Найбільш ефективні вони при прогнозуванні виробничих і технологічних систем, нових конструктивних рішень.

Однак вони суб'єктивні, а отже доцільні до застосування лише за наявності експертів, добре знайомих із прогнозованою ситуацією. Крім того, при прогнозуванні характеристик складних технічних об'єктів, таких як системи тягового електроснабження, методи евристичного прогнозування стають досить складними і трудомісткими. Для таких завдань ефективнішою є група математичних методів прогнозування із застосуванням сучасних технологій автоматизації. До них належать групи методів екстраполяції та імітаційного моделювання.

Методи екстраполяції – це методи прогнозування, що полягають у поширенні тенденцій, встановлених у минулому, на майбутній період. Методи екстраполяції полягають у визначенні того, які значення буде приймати змінна величина, якщо відомий ряд її значень у минулі моменти часу.

У загальному вигляді екстраполяція являє собою певне значення функції $x = f(x_0, l, \alpha)$, де x – прогнозоване значення рівня ряду динаміки; l – період упередження; x_0 – рівень ряду, прийнятий за базу екстраполяції; α – параметри рівняння тренду.

Залежно від математичного апарату методи екстраполяції умовно ділять на групи методів аналітичного прогнозування; статистичної класифікації та імовірнісного прогнозування.

До загальних недоліків методів аналітичного прогнозування слід віднести великий обсяг обчислювальних процедур при визначенні прогнозних значень параметрів та неточність результатів при неправильно обраній моделі. Крім того, доводиться враховувати неточності початкових даних, отриманих у період спостереження.

Методи прогнозування на основі статистичної класифікації вимагають обов'язкову наявність апріорної інформації, на основі якої і здійснюється встановлення екстраполяційних зв'язків, тобто необхідна вибірка даних по об'єкту одного типу з об'єктом, показники якого необхідно прогнозувати, що є недоліком даних методів.

Необхідність імовірнісного прогнозування визначається сильним впливом зовнішніх і внутрішніх факторів, що мають випадковий характер. До загальних недоліків імовірнісних методів прогнозування слід віднести необхідність наявності великого обсягу статистичних даних про процеси зміни параметрів і неможливість прогнозу різких змін на ділянці прогнозування.

Методи екстраполяції використовують в умовах відносно стабільної динаміки прогнозованих показників або за наявності сезонних чи циклічних коливань з чітко вираженою тенденцією змін. Використання цих методів є недоцільним, у випадках коли минулі періоди характеризується значною нестабільністю і їх екстраполяція на майбутні періоди є неможливою.

Надійність і точність прогнозу при застосуванні методів екстраполяції залежать від точності опису закономірності в минулому, а також від умов, що стан явища в цілому описується плавною кривою, а загальна тенденція розвитку явища в минулому і сьогодні не зазнає серйозних змін у майбутньому.

Переваги методу екстраполяції для прогнозування тягового електроспоживання обумовлені тим, що необхідні дані для аналізу можна отримати від АСКОЕ. Екстраполяцію як спосіб прогнозування у галузі, де має місце значна частка нелінійних факторів впливу здійснювати складно. Оскільки модель прогнозу повинна бути стійкою до помилок у вихідних

даних, а також до відсутності частини даних, методи екстраполяції для прогнозування електроспоживання тягових підстанцій у деяких випадках можуть давати незадовільні результати [10].

За конкретних умов методи екстраполяції здатні дати хороший результат. Проте проблема автоматизації прогнозування полягає в тому, що при зміні умов, виникає необхідність суттєвого переналагоджування або навіть повної зміни підходів до прогнозування. Для ефективного розпізнавання моменту зміни умов необхідна людина - експерт. Для автоматизації і цього процесу необхідно навчитися формально описувати класи навколишнього оточення і потім вирішувати завдання класифікації для прийняття рішення про переналагоджування або заміну моделі прогнозу відповідно до класу нових обставин. Вирішення такого завдання можливе завдяки імітаційному моделюванню, до якого відносяться методи із застосуванням технологій штучного інтелекту.

Імітаційне моделювання – форма проведення прогнозування, шляхом створення моделі, яка описуватиме закономірності функціонування реальних систем.

Модель описується у вигляді алгоритму, в якому задаються початкові значення параметрів, що відповідають початковому моменту часу і визначаються найважливіші елементи та зв'язки в системі. Всі наступні зміни в системі, які відбуваються за законом причин і наслідків, обчислюються при виконанні даного алгоритму засобами логічної обробки. Під час імітаційного експерименту комп'ютер імітує режими роботи системи та обчислює характеристики властивостей, які проявляються системою. За допомогою найпростіших інструментів методу можливо прорахувати ймовірність певного результату при врахуванні дії одразу декількох факторів. Оперативність і простота імітаційного моделювання дозволяє варіювати величезною кількістю ситуацій при безлічі комбінацій початкових умов [11].

Імітаційну модель можна представити у вигляді функціональних блоків. Моделювання проводять етапами [12]:

1. Виявлення залежності між вихідними і вхідними величинами.
2. Встановлення законів розподілу значень для ключових параметрів моделі.
3. Реалізація комп'ютерної імітації значень ключових параметрів моделі.
4. Обчислення основних характеристик.
5. Аналіз результатів і ухвалення рішень.

Основними методами імітаційного моделювання є: аналітичний, метод статичного моделювання і комбінований (аналітико-статистичний). Аналітичний метод здебільшого використовується при відсутності чинника випадковості для імітації процесів невеликих і простих систем, тому він не доцільний для прогнозування тягового електроспоживання. Метод статистичного моделювання – це чисельний метод, який спочатку розвивався як метод статистичних випробувань (Монте-Карло) і полягає в здобутті оцінок імовірнісних характеристик. Цей метод застосовують для імітації

процесів в системах, усередині яких є джерело випадковості або які здатні до випадкових дій. Комбінований метод використовують для створення моделі з різних модулів. Це набір статистичних та аналітичних моделей, які взаємодіють як єдине ціле.

Одним із варіантів комп'ютерної моделі, яка імітуватиме прогнозовану систему є штучна нейронна мережа (ШНМ).

ШНМ являє собою сукупність нейронів, пов'язаних між собою. Нейрон – це елементарний перетворювальний елемент, що має безліч входів, на які поступають сигнали, блок, що підсумовує, блок перетворення сигналу за допомогою активаційної функції і один вихід. Особливістю ШНМ є те, що вони не програмуються як це прийнято, а навчаються за допомогою навчальної вибірки. Навчання полягає в знаходженні коефіцієнтів зв'язків між нейронами. Нейронна мережа спроможна знаходити залежності між вхідними даними і вихідними та виконувати узагальнення. Тобто, у випадку вдалого навчання мережа зможе повернути правильний результат на основі відсутніх в навчальній вибірці даних, а також неповних чи частково недостовірних даних. Можливість навчання – це ще одна перевага нейронних мереж, адже в процесі експлуатації модель, основана на технологіях ШНМ з часом видаватиме точніші результати прогнозування. Достовірність прогнозування за допомогою ШНМ значно вища, ніж у прогнозів, здійснених іншими методами, зокрема статистичними [7].

На підставі вивчення робіт [7,9,11-15] можна зробити висновок, що застосування ШНМ для прогнозування в різних галузях має перспективно вищі показники точності, порівняно з іншими методами. В окремих випадках вони дають можливість отримання результатів, які не можливо було б отримати при використанні класичних математичних та статистичних методів. Підхід до прогнозування із залученням технології нейронних мереж має незаперечні переваги [13, 16]:

- ШНМ дають змогу вирішувати задачі при відсутності апріорних знань про масив даних, закономірності розвитку ситуацій та залежності між змінними, вхідними та вихідними даними;
- ШНМ спроможні на точні прогнози при наявності неінформативних, пропущених даних та здатні прогнозувати значення втрачених даних;
- властивістю ШНМ є адаптація до зовнішніх змін, тобто до появи нової інформації, а також можливість виділяти та класифікувати нові змінні, що не зустрічалися в навчальній вибірці;
- завдяки паралельній обробці даних ШНМ володіють потенційною швидкістю.

Реалізація нейромережевого моделювання має певні недоліки:

- для ефективної роботи ШНМ необхідні комп'ютери, здатні до паралельних обчислювань;
- для побудови ШНМ необхідне застосування спеціалізованого програмного забезпечення;

- користувач не може дізнатися яким чином ШНМ прийшла до отриманих результатів прогнозу;

- для реалізації алгоритму навчання ШНМ потребують час пропорційний кількості змінних, що включаються до аналізу.

Зважаючи на переваги нейромережевого моделювання над іншими методами прогнозування, несуттєві недоліки, пов'язані здебільшого з реалізацією ШНМ, а також особливості прогнозування тягового електроспоживання, для ефективного вирішення задачі автоматизації такого прогнозування, рекомендується використовувати моделювання на основі ШНМ.

Висновки

1. Виявлено, що короткострокові й оперативні прогнози споживання електроенергії є найбільш значущими для залізничного транспорту.

2. Запропоновано класифікацію існуючих методів прогнозування електроспоживання, проведено їх аналіз, який показав, що автоматизація прогнозування необхідного об'єму електроенергії для залізниці є доцільною; методи імітаційного моделювання з використанням технології штучних нейронних мереж мають найвищу точність та ряд переваг над іншими методами для їхнього застосування в системах електропостачання залізниці.

1. *Максимець С. М.* Діяльність залізниць як учасників оптового ринку електроенергії України / *Максимець С. М., Лагута А. Л.*; Електрифікація транспорту. 2011. № 2. – С. 54-58.

2. *Проскурняк К. І.* Дослідження методів синтезу комп'ютерних систем обліку електроенергії за диференційованим тарифам залізниці // Збірник тез науково-практичної конференції «Розвиток науки і техніки на залізничному транспорті». – К.: ДЕДУТ, 2014. – С. 67-69.

3. *Лернер А. Я.* Начала кибернетики. М.:1967. – 400 с.

4. *Четьркин Е. М.* Статистические методы прогнозирования // М.: Статистика, 1977. – 200 с.

5. *Дзоз В. О.* Класифікація прогнозів та їх реалізація в гуманітарній політиці держави // 2005.

6. *Шабалина Л. Г.* Эвристические методы в прогнозировании экономических ситуаций / Бузулук: Бузулукский гуманитарно-технологический институт (филиал) ОГУ.

7. *Манусов В. З.* Краткосрочное прогнозирование электрической нагрузки на основе нечеткой нейронной сети и ее сравнение с другими методами // *Манусов В. З., Бирюков Е. В.*; Известия Томского политехнического университета. 2006. № 6. – С. 153-158.

8. *Омельяненко В. І.* Автоматизована система прогнозування споживання електроенергії на залізницях / *Омельяненко В. І., Омельяненко Г. В., Чудний Ю. П.*; Світлотехніка та електроенергетика. 2009. №2. – С. 9-13.

9. *Dharmendra Kumar Mishra* Efficient algorithms for load forecasting in electric power system using artificial neural network / *Dharmendra Kumar Mishra, A. K. D. Dwivedi, S. P. Tripathi*; International Journal of Latest Research in Science and Technology. – 2012. – P. 254-258.

10. *Розенблатт Ф.* Принципы нейродинамики: перцептроны и теория механизмов мозга // М.: Мир, 1965. – 480 с.
11. *Батьківщина Л. А.* Імітаційне моделювання в контексті управлінського прогнозування / Омський державний університет
12. *Братушка С. М.* Імітаційне моделювання як інструмент дослідження складних економічних систем / ДВНЗ «Українська академія банківської справи Національного банку України», 2009.
13. *Шаповалова О. О.* Використання нейромережових технологій для прогнозування валютного курсу / *Шаповалова О. О., Старкова О. В., Гнучих Л. А.*; Харківський національний університет будівництва та архітектури.
14. *Wen-Yeau Chang* Short-Term Wind Power Forecasting Using the Enhanced Particle Swarm Optimization Based Hybrid Method // *Energies* №6. – New Taipei City: St. John's University, 2013. – P. 4879-4896.
15. *J. P. S. Catalzo* An artificial neural network approach for short-term electricity prices forecasting / *J. P. S. Catalzo, S. J. P. S. Mariano, V. M. F. Mendes, L. A. F. M. Ferreira* // *Engineering Intelligent Systems*. 2007. – P. 15-23.
16. *Кислова О. М.* Можливості застосування штучних нейронних мереж в аналізі соціологічної інформації / *Кислова О. М., Бондаренко К. Б.*; Вісник Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна. 2010. № 891. – С. 78-82.

Поступила 22.10.2015р.

УДК 004.056:004.75

М.Р.Шабан, М.П.Марковская, А.Г.Кислов, А.С.Потенко, г. Киев

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СОМ–ТЕХНОЛОГИИ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ЭКСПЕРТИЗЫ НА СООТВЕТСВИЕ ТРЕБОВАНИЕМ НД ТЗИ

Abstract. COM objects can be created with a variety of programming languages. Object-oriented languages, such as C++, provide programming mechanisms that simplify the implementation of COM objects. The family of COM technologies includes COM+, Distributed COM (DCOM) and ActiveX® Controls.

Опыт проведения государственных экспертиз на соответствие требованиям НД ТЗИ позволяет выделить этап работы экспертов по анализу входных документов и формированию на их основе экспертного заключения и сопутствующих ему документов. Актуальной является задача хотя бы частичной автоматизации этого процесса и построения системы поддержки принятия решений при проведении экспертизы на соответствие требованиям НД ТЗИ. Рассмотрим технологию работы с документами представленными в формате Microsoft Word.

Документ Microsoft Word представляет собой специализированное СОМ-ориентированное хранилище данных - структурированное хранилище