

УДК. 620.9

Мельник Д.О., магістр кафедри електропостачання
Науковий керівник ктн. доц. Калінчик В.П.

АНАЛІЗ СТАТИСТИЧНИХ МЕТОДІВ ПРОГНОЗУВАННЯ ДЛЯ ПЛАНУВАННЯ ЕЛЕКТРОСПОЖИВАННЯ ПРОМИСЛОВИМИ ПІДПРИЄМСТВАМИ

Анотація: В темі проаналізовано основні статистичні методи прогнозування електроспоживання промисловими підприємствами. Вплив ринку електричної енергії на точність прогнозу, регулюються штрафами за негативний або позитивний небаланс. Промислові споживачі являються суб'єктами ринку, які значною мірою впливають на енергетичну систему в цілому.

Abstract: The main statistical methods of forecasting electric load by industrial enterprises are analyzed in the topic. The impact of the electricity market on the accuracy of the forecast is governed by penalties for negative or positive imbalances. Industrial consumers are market players that significantly affect the energy system as a whole.

Ключові слова: статистичні методи, прогнозування, планування, електроспоживання.

Вступ: В даній темі освітлюються питання прогнозування об'ємів електроспоживання для цілей виконання купівлі на ринку електричної енергії. Розглянуті основні умови які діють на суб'єктів ринку електричної енергії в процесі функціонування, продемонстрована їх класифікація. Запропонована удосконалена модель прогнозування електроспоживання, яка засновується на урахуванні не тільки факторів для визначення потреби в електричній енергії, але й факторів, які враховують тенденції ринку.

Мета та завдання: Дослідити основні статистичні методи прогнозування електричної енергії для промислових підприємств та провести порівняння методів прогнозування.

Матеріал і результати досліджень. Для галузі електроенергетики питання прогнозування завжди було і залишається пріоритетним. Предметом торгівлі на організованих сегментах ринку являється прогнозоване значення електроспоживання для об'єктів з різними обсягами споживання від не значних (наприклад енергетичний вузол) та вагомих (підприємства які функціонують в великих енергетичних районах, електроспоживання області чи міста та енергосистемою в цілому). Прогнозування електроспоживання розраховується на різні часові діапазони з різною інтервальною дискретністю. Необхідність в якісному прогнозуванні обумовлена технологічними і економічними причинами.

Технологічні причини пов'язані з ключовою роллю прогнозування в процесах планування балансів електроенергії та потужності енергосистеми загалом, визначенні режимних параметрів і техніко економічних показників енергоємних об'єктів і розрахунку електричних навантажень в енерговузлах та перетинах (транс-регіональні перетоки) [1]. Прогнозування майбутніх показників електроспоживання дозволяє досягти самого головного принципу формування надійної та ефективної роботи об'єднаної енергетичної системи, та безперебійне забезпечення точного системного балансу процесів виробництва та споживання електричної енергії з-за умов одночасності та миттєвості електричних процесів. Баланс виробництва і споживання електроенергії в основному залежить від стійкості роботи енергосистеми, він визначає системну надійність та безперебійність функціонування системи. У разі порушень умови балансу, насамперед погіршується якість електроенергії (зміна параметрів частоти й напруги мережі від 5-10%), що в свою чергу знижує ефективність роботи електричного обладнання кінцевих споживачів [1].

Існує досить велика кількість економічних причин, що обумовлюють необхідність якісного прогнозування. Точні розрахунки забезпечують оптимальний розподіл навантаження

між електростанціями енергосистеми і підвищують якість електричної енергії. За допомогою прогнозування та планування обсягів споживання електроенергії для великих споживачів дозволяє контролювати ціну купівлі електроенергії, регулюючи навантаженням споживачів за допомогою управління виробничими процесами та переносяться основні обсяги споживання електроенергії в години в діапазон з найменшими ринковими цінами, тим самим знижуючи собівартість виробництва та об'єм платежів енергопостачальним організаціям.

Особливої актуальності задача прогнозування отримала після виникнення в Україні лібералізованого ринку електроенергії, правила якого передбачають необхідність точного прогнозування обсягів електроенергії з метою здійснення її покупки на роздрібному ринку. Всі розрахунки на ринку електричної енергії виробляються з погодинною та поденною, місячною дискретністю, а це означає, що всі учасники ринку повинні виконувати прогнози електроспоживання з такою ж дискретністю на кілька діб, місяців вперед. Похибки та відхилення в прогнозних значеннях електроспоживання дорого коштують для всієї енергосистеми: вони знижують якість управління електропостачанням і погіршують економічність її складних режимів. За відхилення фактичних по часових показників від прогнозних на учасників накладаються штрафні санкції та вихід на балансуючий ринок, що збільшує вартість купленої електричної енергії. Це пов'язано з особливістю електроенергії як товару.

Методом прогнозування називається спосіб вивчення об'єкта прогнозування, який спрямований на створення прогнозу.

Щоб визначити відповідний метод прогнозування для побудови на ньому прогнозної моделі електроспоживання виробничим підприємством, класифікують сучасні методи прогнозування. таким чином (рис. 1):



Рисунок 1. Загальна класифікація методів прогнозування.

Всі методи поділяють на дві групи - інтуїтивні та формалізовані, за загальним принципом дії. Перша група «інтуїтивних методів» застосовується тоді, коли об'єкт прогнозування або занадто простий, або занадто складний і аналітично врахувати вплив факторів практично неможливо. Друга група, це аналітичні або формалізовані методи прогнозування, завдяки яким і здійснюються прогнозування електричного навантаження.

В розгляді прогнозування електроспоживання, дані можна віднести до часових рядів, де часовий ряд - це послідовність значень будь-якої величини в різні моменти часу.

Далі наведемо аналіз основних статистичних методів прогнозування часових рядів.

Прогнозна екстраполяція. Найпростіший і найпоширеніший метод - прогнозна екстраполяція. При створенні прогнозів за допомогою прогнозної екстраполяції відбирають статистичні зміни тих чи інших кількісних характеристик досліджуваного об'єкта та

складаються тенденції. При використанні прогнозної екстраполяції необхідно мати інформацію про історичні дані об'єкта за період, в 2-3 рази більше терміну прогнозування.

Метод екстраполяції, можливо, використовувати при короткостроковому прогнозуванні. До методів екстраполяції відносяться такі методи: метод найменших квадратів та його різновиди, метод ковзної середньої, метод експоненціального згладжування.

Метод найменших квадратів заснований на мінімізації суми квадратичних відхилень між фактичними і розрахунковими значеннями. Ідея цього методу полягає в усередненні значень, як загального впливу, так і поодинокого впливу врахованих значень. До плюсів методу, можна віднести простоту реалізації прогнозної моделі; та можливість здійснення прогнозування з мінімальним набором вхідних параметрів. До мінусів методу відносять неможливість обліку множинних параметрів впливають на електроспоживання промислових підприємств (жорстка фіксація моделі тренду), які не дозволяють врахувати короткострокову тенденцію електроспоживання, яка пов'язана зі змінами попиту на ринку, також впливає в свою чергу на обсяги випущеної продукції підприємством.

Метод прогнозування з використанням екстраполяції застосовується для прогнозування електроспоживання об'єктів з досить стабільними регулярними змінами величини електроспоживання на довгостроковій перспективі.

Регресійна модель. У загальному вигляді регресійну модель, що спирається на чинники, які залежать від спостережуваного ряду, можна віднести до причинно-наслідкової групи моделей, але існують варіації, що використовують тільки минулі значення ряду. При побудові рівнянь множинної регресії основним етапом є відбір найбільш істотних факторів, що впливають на результуючу ознаку.

Прогнозна модель в свою чергу, обмежується лінійною регресією:

$$y_i = \beta_0 + \beta_1 \cdot x_1 + \beta_2 \cdot x_2 + \dots + \beta_i \cdot x_i + \varepsilon$$

де y_i – результат моделі; $x_2, \dots, x_i$ – істотні фактори; $\beta_1, \dots, \beta_i$ – коефіцієнти регресії; β_0 – вільний член регресії; ε – помилка моделі.

Методи регресії зазвичай використовуються для моделювання взаємозв'язків електроспоживання з іншими факторами, такими як погодні фактори (температура, вологість, швидкість і напрям вітру і ін.), тип дня і клас споживачів.

Авторегресійна модель. Авторегресійні моделі охоплюють досить широкий спектр часових рядів, а невеликі модифікації цих моделей дозволяють досить точно описувати і тимчасові ряди з сезонністю, до яких можна віднести і електроспоживання промислового підприємства[1].

Модель $AR(p)$ порядку p має такий вигляд:

$$AR(p) = c + \sum_{i=1}^p b_i \cdot x_i + \varepsilon_i$$

де c – стала величина; b_i – параметри моделі; ε_i – помилки. Передбачається, що помилки незалежні та нормально розподілені.

Дана модель краще адаптується до зміни показників і сезонності ряду, ніж модель змінного середнього, але як основа для прогнозу та рідко використовується на практиці.

Штучні нейронні мережі. Штучні нейронні мережі є сучасною технологією, які використовуються в безлічі дисциплін: статистиці, нейрофізіології, комп'ютерних науках, математиці, фізиці. технологію використання нейронних мереж застосовують у різноманітних галузях, наприклад, розпізнавання образів, моделювання, в аналізі часових рядів, обробці сигналів і управлінні. Це можливо завдяки важливим властивостям нейронних мереж – здатності самонавчатися, використовуючи наявні дані, навчання може проводити вчитель або навчання може проходити без його втручання.

Штучні нейронні мережі мають такі переваги при використанні їх для побудови прогнозних моделей [2, 3]:

- не лінійність - можливість встановлювати складні нелінійні залежності для мости досліджуваного об'єкта від вхідних параметрів, це забезпечує меншу помилку прогнозу, щодо інших методів;
- самонавчання - здатність мережі навчатися на наданих результативних даних, самостійно визначати значимість кожного досліджуваного фактору, оцінювати його вплив на кінцеву величину досліджуваного об'єктивним;
- адаптивність - при надходженні свіжих даних мережу можна навчити додатково, завдяки цьому є можливість гнучкого підстроювання під змінилися умови роботи на підприємстві;
- висока похибка-захищеність - в разі відсутності деякої частини даних погіршується прогноз, але це відбувається в набагато меншою мірою, ніж при використанні інших методів прогнозування.

До недоліків штучних нейронних мереж потрібно віднести, складність вибору числа прихованих шарів і визначенні кількості нейронів в шарі; складність при виборі необхідної швидкості (епох) навчання; можливий ефект «перенавчання» при навчанні нейронної мережі.

В роботі проводилось дослідження прогнозування методом лінійної регресії та штучною нейронною мережею. Результати дослідження представлені на рис. 2.

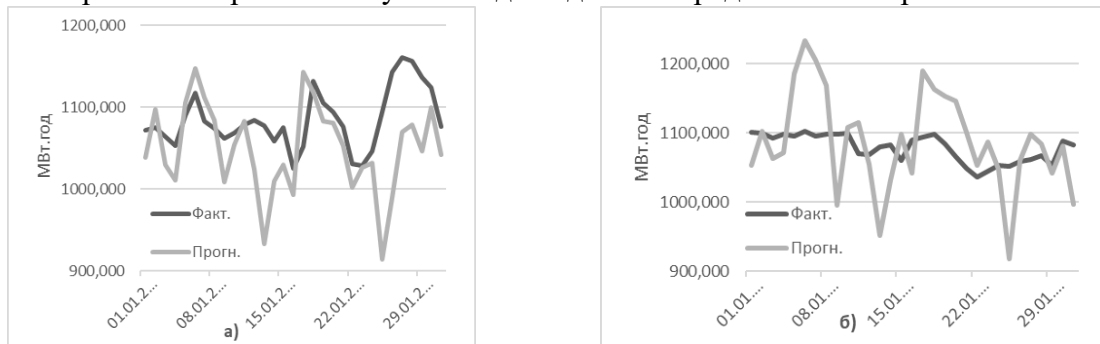


Рисунок 2 – Результати прогнозування а) штучна нейронна мережа б) лінійна регресія

Оцінка точності моделей проводилась відносно середній відсотковій помилки прогнозування моделі. Отже, при моделюванні прогнозних значень електроспоживання промислового споживача, помилка регресійної моделі склала 12,6% а моделі побудованої на штучній нейронній мережі – 3,37%. Тобто, прогноз з допомогою другої моделі в 4 рази точніше, порівняні з першою.

Процес прогнозування електроспоживання зачіпає абсолютно всіх учасників обігу електричної енергії країни.

Якість прогнозу безпосередньо впливає на величину кінцевих цін на електричну енергію, що в умовах постійного зростання електроспоживання та низхідної динаміки підвищення тарифів є дуже важливим.

Від якості прогнозування на рівні підприємств залежить величина собівартості їх продукції, а отже, і показники ефективності їх роботи. Ефективність роботи підприємств на пряму впливає на макроекономічні показники такі, як ВВП і енергоємність ВВП, електроємності ВВП та інших пов'язаних індикаторів на рівні країни в цілому. Таким чином, прогнозування електроспоживання є ефективним інструментом

Висновок Огляд сучасних методів прогнозування навантажень в мережах дозволяє зробити наступний висновок, що одного універсального методу, який буде відповідати усім вимогам, не існує. Кожен підхід і метод має свої переваги, недоліки, межі використання.

В загальному модель побудована на базі штучної нейронної мережі більш точна, ніж модель лінійної регресії при прогнозуванні майбутніх значень на наступний місяць, як

продемонструвало дослідження.

Таким чином, для ефективного вирішення задач прогнозування навантажень в електричних мережах необхідно використовувати комбінації методів як інтуїтивних, так і формалізованих

Список використаних джерел:

1. Особливості короткострокового прогнозування електричного навантаження енергосистеми із суттєвою складовою промислового електроспоживання / П. О. Черненко, О. В. Мартинюк, В. О. Мірошник // Праці Інституту електродинаміки Національної академії наук України. - 2016. - Вип. 43. - С. 24-31.
2. Чернецов В.І. Прогнозування споживання електричної енергії з використанням нейронних мереж / В.І. Чернецов, Е.Н. Казаковский // Надійність и якість: Міжнаціон. сб. наук. р. – 2006. – Т. 1. – С. 199-201.
3. Anbazhagan S., Kumarappan N. Day-ahead deregulated electricity market price forecasting using neural network input featured by DCT // Energy Conversion and Management. – Vol.78. – 2014. – pp. 711-719
4. Иващенко В.А. Автоматизированное управление электропотреблением промышленных предприятий: концепция и основные задачи/ В.А. Иващенко, А.Ф. Резчиков // Мехатроника, автоматизация, управление. - 2006. №3. С. 52-56