

персоналу автоматизованою системою навчання / В. П. Кідиба, Я. Д. Пришляк // Вісник Нац. ун-ту "Львівська політехніка". – 2009. – № 654: Електроенергетичні та електромеханічні системи. – С. 93–96. 6. Баран П. М. Комп'ютерний симулятор управління електричною частиною енергоблока ТЕС / П. М. Баран, В. П. Кідиба, Я. Д. Пришляк, М. І. Дембіцький // Вісник Нац. ун-ту "Львівська політехніка". – 2015. – № 734 : Електроенергетичні та електромеханічні системи. – С. 34–36.

УДК 621.311.2

Н. Б. Дьяченко, Б. І. Дурняк

Національний університет "Львівська політехніка",
кафедра електричних систем та мереж

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ПОХИБОК КВАНТУВАННЯ ТЕЛЕІНФОРМАЦІЇ НА РЕЗУЛЬТАТИ НЕЙРОМАТЕМАТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ

© Дьяченко Н. Б., Дурняк Б. І., 2016

Подано комп'ютерні експериментальні дослідження впливу похибок квантування телеінформації на результати нейроматематичного моделювання.

Ключові слова: *нейроматематичне моделювання, похибки квантування.*

Computer experimental investigations of measurement quantization imprecision influence on neuromathematic modeling results are represented.

Key words: *neuromathematic modeling, quantization imprecision*

Постановка проблеми

У сучасних умовах важливим є забезпечення ефективності процесу розподілу та постачання електричної енергії, де основним критерієм є зменшення собівартості цього процесу за умови дотримання необхідних показників надійності та якості електричних мереж. Цього можна досягнути лише за умов ефективного оперативного керування режимами електричних мереж.

Очевидно, що оперативне керування ґрунтується на розв'язанні задач оперативного аналізу режимів електричних мереж, що є стартовою точкою для подальшого прийняття рішень. Своєю чергою, розв'язання задач оперативного моделювання та аналізу режимів електричних мереж здійснюється за допомогою методів моделювання режимів, адаптованих до конкретних умов функціонування, а також відповідної інформаційної інфраструктури. Певний відсоток електричних мереж є частково телемеханізованими, саме тому забезпечення вхідною оперативною інформацією для здійснення повномасштабного оперативного аналізу їх режимів є основною проблемою, оскільки математичні моделі застосовуються за наявності повної детермінованої вхідної інформації. Крім того, ефективність прийняття рішення в процесі оперативного диспетчерського керування режимами електричних мереж істотно залежить від якості телеінформації, що надходить в оперативно-інформаційний комплекс (ОІК). Неточність інформації зумовлюється наявністю похибок, а саме: в первинних давачах інформації, якими є вимірювальні трансформатори напруги та струму; у вимірювальних перетворювачах; аналогово-цифрових перетворювачах інформації; несинхронністю надходження даних телеметрії на концентратор інформації та зокрема похибок квантування телеінформації [1].

Аналіз останніх досягнень та публікацій

Одним зі шляхів подолання вищезгаданих проблем є застосування технологій штучних нейронних мереж (ШНМ) для формування моделей у разі часткового інформаційного забезпечення, де застосування математичних моделей є неможливим. На сучасному етапі спостерігається значне

зацікавлення моделюванням процесів у різних галузях діяльності людини, зокрема і в енергетиці, за допомогою методів штучного інтелекту (ШІ) [2], до яких належать експертні системи, штучні нейронні мережі та еволюційні алгоритми. Застосування цих методів робить можливою інтелектуалізацію систем управління в електроенергетиці, яка на цьому етапі розвитку інформаційних технологій трактується [2] як одна із складових проблеми інформатизації електроенергетики. Визначальне місце серед методів ШІ займають ШНМ, за допомогою яких найуспішніше розв'язуються задачі прикладного характеру, що пов'язані з прогнозуванням, класифікацією, керуванням тощо. Слід відзначити, що вони особливо ефективні для задач з високим рівнем невизначеності.

Мета та задачі досліджень

Навіть за наявності достатньо задовільного стану телемеханізації, доволі часто спостерігаються нештатні ситуації, що спричиняють спотворення, частини інформації. Необхідно оцінити чутливість моделювання неоглядних частин електричних мереж до телевимірювань у вузлах примикання їх до спостережної частини. Дослідити вплив похибок квантування телеінформації на результати нейроматематичного моделювання та зменшити похибку моделювання, розробивши оптимальну структуру ШНМ.

Виклад основного матеріалу

Дані дослідження проводили для електричної мережі 110 кВ (рис. 1). Навчання ШНМ проводили за результатами математичного моделювання [3] в технологічно допустимому діапазоні зміни режимів навантажень. Методику навчання ШНМ, яка ґрунтується на принципах нейроматематичного моделювання [3, 4], можна описати такими етапами: формується розрахункова схема електричної мережі; здійснюється серія розрахунків усталених режимів у функціонально-реальному діапазоні режимів навантаження; на основі результатів цих розрахунків формується вибірка для навчання ШНМ; здійснюється навчання ШНМ; проводиться тестування для режимів, що не увійшли до навчальної вибірки.

Пристрої телемеханіки встановлюють на підстанціях, за допомогою яких здійснюється сканування: модулів напруг на шинах підстанцій; значень активних і реактивних потужностей, а також модулів струмів на вводах трансформаторів та автотрансформаторів; значень активних і реактивних потужностей на лініях у місці примикання до шин; модулів струмів на вводах вимикачів (секційних, обхідних, шиноз'єднувальних) відкритих розподільчих зладод. У сучасних телеінформаційних комплексах для енергосистем використовується кодоімпульсний метод телевимірювань, який здійснюється перетворенням аналогових вимірних величин, що надходять від давача в кодовані сигнали. При цьому неперервний сигнал підлягає квантуванню. В результаті цього перетворення безперервний сигнал замінюється (апроксимується) дискретним сигналом. При апроксимації виникає похибка, яку можна подати двома складовими: похибка квантування по рівню – статична похибка; похибка дискретизації по часу – динамічна похибка.

В основі дискретного перетворення неперервної функції, що описує вимірний сигнал, лежить її квантування. Максимальна похибка квантування по рівню $\Delta_{\text{квант}}$ визначається за відомим виразом половинного значення кванта:

$$\Delta_{\text{квант}} = \pm \frac{1}{2} \cdot \frac{X_{\text{max}} - X_{\text{min}}}{N}, \quad (1)$$

де $N=250$ – число квантів, X_{max} , X_{min} – відповідно максимальний та мінімальний рівні величини, що квантується. Приймаємо, що напруга може змінюватися в діапазоні $0.75 \cdot U_{\text{НОМ}} \leq U \leq 1.25 \cdot U_{\text{НОМ}}$, тоді максимальна похибка квантування по рівню дорівнює $\Delta_{\text{КВАНТ}} = 0.11 \text{ кВ}$.

Моделювання значення напруги ($U_{\text{ЛС5}}$) в НЕМ (рис. 1) здійснювали на основі ШНМ, попередньо навченої на навчальній вибірці, яка становила 64 режими. Тестування здійснювали на вибірці з 16 станів електричної мережі, які, звичайно, не входили до навчальної.

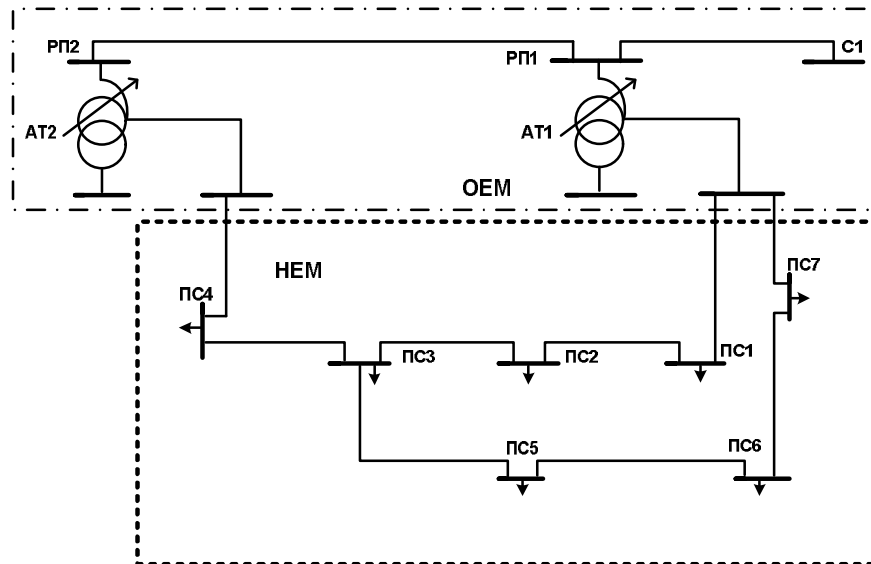


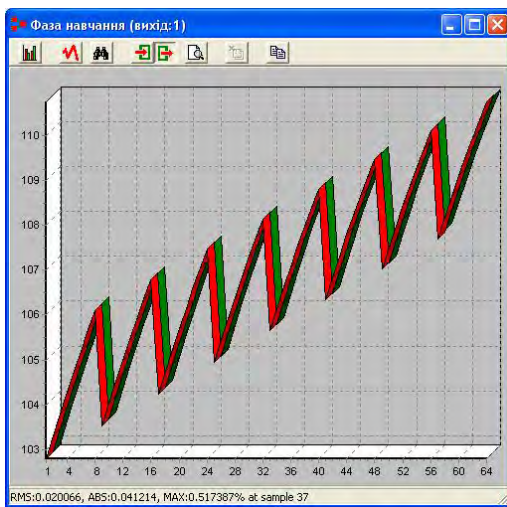
Рис. 1. Схема електричної мережі

В якості основних входів виступають значення U та I в кінці лінії (С1-РП1), що живить НЕМ

$$\bar{X} = \langle U, I \rangle \xrightarrow{\text{ШНМ}} \tilde{Y} \equiv \langle U_{\text{ПС5}} \rangle.$$

Результати досліджень наведено на рис. 2 та в табл. 1.

Точність тестування оцінювалась за допомогою максимальної зведеної по діапазону похибки $\Delta_{\text{max}} / X_{\text{max}} \cdot 100\%$, Δ_{max} – найбільша з абсолютних похибок Δ .



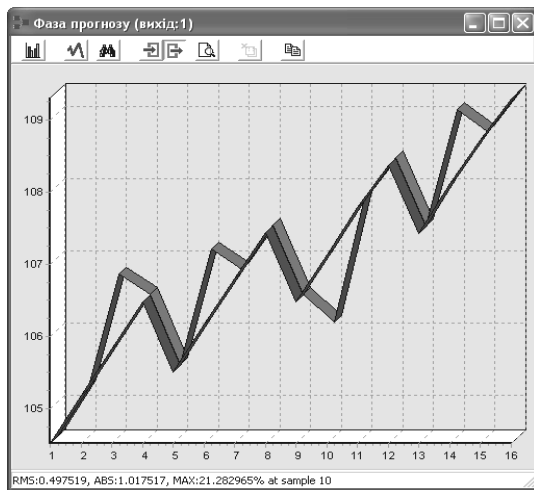
а)



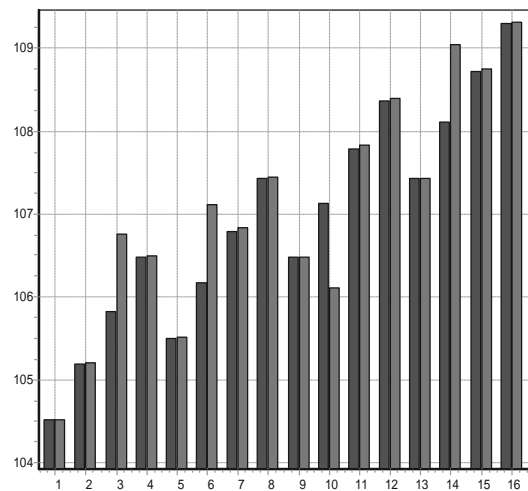
б)

Рис. 2. Результати нейроматематичного моделювання НЕМ з двома входами
а, б – значення напруги на шинах ПС5 (відповідно навчання та тестування) НЕМ

З метою дослідження впливу похибок квантування телеінформації, що має місце в реальних режимах роботи електричних мереж, внесемо похибки в тестову вибірку входів, яка формувалась для проведення експериментів нейроматематичного моделювання [3, 4]. Вносимо похибку по напрузі в довільно вибрану сукупність режимів тестової вибірки (рис. 3). Максимальна величина похибки 1,5 кванта (режим № 14): Режим 3 [+ 1 квант]; Режим 6 – [+ 1 квант]; Режим 10 – [- 1 квант]; Режим 14 – [+ 1,5 кванти]. Результати досліджень наведено на рис. 3 та в табл. 1.



а)



б)

Рис. 3. Результати нейроматематичного моделювання НЕМ з двома входами (похибки квантування в тестовій вибірці входів): а, б – значення напруги на шинах ПС5 (тестування) НЕМ

Таблиця 1

Значення максимальних похибок моделювання

Вихід	Кількість входів	Максимальна похибка навчання, %		Максимальна похибка тестування, %		Максимальна похибка тестування, % (похибки квантування в тестовій вибірці входів)	
		режим	значення	режим	значення	режим	значення
$U_{ПС5}$	2	37	0.517	11	0.82	10	21.283
$U_{ПС5}$	4	61	0.31	12	0.276	14	15.317

Оскільки ми прагнемо досягнути більшої точності моделювання, застосуємо ШНМ з функціональним синтезом входів [5]. В якості додаткових входів нами було прийнято значення квадрата струму та квадрата напруги – I^2 та U^2 .

$$\bar{X} = \langle U, I, I^2, U^2 \rangle \xrightarrow{\text{ШНМ}} \tilde{Y} \equiv \langle U_{ПС5} \rangle.$$

Результати досліджень, які наведені на рис. 4 та 5 та в табл. 2, свідчать про очевидний ефект від збільшення кількості входів: зменшення похибки під час навчання та прогнозування.

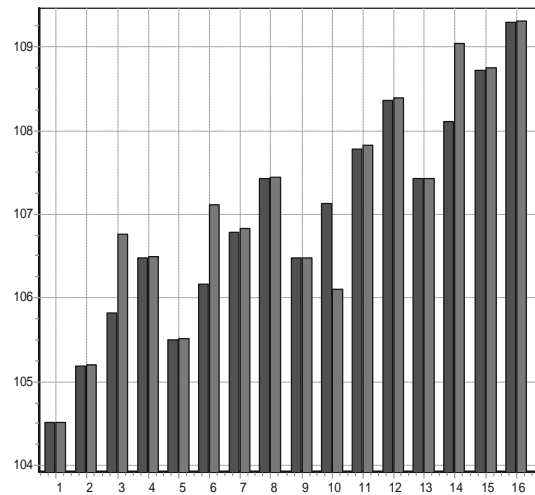
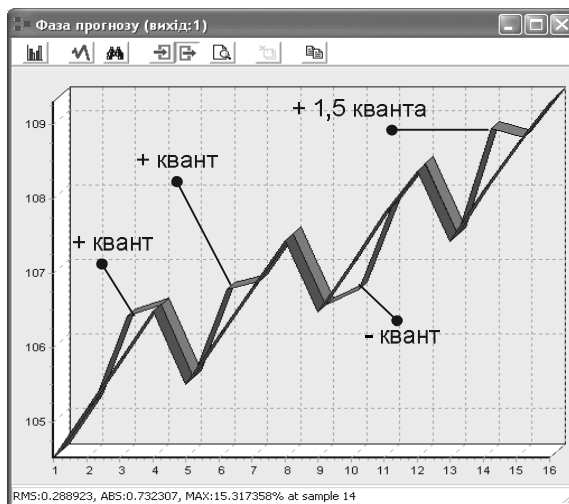


а)



б)

Рис. 4. Результати нейроматематичного моделювання НЕМ з чотирма входами: а, б – значення напруги на шинах ПС5 (відповідно навчання та тестування) НЕМ



а)

б)

Рис. 5. Результати нейроматематичного моделювання НЕМ з чотирма входами (похибки квантування в тестовій вибірці входів): а, б – значення напруги на шинах ПС5 (тестування) НЕМ

Результати дослідження впливу похибок квантування телеінформації (напруги) на результати нейроматематичного моделювання доводять ефективність застосування синтезу додаткових входів і дозволяють стверджувати, що додаткове збільшення кількості входів (методом синтезу додаткових входів чи у разі збільшення інформативності) дасть змогу зменшити похибку.

Висновки

1. Досліджено вплив похибок квантування телеінформації на результати нейроматематичного моделювання.
2. Розроблено рекомендації щодо вибору оптимальної архітектури ШНМ, а саме, що синтез додаткових входів зменшує похибку нейроматематичного моделювання.
3. У разі практичної відсутності оперативної режимної інформації ідентифікацію неоглядних засобами телеметрії електричних мереж доцільно здійснювати за допомогою методів нейроматематичного моделювання.

1. Данилюк О. В. Верифікація телевимірів, що надходять в оперативно-інформаційний комплекс електроенергетичних систем / Данилюк О. В., Батюк Н. Б., Дьяченко С. В. // Вісник Держ. ун-ту "Львівська політехніка": "Електроенергетичні та електромеханічні системи". – 2000. – № 403. – С 37–41. 2. Буткевич О. Ф. Штучний інтелект та гібридні системи у розв'язанні задач електроенергетики: поточний стан та тенденції / Буткевич О. Ф., Павловський В. В. // Праці ІЕД НАНУ. – 2003, № 1 (4). – С. 109–117. 3. Данилюк О. Моделювання електроенергетичних систем на основі технологій штучних нейронних мереж / Данилюк О., Батюк Н., Матвійшин В., Майоров А. // Технічні вісті. Громадсько-науковий часопис. 2002/1(14), 2(15). С. 62–68. 4. Батюк Н. Б. Нейроматематична модель електричної мережі, неоглядної засобами телеметрії для оперативної ідентифікації її режимів / Батюк Н. Б. // Вісник Нац. ун-ту "Львівська політехніка": "Електроенергетичні та електромеханічні системи". – № 449. – 2002. – С. 10–17. 5. Данилюк О. Моделювання на основі штучних нейронних мереж з функціональним синтезом додаткових входів / Данилюк О., Батюк Н., Юрчак І., Матвійшин В. // Вісник Нац. ун-ту "Львівська політехніка": "Комп'ютерна інженерія та інформаційні технології". – 2002. – № 450. – С. 10–17.