

УДК 621.311:621.8

Данилюк О.В., Андрошук О.В., Ткачов Д.В.  
ДУ “Львівська політехніка”, кафедра ЕМА

## НЕЙРОМАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ІДЕНТИФІКАЦІЇ РЕЖИМІВ У СИСТЕМАХ ОПЕРАТИВНОГО ОБЛІКУ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ ЕНЕРГОПОСТАЧАЛЬНИХ КОМПАНІЙ

© Данилюк О.В., Андрошук О.В., Ткачов Д.В., 2000

**Показано один з перспективних напрямків застосування нових інформаційних технологій, а саме нейроматематичного моделювання для енергетичної ідентифікації режимів у системах оперативного обліку електричної енергії**

Внаслідок реструктуризації електроенергетики України утворилися нові суб'єкти підприємницької діяльності різних форм власності, до яких належать і енергопостачальні компанії (ЕПК). Функціональним призначенням останніх є закупівля електричної енергії на Енергоринку та перепродаж її споживачам. Цей процес супроводжується низкою факторів, від глибини врахування впливу яких залежатиме економічна спроможність існування самих ЕПК.

Одним з таких факторів, в умовах ринкової економіки, є необхідність дотримання чіткого обліку електричної енергії, що в теперешній час забезпечити традиційними методами за допомогою лише лічильників є досить проблематичним, що пояснюється такими причинами:

- наявністю так званої “комерційної складової втрат електроенергії”, значення якої досягає 20 % і більше по відношенню до відпущеної електричної енергії в електричну мережу;
- основну частку “комерційної складової втрат електроенергії” становлять несанкціоновані споживання та заборгованості за спожиту електричну енергію;
- зняття показів з лічильників здійснюється зі значними часовими інтервалами (як правило не частіше один раз у місяць) ;
- можливість передоплати за електроенергію не передбачена чинним законодавством.

Крім цього, враховуючи технологічну особливість електроенергетичної галузі, а саме те, що електрична енергія, як продукт виробництва, не підлягає складуванню, вкрай необхідним є запровадження в експлуатацію систем оперативного обліку електричної енергії, що дозволить паралельно з розподілом та збутом електричної енергії здійснювати контроль за енергетичним балансом в ЕПК і за необхідності приймати адекватні рішення.

Власне, так і здійснюється розвиток автоматизованої системи диспетчерського управління ЕПК ВАТ “Львівобленерго”, де вхідною інформацією для роботи системи оперативного обліку служать дані телеметрії, що надходять в оперативно-інформаційний керуючий комплекс (ОІКК).

Історично склалося так, що в спадок ЕПК від колишніх виробничих енергетичних об'єднань (ВЕО) відійшли колишні підприємства електричних мереж (ПЕМ), де практично

відсутня оперативна режимна інформаційна інфраструктура. Це пояснюється тим, що телемеханізація підстанцій ПЕМ здійснювалася, виходячи з умов достатньої необхідності продиктованих правилами планового господарювання, а саме:

- з метою одержання телевимірів телемеханізувалися лише ті підстанції 110 кВ, які мали статус “контрольних точок” для диспетчерських служб ВЕО;
- телемеханізація підстанцій 35 кВ і нижче здійснювалася лише для телесигналізації та телеуправління, виходячи з умов дистанційного керування комутаційними апаратами, що замикалося на диспетчерських службах районів електричних мереж.

Крім цього, централізованому впровадженню ОІКК-ів в ПЕМ не приділяли належної уваги, оскільки ще не в найкращих умовах інформаційного забезпечення знаходилися диспетчерські служби деяких ВЕО. Правда, деякі підприємства створювали ОІКК-и власними силами, як, наприклад, у Львівському ПЕМ.

Тому основною при створенні систем оперативного обліку електричної енергії в ЕПК є проблема інформаційного забезпечення, де переважна частина фрагментів електричних мереж саме і є неоглядними для засобів телеметрії. Для вирішення цієї проблеми авторами запропоновано створення оперативної режимної інформаційної інфраструктури на основі нових інформаційних технологій, якими є штучні нейронні мережі (ШНМ) [1], де енергетична ідентифікація режиму здійснюється методом нейроматематичного моделювання [2]. Тут під енергетичною ідентифікацією режиму розуміємо відтворення в реальному часі енергетичних показників неоглядного засобами телеметрії фрагменту електричної мережі за наявності мінімальної інформації про параметри його режиму, якими є телевиміри на межі умовного розподілу між оглядним та неоглядним фрагментами. До таких показників можна зарахувати втрати активної потужності в неоглядній електричній мережі та значень активних потужностей, що забезпечують живлення електричних мереж нижчих класів напруг.

Нейроматематична модель енергетичної ідентифікації режиму формується на основі ШНМ “функціонал на множині табличних функцій” (ШНМ-ФТФ) [3], що наділені перевагами порівняно з найбільш відомою та вживаною ШНМ Back-Propagation:

- забезпечується чіткість відтворення процесів за наявності частково недостовірної та неповної вхідної інформації;
- реальною є можливість забезпечення практично повного режимного діапазону роботи електричної мережі;
- стійкість до зашумленості вхідної інформації;
- забезпечується висока швидкодія – на рівні обробки даних телевимірів існуючими технічними засобами;
- відтворення високого ступеня режимної адекватності для електричних мереж довільної конфігурації.

При створенні нейроматематичної моделі визначальним є навчання моделі, від якості якого залежатиме адекватність енергетичної ідентифікації режиму.

З метою спрощення викладу матеріалу, покажемо формування нейроматематичної моделі енергетичної ідентифікації режиму на прикладі електричної мережі номінальною напругою 110 кВ, що забезпечує живлення мереж електропостачання нижчих класів напруг 6, 10 і 35 кВ.

Навчання ШНМ-ФТФ здійснюється методами математичного моделювання, де навчальна вибірка формується на основі результатів розрахунків  $s$  усталених режимів за

допомогою математичної моделі в методі балансу потужностей [4] для електричної мережі в технологічно допустимому діапазоні зміни режимів навантажень

$$D = [\mathfrak{R}_{\min}(\dot{S}_{\min}), \mathfrak{R}_{\max}(\dot{S}_{\max})], \quad (1)$$

де від розрахунку режиму до розрахунку режиму з певним кроком  $\Delta \dot{S}$  здійснювалися зміни комплексних значень навантажень  $\dot{S}$  шин середньої та низької напруг підстанцій 110 кВ у межах від  $\dot{S}_{\min}$  до  $\dot{S}_{\max}$ .

З множини значень координат, що є результатами розрахунку  $s$  усталених режимів, формується підмножина “виходів”, компоненти якої є показники, що забезпечують енергетичну ідентифікацію  $i$ -го режиму

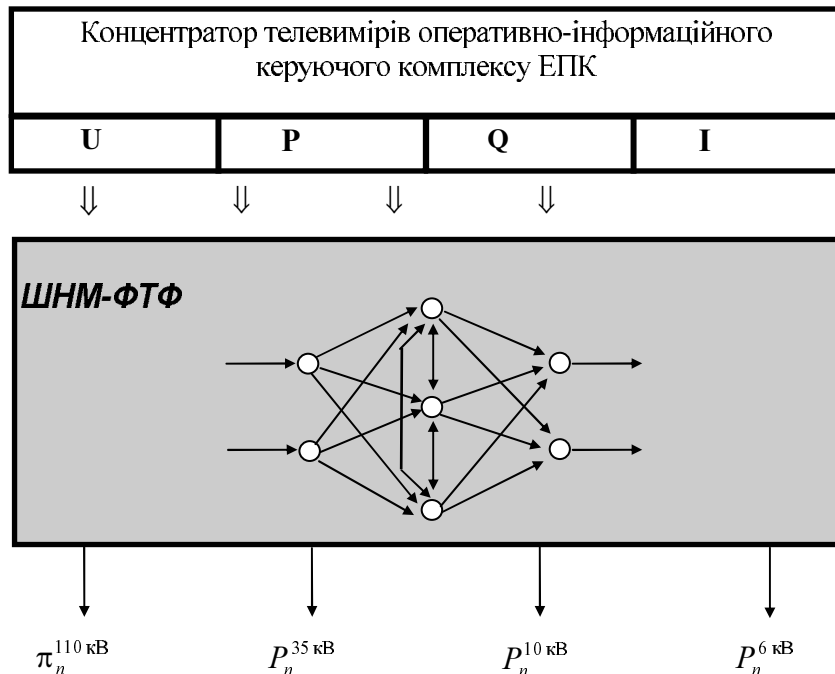
$$X^{\text{output}} = \{x_i^{\text{output}}\} = \left\{ \left\langle \pi_i^{110 \text{ кВ}}, P_i^{35 \text{ кВ}}, P_i^{10 \text{ кВ}}, P_i^{6 \text{ кВ}} \right\rangle \right\}; \quad \forall i \in s, \quad (2)$$

де  $\pi_i^{110}$  – втрати активної потужності в електричній мережі 110 кВ;  $P_i^{35 \text{ кВ}} = \sum_{\substack{j \in 35 \text{ кВ} \\ \dot{S}_j \in \dot{S}}} \text{Re}(\dot{S}_j)$  –

сумарне значення активного навантаження шин 35 кВ підстанцій 110 кВ ЕПК;  $P_i^{10 \text{ кВ}} = \sum_{\substack{k \in 10 \text{ кВ} \\ \dot{S}_k \in \dot{S}}} \text{Re}(\dot{S}_k)$  – сумарне значення активного навантаження шин 10 кВ підстанцій 110

кВ ЕПК;  $P_i^{6 \text{ кВ}} = \sum_{\substack{m \in 35 \text{ кВ} \\ \dot{S}_m \in \dot{S}}} \text{Re}(\dot{S}_m)$  – сумарне значення активного навантаження шин 6 кВ підстан-

цій 110 кВ ЕПК.



Функціональна схема нейроматематичної моделі енергетичної ідентифікації режиму електричної мережі 110 кВ ЕПК.

Підмножину “входів” становлять значення модулів напруг  $U$  на шинах підстанцій, перетоків активної  $P$  і реактивної  $Q$  потужностей, а також модулі струмів  $I$  в елементах електричної мережі, що реально скануються засобами телеметрії

$$X^{\text{input}} = \{x_i^{\text{input}}\} = \{ \langle U, P, Q, I \rangle_i \}, \quad \forall i \in s. \quad (3)$$

Навчання здійснюється попередньо в автономному режимі і вже навчена ШНМ-ФТФ адаптується як складова системи оперативного обліку електричної енергії. При цьому перенавчання чи донавчання ШНМ-ФТФ під час експлуатації не допускається, тому що телевимірам-“входам” притаманним є наявність похибок, зумовлених квантуванням та несинхронністю їх надходження в концентратор ОПКК.

Функціонування нейроматематичної моделі в системі оперативного обліку електричної енергії здійснюється в режимі “on-line” (див. рисунок), де для  $n$ -го зрізу телеметрії ОПКК продукування “виходів” здійснюється відповідно до такої алгоритмічної схеми:

$$\begin{array}{ccc} x_n^{\text{input}} = \langle U, P, Q, I \rangle_n & \xrightarrow{\text{ШНМ-ФТФ}} & \\ & & \downarrow \\ x_n^{\text{output}} = \langle \pi_n^{110 \text{ кВ}}, P_n^{35 \text{ кВ}}, P_n^{10 \text{ кВ}}, P_n^{6 \text{ кВ}} \rangle & & \end{array} \quad (4)$$

1. Hrytsyk V.V., Aizenberg N.N., Bun R.A., Danyliuk O.V., Geche F.E., Kysil B.V., Oleksiv B.Ya., Opotiak Yu.V., Striamets S.P., Tkachenko R.O., Valkovskii V.A., Voichyshyn K.S. *The Neural and Neural-like Networks: Synthesis, Realization, Application and Future // Information Technologies and systems. 1998. Vol.1. № 1/2. P.15–55.* 2. Данилюк О. *Теоретичні засади нейроматематичного моделювання // Математичне моделювання в електротехніці й електроенергетиці: Тез. доп. 3-ї Міжнар. НТК. 25-30 жовтня 1999 р. Львів, 1999. С.69–70.* 3. Заявка 98105621. Штучна нейронна мережа з швидким навчанням розпізнаванню образів / В.В.Грицик, О.Р.Ткаченко. Опубл. 26.10.98. 4. Лысяк Г.Н., Стряпан В.Н., Данилюк А.В. *Математическое моделирование установленных режимов электрических систем переменного тока. К., 1990.*

УДК 621.311: 621.8

Данилюк О.В., Батюк Н.Б., Дьяченко С.В.  
ДУ “Львівська політехніка”, кафедра ЕМС

## ВЕРИФІКАЦІЯ ТЕЛЕВИМІРІВ, ЩО НАДХОДЯТЬ В ОПЕРАТИВНО-ІНФОРМАЦІЙНИЙ КОМПЛЕКС ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЧНИХ СИСТЕМ

© Данилюк О.В., Батюк Н.Б., Дьяченко С.В., 2000

**Запропоновано метод та математичну модель верифікації даних оперативно-інформаційних комплексів електроенергетичних систем в реальному масштабі часу. Наведено методику формування повномасштабної бази даних для оцінювання стану електричної мережі.**