

A flexible and cost-effective platform for implementing the security and monitoring complex was developed including a set of intelligent energy-efficient sensors and complex management software. Due to open source software, transparency and modular design, the complex can be adapted for a specific requirements of the automated building management system in a short terms.

Keywords: intelligent sensors, data collection, building management system.

References

1. Denning A. ActiveX for professionals. – SPb: Piter, 2002. – 436 p. (Rus.)
2. Minochkin A.I., Romanyuk V.A. Multiaccess methods for mobile communication systems // Svyaz. – 2004. – №. 2. – P. 46–50. (Rus.)
3. Managing large data sets in LabVIEW: White paper [Internet link]. 2012. URL: <http://www.ni.com/white-paper/3625/en/>.
4. Yakimenko Y. et al. A sensors kit for a versatile reconfigurable measuring platform // Proceedings of the International conference on nanotechnologies and biomedical engineering German-Moldovan workshop on Novel Nanomaterials for electronic, photonic and biomedical applications. – Chisinau (Republic of Moldova). – April 18–20, 2013. – P. 120–123. (Eng.)
5. Yakimenko Y. et al. Remote data collection and processing software for educational and scientific laboratory complex // Proceedings of the International Conference TCSET'2014 "Modern problems of radio engineering, telecommunications and computer science" of Lviv Polytechnic National University. – Lviv-Slavske. – February 25–March 1, 2014. – P. 370–372. (Eng.)

УДК 681.51

А.И. ЗАЗЕРИН¹, А.Т. ОРЛОВ¹, канд. техн. наук, А.В. БОГДАН²,
В.А. УЛЬЯНОВА¹, Ю.И. ЯКИМЕНКО¹, д-р техн. наук

¹ Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт»

² Научно-исследовательский институт прикладной электроники

Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт»

СОВРЕМЕННЫЙ КОМПЛЕКС БЕЗОПАСНОСТИ И МОНИТОРИНГА ДЛЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ДОМОМ

Разработана гибкая и экономичная платформа для реализации комплекса безопасности и мониторинга, включающая набор интеллектуальных энергоэффективных датчиков и программное обеспечение для управления комплексом. Благодаря открытости программного обеспечения, прозрачности структуры и модульному дизайну, комплекс может быть в короткий интервал времени настроен под условия конкретной автоматизированной системы управления домом.

Ключевые слова: интеллектуальные сенсоры, регистрация данных, система управления домом.

Надійшла 28.05.2015

Received 28.05.2015

УДК 004.896, 621.316

М.О. МЕДИКОВСЬКИЙ, д-р техн. наук, І.Г. ЦМОЦЬ, д-р техн. наук,
О.В. СКОРОХОДА, канд. техн. наук, Ю.В. ЦИМБАЛ, канд. техн. наук
Національний університет «Львівська політехніка»,

ИНТЕЛЕКТУАЛЬНИ КОМПОНЕНТИ ЕНЕРГЕТИЧНИХ СИСТЕМ НА ОСНОВІ КОНЦЕПЦІЇ SMART GRID

Показано актуальність розроблення енергетичних систем на основі концепції Smart Grid, виділено інтелектуальні компоненти для їх реалізації. Для реалізації інтелектуальних компонент вибрано неймережеві засоби на основі моделі геометричних перетворень. Розроблено інтелектуальні компоненти попереднього опрацювання даних (динамічна фільтрація шумів та заповнення пропусків у вхідних даних), прогнозування споживання та візуалізації режимів роботи енергетичних систем. Бібл. 4, рис. 1.

Ключові слова: інтелектуальні компоненти, Smart Grid, штучні нейронні мережі, модель геометричних перетворень.

© М.О. Медиковський, І.Г. Цмоць, О.В. Скорохода, Ю.В. Цимбал, 2015

Постановка проблеми. Енергетичні системи на основі концепції Smart Grid – це комплекс новітніх технологій, технологічних процесів, улаштувань та додатків, за допомогою яких створюються електронні комунікації нового покоління, які забезпечують інтелектуалізацію електричних мереж. В таких системах за рахунок використання телекомунікаційних і веб-технологій, баз даних, сховищ та просторів даних, компонент збору, оцінювання, оперативного, аналітичного та інтелектуального опрацювання інформації, візуалізації режимів роботи досягається підвищення ефективності функціонування енергетичної системи. При реалізації енергетичних систем на основі концепції Smart Grid необхідно враховувати вимоги до генерації електроенергії, її передачі, розподілу, ринку, споживання, управління та обслуговування. Перевагами таких систем є: надійність і якість електропостачання; енергозбереження, економічність, безпека і високий рівень екології. Енергетичні системи на основі концепції Smart Grid характеризуються інтелектом, системністю та орієнтацією на екологію. Інтелектуалізація енергетичних систем передбачає формування інтегрованої автоматизованої системи управління (ІАСУ), яка охоплює виробників, мережі, збутові компанії, споживачів і широко використовує інтелектуальні засоби для опрацювання даних і на їх основі формування управлінських рішень.

На основі комплексного підходу та компонентно-орієнтованої технології пропонується розробити інтелектуальні компоненти ІАСУ, які орієнтовані на використання в ієрархічно-розподілених системах, що інтегрують функції керування технологічними та організаційно-економічними процесами. Використання комплексного підходу, який охоплює інформаційні технології, методи та засоби аналітичної обробки даних, моделювання, прогнозування та прийняття рішень, а також компонентно-орієнтованої технології, яка передбачає розробку інтелектуальних компонент у вигляді функціонально завершених модулів, що мають вихід на стандартний інтерфейс, забезпечить підвищення якості, зменшення вартості та часу проектування. Управління складними технологічними процесами та розподіленими технічними системами пропонується здійснювати на основі системи SCADA (Supervisory Control Access and Data Acquisition), яка забезпечує моніторинг їхнього технічного стану в автоматизованому режимі, безперервне накопичування та опрацювання великих обсягів інформації для оперативного прийняття управлінських рішень. Інтеграція різноманітних даних буде здійснюватися за допомогою баз даних, СУБД, сховищ та просторів даних, доступ до яких здійснюється засобами веб-технологій. У зв'язку з цим особливої актуальності набуває проблема розробки енергетичних систем на основі концепції Smart Grid.

Аналіз публікацій. За останні роки значно зросла кількість публікацій, що розглядають різні аспекти інтелектуалізації енергетичних систем на основі концепції Smart Grid, що свідчить про її актуальність та стрімкий розвиток. Так, загальний огляд Smart Grid технологій проведено у [1]. У [4] висвітлено особливості еволюції інтелектуальних електричних мереж, перспективні форми та напрямки розвитку Smart Grid технологій і їхні реалізації в Україні. Особливості реалізації концепції Smart Grid при побудові автоматизованих систем керування технологічними процесами та процесами, пов'язаними з функціонуванням ринку електричної енергії розглянуто у [2]. Частково питання використання методів та засобів штучного інтелекту у Smart Grid розглянуто в [3].

Метою роботи є розроблення на базі штучних нейронних мереж інтелектуальних компонент для попереднього опрацювання даних, прогнозування споживання та візуалізації режимів роботи енергетичних систем.

Вибір нейромережових засобів для реалізації інтелектуальних компонент. Для реалізації інтелектуальних компонент енергетичної системи пропонується підхід на основі нейронних мереж парадигми “модель геометричних перетворень” (МГП). У її основі – представлення множини вхідних даних, що характеризує об'єкт дослідження, як сукупності векторів у n -вимірному просторі ознак, що утворює тіло об'єкта. Вважається, що тіло об'єкта може моделюватися за допомогою нейронної мережі для вирішення конкретного завдання дослідження об'єкта. Метою навчання нейромережі МГП є розклад (декомпозиція) тіла об'єкта на складові частини (первинних елементів декомпозиції) в просторі невеликої розмірності. Ці частини є носіями визначальної інформації про властивості об'єкта, зокрема, можуть бути використані для візуального відображення даних про об'єкт.

Для виконання процесів декомпозиції та композиції тіла об'єкта у різних задачах розроблені відповідні архітектури нейронних мереж. Усі ці архітектури мають в основі класичну структуру нейромережі прямого поширення з використанням додаткових впорядкованих бічних зв'язків між нейронами прихованих шарів.

Для вирішення задачі візуалізації доцільно використати структуру автоасоціативної нейронної мережі. Процес декомпозиції виконується під час руху даних від вхідного до прихованого шару. Координати первинних елементів декомпозиції в просторі малої вимірності, наприклад, двовимірному, формуються на виходах прихованого шару. Нейрони вихідного шару забезпечують відтворення тіла об'єкта в початковому просторі, тобто зворотне перетворення.

Відзначимо наступні можливості, які надає парадигма МГП для розв'язання задач візуалізації багатовимірних даних:

- процес навчання є не ітераційним на відміну від нейромереж, що навчаються за правилом зворотного поширення похибки;

- для побудови ефективних нейромереж достатньо використовувати один прихований шар;

- внаслідок нелінійності характеристик нейронів та синаптичних зв'язків можливе гнучке налаштування мережі для конкретної практичної задачі.

Інтелектуальні компоненти попереднього опрацювання даних. До основних задач попереднього опрацювання даних в енергетичних системах на основі концепції Smart Grid можна віднести видалення шумів та заповнення пропусків у вхідних даних. У енергетичних системах при отриманні даних з різних давачів, де вихідні значення залежать від попередніх вхідних значень і мають внутрішню динаміку, виникають проблеми ефективного видалення шумів. Такі задачі пов'язані з впливом на вхідні дані багатьох факторів, кожен з яких має різний ступінь впливу на результат. Особливо складною є задача, коли неможливо чітко виділити фактори впливу і коли невідома величина впливу цих факторів на результуючий параметр. Для розв'язання такої задачі вибрано метод нейромережевого спектрального аналізу, який ґрунтується на дослідженні часового ряду методом головних компонент і не вимагає попередньої стабілізації ряду. Такий аналіз дозволяє досліджувати структуру часового ряду, виділити окремі його складові та прогнозувати як сам ряд, так і тенденції розвитку його складових.

При нейромережевому спектральному аналізі здійснюється розклад вихідної функції, що породжує часовий ряд, в аналог ряду Фур'є за базисом, що породжується самою функцією. У випадку виродженості системи багатовимірних векторів можна стверджувати про існування внутрішніх лінійних зв'язків між значеннями процесу. Формально це виражається в тому, що часовий ряд задовольняє лінійне різницеве рівняння з постійними коефіцієнтами. Це представлення дозволяє будувати прогноз вихідного ряду і аналізувати багатовимірні часові ряди. Для часових рядів, що отримані з періодичних функцій, метод дає результати, близькі до результатів гармонічного аналізу Фур'є.

Однією з найбільших переваг даного методу є відсутність вимоги апріорного знання моделі ряду, що майже не впливає на якість отриманих результатів.

Класичний алгоритм нейромережевого спектрального аналізу можна розбити на кілька кроків: вкладення, сингулярний розклад, групування і діагональне усереднення (відновлення). При цьому здійснюється розгортка одновимірного ряду в багатовимірний, аналіз головних компонент – сингулярний розклад отриманого перед цим багатовимірного ряду, відбір головних компонент і відновлення одновимірного ряду. Основним параметром даного алгоритму є так звана довжина вікна L , при чому $1 < L < N$, де N – розмірність часового ряду. Результатом алгоритму є розбиття часового ряду на адитивні складові. Використання даного алгоритму дає змогу виділити окремі адитивні компоненти вихідного ряду, зокрема тренд та шум.

На основі нейромережевого спектрального аналізу розроблено базову інтелектуальну компоненту, яка має можливість адаптації до вимог конкретного давача. Особливістю даної компоненти є висока надійність, здатність адаптації до вимог конкретного застосування, використання принципів побудови, які забезпечують можливості простого нарощування функціоналу інтелектуальної компоненти за допомогою доповнення новими алгоритмічними рішеннями.

Інтелектуальна компонента попереднього опрацювання даних з давачів ІАСУ реалізована на мові C# в середовищі програмування Visual Studio 2010 з використанням бібліотек Microsoft .NET Framework 4.0. Складові інтелектуальної компоненти реалізовані у вигляді бібліотек класів, що динамічно підключаються до головної програми. Це дозволяє застосовувати їх в сторонніх розробках, зокрема, як складові SCADA-систем.

Адаптація інтелектуальної компоненти до вимог конкретного застосування здійснюється за допомогою аналізу даних з конкретного давача, на основі якого робиться обґрунтований висновок про вибір кількості головних компонент, на які потрібно розбити вхідний сигнал, та визначення, які з них потрібно враховувати при побудові результуючого сигналу.

Усунення пропусків у даних, які надходять від давачів в умовах завод є загалом досить складною обчислювальною задачею. Розв'язки цієї задачі не завжди можна однозначно верифікувати. Тому існує декілька альтернативних підходів до оцінювання результатів усунення, зокрема, на основі байєсівського підходу та критерію максимальної правдоподібності.

Розробка інтелектуальних компонент для усунення пропусків може вестися на основі різних методів, які, зокрема, включають: штучні нейронні мережі (багатосаровий перцептрон (MLP); мережі радіальних базисних функцій (RBF)); гаусівські змішані моделі; нечіткі множини (fuzzy sets); машини векторів підтримки (SVM); дерева рішень; аналіз головних компонент (PCA); динамічне програмування.

Досить перспективним створення гібридних або комбінованих моделей, які полягають у поєднанні названих та інших підходів.

Пропонується використати підхід на основі автоасоціативних нейронних мереж (АНМ). Такі нейромережі конструктивно є мережами прямого поширення, де кількості нейронів у вхідному та вихідному шарах є рівними, а кількість нейронів у прихованому шарі – меншою (мережа з “вузьким

горлом”). Метою навчання мережі є якомога точніше відтворення на виході даних, які подаються на вхід, тобто мережа навчається “без вчителя”. При цьому по суті зменшується розмірність вхідних даних, тобто виконується нелінійне, в загальному випадку, виявлення головних компонент на виходах нейронів прихованого шару.

Якщо вхідні дані містять пропуски, похибка навчання, як різниця між значеннями на виході та на вході мережі, може бути досить значною, тобто перевищувати задане порогове значення. Тому має виконуватися оптимізація навчання мережі, яка передбачає, зокрема, внесення змін у значення пропущених елементів даних. Коли значення похибки на виході мережі не перевищуватиме порогове значення, матрицю вхідних даних можна зберегти як частину повної бази даних, вже із заповненими попередньо пропущеними даними.

Інтелектуальні компоненти для візуалізації режимів роботи енергетичних систем. Для планування роботи енергопостачальної компанії (ЕПК) і, зокрема, складання прогнозів споживання електричної енергії необхідно використовувати наявні в розпорядженні багатовимірні статистичні дані, зняті засобами телеметрії. Це інформація про величину фактичного значення спожитої потужності, її активну та реактивну складові, значення струму, рівень частоти. Також важливою є додаткова інформація, наприклад, про температуру навколишнього повітря, ступінь освітленості, наявність екстраординарних подій та ін.

Відомо, що режими роботи електроенергетичної системи (ЕЕС) характеризуються постійними та взаємозалежними змінами показників, а також певними дискретними змінами, що відбуваються внаслідок вимкнення окремих елементів електричної мережі. Процес керування режимами є динамічним і в значній мірі залежить від своєчасного надходження даних від телеметричних пристроїв на різних ділянках електричної мережі ЕПК.

Розглянемо можливості візуалізації режимів за допомогою нейронних мереж на основі парадигми МГП. Нейронна мережа за відомими значеннями показників, що подаються на її входи, обчислює з достатньою точністю значення невідомих. Повна множина показників реального режиму утворює навчальну множину автоасоціативної нейронної мережі для зменшення початкової розмірності та візуалізації на двовимірній ситуаційній карті особливостей (СКО, рис. 1).

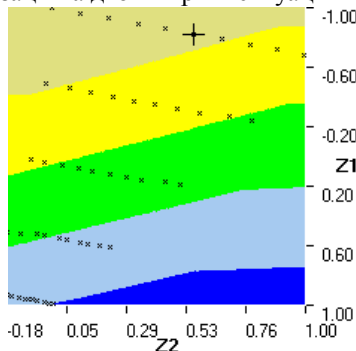


Рисунок 1

Принцип побудови СКО є наступним. Для обчисленої на етапі навчання множини значень на виході перших двох нейронів прихованого шару нейронної мережі візуалізації визначаються діапазони зміни, задається кількість елементів зображення (пікселів) СКО та обчислюються величини кроків дискретизації по кожній з координат. Надалі розраховуються значення елементів множини всіх можливих пар координат, які відповідають елементам зображення СКО. Значення елементів з цієї множини послідовно подаються безпосередньо на вихід прихованого шару нейронної мережі в режимі використання. Тоді для кожного елемента будуть розраховані відповідні значення на виході нейронної мережі в цілому. Для кожного з n виходів нейронної мережі визначається діапазон зміни значень для

навчальної множини, який розділяється на певну кількість рівнів. Значенням, що належать до кожного рівня, а також значенням, що виходять за межі діапазону зміни, ставиться у відповідність один з кольорів або тонів (за аналогією з фізичною картою у географії). Отже кожне зі значень на виході нейронної мережі буде позначатися кольором на ситуаційній карті особливостей.

На відміну від карт особливостей Кохонена СКО відображає не лише точки з навчальної множини, але і можливі проміжні точки для кожної множини вхідних даних СКО будується незалежно для кожного з виходів нейронної мережі і для повного опису об'єкта досліджень з її допомогою створюється атлас СКО.

Таким чином можна виконати відновлення тіла об'єкта за рахунок перетворення координат будь-якої точки на СКО у координати в первинному n -вимірному просторі. При поступовому переміщенні курсору по карті між точками з навчальної множини здійснюється побудова ланцюжка проміжних точок, що не входять до навчальної множини, але вірогідно належать тілу об'єкта.

Інтелектуальні компоненти для прогнозування енергоспоживання. Відображення даних з часових рядів також можна здійснювати за допомогою ситуаційних карт особливостей. При цьому навчальна множина складається з векторів, які відповідають певним часовим вікнам. Кожен наступний навчальний вектор утворюється внаслідок зсуву попереднього навчального вектора на одну позицію по часовій осі вправо. В результаті виконання процедури навчання кожному навчальному вектору відповідає точка на СКО. Точка містить у скомпресованому вигляді інформацію про всі значення часового ряду з відповідного часового вікна. Сусіднім векторам з навчальної множини у початковому багатовимірному просторі реалізації будуть відповідати сусідні точки і на СКО.

Отже, на СКО буде відтворюватися траєкторія руху точки, що відображає як реальні зміни процесу в часі, так і прогнозовані на певний проміжок часу вперед. Побудова областей, в які можливе потрапляння точки, дозволяє відстежити значення з цих областей. Таким чином, за допомогою СКО відображається багатоваріантність перебігу подій, тобто, поряд із прогнозованим мережею значенням, слід брати до розгляду і менш імовірні значення (в околі даної точки).

Висновки.

1. Нейронні мережі на основі моделі геометричних перетворень внаслідок нелінійності характеристик нейронів та синаптичних зв'язків забезпечують гнучке налаштування мережі для розв'язання задач опрацювання даних, прогнозування енергоспоживання та візуалізації режимів роботи енергетичних систем.

2. Для задач візуалізації режимів роботи енергетичних систем використано структуру автоасоціативної нейронної мережі, із формуванням за значеннями на виходах прихованого та вихідного шарів ситуаційної карти особливостей.

3. На основі нейромережевого спектрального аналізу розроблено базову інтелектуальну компоненту попереднього опрацювання даних, яка адаптується до вимог конкретного застосування.

Список літератури

1. Chan S., Song S., Li L., Shen J. Survey on smart grid technology // Power System Technology. – 2009. – № 33 (8) . – Pp. 1-7.

2. Кириленко О.В., Блінов І.В., Танкевич С.С. Smart Grid та організація інформаційного обміну в електроенергетичних системах // Технічна електродинаміка. – 2012. – № 3. – С. 47-48.

3. Ramchurn S.D., Vytelingum P., Rogers A., Jennings N.R. Putting the'smarts' into the smart grid: a grand challenge for artificial intelligence // Communications of the ACM. – 2012. – № 55 (4) . – Pp. 86-97.

4. Стогній Б.С., Кириленко О.В., Праховник А.В., Денисюк С.П. Еволюція інтелектуальних електричних мереж та їхні перспективи в Україні // Технічна електродинаміка. – 2012. – № 5. – С. 52-67.

M. MEDYKOVSKYY, I. TSMOTS, O. SKOROKHODA, Y. TSYMBAL

Lviv Polytechnic National University

INTELLIGENT POWER SYSTEM'S COMPONENTS BASED ON THE CONCEPT OF SMART GRID

Actuality of energy systems development based on the concept of Smart Grid has been shown, intelligent components have been selected for implementation. Neural network on basis of geometric transformation model has been chosen for implementation of intelligent components. Such intellectual components has been developed: component for preprocessing of data (dynamic noise filtering and gaps filling in input data), component for consumption forecasting and component for visualization of work modes of power systems. References 4, figures 1

Keywords: intelligent components, Smart Grid, artificial neural network, geometric transformations model.

References

1. Chan S., Song S., Li L., Shen J. Survey on smart grid technology // Power System Technology. – 2009. – № 33 (8) . – Pp. 1-7.

2. Kirilenko A.V., Blinov I.V., Tankevych S.E. Smart Grid and organization of information-sharing power systems // Tekhnichna elektrodynamika. – 2012. – № 3. – Pp. 47-48. (Ukr)

3. Ramchurn S.D., Vytelingum P., Rogers A., Jennings N.R. Putting the'smarts' into the smart grid: a grand challenge for artificial intelligence // Communications of the ACM. – 2012. – № 55 (4) . – Pp. 86-97.

4. Stogniy B.S., Kirilenko A.V., Prakhovnik A.V., Denysyuk S.P. The evolution of smart grids and their prospects in Ukraine // Tekhnichna elektrodynamika. – 2012. – № 5. – Pp. 52-67. (Ukr)

УДК 004.896, 621.316

Н.А. МЕДЫКОВСКИЙ, д-р техн. наук, **И.Г. ЦМОЦЬ**, д-р техн. наук,
О.В. СКОРОХОДА, канд. техн. наук, **Ю.В. ЦЫМБАЛ**, канд. техн. наук

Национальный университет «Львовская политехника»

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ КОМПОНЕНТЫ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ НА ОСНОВЕ КОНЦЕПЦИИ SMART GRID

Показано актуальность разработки энергетических систем на основе концепции Smart Grid, выделено интеллектуальные компоненты для их реализации. Для реализации интеллектуальных компонент выбрано нейросетевые средства на основе модели геометрических преобразований. Разработаны интеллектуальные компоненты предварительной обработки данных (динамическая фильтрация шумов и восполнения пробелов в исходных данных), прогнозирования потребления и визуализации режимов работы энергетических систем. Библ. 4, рис. 1.

Ключевые слова: интеллектуальные компоненты, Smart Grid, искусственные нейронные сети, модель геометрических преобразований.

Надійшла 15.04.2015

Received 15.04.2015