

1. *ISO/IEC 15288. Systems and software engineering – System life cycle processes.* – 2008. – 75 p.
2. *IEC 61968. Application integration at electric utilities – System interface for distribution management.* – 2003 – 65 p.
3. *IEC 61970-301. Energy management system application program interface (EMS-API) – Part 301: Common information model (CIM) base.* – 2009 – 267 p.
4. *IEC/TR 62325-101. Framework for energy market communications. General guidelines.* – 2005. – 38 p.
5. *IEEE 1220. Standard for Application and Management of the Systems Engineering Process.* – 2005. – 168 p.
6. *NISTIR 7628. Guidelines for Smart Grid Cybersecurity.* – 2013. – 30 p.
7. *Smart Grid Reference Architecture / CEN-CENELEC-ETSI Smart Grid Coordination Group.* – 2012. – 107 p.

УДК 621.311

С.Е. Танкевич, канд. техн. наук
 Інститут електродинаміки НАН України,
 пр. Перемоги, 56, Київ-57, 03680, Україна

Информационные модели ОЭС Украины на основе эталонной архитектуры

Приведено определение эталонной архитектуры Smart Grid систем, определены ее назначение, цели и требования. Рассмотрены информационные архитектуры как неотъемлемые составляющие эталонной архитектуры, представлены конкретные примеры их разработки. Определены преимущества и особенности создания эталонной архитектуры ОЭС Украины и разработаны рекомендации по созданию конкретных информационных архитектур. Приведены результаты наработок при создании таких систем. Библиография, 7, рис. 4.

Ключевые слова: *Smart Grid*, интеллектуальные электроэнергетические системы, эталонная архитектура, информационные модели.

S.E. Tankevych

Institute of Electrodynamics of the National Academy of Sciences of Ukraine,
 Peremohy, 56, Kyiv-57, 03680, Ukraine

Information models of ips of ukraine based on the reference architecture

The definition of Smart Grid systems reference architecture, its purpose, objectives and the requirements are defined. We consider the information architectures, as core components of the reference architecture, and the specific examples of their development are given. The advantages and features of the creation of a reference architecture IPS of Ukraine and recommendations for the creation of specific information architectures are developed. The results of developed architectures of such systems are given. References 7, figures 4.

Key words: *Smart Grid*, intelligent power systems, reference architecture, information models.

Надійшла 3.07.2015
 Received 3.07.2015

УДК 621.311.001.57

ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ КОМП'ЮТЕРНИХ МОДЕЛЕЙ ПЕРСПЕКТИВНИХ РЕЖИМІВ ЕНЕРГОСИСТЕМ

А.М. Захаров, асп.

Інститут електродинаміки НАН України,
 пр. Перемоги, 56, Київ-57, 03680, Україна
 E-mail: zaharovgm@gmail.com

Показано, що моделі перспективних режимів енергосистем не можуть бути верифіковані. Розроблено алгоритм автоматизації настроювання моделей перспективних режимів енергосистем з метою підвищення якості розрахунку режимів. Бібліографія, 4, рисунок.

Ключові слова: статична стійкість, регулювання напруги, запас за реактивною потужністю.

Одним з головних завдань управління, яке виконує Системний оператор (СО) Об'єднаної енергетичної системи України (ОЕС України), є забезпечення сталого і надійного функціонування ОЕС у різних схемно-режимних ситуаціях. При цьому основною умовою забезпечення надійності функціонування енергосистеми є планування електричних режимів із забезпеченням нормативних запасів з статичної стійкості [2]. Планування електричних режимів базується на результатах розрахунків режимів стійкості, що проводяться фахівцями

СО на відповідних математичних моделях енергосистем (ЕС). Відомо, що математичні моделі поточних режимів ЕС можуть бути перевірені та скореговані шляхом порівняння результатів моделювання та фактичних даних, отриманих за допомогою вимірів режимних параметрів, що проводяться засобами диспетчерського управління та збору даних (SCADA), системи WAMS (Wide Area Measurement Systems) та ін. [3, 4]. У той же час моделі перспективних режимів створюються на основі моделей поточних режимів шляхом їх корекції. Зокрема, враховується прогнозне зростання навантаження споживачів, змін встановленої потужності електростанцій, розвиток мережі. Тому моделі перспективних режимів не можуть бути перевірені та скориговані подібно моделям поточних режимів. Звідси виникає питання адекватності та якості побудованих моделей перспективних режимів ЕС.

Метою цього дослідження є підвищення якості моделей перспективних режимів ЕС. Об'єктом дослідження є магістральні мережі ОЕС України з урахуванням її перспективного розвитку, а предметом – резерви за реактивною потужністю генераторів.

Для проведення дослідження в цій роботі використовувалось програмне забезпечення DigSILENT PowerFactory та комплексна модель мереж 110...750 кВ ОЕС України, яка реалізована в цьому програмному забезпеченні. У моделі мереж ОЕС України налічуються 135 підстанцій (ПС) та 300 ліній електропередачі [1].

Одним із показників того, що усталений режим (УР) наближений до границі за статичною стійкістю, є відсутність резервів на завантаження (розвантаження) за реактивною потужністю генераторів в ЕС. Тому при розрахунках УР може скластися цілком імовірна ситуація, коли для нормальної схеми досліджуваної моделі збіжність ітераційного процесу чисельного розв'язання лінійних алгебраїчних рівнянь методом Ньютона-Рафсона досягається, а в ремонтній чи ремонтно-аварійній схемах – ні. Відсутність резервів за реактивною потужністю генераторів у перспективній моделі енергосистеми не дає змоги проводити дослідження стійкості перспективних режимів, оскільки сама математична модель не є стійкою. В цьому контексті така модель є неякісною. Таким чином, для того щоб покращити якість моделі перспективних режимів, необхідно передбачити резерв за реактивною потужністю. Для автоматизації процесу настроювання уставок за напругою генераторів з метою створення резервів за реактивною потужністю був розроблений алгоритм, представлений на рисунку.

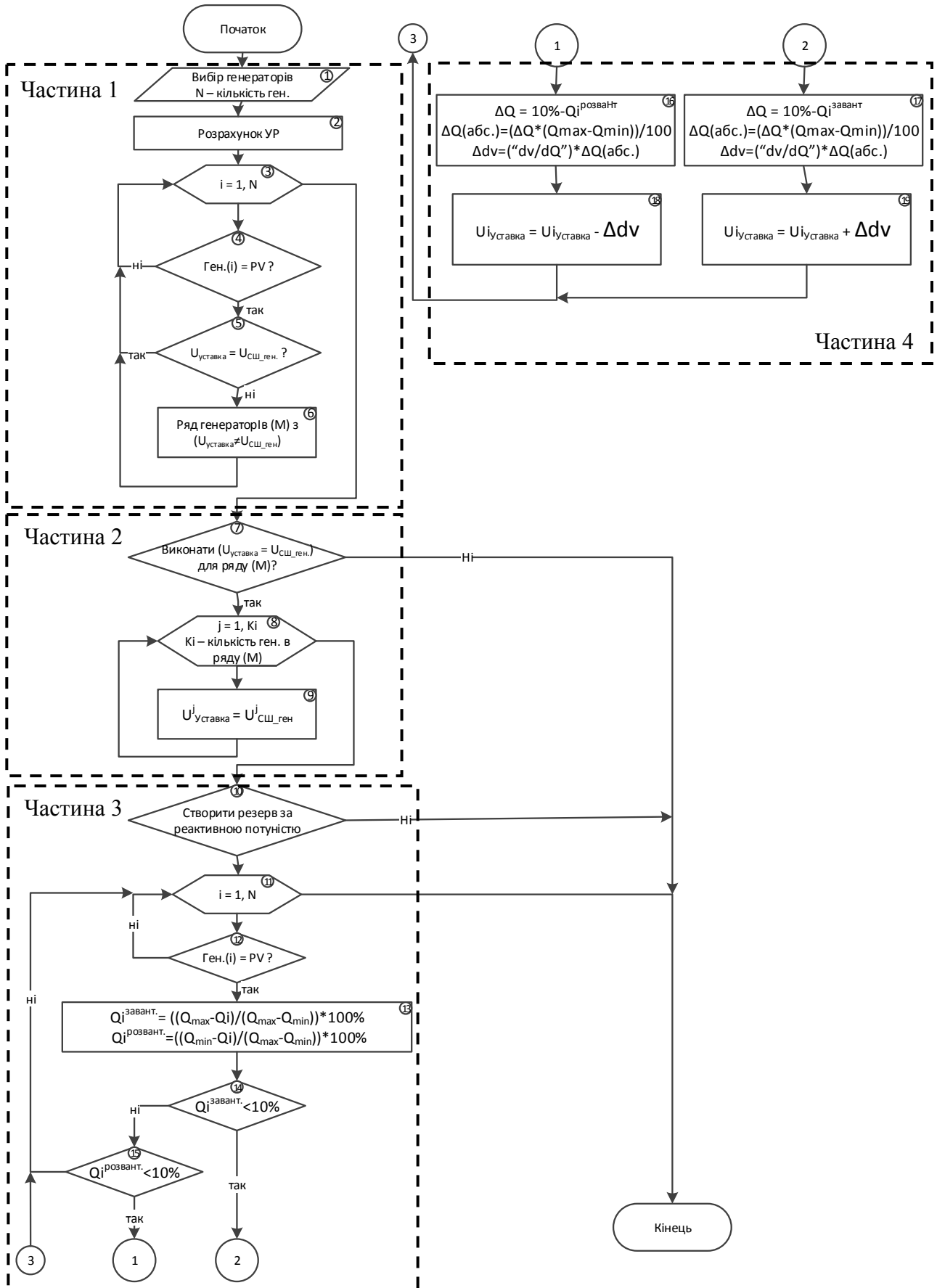
Розроблений алгоритм складається з чотирьох частин. У першій частині алгоритму виконується вибір генераторів, які беруть участь у перевірці резерву за реактивною потужністю. Наступним кроком у циклі виконується складання переліку генераторів (блок 6), які регулюють напругу (блок 4), проте не здатні в такому розрахунковому режимі забезпечити на контрольованих системних шинах (СШ) задані рівні напруги ($U_{\text{СШ_ген}}$, блок 5). У другій частині алгоритму виконується встановлення «нульового резерву» за реактивною потужністю генераторів, для чого розрахункове значення напруги на контрольованих СШ ($U_{\text{СШ_ген}}^j$) задається у якості уставки за напругою ($U_{\text{уставка}}^j$) для обраного переліку генераторів (блоки 8, 9). У третій частині алгоритму виконується аналіз наявних резервів на завантаження ($Q_i^{\text{завант}}$) та розвантаження ($Q_i^{\text{розвант}}$) за реактивною потужністю генераторів. Для цього розраховується (блок 13) та оцінюється (блок 14) за заданим критерієм значення поточного резерву за реактивною потужністю. Розрахунок значень резерву виконується за допомогою формул (1) та (2):

$$Q_i^{\text{завант}} = \frac{Q_{\text{max}} - Q_i}{Q_{\text{max}} - Q_{\text{min}}} \cdot 100, \% \quad (1)$$

$$Q_i^{\text{розвант}} = \frac{Q_{\text{min}} - Q_i}{Q_{\text{max}} - Q_{\text{min}}} \cdot 100, \% \quad (2)$$

де Q_{max} – максимальне значення генерації реактивної потужності генератора; Q_{min} – мінімальне значення генерації реактивної потужності генератора; Q_i – поточне розрахункове значення генерації реактивної потужності генератора.

У четвертій частині алгоритму виконуються розрахунок (блоки 16, 17) та застосування (блоки 18, 19) нових значень уставок за напругою генераторів для забезпечення відповід-



ності заданого критерію. У якості критерію виступає певний відсоток від загального обсягу здатності на завантаження та розвантаження за реактивною потужністю кожного генератора окремо. Для цього на основі даних щодо чутливості напруги від реактивної потужності $\frac{dV}{dQ}$ [1]

на контрольованих СШ розраховується коригувальне значення для уставки за напругою кожного генератора. На основі коригувальних значень визначаються нові уставки за напругою:

$$\Delta dV = \frac{dV}{dQ} \cdot \left(\frac{(K - Q_i^{\text{завант(розвант)})} \cdot (Q_{\max} - Q_{\min}))}{100\%} \right), \quad (3)$$

де K – задане значення запасу за реактивною потужністю у відсотках.

У результаті виконання комп'ютерної програми, розробленої на основі представлено-го алгоритму, для вибраних генераторів визначається коректна уставка за напругою, що забезпечує запас за реактивною потужністю.

За допомогою критерію N-2 виконано аналіз перспективної моделі ОЕС України для 2027 р. «до» та «після» настроювання відповідної перспективної моделі за допомогою розробленого алгоритму. В результаті розрахунку 52 326 ремонтно-аварійних схем мережі 220...750 кВ ОЕС України в моделі «до настроювання» було виявлено 12 схем, в яких збіжність розрахунку УР не досягається. У той же час після настроювання перспективної моделі за допомогою розробленого алгоритму спостерігаються лише дві ремонтно-аварійні схеми без збіжності УР. Таким чином, настроювання перспективних моделей дає змогу більш якісно виконувати розрахунки коригованих режимів.

Висновок. Розроблено алгоритм та на його основі комп'ютерну програму для підвищення якості моделей перспективних режимів ЕС шляхом перенастроювання уставок за напругою на генераторах електростанцій з метою забезпечення наявності резерву за реактивною потужністю.

1. Захаров А.М. Свідectво 45024 про авторське право на твір «База даних параметрів моделі магістральних мереж об'єднаної енергосистеми України для проведення розрахунків усталених режимів та статичної стійкості». Зареєстровано 06.08.2012.
2. Кириленко О.В., Павловський В.В., Лук'яненко Л.М., Зорін С.В. Аналіз стійкості енергетичних систем за напругою // Техн. електродинаміка. – 2010. – № 3. – С. 59–66.
3. Куликов Ю.А. Технология векторной регистрации параметров и ее применение для управления режимами ЕЭС России // Электро. – 2011. – № 2.
4. Стогній Б.С., Кириленко О.В., Денисюк С.П. Интеллектуальні електричні мережі електроенергетичних систем та їхнє технологічне забезпечення // Техн. електродинаміка. – 2010. – № 6. – С. 44–50.

УДК 621.311.001.57

А.М. Захаров, асп.

Институт электродинамики НАН Украины,
пр. Победы, 56, Киев-57, 03680, Украина

Повышение качества компьютерных моделей перспективных режимов энергосистем

Показано, что модели перспективных режимов энергосистем не могут быть верифицированы. Разработан алгоритм автоматизации настройки моделей перспективных режимов энергосистем с целью повышения качества расчета режимов. Библ. 4, рисунок.

Ключевые слова: статическая устойчивость, регулирование напряжения, запас по реактивной мощности.

A.M. Zakharov

Institute of Electrodynamics of the National Academy of Sciences of Ukraine,
Peremohy, 56, Kyiv, 03680, Ukraine

The quality improving of computer models of perspective power system modes.

It is shown that the model of power system perspective modes cannot be verified. The algorithm for automated configuration models of perspective power system modes to improve the quality of the operating conditions has been developed. References 4, figure.

Key words: static stability, voltage regulation, margin of reactive power.

Надійшла 13.07.2015

Received 13.07.2015