

УДК 621.311

ІНФОРМАЦІЙНІ МОДЕЛІ ОЕС УКРАЇНИ НА ОСНОВІ ЕТАЛОННОЇ АРХІТЕКТУРИ

С.Є. Танкевич, канд. техн. наук
 Інститут електродинаміки НАН України,
 пр. Перемоги, 56, Київ, 03680, Україна
 e-mail: tankevych.s@gmail.com

Наведено поняття еталонної архітектури Smart Grid систем, визначено її призначення, цілі та вимоги. Розглянуто інформаційні архітектури як невід'ємні складові еталонної архітектури, представлено конкретні приклади їх розроблення. Визначено переваги та особливості створення еталонної архітектури ОЕС України та розроблено рекомендації щодо створення конкретних інформаційних архітектур. Наведено результати наробок при створенні таких систем. Бібл. 7, рис. 4.

Ключові слова: Smart Grid, інтелектуальні електроенергетичні системи, еталонна архітектура, інформаційні моделі.

Одним з ключових напрямків розвитку електроенергетичної галузі на сьогодні є удосконалення процесів автоматизації керування електроенергетичними системами (ЕЕС) та об'єднаннями. Невід'ємною частиною цього процесу є інтеграція у енергетичні системи сучасних інформаційних та комунікаційних технологій (ІКТ), що забезпечують надійність та ефективність організації інформаційного обміну між електроенергетичними об'єктами (ЕЕО) та значно розширюють можливості керування, в першу чергу, за рахунок використання інтегрованої безпечної, надійної і високопродуктивної комунікаційної мережі. Одночасно впровадження конкурентних моделей ринків електричної енергії (РЕЕ) висуває низку нових та специфічних вимог до організації процесів збору і аналізу інформації щодо технологічних параметрів роботи ЕЕО та комерційної інформації. Забезпечення виконання таких вимог при керуванні технологічними процесами в ЕЕС та при організації функціонування РЕЕ потребує впровадження новітніх інформаційних технологій, інструментів та методів інтелектуалізації. Саме інтеграція ІКТ у електроенергетичні системи стала ознакою концепції *Smart Grid*. Така концепція розглядається як процес еволюції існуючих електричних мереж і систем з урахуванням нових вимог до розробки сучасних компонентів автоматизованих систем керування (АСК). Впровадження концепції *Smart Grid* неможливе без узгодження технологічних та інформаційних процесів на усіх ієрархічних рівнях ЕЕС. Функціональне поєднання цих складових (рис. 1) як єдиного цілого вирізняє ідеологію *Smart Grid* від ідеології побудови традиційних АСК ЕЕС та систем, пов'язаних з функціонуванням РЕЕ.

Застосування ІКТ у ЕЕС поряд з розширенням можливостей керування призводить також і до утворення нової структури систем із численними новими учасниками, безліччю додатків і мереж, які мають спільно функціонувати і ефективно взаємодіяти між собою. Цього можна досягти лише у тому разі, якщо розробники інтелектуальних систем зможуть покладатися на узгоджений набір моделей, що дадуть можливість детально описувати системи, регламентувати комунікаційні зв'язки та протоколи, а також встановлювати певні правила щодо організації процесу керування. Такі моделі дозволяють розробляти так звану еталонну архітектуру [7].

Зважаючи на зазначене, метою статті є ви-

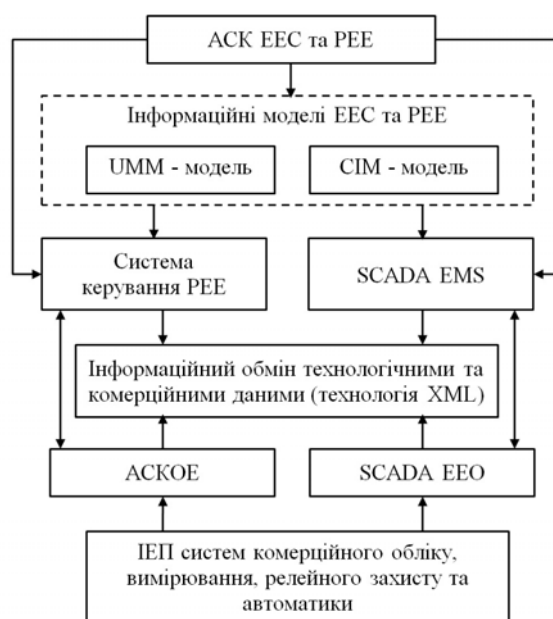


Рис. 1

значення та розроблення основних інформаційних архітектур, що дадуть змогу створити еталонну архітектуру *Smart Grid* як систем у цілому, так і систем технологічного керування і організації роботи РЕЕ та їх взаємодії, а також формування рекомендацій щодо створення еталонної архітектури Об'єднаної енергетичної системи (ОЕС) України.

У загальному випадку архітектура системи – це основа її організації. Вона втілюється в компонентах, організації їх взаємодії один із одним і з оточуючим середовищем та визначає принципи її розроблення і еволюції [1]. **Еталонна архітектура** системи представляє собою концептуальну модель такої системи і задає специфікацію її спільних об'єктів, сервісів, інтерфейсів. Еталонна архітектура відображає функціональні інформаційні потоки між основними компонентами системи, інтегрує архітектури великої кількості систем і підсистем, узагальнює і виділяє найбільш важливі вимоги енергетичної галузі, а також надає проєктувальникам незалежні від конкретних технологій рішення та підходи для використання їх при реалізації нових проєктів. Тобто еталонна архітектура – узагальнений інструмент для опису, дослідження та розробки архітектури конкретної системи.

Основні загальні вимоги до еталонної архітектури пов'язані з використанням об'єктного та сервісного моделювання; методів і підходів, що є незалежними від конкретних технологій; метаданих; стандартів; шлюзів і конверторів протоколів. Важливою складовою цих вимог також є її універсальність, тобто вона, по можливості, не повинна обмежувати застосування будь-яких конкретних технічних рішень або законів керування.

Отже, метою еталонної архітектури є можливість розділення складних систем (якими апріорі є системи *Smart Grid*) на об'єкти, які можна відокремити один від одного згідно з певними принципами. Таким чином, можна проводити опис всієї системи з точки зору окремих об'єктів та їх взаємозв'язків. Існує кілька підходів до розгляду інтелектуальних систем і проведено їх розподілення.

Першою слід визначити концептуальну архітектуру, яка являє собою високорівневе представлення основних учасників системи, основних бізнес-областей (вузлів) системи та їх взаємодію.

Функціональна архітектура є систематизацією функцій та їх підфункцій, інтерфейсів (внутрішніх і зовнішніх) і визначає послідовність виконання, умов для потоків даних або керування, а також вимоги до функціонування та робочих характеристик відповідно до вимог базового рівня [5].

Наступна комунікаційна архітектура є формалізованим описом системи обміну інформацією між АСК ЕЕС, її компонентами та ЕЕО. Фактично мова йде про відображення функціональної архітектури, але зі значним акцентом на систему зв'язку.

Архітектура інформаційної безпеки є специфікацією складових із забезпечення безпеки інформаційного обміну відповідно до набору принципів щодо розробки таких систем.

Інформаційна архітектура являє собою узагальнене, але чітко визначене представлення учасників, включно з їх функціями, властивостями та взаємозв'язками. Ця архітектура значною мірою базується на СІМ технології, що знаходить широке застосування сьогодні для формалізації моделі опису ЕЕО, обміну інформацією про їх структуру, обладнання і топологію [3] та методології UMM, яка дає змогу створювати об'єктно-орієнтовані (рольові) моделі сегментів ринку [4].

І на кінець, сервіс-орієнтована архітектура, що не залежить від застосовуваної технології та організовує окремі функції, що виконують зовнішні або сторонні програми і елементи систем у взаємозамінні, застандартизовані сервіси, які можуть бути об'єднані та швидко використані відповідно до потреб певного ЕЕО.

Всі зазначені архітектури є важливими складовими повного опису *Smart Grid* систем. Зрозуміло, що такий набір архітектур не може залишатися сталим назавжди. Він має розвиватися з часом, разом із прогресом у створенні інтелектуальних систем, розширенням їх функціональності та вимогами бізнесу.

Концептуальна архітектура. Основною проблемою інтелектуальних систем є необхідність поєднання різних (електричних та комунікаційних) мереж, що потребують постійної

підтримки, і з часом мають задовольняти потребам нових учасників, розширювати можливості взаємодії з ними, незалежно розвиватися і при цьому підтримувати високий рівень безпеки.

Концептуальна архітектура – це не тільки інструмент для визначення ролей учасників і можливих комунікацій у системі, але також і корисний спосіб для визначення потенційних внутрішніх і міжсистемних взаємодій та потенційних програмних рішень і можливостей. Зазвичай у концептуальну модель включають цілу низку учасників з відповідним рівнем відповідальності.

Ринки. Вони відіграють важливу роль у розширенні бізнес-можливостей в *Smart Grid* системах. Ринки можуть виконувати декілька ролей. Мова йде про біржу електроенергії, оптовий ринок, балансуєчий ринок тощо.

Постачальники сервісів. У цій ролі різні учасники пропонують технології, продукти і сервіси інших учасників такої моделі. Прикладом постачальників сервісів можуть бути: постачальники допоміжних послуг, оператори вимірювань, постачальники інформаційно-комунікаційних послуг, постачальники електромережевого устаткування.

Споживачі. Мова йде про промислових, а також про побутових споживачів. Як і всі інші споживачі, вони можуть бути включені в контракти з позиції керування попитом.

Джерела розподіленої генерації (ДРГ). Такі джерела генерації забезпечують альтернативу зосередженій генерації або розширюють традиційні електроенергетичні системи, використовуючи малопотужні технології генерації.

Передавання/розподіл. Магістральні та розподільні мережі виконують покладені на них ролі передавання та розподілу електроенергії.

Потужна генерація. Робить активний внесок у регулювання напруги та реактивної потужності. Має забезпечувати необхідними даними (інформацією щодо перерв в електропостачанні, прогноз, фактичне виробництво) ринок електроенергії.

Мережевий оператор. Стосується підприємств щодо роботи, будівництва, технічного обслуговування і планування магістральних та розподільних мереж.

Наведений на рис. 2 перелік ролей стосується в першу чергу ОЕС України. Він не охоплює всіх можливих учасників інтелектуальних систем. Мова може йти і про інших, наприклад, монтажні організації та підрядники, електротранспорт, які також відіграють важливу роль у функціонуванні системи. Роль споживача також може бути розділена щонайменше на дві категорії: промислові та побутові споживачі.

Основна роль «підтримки ІКТ» – зробити можливими бізнес-відносини між учасниками за рахунок можливостей ІКТ.

Ця концептуальна архітектура має дві основні області, в яких функціонують такі учасники:

- область передавання даних. У цій області переважна більшість взаємодій між учасниками виконується за допомогою програмного забезпечення, додатків і рішень на основі ІКТ;
- область передавання енергії. У цій області більшість взаємодій належить до керування та оптимізації потоків потужності.

Функціональна архітектура. Ця архітектура базується на окремих вимогах, зокрема, безпеки і продуктивності, а також спирається на концептуальну модель. Роль функціональної архітектури полягає в організації функцій системи та інтерфейсів таким чином, щоб були зрозумілими послідовність виконання дій та умови для керування або передавання даних. Функції можуть для зручності поділятися на підфункції, а інтерфейси – на зовнішні та внутрішні.

Еталонна архітектура розглядає основні складові системи, а також пов'язані

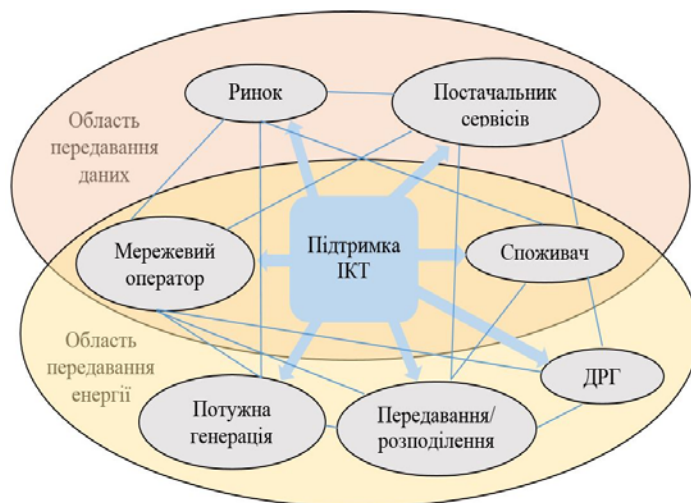


Рис. 2

з ними підсистеми. Підсистемою може вважатися група пов'язаних функцій, яку можна виокремити у автономну частину більшої системи. Функціональна архітектура може бути подана довільним чином. Наприклад, підсистема інтелектуальних вимірювань, яка тільки починає розвиватися в ОЕС України, може бути побудована так, як показано на рис. 3. Інтелектуальна система вимірювань завжди містить центральну систему керування і кінцеві вимірювальні пристрої (лічильники, системи автоматизації підприємств тощо), що з'єднані між собою комунікаційною мережею через відповідні точки доступу. Кінцеві пристрої можуть мати інтерфейси для зв'язку з мережею або з центром керування (інтерфейси 1 і 2) і принаймні один з них має реалізовуватися в кожній системі. Кінцевий пристрій може мати інтерфейс (3.2) для локального з'єднання з простим зовнішнім дисплеєм користувача. Системи автоматизації можуть мати зв'язок з однією або кількома точками доступу до мережі (інтерфейс 3.1).

Комунікаційна архітектура. Роль ІКТ в інтелектуальних системах величезна і є ключовим елементом на шляху побудови еталонної архітектури таких енергосистем. Зокрема, використання різних комунікаційних технологій можуть сформувати зовсім різні ролі комунікаційних мереж.

Хоча функціональна архітектура розглядає комунікації в конкретних підсистемах і містить зазвичай комунікаційну інфраструктуру підсистеми, включаючи публічні, приватні мережі та Інтернет, разом з тим важливо будувати також і комунікаційну архітектуру. Вона допомагає зрозуміти вплив різних комунікаційних стандартів на організацію підсистем і детальному визначенню специфічних підмоделей. При розробці комунікаційної архітектури необхідно враховувати велику різноманітність мереж і сценаріїв під'єднання. На сьогоднішній день мова може йти про використання:

- великого різноманіття мереж (домашні мережі, локальні мережі підприємства, промислові NAN мережі, мережі з використанням ліній електропередачі (ЛЕП), дротові та бездротові мережі, базові мережі тощо);
- різноманіття базових комунікаційних технологій (за допомогою ЛЕП, стільникового зв'язку, багатовузлових мереж тощо);
- безлічі можливих сценаріїв з'єднання між функціональними підсистемами, які зазвичай задіюють лише частину комунікаційних мереж;



Рис. 3

- використання різних комунікаційних технологій на різних рівнях комунікаційного стека. Конкретний вибір має ґрунтуватися на специфічних вимогах і бізнес-моделях.

Інформаційна архітектура. Представлення учасників, що взаємодіють у рамках або між підсистемами, є обов'язковим для забезпечення необхідного рівня взаємосумісності, яка в свою чергу досягається за допомогою використання стандартизованих інформаційних моделей або принципів їх побудови.

Деякі інформаційні моделі для інтелектуальних систем чітко визначені, серед них:

- моделі загального призначення, такі як загальна інформаційна модель [3];
- специфічні моделі для застосування в конкретній предметній області, такі як: *ANSI C12*, *IEC 61850* (частково), *IEC 62056-XX (DLMS / COSEM)* тощо (для систем інтелектуальних вимірювань); *SAE J1772*, *ISO/IEC 15118* (для електричного транспорту); *ZigBee Smart Energy Profile 2.0* (автоматизація будівель, медичне обладнання, побутова електроніка тощо).

При розробці інформаційних моделей важливим питанням є зрозумілість і узгодженість моделей даних, а також ризик надмірно специфічних моделей, що призводять до

розрізненості додатків. Слід переконатися, що інформаційна архітектура спирається на встановлені стандарти, а також, що інформаційна модель придатна для перебудови окремо розроблених моделей.

Архітектура інформаційної безпеки. Національний інститут стандартів і технологій США розробив комплексний підхід до архітектури інформаційної безпеки. Вона відображена в пакеті документів [6], що містить такі розділи: стратегія, архітектура і вимоги високого рівня; конфіденційність. На сьогодні це найбільш повне рішення у сфері інформаційної безпеки (рис. 4).

Сервіс-орієнтована архітектура.

Сучасна система керування мережею забезпечує сервіс-орієнтовану архітектуру зі стандартизованим процесом. Специфікації інтерфейсу і комунікацій, що застандартизовані у стандартах [2, 3], є базисом для модернізації системи керування мережею з використанням найсучасніших інформаційних технологій. Сервіси такої системи керування містять: сервіси даних, до яких можуть отримати доступ бази даних ключових додатків, наприклад, зчитувати характеристики експлуатаційного обладнання, що пошкоджене при аварійному режимі; функціональні логічні сервіси, наприклад, для запуску програми обчислення потоку потужності в системі електропостачання; бізнес-логічні сервіси, які координують бізнес-логіку для специфічних робочих процесів керування задіяних підсистем.

Слід зазначити, що ця архітектура фокусується на внутрішніх системах (системах підприємства), а не на зовнішніх системах і мережах. Така модель носить більш описовий, а не розпорядчий характер.

Висновки. Розроблення наведених у статті інформаційних архітектур є невід'ємною частиною вимог до побудови та впровадження технологій *Smart Grid* в Україні. Розроблені інформаційні моделі, що представлені у статті у спрощеному вигляді, дають змогу створити еталонну архітектуру ОЕС України, яка відповідає міжнародним нормам, враховувати всі необхідні аспекти побудови *Smart Grid* систем і, в свою чергу, дає змогу: покращити взаєморозуміння усіх зацікавлених задіяних сторін; забезпечити вектор розвитку інфраструктури, що націлений на поточні та перспективні вимоги учасників; забезпечити практичну реалізацію найбільш прогресивних способів створення інтелектуальних систем; забезпечити сумісність створюваних і вже існуючих компонентів систем; забезпечити цілеспрямоване виконання критично необхідних для реалізації інтелектуальної енергосистеми заходів. До того ж така еталонна архітектура дасть можливість у перспективі об'єднати інформаційні архітектури підсистем з відповідними моделями енергосистем європейських країн.

Значна увага приділяється розробці концептуальної архітектури. Слід визначитися з методологією побудови функціональної архітектури підсистем або розробити власну методологію, оскільки функціональна архітектура має бути прозорою, модульною та зрозумілою для фахівців, що працюють в інших підсистемах. Важливою також є гармонізація різних архітектур підсистем для сприйняття у складі загальної еталонної архітектури. Архітектура інформаційної безпеки, сервіс-орієнтована та комунікаційна архітектури значною мірою спираються на світові нароби у цій сфері.

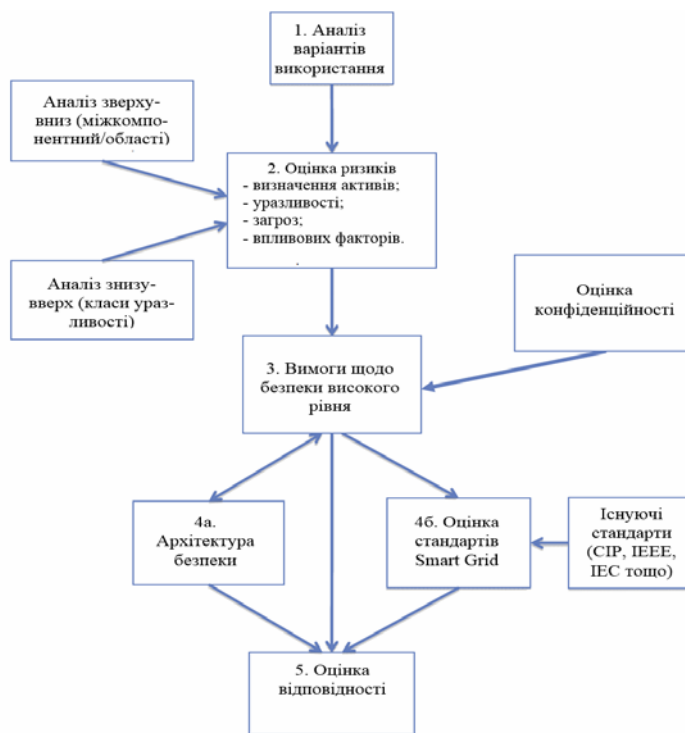


Рис. 4

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