

УДК 004.892

Коваленко О.Є., к.т.н.

АСПЕКТИ ПОБУДОВИ СИСТЕМ КІБЕРЕНЕРГЕТИКИ

Інститут проблем математичних машин і систем НАН України

Kovalenko.O.E@nas.gov.ua

Вступ

У світі, де сфера застосування комп'ютерів та комп'ютерних мереж постійно розширюється, комп'ютерна обробка інформації та комп'ютерні обчислення відіграють центральну роль в організації роботи, навчання, життя, досліджень і спілкування людей. Технології все більше проникають у суспільство і стають звичайним явищем практично у будь-якій діяльності. Межа між людьми і технологіями зменшується до рівня, коли соціально-технічні системи стають природним розширенням людського досвіду – другою натурою, допомагаючи, піклуючись і вдосконалюючи людей. Як наслідок, обчислювальні технології та життєвий цикл людей, організацій і суспільства спільно еволюціонують, перетворюючи один одного в ході цього процесу. Однією з основних ознак інноваційного розвитку є кіберізація різних сфер діяльності. Кіберізація – це процес конвергенції (поєднання) цифрових кібер-сутностей з численними сутностями в традиційних сферах (світах) з набором кіберматичних теорій і технологій, що охоплюють кіберпростір, кібербезпеку, кіберфізику, кібер-інтелект, кібер-життя тощо. Кібер-сутності та світи з кібер-підтримкою формуються і розширюються в нові сфери, такі як кібер-фізична, кібер-соціальна, кібер-ментальна, кібер-людська, які є предметом відповідних міждисциплінарних досліджень. Систематичне вивчення кібернетичних світів і пов'язаних з ними кібер-сутностей поєднується у цілісній сфері досліджень, яка дістала назву кіберматика [1]. Кіберматика орієнтована в основному на кібер-сутності, які існують у кібер-світі і можуть мати відношення з сутностями у кібер-пов'язаних світах. Таким чином, кіберматика поділяється на дві основні кате-

горії досліджень, відповідно, категорію кіберсвіту і кіберпов'язану категорію. Кібер-сутності пов'язані з енергетичною галуззю утворюють кібернетичний світ кіберенергетики. [2].

Мета

Метою дослідження є формування концептуального базису побудови систем кіберенергетики (СКЕ) на основі конвергенції проектних підходів для підтримки системно процесів створення складних комп'ютеризованих систем управління за рахунок застосування принципів системної інженерії.

Основна частина

Енергетична стратегія України на період до 2035 року «Безпека, енергоефективність, конкурентоспроможність» схвалена розпорядженням Кабінету Міністрів України від 18 серпня 2017 року № 605-р [3] передбачає, зокрема, оптимізацію та інноваційний розвиток інфраструктури та забезпечення сталого розвитку енергетичної галузі. Так, оптимізація мереж та засобів обліку орієнтована на

- створення умов для завершення проектів з підвищення надійності енергосистеми, поліпшення зв'язків з енергосистемою континентальної Європи, ліквідації обмежень з видачі потужності генеруючих підприємств;
- сприяння впровадженню «розумних» енергомереж (Smart Grids) і «розумного» обліку споживання електроенергії у споживачів (Smart Metering);
- стимулювання створення інфраструктури для розвитку електротранспорту, включаючи муніципальний;
- покращення показників надійності енергопостачання (SAIDI, SAIFI).

Стосовно забезпечення сталого розвитку передбачено проведення робіт по «оцифруванню» об'єктів енергетики та

використання цифрових моделей для моніторингу їх функціонування та здійснювати їх ефективно управління, на основі як автоматичного та і ситуаційного підходу.

Побудова конвергентних СКЕ ґрунтується на інформаційному, архітектурному та технологічному аспектах реалізація яких забезпечує задоволення потреб цільової предметної області з урахуванням динаміки функціонування СКЕ в процесі реалізації життєвого циклу системи або системи систем.

Основою для створення моделі конвергентної системи є модель знань предметної сфери. Конвергенція частинних моделей у загальній моделі знань забезпечує методологічний базис для побудови СКЕ цільового призначення. Створення систем підтримки цілеспрямованої діяльності, заснованих на знаннях, вимагає врахування особливостей неформалізованих або слабоформалізованих знакових систем, які використовуються для представлення знань. Одним з універсальних засобів представлення знань у цілеспрямованих системах є апарат теорії патернів. Умовою конкретизації семантики патернів в межах семантичних доменів є визначення контексту через середовище оточення патернів. Механізми управління цілеспрямованою діяльністю ґрунтуються на використанні шаблонів-патернів і коригуючих патернів, які визначаються у точках біфуркації.

Інформація є предметом і продуктом реалізації технологій ситуаційного управління в ССУ. Отже, виникає необхідність використання адекватної моделі злиття та виділення предметної інформації в процесах СУ. Проблема злиття інформації в динамічних ССУ присвячена велика кількість публікації і, зокрема, у роботі «Управління злиттям інформації на високому рівні та проектування систем» [4] проведено узагальнення та наведені приклади використання (переважно у військовій сфері) підходів та моделей стосовно злиття інформації. Відповідно моделі I-SDKW [5-6] розрізняють моделі злиття даних та злиття знань.

Архітектурний аспект побудови СКЕ ґрунтується на використанні еталонних архітектурних моделей для комп'ютерно-насичених систем. Архітектура конвергентної СКЕ описується з холистичних позицій і поєднує різні точки зору на систему. Основною метою побудови архітектури є створення необхідних спроможностей як окремих конситуентних систем в складі СКЕ, так і емерджентних спроможностей СКЕ в цілому.

Архітектурні рішення для реалізації систем кібер-енергетики повинні узгоджуватись з загальною моделлю функціонування енергоринку та відповідати конкретним моделям діяльності, прийнятим в окремих компонентах систем енергетики. Ланцюжок цінностей (value chain) в енергетичній галузі включає в себе етапи генерації, реалізації, транспортування, розподілу, роздрібною торгівлі, обліку та регулювання споживання. Кожному з цих етапів відповідає свій набір (множина) кібернетичних та кібер-пов'язаних сутностей. Інша точка зору на архітектуру стосується учасників ланцюжка цінностей енергоринку. В загальній архітектурі зацікавлених сторін можна виділити таких учасників як глобальні виробники енергії, локальні виробники енергії, розподільники енергетичних потужностей, енерготрейдери, споживачі енергії, місцеві виробники/постачальники енергії (прос'юмери), підтримуючі служби. Також слід враховувати вид джерела генерації енергетичних потужностей такі як теплові, атомні, гідроелектричні, відновлювальні тощо. Важливою ознакою сучасного енергоринку є невідпинне зростання частки відновлювальних джерел електроенергії у загальному балансі енергетичних потужностей. Отже, при вирішенні проблеми кіберизації енергетики разом з моделлю ланцюжка цінностей в традиційній енергетиці слід враховувати також такі нові моделі як модель використання «зеленої» енергетики, колективного використання, прос'юмерського використання та прос'юмерської підтримки. Частина різноманітних відновлювальних дже-

рел енергії буде і надалі зростати, що вимагає гармонізації мінливого енергетичного ландшафту на основі сучасних кіберматичних підходів.

Архітектурна модель служить простим, але потужним інструментом по застосуванню системного підходу для планування робіт зі створення і використання інформаційних систем та їх стикування. Схема архітектури дозволяє концентруватися на окремих аспектах системи і в той же час не втрачати відчуття загального контексту, тобто, погляду на підприємство в цілому.

Модель Захмана [7] послужила основою для створення цілого ряду інших методик і моделей опису архітектури підприємства, таких як Федеральна архітектурна модель (FEAF) США [8], методика опису архітектури Open Group (TOGAF) [9], методика опису архітектури міністерства оборони США (DoDAF) [10], UPDM [11]. Зокрема, групи метамodelей DoDAF V2.0 підтримують різні аспекти розгляду та шість ключових процесів DoD, що виконуються в рамках Системи розвитку інтеграції спільних спроможностей (SPICC, The Joint Capabilities Integration Development System – JCIDS), Системи оборонних закупівель (Defense Acquisition System – DAS), ресурсного планування, розподілу, бюджетування та забезпечення (Planning, Programming, Budgeting, and Execution PPBE), інженерії систем (Systems Engineering), здійснення операцій (операційної діяльності, Operations) та управління портфелями інвестицій у IT та спроможності (Portfolio Management (IT and Capability)). Існуючі моделі та методики опису архітектури КС задають класифікацію основних областей і єдині принципи для їх опису у системній взаємодії, описи використовуваних політик, стандартів, процесів, моделей для визначення різних елементів архітектури.

Узагальнюючою архітектурною моделлю для UPDM, DoDAF, MoDAF і NAF є уніфікована архітектурна модель OMG UAF [12]. Модель UAF застосовується для

предметних областей (доменів), де застосовуються моделі DoDAF, MoDAF та NAF (архітектурна модель НАТО). Модель UAF є розвинутим засобом для моделювання складних ситемних архітектур, забезпечує гнучкість моделювання і реалізований як профіль UML на основі SysML. Модель UAF є основою для аналізу складних кіберконвергентних систем і надає

- спільну термінологію в рамках конвергентних предметних областей (доменів),
- загально прийнятні поняття (концепти) та моделі,
- спільні мовні засоби в рамках коніергентної системи,
- уніфікацію термінології при застосуванні декількох еталонних моделей,
- підтримує реалізацію моделей методологій на основі MBSE/SysML.

Методика моделювання архітектури є інструментом для створення широкого спектра різних архітектур. Вона, як правило, включає в себе опис методів проектування IT-архітектури в термінах використання певних "будівельних блоків", опис того, як ці "будівельні блоки" пов'язані між собою, набір інструментів для опису елементів архітектури, загальний словник використовуваних термінів. Методики також можуть містити список рекомендованих стандартів і сумісних продуктів, які можуть використовуватися для реалізації різних елементів архітектури. Важливо розуміти, що методики не тільки задають набір документів і планів, необхідних для опису підприємства, але й визначають, як всі ці елементи опису пов'язані між собою.

Технологічний аспект побудови конвергентних СКЕ стосується вибору адекватних засобів модельно-орієнтованої розробки систем, враховуючи особливості сфери ситуаційного управління і, зокрема, змінюваність конституентних систем у складі СКЕ при реалізації різних етапів ситуаційного управління.

Адаптований відповідно до положень стандарту ISO/IEC/IEEE 15288 [13] життєвий цикл СКЕ включає наступні стадії:

- задум;

- розробка;
- побудова (виробництво);
- використання та підтримка використання;
- модернізація;
- виведення з експлуатації.

Стадія формування задуму СКЕ включає в себе процеси дослідження предметної сфери її застосування та визначення основних підходів до її розробки та побудови. Знання, отримані на цьому етапі повинні відображати специфіку виділеного (конкретного) тематичного домену предметної сфери у вигляді когнітивної мережі основних концептів. Семантика такої мережі може бути описана семантичною моделлю Кріпке (не плутати зі структурою (моделлю) Кріпке для недетермінованих скінчених автоматів) [14]:

$$\langle W, R, \Vdash \rangle, \quad (1)$$

де $\langle W, R \rangle$ – шкала (фрейм) Кріпке на множині вузлів (світів) W з відношеннями R

(множиною стрілок або упорядкованих пар) на W : $R \subseteq W \times W$; \Vdash – символ (відношення) істинності (оцінки, виконання). Наприклад, модальна формула $w \Vdash A$ означає що “ w задовольняється A ”, “ A виконується у w ”, або “ w визначає (спонукає, викликає) A ”. Семантика Кріпке (реляційна семантика, фрейм-семантика) дозволяє створювати логічні моделі ситуацій в базисі інтуїціоністської (конструктивної) та модальних логік [15].

Після визначення семантики системи у вигляді моделі знань (1) проводиться розробка системи. Розробка СКЕ як складної системи включає в себе такі групи процесів (рис.1):

- аналіз потреб та моделювання;
- інженерія вимог (визначення та управління вимогами);
- побудова архітектури та затвердження.

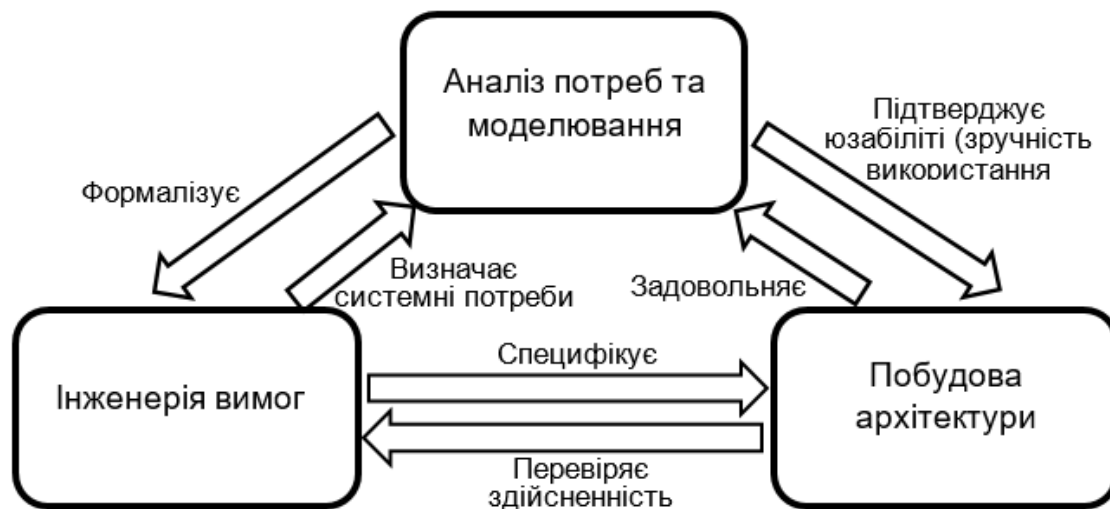


Рис. 1. Процеси розробки СКЕ

Задум цільової системи та її СКЕ представляється у вигляді переліку потреб та моделей на основі аналізу яких проводиться формалізація вимог у відповідності з потребами. Виконання процесів інженерії вимог забезпечує визначення системних потреб та специфікацію архітектури СКЕ у відповідності з архітектурою цільової системи та формалізованих моделей. Зокрема, одним з результатів інженерії вимог є затверджена політика безпеки цільової системи, що зберігається у базі знань

(БЗ) СКЕ. Побудова архітектури СКЕ специфікується формалізованими вимогами до системи з БЗ СКЕ та підтверджуються результатами аналізу на основі моделей системи та тестових експлуатаційних задач.

Висновки

Створення СКЕ пов'язане з врахуванням основних аспектів, що визначають життєвий цикл та спеціалізацію таких систем. Такими аспектами є інформація, архі-

тектура та технології. Інформаційний аспект визначає процеси трансформації інформації в СКЕ на основі моделей представлення предметної сфери для різних категорій. Архітектурний аспект надає інструменти і засоби узагальненого представлення процесів побудови і функціонування системи та визначення її спроможностей. Технологічний аспект забезпечує процедури підтримки створення та функціонування СКЕ в рамках її життєвого циклу на основі інформаційних та архітектурних моделей.

Література

1. J. Ma, H. Ning, R. Huang, H. Liu, L. T. Yang, J. Chen, G. Min. Cybermatics: A holistic field for systematic study of cyber-enabled new worlds. IEEE Access. – Т. 3. – Р. 2270-2280.
2. О. Коваленко. Елементи архітектури систем кібер-енергетики. Безпека енергетики в епоху цифрової трансформації: матеріали науково-практичної конференції. – К.: Інститут проблем моделювання в енергетиці ім. Г.Є. Пухова НАН України, 2019. – Р. 69-71.
3. Про схвалення Енергетичної стратегії України на період до 2035 року “Безпека, енергоефективність, конкурентоспроможність”. – Кабінет Міністрів України, 18 Серпень 2017. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/605-2017-%D1%80#Text>.
4. E. Blasch, É. Bossé, D.A. Lambert, High-level information fusion management and systems design. – Artech House, 2012. – 370 p.
5. О. Коваленко. Онтологія та модель трансформації інформації в ситуаційних агентних ситсемах. Електронне моделювання, 2020. – Т. 42, №5. – Р. 5-23.
6. О. Kovalenko. Information Taxonomy and Ontology for Situational Management. 2018 IEEE 13th International Scientific and Technical Conference on Computer Sciences and Information Technologies, CSIT 2018 – Proceedings. – Т. 2. – Р. 94-97.
7. J. Zachman. A Framework for Information Systems Architecture. IBM Systems Journal, 1987. – Т. 26, №3. – Р. 276-292.
8. Federal Enterprise Architecture Framework Version 2, 29 January 2013. [Electronic resource]. – Available at: https://obamawhitehouse.archives.gov/sites/default/files/omb/assets/egov_docs/fea_v2.pdf
9. G. Kreizman, C.H. Baum, E.A. Fraga. Gartner Enterprise Architecture: A Home for E-Government, Gartner, 29 July 2003. [Electronic resource]. – Available at: <https://www.gartner.com/doc/405561/gartner-enterprise-architecture-home-egovment>.
10. US Department of Defense. Department of Defense Architecture Framework (DoDAF), Version 2.02, 03 March 2011. [Electronic resource]. – Available at: <https://dodcio.defense.gov/Library/DoD-Architecture-Framework/>.
11. OMG, Unified Profile for DoDAF and MODAF (UPDM). Version 2.1, Object Management Group (OMG), August 2013. [Electronic resource]. – Available at: <https://www.omg.org/spec/UPDM/>.
12. OMG, Unified Architecture Framework (UAF), OMG, April 2020. [Electronic resource]. – Available at: <https://www.omg.org/spec/UAF/>.
13. ISO/IEC/IEEE 15288:2015 Systems and software engineering – System life cycle processes, 2015. [Electronic resource]. – Available at: http://www.iso.org/iso/home/store/catalogue_tc/catalogue_detail.htm?csnumber=63711.
14. S. Kripke. Semantical Considerations on Modal Logic, Acta Philosophica Fennica, 1963. – № 16. – Р. 83-94.
15. О.Є. Коваленко. «Застосування модальної логіки при прийнятті рішень на моделях знань,» Математичне та комп'ютерне моделювання. Серія: Технічні науки: зб. Наук. Праць, 2012. – №6. – Р. 106-112.

Коваленко О.Є.

АСПЕКТИ ПОБУДОВИ СИСТЕМ КІБЕРЕНЕРГЕТИКИ

В статті розглядаються підхід до побудови і супроводження в процесі життєвого циклу систем кіберенергетики. Проведено аналіз особливостей управління енергетичним сектором економіки в умовах цифровізації. Описано кіберматичний підхід до побудови конвергентних кіберенергетичних систем на основі поєднання інформаційного, архітектурного та технологічного аспектів.

Ключові слова: *архітектура системи, життєвий цикл системи, кіберенергетика.*

Kovalenko O.E.

ASPECTS OF BUILDING CYBERENERGY SYSTEMS

The article considers the approach to the construction and maintenance of cyber energy systems in the life cycle. The analysis of features of management of energy sector of economy in the conditions of digitalization is carried out. The cybermatics approach to the structure of convergent cyberpower systems based on a combination of information, architectural and technological aspects is described

Keywords: *system architecture, system life cycle, cyber energy.*