

2004. – № 1. – С. 21–25.

5. Oil Tanker Spill Statistics 2015 [Электронный ресурс] / Сайт «THE INTERNATIONAL TANKER OWNERS POLLUTION FEDERATION LIMITED». – Режим доступа : <http://www.itopf.com/knowledge-resources/data-statistics/statistics/>. – Дата доступа 10.03.2016. – Загол. з екрану
6. Последствия загрязнения нефтью для окружающей среды [Электронный ресурс] / Сайт «THE INTERNATIONAL TANKER OWNERS POLLUTION FEDERATION LIMITED» / Веб-портал «Википедия». – Режим доступа : http://www.itopf.com/uploads/translated/TIP_13_2011_RU_Effects_of_oil_pollution_in_the_environment.PDF. – Дата доступа 05.03.2016. – Загол. з екрану.
7. *Вялышев А.И.* Возможные последствия чрезвычайных ситуаций, обусловленных разливами нефти и нефтепродуктов на морских акваториях / А.И. Вялышев, И.В. Лисовский, А.Ю. Большагин // Технологии гражданской безопасности. – 2012. – Т. 9, №1. – С. 62–69.
8. Spills [Электронный ресурс] / Сайт «Centre of Documentation, Research and Experimentation on Accidental Water Pollution». – Режим доступа : <http://wwz.cedre.fr/en/Our-resources/Spills>. – Дата доступа 05.03.2016. – Загол. з екрану.
9. Tanker Incidents [Электронный ресурс] / Сайт «Maritime-connector». – Режим доступа : <http://maritime-connector.com/tanker-incidents/>. – Дата доступа 04.02.2016. – Загол. з екрану.
10. Список разливов нефти [Электронный ресурс] / Веб-портал «Википедия». – Режим доступа : https://ru.wikipedia.org/wiki/Список_разливов_нефти. – Дата доступа 05.03.2016. – Загол. з екрану.
11. Владимиров В.А. Катастрофы и экология / В.А. Владимиров, В.И. Измалков. – М. : Контакт-Культура, 2000. – 380 с.
12. Крупнейшие в мире разливы нефти с судов [Электронный ресурс] / Сайт сетевого издания «РИА Новости». – Режим доступа : <http://ria.ru/documents/20090527/172442566.html>. – Дата доступа 05.03.2016. – Загол. з екрану.
13. Крупнейшие разливы нефти и нефтепродуктов в результате аварий танкеров [Электронный ресурс] / Сайт «Maritime Bulletin». – Режим доступа : http://www.odin.tc/disaster/tanker_top.asp. – Дата доступа 10.03.2016. – Загол. з екрану.

Поступила 22.09.2016р.

УДК 681.325.5

О. С. Гайденко, м. Київ

ОСОБЛИВОСТІ КОМП'ЮТЕРНОГО МОНІТОРИНГУ, АНАЛІЗУ ТА УПРАВЛІННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИМИ ПРОЦЕСАМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ЗАЛІЗНИЦЬ

Abstract. To ensure the reliability of the traction power supply necessary increase functionality of the system of supervisory control. The paper analyzes the trends in computer monitoring functions, data mining and monitoring of the new

generation and allocated their main features. The scheme of functioning intellectual center of railway power supply supervisory control under this functional features.

Постановка проблеми

Електромережа «Укрзалізниці» продовжує поступовий розвиток у рамках концепції «інтелектуальної енергетики».

Інноваційне перетворення електроенергетики передбачає побудову повністю інтегрованої, саморегульованої та самовідновлюваної системи [1].

Від ефективності роботи диспетчера залежить працездатність і економічність системи тягового електропостачання. Крім того до господарства електропостачання залізниць додатково висуваються вимоги щодо надійності та якості функціонування силових електромереж задля безпеки руху залізничного транспорту.

Розвиток інтелектуальних мереж передбачає розробку та впровадження обладнання і програмно-апаратних комплексів для інтелектуальних енергетичних систем [2], завдяки яким зокрема зменшується вплив людського фактору.

Для підтримки та підвищення надійності системи електропостачання та якості електроенергії необхідне зростання функціональних можливостей роботи системи диспетчерського керування шляхом формування цілісної багаторівневої системи керування зі зростанням обсягів автоматизації, що дозволить полегшити роботу оперативного-диспетчерського персоналу, а головне – підвищить її ефективність.

Мета роботи

Метою роботи є аналіз передових функціональних рішень комп'ютерного моніторингу, інтелектуального аналізу даних і управління системою постачання електроенергії, які можуть бути застосованими в системі електропостачання залізниць, зважаючи на її особливості.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Організації, що займаються дослідженнями в галузі енергетики домоглися значного прогресу в розробці та просуванні майбутніх інтелектуальних електромереж, ключовою особливістю яких є можливість взаємодії між передовими технологіями в системі електропостачання [3].

Програма IntelliGrid, ініційована Electric Power Research Institute, створює технічну основу для смарт енергосистеми, яка пов'язує електрику з комунікаціями і комп'ютерним контролем, щоб домогтися приголомшливих успіхів у надійності, якості. Ця програма передбачає методології, інструменти та рекомендації для відкритих стандартів і вимог на основі впровадження передових технологій обліку, автоматизації і вимірювання [4].

Програма Smart Grids, створена European Technology Platforms в 2005 році, створила концепцію європейських мереж на 2020 рік і подальший період [5-7].

Департаментом енергетики США було створено свою концепцію Grid 2030 у 2007 р. [8].

Аналіз досліджень [3-8] показав, що проведені дослідження стали фундаментальними для побудови мереж електропостачання нового покоління. Майбутнім інтелектуальної енергетики стане сукупність ІТ-технологій, як тих, що вже впроваджені у рамках роботи над Smart Grid, так і тих, що знаходяться лише на стадії розробки.

Основна частина

Осередком інтелектуальної енергосистеми є центр керування, функціонал якого зростає разом із ступенем автоматизації процесів моніторингу, аналізу та керування. У роботі [9] автори описали концепцію інтелектуального центру керування, який може бути важливою частиною в загальних рамках Smart Grid. Його ключові характеристики: орієнтованість на людину, комплексність, випередження, скоординованість і самовідновлення.

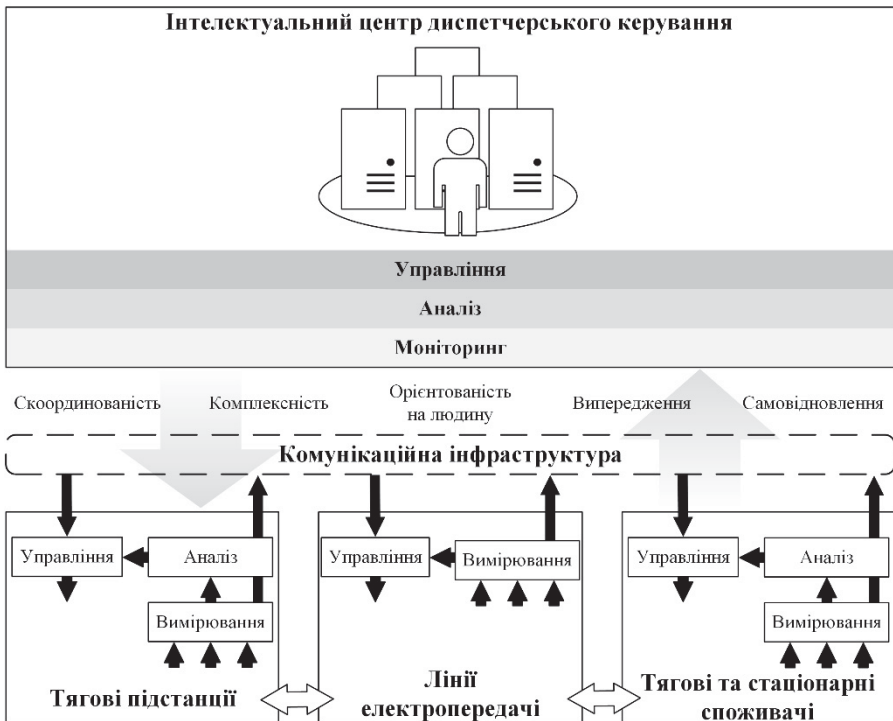


Рис. 1. Інтелектуальний центр диспетчерського керування енергосистемою залізниці разом із інфраструктурою

Система електропостачання залізниць тісно пов'язана з загальною енергосистемою країни. Закуплена на оптовому ринку, електроенергія через тягові підстанції використовується крім живлення рухомого складу залізничного транспорту також і для не тягових споживачів. Вітчизняна

система електропостачання залізниць не має власних джерел електроенергії, що разом із рухомістю поїздів, частка яких у споживанні електроенергії від тягових підстанцій найбільша [10] є певними особливостями, які повинні відобразитися й на процесах комп'ютерного моніторингу та керування. На рис. 1. показана схема організації інтелектуального центру диспетчерського керування енергосистемою залізниці на основі концепції [9].

Орієнтований на людину оперативний моніторинг. Орієнтація на людину є ключовою характеристикою функцій комп'ютерного моніторингу нового покоління.

Інформаційно-спрямований моніторинг. У зв'язку з переходом до інтелектуальної енергетики, зокрема й у тягових підстанціях, зростає кількість пристроїв моніторингу, які в свою чергу накопичують більше доступних даних, щоб допомогти оперативно-диспетчерському персоналу стежити за станом енергосистеми в режимі реального часу. Проте, більша кількість даних не обов'язково означає більше інформації. Величезний обсяг даних необхідно опрацювати, щоб отримати корисну інформацію. Функції моніторингу наступного покоління призначені надавати диспетчерам корисну інформацію, а не вихідні дані.

Наприклад, система захисту на підстанціях може записувати випадки порушень нормального функціонування. Замість того щоб надати оперативно-диспетчерському персоналу повний об'єм записаних даних, їм може бути надана інформація про конкретні типи несправностей. Надання такої інформації дозволить оперативно-диспетчерському персоналу заощадити велику кількість часу. Ця інформація може бути додатково використана в оперативній оцінці безпеки, щоб допомогти оперативно-диспетчерському персоналові аналізувати проблеми зі стабільністю системи і розробити оптимальні стратегії їх виправлення.

Оскільки все більше і більше датчиків розгорнуті на тягових підстанціях і лініях електропередачі, замість відправлення інформації з датчиків диспетчерам, вона може бути проаналізована для оперативного визначення життєздатності обладнання. Забезпечення диспетчерів потенційними даними про несправності компонентів може допомогти їм передбачити проблеми в роботі системи тягового електропостачання та розвивати випереджувальний план послаблення наслідків несправностей.

Гнучкість налаштувань. Функції моніторингу повинні використовувати передові методи візуалізації з метою допомоги кожному диспетчерові в швидкому досягненні інформації.

Кожний диспетчер унікальний і має власні особливості (вподобання) ефективного сприйняття інформації. Функції моніторингу та управління наступного покоління повинні запропонувати можливість легкого індивідуального налаштування інтерфейсу людина-машина для кожного диспетчера на основі його вподобань щодо візуалізації. Із застосуванням орієнтованих на людину функцій моніторингу, оперативно-диспетчерський персонал буде ефективнішим у розумінні поточних умов роботи, виявленні

аномальних умов експлуатації, розгляді потенційних проблем у найближчому майбутньому.

Система моніторингу повинна надавати інформацію так, щоб не перевантажувати оперативно-диспетчерський персонал повідомленнями, що може заважати виконанню роботи.

Таким чином, функції моніторингу орієнтовані на людину можуть допомогти оперативно-диспетчерському персоналу підвищити обізнаність у ситуації в режимі реального часу.

Комплексний випереджувальний оперативний аналіз. Комплексність і випередження є двома ключовими характеристиками функцій наступного покоління оперативного аналізу. У цьому контексті, комплексність має подвійне значення.

Функції оперативного аналізу наступного покоління повинні допомогти оперативно-диспетчерському персоналові визначити комплексні гранично допустимі показники температури, рівнів напруги, струмів короткого замикання, частоти та стійкості в режимі реального часу.

Щоб допомогти оперативно-диспетчерському персоналові визначити гранично допустимі показники функції оперативного аналізу наступного покоління застосовують «комплексний» аналіз – *поєднання аналізу, ґрунтованого на моделюванні з аналізом, заснованим на вимірах.*

Підхід на основі моделювання служить інструментом розробки стратегії превентивного контролю. Точність аналізу на основі моделювання повністю залежить від точності моделювання об'єктів навантаження та передачі. Невизначеність у цих чинниках може призвести до зниження точності результатів такого підходу, що в свою чергу може привести оперативно-диспетчерський персонал до неправильних рішень. Крім того, підхід на основі моделювання забезпечує рішення для подальшого аналізу також залежно від оцінки штатного стану. В нештатних умовах експлуатації, коли стан оцінки не сходиться, підхід на основі моделювання також не допомагає диспетчерам у розробці планів щодо усунення проблем.

Впровадження технологій моніторингу, таких як Phasor Measurement Unit, дозволяє застосувати нові можливості для аналізу на основі вимірювань, який використовує дані вимірювань на підстанціях для обчислення границі стійкості в режимі реального часу.

Підходи на основі моделювання і вимірювання доповнюють один одного. Отримані результати на основі вимірювання можна перевірити за допомогою моделювання. Запас стійкості, розрахований з використанням вимірів, може застосовуватися в сценарії автоматичного керування, заснованому на превентивних стратегіях управління, отриманих за допомогою моделювання.

Профілактичний аналіз. Оперативний аналіз заснований на поточному робочому стані не враховує майбутні умови функціонування системи. Оперативний аналіз повинен виконувати моделювання майбутніх станів системи.

Застосування прогнозування у функціях аналізу наступного покоління

дозволить оперативно-диспетчерському персоналу зайняти випереджувальну позицію у розробці оптимальної стратегії управління та планів превентивного керування.

Енергосистема та її елементи повинні постійно підтримувати свій технічний стан на рівні, що забезпечує необхідну надійність і якість електропостачання шляхом ідентифікації, аналізу та переходу від управління за фактом виникнення ситуації до превентивного (попередження її появи) [11].

Комплексний аналіз безпеки повинен бути реалізований таким чином, щоб сигнали безпеки відображались у режимі реального часу. Це важливо тому, що величина напруги не вважається хорошим показником її стабільності і для точної оцінки необхідний аналіз швидкоплинних процесів.

Таким чином, функції комплексного і випереджувального аналізу можуть допомогти оперативно-диспетчерському персоналові підвищити оперативні аналітичні можливості.

Скоординованість і самовідновлення системи управління є двома ключовими характеристиками функцій управління наступного покоління.

Узгоджена стратегія захисту та управління. Традиційно, кожна схема управління призначена для вирішення конкретного завдання. Існує брак узгодженості між системами захисту і управління. Кожне порушення в роботі енергосистеми може спричинити множинні реагування схем захисту і управління. При цьому можуть виникнути негативні взаємодії, спроможні погіршити умови функціонування системи та представляють проблеми і ризики в її роботі.

Коли система живлення відчуває пошкодження, скоординовані системи захисту і управління наступного покоління працюватимуть відповідно до оптимальної стратегії управління, розробленої за допомогою оперативної оцінки безпеки і повинні швидко привести систему в стабільний робочий стан з мінімальними зусиллями.

Оперативні плани відновлення. Поточні плани по відновленню розроблені через дослідження, засновані на припущеннях щодо ймовірних сценаріїв. Проте, стратегія відновлення розроблена таким чином не може добре працювати після відмови електропостачання, оскільки реальна оперативна обстановка може відрізнятись від передбачуваних сценаріїв.

Коли трапляється відмова частини або всієї енергосистеми, схема управління самовідновлення наступного покоління повинна ефективно відновити систему і повернути її до нормального робочого стану.

Енергосистема, яка самовідновлюється, повинна максимально можливо мінімізувати збої за допомогою розгалужених систем збору даних і «розумних» пристроїв, що реалізують спеціальні методи й алгоритми підтримки та прийняття рішень [11].

Таким чином, функції скоординованості та самовідновлення управління можуть допомогти диспетчерам поліпшити можливості керування.

Після досягнення вищевказаних можливостей, ми можемо оптимізувати

функції комп'ютерного моніторингу, аналізу та контролю, а також створити комплексний і автоматизований центр диспетчерського керування.

Висновки

1. Проведено аналіз тенденцій комп'ютерного моніторингу, аналізу й управління системою постачання електроенергії, який показав що майбутнім інтелектуальною енергетики стануть ІТ-технології, розроблені у рамках роботи над Smart Grid програмами, чи на їх основі.

2. Відповідно до особливостей вітчизняної системи електропостачання залізниць, розглянуто основні функції моніторингу, інтелектуального аналізу даних та контролю нового покоління, які можуть бути застосованими в даній системі електропостачання. Визначено, що комунікаційна та обчислювальна інфраструктури повинні бути розширені для підтримки цих функцій.

14. *Стогній Б. С.* Еволюція інтелектуальних електричних мереж та їхні перспективи в Україні / *Стогній Б. С., Кириленко О. В., Праховник А. В., Денисюк С. П.*; Технічна Електродинаміка. 2012. №5. – сс. 52-59. *Проскурняк К. І.* Дослідження методів синтезу комп'ютерних систем обліку електроенергії за диференційованим тарифам залізниці // Збірник тез науково-практичної конференції «Розвиток науки і техніки на залізничному транспорті». – К.: ДЕТУТ, 2014. – С. 67-69.

15. *Чижма С. Н.* Совершенствование методов и средств контроля качества электроэнергии и составляющих мощности в электроэнергетических системах с тяговой нагрузкой // Омск – 2014. – сс. 7-8.

16. A Vision for The Smart Grid // National Energy Technology Laboratory – 2009. – 11 с.

17. *Erfan Ibrahim* EPRI Smart Grid R&D Overview // EPRI – 2008. – 16 с.

18. <http://www.smartgrids.eu/documents/sra2035.pdf>

19. European Technology Platform SmartGrids — Vision and Strategy for Europe's Electricity Networks of the Future // Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities – 2006. – 44 с.

20. *Vincenzo Giordano* Smart Grid projects in Europe: lessons learned and current developments / *Vincenzo Giordano, Flavia Gangale, Gianluca Fulli, Manuel Sanchez Jimenez and other*; 2011.

21. Grid 2030: A national version for electricity's second 100 years // U.S. Dept. Energy – 2003.

22. *Zhang P.* Next-Generation Monitoring, Analysis, and Control for the Future Smart Control Center / *Zhang P., Li F., Bhatt N.*; IEEE Trans. Smart Grid, vol.1. 2010. №2. – сс. 186-192.

23. *Малишко І. В.* Споживання електроенергії та енергозбереження на залізничному транспорті України / *Малишко І. В., Малишко Л. І., Пилипенко Л. В., Романко В. І.* // Вісник ДНУЗТ імені академіка В. Лазаряна. – 2006. – Вип. 12. – сс. 245-248.

24. *Гайденко О. С.* Методологічні концепції розвитку інформаційних технологій оперативного керування тяговими електромережами / Збірник наукових праць «Транспортні системи і технології». – № 25. – К.: ДЕТУТ, 2014. – сс. 153-160.

Поступила 1.09.2016р.