

1. *Davydenko A.* Formalization level of abstraction of state information resources access systems / A. Davydenko // Scientific letters of academic society of Michel Baludansky, ISSN 1338-9432. Volume 4, 1 2016, p.35-38.
2. *Давыденко А.Н.* Расширение теоретических возможностей математических моделей нейронных сетей обуславливаемых их использованием для решения задач защиты систем доступа / А.Н. Давыденко // Збірник наукових праць Інститут проблем моделювання в енергетиці НАН України : Зб. наук. праць вип. 45.. – К., 2008,– С. 112-115.
3. *Давыденко А.Н.* Анализ основных информационных компонент систем доступа / А.Н. Давыденко // Моделювання та інформаційні технології: Зб. наук. праць вип. 59. – К., 2011, – С.11-20
4. *Ильинская Е.В.* Теория риска и перестрахование. Часть 1. Упорядочение рисков / Е.В Ильинская – М.: МГУ, 2001.
5. *Бенинг В.Е.* Введение в математическую теорию риска / В.Е. Бенинг, В.Ю. Королев – М.: МАКС-Пресс, 2000.
6. *Морозов А.Д.* Введение в теорию фракталов / А.Д. Морозов. – М.: Ижевск, 2002.
7. *Лейбин В.М.* Информатизация и системне исследование / В.М. Лейбин. – М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2009.
8. *Столинг В.* Основы защиты сетей. Положения и стандарты / В. Столинг – М.: Издательский Дом «Вильямс», 2002.

Поступила 20.04.2017р.

УДК 004.94

О.С.Гайденко, Г.М.Голуб, Київ

ХАРАКТЕРНІ ОСОБЛИВОСТІ МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМИ ТА ПРОЦЕСІВ ТЯГОВОГО ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ЗАЛІЗНИЦЬ ЯК ОБ'ЄКТА МОНІТОРИНГУ І КЕРУВАННЯ

Abstract. The role of monitoring in modeling and its features are considered. The paper analyzes the factors that have a direct or indirect impact on the system of the traction power supply load is conducted. Taking into account these influences and relationships between the factors useful in modeling power consumption as the main process of the system.

Постановка проблеми

Автоматизовані процеси, що складають ланцюг «моніторинг – аналіз – управління» обумовлені широким розповсюдженням мікропроцесорної техніки в системі електропостачання. Згідно тенденцій останнього часу вони використовуються для найрізноманітніших функцій: діагностики та прогнозування відмов обладнання, прогнозування виникнення аварійних ситуацій та електроспоживання, оптимізації процесу прийняття рішень та інших функцій управління, тощо.

Разом із впровадженням мікропроцесорної техніки на об'єктах електроенергетики залізниць з'явилася можливість цифрової реєстрації параметрів обладнання та режимів його роботи, точної синхронізації усієї зареєстрованої інформації незалежно від місця розташування пристроїв, а також можливість застосування, як вже існуючих алгоритмів обробки зареєстрованої інформації, так і нових, які раніше принципово не могли бути застосовані [1].

Кінцевим результатом цих інновацій на залізниці є підвищення надійності системи електропостачання, економія коштів, шляхом зниження експлуатаційних витрат на тягу поїздів і підвищення ефективності використання електроенергії для забезпечення перевізного процесу, що на сьогодні є пріоритетним напрямком діяльності служби електропостачання. Тому актуальними є дослідження можливостей подальшого ефективного використання мікропроцесорних пристроїв у системі тягового електропостачання та власне самої системи електропостачання залізниць як об'єкта автоматизації.

Основна частина

Залізничний транспорт за функціональними особливостями поділяється на вантажний і пасажирський. У зв'язку з тим, що перевезення, зокрема вантажні, виконуються здебільшого за допомогою електричної тяги, залізничний транспорт є одним із найбільших споживачів електроенергії. Історично склалося так, що в Україні мережі тягового електропостачання працюють із постійним та змінним типами струму. Постачання електроенергії для залізниць здійснюється в пунктах прийому, до яких відносяться центральні розподільчі підстанції, трансформаторні та тягові підстанції (ТП) [2].

Системи електропостачання залізниць є ключовою технологічною ланкою транспортного процесу, яка забезпечує його енергією, складає вагому частину затрат і зв'язує територіально-розподілені об'єкти, а тому є однією з технологічних основ інтеграції управління транспортним процесом.

Особливістю сформованої системи електропостачання залізничного транспорту є живлення від ТП не тільки електричного рухомого складу, а й нетягових (комунально-побутових, промислових) внутрішніх і сторонніх споживачів (рис. 1).

До ПАТ «Укрзалізниця» входять шість регіональних залізниць: Південно-Західна, Львівська, Придніпровська, Одеська, Південна та Донецька. Ступінь електрифікації кожної з них складає від 32 до 59%. Від 80 до 92% загального вантажообігу окремо взятої регіональної залізниці припадає на електрифіковані ділянки [2].

Згідно офіційних даних Україна займає 10-те місце серед країн світу і 6-те серед країн Європи за довжиною електрифікованих залізниць, при цьому оптимальною вважається електрифікація для країн із розвинутою залізничною інфраструктурою 50 – 60% загальної довжини залізничних мереж країни з виконанням ними 90 – 95% загального обсягу перевезень [3].

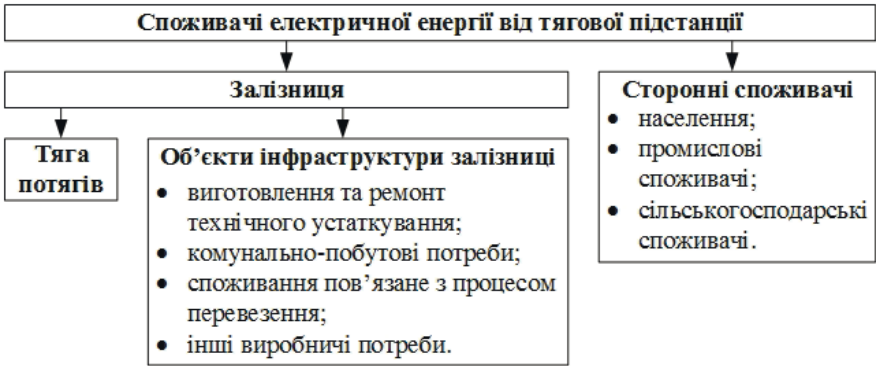


Рис. 1. Структурна схема споживачів електроенергії, що живляться від тягової підстанції

Для досліджень залізниці слід розглядати як великі системи. Цей підхід передбачає вивчення таких систем з використанням методів, які враховують наявність тісних зв'язків між великим числом факторів, що визначають стан об'єкта. Крім того, вони є керованими об'єктами, які необхідно розглядати як сукупність взаємопов'язаних підсистем, об'єднаних спільною метою функціонування. Однією з основних підсистем розглянутих об'єктів, безпосередньо залучених до процесу виробництва, є господарства електропостачання. Структурна схема ієрархії системи електропостачання окремої залізниці у рамках Укрзалізниці в загальному вигляді зображена на рис. 2.

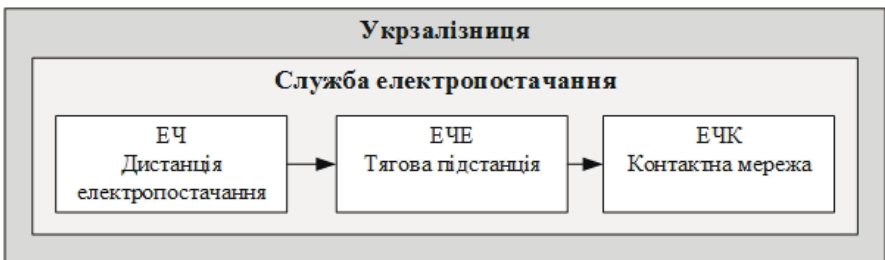


Рис. 2. Узагальнена структурна схема ієрархії системи електропостачання Укрзалізниці

Важливу роль у дослідженні системи електропостачання відіграють засоби моніторингу, які вимірюють та надають первинну інформацію для подальшої її обробки.

Моніторинг в електроенергетиці – систематичне автоматичне спостереження за технологічними процесами в системі електропостачання та оцінювання їх стану [4].

Впровадження корпоративної системи безперервного моніторингу й ідентифікації в реальному часі режимів тягових мереж залізниць забезпечує комплексне вирішення наступних завдань: підвищення рівня надійності та ефективності функціонування системи електропостачання залізниці, суттєве поліпшення безпеки руху потягів і підтримки рішень диспетчерського та технологічного персоналу щодо формування керуючих впливів [5]. На різних ієрархічних рівнях управління електричними мережами Укрзалізниці інтегрованою корпоративною системою реалізуються відповідні функції. На рівні тягових підстанцій забезпечується реєстрація доаварійних, аварійних та післяаварійних режимів функціонування електричних контактних мереж із синхронізацією за часом та спрацьовуваннями систем захисту, реалізація цифрового захисту, визначення місця аварії та ідентифікація характеру пошкодження, комерційний облік електричної енергії за тарифами, диференційованими за зонами доби, технологічний облік електричної енергії за окремими фідерами, первинна обробка звітної інформації. Крім того реалізується формування та передача на вищі рівні керування експрес-інформації або повної інформації [6].

На рівні дистанції електропостачання здійснюється збір даних від підпорядкованих тягових підстанцій, обробка, формування та архівація інформації, оперативне керування тяговою електричною мережею, ведення бази даних і формування звітних документів, передача інформації в диспетчерський центр залізниці.

На рівні диспетчерського центру залізниці відповідно здійснюється обробка всієї інформації, що надходить з рівня дистанції електропостачання, формування відповідно до вимог державної та корпоративної нормативної баз різних файлів та відомостей для відповідних інженерних, економічних та адміністративних служб Укрзалізниці, облэнерго, незалежних постачальників, енергоринку тощо, а також передача інформації в диспетчерський центр Укрзалізниці (вищий рівень керування електричними мережами).

На рівні диспетчерського центру Укрзалізниці здійснюється аналіз інформації, що надходить від диспетчерських центрів шести регіональних залізниць, реалізується архівація інформації, ведення баз даних, генерація звітів перед Міністерством інфраструктури України, постачальниками електроенергії і фінансових звітів. Головним завданням на цьому рівні є координація керування електричними мережами залізниць з метою поліпшення рівня безпеки руху і, що є дуже важливим, це оптова купівля-продаж електроенергії в масштабах Укрзалізниці.

Для реєстрації аварійних режимів на тягових підстанціях залізниць України, з метою неперервного діагностування та прогнозування стану електричного обладнання, застосовуються реєстратори типу «Регіна-Ч» [6,7].

На основі територіально розподілених високоточних реєстраторів «Регіна-Ч» створена система моніторингу перехідних режимів, яка призначена для постійного спостереження за параметрами режимів електроенергетичних систем, оцінкою та прогнозом розвитку поточних

режимів роботи та видачою отриманої інформації в цифровому вигляді системам керування та інформаційним системам, що застосовуються в електроенергетиці. Дана система входить до складу розподіленої комп'ютерної система керування електричними мережами залізниць і енергосистемою України, що забезпечує комплексне вирішення головних задач – підвищення надійності та ефективності функціонування тягових мереж залізниць і підвищення безпеки руху потягів [7-9]. Вона забезпечує підтримку рішень диспетчерського та технологічного персоналу щодо керування процесами функціонування електричних мереж залізниць, створює інформаційний базис для прийняття рішень щодо управління процесами купівлі, постачання та використання електроенергії у масштабі галузі.

На кожному із ієрархічних рівнів основними функціями системи забезпечено [6,9]:

- на рівні тягових підстанцій – визначення місця аварії та ідентифікація характеру пошкодження; реєстрацію режимів функціонування електричних контактних мереж з синхронізацією за часом та спрацьовуваннями систем захисту; комерційний та технологічний облік електричної енергії; первинну обробку звітної інформації та її передачу на верхні рівні керування, ведення баз даних (БД);

- на рівні дистанції електропостачання – збір даних від підпорядкованих тягових підстанцій, обробка, формування та архівація інформації; оперативне керування тяговою електричною мережею; ведення БД і формування звітних документів; передача інформації в диспетчерський центр (ДЦ) залізниць;

- на рівні ДЦ залізниць – обробка всієї інформації, що надходить з рівня дистанції електропостачання, формування бази файлів та відомостей для відповідних інженерних, економічних та адміністративних служб «Укрзалізниця», обленерго, незалежних постачальників, енергоринку та інше; передача інформації в ДЦ «Укрзалізниця» (верхній рівень керування електричними мережами);

- на рівні ДЦ «Укрзалізниця» – аналіз інформації, що надходить від диспетчерських центрів шести регіональних залізниць; генерація звітів перед Міністерством інфраструктури України, постачальниками електроенергії, фінансових звітів; архівація інформації, ведення БД; координація керування електричними мережами залізниць і оптовою купівлею-продажем електроенергії; передача звітної інформації для НЕК «Укренерго».

Створенням передумови для розвитку технологій керування на основі величин, отриманих при організації векторного вимірювання параметрів режимів енергосистеми з високою точністю і дискретністю та з синхронізацією вимірювань з використанням супутникової GPS стало впровадження систем моніторингу та діагностики на тягових підстанціях Укрзалізниця та ОЕС України.

Системи моніторингу, які використовують несинхронізовану інформацію, в нинішній час, майже повністю витіснені з ринку системами з

«прив'язкою» до реального часу та реальних координат. Функції синхронізації даних по часу, в розподілених системах моніторингу, найчастіше реалізуються на базі існуючих технологій супутникової орієнтації – GPS та ГЛОНАСС.

Електричні мережі залізниць належать до класу територіально розподілених електричних об'єктів, автоматизація яких потребує розв'язку широкого спектру задач економічного, диспетчерського, технологічного та експлуатаційного керування на різних рівнях ієрархії.

Варто зауважити, що тягові мережі як об'єкти керування відрізняються від мереж електропостачання інших галузей національного господарства наявністю комплексної взаємодії ряду специфічних особливостей як, наприклад, рухоме навантаження та однофазна структура електроживлення. Для комп'ютеризації технологічних процесів електропостачання на тягу слід враховувати перелічені факти [3].

Динаміка електроспоживання характеризує основний процес роботи системи електропостачання.

На електрифікованих ділянках основною одиницею навантаження є потяг [10], тому варто досліджувати особливості організації перевезень як основне навантаження на систему електропостачання.

Моделювання зміни тягового навантаження базується на графіку руху, що пов'язує координату положення потяга з часом. Величини тягового навантаження визначаються на основі тягових розрахунків або експериментально [11].

Зміна споживання електроенергії електровозом є випадковою величиною, так як навантаження, що створює потяг буде різним протягом шляху слідування. Це обумовлене впливом різноманітних чинників: маса потягів, інтенсивність їх руху, зокрема вантажних, метеорологічні умови, особливості організації руху та відстань між ТП, величина міжпоїзного інтервалу, наявність пристроїв, які компенсують втрату напруги на струмоприймачах електровозів, тип тягового електропостачання. При цьому чинники можна розділити на постійні (тип тягового електропостачання, відстань між ТП) і змінними в часі (вага потяга, величина міжпоїзного інтервалу) [11]. Також слід брати до уваги опосередковані чинники. Наприклад, до особливостей організації руху можна віднести пропускну спроможність шляху, яка в свою чергу пов'язана з міжпоїзним інтервалом; час доби, день тижня, календарний місяць впливають на інтенсивність руху та метеорологічні умови; кліматичні зміни протягом шляху слідування потяга знову ж мають вплив на метеорологічні умови.

Міжпоїзний інтервал є випадковим, так як теж змінюється в залежності від багатьох факторів: інтенсивності руху (фактичної та закладеної в графік), метеорологічних умов, фактичної наявності вагонів, типів локомотивів, маси потягів [10].

У великій кількості взаємозв'язків факторів впливу і полягає складність моделювання процесів, що протікають у системі електропостачання залізниць.

Висновки

Проведено аналіз системи електропостачання залізниць як об'єкта моніторингу й управління. Розглянуто роль моніторингу при моделюванні та його особливості. Досліджено чинники, які необхідно враховувати при моделюванні процесів, що протікають у системі тягового електропостачання. Виявлено, що на практиці велика кількість взаємозв'язків факторів впливу призводить до їх системного розгляду при моделюванні та, іноді, нехтування деякими з них, що в свою чергу погіршує точність результатів моделювання.

1. *Пилипенко Ю.В.*, Розвиток оперативно-інформаційного комплексу службелектропостачання / *Пилипенко Ю.В., Максимчук В.Ф.* // Електрифікація транспорту «ТРАНСЕЛЕКТРО – 2015»: Матеріали VIII Міжнародної науково-практичної конференції (Одеса, 29.09 – 2.10.2015 р.) – Д.: ДНУЗТ, 2015. – С. 51-52.
2. *Стасюк О.І.* Математичні моделі і методи комп'ютерної інтелектуалізації швидкоплинних технологічних процесів електропостачання залізниць / *Стасюк О.І., Железняк А.Л., Гончарова Л.Л.* // К.: ДЕДУТ, 2015. – 192 с.
3. Департамент електрифікації та електропостачання [Електронний ресурс] // Режим доступу: http://www.uz.gov.ua/about/general_information/main_departments/department_of_electrification_and_power_supply/
4. *Сопель М.Ф.* Моніторинг в електроенергетиці [Текст]: дис. д-ра техн. наук: Спец.05.14.02 електричні станції, мережі і системи / *М.Ф. Сопель* // НАН України Ін-т електродинаміки. – К., 2015. – 430 с.
5. *Стасюк О.І.* Математичні моделі і комп'ютерно - орієнтовані методи моніторингу і ідентифікації аварійних режимів тягових мереж / *О.І. Стасюк, В.Л. Тутик, Л.Л. Гончарова, Г.М. Голуб* // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. – 2015. – № 2. – С. 7-13.
6. *Тутик В.Л.* Засоби моніторингу систем електропостачання залізниць [Електронний ресурс] / *В.Л. Тутик, Ю.В. Пилипенко, Р.Б. Каменський, [та ін.]* // Інтелектуальні енергетичні системи – ІЕС (ESS'10): Міжн. конф., 14-17 червня 2010. – Мукачеве, 2010. – Режим доступу: <http://www.ess.kpi.ua/index.php/en/archive/past-conferences/ess10-2?layout=edit&id=55>
7. *Буткевич О.Ф.* Моніторинг та діагностування електроенергетичних об'єктів та систем України на базі комплексів «Регіна» / *О.Ф. Буткевич, В.Л. Тутик* // Гідроенергетика України. – 2010. – № 3. – С. 46-49.
8. *Калинюк І.О.* Перспективи організації комп'ютерних систем моніторингу та діагностики електричних мереж і об'єктів / *І.О. Калинюк* // Зб. наук. праць ДЕДУТ: серія «Транспортні системи і технології». – К.: ДЕДУТ, 2010. – № 17. – С.194-200.
9. *Калинюк І.О.* Організація корпоративної системи моніторингу та діагностики тягових електричних мереж / *І.О. Калинюк* // Зб. наук. праць ін-ту проблем моделювання в енергетиці ім. Г.С. Пухова НАН України. – К., 2011. – № 61. – С. 37-41.
10. *Мирошниченко Р.И.* Режимы работы электрифицированных участков // М.: Транспорт, 1982. – 27 с.
11. *Закарюкин В.П.* Моделирование и прогнозирование процессов электропотребления на железнодорожном транспорте / *Закарюкин В.П., Крюков А.В., Раевский Н.В., Яковлев Д.А.* // Иркутск, 2007. – 115 с.

Поступила 20.03.2017р.