

УДК 621.325

СТАСЮК О.І., д.т.н., професор (ДЕТУТ),
ТУТИК В.Л., к.т.н., с.н.с. (ІЕД НАН України),
ГОНЧАРОВА Л.Л., к.т.н., доцент (ДЕТУТ),
ГОЛУБ Г.М., аспірант (ДЕТУТ)

Математичні моделі і комп'ютерно – орієнтовані методи моніторингу і ідентифікації аварійних режимів тягових мереж

Розглянуті шляхи і методи побудови математичних моделей та комп'ютерно – орієнтованих методів організації ковзкого моніторингу бистроплинних технологічних процесів постачання електроенергії, запропоновані математичні моделі аномальних режимів функціонування мереж залізниці в процесі постачання електроенергії і способи організації синхронно - зареєстрованої, в різних сегментах систем електропостачання, первинної інформації та принципи формування її у вигляді єдиного інформаційного простору.

Ключові слова: математичні моделі, моніторинг, процеси, електропостачання, інформаційний простір.

Постановка проблеми

Управління режимами електричних мереж залізниць, які відносяться до класу територіально-розподілених енергетичних об'єктів, ставить перед собою ряд таких цілей як безперебійне електропостачання на тягу, включаючи системи сигналізації, централізації, блокування при збереженні необхідних норм якості електроенергії, мінімальний рівень втрат електричної енергії, допустимий рівень екологічної безпеки в умовах впливу електромагнітних полів і, відповідно, покращення рівня безпеки руху. Розв'язання цього комплексу задач неможливо без застосування сучасних інформаційних і комп'ютерних технологій, що, в свою чергу, потребує дослідження і синтезу ефективних математичних моделей і, на їх основі, комп'ютерно – орієнтованих методів управління швидкоплинними технологічними процесами постачання електроенергії на тягу та оптимізації електроспоживання. Розробка таких моделей і методів є достатньо складною науково-технічною проблемою тому, що при врахуванні електромагнітних і електромеханічних перехідних процесів система електропостачання на тягу змінного і постійного струму представляє собою багатомірний нелінійний динамічний об'єкт. Рішення цієї проблеми додатково ускладнюється тим, що система електропостачання залізниць взаємодіє не тільки з єдиною енергосистемою живлення і цілим рядом мереж не тягових споживачів, а також і тим, що включає в свій склад ряд нетрадиційних ліній електропередач таких як «дріт-рейс», «два дрого-рейс», рухоме навантаження. Для опису подібних процесів необхідні спеціальні методи та підходи моделювання. Тому для управління режимами електропостачання та оптимізації електроспоживання і мінімізації втрат електроенергії застосовується

концепція проведення в реальному часі безперервного ковзкого моніторингу параметрів режимів електричних мереж залізниць і на базі отриманої, синхронно зареєстрованої первинної інформації в різних сегментах мережі, проводити моделювання спектру задач оперативного, диспетчерського, технологічного, економічного і експлуатаційного керування. Серед комплексу задач важливе місце, з точки зору мінімізації енерговитрат і покращення технології експлуатації системи електропостачання, чільне місце належить задачам технічної спрямованості пов'язаних з розробкою сучасних математичних моделей і методів для ідентифікацією аварійних режимів та визначенням відстані до місця пошкодження між тяговими підстанціями синхронно за часом і роботою системи захисту.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

За останні десятиріччя з'явилося багато публікацій, направлених на рішення проблеми збільшення рівня енергоефективності та якості електроенергії, енергобезпеки в процесі постачання її, а також безперервності електропостачання, яка характеризується кількістю і тривалістю збоїв чи аварій мережі електропостачання. В умовах ринку електроенергії попит на безперервність і якість має під собою декілька фундаментальних причин. По перше, електроенергія стала розглядатися як товар, для якого електроенергія надійної поставки з заданим рівнем якості створила стимул як для споживача електроенергії, так і постачальника її, що наглядно демонструє введення комерційних тарифів, диференційованих по зонам доби на електроенергію.

© О.І. Стасюк, В.Л. Тутик, Л.Л. Гончарова, Г.М. Голуб, 2015

По друге, значну частину електроенергії можна зекономити шляхом проведення безперервного всебічного моніторингу та контролю параметрів режимів мережі електропостачання. В світовій практиці знайшли широке застосування різні індикатори безперервних поставок електроенергії як для окремих споживачів корпоративних електричних мереж, до яких відноситься мережа залізниці, так і системи електропостачання в цілому. Так, наприклад, для систем електропостачання Великобританії, Франції, Німеччини, Швеції та ін. використовуються індикатори SAIFI – індекс середньої частоти перебоїв в електропостачанні; SAIDI – індекс середньої тривалості перебоїв мережі електропостачання. Як показує досвід мирової практики і аналіз останніх публікацій проблема надійності, ефективності і якості постачання електроенергії йде по двох напрямках: технологічному і нормативному. Технологічний підхід передбачає комп'ютеризацію швидкоплинних технологічних процесів постачання електроенергії для проведення безперервного моніторингу на рівнях передачі і розподілу електроенергії і на базі отриманої первинної інформації реалізовувати в реальному часі оперативне керування якістю поставок електроенергії та оперативне керування енергозбереженням. Нормативний підхід відкриває можливість створення технічних регламентів і стандартів для регулювання відносин постачальника і споживача електроенергії. Розгортання територіальної системи комп'ютерного моніторингу комплексу параметрів, що відображають режими функціонування електричних мереж для забезпечення, в реальному часі, необхідних показників надійності і якості електропостачання відкриває можливість розв'язати проблему контролю управління ситуацією в електричних системах в умовах роздільної і спільної дії електромагнітних факторів природного і технічного походження в інтересах енергетичної безпеки.

Відокремлення нерозв'язаних раніше частин загальної проблеми

Залізниця України є однією із самих великих споживачів електроенергії, безперебійність і якість постачання якої напряму впливає на експлуатаційні характеристики силового електричного обладнання, наприклад, зменшення строку служби ізоляції електричних машин і трансформаторів, погіршення роботи батарей конденсаторів для компенсації реактивної енергії, збоїв в роботі систем керування, релейного захисту та автоматики, телемеханіки. Тому однією із стратегічних цілей технічної політики в цьому плані є безперебійне і якісне постачання електроенергії на тягу, що є основою безпеки руху. Проблеми проведення моніторингу і реєстрації первинних даних для безперервного контролю,

обробки інформації і аналізу показників постачання електроенергії залізницям, на сьогоднішній день, необхідно вирішувати для рівнів напруги 6, 10 та 35 кВ, і навіть для більш високих високовольтних напруг - 110 кВ і більше. Необхідно відмітити, що в процесі забезпечення високих тягово-енергетичних характеристик за допомогою покращення показників споживаємої електроенергії, електрорухомий склад також впливає на якість електроенергії мереж електропостачання. Тому концептуальне розвертання комп'ютерних систем моніторингу сукупності показників якості електроенергії направлено на досягнення нових рівнів енергоефективності, енергозбереження і безпеки руху і є головним в енергозабезпеченні рухомого складу. В цьому плані представляє суттєвий інтерес розробка математичних моделей безперервного моніторингу показників системи електропостачання і ідентифікації аномальних режимів, методів, алгоритмів і архітектурних особливостей комп'ютерних систем моніторингу, методик виміру показників якості постачання електроенергії залізницям і алгоритмів оцінки ефективності використання електроенергії.

Формулювання мети

Метою роботи є розробка математичних моделей безперервного моніторингу режимів функціонування мереж електропостачання, моделей аномальних режимів електричних систем, комп'ютерно-орієнтованих методів і алгоритмів ідентифікації аварій і місць короткого замикання, а також способів організації єдиного інформаційного простору первинної інформації, що відображає стан мережі електропостачання.

Основний матеріал дослідження

Комплекс питань, пов'язаних з надійністю ефективного постачання електроенергії на тягу, тісно переплітається з проведенням, в реальному часі, оперативного моніторингу сукупності значень параметрів, що відображають режим функціонування системи електропостачання. Пошук методів організації безперервного моніторингу режимів мереж електропостачання, на основі використання сучасних мікропроцесорних засобів, сприяв появі великої кількості математичних моделей, методів і алгоритмів реєстрації і формування первинної інформації. В зв'язку з тим, що моніторинг електричних мереж необхідно проводити безперервно в реальному часі, то очевидно, що з'являється необхідність в фіксації великої кількості інформації з датчиків різних сегментів електричної мережі, що потребує великої кількості пам'яті і складності її аналізу та визначення інформативних параметрів. Оскільки, суттєвий інтерес,

з точки зору аналізу аномальних режимів електричної мережі, представляють первинні дані, що відображають аварійний процес, післяаварійний режим і незначна частина даних доаварійного режиму, то відповідно з'являється необхідність розробки моделей і таких методів безперервного моніторингу, завдяки використанню яких реалізувалась би реєстрація тільки той первинної інформації, що відображає синхронно за часом і роботу мікропроцесорної системи захисту, відповідно, доаномальний, аномальний і після аномальний процеси.

Модель моніторингу режимів. Первинна інформація, яка реєструється на виходах датчиків мережі електропостачання і силового електроустаткування тягових підстанцій, а також систем релейного та мікропроцесорного захисту різних сегментів електричного комплексу залізниць, може бути представлена в аналоговій і дискретній формах. Сукупність аналогових сигналів може бути представлена набором струмів I , напруг U , частоти живлення f , проміжків часу τ , вологістю, температурою, Р- тиском газу високовольтних вимикачів, значенням концентрації газу H_2 , CH_4 , C_2H_2 , C_2H_6 , CO , CO_2 в середовищі мастила силових трансформаторів, а також інших аналогових інформаційних сигналів F . Набір сукупності дискретних сигналів D , поступають з виходів датчиків систем мікропроцесорного та релейного захисту і інших інформаційних носіїв. Головним при цьому є необхідність організації первинної інформації у вигляді єдиного інформаційного простору мережі електропостачання, сформованого з єдиних загальносистемних позицій без проміжних вимірювальних перетворень. Подібна організація інформації відкриває можливість використовувати її всіма сегментами розподіленого комп'ютерного середовища керування електропостачанням, що значно покращує ряд показників якості функціонування мережі постачання електроенергії на тягу, безпеки руху і оптимізації електроспоживання. Найважливішими задачами в процесі організації єдиного інформаційного простору є формування, з єдиних загальносистемних позицій, компонентів інформаційного середовища, що для сукупності струмів I_{ke} , напруг U_{ke} , а також набору інших аналогових сигналів F_{kl} може бути представлено як

$$I_{ke} = \Phi_{ke}^i(I_{kl}^d, I_{kl}^a, I_{kl}^p, \tau, t, S_{kl}^i, C_{kl}^i, T)$$

$$U_{ke} = \Phi_{ke}^u(U_{kl}^d, U_{kl}^a, U_{kl}^p, \tau, t, S_{kl}^u, C_{kl}^u, T), \quad (1)$$

$$F_{ke} = \Phi_{ke}^f(F_{kl}^d, F_{kl}^a, F_{kl}^p, \tau, t, S_{kl}^f, C_{kl}^f, T),$$

$k=1,2,\dots,z, l=1,2,\dots,n,$

де $I_{kl}^d, U_{kl}^d, F_{kl}^d$ – сигнали доаварійного режиму;

$I_{kl}^a, U_{kl}^a, F_{kl}^a$ – сигнали аварійного режиму;

$I_{kl}^p, U_{kl}^p, F_{kl}^p$ – сигнали після аварійного режиму;

$S_{kl}^i, S_{kl}^u, S_{kl}^f$ – параметри, що визначають

синхронність реєстрації інформації в різних сегментах мережі електропостачання;

$C_{kl}^i, C_{kl}^u, C_{kl}^f$ – параметри, які визначають

особливості організації первинної інформації з єдиних загальносистемних позицій;

n - число дискрет за період T ;

z - число фідерів мережі електропостачання.

Набір дискретних сигналів D_{kl} , по аналогії з (1) може бути представлена системою математичних залежностей

$$D_{kl} = \Phi_{ke}^d(D_{kl}^d, D_{kl}^a, D_{kl}^p, \tau, t, S_{kl}^d, C_{kl}^d, T),$$

$$k = 1, 2, \dots, z, l = 1, 2, \dots, n. \quad (2)$$

Сформуємо $I_{kl}, U_{kl}, F_{kl}, D_{kl}$ у вигляді множин відповідно як G^i, G^u, G^f, G^d , тоді

$$\{I_{kl}\} \in G^i, \{U_{kl}\} \in G^u, \{D_{kl}\} \in G^d, \{F_{kl}\} \in G^f \quad (3)$$

На основі (1-3) модель єдиного інформаційного простору параметрів режимів мереж електропостачання залізниць у вигляді множини G представляється наступним чином:

$$G = G^f \cup G^d \cup G^u \cup G^i. \quad (4)$$

На основі математичних виразів (1-4) відкривається можливість організувати ковзкий моніторинг параметрів режимів мереж постачання електроенергії на тягу і різним споживачам. Завдяки тому, що в (1, 2) первинна інформація $I_{kl}, U_{kl}, F_{kl}, D_{kl}$ поділяється на доаварійну, аварійну і післяаварійну, то для того, щоб не записувати увесь обсяг інформації доаварійного режиму і, відповідно, не загрузати пам'ять, процес безперервного моніторингу реалізується наступним чином. Значення первинних даних $I_{kl}^d, U_{kl}^d, F_{kl}^d, D_{kl}^d$ за N періодів T частоти f

живлення реєструється в пам'яті. Значення I_{kl}^d , $U_{kl}^d, F_{kl}^d, D_{kl}^d$ за (N+1) –й період T записується в пам'ять на місце даних першого періоду, первинна інформація $I_{kl}^d, U_{kl}^d, F_{kl}^d, D_{kl}^d$ за (N+2) –й період T, відповідно, записується в запам'ятовуючий пристрій на місце другого періоду і т.п. Так процес продовжується доти, доки по значенням первинних даних $I_{kl}^d, U_{kl}^d, F_{kl}^d, D_{kl}^d$, згідно відповідних критеріїв, не буде зареєстрований аварійний режим. Завдяки цьому повністю зберігається первинна інформація $I_{kl}^d, U_{kl}^d, F_{kl}^d, D_{kl}^d$ за N періодів до аварійного режиму, повністю проводиться реєстрація інформації $I_{kl}^a, U_{kl}^a, F_{kl}^a, D_{kl}^a$ про аварійний режим синхронно за часом t і роботою системи захисту і, нарешті, реєструються первинні дані $I_{kl}^p, U_{kl}^p, F_{kl}^p, D_{kl}^p$ після аварійного режиму мережі електропостачання впродовж проміжку часу τ . В результаті проведення в реальному часі ковзкого режиму моніторингу при появі короткого замикання спеціалістам надається повна інформація про доаварійний $I_{kl}^d, U_{kl}^d, F_{kl}^d, D_{kl}^d$, аварійний $I_{kl}^a, U_{kl}^a, F_{kl}^a, D_{kl}^a$, а також післяаварійний $I_{kl}^p, U_{kl}^p, F_{kl}^p, D_{kl}^p$ режими для проведення аналізу і усунення несправностей.

Модель ідентифікації аварійних режимів.

Однією із важливих задач, при експлуатації тягових електричних мереж залізниць, є визначення місця пошкодження і ідентифікація аномальних режимів системи електропостачання. Успішне рішення цієї задачі відкриває можливість не тільки зниження збитків від ненормальних режимів, а також проводити прогноз і, відповідно, попередження та уникнення можливих збитків в процесі електропостачання.

Оперативне визначення відстані і до місця короткого замикання з урахуванням особливостей побудови тягових мереж значно прискорює його локалізацію та підвищує надійність електропостачання і безпеки руху. В узагальненому вигляді тягові лінії контактної мережі змінного струму, переважно напругою 27,5 кВ, можуть бути представленими як електричне коло з активним опором, індуктивністю та такими, що володіють взаємною індукцією між контактними проводами двопутної дільниці. Для побудови математичної моделі аварійного режиму системи електропостачання на тягу розглянемо більш узагальнений випадок живлення двопутної дільниці процедура живлення якої реалізується з двох сторін як показано на рис. 1. Для проведення аналізу режиму функціонування розглянемо характерні особливості і місця $K_1 - K_4$ можливого виникнення короткого замикання. Будемо вважати, що коротке замикання виникає лише в одному з позначених місць. Тоді для формування математичної моделі і визначення відстані до місця короткого замикання I_{k3} , наприклад, в точці $K_1 - K_4$ запишемо вираз для падіння напруги на ділянці ПС1 – K_1 :

$$\Delta U_1 = \dot{I}_1 \cdot \dot{Z}_{y0} \cdot l_{k3} + \dot{I}_2 \cdot \dot{Z}_{y0}^{63} \cdot l_{k3} + \dot{I}_{k3} \cdot R_0, \quad (5)$$

де \dot{I}_1, \dot{I}_2 та \dot{I}_{k3} - комплексні значення струмів відповідно непарного та парного фідерів контактної мережі та комплекс струму в місці замикання;

$\dot{Z}_{y0}, \dot{Z}_{y0}^{63}, R_0$ - комплексні значення питомих опорів контактного проводу та опору взаємоіндукції між парним та непарним фідерами, та опір в місці пошкодження, який, як правило, приймається активним.

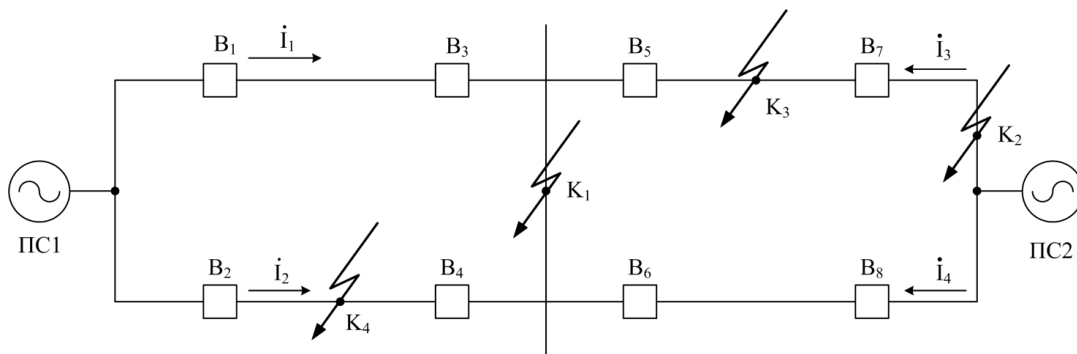


Рис.1. Характерні місця пошкоджень в контактній мережі

В математичній залежності (5) проведемо деякі перетворення і отримаємо вираз

$$\Delta \dot{U}_1 = (\dot{I}_1 \bullet Z_{y\delta} + \dot{I}_2 \bullet Z_{y\delta}^{63}) l_{k3} + \dot{I}_{k3} \bullet R_\delta, \quad (6)$$

в якому невідомі члени l_{k3} та R_δ . Для визначення відстані l_{k3} до місця короткого замикання представимо значення струмів, напруг і опорів у вигляді «косинусних» і «синусних» складових

$$\begin{aligned} \Delta \dot{U}_1 &= \Delta U_1^c + j \Delta U_1^s; \dot{I}_1 = I_1^c + j I_1^s; \dot{I}_2 = I_2^c + j I_2^s; \\ \dot{I}_{k3} &= I_{k3}^c + j I_{k3}^s; \dot{Z}_{y\delta} = R_{y\delta} + j X_{y\delta}; \\ \dot{Z}_{y\delta}^{63} &= R_{y\delta}^{63} + j X_{y\delta}^{63}, \end{aligned}$$

а математичну залежність (6) запишемо у вигляді

$$\begin{aligned} \Delta U_1^c + j \Delta U_1^s &= [(I_1^c + j I_1^s)(R_{y\delta} + j X_{y\delta}) + \\ &+ (I_2^c + j I_2^s)(R_{y\delta}^{63} + j X_{y\delta}^{63})] l_{k3} + (I_{k3}^c + j I_{k3}^s) R_\delta. \end{aligned} \quad (7)$$

Струм в місці короткого замикання \dot{I}_{k3} для випадку К1 може бути визначений як сума струмів $\dot{I}_{k3} = \dot{I}_1 + \dot{I}_2 + \dot{I}_3 + \dot{I}_4$, що, також представимо у вигляді двох складових

$$I_{k3}^c + j I_{k3}^s = (I_1^c + I_2^c + I_3^c + I_4^c) + j (I_1^s + I_2^s + I_3^s + I_4^s).$$

Проведемо відповідні перетворення в правій частині виразу (7).

$$\begin{aligned} \Delta U_1^c + j \Delta U_1^s &= [I_1^c R_{y\delta} + j I_1^c X_{y\delta} + \\ &+ j I_1^s R_{y\delta} - I_1^s X_{y\delta} + I_2^c R_{y\delta}^{63} + j I_2^c X_{y\delta}^{63} + j I_2^s R_{y\delta}^{63} - \\ &- I_2^s X_{y\delta}^{63}] l_{k3} + I_{k3}^c R_\delta + j I_{k3}^s R_\delta \end{aligned} \quad (8)$$

і розділимо на уявну та дійсну частини, отримаємо

$$\begin{aligned} \Delta U_1^c &= [I_1^c R_{y\delta} - I_1^s X_{y\delta} + I_2^c R_{y\delta}^{63} - I_2^s X_{y\delta}^{63}] l_{k3} + \\ &+ I_{k3}^c R_\delta, \\ j \Delta U_1^s &= j [I_1^c X_{y\delta} + I_1^s R_{y\delta} + I_2^c X_{y\delta}^{63} + I_2^s R_{y\delta}^{63}] l_{k3} + \\ &+ j I_{k3}^s R_\delta. \end{aligned} \quad (9)$$

Введемо ряд позначень

$$\begin{aligned} E_1 &= I_1^c R_{y\delta} - I_1^s X_{y\delta} + I_2^c R_{y\delta}^{63} - I_2^s X_{y\delta}^{63}; \\ E_2 &= I_1^c X_{y\delta} + I_1^s R_{y\delta} + I_2^c X_{y\delta}^{63} + I_2^s R_{y\delta}^{63}, \end{aligned}$$

та перепишемо вираз (9) у вигляді

$$\begin{aligned} \Delta U_1^c &= E_1 l_{k3} + I_{k3}^c R_\delta \\ \Delta U_1^s &= E_2 l_{k3} + I_{k3}^s R_\delta. \end{aligned} \quad (10)$$

На основі математичного виразу (10) отримаємо значення l_{k3} відстані до місця короткого замикання, що для тягових мереж електропостачання є дуже важливо

$$l_{k3} = \frac{\Delta U_1^s I_{k3}^c - \Delta U_1^c I_{k3}^s}{E_2 I_{k3}^c - E_1 I_{k3}^s}. \quad (11)$$

В тому випадку, коли необхідно визначити відстань до місця короткого замикання в точці К1 на випадок живлення від ПС2, необхідно записати вираз для падіння напруги на ділянці ПС2 – К1 у вигляді

$$\Delta \dot{U}_2 = \dot{I}_3 \bullet Z_{y\delta} \bullet l_{k3} + \dot{I}_4 \bullet Z_{y\delta}^{63} \bullet l_{k3} + \dot{I}_{k3} \bullet R_\delta. \quad (12)$$

Після перетворень отримуємо математичну модель визначення l_{k3} як

$$l_{k3} = \frac{\Delta U_2^s I_{k3}^c - \Delta U_2^c I_{k3}^s}{E_4 I_{k3}^c - E_3 I_{k3}^s}. \quad (13)$$

Відмітимо, що у виразі (13) величини E3 та E4 будуть мати вигляд

$$\begin{aligned} E_3 &= I_3^c R_{y\delta} - I_3^s X_{y\delta} + I_4^c R_{y\delta}^{63} - I_4^s X_{y\delta}^{63}; \\ E_4 &= I_1^c X_{y\delta} + I_1^s R_{y\delta} + I_2^c X_{y\delta}^{63} + I_2^s R_{y\delta}^{63}. \end{aligned}$$

Особливий випадок складає визначення місця короткого замикання в точці К2. В цьому випадку, при живленні від ПС1, справедливий вираз (11). При вимірюванні складових аварійної події при живленні від ПС2 критерієм появи короткого замикання буде: $\Delta U_2 = 0$. Визначення відстані і до місця пошкодження в точці К3 при живленні від ПС2 проводиться за виразом (13), а при живленні від ПС1 – за виразом (11).

Для точки K_4 , при живленні від ПС1 справедливий вираз (11) при цьому

$$\Delta \dot{U}_1 = (\dot{I}_2 \cdot \dot{Z}_{yd} + \dot{I}_1 \cdot \dot{Z}_{yd}^{e3}) l_{k3} + \dot{I}_{k3} \cdot R_0, \text{ а при}$$

живленні від ПС2, відповідно, вираз (13).

На основі проведеного аналізу стало очевидно, що умови живлення контактної мережі та схеми їх виконання відрізняються в деякій мірі від тих, що застосовуються в трифазних системах змінного струму. Ця різниця накладає також певні відмінності в алгоритмах визначення віддалі до місць коротких замикань, які можна спостерігати в цих мережах. Значну перевагу для точності розрахунків в застосовуваних алгоритмах надають пристрої РМУ.

Висновки

1. Проведено аналіз існуючих методів оперативного управління режимами електропостачання тягових електричних мереж залізниць, на базі якого намічені шляхи побудови математичних моделей та комп'ютерно – орієнтованих методів організації ковзкого моніторингу бистроплинних технологічних процесів постачання електроенергії і моделей для опису аномальних режимів системи електропостачання.

2. Запропонована математична модель організації ковзкого моніторингу параметрів режимів тягових електричних мереж залізниць і способи організації синхронно зареєстрованої, в різних сегментах систем електропостачання, первинної інформації та способи формування її у вигляді єдиного інформаційного простору з загальносистемних позицій як основи оптимізації енергопостачання, покращення безпеки руху і реалізації енергозберігаючих технологій.

3. Розроблено математичні моделі режимів функціонування мереж залізниць в процесі постачання електроенергії натягу, завдяки яким відкривається можливість описувати доаварійні, аварійні і післяаварійні процес функціонування електричної мережі синхронно за часом і роботою системи захисту, що відкриває можливість проводити в реальному часі оптимізацію швидкоплинних технологічних процесів електропостачання, ідентифікувати місце аварійного режиму між тяговими підстанціями і формувати експрес-інформацію про аномальні режими всім рівням оперативного керування для проведення аналізу аварій, прогнозу аномальних режимів і мінімізації втрат.

Література

1. Стогній Б.С. Методы организации компьютерных систем коммерческого управления электрическими объектами. // Стогній Б.С., Сопель М.Ф.,

2. Стасюк А.И., Стасюк И.А. 36. научных работ. Моделирование та інформаційні технології./ Випуск 15, НАН України. Інститут проблем моделювання в енергетиці ім. Г.Є. Пухова. Київ – 2002.- С.3-15.
2. 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 – С. 52-66.
3. Стасюк О.І. Методи організації інтелектуальних електричних мереж залізниць на основі концепції SMARTGrid// Гончарова Л.Л., Максимчук В.Ф. Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті, науково-технічний журнал, Харків – 2014, № 2 – С.29 –37
4. Стасюк О.І. Методи організації комп'ютерної мережі моніторингу параметрів режимів систем електропостачання // Стасюк О.І., Гончарова Л.Л., Максимчук В.Ф. Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті, науково-технічний журнал, № 2, 2012 –С.35 – 40
5. Стасюк О.І. Підвищення надійності моніторингу допустимості завантажень контрольованих перетинів енергосистем // Стасюк О.І., Буткевич О.Ф., Левконюк А.В. Технічна електродинаміка, Київ – 2014, №2 – С.56-67.
6. Стасюк О.І. Методи комп'ютерної інтелектуалізації режимів функціонування тягових мереж залізниць // Стасюк О.І., Гончарова Л.Л., Максимчук В.Ф., Голуб Г.М. Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті, науково-технічний журнал, Харків – 2013, № 5 – С.29 –36.

Стасюк А.И., Тутик В.Л., Гончарова Л.Л., Голуб Г.М. Математические модели и компьютерно - ориентированные методы мониторинга и идентификации аварийных режимов тяговых сетей. Рассмотрены пути и методы построения математических моделей и компьютерно-ориентированных методов организации скользящего мониторинга быстропротекающих технологических процессов поставок электроэнергии. Предложены математические модели аномальных режимов функционирования сетей железных дорог в процессе поставок электроэнергии и способы организации синхронно-зарегистрированной, в разных сегментах системы электроснабжения, первичной информации, а также предложены принципы формирования ее в виде единого информационного пространства.

Ключевые слова: математические модели, мониторинг, процессы, электроснабжение, информационное пространство.

A.I. Stasiuk, V.L. Tutik, L.L. Goncharova, G.M. Golub. Mathematical models and computer-oriented methods of monitoring and identification of electric traction networks emergency conditions.

The ways and methods for the construction of mathematical models and computer-oriented methods for the organization of slipping monitoring of high-rate technical processes of electricity supply have been considered. The mathematical models of abnormal modes of railway network operation in the process of electricity supply and the ways to organize synchronously recorded primary data in different segments of power-supply system as well as the principles of its formation as a common information space have been proposed.

Key words: mathematical models, monitoring, processes, power supply, information space.

Рецензент д.т.н., професор Тимченко Л.І.
(ДЕТУТ)

Поступила 17.11.2014г.