

О. І. СТАСЮК, Л. Л. ГОНЧАРОВА (ДЕТУТ)

Державний економіко-технологічний університет транспорту, кафедра «Автоматизація та комп'ютерно - інтегровані технології транспорту», 03049, Київ - 49, вул. Лукашевича, 19, тел.: 050-419-38-74, 050-419-38-74, ел. пошта: X177@rambler.ru, ktarael@jandex.ru

МЕТОДИ ІНТЕЛЕКТУАЛІЗАЦІЇ ІННОВАЦІЙНИХ КОМП'ЮТЕРНИХ ТЕХНОЛОГІЙ БОРТОВИХ СИСТЕМ МОНІТОРИНГУ ЛОКОМОТИВІВ

Постановка проблеми

Залізничний транспорт є стратегічним сектором економіки держави, який суттєво впливає на розвиток фактично всіх галузей народного господарства. Збільшення, за останні роки, маси і швидкості потягів, стимулювало суттєве збільшення струму споживання на тягу який став близьким до струму короткого замикання, що привело до погіршення надійності роботи систем електропостачання і рівня безпеки транспортних та пасажирських перевезень [1,4]. Новітні досягнення в сфері комп'ютерних і комунікаційних технологій відкрили можливість проводити, в реальному часі, віддалений моніторинг і повний контроль та діагностику як наземних мереж електропостачання так і бортових енергосистем локомотивів включаючи процедуру їх місцезнаходження. Завдяки сучасним інтелектуальним технологіям стало можливим, в процесі функціонування систем життєдіяльності, проводити та ідентифікувати ряд режимних, параметричних і структурних відхилень і дефектів в енергосистемах локомотивів. Обробляти отримані первинні оперативні дані і по необхідній сукупності комплексу діагностичних параметрів, визначати причини і місце або сектори відхилень від режимів функціонування бортових енергосистем, а також представляти дані машиністу у вигляді рекомендацій, включаючи процедури формування та передачу комп'ютерної аварійної інформації на інші рівні диспетчерського керування. Базовий принцип функціонування бортових систем пов'язаний з необхідністю узгодженого, сумісного і періодичного рішення трьох домінуючих взаємопов'язаних задач, до яких відноситься контроль і діагностика енергосистем життєдіяльності, прогнозування надійності їх роботи та визначення ресурсу функціонування і реалізація сукупності процедур оперативного керування. Не зважаючи на відносну автономність цих задач і враховуючи той факт, що ці задачі знаходяться в загальносистемній єдності та взаємозалежності між собою вони відносяться до класу негарно формалізованих і погано структурованих [1,3]. В зв'язку з

цим, використання традиційних математичних моделей і методів при рішенні взаємозв'язаних задач діагностики, прогнозування і управління не завжди приводить до бажаного позитивного результату. Розв'язання проблем ефективного рішення сукупності погано формалізованих задач може бути реалізовано за рахунок використання більш сучасних моделей, методів і функцій аналізу орієнтованих на перспективні інформаційні технології. Такий підхід базується на концепції інтелектуалізації бортових комп'ютерних технологій шляхом використання інноваційних систем віддаленого моніторингу вузлів, сегментів і систем життєдіяльності локомотива [4-8].

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Проведений авторами і вітчизняними та зарубіжними вченими аналіз показав, що на сьогоднішній день накопичено значний досвід в сфері прийняття рішень по оперативному керуванню з використанням сучасних комп'ютерних засобів для ідентифікації суттєвих динамічних збурень і аварійних режимів. В багатьох публікаціях акцентується увага на те, що забезпечення високого рівня спостережамості динаміки аномальних режимів функціонування енергосистем і, відповідно, реалізації бистрої реакції на ці явища не було досягнуто за допомогою використання традиційних підходів і засобів [2,4]. Досвід експлуатації бортових комп'ютерних обчислювачів показав, що використання перспективних комп'ютерних технологій з застосуванням методів інтелектуалізації процедур високоточного синхронізованого вимірювання первинної інформації, для проведення післяаварійного аналізу окремих чи системних явищ, суттєво розширює функціональні можливості комп'ютерного інструментарію, а також різко зменшує аварійність енергосистем, мінімізує енергоспоживання і покращує якість функціонування та тривалість безперебійної роботи мереж життєзабезпечення локомотивів. В цьому плані, практичний інтерес представляють напрямки досліджень пов'язаних з роз-

робкою математичних моделей, методів і комп'ютерно-орієнтованих алгоритмів як природний розвиток бортових залізничних систем керування. Проведення інтеграції інтелектуальних методів для організації бортових залізничних систем відкриває можливість своєчасно проводити контроль і діагностику систем життєдіяльності локомотивів, враховуючи всілякі зв'язки між подіями, що дозволяє своєчасно ідентифікувати і ілюструвати несправності та реалізувати прогноз працеспроможності, включаючи процедури оцінювання ресурсу.

Відокремлення нерозв'язаних раніше частин загальної проблеми

Задачі дослідження методів синтезу і експлуатації комп'ютерних систем, що забезпечують інтелектуальний моніторинг динаміки стану складного, схильного до ушкодження, і в той же час дуже важливого бортового комп'ютерного обладнання рухомого складу найшла відображення в стратегії розвитку залізничного транспорту. Сучасні інноваційні технології відкривають можливість проводити, під час руху, контроль і прогноз надійності роботи локомотивного парку та передавати, в реальному часі, інформацію про технічний стан з борту локомотива в стаціонарну систему обробки інформації з використанням каналів безпроводного зв'язку. Система моніторингу, реалізована подібним образом, дозволяє не тільки автоматизувати процес управління і виконувати контроль стану локомотивів, а також постійно проводити процедуру їх реєстрування з подальшим відображенням місця знаходження. Завдяки організації спільної роботи бортових і стаціонарних комп'ютерних систем відкривається унікальна можливість формувати і накопичувати базу даних про стан всіх локомотивів залізниць за весь період їх функціонування, оперативно отримувати детальну інформацію про несправності, відслідковувати історію функціонування стану локомотивів, створювати нову комп'ютерно-орієнтовану технологію обслуговування включаючи ремонт і контроль його виконання. Самим важливим, при цьому є те, що застосування таких комп'ютерних мереж відкриває можливість, на основі отриманої багатоаспектної об'єктивної інформації про стан комплексу технологічних процесів, які протікають при роботі локомотива, реалізувати інтелектуальну обробку первинних даних і на їх базі накопичувати нові знання про функціонування систем життєдіяльності рухомого складу. В науково-технічній літературі достатньо гли-

боко досліджені питання пов'язані з формуванням нових знань, про режими функціонування енергетичних об'єктів, шляхом використання інтелектуальних технологій експертних систем які базуються на сучасних базах знань і машинному виводі нової інформації. Основою теоретичної бази організації процесів інтелектуальної обробки інформації є математичний апарат теорії нечітких множин за допомогою якого реалізується процес вводу погано формалізованої інформації. В той же час, на думку багатьох вчених, застосування нечітких множин хоч і дозволяє автоматизувати процес формалізації і вводу інформації для інтелектуальної комп'ютерної обробки, але в самому методі існує великий елемент суб'єктивізму. Тому, на нашу думку, не розв'язаними раніше частинами загальної проблеми інтелектуальної обробки інформації є те, що в літературі мало уваги приділено розробці методів визначення суттєвої глибини інформативності первинної інформації при реєстрації динаміки швидкоплинних технологічних процесів, що протікають в складних енергетичних об'єктах [8,9]. Отримані, таким чином, нові знання шляхом інтелектуальної обробки високоінформативних первинних даних відкривають абсолютно нову якість в сфері керування і передбачати, з високою ймовірністю, негативний розвиток явищ і процесів [10].

Мета роботи

Метою роботи є розробка математичних моделей і методів визначення більш глибокого рівня інформативності не детермінованих стохастичних потоків первинної інформації, що відображає процес функціонування складних енергетичних об'єктів, як основи синтезу евристичних моделей формування нових знань і теоретичної бази інтелектуалізації інноваційних комп'ютерних технологій бортових систем моніторингу локомотивів.

Основний матеріал дослідження

Завдяки бурному розвитку інтегральних технологій виготовлення надвеликих інтегральних схем, а також застосуванню зверх швидкодіючих мікропроцесорних комплектів, відкрилась можливість організації необхідної або збиткової обчислювальної потужності в будь-якому сегменті складного енергетичного об'єкту, для реалізації оптимального процесу його функціонування, шляхом синтезу обчислювальних систем чи розподілених комп'ютерних мереж. В умовах стохастичного характеру вихідних по-

токів первинної інформації, що надходить з складних динамічних систем, до яких відноситься рухомий залізничний транспорт, ефективним представляється організація паралельного недетермінованого процесу її обробки, в розподілених комп'ютерних мережах, для формування раціональних процедур керування режимами функціонування динамічних систем, включаючи діагностування і прогнозу їх працездатності та відтворення роботоспроможності. Це можливо шляхом використання сучасних математичних моделей, методів і алгоритмів з інтелектуальними властивостями, що і визначає сутність іноваційного підходу формування комп'ютерних технологій бортових систем моніторингу локомотивів. Бортові комп'ютерні системи орієнтовані на проведення, в реальному часі, моніторингу технічного стану обладнання електропотягів, дозволяють миттєво реагувати на нештатні ситуації, своєчасно виявляти і одслідковувати появу несправностей, реалізувати контроль роботоспроможності шляхом обчислення комплексу показників експлуатації локомотивів та організувати сукупність керуючих впливів включаючи формування рекомендацій і відповідної інформації. Комп'ютерні системи рухомого складу залізниць реєструють інформацію про вібрацію, температуру, тиск, швидкість руху по маршруту, динаміку напруги і струму який споживається на тягу та допоміжні електричні мережі, відслідковують положення органів керування, географічні координати локомотива, дані про стан підшипникових вузлів, пневматичної тормозної системи і ряд інших параметрів. При цьому, в процесі роботи розв'язується комплекс задач таких як: визначення технічного стану обладнання, що експлуатується; ідентифікація ймовірних причин зміни технічного стану обладнання локомотивів; визначення вузлів або сегментів обладнання, що привело до зміни технічного стану; формування аварійних сигналів при переході ключових параметрів обладнання за визначені ліміти; виявлення і оцінка ймовірного розвитку дефектів за часом; оперативний аналіз і прогноз функціонування обладнання по рівню шуму, вібрації, викидам шкідливих складових та інших екологічних характеристиках. Вся первинна інформація, після обробки, використовується для формування звітних документів та архівації у вигляді актів технічного стану як для кожного вагону так і потяга в цілому. Оброблені, відповідно бортовим алгоритмам, первинні дані виводяться на дисплей діагностичного контролера, що знаходиться в кабі-

ні локомотива, а також передаються в наземну обчислювальну мережу. В стаціонарній комп'ютерній системі проводиться більш глибока обробка інформації, в результаті чого формується сукупність документів нормативного характеру які передаються відповідальним за організацію перевезень, керівництву депо, залізниці та і іншим зацікавленим службам. До домінуючих показників, що характеризують якість функціонування локомотивів, можна віднести ряд параметрів пов'язаних з забезпеченням безпеки руху, а також мінімізації енергоспоживання. В зв'язку з цим, нові математичні моделі і комп'ютерні методи, орієнтовані на суттєве визначення інформативності із зареєстрованої первинної інформації, що відображає динамічні характеристики безпеки перевезень і енергозбереження, є основою організації бортових комп'ютерних архітектур з інтелектуальними властивостями. Такий підхід дозволяє, в процесі роботи бортового комп'ютерного комплексу, накопичувати нові знання про режими функціонування обладнання потягів і використовувати їх для покращення експлуатації, безпеки перевізного процесу, створення технологій енергозбереження і розробки більш якісного обладнання локомотивів нових поколінь. Синтез математичних моделей і методів з інтелектуальними властивостями, що відкривають можливість формувати нові знання про об'єкт, розглянемо на прикладі динаміки зміни напруги і струму, що споживається на тягу. Припустимо, що процес аномального чи аварійного режиму споживання електроенергії потягом представляється у вигляді зареєстрованої сукупності m миттєвих значень напруги $u(t_0), u(t_1), u(t_2), \dots, u(t_j), \dots, u(t_m)$ і струму $i(t_0), i(t_1), i(t_2), \dots, i(t_j), \dots, i(t_m)$, на всьому інтервалі T , як показано на рис. 1.

Отримані дані $u(t_j), i(t_j)$, по суті представляють собою первинну інформацію, що відображає аномальний процес функціонування силового енергетичного обладнання і являється основою вторинної обробки для обчислення сукупності необхідних показників якості функціонування. На практиці, на основі отриманих первинних даних сукупності миттєвих значень напруги $u(t_0), u(t_1), u(t_2), \dots, u(t_j), \dots, u(t_m)$ і струму $i(t_0), i(t_1), i(t_2), \dots, i(t_j), \dots, i(t_m)$ реалізується обробка їх згідно відповідних методів і алгоритмів.

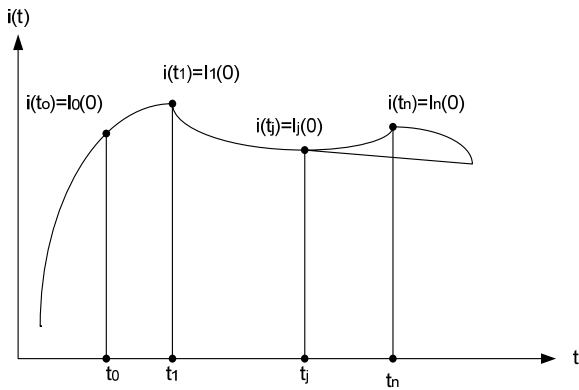


Рис. 1. Процес аномального чи аварійного режиму споживання електроенергії

Але, для визначення більш глибоких інформативних параметрів первинної інформації, зареєстрованої у вигляді $u(t_j), i(t_j)$, з метою отримання нових знань про режими функціонування складних енергетичних об'єктів, необхідно провести дослідження в сфері синтезу математичних моделей і методів інтелектуалізації стохастичних процесів відображаючих режими функціонування систем локомотива. Для проведення процедур визначення значної глибини інформативності отриманих первинних даних значень напруги $u(t_0), u(t_1), u(t_2), \dots, u(t_j), \dots, u(t_m)$ і струму, $i(t_1), i(t_2), \dots, i(t_j), \dots, i(t_m)$, використаємо сучасний математичний апарат диференціальних перетворень Пухова [3], які представляються наступною парою математичних виразів у вигляді:

$$X(k) = \frac{H^k}{K!} \left[\frac{d^k \mathcal{X}(t)}{dt^k} \right]_{t=0} \quad \equiv \quad \mathcal{X}(t) = \sum_{k=0}^{\infty} \left(\frac{t}{H} \right)^k X(k) \quad (1)$$

де $\mathcal{X}(t)$ – первонаочальна n -раз диференціюєма функція аргументу t , що має відповідні обмеження разом з усіма своїми похідними;

$X(K)$ – зображення функції - оригіналу $\mathcal{X}(t)$ яке представляє собою дискретну функцію $X(K)$ цілочислового аргументу $k=0,1,2,\dots$;

H – масштабний коефіцієнт, який має ту ж розмірність що й аргумент t і, в більшості випадків, вибирається із умов $0 \leq t \leq H$, тобто на всьому діапазону функції оригіналу $\mathcal{X}(t)$;

\equiv – символ, що характеризує відповідність між оригіналом $\mathcal{X}(t)$ і його диференціальним T - зображенням $X(K)$, ($k=0,1,2,\dots$).

В математичній залежності (1) вираз, що знаходиться ліворуч від символу \equiv представляє собою пряме диференціальне перетворення. Завдяки прямому диференційному перетворенню, на основі функції-оригіналу $\mathcal{X}(t)$, формується T - зображення дискретної функції $X(K)$ цілочислового аргументу $k=0,1,2,\dots$. Праворуч математичної залежності (1) – записано математичний вираз, що дозволяє за значенням T -дискрет функції цілочислового аргументу $X(K)$ $k=0,1,2,\dots$ одержати функції - оригіналу $\mathcal{X}(t)$.

Використавши пряме диференціальне перетворення (1) запишемо для функції струму $i(t)$ наступний вираз

$$I(k_0) = \frac{H^k}{k!} \left[\frac{d^k i(t)}{dt^k} \right]_{t=t_0} \equiv i(t) = \sum_{k=0}^{\infty} \left(\frac{t}{H} \right)^k I_0(k). \quad (2)$$

На основі виразу (2) для кожного значення струму $i(t_j)$ в точках $t_0, t_1, t_2, \dots, t_j, \dots, t_m$ зформуємо систему алгебраїчних рівнянь n -го порядку

$$\begin{aligned} \frac{t_1}{H} I_0(1) + \left(\frac{t_1}{H} \right)^2 I_0(2) + \left(\frac{t_1}{H} \right)^3 I_0(3) + \dots + \left(\frac{t_1}{H} \right)^n I_0(n) &= i(t_1) - I_0(0) \\ \frac{t_2}{H} I_0(1) + \left(\frac{t_2}{H} \right)^2 I_0(2) + \left(\frac{t_2}{H} \right)^3 I_0(3) + \dots + \left(\frac{t_2}{H} \right)^n I_0(n) &= i(t_2) - I_0(0) \\ \frac{t_n}{H} I_0(1) + \left(\frac{t_n}{H} \right)^2 I_0(2) + \left(\frac{t_n}{H} \right)^3 I_0(3) + \dots + \left(\frac{t_n}{H} \right)^n I_0(n) &= i(t_n) - I_0(0). \end{aligned} \quad (3)$$

Оскільки, на основі прямих диференціальних перетворень, згідно (1) мають місце наступні рівності $i(t_0) = I_0(0), i(t_1) = I_1(0), \dots$

$i(t_n) = I_n(0)$, то розв'язавши систему (3) отримаємо спектр дискрет $I_0(0), I_0(1), I_0(2), \dots, I_0(k)$ T -функції,

що є T -зображенням $i(t)$ в точці t_0 . Не трудно замітити, що функція $i(t)$ представляється в t_0 не тільки величиною її миттєвого значення $i(t_0) = I_0(0)$, а і сукупністю T -дискрет

$I_0(1), I_0(2), \dots, I_0(k)$ які, по суті, еквівалентні відповідно комплексу похідних в цій же точці, але обчислені аналітичним шляхом. Цей факт, відкриває широкі можливості визна-

чення сукупності нових інформативних параметрів стохастичних процесів, що відображають режими функціонування складних енергетичних об'єктів. Маючи широкий набір T -дискрет $I_s(k)$ в кожній точці $s=0,1,..n$ стохастичного процесу $i(t)$ можна проводити спектральний аналіз аномальних режимів енергетичних систем для ідентифікації типу і місця аварії, реалізувати кореляційний аналіз і, відповідно, відслідковувати, в реальному часі, силову обладнання рухомого складу залізниць.

На основі математичної моделі (3) можна сформулювати n математичних T -моделей виду [3].

$$\frac{t_{js+1}}{H} I_s(1) + \left(\frac{t_{jsH}}{H}\right)^2 I_s(2) + \left(\frac{t_{jsH}}{H}\right)^3 I_s(3) + \dots + \left(\frac{t_{js+1}}{H}\right)^n = i(t_{sH}) - I_s(0),$$

$$j = 1, 2, \dots, n, \quad s = 0, 1, \dots, n-1,$$

і визначити спектр дискрет представлених у вигляді $I_0(0), I_0(1), I_0(2), \dots, I_0(k);$

$$I_1(0), I_1(1), I_1(2), \dots, I_1(k); \dots$$

$$I_n(0), I_n(1), I_n(2), \dots, I_n(k).$$

Отримані T -дискрети $I_s(k)$, $s=0,1,..n$, $k=0,1,2,..$, є основою організації інтелектуального обчислювального процесу для визначення нових знань про режими функціонування складних об'єктів. Запишемо отриману первинну інформацію у вигляді множин, що представляють сукупність T -дискрет для струму $I_s(k)$, напруги $U_s(k)$ та всіх інших r параметрів $Z_s^r(k)$ які відображають режим функціонування складних систем локомотиву

$$\begin{aligned} \{I_0(k)\} &\in G_i^0 \neq \emptyset, \\ \{I_1(k)\} &\in G_i^1 \neq \emptyset, \\ \{I_n(k)\} &\in G_i^n \neq \emptyset; \\ \{U_0(k)\} &\in G_u^0 \neq \emptyset, \\ \{U_1(k)\} &\in G_u^1 \neq \emptyset, \\ \{U_n(k)\} &\in G_u^n \neq \emptyset; \\ \{Z_0^r(k)\} &\in G_r^0 \neq \emptyset, \\ \{Z_1^r(k)\} &\in G_r^1 \neq \emptyset, \\ \{Z_n^r(k)\} &\in G_r^n \neq \emptyset. \end{aligned} \quad (5)$$

На основі математичного виразу (5) сформуємо наступні множини

$$G^i = G_i^0 \cup G_i^1 \cup \dots \cup G_i^n, \quad (6)$$

$$G^u = G_u^0 \cup G_u^1 \cup \dots \cup G_u^n, G^r = G_r^0 \cup G_r^1 \cup \dots \cup G_r^1, \quad r = 1, 2, \dots, f,$$

і, на їх базі, запишемо множину G

$$G = G^i \cup G^u \cup_{r=1}^f G^r, \quad (7)$$

$$r = 1, 2, \dots, f,$$

яка, по суті і є теоретичною основою інтелектуалізації інноваційних комп'ютерних технологій в енергетиці.

Після отримання первинної інформації, що поступає з складного енергетичного об'єкту, і представлення її у вигляді T -дискрет

$$I_0(0), I_0(1), I_0(2), \dots, I_0(k);$$

$$I_1(0), I_1(1), I_1(2), \dots, I_1(k);$$

$$I_n(0), I_n(1), I_n(2), \dots, I_n(k),$$

як множина G , згідно (5), загальний обчислювальний процес в області диференційних зображень може бути представлений наступним чином

$$x^1 = \varphi_1(x(t)), \quad x^2(k) = \varphi_2(x^1(k)), \dots$$

$$x^l(k) = \varphi_l(x^l(k)), \dots \quad (8)$$

На основі виразу (8), можна зробити вивід, що в процесі обчислень, на кожному етапі, використовуються значення T -функцій $x^l(k)$ і результатом обчислень також формується новий T -спектр функцій $x^f(k)$. В тих випадках, коли необхідно отримати проміжну інформацію $x^l(t)$, для оперативного прийняття рішень або формування керуючих впливів, то застосовується зворотне диференційне перетворення, згідно виразу (1), представлене в загальному вигляді як

$$x^l(t) = \sum_{k=0}^{k=\infty} \left(\frac{t}{H}\right)^k x^l(k), \quad (9)$$

або відповідно для значення струму

$$i(t) = \sum_{k=0}^{k=\infty} \left(\frac{t}{H}\right)^k I(k). \quad (10)$$

Розглянемо приклад проведення спектрального аналізу первинної інформації представлені в сфері диференційних зображень і методи організації інтелектуального обчислювального процесу [3]. На практиці найшли широке застосування інтегральні перетворення Фур'є з кінцевими і безкінечними границями. Пряме перетворення Фур'є на кінцевому проміжку $(0, T)$ має вигляд

$$x_\gamma = \frac{j^2}{T} \int_0^T e^{-j\gamma\omega t} x(t) dt, \quad (11)$$

$j^2 = -1$,
або, відповідно

$$I_\gamma = \frac{j^2}{T} \int_0^T e^{-j\gamma\omega t} i(t) dt \quad (12)$$

де I_γ – комплексна амплітуда γ гармоніки струму, при чому $I_\gamma = I_\gamma e^{j\gamma\omega t}$; $\omega = \frac{2\pi}{T}$ – частота основної гармоніки струму.

Підставимо значення $i(t)$ із виразу (10) в (12) отримаємо наступну математичну залежність

$$I_\gamma = \sum_{k=0}^{k=\infty} \frac{I(k)}{H^k} \left(\frac{j^2}{T} \int_0^T t^k e^{-j\gamma\omega t} dt \right). \quad (13)$$

Оскільки значення інтегралу може бути записано як

$$\int_0^T t^k e^{-j\gamma\omega t} dt = \frac{k!(-1)^k}{(-j\gamma\omega)^{k+1}} \left(1 - \sum_{m=0}^{m=k} \frac{(-j\gamma\omega t)^m}{m!} \right), \quad (14)$$

то підставивши значення інтегралу із виразу (14) в залежність (13) отримаємо математичну модель завдяки якій відкриває можливість, на основі T -спектру функцій $I(k)$ визначати набір

комплексних амплітуд γ х гармоніки I_γ

$$I_\gamma = \frac{1}{\pi\gamma} \sum_{k=0}^{k=\infty} \frac{k!}{(j\gamma\omega H)^k} \left[\sum_{m=0}^{m=k} \left(\frac{T}{H} \right)^m \frac{(-j\gamma\omega t)^m}{m!} - 1 \right] I(k). \quad (15)$$

Поступаючи аналогічним чином, та зробивши еквівалентні перетворення на основі зворотніх перетворень Фур'є, можна синтезувати математичну модель для визначення не тільки

I_γ , а також в сфері зображень T -спектри $I_\gamma(k)$ проміжних обчислень для реалізації подальшої обробки інформації згідно (8).

Висновки

1. Проведений аналіз сучасних методів інтелектуальної обробки інформації, в процесі керування складними електротехнічними об'єктами показав, що одним із основних напрямків формування нових знань, про режими їх функціонування, є розробка методів визначення глибокого рівня інформативності стохастичних потоків первинної інформації, що відображають процеси функціонування енергетичних систем і являються основою інтелектуалізації інноваційних комп'ютерних технологій.

2. На основі математичного апарату диференційних перетворень, запропоновані методи, що відкривають можливість представлять стохастичні первинні дані про об'єкти керування в сфері зображень у вигляді T -спектрів, завдяки чому відкривається можливість суттєво підвищити рівень інформативності первинної інформації.

3. Запропоновані методи формування диференційних математичних моделей процесів обробки інформації представлені у вигляді T -спектрів стохастичних процесів технічних систем обладнання локомотивів як основи інтелектуалізації інноваційних комп'ютерних технологій.

4. Запропоновано способи формування первинних даних в сфері зображень у вигляді множин, що представляють собою сукупність T -дискрет і наведені методи організації, на основі інтегрального перетворення Фур'є, інтелектуального обчислювального процесу проведення спектрального аналізу первинної інформації представлені в сфері диференційних зображень для визначення нового інформаційного складу аномального режиму системи керування.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Стогній Б.С. Інтелектуальні електричні мережі: світовий досвід і перспективи України. / Стогній Б.С., Кириленко О.В., Праховник А.В. Денисюк С.П.; Праці Інституту електродинаміки НАН України, 2011, Часина 1. – С. 5-20.

REFERENCES

1. Stohniy B.S., Kyrylenko O. V., Prakhovnyk A. V., Denysyuk S. P. Intelktual'ni elektrychni merezhi: svitovyy dosvid i perspektyvy Ukrainy [Smart grids: world experience and prospects of Ukraine]. *Pratsi Instytutu elektrodynamiky NAN Ukrainy* [Proceedings of the Institute of Electrodynam-

2. Стогній Б.С. Технологічний базис інтелектуальної об'єднаної електричної системи України. / Стогній Б.С., Кириленко О.В., Денисюк С.П. Баталов А.Г.; Праці Інституту електродинаміки НАН України, 2011, Часина 1. – С. 20-31.

3. Стасюк О.І. Методи організації інтелектуальних електричних мереж залізниць на основі концепції SMART Grid// Гончарова Л.Л., Максимчук В.Ф. Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті, науково-технічний журнал, Харків – 2014, № 2 –С.29 –37.

4. Пухов Г.Е. Преобразование Тейлора и их применение в электротехнике и электронике./ Пухов Г.Е.; Киев «Наукова думка» 1978 г. С.259.

5. 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.

6. Стасюк О.І. Математичні моделі і методи організації інтелектуальних мереж постачання електроенергії на тягу залізничному транспорту // Стасюк О.І., Гончарова Л.Л., Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті, науково-технічний журнал, № 3, 2015 –С.25-31.

7. Стасюк О.І. Принципи і методи комп'ютерної інтелектуалізації мереж електропостачання залізниць/ Стасюк О.І., Гончарова Л.Л., Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті, науково-технічний журнал, № 2, 2016 –С.25-31.

8. 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.

9. Щербак А.В. Интеллектуальная обработка информации в среде WEB-2.0// Щербак А.В., Нарышкин В.С., Системы обработки информации, Харьковский национальный экономический университет, Харьков, выпуск 2, 2011 –С226-229.

10. Журавлев Ю.И. Об интеллектуальных методах обработки информации// Журавлев Ю.И., Открытая кафедра, Отделение математических наук РАН, Московский гуманитарный университет, №2 , 2014 - С 305-309.

Надійшла до друку 02.03.2016.

Ключові слова: математичні моделі, диференційні перетворення, методи, інтелектуалізація, стохастичні процеси, оптимізація, інтелектуальна обробка інформації, Т-спектри.

ics of NAS of Ukraine], 2011, vol. 1, pp. 5 –20.

2. Stohniy B.S., Kyrylenko O. V., Denysyuk S. P., Batalov A. H. Tekhnolohichnyy bazys intelektual'noyi ob'yednanoi elektrychnoyi systemy Ukrayiny [The technological basis of intellectual united electrical system of Ukraine]. *Pratsi Instytutu elektrodynamiky NAN Ukrayiny* [Proceedings of the Institute of Electrodynamics of NAS of Ukraine], 2011, vol. 1, pp. 20 – 31.

3. Stasyuk O.I., Honcharova L.L., Maksymchuk V.F. Metody orhanizatsiyi intelektual'nykh elektrychnykh merezh zaliznyts' na osnovi kontseptsiyi SMART Grid [Methods of intelligent electrical networks of railways on the concept of SMART Grid]. *Informatsiyno-keruyuchi systemy na zaliznychnomu transporti, naukovo-tekhnichnyy zhurnal* [Information controlling systems for rail transport, scientific journal], 2014, no. 2, pp. 29 – 37.

4. Pukhov H. E. *Preobrazovanyy Teylora y ykh prymerenye v elektrotekhnike y elektronike* [Transformation Taylor and their use in electrical engineering and electronics]. Kiev, Naukova dumka Publ., 1978. 259 p.

5. Stasyuk O.I., Honcharova L.L., Maksymchuk V.F., Holub H.M. Metody komp'yuternoyi intelektualizatsiyi rezhymiv funktsionuvannya tyahovykh merezh zaliznyts' [Metodi komp'yuternoї intelektualizatsii rezhymiv funktsionuvannya Pulling trammel zaliznyts]. *Informatsiyno-keruyuchi systemy na zaliznychnomu transporti, naukovo-tekhnichnyy zhurnal* [Information controlling systems for rail transport, scientific journal], 2013, no. 5, pp. 29 – 36.

6. Stasyuk O.I., Honcharova L.L. Matematychni modeli i metody orhanizatsiyi intelektual'nykh merezh postachannya elektroenerhiyi na tyahu zaliznychnomu transportu [Mathematical models and methods of intelligent networks supply electricity for traction rail transport]. *Informatsiyno-keruyuchi systemy na zaliznychnomu transporti, naukovo-tekhnichnyy zhurnal* [Information controlling systems for rail transport, scientific journal], 2015, no. 3, pp. 25 – 31.

7. Stasyuk O.I., Honcharova L.L. Pryntsypy i metody komp'yuternoyi intelektualizatsiyi merezh elektropostachannya zaliznyts' [Principles and methods of intellectualization of computer power supply networks of railways] *Informatsiyno-keruyuchi systemy na zaliznychnomu transporti, naukovo-tekhnichnyy zhurnal* [Information controlling systems for rail transport, scientific journal], 2016, no. 2, pp. 25 – 31.

8. Stasyuk O.I., Butkevych O.F., Levkonyuk A.V. Pidvyshchennya nadiynosti monitorynhu dopustymosti zavantzhen' kontrol'ovanykh peretyniv enerhosystem [Stasiuk OI Increased reliability monitoring admissibility downloads intersections controlled power systems]. *Tekhnichna elektrodynamika* [Technical electrodynamics], 2014, no. 2, pp. 56 – 67.

9. Shcherbakova A.V., V.S. Naryshkyn Intellektual'naya obrabotka ynformatsyy v srede WEB-2.0 [Intelligent processing of information in the WEB-2.0 environment]. *Systemy obrabotky ynformatsyy* [Information processing systems], 2011, vol. 2, pp. 226 – 229.

10. Zhuravlev Yu.Y. Ob intellektual'nykh metodakh obrabotky ynformatsyy [About Intelligent methods of information processing]. *Otkrytaya kafedra* [Open Department], 2014, no. 2, pp. 305 – 309.

Внутрішній рецензент Сиченко В. Г.

Зовнішній рецензент Денисюк С. П.

© Стасюк О. І., Гончарова Л. Л., 2016

Наведено результати аналізу сучасного стану наукових досліджень в сфері інтелектуальної обробки інформації в процесі керування складними електротехнічними об'єктами, показано, що актуальною проблемою є створення математичних моделей і методів визначення суттєвого рівня інформативності стохастичних потоків первинної інформації, що відображають процеси функціонування енергетичних систем. Запропоновано використання математичного апарату диференціальних перетворень для представлення первинної інформації в сфері диференціальних зображень у вигляді Т-спектрів, що дозволяє суттєво визначити рівень інформативності інформаційних даних з метою формування нових знань. Запропоновано методи синтезу диференціальних математичних моделей для обробки первинних даних у вигляді Т-спектрів, як основи інтелектуалізації інноваційних комп'ютерних технологій. Розглянуто способи організації Т-спектрів первинних даних у вигляді множин і використання їх для організації інтелектуального обчислювального процесу при реалізації спектрального аналізу на основі інтегрального перетворення Фур'є, для визначенні сукупності нових інформаційних компонентів аномальних режимів функціонування систем обладнання локомотивів.

УДК 621.331.3

А. И. СТАСЮК, Л. Л. ГОНЧАРОВА (ГЭТУТ)

Государственный экономико-технологический университет транспорта, кафедра «Автоматизация и компьютерно-интегрированные технологии транспорта», 03049, Киев-49, ул. Лукашевича, 19, тел.: 050-419-38-74, 050-419-38-74, эл. почта: X177@rambler.ru, ktarael@jandex.ru

МЕТОДЫ ИНТЕЛЕКТУАЛИЗАЦИИ ИННОВАЦИОННЫХ КОМПЬЮТЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ БОРТОВЫХ СИСТЕМ МОНИТОРИНГА ЛОКОМОТИВОВ

Приведены результаты анализа современного состояния научных исследований в сфере интеллектуальной обработки информации в процессе управления сложными электротехническими объектами, показано, что актуальной проблемой есть создание математических моделей и методов определения значительного уровня информативности стохастических потоков первичной информации, которая отображает процессы функционирования энергетических систем. Предложено использование математического аппарата дифференциальных преобразований для представления первичной информации в области дифференциальных изображений в виде Т-спектров, что открывает возможность значительного определения уровня информативности данных с целью определения новых знаний. Предложены методы синтеза дифференциальных математических моделей для обработки первичных данных в виде Т-спектров, как основы интеллектуализации инновационных компьютерных технологий. Рассмотрены способы организации Т-спектров первичных данных в виде множеств и применение их для организации интеллектуального вычислительного процесса реализации спектрального анализа на основе интегральных преобразований Фурье, для определения совокупности новых информационных компонентов аномальных режимов в процессе функционирования систем оборудования локомотивов.

Ключевые слова: математические модели, дифференциальные преобразования, методы, интеллектуализация, стохастические процессы, оптимизация, интеллектуальная обработка информации, Т-спектры.

Внутренний рецензент *Сыченко В. Г.*

Внешний рецензент *Денисюк С. П.*

UDC 621.331.3

A. I. STASYUK, L. L. GONCHAROVA (SETUT)

State Economic and Technological University of Transport, Department of Automation and computer-integrated transport technologies, 03049, Kyiv-49, Lukashovich 19 Str., tel.: 050-419-38-74, 050-419-38-74, e-mail: X177@rambler.ru, ktarael@jandex.ru

METHODS OF INTELLECTUALIZATION OF INNOVATIVE COMPUTER TECHNOLOGIES OF ONBOARD SYSTEMS OF MONITORING OF LOCOMOTIVES

Results of the analysis of a current state of scientific researches are given in the sphere of intellectual information processing in the course of an control by difficult electro technical objects, is shown that creation of mathematical models and methods of determination of considerable level of informational content of stochastic flows of primary information which displays processes of functioning of power systems is an actual problem. Use of mathematical apparatus the differential of transformations for submission of primary information in the field of differential images in the form of T-ranges that opens possibility of considerable determination of level of informational content of data with the purpose of definition new *knowledge* is offered. Methods of synthesis of differential mathematical models for processing of primary data in the form of T-ranges, as bases of intellectualization of innovative computer technologies are offered. Ways of the organization of T-ranges of primary data in the form of sets and their application for the organization of intellectual computing process of implementation of the spectral analysis on the basis of integrated conversions of Fourier, for definition of a general of new information components of the abnormal modes in the course of functioning of systems of the equipment of locomotives are considered.

Keywords: mathematical models, differential transformations, methods, intellectualization, stochastic processes, optimization, intellectual processing of information, T-ranges.

Internal reviewer *Sychenko V. G.*

External reviewer *Denisyuk S. P.*