



НОВІ ЗАСОБИ КІБЕРНЕТИКИ, ІНФОРМАТИКИ, ОБЧИСЛЮВАЛЬНОЇ ТЕХНІКИ ТА СИСТЕМНОГО АНАЛІЗУ

УДК 621.311

О.І. СТАСЮК, Л.Л. ГОНЧАРОВА

МАТЕМАТИЧНІ МОДЕЛІ КОМП'ЮТЕРНОЇ ІНТЕЛЕКТУАЛІЗАЦІЇ ТЕХНОЛОГІЙ СИНХРОННИХ ВЕКТОРНИХ ВИМІРЮВАНЬ ПАРАМЕТРІВ ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖ

Анотація. Проаналізовано сучасний стан наукових досліджень у сфері інтелектуалізації мереж електропостачання на основі синхронних векторних вимірювань в системі реєстрації первинної інформації. Показано, що оптимізація електроспоживання залежить від повноти інформативності первинних багатоаспектних даних. На основі диференційних перетворень запропоновано математичні моделі і методи аналітичного обчислення сукупності Т-дискрет для визначення повноти інформативності отриманих недетермінованих первинних даних. Розглянуто методи інтелектуалізації технологій синхронних векторних вимірювань за допомогою представлення зареєстрованих первинних даних у вигляді Т-спектрів для визначення окремих гармонічних складових параметрів перехідного процесу енергосистеми, а також для проведення (на основі диференційних зображень) спектрального аналізу і обчислення спектральної щільності, як основи формування і накопичування нових знань.

Ключові слова: математичні моделі, диференційні перетворення, методи, інтелектуалізація, процес, оптимізація, синхронні векторні вимірювання.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ

Впровадження сучасних комп'ютерних систем моніторингу перехідних, аварійних і аварійних режимів систем електропостачання залізниць відкриває можливість повністю описати динаміку поведінки електроенергетичної мережі. Організація комп'ютерних мереж керування електропостачанням та інформаційних технологій моніторингу електричних режимів у реальному часі базується на перспективних технологіях синхронних векторних вимірювань у наявній розподіленій системі реєстрації первинної інформації [1, 2]. Поява таких технологій дозволила суттєво збільшити кількість інформації про перебіг перехідних електромеханічних процесів у мережі електропостачання, що дуже важливо для її адекватного аналізу. У той же час при розв'язанні комплексу задач, пов'язаних з розробленням і впровадженням процедур збільшення ефективності процесів електроспоживання, ключовою стала потреба у визначенні повноти інформативності зареєстрованих первинних багатоаспектних даних про стан технологічних процесів і режимів системи електропостачання. Розв'язання цієї проблеми відкриває можливість формувати і накопичувати нові знання, що відображають особливості швидкоплинних технологічних процесів електропостачання, і створювати сучасні методи енергозбереження і безпеки руху. Одним із домінуючих напрямків подальшого розвитку технологій синхронізованих векторних вимірювань є створення математичних моделей і комп'ютерно-орієнтованих методів з інтелектуальними властивостями [3, 4].

© О.І. Стасюк, Л.Л. Гончарова, 2016

Синтез математичних моделей, орієнтованих на інтелектуалізацію процедур синхронних векторних вимірювань, відкриває можливість визначати всю повноту інформативності отриманих багатоаспектних об'єктивних первинних даних про стан режимів функціонування і сукупності технологічних процесів в мережах електропостачання.

Метою роботи є створення математичних моделей і комп'ютерно-орієнтованих методів визначення повноти інформативності сукупності багатоаспектних первинних даних, сформованих на основі технології синхронних векторних вимірювань.

Створення сучасних комп'ютерних систем і мереж керування електропостачанням у сфері інтелектуальної енергетики шляхом проведення в реальному часі моніторингу сукупності параметрів перехідних режимів базується на використанні синхронізованих векторних вимірювань [2, 4]. У системах керування і оптимізації електропостачання в електроенергетиці технологія розподілених синхронізованих векторних вимірювань (Wide Area Measurement System, WAMS) є новим напрямком наукових досліджень. Завдяки використанню функціонально-орієнтованих мікропроцесорних пристроїв PMU (Phasor Measurement Unit) у системі WAMS відкривається можливість проводити синхронні вимірювання комплексу параметрів у різних сегментах розподіленої мережі електропостачання, а також вимірювати кути фаз напруги і струму з прив'язкою до єдиного астрономічного часу [1, 5]. Розроблення і впровадження подібної технології стало можливим внаслідок широкого використання системи GPS, що дозволяє синхронізувати вимірювальні пристрої з точністю до сотень наносекунд. Комплекс таких первинних параметрів, як миттєві значення амплітуд і фаз відповідно напруг і струмів, зареєстрованих в один момент часу в різних сегментах енергосистеми, значення швидкості зміни фазових кутів між двома вузлами електричної мережі і низка інших параметрів дають якісно новий рівень знань про властивості енергомережі і особливості перебігу динамічних процесів, а також можливість проводити пряме спостереження за динамічними характеристиками електромереж [2, 3].

Поява і впровадження сучасних синхронізованих векторних вимірювань дозволили значно мінімізувати неповноту первинних інформаційних даних, що призвело до покращення якості аналізу динаміки електромеханічних процесів системи електропостачання. У той же час нерозв'язаною частиною загальної проблеми є те, що в науковій літературі недостатньо уваги приділено розробленню математичних моделей і комп'ютерно-орієнтованих методів визначення повноти інформативності зареєстрованих багатоаспектних первинних даних. Синтез подібних математичних моделей дозволить розширити можливості технології розподілених синхронізованих векторних вимірювань в енергетиці.

ЕВОЛЮЦІЯ ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖ

Дослідження еволюції розвитку електричних мереж і автоматизованих комп'ютерних систем керування електропостачанням показали, що концепція «розумної ефективності» енергоспоживання найбільш поширена, оскільки в ній відображається інтелектуальна взаємодія ціноутворення, технологічних процесів електропостачання та ефективності використання ресурсів [1, 3, 5]. Сформувалася загальна проблема інноваційного перетворення електричних мереж шляхом створення інтелектуальних енергосистем нового покоління, що потребує сучасних організаційних, наукових і інженерних рішень у сфері інформаційних і мережевих технологій для оптимізації витрат, покращення рівня надійності і якості електроенергії, а також розширення спектру ринкових можливостей [3, 4]. Одним із головних напрямків проведення наукових досліджень є створення нових математичних моделей і методів розвитку технології розподілених синхронних векторних вимірювань в енергетичних системах.

Впровадження сучасних технологій синхронних векторних вимірювань є одним із найбільш актуальних напрямків удосконалення мереж електропостачання,

що дозволить користувачу отримувати сукупність синхронізованих параметрів, які відображають режими систем електропостачання. Завдяки високій точності синхронізації і широкому розповсюдженню системи супутникової навігації GPS відкрилась можливість проводити синхронні вимірювання сукупності параметрів у різних точках топології електромережі, а також реєструвати значення кутів напруг і струмів, жорстко прив'язаних до єдиного часу. Цей факт гарантує якісно новий рівень знань про властивості системи електропостачання та процеси, що в ній відбуваються [4]. Позначимо $\{x_j(t_i)\} \in G_j^{t_i} \neq \emptyset$ комплекс первинних параметрів — миттєві значення струмів і напруг прямої, зворотної і нульової послідовностей або окремих їх гармонічних складових, а також значення фазових кутів у різних вузлах електромережі, швидкість їхньої зміни, коефіцієнти несиметричності та несинусоїдальність напруги, синхронно зареєстровані в різних точках топології електромережі. При цьому будемо вважати, що для кожного j -го ($j=1, 2, \dots, m$) параметра $x_j(t_i)$ електромережі у вибрані моменти часу t_i ($i=1, 2, \dots, n$) послідовно реалізується синхронна реєстрація i -го миттєвого значення. Тоді сукупність параметрів режиму можна записати як вектор $X_j^i = (x_j(t_i), \tau_j^i, z_r)^t$, $i=1, 2, \dots, n$, $j=1, 2, \dots, m$, $r=1, 2, \dots, s$, де $x_j(t_i)$ — миттєве значення j -го параметра; τ_j^i — величина, що характеризує синхронність вимірювань параметрів $x_j(t_i)$ у різних j -х вузлах мережі електропостачання; z_r — значення r -го сегмента топології мережі електропостачання. Такий запис синхронних вимірювань сукупності первинних параметрів відкриває можливість формувати первинну інформацію у вигляді єдиного інформаційного простору з загальносистемних позицій у вигляді

$$\{X_j^i\} \in G_j^i \neq \emptyset, G^\ominus = \bigcup_{j=1}^m G_j^i \neq \emptyset, \quad (1)$$

$$X_j^i = (x_j(t_i), \tau_j^i, z_r)^t, \quad i=1, 2, \dots, n, \quad j=1, 2, \dots, m, \quad r=1, 2, \dots, s.$$

Отримані первинні дані, що зареєстровані на основі синхронних векторних вимірювань та сформовані у вигляді єдиного інформаційного простору G^\ominus , використаємо для синтезу математичних моделей, орієнтованих на визначення повноти інформативності. Для цього застосуємо сучасні методи диференційних перетворень Пухова [6], які представлені парою математичних виразів у вигляді

$$X_j^i(k) = \frac{H^k}{k!} \left[\frac{d^k x_j(t_i)}{dt^k} \right]_{t_i} \stackrel{\equiv}{=} x_j(t_i) = \sum_{k=0}^{k=\infty} \left(\frac{t}{H} \right)^k X_j^i(k), \quad (2)$$

де $x_j(t_i)$ — первісна функція аргументу t , яку можна n разів диференціювати і яка має низку відповідних обмежень разом зі своїми похідними; $X_j^i(k)$ — диференційне Т-зображення первісної функції $x_j(t_i)$; H — масштабний коефіцієнт (який має ту ж розмірність, що і аргумент t), як правило, вибирається при умовах $0 \leq t \leq H$ на всьому діапазоні функції-оригінала $x_j(t_i)$; $\stackrel{\equiv}{=}$ — символ відповідності між функцією-оригіналом $x_j(t_i)$ та його диференційним Т-зображенням $X_j^i(k)$.

У результаті прямого диференційного перетворення, що розміщене ліворуч від символу $\stackrel{\equiv}{=}$, формується диференційне Т-зображення функції-оригінала $x_j(t_i)$ у вигляді дискретної функції $X_j^i(k)$ цілочислового аргументу $k=0, 1, 2, \dots$. На основі сукупності значень Т-дискрет функції цілочислового аргументу $X_j^i(k)$, $k=0, 1, 2, \dots$, використавши обернене диференційне перетворення, розташоване праворуч від символу $\stackrel{\equiv}{=}$, отримаємо функцію-оригінал $x_j(t_i)$.

Зазначимо, що при $k = 0$ згідно з (2) для будь-якого миттєвого значення t_i кожного j -го параметра $x_j(t_i)$ виконується відповідна рівність $x_j(t_i) = X_j^i(0)$. Отже, на базі $x_j(t_i) = \sum_{k=0}^{k=\infty} \left(\frac{t}{H}\right)^k X_j^i(k)$ запишемо систему алгебраїчних рівнянь n -го порядку

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

$$i = 1, 2, \dots, n, \quad j = 1, 2, \dots, m.$$

Розв'язавши систему рівнянь (3), отримаємо для всіх миттєвих значень t_i кожного j -го параметра $x_j(t_i)$ сукупність Т-дискрет $x_j(t_i) = X_j^i(0), X_j^i(1), X_j^i(2), X_j^i(3), \dots, X_j^i(n)$. Проаналізувавши отримані результати $X_j^i(k), i = 1, 2, \dots, n, j = 1, 2, \dots, m$, зазначимо, що згідно з (3) вектор $X_j^i = (x_j(t_i), \tau_j^i, z_r^i)^t$, враховуючи рівність $X_j^i(0) = x_j(t_i)$, можна записати таким чином:

$$X_{pj}^i(0) = (X_j^i(0), X_j^i(1), X_j^i(2), \dots, X_j^i(n), \tau_j^i, z_r^i)^t, \quad (4)$$

$$i = 1, 2, \dots, n, \quad j = 1, 2, \dots, m, \quad r = 1, 2, \dots, s,$$

що стало можливим завдяки сформованим математичним моделям (1)–(3).

При такому підході величину j -го параметра $x_j(t_i)$ в кожній i -й точці $X_j^i = (x_j(t_i), \tau_j^i, z_r^i)^t$ можна представити не тільки його миттєвим значенням у цій же точці, а також і сукупністю Т-дискрет $X_j^i(1), X_j^i(2), \dots, X_j^i(n)$, кожна k -а із яких ($k = 1, 2, \dots, n$) еквівалентна k -й похідній j -го параметра $x_j(t_i)$ в точці t_i .

Таким чином, повнота інформативності зареєстрованих первинних даних $X_{pj}^i = (X_j^i(0), X_j^i(1), X_j^i(2), \dots, X_j^i(n), \tau_j^i, z_r^i)^t$ визначається внаслідок того, що при їхньому обробленні використовуються не тільки миттєві значення параметрів у точках t_i , а також значення n похідних у цих же точках. Подібний підхід дозволяє ліквідувати дефіцит інформації у швидкоплинних електромеханічних перехідних процесах, що є дуже важливим для дослідження і адекватного аналізу динамічних особливостей мереж електропостачання та визначення їхнього стану, коливання потужності, навантажень генераторів, місць аварійного режиму і сукупності інших параметрів.

Розглянемо застосування результатів синхронних векторних вимірювань $X_{pj}^i = (X_j^i(0), X_j^i(1), X_j^i(2), \dots, X_j^i(n), \tau_j^i, z_r^i)^t$ для основної гармоніки та інших гармонічних складових параметрів $x_j(t_i)$ електромережі.

На практиці гармонічні складові кожного із параметрів $x_j(t_i)$ перехідного процесу енергосистеми достатньо ефективно реалізуються на основі інтегрального перетворення Фур'є, яке має вигляд [6]

$$\dot{X}_j^{i'} = \frac{j^2}{T} \int_0^T e^{-j\omega t} x_j(t) dt, \quad j^2 = -1, \quad \omega = \frac{2\pi}{T}, \quad (5)$$

де \dot{X}_j^γ — комплексна амплітуда γ -ї гармоніки напруги, причому $\dot{X}_j^\gamma = \dot{X}_j^\gamma e^{-j\gamma\omega t}$. Для організації обчислювального процесу використаємо отриманий на основі математичних виразів (3), (4) новий вектор $X_{pj}^i = (X_j^i(0), X_j^i(1), X_j^i(2), \dots, X_j^i(n), \tau_j^i, z_r)^t$. Представимо кожний параметр $x_j(t_i)$ згідно з диференціальним перетворенням (2) як $x_j(t) = \sum_{k=0}^{k=\infty} \left(\frac{t}{H}\right)^k X_j^i(k)$,

підставимо його в (5) та отримаємо

$$\dot{X}_j^{i\gamma} = \sum_{k=0}^{k=\infty} \frac{X_j^i(k)}{H^k} \left(\frac{j^2}{T} \int_0^T t^k e^{-j\gamma\omega t} dt \right). \quad (6)$$

У формулі (5) значення інтеграла можна записати таким чином [6]

$$\int_0^T t^k e^{-j\gamma\omega t} dt = \frac{k!(-1)^k}{(-j\gamma\omega)^{k+1}} \left(1 - \sum_{m=0}^{m=k} \frac{(-j\gamma\omega t)^m}{m!} \right). \quad (7)$$

Підставивши його в (6), отримаємо математичну залежність для обчислення кожної γ -ї гармонічної складової змінної $x_j(t_i)$

$$\dot{X}_j^{i\gamma} = \frac{1}{\pi\gamma} \sum_{k=0}^{k=\infty} \frac{k!}{(-j\gamma\omega)^k} \left[\sum_{m=0}^{m=k} \left(\frac{T}{H}\right)^m \frac{(-j\gamma\omega t)^m}{m!} - 1 \right] X_j^i(k). \quad (8)$$

Математична модель (8) є базовою для організації обчислювального процесу в теорії диференціальних зображень для визначення необхідної сукупності гармонічних складових $\dot{X}_j^{i\gamma}$ параметрів $x_j(t_i)$ на основі набору Т-дискрет $X_j^i(0)$, $X_j^i(1)$, $X_j^i(2)$, ..., $X_j^i(n)$, отриманих згідно з (3). Для обчислення $\dot{X}_j^{i\gamma}$ застосовують не тільки миттєві значення параметрів $X_j^i(0) = x_j(t_i)$ в точках i , а також у процесі оброблення первинних даних використовують n значень похідних $X_j^i(1)$, $X_j^i(2)$, ..., $X_j^i(n)$ в цих же точках i . Такий підхід відкриває можливість проводити високоякісний адекватний аналіз функціонування системи електропостачання та відповідно отримувати нові знання про особливості її функціонування в екстремальних режимах.

При проведенні комплексного аналізу функціонування мереж електропостачання, особливо аномальних, екстремальних або аварійних режимів, ключовим питанням є визначення спектральної щільності перехідних процесів для комплексної оцінки стану і швидкості зміни запасу надійності та границь стійкості системи у будь-який момент часу. Впровадження таких технологій стало можливим завдяки сигналам єдиного точного часу, математичним методам представлення первинної інформації у вигляді диференціальних спектрів, а також сучасним мікропроцесорним технологіям. Визначення спектральної щільності можна реалізувати, використовуючи інтегральні перетворення Фур'є з нескінченними межами

$$X_l(j\omega) = \int_0^{\infty} e^{-j\omega t} x_l(t) dt, \quad x_l(t) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} e^{j\omega t} X_l(j\omega) d\omega,$$

$$l = 1, 2, \dots, m, \quad j^2 = -1.$$

Для організації обчислювального процесу визначення спектральної щільності на основі первинних даних, сформованих у вигляді Т-спектрів $X_j^i(0) = x_l(t_i)$,

$X_l^i(1), X_l^i(2), \dots, X_l^i(k), i=1, 2, \dots, n, l=1, 2, \dots, m, k=1, 2, 3, \dots$, вчинимо так. Реалізовуючи низку математичних перетворень за аналогією з описаним вище, отримуємо математичні залежності для визначення спектральної щільності швидкоплинних аномальних процесів, що відбуваються в енергосистемі [6],

$$X_l(j\omega) = \sum_{k=0}^{k=\infty} \frac{k!}{(j\omega t)^k} \frac{X_l(k)}{j\omega}, \quad X_l(k) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} \frac{(j\omega H)^k}{k!} X_l(j\omega) d\omega.$$

Застосування математичного апарату диференційних перетворень і створення на їхній основі комп'ютерно-орієнтованих методів суттєво розширює наявні технології синхронних векторних вимірювань для адекватного аналізу розподілених мереж електропостачання. Позитивний ефект досягається внаслідок використання набору Т-дискрет $X_j^i(0), X_j^i(1), X_j^i(2), \dots, X_j^i(n)$ первинних даних у вигляді диференційних зображень, що дозволяє визначати повноту інформативності зареєстрованої у вигляді миттєвих значень перехідних процесів багатоаспектних первинних даних.

ВИСНОВКИ

1. Аналіз перспективних технологій синхронних векторних вимірювань в системі реєстрації первинної інформації енергосистем показав, що ключовою проблемою оптимізації електроспоживання і створення енергозберігаючих технологій є потреба у визначенні повноти інформативності первинних багатоаспектних даних про стан технологічних процесів і режимів системи електропостачання.

2. Для визначення всієї повноти інформативності даних, отриманих у результаті проведення синхронної реєстрації перехідних, аномальних і динамічних режимів, розроблено математичні моделі на основі математичного апарату диференційних перетворень. Ці моделі відкривають можливість аналітичним шляхом обчислювати для кожного миттєвого значення перехідного процесу сукупності Т-дискрет, еквівалентних відповідним похідним, і на їхній базі визначати повноту інформативності недетермінованих первинних даних, що відображають аномальні режими складних енергетичних систем.

3. Запропоновано сукупність диференційних математичних моделей і комп'ютерно-орієнтованих методів інтелектуалізації технологій синхронних векторних вимірювань шляхом представлення первинної інформації у вигляді Т-спектрів і їхнього використання для визначення окремих гармонічних складових кожного параметра перехідного процесу енергосистеми, а також для проведення (на основі диференційних зображень) спектрального аналізу та обчислення спектральної щільності як бази формування і накопичування нових знань, що відображають особливості функціонування електромереж.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Стогній Б.С., Сопель М.Ф., Варський Г.М., Яковлева І.В. Трифазні вимірювальні канали напруги та струму, їхній вплив на точність вимірювання // Технічна електродинаміка. — 2014. — № 1. — С. 81–87.
2. Моксли Р., Ржепка Г., Эрсонмец Э., Флерхингер Б. Применение всех доступных результатов синхронизированных векторных измерений // Тез. докл. Междунар. науч.-техн. конф. «Современные направления развития систем релейной защиты и автоматики энергосистем. 2011». — [http:// www.relayprotect.ru](http://www.relayprotect.ru).
3. Стасюк О.І., Гончарова Л.Л., Максимчук В.Ф. Методи організації інтелектуальних електричних мереж залізниць на основі концепції SMART Grid // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. — 2014. — № 2. — С. 29–37.

4. Стасюк О.І., Железняк А.Л., Гончарова Л.Л. Математичні моделі і методи комп'ютерної інтелектуалізації швидкоплинних технологічних процесів електропостачання залізниць. — Київ: Аспект-поліграф, 2015. — 192 с.
5. Буткевич О.Ф., Левконюк А.В., Стасюк О.І. Підвищення надійності моніторингу допустимості завантажень контрольованих перетинів енергосистем // Технічна електродинаміка. — 2014. — № 2. — С. 56–67.
6. Пухов Г.Е. Преобразования Тейлора и их применение в электротехнике и электронике. — Киев: Наук. думка, 1978. — 259 с.

Надійшла до редакції 22.03.2016

А.И. Стасюк, Л.Л. Гончарова

**МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ КОМПЬЮТЕРНОЙ ИНТЕЛЛЕКТУАЛИЗАЦИИ
ТЕХНОЛОГИЙ СИНХРОННЫХ ВЕКТОРНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ ПАРАМЕТРОВ
ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ**

Аннотация. Проанализировано современное состояние научных исследований в области интеллектуализации сетей электроснабжения на основе синхронных векторных измерений в системе регистрации первичной информации. Показано, что оптимизация электропотребления зависит от полноты информативности первичных многоаспектных данных. На основе дифференциальных преобразований предложены математические модели и методы аналитического вычисления совокупности Т-дискрет для определения полноты информативности полученных недетерминированных первичных данных. Рассмотрены методы интеллектуализации технологий синхронных векторных измерений путем представления зарегистрированных первичных данных в виде Т-спектров для определения отдельных гармонических слагаемых параметров переходного процесса энергосистемы, а также для проведения (на основе дифференциальных изображений) спектрального анализа и вычисления спектральной плотности как основы формирования и накопления новых знаний.

Ключевые слова: математические модели, дифференциальные преобразования, методы, интеллектуализация, оптимизация, синхронные векторные измерения.

A.I. Stasiuk, L.L. Goncharova

**MATHEMATICAL MODELS OF COMPUTER INTELLECTUALIZATION
OF THE TECHNOLOGY OF VECTOR-BASED SYNCHRONIZED MEASUREMENTS
OF ELECTRICAL NETWORKS**

Abstract. The authors analyze the current state of scientific research in the field of intellectualization of electrical networks based on synchronous vector measurements in the system of registration of primary information. It is shown that optimization of energy consumption depends on the fullness of multidimensional information content of primary data. On the basis of differential transformations, mathematical models and methods are proposed for analytical calculation for the aggregate of T-discretes to determine the full content of the obtained non-deterministic initial data. The methods of intellectualization of simultaneous vector measurements are registered through the submission of primary data in the form of T-spectra to determine individual harmonic components for each parameter of the transition process of the energy system, as well as to conduct (in the field of differential images) the spectral analysis and calculation of the spectral density, as the basis for the formation and accumulation of new knowledge.

Keywords: mathematical model, differential transform methods, intellectualization, process, optimization, synchronous phasor measurement.

Стасюк Олександр Іонович,

доктор техн. наук, професор, завідувач кафедри Державного економіко-технологічного університету транспорту, Київ, e-mail: X177@rambler.ru.

Гончарова Лідія Леонідівна,

кандидат техн. наук, доцент Державного економіко-технологічного університету транспорту, Київ, e-mail: ktarael@yandex.ru.