

© Б.І. Мороз¹, Ю.А. Папаїка¹, Є.В. Кошеленко¹, М.В. Луценко¹, Б.В. Макарчук¹
¹Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», Дніпро, Україна

ІНФОРМАЦІЙНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ФУНКЦІОНУВАННЯ ЕНЕРГОСИСТЕМИ З РОЗПОДІЛЕНОЮ ГЕНЕРАЦІЄЮ

B. Moroz¹, <https://orcid.org/0000-0002-5625-0864>

Yu. Papaika¹, <https://orcid.org/0000-0001-6953-1705>

Ye. Koshelenko¹, <https://orcid.org/0000-0003-3600-1550>

M. Lutsenko¹, <https://orcid.org/0000-0001-6406-2364>

B. Makarchuk¹ <https://orcid.org/0009-0000-0511-7900>

¹Dnipro University of Technology, Dnipro, Ukraine

INFORMATION SUPPORT FOR OPERATION OF ENERGY SYSTEM WITH DISTRIBUTED GENERATION

Мета. Аналіз проблематики та формування принципів й умов організації інформаційного забезпечення інтелектуальних енергосистем з розподіленою генерацією на етапах проектування, реінжинірингу й експлуатації їх структурних складових шляхом оптимальної обробки повідомлень з урахуванням їх характеристик цінності й старіння.

Методика. Застосовано метод раціональної організації обробки повідомлень в одно- і багатопроцесорних обчислювальних системах у якості інструменту вибору та дослідження основних характеристик системи без урахування (з урахуванням) можливого управління з розподілу ресурсів та перебудови системи.

Результати. Динамічна оцінка якісних та кількісних характеристик інформації при оперативному керуванні системою є базовою умовою створення «інтелектуальних» засобів управління енергетичними об'єктами і мережами в режимі реального часу. Для визначення характеристик старіння та цінності інформації обґрунтовано методологію і алгоритм вирішення основних задач, які полягають у класифікації необхідної інформації для ефективного управління енергосистемою з розподіленою генерацією, створенні релевантних моделей для вивчення й прогнозування якісно-кількісних характеристик та значущості вхідної інформації з використанням методу експертних оцінок.

Наукова новизна. Доведено ефективність використання методу раціональної організації обробки повідомлень в одно- і багатопроцесорних обчислювальних системах у якості інструменту самої системи для вибору та дослідження зміни закономірностей взаємодії основних характеристик режимів в системах з розподіленою генерацією, що дозволяє вирішити задачі стратегії управління, виходу елементів з ладу, зміни характеристик цінності та старіння повідомлень, введення нових елементів у систему з її переведенням до класу адаптивних, саморегулюючих.

Практичне значення. Застосування запропонованих методологічних підходів раціональної організації обробки повідомлень в одно- і багатопроцесорних обчислювальних системах є першочерговою умовою створення «інтелектуальних» енергосистем з розподіленою генерацією та їх перспективного розвитку в Україні.

Ключові слова: інформаційне забезпечення, енергосистема, розподілена генерація, старіння інформації, обробка повідомлень, Smart Grid.

Вступ. Сучасні засоби обробки інформації в енергосистемах з розподіленою генерацією – мережі обчислюваних засобів (систем) з різними структурними, архітектурними і функціональними характеристиками та властивостями [1, 2]. Такі мережі повинні забезпечувати обчислювальними потужностями пакети прикладних програм, за допомогою яких вирішуються задачі планування роботи енергосистеми, аналізу її функціонування та прогнозування показників на майбутнє, завдання оперативного управління при зміні умов функціонування тощо.

В елементах енергосистеми (об'єктах) генеруються повідомлення (інформація) про її стан, що вимагають обробки за допомогою пакетів прикладних програм. Таким чином, з'являються потоки повідомлень, кожне з яких повинно бути оброблено без втрат і в рамках необхідних термінів дії обмежень. Ці обмеження для окремих повідомлень різні, кожне з яких має відповідну цінність для управління енергосистемою та її складовими. Всі повідомлення мають різні характеристики старіння: повідомлення після появи має інформацію, яка з часом відходить від свого первинного базису, що його відображає. Тобто обробка повідомлення повинна здійснюватися миттєво (за короткий час).

Одночасно повідомлення є конфліктуючими між собою при використанні обчислювальних засобів. Тому ефективність обробки відповідної інформації, надійність, безпека та управління енергосистемою суттєво залежать від методів організації обчислювальних процесів відповідними інформаційними ресурсами в «інтелектуальних» електричних мережах і системах відповідно до концепції Smart Grid.

Основна частина. У статті розглянуто сучасні принципи та методи організації обробки інформації в енергосистемах з розподіленою генерацією. Досягається організація оптимальної (раціональної) обробки повідомлень з урахуванням їх характеристик цінності й старіння.

Метою дослідження є аналіз проблематики та формування принципів й умов організації інформаційного забезпечення інтелектуальних енергосистем з розподіленою генерацією на етапах проектування, реінжинірингу й експлуатації їх структурних складових шляхом оптимальної (раціональної) обробки повідомлень з урахуванням їх характеристик цінності й старіння. Для досягнення поставленої мети та вирішення наукової задачі застосовано метод раціональної організації обробки повідомлень в однопроцесорних і багатопроцесорних обчислювальних системах у якості інструменту вибору та дослідження основних характеристик системи без урахування (з урахуванням) можливого управління з розподілу ресурсів та перебудови системи, а також – інструменту самої системи, що дозволяє знаходити у процесі її функціонування необхідні рішення при виборі стратегії управління, виходу елементів з ладу, зміни характеристик цінності та старіння повідомлень, введення нових елементів у систему, зміни відносин між елементами з переведенням системи до класу адаптивних.

Для формулювання завдання раціональної організації обробки інформації в мережі обчислюваних засобів із заданим алгоритмом, а також рівня її завантаження, розглянемо основні положення про структурні та функціональні властивості цієї мережі [3].

Представимо мережу у вигляді графа системи ієрархічної структури (рис. 1), вершинами якого будуть безліч елементів, що входять до мережі: $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$, а ребрами – види відносин (зв'язків), що існують між елементами у процесі функціонування.

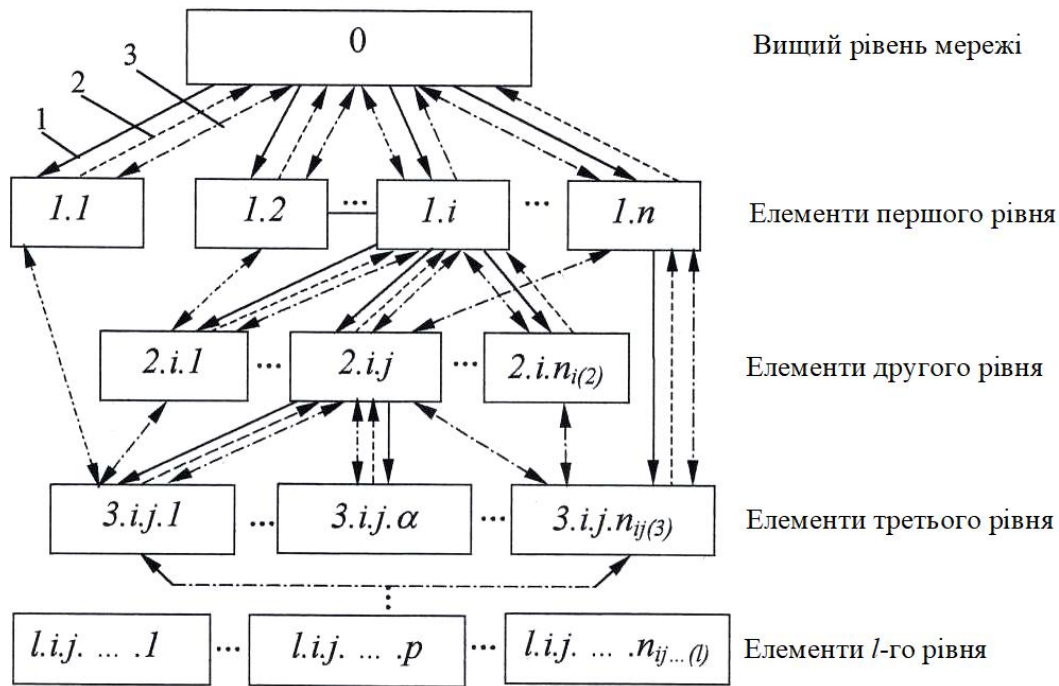


Рис. 1. Формалізоване уявлення мережі обчислюваних засобів як графа системи ієрархічної структури: 1 – зв'язок підпорядкування; 2 – зв'язок підпорядкованості; 3 – інформаційні зв'язки [1]

Множиною $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ генеруються повідомлення, що вимагають виконання відповідного інформаційного процесу, що складається з певної номенклатури операцій, основними з яких є сприйняття (збір), передача, обробка, зберігання інформації.

$$\begin{array}{cccccc}
 1.1; & 1.2; & \dots; & 1.i; & \dots; & 1.n; \\
 2i.1; & 2i.2; & \dots; & 2.i.j; & \dots; & 2.i.n_i \\
 3.i.j.1; & 3.i.j.2; & \dots; & 3.i.j.\alpha; & \dots; & 3.i.j.n_{ij(3)} \\
 \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\
 l.i.j. \dots 1; & l.i.j. \dots 2; & \dots; & l.i.j. \dots \alpha; & \dots; & l.i.j. \dots n_{ij(3)}
 \end{array} \quad (1)$$

За допомогою повідомлень елементи множини X взаємодіють між собою. Вся номенклатура операцій інформаційного процесу має виконуватися у межах вимог, що в загальному вигляді сформульовані у вигляді:

$$\begin{aligned}
 S_i^{\text{don}} - S_i(t) &\rightarrow \max \\
 S_i(t) &\leq S_i^{\text{don}} \\
 |\Pi_i(t) - \Pi_i^{\text{max}}| &\rightarrow \min \\
 U_i(t) &\leq U_i^{\text{don}}
 \end{aligned} \quad (2)$$

де $S_i(t)$ – старіння повідомлення i -го типу на момент часу закінчення обробки t ; S_i^{don} – допустиме старіння повідомлення i -го типу; $\Pi_i(t)$ – цінність повідомлення i -го типу на момент часу закінчення обробки t ; Π_i^{max} – максимальне значення цінності інформації i -го типу; U_i^{don} – допустиме значення втрати цінності повідомлення i -го типу.

Повідомлення, що генеруються елементами множини X , характеризуються інтенсивністю:

$$\Lambda^{[x_\xi]} = \sum_{i=1}^h \lambda_i^{[x_\xi]}, \quad (3)$$

де $\lambda_i^{[x_\xi]}$ – інтенсивність потоку повідомлень i -го типу, що генеруються x_ξ елементом множини X ; h – кількість типів повідомлень.

Для виконання окремих операцій інформаційного процесу над повідомленнями потоків, що складають $\Lambda^{[x_\xi]}$ з різними характеристиками цінності та старіння в межах вимог (2), окремі елементи множини X повинні мати певну потрібну продуктивність $\Pi_{\text{потр.}}^{x_\xi, \Lambda^{[x_\xi]}}$.

Продуктивність окремих елементів множини X та системи в цілому перебуває у прямій залежності з капітальними й експлуатаційними витратами. Інтенсивності повідомлень $\lambda_i^{[x_\xi]}$ в усіх пунктах їх генерації можуть змінюватися за значеннями протягом часу функціонування системи та носити як регулярний, так і випадковий характер. Потрібна продуктивність окремих ділянок та елементів системи за умови виконання вимог (2) також змінюється в часі (рис. 2). Окремі елементи системи можна вибрати таким чином, що їхня продуктивність буде на рівні AB . Елементи з такою продуктивністю зможуть виконувати інформаційні процеси (окремі операції) у рамках вимог в момент пікових значень $\lambda_i^{[x_\xi]}$.

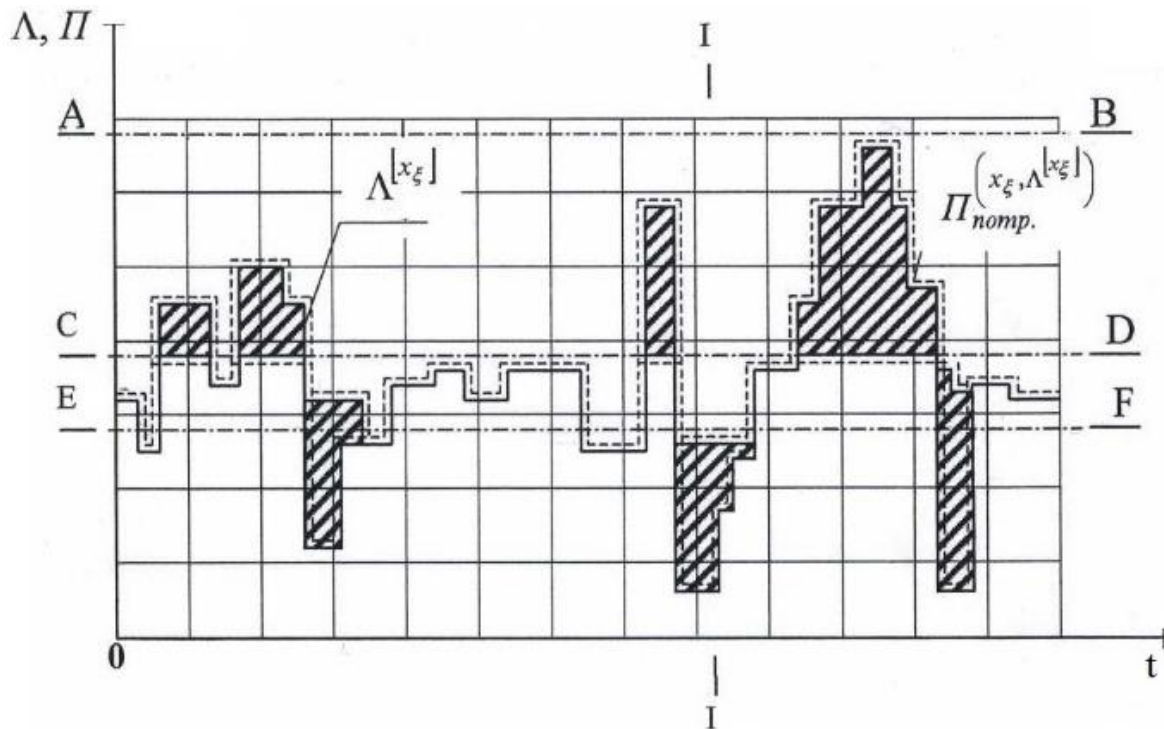


Рис. 2. Зміна у часі контрольних параметрів $\Lambda^{[x_\xi]}$ та $\Pi_{\text{потр.}}^{x_\xi, \Lambda^{[x_\xi]}}$ з урахуванням (без урахування) можливого управління

Але такий варіант – не економічний. Так, у перерізі $I-I$ фактична продуктивність значно перевищує потрібну. При продуктивності (рівень EF) елементи неспроможні виконати необхідні операції інформаційних процесів над деякими повідомленнями. За умов продуктивності на рівні CD в моменти пікових значень елементи зможуть виконати необхідні операції інформаційних процесів у межах вимог (2) лише в разі виконання певних маневрів з розподілу ресурсів у часі між повідомленнями з різними характеристиками цінності та старіння. У цьому випадку пікові значення Λ як би згладжуються та переходять у відповідні заштриховані області, розташовані нижче лінії CD . Очевидно: ефективність функціонування елемента системи у будь-який момент часу t максимальна за умов:

$$\Delta \Pi^{x_{\xi}, \Lambda^{x_{\xi}}}(t) = \Pi_{\text{потр.}}^{x_{\xi}, \Lambda^{x_{\xi}}}(t) - \Pi_{\text{факт}}^{(x_{\xi})}(t) = 0, \quad (4)$$

де $\Pi_{\text{факт}}^{(x_{\xi})}(t)$ – фактична продуктивність x_{ξ} -го елемента на момент часу t .

З метою отримання максимальної ефективності функціонування елементів системи (системи в цілому) в момент часу t необхідно виконати умову:

$$\Delta \Pi^{x_{\xi}, \Lambda^{x_{\xi}}}(t) \rightarrow \min \quad (5)$$

$$\lim_{x_{\xi} \rightarrow 1} \Delta \Pi^{x_{\xi}, \Lambda^{x_{\xi}}}(t) \rightarrow \min \quad (6)$$

Виходячи з мети виконання вимог (2), (5) та (6), можна обирати стратегію управління обробкою інформації на певних відрізках часу функціонування системи. При цьому змінюється розподіл ресурсів як між потоками повідомлень $\lambda_i^{[x_{\xi}]}$ у межах одного елемента множини X , так і між потоками $\lambda_i^{[X]}$ в межах системи. Ставиться задача розподілу ресурсів окремих ділянок x_{ξ} і системи X у цілому в часі між повідомленнями з різними характеристиками цінності та старіння для виконання визначених вимог. На ефективність управління певною мірою впливає значення фактичної продуктивності елементів $\Pi_{\text{факт}}^{(x_{\xi})}(t)$. З одного боку, $\Pi_{\text{факт}}^{(x_{\xi})}(t)$ повинна обиратися такою, щоб при застосуванні окремих процедур і засобів управління вона дозволяла виконувати необхідні операції в рамках заданих вимог, а з іншого – не бути надмірною за тих же умов, оскільки це призводить до збільшення капітальних та експлуатаційних витрат. Для випадку, коли потоки повідомлень регулярні та мають незначні коливання, ця задача вирішується без перешкод. У разі великих і нерегулярних коливань навантаження рішення ускладнюється і набуває значної важливості.

Маневрувати параметром $\Pi_{\text{факт}}^{(x_{\xi})}(t)$ у процесі функціонування системи з метою полегшення управління в принципі можливо (у певних тимчасових обмеженнях). Проте це пов'язано з перебудовою відносин елементів множини X , заміною

технічних засобів, що здійснити складно. Тому параметр $\Pi_{\text{факт}}^{(x_{\xi})}(t)$ необхідно детально обґрунтовувати.

Для забезпечення обґрунтованого вибору параметру $\Pi_{\text{факт}}^{(x_{\xi})}(t)$ на етапі створення системи, а також здійснення управління з метою виконання раніше визначених вимог, необхідно розробити декілька спеціальних моделей, алгоритмів і процедур управління. Вони повинні включати моделі виконання певних інформаційних процесів і окремих їх операцій різними ділянками елементів або елементами системи. Це дозволяє визначити ключовий параметр $\Pi_{\text{факт}}^{(x_{\xi})}(t)$, час простоїв, час очікувань та ін. у конкретних режимах та умовах функціонування системи, а також набір спеціальних моделей, алгоритмів і процедур управління обробкою інформаційних потоків у межах заданих вимог (залежно від набору вхідних параметрів, наприклад, $\Lambda^{[x_{\xi}]}$).

Зазначені моделі, алгоритми та процедури управління в сукупності фактично повинні бути методом раціональної організації обробки повідомлень в однопроцесорних і багатопроцесорних обчислювальних системах. Вони мають бути інструментом вибору та дослідження основних характеристик системи без урахування (з урахуванням) можливого управління з розподілу ресурсів, перебудови системи тощо. По-друге, – інструментом самої системи, що дозволяє знаходити у процесі її функціонування необхідні рішення при виборі стратегії управління у разі зміни $\Lambda^{[x_{\xi}]}$, виходу елементів з ладу, зміни характеристик цінності та старіння повідомлень, введення нових елементів у систему, зміни відносин між елементами тощо. При такому підході розглянута система відноситься до класу адаптивних чи саморегуючих. Актуальність побудови таких унікальних моделей і алгоритмів відзначається в багатьох відомих джерелах [4–6].

Раціональна обробка повідомлень передбачена для двох основних випадків:

- коли вхідні потоки повідомлень суворо регулярні або квазірегулярні з різними значеннями інтенсивності на окремих ділянках функціонування обчислювальної системи;
- коли вхідні потоки повідомлень є випадковими і описуються законом Пуассона з різними характеристиками на окремих ділянках функціонування обчислювальної системи.

У випадку регулярних або квазірегулярних вхідних інформаційних потоків обробку повідомлень пропонують здійснювати відповідно до розробленої спеціальної дисципліни обслуговування *ДІ*. Обробка інформації дисципліною *ДІ* здійснюється в такий спосіб.

До системи надходить потік інформації, стан якого будь-якої миті часу t характеризується вектором

$$\Lambda_t = \{\Lambda_{1t}, \Lambda_{2t}, \dots, \dots, \Lambda_{it}, \Lambda_{ht}\},$$

де Λ_{it} , – інтенсивність потоку повідомлень i -го типу.

Повідомлення потоків $\Pi_1, \Pi_2, \dots, \Pi_i, \dots, \Pi_h$ з інтенсивностями $\{\Lambda_{1t}, \Lambda_{2t}, \dots, \dots, \Lambda_{it}, \Lambda_{ht}\}$ з'являються на ділянці часу Δt (рис. 3) через інтервали часу $t_{ц,гі}$ і вишиковуються кожен у свою чергу відповідно до потоку. Параметр $t_{ц,гі}$ – час циклу генерації повідомлення i -го типу.

Обробка інформації відбувається наступним чином (рис. 4): система обробляє повідомлення кожної черги, віддаючи кожному i -му виду інформації квант часу t_{ki} , за який можна обробити повідомлень i -ої черги, тобто $t_{ki}/b_i = 1, 2, 3, \dots$ тощо. Відповідно:

$$b_i = \int_0^{\infty} t dB_i(t),$$

де $B_i(t)$ – функція розподілу часу обробки інформації.

Очевидно, що дана модель обробки повідомлень може бути здійснена регульованою (або навіть адаптивною) при зміні інтенсивностей потоків повідомлень Λ_i . Як управляючий може бути використано вектор $T_k = \{t_{k1}, t_{k2}, \dots, t_{ki}, \dots, t_{kh}\}$.

У випадку випадкових інформаційних потоків Λ_{it} обробку повідомлень здійснюють відповідно до наступної дисципліни Д2. Повідомлення випадкових потоків $\Pi_1, \Pi_2, \dots, \Pi_i, \dots, \Pi_h$ з інтенсивностями $\Lambda_t = \{\Lambda_{1t}, \Lambda_{2t}, \dots, \dots, \Lambda_{it}, \Lambda_{ht}\}$ шикуються в чергу, що формується за відповідним принципом. Повідомлення, що з'явилося в системі на деякому відрізку часу стандартної довжини T (кванті), не має переваг перед повідомленням будь-якого типу, що з'явилися на будь-якому з попередніх квантів, а з повідомленнями, що з'явилися на одному з них кванті, співвідноситься за правилом відносних пріоритетів.

Описаний принцип зручно застосовувати при розробці моделі обслуговування випадкових інформаційних потоків. Це пояснюється тим, що процес обробки повідомлень відповідно до визначеного порядку без перешкод реалізується як регульований, так і адаптивний (у випадку обслуговування регулярних потоків).

На вибір параметрів та організацію процесу функціонування обчислювальної системи впливають характеристики цінності та старіння інформації. Тому організація функціонування обчислювальних систем повинна починатися з визначення інформаційних категорій, серед яких мають місце завдання класифікації інформації про енергосистему і задача визначення характеристик цінності та старіння різних класів інформації.

Актуальне завдання – розробити метод оптимального (раціонального) управління обробкою незалежних інформаційних потоків, що забезпечує:

- обробку різних типів інформації без втрат (з мінімальними втратами) її цінності та старіння відповідно до вимог (2);
- оптимальний (раціональний) розподіл ресурсів не тільки в рамках окремих компонент багатомашинної обчислювальної системи між повідомленнями з різними характеристиками цінності та старіння, а і в рамках системи, з урахуванням фактичного стану каналів обміну інформацією між компонентами мережі;
- визначення оптимальної (мінімально необхідної) продуктивності окремих ланок та елементів багатомашинної обчислювальної системи (всієї системи) для виконання розглянутого виду обчислювальних робіт у межах сформульованих вимог.

Вихідними для вирішення задач оптимального управління розподілом ресурсів обчислювальної системи є умови:

- інформаційні потоки, стан яких у будь-який момент часу можна характеризувати вектором

$$\Lambda_t^{[l.i]} = \{\Lambda_{1t}^{[l.i]}, \Lambda_{2t}^{[l.i]}, \dots, \Lambda_{ht}^{[l.i]}\}$$

$$\Lambda_{it}^{[l.i]} = \{\Lambda_{it}^{[l.i1]}, \Lambda_{it}^{[l.i2]}, \dots, \Lambda_{it}^{[l.in_i(e)]}\}, \quad (7)$$

де $l.i$ та $l.i.j$ – елементи обчислювальної системи;

- інформаційні потоки можуть бути представлені квазірегулярним, суворорегулярним, багатовимірним випадковим або нестаціонарним випадковим потоками;
- час різних видів обробки (за різними програмами) повідомлень i -их типів;
- вектор фактичної продуктивності обчислювальної системи на момент часу t :

$$\Pi_{\text{факт}}^{(l.i)} = \{\Pi_{\text{факт}1t}, \dots, \Pi_{\text{факт}jt}, \dots, \Pi_{\text{факт}n_i(l)t}\}$$

на етапі проектування обчислювальної системи задається спочатку за попередніми оцінками. На базі початково заданого вектора $\Pi_{\text{факт}}^{(l.i)}$ визначається вектор мінімально необхідної продуктивності за умов застосування методів розподілу ресурсів (вимоги виконання всієї номенклатури операцій з обробки окремих повідомлень – (2)).

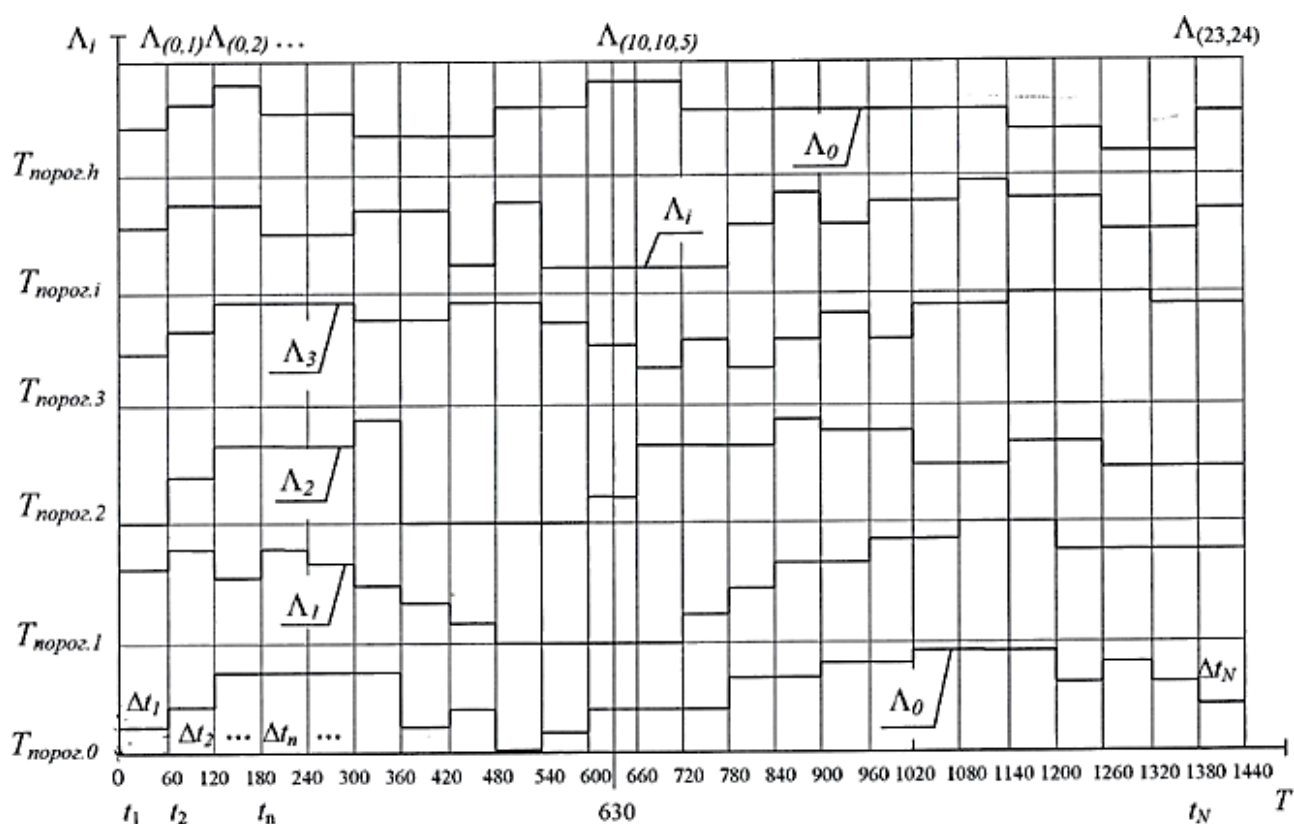


Рис. 3. Зміни вектора параметру Λ_i на ділянці часу $0-T$

На рис. 4 наведена схема обробки регулярних входних потоків інформації відповідно до керованої дисципліни обслуговування ДІ, яка описується наступним чином: 1 – початок 1-го циклу для 1-ї черги; 2 – початок 1-го циклу для 2-ї черги; 3 – початок 1-го циклу для h-ї черги; 1-2 – непродуктивний час перед початком 1-го циклу для 2-ї черги; 1-3 – непродуктивний час перед початком 1-го циклу для h-ї черги; 4 – закінчення 1-го циклу для 1-ї черги; 7 – закінчення 2-го циклу для 1-ї черги; 5 – початок 2-го циклу для 2-ї черги; 6 – початок 2-го циклу для h-ї черги.

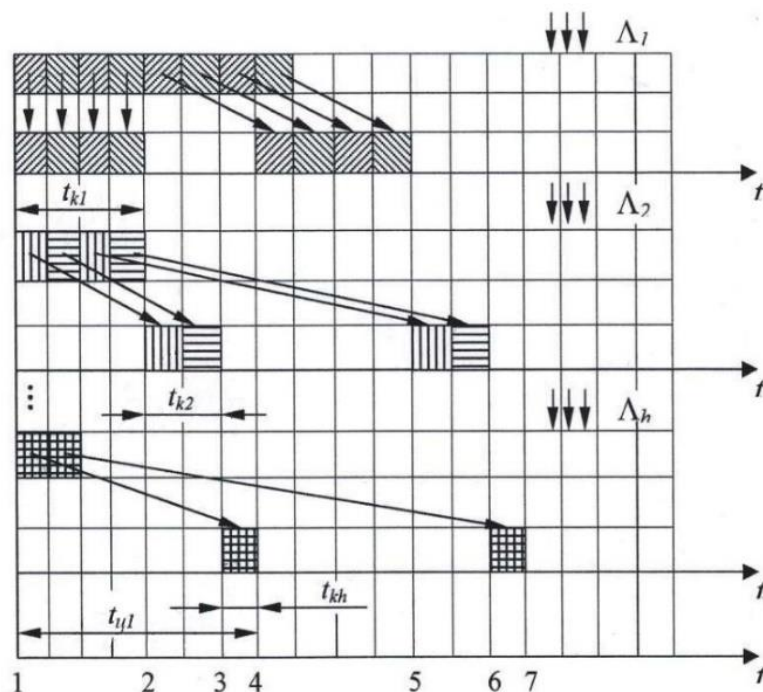


Рис. 4. Схема обробки регулярних входних потоків інформації відповідно до керованої дисципліни обслуговування ДІ

У якості критерію ефективності розподілу обчислювальних ресурсів доцільно використовувати інтегральну оцінку втрат продуктивності обчислювальної системи на ділянці функціонування $t, t + \Delta t$:

$$\Delta \Pi_{\Delta t}^{[l,i]} = \int_t^{t+\Delta t} f^{[l,i]}(t) dt - \int_t^{t+\Delta t} f^{[l,i]'}(t) dt$$

$$f^{[l,i]}(t) = \Pi_{\text{факт}}^{[l,i]}(t), \quad f^{[l,i]'}(t) = \Pi_{\text{номп}}^{[l,i]}(t), \quad (8)$$

де $\Pi_{\text{номп}}^{[l,i]}(t)$ – потрібна продуктивність обчислювальної системи в часі для обробки всієї сукупності інформаційних потоків відповідно до вимог (2) за умов оптимального вибору управління з розподілу ресурсів.

Висновки. Реалізація розглянутих принципів та умов організації інформаційного забезпечення на етапах проектування, реінжинірингу й експлуатації структурних складових системи дозволяє успішно забезпечити «інтелектуалізацію» енергосистеми з розподіленою генерацією та активним використанням відновлюваних джерел енергії, забезпечити перспективи розвитку енергетики України.

Врахування характеристик старіння й цінності інформації про стан енергосистеми й електричних мереж в процесі їх управління суттєво підвищує ефективність їх функціонування.

Оцінка якісно-кількісних характеристик інформації в динаміці при керуванні системою стає базою створення «інтелектуальних» пристроїв управління енергетичними об'єктами і мережами. Визначення характеристик старіння та цінності інформації вимагає вирішення основних задач: класифікація інформації, необхідної для ефективного управління енергосистемою; створення методів і моделей для вивчення й прогнозування якісно-кількісних характеристик інформації. Для дослідження ефективності цих характеристик активно використовують методи експертних оцінок.

Застосування запропонованої методології дозволяє виконати основні вимоги щодо обробки інформації без втрат; в умовах обмежень у часі оцінити характеристики старіння інформації; при мінімальній фактичній потужності обчислювальних засобів отримати економію витрат.

Перелік посилань

1. Pivniak, H., Aziukovskyi, O., Papaika, Y., Lutsenko, I., & Neuberger, N. (2022). Problems of development of innovative power supply systems of Ukraine in the context of European integration. *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*, 5, 89–103. <https://doi.org/10.33271/nvngu/2022-5/089>
2. Kyrylenko, O. V. (Ed.). (2016). *Intelligent electric networks: elements and modes : monograph*. Institute of Electrodynamics of the National Academy of Sciences of Ukraine.
3. Shvachych, G., Moroz, B., Pobocii, I., Kozenkov, D., & Busygin, V. (2019). Automated Control Parameters Systems of Technological Process Based on Multiprocessor Computing Systems. *Advances in Computer Vision*, 666–688. https://doi.org/10.1007/978-3-030-17798-0_53.
4. Кириленко, О.В., Блінов, І.В., & Танкевич, С.Є. (2012). Smart Grid та організація інформаційного обміну в електроенергетичних системах. *Технічна електродинаміка*, 3, 47–48.
5. IEC 62351 Cyber Security Series for the Smart Grid. (n.d.). <https://syc-se.iec.ch/deliveries/cybersecurity-guidelines/security-standards-and-best-practices/iec-62351/>
6. Кириленко, О.В., Павловський, В.В., Стелюк, А.О., & Ленґа, О.В. (2023). Аналіз зміни частоти в ОЕС України за різних режимів її роботи. *Технічна електродинаміка*, 1, 51–55.

ABSTRACT

Purpose. The purpose of the study is to analyze the challenges and to develop principles and conditions for organizing information support of intelligent power systems with distributed generation at the stages of design, reengineering, and operation of their structural components through optimal message processing, considering their value and aging characteristics.

The methods. The method of rational message processing in single- and multiprocessor computing systems has been applied as a tool for selecting and studying the main characteristics of the system without (or with) resource allocation management and system reconfiguration.

Findings. Dynamic assessment of qualitative and quantitative information characteristics in real-time operational control is a fundamental prerequisite for the creation of “intelligent” control tools for power facilities and networks.

To determine information aging and value characteristics, a methodology and algorithm have been substantiated to address key tasks such as classifying the necessary information for effective

management of distributed generation power systems, developing relevant models for studying and forecasting qualitative-quantitative characteristics and significance of input data, and applying expert evaluation methods.

Originality. The effectiveness of using the method of rational organization of message processing in single- and multiprocessor computing systems as a tool of the system itself for selecting and studying changes in the patterns of interaction of the main characteristics of modes in systems with distributed generation has been proven, which allows solving the problems of control strategy, failure of elements, changes in the characteristics of value and aging of messages, and the introduction of new elements into the system with its transfer to the class of adaptive, self-regulating ones.

Practical implementation. The application of the proposed methodological approaches to rational message processing in single- and multiprocessor computing systems is a primary condition for the creation of “intelligent” distributed generation power systems and their prospective development in Ukraine.

Keywords: *information support, power system, distributed generation, information aging, message processing, Smart Grid.*

дата першого надходження статті до видання	01.07.2025
дата прийняття до друку статті після рецензування	02.08.2025
дата публікації (оприлюднення)	03.09.2025