

systems and management of their technical state, continuous protect against malfunction. It is necessary to define optimal horizon for controlling the state of electro technical equipment, thus to provide preventive control and defense from emergency modes. In the article the method for choosing horizon for controlling the state of electro technical equipment is proposed; it is based on determination of distribution function for duration period for overshoot of random process of controlled parameters change over set value and assuring preventive control of state of electromechanical systems and their continuous protection against emergency modes.

**Keywords:** electro technical equipment, control, diagnostics, electromechanical systems.

1. DSTU 2389-94. Tekhnichne diagnostuvannya ta kontrol tekhnichnogo stanu.
2. Kallakot R.A. Diagnostirovaniye mekhanicheskogo oborudovaniya/ Kallakot R.A. – L.: Sudostroyeniye, 1980.
3. Osnovi tekhnicheskoyi diagnostiki. V 2-h knigakh/ V.V.Karibskiy, P.P. Parkhomenko, Ye.S. Sogomonyan, V.F.Khalchev/ Pod red. P.P. Parkhomenko/ Energiya. – M/:1976/- Kn. 1: modely obyektov, metody i algoritmy diagnoza. – 464 s.
4. Polyakov B.N. Metodika ocenky sroka sluzhby detaleyi s ispolzovaniem teoriy sluchaiynikh I sluchaiynikh procesov I yeyo primenyeniye/ Polyakov B.N.- Vestnik mashinosnroyeniya. – 2007.- № 2. – S. 28-34.
5. Fomin Ya.A. Teoriya vibrosov sluchainikh procesov/ Fomin Ya.A.- M. Svyaz, 1980.- 216 s.
6. Lindtnbaum T.M. Modeli redkikh vibrosov nagruzry tyagovikh syetyei v zadachakh elektrosnabzheniya magisralnikh zhelyeznikh dorog: dis. Na soiskaniye uchyonoї stepeny kand. tekhn. nauk: spec. 05.22.07 “Podvizhnoi sostav zheleznikh dorog, tyaga poyezdov I tltktrifikaciya”/ Lindtnbaum T.M. – Rostov-na-Donu – 2001. – 179 s.
7. Spravochnik po specialnim funkciyam/ Pod red. Abramovica M. S Stigan I. M.: Nauka, 1979. – 704 s.
8. Forsait D. Mashinniye metodi matematicheskikh vichisleniyi/ Forsait D., Malkolm M.,Moulek K. – M.: Mir, 1981. – 280 s.

УДК 621.311.003.13

В. Ф. НАХОДОВ, О. В. БОРИЧЕНКО

## КОНЦЕПЦІЯ ПОБУДОВИ ІНТЕГРОВАНІХ СИСТЕМ КОНТРОЛЮ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ НА ВИРОБНИЧО-ГОСПОДАРСЬКИХ ОБ’ЄКТАХ

Стаття присвячена створенню методичних основ побудови інтегрованих систем контролю ефективності використання електроенергії на виробничо-господарських об’єктах, які ґрунтуються на поєднанні удосконалених методик нормування питомих витрат електричної енергії з побудовою та застосуванням удосконалених систем оперативного контролю ефективності енерговикористання.

**Ключові слова:** електрична енергія, контроль ефективності використання електроенергії, нормування питомих витрат електроенергії, система оперативного контролю ефективності енерговикористання, «стандарт» споживання електроенергії, інтегрована система контролю ефективності використання електричної енергії.

**Вступ.** Однією з необхідних умов досягнення помітних практичних результатів у сфері енергозбереження є об’єктивне, обґрунтоване вирішення завдання кількісної оцінки, контролю та аналізу ефективності використання електричної енергії для різних технологічних і виробничо-господарських об’єктів. Незважаючи на різноманітність об’єктів, енергоефективність яких необхідно контролювати та аналізувати, кількість показників, що дійсно характеризують ефективність використання електричної енергії і застосовуються у виробництві, є дуже обмеженою. Єдиним інструментом кількісної оцінки та контролю ефективності використання електричної енергії в Україні натеper є система нормування її питомих витрат. Однак норми питомих витрат електроенергії, що встановлюються за діючими в Україні методиками, не є достатньо обґрунтованими та об’єктивними. Тому на підставі застосування таких норм не можна здійснювати якісне та дієве управління ефективністю використання електричної енергії як на

рівні держави в цілому, так і на рівні окремих підприємств, організацій чи установ. Отже, існуюча система нормування питомих витрат палива та енергії потребує удосконалення та подальшого розвитку.

У зарубіжній практиці існують інші, альтернативні підходи, до контролю енергоефективності, які не ґрунтуються на нормуванні питомих витрат електричної енергії. Одним з таких підходів є побудова та застосування систем оперативного контролю енергоефективності, зокрема систем контролю і планування електроспоживання. Виходячи із зарубіжного досвіду, доцільним напрямом подальшого розвитку діючої в Україні системи нормування питомих витрат електричної енергії слід вважати поєднання удосконалених методик нормування з використанням альтернативних методів, зокрема, з побудовою систем КіП електроспоживання.

**Постановка проблеми.** Результати аналізу діючих в Україні методик нормування питомих витрат електроенергії на виробничих об'єктах, отримані авторами, свідчать, що існуюча система нормування має суттєві недоліки [1–5], зокрема:

- 1) фактичні електробаланси виробничих об'єктів будуються в умовах невизначеності вихідних даних;
- 2) у процесі встановлення норм питомих витрат електроенергії відсутній етап їх нормалізації, тобто визначення об'єктивно необхідних витрат та втрат енергії;
- 3) діючі методики нормування чи будь-які інші нормативно-методичні документи з питань контролю ефективності енерговикористання не містять чіткої і об'єктивної процедури контролю та аналізу виконання встановлених норм.

Відомо, що нормування питомих витрат електроенергії перш за все базується на побудові, аналізі та раціоналізації електричних балансів виробничо-господарських об'єктів (підприємств, організацій, установ, їх структурних підрозділів тощо) [3]. Тому з метою удосконалення діючої в Україні системи нормування була розроблена методика побудови оптимальних розрахункових моделей електробалансів, яка ґрунтується на застосуванні методів експертного опитування та нечіткої математики для визначення найбільш достовірних інтервалів можливих значень вихідних даних, а також на використанні методів оптимального програмування в процесі побудови балансів [6; 7]. Результати розрахунків, виконаних для різних виробничо-господарських об'єктів, підтверджують, що використання запропонованої методики дозволяє складати для них баланси споживання електричної енергії, які є більш обґрунтованими і точними порівняно з електробалансами, що отримуються традиційним розрахунково-аналітичним методом.

Запропоноване удосконалення методики побудови балансів споживання електричної енергії на виробничих об'єктах дозволяє певною мірою підвищити обґрунтованість та об'єктивність встановлення норм її питомих витрат, однак не вирішує багатьох інших проблем, притаманних існуючій системі нормування електроспоживання у виробництві.

Тому на думку авторів подальший розвиток існуючої в Україні системи контролю енергоефективності у виробництві має здійснюватись у напрямку розробки та застосування методів, альтернативних нормуванню питомих витрат палива та енергії. Один з таких альтернативних методів полягає у побудові і застосуванні систем оперативного контролю ефективності використання електроенергії. Такий підхід до контролю енергоефективності досить широко використовується в зарубіжній практиці, де подібні системи мають назву Monitoring and Targeting Systems (системи контролю і планування, скорочено - системи КіП) [8–12]. Однак традиційні методики побудови таких систем мають низку суттєвих недоліків, спрощень, невирішених питань, що не дозволяють «механічно» застосовувати їх в умовах України для управління ефективністю використання електричної енергії. Основними недоліками традиційних систем КіП є:

- встановлення і застосування необґрунтовано спрощених «стандартів» електроспоживання, які не передбачають врахування численних чинників, що суттєво впливають на витрати електричної енергії в конкретних умовах виробництва;
- відсутність достатньо чіткої та об'єктивної процедури контролю виконання встановлених «стандартів» енергоспоживання;
- неможливість застосування традиційних систем КіП для здійснення контролю енергоефективності на рівні виробничо-господарських об'єктів в цілому (підприємств, установ, їх підрозділів).

Виходячи з недоліків традиційних систем контролю і планування електроспоживання, була створена удосконала методика встановлення обґрунтованих «стандартів» електроспоживання, основною перевагою якої є те, що використовуються експертні методи для визначення достатньо повного складу чинників, які суттєво впливають на споживання електроенергії, а також застосовуються більш строгі та чіткі ймовірно-статистичні процедури для побудови багатофакторних моделей споживання електроенергії. Причому в якості «стандартів» енергоспоживання пропонується приймати не самі математичні моделі, а межі побудованих до них довірчих інтервалів, що дозволяє враховувати

випадковий характер процесів електроспоживання та залишкову похибку їх моделювання [13]. Також з метою подальшого удосконалення традиційних систем КіП було розроблено оригінальну процедуру об'єктивного контролю виконання встановлених «стандартів», яка ґрунтується на застосуванні одного з методів статистичного контролю якості продукції, що дає можливість оперативно визначати моменти невідповідного зниження або підвищення ефективності використання електричної енергії, а також отримувати об'єктивну кількісну оцінку обсягів її економії або перевитрати енергії протягом відповідних періодів [13].

Як зазначалося, існуюча в Україні система нормування питомих витрат електричної енергії у суспільному виробництві має суттєві недоліки. Однак негайна відмова від цієї системи навряд чи була б доцільною, оскільки в такому випадку можливість контролю ефективності використання електроенергії в усіх галузях економіки (нехай сьогодні і недостатньо досконало) була б повністю втрачена, що неминуче призвело б до помітного зниження рівня енергоефективності в державі.

Такий альтернативний напрям, як створення систем оперативного контролю ефективності енерговикористання також має певні вади, яких цілком не можна уникнути навіть шляхом застосування більш досконалих методик їх побудови.

Усвідомлення всіх цих обставин лягло в основу створення концепції побудови інтегрованих систем контролю енергоефективності.

**Концепція побудови інтегрованих систем контролю ефективності використання електричної енергії на виробничо-господарських об'єктах.** Зважаючи на переваги та недоліки нормування електроспоживання та запропонованої авторами методики побудови систем оперативного контролю, цілком природно зробити припущення, що одним з напрямів подальшого розвитку діючої в Україні системи контролю ефективності використання електричної енергії в суспільному виробництві може бути поєднання існуючої практики нормування її питомих витрат з побудовою та застосуванням систем оперативного контролю ефективності електровикористання. Результатом об'єднання двох зазначених підходів до контролю енергоефективності має бути створення на виробничо-господарських об'єктах інтегрованих систем контролю ефективності використання електроенергії [14; 15]. Таке поєднання зазначених різних підходів на думку авторів є цілком можливим та доцільним, принаймні на деякий «перехідний» період, протягом якого, без сумніву, будуть знайдені більш досконалі методи контролю ефективності використання електричної енергії у суспільному виробництві, але й можливість систематичного здійснення такого контролю зараз не буде втрачена.

Створення та застосування на будь-якому виробничому об'єкті інтегрованої системи контролю ефективності використання електричної енергії передбачає, що на початку її побудови на цьому об'єкті єдиним засобом контролю ефективності електровикористання залишатиметься існуюча система нормування питомих витрат електроенергії, для функціонування якої протягом деякого часу будуть використовуватись відповідні діючі методики. Однак замість розрахунково-аналітичного методу складення балансу споживання електричної енергії на підприємстві, який традиційно застосовується у існуючих методиках нормування, буде використовуватись запропонована авторами методика побудови оптимальних розрахункових моделей електробалансів виробничо-господарського об'єкту [7].

Сам же процес побудови на виробничо-господарському об'єкті інтегрованої системи контролю енергоефективності полягає в тому, що для окремих енергоємних установок, агрегатів чи технологічних процесів, а також для груп менш енергоємного обладнання необхідно поступово створювати і впроваджувати локальні (індивідуальні) системи оперативного контролю ефективності використання електричної енергії.

Оскільки будь-який достатньо великий виробничий об'єкт (підприємство чи його підрозділ) являє собою сукупність численних споживачів електричної енергії, індивідуальні системи оперативного контролю енергоефективності будуватимуться поступово і для створення всіх необхідних локальних систем контролю знадобиться досить тривалий час.

Таким чином, на початку функціонування інтегрованої системи контролю ефективності енерговикористання на будь-якому виробничо-господарському об'єкті деякий час необхідно застосовувати обидва зазначені вище підходи до контролю енергоефективності: на рівні підприємства в цілому – нормування питомих витрат електроенергії, а на рівні локальних технологічних об'єктів – системи оперативного контролю ефективності електровикористання.

Очевидно, що для окремих установок, агрегатів, технологічних процесів чи їх груп, для яких на певний момент часу вже будуть створені локальні системи, з'являється можливість оперативного контролю ефективності використання електричної енергії. Причому цей контроль може здійснюватись з будь-якою періодичністю (щодобово, щотижнево, щомісячно тощо).

Однак, як відомо, системи оперативного контролю ефективності використання електроенергії не можна безпосередньо створювати для достатньо великих господарських об'єктів (дільниць, цехів, підприємств в цілому). Враховуючи цю обставину, на рівні підприємства та його підрозділів контроль

ефективності електровикористання необхідно буде і надалі здійснювати на основі показників питомої витрати електроенергії. З цієї причини в процесі функціонування інтегрованої системи контролю ефективності електровикористання на рівні підприємства в цілому та його підрозділів для традиційних періодів часу (року, кварталу) і надалі буде необхідним встановлювати відповідні планові показники питомої витрати електричної енергії. Однак в інтегрованій системі контролю енергоефективності визначати планові питомі витрати електроенергії для виробничо-господарських об'єктів можна буде дещо іншим способом, відмінним від аналогічної процедури, що застосовується у діючих методиках нормування електроспоживання в суспільному виробництві. Для цього можуть бути використані «стандарти» споживання електричної енергії, що встановлюються в локальних системах оперативного контролю, які являють собою своєрідні індивідуальні енергетичні характеристики відповідних технологічних об'єктів. Такі «стандарти» являють собою математичні моделі споживання електроенергії, які можуть враховувати вплив на ці процеси багатьох чинників, зокрема, параметрів технологічного процесу та умов його протікання. Тому на підставі індивідуальних «стандартів» для окремих установок і технологічних процесів можуть бути визначені більш точні й обґрунтовані обсяги витрат електроенергії на відповідну перспективу, ніж показники електроспоживання, що встановлюються розрахунково-аналітичним методом під час побудови планових балансів споживання електричної енергії на підприємстві.

Розглядаючи «стандарти» електроспоживання як індивідуальні енергетичні характеристики локальних технологічних об'єктів, на їх основі можна будувати групові (сумарні) енергетичні характеристики для окремих підрозділів та підприємства в цілому. Причому для побудови групових енергетичних характеристик можна застосовувати відомий поопераційний метод, який полягає у «складанні» індивідуальних енергетичних характеристик технологічних об'єктів або їх груп [16].

На основі отриманих таким чином групових енергетичних характеристик господарських об'єктів, а також встановлених для них планових значень обсягів виробництва продукції, параметрів технологічного процесу, зовнішніх умов для цих об'єктів можна визначати планові обсяги споживання електричної енергії на відповідну перспективу. Очевидно, що планові витрати електроенергії, визначені для виробничо-господарських об'єктів на основі їх групових енергетичних характеристик, будуть більш точними й обґрунтованими, ніж планові показники електроспоживання, що встановлюються зараз розрахунково-аналітичним методом.

Планові питомі витрати електроенергії для виробничо-господарських об'єктів традиційно визначаються також шляхом побудови відповідних групових енергетичних характеристик [16]. При цьому можна стверджувати, що встановлювані таким чином планові показники питомих витрат електричної енергії будуть також більш обґрунтованими та об'єктивними, ніж ті, що визначаються тепер за діючими методиками нормування. Крім того, сумарні енергетичні характеристики за аналогією із системами оперативного контролю енергоефективності можна розглядати як групові «стандарти» електроспоживання для підприємства в цілому та його підрозділів, які можуть бути застосовані також для оперативного контролю ефективності використання електричної енергії на цих об'єктах.

Отже, створення та застосування на виробничо-господарських об'єктах локальних систем оперативного контролю ефективності використання електроенергії не тільки дозволяє зробити цей контроль оперативним на рівні окремих агрегатів, установок чи технологічних процесів, але й дає змогу поступово, у міру збільшення кількості створених локальних систем контролю енергоефективності, підвищувати точність та обґрунтованість складання електробалансів виробничо-господарських об'єктів і тим самим визначати більш об'єктивні й обґрунтовані планові питомі витрати електричної енергії, що встановлюються на їх основі для підприємства в цілому та його підрозділів.

Для здійснення періодичного контролю ефективності використання електричної енергії на зазначених виробничо-господарських об'єктах необхідно застосовувати відому процедуру контролю виконання встановлених для цих об'єктів планових питомих витрат електроенергії [17].

Таким чином, в результаті застосування запропонованого авторами підходу, недосконала існуюча система нормування питомих витрат електроенергії на виробничо-господарських об'єктах поступово удосконалюватиметься завдяки створенню інтегрованих систем контролю і згодом може бути повністю замінена системами оперативного контролю ефективності використання електричної енергії у виробництві.

Причому, у процесі такого заміщення управління ефективністю використання електричної енергії в суспільному виробництві не буде втрачатися, тобто здійснюватиметься безперервно.

Процес побудови і функціонування інтегрованої системи контролю ефективності використання електроенергії на будь-якому виробничо-господарському об'єкті, на яку найближчим часом доцільно поступово замінити діючу в Україні систему нормування питомих витрат електричної енергії, можна подати у вигляді схеми, наведеної на рис. 1.

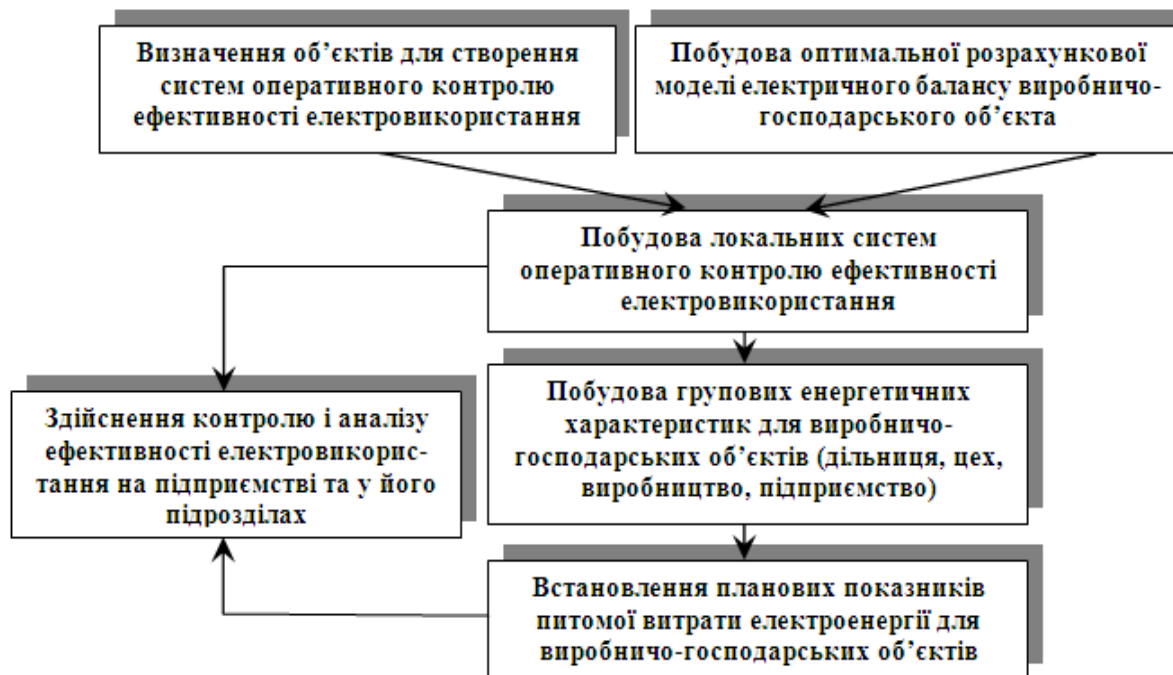


Рис. 1. Процес побудови і функціонування інтегрованої системи контролю ефективності використання електричної енергії

### Висновки

1. Найбільш перспективним напрямом подальшого розвитку методології контролю і аналізу ефективності електровикористання слід вважати створення інтегрованих систем контролю ефективності використання електричної енергії, які ґрунтуються на поєднанні удосконалених методів нормування питомих витрат електроенергії з побудовою та застосуванням удосконалених систем оперативного контролю ефективності енерговикористання.

2. Побудова на виробничих об'єктах інтегрованих систем контролю ефективності використання електроенергії дозволить оперативно контролювати ефективність використання електроенергії на рівні окремих процесів виробництва продукції і допоміжних підрозділів, а на рівні підприємства і його підрозділів для більш тривалих періодів – на основі традиційних показників питомих витрат електроенергії.

3. Концепція створення на виробничих об'єктах інтегрованих систем передбачає систематичний їх розвиток через «поглиблення» оперативного контролю енергоефективності, тобто поділу вибраних об'єктів оперативного контролю на більш дрібні аж до окремих технологічних об'єктів. Таким чином, існуюча система нормування питомих витрат електроенергії поступово удосконалюватиметься і згодом може бути повністю заміщена системами оперативного контролю ефективності використання електричної енергії у виробництві.

### Література

- Находов В.Ф. Энергосбережение и проблема контроля эффективности энергоиспользования / В.Ф. Находов // «Промислова електроенергетика та електротехніка» Промелектро : інформ. зб. – 2007. – № 1.– С. 34–42.
- Праховник А.В. Контроль ефективності енерговикористання – ключова проблема управління енергозбереженням / А.В. Праховник, В.Ф. Находов, О.В. Бориченко // Энергосбережение, энергетика, энергоаудит. – 2009. – №8(66). – С. 41–54.
- Находов В.Ф. Аналіз діючих в Україні методик нормування питомих витрат паливно-енергетичних ресурсів / В.Ф. Находов, О.В. Бориченко, К.К. Кочетова // «Промислова електроенергетика та електротехніка» Промелектро : інформ. зб. – 2007. – №2. – С. 42–48.
- Находов В.Ф. Проблема контролю ефективності енерговикористання – основа практичного вирішення задач енергозбереження / В.Ф. Находов, О.В. Бориченко // Энергозбереження, екологія, ефективність: шляхи зниження енергозалежності України: міжнар. конф., 14 травня 2008 р. : тези доп. – К., 2008. – С. 55–57.
- Праховник А.В. Контроль ефективності енерговикористання – ключова проблема управління енергозбереженням / А.В. Праховник, В.Ф. Находов, О.В. Бориченко // Энергетична безпека та

енергозбереження на транспорті: технології та інвестиції : IV міжнар. наук.-практ. конф., 10–12 червня 2009 р. : тези доп. – Одеса, 2009. – С. 86–103.

6. Находов В.Ф. Побудова оптимальних розрахункових моделей електробалансів виробничо-господарських об'єктів / В.Ф. Находов, О.В. Бориченко // «Промислова електроенергетика та електротехніка» Промелектро : інформ. зб. – 2010. – № 6. – С. 47–51.

7. Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір «Методика побудови оптимальних розрахункових моделей балансів споживання електричної енергії виробничо-господарських об'єктів» / В.Ф. Находов, О.В. Бориченко. – № 38503 ; заявл. 14.04.2011 ; зареєстр. 26.05.2011, Бюл. №25.

8. Pooley John. Quick Start Guide to Energy Monitoring & Targeting (M&T) [Електронний ресурс] / John Pooley // Effective Energy Management Guide. – 2005. – Режим доступу : <http://www.oursouthwest.com/SusBus/susbus9/m&tguide.pdf>.

9. Матеріали проекту «Усилення дійствий по підготовке енергоменеджеров в Украине» по программе TACIS № EUK 9701. – К. : IEE НТУУ «КПІ», 1999. – 156 с.

10. Monitoring and Targeting in large companies // Energy Efficiency Enquiries Bureau, ETSU, Harwell, Oxfordshire, OX11. Good Practice Guide 112. – 1998. – 45p.

11. Jones Phil. Getting started with Monitoring & Targeting (M&T) / Phil Jones // Fundamental Series. – 2004. – №7. – P.29–32.

12. Праховник А.В. Контроль і нормалізація енергоспоживання / А.В. Праховник, Г.Р. Трапп // Управління енерговикористанням : зб. доп. – К.: Альянс за збереження енергії, 2001. – С.387–398.

13. Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір «Методика встановлення об'єктивних стандартів споживання електроенергії та здійснення об'єктивного контролю їх виконання в системах статистичного контролю ефективності енерговикористання» / В.Ф. Находов, О.В. Бориченко. – № 38504 ; заявл. 13.05.2011 ; зареєстр. 26.05.2011, Бюл. №25.

14. Находов В.Ф. Удосконалення діючої системи нормалізації енергоспоживання на основі контролю і планування витрат електричної енергії / В.Ф. Находов, О.В. Бориченко, О.В. Тишко // «Промислова електроенергетика та електротехніка» Промелектро : інформ. зб. – 2010. – № 3. – С. 51–58.

15. Находов В.Ф. Удосконалення діючої системи нормалізації енергоспоживання на основі контролю і планування витрат електричної енергії [Електронний ресурс] / В.Ф. Находов, О.В. Бориченко, О.В. Тишко // Енергетика: економіка, технології, екологія : наук.-техн. конф. молодих дослідників, аспірантів та магістрантів, 20–21 травня 2010 р. : тези доп. – К., 2010.

16. Гофман И.В. Нормирование потребления энергии и энергетические балансы промышленных предприятий / И.В. Гофман. – М.–Л.: Энергия, 1966. – 319 с.

17. Находов В.Ф. Экономико-организационные основы энергосбережения / В.Ф. Находов. – К.: Энергетический центр ЕС в Киеве, 1995. – 150 с.

V. F. NAKHODOV, O. V. BORYCHENKO

#### CONCEPT OF BUILDING INTEGRATED CONTROL SYSTEM OF EFFICIENCY OF ELECTRIC ENERGY IN PRODUCTION

The article is dedicated to the creation of methodical foundations of integrated systems of monitoring the effectiveness of electricity consumption in industrial and commercial facilities, which based on a combination of advanced methods of rationing the unit costs of electric energy with the construction and application of improved operational control systems energy efficiency. Analysis of existing methods assessment and monitoring energy efficiency was conducted, including existing system in Ukraine of rationing unit costs of electric energy. The method developed for constructing optimal computational models electric balances. The method of setting «standards» for energy consumption was improved as well as the control and analysis process of their performance in systems operating control effectiveness of electric exploitation.

Proposed concept of building integrated control system of efficiency of use electrical energy, creation and systematic development which would improve the existing system of rationing unit costs of electric energy and eventually replace the this system operational control of effectiveness of electric exploitation in production.

**Key words:** electric power, control of energy efficiency, rationing of unit costs of electricity, a system of operational control efficiency, «standard» power consumption, integrated control system efficiency of electric energy.

1. Nahodov V.F. Energoberezhenie i problema kontrolya effektivnosti energoispolzovaniya / V.F. Nahodov // «Promislova elektroenergetika ta elektrotehnika» Promelektro : Inform. zb. – 2007. – № 1. – S. 34–42.

2. Prahovnik A.V. Kontrol effektivnosti energovikoristannya – klyuchova problema upravlinnya energoberezhennyam / A.V. Prahovnik, V.F. Nahodov, O.V. Borichenko // Energoberezhenie, energetika, energoaudit. – 2009. – №8(66). – S. 41–54.

3. Nahodov V.F. Analiz diyuchih v Ukrayini metodik normuvannya pitomih vitrat palivno-energetichnih resursiv / V.F. Nahodov, O.V. Borichenko, K.K. Kochetova // «Promislova elektroenergetika ta elektrotehnika» Promelektro : Inform. zb. – 2007. – №2. – S. 42–48.
4. Nahodov V.F. Problema kontrolyu effektivnosti energovikoristannya – osnova praktichnogo virishennya zadach energozberezheniya / V.F. Nahodov, O.V. Borichenko // Energozberezheniya, ekologiya, effektivnIst: shlyahi znizhennya energozalezhnosti Ukrayini: mizhnar. konf., 14 travnya 2008 r. : tezi dop. – K., 2008. – S. 55–57.
5. Prahovnik A.V. Kontrol effektivnosti energovikoristannya – klyuchova problema upravlinnya energozberezheniyam / A.V. Prahovnik, V.F. Nahodov, O.V. Borichenko // Energetichna bezpeka ta energozberezheniya na transporti: tehnologiyi ta Investitsiyi : IV mizhnar. nauk.-prakt. konf., 10–12 chervnya 2009 r. : tezi dop. – Odesa, 2009. – S. 86–103.
6. Nahodov V.F. Pobudova optimalnih rozrahunkovih modeley elektrobilansiv virobничo-gospodarskih ob'ektiv / V.F. Nahodov, O.V. Borichenko // «Promislova elektroenergetika ta elektrotehnika» Promelektro : Inform. zb. – 2010. – № 6. – S. 47–51.
7. Svidotstvo pro reestratsiyu avtorskogo prava na tvir «Metodika pobudovi optimalnih rozrahunkovih modeley bilansiv spozhivannya elektrichnoyi energiyi virobничo-gospodarskih ob'ektiv» / V.F. Nahodov, O.V. Borichenko. – № 38503 ; zayavl. 14.04.2011 ; zareestr. 26.05.2011, Byul. №25.
8. Pooley John. Quick Start Guide to Energy Monitoring & Targeting (M&T) [Elektronniy resurs] / John Pooley // Effective Energy Management Guide. – 2005. – Rezhim dostupu : <http://www.oursouthwest.com/SusBus/susbus9/m&tguide.pdf>.
9. Materialyi proekta «Usilenie deystviy po podgotovke energomenedzherov v Ukraine» po programme TACIS № EUK 9701. – K. : IEE NTUU «KPI», 1999. – 156 s.
10. Monitoring and Targeting in large companies // Energy Efficiency Enquiries Bureau, ETSU, Harwell, Oxfordshire, OX11. Good Practice Guide 112. – 1998. – 45p.
11. Jones Phil. Getting started with Monitoring & Targeting (M&T) / Phil Jones // Fundamental Series. – 2004. – №7. – P.29–32.
12. Prahovnik A.V. Kontrol i normalizatsiya energospozshivannya / A.V. Prahovnik, G.R. Trapp // Upravlinnya energovikoristannya : zb. dop. – K.: Alyans za zberezhennya energiyi, 2001.– S.387–398.
13. Svidotstvo pro reestratsiyu avtorskogo prava na tvir «Metodika vstanovlennya obgruntovanih «standartiv» spozhivannya elektroenergiyi ta zdiysnennya ob'ektivnogo kontrolyu yih vikonannya v sistemah statistichnogo kontrolyu effektivnosti energovikoristannya» / V.F. Nahodov, O.V. Borichenko. – № 38504 ; zayavl. 13.05.2011 ; zareestr. 26.05.2011, Byul. №25.
14. Nahodov V.F. Udoskonalennya diyuchoyi sistemi normalizatsiyi energospozshivannya na osnovi kontrolyu i planuvannya vitrat elektrichnoyi energiyi / V.F. Nahodov, O.V. Borichenko, O.V. Tishko // «Promislova elektroenergetika ta elektrotehnika» Promelektro : Inform. zb. – 2010. – № 3. – S. 51–58.
15. Nahodov V.F. Udoskonalennya diyuchoyi sistemi normalizatsiyi energospozshivannya na osnovi kontrolyu i planuvannya vitrat elektrichnoyi energiyi [Elektronniy resurs] / V.F. Nahodov, O.V. Borichenko, O.V. Tishko // Energetika: ekonomika, tehnologiyi, ekologiya : nauk.-tehn. konf. molodih doslidnikiv, aspirantiv ta magistrantiv, 20–21 travnya 2010 r. : tezi dop. – K., 2010.
16. Gofman I.V. Normirovanie potrebleniya energii i energeticheskie balansi promyshlennyih predpriyatij / I.V. Gofman. – M.–L.: Energiya, 1966. – 319 s.
17. Nahodov V.F. Ekonomiko-organizatsionnyie osnovyi energosberezheniya / V.F. Nahodov. – K.: Energeticheskiy tsentr ES v Kieve, 1995. – 150 s.

УДК 621.311.003.13

В. Ф. НАХОДОВ, Е. В. БОРИЧЕНКО

### КОНЦЕПЦИЯ ПОСТРОЕНИЯ ИНТЕГРИРОВАННЫХ СИСТЕМ КОНТРОЛЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ НА ПРОИЗВОДСТВЕННО-ХОЗЯЙСТВЕННЫХ ОБЪЕКТАХ

Статья посвящена созданию методических основ построения интегрированных систем контроля эффективности электропотребления на производственно-хозяйственных объектах, которые базируются на сочетании усовершенствованных методик нормирования удельных расходов электрической энергии с построением и применением усовершенствованных систем оперативного контроля эффективности энергоиспользования.

**Ключевые слова:** электрическая энергия, контроль эффективности использования электроэнергии, нормирование удельных расходов электроэнергии, система оперативного контроля эффективности энергоиспользования, «стандарт» потребления электроэнергии, интегрированная система контроля эффективности использования электрической энергии.

## МЕТОДИКА ФУНКЦІОНАЛЬНОГО ДІАГНОСТУВАННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ АСИНХРОННОГО ЕЛЕКТРОПРИВОДА

У статті наведено методику функціонального діагностування енергоефективності, процесів енергоспоживання й енерговикористання асинхронного електропривода, а також результати аналітичної перевірки методики для асинхронних двигунів нової промислової серії 5А.

**Ключові слова:** енергоефективність, асинхронний двигун, діагностування, коефіцієнт корисної дії, коефіцієнт потужності.

**Вступ.** Одним з актуальних завдань енергозбереження є підвищення ефективності енерговикористання. Значні резерви економії енергії мають електромеханічні системи з асинхронним електроприводом (АЕП), оскільки оснащені ним машини і установки є одними з найбільш енергоємних споживачів електроенергії (вони споживають понад 60% виробленої у світі електроенергії).

Однією з перешкод широкому впровадженню енергозбереження в життя є те, що управління раціональним використанням енергії не поширюється на конкретного технологічного споживача – АЕП. Енергоефективність його оцінюється аперіодично, наприклад, під час проведення енергетичного аудиту. Перспективним підходом методології енергоменеджменту є впровадження постійно діючого моніторингу та діагностування енергоефективності й технічного стану АЕП для оперативного реагування на погіршення його стану і порушення технологічного режиму [1].

**Аналіз попередніх досліджень.** Одним з механізмів втілення енергозбереження в життя є енергетичний менеджмент. Дотепер в енергетичному менеджменті деталізоване управління раціональним використанням енергії не поширювалося на конкретного технологічного споживача, його режими роботи. В першу чергу розглядалось підприємство в цілому або певна технологічна лінія. Контроль конкретного обладнання, наприклад, АЕП, не був постійним і безперервним та відбувався за фактом, а не в реальному часі, коли неефективне споживання електроенергії мало місце значний проміжок часу.

Останнім часом енергетичний менеджмент набуває нових рис, а саме, – він став поширюватися на кінцевого споживача [2]. Це є новим стандартом у методології енергетичного менеджменту – запроваджуються високий ступінь деталізації, моніторинг та діагностування енергоефективності й технічного стану АЕП і, відповідно, – оперативне реагування на їх погіршення.

Найближчими за функціональною побудовою до систем моніторингу та діагностування є електронні системи обліку електричної енергії та системи вимірювання якості електроенергії на основі промислових засобів автоматизації. Однак, володіючи розвиненими функціями вимірювання та оброблення даних, вони, з одного боку, не забезпечують аналізування отриманої інформації про енергетичні процеси, а з іншого – зовсім не призначені для діагностування АЕП, оскільки не мають функцій математичного моделювання.

**Метою роботи** є розроблення методики функціонального діагностування енергоефективності АЕП, яка за рахунок контролювання у реальному часі його поточних експлуатаційних параметрів дозволяє визначити неефективні режими роботи та прийняти обґрунтовані рішення щодо подальшої експлуатації.

**Матеріали і результати досліджень.** Розроблена модель функціонального діагностування енергоефективності АЕП має ієрархічну структуру і складається з моделей більш низького рівня: моделі асинхронного двигуна (АД); ЕЕМ - моделі формування і збереження еталонів [3]; ЕДМ - моделі діагностування параметрів процесів перетворення електроенергії. ЕДМ складається з моделі визначення параметрів процесу енергоспоживання, моделі визначення параметрів схеми заміщення та моделі визначення параметрів процесу енерговикористання енергії, що споживається.

На основі моделей розроблено методику функціонального діагностування енергоефективності АЕП, яка полягає в наступному.

### 1. Визначення діагностичних параметрів

Миттєві значення напруг  $u(t)$ , струму  $i(t)$  та температури навколишнього середовища. Вимірюються кут зсуву  $\varphi$  в кожній фазі двигуна і частота мережі живлення  $f$ .

### 2. Визначення первинних діагностичних ознак

Діюче значення напруги і струму кожної фази

$$U_j = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T u_j^2(t) dt}, \quad I_j = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T i_j^2(t) dt}, \quad j \in \Omega_1, \quad \Omega_1 = \{A; B; C\}.$$