

УДК 51–74

ЗАДАЧА ІДЕНТИФІКАЦІЇ В ЕНЕРГЕТИЦІ

Т. М. Лутчин

Інститут енергозбереження та енергоменеджменту Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут»

вул. Борщагівська, 115, м. Київ, 03056, Україна. E-mail: 11best11@mail.ru

Визначено місце ідентифікації у ряді задач енергетики та відображено її важливість при розрахунках на всіх рівнях енергосистеми, безпосередньо генерації, передачі та розподілу і споживання. Наведені умови вибору ідентифікаторів, на основі яких систематизований алгоритм ідентифікації даних. Умови визначені відповідно до наступних задач енергетики: опису графіків енергоспоживання, прогнозування та для передачі даних. Узагальнені відомі основні принципи методів ідентифікації відповідно до міжнародних вимог та існуючих задач обробки даних за їх стохастичністю та детермінованістю. Вищезазначені дії були спрямовані на підвищення узгодженості розрахунків методів обробки та аналізу вимірювань, забезпечення простоти вибору виду задач ідентифікації залежно від систем обліку та збору даних. Також структуровані існуючі методи ідентифікації відповідно до виду (стохастичні, детерміновані, стохастично-детерміновані) та хронології їх розвитку.

Ключові слова: ідентифікація, енергосистема, детермінована та стохастична задачі.

ЗАДАЧА ИДЕНТИФИКАЦИИ В ЭНЕРГЕТИКЕ

Т. Н. Лутчин

Институт энергосбережения и энергоменеджмента Национального технического университета Украины «Киевский политехнический институт»

ул. Борщаговская, 115, г. Киев, 03056, Украина. E-mail: 11best11@mail.ru

Определено место идентификации в ряде задач энергетики и отображена ее важность при расчетах на всех уровнях энергосистемы, непосредственно генерации, передачи и распределения, а также потребления. Представлены условия выбора идентификаторов, на основе которых систематизирован алгоритм идентификации данных. Условия определены в соответствии со следующими задачами энергетики: описания графиков энергопотребления, прогнозирования и для передачи данных. Обобщены известные основные принципы методов идентификации в соответствии с международными требованиями и существующими задачами обработки данных по их стохастичности и детерминированности. Вышеуказанные действия были направлены на повышение согласованности расчетов методов обработки и анализа измерений, обеспечение простоты выбора вида задач идентификации в зависимости от систем учета и сбора данных. Также структурированы существующие методы идентификации согласно виду (стохастические, детерминированные, стохастически-детерминированные) и хронологии их развития.

Ключевые слова: идентификация, энергосистема, детерминированная и стохастическая задачи.

АКТУАЛЬНІСТЬ РОБОТИ. Ієрархічна структура енергосистеми вимагає визначення у якості режимних параметрів таких показників, які дозволили б

оптимально представити відомості про певні режими та вирішувати існуючі завдання на вищих рівнях енергосистеми [1] (рис. 1).

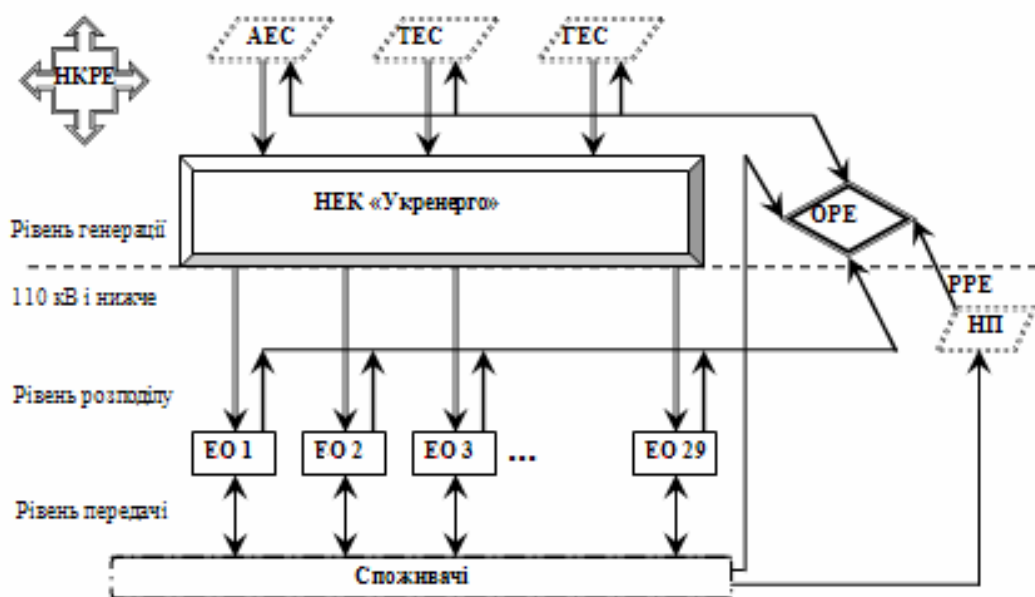


Рисунок 1 – Структура енергосистеми: ЕО – електропередавальні організації; РРЕ – роздрібний ринок електроенергії; НРР – незалежний постачальник

Існуюче енергооб'єднання прийнято ієрархічно поділяти на три рівні: верхній – безпосередньо енергооб'єднання, середній та нижній – відповідно регіональні та обласні електроенергетичні системи [2].

До нижнього (польового) рівня відносять всі прилади, які безпосередньо пов'язані з об'єктом керування. За їх допомогою забезпечується збір інформації та видача команд управління, необхідних для функціонування автоматизованої системи обліку.

Середній рівень складають прилади концентрації, обробки і передачі інформації від приладів нижнього на верхній рівні і навпаки.

До верхнього рівня відносять прилади передачі, зберігання та представлення інформації, а також засоби локальних обчислювальних мереж, які об'єднують робочі станції системи. Також до даного рівня відносять автоматизовані робочі місця оперативного та інженерно-технічного персоналу.

Елементи нижнього та середнього рівня, які використовуються для збору, обробки та обміну даними між автоматизованими системами обліку і вищими рівнями ієрархії управління режимами в енергосистемі останнім часом планується виділити в окрему підсистему.

Для ефективної роботи енергосистеми варто проводити [1]:

- оптимізацію інформаційних потоків із виключенням дублювання та надлишковості даних;
- виокремлення режимних параметрів, за якими можна розв'язати задачі обробки та аналізу даних в енергосистемі;
- оптимізацію режимів на єдиній інформаційній базі.

Кожна задача, яка вирішується в енергетиці накладає власні умови на рішення і скеровує до його коректного вибору [1]:

- при прогнозуванні: розпізнавання графіків, які утворюють основу прогнозу; точність та надійність існуючих моделей прогнозу; достовірність додаткових факторів;
- під час опису форми графіків електричних навантажень складність полягає у: значній чисельності та складності схем з'єднання окремих приладів електроспоживання, контрольованих одним приладом обліку; наявності кореляції між окремими та групами приладів; залежності від низки чинників (сезонності, типу дня і так далі);
- для передачі даних: зниження об'ємів даних; можливість достовіризації отриманих показників; необхідність шифрування даних способом, який без попередніх обернених розрахунків приблизно дозволить оцінити вид графіків електричних навантажень.

У результаті цього при побудові кардинально нових моделей варто включати складові, які б містили інформацію про планові рівні короткострокового споживання. Так, наприклад, ще у 1925 р. указувалась необхідність формуванню заявок із середнім рівнем споживання, денним і вечірнім піками [3].

Важливість врахування відхилень графіків електричних навантажень значима в умовах переходу до

зростання використання відновлюваних джерел енергії [4] і впровадженні зеленого тарифу, так як за рахунок саме цих дій прийнято здебільшого покривати відхилення від базових і запланованих графіків споживання. Необхідно знайти баланс між стимулюванням установлення генераторів на основі відновлювальних джерел та економічними витратами на покриття виплат згідно зеленого тарифу. Вирішення зазначеної проблеми стає можливим лише в умовах контрольованості процесу споживання.

На підставі вищезазначеного за мету роботи було прийнято рішення про структурування чинників і задач ідентифікації для можливості їх використання у задачах енергетики, а також указати існуючі розробки, які існують у світовій практиці з метою подальшої уніфікації алгоритмів обробки даних для всієї ієрархії енергосистем.

МАТЕРІАЛ І РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ.
Вимоги до ідентифікаторів процесу та впливові чинники їх формування. Складність використання моделей для побудови ідентифікаторів до нашого часу обумовлювалася низкою чинників:

- відсутністю програмного забезпечення;
- відсутністю обернених рішень у моделі;
- при використанні моделей неавтоматичного обчислення існувала можливість некоректного впливу з боку особи, яка приймає рішення;
- недостатньою кількістю для тестування наявних підходів.

Створення коректних моделей управління неможливе без використання ідентифікаторів моделі, особливо в умовах переходу до інтелектуальних мереж замінити описаний процес неможливо, так як передбачається виникнення численних завдань контролю та прийняття рішень, а також різке зростання інформаційних потоків. Створення єдиної системи ідентифікаторів здійснюється з метою використання єдиної системи та її узагальнення зі світовим досвідом для різних рівнів споживання та суміжних областей енергетики. Так, наприклад, у роботі [5] представлена модель опису графіків електричних навантажень для оцінювання промислових споживачів, де використовуються загальновідомі параметри електроспоживання, але з іншими позначеннями, що призводить до додаткових труднощів при синхронізації представленої моделі з існуючими. Часто розробники використовують абсолютно нові терміни та визначення та не приймаються до уваги загальноприйняті для технічного використання терміни.

Під ідентифікацією розуміють присвоєння унікального позначення (коду) конкретному об'єкту класифікації. Ідентифікаційний код (ідентифікатор) представляє собою унікальне позначення певних ознак сигналу. При цьому, ідентифікатор повинен володіти рядом властивостей: унікальністю для унеможливлення створення коду-дубліката, стійкістю до зовнішніх впливів, децентралізованістю по відношенню до центру ведення класифікаторів та можливістю узгодження з іншими системами та попереднім орієнтуванням отримувача коду про локальні особливості сигналу [1].

На сьогодні в Об'єднаній енергосистемі України функціонує значна кількість інформаційних систем із використанням спеціальних прикладних програм та баз даних. Часто подібні системи характеризуються практичною несумісністю. Причиною цього стала відсутність уніфікованих стандартів щодо структуризації та опису даних об'єктів і обладнання, різноманітність методів класифікації та ідентифікації режимних і комерційних параметрів. Не розроблені також засоби та моделі створення єдиної конфігураційної системи, за допомогою якої можна з'єднати функціональні програмні комплекси в єдину інтегровану систему керування локальними енергосистемами та Об'єднаної енергосистеми у цілому.

Програмно-технічні засоби згідно ГОСТ Р 51725.6–2002 та ГОСТ Р 50739–95 повинні забезпечувати захист від несанкціонованого доступу шляхом внесення міток про здійснення змін у поточних записах (корекція або видалення інформації), а також розробку системи ідентифікаторів і паролей з доступом залежно від рівня контролю. Під рівнем контролю для енергосистеми розуміють рівні споживання, передачі, розподілу та управління.

Методи ідентифікації повинні бути адаптованими до тимчасових збоїв та володіти властивістю само налаштування, тобто у разі виникнення значних змін у графіках електричних навантажень, перш за все, його необхідно дослідити на розсинхронізацію у часі на наявність пропусків або подвійних записів у показах приладів обліку. У даних випадках може виникати нетипова зміна характеристики, але вищезазначене ще не вказує на виникнення збою чи аварійного процесу. Доцільно фіксувати збої при зниканні показів або автоматично усувати дублювання. При виконанні зазначених вимог додатково підвищується стійкість методів ідентифікації, а також здійснюється контроль за перебігом процесу електроспоживання. Наведені твердження були досліджені у роботі [6].

Методи ідентифікації суттєво залежать від характеру вхідних даних (рис. 2).

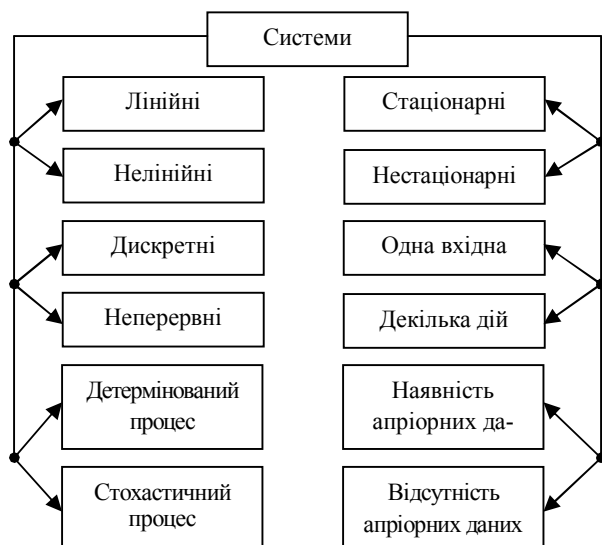


Рисунок 2 – Чинники, які впливають на методи ідентифікації [2]

Умови вибору ідентифікаторів у задачах енергетики. У задачах моделювання та ідентифікації найбільш важливими кроками є визначення структури та параметрів системи на основі змінних величин, які відображають поведінку (режими) системи.

Методи ідентифікації необхідні в умовах, коли причину виникнення процесу складно передбачити (представити), але при цьому є потреба відтворити її характер для подальшого вирішення інших задач. Перевагами такого представлення моделі є абсолютна застосовність у різних галузях науки при вирішенні задач з подібним характером розподілу змінних величин. При цьому, розуміння фізичного перебігу процесу не враховується, що призводить до спрощення систем обліку та контролю процесу спостереження. Додатково це дозволяє контролювати процеси у системах, для яких на даний момент не існує чіткого однозначного обґрунтування фізичних процесів. Недолік більшості існуючих методів ідентифікації – необхідність зберігання бібліотеки типових видів розподілу функцій (особливо при використанні нейронних мереж), які для пошуку рішень визначаються методами перебору та накладання [7].

Під ідентифікацією в енергетиці мається на увазі визначення параметрів, які б дозволяли вирішити існуючі задачі класифікації, стиснення, достовірності та прогнозування з максимальною точністю. Бажано, щоб виокремлені параметри містили у собі інформацію про дійсні процеси та були пов'язані з первинними даними, що у більшості випадках на даному етапі розвитку енергосистеми не передбачається.

При побудові ідентифікаторів на вищих рівнях контролю енергосистеми повинні враховуватися перспективи її розвитку з виконанням умов уніфікованості коду [8]. При сучасному рівні забезпечення обліковим обладнанням споживачів доцільно проводити ідентифікацію за реальним графіком електричних навантажень або за максимальною наближенням до нього аналогом.

У задачах ідентифікації вирішуються дві проблеми: якісна та кількісна оцінка опису функції [9]. Стосовно задач електроспоживання за якісну оцінку прийнято допустимі та граничні допустимі межі відхилення показів вимірювання параметрів електроспоживання, а саме згідно діючої нормативно-технічної документації (Правил користування електроенергією та Правилами установки електрообладнання) прийнято ± 5 та ± 10 % відповідно.

Тип функції опису графіків електричних навантажень вибирається згідно з умовами [10]:

1. Необхідності більш точного опису певних зон графіку (за періоди максимального та мінімального навантаження енергосистеми).

2. Використання розрахунків з мінімальним часом при використанні мінімальної кількості оперативної пам'яті.

3. Простоти відновлення вхідної функції та наглядності наведення її параметрів.

Алгоритмізація та задачі ідентифікації. При створенні моделі ідентифікації, як правило, дотримуються наступних кроків:

1. Визначення загальних характеристик сигналу (середнє статистичне, тренд і їм подібні показники).

2. Вибір граничного порядку (степені) моделі у залежності від необхідної точності.

3. Створення моделі для вимірювань та шумів (відхилень).

4. Визначення точності моделі для лімітування кількості обчислень.

5. Побудова моделі ідентифікації у зрозумілій для користувача формі.

6. Обчислення можливих допусків.

Розвиток статистичних апроксимаційних методів опису моделей набули розповсюдження у задачах з відносно невеликими входними вибірками даних з високим рівнем подібності (тобто у сигналі наявні циклічності, типові форми і тому подібні закономірності). У зазначених випадках використовувалися детерміновані методи ідентифікації (табл. 1).

В основу більшості методів покладений принцип використання додаткових припущень або умов, які б обмежували кількість можливих випадків.

Таким чином, для більшості задач знищувалася

важлива інформація про динаміку процесу. Всі відхилення, які не вдавалося упорядкувати згідно загальновідомого для досліджуваної моделі закону, визначалися методами підгонки.

При оцінюванні стохастичних процесів (до яких також відносяться процеси у енергосистемах), приймається наступне:

– спостереження рівномірно розподілені у часі;

– досліджувана система має повну кількість вимірювань, лінійна, визначена у часі, можливо багатомірна;

– джерела шуму – скінченномірні і підпорядковуються Гаусовому закону розподілу, тобто шум також піддається опису певним відомим законом розподілу;

– вимірювання можуть містити зсуви, тренди і, як вважалося раніше, бути детермінованими поліноміальними функціями у часі.

Розрахунки згідно способу застосування стохастичних задач наведені у табл. 1.

Таблиця 1 – Задачі ідентифікації

	Детермінована	Стохастична	Стохастично-детермінована
Дано	s вимірювань у входних даних $u_k \in \mathbb{R}^m$ та вихідні $y_k \in \mathbb{R}$, згенеровані невідомою детермінованою/стохастичною/стохастично-детермінованою системою n-го порядку		
	$x_{k+1}^d = Ax_k^d + Bu_k,$ $y_k = Cx_k^d + Du_k,$	$x_{k+1}^s = Ax_k^s + w_k,$ $y_k = Cx_k^s + v_k,$	$x_{k+1} = Ax_k + Bu_k + w_k,$ $y_k = Cx_k + Du_k + v_k,$
	з w_k та v_k нульовими середніми значеннями та коваріаційною матрицею: $E\left[\begin{pmatrix} w_p \\ v_p \end{pmatrix} \begin{pmatrix} w_q^T & v_q^T \end{pmatrix}\right] = \begin{pmatrix} Q & S \\ S^T & R \end{pmatrix} \delta_{pq}.$		
Знайти	Порядок n невідомої системи		
	Систему матриць $A \in \mathbb{R}^{n \times n}, B \in \mathbb{R}^{n \times m}, C \in \mathbb{R}^{1 \times n}, D \in \mathbb{R}^{1 \times m}$ до появи подібності перетворень		
	Матриці $Q \in \mathbb{R}^{n \times n}, S \in \mathbb{R}^{n \times l}, R \in \mathbb{R}^{l \times l}$, так щоб другий порядок статистичних даних вихідної системи був рівним стохастичній системі наведених входних даних		

Відповідно до вимог щодо забезпечення ефективної роботи енергосистеми досить результативними виявилися у використанні стохастично-детерміновані моделі ідентифікації, побудова яких представлена у табл. 1.

Отже, не зважаючи на стрімкі темпи розвитку інформаційного забезпечення, поставлена задача не є повністю вирішеною. На сьогодні до основних розробок даного напрямку застосовних до задач енергетики слід віднести наступні (табл. 2).

Таблиця 2 – Розвиток методів ідентифікації

Детермінована	Рік	Назва роботи
	1987	De Moor B., Vandewalle J. A geometrical strategy for the identification of state space models of linear multivariable systems with singular value decomposition. Proc. of the 3rd International Symposium on Applications of Multivariable System Techniques, April 13–15, Plymouth, UK, pp. 59–69.
	1988	De Moor B. Mathematical concepts and techniques for modeling of static and dynamic systems. PhD thesis, Department of Electrical Engineering, Katholieke Universiteit Leuven, Belgium.
		De Moor B., Vandewalle J., Moonen M., Vandenberghe L., Van Miegheem P. A geometrical approach for the identification of state space models with singular value decomposition. Symposium on Identification and System Parameter Estimation, 27–31 August, Beijing China, pp. 700–704.
		De Moor B., Moonen M., Vandenberghe L. and Vandewalle J. Identification of linear state space models with singular value decomposition using canonical correlation concepts. SVD and Signal Processing: Algorithms, Applications and Architectures, E. Deprettere (Ed.), Elsevier Science Publishers B.V. (N.-Holland), pp. 161–169.
		De Moor B., Moonen M., Vandenberghe L. and Vandewalle J. The application of the canonical correlation concept to the identification of linear state space models. Analysis and Optimization of Systems, A.

		Bensoussan, J.L. Lions, (Eds.), Springer Verlag, Heidelberg, pp. 1103–1114.
		De Moor B., Moonen M., Vandenberghe L., Vandewalle J. A geometrical approach for the identification of state space models with singular value decomposition. Proceedings of the International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing, New York, pp. 2244–2247.
	1989	Moonen M., De Moor B., Vandenberghe L., Vandewalle J. On and offline identification of linear state space models. International Journal of Control, Vol. 49, no. 1, pp. 219–232.
	1991	Moonen M., De Moor B., Vandewalle J. SVD-based subspace methods for multivariable continuous time system identification. Identification of continuous-time systems, Kluwer Academic Publications, pp. 473–488.
		Van Overschee P., De Moor B., Suykens J. Subspace algorithms for system identification and stochastic realization. Proc. Conf. on Mathematical Theory for Networks and Systems, MTNS, Kobe, Japan, pp. 589–595, Mita Press.
	1992	Moonen M., De Moor B. Comments on 'State-space model identification with data correlation'. International Journal of Control, Vol. 55, no. 1, pp. 257–259.
Verhaegen M., Dewilde P. Subspace model identification, Part I: The output error state space model identification class of algorithms. Int. J. Control, Vol. 56, pp. 1187–1210.		
Стохастична	1991	Van Overschee P., De Moor B., Subspace approach to stochastic realization and positive real sequences., ESAT-SISTA Report 91-021, Department of Electrical Engineering, Katholieke Universiteit Leuven.
		Van Overschee P., De Moor B., Suykens J. Subspace algorithms for system identification and stochastic realization. Proc. Conf. on Mathematical Theory for Networks and Systems, MTNS, Kobe, Japan, pp. 589–595, Mita Press.
		Van Overschee P., De Moor B. Subspace algorithms for the stochastic identification problem. 30th IEEE Conference on Decision and Control, Brighton, UK, pp. 1321–1326.
	1993	Van Overschee P., De Moor B. Subspace algorithms for the stochastic identification problem. Automatica, Vol. 29, no. 3, 1993, pp. 649–660.
Стохастично-детермінована	1991	Van Overschee P., De Moor B., Suykens J. Subspace algorithms for system identification and stochastic realization. Proc. Conf. on Mathematical Theory for Networks and Systems, MTNS, Kobe, Japan, pp. 589–595, Mita Press.
	1992	Van Overschee P., De Moor B. Two subspace algorithms for the identification of combined deterministic stochastic systems. Proc. of the 31st IEEE Conf. on Decision and Control, December 16–18, Tucson, USA, Vol. 1, pp. 511–516.
	1993	Van Overschee P., De Moor B. N4SID: Numerical Algorithms for State Space Subspace System Identification Proc. of the World Congress of the Intern. Federation of Automatic Control, IFAC, Vol. 7, pp. 361–364, Sydney, Australia.
	1994	Van Overschee P., De Moor B. N4SID: Subspace Algorithms for the Identification of Combined Deterministic-Stochastic Systems. Automatica, Special Issue on Statistical Signal Processing and Control, Vol. 30, no. 1, pp. 75–93.
		Van Overschee P., De Moor B. A Unifying Theorem for three Subspace System Identification Algorithms. Proc. of SYSID '94, Vol. 2, 4–6 July, Copenhagen, Denmark, pp. 145–150.
		Van Overschee P., De Moor B. A Unifying Theorem for three Subspace System Identification Algorithms. American Control Conference, June 29–July 1, Baltimore, pp. 1645–1649.
	1995	Van Overschee P., De Moor B., A Unifying Theorem for three Subspace System Identification Algorithms. Automatica, Special Issue on Trends in System Identification, Vol. 31, no. 12, pp. 1853–1864.
2005	Harish J. Palanthandalam-Madapusi, Seth Lacy, Jesse B. Hoagg and Dennis S. Bernstein Subspace-Based Identification for Linear and Nonlinear Systems. American Control Conference June 8–10, 2005. Portland, OR, USA. – PP. 2320–2334.	
2006	Qin S. J. An overview of subspace identification, Computers and Chemical Engineering , no. 30, pp. 1502–1513.	

ВИСНОВКИ. У результаті досліджень структуровано чинники та задачі ідентифікації у задачах енергетики для їх адаптивного використання при розробці алгоритмів обробки даних для всієї ієрархії енергосистеми, а також виокремлені основоположники та їх праці відповідно до видів методів ідентифікації.

ЛІТЕРАТУРА

1. Примеры методик и моделей классификации и идентификации объектов, применяемых в электроэнергетике / Ю.А. Шадунец, Ю.В. Тулинов. – М., 2007.
2. Гроп Д. Методы идентификации систем. – М.: Мир, 1979. – 302 с.
3. Ralston F.C. Predicting Central Station Demand and Output // AIEE. – 1925. – Vol. 44, Iss. 1. – PP. 38–44.

4. Optimal Scheduling of Decentralized Co-Generation Plants in Micro-Grids / D.Gunkel, T.He, P. Schegner // Power and Energy Society General Meeting. – 2012, IEEE. – 7 p. – DOI: 10.1109/PESGM.2012.6345331.

5. Load Curve Analysis for an Industrial Consumer / C. Mihai, I. Lepadat, E. Helerea, et. al. // 12th International Conference on Optimization of Electrical and Electronic Equipment, OPTIM 2010. – PP. 1275–1280.

6. Load Analyzer – a Software Tool for Load Data Analysis / J. Chen, A. Lau, W. Li, et. al. // Vancouver. – 2010. – 8 p.

7. A Type I Structure Identification Approach Using Feedforward Neural Networks / A. Bastian, J. Gasos // Neural Networks, 1994. IEEE World Congress on

Computational Intelligence. – Vol. 5. – PP. 3256–3260.

8. Каплун В.О. Особливості використання CIM-моделі для побудови автоматизованих систем обліку електроенергії [Електронний ресурс] – 7 с. – Режим доступу: http://archive.nbu.gov.ua/e-journals/eia/2010_1/10kvoaem.pdf

9. Johansen T. A. Constrained and Regularized System Identification // NTNU (Engineering Cybernetics), 1998. – Vol. 19. – No. 2. – PP. 109–116.

10. Энергосберегающие режимы электроснабжения горнодобывающих предприятий / А.В. Праховник, В.П. Розен, В.В. Дегтярев. – М.: Недра, 1985. – 232 с.

IDENTIFICATION PROBLEMS IN POWER ENGINEERING

T. Lutchyn

Energy Saving and Energy Management Institute, National Technical University of Ukraine "Kyiv Polytechnic Institute" vul. Borschagivska, 115, Kiev, 03056, Ukraine. E-mail: 11best11@mail.ru

This article is aimed to determine the place of identification for the number of problems of power engineering and depict its importance in the calculation at every level of power system, such as generation, transmission & distribution, and consumption. The submitted identifiers selection conditions provided a systematized algorithm of data identification. These conditions were defined according to the following tasks of power engineering: description of measurements of energy consumption, forecasting, and data transmission. The author has generalized the well-known basic principles of identification methods according to the international requirements and existing data processing problems, with their stochastic and deterministic features specified. The mentioned above procedures targeted to increase a consistency between the calculation methods and measurements processing and analyzing, providing simplicity of the type selection for the identification problems depending on the accounting systems and data collection procedure. Also, the existing identification methods were structured according to their type (stochastic, deterministic, stochastic-deterministic ones), as well as chronology of their development.

Key words: identification, power system, deterministic and stochastic problems.

REFERENCES

1. Shadunets, A. and Tulinovyy, V. (2007), *Primery metodik i modeley klassifikatsii i identifikatsii obyektov, primenyayemykh v elektroenergetike* [Examples of Methods and Models for Classification and Identification of Objects in the Power Industry], Moscow, Russia.

2. Grop, D. (1979), *Metody identifikatsii sistem* [Methods of Identification Systems], Moscow: Mir, Russia.

3. Ralston, F.C. (1925), "Predicting Central Station Demand and Output", *AIEE*, vol. 44, iss. 1, pp. 38–44.

4. Gunkel, D., He, T., and Schegner, P. (2012), "Optimal Scheduling of Decentralized Co-Generation Plants in Micro-Grids", *Power and Energy Society General Meeting, 2012, IEEE*, 7 p., DOI: 10.1109/PESGM.2012.6345331.

5. Mihai, C., Lepadat, I., and Helerea, E. (2010), "Load Curve Analysis for an Industrial Consumer", *12th Int. Conf. on Optimization of Electrical and Electronic Equipment, OPTIM 2010*, pp. 1275–1280.

6. Chen, J., Lau, A., and Li, W. (2010), *Load Analyzer – a Software Tool for Load Data Analysis*, Vancouver, 8 p.

7. Bastian, A. and Gasos, J. A (1994), "Type I Structure Identification Approach Using Feedforward Neural Networks", *Neural Networks, 1994. IEEE World Congr. on Computational Intelligence*, vol. 5, pp. 3256–3260.

8. Kaplun, V. *Features of CIM-model for the Construction of Automated Systems of Accounting Electricity*, 7 p. – Mode access: http://archive.nbu.gov.ua/e-journals/eia/2010_1/10kvoaem.pdf

9. Johansen, T.A. (1998), "Constrained and Regularized System Identification", *NTNU (Engineering Cybernetics)*, vol. 19, no. 2, pp. 109–116.

10. Prakhovnik, A., Rosen, V., and Degtyarev, V. (1985), *Energoberegayushchiye rezhimy elektrosnabzheniya gornodobyvayushchikh predpriyatiy* [Power saving modes of mining enterprises], Nedra, Moscow, Russia.

Стаття надійшла 14.08.2013.