

УДК 621.314:657

**В.Я. Жуйков**, д.-р.техн.наук, **І.Ю. Бойко**Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»,  
вул. Політехнічна, 16, каб.313, Київ, 03056, Україна.

## Динамічна електро - вартісна модель енергогенеруючої системи

*Регулювання ціни на енергоринку наразі відбувається в статичній, що не дозволяє здійснювати оцінку динамічної зміни тарифної ціни електроенергії у локальних ізольованих системах. При стрибкоподібній зміні потужності ізольованої енергогенеруючої системи із дизель-генератором відбувається зміна тарифної ціни електроенергії, яка не може бути врахована при використанні статичних моделей. Актуальним завданням є створення динамічної моделі, яка поєднує, з одного боку, енергетичні показники енергогенеруючої системи, а з іншого - економічні показники замкненої макроекономічної системи. У статті розглянуто приклад ізольованої системи, що складається із дизельного генератора та споживача. Отримана у результаті модель дозволяє досліджувати вплив перехідних процесів генератора на зміну вартісних показників економічної системи при зміні рівня потужності, а також розраховувати динамічну зміну тарифної ціни у випадку прискореного виходу генератора на заданий режим. Бібл. 10, рис. 6, табл. 3.*

**Ключові слова:** SmartGrid; ізольована система; тарифна ціна; рівняння Фішера.

### Вступ

Із розвитком технології Smart Grid [1] широке розповсюдження отримали ізольовані системи, зокрема енергогенеруючі системи на основі дизельного генератора [2]. Регулювання ціни на електроенергію у статичній, виходячи із встановленої на певному інтервалі часу вартості [3], не дозволяє враховувати наявність значної частини перехідних процесів, що спричиняють значне відхилення реальної тарифної ціни від встановленої. Актуальним є створення гнучкої динамічної тарифікації, що дозволить забезпечити адекватну тарифну ціну електроенергії.

Проблема розробки динамічної тарифікації постала набагато раніше. Використання користувачко - орієнтованих теоретичних моделей з метою встановлення загального системного

підходу до поведінки і взаємодії учасників в динамічному тарифному середовищі [4] передбачає, що промислові навантаження можна підключати та від'єднувати без технічних обмежень, тому час під'єднання та від'єднання настільки малий, що тривалістю перехідних процесів можна знехтувати. Інший метод базується на використанні моделей, що поєднують принципово динамічний характер регулювання потужності системи і стимулювання відповідних бажаних дій [5]. Динамічна стратегія ціноутворення для Smart Grid полягає в тому, щоб перешкоджати концентрованому споживанню електроенергії і згладжувати пікові навантаження в енергосистемі [6]. Розглянуті вище методи не беруть до уваги вплив перехідних процесів при зміні режимів роботи.

В рамках впровадження гнучкої тарифікації необхідне створення динамічної електро - вартісної моделі, яка поєднує енергетичні та економічні показники замкненої енергогенеруючої системи, за допомогою якої можливо досліджувати вплив перехідних процесів генератора на зміну вартісних показників економічної системи, а також вираховувати адекватну тарифну ціну для виробників та споживачів електроенергії.

Тривалість перехідних процесів генератора має безпосередній вплив на економічні параметри ізольованої системи, тобто на відхилення реальної тарифної ціни електроенергії від прийнятого статичного значення, встановленого у існуючій моделі погодинної тарифікації. Постає питання дослідження способів коригування швидкості зміни рівня виробленої потужності та їх впливу на динамічну зміну тарифної ціни.

### Динамічна модель ізольованої електро - вартісної системи

Систему «виробник – споживач електроенергії» схематично представлено на рис.1 як замкнену макроекономічну систему [7], яка поєднує динамічну та економічну частини ізольованої системи.

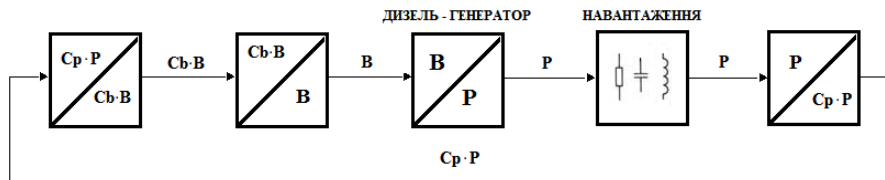


Рис. 1. Замкнена макроекономічна система

Споживач отримує електроенергію потужністю  $P$ , взамін сплачує її вартість  $C_p \cdot P$ , де  $C_p$  – ціна одиниці потужності. Система витрачає певну кількість отриманих коштів  $C_b \cdot B$  на закупівлю пального  $B$ , де  $C_b$  – ціна одиниці пального, та на власні потреби. Економічну складову наведеної системи доцільно розглядати як замкнену макроекономічну систему, баланс якої описується рівнянням Фішера [8]:

$$M \cdot V = C \cdot Q,$$

де  $M$  – грошова маса, що робить один оберт за час  $T_V$ , [грн];  $V = \frac{T}{T_V}$  – кількість обертів грошової маси  $M$  за досліджуваний період часу  $T$ ;  $C$  – ціна одиниці продукції, [грн/шт];  $Q$  – кількість виготовленої продукції [шт] за час  $T$ .

Прийнявши, що продукцією є електроенергія (кВт\*сек), рівняння Фішера матиме вигляд:

$$M \cdot V = C_B \cdot B + C_P \cdot P$$

Так як споживач в залежності від потреб може збільшувати або зменшувати обсяг споживаної електроенергії, що характеризується рівнем потужності, то за деякий тарифний проміжок часу  $\Delta t$  відбувається зміна рівня виробленої потужності, при цьому рівнянні балансу прийме вигляд:

$$M \cdot V = C_B \cdot B + (C_P + \Delta C_P) \cdot (P + \Delta P),$$

де  $\Delta C_P = (M \cdot V - C_B \cdot B - C_P \cdot P - C_P \cdot \Delta P - \Delta C_P \cdot \Delta P) / P$  – відповідна зміна тарифної ціни при зміні рівня потужності. Значення  $\Delta C_P \cdot \Delta P$  не враховується, як мала величина другого порядку.

Прийнявши зміну тарифної ціни як:

$$\Delta C_P = \frac{M \cdot V - C_B \cdot B}{P} - C_P \cdot \left(1 + \frac{\Delta P}{P}\right)$$
 та враховуючи, що  $\Delta C_P = \frac{dC_P}{dt} \cdot \Delta t$  отримано рівняння:

$$\frac{dC_P}{dt} \cdot \Delta t = \frac{M \cdot V - C_B \cdot B}{P \cdot \Delta t} - C_P \cdot \left(1 + \frac{\Delta P}{P}\right)$$

$$\frac{dC_P}{dt} = \frac{M \cdot V - C_B \cdot B}{P \cdot \Delta t} - \frac{C_P \cdot \left(1 + \frac{\Delta P}{P}\right)}{\Delta t} \quad (1),$$

яке описує динамічну зміну  $C_P$  в залежності від потужності, що забезпечує посекундну тарифікацію при  $\Delta t = 1$  сек.

Рівняння приросту потужності для дизельного генератора можна представити у наступному вигляді:

$$\frac{dP}{dt} = -\frac{P}{\tau} + \frac{\eta_B}{\tau} \cdot \gamma \cdot B, \quad (2),$$

де  $\eta_B$  – ККД генератора,  $\gamma$  – коефіцієнт перетворення пального у вироблену потужність,  $\tau$  – стала часу генератора.

Рівняння (1) та (2) складають динамічну електро-вартісну модель ізольованої енергогенеруючої системи:

$$\begin{cases} \frac{dC_P}{dt} = \frac{M \cdot V - C_B \cdot B}{P} - C_P \cdot \left(1 + \frac{\Delta P}{P}\right); \\ \frac{dP}{dt} = -\frac{P}{\tau} + \frac{\eta_B}{\tau} \cdot \gamma \cdot B, \end{cases} \quad (3),$$

де  $C_B \cdot B = \beta \cdot C_P \cdot P$ ,  $\frac{1}{\beta}$  – коефіцієнт прибутку системи.

Для відображення зміни вихідного рівня генерованої потужності у отриманій електро-вартісній моделі використовується складова  $\Delta B$ , при тому, що  $M$  і  $V$  незмінні. Система (3) матиме вигляд:

$$\begin{cases} \frac{dC_P}{dt} = \frac{M \cdot V - C_B \cdot (\beta \cdot C_P \cdot P + \Delta B)}{P} - C_P \cdot \left(1 + \frac{\Delta P}{P}\right); \\ \frac{dP}{dt} = -\frac{P}{\tau} + \frac{\eta_B}{\tau} \cdot \gamma \cdot (\beta \cdot C_P \cdot P + \Delta B), \end{cases}$$

Прийнято, що  $\frac{\Delta B}{P}$  – кількість пального  $\Delta B_P$  необхідна для переходу енергогенератора на новий, заданий рівень потужності:

$$\frac{dC_P}{dt} = \frac{M \cdot V}{P} - C_P \cdot \left(1 + \beta + \frac{\Delta P}{P}\right) - \Delta B_P \cdot C_B \quad (4)$$

Аналогічно,

$$\frac{dP}{dt} = -\frac{P}{\tau} + \frac{\eta_B \cdot \gamma \cdot (\beta \cdot C_P \cdot P)}{\tau \cdot C_B} + \frac{\eta_B \cdot \gamma \cdot \Delta B}{\tau} \quad (5)$$

У результаті рівняння (4) і (5) складають систему (6), у якій  $\Delta B_P \cdot C_B$  та  $\frac{\eta_B \cdot \gamma \cdot \Delta B}{\tau}$  – відповідні впливи, що задають величину ди-

намічного приросту тарифної ціни та потужності генератора.

$$\begin{cases} \frac{dC_P}{dt} = \frac{M \cdot V}{P} - C_P \cdot \left(1 + \beta + \frac{\Delta P}{P}\right) - \frac{\Delta B \cdot C_B}{P}; \\ \frac{dP}{dt} = -\frac{P}{\tau} + \frac{\eta_B \cdot \gamma \cdot (\beta \cdot C_P \cdot P)}{\tau \cdot C_B} + \frac{\eta_B \cdot \gamma \cdot \Delta B}{\tau}. \end{cases} \quad (6)$$

Тобто, отримано математичну модель, яка поєднує електротехнічні та економічні параметри ізольованої енергогенеруючої системи із дизель - генератором, та дозволяє розраховувати динамічну зміну тарифної ціни при зміні рівня генерованої потужності, або навпаки [9,10].

**Дослідження перехідних процесів у системі**

Моделювання перехідних процесів в системі, коли зміна тарифної ціни  $C_P$  та потужності  $P$  відносно відомих початкових значень, при параметрах, наведені у табл. 1, показує, що задля зберігання балансу макроекономічної системи, при зниженні (зростанні) виробничої потужності генератора, ціна одиниці потужності бу-

**Таблиця 1.**

Параметр	$\tau$	$\eta_B$	$\gamma$	$C_B$	$M$	$V$	$\Delta B$	$\beta$	$\Delta P$	$P_0$	$C_{P0}$
Значення	15	0,5	1 Вт/л	50 грн/л	100000 грн	1	0 л	1	0 Вт	1000 Вт	10 грн/Вт

У період часу  $t=0$  відбувається зниження виробленої потужності на 500 Вт, при цьому тарифна ціна зростає відповідно умови балансу.

Після завершення перехідних процесів існує можливість розрахування нових усталених значень  $P$  та  $C_P$ , коли прирости  $\frac{dC_P}{dt}$  і  $\frac{dP}{dt}$  рівні нулю.

Із першого рівняння системи (6), винесено  $C_P$  та отримано:

$$C_P = \frac{M \cdot V - \Delta B \cdot C_B}{P + \beta \cdot P + \Delta P} \quad (7)$$

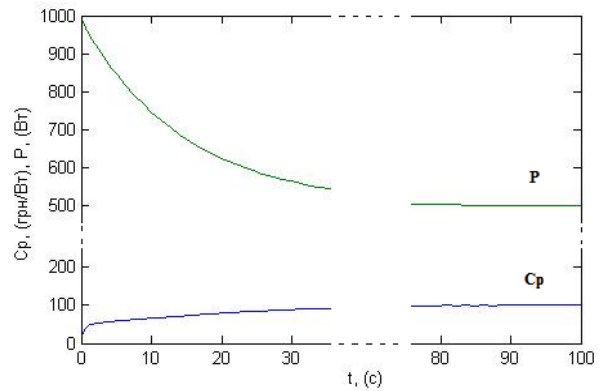
Із другого рівняння системи (6), урахувавши вираз для  $C_P$  наведений у (7), виведено наступне рівняння:

$$\begin{aligned} &P^2 \cdot (-C_B - C_B \cdot \beta) + \\ &+ P \cdot (-\Delta P \cdot C_B + \eta_B \cdot \gamma \cdot \beta \cdot M \cdot V - \eta_B \cdot \gamma \cdot \beta \cdot \Delta B \cdot C_B) + \\ &+ \eta_B \cdot \gamma \cdot \Delta B = 0 \end{aligned} \quad (8)$$

Для розв'язання квадратичного рівняння виконано заміну:

$$\begin{aligned} a &= (-C_B - C_B \cdot \beta); \\ b &= (-\Delta P \cdot C_B + \eta_B \cdot \gamma \cdot \beta \cdot M \cdot V - \eta_B \cdot \gamma \cdot \beta \cdot \Delta B \cdot C_B); \end{aligned}$$

де відповідно зростати (зменшуватися). При відсутності обмежень для приростів  $P$  і  $C_P$ , після завершення перехідного процесу відповідні величини знаходяться на рівнях, що відповідають виконанню умови балансу у рівнянні Фішера. Результати моделювання наведені на рис 2.



**Рис. 2. Перехідні процеси**

$$c = \eta_B \cdot \gamma \cdot \Delta B;$$

$$\sqrt{D} = \sqrt{b^2 - 4 \cdot a \cdot c}.$$

Враховуючи, що грошова маса  $M$  зазвичай значно перевищує величини інших складових рівняння (8), множник  $b$  буде додатнім. Відповідно, лише один із коренів рівняння (8) буде правильним:  $P = (-b + \sqrt{D}) / (2 \cdot a)$ .

Підставивши значення  $P$  у рівняння (7) та розв'язавши його, отримано вираз:  $C_P = (M \cdot V - \Delta B \cdot C_B) / (P + \beta \cdot P + \Delta P)$ , що дозволяє розрахувати величину тарифної ціни в усталеному режимі.

**Баланс динамічної моделі**

У результаті моделювання макроекономічної системи, після завершення перехідних процесів повинна виконуватися умова балансу, яка після виконаних перетворень матиме вигляд:

$$M \cdot V = \beta \cdot C_P \cdot P + C_P \cdot P \quad (9)$$

При відсутності обмежень величин  $P$  та  $C_P$ , енергосистема переходить у стан, який відповідає балансу. Моделювання із параметрами, наведеними у табл. 2, підтверджує це.

Таблиця 2.

Параметр	$\tau$	$\eta_B$	$\gamma$	$C_B$	$M$	$V$	$\Delta B$	$\beta$	$\Delta P$	$P_0$	$C_{P0}$
Значення	15	0.5	1 Вт/л	50 грн/л	100000 грн	1	0 л	1	0 Вт	10000 Вт	0.2 грн/Вт

Отримані значення усталених режимів для обох змінних підставлено у рівняння (9):

$$M \cdot V = 100000$$

Наведений приклад демонструє виконання системою умови балансу.

### Перехідні процеси при зміні рівня потужності

Наведена у пункті II динамічна модель ізо-

льованої електро - вартісної системи дозволяє дослідити зміни тарифної ціни при виході генератора на новий режим роботи. Параметри моделі наведені у табл. 3. випадок 1 демонструє заданий режим роботи дизель - генератора, у якому не використовується додаткова кількість пального  $\Delta B$ , а тільки базова його величина  $B$ . Графік перехідного процесу виробленої потужності  $P$  наведено на рис. 3, випадок 1.

Таблиця 3.

Параметр	$\tau$	$\eta_B$	$\gamma$	$C_B$	$M$	$V$	$\Delta B$	$\beta$	$\Delta P$	$P_0$	$C_{P0}$
Випадок 1	15	0.5	1 Вт/л	50 грн/л	100000 грн	1	0 л	1	0 Вт	100 Вт	10 грн/Вт
Випадок 2	15	0.5	1 Вт/л	50 грн/л	100000 грн	1	800 л	1	0 Вт	100 Вт	10 грн/Вт
Випадок 3	15	0.5	1 Вт/л	50 грн/л	100000 грн	1	800 л	1	0 Вт	100 Вт	10 грн/Вт

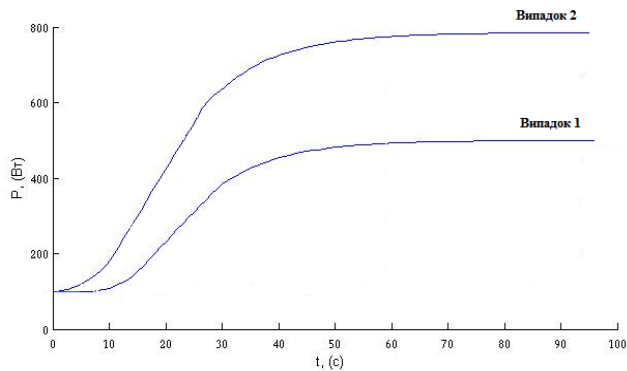


Рис. 3. Тривалість перехідних процесів потужності при виході генератора на режим

Рис. 4, випадок 1 демонструє стрибок тарифної ціни  $C_P$ , спричинений перехідним процесом потужності  $P$  при виході на заданий режим.

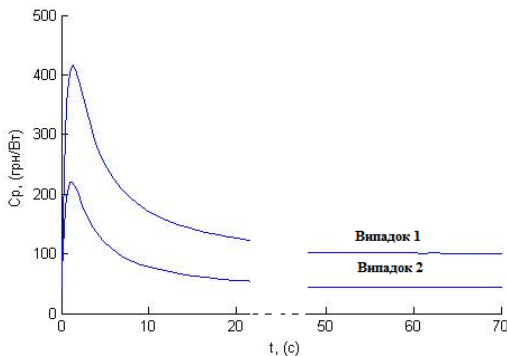


Рис. 4. Перехідні процеси тарифної ціни

Як видно із графічних результатів моделювання Випадку 1, перехідний процес потужності викликає значне відхилення тарифної ціни. Тому очевидним є дослідження способів скорочення тривалості перехідного процесу та прискореного виходу на заданий робочий режим. Одним із методів є використання додаткової кількості пального задля виходу на більш високий рівень генерованої потужності, що дозволяє скоротити тривалість перехідного процесу.

### Зменшення тривалості перехідного процесу при зміні рівня виробленої потужності

Припустимо, що необхідно збільшити рівень виробленої потужності на 50%. Для цього використовується додаткова кількість пального  $\Delta B$ . Параметри моделювання наведені у табл. 3, випадок 2. Рис. 3 та 4 демонструють графіки перехідних процесів потужності  $P$  та тарифної ціни  $C_P$  для випадку 2.

Як видно з рисунків, час виходу на режим у другому випадку менший, також менший стрибок тарифної ціни на початку перехідного процесу.

У третьому випадку було виконано вихід на режим 750 Вт, але подача пального була зупинена при досягненні рівня потужності 500 Вт. Параметри моделювання наведені у табл. 3, випадок 3. Рис. 5 демонструє порівняння двох способів виходу на режим виробленої потужності 500 Вт, із використанням додаткової кіль-

кості пального та без. Система (4) для даного випадку матиме вигляд:

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{dC_P}{dt} = \frac{M \cdot V}{P} - C_P \cdot (1 + \beta + \frac{\Delta P}{P}) - \frac{\Delta B \cdot C_B}{P}; 0 \leq t \leq t_1; \Delta B = 800; \\ \frac{dP}{dt} = -\frac{P}{\tau} + \frac{\eta_B \cdot \gamma \cdot (\beta \cdot C_P \cdot P)}{\tau \cdot C_B} + \frac{\eta_B \cdot \gamma \cdot \Delta B}{\tau}; 0 \leq t \leq T; \Delta B = 0. \end{array} \right.$$

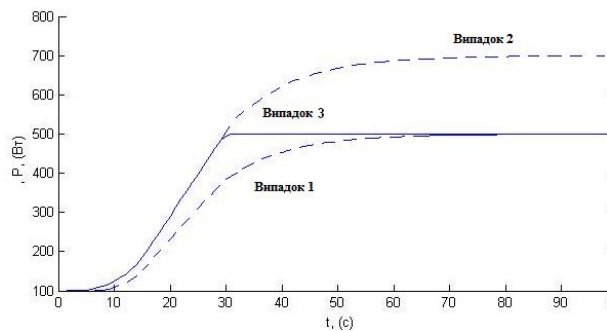


Рис. 5. Прискорений вихід генератора на режим

На рис. 6 наведено графік перехідного процесу тарифної ціни при використанні додаткової кількості пального  $\Delta B_p$  для прискореного виходу на режим потужності 500 Вт. Як видно з рисунку, при використанні даного методу стрибок тарифної ціни виявляється меншим, ніж при звичайному виході на режим потужності 500 Вт. Також, після завершення перехідного процесу усталене значення тарифної ціни таке саме, як і у випадку 1.

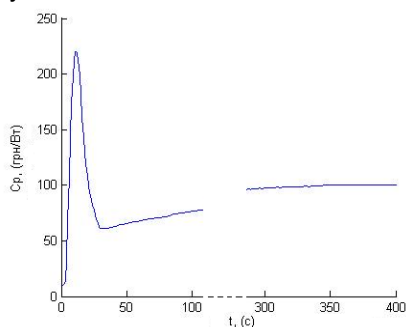


Рис. 6. Стрибок тарифної ціни у випадку прискореного виходу на режим

Як видно при порівнянні першого і третього випадків, у третьому випадку досягається більш швидкий вихід на заданий режим потужності, при меншому відхиленні тарифної ціни.

## Висновок

Запропоновано електро - вартісну модель ізольованої енергогенеруючої системи, що дозволяє розраховувати як динамічну зміну генерованої потужності, так і динамічну зміну тарифної ціни електроенергії, з врахуванням статичних

величин цих параметрів після завершення перехідних процесів. За допомогою даної системи досліджено використання додаткової кількості пального для прискореного виходу на заданий режим потужності. Отримані результати демонструють меншу тривалість перехідного процесу у порівнянні зі звичайним виходом на робочий режим, та менше динамічне відхилення тарифної ціни.

## Список використаних джерел

1. European Smart Grids Technology Platform. Vision and Strategy for Europe's Electricity Networks of the Future (2006). Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities.
2. *Post D.L., Coppinger S.S., Sheble G.B.*, "Application of Auctions as a Pricing Mechanizm for the Interchange of Electric Power" // IEEE Transactions on Power Systems. – 1995. – V. 10. – № 3 (August).
3. *M. Shahidehpour, H. Yamin and Z. Li*, Market Operations in Electric Power System. New York: Wiley, 2002.
4. *A.K. David, Y.C. Lee* "DYNAMIC TARIFFS: THEORY OF UTILITY-CONSUMER INTERACTION" // IEEE Transactions on Power Systems, Vol. 4, No. 3, August 1989.
5. *Taylor, J.A., Nayyar, A., Callaway, D.S., Poolla, K.* "Consolidated Dynamic Pricing of Power System Regulation" // Power Systems, IEEE Transactions on (Volume:28, Issue: 4)
6. *Xiaohui Liang, Xu Li, Rongxing Lu, Xiaodong Lin.* "UDP: Usage-Based Dynamic Pricing With Privacy Preservation for Smart Grid" // Smart Grid, IEEE Transactions on (Volume:4, Issue: 1)
7. *Ledin, S. V.* (2012). Концепція «електроенергija — товар» kak katalizator razvitija Smart Grid. Avtomatizacija v promyshlennosti, 4, 4.
8. *Michael D. Bordo*, "Equation of exchange" // The New Palgrave: A Dictionary of Economics, v. 2, pp. 175–77.
9. *V. Zhuikov, J. Petergerya, O. Ivanin*, "Electro-cost models of sources and loads for Local object power control" // 10th International Workshop "Computational Problems of Electrical Engineering", At Waplewo, Poland, Volume: 3.
10. *Zhuikov, V.; Pichkalov, I.; Boyko, I.; Blinov I.* "Price formation in the energy markets of Ukraine" // Electronics and Nanotechnology (ELNANO), 2015 IEEE 35th International Conference.

Поступила в редакцию 24 апреля 2016 г.

УДК 621.314:657

**В.Я. Жуйков**, д.-р. техн. наук, **И.Ю. Бойко**

Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт»,  
ул. Политехническая, 16, каб.313, Киев, 03056, Украина.

## **Динамическая электро - стоимостная модель энергогенерирующей системы**

*Регулирование цен на энергорынке сейчас происходит в статике, что не позволяет осуществлять оценку динамического изменения тарифной цены электроэнергии в локальных изолированных системах. При скачкообразном изменении мощности изолированной энергогенерирующей системы с дизель-генератором происходит изменение тарифной цены электроэнергии, которое не может быть учтено при использовании статических моделей. Актуальной задачей является создание динамической модели, объединяющей, с одной стороны, энергетические показатели энергогенерирующей системы, а с другой - экономические показатели замкнутой макроэкономической системы. В статье рассмотрен пример изолированной системы, состоящей из дизель - генератора и потребителя. Полученная в результате модель позволяет исследовать влияние переходных процессов генератора на смену стоимостных показателей экономической системы при изменении уровня мощности, а также рассчитывать динамическое изменение тарифной цены в случае ускоренного выхода генератора на заданный режим.*

Библ. 10, рис. 6, табл. 3.

**Ключевые слова:** SmartGrid; изолированная система; тарифная цена; уравнение Фишера.

UDC 621.314:657

**V. Zhuikov**, Dr.Sc, **I. Boiko**

NTUU «Kyiv Polytechnic Institute»,  
str. Polytechnique, 16, Kyiv, 03056, Ukraine.

## **Dynamic electro-cost model of the power generation system**

*Regulation of electricity prices is based on the consideration of static data that does not allow to evaluate the dynamic change of tariff prices in local isolated systems. When a jumpy change in isolated power generating system with diesel generator, which is usually the main permanent source of electricity in such systems, there is a change of tariff price which can not be taken into account when using static models. This article presents a dynamic model that combines, on the one side, the energy performance of the power system, and the other - economic indicators of the macroeconomic closed system. An example is an isolated system, that contains a diesel generator and consumers. Created model allows to investigate the effect of transient processes in generator on changing the economic system cost indicators and estimate an adequate tariff price for both producer and consumer of electricity. References 10, figures 6, tables 3.*

**Keywords:** Dynamic pricing; isolated system; tariff price; Fisher equation.

### **References**

1. European Smart Grids Technology Platform. Vision and Strategy for Europe's Electricity Networks of the Future. (2006). Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities.
2. Post, D. L., Coppinger, S. S., Sheble, G. B. (1995). Application of Auctions as a Pricing Mechanizm for the Interchange of Electric Power. IEEE Transactions on Power Systems. Vol. 10. No. 3 (August).
3. Shahidehpour, M., Yamin, H. and Li, Z. (2002). Market Operations in Electric Power System. New York: Wiley.
4. David, A. K., Lee, Y. C. (1989). DYNAMIC TARIFFS: THEORY OF UTILITY-CONSUMER INTERACTION. IEEE Transactions on Power Systems, Vol. 4, No. 3, August 1989.

5. *Taylor, J. A., Nayyar, A., Callaway, D. S., Poolla, K.* Consolidated Dynamic Pricing of Power System Regulation. *Power Systems, IEEE Transactions on* (Volume:28, Issue: 4 )
6. *Xiaohui Liang, Xu Li, Rongxing Lu, Xiaodong Lin.* UDP: Usage-Based Dynamic Pricing With Privacy Preservation for Smart Grid. *Smart Grid, IEEE Transactions on* (Volume:4, Issue: 1)
7. *Ledin, S. V.* (2012). Концепция «jeлектроенергија — товар» как катализатор развита Smart Grid. *Автоматизација в промышленности*, 4, 4.
8. *Michael D. Bordo,* Equation of exchange. *The New Palgrave: A Dictionary of Economics*, Vol. 2, Pp. 175–77.
9. *Zhuikov, V., Petergerya, J., Ivanin, O.* Electro-cost models of sources and loads for Local object power control. 10th International Workshop "Computational Problems of Electrical Engineering", At Waplewo, Poland, Volume: 3.
10. *Zhuikov, V.; Pichkalov, I.; Boyko, I.; Blinov I.* (2015). Price formation in the energy markets of Ukraine. *Electronics and Nanotechnology (ELNANO), 2015 IEEE 35th International Conference.*