

9. Lijun Xu. Design of electrode array of inductance flowmeter [Text] / Lijun Xu, Jun Han, Ya Wang // IEEE Sensors Journal. — 2005. — Vol. 5, № 5. — P. 929–933. doi:10.1109/jsen.2005.854486
10. Liu, S. A High-Pressure Bi-Directional Cycloid Rotor Flowmeter [Text] / S. Liu, F. Ding, C. Ding, Z. Man // Sensors. — 2014. — Vol. 14, № 8. — P. 15480–15495. doi:10.3390/s140815480
11. Thermal Flowmeter Technology [Electronic resource] // Universal Flow Monitors. — 2013. — Available at: \www/URL: http://www.flowmeters.com/thermal-technology. — 28.08.2014.
12. Хайруллин, А. Х. Исследование технико-экономических и экологических показателей дизеля, работающего на смешанных биотопливах растительного происхождения [Электронный ресурс] / А. Х. Хайруллин, В. М. Гуреев, Р. Р. Салахов, И. Р. Салахов, А. В. Зонов // Вестник Казанского государственного технического университета им. А. Н. Туполева. — 2014. — № 4. — Режим доступа: \www/URL: http://www.kai.ru/vestnik/4_14.shtml
13. Кремлевский, П. П. Расходомеры и счетчики количества [Текст] / П. П. Кремлевский. — Л.: Машиностроение, 1989. — 701 с.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО ВЫСОКОТОЧНОГО ТЕРМОАНЕМОМЕТРИЧЕСКОГО РАСХОДОМЕРА БИОТОПЛИВА

Разработан и исследован на работоспособность интеллектуальный высокоточный термоанемометрический расходомер биотоплива с применением нейропроцессора для компенсации динамических погрешностей, который значительно повышает его точность. Прибор может быть использован для учета расхода биотоплива автомобильных двигателей, что значительно улучшит условия их работы, обеспечит меньшие затраты биотоплива и выбросы вредных веществ в окружающую среду.

Ключевые слова: термоанемометрический расходомер, биотопливо, термоанемометр, нейропроцессор, погрешность измерения, тарирование, калибровка, поток, перепад температур.

Безвесільна Олена Миколаївна, доктор технічних наук, професор, заслужений діяч науки та техніки України, кафедра приладобудування, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут», Україна.

Черепанська Ірина Юрійівна, кандидат технічних наук, доцент, кафедра автоматизованого управління технологічними процесами та комп'ютерних технологій, Житомирський державний технологічний університет, Україна, e-mail: cheri_ko@mail.ru.
Сазонов Артем Юрійович, кандидат технічних наук, кафедра автоматизованого управління технологічними процесами та комп'ютерних технологій, Житомирський державний технологічний університет, Україна.

Нечай Сергій Олексійович, кандидат технічних наук, доцент, кафедра приладобудування, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут», Україна.

Безвесильная Елена Николаевна, доктор технических наук, профессор, заслуженный деятель науки и техники Украины, кафедра приборостроения, Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт», Украина.

Черепанская Ирина Юрьевна, кандидат технических наук, доцент, кафедра автоматизированного управления технологическими процессами и компьютерных технологий, Житомирский государственный технологический университет, Украина.

Сазонов Артем Юрьевич, кандидат технических наук, кафедра автоматизированного управления технологическими процессами и компьютерных технологий, Житомирский государственный технологический университет, Украина.

Нечай Сергей Алексеевич, кандидат технических наук, доцент, кафедра приборостроения, Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт», Украина.

Bezvesilna Olena, National Technical University of Ukraine «Kyiv Polytechnic Institute», Ukraine.

Cherepanska Irina, Zhytomyr State Technological University, Ukraine, e-mail: cheri_ko@mail.ru.

Sazonov Artem, Zhytomyr State Technological University, Ukraine.

Nechai Sergii, National Technical University of Ukraine «Kyiv Polytechnic Institute», Ukraine

УДК 621.371:621.311.4

DOI: 10.15587/2312-8372.2016.74703

Дорошенко О. І.

ВИЗНАЧЕННЯ ЦІНИ НА ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЮ ДЛЯ ПРОМИСЛОВИХ ІІ СПОЖИВАЧІВ

Спираючись на фізику нормального режиму електропередачі, у статті пропонується новий, науково обґрунтований, підхід до визначення оптової і роздрібною ціни на електроенергію для промислових і дорівнених до них споживачів, при якому враховується вплив схеми їх живлення від електроенергетичної системи і реактивного навантаження на економіку процесу електропередавання.

Ключові слова: електроенергія, електропостачання, оптова ціна на електроенергію, роздрібна ціна на електроенергію.

1. Вступ

Як відомо з [1], фізично, електрична енергія (електроенергія) є енергією поляризації електрично пружного діелектричного середовища, що оточує усі струмоведучі частини електроенергетичної системи (ЕЕС), одночасно дією на нього синусоїдальних напруги і струму провідності згаданих частин системи.

Як товарна продукція ЕЕС, електроенергія є роботою, яку виконують синхронні генератори електростанцій системи для створення різниці потенціалів (напруги)

на своїх затискачах. Таку напругу електропостачальні організації (ЕО) за допомогою власних електричних мереж (ЕМ) поставляють споживачам. Тому, не випадково, усі показники якості електроенергії, як промислової продукції, встановлено на державному рівні в нормативному документі [2], як показники якості електричної напруги.

Таким чином, напругу можна вважати потенційною формою товарної продукції ЕЕС і продавати, як товарну продукцію, за певною ціною, яка в [3] характеризується наступним чином: «...Ціна — это сумма

денег, за которую покупатель готов купить товар, а производитель — продать...».

При цьому, спираючись на [3], в [4] було запропоновано визначення цін на електроенергію для її промислових споживачів, які мають бути економічно обґрунтованими і складатися за алгоритмом табл. 1, як на товарну продукцію електроенергетики, що виготовляється промисловим способом (у великих обсягах і, помірно, не дорого), що обґрунтовує актуальність проведеного дослідження.

Таблиця 1

Склад ціни на електроенергію, як на промислову продукцію

Собівартість продукції	Прибуток підприємства	Акциз (по підакцизним товарам)	Податок на добавлену вартість	Націнка посередника	Торгові націнки
Відпускна ціна підприємства			ce_0		
Оптова ринкова ціна				ce_{01}	
Роздрібна ціна					ce_{02}

Ціна ce_0 є ціною на «прилавок» Енергоринку, у якості якого необхідно вважати шини генераторної напруги 6 (10) кВ електростанцій ЕЕС, яка визначається на державному рівні, залежно від вартості енергоресурсів, грн/кВт·г.

Ціна ce_{01} є оптовою ціною, яка визначається ЕО на збірних шинах приймального пункту електроенергії системи електропостачання (СЕП) конкретного споживача електроенергії, у залежності від принципової схеми його приєднання до «прилавку» Енергоринку, яка (за умови додержання споживачем нормативного значення коефіцієнта реактивного навантаження у розрахунковому періоді) визначається за формулою, грн/кВт·г:

$$ce_{01} = ce_0 \cdot K_{CX}, \quad (1)$$

де K_{CX} — розрахунковий коефіцієнт, що враховує принципову схему електропостачання споживачеві (за умови додержання у розрахунковому періоді нормативного коефіцієнта реактивного навантаження), в. о.

Ціна ce_{02} є роздрібною ціною, яка визначається ЕО на збірних шинах приймального пункту електроенергії системи електропостачання (СЕП) конкретного споживача електроенергії, у залежності від значення величини коефіцієнта реактивного навантаження СЕП конкретного споживача електроенергії у розрахунковому періоді, яка визначається за формулою, грн/кВт·г:

$$ce_{02} = ce_{01} \cdot K_q, \quad (2)$$

де K_q — розрахунковий коефіцієнт, що враховує відмінність коефіцієнта реактивного навантаження СЕП конкретного споживача електроенергії у розрахунковому періоді від його нормативного значення, в. о.

2. Об'єкт дослідження та його технологічний аудит

Об'єкт дослідження — електроенергетична система (ЕЕС), як сукупність електроустановок, в якій ви-

робляється, передається, розподіляється та споживається (перетворюється у інші види енергії) електрична енергія.

Як відомо, це велика і складна система, (не тільки за розмірами, але й за технологією її функціонування). Усі, згадані її технологічні процеси відбуваються, майже, одночасно і математичний формалізм, що сьогодні панує в електроенергетиці, не дає змоги реально оцінювати їх економічність.

3. Мета і задачі дослідження

Мета дослідження — розроблення методики визначення ціни на електричну енергію, як на товарну продукцію, вироблену промисловим способом, що спирається на фізику технології процесу електропередавання за принциповою схемою і враховує вплив на економічні показники ЕЕС реактивного навантаження системи електропостачання (СЕП) конкретних споживачів.

Для досягнення цієї мети необхідно вирішити наступні задачі:

1. Визначити сутність електричної енергії, як товарної продукції електроенергетичної системи, що виробляється промисловим способом.

2. З'ясувати фізичну сутність перетворення електроенергії в системах електропостачання її конкретним споживачем у інші види енергії для виконання корисної роботи, у залежності від технології виробництва.

3. З'ясувати роль коефіцієнта реактивного навантаження в системі електропостачання конкретному споживачеві електроенергії.

4. Визначити роль активних втрат тільки від реактивних втрат реактивного навантаження системи електропостачання конкретному споживачеві електроенергії.

5. Визначити основні фактори систем електропостачання конкретним споживачем, які впливають на ціну електричної енергії.

6. Розробити, практично дієвий, алгоритм визначення ціни на електроенергію для конкретних її споживачів, що реально спирається на кібернетичний принцип.

4. Аналіз літературних даних

Очевидно, що електрична енергія, порівняно до інших видів товарної продукції має ряд відмінностей. Серед них є таке — її виробляють і передають споживачам у потенційному вигляді (у вигляді напруги), яка в СЕП конкретних споживачів електроенергії, за допомогою її електроприймачів перетворюється у інші, конкретні, види діючої енергії, що може виконувати конкретний вид роботи (крутить, світить, нагріває і т. д.) — тобто, споживається. При цьому, за допомогою спеціального (комерційного) обліку, визначається кількість спожитої активної і реактивної електроенергії.

Як відомо з літературних джерел [5, 6], реактивна енергія, фізично, не може бути продукцією ЕЕС, а є лише складовою частиною електроенергії, яку створюють електроприймачі СЕП конкретного споживача електроенергії, отримавши її у потенційному вигляді від ЕО у вигляді напруги. Тому продавати реактивну енергію споживачам і нарахувати за це їм плату за методикою [7], що має місце у сьогоднішньому, юридично і етично не можливо.

Але, відомо також, що реактивне навантаження споживачів спричиняє збиток в електричних мережах (ЕМ)

ЕО, суттєво впливаючи на рівні напруги ЕМ (особливо, в режимі максимального навантаження), зменшує їх пропускну спроможність, збільшує активні втрати в таких мережах. Тому, за твердженням [8], плату споживачів за власне реактивне навантаження необхідно розглядати, як плату посередникам за системні послуги.

Енергоринок (як ринок системних послуг), створений в електроенергетиці України, постійно удосконалюється і чинна методика визначення плати споживачів за «реактивну електроенергію, що перетікає» [7, 9], потребує докорінного перероблення (як може перетікати те, чого, фізично, бути не може [10]). Тому, очевидно, що на часі є актуальною необхідність розроблення такої методики визначення плати за реактивне навантаження споживачів, яка (у протизага [7]) доступна їх розумінню і є фізично та економічно обґрунтованою.

Сучасні ЕЕС є великими, за розмірами і потужністю та складними за технологією їх процесів. Безумовно, це системи кібернетичного типу з усіма специфічними властивостями, не врахування яких суттєво впливає на стратегію їх розвитку і функціонування, [11]: «...Недоучет возможностей и особенностей электроэнергетики как большой системы приводит к ошибочным суждениям и серьезным просчетам...».

За визначенням [12]: «...Системность, как необходимое качество методических документов, предполагает внутреннее понятие технологичности положений, когда обеспечивается документальная достоверность информационного поля, когда имеется юридически-правовая возможность управляющих воздействий, когда существует аппарат контроля реализации решений и, наконец, функционирует профессионально подготовленный персонал, для которого исключена (минимизирована) возможность «субъективного фактора»...».

Спеціальної офіційної методики визначення нормативного реактивного навантаження споживачів, що є доступною для їх розуміння, не існує. Вважається, що системність такого розрахунку забезпечується застосуванням у нормативному документі [13] поняття про економічний еквівалент реактивної потужності (ЕЕРП), який визначається ЕО за цією методикою, яка є затвердженою Національним Комітетом з питань регулювання енергетики (НКРЕ). Але, як було показано у роботах [14, 15], ЕЕРП є чисто математичним поняттям, яке не має фізичної суті і не може бути еталоном для контролю допустимості потужності реактивного навантаження споживачів. За кордоном, наприклад в Росії, існує аналогічна методика.

5. Матеріали та методи дослідження

Як було доведено в [16], вплив реактивного навантаження споживачів на втрати напруги електричних мереж ЕО, що поставляють споживачам напругу (електроенергію у потенційній формі) можна визначити коефіцієнтом K_{CX} , який залежить від характеристичного коефіцієнта згаданих мереж і визначається формулою, в. о.:

$$\alpha_M = X_E / R_E, \tag{3}$$

де R_E — активний еквівалентний опір електропередачі, приведений до її номінальної напруги $U_{НОМ}$, Ом; X_E — реактивний еквівалентний опір електропередачі, приведений до її номінальної напруги $U_{НОМ}$, Ом.

При цьому, через неможливість точного визначення загального значення α_M чисельних типових схем електропередавання, для визначення K_{CX} було запропоновано застосування формули, в. о.:

$$K_{CX} = e^{-A \cdot (1-n)}, \tag{4}$$

де A — коефіцієнт, який підбирається таким чином, щоб ціна на електроенергію для споживача з електропередаванням за типовою схемою $n=11$ відповідала найбільшому значенню, яке має місце у сьогоднішній, од.

З метою підвищення об'єктивності і точності визначення оптової ціни пропонується зменшити кількість типових схем електропередавання, наведених в [16] і об'єднати їх так, як представлено в табл. 2, за умови, що пропускну спроможність електричних мереж визначається їх номінальною напругою.

Кожна така схема, економічно, характеризується кількістю трансформацій. У наслідок чого, може здійснюватися регулювання напруги ЕМ за рахунок зміни їх коефіцієнта трансформації — зустрічно до величини їх навантаження (рис. 1, *а* — без навантаження та рис. 1, *б* — під навантаженням). При цьому відомо, що у другому випадку вартість обслуговування та ремонту кожного такого трансформатора зростає, приблизно, на 40 %, порівняно, до першого.

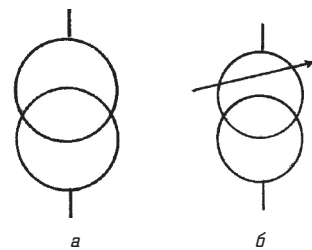


Рис. 1. Регулювання напруги: *а* — без РПН; *б* — з РПН

Як відомо з [17], вартість ремонтів та обслуговування електрообладнання і розподільних пристроїв (у тому числі і трансформаторів), при напрузі до 150 кВ, складає величину річних відрахувань на рівні $p_1=5,9$ % від їх вартості, без регулювання під навантаженням рис. 1, *а*, та $p_2=5,9 \cdot 1,4=8,26$ % — для схеми рис. 1, *б*. Вартість обслуговування пристроїв системи автоматизованого комерційного обліку спожитої електроенергії можна рекомендувати до прийняття на рівні 0,1 %.

Вирахувані за таких надбавок, підвищуючих оптову ціну електроенергії, K_{CX} наведено в табл. 2.

За даними [4], вплив реактивного навантаження електропередавання на її активні втрати можна визначити за формулою, в. о.:

$$\Delta P^* = 1 + \text{tg} \varphi_{\text{РД}}^2, \tag{5}$$

де $\text{tg} \varphi_{\text{РД}}$ — діюче значення коефіцієнта реактивного навантаження СЕП конкретного споживача електроенергії у розрахунковому періоді, в. о.:

$$\text{tg} \varphi_{\text{РД}} = \frac{WQ_1 + WQ_2}{\sqrt{2} \cdot WP}, \tag{6}$$

де W_{Q1} – виток реактивної електроенергії, умовно «спожитої» в СЕП споживача у розрахунковому періоді та зафіксованої комерційним обліком, квар·г; W_{Q2} – виток реактивної електроенергії, умовно «генерованої» в СЕП споживача у розрахунковому періоді і зафіксованої комерційним обліком, квар·г; WP – виток активної електроенергії, реально спожитої в СЕП споживача у розрахунковому періоді і зафіксованої комерційним обліком, кВт·г.

Як відомо, активні втрати в струмоведучих частинах будь-якого електропередавання від його навантаження визначаються за відомою формулою, кВт:

$$\Delta P = \Delta P_p + \Delta P_Q, \tag{7}$$

де ΔP_p – активні втрати електропередавання тільки від його активного навантаження, які визначаються за відомою формулою, кВт:

$$\Delta P_p = \frac{P_p^2}{U_{НОМ}^2} \cdot R_E \cdot 10^{-3}, \tag{8}$$

де P_p – активне середньовиважене навантаження електропередавання у розрахунковому періоді, кВт:

$$P_p = \frac{WP}{T_B}, \tag{9}$$

де ΔP_Q – активні втрати електропередавання тільки від його реактивного навантаження, які визначаються за відомою формулою, кВт:

$$\Delta P_Q = \frac{Q_{РД}^2}{U_{НОМ}^2} \cdot R \cdot 10^{-3}, \tag{10}$$

де $Q_{РД}$ – реактивне середньовиважене навантаження електропередачі у розрахунковому періоді, що визначається за формулою, квар:

$$P_p = \frac{WP}{T_B}. \tag{11}$$

Таблиця 2

Можливі принципові схеми електропередавання конкретним споживачам

№/№	Типова принципова схема електропередавання	$K_{СХ}$, в. о.
1		1,0100
2		1,0690
3		1,0926
4		1,1752
5		1,2342

Приймаючи за умовну одиницю значення втрати активної потужності електропередавання тільки від активного навантаження СЕП споживача електроенергії, значення активних втрат в струмоведучих частинах електропередавання у розрахунковому періоді системи тільки від її реактивного навантаження, можна представити у вигляді, в. о.:

$$\Delta P_q^* = \text{tg} \varphi_{\text{рД}}^2, \text{ в. о.}, \tag{12}$$

де $\text{tg} \varphi_{\text{рД}}$ — діюче значення коефіцієнта реактивної потужності електропередачі, яке визначається за формулою (6), в. о.

При цьому значення ΔP_Q у відсотках втрат від активного навантаження складає, %:

$$\Delta P_q = 100 \cdot \text{tg} \varphi_{\text{рД}}^2. \tag{13}$$

Як було з'ясовано в [14] та [15], коефіцієнт реактивного навантаження електропередавання можна розглядати у якості економічного критерію СЕП конкретних споживачів ЕЕ для контролю за активними втратами в електричних мережах ЕО від потужності їх реактивного навантаження у розрахунковому періоді. Для цього нормативне діюче значення такого коефіцієнта необхідно встановити і контролювати на державному рівні.

Можливі нормативні значення згаданого коефіцієнта можна визначити за допомогою формули (13). Деякі з них наведено в табл. 3.

Таблиця 3

Можливі нормативні значення $\text{tg} \varphi_H$

ΔP_Q , %	$\text{tg} \varphi_H$, в. о.	ΔP_Q , %	$\text{tg} \varphi_H$, в. о.	ΔP_Q , %	$\text{tg} \varphi_H$, в. о.	ΔP_Q , %	$\text{tg} \varphi_H$, в. о.	ΔP_Q , %	$\text{tg} \varphi_H$, в. о.
0,0	0,0000	2,00	0,1414	5,50	0,2345	9,00	0,3000	15,00	0,3873
0,1	0,0316	2,25	0,1500	5,75	0,2398	9,25	0,3041	20,00	0,4472
0,2	0,0447	2,50	0,1581	6,00	0,2449	9,50	0,3082	25,00	0,5000
0,3	0,0548	2,75	0,1658	6,25	0,2500	9,75	0,3122	30,00	0,5477
0,4	0,0632	3,00	0,1732	6,50	0,2549	10,00	0,3162	35,00	0,5916
0,5	0,0707	3,25	0,1803	6,75	0,2598	10,50	0,3240	40,00	0,6324
0,6	0,0775	3,50	0,1871	7,00	0,2646	11,00	0,3317	45,00	0,6708
0,7	0,0837	3,75	0,1936	7,25	0,2693	11,50	0,3391	50,00	0,7071
0,8	0,0894	4,00	0,2000	7,50	0,2739	12,00	0,3464	55,00	0,7416
0,9	0,0949	4,25	0,2061	7,75	0,2784	12,50	0,3535	60,00	0,7746
1,0	0,1000	4,50	0,2121	8,00	0,2828	13,00	0,3605	70,00	0,8367
1,25	0,1118	4,75	0,2179	8,25	0,2872	13,50	0,3674	80,00	0,8944
1,50	0,1225	5,00	0,2236	8,50	0,2915	14,00	0,3742	90,00	0,9487
1,75	0,1323	5,25	0,2291	8,75	0,2958	14,50	0,3808	100,00	1,0000

У відповідності до вимоги нормативного документа [13], в Україні такий коефіцієнт нормують на рівні $\text{tg} \varphi_H = 0,25$ в. о., при якому обов'язкові активні втрати в електричних мережах ЕО (тільки, від реактивного навантаження СЕП конкретних споживачів електроенергії) складають величину $\Delta P_Q = 6,25$ % від обов'язкових (тільки, від активного навантаження СЕП споживачів).

6. Результати дослідження

Відомо, що напруга є потенційною формою електроенергії, яка в СЕП конкретного споживача за допомогою електромагнітного поля його електроприймачів перетворюється у таку її форму, яка може виконувати певний вид корисної роботи. Таким чином, електромагнітне поле СЕП, у якому діють, одночасно сили Кулона і сили Кориоліса, можна вважати її робочим інструментом. При цьому, створюється враження, ніби, в СЕП споживачів електроенергії (по суті, напруги) одночасно діють два види енергії: електрична і магнітна. Математичний формалізм, що панує сьогодні в електроенергетиці не дає змоги розуміння фізики реального процесу електропередавання. Так, наприклад, діючі в Україні нормативні документи [7, 9] стверджують, що споживачеві передається електрична енергія, як товарна продукція електроенергетичної системи, двох видів — активна та реактивна. У відповідності з певними нормативними документами, за їх споживання споживачам нараховується окрема плата. Аналогічний підхід до розуміння реактивної електроенергії є характерним і для зарубіжжя.

Залежно від типової принципової схеми електропередавання (відповідно до табл. 3), на державному рівні встановлюється відповідний характеристичний коефіцієнт схеми електропередавання, який характеризує її напругу і відстань передавання. Такий коефіцієнт пропонується нормувати у залежності від кількості трансформацій та способу регулювання напруги, яка, фізично, передається споживачеві. При цьому, оптова ціна на електроенергію визначається формулою (1) за необхідної умови $\text{tg} \varphi_{\text{рД}} \leq \text{tg} \varphi_H$, в. о.

Якщо згадана умова порушується $\text{tg} \varphi_{\text{рД}} > \text{tg} \varphi_H$, то ЕО нараховують споживачеві роздрібну ціну за формулою (2), де розрахунковий коефіцієнт, що враховує збиток від реактивного навантаження СЕП споживача від його власного реактивного навантаження можна визначити за формулою, в. о.:

$$K_q = \frac{1 + \text{tg} \varphi_{\text{рД}}^2}{1 + \text{tg} \varphi_H^2}. \tag{14}$$

Сутність такого кібернетичного підходу до системного розрахунку ціни на електроенергію полягає у наступному:

1. Розрахунковий відділ режимів електропередавання ЕО повідомляє конкретним споживачам обсяги електроспоживання у розрахунковому періоді та оптову ціну на електроенергію, за умови додержання нормативного значення коефіцієнта реактивного навантаження їх СЕП на рівні $\text{tg} \varphi_{\text{рД}} = \text{tg} \varphi_H$, в. о.

2. Розрахунковий відділ порівнює результати даних автоматизованої системи контролю обліку електроенергії (АСКОЕ) СЕП конкретного споживача електроенергії з нормативами.

3. За формулою (6) визначається середньовизначене у розрахунковому періоді діюче значення коефіцієнта реактивного навантаження СЕП конкретного споживача електроенергії — $\text{tg} \varphi_{\text{рД}}$, в. о.

4. Якщо виконується умова $\text{tg} \varphi_{\text{рД}} \leq \text{tg} \varphi_H$, то споживачеві виставляється оптова ціна на електроенергію ce_{01} , яка визначається за допомогою формули (1), грн/кВт·г. При цьому плата споживача за власне електроспожи-

вання у розрахунковому періоді визначається за формулою, грн:

$$CeP = WP \cdot ce_{01}. \quad (15)$$

5. Якщо у розрахунковому періоді має місце умова $tg\varphi_{рл} > tg\varphi_{н}$, то споживачеві виставляється роздрібна ціна на електроенергію ce_{02} , яка визначається за допомогою формули (2), грн/кВт·г. При цьому плата споживача за власне електроспоживання у розрахунковому періоді визначається за формулою, грн:

$$CeP = WP \cdot ce_{01}. \quad (16)$$

Як було наведено в [4], структуру такого розрахунку можна, графічно, представити на рис. 2.

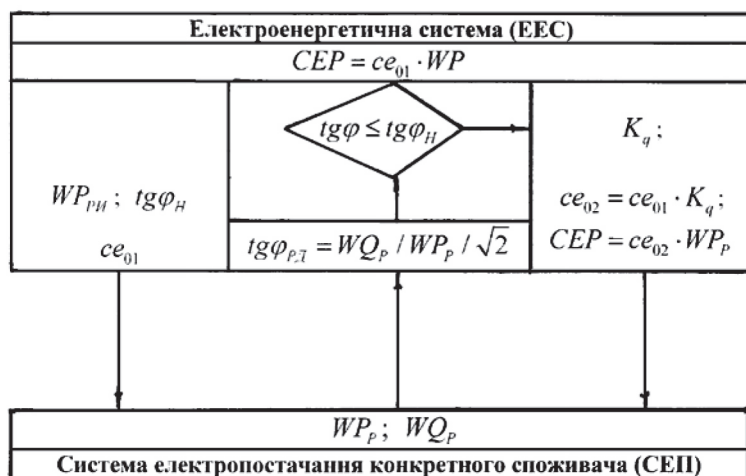


Рис. 2. Структурна схема системного розрахунку ціни на електроенергію

Як можна бачити, алгоритм запропонованого підходу до визначення ціни на електроенергію здійснює кібернетичний принцип: споживачеві задається оптова ціна на реально спожиту електроенергію у заданому обсязі, у залежності від його принципової схеми живлення і за нормованого значення реактивного навантаження (прямий хід розрахунку); результати комерційного обліку електроенергії (зворотній хід розрахунку) є основою для визначення роздрібною ціною на електроенергію, вироблену і спожиту, у розрахунковому періоді.

7. SWOT-аналіз результатів дослідження

Проведені дослідження показують, що напругу електропередавання будь-якої електроенергетичної системи, можна вважати потенційною формою її електроенергії. Електропередавальні організації поставляють її споживачам у відповідності до нормативних документів, які нормують показники напруги, що вимагає додаткових економічних витрат від постачальників. Тому ціна на електроенергію повинна залежати від принципової схеми електропередавання. При цьому, типові схеми повинні враховувати кількість трансформацій і їх якість (РПН є чи нема).

Зважаючи на негативний вплив реактивного навантаження конкретного споживача електроенергії на

систему електропередавання, очевидно, що є необхідним застосування ціни на спожиту у розрахунковому періоді електроенергію на трьох рівнях: відпускна ціна — для її споживачів, що живляться на генераторній напрузі за умови нормованого значення реактивного навантаження; оптова ціна — для її споживачів, що живляться за типовою схемою, яка враховує кількість і якість трансформацій напруги за допомогою нормованого коефіцієнта схеми з урахуванням коефіцієнта впливу на економічність електропередавання за нормованого значення реактивного навантаження конкретного споживача електроенергії у розрахунковому періоді; роздрібна ціна — для її споживачів, що живляться за типовою схемою, з урахуванням нормованого коефіцієнта схеми та коефіцієнта впливу на економічність електропередавання реактивного навантаження конкретного споживача, що перебільшує нормоване значення у розрахунковому періоді.

Усі види ціни на електроенергію повинні враховувати витрати електропередавальних організацій, пов'язаних зі здійсненням автоматизованого обліку спожитої електроенергії конкретним її споживачем у розрахунковому періоді.

У подальшому, необхідно проводити дослідження, пов'язані з уточненням усіх розрахункових коефіцієнтів і нормативів, передбачених запропонованою методикою.

8. Висновки

У результаті проведених досліджень:

1. Електричну напругу електроенергетичної системи можна вважати потенційною формою електроенергії, яку електропередавальні організації, за допомогою власних електричних мереж поставляють конкретним споживачам.

2. Електроприймачі конкретних споживачів електроенергії, за допомогою власних електромагнітних полів перетворюють потенційну форму електроенергії (напругу) у таку її форму, яка може виконувати певний вид корисної роботи.

3. Зважаючи на тісний технологічний зв'язок між реактивним і активним навантаженням системи електропередавання конкретному споживачеві електроенергії, їх співвідношення (коефіцієнт реактивного навантаження) необхідно вважати економічною характеристикою електропередавання і нормувати на державному рівні.

4. Загальні активні втрати електроенергії (потужності) в будь-якій електроенергетичній системі необхідно розглядати як обов'язкові (тільки від її активного навантаження) та необов'язкові (тільки від реактивного навантаження системи).

5. Ціну на електричну енергію (як на товару продукцію, що виробляється промисловим способом) необхідно визначати у трьох аспектах: відпускна ціна (на збірних шинах генераторної напруги електростанцій); оптова ціна (на збірних шинах напруги приймальних пунктів електроенергії конкретних її споживачів, за умови додержання ними у розрахунковому періоді величини нормативного значення коефіцієнта реактивного навантаження); роздрібна ціна (на збірних шинах напруги приймальних пунктів електроенергії конкретних її

споживачів, за умови відхилення у розрахунковому періоді від величини нормативного значення коефіцієнта реактивного навантаження).

6. Розроблено практичну методику визначення оптової і роздрібної ціни на електроенергію для конкретних її споживачів, яка спирається на фізику електропередавання і здійснює кібернетичний принцип підходу до системного розрахунку плати за спожиту у розрахунковому періоді електроенергію.

Література

1. Бессонов, Л. А. Теоретические основы электротехники [Текст]: учебник / Л. А. Бессонов. — 6-е изд. — М.: Высшая школа, 1973. — 752 с.
2. ГОСТ 13109-97. Межгосударственный стандарт. Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения [Текст]. — Минск: Издательство стандартов, 1998. — 31 с.
3. Сергеев, И. В. Экономика предприятия [Текст]: учебн. пос. / И. В. Сергеев. — М.: Финансы и статистика, 2001. — 304 с.
4. Дорошенко, О. І. Визначення роздрібної ціни на електроенергію для промислових споживачів [Текст] / О. І. Дорошенко, С. А. Песков, А. М. Сергатиї, С. О. Борисенко // Технологічний аудит та резерви виробництва. — 2015. — № 6/1(26). — С. 36–41. doi:10.15587/2312-8372.2015.56641
5. Ландау, Л. Д. Курс общей физики. Механика и молекулярная физика [Текст] / Л. Д. Ландау, А. И. Ахиезер, Е. М. Лифшиц. — М.: Наука; Главная редакция физико-математической литературы, 1969. — 399 с.
6. Дорошенко, О. І. Щодо фізичної сутності реактивної електроенергії електроенергетичної системи [Текст] / О. І. Дорошенко // Промислова електроенергетика та електротехніка. Промелектро. — 2006. — № 6. — С. 48–53.
7. Про затвердження Методики обчислення плати за перетікання реактивної електроенергії [Електронний ресурс]: Наказ Міністерства палива та енергетики України від 17.01.2002 № 19. — Режим доступу: \www/URL: <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/z0093-02>
8. Денисович, К. Б. О рынке системных (вспомогательных) услуг [Текст] / К. Б. Денисович // Энергетика та електрифікація. — 2007. — № 2. — С. 10–14.
9. СОУ-Н МПЕ 40.1.20.510.:2006. Методика визначення економічно доцільних обсягів компенсації реактивної енергії, яка перетікає між електричними мережами електропередавальної організації та споживача (основного споживача та субспоживача) [Текст]. — Київ, 2006. — 48 с.
10. Дорошенко, О. І. Чи варто платити за те, чого фізично існувати не може? [Текст] / О. І. Дорошенко, Д. С. Попов // Промислова електроенергетика та електротехніка. Промелектро. — 2010. — № 2. — С. 6–8.
11. Веников, В. А. Моделирование энергетических систем [Текст] / В. А. Веников // Электричество. — 1971. — № 1. — С. 5–13.
12. Карташев, И. И. Системный подход к управлению качеством электрической энергии [Текст] / И. И. Карташев, Д. С. Подольский // Электричество. — 2009. — № 5. — С. 2–7.
13. Методика визначення нераціонального (неефективного) використання паливно-енергетичних ресурсів [Тест] / Національне агентство України з питань забезпечення ефективного використання енергетичних ресурсів. — Київ, 2009. — 117 с.
14. Дорошенко, О. І. Про економічний еквівалент реактивної потужності систем електропостачання [Текст] / О. І. Дорошенко, С. О. Борисенко // Технологічний аудит та резерви виробництва. — 2015. — № 2/1(22). — С. 27–32. doi:10.15587/2312-8372.2015.41407
15. Дорошенко, О. І. Про економічний еквівалент реактивної потужності систем електропостачання [Текст] / О. І. Дорошенко // Технологічний аудит та резерви виробництва. — 2014. — № 6/5(20). — С. 26–30. doi:10.15587/2312-8372.2014.29965
16. Дорошенко, О. І. Визначення базової (оптової) ціни на електроенергію для промислових споживачів [Текст] / О. І. Дорошенко, О. В. Романюк, С. А. Песков, С. О. Борисенко // Технологічний аудит та резерви виробництва. — 2015. — № 5/1(25). — С. 35–39. doi:10.15587/2312-8372.2015.49134
17. Карапетян, И. Г. Справочник по проектированию электрических сетей [Текст] / И. Г. Карапетян, Д. Л. Файбисович, И. М. Шапиро; под ред. Д. Л. Файбисовича. — М.: НИЦ ЭНАС, 2006. — 320 с.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЦЕНЫ НА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИЮ ДЛЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ЕЕ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ

Опираясь на физику нормального режима электропередачи, в статье предлагается новый, научно обоснованный, подход к определению оптовой и розничной цены на электроэнергию для промышленных и приравненных к ним потребителей, при котором учитывается влияние схемы их питания от электроэнергетической системы и реактивной нагрузки на экономику процесса электропередачи.

Ключевые слова: электроэнергия, электроснабжение, оптовая цена на электроэнергию, розничная цена на электроэнергию.

Дорошенко Олександр Іванович, кандидат технічних наук, доцент, кафедра електропостачання та енергоменеджменту, Одеський національний політехнічний університет, Україна, e-mail: dai1938@yandex.ua.

Дорошенко Александр Иванович, кандидат технических наук, доцент, кафедра электроснабжения и энергоменеджмента, Одесский национальный политехнический университет, Украина.

Doroshenko Oleksandr, Odessa National Polytechnic University, Ukraine, e-mail: dai1938@yandex.ua