

1. Stalemate, 48027Ukraine (UA), МПК, В21D22/02 (2006.01), Method of computer-integrated through preproduction and making of details of stamps/V. Kvasnikov, G. Kleshev. L. Kolomiez and dr., a declarant is Odesa State Institute of the Measuring technique, date of presentation of request 27.07.2009, publik, .10.03.2010, Bullet № 5
2. Kleshev G. Adaptive through computer technology of management preproduction and making of details of stamps on a base stamp – ready-to-cook foods/ of G. Kleshev. it is Odesa // Under the general release of doctor of engineering sciences, professor L. Kolomiez.2010. – 283с.
3. Kleshev G. Aspects of theory of mass maintenance of in of new through technology of automation of processes of management of making of stamp instrument / of G. Kleshev // the International scientific and technical magazine «the Measuring and calculable technique in technological processes».Khmelnitsky.B..№ 1 2013. С. 195-198.

Рецензія/Peer review : 26.1.2014 р.

Надрукована/Printed : 26.3.2014 р.

УДК 621.316

Л.М. МЕЛЬНИЧУК

Вінницький національний технічний університет

## УДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ ОПЛАТИ ЗА ПЕРЕДАВАННЯ РЕАКТИВНОЇ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ

*Запропоновано систему тарифу за реактивну електроенергію, за якої досягається прозорість розрахунків, більш повна відповідність оплати та втрат електричної енергії і одночасно врахування динаміки їх змін при зміні реактивного навантаження. Регулювання значення коефіцієнту стимулювання капітальних вкладень у засоби КРП стимулюватиме споживачів до ефективної компенсації реактивної потужності.*

*Ключові слова: реактивна електроенергія, компенсація реактивної потужності, тариф за реактивну електроенергію.*

L.M. MELNYCHUK

Vinnitsa National Technical University

### IMPROVING THE SYSTEM OF PAYMENT FOR THE TRANSFER OF REACTIVE POWER

*A system tariff for reactive power, which is achieved by transparency calculations, a complete line of payment and power losses while taking into account the dynamics of their changes by changing the reactive load. Adjusts the ratio stimulate capital investment in facilities KRP will encourage consumers to effectively compensate reactive power.*

*Keywords: reactive power, reactive power compensation, the tariff for reactive power.*

**Вступ.** Діюча в Україні система оплати за перетікання реактивної електроенергії в електричних мережах електропередавальних організацій до промислових та непромислових споживачів основана на компенсації техніко-економічних витрат, що зумовлені додатковими втратами активної електроенергії. Плата  $j$ -го промислового або непромислового споживача за спожиту реактивну електроенергію (за відсутності її генерування) визначається за формулою [1, 2]:

$$P_j = W_{Q_{\text{сп.}j}} \cdot D_j \cdot c_0 \cdot \left(1 + C_{\text{баз}} (\text{tg } \varphi_j - \text{tg } \varphi_{\text{гр}})^2\right), \quad (1)$$

де  $W_{Q_{\text{сп.}j}}$  – фактичне споживання реактивної електроенергії;  $D_j$  – економічний еквівалент реактивної потужності (ЕЕРП), що характеризує втрати активної потужності від реактивного перетікання до точки обліку в розрахунковому режимі (кВт/квар) і розраховується окремо для кожного  $j$ -го споживача;  $c_0$  – прогнозована оптова ринкова ціна на закупівлю електроенергії з оптового ринку електроенергії (ОРЕ), доведена електропередавальним організаціям Постановою НКРЕ для визначення роздрібних тарифів на електричну енергію споживачам в розрахунковому періоді, грн./кВт·год.;  $C_{\text{баз}}$  – нормативний коефіцієнт стимулювання капітальних вкладень у засоби КРП в електричних мережах споживача;  $\text{tg } \varphi_j$  – фактичне значення коефіцієнта реактивної потужності  $j$ -го споживача, що визначається відношенням фактичного споживання реактивної електроенергії  $W_{Q_{\text{сп.}j}}$  до фактичного споживання активної електроенергії  $W_j$ ;  $\text{tg } \varphi_{\text{гр}}$  – граничне значення коефіцієнта реактивної потужності. Причому друга складова плати, що визначається доданком  $(\text{tg } \varphi_j - \text{tg } \varphi_{\text{гр}})^2$ , враховується якщо  $\text{tg } \varphi_j \geq \text{tg } \varphi_{\text{гр}}$ .

В [3] запропоновано при нарахуванні плати за спожиту реактивну електроенергію замінити значення ЕЕРП, застосування якого вдвічі завищує плату відносно реальних втрат, на коефіцієнт розподілу втрат  $d_j$ , який розраховують на основі розподілення сумарних втрат активної потужності між споживачами пропорційно їх реактивному навантаженню з урахуванням електричної віддаленості споживачів [4].

Необхідно відмітити, що застосування коефіцієнта розподілу втрат  $d_j$  забезпечує можливість повного відшкодування втрат активної електроенергії від перетікання реактивної електроенергії для

розрахункового режиму. Водночас, збільшення реактивного навантаження в підсистемі на 1 % (відносно прийнятого для розрахункового режиму) викликає збільшення втрат активної потужності на 2 % і більше, що робить неможливим застосування коефіцієнта розподілу втрат для розрахунків за спожиту реактивну енергію.

**Мета роботи.** Розробити систему тарифу за реактивну електроенергію, за якої досягається більш повна відповідність оплати та втрат електричної енергії і одночасно врахування динаміки їх змін при зміні реактивного навантаження шляхом регулювання значення коефіцієнту стимулювання капітальних вкладень у засоби КРП, що стимулюватиме споживачів до ефективної компенсації реактивної потужності та забезпечення оптимального ступеня компенсації.

**Матеріали та результати дослідження.** Втрати активної потужності, що відносяться на баланс окремого споживача, за пропорційного їх розподілення між споживачами, можна визначити за формулою

$$\Delta P_j = \frac{Q_j}{U^2} \sum_{i=1}^n Q_i R_{ij} + \frac{2\Delta Q_j}{U^2} \sum_{i=1}^n Q_i R_{ij} + \frac{\Delta Q_j^2}{U^2} R_{jj}, j = 1, \dots, n, \quad (2)$$

де  $U$  – середня експлуатаційна напруга мережі;  $Q_j$  – реактивна потужність навантаження  $j$ -го споживача підсистеми;  $Q_i$  – реактивна потужність навантаження усіх споживачів підсистеми  $i = 1, \dots, n$ , включаючи і  $j$ -ий споживач;  $\Delta Q_j$  – приріст реактивної потужності навантаження  $j$ -го споживача підсистеми;  $R_{ij}$  – елементи матриці вузлових активних опорів розрахункової схеми підсистеми.

Формулу (2) можна представити у такому вигляді:

$$\Delta P_j = Q_j \cdot d_j + \Delta Q_j (2d_j + k_j \cdot (\operatorname{tg} \varphi_j - \operatorname{tg} \varphi_{\text{гр}})), j = 1, \dots, n, \quad (3)$$

де  $d_j$  – коефіцієнт розподілу втрат:  $d_j = \frac{1}{U^2} \sum_{i=1}^n Q_i R_{ij}$ ;  $k_j$  – коефіцієнт, який характеризує відношення власного вузлового опору  $R_{jj}$  споживача до його активного опору навантаження  $R_j = U^2 / P_j$  в розрахунковому режимі  $k_j = R_{jj} / R_j = R_{jj} P_j / U^2$ , тут  $P_j$  – активна потужність навантаження споживача, яка була прийнята для розрахункового режиму.

Оскільки оплата за реактивну електроенергію повинна здійснюватися на основі компенсації втрат активної електроенергії, які виникають в мережах електропередавальних організацій від перетікання реактивної електроенергії до споживачів, то нарахування плати за перетікання реактивної електроенергії буде здійснюватися у такому вигляді:

$$P_j = [W'_{Q_{\text{сп.}j}} \cdot d_j + W''_{Q_{\text{сп.}j}} \cdot C_{\text{баз}} \cdot (D_j + k_j \cdot (\operatorname{tg} \varphi_j - \operatorname{tg} \varphi_{\text{гр}}))] \cdot c_0, \quad (4)$$

де  $W'_{Q_{\text{сп.}j}}, W''_{Q_{\text{сп.}j}}$  – споживання реактивної електроенергії відповідно в розрахунковому режимі і внаслідок приросту реактивного навантаження відносно розрахункового режиму;  $D_j$  – ЕЕРП:  $D_j = 2d_j$ .

Виникає питання яким чином повинен вибиратися розрахунковий режим для визначення ЕЕРП. На наш погляд, для цього слід використати активні навантаження споживачів і граничне значення коефіцієнта реактивної потужності, яке для мереж різних номінальних напруг може бути встановлено індивідуально однаковим для споживачів мереж даного класу напруги, наприклад, для мереж 10 кВ це значення може бути прийнятим в діапазоні 0,1...0,15, а для мереж напругою 110 кВ – в діапазоні 0,3...0,4. У такому випадку співвідношення реактивних і активних навантажень буде однаковим і для однорідних мереж режими активних і реактивних навантажень будуть подібними, що буде викликати однакові перетоки активних та

реактивних потужностей по вітках розрахункової схеми. При цьому достатньо просто можна врахувати збільшення втрат напруги в реальній мережі.

Розглянемо замкнуту електричну мережу напругою 110 кВ (рис. 1) з такими реактивними навантаженнями споживачів:  $Q_i = 10$  Мвар,  $i = 1, \dots, 5$ . Припустимо, що усі активні опори віток дорівнюють 2 Ом, а  $R_3 = 3$  Ом.

На рис. 2 зображено залежності втрат потужності (суцільні лінії), що розраховані за формулою (2), та їх оцінок (штрихові лінії), що визначені за формулою (3), у разі, якщо в (3) ввести  $C_{\text{баз}} = 1,1$ , так само, як це зроблено в (4).

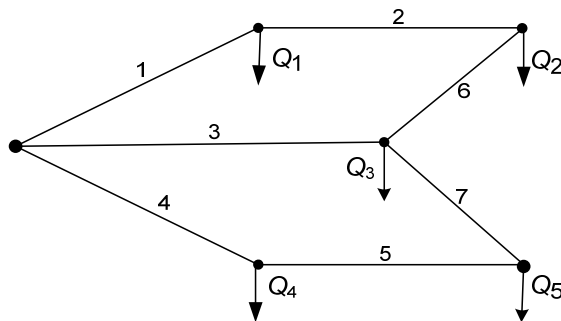


Рис. 1. Конфігурація мережі

З рис. 2 наглядно видно, що регулюванням коефіцієнта  $C_{\text{баз}}$  можна забезпечити ефективне стимулювання споживачів до підвищення рівня компенсації реактивної потужності. Значення  $C_{\text{баз}}$  необхідно встановлювати після статистичного обстеження рівня компенсації реактивної потужності для споживачів різних класів напруги і визначення нормативного рівня рентабельності упровадження засобів

компенсації реактивної потужності.

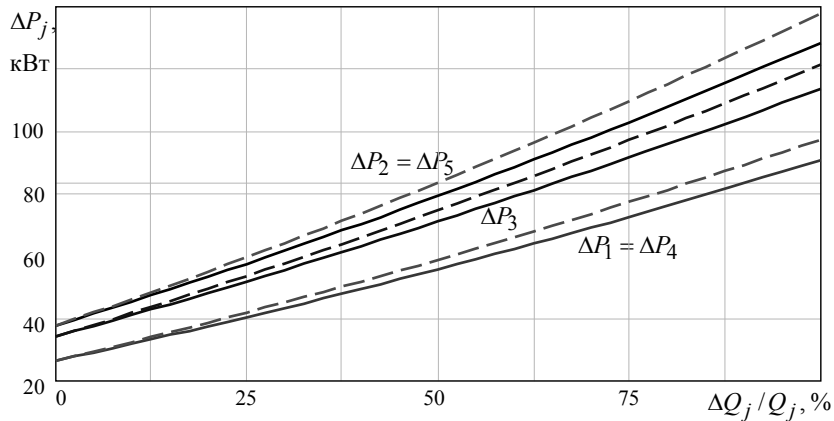


Рис. 2. Залежності втрат потужності та їх оцінок

Введення коефіцієнта  $C_{\text{баз}}$  дозволяє також компенсувати додаткові втрати, які зростають у разі перевищення граничного значення коефіцієнта реактивної потужності не одним, а декількома (усіма) споживачами. В таблиці наведено значення сумарних втрат потужності в мережі, втрат, які відносяться на баланс окремих споживачів, їх сумарні значення, а також відношення сумарних втрат в мережі до суми втрат, розподілених між споживачами, за різних співвідношень реактивних навантажень споживачів.

## Результати розрахунку збільшення втрат потужності в мережі

Навантаження споживачів, Мвар	$\Delta P_{\Sigma}$ , кВт	$\Delta P_1$ , кВт	$\Delta P_2$ , кВт	$\Delta P_3$ , кВт	$\Delta P_4$ , кВт	$\Delta P_5$ , кВт	$\sum \Delta P_j$ , кВт	$\Delta P_{\Sigma} / \sum \Delta P_j$ , в.о.
{10, 10, 10, 10, 10}	162,6	26,5	37,8	34,0	26,5	37,8	162,6	1,0
{15, 10, 10, 10, 10}	191,9	55,8	37,8	34,0	26,5	37,8	191,9	1,0
{15, 15, 10, 10, 10}	237,2	55,8	79,4	34,0	26,5	37,8	233,5	1,016
{15, 15, 15, 10, 10}	279,8	55,8	79,4	70,9	26,5	37,8	270,4	1,035
{15, 15, 15, 15, 15}	365,8	55,8	79,4	70,9	55,8	79,4	341,2	1,072
{20, 20, 20, 20, 20}	650,3	90,8	128,6	113,4	90,8	128,6	552,0	1,178

З таблиці випливає, що зі збільшенням розрахункового значення реактивної потужності одного із споживачів співвідношення  $\Delta P_{\Sigma} / \sum \Delta P_j = 1$  і поступово збільшується у випадку, якщо навантаження одночасно двох, трьох і більше споживачів перевищують розрахункові значення. Водночас при збільшенні навантажень усіх споживачів на 50 % вказане співвідношення не перевищує 1,1. Аналогічно, при збільшенні навантажень усіх споживачів вдвічі вказане співвідношення не перевищує 1,2. Отже, такі значення коефіцієнта  $C_{\text{баз}}$  дозволяють забезпечити компенсування додаткових втрат, які зростають у разі перевищення граничного значення коефіцієнта реактивної потужності не одним, а декількома (усіма) споживачами.

Звідси також можна зробити висновок, що для споживачів, які живляться від мереж напругою 110 кВ з відносно великим значенням граничного коефіцієнта потужності, значення  $C_{\text{баз}}$  можна встановлювати невисоким, наприклад,  $C_{\text{баз}} = 1,1$ , а для споживачів, які живляться від мереж напругою 10 кВ з відносно малим значенням граничного коефіцієнта потужності, значення  $C_{\text{баз}}$  повинно бути високим.

Застосування формули (4) істотно покращує точність розрахунків плати за перетікання реактивної електроенергії, робить їх відповідними реальним втратам і прозорими.

## Висновки

Застосування викладених пропозицій щодо покращення оплати за перетікання реактивної електроенергії між енергопостачальними організаціями та їх споживачами забезпечує побудову більш справедливої системи оплати і може бути рекомендовано для вдосконалення діючої Методики.

## Література

1. Методика обчислення плати за перетікання реактивної електроенергії між електропередавальною організацією та її споживачами. Затверджена наказом Міністерства палива та енергетики України від 17 січня 2002 р. № 19. Зареєстрована в Міністерстві юстиції України 1 лютого 2002 р. за № 93/6381 // Офіційний вісник України. – 2002. – №6.

2. Методика обчислення плати за перетікання реактивної електроенергії між електропередавальною

організацією та її споживачами. Проект наказу Міністерства енергетики та вугільної промисловості України від 20 лютого 2012 р.

3. Рогальський Б. С. Про використання економічних еквівалентів реактивної потужності для визначення плати за перетікання реактивної електроенергії між енергопостачальними компаніями і їх споживачами / Б. С. Рогальський, О. М. Нанак // Промислова електроенергетика та електротехніка. – 2004. – №4. – С. 44–51.

4. Рогальський Б. С. Визначення та розподілення втрат електричної енергії між споживачами / Б. С. Рогальський, Л. М. Мельничук // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2004. – №1. – С. 38-41.

#### References

1. Ministry of Fuel and Energy of Ukraine (2002) Methods of calculating payment for reactive energy flow between energy-transmission enterprise and its customers, *Oficiyniy visnik Ukraini*, no 6, Kiev.

2. Ministry of Energy and Coal Industry of Ukraine (2012) Methods of calculating payment for reactive energy flow between energy-transmission enterprise and its customers, Kiev.

3. Rogalsky B. S. and Nanaka O. M. (2004), "On the use of economic equivalents of reactive energy to determine payment for reactive energy flow between energy-supply enterprises and their customers", *Promislova elektroenergetika ta elektrotehnika*, no. 4, pp. 44-51.

4. Rogalsky B. S. and Melnychuk L. M. (2004), "Determination and distribution of power loss between consumers", *Visnik Vinnickogo politechnichnogo institutu*, no. 1, pp. 38-41.

Рецензія/Peer review : 12.1.2014 р.

Надрукована/Printed : 26.3.2014 р.

Рецензент: д.т.н., проф., завідувач кафедри електротехнічних систем електроспоживання та енергетичного менеджменту Вінницького національного технічного університету Кутін В.М.

УДК 621.315.592

DMITRO MICHALEVSKIY, OKSANA HORODETCKA, ROMAN KRASOTA  
Vinnitsia national technical university

## PERFORMANCE EVALUATION OF MONITORING TOOLS OF ELECTRONIC PRODUCTS BY THE LEVEL OF LOW-FREQUENCY NOISE

*In this paper presents the method of estimating the time for which the research of electronic products by the level of low-frequency noise is being conducted and the operation of technological input and output control being conducted. Based on these, characteristics were evaluated for performance means direct, relative and spectral control the level of LF noise.*

*Keywords: input and output control, internal low-frequency noise, monitoring time.*

Д. В. МИХАЛЕВСЬКИЙ, О. С. ГОРОДЕЦЬКА, Р. О. КРАСОТА  
Вінницький національний технічний університет

### ОЦІНЮВАННЯ ШВИДКОДІЇ ЗАСОБІВ КОНТРОЛЮ ВИРОБІВ ЕЛЕКТРОННОЇ ТЕХНІКИ ЗА РІВНЕМ НИЗЬКОЧАСТОТНОГО ШУМУ

*Анотація – у даній роботі запропоновано методику оцінки часу за який проводиться дослідження виробів електронної техніки за рівнем низькочастотного шуму та проводиться операція технологічного вхідного або вихідного контролю. На основі цього було проведено оцінку характеристик швидкодії для засобів безпосереднього, відносного та спектрального контролю за рівнем НЧ шуму.*

*Контроль ВЕТ (виробів електронної техніки) за рівнем низькочастотних шумів, полягає у порівнянні основного інформативного параметра низькочастотного шуму із встановленими границями допуску. Але в такому випадку результатом контролю виступає логічне рішення про придатність або непридатність досліджуваного виробу, що дає можливість проводити якісну оцінку характеристик надійності. Основною задачею, при розробці нових методів контролю ВЕТ за рівнем низькочастотного шуму, є підвищення вірогідності контролю та часу отримання результату [1]. Як відомо, ефективність того чи іншого методу, також залежить від технічної реалізації засобів контролю. Тому, одним із актуальних завдань є необхідність проведення оцінки швидкодії контролю на всіх етапах. З іншого боку, для даного виду контролю підвищена швидкодія засобу може призводити до зменшення вірогідності контролю.*

*Швидкодію засобів контролю можна оцінити проміжком часу  $t_{ш}$ , який задається моментом початку досліджень виробу до виведення результату "придатний" або "непридатний" на пристрій відображення інформації, при цьому додаткових результатів невраховуємо. Такий часовий проміжок можна умовно поділити на: час вимірювання інформативного параметра  $t_{в}$ , час аналізу результатів і виконання контролю  $t_{к}$ , перетворення та виведення результатів на екран  $t_{вивед}$ .*

*В результаті проведених досліджень було встановлено, що час проведення контролю для низьких частот, найбільше буде залежати від часу усереднення середньоквадратичним детектором, від частоти дискретизації, а також часу на проведення операцій по обробці масивів даних при підвищенній вірогідності контролю.*

#### Introduction

Providing high quality and reliability of electronic products (EP) requires broad adoption of physical and technical methods of nondestructive controlling. For their development it is necessary to establish the dependence of the main indicators of the reliability of the physical properties and parameters of the devices, from chemical processes that occur in them, and from physical nature of failures mechanisms.

One of the perspective directions, in the development of efficient and cost-effective methods for assessing