

О.В. Бялобржеський, Д.Й. Родькін

АЛЬТЕРНАТИВНІ ПОКАЗНИКИ ПОТУЖНОСТІ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ В ОДНОФАЗНОМУ КОЛІ З ПОЛІГАРМОНІЙНИМИ СТРУМОМ І НАПРУГОЮ

Мета. Розробка методики визначення компонент потужності, в однофазних колах з полігармонійними струмом та напругою, для формування показників передачі електричної енергії. *Методика.* Використовуючи теорію рядів Фур'є та елементи алгебри логіки, відмічені особливості винесення знаку ортогональних компонент потужності в залежності від комбінації номеру гармонік струму та напруги. *Результати.* Відокремлюючи активну та реактивну потужності основної гармоніки струму та напруги; активну та реактивну потужності; канонічні компоненти потужності; неканонічні компоненти потужності, запропоновано показники якості передачі електричної енергії. *Наукова новизна.* Потужність, представлена тригонометричним рядом Фур'є, містить канонічні та неканонічні компоненти, які відбивають якість електричної енергії. *Практична значимість.* Компоненти потужності, та показники передачі електричної енергії можуть бути використаними в системах технічного обліку для вимірювання обсягів якісної та неякісної енергії. Бібл. 12, рис. 6.

Ключові слова: потужність електричної енергії, показники якості, норма потужності, кількість та якість електричної енергії.

Цель. Разработка методики определения компонент мощности, в однофазных цепях с полигармоническом током и напряжением, для формирования показателей передачи электрической энергии. *Методика.* Используя теорию рядов Фурье и элементы алгебры логики, отмечены особенности вынесения знака ортогональных компонент мощности в зависимости от комбинации номера гармоник тока и напряжения. *Результаты.* Отделяя активную и реактивную мощности основной гармоники тока и напряжения; активную и реактивную мощности; канонические компоненты мощности; неканонические компоненты мощности, предложены показатели качества передачи электрической энергии. *Научная новизна.* Мощность, представленная тригонометрическим рядом Фурье, содержит канонические и неканонические компоненты, которые отражают качество электрической энергии. *Практическая значимость.* Компоненты мощности, и показатели передачи электрической энергии могут быть использованы в системах технического учета для измерения объемов качественной и некачественной энергии. Библ. 12, рис. 6.

Ключевые слова: мощность электрической энергии, показатели качества, норма мощности, количество и качество электрической энергии.

Вступ. В електроенергетичних, електромеханічних та електротехнічних системах та комплексах при вирішенні задач пов'язаних з перетворенням електричної енергії в інші види енергії використовують баланс енергії або потужності. Це дозволяє перевірити результат рішення задачі та оцінити розподіл потоків потужності. В більшості випадків баланс складається за усередненими на певному проміжку часу значеннями. Для категорії задач зі стаціонарними процесами таких підхід є раціональним.

У разі нестационарного процесу, як наприклад перетворення потужності електричних двигунів в складі автоматизованого електроприводу технологічних механізмів, що характеризуються змінним енергоспоживанням, вводять додаткові показники які характеризують режим – S1-S8 [1]. При цьому розглядають певний проміжок часу – цикл. Для циклу використовують еквівалентні параметри режиму, зокрема – еквівалентну потужність [2].

В сучасних системах генерація, транспортування та споживання електричної енергії відбуваються змінним струмом за виключенням тягових мереж постійного струму, бортових мереж транспортних засобів, та спеціалізованих вставок постійного струму [3]. Останні лише в певному наближенні працюють з постійним струмом, в загальному випадку струм є змінним.

При експлуатації мереж, які забезпечують електричною енергією споживачів, незалежно від характеру струму, постають задачі обліку електричної енергії. Для мереж постійного струму в якості облі-

кового показника використовують середнє (на визначеному проміжку) значення потужності, для мереж змінного струму – активну та реактивну потужності [4, 5]. Таким чином фіксують обсяги електричної енергії, а реактивна потужність певним чином характеризує неякісність. Реактивна потужність однозначно визначається для періодичних моногармонійних струмів та напруг. У разі викривлення струму чи напруги для обліку використовують показники визначені за усередненими струмом та напругою. Виникаючи при цьому неякісність електричної енергії оцінюють певними показниками, нормуючи їх припустимі значення [6], але обліку неякісної енергії не виконують.

Аналіз попередніх досліджень. Відомий стандарт [7], який є продуктом багаторічної праці групи науковців, декларує певну кількість компонент потужності електричної енергії, кожна з яких відбиває характерні показники. Визначення компонент потужності електричної енергії відбувається на підставі струмів та напруг представлених у тригонометричній формі ряду Фур'є. Використовуючи відомі векторні форми та поняття повної, активної, неактивної, реактивної потужностей, потужності спотворення, для трифазних кіл відповідних фундаментальних потужностей прямої, нульової та зворотної послідовностей, автори достатньо багатогранно визначають характеристику потоку електричної енергії. Зазначені компоненти потужності обґрунтовані на підставі концепції Будеану, та підлягають критиці [8, 9] з

© О.В. Бялобржеський, Д.Й. Родькін

позиції визначення гармонійних складових потужності на підставі гармонійних струму та напруги. В роботах [10] різнобічно розглядається питання формування компонент потужності, як джерела живлення так і елементів електричних кіл, як з лінійними так і нелінійними характеристиками. Як і в зазначених раніше працях автори ґрунтуються на представленні періодичних струмів і напруг в тригонометричній формі ряду Фур'є. Обґрунтовані [11] процедури визначення ВАХ нелінійних елементів також ґрунтуються на представленні струму, напруги та потужності періодичними полігармонійними функціями. При цьому в останній групі робіт робиться наголос на дотримання закону збереження енергії та виконання теореми Телледжена.

Постановка проблеми. Диференціація компонент потужності надає можливість певної оцінки енергетичного процесу [7]. Аналіз процесів в електричних колах з використанням представлення струмів, напруг та потужності полігармонійними функціями використовується для задач ідентифікації параметрів та характеристик елементів схеми [11]. Не дивлячись на те, що в обох випадках базовими є полігармонійні струм і напруга процедура визначення та результуючі компоненти потужності відрізняються. В останньому випадку забезпечується закон збереження енергії, що робить його більш сприятливим для оцінки показників передачі електричної енергії. Але порядок визначення компонент потужності потребує алгоритмізації, як наслідок виникає задача визначення показників, які відбиватимуть неякісність потоку електричної енергії.

Мета роботи – розробка методики визначення компонент потужності електричної енергії, в однофазних колах з полігармонійними струмом та напругою, для формування показників передачі електричної енергії.

Основний матеріал і результати досліджень. В теорії лінійних кіл з джерелами енергії які зумовлюють моногармонійні струми в гілках, та відповідні їм моногармонійні напруги у вузлах, наприклад

$$u = \sqrt{2}U \sin(\omega t + \psi_u);$$

$$i = \sqrt{2}I \sin(\omega t + \psi_i),$$

де U, I – діючі значення напруги та струму; ψ_u, ψ_i – початкова фаза напруги та струму; ω – кутова частота, базуючись на відповідній потужності, вводять активну P , реактивну Q та повну S потужності

$$p = ui = \sqrt{2}U \sin(\omega t + \psi_u) \sqrt{2}I \sin(\omega t + \psi_i) =$$

$$= UI \cos(\psi_u - \psi_i) \cos(0) - UI \cos(\psi_u + \psi_i) \cos(2\omega t) -$$

$$- UI \sin(\psi_u - \psi_i) \sin(0) + UI \sin(\psi_u + \psi_i) \sin(2\omega t) =$$

$$= P \cos(0) - Q \sin(0) - S \cos(2\omega t + \psi_u + \psi_i).$$

Підкреслимо відомий факт, що повна потужність в такому випадку визначається добутком діючих значень струму та напруги. При цьому, очевидно

$$[(UI \cos(\psi_u - \psi_i))^2 + (UI \sin(\psi_u - \psi_i))^2] = [UI]^2;$$

$$[P^2 + Q^2] = S^2.$$

У разі полігармонійних струмів та напруг

$$u = \sum_k \sqrt{2}U_k \sin(k\omega t + \psi_{uk}) =$$

$$= \sqrt{2} \sum_k (U_k \cos(\psi_{uk}) \sin(k\omega t) + U_k \sin(\psi_{uk}) \cos(k\omega t)) =$$

$$= \sum_k (U_{a,k} \sin(k\omega t) + U_{b,k} \cos(k\omega t));$$

$$i = \sum_n \sqrt{2}I_n \sin(n\omega t + \psi_{in}) =$$

$$= \sqrt{2} \sum_n (I_n \cos(\psi_{in}) \sin(k\omega t) + I_n \sin(\psi_{in}) \cos(k\omega t)) =$$

$$= \sum_n (I_{a,n} \sin(n\omega t) + I_{a,n} \cos(n\omega t)),$$

де k, n – номери гармонік напруги та струму; U_k, I_n – діючі значення гармонік напруги та струму; ψ_{uk}, ψ_{ik} – початкова фаза напруги та струму; $U_{a,k}, U_{b,k}$ – амплітуди косинусної та синусної компонент гармонік напруги; $I_{a,k}, I_{b,k}$ – амплітуди косинусної та синусної компонент гармонік струму, вираз для потужності суттєво ускладнюється

$$p = \sum_{k,n} U_k I_n \cos[(k-n)\omega t + \psi_{uk} - \psi_{in}] -$$

$$- \sum_{k,n} U_k I_n \cos[(k+n)\omega t + \psi_{uk} + \psi_{in}]; \quad (1)$$

Як зазначено в [12] з останнього виразу випливає, що функція миттєвої потужності містить гармоніки, порядок яких (s) визначається як різницею ($k-n$), так і сумою ($k+n$), порядків гармонік напруги і струму, тобто $s = k \pm n$. Таким чином, миттєва потужність

$$p = \sum_s p_s = p_0 + p_1 + \dots + p_{k-n} + \dots + p_{k+n} + \dots + p_z, \quad (2)$$

де номери гармонік визначені множиною $Z = \{0, 1, 2, \dots, s, \dots, z\}$. Спектр гармонік функції потужності залежить від того, які номери гармонік представлені в спектрі напруги та струму. Необхідно враховувати, що різні, але певні комбінації гармонік напруги і струму утворюють гармоніки потужності одного порядку (наприклад, якщо $k = n + 1$, то різниця $s = k - n$ дорівнює одиниці при будь-яких числах $s = k \pm n$), тому фактичне число гармонік потужності може бути менше максимального, проте не менш ніж удвічі більше числа гармонік напруги чи струму.

В такому випадку прийнято використовувати активну реактивну та повну потужності у вигляді

$$P = p_0 = \sum_{k=n} U_k I_n \cos(\psi_{uk} - \psi_{in});$$

$$Q = \sum_{k=n} U_k I_n \sin(\psi_{uk} - \psi_{in});$$

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2},$$

але як відомо з функціонального аналізу діє нерівність Коші-Будяновського-Шварца [6] і у випадку, що розглядається як зазначено в роботах [4, 12]:

$$S \neq UI.$$

Не заглиблюючись в теорію Будеану та її розвиток узагальнений в роботі [4] в частині неактивної потужності та компонент потужності викривлення, розглянемо порядок утворення компонент потужності формули (2) виходячи з формули (1).

В роботі [12] використаний умовний розподіл компонент потужності розглядаючи її у вигляді суми:

$$p = p_0 + \sum_{\substack{s=k+n \\ s=2k=2n}} (p_{a.c.s} + p_{b.c.s}) + \left[\sum_{\substack{s=k \pm n \\ s=2k \cap 2n}} (p_{a.pc.s} + p_{b.pc.s}) + \sum_{\substack{s=k \pm n \\ s \neq 2k \cap 2n}} (p_{a.nc.s} + p_{b.nc.s}) \right], \quad (3)$$

де p_0 – нульова компонента потужності (активна потужність) для усіх гармонік; $p_{a.c.s}$ – косинусні канонічні компоненти; $p_{b.c.s}$ – синусні канонічні компоненти; $p_{a.pc.s}$ – косинусні компоненти неканонічного порядку – псевдоканонічні компоненти; $p_{b.pc.s}$ – синусні компоненти неканонічного порядку – псевдоканонічні компоненти; $p_{a.nc.s}$ – косинусні неканонічні компоненти; $p_{b.nc.s}$ – синусні неканонічні компоненти.

Прямий розрахунок та диференціація зазначених компонент потужності за виразом (1) вимагає багато часу та зусиль. Тому розроблено алгоритм розрахунку компонент потужності, загальний вигляд якого наведено на рис. 1. В алгоритмі можна виділити чотири етапи: підготовка вимірних сигналів струму та напруги; швидке Фур'є перетворення напруги та струму; визначення компонент потужності; розрахунок показників передачі потужності електричної енергії.

На першому етапі вимірювання струму та напруги, в залежності від характеристик обладнання, задання частоти дискретизації, часу дискретизації та максимальної кількості гармонік. Також визначаються миттєва потужність та її квадратична норма. На другому етапі виконується швидке перетворення Фур'є напруги та струму, в результаті чого визначають їх ортогональні компоненти. На підставі цього на третьому етапі виконується визначення канонічних та неканонічних компонент потужності. Процедура визначення цих компонент має певну особливість та може бути реалізована шляхом виконання алгоритму наведеному на рис. 2.

Цикли визначення ортогональних компонент потужності, вхід в кожен з яких позначено цифрою 1, а вихід цифрою 2, на рис. 2, за структурою однакові. При цьому зазначені цикли відрізняються сутністю умов та наведені на рис. 3-6. В результаті розрахунків за алгоритмом (рис. 2) з використанням циклів (рис. 3-6), для всіх комбінацій гармонік струму та напруги визначають наступні компоненти потужності:

1. Активна та реактивна потужності основної гармоніки струму та напруги

$$\begin{cases} P_{a,1-1} = 0.5(U_{a,1}I_{a,1} + U_{b,1}I_{b,1}); \\ P_{b,1-1} = 0.5(U_{a,1}I_{b,1} - U_{b,1}I_{a,1}). \end{cases} \quad (4)$$

2. Активна та реактивна потужності

$$\begin{cases} P_{a,0} = 0.5 \sum_{k=n=0} (U_{a,k}I_{a,n} + U_{b,k}I_{b,n}); \\ P_{b,0} = 0.5 \sum_{k=n=0} (U_{a,k}I_{b,n} - U_{b,k}I_{a,n}). \end{cases} \quad (5)$$

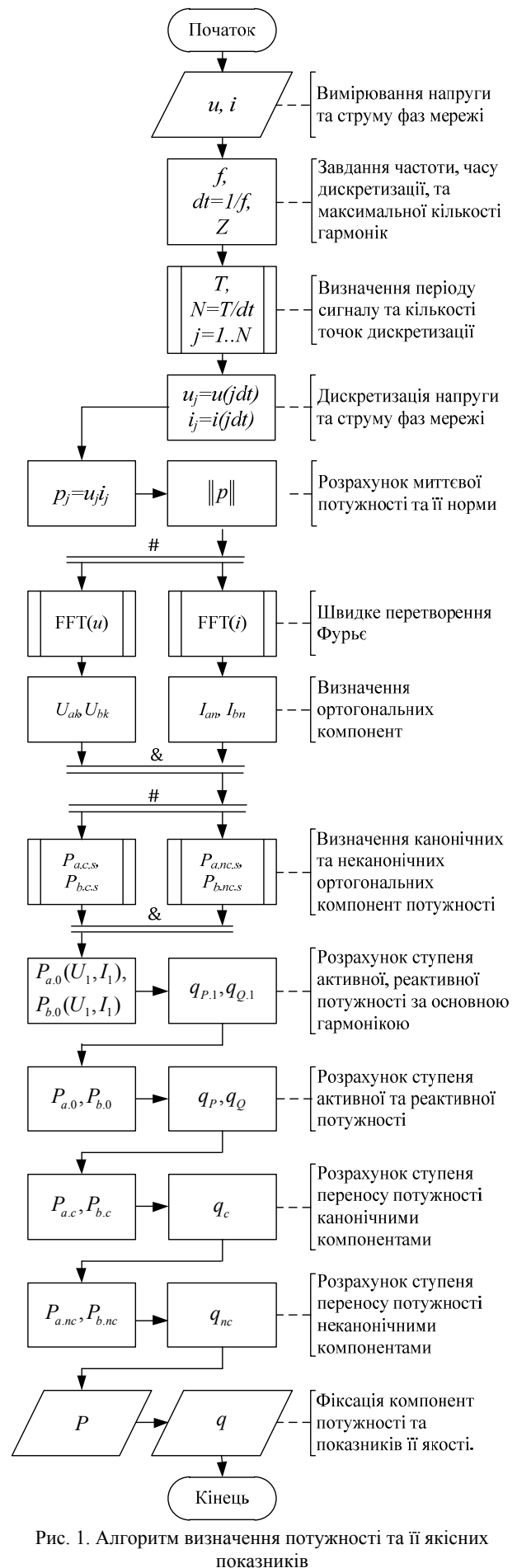


Рис. 1. Алгоритм визначення потужності та її якісних показників

3. Канонічні компоненти потужності ($k = n$)

$$\left\{ \begin{array}{l} P_{a.c.s} = \begin{cases} 0.5 \sum_{|k+n|=s} (U_{bk}I_{bn} - U_{ak}I_{an}); \\ 0.5 \sum_{|k-n|=s} (U_{bk}I_{bn} + U_{ak}I_{an}); \end{cases} \\ P_{b.c.s} = \begin{cases} 0.5 \sum_{|k+n|=s} (U_{ak}I_{bn} + U_{bk}I_{an}); \\ 0.5 \sum_{|k-n|=s} (U_{ak}I_{bn} - U_{bk}I_{an}) \text{sign}(k-n). \end{cases} \end{array} \right. \quad (6)$$

4. Неканонічні компоненти потужності $P_{a.nc.s}$, $P_{b.nc.s}$, які розраховуються за системою рівнянь (6) за умови ($k \neq n$).

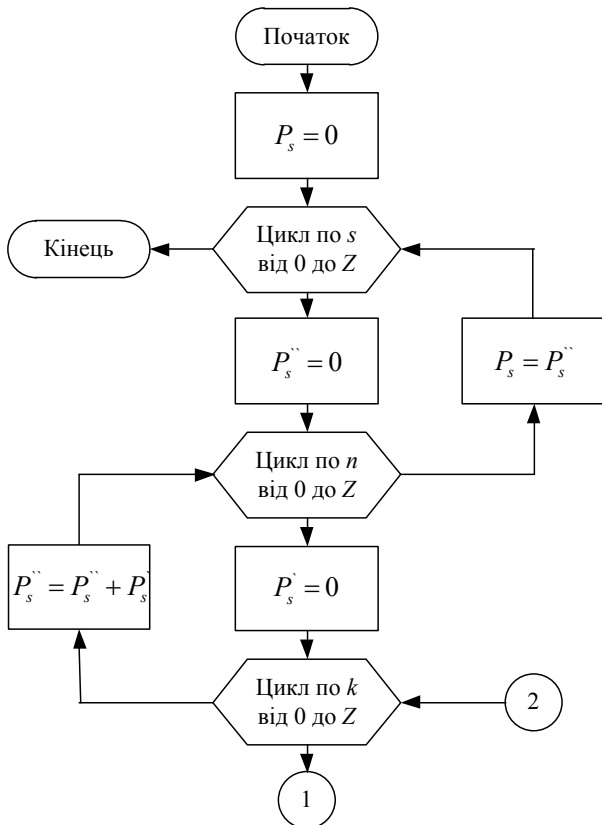


Рис. 2. Алгоритм визначення ортогональних компонент потужності

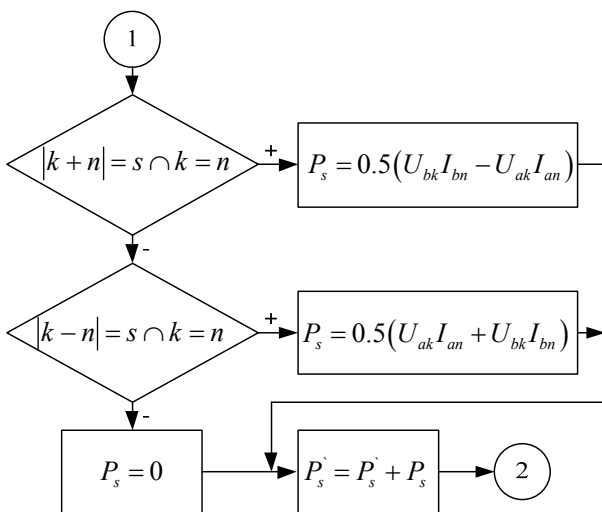


Рис. 3. Цикл визначення косинусних канонічних компонент

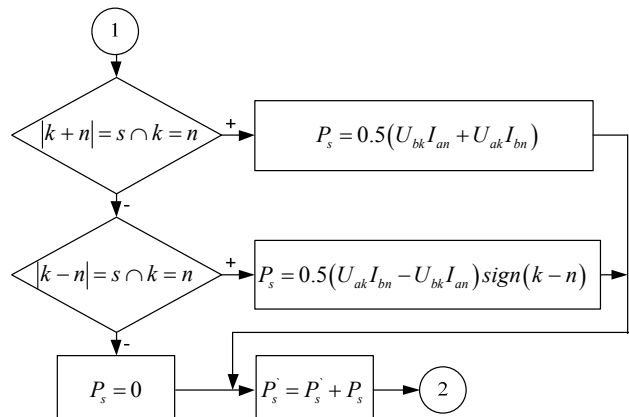


Рис. 4. Цикл визначення синусних канонічних компонент

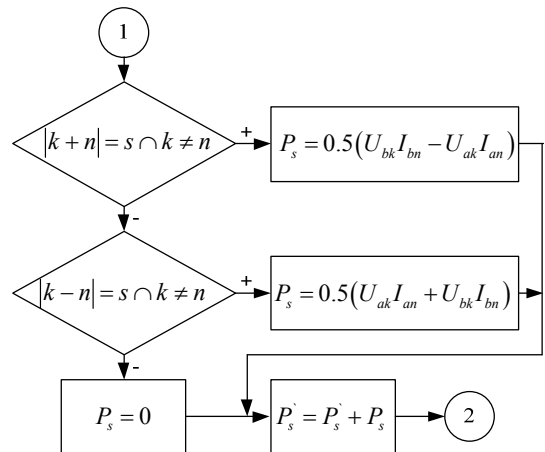


Рис. 5. Цикл визначення косинусних неканонічних компонент

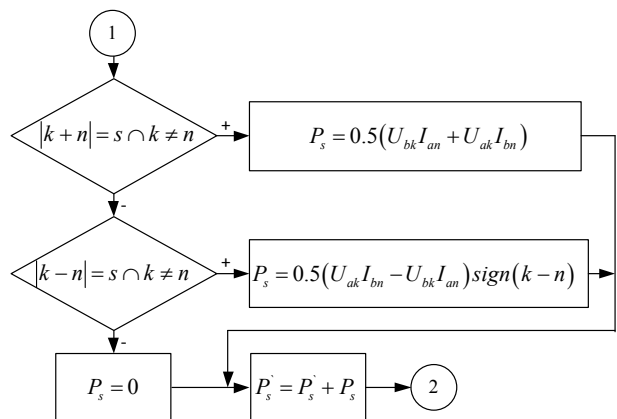


Рис. 6. Цикл визначення синусних неканонічних компонент

Таким чином, потужність можна представити в тригонометричній формі наступним рядом

$$p = P_{a,0} \cos(0) + \sum_{s \neq 0} (P_{a.c.s} + P_{a.nc.s}) \cos(s\omega t) + P_{b,0} \sin(0) + \sum_{s \neq 0} (P_{b.c.s} + P_{b.nc.s}) \sin(s\omega t),$$

Зазначені вище компоненти потужності певним чином характеризують процес передачі електричної енергії. Узагальнено цей процес можна охарактеризувати використовуючи квадратичну норму потужності

$$\|p\| = \sqrt{\frac{1}{T} \int_t^{t+T} p^2 dt}.$$

Використовуючи аналогічні співвідношення та раніше використані компоненти потужності запропоновано ряд показників, які характеризують процес передачі енергії:

1. Ступінь активної та реактивної потужності за основною гармонікою

$$q_{P,1} = \frac{P_{a,1-1}}{\|p\|}; q_{Q,1} = \frac{P_{b,1-1}}{\|p\|}.$$

2. Ступінь активної та реактивної потужності

$$q_P = \frac{P_{a,0}}{\|p\|}; q_Q = \frac{P_{b,0}}{\|p\|}.$$

3. Ступінь переносу потужності канонічними компонентами

$$q_c = \frac{\sqrt{\sum P_{a.c.s}^2 + \sum P_{b.c.s}^2}}{\|p\|}.$$

4. Ступінь переносу потужності неканонічними компонентами

$$q_{nc} = \frac{\sqrt{\sum P_{a.nc.s}^2 + \sum P_{b.nc.s}^2}}{\|p\|}.$$

Ці показники відбивають якість передачі енергії, як у разі її споживання, так і генерації, з урахуванням компонент, які викликані вищими гармоніками струму та напруги. Ці показники потребують докладного обґрунтування з позиції процесів перетворення енергії в електричних колах та можуть бути розширені зокрема в частині впливу переходу псевдоканонічних гармонік потужності в канонічні гармоніки порядку яких співпадає.

Висновки та напрям подальших досліджень.

Запропоновано методику та порядок визначення потужності на підставі вимірювань струму та напруги, в результаті реалізації якого фіксуються компоненти потужності та показники її якості.

Для кіл з полігармонійними струмами та напругами на підставі їх ортогональних компонент, використовуючи відомий розподіл потужності на постійну, канонічні, неканонічні компоненти, розроблений алгоритм розрахунку, та відповідні цикли для кожної з компонент.

Визначено ланку показників, які характеризують процес передачі електричної енергії з урахуванням якості: ступінь активної та реактивної потужності за основною гармонікою; ступінь активної та реактивної потужності; ступінь переносу потужності канонічними компонентами; ступінь переносу потужності неканонічними компонентами.

Запропоновані показники потребують обґрунтування з позиції фізичних процесів розподілу електричної енергії в елементах електричних кіл, та, що більш важливо, систем електропостачання.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Белов М.П., Новиков А.Д., Рассудов Л.Н. Автоматизированный электропривод типовых производственных механизмов и технологических комплексов. М.: Издательский центр «Академия», 2007. – 576 с.

2. Wang J., Duan C. Equivalent Power Spectrum Analysis Method for Feature Extraction // 2010 International Conference on Measuring Technology and Mechatronics Automation, Changsha City. – 2010. – pp. 120-123. doi: 10.1109/ICMTMA.2010.222.

3. Тугай Д.В. Устройства силовой электроники в Smart Grid // Світлотехніка та електроенергетика. – 2016. – №2. – С. 10-26.

4. Emanuel A.E. Power Definitions and the Physical Mechanism of Power Flow. – John Wiley & Sons Ltd, The Atrium, Southern Gate, Chichester, West Sussex, United Kingdom, 2010. doi: 10.1002/9780470667149.

5. Жемеров Г.Г. Физический смысл понятия «реактивная мощность» применительно к трехфазным системам электроснабжения с нелинейной нагрузкой // Електротехніка і електромеханіка. – 2015. – №6. – С. 36-42. doi: 10.20998/2074-272X.2015.6.06.

6. «IEEE Recommended Practice for Monitoring Electric Power Quality» in IEEE Std 1159-2009 (Revision of IEEE Std 1159-1995). – 2009. – 81 p. doi: 10.1109/IEEESTD.2009.5154067.

7. «IEEE Standard Definitions for the Measurement of Electric Power Quantities Under Sinusoidal, Nonsinusoidal, Balanced, or Unbalanced Conditions» in IEEE Std 1459-2010 (Revision of IEEE Std 1459-2000). – 2010. – 50 p. doi: 10.1109/IEEESTD.2010.5439063.

8. Jeltsema D. Budeanu's concept of reactive and distortion power revisited // 2015 International School on Nonsinusoidal Currents and Compensation (ISNCC). – 2015. – pp. 1-6. doi: 10.1109/ISNCC.2015.7174697.

9. Willems J.L. Budeanu's Reactive Power and Related Concepts Revisited // IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement. – 2011. – vol.60. – no.4. – pp. 1182-1186. doi: 10.1109/TIM.2010.2090704.

10. Zagirnyak M., Korenkova T., Kovalchuk V. Estimation of electromechanical systems power controllability according to instantaneous power components // 2014 IEEE International Conference on Intelligent Energy and Power Systems (IEPS). – Kyiv, 2014. – pp. 266-272. doi: 10.1109/IEPS.2014.6874192.

11. Родькин Д. И. Особенности применения энергетического метода идентификации двигателей переменного тока при псевдополигармонических сигналах // Електромеханічні і енергозберігаючі системи. – 2009. – Вип.1/2009(5). – С. 7-20.

12. Bialobrzeskiy O., Rod'kin D., Gladyr A. Power components of electric energy for technical and commercial electricity metering // Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu. – 2018. – no.2. – pp. 70-79. doi: 10.29202/nvngu/2018-2/10.

REFERENCES

1. Belov M.P., Novikov A.D., Rasudov L.N. *Avtomatizirovannyi elektroprivod tipovykh proizvodstvennykh mekhanizmov i tekhnologicheskikh kompleksov* [Automated electric drive of standard production mechanisms and technological complexes]. Moscow, Publishing Center «Akademiya», 2007. 576 p. (Rus).

2. Wang J., Duan C. Equivalent Power Spectrum Analysis Method for Feature Extraction. *2010 International Conference on Measuring Technology and Mechatronics Automation*, Changsha City, 2010, pp. 120-123. doi: 10.1109/ICMTMA.2010.222.

3. Tugay D.V. Power electronics devices in the Smart Grid. *Lighting engineering and power engineering*, 2016, no.2, pp. 10-26. (Rus).

4. Emanuel A.E. *Power Definitions and the Physical Mechanism of Power Flow*. John Wiley & Sons Ltd, The Atrium, Southern Gate, Chichester, West Sussex, United Kingdom, 2010. doi: 10.1002/9780470667149.

5. Zhemerov G.G., Tugay D.V. Physical meaning of the «reactive power» concept applied to three-phase energy supply systems with non-linear load. *Electrical engineering & Electrome-*

chanics, 2015, no.6, pp. 36-42. (Rus). doi: 10.20998/2074-272X.2015.6.06.

6. «IEEE Recommended Practice for Monitoring Electric Power Quality» in IEEE Std 1159-2009 (Revision of IEEE Std 1159-1995), 2009, 81 p. doi: 10.1109/IEEESTD.2009.5154067.

7. «IEEE Standard Definitions for the Measurement of Electric Power Quantities Under Sinusoidal, Nonsinusoidal, Balanced, or Unbalanced Conditions» in IEEE Std 1459-2010 (Revision of IEEE Std 1459-2000), 2010, 50 p. doi: 10.1109/IEEESTD.2010.5439063.

8. Jeltsema D. Budeanu's concept of reactive and distortion power revisited. 2015 International School on Nonsinusoidal Currents and Compensation (ISNCC), 2015, pp. 1-6. doi: 10.1109/ISNCC.2015.7174697.

9. Willems J.L. Budeanu's Reactive Power and Related Concepts Revisited. IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement, 2011, vol.60, no.4, pp. 1182-1186. doi: 10.1109/TIM.2010.2090704.

10. Zagirnyak M., Korenkova T., Kovalchuk V. Estimation of electromechanical systems power controllability according to instantaneous power components. 2014 IEEE International Conference on Intelligent Energy and Power Systems (IEPS), Kyiv, 2014, pp. 266-272. doi: 10.1109/IEPS.2014.6874192.

11. Rodkin D.I. Particularities of the using the energy method to identifications of induction motors at pseudopoligarmonical signal, Electromechanical and energy saving systems, 2009, iss.1/2009(5), pp. 7-20. (Rus).

12. Bialobrzheskyi O., Rod'kin D., Gladyr A. Power components of electric energy for technical and commercial electricity metering. Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu, 2018, no.2, pp. 70-79. doi: 10.29202/nvngu/2018-2/10.

Надійшла (received) 29.08.2018

Бялобржеський Олексій Володимирович¹, к.т.н., доц.,
Род'кін Дмитро Йосипович¹, д.т.н., професор,

¹ Кременчуцький національний університет
імені Михайла Остроградського,
39600, Полтавська обл., Кременчук, вул. Першотравнева, 20,
e-mail: seemAl@kdu.edu.ua, saue@kdu.edu.ua

O.V. Bialobrzheskyi¹, D.I. Rodkin¹

¹ Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University,
20, Pershotravneva Str., Kremenchuk, Poltava region, 39600,
Ukraine.

Alternative indicators of power of electric energy in a single-phase circuit with polyharmonic current and voltage.

Introduction. Many electrical engineering issues use a power balance. It is compiled from averaged power values, and equivalent power is used to characterize power of transient processes. To account electricity, both mono- and polyharmonic currents and voltages use active and reactive power, the quality of electricity is not taken into account.

Problem. A number of works are declared a certain number of power components that reflect indicators of quantity and quality of electrical energy. These components of power are subject to criticism. The order of determining power components requires algorithmization, as well the task of determining indicators that will reflect poor quality of energy. **Goal.** Development of a technique for determining the components of power in single-phase circuits with polyharmonic current and voltage, for definition electrical energy transmission indicators. **Methodology.** Based on analysis of power components determined in known papers and order of their calculation, the features of taking sign of sine and cosine orthogonal components are marked, depending on combination of numbers a current and voltage harmonics. Using Fourier theory of series and elements of the logic algebra, an algorithm for determining components of electric power energy is developed. **Results.** Highlighting active and reactive powers of the fundamental harmonic of current and voltage; active and reactive power; canonical power components; non-canonical power components, and proposed indicators of quality of transmission of electrical energy. **Originality.** Based on analysis of power represented by trigonometric Fourier series, the specific calculation of canonical and non-canonical components with use of a number of indicators of electric energy transmission is proposed that reflect its quality. **Practical value.** The proposed power components of transmission of electrical energy can be used in technical accounting systems. References. 12, figures 6.

Key words: power of electric energy, quality indicators, power norm, quantity and quality of electric energy.