

граммно-аппаратный комплекс обеспечивает и весь спектр защит самих электродвигателей маслонасосов от возникновения и развития аварийных ситуаций, таких как замыкание в обмотке статора, пробой на корпус, неполнофазный режим и т. д. В настоящий момент прототип данного устройства проходит опытную эксплуатацию на объекте.

#### Список использованных источников:

1. Методика диагностики усилия прессовки обмоток трансформаторов / М.Н. Гервиц [и др.] // Электрические станции. – 1997. – № 5. – С. 58-60.
2. Барков А.В. Мониторинг и диагностика роторных машин по вибрации : учебное пособие / А.В. Барков, Н.А. Баркова, А.Ю. Азовцев. – СПб. : Изд. центр СПбГМТУ, 2000. – 159 с.
3. Дьяченко М.Д. Система автоматического дистанционного мониторинга состояния контактных соединений высоковольтного оборудования электрических сетей / М.Д. Дьяченко, Ю.А. Тесля // Энергетика. Известия высших учебных заведений и энергетических объединений СНГ. – 2013. – № 6. – С. 19-24.

#### References:

1. Gervits M.N., Osotov V.N., Petrishchev L.S. Metodika diagnostiki usiliiia pressovki obmotok transformatorov [Technique for diagnosing the stress of pressing transformers]. *Elektricheskie stantsii – Electric stations*, 1997, no. 5, pp. 58-60. (Rus.)
2. Barkov A.V., Barkova N.A., Azovtsev A.Iu. *Monitoring i diagnostika rotornykh mashin po vibratsii: uchebnoye posobie* [Monitoring and diagnostics of rotary machines by vibration: textbook]. Saint Petersburg, Izd. tsentr SPbGMTU Publ., 2000. 159 p. (Rus.)
3. D'iachenko M.D., Teslia Iu. A. Sistema avtomaticheskogo distantsionnogo monitoringa sostoianiiia kontaknykh soedinenii vysokovol'tnogo oborudovaniia elektricheskikh setei [The system of automatic remote monitoring of the status of contact connections of high-voltage equipment of electric networks]. *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Energetika – Energetika. Proceedings of CIS higher education institutions and power engineering associations*, 2013, no. 6, pp. 19-24. (Rus.)

Рецензент: И.В. Жежеленко  
д-р техн. наук, проф., ГВУЗ «ПГТУ»

Статья поступила 05.04.2017

УДК 621.316.13

© Терешкевич Л.Б.<sup>1</sup>, Хоменко О.О.<sup>2</sup>

### СИМЕТРУВАННЯ ЕЛЕКТРИЧНОГО РЕЖИМУ ШЛЯХОМ ЗСУВУ В ЧАСІ ГРАФІКІВ НАВАНТАЖЕННЯ ЕЛЕКТРОПРИЙМАЧІВ ОДНОФАЗНОГО ВИКОНАННЯ

*Розроблено метод симетрування електричного режиму шляхом зсуву в часі графіків навантажень однофазних електроприймачів, що під'єднуються до вузла трипровідної електричної мережі. В основу методу покладено перебір усіх можливих варіантів зсувів графіків навантажень, що дозволяє гарантовано отримати оптимальне рішення за критерієм, що пропорційний додатковим втратам енергії в лінії, яка живить вузол з однофазними електроприймачами. Ефективність досліджень перевірено на контрольному прикладі.*

**Ключові слова:** графіки навантажень, несиметричне навантаження, додаткові втрати енергії, оптимальне рішення, симетрування режиму.

<sup>1</sup> канд. техн. наук, доцент, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, [lbter@meta.ua](mailto:lbter@meta.ua)

<sup>2</sup> аспірант, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, [o.o.khomenko.vntu@gmail.com](mailto:o.o.khomenko.vntu@gmail.com)

*Терешкевич Л.Б., Хоменко А.А. Симметрирование электрического режима путем сдвига во времени графиков нагрузок электроприемников однофазного исполнения. Разработан метод симметрирования электрического режима путем сдвига во времени графиков нагрузок однофазных электроприемников, подключенных к узлу трехпроводной электрической сети. В основу метода положен перебор всех возможных вариантов сдвигов графиков нагрузок, что позволяет гарантированно получить оптимальное решение по критерию эффективности, пропорциональному дополнительным потерям энергии в линии, питающей узел с однофазными электроприемниками. Эффективность исследований проверена на контрольном примере.*

*Ключевые слова:* графики нагрузок, несимметричные нагрузки, дополнительные потери энергии, оптимальное решение, симметрирование режима.

*L.B. Tereshkevich, O.O. Khomenko. Balancing the electric mode by shifting with time of one-phase electric receiver load graphs. A method for balancing the electrical mode by shifting the load diagrams of single-phase electric receivers in time has been developed, that does not require additional capital investments for its implementation, does not affect the technological process and, in certain cases, does not reduce the products output. The method is believed, on the basis of the information on the load curves of single-phase electric receivers connected to one node of the electrical network, to evaluate the mode asymmetry in the supplying three-wire line with all possible relative temporal shifts of the graphs. The criterion for choosing the optimal variant is additional losses of active energy in the supply line due to the asymmetry of the mode. To do this, a set of negative sequence current matrices generated by electric receivers is formed, with the number of rows equal to the number of stages of the load curve, and the number of columns is the tripled number of single-phase power receivers. The total number of matrices is equal to the number of variants of shifts of graphs relative to any of the steps of one of them. The realized connection of electric receivers to the network is described in Boolean variables and is represented by a vector with the number of elements equal to three times the number of electric receivers. To estimate the effect of implementing any variant of the shifts, one can multiply the corresponding matrix of negative sequence currents by the connection vector, and to process the obtained result then. All work on the synthesis of matrices, calculations and selection of the optimal variant is algorithmized, which makes it possible to use information technologies for decision making. The effectiveness of the developed method is illustrated by a numerical example.*

*Keywords:* graphs of loads, asymmetrical load, additional energy loss, the optimum solution, balancing mode.

**Постановка проблеми.** Робота технологічного обладнання однофазного виконання, як і симетричного, супроводжується зміною його потужності, що обумовлено вимогами технології виробництва, тобто однофазні електроприймачі мають певний графік навантажень. Будучи під'єднаними до трифазної мережі, електроприймачі однофазного виконання створюють несиметрію струмів, на яку можна вплинути шляхом зсуву їх графіків навантаження в часі, що підтверджується даними дослідженнями.

Такий технічний підхід не потребує додаткових капітальних витрат і тому має запроваджуватись в першу чергу.

Отримані результати можуть бути поліпшені шляхом оптимального під'єднання однофазних навантажень до трифазної мережі [1-5], а у випадках недостатності зазначених заходів треба вирішувати технічну задачу встановлення додаткових пристроїв для зниження несиметрії [6, 7].

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** У відомих наукових роботах [1, 3, 8, 9] шляхом зсувів індивідуальних графіків вирішується задача синтезу групового графіка навантаження з певним характером. Так в роботі [8] розроблені методи вирівнювання циклічних групових графіків навантаження. За критерій ефективності використана дисперсія потужності групового графіка навантажень. Метод зменшення нерівномірності групових графіків навантажень елект-

роприймачів однофазного виконання, що формується групою нециклічних індивідуальних графіків за умови забезпечення планового завдання, розроблено в [1]. Знайдені розв'язки забезпечують мінімум середньої активної потужності групового графіка на інтервалах часу контролюваного системою максимуму. Вирівнювання групового графіка методами імітаційного моделювання запропоновано в [9], а в [3] вирівнювання групового циклічного графіка виконується за методами динамічного програмування, використовуючи, як критерій, сумарний взаємкореляційний момент.

Зсуви графіків навантажень окремих однофазних електроприймачів, які здійснюються з метою симетрування електричних режимів, залишаються не вивченими і науковцями не розглядалися.

**Метою роботи** є розробка методу симетрування електричного режиму шляхом зсуву в часі графіків навантаження однофазних електроприймачів, що під'єднані до одного вузла трипровідної мережі, який забезпечить можливість використання інформаційних технологій прийняття рішення.

**Викладення основного матеріалу.** Параметри несиметричного режиму змінюються в часі і тому оцінку будь-яких впливів, що здійснюються на нього на інтервалі часу  $t_1 - t_K$ , можна виконувати за допомогою показника якості [9], який для зазначеної задачі в неперервному часі можна записати так:

$$J = \int_{t_1}^{t_K} I_{II}^2(t) dt \rightarrow \min, \quad (1)$$

де  $I_{II}$  – струм зворотної послідовності в лінії живлення групи однофазних електроприймачів;  
 $t_1$ ;  $t_K$  – початковий та кінцевий (не фіксований) моменти часу.

$$I_{II} = \sum_{n=1}^N I_{IInm},$$

де  $I_{IInm}$  – вектор струму зворотної послідовності, що створюється навантаженням  $n$  при його під'єднанні до напруги  $m$ ;  $m = 1; 2; 3$ . Якщо  $m = 1$ , то навантаження під'єднане до напруги  $U_{AB}$ , якщо  $m = 2$ , то до напруги  $U_{BC}$ , а якщо  $m = 3$ , то до  $U_{CA}$ .

Показник якості (1) має енергетичний зміст. Він пропорційний додатковим втратам енергії, що зумовлені несиметрією режиму.

На інтервалі часу  $t_1 - t_K$  виділимо дискретні моменти  $t_k$  з однаковою тривалістю інтервалів  $t_k \div t_{k+1}$ ,  $k = 1; 2; \dots; K$ , на яких параметри графіків навантаження залишаються незмінними.

Оцінювання будь-якого  $i$ -го варіанту зсуву графіків навантажень однофазних електроприймачів можна виконати за виразом, який по суті є показником якості (1), записаним в дискретному часі:

$$J_i = \sum_{k=1}^K (I_{IIk})_i^2, \quad (2)$$

де  $(I_{IIk})_i$  – сумарний струм зворотної послідовності в лінії живлення, що створюється групою однофазних електроприймачів в момент часу  $t_k$  при  $i$ -тому варіанті зсуву графіків навантаження.

Необхідні розрахунки кожної складової  $(I_{IIk})_i$  виконуються наступним шляхом:

$$(I_{II})_i = (I)_i \cdot X, \quad (3)$$

де  $(I_{II})_i$  – матриця сумарних векторів струмів зворотної послідовності в лінії живлення, які створюються групою однофазних електроприймачів на всіх інтервалах часу при  $i$ -тому варіанті зсуву графіків навантаження вимірністю  $(K \times 1)$ ;

$(I)_i$  – матриця векторів струмів зворотної послідовності, що генеруються окремими однофазними електроприймачами в  $k$ -ті моменти часу за умови їх під'єднання до різних напруг для  $i$ -го варіанту зсуву графіків навантаження вимірністю  $(K \times 3N)$ , рядок якої виглядає так:

$$(\underline{L}_{II_1})_i^k (\underline{L}_{II_2})_i^k (\underline{L}_{II_3})_i^k (\underline{L}_{II_{21}})_i^k \dots (\underline{L}_{II_{N1}})_i^k (\underline{L}_{II_{N2}})_i^k (\underline{L}_{II_{N3}})_i^k,$$

де  $(\underline{L}_{II_m})_i^k$  – вектор струму зворотної послідовності, який створюється  $n$ -тим електроприймачем при його під'єднанні на напругу  $m$  в момент часу  $t_k$  при  $i$ -тому варіанті зсуву графіків навантаження;  
 $X$  – вектор під'єднання однофазних електроприймачів до мережі вимірністю  $(3N \times 1)$ ,

$$X^T = (x_{11} \ x_{12} \ x_{13} \ \dots \ x_{N1} \ x_{N2} \ x_{N3}),$$

де  $T$  – індекс транспонування.

Компоненти вектора  $X$  – булеві змінні. Під'єднання першого електроприймача описується змінними  $x_{11}$ ;  $x_{12}$  та  $x_{13}$ . Змінна  $x_{11}$  описує його під'єднання до напруги  $U_{AB}$ ,  $x_{12}$  – до напруги  $U_{BC}$ , а  $x_{13}$  – до  $U_{CA}$ . Якщо, наприклад,  $x_{11} = 1$ , то перший електроприймач під'єднується до  $U_{AB}$ . Тоді  $x_{12} = x_{13} = 0$ . Змінними  $x_{21}$ ;  $x_{22}$ ;  $x_{23}$  описується під'єднання другого електроприймача до мережі. Під'єднання  $n$ -го електроприймача описується змінними  $x_{n1}$ ;  $x_{n2}$ ;  $x_{n3}$ .

Вектор  $X$  в задачі, що поставлена, формується у відповідності до реального під'єднання однофазних навантажень до мережі.

Формування множини  $\{(\mathbf{I}_{II})_1 \ (\mathbf{I}_{II})_2 \ \dots \ (\mathbf{I}_{II})_i \ \dots \ (\mathbf{I}_{II})_{K^N}\}$  можна виконати за розробленим алгоритмом. Алгоритм передбачає попереднє складання матриць  $L_n$ ,  $V$  та  $W_i$  (у послідовності, в якій далі наводиться їх опис).

Множина матриць  $\{L_1 \ L_2 \ \dots \ L_n \ \dots \ L_N\}$ : будь-яка матриця  $L_n$  містить значення комплексів повних потужностей ступенів графіка  $n$ . Кожний стовпчик  $L_n$  відповідає одному із можливих варіантів зсуву графіка навантаження електроприймача  $n$  в прийнятій системі відліку часу, вимірність матриці  $L_n$  ( $K \times K$ ). Якщо орієнтація всіх зсувів виконується відносно першого графіка навантажень, то матрицю  $L_1$  складати не потрібно.

Матриця  $V$  – матриця загального опису всіх можливих варіантів зсувів графіків, які необхідно прорахувати для знаходження оптимального. Для цього достатньо намітити усі комбінації зсувів графіків навантажень, наприклад, відносно першого ступеня першого графіка навантаження. В матриці  $V$  опис  $i$ -го варіанту зсуву графіків міститься в  $i$ -тому її стовпчику,  $i = 1, 2, \dots, \frac{1}{K} K^N$ . Номер рядка матриці  $V$  відповідає номеру несиметричного навантаження.

Вимірність матриці  $V$  -  $\left(N \times \frac{1}{K} K^N\right)$ .

Алгоритм складання матриці  $V$  для будь-якої кількості однофазних електроприймачів та будь-якої кількості ступенів графіків навантажень (за умови, що кількість ступенів графіків всіх електроприймачів однакова) розроблено за результатами досліджень, спрямованих на виявлення характерних особливостей матриць  $V$ , які проявляються для всіх можливих  $K$  та  $N$ .

Компонентами множин матриць  $\{W_1 \ W_2 \ \dots \ W_i \ \dots \ W_{K^N}\}$  є комплекси повних потужностей ступенів графіків навантажень однофазних електроприймачів, що відповідають  $i$ -тому варіанту зсуву. Формування матриці  $W_i$  виконується за допомогою матриць  $V$  та  $L_n$ ,  $n = 1, 2, \dots, N$ . З матриці  $V$  відбирається інформація про  $i$ -ту комбінацію ступенів графіків навантажень і на підставі цього з матриць  $L_n$ ,  $n = 1, 2, \dots, N$ , послідовно зчитується відповідний  $i$ -тий стовпчик і записується  $n$ -тим стовпчиком в матрицю  $W_i$ , вимірність останньої –  $(K \times N)$ .

Множина матриць  $W_i$  дає можливість провести необхідні розрахунки та сформувати масив матриць  $(\mathbf{I})_i$ .

Розрахувавши за виразом (3) матрицю  $(\mathbf{I})_i$ , можна за виразом (2) оцінити показник ефективності для  $i$ -го варіанту  $J_i$

Оптимальний варіант зсуву графіків навантажень однофазних електроприймачів при фік-

сованому їх під'єднанні до мережі, який відповідає критерію (2), визначається як:

$$\min \{J_1 J_2 \dots J_i \dots J_{K^N}\} = J_\varepsilon.$$

Варіант зсуву графіків навантаження  $\varepsilon$  є оптимальним за критерієм ефективності (2).

Приклад вирішення задачі оптимального зсуву графіків навантажень. До вузла електричної мережі 0,4 кВ приєднано три однофазних електроприймача. Перший електроприймач під'єднаний до напруги  $U_{AB}$ , другий під'єднаний до  $U_{CA}$ , а третій до  $U_{BC}$ . Графіки навантажень кожного, на інтервалі часу технологічного циклу, наведені на рис. 1. Кожний наступний технологічний цикл починається відразу після закінчення попереднього.

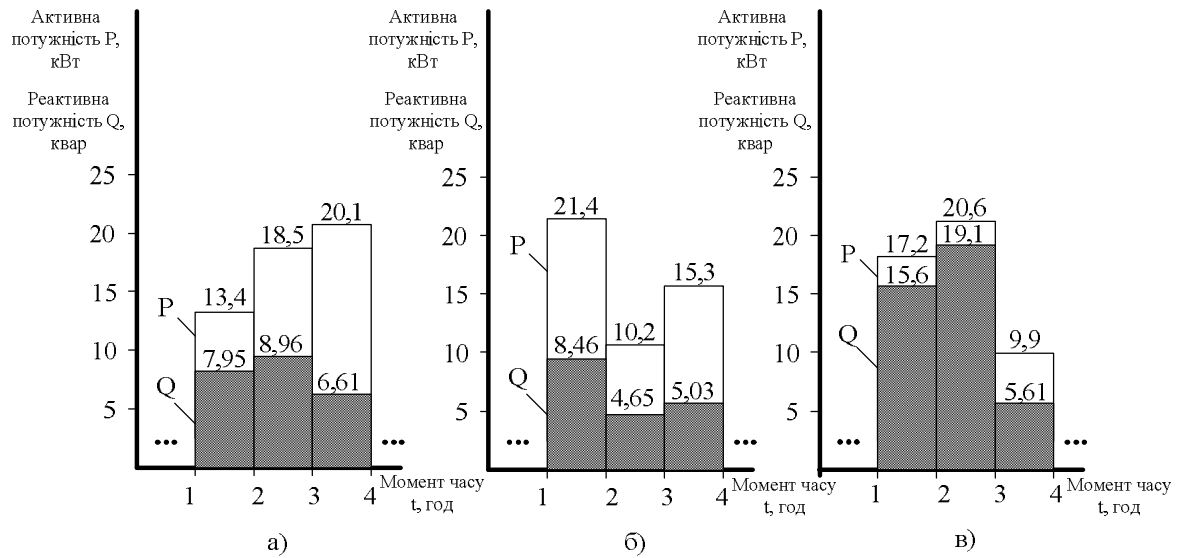


Рис. 1 – Графіки навантажень однофазних електроприймачів: а) – першого електроприймача; б) – другого електроприймача; в) – третього

Розрахувати оптимальний варіант зсуву в часі графіків навантажень з метою симетрування електричного режиму в лінії живлення.

Розв'язування.

1. Формується множина матриць  $\{L_1 L_2 \dots L_n \dots L_N\}$ . Наприклад, матриця  $L_2$  виглядає так:

$$L_2 = \begin{pmatrix} 21,4 + j8,46 & 10,2 + j4,65 & 15,3 + j5,03 \\ 15,3 + j5,03 & 21,4 + j8,46 & 10,2 + j4,65 \\ 10,2 + j4,65 & 15,3 + j5,03 & 21,4 + j8,46 \end{pmatrix}.$$

2. Формується матриця V:

$$V = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 2 & 2 & 2 & 3 & 3 & 3 \\ 1 & 2 & 3 & 1 & 2 & 3 & 1 & 2 & 3 \end{pmatrix}.$$

В  $i$ -тому стовпчику містяться номери ступенів всіх електроприймачів, що суміщені з першою ступеню графіка 1 в  $i$ -тому варіанті зсуву. Номер рядка матриці V відповідає номеру несиметричного електроприймача.

3. Формуються матриці  $W_i$ . Для даного прикладу загальна кількість матриць  $W_i$  – дев'ять. Матриця  $W_1$ , складена у відповідності до першого варіанту суміщення ступеней графіків навантаження, який описаний в першому стовпчику матриці V, має вигляд:

$$W_1 = \begin{pmatrix} 13,4 + j7,95 & 18,5 + j8,96 & 20,1 + j6,61 \\ 21,4 + j8,46 & 10,2 + j4,65 & 15,3 + j5,03 \\ 17,2 + j15,6 & 20,6 + j19,1 & 9,9 + j5,61 \end{pmatrix}.$$

Решта матриць  $W_i$  формуються аналогічно.

4. Проводяться розрахунки та формується множина матриць  $(\mathbf{I})_i$ .

Розрахунки, що виконуються з використанням інформації  $n$ -го стовпчика матриці  $W_i$ , дають можливість сформувати стовпчики  $(2n-2)$ ;  $(2n-1)$  та  $2n$  матриці  $(\mathbf{I})_i$ . Перший стовпчик матриці  $(\mathbf{I})_1$  буде таким:

$$\mathbf{I}_1 = \begin{pmatrix} 20,64 + j11,59 & \dots \\ 27,39 + j21,73 & \dots \\ 33,64 + j10,76 & \dots \end{pmatrix}$$

5. Формується вектор під'єднань –  $X$ :

$$\mathbf{X}^T = (1 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 1 \ 0 \ 1 \ 0)$$

6. Розраховується множина матриць  $(\mathbf{I}_H)_i$  і по отриманим результатам – показники якості для всіх варіантів можливих зсувів. За результатами формується масив  $\{J_i\}$ :

$$\{1249 \ 1746 \ 775,7 \ 617,1 \ 1486,6 \ 1493,3 \ 1194 \ 714 \ 1093\},$$

з якого видно, що мінімальне значення показника якості становить  $617,1 \text{ A}^2$  і відповідає воно  $i=4$ . Таким чином, оптимальним варіантом зсуву графіків навантаження однофазних електроприймачів є четвертий.

Для реалізації оптимального рішення потрібно забезпечити початки технологічних циклів, як показано на осі часу рис. 2, а. Залежність  $I_H^2(t)$  для оптимального зсуву графіків навантажень (залежність 1) та зсуву за варіантом 1 (залежність 2) на інтервалі часу технологічного циклу показана на рис. 2, б.

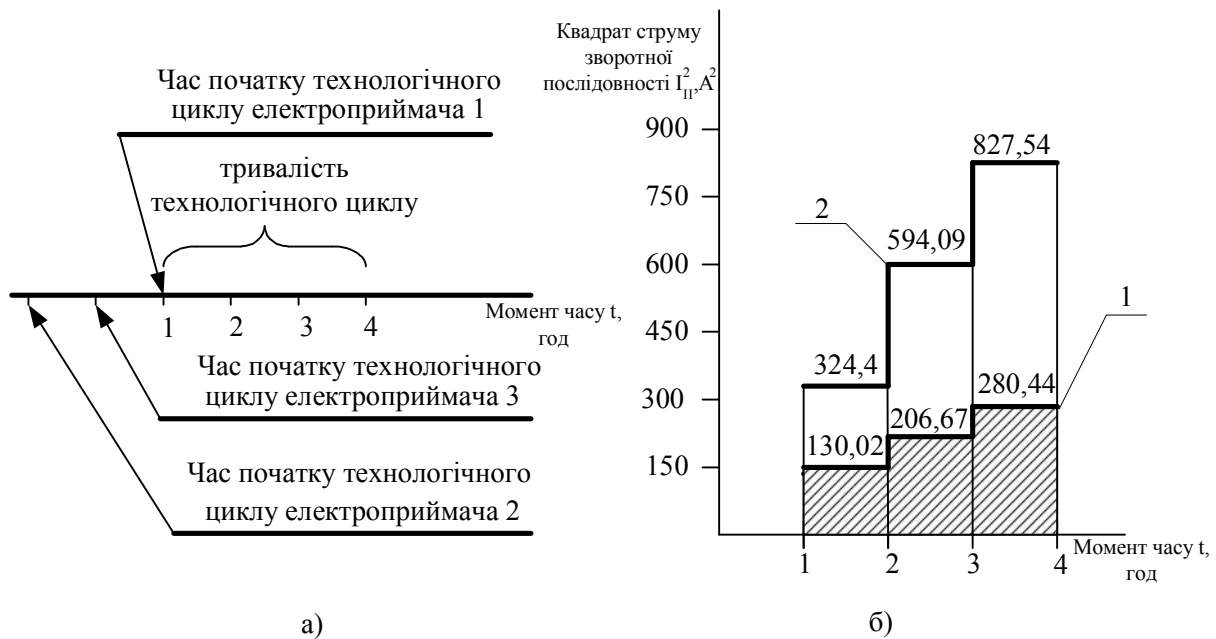


Рис. 2 – Практична реалізація оптимального рішення та його ефективність: а) – початки реалізацій технологічних циклів на осі часу, які забезпечують оптимальні зсуви графіків навантажень; б) –  $I_H^2(t)$  для оптимального (залежність – 1) та зсуву графіків навантаження за варіантом 1 (залежність – 2)

Порівняльна оцінка ефективності симетрування електричного режиму шляхом зсуву графіків навантажень однофазних електроприймачів для варіантів, які порівнюються, становить:

$$\frac{1746,03 - 617,12}{1746,03} \cdot 100 = 64,8\%$$

**Висновки**

Суттєве зниження несиметрії струмів, що створюється однофазними електроприймачами, під'єднаними до вузла мережі, можна досягнути шляхом зсуву в часі їх графіків навантаження.

Розроблений метод дозволяє розрахувати оптимальний зсув графіків навантажень несиметричних електроприймачів з метою зниження несиметрії струмів. В його основу покладено перебір можливих варіантів зсувів графіків навантажень, що гарантує знаходження оптимального варіанту.

Запропонований алгоритм дозволяє приймати технічні рішення з використанням інформаційних технологій.

**Список використаних джерел:**

1. Аввакумов В.Г. Методы не скалярной оптимизации и их приложения / В.Г. Аввакумов. – К. : Вища школа, 1990. – 188 с.
2. Троицкий А.И. Методы и средства снижения потерь электроэнергии в сельских и коммунальных распределительных электрических сетях при несимметричной нагрузке : автореф. дис. ...д-ра техн. наук : 05.14.02 / А.И. Троицкий; Сев.-Кавказ. гос. техн. ун-т. – Ставрополь, 2007. – 30 с.
3. Терешкевич Л. Б. АСУ в электроснабжении : навчальний посібник / Л.Б. Терешкевич. – Вінниця : ВНТУ, 2016. – 136 с.
4. Терешкевич Л.Б. Оптимальное внутреннее симметрирование группы двохручових електроустановок / Л.Б. Терешкевич, Т.З. Сагайдак, В.В. Захаров // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2010 – № 6 – С. 48-52.
5. Терешкевич Л.Б. Внутрішнє симетрування у вузлах приєднання ліній з однофазним навантаженням / Л.Б. Терешкевич, І.О. Бандура, О.С. Владико // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2013. – № 6. – С. 71-73.
6. Кузнецов В.Г. Снижение несимметрии и несинусоидальности напряжений в электрических сетях / В.Г. Кузнецов, А.С. Григорьев, В.Б. Данилюк. – К. : Наукова думка, 1992. – 240 с.
7. Кузнецов В.Г. Электромагнитная совместимость. Несимметрия и несинусоидальность напряжения / В.Г. Кузнецов, Э.Г. Куренный, А.П. Лютый. – Донецк : Донбасс, 2005. – 249 с.
8. Гордеев В.И. Регулирование максимума нагрузки промышленных электрических сетей / В.И. Гордеев. – М. : Энергоатомиздат, 1986. – 184 с.
9. Аввакумов В.Г. Математическая логистика в примерах и иллюстрациях / В.Г. Аввакумов. – Омск : ГОУ ВПО, 2008. – 299 с.

**References:**

1. Avvakumov V.G. *Metody neskaliarnoi optimizatsii i ikh prilozheniia* [Methods of nonscalar optimization and application]. Kiev, Vysshiaia shkola Publ., 1990. 188 p. (Rus.)
2. Troizkiy A.I. *Metody i sredstva snizheniia poter' elektroenergii v sel'skikh i kommunal'nykh raspredelitel'nykh elektricheskikh setiakh pri nesimmetrichnoi nagruzke*. Avtoref. diss. dokt. techn. nauk [Methods and means to reduce electricity losses in rural and municipal distribution electrical networks with asymmetric load. Thesis of doct. tech. sci. diss.]. Novocherkassk, 2007. 33 p. (Rus.)
3. Tereshkevych L.B. *ASU v elektrosposhivanni: navchal'nii posibnik* [ACS in power consumption: tutorial]. Vinnitsa, VNTU Publ., 2016. 136 p. (Ukr.)
4. Tereshkevych L.B., Sagaydak T.Z., Zakharov V.V. Optimal'ne vnutrishne simetruvannia grupi dvoplechevikh elektroustanovok [Optimum internal balancing group of double-arm electrical installation]. *Visnik Vinnits'kogo politekhnichnogo institutu – Herald of Vinnytsia Polytechnic Institute*, 2010, no.6, pp. 48-52. (Ukr.)
5. Tereshkevych L.B., Bandura I.A., Vladuko O.S. Vnutrishne simetruvannia u vuzlakh priednannia linii z odnofaznim navantazhenniam [Internal balancing the nodes joining the lines of single-phase load]. *Visnik Vinnits'kogo politekhnichnogo institutu – Herald of Vinnytsia Polytechnic Institute*, 2013, no.6, pp. 71-73. (Ukr.)
6. Kuznetsov V.G., Grigoriev A.S., Danyluk V.B. *Snizhenie nesimmetrii i nesinusoidal'nosti napriazhenii v elektricheskikh setiakh* [Reduction of asymmetry and nonsinusoidal voltage in electrical networks]. Kiev, Naukova Dumka Publ., 1992. 240 p. (Rus.)

7. Kuznetsov V.G., Grigogiev E.G., Luty A.P. *Elektromagnitnaia sovместimost'. Nesimmetriia i nesinusoidal'nost' napriazheniia* [Electromagnetic compatibility. Unbalance and nonsinusoidal voltage]. Donetsk: Donbass Publ., 2005. 249 p. (Rus.)
8. Gordeev V.I. *Regulirovanie maksimuma nagruzki promyshlennykh elektricheskikh setei* [Regulation of the maximum of the electric power supply of industrial electrical networks]. Moscow, Energoatomizdat Publ., 1986. 184 p. (Rus.)
9. Avvakumov V.G. *Matematicheskaiia logistika v primerakh i illiustratsiakh* [Mathematical logic in examples and illustrations]. Omsk, GOU VPO Publ., 2008. 299 p. (Rus.)

Рецензент: В.М. Кутін  
д-р техн. наук, проф., ВНТУ

Стаття надійшла 15.03.2017

УДК 621.316.727

© Бурлака В.В.<sup>1</sup>, Гулаков С.В.<sup>2</sup>, Поднебенная С.К.<sup>3</sup>, Савенко О.С.<sup>4</sup>

### О ВОЗМОЖНОСТЯХ УПРАВЛЕНИЯ ПАРАМЕТРАМИ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ СО СТОРОНЫ ЭЛЕКТРОПРИЕМНИКОВ С АКТИВНЫМИ ВЫПРЯМИТЕЛЯМИ

*В работе предложен способ управления параметрами качества электроэнергии распределительной сети путем модификации алгоритмов управления электроприемниками с активными выпрямителями, питающихся от этой сети. Так, за счет управления реактивной компонентой потребляемого тока таких выпрямителей возможно уменьшение колебаний напряжения в точке общего присоединения (ТОП), причем эффективность такого способа тем выше, чем выше отношение X/R сети. Также возможно снижение коэффициента гармоник напряжения в ТОП за счет интеграции функций параллельных активных фильтров в активные выпрямители. Предложенный способ позволяет ограниченно осуществлять управление потоками неактивной мощности в распределительной сети, что дает возможность повысить качество электроэнергии и снизить требуемую мощность фильтрокомпенсирующих устройств.*

**Ключевые слова:** качество электроэнергии, активный выпрямитель, коррекция коэффициента мощности, колебания напряжения, коэффициент несинусоидальности, неактивная мощность, система управления.

**В.В. Бурлака, С.В. Гулаков, С.К. Поднебенная, О.С. Савенко. Про можливість управління параметрами якості електроенергії з боку електроприймачів з активними випрямлячами.** В роботі запропонований спосіб управління параметрами якості електроенергії в розподільчій мережі шляхом модифікації алгоритмів управління електроприймачами з активними випрямлячами, що живляться від цієї мережі. Так, за рахунок керування реактивною компонентою споживаного струму таких випрямлячів можливе зменшення коливань напруги в точці загального приєднання (ТЗП), причому ефективність такого способу тим вище, чим вище відношення X/R

<sup>1</sup> канд. техн. наук, доцент, ГВУЗ «Приазовский государственный технический университет», г. Мариуполь, [vladimir.v.burlaka@gmail.com](mailto:vladimir.v.burlaka@gmail.com)

<sup>2</sup> д-р техн. наук, доцент, ГВУЗ «Приазовский государственный технический университет», г. Мариуполь, [gulakov\\_s\\_v@pstu.edu](mailto:gulakov_s_v@pstu.edu)

<sup>3</sup> канд. техн. наук, доцент, ГВУЗ «Приазовский государственный технический университет», г. Мариуполь, [podsvet@gmail.com](mailto:podsvet@gmail.com)

<sup>4</sup> спеціаліст, ГВУЗ «Приазовский государственный технический университет», г. Мариуполь, [savenko.olja@gmail.com](mailto:savenko.olja@gmail.com)