

# Фільтрація Струмів Трифазних Систем Електроживлення за Потужностями Окремих Фаз

Михайло Артеменко

кафедра акустичних та мультимедійних електронних систем

Національний технічний університет України  
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря  
Сікорського»  
Київ, Україна  
artemenko\_m\_ju@ukr.net

Юрій Кутафін

кафедра акустичних та мультимедійних електронних систем

Національний технічний університет України  
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря  
Сікорського»  
Київ, Україна  
yurkut@gmail.co

## Current Filtering of Three-Phase Power Supply Systems According to the Powers of Individual Phases

Mykhailo Artemenko

dept. of acoustic and multimedia electronic systems  
National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky  
Kyiv Polytechnic Institute"  
Kyiv, Ukraine  
artemenko\_m\_ju@ukr.net

Yurii Kutafin

dept. of acoustic and multimedia electronic systems  
National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky  
Kyiv Polytechnic Institute"  
Kyiv, Ukraine  
yurkut@gmail.com

**Анотація**—В даній роботі запропоновано новий спосіб керування активною фільтрацією струмів трифазних чотирипровідних систем електроживлення на основі вимірювання активних та реактивних потужностей окремих фаз. Виведені формули перерахунку фазних потужностей в потужності небалансу, що використовуються для формування компенсаційних сигналів. Результати комп'ютерного моделювання повністю підтвердили ефективність функціонування активного фільтра з керуванням у запропонований спосіб.

**Abstract**—This paper proposes a new controlling method for active current filtering of three-phase, four-wire power supply system based on the measuring of active and reactive powers of individual phases. Derived formulas for converting phase powers into unbalance powers, which are used to generate compensation signals. The results of computer modeling fully confirmed the effectiveness of the active filter with control in the proposed way.

**Ключові слова**—паралельний активний фільтр; трифазна чотирипровідна система живлення; потужність небалансу

**Keywords**—shunt active filter; three-phase four-wire power supply system; unbalance power

### I. АКТУАЛЬНІСТЬ ДОСЛІДЖЕННЯ

Несиметрія та нелінійність навантаження в трифазних системах електроживлення спричиняють появу неактивних потужностей, причому додаткові витрати енергії постачальника на циркуляцію струмів, пов'язаних з

потужністю небалансу, не обліковуються та не сплачуються споживачем. Для потреб розподіленої активної фільтрації (РАФ) потужність небалансу доцільно представити ортогональними складовими, що мають окремі внески у повну потужність [1]. Методології керування потужностями розподіленої генерації (РГ) поділяються на три категорії [2] (централізоване, децентралізоване та розподілене керування), причому тільки централізоване керування може бути застосоване для РАФ, оскільки воно використовує канали даних обміну інформацією між інверторами відновлюваних джерел РГ. Мета дослідження полягає у розвитку математичного апарату ідентифікації трифазних потужностей небалансу на основі вимірювання активних та реактивних потужностей окремих фаз для їх використання в РАФ з централізованим керуванням.

### II. ОСНОВНІ МАТЕРІАЛИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Лінійне несиметричне увімкнене зіркою навантаження трифазної чотирипровідної системи, що описується комплексними провідностями  $\bar{Y}_A$ ,  $\bar{Y}_B$ ,  $\bar{Y}_C$ , викликає наступні комплексні потужності [1]:

$$\begin{aligned} P - jQ &= U^2(\bar{Y}_A + \bar{Y}_B + \bar{Y}_C) / 3; \\ D_R - jD_I &= U^2(\bar{Y}_A + \dot{a}\bar{Y}_B + \dot{a}^2\bar{Y}_C) / 3; \\ N_R - jN_I &= U^2(\bar{Y}_A + \dot{a}^2\bar{Y}_B + \dot{a}\bar{Y}_C) / 3, \end{aligned} \quad (1)$$

де  $P$ ,  $Q$  - активна та реактивна потужності,  $D_R$ ,  $D_I$ ,  $N_R$ ,  $N_I$  - скалярні коефіцієнти розкладання потужності небалансу на ортогональні складові;  $U$  - діюче значення лінійної напруги;  $\dot{a} = e^{j2\pi/3}$ ;  $\tilde{a} = e^{-j2\pi/3}$ . Виразивши кожен комплексну провідність через активну та реактивну потужність окремих фаз  $\bar{Y}_k = 3(P_k - jQ_k)/U^2$ ;  $k = A, B, C$ , матимемо матричний зв'язок потужностей:

$$\begin{bmatrix} P - jQ \\ D_R - jD_I \\ N_R - jN_I \end{bmatrix} = \frac{U^2}{3} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & \dot{a} & \tilde{a} \\ 1 & \tilde{a} & \dot{a} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \bar{Y}_A \\ \bar{Y}_B \\ \bar{Y}_C \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & \dot{a} & \tilde{a} \\ 1 & \tilde{a} & \dot{a} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} P_A - jQ_A \\ P_B - jQ_B \\ P_C - jQ_C \end{bmatrix}. \quad (2)$$

Виділивши дійсні та реальні частини лівої та правої частин (2), отримаємо скалярний зв'язок зазначених потужностей:

$$\begin{aligned} D_R &= P_3 + Q_2; D_I = Q_3 - P_2; N_R = P_3 - Q_2; N_I = Q_3 + P_2; \\ X &= P \forall Q; X = X_A + X_B + X_C; \\ X_2 &= \sqrt{3}(X_B - X_C)/2; X_3 = X_A - (X_B + X_C)/2. \end{aligned} \quad (3)$$

Отримані значення потужностей використовувались для розрахунку компенсаційних сигналів активного фільтра струмів в комп'ютерній моделі трифазної чотирипровідної системи (рис. 1), реалізованій в програмному середовищі PLECS. Значення активного опору фази  $A R_a$  дискретно змінюється з часом, починаючи від значення 1 Ом в момент часу  $t=0$ , і надалі зростає на 1 Ом кожні 0.1 секунди. Результати моделювання (рис. 2) показують, що по завершенні перехідних процесів струми лінії передачі  $I_{ga}$ ,  $I_{gb}$ ,  $I_{gc}$  залишаються синусоїдними та симетричними, а їх амплітуди відповідають поточному значенню активної потужності  $P$ . Масштабоване значення коефіцієнту виграшу за потужністю втрат в лінії передачі  $K_{LS}$  відповідає розрахунковому в [1] значенню.

### III. ВИСНОВОК

Запропоновано новий спосіб керування активною фільтрацією струмів трифазних чотирипровідних систем електроживлення на основі вимірювання активних та реактивних потужностей окремих фаз, що може бути використаний в РАФ з централізованим керуванням.

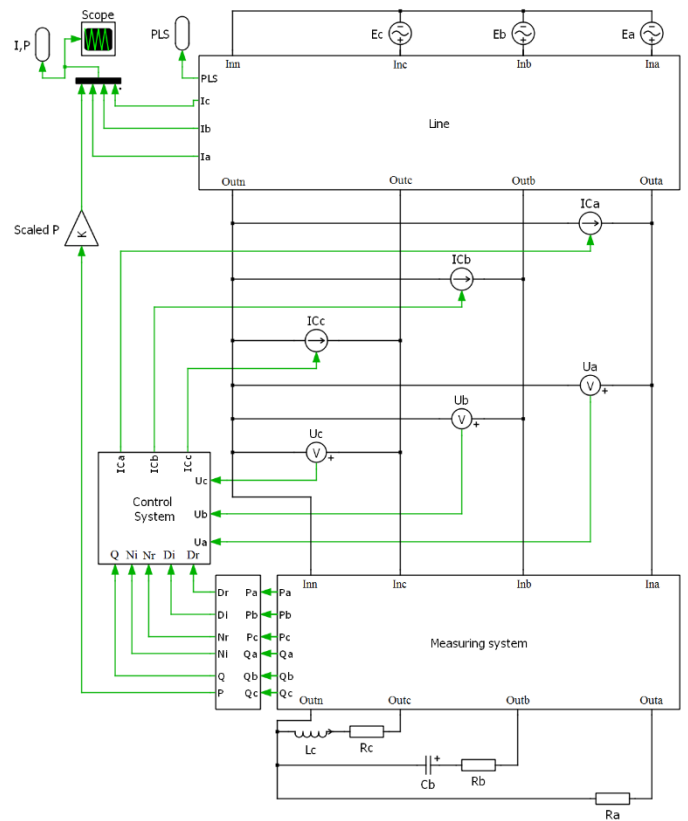


Рис. 1.Схема комп'ютерної моделі

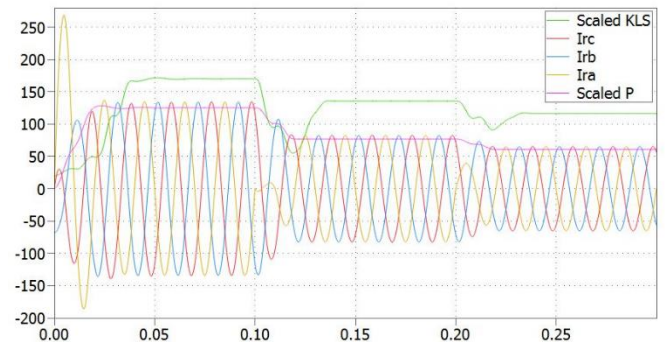


Рис. 2.Результати моделювання

Проведене комп'ютерне моделювання свідчить про ефективність функціонування активного фільтра з керуванням у запропонований спосіб.

### ЛІТЕРАТУРА REFERENCES

- [1] M.Yu. Artemenko, V.V. Chopyk, V.M. Mikhalsky, I.A. Shapoval, S.Y. Polishchuk. THE UNBALANCE POWER IDENTIFICATION IN THE THREE-PHASE FOUR-WIRE POWER SUPPLY SYSTEM FOR THE NEEDS OF ITS DISTRIBUTED COMPENSATION. Технічна електродинаміка. 2022. № 2. – С. 12 – 20. <https://doi.org/10.15407/techmed2022.02.012>
- [2] Z. Cheng, J. Duan and M.-Y. Chow, 'To Centralize or to Distribute: That Is the Question: A Comparison of Advanced Microgrid Management Systems', in IEEE Industrial Electronics Magazine, vol. 12, no. 1, pp. 6–24, March 2018.