

## АНАЛІЗ ПРОЦЕСУ КЕРУВАННЯ УНІФІКОВАНИМ РЕГУЛЯТОРОМ ЯКОСТІ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ ЗА ШВИДКИХ ЗМІН НАПРУГИ

<sup>1</sup>Вінницький національний технічний університет

*Проаналізовано процеси керування уніфікованим регулятором якості електроенергії (УРЯЕ) у разі швидких змін напруги в електричних мережах. Розглянуто паралельно-послідовну та послідовно-паралельну схеми УРЯЕ, які дозволяють за незначної компенсації реактивної потужності забезпечувати стабільність напруги на навантаженні. Запропоновано математичні моделі для оцінки напруги на навантаженні та реактивної потужності компенсаторів. Дослідження показали, що паралельний компенсатор ефективно знижує споживання реактивної потужності з мережі, тоді як послідовний компенсатор підвищує напругу на навантаженні. Отримані результати демонструють зміну напруги на навантаженні залежно від коливань напруги джерела живлення, а також вплив активного регулювання параметрів УРЯЕ на стабільність напруги мережі. Особливу увагу приділено адаптивному регулюванню, дослідженому в рамках математичної моделі, яка забезпечує оптимальну якість компенсації реактивної потужності та стабілізацію напруги на навантаженні. Отримані результати підтверджують ефективність запропонованого підходу до керування УРЯЕ, який забезпечує стабільну роботу системи та підвищення енергоефективності електромереж. До того ж показано, що впровадження подібних регуляторів у розподільчі мережі значно покращує їхню надійність і забезпечує відповідність сучасним вимогам щодо якості електроенергії. Запропоновані методи регулювання дозволяють ефективно адаптувати роботу УРЯЕ до умов змінного режиму електричної мережі. Аналіз математичної моделі підтвердив, що застосування розглянутих підходів забезпечує стабільність напруги та зменшення втрат потужності. Результати дослідження можуть бути основою для подальших досліджень у галузі керування якістю електроенергії.*

**Ключові слова:** уніфікований регулятор якості електроенергії (УРЯЕ), реактивна потужність, гармонічні спотворення, адаптивне регулювання, напруга на навантаженні, компенсатор, якість електроенергії.

### Вступ

У сучасних електроенергетичних системах забезпечення високої якості електроенергії є однією з ключових задач. Це зумовлено зростанням вимог до стабільності напруги, зниженням рівня гармонічних спотворень та необхідністю компенсації реактивної потужності. Одним з ефективних способів розв'язання цих задач є використання уніфікованих регуляторів якості електроенергії (УРЯЕ), які дозволяють підтримувати стабільну роботу електромереж навіть за умов швидких змін напруги [1], [2].

УРЯЕ забезпечують адаптивне регулювання параметрів електромережі за рахунок використання паралельних і послідовних компенсаторів. Така система дозволяє одночасно регулювати напругу на навантаженні та компенсувати реактивну потужність, мінімізуючи гармонічні спотворення. Проте ефективність роботи УРЯЕ залежить від налаштування системи керування та адаптивних алгоритмів, які враховують динаміку змін напруги в мережі [3], [4].

*Мета роботи* полягає у встановленні закономірностей керування УРЯЕ за змін напруги, розробці математичних моделей і дослідженні впливу параметрів регулювання УРЯЕ на стабільність напруги в залежності від характеру регулювання і вибраних параметрів за обмеження значень споживаної та генерованої активної та реактивної потужностей УРЯЕ.

## Дослідницька частина

УРЯЕ поділяють на паралельно-послідовний та послідовно-паралельний, в яких паралельний

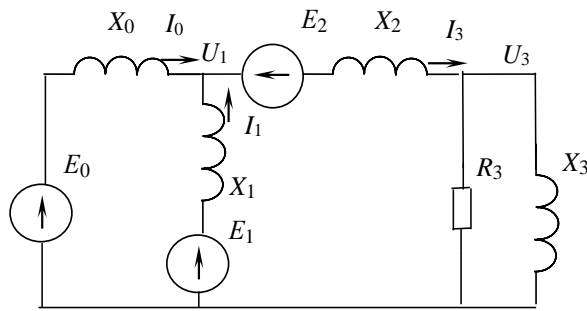


Рис. 1. Схема заміщення вузла мережі з паралельно-послідовним УРЯЕ

компенсатор  $(E_1, X_1)$  вмикається або зі сторони джерела, або зі сторони навантаження, а послідовний  $(E_2, X_2)$  навпаки — зі сторони навантаження або зі сторони джерела.

На рис. 1 показано схему заміщення вузла мережі з паралельно-послідовним УРЯЕ.

Взяті такі відносні значення параметрів вузла мережі з паралельно-послідовним УРЯЕ:

$X_0 = 0,1158$  в.о.;  $X_1 = 0,2646$  в.о. (реактивна потужність паралельного компенсатора  $0,5$  в.о.);  $X_2 = 0,0015$  в.о.;  $R_3 = 1,8375$  в.о.;  $X_3 = 2,7563$  в.о. (потужність навантаження  $S_3 = 0,6 + j0,4$  в.о.).

Провідності віток

$$Y_0 = \frac{1}{jX_0}; Y_1 = \frac{1}{jX_1}; Y_2 = \frac{1}{jX_2}; Y_3 = \frac{1}{R_3} + \frac{1}{jX_3}. \quad (1)$$

Напруги  $U_1$  та  $U_3$  розраховуються за формулою

$$\begin{bmatrix} U_1 \\ U_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Y_0 + Y_1 + Y_2 & -Y_2 \\ -Y_2 & Y_2 + Y_3 \end{bmatrix}^{-1} \cdot \begin{bmatrix} Y_0 \cdot E_0 + Y_1 \cdot E_1 + Y_2 \cdot E_2 \\ -Y_2 \cdot E_2 \end{bmatrix}. \quad (2)$$

Розглянемо режим активної стабілізації напруги паралельним компенсатором, за якого послідовний компенсатор працює в режимі пасивного вольтододавання, тобто у разі зменшення напруги джерела живлення лише реактивна потужність цілеспрямовано регулюється паралельним компенсатором УРЯЕ [5]—[7].

Напругу у вузлі приєднання УРЯЕ можна визначити за наближеною формулою

$$U_1 \approx \frac{Y_0 E_0 + Y_1 E_1}{Y_0 + Y_1}. \quad (3)$$

Для стабілізації напруги у вузлі приєднання УРЯЕ необхідним є виконання умови для двох різних режимів:

$$Y_0 E'_0 + Y_1 E'_1 = Y_0 E''_0 + Y_1 E''_1, \quad (4)$$

де  $E'_0, E''_0; E'_1, E''_1$  — значення  $E_0$  та  $E_1$  для двох різних режимів напруги електричної мережі.

Умова відсутності генерування реактивної потужності паралельного компенсатора, якщо  $E_0 = 1,05$ , формується у такому вигляді:

$$E_1 = U'_1 \approx 1,05 - \frac{1,05 - E_2}{1 + \frac{Y_0}{Y_2} + \frac{Y_0}{Y_3}}. \quad (5)$$

З останніх двох виразів впливає залежність, яка забезпечує стабілізацію напруги на навантаженні з використанням активного режиму керування паралельним компенсатором

$$E_1 = U_0 + \frac{Y_0}{Y_1} (E'_0 - E''_0), \quad (6)$$

де  $U_0 = U'_1$ , тут  $U'_1$  визначається з (5).

При цьому необхідно також забезпечити мінімальне значення активної потужності компенсаторів.

Умова відсутності споживання та генерування активної потужності послідовного компенсатора формується у такому вигляді:

$$E_2 = E_2' \left( 1 + j \frac{X_3}{R_3} \right), \quad (7)$$

де  $E_2'$  — значення ЕРС послідовного компенсатора, яке задається в процесі регулювання.

Для налаштування автоматичного режиму роботи УРЯЕ в режимі повної компенсації реактивної потужності та стабілізації напруги паралельним компенсатором (послідовний компенсатор працює в пасивному режимі вольтододавання) можна використати такі залежності:

$$\begin{aligned} E_1 &= U_0 + k_1 \frac{X_1}{R_0} (1 + j \operatorname{Im}(U_1')) (1,05 - E_0); \\ E_2 &= -E_2' \left( 1 + j \frac{X_3}{R_3} \right), \end{aligned} \quad (8)$$

де  $k_1$  — значення коефіцієнта паралельного компенсатора, яке задається в процесі регулювання.

Задавши значення  $k_1 = 0,8$ ;  $E_2' = 0,04$ , отримаємо такі значення ЕРС і напруг:

$E_1 = 1,006 - j0,066$ ;  $E_2 = -0,04 - j0,06$ ;  $U_1 = 1,006 - j0,066$ ;  $U_3 = 1,045 - j0,006$ , якщо  $E_0 = 1,05$   
та  $E_1 = 1,097 - j0,068$ ;  $E_2 = -0,04 - j0,06$ ;  $U_1 = 0,999 - j0,066$ ;  $U_3 = 1,038 - j0,007$ , якщо  $E_0 = 1,00$ .

Для  $E_0 = 1,05$  значення потужностей такі:

$$S_0 = 0,596 + j0,402; S_1 = 0,000 + j0,000; S_2 = 0,000 + j0,049; S_3 = 0,594 + j0,396,$$

а для  $E_0 = 1,0$ :  $S_0 = 0,571 + j0,009$ ;  $S_1 = 0,016 + j0,408$ ;  $S_2 = 0,000 + j0,049$ ;  $S_3 = 0,587 + j0,391$ .

Потужність послідовного компенсатора не змінюється. Послідовний компенсатор забезпечує підвищення напруги на навантаженні [8]—[10].

Недоліки такого режиму керування: дуже великий діапазон реактивної потужності, яку повинен генерувати паралельний компенсатор: від 0 до 0,408 в.о. за номінальної потужності 0,5 в.о., нестабільність напруги на навантаженні складає 0,007 (рис. 2), що зумовлено обмеженням потужності паралельного компенсатора ( $k_1 = 0,8$ ).

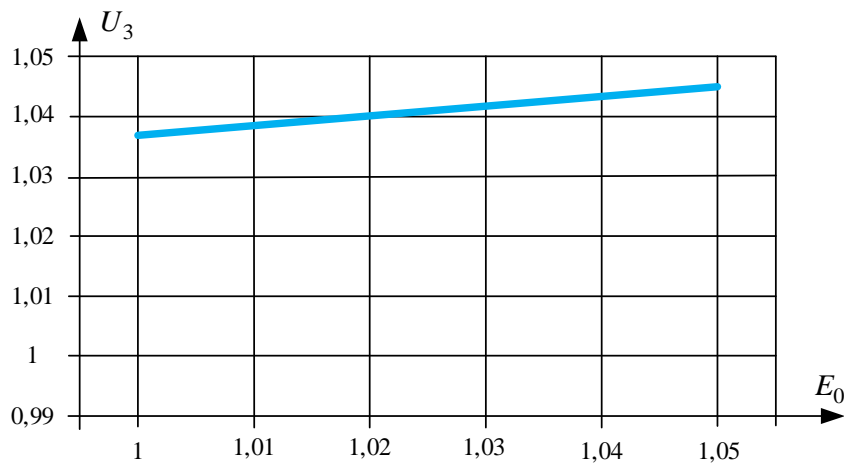


Рис. 2. Залежність напруги на навантаженні від напруги джерела живлення у вузлі навантаження з УРЯЕ

Розглянемо режим активного регулювання обох компенсаторів УРЯЕ за такими залежностями:

$$\begin{aligned} E_1 &= U_0 + k_1 \frac{X_1}{R_0} (1 + j \operatorname{Im}(U_2')) (1,05 - E_0); \\ E_2 &= -(U_2' + k_2 (1,05 - E_0)) \left( 1 + j \frac{X_3}{R_3} \right), \end{aligned} \quad (9)$$

де  $k_2$  — значення коефіцієнта послідовного компенсатора, яке задається в процесі регулювання.

Задавши значення  $k_1 = -0,3$ ;  $E_2' = 0,02$ ;  $k_2 = 0,85$ , отримаємо такі значення ЕРС і напруг:

$$E_1 = 1,005 - j0,063; E_2 = -0,02 - j0,03; U_1 = 1,005 - j0,063; U_3 = 1,024 - j0,034, \text{ якщо } E_0 = 1,05$$

та  $E_1 = 0,971 - j0,062$ ;  $E_2 = -0,063 - j0,094$ ;  $U_1 = 0,962 - j0,065$ ;  $U_3 = 1,024 + j0,028$  за  $E_0 = 1,00$ .

Для  $E_0 = 1,05$  значення потужностей:  $S_0 = 0,572 + j0,410$ ;  $S_1 = 0,000 + j0,000$ ;  $S_2 = -0,001 + j0,024$ ;  $S_3 = 0,572 + j0,381$ . Для  $E_0 = 1,0$  значення потужностей такі:

$$S_0 = 0,558 + j0,325; S_1 = 0,011 + j0,030; S_2 = 0,002 + j0,075; S_3 = 0,571 + j0,381.$$

Недолік такого режиму: реактивна потужність, яку повинен генерувати послідовний компенсатор, досить велика — 0,075. До того ж, паралельний компенсатор для стабілізації напруги повинен генерувати таку активну і реактивну потужність: 0,011 та 0,030 відповідно.

Розглянемо режим активного регулювання обох компенсаторів УРЯЕ за такими залежностями:

$$\begin{aligned} E_1 &= U_0 + k_1 \frac{X_1}{R_0} (1 + j \operatorname{Im}(U'_1)) (1,05 - E_0); \\ E_2 &= -E'_2 \left( 1 + j \frac{X_3}{R_3} \right) - (1 + j \operatorname{Im}(U'_1)) k_2 (1,05 - E_0). \end{aligned} \quad (10)$$

Задавши значення  $k_1 = -0,3$ ;  $E'_2 = 0,02$ ;  $k_2 = 0,9$ , отримаємо такі значення ЕРС і напруг:

$$E_1 = 1,005 - j0,063; E_2 = -0,02 - j0,03; U_1 = 1,005 - j0,063; U_3 = 1,024 - j0,034 \text{ за } E_0 = 1,05$$

та  $E_1 = 0,968 - j0,063$ ;  $E_2 = -0,065 - j0,027$ ;  $U_1 = 0,959 - j0,063$ ;  $U_3 = 1,023 - j0,037$  за  $E_0 = 1,00$ .

Для  $E_0 = 1,05$  значення потужностей:

$$S_0 = 0,572 + j0,410; S_1 = 0,000 + j0,000; S_2 = -0,000 + j0,024; S_3 = 0,572 + j0,381,$$

а для  $E_0 = 1,0$  значення потужностей:

$$S_0 = 0,545 + j0,355; S_1 = 0,001 + j0,035; S_2 = 0,025 + j0,04; S_3 = 0,571 + j0,381.$$

Реактивна потужність, яку повинен генерувати послідовний компенсатор для підвищення напруги становить: 0,040. До того ж, паралельний компенсатор для стабілізації напруги теж повинен генерувати реактивну потужність 0,035. Регулювання супроводжується генеруванням активної потужності 0,025 послідовним компенсатором.

Напруга на навантаженні складає 1,024 за зміни напруги джерела живлення від 1,0 до 1,05 (рис. 3).

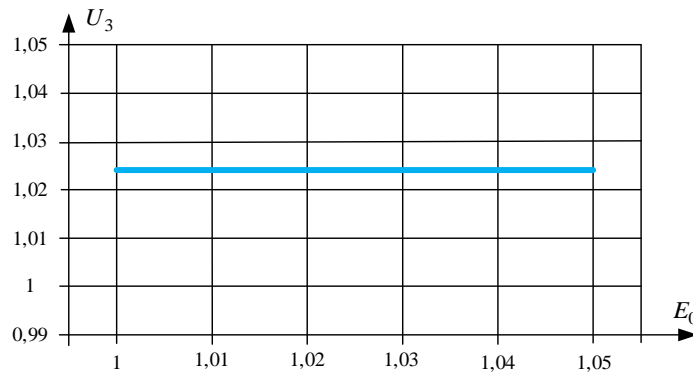


Рис. 3. Залежність напруги на навантаженні від напруги джерела живлення у вузлі навантаження з УРЯЕ

Якщо виключити перший доданок у другому виразі (10), який відображає режим вольто-додавання, то залежності ЕРС будуть такими:

$$\begin{aligned} E_1 &= U_0 - 0,3 \frac{X_1}{X_0} (1 + j \operatorname{Im}(U'_1)) \cdot (1,05 - E_0); \\ E_2 &= -0,9 (1 + j \operatorname{Im}(U'_1)) (1,05 - E_0). \end{aligned} \quad (11)$$

Значення потужностей такі:  $S_0 = 0,55 + j0,417$ ;  $S_1 = 0,000 + j0,000$ ;  $S_2 = 0,000 + j0,000$ ;  $S_3 = 0,55 + j0,367$  при  $E_0 = 1,05$  та  $S_0 = 0,529 + j0,356$ ;  $S_1 = -0,002 + j0,041$ ;  $S_2 = 0,024 + j0,018$ ;  $S_3 = 0,55 + j0,367$  за  $E_0 = 1,0$ .

Реактивна потужність, що генерується послідовним компенсаторами УРЯЕ, зменшилась більше ніж вдвічі. Проте при цьому рівень напруги знизиться до 1,003.

На рис. 4 показано схему заміщення вузла електричної мережі з послідовно-паралельним УРЯЕ.

Взяті ті самі значення параметрів вузла мережі з послідовно-паралельним УРЯЕ:  $X_0 = 0,1158$ ;  $X_1 = 0,2646$ ;  $X_2 = 0,0015$ ;  $R_3 = 1,8375$ ;  $X_3 = 2,7563$ .

Напруги  $U_1$  та  $U_3$  розраховують за формулою

$$\begin{bmatrix} U_1 \\ U_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Y_0 + Y_1 + Y_2 & -Y_2 \\ -Y_2 & Y_2 + Y_3 \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} Y_0(E_0 - E_2) + Y_1 E_1 \\ 0 \end{bmatrix}. \quad (12)$$

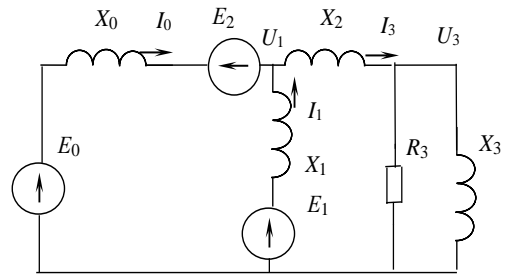


Рис. 4. Схема заміщення вузла мережі з послідовно-паралельним УРЯЕ

Розглянемо режим активного регулювання обох компенсаторів УРЯЕ за такими залежностями:

$$\begin{aligned} E_1 &= U_0 + k_1 \frac{X_1}{X_0} (1 + j \operatorname{Im}(U'_1)) \cdot (1,05 - E_0); \\ E_2 &= -(1 + j \operatorname{Im}(U'_1)) \cdot k_2 (1,05 - E_0). \end{aligned} \quad (13)$$

Задавши значення  $k_1 = 0,1$ ;  $k_2 = 0,9$  отримаємо такі значення ЕРС і напруг:

$$\begin{aligned} E_1 &= 1,003 - j0,061; \quad E_2 = 0; \quad U_1 = 1,003 - j0,061; \quad U_3 = 1,003 - j0,062 \quad \text{за } E_0 = 1,05 \quad \text{та} \\ E_1 &= 1,013 - j0,065; \quad E_2 = -0,045 - j0,002; \quad U_1 = 1,003 - j0,064; \quad U_3 = 1,002 - j0,065 \quad \text{за } E_0 = 1,00. \end{aligned}$$

Для  $E_0 = 1,05$  значення потужностей:  $S_0 = 0,549 + j0,418$ ;  $S_1 = 0,000 + j0,000$ ;  $S_2 = 0,000 + j0,000$ ;  $S_3 = 0,549 + j0,366$ . Для  $E_0 = 1,0$  значення потужностей:  $S_0 = 0,523 + j0,361$ ;  $S_1 = 0,001 + j0,038$ ;  $S_2 = 0,025 + j0,015$ ;  $S_3 = 0,549 + j0,366$ .

Реактивна потужність, яку повинен генерувати послідовний компенсатор, становить: 0,015. Більше того, паралельний компенсатор для стабілізації напруги теж повинен генерувати реактивну потужність 0,038. Регулювання супроводжується генеруванням активної потужності 0,025 послідовним компенсатором.

Напруга на навантаженні становить 1,003 за зміни напруги джерела живлення 1,0 до 1,05 (рис. 5).

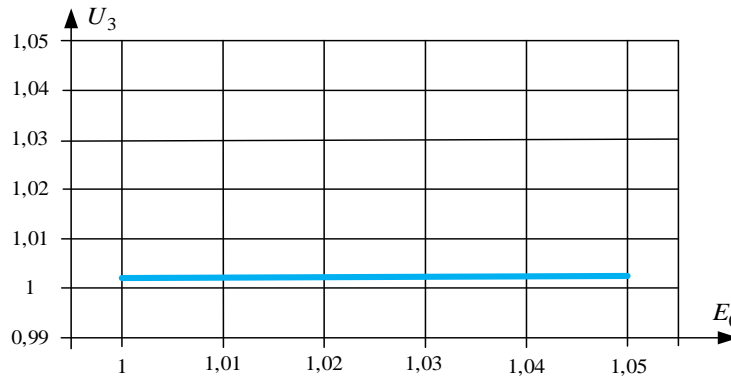


Рис. 5. Залежність напруги на навантаженні від напруги джерела живлення у вузлі навантаження з УРЯЕ

Недоліком послідовно-паралельного УРЯЕ є висока чутливість генерованої реактивної потужності від  $k_1$ , що може в деяких випадках призводити до нестабільності процесу керування. У разі збільшення  $k_1$  до 0,2 реактивна потужність паралельного компенсатора збільшується вдвічі, а у разі збільшення до 0,3 — втричі. Зі збільшенням  $k_1$  потрібно одночасно зменшувати  $k_2$ . За наведених значень  $k_1$  значення  $k_2$  повинні зменшуватися з 0,9 до відповідно 0,8 та 0,7.

### Висновки

Встановлено закономірності керування УРЯЕ за змін напруги у вузлі електричної мережі, розроблені математичні моделі і досліджено вплив параметрів регулювання УРЯЕ на стабільність напруги в залежності від характеру регулювання і вибраних параметрів.

Під час моделювання процесів стабілізації напруги паралельно-послідовним УРЯЕ проаналізовано режим компенсації реактивної потужності паралельним компенсатором, за якого послідовний компенсатор працює в режимі пасивного вольт-додавання. Такий режим характеризується дуже великим діапазоном регулювання реактивної потужності паралельного компенсатора: від 0 до 0,408 в.о. за номінальної реактивної потужності 0,5 в.о. Нестабільність напруги на навантаженні становить 0,007 в.о.; напруга на навантаженні зменшилась з 1,045 в.о. до 1,038 в.о. за зміни напруги джерела живлення від 1,05 в.о. до 1,00 в.о.

Розглянуто два режими регулювання одночасно обох компенсаторів паралельно-послідовного УРЯЕ. Напруга на навантаженні в обох режимах становить 1,024 за зміни напруги джерела живлення від 1,05 в.о. до 1,00 в.о. В першому режимі паралельний компенсатор повинен генерувати активну і реактивну потужність відповідно 0,011 в.о. та 0,030 в.о., реактивна потужність послідовного компенсатора становить 0,075 в.о. В другому режимі паралельний компенсатор для стабілізації напруги повинен генерувати реактивну потужність 0,035 в.о., активна і реактивна потужності послідовного компенсатора відповідно становлять 0,025 в.о. і 0,040 в.о.

У разі вимкнення режиму вольт-додавання напруга на навантаженні становить 1,003 в.о. за зміни напруги джерела живлення від 1,05 в.о. до 1,00 в.о. Параметри паралельно-послідовного УРЯЕ: активна і реактивна потужності, які повинен генерувати послідовний компенсатор, становлять відповідно 0,024 в.о. і 0,018 в.о., паралельний компенсатор повинен генерувати реактивну потужність 0,041 в.о. Параметри послідовно-паралельного УРЯЕ: активна і реактивна потужності, які повинен генерувати послідовний компенсатор, становлять відповідно 0,025 в.о. і 0,015 в.о., паралельний компенсатор повинен генерувати реактивну потужність 0,038 в.о.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- [1] M. Burbelo, et al., "Automatic adjustment of reactive power by FACTS devices under conditions of voltage instability in the electric network," *Informatyka, Automatyka, Pomiar w Gospodarce i Ochronie Środowiska*, vol. 13, no. 4, pp. 109-113, 2023. <https://doi.org/10.35784/iapgos.5377>.
- [2] H. Fujita, and H. Akagi, "The unified power quality conditioner: the integration of series- and shunt-active filters," *IEEE Transactions on Power Electronics*, vol. 13, no. 2, pp. 315-322, 1998. <https://doi.org/10.1109/63.662847>.
- [3] V. Balaji, and C. Subramanian, "Power quality management in electrical grid using SCANN controller-based UPQC," *Bulletin of the Polish Academy of Sciences Technical Sciences*, vol. 72, no. 1, pp. 140257-140257, 2024. <https://doi.org/10.24425/bpasts.2022.140257>.
- [4] V. Khadkikar, A. Chandra, A. O. Barry, and T. D. Nguyen, "Steady state power flow analysis of unified power quality conditioner (UPQC)," in *Proc. 2005 International Conference on Industrial Electronics and Control Applications*, Quito, Ecuador, 2005, pp. 6-6. <https://doi.org/10.1109/ICIECA.2005.1644367>.
- [5] H. Akagi, "Active harmonic filters," *Proceedings of the IEEE*, vol. 93, no. 12, pp. 2128-2141, 2005.
- [6] J. Dixon, L. Moran, J. Rodriguez, and R. Domke, "Reactive power compensation technologies: State-of-the-art," *IEEE Proceedings*, vol. 93, no. 12, pp. 2144-2164, Dec. 2005.
- [7] S. H. Hosseini, M. T. Haque, and S. Shahmohammadi, "A shunt active power filter control for unbalanced conditions," in *Proc. 10th IEEE Int. Conf. Electronics, Circuits and Systems (ICECS 2003)*, Sharjah, UAE, 2003, vol. 2, pp. 830-833. <https://doi.org/10.1109/ICECS.2003.1301915>.
- [8] A. M. Gee, F. Robinson, and W. Yuan, "A superconducting magnetic energy storage-emulator/battery supported dynamic voltage restorer," *IEEE Transactions on Energy Conversion*, vol. 32, no. 1, pp. 55-64, 2017. <https://doi.org/10.1109/TEC.2016.2609403>.
- [9] P. Salmeron, and S. P. Litran, "Improvement of the electric power quality using series active and shunt passive filters," *IEEE Transactions on Power Delivery*, vol. 25, no. 2, pp. 1058-1067, 2010.
- [10] M. Nasiri, A. Doroudi, and H. Sheikholahi, "A new control circuit for series active filters to eliminate voltage flicker and harmonics," in *Proc. 17th Conf. Electrical Power Distribution (EPDC 2012)*, 2012, pp. 1-4.

Рекомендована кафедрою електротехнічних систем електроспоживання та енергетичного менеджменту ВНТУ

Стаття надійшла до редакції 31.12.2024

**Бурбело Михайло Йосипович** — д-р техн. наук, професор, завідувач кафедри електротехнічних систем електроспоживання та енергетичного менеджменту, e-mail: burbelomj@gmail.com ;

**Лебедь Денис Юрійович** — аспірант кафедри електротехнічних систем електроспоживання та енергетичного менеджменту, e-mail: 4e15b.lebyd@gmail.com .

Вінницький національний технічний університет, Вінниця

M. Yo. Burbelo<sup>1</sup>  
D. Yu. Lebed<sup>1</sup>

## Analysis of the Control Process of a Unified Power Quality Regulator During Rapid Voltage Changes

<sup>1</sup>Vinnitsia National Technical University

*The article analyzes the control processes of a unified power quality conditioner (UPQC) in the event of rapid voltage changes in electrical grids. The parallel-serial and serial-parallel UPQC schemes are considered, which allow for small reactive power compensation to ensure load voltage stability. Mathematical models are presented for estimating load voltage and reactive power of compensators. Studies have shown that a parallel compensator effectively reduces reactive power consumption from the grid, while a serial compensator increases load voltage. The results obtained demonstrate the change in load voltage depending on voltage fluctuations of the power source, as well as the effect of active regulation of UPQC parameters on network voltage stability. Special attention is paid to adaptive regulation, studied within the framework of a mathematical model, which provides optimal quality of reactive power compensation and load voltage stabilization. The results obtained confirm the effectiveness of the proposed approach to UPQC control, which ensures stable system operation and increases energy efficiency of electrical networks. In addition, it is shown that the implementation of such regulators into distribution networks significantly improves their reliability and ensures compliance with modern requirements for electricity quality. The proposed control methods allow for effective adaptation of the operation of the UPQC to the conditions of the alternating mode of the electrical network. Analysis of the mathematical model confirmed that the use of the considered approaches provides voltage stability and reduced power losses. The results obtained can be the basis for further research in the field of electricity quality management.*

**Keywords:** unified power quality conditioner (UPQC), reactive power, harmonic distortions, adaptive regulation, load voltage, compensator, power quality.

**Burbelo Mykhailo Yo.** — Dr. Sc. (Eng.), Professor, Head of the Chair of Electrical Systems of Power and Energy Management, e-mail: burbelomj@gmail.com;

**Lebed Denys Yu.** — Post-Graduate Student of the Chair of Electrical Systems of Power and Energy Management, e-mail: 4e15b.lebyd@gmail.com