

DOI: <https://doi.org/10.33216/1998-7927-2024-283-3-43-46>

УДК 621.316

## СУЧАСНІ СИСТЕМИ КОМПЕНСАЦІЇ РЕАКТИВНОЇ ПОТУЖНОСТІ В МІСЬКИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖАХ

Філімоненко Н.М., Філімоненко К.В.

### MODERN REACTIVE POWER COMPENSATION SYSTEMS IN MUNICIPAL ELECTRICAL NETWORKS

Filimonenko N.M., Filimonenko K.V.

Стаття присвячена найбільш раціональним, ефективним та актуальним пристроям компенсації реактивної потужності в міських електричних мережах з урахуванням їх особливостей. Значну роль відіграє місце установки пристрою для компенсації та оптимізації його режимів роботи в існуючій системі електропостачання. Компенсація реактивної потужності в мережі вирішує ряд проблем, зокрема, зменшення втрат потужності та електроенергії; покращення показників якості електроенергії; збільшення пропускної здатності мережі. Існує багато методів компенсації реактивної потужності, але ця проблема залишається актуальною. З розвитком технологій і, як наслідок, збільшенням споживання електроенергії стає доцільним компенсувати реактивну потужність у побутових споживачів. Нині спостерігається збільшення споживання реактивної потужності (РП) споживачами міських електричних мереж. Основними причинами такої ситуації є: зростання величини та імовірного характеру споживання реактивної потужності споживачами; відсутність техніко-методичного забезпечення заходів з компенсації реактивної потужності в електричних розподільних мережах; низький ККД косинусних конденсаторів для компенсації реактивної потужності в ПК через відмінність законів регулювання напруги та реактивної потужності. Забезпечення надійності електропостачання енергосистем, мереж промислових підприємств, інфраструктури міст і селищ є центральним як в експлуатації, так і при плануванні проектних рішень. Однією з важливих складових забезпечення надійності та якості електропостачання є компенсація РП у побутових споживачів. Враховуючи навіть розраховані в нормативно-правових актах значення коефіцієнтів потужності, компенсація реактивної потужності на непромислових об'єктах сьогодні не просто

фінансово та технічно можлива, а вкрай необхідна. Вибір способу збільшення коефіцієнта потужності  $\cos\phi$  повинен бути професійним і здійснюватися спеціалізованою компанією. Будь-які заходи по компенсації реактивної потужності слід проводити тільки після проведення енергоаудиту об'єкта (або сегмента мережі), який дозволить визначити фактичні коефіцієнти потужності обладнання та вибрати оптимальну установку.

**Ключові слова:** компенсація реактивної потужності, система електропостачання, міські електричні мережі, індуктивна реактивна потужність, надійність систем електропостачання.

**Вступ.** На відміну від активної енергії (потужності) реактивна індуктивна енергія не виконує корисної роботи, тому що одна й та сама кількість енергії перетікає між джерелом і електроприймачем та використовується лише для створення магнітного поля в індуктивному елементі.

Останнім часом в Україні, а також державах ближнього та далекого зарубіжжя значно зріс інтерес до питань компенсації реактивної потужності, яка є найважливішим фактором енергозбереження. Тільки по Україні усунення перетікань реактивної потужності в мережах може забезпечити щорічну економію близько 150 млн. кВт·год електричної енергії. Велика протяжність електричних мереж зумовлює значні втрати напруги та потужності у мережах при пропущенні навіть незначної кількості реактивної потужності. Тому в розподільчих електричних мережах (РМ) міст доцільна повна

компенсація реактивної потужності, причому близько 50 % за низької напруги.

**Постановка проблеми.** Наразі існує зростання величини споживання реактивної потужності (РП) споживачами міських електричних мереж (МЕМ). Основними причинами такої ситуації є: зростання величини та імовірнісний характер споживання реактивної потужності споживачами МЕМ; відсутність технічного та методологічного забезпечення заходів щодо компенсації реактивної потужності у розподільчих електричних мережах; низька ефективність застосування косинусних конденсаторів для компенсації реактивної потужності в РС у зв'язку з відмінністю законів регулювання напруги та реактивної потужності.

Забезпечення надійності електропостачання електроенергетичних систем (ЕЕС), мереж промислових підприємств, інфраструктури міст і селищ займає центральне місце як при експлуатації, так і при плануванні проектних рішень. Однією з важливих складових забезпечення надійності та якості електропостачання є компенсація РП у побутових споживачів.

**Метою роботи** є аналіз сучасного стану компенсації реактивної потужності в міських електричних мережах та засоби впровадження якісної компенсації. Забезпечення ефективного прийняття рішень щодо стратегії ефективного експлуатації енергосистеми.

**Результати дослідження.** Електроприймачі житлових будинків можна поділити на дві групи:

а) електроприймачі житлових квартир: освітлювальні (з лампами розжарювання, люмінесцентними й діодними) і побутові прилади (кондиціонери, для опалення квартир, нагрівальні, культурно-побутові, санітарно-гігієнічні, пральні машини тощо);

б) електроприймачі загального призначення: освітлювальні прилади приміщень домоуправління, підвір'я, міжповерхових сходів і майданчиків, горищ, холів, ліфтових установок; двигуни насосних станцій, вентиляційних і протипожежних систем, підйомно-транспортних машин тощо.

За характером навантаження електроустановки системи електропостачання й електроприймачі можна віднести до таких категорій: І – з активним характером навантаження, що чинять проходженню струму лише активний опір. Їх на схемах позначають як резистивний елемент  $r$ . Прикладами таких

електроприймачів можуть бути нагрівальні елементи, лампи розжарювання, пускові реостати тощо. II – із реактивним індуктивним характером навантаження, що чинять проходженню струму реактивний індуктивний опір  $x_L$ .

На відміну від активної енергії (потужності) реактивна індуктивна енергія не виконує корисної роботи, тому що одна й та сама кількість енергії перетікає між джерелом і електроприймачем та використовується лише для створення магнітного поля в індуктивному елементі. [1]

Останнім часом в Україні, а також державах ближнього та далекого зарубіжжя значно зріс інтерес до питань компенсації реактивної потужності, яка є найважливішим фактором енергозбереження. Тільки по Україні усунення перетікань реактивної потужності в мережах може забезпечити щорічну економію близько 150 млн. кВт·год електричної енергії. Велика протяжність електричних мереж зумовлює значні втрати напруги та потужності у мережах при пропусненні навіть незначної кількості реактивної потужності. Тому в розподільчих електричних мережах (РМ) міст доцільна повна компенсація реактивної потужності, причому близько 50% за низької напруги.

Неухильне зростання чисельності міського населення, насичення побуту електроприладами та розширення обсягу послуг, що надаються населенню, зумовило щорічне зростання електроспоживання міст при випереджальному зростанні споживання реактивної потужності, викликаному зростанням дрібно-двигуного навантаження міст. Широке застосування вискоелективних газорозрядних ламп для освітлення громадських будівель і комунально-побутових установ у значній мірі збільшило перетікання реактивної потужності в мережах. Наразі у вуличному освітленні міст використовується до 80 % газорозрядних ламп, для освітлення громадських будівель – до 70 %, житлових приміщень – до 40 %.

За певними даними середньозваженого значення коефіцієнту потужності  $\cos\phi$  у розподільчих мережах 6-10 кВ міст на даний час знаходиться на рівні 0,75 - 0,85, а в години денного та нічного провалів навантажень стає ще нижче.

Відбувається зростання величини споживання реактивної потужності споживачами МЕМ міст. Основними причинами такого положення є: зростання величини та імовірнісний характер споживання реактивної

потужності споживачами МЕМ міст; відсутність технічного та методологічного забезпечення заходів щодо компенсації реактивної потужності у розподільчих електричних мережах; низька ефективність застосування косинусних конденсаторів для компенсації реактивної потужності в РС у зв'язку з відмінністю законів регулювання напруги та реактивної потужності.

Враховуючи ту обставину, що більшість міст отримують живлення від віддалених джерел через кілька ступенів трансформації, пропускання реактивної потужності мереж супроводжується значним перевантаженням мереж, втратою напруги і потужності в них. Для таких випадків [2] може бути визнана доцільною повна компенсація реактивної потужності. Саме таким шляхом пішли більшість держав Західної Європи, Америка і Японія. Співвідношення між встановленою потужністю джерел, що генерують та компенсують, у них знаходиться в даний час у співвідношенні 1:1.

Через це в останні роки все більше уваги приділяється компенсації реактивної потужності в розподільчих електричних мережах середньої та низької напруги. На даний час компенсація реактивної потужності в ПК є основним напрямком енергозбереження в МЕМ міст.

Найбільш раціональними, ефективними та актуальними приладами компенсації в міських мережах, вважаючи їх особливості, є: конденсаторні батареї, статичні синхронні компенсатори та статичні тиристорні компенсатори. Також значну роль відіграє місце встановлення компенсуючого пристрою та оптимізація його режимів роботи в існуючій системі електропостачання.

Компенсація реактивної потужності в мережі вирішує декілька задач: зменшення втрат потужності та електроенергії; покращення показників якості електроенергії; підвищення пропускної спроможності мережі.

При існуючих декількох способах компенсації реактивної потужності ця проблема залишається актуальною. З розвитком техніки та, як наслідок, збільшенням споживання електроенергії стає доцільним компенсація реактивної потужності у побутових споживачів. Це вимагає розробки нових підходів до вирішення цього питання приймаючи до уваги усі особливості цих споживачів.[3]

**Висновки.** Таким чином, з урахуванням навіть розрахункових значень коефіцієнтів потужності у нормативно-правових актах

компенсація реактивної потужності на непромислових об'єктах сьогодні є не просто фінансово та технічно доцільною, а критично необхідною.

Вибір способу підвищення коефіцієнта потужності  $\cos\phi$  має бути професійним та здійснюватися профільною компанією.

Будь-які заходи щодо компенсації реактивної потужності необхідно проводити лише після енергоаудиту об'єкта (або сегмента мережі), що дозволить визначити реальні коефіцієнти потужності обладнання та підібрати оптимальну установку.

### Л і т е р а т у р а

1. Васи́лега П.О. Електропостачання: підручник / П.О. Васи́лега. Суми: Сумський державний університет, 2019. 521 с.
2. Говоров Ф.П. Компенсация реактивной мощности в системах электроснабжения и освещения городов / Ф.П. Говоров, В.Ф. Говоров. // Наукові праці ДонНТУ. Серія: Електротехніка і енергетика. № 1(14). 2013. С.71-76.
3. З.Дорошенко А.И. Компенсация реактивной потужності міських електричних мереж 0,4кВ / А.И. Дорошенко, Ю.А. Савранский Энергетика та електрифікація. 2007. № 12. С.13-20.

### References

1. Vasyleha P.O. Elektropostachannya: pidruchnyk / P.O. Vasyleha. Sumy: Sums'kyu derzhavnyy universytet, 2019. 521 s.
2. Hovorov F.P. Kompensatsyya reaktivnoy moshchnosti v systemakh élektrosnabzhenyya y osvshchenyya horodov / F.P. Hovorov, V.F. Hovorov. // Naukovi pratsi DonNTU. Seriya: Elektrotekhnika i enerhetyka. № 1(14). 2013. S.71-76.
3. Doroshenko A.Y. Kompensatsiya reaktivnoyi potuzhnosti mis'kykh elektrychnykh merezh 0,4 kV / A.Y. Doroshenko, Yu.A. Savranskyu Enerhetyka ta elektryfikatsiya. 2007. № 12. S. 13-20.

### **Filimonenko N.M., Filimonenko K.V. Modern reactive power compensation systems in municipal electrical networks**

*The article is devoted to the most rational, effective and relevant devices for reactive power (RP) compensation in urban electrical networks, considering their features. The place of installation of the device for compensation and optimization of its operating modes in the existing power supply system plays a significant role. Reactive power compensation in the network solves several problems, in particular, reducing power and electricity losses; improving electricity quality indicators; increase network bandwidth. There are many*

methods of reactive power compensation, but this problem remains relevant. With the development of technology and, as a consequence, the increase in electricity consumption, it becomes appropriate to compensate for reactive power in household consumers. Currently, there is an increase in the consumption of reactive power by consumers of urban electricity networks. The main reasons for this situation are: the growing magnitude and probabilistic nature of reactive power consumption by urban electricity networks consumers; lack of technical and methodological support for measures to compensate for reactive power in electrical distribution networks; low efficiency of cosine capacitors for reactive power compensation in PC due to the difference between the laws of voltage regulation and reactive power. Ensuring the reliability of electricity supply to power systems, networks of industrial enterprises, infrastructure of cities and towns is central both in operation and in planning design decisions. One of the important components of ensuring the reliability and quality of electricity supply is the compensation of RP in household consumers. Taking into account even the calculated values of power coefficients in regulations, compensation of reactive power at non-industrial

facilities today is not just financially and technically feasible, but critically necessary. The choice of how to increase the power factor  $\cos\phi$  should be professional and carried out by a specialized company. Any measures to compensate for reactive power should be carried out only after the energy audit of the facility (or network segment), which will determine the actual power factors of the equipment and select the optimal installation.

**Keywords:** reactive power compensation, power supply system, municipal electrical networks, inductive reactive power, reliability of power supply systems.

**Філімоненко Ніна Миколаївна** – к.т.н., доц., доцент кафедри електричної інженерії, Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля (м. Київ), [kostiantyn.kun@gmail.com](mailto:kostiantyn.kun@gmail.com)

**Філімоненко Костянтин Вадимович** – к.т.н., доц., доцент кафедри електричної інженерії, Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля (м. Київ), [kostiantyn.kun@gmail.com](mailto:kostiantyn.kun@gmail.com)

Стаття подана 10.03.2024.