

УДК 621.314.222

П. П. Говоров, д-р техн. наук, проф.;**В. П. Говоров**, асп.;**О. В. Король**, асп.;**К. В. Говорова**, студ.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ КОМПЛЕКСНОЇ ОПТИМІЗАЦІЇ РЕЖИМІВ СИСТЕМ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ТА ОСВІТЛЕННЯ МІСТ

Розглянуто науково-методичні основи оптимізації режимів і параметрів систем електропостачання та освітлення міст як єдиного електротехнічного комплексу з урахуванням багатокритеріальності задачі, чисельної несумірності і невизначеного характеру критеріїв.

Вступ

Питання регулювання напруги та компенсації реактивної потужності в системах електропостачання міст обговорюються в Україні і за її межами, починаючи з 30-х років. Основні роботи з цього питання виконані під керівництвом В. Г. Холмського, В. В. Зоріна та ін. Вирішення питання відбувалося шляхом підвищення якості регулювання, за рахунок наближення до споживачів регульовальних пристроїв та підвищення їх точності. Наслідком цього стало застосування регуляторів напруги на трансформаторах і зменшення ступеня їх регулювання. Але широке застосування електричної енергії у всіх сферах людської діяльності обумовило велику розбіжність графіків навантаження споживачів, нелінійність їх параметрів та різноманіття режимів [1]. Регулювання напруги в одній точці мереж (на шинах 10 кВ центрів живлення), за таких же умов не в змозі забезпечити одночасно всіх споживачів якісною електроенергією.

Основні результати

Важливою особливістю освітлювальних мереж є низький рівень компенсації реактивної потужності в них та слабкий рівень кореляції графіків напруги та реактивної потужності. Це вимагає застосування нових методів та засобів регулювання напруги і компенсації реактивної потужності [1]. Результати аналізу свідчать про неефективність застосування в мережах статистичних конденсаторів через неможливість комплексного вирішення питань регулювання напруги та компенсації реактивної потужності [2]. Це вимагає використання в міських електричних мережах методів та технічних засобів підвищення якості енергії, що базуються на розосередженому багаторівневому комплексному незв'язаному керуванні режимами напруги та реактивної потужності.

За цих умов система електропостачання перетворюється в єдиний автоматизований інформаційно-вимірний та керувальний комплекс, що забезпечує оптимізацію їх режимів за напругою та реактивною потужністю за комплексним соціально-економічним критерієм. Оскільки принциповою основою формування критеріїв оцінки режимів системи електропостачання і освітлення міст є загальні завдання функціонування великої системи міського господарства, які служать глобальній меті — поліпшенню умов проживання населення міст на основі підвищення кількості і якості послуг, що надаються [3].

Аналіз літературних джерел [2—4] дозволяє виділити критерії, які необхідно враховувати в процесі оптимізації системи електропостачання і освітлення міст. Це соціальний, економічний, екологічний і технічний критерії. У основній літературі з техніко-економічних досліджень систем енергетики знайшли віддзеркалення лише технічний і економічний критерії. При цьому за умови представлення одного з критеріїв як обмеження завдання дослідження зводиться до однокритеріального. В [1] встановлено, що функціонування системи електропостачання і освітлення міст має важливі соціальні і екологічні наслідки і їх необхідно враховувати під час оцінювання ефективності технічних рішень, що приймаються. Більше того, в сучасних умовах, що характеризуються впровадженням ринкових відносин, за яких рішення приймаються в умовах конкурентної боротьби фірм, важливість цих критеріїв ще більше підвищується у зв'язку з необхідністю розширення

обсягів і якості послуг, що надаються населенню. Таким чином, використання розглянутої системи техніко-економічних показників може розглядатися як комплексний критерій, що враховує показники соціальної, технічної, економічної і екологічної адекватності і найповніше відбиває процеси в системах електропостачання і освітлення міст.

У такій постановці завдання оптимізації режимів системи електропостачання і освітлення міст зводиться до визначення таких її параметрів, яким відповідають максимум ефективності за заданих критеріїв. Їй відповідає мінімізація функції, що є сумою експлуатаційних витрат на виробництво, передачу, розподіл і перетворення параметрів і виду електроенергії, а також супутніх витрат, пов'язаних з екологічністю, надійністю і якістю електропостачання споживачів. В цілому завдання оптимізації режимів роботи систем електропостачання та освітлення міст зводиться до визначення функціонала

$$\min f(\bar{Z}), \quad (1)$$

де Z — вектор параметрів режиму систем електропостачання та освітлення міст (активних і реактивних навантажень, модулів і фаз напруг і струмів у вузлах мережі, коефіцієнтів трансформації силових трансформаторів, уставок регульовальних і компенсувальних пристроїв).

Отриманий в результаті оптимізації розв'язок має задовольняти умови сталого режиму, що враховуються у вигляді обмежень

$$W_k(Z) = 0, \quad k = \overline{1, K}, \quad (2)$$

де W_k — вектор-функція розмірністю k ; K — число незалежних рівнянь.

Крім того, оптимальний режим має бути допустимим за умовами роботи устаткування і мереж, технічних можливостей регульовальних і компенсувальних пристроїв. Вказані вище обмеження можуть бути враховані застосуванням нерівностей

$$W_j(\bar{z}) > 0, \quad j = \overline{1, J}, \quad (3)$$

де W_j — вектор-функція розмірністю j ; J — загальне число обмежень.

У загальному вигляді розглянуті умови можуть бути записані таким чином:

$$\begin{aligned} \bar{Z}_{\min} \leq \bar{Z} \leq \bar{Z}_{\max}; \\ \phi(Z)_{\min} \leq \phi(Z) \leq \phi(Z)_{\max}, \end{aligned} \quad (4)$$

де $\phi(Z)$ — вектор-функція параметрів режиму Z .

Відповідно до наявного завдання вектор параметрів Z може бути розділений на три вектори: Z_3 — вектор залежних параметрів, що визначаються порядком рівняння сталого режиму $W(Z) = 0$; Z_n — вектор незалежних параметрів, до складу яких входять параметри режиму, зміною яких здійснюється його оптимізація (потужності і напруги на шинах пунктів живлення, коефіцієнт потужності в мережах і т. д.); Z_p — вектор заданих параметрів режиму, що залишаються постійними в процесі оптимізації (потужності навантажень, схеми мереж, параметри устаткування і т. д.).

Враховуючи складність і взаємозв'язок параметрів Z_3 , Z_p і Z_n , представлених у вигляді неявної вектор-функції

$$W_k(Z_3, Z_n, Z_p) = 0, \quad (5)$$

отримаємо математичне формулювання завдання оптимізації режимів СЭП:

$$\min f(\bar{Z}) = \min f(\bar{Z}_3, \bar{Z}_n, \bar{Z}_p), \quad (6)$$

якщо

$$\begin{aligned} W_k(\bar{Z}_3, \bar{Z}_n, \bar{Z}_p) = 0; \quad \bar{Z}_3 \min \leq \bar{Z}_3 \leq \bar{Z}_3 \max; \\ \bar{Z}_n \min \leq \bar{Z}_n \leq \bar{Z}_n \max; \quad \phi(\bar{Z}) \min \leq \phi(\bar{Z}_3, \bar{Z}_n, \bar{Z}_p) \leq \phi(\bar{Z}) \max. \end{aligned} \quad (7)$$

За цих умов завдання пошуку оптимального рішення зводиться до розв'язання (6) з обмеженнями (7). В процесі розв'язання необхідно визначити параметри, які однозначно визначають структуру (параметри управління) і стан системи (параметри режиму), коло «можливих» варіантів системи (тобто накласти обмеження на параметри, що стабілізуються).

Висновок

Оптимізація режимів системи електропостачання і освітлення міст може проводитись шляхом спрямованого перебору варіантів мереж, що відрізняються схемами, законами регулювання напруги і реактивної потужності, параметрами і місцями установки додаткових засобів регулювання напруги і компенсації реактивної потужності. Оцінку режимів мереж за цих умов доцільно здійснювати за комплексним соціально-економічним критерієм.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Говоров П. П. Підвищення якості енергії в міських електричних мережах на основі застосування гнучких систем на базі вольтододавальних трансформаторів з електронним керуванням : дис. ... д-ра техн. наук / П. П. Говоров. — Львів. — 2002. — 440 с.
2. Зорин В. В. Многоцелевая оптимизация динамики распределительных электрических сетей / В. В. Зорин, Л. Д. Третьякова, Ходат Бассам // Энергетика и электрификация. — 1991. — № 3. — С. 20—24.
3. Говоров Ф. П. К вопросу об оптимизации регулирования напряжения в городских электрических сетях / Ф. П. Говоров // Промышленная энергетика. — 1997. — № 7. — С. 21—25.
4. Жежеленко И. В. Вопросы качества электроэнергии в электроустановках / И. В. Жежеленко, Ю. Л. Саенко. — Мариуполь : ПГТУ. — 1996. — 173 с.

Рекомендована кафедрою електричних станцій та систем

Стаття надійшла до редакції 15.10.2013
Рекомендована до друку 3.11. 2013

Говоров Пилип Парамонович — керівник центру енергоефективних технологій;
Говоров Владлен Пилипович — аспірант, **Король Ольга Вікторівна** — аспірантка.
Кафедра світлотехніки і джерел світла;
Говорова Катерина Владленівна — студентка.
Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова, Харків