

УДК 621.311.1

**Б. С. Рогальський, д. т. н., проф.; С. О. Кузьмінська, асп.; Г. Б. Завальнюк;
І. П. Сосенко, студ.**

ПРО НЕОБХІДНІСТЬ СТВОРЕННЯ ПЕРЕДУМОВ ДЛЯ ОПТИМАЛЬНОГО (ЗА КРИТЕРІЄМ МІНІМАЛЬНИХ ВТРАТ) УПРАВЛІННЯ ПОТУЖНІСТЮ БАТАРЕЙ КОНДЕНСАТОРІВ НА СТАДІЇ ПРОЕКТУВАННЯ

Запропоновано метод спрощеного розподілу сумарної потужності батарей конденсаторів, який відповідає вимозі створення передумов для розв'язання експлуатаційної задачі — оптимального управління компенсувальними установками за критерієм мінімальних втрат ще на стадії проектування.

Як відомо, найбільшого ефекту від компенсації реактивних навантажень (КРН) в електричних мережах споживачів та енергопостачальних компаній можна досягти за виконання двох умов: оптимального розміщення компенсувальних установок в електричній мережі, що проектується, і оптимального (за критерієм мінімальних втрат) управління ними в процесі їх експлуатації.

Відомі такі методи розподілу сумарної потужності батарей конденсаторів $Q_{БК}$:

- пропорційно реактивним навантаженням окремих вузлів (спрощений метод);
- за критерієм мінімальних приведених затрат на компенсацію реактивних навантажень (КРН);
- за критерієм мінімальних втрат активної потужності і електроенергії в електричних мережах від перетоків реактивної потужності;
- за критерієм забезпечення рівнів напруги на затискачах електроприймачів в допустимих ДЕСТ і ПВЕ межах.

Потужність БК в j -му вузлі електричної мережі, що проектується спрощеним методом, визначається за формулами [1]:

$$Q_{БКj} = \frac{Q_{БК}}{Q_M} Q_{Hj}; \quad (1)$$

$$Q_{БКj} = a_{опт} Q_{Hj}; \quad (2)$$

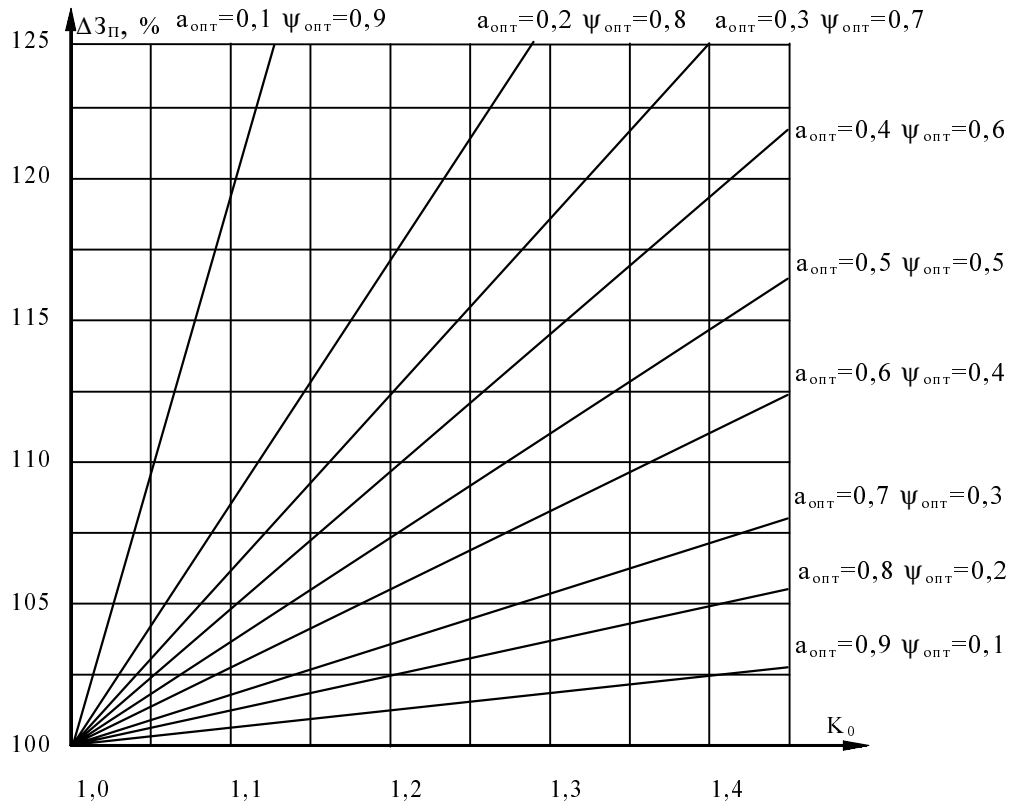
$$Q_{БКj} = \left(1 - \frac{Q_e}{Q_M}\right) Q_{Hj}; \quad (3)$$

$$Q_{БКj} = (1 - \psi_{опт}) Q_{Hj}. \quad (4)$$

де $Q_{БКj}$ — потужність БК для j -го вузла, кВАр; $Q_{БК}$ — сумарна потужність БК, яку економічно доцільно установити в мережах підприємства (підсистеми); Q_{Hj} — розрахунковий або фактичний максимум реактивного навантаження j -го вузла, кВАр; Q_M — максимум реактивного навантаження на ввіді електричної мережі підприємства (підсистеми), кВАр; Q_e — вхідна реактивна потужність ВРП на ввіді електричної мережі, що проектується або експлуатується, кВАр; $\psi_{опт}$ — оптимальне значення ВРП, у в. о.; $a_{опт}$ — оптимальне значення рівня (ступеня) КРН в електричній мережі, що проектується або експлуатується, у в. о. (або оптимальне значення БК у відносних одиницях).

Основною і єдиною перевагою спрощеного методу розподілу є його простота (значне скорочення обсягів і часу розрахунків). Однак розподіл величини $Q_{КУ}$ пропорційно реактивним навантаженням в більшості випадків не є оптимальним (рис.). В той же час цей

метод використовується в практиці проектування та експлуатації компенсувальних установок і рекомендується нормативними документами [3]. З рис. видно, що пропорційний розподіл БК призводить до збільшення затрат на передавання реактивної потужності (РП) зі зростанням K_0 і ψ_{opt} (K_0 — коефіцієнт, що характеризує відхилення фактичного поточкорозподілу реактивної потужності до компенсації або додаткової компенсації від оптимального значення (при мінімально можливих втратах активної потужності і електроенергії)).



Збільшення затрат на передачу реактивної потужності $\Delta z_{п}$ по мережах підсистеми (підприємства) при пропорційному розподілі БК в залежності від величин K_0 і ψ_{opt} порівняно з оптимальним розподі-

Для значень K_0 рівних або близьких до 1 допустимий розподіл спрощеним методом (поточкорозподіл РП близький до оптимального значення). Спрощений метод можна також застосувати для значень ψ_{opt} , рівних або близьких до нуля, тобто при повній (або близькій до неї) компенсації (в цьому випадку $a_{opt} = 1$, a_{opt} — оптимальне значення ступеня або рівня КРН).

Таким чином, доцільність застосування спрощеного методу розподілу величини $Q_{БК}$ залежить від співвідношення величин K_0 і ψ_{opt} (a_{opt}). Оптимального розподілу можна досягти з різними величинами вхідної реактивної потужності, відповідно, втрат електроенергії. Відіграє відповідну роль і вартість електроенергії. Тому за критерій використання спрощеного методу розподілу величини $Q_{БК}$ взято допустиму величину відхилення затрат на передавання реактивної потужності (вартості втрат) від оптимального їх значення (коли $Q_{БК}$ розподіляється за критерієм мінімальних втрат). Можна припустити, що використання формул (1)–(4) допустиме, якщо збільшення вартості втрат знаходиться в межах точності розрахунку і вихідних даних (0..5 %). Такий розподіл (з деяким наближенням) відповідає вимозі створення передумов для вирішення експлуатаційної задачі — оптимального управління компенсувальними установками за критерієм мінімальних втрат ще на стадії проектування.

Із рисунку видно, що для значень $\psi_{opt} \leq 0,2$ і $K_0 \leq 1,5$ допустимим є спрощений метод

розподілу БК (збільшення затрат на передавання знаходиться в межах точності розрахунку і вихідних даних).

Для значень $\psi_{\text{опт}} > 0,2$ припустимість застосування формул (1)–(4) визначається в кожному випадку за кривими $\Delta Z_{\Pi} = f(K_0, \psi_{\text{опт}})$ (що більше $\psi_{\text{опт}}$, то меншим є діапазон значень величини K_0 , за яких можливе застосування спрощеного методу розподілу). Якщо збільшення ΔZ_{Π} виходить за допустимі межі, то здійснюється оптимальне розподілення БК між вузлами електричної мережі. Таким чином, запропонований критерій допустимості пропорційного розподілу КУ одночасно є критерієм оцінки створення передумов вирішення експлуатаційної задачі (оптимального управління БК в умовах експлуатації) і дозволяє за певних умов зменшувати обсяги і час розрахунків. Як показують розрахунки у більшості випадків доцільний оптимальний (за критерієм мінімальних втрат) розподіл БК.

Найпростішим методом оптимального розподілу БК є метод послідовного еквівалентування [2], критерій оптимізації – мінімальні втрати [2]. На першому кроці вирішується економічна задача: на основі системного підходу визначається (енергопостачальною компанією чи споживачем) вхідна реактивна потужність Q_e . Ідея методу базується на ієрархічному принципі побудови систем електропостачання і полягає в поступовому звертанні схеми та перерахунку техніко-економічних характеристик еквівалентованих частин схеми. Для заданої i перетворених схем мережі формуються спеціальні функції, еквівалентні за втратами активної потужності

$$\sum_{i=1}^n Q_{Hi}^2 r_i = Q_M^2 R_{e.B}, \quad (5)$$

де Q_{Hi} – реактивне навантаження i -ї вітки схеми заміщення електромережі підсистеми чи підприємства, кВАр; r_i – активний опір i -ї вітки, Ом; n – кількість віток в схемі заміщення мережі підсистеми (підприємства); Q_M – максимум реактивного навантаження на ввіді мереж підсистеми (підприємства), кВАр; $R_{e.B}$ – еквівалентний (за втратами) активний опір мереж підсистеми (підприємства), Ом.

Для визначення величин $R_{e.B}$, R_e і K_0 виконується згортання схеми заміщення. При зворотньому ході (розгортанні схеми) визначаються оптимальні (за критерієм мінімальних втрат) значення:

вхідних реактивних потужностей у вузлах

$$Q_{ej} = \frac{Q_e R_e}{r_{ej}}; \quad (6)$$

потужності компенсувальних установок у вузлах

$$Q_{БКj} = Q_{Hj} - Q_{ej} = Q_{Hj} - \frac{Q_e R_e}{r_{ej}}. \quad (7)$$

У формулах (6) і (7): R_e – еквівалентний омичний опір схеми заміщення мереж підсистеми, Ом; r_{ej} – еквівалентний опір j -го приєднання, які відходять від ГПП або ЦРП підприємства або навантажувального вузла енергопостачальної компанії, Ом; Q_e – вхідна реактивна потужність на ввіді мереж підсистеми (підприємства), кВАр; Q_{ej} – вхідна недокомпенсована реактивна потужність, яку доцільно передавати в j -й вузол мережі підсистеми або підприємства, кВАр.

Надалі перевіряється виконання умови балансу реактивних потужностей на ввіді підсистеми і в окремих її вузлах (з урахуванням втрат реактивної потужності в мережах підсистеми (підприємства)) і технічних обмежень (щодо допустимих струмів в елементах мереж, напруг у вузлах і реактивних потужностей, що генеруються окремими джерелами; невід'ємності потужності окремих БК).

Слід зазначити, що перевірка виконання балансової умови є одночасно перевіркою

правильності розв'язання балансової задачі

$$Q_e = \sum_{j=1}^m Q_{ej} \quad (8)$$

де m — кількість навантажувальних вузлів в мережах підсистеми (підприємства).

Для вирішення балансової задачі можуть застосовуватись інші методи оптимізації (наприклад, метод Лагранжа) [4].

Висновок

Застосування спрощених методів розподілу БК серед вузлів мереж підсистеми (підприємства) створює передумови для оптимального управління БК (за критерієм мінімальних втрат) за умови відхилення затрат на передавання реактивної потужності від оптимального значення в допустимих межах (0..5%). В решті випадків доцільно застосовувати оптимізаційні методи розподілу БК серед вузлів мереж підприємства чи підсистеми.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Рогальський Б. С. Компенсація реактивної потужності. Методи розрахунку, способи та технічні засоби управління. I частина. Навчальний посібник. — Вінниця: ВДТУ, 2002. — 119 с.
2. Аразамасцев Д. А., Игуменцев В. А. Расчет оптимального распределения реактивной мощности методом последовательного эквивалентирования // Электричество. — 1976. — № 1. — С. 70—73.
3. Указания по проектированию компенсации реактивной мощности в электрических сетях промышленных предприятий / Инструктивные материалы Главэнергонадзора Минэнерго СССР. — М.: Энергоатомиздат, 1986. — 352 с.
4. Рогальський Б. С. Методи поетапного розрахунку компенсації реактивної потужності в електричних мережах енергосистем і споживачів // Промислова електроенергетика та електротехніка. — 2001. — Вип.6. — С. 22—39.

Матеріали статті рекомендовані до опублікування оргкомітетом VIII Міжнародної конференції «Контроль і управління в складних системах» (КУСС-2005, 24—27.10.2005 р)

Надійшла до редакції 10.11.05
Рекомендована до друку 22.11.05

Рогальський Броніслав Станіславович — професор, **Кузьмінська Світлана Олександрівна** — аспірантка, **Завальнюк Галина Броніславівна** — інженер.

Кафедра електротехнічних систем електроспоживання та енергозбереження

Сосенко Ірина Петрівна — студентка Інституту електроенергетики, екології та електромеханіки

Вінницький національний технічний університет