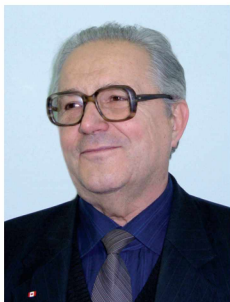


Ю.А.Чорний,  
к.т.н.



В.Є. Шестеренко,  
к.т.н.

Національний  
університет  
харчових  
технологій

УДК 621.316

## АКТУАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ КОМПЕНСАЦІЇ РЕАКТИВНОЇ ПОТУЖНОСТІ НА ХАРЧОВИХ ВИРОБНИЦТВАХ

*Розглянуто шляхи підвищення ефективності компенсації реактивної потужності на промислових підприємствах. Запропоновано широко використовувати індивідуальну компенсацію. Монтаж конденсатора прямо біля навантаження дозволяє зменшити струм по всьому колу — від споживача до джерела. Досліджені проблеми впровадження.*

**Ключові слова:** реактивна потужність, асинхронний двигун, компенсація.

*Рассмотрены пути повышения эффективности компенсации реактивной мощности на промышленных предприятиях. Предлагается широко использовать индивидуальную компенсацию. Монтаж конденсатора непосредственно у загрузки позволяет уменьшить ток во всей цепи — от потребителя до источника. Исследованы проблемы внедрения*

**Ключевые слова:** реактивная мощность, асинхронный двигатель, компенсация.

*The ways of increasing operation efficiency of reactive power compensation on the plants are considered. Small capacitor units may be connected at the individual loads. Greater power — factor corrective effect for a given total capacitor kilovolt — ampere will result with the capacitors located directly at each individual load, since the current is thereby reduced all the way from the load to the source. The problems of its engineering implementation are considered.*

**Key words:** reactive power, induction motor, compensation.

Більшість підприємств харчової промисловості характеризуються компактністю, мають централізовану систему електропостачання, лише цукрові заводи — комбіновану. Електроприймачі на цих заводах відносяться до другої категорії надійності, але м'ясокомбінати мають систему електропостачання, що відповідає вимогам першої категорії надійності, оскільки сировина та

продукція на них мають високу вартість і при аварійному відключенні спостерігатимуться суттєві збитки. Для живлення підприємств використовують радіальну ЛЕП напругою 10–35 кВ, в містах їх підключають до магістральних кільцевих мереж. При компенсації реактивної потужності найбільшого поширення дістали конденсатори. Невелика маса, відсутність частин, що обертаються, незна-

чні втрати енергії, простота обслуговування, безпечність і надійність в експлуатації дозволяють використовувати конденсатори для компенсації реактивної потужності на всіх ступенях системи електропостачання [1–5]. Використання синхронних двигунів для компенсації дозволяє зменшити кількість інших компенсуючих пристроїв.

Критерієм раціонального вирішення задачі компенсації реактивної потужності є мінімум приведених витрат. Вони складаються з витрат на компенсуючі, регулюючі та супутні пристрої, з витрат на регулювання реактивної потужності та передачу її по елементах мережі. Ці витрати включають складові, що не залежать від величини реактивної потужності, так і ті що залежать від неї в першому або другому ступені [1–5].

Для вибору компенсуючих пристроїв досить мінімізувати функцію

$$f = \sum_{i=1}^n r_i [M^2(Q_i) + D(Q_i)], \quad (1)$$

де  $M(Q_i)$  — математичне очікування  $Q$  на  $i$ -й ділянці мережі;  $D(Q_i)$  — дисперсія значення цієї потужності.

Розміщуючи конденсатори у мережі промислового підприємства, необхідно враховувати, що існують індивідуальна, групова та централізована компенсація реактивної потужності [1–5].

В силових мережах основним споживачем реактивної потужності є асинхронний двигун, який використовується як привод насоса чи компресора холодильної установки. Режим роботи цих двигунів дозволяє використовувати індивідуальну компенсацію. Внаслідок великої різноманітності двигунів досить важко дати чіткі рекомендації по вибору потужності конденсаторів, які необхідно вибирати за умовами недопущення самозбудження двигунів після вимкнення їх з електричної мережі. При самозбудженні напруга на затискачах двигуна зростає пропорційно струму конденсатора та швидкості ротора двигуна. Величина напруги може піднятися до 160%  $U_{ном}$ . Якщо двигун повторно вмикається в період самозбудження, розвивається потужний перехідний процес, оскільки фаза напруги самозбудження рідко співпадає з фазою напруги електричної мережі. На обмотки та вал двигуна діють електродинамічні сили, які в декілька разів вищі за ті, що зустрічаються при нормальній роботі. Особливо це стосується двигунів з інерційним навантаженням [1–5].

Тому індивідуальна компенсація дозволяє скомпенсувати тільки біля 25% реактивної потужності двигунів (для потужностей в межах 20–100 кВт).

Збільшити потужність конденсаторної установки індивідуальної компенсації реактивної потужності двигуна можна шляхом підключення кон-

денсаторів до затискачів двигуна через автоматичний вимикач, що обладнаний електромагнітом дистанційного відключення, паралельно затискачам двигуна підключають реле максимальної напруги, сигнал керування з реле подають на електромагніт автоматичного вимикача і відключають конденсаторну установку при підвищенні напруги безпосередньо на двигуні, як при нормальній роботі двигуна, так і під час перехідних процесів в моменти відключення двигуна від мережі [6]. Цей спосіб дозволяє повністю компенсувати реактивну потужність двигуна, що дозволить знизити втрати електроенергії в мережі. При виникненні самозбудження двигуна КУ миттєво відключається.

Рекомендоване застосування КУ напругою 6–10 кВ [1–5] призводить до завантаження мережі підприємства реактивною потужністю та до збільшення втрат енергії. При цьому, як правило, економічний ефект від компенсації буде тільки в мережах енергосистеми, а не підприємства. Більше того, енергосистема може застосовувати штрафні санкції до підприємства, оскільки маючи тільки високовольтні КУ досить великої потужності, часто без регулювання потужності, підприємство не зможе витримати задані енергосистемою величини реактивних потужностей в режимах максимуму та мінімуму.

Системам же компенсації реактивної потужності підприємств притаманна ієрархічна структура та висока складність. Критерієм оптимальності при оперативному керуванні компенсацією є мінімум витрат електроенергії [1–5].

Коефіцієнт ефективності використання КУ (1):

$$\Psi = \frac{\sum_1^n Q_i t_i}{T \sum_1^n Q_i}, \quad (2)$$

де  $Q_i$  — реактивна потужність КУ, квар;  $t$  — тривалість роботи КУ протягом року, год;  $T$  — тривалість роботи підприємства за рік, год.

Змінюючи коефіцієнти ефективності використання джерел реактивної потужності можна підвищити показники пристроїв з низьким коефіцієнтом корисної дії. Максимальне значення потужності КУ (3)

$$Q_M = M(Q_\Sigma) + \beta \delta_x, \quad (3)$$

де  $M(Q_\Sigma)$  — математичне чекання реактивної потужності, що споживається в мережі;  $\delta_x$  — середньоквадратичне відхилення цієї потужності;  $\beta$  — кратність міри розсіювання.

Втрати електричної енергії (4)

$$\Delta W_i = \frac{r_i}{U_{ном}^2} \sum_{k=1}^{\omega} T_k [M_k(P_i^2) + M_k(Q_i^2)], \quad (4)$$

де  $M_k(P_i^2)$  — математичне очікування квадрату активної потужності;  $M_k(Q_i^2)$  — математичне очікування квадрату реактивної потужності;  $\omega$  — кількість інтервалів стаціонарності та ергодійності;  $T_k$  — тривалість цих інтервалів.

Для вибору компенсуючих пристроїв досить мінімізувати функцію (5)

$$f = \sum_{i=1}^n r_i [M^2(Q_i) + D(Q_i)], \quad (5)$$

де  $M(Q_i)$  — математичне очікування  $Q$  на  $i$ -й ділянці мережі;  $D(Q_i)$  — дисперсія значення цієї потужності.

### ВИСНОВКИ

1. Вартість втрат електричної енергії зростає значно швидше, ніж питома вартість конденсаторів, що дозволяє забезпечити всі асинхронні двигуни конденсаторами індивідуальної компенсації

### ЛІТЕРАТУРА

1. Шестеренко В.Є. Системи електроспоживання та електропостачання промислових підприємств. Підручник. — Вінниця: Нова Книга, 2011. — 656 с.
2. Сірий О.М., Шестеренко В.Є. Розрахунки при проектуванні та реконструкції систем електропостачання промислових підприємств. — К.: ІСДО, 1993. — 592 с.
3. Шестеренко В.Є. Оптимізація систем електроспоживання промислових підприємств
4. Shesterenko V., Sidorchuk I. Reactive power compensation in the combined system of sugar refinery electricity // Ukrainian food journal. — 2013. — Vol. 2, Is. 1. — С. 116–122.
5. Шестеренко В.Є., Шестеренко О.В. Електропостачання промислових підприємств. Посібник до курсового та дипломного проектування. — К.: 2013. — 424 с.
6. Патент України № 34943, H02J 3/12. — Спосіб підключення конденсаторів індивідуальної компенсації реактивної потужності асинхронного двигуна / Шестеренко В.Є., Сірий О.М., Балюта С.М., — Опубл. 26.08.2008. Бюл. № 16.

і суттєво знизити втрати в електричних мережах промислових підприємств напругою до 1кВ.

2. Застосування конденсаторів індивідуальної компенсації дозволяє відмовитися від складних та дорогих пристроїв регулювання потужності конденсаторних установок, якими необхідно комплектувати установки централізованої компенсації на трансформаторних підстанціях.

3. Захист двигуна від режиму самозбудження можна здійснити шляхом підключення конденсаторів до затискачів двигуна через автоматичний вимикач, що обладнаний електромагнітом дистанційного відключення, паралельно затискачам двигуна підключають реле максимальної напруги, сигнал керування з реле подають на електромагніт автоматичного вимикача і відключають конденсаторну установку при підвищенні напруги безпосередньо на двигуні.