

УДК 621.396

В. С. БАБЕНКО, магістрант

Харківський університет повітряних сил імені Івана Кожедуба, м. Харків

ОБЕСПЕЧЕНИЕ КОМПЕНСАЦИИ РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ КАК СОСТАВЛЯЮЩАЯ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ

В статье рассмотрены некоторые теоретические аспекты компенсации реактивной мощности как составляющей процесса энергосбережения; уделено внимание описанию компенсирующих устройств, которые дают возможность улучшить энергетические характеристики, снижают потери электроэнергии и повышают пропускную способность систем электроснабжения.

Ключевые слова: компенсация реактивной мощности, компенсирующие устройства, конденсаторы, синхронные двигатели и генераторы, синхронные компенсаторы.

У статті розглянуто деякі теоретичні аспекти компенсації реактивної потужності як складової процесу енергозбереження; приділено увагу опису компенсуючих приладів, що дають змогу поліпшити енергетичні характеристики, знизують втрати електроенергії й збільшують пропускну спроможність систем електропостачання.

Ключові слова: компенсація реактивної потужності, компенсуючі прилади, конденсатори, синхронні двигуни й генератори, синхронні компенсатори.

Вступ

Питання енергоефективності та енергозбереження сьогодні надзвичайно актуальні для України: попит на енергоресурси зростає, тоді як запаси традиційних видів палива щороку зменшуються. З огляду на це, проблеми застосування енергоефективних та енергозберігаючих технологій, використання відновлюваних і альтернативних джерел енергії залишаються одними з пріоритетних в розвитку вітчизняного народного господарства і недостатня увага до них спричиняє як відчутні економічні, так і негативні екологічні наслідки.

Для раціонального використання електроенергії необхідно забезпечити економічні засоби її передачі, розподілу й споживання з мінімальними втратами. Зокрема, привертає до себе увагу проблема втрат електроенергії й напруги на промислових підприємствах. Реактивна незбалансованість електроустановок відокремлених технологічних, виробничих, рекреаційних та т.п. об'єктів призводить до понаднормативних втрат електроенергії в мережах електропередавальної організації та погіршення якості електроенергії. Унаслідок цього важливе значення має компенсація реактивних навантажень й підвищення коефіцієнта потужності в системах електропостачання підприємств, що й обумовлює актуальність обраної нами теми статті.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Проблема компенсації реактивних навантажень і заходів зі зменшення реактивних навантажень є предметом розгляду вчених [3], які зазначають, що при зниженні коефіцієнта потужності споживачів (при незмінній активній потужності) внаслідок зростання реактивного струму збільшуються втрати електроенергії в мережах, трансформаторах і генераторах. При значному зниженні значення коефіцієнта потужності трансформатори та генератори виявляються настільки завантаженими реактивними струмами, що подальше отримання від них активної потужності стає нереальним. Крім того, при зниженні коефіцієнта потужності збільшуються і втрати напруги в мережах і практично всі показники якості електроенергії за напругою залежать від обсягів споживання реактивної потужності промисловими установками. В. Божко, Ю. Железко [1], А. Пароховник [2], В. Рогальський,

О. Нанака приділяють особливу увагу одному з основних на сьогодні засобу економії електроенергії й підвищенню ефективності роботи електроприладів – зниженню споживаної з мережі реактивної потужності з одночасним підвищенням якості електроенергії безпосередньо в мережах споживача.

Формулювання цілей статті

Мета статті – дослідити сутність і роль заходів, що компенсують реактивну потужність.

Основний матеріал

Основними шляхами енергозбереження на сьогодні є впровадження нових енергозберігаючих технологій; енергоекономічного обладнання; удосконалення існуючих технологій і, як наслідок цього, – підвищення якості продукції; заміщення і вибір найбільш ефективних енергоносіїв; зменшення втрат сировини та матеріалів: скорочення втрат енергоресурсів; організаційно-технічні заходи, удосконалення обліку та контролю за витратами енергоресурсів; економічні, правові та інші фактори зниження рівнів енергоспоживання тощо (рис. 1).

Теоретичну основу проблеми визначення оптимальних енергозберігаючих заходів становлять відомості про активну й реактивну енергії, що разом становлять повну енергію. При цьому частка активної енергії по відношенню до повної визначається косинусом кута зсуву фаз між струмом і напругою – $\cos\phi$.



Рис. 1. Основні напрями та шляхи енергозбереження

Протікаючи по кабелях й обмотках трансформаторів, реактивний струм знижує в межах пропускної спроможності частку протікаючого по них активного струму, спричиняючи при цьому значні додаткові втрати в провідниках на нагрів – тобто активні втрати.

Для поліпшення використання електричної енергії з метою мінімізації втрат в умовах обмежень на максимальну споживану потужність, велика роль відводиться новим технічним засобам, що дозволяють поліпшити енергетичні характеристики: підвищити $\cos(\phi)$ до заданих значень, зменшити вміст гармонік в живлячій напрузі, а також спростують проведення моніторингу мережі.

Компенсацію реактивної потужності в повній мірі можна віднести до енергозберігаючих технологій. Підвищення $\cos(\phi)$ дозволяє зменшити споживання з мережі активної і реактивної енергії та збільшити за рахунок розвантаження за потужністю термін служби обладнання.

Розглянемо більш детально поняття реактивної потужності й компенсації реактивної потужності з метою визначення заходів, що компенсують реактивну потужність.

Реактивна потужність – величина, що характеризує навантаження, створені в електротехнічних пристроях коливаннями електроенергії електромагнітного поля в колі синусоїдального змінного струму і дорівнює добутку дійсних значень напруги U і струму I , помноженого на синус кута зсуву фаз φ між ними: $Q = UI \sin \varphi$ (якщо струм відстає від напруги, зсув фаз вважають додатнім, якщо випереджує – від’ємним).

Реактивна потужність пов’язана з повною напругою й активною напругою P співвідношенням: $|Q| = \sqrt{S^2 - P^2}$. Реактивна потужність в електромережах спричиняє додаткові активні втрати (на покриття яких витрачається енергія на електростанціях) і втрати напруги (умови, що погіршують регулювання напруги). У деяких електричних установках реактивна потужність може бути значно більшою за активну. Це призводить до появи великих реактивних струмів і спричиняє перевантаження джерел струму. Для усунення перевантажень і підвищення коефіцієнта потужності електричних установок здійснюється компенсація реактивної потужності.

Компенсація реактивної потужності – цілеспрямований вплив на баланс реактивної потужності у вузлі електроенергетичної системи з метою регулювання напруги, а в розподільних мережах і з метою зниження втрат електроенергії. Здійснюється вона з використанням компенсуючих пристроїв. Для підтримки потрібних рівнів напруги у вузлах електромережі споживання реактивної потужності має забезпечуватись потрібною генерованою потужністю з урахуванням необхідного резерву. Генерована реактивна потужність складається з реактивної потужності, що виробляється генераторами електростанцій, і реактивної потужності компенсувальних приладів, розміщених в електромережі й електроустановках споживачів електроенергії. Основні засоби компенсації реактивної потужності наведено на рис. 2.

Компенсація реактивної потужності особливо актуальна для промислових підприємств, основними електроприймачами яких є асинхронні двигуни, у результаті чого коефіцієнт потужності без ужитку заходів з компенсації становить 0,7–0,75.

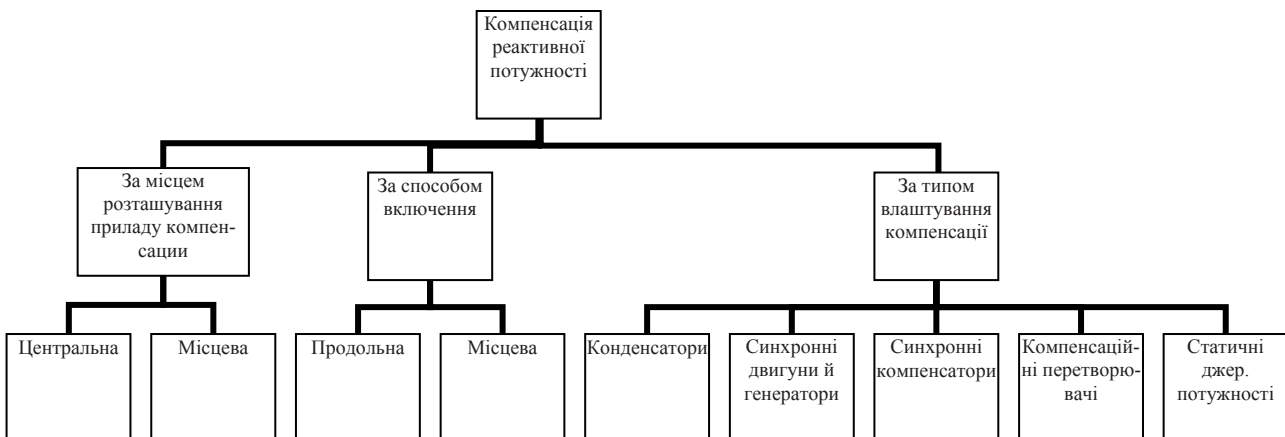


Рис. 2. Засоби компенсації реактивної потужності

Значну частину електрообладнання будь-якого підприємства становлять прилади, обов’язковою умовою нормальної роботи яких є створення в них магнітних полів – трансформатори, асинхронні двигуни, індукційні печі тощо, які можна узагальнено схарактеризувати терміном «індуктивне навантаження». Оскільки одною з особливостей індуктивності є властивість зберігати незмінність струму, що протікає через неї, то при протіканні струму з’являється фазовий зсув між струмом і напругою (струм «відстає» від напруги на фазовий кут). Різні знаки струму й напруги на період фазового зсуву, як наслідок,

призводять до зниження енергії електромагнітних полів індуктивностей, що поповнюється з мережі.

Чим меншим є активне навантаження певного індуктивного споживача (асинхронного двигуна, трансформатора), тим нижчим є $\cos\phi$. Отже, для компенсації реактивної потужності необхідним є набір обладнання, що забезпечуватиме адекватне регулювання $\cos\phi$ залежно від змінних умов роботи обладнання, тобто установка компенсації реактивної потужності (УКРП).

Для вибору компенсувальних пристроїв, перш за все, необхідно визначити розрахункову компенсувальну потужність Q_k відповідно до значень реактивної потужності, яку підприємство може отримати з енергосистеми $Q_{\text{сист}}$.

Основними вихідними даними для визначення потужності компенсувальних приладів Q_k в розподільних мережах згідно «Вказівок з компенсації реактивної потужності в розподільних мережах» є граничні величини реактивної потужності $Q_{\text{сист}}$, які за технічними умовами можуть бути передані споживачу з енергосистеми в режимі найбільших активних навантажень і в режимі найменших реактивних навантажень системи.

Компенсувальні прилади знижують втрати електроенергії й збільшують пропускну спроможність систем електропостачання. Режим роботи компенсувальних приладів має визначатися не тільки завданнями зниження втрат енергії на передачу реактивної потужності й підвищення пропускну спроможності мереж і трансформаторів, але й завданням підтримання оптимального рівня напруги в мережі.

Основними компонентами установки компенсації реактивної потужності є:

- джерела ємкісної реактивної потужності – конденсатори;
- регулятор реактивної потужності – прилад, що вимірює і підтримує величину $\cos\phi$ на заданому оптимальному рівні шляхом видачі команд на виконавчі пристрої без участі персоналу;
- виконавчі пристрої, що вмикають і вимикають конденсатори необхідної потужності в необхідній кількості залежно від команд регулятора.

Для компенсації реактивної потужності на підприємствах застосовуються: а) конденсатори, б) синхронні двигуни й генератори, в) синхронні компенсатори, г) компенсаційні перетворювачі, д) статичні джерела реактивної потужності, е) синхронні генератори й двигуни якості синхронних компенсаторів.

Велике значення має правильний вибір місця встановлення компенсувального пристрою. Зауважимо, що реактивну потужність треба компенсувати в місці її виникнення. Якщо джерелом реактивної потужності є двигун насоса або компресора, то доцільно ставити компенсувальні конденсатори безпосередньо в комірці управління цими пристроями. Якщо реактивна потужність утворюється на стороні низької напруги (НН), то компенсувати її треба також на стороні НН, не допускаючи проходження реактивної потужності через трансформатор.

При цьому слід зазначити, що термін служби значної частини силових трансформаторів, які експлуатуються на підприємствах, давно перейшов 15-річний рубіж. Для продовження терміну їх служби необхідно розвантажити трансформатори по струму, що зменшить температуру перегріву обмоток і, отже, зменшить швидкість старіння ізоляції. Відомо, що зменшення температури перегріву обмоток на 10°C дозволяє в середньому подвоїти залишковий термін служби. Ураховуючи значну вартість силових трансформаторів, при підвищенні $\cos(\phi)$ цей аспект, поряд зі зменшенням плати за реактивну енергію, дозволяє істотно поліпшити економічні показники підприємства.

Висновки і перспективи подальших розвідок у цьому напрямі

Заходи з компенсації реактивної потужності на підприємствах дають можливість:

- зменшити навантаження на трансформатори, збільшити термін їх використання;
- зменшити навантаження на дроти, кабелі, використовувати їх з меншим перерізом;
- покращити якість електроенергії в електроприймачах;
- зменшити навантаження на комутаційну апаратуру за рахунок зниження струмів у колах;

- уникнути штрафів за зниження якості електроенергії зниженим коефіцієнтом потужності;
- знизити витрати на електроенергію;
- зменшити рівень вищих гармонік в мережі.

Список літератури

1. Железко Ю. С. Стратегия снижения потерь мощности и повышения качества электроэнергии в электрических системах / Ю. С. Железко // Электричество. – 1992. – № 5. – С. 6–12.
2. Пароховник А. В. Комплексне і системне вирішення проблеми компенсації реактивних навантажень в електричних мережах споживачів та енергопостачальних компаній / А. В. Пароховник, В. М. Божко, Б. С. Рогальський, О. М. Нанака // Промышленная энергетика. – 2004. – № 2
3. Режим доступу: <http://www.alfar.ru/smart/2/1387/>.

PROVIDING OF INDEMNIFICATION REACTIVE-POWER AS CONSTITUENT OF PROCESS OF ECONOMY OF ENERGY

V. S. BABENKO, magistrant

The article is devoted consideration of some theoretical aspects of indemnification a reactive-power as constituent of process of energy-savings; attention is spared description of compensating devices, which enable to improve power descriptions, reduce the losses of electric power and promote the carrying capacity of the systems of power supply.

Key words: *indemnification a reactive-power, compensating devices, condensers, synchronous engines and generators, synchronous scraies.*

Поступила в редакцію 20.05 2011 г.