

В.Т. Заїка, д-р техн. наук, А.О. Лапа, В.В. Недоступенко
(Україна, Дніпропетровськ, Національний гірничий університет)

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ СИСТЕМ ПІДЗЕМНОГО ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ВУГІЛЬНИХ ШАХТ ЗА РАХУНОК КОМПЕНСАЦІЇ РЕАКТИВНОЇ ПОТУЖНОСТІ

Вугільні шахти являють собою складні виробничі системи. Не останню роль у забезпеченні їхньої усталеної роботи грають системи електропостачання (СЕР), їхня надійність, пропускна здатність, безпека. Економічні показники СЕР залежать від багатьох факторів, і, зокрема, від ступеня завантаження елементів реактивною потужністю. З метою електрозбереження і забезпечення якості електроенергії перетікання реактивної потужності в мережах між електропередавальною організацією та промисловими підприємствами обмежене. За останніми дослідженнями для промислових підприємств нормативний коефіцієнт потужності $\cos\varphi = 0,97$ ($\operatorname{tg}\varphi = 0,25$) [1].

Дотепер компенсація реактивної потужності в СЕР вугільних шахт виконується тільки на поверхні і за допомогою встановлення конденсаторних пристроїв (КП) на шинах головної знижувальної підстанції. Це дозволяє підвищити коефіцієнт потужності в цілому по шахті до 0,92...0,98 і розвантажити живильні лінії електропередачі [2].

У той же час в системах підземного електропостачання природний коефіцієнт потужності коливається у широких межах. За умови роботи потужних гірничих машин і установок він в середньому дорівнює 0,53...0,60 і практично не перевищує 0,65...0,70. Тому завантаження трансформаторів і ліній реактивною потужністю більше, ніж активною. Результатом цього є істотне збільшення струму і втрат потужності, що при проектуванні призведе до завищення перерізів провідників і потужностей трансформаторів. Зростають також втрати активної енергії і напруги в елементах СЕР. До теперішнього часу масштаби цих наслідків для систем підземного електропостачання вивчені недостатньо. Тому дослідження і кількісна оцінка впливу процесів обміну реактивною енергією на техніко-економічні показники систем підземного електропостачання при випадковому характері зміни реактивних навантажень є актуальним науковим і практичним завданням.

Мета досліджень – підвищення техніко-економічних показників (ефективності) систем підземного електропостачання за рахунок оперативного управління процесами обміну реактивною енергією. Для досягнення зазначеної мети необхідно виконати оцінку потенціалу електрозбереження від зниження потоків реактивної енергії та розробити рекомендації щодо оперативної компенсації реактивної потужності в системах підземного електропостачання.

Дослідження та вирішення поставленого завдання виконується на прикладі системи підземного електропостачання типової вугільної шахти Західного Донбасу – шахти ім. М.І. Сташкова ДХК „Павлоградвугілля”.

При моделюванні добових графіків навантаження підземних електро-

приймачів використовуються дані про споживання електроенергії різними виробничими дільницями, отримані за допомогою комплексу технічних засобів (КТЗ ЗОЕ), розробленого в Національному гірничому університеті, а також параметри загальної принципової схеми електропостачання шахти.

При моделюванні графіків навантаження виробничих дільниць приймаються такі припущення:

- на шинах головної знижувальної підстанції (ГЗП) підтримується постійний рівень напруги 6,3 кВ, що не змінюється протягом доби;
- дослідження графіків навантаження, втрат потужності й електроенергії виконуються за даними однієї доби за умови продуктивності шахти в межах 3500-4000 т/добу, тобто припускається відносна незмінність добового графіка навантаження протягом року і стабільний рівень продуктивності.

Вихідні дані, отримані за допомогою КТЗ ЗОЕ, визначені практично для усіх основних виробничих дільниць, тому для дільниць з подібними технологічними процесами приймаються такі ж графіки навантажень, як і для дільниць з відомими вихідними даними, але пропорційно встановленим потужностям.

У таблиці наведені дані про добове споживання електроенергії в системі підземного електропостачання шахти ім. М. І. Сташкова з урахуванням отриманих результатів.

Добове споживання електроенергії в системі підземного електропостачання шахти ім. М. І. Сташкова

Технологічний процес	Активна енергія (тис кВт·год)	Реактивна енергія (тис квар·год)	Частка від загальношахтних витрат реактивної енергії (%)	Коефіцієнт потужності
Видобуток	28,56	51,05	34,8	0,49
Проходка	6,87	7,32	5,0	0,68
Конвеєрний транспорт	28,91	32,09	21,9	0,67
Водовідлив	41,43	26,20	17,8	0,85
Решта	36,46	30,19	20,6	0,77
Усього	142,22	146,85	100,0	0,70

Найбільшу частину реактивної електроенергії споживають дільниці видобутку і конвеєрний транспорт, де найбільш низький коефіцієнт потужності. Звідси випливає, що найбільш доцільно встановлювати КП поблизу зазначених виробничих дільниць.

Для визначення доцільного рівня компенсації реактивної потужності в системі підземного електропостачання дослідимо зміну втрат активної електроенергії в розподільній мережі 6 кВ і мережах 0,66 кВ електропостачання виробничих дільниць залежно від потужності КП. При дослідженні приймаються такі основні положення:

- компенсуючі пристрої встановлюються у всіх вузлах мережі, до яких підключені електроприймачі, при цьому потужність КП варіюється одночасно у всіх вузлах;
- як джерела реактивної потужності використовуються нерегульовані КП,

тобто вироблювана реактивна потужність має постійне значення протягом доби;

- рівень компенсації змінюється рівномірно у відсотках від базових значень реактивної потужності електроприймачів (середньодобового, добового півгодинного максимуму і добового півгодинного мінімуму) для кожного вузла;

- при визначенні початкового рівня компенсації (потужність КП дорівнює нулю) за відповідним значенням реактивної потужності враховується сумарна зарядна потужність кабельних ліній електропередачі у вузлах, при цьому, якщо модульне значення зарядної потужності перевищує значення реактивного навантаження електроприймачів, потужність КП у вузлі приймається рівною нулю;

- схеми електропостачання виробничих ділянок розглядаються окремо від розподільної мережі 6 кВ, при цьому розраховуються сумарні втрати електроенергії в мережі 0,66 кВ, трансформаторах пересувних діляничних підстанцій і високовольтних кабелях, що живлять підстанції.

На рисунку наведені добові графіки активного P і реактивного Q електричних навантажень та отримані графіки втрат електроенергії залежно від рівня компенсації реактивних навантажень відносно до середньодобового $\Delta A_{с.доб.}$, максимального $\Delta A_{макс.}$ і мінімального $\Delta A_{мін.}$ значень реактивної потужності. На графіках також відображений рівень втрат електроенергії за умови повної компенсації реактивної потужності споживачів.

Аналіз отриманих графічних залежностей виявив, що:

- найменше значення втрат активної електроенергії досягається при компенсації реактивних навантажень електроприймачів до рівня середньодобової реактивної потужності. При цьому в розподільній мережі 6 кВ досягається зменшення втрат приблизно на 50% від початкових, а в мережах електропостачання виробничих ділянок – на 52-56%;

- компенсація реактивної потужності до рівня добового максимуму (розрахункового навантаження) недоцільна, тому що при збільшенні потужності КП понад середньодобову спостерігається різке збільшення втрат електроенергії і, при досягненні зазначеного рівня компенсації, втрати у мережі наближаються до початкових;

- при компенсації реактивної потужності до рівня добового мінімуму досягається зменшення втрат на 28% у мережі 6 кВ і на 19-23% у мережах електропостачання виробничих ділянок, що істотно менше, ніж при компенсації до рівня середньодобової реактивної потужності, і тому також менш доцільно;

- різниця між найменшим рівнем втрат і значенням втрат активної електроенергії за умови повної компенсації складає близько 7% для мережі 6 кВ і 12-16% для мереж виробничих ділянок, але зменшення втрат на указані значення можливо тільки при застосуванні регульованих КП. Однак, з огляду на більш високу вартість таких КП і відносно невеликий відсоток зменшення втрат електроенергії, ефект від їхнього впровадження малоймовірний, хоча остаточна оцінка можлива тільки при проведенні економічних розрахунків;

- потужність КП можна приймати в досить широких межах (приблизно $\pm 20\%$ від середньодобового реактивного навантаження) без істотного збільшення втрат електроенергії (менше 5%).

Отже, що найбільш доцільним рівнем компенсації реактивної потужності при застосуванні нерегульованих КП є рівень середньодобової реактивної потужності, при якому в мережі підземного електропостачання досягаються найменші втрати активної електроенергії.

Таким чином, порівнюючи різні варіанти розміщення КП у системі підземного електропостачання можна зробити такі висновки:

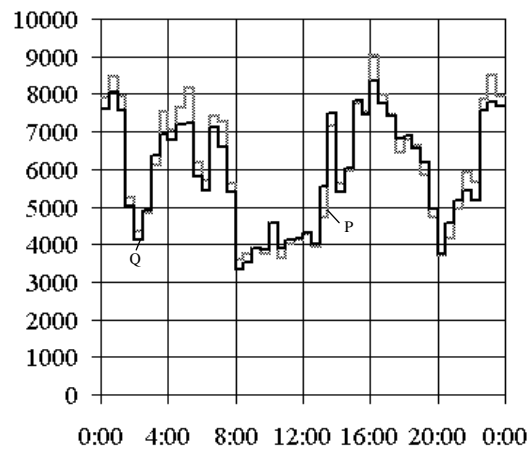
– установа компенсуючих пристроїв в усіх вузлах споживання реактивної потужності недоцільне у зв'язку з високою вартістю КП і комутаційного устаткування рудникового виконання;

– компенсація реактивної потужності у низьковольтній мережі напругою 0,66 кВ призводить до більшого економічного ефекту, ніж компенсація у розподільній мережі 6 кВ. Це дозволяє відзначити про доцільність розробки і виробництва низьковольтних КП рудникового виконання;

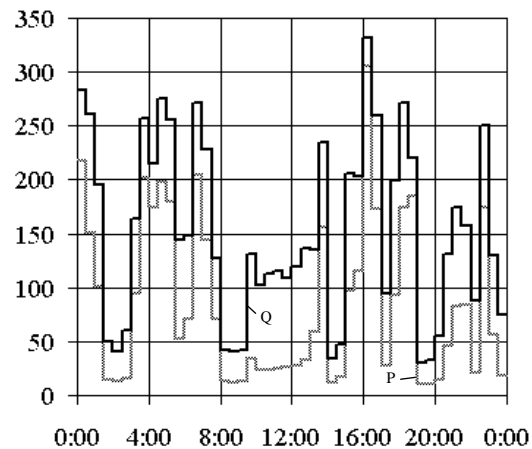
– потужність КП можна приймати в досить широких межах (приблизно $\pm 20\%$ від середньодобового реактивного навантаження) без істотного збільшення втрат електроенергії (менше 5%).

Отже, що найбільш доцільним рівнем компенсації реактивної потужності при застосуванні нерегульованих КП є рівень середньодобової реактивної

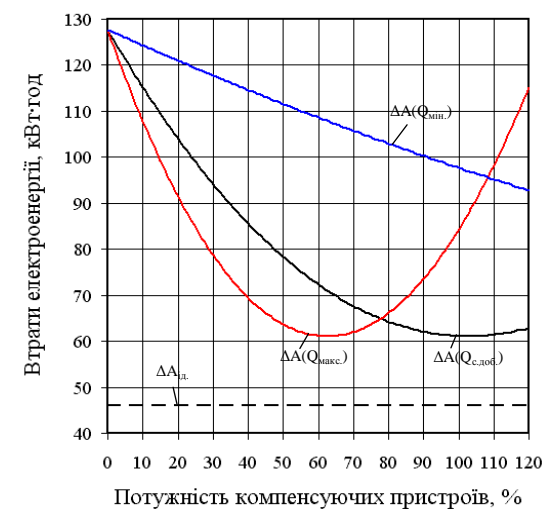
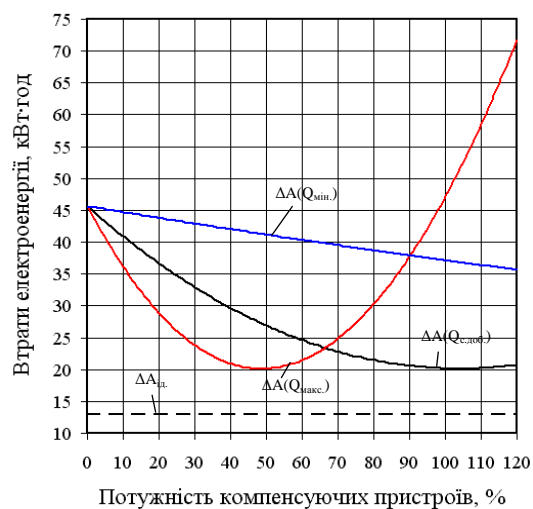
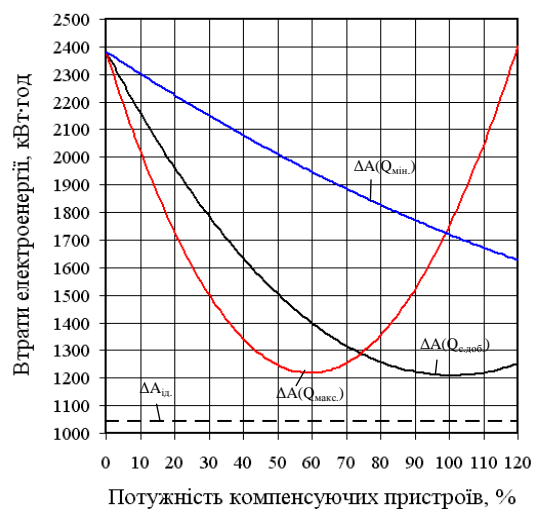
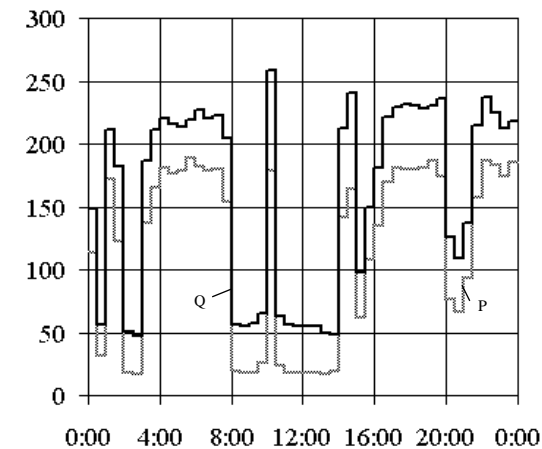
а



б



в



Добові графіки електричних навантажень та залежності втрат електроенергії від рівня компенсації для розподільної мережі 6 кВ (а), дільниць видобутку (б) і конвеєрного транспорту (в)

потужності, при якому в мережі підземного електропостачання досягаються най-менші втрати активної електроенергії.

Таким чином, порівнюючи різні варіанти розміщення КП у системі підземного електропостачання можна зробити такі висновки:

– установа компенсуючих пристроїв в усіх вузлах споживання реактивної потужності недоцільне у зв'язку з високою вартістю КП і комутаційного устаткування рудникового виконання;

– компенсація реактивної потужності у низьковольтній мережі напругою 0,66 кВ призводить до більшого економічного ефекту, ніж компенсація у розподільній мережі 6 кВ. Це дозволяє відзначити про доцільність розробки і виробництва низьковольтних КП рудникового виконання;

– застосування компенсуючих пристроїв у вузлах підключення підземних електроприймачів, що споживають невелику реактивну потужність (середньодобове навантаження до 50 квар) нераціонально, оскільки економія від зниження втрат електроенергії при цьому незначна і встановлення КП економічно себе не виправдовує;

– упровадження компенсуючих пристроїв тільки за рахунок коштів, отриманих у результаті зниження втрат електроенергії, на діючих шахтах можливе тільки при встановленні КП у найбільш віддалених та завантажених лініях. При цьому досягається економічний ефект, але термін окупності встановлення КП в мережах 0,66 кВ становить до шести років;

– значно більший економічний ефект буде досягнутий, якщо питання компенсації реактивної потужності розглядати на стадії проектування нових шахт або виробничих дільниць з урахуванням установки КП. При цьому можливе зменшення перетинів кабельних ліній електропередачі і потужності пересувних трансформаторних підстанцій, але це питання вимагає більш детального вивчення.

Список літератури

1. Методика обчислення плати за перетікання реактивної електроенергії між електропередавальною організацією та її споживачами. Затверджено наказом Міністерства палива та енергетики України №19 від 17 січня 2002 р.
2. Маймин С. Р., Кутовой Л. Н., Тесленко В. И. Рациональная компенсация реактивной мощности в электрической сети шахт. – М.: Недра, 1968.– 81 с.