

# Виробничий досвід

УДК 621.316.1

## ОСОБЛИВОСТІ КОМПЕНСАЦІЇ РЕАКТИВНОЇ ПОТУЖНОСТІ В ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖАХ НАФТОВИДОБУВНИХ ПІДПРИЄМСТВ

О.В.Соломчак, В.П.Соломчак, Х.Н.Нгуєн, О.І.Кіянюк, О.Б.Худа

ІФНТУНГ, 76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15, тел. (03422) 48003,  
e-mail: epeo@ifdtung.if.ua

*В публикации отображены результаты работ по исследованию режимов потребления реактивной электроэнергии и определения технических и организационных мероприятий по оптимальной компенсации реактивной электроэнергии в электрических сетях нефтедобывающих предприятий. Установлены причины избыточного потребления реактивной электроэнергии, структурированы электроприемники, проанализированы суточные и годовые графики электрических нагрузок, определены технические средства и оптимальные варианты компенсации реактивной мощности на основе технико-экономических показателей.*

*In the publication the results of works are represented from research of the modes of consumption of reactive electric power and determination of technical and organizational measures on optimum indemnification of reactive electric power in the electric networks of oil-extracting enterprises. The reasons of surplus consumption of reactive electric power are set, structured electro-receivers, the daily allowance and annual graphs of the electric loadings are analysed, certain hardwares and optimum variants of indemnification of reactive power on the basis of economic indexes.*

**Об'єкт дослідження** — електричні мережі нафтовидобувних підприємств. Вони включають три характерні групи електроприймачів — нафтові промисли, газопереробні заводи та бурові установки.

**Мета роботи** — розроблення організаційних та технічних рішень щодо оптимальної компенсації реактивної електроенергії.

Навантаження нафтовидобувних підприємств має індуктивний характер, який спричиняє споживання реактивної потужності. Ця потужність у свою чергу спричиняє такі негативні явища, як збільшення плати за спожиту електроенергію, додаткові втрати в струмопровідних елементах, завищення потужності трансформаторів, перерізів кабелів та провідників, відхилення напруги в мережі від номінальної.

**Причини надмірного споживання реактивної електроенергії:**

- недовантаження електродвигунів;
- мале завантаження силових трансформаторів;
- змінний режим роботи бурових установок;
- циклічне навантаження штангових глибинних установок;
- мала частка синхронних двигунів у загальній кількості;

– недостатнє оснащення пристроями компенсації реактивної електроенергії;

– відсутність пристроїв автоматичного регулювання збудження синхронних двигунів бурових установок.

На бурових установках для привода бурових насосів використовуються високовольтні синхронні двигуни, які працюють в постійному режимі. Для привода ротора та лебідки використовуються асинхронні високовольтні електродвигуни, які працюють у повторно-короткочасному режимі роботи. Регулювання збудження синхронних двигунів здійснюється в ручному режимі. Намагання обслуговуючого персоналу встановити режим генерування реактивної потужності по середньому навантаженню бурової призводить до надмірного споживання реактивної електроенергії буровою в режимі буріння і до надмірного генерування реактивної потужності в режимі неробочого ходу привода ротора і лебідки. На рис. 1 зображено споживання електроенергії однією з бурових за 7 місяців 2003 року.

Нафтопромислові електроприймачі напругою 6 і 0,4 кВ отримують живлення від промислової підстанції 35/6 кВ. Основними електроприймачами є кушові насосні станції, нафтоперекачувальні станції, компресорні станції та установки механізованого видобутку нафти.

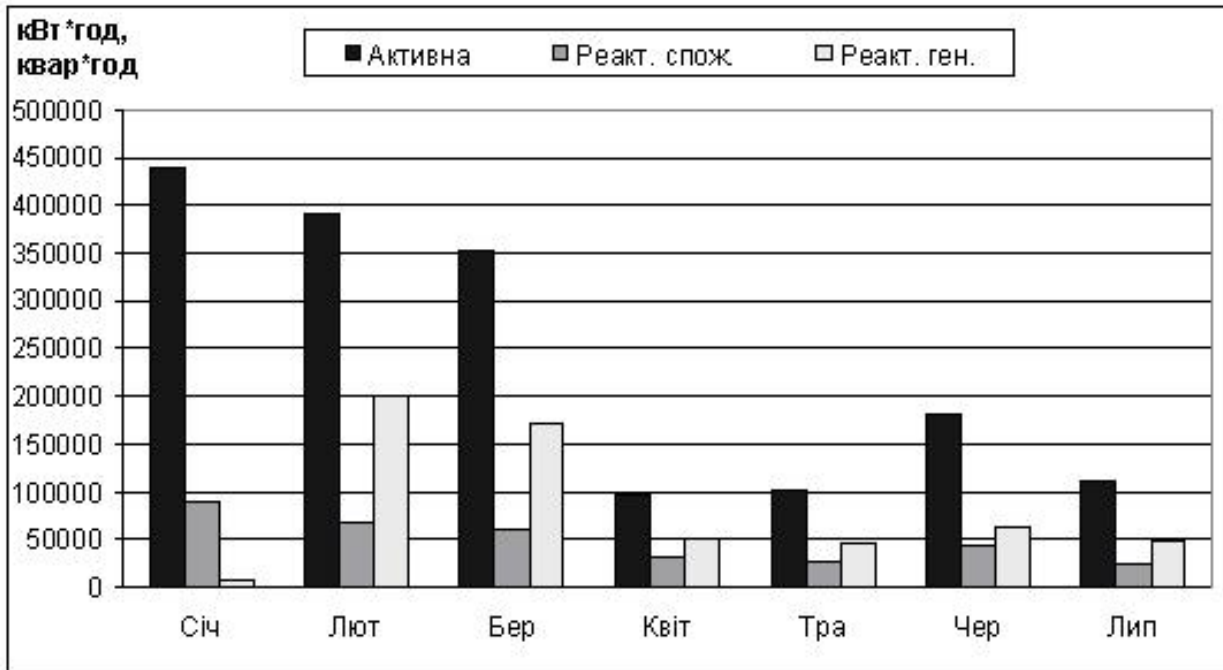


Рисунок 1 — Помісячне споживання електроенергії буровою установкою

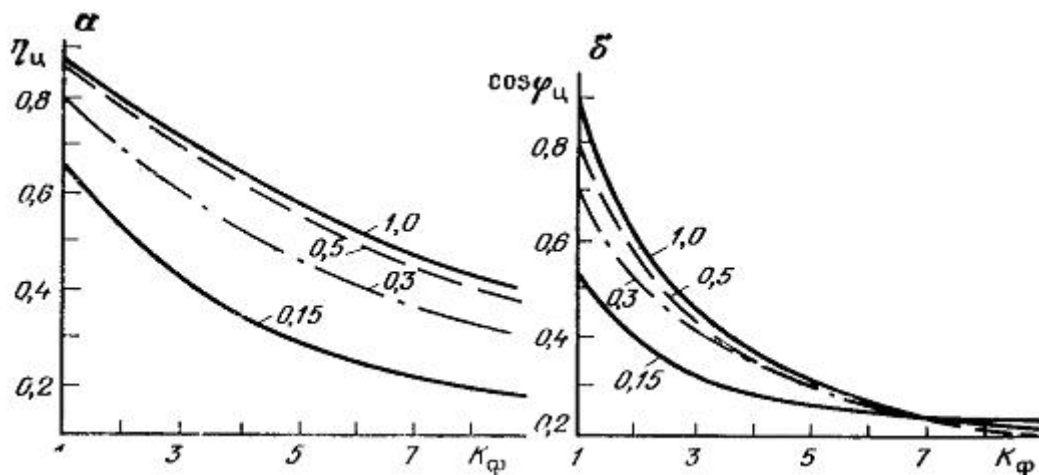


Рисунок 2 – Залежності енергетичних показників  $\eta_{\text{ц}}$  (а) і  $\cos \varphi_{\text{ц}}$  (б) двигунів від коефіцієнта форми навантажувальної кривої за різного ступеня завантаження

Основною причиною надмірного споживання реактивної електроенергії нафтовими промислами є недовантаження асинхронних двигунів за змінного режиму роботи. Це призводить до завищеного споживання реактивної електроенергії. На рис. 2 зображено залежності коефіцієнтів корисної дії та навантаження асинхронних двигунів привода штангових глибинних насосів за різного завантаження та коефіцієнта форми кривої навантаження.

На старих нафтових промислах, які характеризуються складними умовами видобутку нафти і малою продуктивністю режим роботи нерівномірний, відсутні синхронні двигуни, тому споживання реактивної електроенергії нерідко перевищує споживання активної електроенергії (рис. 3).

Дещо в кращому стані є нафтові родовища, на яких для привода насосів кущових насосних

станцій використовуються високовольтні синхронні двигуни. Як правило, потужності синхронних двигунів достатньо для компенсації реактивного навантаження промислу загалом і за рівномірного графіка навантаження вдається вручну виставити оптимальний режим компенсації реактивної потужності по ТП 35/6 кВ (рис. 4).

Проте і на таких промислах загальну картину рівномірного споживання погіршують бурові установки, які впродовж року змінюють розташування і відповідно схему приєднання.

Ряд об'єктів, таких як бази виробничого обслуговування, управління технологічного транспорту, адміністративні приміщення та інші, що працюють в одну зміну, мають характерний графік навантаження (рис. 5).

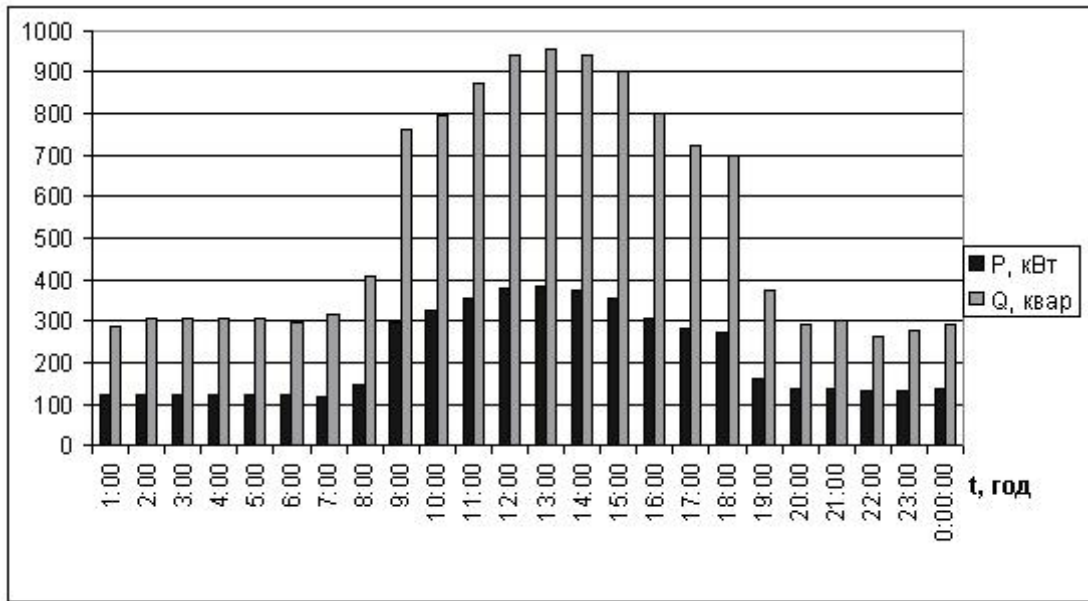


Рисунок 3 — Нерівномірний добовий графік навантаження ТП 35/6 кВ

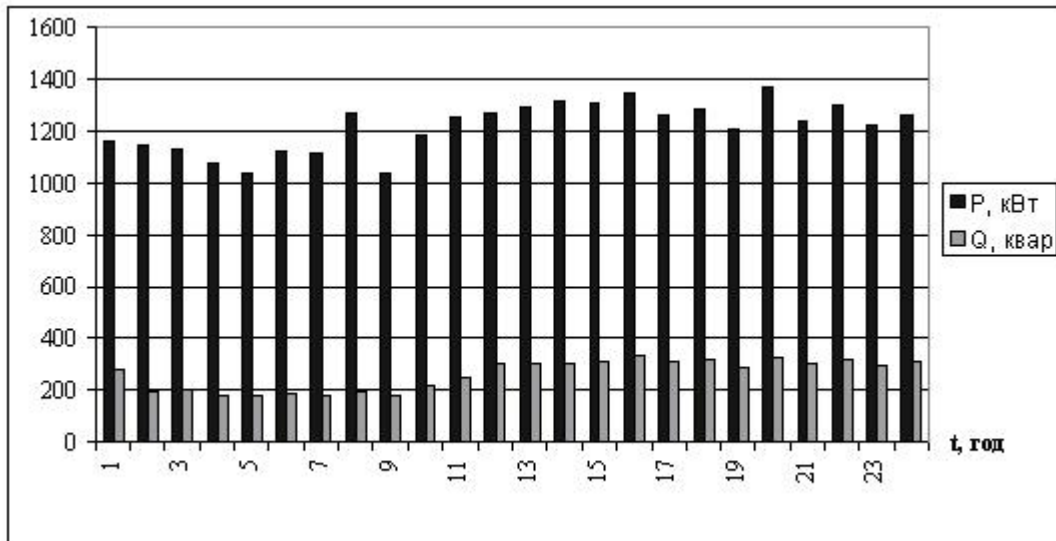


Рисунок 4 — Рівномірний добовий графік навантаження ТП 35/6 кВ

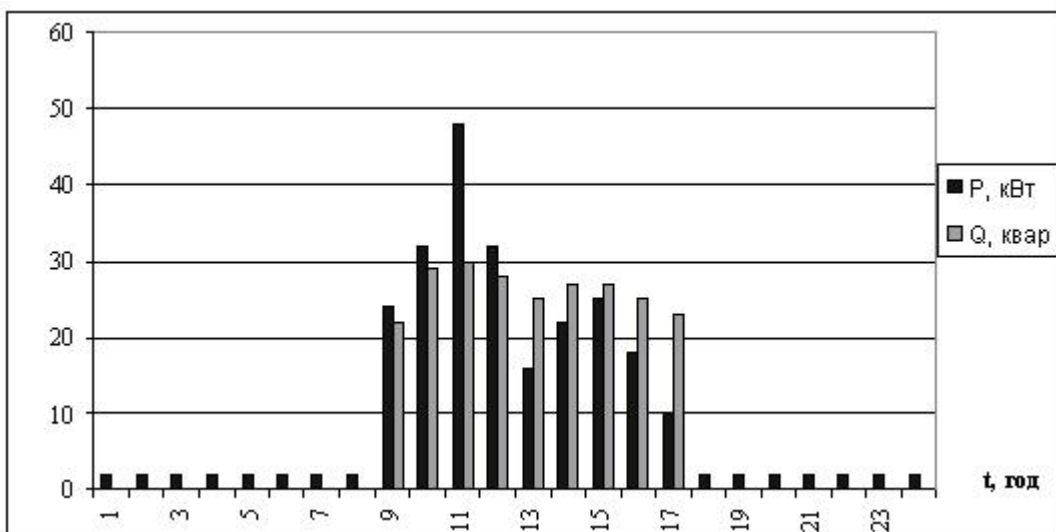


Рисунок 5 — Добовий графік навантаження однозмінних електроприймачів

Газопереробні заводи мають переважно рівномірні графіки навантаження. Проте споживання впродовж року змінюється сезонно. Основними електроприймачами є низьковольтні електродвигуни привода насосів, вентилятори та компресорів. Тому живлення заводи отримують, як правило, на напрузі 6 кВ від районних або промислових підстанцій.

Досить значними залишаються втрати холостого ходу силових трансформаторів через їх мале завантаження, велику кількість, постійний режим роботи та наявність застарілих трансформаторів зі значними номінальними втратами. На окремих родовищах втрати холостого ходу по реактивній енергії складають 30% від загального споживання.

**Технічні засоби компенсації реактивної електроенергії** — нерегульовані і регульовані конденсаторні установки високої та низької напруг, синхронні двигуни в режимі перезбудження.

**Схеми компенсації:**

- загальна — на вводі підприємства, або структурного підрозділу;
- групова — на лінії групи однотипних електроприймачів;
- індивідуальна — в безпосередній близькості до електроприймача.

Найбільш ефективними є засоби автоматичного регулювання потужності компенсуючих пристроїв — автоматичні регулятори потужності конденсаторних установок та автоматичні регулятори збудження синхронних двигунів.

**За типом регулювання потужності конденсаторних батарей** установки бувають:

- звичайні (релейні) — в яких комутація конденсаторів виконується за допомогою електромеханічних реле;
- статичні (тиристорні) — в яких використовуються тиристорні ключі.

У статичних установках комутація конденсаторів відбувається в момент нульової напруги, завдяки чому вони забезпечують високу швидкодію (до 14 комутацій в секунду); низький рівень електромагнітних перешкод; незначне зношення конденсаторів; високу надійність ключів; зниження втрат у конденсаторах.

Для керування конденсаторними установками широко застосовуються мікропроцесорні регулятори, які використовують оптимальні алгоритми роботи з мінімальною кількістю комутацій. Використовуючи ступені конденсаторів різної потужності вони зводять до мінімуму споживання реактивної електроенергії.

Система регулювання реактивної потужності синхронного двигуна дозволяє регулювати збудження груп синхронних двигунів за умовами: максимальної компенсації реактивної потужності, стабілізації напруги вузла навантаження. Система діє на входи необхідної кількості тиристорних збудників СД, забезпечуючи оптимальний режим роботи.

Сучасні конденсаторні батареї випускаються у трифазному та однофазному виконанні, мають вмонтовані розрядні опори та захист від перенапруг, який може мати місце в момент

комутації, що забезпечує їх високу надійність. Розширено діапазон потужностей конденсаторних батарей: напругою 0,4 кВ від 2,5 квар і напругою 6,3 кВ від 25 квар. Використання сучасних матеріалів дозволило зменшити габаритні розміри конденсаторів та діелектричні втрати активної електроенергії.

У результаті проведених досліджень, які ґрунтуються на техніко-економічних розрахунках визначено **оптимальні варіанти компенсації:**

- індивідуальна компенсація для потужних електродвигунів, що працюють практично з рівномірним навантаженням;
- індивідуальна компенсація для груп низьковольтних електроприймачів зі змінним добовим графіком навантаження та сумарним річним споживанням реактивної електроенергії до 500 тис. кВт-год;
- групова компенсація із застосуванням нерегульованих високовольтних конденсаторних установок для груп електроприймачів з рівномірним добовим графіком навантаження;
- групова компенсація із застосуванням автоматичних конденсаторних установок для груп низьковольтних електроприймачів зі змінним добовим графіком навантаження з річним споживанням реактивної електроенергії понад 500 тис. кВт-год;
- системи автоматичного регулювання реактивної потужності вузлів навантаження із синхронними двигунами, в тому числі бурові установки з електроприводом;
- компенсація із застосуванням автоматичних конденсаторних установок для бурових з дизельним приводом.

Економічна ефективність впроваджуваних заходів забезпечує термін окупності додаткових капіталовкладень до двох років.

### Література

1. ГКД-340000002-97. Методика определения экономической эффективности капитальных вложений в энергетику. — К.: Минэнерго Украины, 1997.
2. Методику обчислення плати за перетікання реактивної електроенергії між електропередавальною організацією та її споживачами. Затверджена наказом Міністерства палива та енергетики України від 17 січня 2002 р. № 19. Зареєстрована в Міністерстві юстиції України 1 лютого 2002 р. за № 93/6381.