

УДК 621. 316. 929

ЗМЕНШЕННЯ ВТРАТ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ В МЕРЕЖІ ЗА ДОПОМОГОЮ КОМПЕНСАЦІЇ РЕАКТИВНОЇ ПОТУЖНОСТІ

Олійник Д.Є., здобувач вищої освіти СВО «Магістр»,

Кот А.А., здобувач вищої освіти СВО «Магістр»

*Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного,
м. Запоріжжя, Україна*

В останній час спостерігається зростання виробництв з переробки сільськогосподарської продукції. В зв'язку з цим збільшується число і потужність електроспоживачів, що використовуються на виробництвах в основних і допоміжних циклах, збільшується електрична потужність B залежності від виду обладнання, що використовується, навантаження ділиться на активне, індуктивне і ємнісне. Найбільш часто споживач має діло із змішаним активно-індуктивним навантаженням (асинхронні двигуни, нагрівачі, дроселі, в яких реактивна потужність витрачається на створення магнітного поля): з електромережі споживається як активна, так і реактивна енергія [1,2].

Показником споживання реактивної потужності є коефіцієнт потужності $\cos\varphi$, який визначається як

$$\cos j = \frac{P}{S} = \frac{P}{\sqrt{P^2 + Q^2}}, \quad (1)$$

де P , Q , S – відповідно, активна, реактивна і повна потужності споживачів, Вт, VAR, VA.

При низьких коефіцієнтах потужності і споживачів для забезпечення передачі їм заданої активної потужності треба вкладати додаткові витрати на спорудження більш потужних електростанцій, збільшувати пропускну потужність мереж і трансформаторів та внаслідок цього нести додаткові експлуатаційні витрати. Передача реактивної потужності по мережі призводить до додаткових втрат напруги в них. Розмір втрат активної потужності ΔP в мережі, в залежності від коефіцієнта потужності $\cos\varphi$, активного опору і напруги мережі, визначається

$$\Delta P = \frac{P^2}{U_1^2 \times \cos^2 j} \times r, \quad (2)$$

де U_1 – напруга на початку лінії електропередачі мережі, В;

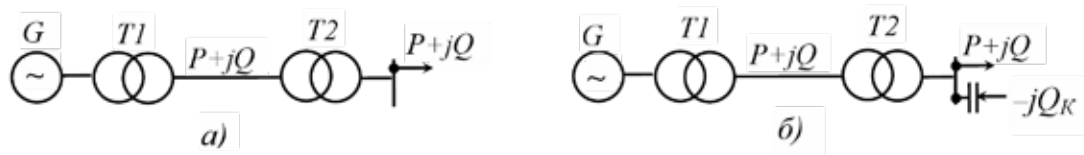
r – активний опір лінії електропередачі, Ом.

З (2) видно, що втрати потужності зворотно залежать від квадрату напруги і квадрату коефіцієнта потужності $\cos\varphi$, тобто необхідно прагнути до підвищення коефіцієнта потужності, оскільки низький $\cos\varphi$ несе: високі втрати активної потужності в мережі за рахунок протікання реактивної потужності; великі перепади напруги в мережах; необхідність збільшення габаритної потужності генераторів, перерізів кабелів, потужностей силових трансформаторів.

З цього слід, що компенсація реактивної потужності край необхідна. Основними джерелами реактивної потужності, які встановлюються на місці споживання, є синхронні компенсатори і статичні конденсатори. Найбільш широко використовують статичні конденсатори на напругу до 1000 В і 6-10 кВ. Синхронні компенсатори встановлюють на напругу більше 6-10 кВ районних підстанцій. Статичні конденсатори і синхронні компенсатори є джерелом реактивної потужності. На рис.1а проілюстрована передача електричної потужності від електростанції G до розподільчої підстанції $T2$: потужність, що передається, становить $P+jQ$ при відсутності компенсації реактивної енергії [3].

При встановленні у споживача статичних конденсаторів потужністю Q_K (рис.1б),

комплекс повної потужності, що передається по електромережі, буде $\tilde{S} = P + (jQ_L - jQ_K)$. Реактивна потужність, що береться від електростанції, зменшується, тобто компенсується на величину потужності, виробленої пристроєм компенсації.



а) без компенсації; б) з компенсацією.

Рис. 1. Схема електропередачі потужності мережею

Доволі часто у мережі 1000 В і 6-10 кВ використовуються конденсаторні батареї, оскільки вони прості як в експлуатації, так і у монтажу; мають відносно невелику вартість; надійні, оскільки один пошкоджений конденсатор не може впливати на роботу батареї статичних конденсаторів; безпасні в експлуатації; мають можливість використання як ступеневого, так і плавного регулювання потужності конденсаторної батареї з метою попередження загрозливого підвищення напруги; є фільтрами вищих гармонік струмів.

В той час, як синхронні компенсатори при своїй роботі з мережі споживають активну потужність (до 4 % від номінальної виробляємої реактивної потужності); а при роботі в режимі недозбудження є споживачами реактивної потужності та мають значно більшу вартість, ніж конденсаторні батареї при однаковій виробляемій реактивній потужності. На практиці коефіцієнт потужності після компенсації знаходиться в межах від 0,93 до 0,99.

Системи компенсації бувають наступних видів: *одиначна* – там де потрібна компенсація потужних (більш 20 кВт) споживачів або споживана потужність постійна впродовж довгого часу; *групова* – у випадку компенсації індуктивних навантажень, підключених до одного розподільчого пристрою або розташованих рядом; *централізована* – для підприємств зі змінною потребою реактивної потужності.

Пристрої компенсації дозволяють зменшити втрати активної потужності в мережі, а споживачам електричної енергії дозволяють зменшити витрати реактивної потужності до 30-40 % і зменшити оплату за електроенергію.

Список використаних джерел.

1. Попова І.О., Курчанов А.А. Реактивна енергія в електричній мережі та пристрої для її компенсації. «Вітчизняна наука на зламі епох: проблеми та перспективи розвитку»: Всеукр. наук.-практ. інтернет-конф. (20 грудня 2022 р., університет Григорія Сковороди у Переяславі): зб. наук. праць. Переяслав, 2022. Вип.83. С. 122–125.
2. Попова І.О., Чаусов С.В., Вовк О.Ю. Обґрунтування ресурсозберігаючого режиму трифазного симетричного динамічного навантаження при обриві однієї фази /Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету: електронне наукове фахове видання /ТДАТУ; гол. ред. д.т.н., проф. В.М. Кюрчев. Запоріжжя: ТДАТУ, 2024. Вип. 24, т. 2. DOI: 10.32782/2220-8674-2024-24-2-24.
3. Попова І.О., Чаусов С.В. Механізм розвитку пошкоджень ізоляції силових трансформаторів під час експлуатації: *The latest implementation of technologies in education /The IV International Scientific and Practical Conference*, November 21–23, Munich, Germany С. 407–412. URL: <https://eu-conf.com/ua/events/the-latest-implementation-of-technologies-in-education/>.
4. Кузьмин В.В., Кирилов И.Г., Малинин С.В. Анализ средств компенсации реактивной мощности в электрических сетях Украины. /Энергетика № 05 (99), 2012. С. 45–50.
5. Попова І.О. Дослідження струмового навантаження асинхронного двигуна // *Scientific achievements of contemporary society: Proceedings of the 6th International scientific and practical conference*. Cognum Publishing House. London, United Kingdom. 2025. Pp. 268–273.

Науковий керівник: Попова І.О., к.т.н., доц.