

ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ
ТРАНСФОРМАТОРНИХ ПІДСТАНЦІЙ 10/0,4 КВ

Іщенко М. Р., здобувач гр. ЕНМ-23М, e-mail: makslaks757@gmail.com

Козловський О. А., к.т.н., доц. e-mail: kozlovskyioa@gmail.com

Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький

Актуальність дослідження. У системі розподілу електроенергії України станом на 1 січня 2021 року в експлуатації знаходилось близько 205 тис. трансформаторних підстанцій (ТП) і розподільчих пунктів (РП) 6 (10) кВ [1]. На більшості з цих підстанцій встановлені трансформатори, у яких вичерпався нормативний термін експлуатації. Такі трансформатори мають підвищені втрати внаслідок неефективних конструктивних рішень, старіння магнітопроводу, попередніх коротких замикань. Крім того, під час бойових дій частина цих ТП була знищена, що ставить нагальне питання вибору нових, енергоефективних трансформаторів для заміни старих і пошкоджених. Враховуючи економічні труднощі та дефіцит енергоресурсів, зниження втрат у трансформаторах стає критичною необхідністю для забезпечення сталого енергопостачання в умовах післявоєнної відбудови країни.

Метою дослідження є аналіз заходів, спрямованих на підвищення енергетичної ефективності ТП 10/0,4 кВ, обґрунтування вибору нових енергоефективних трансформаторів з урахуванням сучасних вимог до енергозбереження та надійності.

Основні матеріали досліджень. Основним напрямом підвищення енергетичної ефективності трансформаторних підстанцій є впровадження комплексу заходів, які включають в себе наступне: встановлення енергоефективних трансформаторів; оптимізація навантаження; компенсація реактивної потужності; автоматизація систем керування.

Очевидно, що найбільш ефективними з них є перші два. Застосування сучасних трансформаторів з аморфним магнітопроводом (трансформатори зі зменшеними втратами неробочого ходу), дозволяє значно скоротити втрати електроенергії та підвищити економічну ефективність експлуатації підстанцій. Перерозподіл навантаження між трансформаторами з урахуванням їх фактичного навантаження або заміна малозавантажених трансформаторів дає можливість раціонально використовувати встановлену потужність, знижуючи втрати і підвищуючи ефективність розподільної мережі.

У трансформаторів екодизайну підвищення енергоефективності досягається шляхом використання матеріалів з покращеними магнітними властивостями та/або збільшенням маси ключових компонентів. Це призводить до збільшення їх кінцевої вартості, що відображається на зростанні цін на стандартний асортимент продукції. У ЄС встановлені обов'язкові стандарти для енергоефективності трансформаторів, включаючи постанови Tier 1 та Tier 2, спрямовані на зниження втрат енергії. Згідно з нормами ЄС щодо екодизайну, постанова Tier 2 для рівня втрат трансформаторів набули чинності з 1.07.21 р., замінивши попередній рівень Tier 1 (2015 р.). Специфікації Tier 2 спрямовані на зменшення втрат енергії на 10% порівняно з рівнями Tier 1. Аналогічний Технічний регламент щодо вимог до екодизайну силових трансформаторів був затверджений постановою КМУ №152 від 27.02.2017 р. З однієї сторони в Україні діє постанова, що зобов'язує встановлювати трансформатори, які відповідають вимогам екодизайну, а з іншої – на українському ринку існує можливість вибору між звичайними трансформаторами та енергоефективними моделями. Таким чином, важливо враховувати не лише вартість трансформатора, а й економічну доцільність його встановлення з урахуванням витрат на енергію протягом усього життєвого циклу.

Проведемо оціночний розрахунок вартості втрат у оливних трансформаторах з номінальною потужністю 1000 кВ·А, виготовлених за різними стандартами (табл. 1). При цьому припускається, що вартість електроенергії впродовж усього строку служби та втрати неробочого ходу внаслідок старіння магнітопроводів залишаються незмінними.

Таблиця 1. Характеристики оливних трансформаторів

| Марка | k_3 | $\Delta p_{н.х.}$, кВт | $\Delta p_{к.з.}$, кВт | K , грн. | $\Delta W_{річн.}$, кВт·год |
|----------------------|-------|-------------------------|-------------------------|------------|------------------------------|
| ТМ-1000 (до 2015 р.) | 0,7 | 1,8 | 10,8 | 510 000 | 34 290,0 |
| ТМГ-1000 (Рівень 1) | 0,7 | 0,77 | 10,5 | 792 432 | 24 752,7 |
| ТМГ-1000 (Рівень 2) | 0,7 | 0,693 | 7,6 | 1 159 600 | 19 104,7 |

Втрати в трансформаторі:

$$\Delta W_T = (\Delta p_{н.х.} T_p + \tau \Delta p_{к.з.} k_3^2) n_p, \quad (1)$$

де $\Delta p_{н.х.}$ $\Delta p_{к.з.}$ – втрати, відповідно, неробочого ходу та короткого замикання трансформатора;

T_p – час підключення трансформатора до мережі за рік, приймаємо 8760 год;

τ – час максимальних втрат, приймаємо 3500 год;

k_3 – коефіцієнт завантаження трансформатора;

n_p – кількість років роботи трансформатора.

Вартість втрат електричної енергії в трансформаторі:

$$B = c_0 \Delta W_T, \quad (2)$$

де c_0 – вартість 1 кВт·год електричної енергії, приймаємо 6,9 грн.

Сумарна вартість втрат і трансформатора:

$$B_\Sigma = B + K, \quad (3)$$

де K – вартість трансформатора, грн.

На основі вихідних даних і виразів (1)-(3) були розрахована залежність вартості втрат у трансформаторах від часу їх експлуатації. Аналіз графіків показує, що за строк служби 30 років вартість втрат значно перевищує вартість всіх трансформаторів. Зокрема, цей момент настає для першого з трансформатора через 2,15 року експлуатації, для другого – через 4,65 року, а для третього – через 8,8 року. Сумарна вартість втрат і трансформатора впродовж всього строку служби склала: для ТМГ-1000 (Рівень 2) – 5,1 млн. грн., для ТМГ-1000 (Рівень 1) – 5,9 млн. грн., для ТМ-1000 (до 2015 р.) – 7,15 млн. грн.

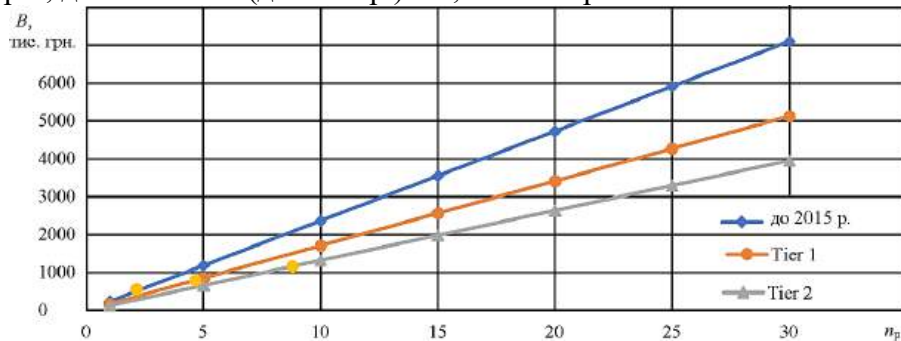


Рисунок 1 – Залежність $B = f(n_p)$

Висновки. Встановлено, що енергоефективні трансформатори, хоча і мають підвищену початкову вартість, впродовж усього строку служби демонструють значні економічні переваги завдяки зниженню втрат енергії. Їх застосування дозволяє зменшити загальні витрати на експлуатацію ТП, що робить їх використання не лише економічно доцільним, але й важливим з точки зору підвищення надійності та сталості енергопостачання. Це робить питання вибору енергоефективних трансформаторів актуальним для впровадження в стратегію енергозбереження України, особливо в умовах післявоєнної відбудови країни.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Звіт про результати діяльності Національної комісії, що здійснює державне регулювання у сферах енергетики та комунальних послуг, у 2020 році. Затв.: Постанова Національної комісії, що здійснює державне регулювання у сферах енергетики та комунальних послуг 26 травня 2021 року №440. 386 с.