

## ДОСЛІДЖЕННЯ ВТРАТ У ЛІНІЇ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ 10 кВ СКОЛІВСЬКОГО РЕМ

*Чумакевич В., к.т.н., Лапинський В., магістр  
Львівський національний аграрний університет*

**Постановка проблеми.** Більшість ліній електропередачі (ЛЕП) 10 кВ експлуатується доволі тривалий час тому спостерігається низка негативних тенденцій:

старіння електротехнічного обладнання ліній, трансформаторних підстанцій та розподільних пристроїв;

відчутний брак коштів на реконструкцію та заміну обладнання;

технічні та комерційні втрати електроенергії зростають;

вкрай низький рівень резерву з електропостачання споживачів I та II категорій;

ЛЕП 10 та 35 кВ не завжди спроможні пропускати задані обсяги електроенергії, особливо в «години пік»;

на стадії дослідження та дослідної експлуатації лінії 20 кВ тощо.

Перелічені тенденції вимагають модернізації існуючих мереж, але шляхи її потрібно обирати в кожному конкретному варіанті окремо і обґрунтовано.

На основі дослідження втрат ділянки ЛЕП 10 кВ Сколівського РЕМ необхідно запропонувати варіант модернізації.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Існує багато досліджень визначення втрат у ЛЕП і впливу різних чинників на них [1 – 8].

У посібниках [1 – 3] наведено загальні методики визначення втрат у ЛЕП та можливі шляхи їх зменшення. У [4; 5] досліджується динаміка втрат під час експлуатації ліній. У [6; 7] пропонується зменшити втрати за рахунок оптимізації режимів роботи ліній електропередачі та основі обліку електроенергії. У [8] запропоновано три алгоритми розв'язання задач високої складності, до яких і належить задача визначення планового значення технічних втрат потужності.

**Постановка завдання.** Відповідно до планів реконструкції ЛЕП 10 кВ плануються роботи з модернізації ділянки Сколівського РЕМ без зміни режимів роботи та номінальної напруги мережі.

Міжнародний досвід підказує, що за рахунок оптимізації ресурсного потенціалу електромереж можливо зменшити втрати в електромережі. На початку експлуатації електромереж, наприклад на початку 90-х років XX ст., втрати в лініях становили лише 6 – 8 %, натомість зараз вони складають 12 – 14 %, а за іншими джерелами – до 18 %. Такі великі втрати зумовлені необлікованим використанням

електроенергії, але значну частку цих втрат мають технологічні втрати в ЛЕП [1 – 3]:

навантажувальні втрати в елементах ЛЕП та трансформаторних підстанціях і в розподільних пристроях;

втрати в трансформаторах у режимі неробочого ходу;

втрати на власні потреби;

втрати на корону тощо.

Для ЛЕП 10 кВ втрати в трансформаторах у режимі неробочого ходу можливо компенсувати заміною існуючих трансформаторів на сучасні, з більшим ККД. Втратами на корону для ліній 10 кВ можна нехтувати [1 – 3].

У літературі [1 – 3] вказується, що значного економічного ефекту можливо досягти за рахунок впровадження технічних заходів з компенсації реактивної потужності. На основі аналізу втрат електроенергії при поточній експлуатації та можливій заміні проводів або встановленні компенсаційних пристроїв необхідно запропонувати модернізацію ділянки ЛЕП 10 кВ.

**Виклад основного матеріалу.** Загалом обсяг втрат у ЛЕП та електричних мережах визначається їх технічними параметрами і струмом навантаження [1 – 4]:

$$\Delta P_{\text{л}} = 1,1 \cdot n \rho I^2 \frac{L}{S_{\text{л}}} \cdot 10^{-3}, \quad (1)$$

де 1,1 – конструктивний коефіцієнт;

$n$  – кількість фаз ЛЕП;

$L$  – протяжність ЛЕП, км;

$S_{\text{л}}$  – поперечний переріз проводу, мм<sup>2</sup>;

$\rho$  – питомий опір матеріалу проводу за температури 20 °С;

$I$  – середній струм навантаження, А.

Для визначення необхідної потужності установок повздожньої компенсації (УПК) реактивної потужності мережі можна записати:

$$X_{\text{упк}} = \frac{Q_{\text{упк}}}{3I^2}. \quad (2)$$

Для заданої ділянки протяжністю 1150 м та середніми робочими струмами на поточний рік 14,8 А, 22 А, 29,5 А і перспективними на 10 років – 17,6 А, 26,5 А, 35,3 А проведемо дослідження значення напруги ЛЕП, у відносних одиницях, залежно від типу проводу та струму навантаження. Використовуючи метод заморожених коефіцієнтів та скориставшись формулою (1), отримали ряд значень, для яких побудували гістограми (рис. 1 – 5). На рис. 6 – 8 наведено результати дослідження втрат напруги в ЛЕП у відносних одиницях при застосуванні УПК.

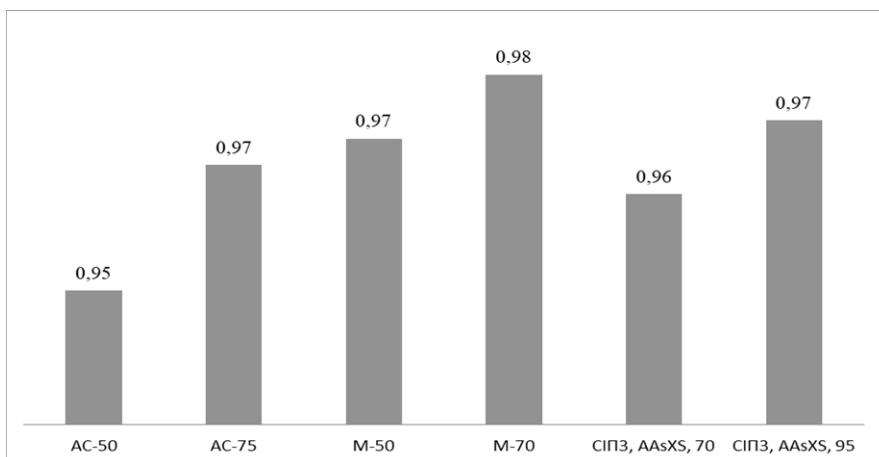


Рис. 1. Напряга у відносних одиницях при струмі 14,7А.

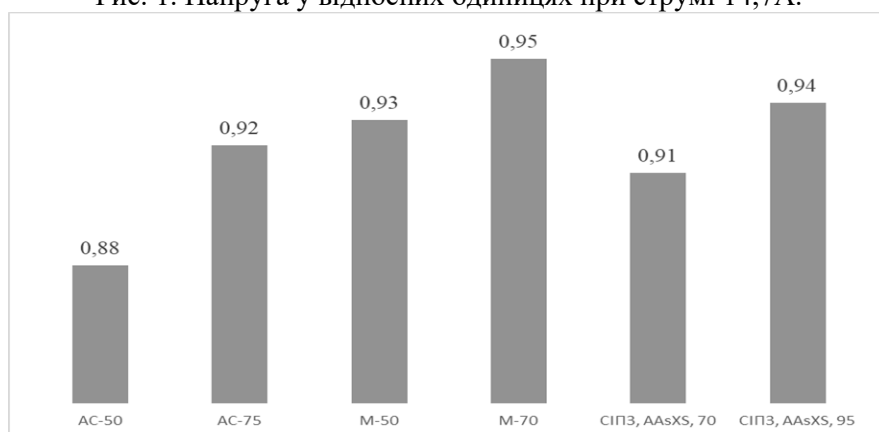


Рис. 2. Напряга у відносних одиницях при струмі 22 А.

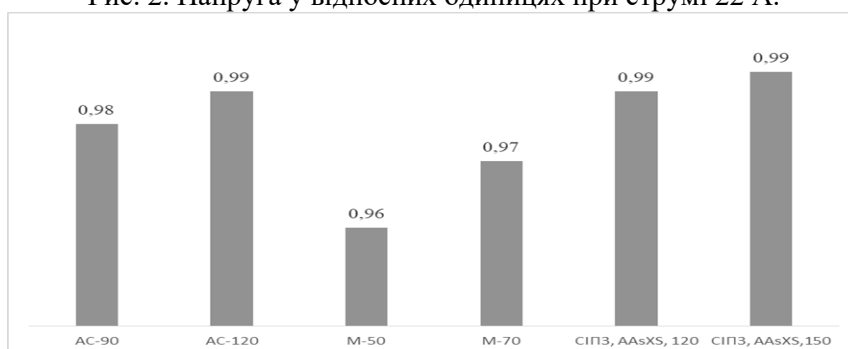


Рис. 3. Напряга у відносних одиницях при струмі 17,65 А.

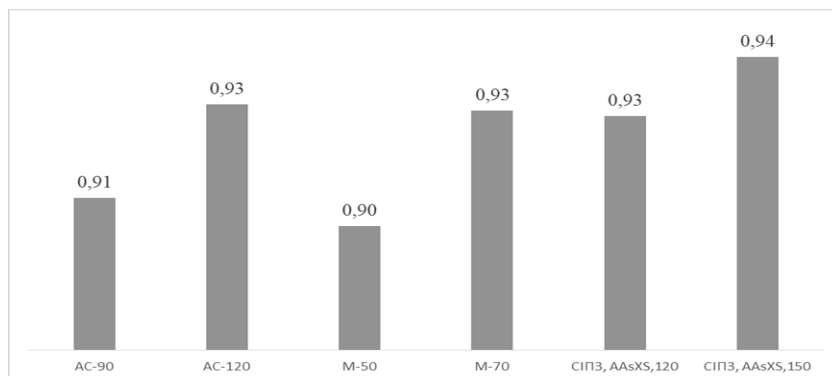


Рис. 4. Напряга у відносних одиницях при струмі 29,5 А.

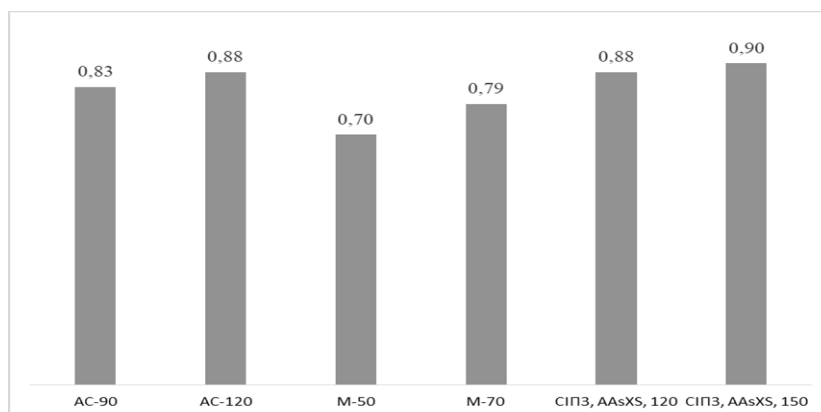


Рис. 5. Напряга у відносних одиницях при струмі 35,29 А.

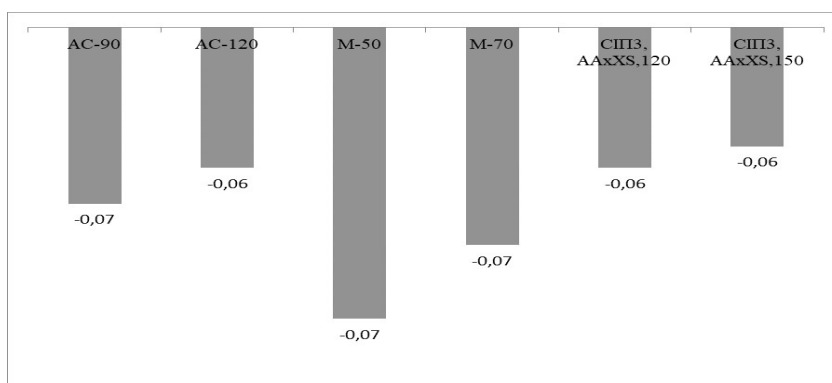


Рис. 6. Залежність ємнісного опору у відносних одиницях лінії при струмі 17,65 А.

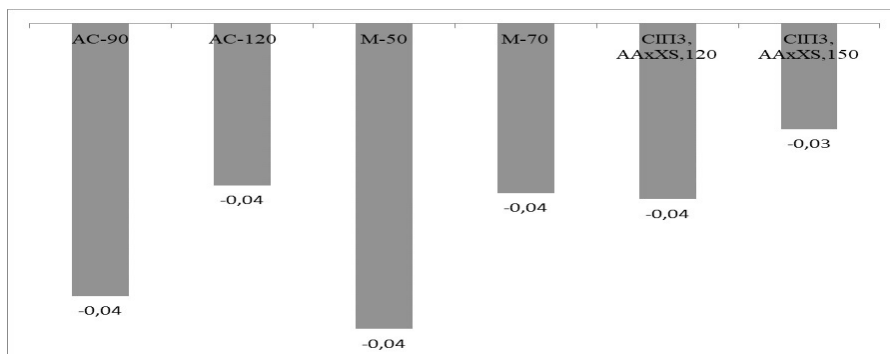


Рис. 7. Залежність ємнісного опору лінії, у відносних одиницях, при струмі 26,47 А.

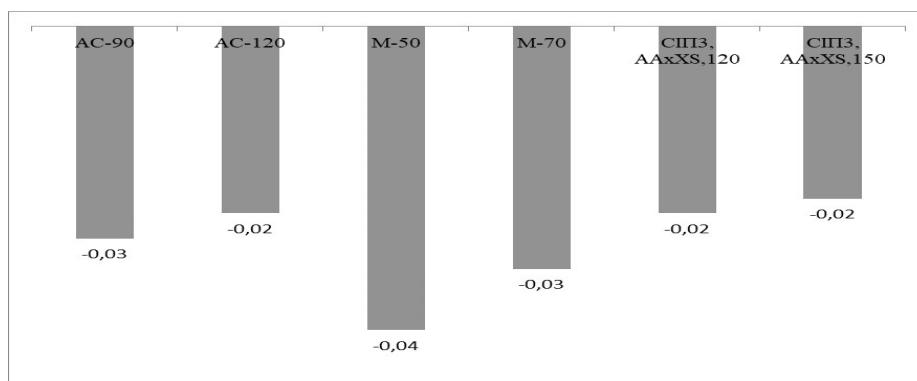


Рис. 8. Залежність ємнісного опору лінії, у відносних одиницях, при струмі 35,29 А.

Застосування УПК дозволяє не лише поліпшити режим напруги в мережах, а й отримати запас до 2 – 4 % за напругою. Проте такі установки є досить дорогими та складними в експлуатації, тому що для них необхідно застосовувати спеціальний захист від перенапруг та від коротких замикань у мережі. У районних мережах УПК використовують для підвищення пропускної здатності ЛЕП.

Звичайно вважають, що в зовнішніх повітряних мережах 10 кВ може бути допущена втрата напруги 6...8 %. Для заданої ЛЕП 10 кВ без заміни проводів АС-50 падіння напруги за використання УПК під час режиму максимальних навантажень становить 0,7 %, що задовольняє вимоги ПУЕ.

**Висновки.** За підсумками проведених досліджень можна зробити такі висновки:

збільшення поперечного перерізу провідників не дозволяє суттєво збільшити пропускну спроможність лінії;

використання УПК дає змогу підвищити пропускну здатність ЛЕП без заміни провідників та підвищує економічність її роботи;

отримані результати дослідження збіглися з рекомендаціями, які наведено у [2; 3], що підтверджує їх адекватність.

### Бібліографічний список

1. Козирський В. В., Каплун В. В., Волошин С. М. Електропостачання агропромислового комплексу. Київ : Аграрна освіта, 2011. 448 с.
2. ГНД 34.09.204-2004. Методичні вказівки з аналізу технологічних витрат електроенергії та вибору заходів щодо їх зниження / М-во палива та енергетики України. Київ : ГРІФРЕ; М-во палива та енергетики України, 2004. 159 с.
3. Логинова С. Е., Логинов А. В. Пособие по проектированию воздушных линий электропередачи напряжением 0,38–20 кВ с самонесущими изолированными и защищенными проводами Санкт-Петербург, 2013. 291 с.
4. Шкрабец Ф. П., Красовский П. Ю. Эксплуатационная динамика потерь электроэнергии в системах электроснабжения : монография / М-во образования и науки Украины, Нац. горн. ун-т. Днепропетровск : НГУ, 2015. 152 с.
5. Ципленков Д. В., Красовский П. Ю. Методи та засоби зниження технічних втрат електроенергії в елементах систем електропостачання. *Електротехніка та електроенергетика*. 2015. № 1. С. 77 – 82.
6. Горемикін С. О., Корольов М. І. До вдосконалення обліку втрат електроенергії в ЛЕП і обмотках трансформаторів. *Електротехнічні комплекси і системи управління*. URL: <http://www.energsovet.ru/stat385.html>.
7. Мацора В. С. Проблема втрат електричної енергії в мережі ліній електропередач. Один із способів її вирішення. *Технічні науки*. 2015. Т. 4, № 30. С. 217–222. URL: <https://sibac.info/studconf/tech/xxxi/41824>.
8. Лежнюк П. Д., Рубаненко О. О. Нормування втрат електроенергії в мережах агропромислового комплексу критеріальним методом з застосуванням нейрон-нечіткого моделювання. Вісник НТУ «ХП». *Нові рішення в сучасних технологіях*. Харків, 2016. № 18 (1190). С. 60-65.

### **Чумакевич В., Лапинський В. Дослідження втрат в лінії електропостачання 10 кВ Сколівського РЕМ**

Проаналізовано втрати в лініях електропередач 10 кВ ділянки Сколівського РЕМ. Отримано графіки втрат електроенергії за використанні різних проводів для забезпечення пропускання заданої потужності. Отримані результати підтвердили низьку ефективність збільшення площі поперечного перерізу провідників. Аналітично підтверджено доцільність використання методу компенсації реактивної потужності в цих мережах.

**Ключові слова:** лінії електропередач, визначення втрат, компенсація реактивної потужності.

**Chumakevych V., Lapinsky V. Investigation of losses in the line of electrical supply of 10 kv Scole Distribution Zone**

The losses in the 10 kV power transmission lines of the Skolovskiy Distribution Zone are analyzed. The graphs of electric power losses are obtained using different wires to ensure transmission of a given power. The results obtained confirmed the low efficiency of increasing the cross-sectional area of the conductors. The expediency of using the method of reactive power compensation in these networks is analytically confirmed.

**Key words:** power lines, loss detection, reactive power compensation.

**Чумакевич В., Лапинский В. Исследование потерь в линии электроснабжения 10 кВ Сколовского РЭС**

Проанализированы потери в линиях электропередач 10 кВ участка Сколовского РЭС. Получены графики потерь электроэнергии при использовании различных проводов для обеспечения пропускания заданной мощности. Полученные результаты подтвердили низкую эффективность увеличения площади поперечного сечения проводников. Аналитически подтверждена целесообразность использования метода компенсации реактивной мощности в данных сетях.

**Ключевые слова:** линии электропередач, определение потерь, компенсация реактивной мощности.