

## ДОСЛІДЖЕННЯ ЕНЕРГООЩАДНИХ РЕЖИМІВ РОБОТИ РОЗПОДІЛЬНИХ МЕРЕЖ

Мірошник О. О., Довгопола А. С., Глушач Є. В., Романенко Я. А.

*Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка*

*У статті досліджено режими роботи розподільних мереж 0,38/0,22 кВ та запропоновано варіант побудови системи електропостачання, при якій режим передачі електричної енергії відбувається при мінімумі втрат.*

**Постановка задачі.** Відповідно до постанови Кабінету Міністрів України від 05.02.97№ 148 "Про комплексну державну програму енергозбереження України" і змінами економічних відносин, що відбулися в Україні, виникла необхідність зміни підходу до енерговиробництва та енергоспоживання. На сьогоднішній день енергозбереження є головним напрямком енергетичної політики України в нових економічних умовах [1, 2].

**Мета досліджень.** Підвищення енергоощадності системи електропостачання за рахунок переходу на напругу 10 кВ.

**Основні матеріали досліджень.** Мінімізація економічних витрат при електропостачанні споживачів – велика комплексна задача. З нею тісно пов'язані завдання підвищення якості електричної енергії та ефективності електропостачання. При цьому важливе місце займає величина втрат електричної енергії в системах електропостачання (СЕП) [3, 4].

Електрична енергія, що поставляється енергопостачальними організаціями споживачам за договорами, виступає як товар особливого виду, що характеризується збігом у часі процесів виробництва, транспортування та споживання, а також неможливістю його зберігання та повернення. Відповідно, як до будь-якого виду товару, до електричної енергії застосовується поняття "якість". Відхилення показників якості електричної енергії від встановлених стандартами погіршують умови експлуатації електроустановок як мережі так і споживачів.

Основними факторами, які характеризують систему електропостачання є вартість її спорудження, надійність і економічність передачі електричної енергії споживачам (рівень втрат електричної енергії), а також дотримання в допустимих межах показників якості електричної енергії, що регламентуються ГОСТ 13109–97. Одним з основних і найбільш важливих режимних параметрів, що визначає якість електричної енергії є несиметрія та несинусоїдальність струмів і напруг в СЕП.

Існуюча в нашій країні трифазна чотирипровідна система електропостачання споживачів 0,38/0,22 кВ характеризується рядом недоліків: висока витратність кольорових металів, високий рівень втрат електричної енергії (до 15% від електричної енергії, що надійшла в мережу), незадовільна якість електричної енергії (перевищення коефіцієнтів несиметрії та несинусоїдальності, прямої і зворотної послідовності в 2-4 рази), високий рівень втрат напруги (недопустимі відхилення напруги у віддалених споживачів). Все це веде до значних збитків електропостачальних компаній, а

також приносить значну шкоду споживачам електричної енергії. За таких обставин підтримання показників якості електричної енергії в допустимих межах є досить гострою нагальною проблемою.

При проектуванні СЕП прагнуть за можливості до більш рівномірного розподілу споживачів по фазах. Як відомо в Україні протяжність ліній напругою 0,38/0,22 кВ становить близько 50% від загальної протяжності ліній всіх класів напруги. Електрифікація країни закінчилася наприкінці 60-х років минулого сторіччя, тому значна частина існуючих мереж вимагає повної реконструкції. Зниження втрат електричної енергії при її передаванні від виробника до споживача є актуальним завданням, якому протягом усього часу існування системи електропостачання приділяється велика увага.

Наукові роботи, які висвітлювали проблеми боротьби з неякісною електричною енергією в СЕП 0,38/0,22 кВ, показали, що на сьогоднішній день існує безліч методів і технічних засобів щодо покращення показників якості та зниження втрат електричної енергії, але всі вони через свою високу вартість, низьку надійність та ефективність за наявності протяжних ліній, що живлять комунально-побутове навантаження, не отримали широкого використання. Тому відсутність комплексного підходу до вирішення проблеми якості електричної енергії не давала змоги вироблення об'єктивних рекомендацій щодо методів, способів і технічних засобів зниження втрат електричної енергії.

Таким чином, всебічний аналіз усіх факторів, що впливають на енергоощадність та якість електричної енергії в СЕП 0,38/0,22 кВ дозволить вирішити дану проблему і рекомендувати економічно вигідні заходи щодо зниження втрат електричної енергії. У зв'язку з цим необхідно спроектувати і побудувати більш економічні та надійні СЕП, які б мали ряд переваг в порівнянні з існуючою системою електропостачання [5, 6].

Проведений аналіз систем електропостачання, які застосовуються в інших країнах табл. 1 свідчить, що країни Європи, широко використовують як розподільну систему електропостачання житлових будинків трифазну чотирипровідну систему напругою 400/230 В з глухозаземленою нейтраллю. У США використовують систему електропостачання напругою 220/127 В, лінії якої мають невелику довжину від опори, де встановлений однофазний трансформатор, і до споживача. Кожен однофазний трансформатор обслуговує кілька будинків, за необхідності живлення трифазних споживачів на опорі встановлюється трифазний трансформатор.

Таблиця 1 – Розповсюджені стандарти напруг

Країни	РФ і СНД	Країни ЄС	Італія	США
Напруга (фазна/лінійна)	220/380 В	230/400 В	240/420 В	127/220 В

Аналіз існуючих систем електропостачання показує, що децентралізована система електропостачання є економічно найбільш доцільною. Загальний вигляд запропонованої енергоощадної системи електропостачання наведено на рис. 1.

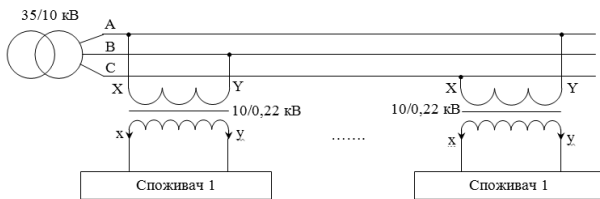


Рисунок 1 – Енергоощадна система електропостачання

Розглянемо конкретний приклад мережі. Використовуючи програмний продукт Electronics Workbench проведемо моделювання роботи конкретної мережі. Навантажимо мережу споживачами, опори навантаження яких мають наступні значення: 20 Ом, 30 Ом, 40 Ом, початкові фази синусоїд напруги мережі дорівнюють відповідно 0, 120, 240 градусів, опори алюмінієвих провідів представлені рядом послідовно з'єднаними активними і реактивними опорамі ділянок повітряної лінії ( $R = 0,012$  Ом,  $X = 0,011$  Ом для проволу АС–35) між точками приєднання споживачів (для повітряних ліній це відстань між опорами), споживачі включені між одним з фазних провідів і нульовим проводом (по 3 споживача в точці приєднання, причому різні по величині в кожній з фаз). На наведеній схемі (рис. 2) змодельована повнофазна ділянка лінії довжиною 210 м (шість опор, до кожної приєднані однофазні споживачі) [7, 8].

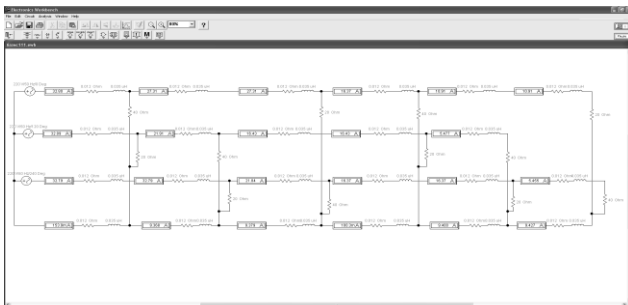


Рисунок 2 – Моделювання режимів мережі за допомогою комп'ютерної програми Electronics Workbench

Сумарні втрати в мережі складуть 105 Вт. Тепер розглянемо мережу з такими ж навантаженнями, але напругою 10 кВ, у якій трансформатори 10/0,4 кВ

розташовані безпосередньо на опорах (рис. 3). На наведеній на рис. 3 схемі також змодельована повнофазна ділянка лінії довжиною 210 м (шість опор, до кожної приєднані однофазні споживачі).

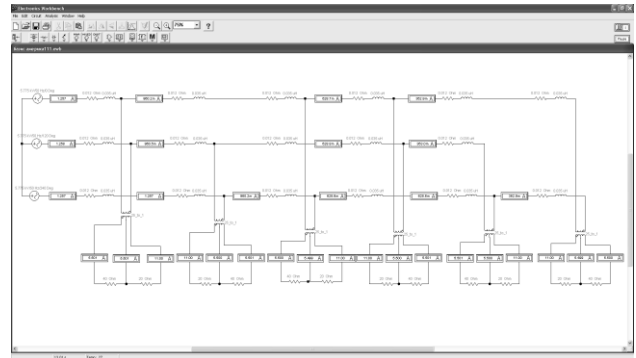


Рисунок 3 – Моделювання режимів енергоощадної системи електропостачання за допомогою комп'ютерної програми Electronics Workbench

Сумарні втрати в мережі складуть 0,15013 Вт.

Порівняння втрат показує, що в запропонованій мережі втрати в 700 разів нижчі (без урахування втрат у трансформаторах), ніж у традиційній системі електропостачання. Також у запропонованій системі електропостачання на чверть зменшується кількість кольорових металів, тому що необхідно три проводи, замість чотирьох.

Розглянемо конкретний приклад, візьмемо трансформатор 10/0,4 кВ та лінію довжиною 700 м, що відходить від нього, мережа має комунально-побутове навантаження.

Зробимо порівняльний аналіз вартості розглянутих мереж. Базова вартість побудови лінії складається із вартості опор, проволу, арматури, території (вартість землі, що відводиться під опору або підстанцію) і роботи. Також необхідно враховувати витрати на благоустрій – 3%, проектні роботи – 8%, інші роботи – 3,5%, інфляцію – 18,09% і представницькі витрати – 5%.

Розглянемо вартість спорудження системи електропостачання споживачів, які живляться від мережі 0,38/0,22 кВ (рис. 4).

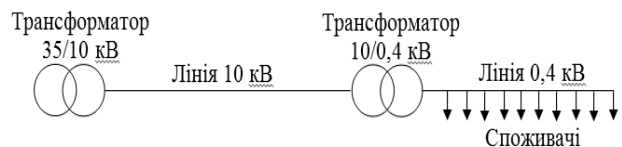


Рисунок 4 – Традиційна система електропостачання

Визначимо вартість спорудження такої системи електропостачання. Візьмемо для розрахунку лінію 10 кВ довжиною 10 км і лінію 0,38 кВ довжиною 700 м (для 40 споживачів).

Сумарна вартість такої системи електропостачання: 7565900 грн.

Тепер розглянемо вартість спорудження системи електропостачання споживачів, які живляться по запропонованій системі електропостачання (рис. 5).

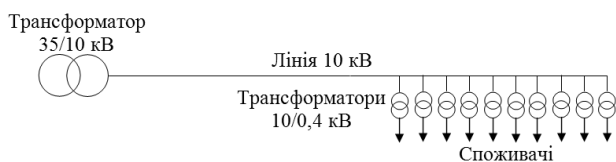


Рисунок 5 – Енергоощадна система електропостачання

Визначимо вартість спорудження такої системи електропостачання. Візьмемо для розрахунку лінію 10 кВ довжиною 10,7 км (для 40 споживачів). У результаті одержимо вартість такої системи електропостачання 7496300 грн [9, 10].

Порівняльний аналіз систем електропостачання показав, що споживачі які живляться по запропонованій системі електропостачання (від трансформаторів невеликої потужності встановлених на опорах) мають параметри якості електричної енергії, які повністю відповідають ГОСТ 13109–97. Споживачі, які живляться по традиційній системі електропостачання, мають незадовільну якість електричної енергії (перевищення коефіцієнтів несинусоїдальності, нульової та зворотної послідовності в кілька разів), високий рівень втрат напруги (недопустимі відхилення напруги у віддалених споживачів), що недопустимо параметрами ГОСТ 13109–97. Крім того в запропонованій системі електропостачання втрати електричної енергії значно нижче, ніж у традиційній системі електропостачання. Інвестиційні вкладення в обидва проекти є рівноеконімічними.

**Висновки.** При повній реконструкції існуючих або спорудженні нових ліній електропередач необхідно переходити на інші системи електропостачання, що дозволяє істотно знизити втрати електричної енергії в мережі, забезпечуючи в той же час більш високі показники якості електричної енергії. Найбільш економічно вигідною в цьому випадку є система електропостачання, при якій по населеному пункту проходить розподільна повітряна лінія напругою 10 кВ, від якої через встановлені на опорах однофазні або трифазні трансформатори по коротких повітряних лініях (або вводах) 0,4 кВ живляться кілька найближчих споживачів.

#### Список використаних джерел

1. Левин М. С. Анализ несимметричных режимов сельских сетей 0,38 кВ / М. С. Левин, Т. Б. Лещинская // *Электричество*. – 1999. – №5. – С. 18 – 22.
2. Мирошник А. А. Моделирование несимметричного рабочего режима сети 0,38/0,22 кВ / А. А. Мирошник // *Праці Інституту електродинаміки Національної академії наук України*. – Київ, 2011. – Частина 2. – С. 141–148.
3. Наумов И. В. Снижение потерь и повышение качества электрической энергии в сельских распределительных сетях 0,38 кВ с помощью симметрирующих устройств / И. В. Наумов // *Дисс. докт. тех. наук*, 05.20.02 – Иркутск, 2002. – 387 с.
4. Мірошник О. О. Статистичне дослідження основних параметрів сільських мереж 0,38/0,22 кВ / О. О. Мірошник // *Науковий вісник Національного*

університету біоресурсів і природокористування України. Серія "Техніка та енергетика АПК" – Київ : НУБіПУ, 2011. – № 166. ч. 4. – С. 203–211.

5. Косоухов Ф. Д. Анализ показателей несимметрии и потерь мощности и напряжения в сельских распределительных сетях 0,38 кВ / Ф. Д. Косоухов // *Методы и средства повышения надежности электроснабжения, улучшения качества электрической энергии и снижения потерь ее в электрических сетях сельских районов* : Сб. науч. тр. ЛСХИ, – Л., 1987. – С. 25–40.

6. Панфилов Д. И. Электротехника и электроника в экспериментах и упражнениях: практикум на Electronic Workbench: В 2 т. / Д. И. Панфилов, В. С. Иванов, И. Н. Чепурин // Под общей ред. Д. И. Панфилова – Т. 1: Электротехника. – М.: ДОДЭКА, 1999. – 304 С.

7. Очков В. Ф. MathCAD 14 для студентов, инженеров и конструкторов / В. Ф. Очков. – СПб.: БХВ-Петербург, 2007. – 368 с.

8. Зотов А. А. Смешанная трехфазно-однофазная система распределения электроэнергии / А. А. Зотов // *Энергетик*. – 2007. – №5. – С. 18 – 22. 9. Свергун Ю. Ф. Исследование режимов и путей повышения качества напряжения в неравномерно нагруженных сельских линиях 0,38/0,22 кВ / Ю. Ф. Свергун // *Дисс. канд. тех. наук*, 05.20.02 – Ленинград, 1977. – 174 с.

10. СТАНДАРТ Укрупненные стоимостные показатели электрических сетей (СО 00.03.03-06) / Москва, 2006. – 43 С.

#### Аннотация

#### ИССЛЕДОВАНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ РЕЖИМОВ РАБОТЫ СЕТИ В MULTISIM

Мирошник А. А., Довгополая А. С.,  
Глушач Е. В., Романенко Я. А.

*В статье исследованы анализ ре-жимов работы распределительных сетей 0,38 / 0,22 кВ и предложенный вариант построения СЭП, при котором режим передачи электрической энергии происходит при минимуме потерь.*

#### Abstract

#### STUDY OF ENERGY EFFICIENT OPERATION MODES OF THE NETWORK IN MULTISIM

Miroshnyk A. A., Dovgopola A. S., Glushach E. V.,  
Romanenko Y. A.

*The article analyzes the modes of operation of distribution networks 0,38 / 0,22 kV and proposes the variant of construction of power supply systems, in which the mode of transmission of electric energy occurs at a minimum of losses.*