

АНАЛІЗ СИСТЕМ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ СІЛЬСЬКИХ СПОЖИВАЧІВ

Мірошник О. О., Свергун Ю. Ф.

Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка

Проведено аналіз існуючих систем електропостачання та запропоновано альтернативний, економічно обгрунтований варіант системи електропостачання, де споживачі живляться від трансформаторів невеликої потужності встановлених на опорах.

Постановка проблеми. Основними факторами, які характеризують систему електропостачання, є вартість її спорудження, надійність та економічність передачі електроенергії споживачам. Зниження втрат електроенергії в електричних мережах до обгрунтованого рівня – один з важливих напрямів енергозбереження. У зв'язку з розвитком ринкових відносин в країні значущість проблеми втрат електроенергії істотно зростає. Вартість втрат є однією з складових тарифу на електроенергію. На сьогодні характер і питомі показники електроспоживання побутовими електроприймачами у сільській місцевості інколи значно перевищують ці показники у містах, при цьому потужності електроприладів окремих помешкань значно відрізняються один від одного. У зв'язку зі зростаючим рівнем електрифікації виробничих процесів і побуту значно зростають вимоги до якості електричної енергії та надійності систем електропостачання.

Існуюча в нашій країні трифазна чотирипровідна система електропостачання сільських споживачів 0,38/0,22 кВ характеризується рядом недоліків: високий рівень втрат електроенергії (до 15% від електроенергії, що надійшла в мережу), незадовільна якість електроенергії (перевищення коефіцієнтів несинусоїдальності, нульової та зворотної послідовності в 2 – 4 рази), високий рівень втрат напруги, який призводить до відхилення напруги у віддалених споживачів, що не відповідає вимогам ГОСТ 13109-97 [1, 2]. Все це призводить до значних збитків електропостачальних компаній, а також приносить значну шкоду споживачам електричної енергії.

При проектуванні сільських ліній електропередачі прагнуть по можливості більш рівномірного розподілу споживачів по фазах.

На сьогоднішній день існує безліч пристроїв по симетруванню мережі, але всі вони через свою високу вартість, низьку надійність та неефективність при протяжних лініях, що живлять однофазне комунально-побутове навантаження, не отримали широкого застосування в мережах 0,38/0,22 кВ.

Як відомо в Україні протяжність ліній 0,38/0,22 кВ становить близько 50% від протяжності ліній всіх класів напруги [3]. Електрифікація країни закінчилася в кінці 60-х років минулого сторіччя, тому значна частина існуючих мереж вимагає повної реконструкції. У зв'язку з цим необхідно спроектувати і побудувати більш економічні та надійні електричні мережі, які б мали ряд переваг в порівнянні з існуючою системою електропостачання.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Зниження втрат електричної енергії при її передачі від виробника до споживача є актуальною задачею, якій на протязі всього часу існування системи електропостачання приділяється велика увага. На вирішення цієї задачі спрямовані наукові дослідження на розробку нових провідникових і ізоляційних матеріалів, конструкцій ліній електропередач і перетворюючих пристроїв, а також пристроїв, що покращують показники режимів роботи електричних мереж.

У населених пунктах з багатоповерховими будинками лінії електропередачі мають невелику довжину від підстанцій 10-6/0,4 кВ, до яких приєднано багато споживачів, що знаходяться на невеликій відстані один від одного. Найчастіше це кабельні лінії, а повітряні лінії розташовані у населених пунктах з малоповерховими будинками. У сільській місцевості у більшості ліній повітряні, до яких приєднані однофазні споживачі на відстані 35 – 40 метрів, що визначається розташуванням опор.

Проведений аналіз систем електропостачання [4], які застосовуються в інших країнах (табл. 1) показав, що країни Європи, за винятком Норвегії, широко використовують в якості розподільної системи електропостачання житлових і громадських будівель трифазну чотирипровідну систему напругою 400/230 В з глухозаземленою нейтраллю. Норвегія в даний час використовує трифазну систему з лінійною напругою 220 В і ізольованою нейтраллю. Ця система поступово замінюється системою 400/230 В.

Таблиця 1 – Поширені стандарти напруг

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

В США використовують систему електропостачання напругою 220/127 В, лінії якої мають невелику протяжність від опори, де встановлений однофазний трансформатор, до споживача. Кожен однофазний трансформатор обслуговує кілька будинків, при необхідності живлення трифазних споживачів на опорі встановлюється трифазний трансформатор. Аналіз цієї системи електропостачання показує, що вона є економічно найбільш доцільною.

Мета статті. Провести аналіз існуючих систем електропостачання та обгрунтувати альтернативний,

економічно вигідний варіант системи електропостачання.

Основні матеріали дослідження. Розглянемо конкретний приклад мережі. Використовуючи програмний продукт Electronic Workbench [5] проведемо моделювання роботи мережі (рис. 1) із споживачами, активні опори навантаження яких мають такі значення 20 Ом, 30 Ом, 40 Ом, початкові фази синусоїд напруги мережі дорівнюють відповідно 0, 120, 240 градусів, опори алюмінієвих проводів представлені рядом послідовно з'єднаних активних і реактивних опорів ділянок повітряної лінії ($R = 0,012 \text{ Ом}$, $X = 0,011 \text{ Ом}$ для проводу АС-35) між точками приєднання споживачів (для повітряних ліній це відстань між опорами), споживачі включені між одним з фазних проводів і нульовим проводом (по 3 споживача в точці приєднання). На наведеній схемі (рис. 1) змодельована повнофазна ділянка лінії довжиною 210 м (шість опор). У табл. 2 наведені втрати на кожній ділянці у фазних і нульовому проводах.

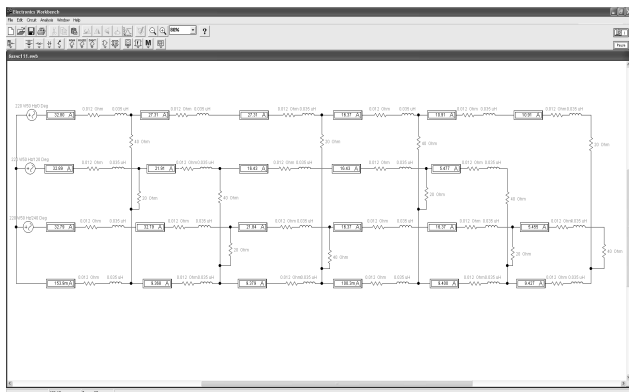


Рисунок 1 – Моделювання режимів мережі за допомогою комп'ютерної програми Electronic Workbench

Таблиця 2 – Розподіл втрат в проводах на ділянках

Провід	Ділянка 0-1	Ділянка 1-2	Ділянка 2-3	Ділянка 3-4	Ділянка 4-5	Ділянка 5-6
Фаза А, Вт	12,91	8,95	8,95	3,22	1,43	1,43
Фаза В, Вт	12,98	5,76	3,24	3,24	0,36	–
Фаза С, Вт	12,9	12,9	5,72	3,22	3,22	0,36
Нульовий провід, Вт	–	1,05	1,055	–	1,06	1,066

Сумарні втрати в мережі складуть 105 Вт.

Тепер розглянемо мережу з такими ж навантаженнями, але напругою 10 кВ, в якій трансформатори 10/0,4 кВ знаходяться безпосередньо на опорах. На наведеній на рис. 2 схемі також змодельована повнофазна ділянка лінії довжиною 210 м (шість опор, до кожної приєднані однофазні споживачі). У табл. 3 наведені втрати на кожній ділянці мережі.

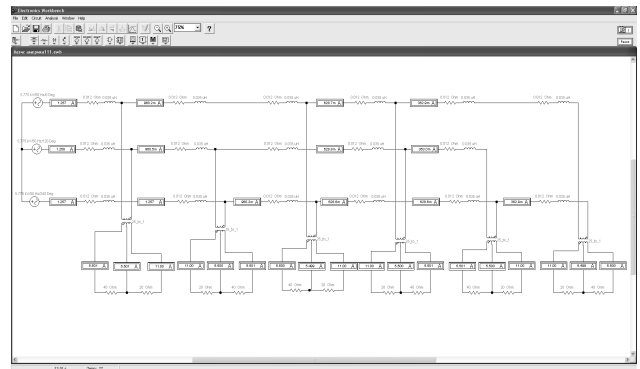


Рисунок 2 – Моделювання режимів мережі за допомогою комп'ютерної програми Electronic Workbench

Таблиця 3 – Розподіл втрат в проводах на ділянках

Провід	Ділянка 0-1	Ділянка 1-2	Ділянка 2-3	Ділянка 3-4	Ділянка 4-5	Ділянка 5-6
Фаза А, Вт	0,01896	0,01106	0,01106	0,00474	0,00158	0,00158
Фаза В, Вт	0,01899	0,01106	0,00474	0,00474	0,00158	–
Фаза С, Вт	0,01896	0,01896	0,01106	0,00474	0,00474	0,00158
Нульовий провід, Вт	–	–	–	–	–	–

Сумарні втрати в мережі складуть 0,15013 Вт.

Порівняльний аналіз втрат показує, що в запропонованій мережі втрати в 700 разів нижчі (без урахування втрат в трансформаторах), ніж у традиційній системі електропостачання.

Дослідження показують [6], що як статичну модель можна прийняти мережу з одним трансформатором 10/0,4 кВ і двома відходящими лініями, які живлять комунально-побутове навантаження, математичне очікування довжини кожної з яких становить 700 м.

На підставі укрупнених показників вартості спорудження підстанцій і ліній електропередачі [7], які наведені в табл. 4, проведемо порівняльний аналіз вартості розглянутих мереж. Базова вартість побудови лінії складається з вартостей опор, проводів, арматури, території (вартість землі) і роботи. Також необхідно враховувати витрати на благоустрій – 3%, проектні роботи – 8%, інші роботи – 3,5%, інфляцію – 18,09% та представницькі витрати – 5%.

Таблиця 4 – Укрупнені показники вартості спорудження підстанцій і ліній електропередачі

Вартість спорудження трансформаторної підстанції 35/10 кВ 2×4 МВА, млн. грн	Вартість спорудження трансформаторної підстанції 10/0,4 кВ (ТС3 100 кВА) 100 кВА, грн	Вартість спорудження трансформаторної підстанції 10/0,4 кВ (ОС3 16 кВА) 16 кВА, грн	Вартість спорудження 1 км лінії (АС-70) 10 кВ, грн	Вартість спорудження 1 км лінії (СИП 4 2х16) 0,38 кВ, грн
3,5	138000	15500	359000	197000

Розглянемо вартість спорудження системи електропостачання споживачів, які живляться від мережі 0,38/0,22 кВ (рис. 3).

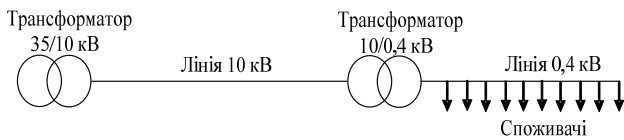


Рисунок 3 – Традиційна схема електропостачання

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 за запропонованою системою електропостачання (рис. 4).

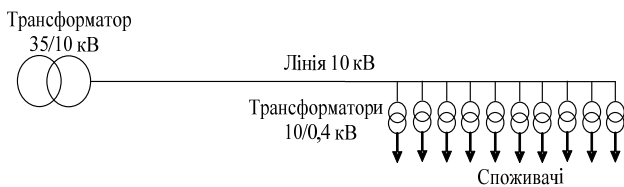


Рисунок 4 – Запропонована система електропостачання

Визначимо вартість спорудження такої системи електропостачання. Візьмемо для розрахунку лінію 10 кВ довжиною 10,7 км (для 40 споживачів). В результаті отримуємо вартість такої системи електропостачання 7496300 грн.

Висновки. Порівняльний аналіз систем електропостачання показує, що споживачі, які живляться за запропонованою системою електропостачання (від трансформаторів невеликої потужності, встановлених на опорах) мають параметри якості електроенергії, які повністю задовольняють ГОСТ 13109-97.

Споживачі, які живляться за традиційною системою електропостачання, мають незадовільну якість електричної енергії (перевищення коефіцієнтів несинусоїдності, прямої та зворотної послідовності в кілька разів), високий рівень втрат напруги (неприпустимі відхилення напруги у віддалених споживачів), що перевищує параметри ГОСТ 13109-97.

Крім того, в запропонованій системі електропостачання втрати електроенергії значно нижче, ніж у традиційній системі електропостачання. Інвестиційні вкладення в обидва проекти є рівнозначними.

На наш погляд при повній реконструкції існуючих або спорудженні нових ліній електропередачі необхідно переходити на запропоновану систему електропостачання, тому що існуюча система електропостачання при зростанні навантажень в більшості випадків не відповідає вимогам ГОСТ 13109-97 і споживачам наноситься значний збиток від неякісної електричної енергії.

Список використаних джерел

- ГОСТ 13109-97. Норми якості електричної енергії в системах електропостачання загального призначення.
- Левин М. С. Анализ несимметричных режимов сельских сетей 0,38 кВ / М. С. Левин, Т. Б. Лещинская // Электричество. – 1999. – №5. – С. 18 – 22.
- 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.
- Зотов А. А. Смешанная трехфазно-однофазная система распределения электроэнергии / А. А. Зотов // Энергетик. – 2007. – №5. – С. 18 – 22.
- 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.
- 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.
- СТАНДАРТ Укрупненные стоимостные показатели электрических сетей (СО 00.03.03-06) / Москва, 2006. – 43 с.

Аннотация

АНАЛИЗ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ СЕЛЬСКИХ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ

Мирошник А. А., Свергун Ю. Ф.

Проведен анализ существующих систем электро-снабжения и предложен альтернативный, экономически обоснованный вариант системы электроснабжения, где потребители питаются от трансформаторов небольшой мощности установленных на опорах.

Abstract

ANALYSIS OF POWER OF RURAL CONSUMERS

O. Miroshnyk, U. Svergun

The analysis of existing supply systems and proposed an alternative, economically feasible option of power supply system, where consumers are supplied by small power transformers mounted on poles.