

МІНІМІЗАЦІЯ ВТРАТ ПРИ ТРАНСПОРТУВАННІ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ ЗА ДОПОМОГОЮ ТРАНСПОРТНОЇ ЗАДАЧІ

¹ Комунальний заклад «Тиврівський науковий ліцей» Вінницької обласної Ради

² Вінницький національний технічний університет

Анотація

На фоні зростаючого попиту на електроенергію, необхідності здешевлення задоволення існуючих потреб та покращення якості постачання електричної енергії актуальною є необхідність вибору оптимальної схеми електричної мережі з мінімальними втратами електроенергії. В роботі розглянуто можливість зменшення втрат в електричній мережі методом транспортної задачі.

Ключові слова: транспортна задача, лінійне програмування, транспортування електроенергії, втрати енергії.

Abstract

Against the background of growing demand for electricity, the need to reduce the cost of meeting existing needs and improve the quality of electricity supply, the need to choose the optimal electrical network scheme with minimal electricity losses is urgent. The paper considers the possibility of reducing costs in the electric network by the method of the transport problem.

Key words: transport problem, linear programming, electricity transportation, energy losses.

Вступ

Сьогодні одним з найбільших рушіїв прогресу є електрика. Зростаючі темпи виробництва та кількості населення, автоматизація підприємств потребують величезної кількості електроенергії. Особливо яскравою ця потреба стала зараз, коли через руйнування критичної інфраструктури країна переживає дефіцит електроенергії [1].

Відомо, які величезні втрати з'являються при виконанні певної механічної роботи. Концепція «вічних двигунів» залишається лише нашою недосяжною мрією, в реальності ж втратами енергії супроводжується увесь її шлях: від виготовлення до конкретного використання. Інженерія дозволила нам використовувати джерела з великим коефіцієнтом корисної дії та краще обладнання для транспортування, однак актуальним залишається розгляд цієї проблеми з математичної точки зору. Метод лінійного програмування, зокрема і метод транспортної задачі, вирішує проблему розподілу обмежених ресурсів між конкуруючими видами діяльності з тим, щоб максимізувати або мінімізувати деякі чисельні величини [2].

Формування задач розвитку для електроенергетичної системи повинно базуватись на принципах кібернетичного моделювання. Проектування розвитку таких систем – це багатоцільова, багатофакторна і багато параметрична комплексна задача, яку можна розв'язувати засобами лінійного програмування. На фоні зростаючого попиту на електроенергію, необхідності здешевлення задоволення існуючих потреб та покращення якості постачання електричної енергії необхідним є вибір оптимальної схеми електричної мережі з мінімальними втратами електроенергії.

Результати дослідження

Втратами в електромережах вважають різницю між переданою електроенергією від виробника до спожитої енергії. На шляху від виробника до споживача втрачається 12-14%, з яких 3-7% при транспортуванні [3].

Напруга, що споживається в побуті, складає 220В або 380В, але транспортувати її в такому вигляді не вигідно, оскільки сила струму в таких мережах буде занадто високою, що приведе до значних втрат. Потужність споживання визначається як добуток сили струму та напруги, тому ми можемо зменшити сили струму пропорційно збільшивши напругу.

З цієї причини в розподільчих мережах застосовуються високовольтні лінії електропередач. В таких лініях використовують трансформатори – пристрої для зміни струму та потужності. Спочатку напругу піднімають для транспортування на великі відстані, а потім зменшують до потрібної споживачеві напруги. Але трансформатори також мають опір, що також приводить до втрат. Наприклад, струм спочатку підіймають до 6-10кВ, а потім опускають до 0,4кВ. Пройшовши через два трансформатора втрачається частина електроенергії, але вона значно менша ніж при транспортуванні з низькою напругою. Також втрати зумовлені станом дротів та інших приладів для транспортування.

Електрична енергія є тим видом продукції, для передачі якої не споживаються допоміжні ресурси, тобто втрати є тільки електроенергії, а отже цих втрат не можливо уникнути. Єдиним шляхом є оптимізація методу транспортування електроенергії для мінімізації цих втрат.

Таким чином, якщо прийняти, що товар – електроенергія, а тарифи – втрати при транспортуванні, то шляхом використання транспортної задачі можна знайти спосіб передачі, при якому ці втрати будуть мінімальними [4].

Нехай, наприклад, є 6 підприємств та 3 постачальники електроенергії, де c_{ij} – відповідні втрати у відсотках від 3% до 7%. Потрібно мінімізувати втрати електроенергії при транспортуванні. Дані задачі подані в таблиці 1.

Таблиця 1 Вихідні дані

| | B₁ | B₂ | B₃ | B₄ | B₅ | B₆ | Вироблена електроенергія |
|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|---------------------------------|
| A₁ | 6 | 3 | 5 | 6 | 6 | 7 | 600 |
| A₂ | 7 | 7 | 6 | 4 | 5 | 3 | 580 |
| A₃ | 5 | 4 | 3 | 7 | 4 | 5 | 780 |
| Потреби | 380 | 380 | 220 | 380 | 220 | 380 | |

Оскільки даний варіант розподілу електроенергії є задачею закритого типу (сума потреб дорівнює виробленій енергії), то для її розв'язку скористаємось методом мінімального елемента, а для перевірки базисного розв'язку на оптимальність – методом потенціалів. Знайдемо базисний розв'язок методом мінімального елемента (табл. 2).

Таблиця 2 Базисний розв'язок за методом мінімального елемента

| | B₁ | B₂ | B₃ | B₄ | B₅ | B₆ | Вироблена електроенергія |
|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|---------------------------------|
| A₁ | 200 6 | 380 3 | 0 5 | 20 6 | 0 6 | 0 7 | 600 |
| A₂ | 0 7 | 0 7 | 0 6 | 200 4 | 0 5 | 380 3 | 580 |
| A₃ | 180 5 | 0 4 | 220 3 | 0 7 | 380 4 | 0 5 | 780 |
| Потреби | 380 | 380 | 220 | 220 | 380 | 380 | |

Перевіримо оптимальність методом потенціалів (табл. 3), у комірках оптимальні результати позначимо “+”.

Таблиця 3 Перевірка базисного розв'язку на оптимальність

| | | | | | | | | | | | | |
|---------|---|---------|---|---------|---|---------|---|---------|---|---------|---|----------|
| 200 | 6 | 380 | 3 | + | 5 | 20 | 6 | + | 6 | + | 7 | $U_1=0$ |
| + | 7 | + | 7 | + | 6 | 200 | 4 | + | 5 | 380 | 3 | $U_2=-2$ |
| 180 | 5 | + | 4 | 220 | 3 | + | 7 | 380 | 4 | + | 5 | $U_3=-1$ |
| $V_1=6$ | | $V_2=3$ | | $V_3=4$ | | $V_4=6$ | | $V_5=5$ | | $V_6=5$ | | |

Таким чином, знайдений розв'язок є оптимальним і мінімальні витрати при транспортуванні становлять:

$$L=200*6\%+380*3\%+20*6\%+200*4\%+380*3\%+150*5\%+220*3\%+380*4\%=74,8.$$

Висновки

Прагнення до отримання найбільшої користі з найменшої кількості затрачених ресурсів є фундаментальним. Цю базову проблему людства допомагає вирішити лінійне програмування, у тому числі специфічна задача цього розділу – транспортна задача.

Наші потреби в електроенергії з кожним роком невпинно ростуть. При передачі електроенергії від виробника до споживача певна кількість цінної для нас електроенергії «зникає». Це пов'язано з втратами на трансформаторах та лініях електропередач або через недосконалість обладнання. Технічний прогрес дозволяє знизити відсоток цих втрат, але він досі є великим. Використовуючи транспортну задачу можна прогнозувати, яка схема електричної мережі дозволить зберегти найбільшу кількість електроенергії.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Остапчук Ж. І., Кулик В. В., Тетя В. В. Моделювання в задачах розвитку електричних систем / Вінниця: ВНТУ, 2008. 128 с.
2. Вовк В. М., Зомчак М.М. Оптимізаційні моделі економіки / Львів: ЛНУ ім. Івана Франка, 2013. 318с.
3. Сам Електрик (2018), Електричні сітки. Причини втрат електроенергії на великих відстанях. Режим доступу: <https://samelectryk.in.ua/електропостачання/електричні-сітки/483-причини-втрат-електроенергії-на-великих-відстанях.html> (дата звернення: 01.12.2022)
4. Іваницька О. В., Рощина Н. В., Сербул Р. С. Транспортна задача лінійного програмування / Агросвіт. 2015. №14. С. 35-40.

Мельник Дар'я Петрівна, комунальний заклад «Тиврівський науковий ліцей» Вінницької обласної Ради, учениця 11 класу, melnykdaria0206@gmail.com

Сачанюк-Кавецька Наталія Василівна - к. т. н., доцент, Вінницький національний технічний університет, кафедра вищої математики, skn1901@gmail.com

Науковий керівник: **Сачанюк-Кавецька Наталія Василівна** - к. т. н., доцент, Вінницький національний технічний університет, кафедра вищої математики, skn1901@gmail.com

Melnyk Daria P., communal institution "Tyvriv Scientific Lyceum" of the Vinnytsia Regional Council, 11th grade student, melnykdaria0206@gmail.com

Sachaniuk-Kavets'ka Natalia V. Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Department of Higher Mathematics, Vinnytsia National Technical University, skn1901@gmail.com

Supervisor: **Sachaniuk-Kavets'ka Natalia V.** - Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Department of Higher Mathematics, Vinnytsia National Technical University, skn1901@gmail.com