

УДК 621.311

В.П. Разживін, Ю.М. Кочоєв

Харківський університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, Харків

## РОЗРАХУНОК ОПТИМАЛЬНОГО РОЗПОДІЛУ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ

В статті розглянуті варіанти оптимального розподілу потужності між підприємствами. Пропонується в якості критерію оптимальності обрати втрати потужності при розподілі її між споживачами.

**Ключові слова:** система електропостачання; критерій оптимальності; електричні станції або підстанції; симплекс-метод; електрична енергія; математична модель.

### Вступ

При плануванні електропостачання промислового району виникає завдання оптимального розподілу потужності між підприємствами з погляду втрат при її передачі.

Показник, за величиною якого оцінюють, чи являється рішення оптимальним, називається критерієм оптимальності. Найбільш часто в якості критерію оптимальності приймається економічний критерій, який представляє собою мінімум затрат (фінансових, енергетичних, сировинних, трудових) на реалізацію поставленої задачі. При заданих або обмежених величинах цих затрат економічний критерій виявляється в одержанні максимального прибутку. В електроенергетиці в залежності від вимог поставленої задачі можуть прийматися і інші критерії оптимальності, а саме:

- критерій надійності електропостачання;
- критерій якості електроенергії;
- критерій найменшого впливу на навколишнє середовище (екологічний критерій).

В роботі пропонується в якості критерію оптимальності обрати втрати потужності при розподілі її між споживачами.

Втрати залежать від багатьох чинників, таких як довжина ліній електропередач, матеріал, з якого виготовлена лінія, перетин проводів, навантаження і так далі.

### Основний розділ

Якщо відомі обмеження на передачу електричної енергії, а також втрати на одиницю потужності при передачі електроенергії від  $i$ -го пункту постачання до  $j$ -го пункту споживання (а також в припущенні, що загальні втрати пропорційні переданій потужності), то задачу оптимізації можна вирішити методами математичного програмування.

Джерелами живлення являються електричні станції або підстанції, споживачами – промислові споживачі електроенергії.

Нехай в системі електропостачання, що проектується, маємо  $i=1,2,\dots,n$  вузлів джерел живлення та  $j=1,2,\dots,m$  вузлів споживачів. Потужність кожного з

джерел складає  $A_i$ , а потужність кожного з споживачів –  $B_j$  одиниць потужності (о.п.). Звісно взаємне розміщення вузлів джерел та споживачів.

Загальна кількість можливих до будівництва ліній електропередач, які зв'язують джерела з споживачами, складає  $nm$ .

Звісно, що електрична мережа являється електричним колом і для цієї мережі можна застосувати 1-й закон Кірхгофа. Для кожного  $i$ -го джерела живлення сума потужностей, які відтікають по лініях до всіх  $j=1,2,\dots,m$  вузлів споживачів, дорівнює потужності  $A_i$  цього джерела

$$\sum_{j=1}^m x_{ij} = a_i, i = \overline{1, m}. \quad (1)$$

Для кожного  $j$ -го споживача сума потужностей, які притікають по лініях від всіх  $i=1,2,\dots,n$  джерел дорівнює потужності  $B_j$  цього споживача

$$\sum_{i=1}^n x_{ij} = b_j, j = \overline{1, n}. \quad (2)$$

Співвідношення (1) та (2), які представляють собою баланси потужності в кожному з вузлів, являються обмеженнями при рішенні задачі. Загальна кількість обмежень дорівнюється кількості вузлів джерел та споживачів  $n+m$ .

Звісно, що для будь-якої електричної мережі кількість незалежних рівнянь, які складаються за 1-им законом Кірхгофа, на одиницю менше кількості вузлів і складає  $(n+m-1)$ . Отже, кількість незалежних обмежень складає  $(n+m-1)$ . Кількість базисних (не рівних нулю) змінних дорівнює кількості незалежних обмежень і складає  $(n+m-1)$ . Останні змінні являються вільними (рівними нулю). Кількість вільних змінних дорівнює  $(nm-(n+m-1))$ .

Кожна базисна змінна  $x_{ij}$  відповідає наявності в схемі ліній між вузлами  $i$  та  $j$ , так як потужність, яка протікає між вузлами  $i$  та  $j$ , не дорівнює нулю. Кожна вільна змінна  $x_{ij}$  відповідає відсутності в схемі лінії між вузлами  $i$  та  $j$ , так як потужність, яка протікає між вузлами  $i$  та  $j$ , дорівнює нулю.

В задачі, що розглядається, всі потужності, які передаються від джерел до споживачів, не являються



Умовимося про термінологію.

Значення  $x_{ij}$  – кількості одиниць ресурсу, що направляється з пункту  $A_i$  в пункт  $B_j$  називатимемо передачами, а  $x'_{ij}$  – оптимальними передачами.

Будь-яку сукупність значень  $\{x_{ij}\}$  називатимемо планом передач або просто планом.

План  $\{x_{ij}\}$  називатимемо допустимим, якщо він задовольняє "балансовим умовам" (4); всі заявки задоволені, всі ресурси вичерпані.

Допустимий план називатимемо опорним, якщо в нім відмінні від нуля не більш  $r = m + n - 1$  базисних змінних, а решта змінних рівна нулю.

Названа умова витікає з того, що в транспортній задачі одне з рівнянь надмірно, оскільки воно лінійно залежить від інших рівнянь. Це є наслідком однієї з початкових умов транспортної задачі, яка виражається в тому, що сума ресурсів відправника повинна бути рівна сумі заявок споживача. Дійсно, складаючи між собою ліві і праві частини всіх рівнянь і всіх рівнянь, ми повинні отримати одне і те ж. Таким чином, транспортну задачу лінійного програмування можна описати лише лінійно незалежними рівняннями, число яких рівне  $m + n - 1$ .

Якби число невідомих було рівне числу рівнянь, завдання мало б тільки одне рішення – один варіант плану передач. Те, що рівнянь менше, ніж невідомих, означає, що завдання може мати безліч варіантів плану.

План  $\{x'_{ij}\}$  називатимемо оптимальним, якщо він серед всіх допустимих планів приводить до найменших втрат всіх передач.

Для наочності умову завдання прийнято записувати у вигляді таблиці. Таку таблицю називають транспортною таблицею.

У транспортній таблиці записуються:

- пункти відправлення (ПВ), пункти призначення (ПП);
- ресурси, наявні в пунктах відправлення ( $\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_m$ );
- заявки, подані пунктами призначення ( $b_1, b_2, \dots, b_j, \dots, b_n$ );
- втрати одиничних передач з кожного пункту відправлення в кожен пункт призначення ( $c_{11}, c_{12}, \dots, c_{mn}$ ).

Втрати одиничних передач поміщають в правому верхньому кутку кожної клітки, з тим щоб в центрі клітки при складанні плану поміщати передачі  $x_{ij}$ .

Зразок транспортної таблиці наведений в табл. 1.

Клітки таблиці, в яких записуються відмінні від нуля передачі, умовимося називати базисними, останні – вільними. Таким чином, рішення транспортної

задачі з використанням таблиці зводиться до наступного. Знайти такі значення позитивних передач, які, будучи проставлені в базисних клітках транспортної таблиці, задовольняли б наступним умовам:

- сума передач в кожному рядку таблиці повинна бути рівна ресурсу даного пункту відправлення;
- сума передач в кожному стовпці повинна бути рівна заявці даного пункту призначення;
- загальні втрати передач мінімальні.

Таблиця 1

Зразок транспортної таблиці

| ПВ           | ПП | $B_1$    | $B_2$    | ... | $B_n$    | ресурси $a_i$                         |
|--------------|----|----------|----------|-----|----------|---------------------------------------|
| $A_1$        |    | $c_{11}$ | $c_{12}$ | ... | $c_{1n}$ | $a_1$                                 |
| $A_2$        |    | $c_{21}$ | $c_{22}$ | ... | $c_{2n}$ | $a_2$                                 |
| ...          |    | ...      | ...      | ... | ...      | ...                                   |
| $A_m$        |    | $c_{m1}$ | $c_{m2}$ | ... | $c_{mn}$ | $a_m$                                 |
| заявки $b_j$ |    | $b_1$    | $b_2$    | ... | $b_n$    | $\sum_{i=1}^m a_i = \sum_{j=1}^n b_j$ |

Рішення задачі можна розбити на три етапи: Визначення опорного плану. Перевірка плану на оптимальність. Побудова нового плану, якщо отриманий план не є оптимальним.

## Висновок

Визначення опорного (початкового) плану можна здійснити декількома способами. Наприклад, за допомогою способу "північно-західного кута", або способом найменшого елемента по стовбцю.

Раціональнішим є спосіб найменшого елемента по стовбцю, суть якого полягає в тому, що для заповнення передачами вибираються такі клітки транспортної таблиці, які мають найменші показники одиничної втрати  $c_{ij}$  по стовпцях таблиці.

Використовуючи метод мінімального елемента, будемо опорний план і перевіряємо його на оптимальність за допомогою методу потенціалів.

Оптимальний план одержуємо звісними класичними способами.

## Список літератури

1. Венцель Е.С. Исследование операций. Задачи, принципы, методология / Е.С. Венцель. – М.: Наука, 1988. – 208 с.
2. Костин В.Н. Оптимизационные задачи электроэнергетики: уч. пос. / В.Н. Костин. – СЗТУ, 2003 – 120 с.

Надійшла до редколегії 1.10.2013

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф. Б.Т. Кононов, Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків.

## РАСЧЕТ ОПТИМАЛЬНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

В.П. Разживин, Ю.М. Кочоев

*В статье рассмотрены варианты оптимального распределения мощности между предприятиями. Предлагается в качестве критерия оптимума избрать потери мощности при распределении ее между потребителями.*

**Ключевые слова:** система электроснабжения; критерий оптимума; электрические станции или подстанции; симплекс-метод; электрическая энергия; математическая модель.

## CALCULATION OF OPTIMUM DISTRIBUTING OF ELECTRIC POWER

V.P. Razzhivin, Yu.M. Kochoev

*In the article the variants of the optimum distributing of power are considered between enterprises. It is suggested as a criterion of optimum to choose the losses of power at distributing of it between users.*

**Keywords:** system of power supply; criterion of optimum; electric stations or substations; simplex-method; electric energy; mathematical model.