

ЗАДАЧА ВИБОРУ НОМЕНКЛАТУРИ ТА ПОТУЖНОСТЕЙ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЙ ДЛЯ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ВІЙСЬКОВОГО ОБ'ЄКТА

к.т.н. Г.І. Лагутін, к.т.н. В.Г. Рикун, к.т.н. О.Б. Нікітюк, А.Б. Кульчицький
(подав д.т.н., проф. Б.Т. Кононов)

У статті розглядається один з можливих підходів розв'язання задачі вибору номенклатури та потужностей електростанцій для системи електропостачання військового об'єкта методами математичного програмування.

Постановка проблеми. Сучасні комплекси озброєння характеризуються великою кількістю споживачів електричної енергії, що розрізняються широким діапазоном потужностей, напруг, частот та показників якості споживаної електроенергії. Порушення електропостачання таких об'єктів може призвести до зриву виконання бойової задачі, травматизму та загибелі особового складу. Аналіз систем електропостачання військових об'єктів показує, що основний внесок у їхні техніко-економічні показники вносять джерела електричної енергії. Тому задача раціонального вибору номенклатури та потужностей електростанцій для забезпечення електроенергією споживачів електроенергії військового призначення є досить актуальною.

Існуючі джерела електричної енергії засновані на різних фізичних та конструктивних принципах, при цьому кожна з них має певні, властиві даній установці переваги та недоліки. Як показали дослідження, однотипні електростанції внаслідок певних недоліків не завжди задовольняють тим або іншим техніко-економічним показникам (таким, як маса, об'єм, площа, надійність та т.п.). Це насамперед впливає на збільшення витрат на створення певного типу електростанції, на обмеження технічних задач, виконуваних комплексом озброєння.

Доцільно порушити питання про розгляд комбінованого джерела, що представляє собою сукупність електростанцій різних типів та потужностей, а також інших джерел електроенергії. Комбіноване джерело повинне забезпечувати потрібну потужність протягом заданого часу роботи та задовольняти вимогам до основних техніко-економічних показників.

Аналіз літератури. Спроби вирішення поставленої задачі зроблені в [1, 2]. Так в [1] складається математична модель системи електропостачання, як сукупність моделей окремих елементів системи. В подальшому проводиться

відповідний аналіз цієї моделі. Але при цьому мова йде лише про застосування того чи іншого джерела живлення. В [2] подібна задача розглядається методами дослідження операцій. Результати, які отримані в [2], використовуються при обґрунтуванні вимог до системи електропостачання.

Мета статті. Визначення способу розв'язання задачі вибору перспективного ряду потужностей джерел електричної енергії для електропостачання зразків озброєння та військової техніки. Постановка такої задачі може бути зведена до розподілу потрібної потужності між електроустановками, що складають комбіноване джерело таким чином, щоб окремі техніко-економічні характеристики цих електроустановок у сумі не перевищували заданих меж.

Основний розділ. Для вирішення поставленої задачі необхідно буде розглянути різні комбінації типів електростанцій, а також інших джерел електричної енергії. Щоб провести їхню порівняльну оцінку, необхідно вибрати узагальнені критерії. Якість системи електропостачання, як правило, визначається витратами на її створення та експлуатацію, а також надійністю системи. Тому в якості критеріїв для джерел електроенергії можуть бути запропоновані: критерій мінімальних економічних витрат та критерій максимальної надійності.

Тоді задача розподілу потужності між типами електростанцій зводиться до знаходження такої комбінації, при якій система електропостачання військового об'єкта в цілому буде виконана з найменшими економічними витратами та одночасно задовольнить заданим обмеженням при максимально високій надійності. Вона може бути розв'язана методами лінійного та нелінійного програмування.

Задача може бути сформульована так. Нехай є n різних типів електростанцій та m обмежуваних характеристик. Нехай величина техніко-економічного показника i -го типу електростанції для j -ї техніко-економічної характеристики дорівнює a_{ij} , а економічні витрати, зв'язані зі створенням електростанції з таким показником, складають b_{ij} грошових одиниць. Під різними типами електростанцій можна розуміти електростанції однієї марки, але різного модульного виконання з ряду номінальних потужностей.

Умови задачі представимо у вигляді табл. 1. Необхідно визначити величини x_i потужностей i -х типів електростанцій ($i=1, 2, \dots, n$) так, щоб j -ті характеристики електростанцій у сумі задовольняли граничним показникам a_j ($j=1, 2, \dots, m$) при мінімальних економічних витратах, якщо відомо, що сумарна потрібна потужність дорівнює S . Таким чином, задача зводиться до пошуку мінімуму цільової функції

$$L = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m b_{ij} x_i = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m a_{ij} b_j x_i, \quad (1)$$

при обмеженнях

$$\begin{cases} \sum_{i=1}^n a_{ij} x_i \leq a_j & (j=1, 2, \dots, m); \\ \sum_{i=1}^n x_i = S & (i=1, 2, \dots, n), \end{cases} \quad (2)$$

де b_j – нормалізуючий коефіцієнт, що має розмірність питомих витрат (наприклад, грн/кг).

Таблиця 1

Вихідні дані для розрахунку

№ з/п	Найменування характеристики	Техніко-економічний показник і-го типу електростанції для j-ї характеристики						Сумарні обмежувальні характеристики	Питома характеристика витрат
		1	2	...	i	...	n		
1	Питома маса, кг/кВт	a_{11}	a_{12}	...	a_{1i}	...	a_{1n}	a_1 (маса)	b_1
2	Питомий об'єм, м ³ /кВт	a_{21}	a_{22}	...	a_{2i}	...	a_{2n}	a_2 (об'єм)	b_2
...									
j	Питома площа, м ² /Вт	a_{j1}	a_{j2}	...	a_{ji}	...	a_{jn}	a_j (площа)	b_i
...									
m		a_{m1}	a_{m2}	...	a_{mi}	...	a_{mn}	a_m	b_m

Передбачається, що техніко-економічні характеристики a_{ji} електростанцій функціонально виражаються як функції потужності. Їхні функціональні залежності можуть бути знайдені методами апроксимації степеневими поліномами. Для їх пошуку необхідно знати характеристики множини електростанцій та інших джерел електроенергії, що можуть бути використані в системі електропостачання, а також характеристики споживачів електричної енергії, в інтересах яких створюється система електропостачання.

Очевидно, що кількість можливих варіантів (комбінацій) електростанцій у системі електропостачання визначається сумою числа сполучень із «n» по «i» за такою формулою:

$$N = \sum_{i=1}^n C_n^i, \quad (3)$$

де n – загальне число типів електростанцій; I – i-а комбінація електростанцій (по 2, 3, 4, ...)...

Зі збільшенням числа n різко зростає число варіантів та об'єм обчислень (наприклад, при $n=4$ $N=15$, при $n=5$ $N=31$), тому для рішення таких задач раціонально використовувати ЕОМ, а при розробці алгоритму обчислень – методи направленої перебору.

Розглянемо приклад. Є три типи електростанцій із техніко-економічними характеристиками, поданими в табл. 2. Потрібно вибрати таке сполучення електростанцій, що при мінімальній вартості забезпечує потрібну потужність 300 кВт та має технічні характеристики, що не перевищують заданих у табл. 2 значень (розмірності параметрів у таблиці опущені).

Таблиця 2

Техніко-економічні характеристики електростанцій

j	Найменування характеристик	Показники a_{ji} електростанції типу			b_j	a_j
		I	II	III		
1.	Коефіцієнт параметра 1, од.	3	2	2	1050	5
2.	Коефіцієнт параметра 2, од.	5	8	9	1950	3
3.	Коефіцієнт параметра 3, од.	9	0	7	1500	2

Технічні характеристики електростанцій, отримані в результаті розрахунку, подані в табл. 3.

Таблиця 3

Технічні характеристики електростанцій

Найменування характеристик	Електростанція типу			b_j
	I	II	III	
Параметр 1, од.	900	1200	600	1050
Параметр 2, од.	1500	2400	2700	1950
Параметр 3, од.	2700	0	600	1500
Критерій $L, 10^4$, од.	1,44	1,02	1,26	–

Аналіз розрахунку трьох типів електростанцій (табл. 3) показує, що жодна з цих електростанцій не задовольняє вимогам: I тип – за третім параметром, другий тип – за першим та другим параметром, III тип – за другим параметром. Однак, із цих трьох електростанцій можна скласти чотири комбінованих джерела з двома або трьома типами електростанцій. Розрахунок комбінованого джерела, з урахуванням лінійності заданих техніко-економічних характеристик електростанцій, був зроблений за допомогою симплекс-методу лінійного програмування, результати якого подані в табл. 4.

Результати розрахунку комбінованого джерела

Найменування характеристик	Електростанція типу				b_j
	I + II	I + III	II + III	I + II + III	
Потужність x_1 , Вт	150	Немає рішень	Немає рішень	151	300
Потужність x_2 , Вт	150			146	
Потужність x_3 , Вт	–			3	
Параметр 1, од.	1050			1043	
Параметр 2, од.	1950			1950	1950
Параметр 3, од.	1350			1350	1500
Мінімум L, од.	$1,23 \cdot 10^4$			–	–

Аналіз розрахунку комбінацій електростанцій показує, що дві комбінації з чотирьох задовольняють запропонованим до них вимогам. При цьому за мінімумом вартості та кількістю електростанцій перевагу варто віддати варіанту “II + III”.

Висновки: 1. Принцип комбінування електростанцій у системі електропостачання військового об'єкта доцільно застосовувати в тих випадках, коли до системи електропостачання пред'являються вимоги по обмеженню різного типу техніко-економічних показників.

2. При виборі перспективного ряду потужностей джерел електричної енергії для живлення зразків озброєння та військової техніки слід враховувати техніко-економічні характеристики існуючих джерел, а власне задачу вибору слід вирішувати методами дослідження операцій.

ЛІТЕРАТУРА

1. Бернас С., Цек З. Математические модели элементов электроэнергетических систем: Пер. с польск. – М.: Энергоиздат, – 1982. – 312 с.
2. Аввакумов В.Г. Постановка и решение электроэнергетических задач исследования операций. – К.: Вища школа, – 1983. – 240 с.

Надійшла 28.11.2003

РИКУН Володимир Георгійович, канд. техн. наук, доцент кафедри ХВУ. В 1985 році закінчив ХВВКІУ РВ. Область наукових інтересів – енергетика.

КУЛЬЧИЦЬКИЙ Андрій Борисович, начальник електротехнічної служби – головний енергетик ЗС України. В 1974 році закінчив КПВВІУ. Область наукових інтересів – енергетика.

ЛАГУТІН Геннадій Іванович, канд. техн. наук, доцент, заст. нач. кафедри ХВУ. В 1993 році закінчив ВІРТА ППО. Область наукових інтересів – енергетика.

НІКІТЮК Олег Борисович, канд. техн. наук, викладач кафедри ХВУ. В 1989 році закінчив ХВВКІУ РВ. Область наукових інтересів – енергетика.