

գիտականության խառնվածքը մեծ չէ և մեկ հատիկի սահմանում ազիմուտային կողմնորոշումը թույլ է: Մետաղի ամրացումը 900°С-ում զգալիորեն ցածր է, քան 20°С-ում, որը կապված է փուլային փոխակերպման դադարեցման և առատենիտի ջերմային թուլացման հետ:

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Штрель М. А., Беляков Б. Г. Возможности электронномикроскопического измерения плотности дислокации // ФММ.—1968.—Т. 25, вып. 1.—С. 140—151.
2. Yamaguchi Koji, Kanazawa Kenji. Dislocation substructures of austenitic stainless steels after low-cycle fatigue at high temperatures // Trans. Nat. Res. Inst. Metals. — 1984. — 26, № 3. — P. 210—214.
3. Kestelbach H. J. The effect of applied stress on partial dislocation separation and dislocation substructure in austenitic stainless // Phil. Mag. — 1977. — 36, № 6. — P. 1509—1515.

Изв. АН АрмССР (сер. ТН), т. ХLI, № 5, 1988

ЭНЕРГЕТИКА

А. М. ВАРТАНЯН, Ю. А. КАЗАРЯН, Г. Д. БЕДЖАНИЯН

ОБ ОДНОМ МЕТОДЕ РАСЧЕТА ПОТОКОРАСПРЕДЕЛЕНИЯ БОЛЬШИХ ГАЗОТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ

В энергетическом балансе народного хозяйства потребность в природном газе в настоящее время занимает ведущее место, при этом проблема расчета потокораспределения в газотранспортной сети является одной из основных задач при оперативном маневрировании потоками газа с целью получения народнохозяйственного эффекта. За последние годы особое внимание стало уделяться вычислительным аспектам этой проблемы [1—3 и др.]. В настоящей работе предлагается метод расчета потокораспределения в сложной газотранспортной сети, обеспечивающий оперативность решения при малом объеме используемой памяти ЭВМ. Метод основан на анализе структурных особенностей исследуемой системы с помощью ее информационного графа и применении некоторой модификации метода Ньютона [4, 5].

Математическая модель базовой задачи потокораспределения, описываемая законами Кирхгофа и замыкающими соотношениями расчетного звена [1, 2], имеет вид

$$\sum_{j \in m_i} X_j = Q_i, \quad i = \overline{1, m}, \quad (1)$$

$$m_i P_{i,c}^2 - P_{i,c}^2 = f_i X_i |\lambda_{i,c}|, \quad i = \overline{1, n}, \quad (2)$$

$$\sum_c (P_c^2 - P_{c+1}^2) = 0, \quad c = \overline{1, q}, \quad (3)$$

где X_i — потоки; Q_i — отборы (притоки) газа; P_i — давление газа; m_i — коэффициенты компрессорной станции; f_i — коэффициенты сопро-

тивления; J_i — множество номеров всех участков в схеме, смежных с узлом i ; i_1 и i_2 в соотношении (2) — начало и конец участка i ; сумма в (3) берется по всем независимым контурам c ; $\{i, i+1\}$ — участок контура.

При переходе к детальной технологической схеме размеры системы (1)–(3) значительно возрастают и она становится сильно разреженной [6]. В данной работе по возможности максимально используется свойство разреженности, и с учетом этого рекомендованы методы многократного решения системы (1)–(3). На каждом очередном этапе решения системы (1)–(3) принимаются заданными коэффициенты m_i, f_i , а также фиксированы отборы (притоки) Q_i , которые могут быть регулированы с помощью внешних итераций. Построим информационный граф системы (1)–(3) и выберем информационные переменные [4]. Исходную систему разделим на две условные подсистемы. В первой подсистеме содержатся уравнения, информационные переменные которых входят линейно, а во второй подсистеме — уравнения, информационные переменные которых входят нелинейно. Подставив информационные переменные из первой подсистемы во вторую, получим систему меньшей размерности

$$F_i(X_x) = 0, \quad i = \overline{1, q}, \quad (4)$$

где через X_x обозначены часть переменных потоков, выбранных во второй подсистеме в качестве информационных.

В работе предложен способ построения информационного графа системы (4), исходя только из информационного графа системы (1)–(3), не имея дела с конкретными значениями уравнений. При этом обеспечивается разреженность матрицы смежностей информационного графа системы (4). И хотя система (4) в явном виде не рассматривается, имеем возможность простыми вычислениями в любой точке этой системы получить значения уравнений и коэффициентов матрицы Якоби. При этом есть возможность решать систему (4) методом Ньютона, тем более, что доказывається диагональное преобладание матрицы Якоби. Однако здесь не была использована разреженность системы (4), которая при рассмотрении больших газотранспортных систем может иметь еще довольно большую размерность.

Пусть $G = (V, E)$ — информационный граф системы (4), где $V = \{V_1, \dots, V_q\}$ — множество вершин, соответствующих уравнениям системы; E — множество ребер, при этом ребро $(V_i, V_j) \in E$ тогда и только тогда, когда информационная переменная i -го уравнения содержится в j -ом уравнении системы. Здесь получаем, что информационной переменной для i -го уравнения системы (4) является X_i , т. е. этого всегда можно достичь изменением нумерации. Заметим, что матрица инцидентности графа оказывается симметричной, и, следовательно, граф G рассматривается как неориентированный.

Найдем наибольшее устойчивое множество графа G [7]. Пусть

$$\Phi_i(X_x) = 0 \quad (5)$$



является подсистемой системы (4), где $\Phi_j(X_j) = \{F_j(X_j)\}$, $j \in I_1$; I_1 — множество номеров вершин устойчивого множества G_1 ; при этом $X^j = \{X_j\}$, $j \in I_1$ — множество информационных переменных подсистемы (5); обозначим через $X^j = \{X^j\}$ и $\Phi_j^*(X^j) = \{F_j(X^j)\}$, $j \in (I, I)$, $I = \{1, \dots, n\}$.

Выразим переменные X^j из подсистемы (5) через оставшиеся переменные X^i и подставим в систему $\Phi_1^*(X^j) = 0$. Получим новую систему

$$\Phi_1^*(X^i) = 0 \quad (6)$$

относительно переменных X^i . Так как система (5) нелинейная, то в явном виде сделать такую подстановку невозможно. Предлагается аппарат, позволяющий построить граф системы (6), исходя только из графа G , и получить значения уравнений системы и коэффициентов матрицы Якоби в любой точке X^i . При этом, если размеры системы (6) остаются еще большими, то при указанных преобразованиях ее информационная матрица сохраняет разреженность. Далее аналогичная процедура проводится с новой системой (6). Процесс завершается, когда граф новой системы получается полным.

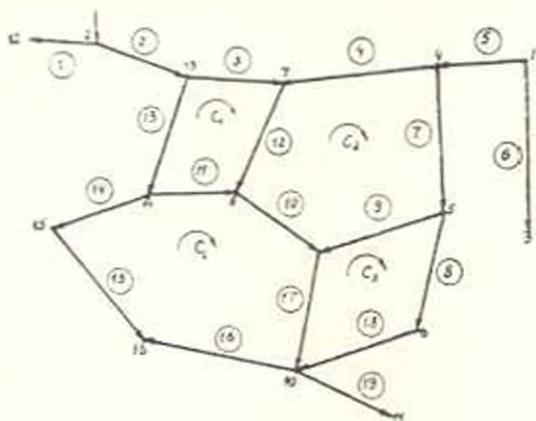


Рис. 1. Схема газотранспортной системы Армянской ССР.

В качестве примера рассмотрена схема газотранспортной сети Армянской ССР (рис.), состоящая из замурованных 16 узлов и 19 участков. Узел 7 выбран как балансирующий. Выбраны четыре независимых контура

$$c_1 = \{13, 7, 8, 14, 13\}, \quad c_2 = \{7, 4, 5, 9, 8, 7\};$$

$$c_3 = \{9, 5, 6, 10, 9\}, \quad c_4 = \{14, 8, 9, 10, 16, 15, 14\}.$$

Участкам газопроводов дана предварительная ориентация. В схеме имеются два притока в узлах 1 и 2. Заданы векторы отборов и сопротивлений: $Q = (6270, 10830, 2570, 3310, 390, 145, 1535, 170, 2610, 3250, 260, 140, 0, 800, 310, 290)$ (млн. $\text{м}^3/\text{сут}$); $f = (0,83 \cdot 10^{-3}$,

$0,48 \cdot 10^{-5}$, $0,23 \cdot 10^{-5}$, $0,31 \cdot 10^{-2}$, $0,31 \cdot 10^{-2}$, $0,31 \cdot 10^{-2}$, $0,25 \cdot 10^{-3}$, $0,26 \cdot 10^{-2}$, $0,54 \cdot 10^{-3}$, $0,19$, $0,61 \cdot 10^{-5}$, $0,35 \cdot 10^{-2}$, $0,17 \cdot 10^{-4}$, $0,68 \cdot 10^{-3}$, $0,42 \cdot 10^{-2}$, $0,16 \cdot 10^{-5}$, $0,35 \cdot 10^{-3}$, $0,15 \cdot 10^{-4}$, $0,22 \cdot 10^{-1}$, $0,15 \cdot 10^{-2}$). Задано давление балансирующего узла $P_7 = 4 \text{ МПа}$.

Выберем информационную переменную систему и разделим ее на две подсистемы, в зависимости от того, информационные переменные входят в уравнениях линейно или нелинейно. После преобразований и иерархизации первая подсистема примет следующий вид (слева указываются информационные переменные):

$$\begin{array}{lll}
 X_1 = Q_{11}; & X_2 = Q_2 - X_1; & X_3 = -Q_3 + X_2 - X_{13}; \\
 X_6 = Q_{12}; & X_5 = Q_1 - X_6; & X_4 = -Q_4 + X_5 - X_7; \\
 X_{10} = Q_{11}; & X_{11} = -Q_{14} + X_{12} - X_{14}; & X_{15} = -Q_{13} + X_{11}; \\
 X_{14} = Q_{10} - X_{16}; & X_9 = -Q_5 + X_2 - X_9; & X_{18} = -Q_8 + X_9; \\
 X_{11} = Q_{10} - X_{14} + X_{16} + X_{18}; & X_{10} = Q_2 - X_2 - X_{12}; & X_{12} = Q_4 - X_{11} + X_{10}; \\
 P_3^2 = P_7^2 - f_{13} X_{12}^2; & P_2^2 = P_6^2 - f_{10} X_{10}^2; & P_{13}^2 = P_{11}^2 - f_{17} X_{17}^2; \\
 P_8^2 = P_{10}^2 + f_{18} X_{18}^2; & P_5^2 = P_9^2 + f_5 X_9^2; & P_{16}^2 = P_{10}^2 - f_{16} X_{16}^2; \\
 P_{11}^2 = P_{16}^2 + f_{16} X_{16}^2; & P_{14}^2 = P_8^2 + f_{11} X_{11}^2; & P_{11}^2 = P_{12}^2 - f_{15} X_{12}^2; \\
 P_4^2 = P_7^2 + f_4 X_4^2; & P_1^2 = P_8^2 + f_2 X_2^2; & P_3^2 = P_1^2 - f_6 X_6^2; \\
 P_{13}^2 = P_7^2 + f_3 X_3^2; & P_2^2 = P_{11}^2 + f_1 X_{11}^2; & P_{12}^2 = P_1^2 - f_1 X_1^2.
 \end{array}$$

Вторая подсистема имеет вид

$$\begin{array}{ll}
 X_{13}^2 = (P_{14}^2 - P_{11}^2) f_{13}, & X_7^2 = (P_4^2 - P_3^2) f_7, \\
 X_7^2 = (P_1^2 - P_3^2) f_7, & X_{14}^2 = (P_{14}^2 - P_{11}^2) f_{14}.
 \end{array}$$

Здесь под выражением X_7^2 подразумевается $X_7 \cdot |X_7|$. Выражая информационные переменные первой подсистемы через X_7 и подставляя во вторую подсистему, получаем систему

$$\begin{array}{ll}
 F_1(\underline{X_{13}}, X_7, X_{14}) = 0, & F_2(X_{13}, X_7, X_7, X_{11}) = 0, \\
 F_3(X_7, X_7, X_{11}) = 0, & F_4(X_{13}, X_7, X_7, X_{11}) = 0.
 \end{array}$$

где подчеркнуты информационные переменные.

В результате расчета получены следующие значения: $X = \{1400, 9430, 8290, -225, 3700, 2570, 385, 215, -20, 6360, 0, 6530, 1140, 340, 0, 390, 3700, 70, 2600\}$; $p = \{43,21, 46,74, 11,71, 37,99, 23,50, 22,97, 40,0, 29,58, 25,07, 20,49, 17,84, 23,62, 41,93, 29,58, 19,75, 19,75\}$. Здесь знак минус в векторе потоков X означает, что поток на данном участке имеет противоположное направлению положительного параметра выбранной ориентации в схеме.

Таким образом, исходная система уравнений сводится к системе, намного меньшей размерности, которая решается методом Ньютона.

Предварительные расчеты показали высокую эффективность предложенного подхода.

ЕКО ВНИИЭГазпрома

10.1.1987

Ա. Ռ. ՎԱՐՄԱՆՅԱՆ, ՅՈՒ. Հ. ՂԱԶԱՐԱՆ, Գ. Գ. ՅԵԶԱՆՅԱՆ

ԿՈՍՄՍՏՐՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ՄԵՆ ՀԱՄԱԿԱՐԳԵՐԻ ՀՈՒՔԱՔԱՔԱՄԱՆ ՀԱՇՎԱՐԿԻ ՄԵԿ ՄԵԹՈԴԻ ՄԱՍԻՆ

Ու մ փ ո փ ու լ մ

Առաջարկվում է գազատրանսպորտային բարդ ցանցում գազի շտաբի հաշվարկման մեթոդ, հիմնված Նեապոտոզոդ համակարգի կառուցվածքային առանձնահատկությունների վերլուծման վրա, որը իրականացվում է վերջինիս ինֆորմացիոն գրաֆի օգնությամբ և նյութտնի ձափօխված մեթոդի կիրառմամբ: Մշակված մեթոդը նպաստում է բարդ ցանցի նախարածանման խնդրի զործադրական լուծմանը էՄ-ի չիշողության փոքր ծավալի օգտագործման պայմաններում:

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Берлин Р. Я., Пивкварц В. С. Опыт использования ЭВМ для расчета сложных газопроводов // Автоматизация, телемеханизация и связь в газовой промышленности. 1978—С. 21—26.
2. Грубопроводный транспорт газа / С. А. Бобровский, С. Г. Щербяков, Г. И. Яковлев и др.—М.: ВНИИЭГазпром.—М.: Наука—1976—195 с.
3. Киселёв А. С., Брянский В. Г., Яковлев Е. М. Анализ оперативных режимов газотранспортных систем. // Транспорт и хранение газа. М. ВНИИЭГазпром. 1986—Вып. 7.—42 с.
4. Пшеничный Б. И., Варинян А. М. О решении систем уравнений заданной структуры.—Киел, 1984.—34 с. (Препринт АН УССР, Ин-т Кибернетики, 81—20).
5. Варинян А. М. Метод расчета гидравлических систем большого размера // Изв. АН СССР, Энергетика и транспорт.—1984—№ 1—С. 47—54
6. Тьюнсон Р. Разреженные матрицы.—М.: Мир, 1977—189 с.
7. Харари Ф. Теория графов.—М.: Мир, 1978.—300 с.

Изв. АН АрмССР (сер. ТН), т. XLII, № 5, 1988

ЭНЕРГЕТИКА

А. С. ЛВАКИМОВ, Г. А. МИРАМЕТЯՆ, Т. И. АСАТՅԱՆ, Բ. Ը. ՄՐԱԴՅԱՆ

РЕАЛИЗАЦИЯ ПРОТИВОАВАРИЙНОЙ АВТОМАТИКИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ НА БАЗЕ МИКРО-ЭВМ

Технические характеристики установленных в настоящее время в электроэнергетических системах (ЭЭС) устройства противоаварийной автоматики (ПА) не удовлетворяют современным требованиям. Низкими являются всегабаритные показатели, практически отсутствуют