

Штыков Р.А.

*Муромский институт (филиал) федерального государственного образовательного учреждения высшего образования «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»
602264, г. Муром, Владимирская обл., ул. Орловская, 23
E-mail: is@mivlgu.murom.ru*

Описание реальных процессов и режимов работы инженерной сети математическими выражениями

При обслуживании инженерных сетей необходимы достоверные данные о ее состоянии. Получение этих данных возможно при использовании математических моделей.

Математические модели позволяют рассматривать, как единый управляемый процесс.

Основой любой модели сети является представление процессов и режимов работы сети математическими выражениями. Это дает более наглядное представление о взаимодействиях объектов тепловой сети при ее функционировании и позволяет обосновать применение законов Кирхгофа к гидравлическим сетям для проведения на его основе гидравлических расчетов.

При расчетах сети возникает необходимость временной фиксации некоторых входных и промежуточных переменных, а также соответствующих выходных величин. Это временное фиксирование величин в теории множеств носит название параметров, и через них осуществляются связь и координация решений для всей математической модели [1,2,3].

Построим множество допустимых режимов $Z_E[\partial]$:

$$X = \{ \bar{x}_0 : \bar{x}_0 \in X \wedge (\bar{y} : \bar{y} R \bar{x}_0 \wedge \bar{y} \in Y) \},$$

$$\partial(\bar{x}_0) = \{ \langle \bar{x}_0, \bar{y} \rangle : \bar{y} R \bar{x}_0 \wedge \bar{y} \in Y \wedge \bar{x}_0 \in X \},$$

где, \bar{x}_0 — вектор заданных значений входных параметров.

Тогда получим, что:

$$Z_E[\partial] = Z_E[\bigcup_{\forall \bar{x}_0 \in X} Z_E[\partial(\bar{x}_0)]],$$

Введем следующие обозначения для записи операции соединения элементов тепловой сети:

$$\left\{ \begin{array}{l} \bar{a} = (p_{ex}, t_{ex}), \\ a^* = (v_{ex}), \\ \bar{b} = (p_{вых}, t_{вых}), \\ b^* = (v_{ex}). \end{array} \right.$$

тогда:

- 1) $A = \{ \bar{a} \}$ – множество входных параметров (давления и температура);
- 2) $A^* = \{ a^* \}$ – множество входных параметров (расход теплоносителя);
- 3) $B = \{ \bar{b} \}$ – множество выходных параметров (давления и температура);
- 4) $B^* = \{ b^* \}$ – множество выходных параметров (расход теплоносителя).

Множество входных и выходных параметров состояний элементов сети представим в виде следующей системы уравнений:

$$\left\{ \begin{array}{l} X = \{ \langle a, a^* \rangle : a^* R \bar{a} \wedge \bar{a} \in A \wedge a^* \in A^* \}, \\ A = \{ \bar{a}_0 : \bar{a}_0 \in A \wedge (a^* : a^* R \bar{a}_0 \wedge a^* \in A^*) \}, \\ X(\bar{a}_0) = \{ \langle \bar{a}_0, a^* \rangle : a^* R \bar{a}_0 \wedge a^* \in A^* \}, \\ Z_E[X] = Z_E[\bigcup_{\forall \bar{a}_0 \in A} Z_E[X(\bar{a}_0)]], \end{array} \right.$$

$$\left\{ \begin{array}{l} Y = \{ \langle \bar{b}, b^* \rangle : b^* R \bar{b} \wedge \bar{b} \in B \wedge b^* \in B^* \}, \\ B = \{ \bar{b}_0 : \bar{b}_0 \in B \wedge (b^* : b^* R \bar{b}_0 \wedge b^* \in B^*) \}, \\ Y(\bar{b}_0) = \{ \langle \bar{b}_0, b^* \rangle : b^* R \bar{b}_0 \wedge b^* \in B^* \}, \\ \mathcal{Z}_E[Y] = \mathcal{Z}_E[\bigcup_{\forall \bar{b}_0 \in C} \mathcal{Z}_E[Y(\bar{b}_0)]], \end{array} \right.$$

Последовательное соединение элементов, можно описать в виде следующей системы уравнений :

$$\left\{ \begin{array}{l} \bar{y}_1 = \bar{x}_2, \bar{x}_1 = \bar{x}, \bar{y}_2 = \bar{y}, \\ h = \{ \langle \bar{x}, \bar{y} \rangle : \bar{y} R \bar{x} \wedge \bar{x} \in X \wedge \bar{y} \in Y \}, \\ \tilde{X}_2 = \{ \bar{x}_{2(0)} : \bar{x}_{2(0)} \in X_2 \cap Y_1 \wedge (\bar{x}_1 : \bar{x}_1 R_1^{-1} \bar{x}_{2(0)} \wedge \bar{x}_1 \in X_1) \wedge (\bar{y}_2 : \bar{y}_2 R \bar{x}_{2(0)} \wedge \bar{y}_2 \in Y_2) \}, \\ h(\bar{x}_{2(0)}) = \{ \langle \bar{x}_1, \bar{y}_2 \rangle : \bar{x}_1 R_1^{-1} \bar{x}_{2(0)} \wedge \bar{x}_1 \in X_1 \wedge \bar{x}_{2(0)} \in X_2 \cap Y_1 \wedge \bar{y}_2 \in Y_2 \}, \end{array} \right.$$

где, $\bar{x}_{2(0)}$ - заданное значение.

Таким образом, множество допустимых режимов при последовательном соединении, запишем в следующем виде (12):

$$\mathcal{Z}_E[\partial] = \mathcal{Z}_E[\bigcup_{\forall \bar{x}_{2(0)} \in X} \mathcal{Z}_E[\partial(\bar{x}_{2(0)})]],$$

а множество входных и выходных параметров X и Y при последовательном соединении примут вид:

$$\left\{ \begin{array}{l} X = \mathcal{Z}_E[X_1] = \{ \bar{x}_1 : \bar{x}_1 R_1^{-1} \bar{x}_2 \wedge \bar{x}_2 \in X_2 \cap Y_1 \wedge \bar{x}_1 \in X_1 \}, \\ X \in X_1, \\ Y = \mathcal{Z}_E[Y_2] = \{ \bar{y}_2 : \bar{y}_2 R_2 \bar{x}_2 \wedge \bar{x}_2 \in X_2 \cap Y_1 \wedge \bar{y}_2 \in Y_2 \}, \\ Y \in Y_2, \end{array} \right.$$

С учетом введенных ограничений, определим множество допустимых режимов элементов тепловой сети, соединенных последовательно:

$$\left\{ \begin{array}{l} \mathcal{Z}_E[\partial_1] = \{ \langle \bar{x}_1, \bar{y}_1 \rangle : \bar{x}_1 \in X \wedge \bar{y}_1 \in X_2 \cap Y_1 \}, \\ \mathcal{Z}_E[\partial_2] = \{ \langle \bar{x}_2, \bar{y}_2 \rangle : \bar{x}_2 \in X_2 \cap Y_1 \wedge \bar{y}_2 \in Y_2 \}, \end{array} \right.$$

Рассмотрим подключение подсистем в систему с разделением потоков, при этом необходимо отметить, что при операции разделения необходимо согласовать элементы сети теплоснабжения по входным параметрам.

$$\left\{ \begin{array}{l} \partial = \{ \langle \bar{x}, \bar{y}_1, \bar{y}_2 \rangle : \bar{x} \in X \wedge \bar{y}_1 \in Y_1 \wedge \bar{y}_2 \in Y_2 \}, \\ \tilde{X}_2 = \{ \bar{x}_{1(0)} : \bar{a}_{1(0)} \in A_1 \cap A_2 \wedge a^*_{1(0)} \in A^*_1 \wedge \\ (\bar{y}_1 : \bar{y}_1 R < \bar{a}_{1(0)}, a^*_{1(0)} > \wedge \bar{y}_1 \in Y_1) \wedge (\bar{y}_2 : \bar{y}_2 R_2 < \bar{a}_{1(0)}, a^*_{1(0)} - a^*_{1(0)} > \wedge a^* \in A^*_1 \cup A^*_2) \}, \\ \partial(\bar{x}_{1(0)}) = \{ \langle \bar{x}_{1(0)}, \bar{y}_1, \bar{y}_2 \rangle : \bar{y}_1 R_1 \bar{x}_{1(0)} \wedge \bar{a}_{1(0)} \in A_1 \cap A_2 \wedge a^*_{1(0)} \in A^* \wedge \\ \bar{y}_1 \in Y \wedge \bar{y}_2 R_2 < \bar{a}_{1(0)}, a^*_{1(0)} - a^*_{1(0)} > \wedge a^* \in A^*_1 \cup A^*_2 \wedge \bar{y}_2 \in Y \} \end{array} \right.$$

Таким образом, множество допустимых режимов можно записать в следующем виде:

$$Z_E[\partial] = Z_E\left[\bigcup_{\forall x_{1(0)} \in X_1 \cap X_2} Z_E[\partial(\bar{x}_{1(0)})]\right],$$

а множество входных и выходных параметров X и Y при данном виде соединения могут быть представлены в следующей форме (17):

$$\begin{cases} X = \{ \langle \bar{a}_1, a^* \rangle : \bar{a}_1 \in A_1 \cap A_2 \wedge a^* \in A^*_1 \cup A^*_2 \}, \\ Y_1 = \{ \bar{y}_1 : y_1 R_1 \langle \bar{a}_1, a^* \rangle \wedge a^* \in A^*_1 \wedge \bar{a}_1 \in A_1 \cap A_2 \wedge \bar{y}_1 \in Y_1 \}, \\ Y_2 = \{ \bar{y}_2 : y_2 R_2 \langle \bar{a}_1, a^* - a^*_1 \rangle \wedge (a^* - a^*_1) \in A^*_2 \wedge \bar{a}_1 \in A_1 \cap A_2 \wedge \bar{y}_2 \in Y_2 \}, \end{cases}$$

С учетом введенных ограничений определим множество допустимых режимов элементов тепловой сети, соединенных методом с разделением потоков:

$$\begin{cases} Z_E[\partial_1] = \{ \langle \bar{a}_1, a^*_1, \bar{y}_1 \rangle : \bar{a}_1 \in A_1 \cap A_2 \wedge a^*_1 \in A^*_1 \wedge \bar{y}_1 \in Y_1 \}, \\ Z_E[\partial_2] = \{ \langle \bar{a}_2, a^*_2, \bar{y}_2 \rangle : \bar{a}_2 \in A_2 \cap A_1 \wedge a^*_2 \in A^*_2 \wedge \bar{y}_2 \in Y_2 \}, \end{cases}$$

Литература

1. Алтунин А.Е., Семухин М.В. Модели и алгоритмы принятия решений в нечетких условиях: Монография. Тюмень: Издательство Тюменского государственного университета, 2000. 352с.
2. Бакан Г. М. Многозначные управляемые процессы с дискретным временем и задачи управления//Автоматика, N 2, 1979. с. 22–29.
3. Семухин М. В. Алгоритм расчета сети материальных потоков, имеющей древовидную подструктуру//Известия ВУЗов "Нефть и газ". вып. 3. – Тюмень. ТюмГНУ. 1998. с. 82–85.