

ДН-МОДЕЛЬ СИСТЕМЫ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ БЫТОВЫХ И ПРОМЫШЛЕННЫХ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ

И.Р. Гильманин, Ю.И. Азимов,
Казанский (Приволжский) федеральный университет, г. Казань

Ключевые слова: *теплоснабжение, энергосбережение, энергоэффективность, моделирование, ДН-сети, Сети Петри.*

Тепловые сети теплоэнергоснабжения объектов потребления тепловой энергии представляют собой сложные замкнутые динамические системы, определенные условием оптимального функционирования при условии минимизации потребления тепловой энергии.

Динамизм функционирования сложных многоуровневых структур теплоэнергообеспечения определяется рядом технологических, нормативных термодинамических параметров, таких как:

- в условиях сезонного изменения температуры окружающей среды динамически изменяющийся потенциал тепловой энергии теплоносителя накапливается интегрально с реализацией основных условий обеспечения на объектах потребления нормативных санитарно-гигиенических условий жизнеобеспечения ($20 \pm 1^\circ\text{C}$);

- дозированная подача в объекты потребления тепловой энергии определяет условия запаздывания реакции сигнала управления энергопотреблением;

- замкнутая система энергопотребления накладывает условия строгого балансирования, что наиболее рационально реализуется в теории сетей Петри.

Структура технологических процессов в сетях теплообеспечения потребителей, представленная на рис. 1, характеризуется динамическим изменением теплового потенциала теплоносителя к текущему моменту времени в последовательности сетевого позиционирования, исходя из изменения термодинамических показателей. Происходит распределение показателя энтальпии теплоносителя по температурному параметру на каждом последовательном узлом участке замкнутой цепи [А, В, С, D, E].

Описание представленной системы теплообеспечения рационально записать с применением принципа записи балансовых соотношений в сетях Петри [2]. Одной из особенностей сетей Петри является свойственный сетям и их моделям параллелизм или одновременность событий на каждой из позиций технологического процесса. В модели сетей Петри разрешенные невзаимодействующие события могут происходить независимо друг от друга. Вместе с тем кинетика совокупных событий достаточно просто синхронизируется на текущий момент времени. Таким образом, сети Петри представляются идеальными для моделирования систем с распределенным управлением, в которых несколько процессов выполняются одновременно.

Другая важная особенность сетей Петри – это их асинхронная природа. В сети Петри отсутствует измерение времени или течение времени. В определении кинетики реального технологического процесса различные события укладываются в различные интервалы времени. Выполнение сети Петри в моделировании непрерывного технологического процесса рассматривается как последовательность дискретных событий длительностью в заданных интервал времени.

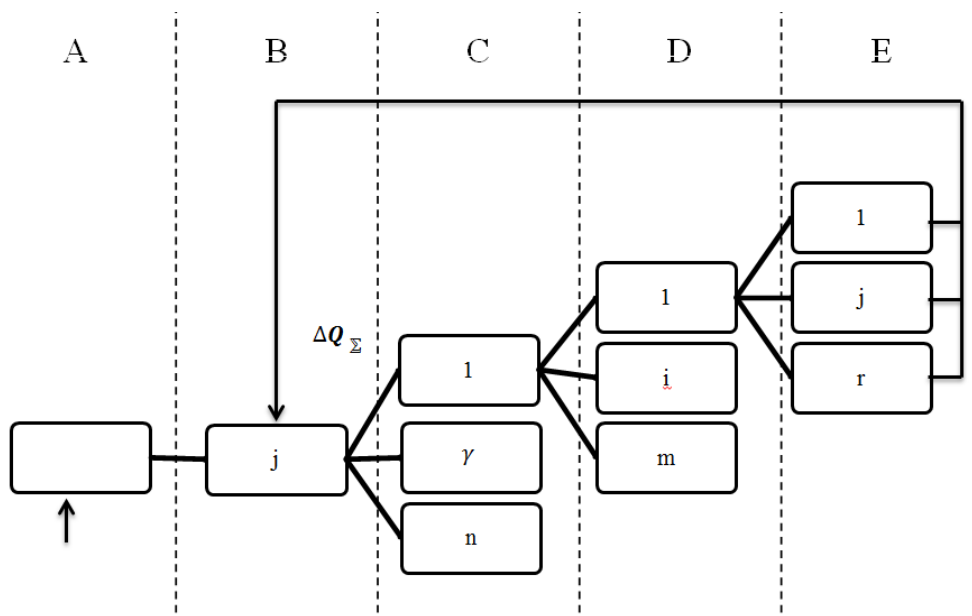


Рис. 1. Структурная схема в сетях теплоэнергообеспечения

Позиции: А- котловой агрегат; В – бойлер теплоносителя; С – теплопроводы; D – узловые распределители тепла; E – локальные объекты теплопотребления.

Структура сети Петри определяется ее позициями, переходами, входной и выходной функциями. Сеть Петри C является четверной:

$$C = (P, T, J, O), \quad (1)$$

где $P = \{p_1, p_2, \dots, p_n\}$ – конечное множество позиций, $T = \{t_1, t_2, \dots, t_m\}$ – конечное множество переходов, $J: T \rightarrow P^\infty$ является входной функцией – отображением из переходов в комплексы позиций; $O: T \rightarrow P^\infty$ – есть выходная функция – отображение из переходов в комплекты позиций.

Балансовое соотношение параметрического процесса t_m перехода, p_n позиции в СП записывается как:

$$C(p_n, t_m) = C(p_n, t_{m-1}) - O(t_m) + J(t_m), \quad (2)$$

Интенсивность потока тепловой энергии в сети теплопотребления определяем интервальной составляющей накопления тепловой энергии ΔQ на соответствующих позициях сети за установленный временной интервал (Δt).

В соответствии с представленной схемой в последовательности этапов процесса теплопереноса в рассматриваемой сети реализуется принцип теплоэнергообеспечения сетевых потребителей по выработке тепловой энергии в котловом агрегате. Данный принцип реализуется за счет сжигания топлива (или теплоагента в виде пара), эквивалентно равному суммарным потерям

теплового потенциала теплоносителя. Это происходит как на всех этапах ее распределения по сети потребления, так и непосредственно затрачиваемых при эксплуатации обогреваемых помещений.

Интенсивность теплового потока переносимого теплоносителем задается в виде разностного показателя тепловой энергии $\Delta q(\tau)$, накопленной теплоносителем за заданный интервал времени $\Delta\tau$, соответственно к текущему моменту управления процессом τ .

Интенсивность теплового потока в рассматриваемых сетях теплообеспечения запишем в виде рекуррентных соотношений разностного показателя энергетического потенциала на выходе из каждого технического элемента сети [3]:

A: тепловой потенциал выработки энергии в котловом агрегате, производимый за счет сжигания топлива с интенсивностью потребления $\Delta q(\tau)$:
 $\Delta q_R \geq \Delta q_A$,

$$B: \Delta q_B = \Delta q_A + \Delta q_\Sigma, \quad (3)$$

где Δq_Σ – тепловой потенциал рецикла теплоносителя; $\Delta q_B = \sum_{\gamma=1}^p \Delta q_{B\gamma}$, – распределение теплоносителя по сетевым трубопроводам.

$$C: \Delta q_B = \sum_{\gamma=1}^p (\Delta q_{B\gamma} - \Delta q'_{C\gamma}), \quad (4)$$

где $\Delta q'_{C\gamma}$ – потеря теплового потенциала теплоносителя в окружающую среду при прохождении по γ -му трубопроводу $\gamma = 1, 2, \dots, p$ – индексы трубопроводов

На выходе из трубопроводов теплоноситель с суммарным тепловым потенциалом Δq_C распределяется по узловым сетям потребления с балансом:

$$\Delta q_C = \sum_{\gamma=1}^p \sum_{i=1}^m \Delta q_{C\gamma i}, \quad (5)$$

$$D: \Delta q_D = \sum_{\gamma=1}^p \sum_{i=1}^m (\Delta q_{C\gamma i} - \Delta q'_{D\gamma i}), \quad (6)$$

здесь $\Delta q'_{D\gamma i}$ – потеря теплового потенциала теплоносителя в окружающую среду при прохождении через узловые $D_{\gamma i}$ -ые распределители.

$$\Delta q_{D\gamma i} = \sum_{\gamma=1}^p \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^r \Delta q_{D\gamma ij}, \quad (7)$$

Далее теплоноситель с суммарным тепловым потенциалом $\Delta q_{D\gamma i}$ распределяется по сетевым потребителям на стадии E.

$$E: \Delta q_{E\gamma i} = \sum_{\gamma=1}^p \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^r (\Delta q_{D\gamma ij} - \Delta q'_{D\gamma ij} - \Delta q''_{D\gamma ij}), \quad (8)$$

где $\Delta q'_{D\gamma ij}$, $\Delta q''_{D\gamma ij}$ – интенсивность потери теплового потенциала теплоносителя через ограждающие поверхности обогреваемого помещения и затрачиваемое на обогрев по внутреннему объему соответственно.

Суммарный тепловой потенциал теплоносителя на выходе из обогреваемых помещений и определяемый как поток теплоносителя в замкнутой обратной связи.

$$\Delta q_{E\gamma i} = \sum_{\gamma=1}^p \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^r \Delta q_{E\gamma ij}, \quad (9)$$

Балансовые соотношения (2) – (9) определяют регулирование процесса теплоэнергообеспечения потребителей тепловой энергии, когда баланс суммарной потери теплового потенциала теплоносителя, циркулирующего в замкнутых сетях теплообеспечения компенсируется интенсивностью

теплопроизводства в котельном агрегате путем сжигания расчетного количества топлива. Обобщенно можно записать:

$$\Delta q_R(\tau) \geq \sum_{\gamma=1}^p \Delta q'_{C\gamma}(\tau) + \sum_{\gamma=1}^p \sum_{i=1}^m \Delta q'_{D\gamma i}(\tau) + \sum_{\gamma=1}^p \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^r \Delta q'(\tau) + \Delta q''(\tau), (10)$$

Список литературы

1. Кафаров А.А., Дорохов И.Н., Липатов Л.Н. Системный анализ процессов химической технологии. М.: Наука, 1982. 343 с.
2. Питерсон Дж. Теория сетей Петри и моделирование систем. М.: Мир, 1984. 272 с.
3. Кориунов Ю.М. Математические основы кибернетики: учеб. пособие. М.: Энергетика, 1972. 376 с.