



Секция 2. Современные информационные, ресурсосберегающие, экологически безопасные технологии в энергетике

СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ СВОЙСТВ СТОХАСТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ КВАЗИСТАЦИОНАРНЫХ РЕЖИМОВ ТРАНСПОРТА И РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПРИРОДНОГО ГАЗА В ГАЗОТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМАХ

Тевяшев А.Д., Асаенко Ю.С.

Харьковский национальный университет радиоэлектроники

Проблема оптимизации режимов работы газотранспортных систем (ГТС) была и остаётся одной из актуальных проблем в трубопроводных системах энергетики (ТСЭ). В настоящее время накоплен значительный опыт по оптимизации режимов транспорта и распределения природного газа в газотранспортных системах (ГТС) [1,2,3]. Однако при решении задачи оптимизации стационарных режимов на заданном интервале времени $[0-T]$ с использованием детерминированных моделей установившегося потокораспределения при точно заданных значениях всех параметров математических моделей технологического оборудования ГТС и точно заданных значениях граничных условий приводит к тому, что получаемые оптимальные решения находятся, как правило, на границе допустимой режимной области.

Поэтому для практической реализации имеющегося в ГТС потенциала оптимизации необходимо перейти к более адекватным стохастическим моделям квазистационарных режимов транспорта и распределения целевых продуктов в ГТС на заданном интервале времени $[0-T]$.

В докладе приведена стохастическая модель квазистационарного неизотермического режима транспорта и распределения природного газа в ГТС. В качестве модели структуры ГТС используется связный граф $G(V,E)$, где V – множество индексов узлов, а E – множество индексов дуг графа $G(V,E)$, которое представим в виде $E = M \cup N$, где $M = M_a \cup M_p$ – множество индексов реальных дуг графа сети $G(V,E)$, с M_a – газоперекачивающими аппаратами, M_p – участками трубопроводов; $N = L \cup F$, L – множество фиктивных дуг, которые соответствуют входам ГТС, через которые природный газ поступает в ГТС, F – множество фиктивных дуг, которые соответствуют выходам ГТС, через которые осуществляется отбор природного газа потребителями.

Стохастическую модель квазистационарного неизотермического режима транспорта и распределения природного газа в ГТС представим в виде взаимосвязанной системы стохастических моделей:

для участков трубопроводов-

$$M_{\omega} \{ P_{iH}^2(\omega) - P_{iK}^2(\omega) - \beta_i(\omega) q_i^2(\omega) \} = 0, \quad i \in M_p, \quad (1)$$

$$M_{\omega} \{ T_{iK}(\omega) - T_{iTP}(\omega) + (T_{iH}(\omega) - T_{iTP}(\omega)) e^{-a_i(\omega)L_i} \} = 0, \quad i \in M_p; \quad (2)$$

для газоперекачивающих агрегатов-

$$M_{\omega} \{ \tilde{a}_i(\omega) P_{iH}^2(\omega) - P_{iK}^2(\omega) + \tilde{b}_i(\omega) P_{iH}(\omega) q_i(\omega) - \tilde{c}_i(\omega) q_i^2(\omega) \} = 0, \quad i \in M_a, \quad (3)$$

$$M_{\omega} \left\{ T_{iK}(\omega) - T_{iH}(\omega) \varepsilon_i(\omega)^{\frac{m-1}{m}} \right\} = 0, \quad i \in M_a; \quad (4)$$

для условий согласования параметров природного газа в узлах ГТС по расходу-

$$M_{\omega} \left\{ \sum_{i \in G_j^+} \rho_i(\omega) q_i(\omega) - \rho(\omega) \sum_{j \in G_j^-} q_j(\omega) \right\} = 0, \quad j \in V; \quad (5)$$



Секция 2. Современные информационные, ресурсосберегающие, экологически безопасные технологии в энергетике

по температуре-

$$M_{\omega} \left\{ \sum_{i \in G_j^+} T_{in}(\omega) \rho_i(\omega) q_i(\omega) - T_{ik}(\omega) \rho(\omega) \sum_{j \in G_j^-} q_j \right\} = 0, \quad j \in V; \quad (6)$$

по компонентному составу природного газа-

$$M_{\omega} \left\{ \sum_{i \in G_j^+} \frac{\rho_i(\omega) q_i(\omega)}{M_i(\omega)} - \frac{\rho(\omega)}{M(\omega)} \sum_{j \in G_j^-} q_j(\omega) \right\} = 0, \quad j \in V, \quad (7)$$

где $\omega \in \Omega$, (Ω, B, P) – вероятностное пространство, Ω – пространство элементарных событий; B – σ -алгебра событий из Ω ; P – вероятностная мера на B ; G_j^+ – множество индексов дуг графа сети, по которым газ поступает в j -й узел, G_j^- – множество индексов дуг графа сети, по которым газ отбирается из j -го узла; $P_{in}(\omega)$, $P_{ik}(\omega)$, $T_{in}(\omega)$, $T_{ik}(\omega)$, $q_i(\omega)$ – случайные величины характеризующие соответственно начальные и конечные давления, температуры и расход на i -м участке. $M_j(\omega)$, $j=1 \dots n$ – случайная величина, характеризующая молярную массу $x_j(\omega)$ j -го компонента природного газа в $q_j(\omega)$ -м потоке; $\bar{x}_j(\omega) = (x_1^j(\omega), x_2^j(\omega), \dots, x_n^j(\omega))$ – случайный n – мерный вектор молярных долей компонент природного газа в $q_j(\omega)$ -м потоке; $\rho_j(\omega)$ – плотность природного газа в $q_j(\omega)$ -м потоке, входящем в j -й узел; $\rho(\omega)$ – результирующая плотность природного газа после смешения природного газа во всех потоках $q_j(\omega)$, выходящих из j -го узла;

Система уравнений (1) – (7) определяет класс стохастических моделей квазистационарного неизотермического режима транспорта и распределения природного газа в ГТС. Для задания конкретной модели в данном классе необходимо задать значения математического ожидания и дисперсии значений температуры и компонентного состава природного газа на всех входах системы и количество оборотов на каждом ГПА. Кроме того, в зависимости от решаемой задачи, на каждом входе и выходе системы необходимо задать значения математического ожидания и дисперсии давления (в узле) или расхода (в соответствующей фиктивной дуге).

В докладе приводятся эффективный метод понижения порядка и решения детерминированного эквивалента стохастической системы уравнений (1) - (7) и результаты исследования статистических свойств полученного решения условий двумя методами - методом имитационного моделирования и методом статистической линеаризации.

1. Трубопроводные системы энергетики: математическое моделирование и оптимизация / Н.Н. Новицкий, М.Г. Сухарев, А.Д. Тевяшев и др. – Н.: Наука, 2010. – 419 с.

2. Об одной стратегии оптимизации режимов работы газотранспортных систем. А.Д. Тевяшев, О.А. Тевяшева, В.С. Смирнова, В.А. Фролов // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. 2010. - №15 - С. 94–98.

3. Тевяшев А.Д., Тевяшева О.А., Фролов В.А. Об одном классе стохастических моделей квазистационарных режимов работы газотранспортных систем. // Радиоэлектроника и Информатика. - №3, 2011, - С. 75–81.