ОПТИМИЗАЦИЯ РЕЖИМА ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ЛОКАЛЬНОЙ ПОДСИСТЕМЫ ИНЖЕНЕРНОЙ СЕТИ

Федоров Н.В., Хренов А.М.*, Харьковский национальный университет городского хозяйства имени А. Н. Бекетова*

Задачу структурной и параметрической оптимизации локальной подсистемы инженерной сети рассмотрим на примере оптимизации локальной подсистемы магистрального газопровода. Такая система состоит из двух частей: активной части и пассивной части. Под активной частью понимается компрессорная станция (КС), а под пассивной – сеть магистрального газопровода, прилегающая к данной компрессорной станции. В качестве критерия оптимизации работы локальной подсистемы магистрального газопровода целесообразно принять критерий минимума энергозатрат N. Вектор управляемых переменных локальной подсистемы магистрального газопровода может быть представлен в виде $\bar{r} = \{P_v, \bar{q}_{vx}, \bar{b}, \bar{u}\}$, где Pv - давление на входе компрессорной станции, $\bar{q}_{vx}$ – вектор переменных, определяющий распределение поставок газа между потребителями подсистемы, $\bar{b}$ - вектор переменных определяющий структуру подсистемы, $\bar{u}$ – вектор управления активными элементами подсистемы. Pv и компоненты вектора $\bar{q}_{vx}$ для данной задачи считаются заданными.

Компоненты векторов $\bar{b}$ и $\bar{u}$ должны быть определены в результате решения задачи структурной и параметрической оптимизации локальной подсистемы. Компоненты вектора $\bar{b}$ являются двоичными переменными (1 – задвижка открыта, 0 – задвижка закрыта). Представим вектор $\bar{b}$ в виде совокупности двух векторов: $\bar{b} = \{\bar{b}_a, \bar{b}_p\}$,где $\bar{b}_a$ – вектор переменных, определяющих структуру S1 компрессорной станции, $\bar{b}_p$ - вектор переменных, определяющих структуру S2 линейной части локальной подсистемы.

Активными элементами локальной подсистемы магистрального газопровода являются газоперекачивающие аппараты, установленные на компрессорной станции. При заданных значениях P_v и $\bar{q}_{vx}$ для структуры S_2 существует множество V_d допустимых наборов $\{S_1, \bar{u}\}$. Множество структур линейной части, для которых при заданных условиях транспорта и распределения газа существуют непустые множества Vd называется, множеством допустимых структур Td. Оптимальный режим функционирования локальной подсистемы определяется как результат минимизации выбранного критерия N на множестве $\{(S_1, \bar{u}) \subset V_d, S_2 \subset T_d\}$ при заданных значениях Pv и $\bar{q}_{vx}$. Вектор управлений $\{S_1^*, \bar{u}^*\}$, для которого выполняется равенство:

$$N(S_1^*, \bar{u}^*, S_2) = \min_{\{S_1, \bar{u}\} \subset V_d} N(S_1, \bar{u}, S_2), \qquad S_2 \in T_d \qquad (1.1)$$

будем называть вектором оптимальных управлений компрессорной станцией при структуре S_2.

Оптимальная структура линейной части определяется в результате решения задачи вида:

$$N\left(S_1^{**}, \bar{u}^{**}, S_2^*\right) = \min_{S_2 \in T_d}\left(S_1^*, \bar{u}^*, S_2\right) \qquad (1.2)$$

Структура S_2^* называется оптимальной структурой, соответствующей заданным условиям транспорта и распределения газа.

Обозначим $\bar{P}_{vxks}$ – вектор переменных, определяющих давления на выходах компрессорной станции; $\bar{q}_{vxks}$ – вектор переменных, определяющих расходы на выходах компрессорной станции. Переменные определяющие значения давлений и расходов на выходах КС в то же время являются переменными, определяющими значения давлений и расходов на входах линейной части локальной подсистемы. Для заданных значений компонент векторов $\bar{q}_{vx}$ и $\bar{q}_{vxks}$ и известных ограничениях на значения давлений на выходах сети можно рассчитать минимальные значения давлений на входах сети (или что то же самое – на выходах КС) при которых будут выполнены поставленные условия транспорта газа по линейной части. Критерий оптимизации N можно представить как функцию:

$$N\left(P_v, \bar{P}_{vxks}, \bar{q}_{vxks}, S_1, \bar{u}\right) \qquad (1.3)$$

При заданных значениях P_{vx}, $\bar{P}_{vxks}$, $\bar{q}_{vxks}$, существует множество V_d^z допустимых наборов управлений $\{S_1, \bar{u}\}$. Вектор управлений $\{S_1^M, \bar{u}^M\}$, для которого выполняется:

$$N\left(P_v, \bar{P}_{vxks}, \bar{q}_{vxks}, S_1^M, \bar{u}^M\right) = \min_{\{S_1, u\} \subset V_d^z} N\left(P_v, \bar{P}_{vxks}, \bar{q}_{vxks}, S_1, \bar{u}\right) \qquad (1.4)$$

назовем вектором оптимальных управлений компрессорной станции при заданных условиях ее работы. Q_d – область допустимых значений компонент вектора $\bar{q}_{vxks}$. Пусть для вектора $\bar{q}^*_{vxks}$ и соответствующего ему вектора минимальных давлений на входах сети $\bar{P}^*_{vxks}$ справедливо

$$N\left(P_v, \bar{P}^*_{vxks}, \bar{q}^*_{vxks}, S_1^{M*}, \bar{u}^{M*}\right) = \min_{\bar{q}_{vxks} \in Q_d}\left(P_v, \bar{P}_{vxks}, \bar{q}_{vxks}, S_1^M, \bar{u}^M\right) \qquad (1.5)$$

тогда S_1^{M*} и $\bar{u}^{M*}$ определяют оптимальную структуру, и параметры управления активными элементами компрессорной станции при заданной структуре линейной части, т.е. $S_1^{M*} \equiv S_1^*$, $\bar{u}^{M*} \equiv \bar{u}^*$. Таким образом, решение задачи определения оптимальной структуры и параметров компрессорной станции в свою очередь сводится к решению задачи определения оптимального распределения расходов газа по входам линейной части и задачи определения оптимальной структуры и управляющих параметров компрессорной станции при заданных значениях P_v, $\bar{P}_{vxks}$, $\bar{q}_{vxks}$.