

Л. И. Леви, д. т. н., проф.;

А. А. Лихоманов, асп.

УПРАВЛЕНИЕ КОЛЬЦЕВЫМИ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫМИ ГИДРОМЕЛИОРАТИВНЫМИ СИСТЕМАМИ

Рассмотрена модель системы управления кольцевой распределительной гидромелиоративной системой на основе расчетов мощности потоков, подаваемых в систему и соответствующего местоположения балансных звеньев или цепи звеньев.

Модель нормальной работы (балансового режима) кольцевой распределительной гидромелиоративной системы

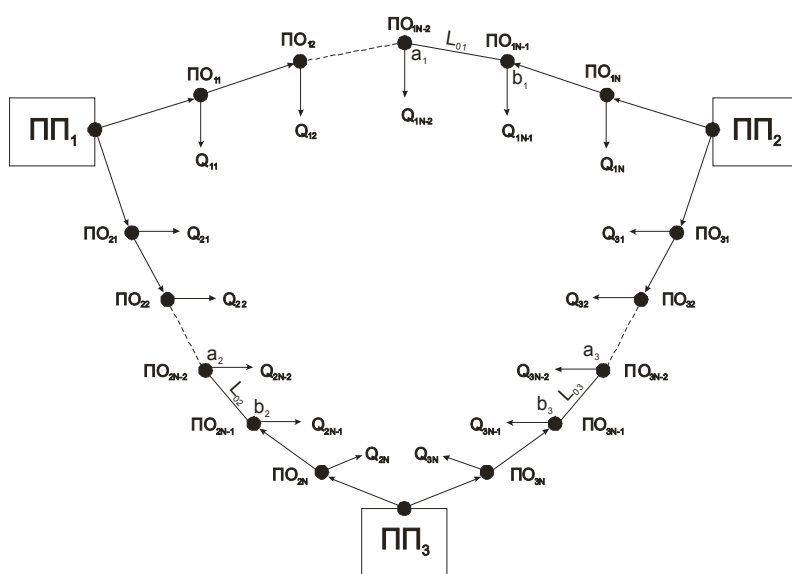


Рис. 1. Граф для балансового режима кольцевой сети трубопровода с тремя пунктами подачи целевого продукта

Потоки целевого продукта (ЦП) в кольцевой распределительной системе можно представить в виде ориентированного графа, вершинами которого являются пункты подачи (ПП), пункты отбора (ПО) и потребители.

Для каждого режима работы сети приводится свой граф или система графов.

Для балансового режима кольцевой сети с несколькими (тремя) пунктами подачи такой граф имеет вид, показаний на рисунке.

Доставка целевого продукта в ПО, находящиеся между ПП, осуществляется за счет обоих крайних ПП. Таким образом, сеть можно рассматривать как три взаимосвязанные ветки ПП1-ПП2, ПП2-ПП3 и ПП1-ПП3. Тогда управление

кольцевой сетью осуществляется следующим образом: рассматривается управление ПП с учетом тех веток, в которые они входят, три ветки управляются самостоятельно с учетом общей кольцевой системы.

Если баланс достигается в вершинах a_i и b_i каждой из трех веток, тогда поток в звене l_{0i} , которое их (вершины) связывает, отсутствует. Когда баланс нарушается, то ребро l_{0i} приобретает ориентацию. При разбалансировке может происходить переориентация некоторых веток.

Статистическая модель функционирования трубопровода

Для прогнозирования затрат ЦП можно использовать статистические данные о предыдущей эксплуатации сети, но в большинстве случаев таковая отсутствует. Поэтому информацию необходимо накапливать в процессе функционирования системы [1, 2].

Общеизвестно, что объем потребления ЦП зависит от метеорологических условий (температуры окружающей среды, атмосферного давления, скорости и направления ветра), поэтому все данные эксплуатационного периода можно классифицировать по этим метеоусловиям как условиям эксплуатации.

Рассматривание каждых отдельных суток эксплуатационного периода привело бы к созданию очень громоздкой системы, которая требовала бы много времени для поиска данных и значительного объема оперативной памяти, поэтому все дни целесообразно рассортировать:

- по сезонному періоду;
- по середнесуточній температурі;
- по швидкості вітра.

Разобьем данные на три периода:

- летний;
- зимний;
- весенне-осенний.

Каждый из сезонных периодов разделяется на группы так, чтобы разница между минимальной температурой была незначительной (2...3 °C). Тогда такие сутки можно считать одинаковыми за температурными условиями. Этим группам присваиваются коды, и они заносятся в банк данных.

Математическое ожидание суточных затрат ЦП по каждой группе определяется как средняя величина

$$M_{Q_{гр}} = \frac{\sum_{i=1}^n Q_i}{n-1}, \quad (1)$$

где Q_i — затраты ЦП в i -е сутки данной группы; n — количество суток.

Существенное влияние на затраты ЦП, кроме температуры, оказывает скорость ветра и влажность воздуха.

Мы предлагаем сохранять данные о затратах ЦП в одной таблице базы данных. Таблица будет иметь следующий вид

Поля таблицы наблюдений

Название поля	Единицы измерения
Сезонный период	
Среднесуточная температура	°C
Среднесуточная сила ветра	м/с
Среднесуточная влажность воздуха	мм. рт. тт
Дата измерения	
Среднесуточные затраты ЦП	м ³

Таким образом, для того, чтобы выделить группу суток, необходимо задать граничные параметры для каждого измеряемого параметра.

Такой подход позволяет добавлять новые параметры для уточнения.

Энергетические особенности и критерии оптимального распределения целевого продукта

Все распределительные трубопроводы можно классифицировать по структуре, эксплуатационным параметрам и виду энергии, которая используется для транспортирования ЦП.

Кроме того, распределительные трубопроводы характеризуются количеством потребителей, для которых распределяется ЦП.

В распределительных системах, ориентированных на обеспечение ЦП ограниченного количества потребителей, становится возможным моделировать и устанавливать срединный график потребления и в соответствии с ним осуществлять снабжение ЦП.

Если распределительная трубопроводная сеть рассчитана на снабжение массового потребителя, то в этом случае не является возможным проведение аналитических расчетов потребления ЦП с приемлемой точностью и неминуемое использование вероятностной модели потребления и затрат.

Энергия, которая используется для транспортирования ЦП, может быть потенциальной энергией, которая экономится в самом транспортируемом ЦП, или энергией внешнего источника.

В гидромелиоративных системах энергия, обеспечивающая создание избыточного давления воды, создается электроприводом насосных станций.

В конечном итоге все виды энергии, которые используются в распределительных трубопроводах, как первичный источник имеют электрическую силовую сеть, поэтому всякая экономия энергозатрат сводится к экономии электроэнергии.

Однако отмеченные особенности распределительных сетей трубопроводов накладывают собственные отпечатки на методы управления процессами, которые протекают в них [1].

В любом случае критерием оптимального управления есть минимум затрат энергии на транспортирование ЦП. В кольцевой системе экономия энергозатрат достигается за счет отсутствия потоков в балансных звеньях l_{0i} .

Рассмотрим одну из трех веток кольцевой системы, например ПП1-ПП2.

Из схемы видно, что длина частей ветки, обслуживаемых ПП1 и ПП2 соответственно:

$$\left. \begin{aligned} L_1 &= \sum_{i=1}^{n-2} l_i; \\ L_2 &= \sum_{i=n}^{n+1} l_i. \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

При балансовом режиме работа, которая выполняется в каждой части, моделируется таким образом:

$$\left. \begin{aligned} A_1 &= \gamma \sum_{i=1}^{n-2} \int M_{Q_i} l_i dt; \\ A_2 &= \gamma \sum_{i=n}^{n+1} \int M_{Q_i} l_i dt, \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

где M_{Q_s} — математическое ожидание суточного потребления по i -му ПО соответственно; γ — добавочный коэффициент.

Условием баланса является равенство $A_1 = A_2$, таким образом, критерием оптимальности будет минимум квадратичного функционала:

$$\min I = \int C_A \Delta A^2(t) dt, \quad (4)$$

где $\Delta A = A_2 - A_1$.

Дополнительными критериями оптимального управления также являются [3]:

- режимная стойкость системы управления, то есть возможность противостоять случайным внешним воздействиям без необходимости изменения структуры и параметров системы;
- надежность функционирования, то есть возможность трубопроводной системы обеспечить заданную эффективность функционирования в нормальных условиях, если отказ ее элементов вызван случайными причинами и вероятность таких отказов может быть рассчитана;
- жизнеспособность, то есть возможность системы обеспечивать заданную эффективность функционирования в экстремальных условиях, если вероятность отказа его элементов рассчитать не удастся;
- количество распределяемого ЦП;
- убытки, которые наносятся потребителям дефицитом поставляемого ЦП;
- непроизводительные затраты ЦП.

Максимум экономии достигается в том случае, когда балансное звено является наиболее протяженным. Однако, строгая привязка лишь к конкретному звену ограничивает управление системы. Поэтому рассмотрим возможность переориентации потоков.

Пусть в результате переориентации потоков в трубопровод балансным становится звено l_{n+1} , тогда подача воды во все ПО этой части сети будет осуществляться за счет ПП1 причем суммарные затраты через звено l_1 будут

$$Q = Q_1 + Q_2. \quad (5)$$

А работа по транспортировке ЦП до ПО _{n} , будет моделироваться так:

$$A_{al_1} = \int M_{Q_n} (L_2 + L_1 - l_{n+1}) dt. \quad (6)$$

Коефіцієнт збільшення затрат определяється соотношением

$$k_1 = \frac{\int M_{Q_n} (L_2 + L_1 - I_{n+1}) dt}{\int M_{Q_n} I_{n+1} dt} > 1. \quad (7)$$

Робота по транспортуванні ЦП до ПО_{1n-1} і коефіцієнт збільшення затрат

$$A_{ab_{21}} = \int M_{Q_{n-1}} (L_2 + L_1 - (I_n + I_{n+1})) dt; \quad (8)$$

$$k_2 = \frac{\int M_{Q_{n-1}} (L_2 + L_1 - (I_n + I_{n+1})) dt}{\int M_{Q_{n-1}} (I_n + I_{n+1}) dt} > 1. \quad (9)$$

Робота по транспортуванні ЦП до ПО₁₁ і коефіцієнт збільшення затрат

$$A_{abn} = \int M_{Q_1} (L_2 + L_1 - (I_2 + \dots + I_{n+1})) dt; \quad (10)$$

$$k_n = \frac{\int M_{Q_1} (L_2 + L_1 - (I_2 + \dots + I_n + I_{n+1})) dt}{\int M_{Q_1} (I_2 + \dots + I_n + I_{n+1}) dt} > 1. \quad (11)$$

Таким образом при переориентировании потоков нужны дополнительные затраты энергии.

Кроме того, при неизменной длине и диаметре работающих ветвей возрастают потери давления, так как затраты ЦП через нее возрастает почти вдвое, то эти потери возрастают соответственно закону

$$\Delta p = Q^2 R_r. \quad (12)$$

Поэтому необходимо предусмотреть запас пропускной способности трубопроводной системы, увеличивая расчетный диаметр трубопровода [4].

Выводы

Рассмотрен вопрос автоматического управления потоками в основном кольце. Рассмотрены приемы формирования базы статистической информации водопользования потребителями и ее использование при расчете оптимального управления.

Приводится модель системы управления кольцевой распределительной гидромелиоративной системой на основе расчетов мощности потоков, подаваемых в систему и соответствующего местоположения балансных звеньев или цепи звеньев.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Виговський Ю. В. Моделювання та автоматизоване управління розподілом цільових продуктів в трубопровідних системах: Дис. канд. техн. наук: 05.13.07 / Київський національний ун-т будівництва і архітектури. — К., 2000.
2. Иванов И. И., Петров С. П. Управление сложными системами. — М.: Наука, 1998.
3. Леви Л. И. Иерархическая декомпозиция и распараллеливание процессов управления инженерными сетевыми системами // Моделирование, автоматика и вычислительная техника в сельском хозяйстве: Сб. научн. тр. МГАУ. — М.: Изд-во МГАУ, 1994.
4. Леві Л. І., Ліхоманов О. О. Моделювання аварійних режимів у кільцевій розподільній гідромеліоративній системі // Збірник наукових праць ЛНАУ. Серія: Технічні науки. — 2006. — № 59(82).

Леви Леонід Ісаакович — завідуючий кафедрою, *Ліхоманов Александр Алексеевич* — аспірант.

Кафедра фізико-математических дисциплін, Луганський національний аграрний університет