



ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СССР
ПО ДЕЛАМ ИЗОБРЕТЕНИЙ И ОТКРЫТИЙ

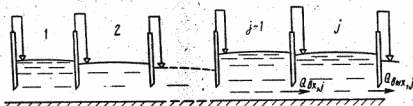
ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К АВТОРСКОМУ СВИДЕТЕЛЬСТВУ



- (21) 3355870/29-15
(22) 11.11.81
(46) 23.09.83. Бюл. № 35
(72) Э.Ж.Маковский, В.И.Куротченко
и Л.И.Великанова
(71) Институт автоматики АН Кир-
гизской ССР
(53) 621.643.1(088.8)
(56) 1. Маковский Э.З. Автоматиза-
ция гидротехнических сооружений
в системах каскадного регулирования
расхода воды. Фрунзе, "Илим", 1972.
2. Авторское свидетельство СССР
№ 681151, кл. Е 02 В 13/00, 1977.

(54) (57) СПОСОБ ВОДОРАСПРЕДЕЛЕНИЯ
НА ОТКРЫТЫХ КАНАЛАХ, включающий
разбивку канала на произвольные уча-
стки, изменение расходов на участках
в зависимости от изменения расходов
потребителей и регулирование расхода
участков с возможностью форсировки,
отличающийся тем, что,
с целью упрощения регулирования во-
дораспределением путем оптимизации
перераспределения внутренних резер-
вов участков канала, измеряют резер-

вы воды на участках и при наличии
возмущений расхода на отдельных уча-
стках определяют время срабатывания
резерва участков, которое сравни-
вают с временем добегания от водоис-
точника до участка, а регулирование
производят при наличии одного или
группы участков, для которых время
добегания меньше времени срабатыва-
ния резерва, и в следующей последова-
тельности - из группы выделяют под-
группы участков, начиная с конца ка-
нала, для которых частное от деления
суммы резервов подгруппы на модуль
суммы возмущений расходов больше или
равно времени добегания до наиболее
удаленного участка подгруппы, и регу-
лирование расходов производят после-
довательно только на участках под-
группы, начиная с нижнего, с помощью
перегораживающих сооружений на них,
последовательно устраняя возмущения
расхода участков вплоть до верхнего
участка подгруппы, а баланс на участ-
ках дополнительно корректируется
по скорости изменения уровня в конце
каждого бьефа.



Фиг.1

Изобретение относится к сельскому хозяйству, к автоматизации технологического процесса водораспределения на открытых системах.

Известен способ водораспределения, включающий изменение подачи расхода в начало участков каналов в зависимости от изменения расходов их потребителей и поддержание постоянного (заданного) расхода в конце участка, который реализован в виде системы каскадного регулирования по нижнему бьефу [1].

Недостатком этого способа является длительное время перестройки режима работы канала при изменении расходов потребителей, что приводит к увеличению резервных емкостей и повышению стоимости канала.

Известен также способ водораспределения на открытых каналах, включающий разбивку канала на произвольные участки, изменение расходов на участках в зависимости от изменения расходов потребителей и регулирования расхода участков с возможностью форсировки [2].

Недостатком способа является сложность регулирования ввиду отработки возмущения расхода какого-либо участка перегораживающими сооружениями всех вышележащих участков, а также отсутствие оптимизации использования резервов, что приводит к неоправданному увеличению числа управляющих воздействий и к необходимости специальной планировки канала.

Целью изобретения является упрощение регулирования водораспределения путем оптимизации перераспределения внутренних резервов участков канала.

Поставленная цель достигается тем, что измеряют резервы воды на участках и при наличии возмущений расхода на отдельных участках определяют время срабатывания резерва участков, которое сравнивают с временем добегания от водоисточника до участка, а регулирование производят при наличии одного или группы участков, для которых время добегания меньше времени срабатывания резерва, и в следующей последовательности - из группы выделяют подгруппы участков, начиная с конца канала, для которых частное от деления суммы резервов подгруппы на модуль суммы возмуще-

ний расходов больше или равно времени добегания до наиболее удаленного участка подгруппы, и регулирование расходов производят последовательно только на участках подгруппы, начиная с нижнего, с помощью перегораживающих сооружений на них, последовательно устраняя возмущения расхода участков вплоть до верхнего участка подгруппы, а баланс на участках дополнительно корректируется по скорости изменения уровня в конце каждого бьефа.

На фиг. 1 дана схема канала с перегораживающими сооружениями; на фиг. 2 - схема расположения резервов на участке канала; на фиг. 3 - канал произвольного типа.

Способ осуществляется следующим образом.

Канал разбит на участки (1, 2, ..., j-1, j) перегораживающими сооружениями (фиг. 1). Потребители в виде открытых водовыпусков или насосных станций подключены к соответствующим участкам. В каждый участок подается определенная величина расхода, соответствующая графику водопотребления. В канале наблюдается установившийся процесс. При этом информационно-управляющая система осуществляет периодический опрос датчиков телеизмерения и получает информацию о расходах в начале каждого участка Q_{Bx} , j, в конце участка $Q_{Bиз}$, j, и потребителей этого участка ($q_1, q_2, \dots, q_n$). На основании полученной информации управляющий блок (микропроцессор, микроЭВМ) осуществляет расчет баланса для каждого участка:

$$\Delta Q_j = Q_{Bx}, j - \frac{1}{\eta_j} Q_{Bиз}, j - \left(\sum_i q_i \right) j,$$

где η_j - КПД данного участка.

Далее осуществляется расчет объема воды в резервах $W_{рез}$ - для случая $\Delta Q < 0$ или резервной емкости $W_{рез} = W_{max}$ - $W_{рез}$ для случая $\Delta Q > 0$ (фиг. 2).

После этого, при наличии возмущений на участках канала определяют время срабатывания (при $\Delta Q_j < 0$) или накопления (при $\Delta Q_j > 0$) резервов

$$\tau_{рез}, j = \frac{W_{рез}, j}{\Delta Q_j} \quad \text{или} \quad \tau_{рез}, j = \frac{W_{рез}, j}{\Delta Q_j}$$

и сравнения его с временем добегания требуемого расхода от ближай-

шего источника орошения. В случае, когда

$$\hat{t}_{рез,j} > \hat{t}_{доб,j}$$

никакого управления не производится, а назначается время повторного опроса участка

$$\hat{t}_{оп,j} \leq \hat{t}_{рез,j} - \hat{t}_{доб,j}$$

(момент, когда время срабатывания резервов сравняется с временем добега).

Участки, у которых время срабатывания резервов соизмеримо с временем добега, выделяются в группу управляемых объектов. В результате применения последней операции к всем участкам системы выделяется группа, требующая немедленной корректировки расходов.

После выделения группы участков, на которых необходимо регулирование, осуществляют последовательную проверку управляемых участков, начиная с нижнего и выделяют подгруппы, время срабатывания суммарных резервов которых больше времени добега требуемых расходов от ближайшего источника орошения. Причем небаланс и резервы предыдущих участков алгебраически суммируются, а управление перегораживающими сооружениями производится только в этих подгруппах с учетом сохранения допустимого небаланса (т.е. выполнения прежнего условия $\hat{t}_{рез} > \hat{t}_{доб}$ для всех участков подгруппы). После завершения управления наступает установившийся процесс до момента очередной корректировки участков, у которых

$$\hat{t}_{рез} = \hat{t}_{доб}.$$

Для пояснения описанного способа рассмотрим пример реализации способа.

Пусть на j -м участке (фиг. 1) потребитель отказался от воды, вызвав положительный небаланс, т.е. $Q_j > 0$ (например, $\Delta Q_j = +1 \text{ м}^3/\text{с}$). Пусть также резервы на j -м участке $W_{рез,j} = 10000 \text{ м}^3$, а время добега ΔQ_j от источника $\hat{t}_{доб,j} = 3 \text{ ч}$. Тогда время накопления резервов

$$\hat{t}_{рез,j} = \frac{W_{рез,j}}{\Delta Q_j} = \frac{10000 \text{ м}^3}{1,0 \text{ м}^3/\text{с}} = 10000 \text{ с} = 2,8 \text{ ч},$$

что требует немедленной перестройки системы, так как через 2,8 ч

участок наполняется и вызывает непроизводительный сброс воды (переходит на верхний бьеф).

Допустим также, что на $(j-1)$ -м

- 5 участке потребитель принял воду, вызвав отрицательный небаланс $\Delta Q_{j-1} < 0$ (например, $\Delta Q_{j-1} = -1 \text{ м}^3/\text{с}$, а резервы на $(j-1)$ -м участке равны $W_{рез,j-1} = 10000 \text{ м}^3$, при времени добега $\hat{t}_{доб,j-1} = 2,8 \text{ ч}$.

- 10 Тогда $\hat{t}_{рез,j-1} = \frac{10000 \text{ м}^3}{|-1 \text{ м}^3/\text{с}|} = 28 \text{ ч}$, что так-

же требует перестройки системы, ибо через 2,8 ч $(j-1)$ -й участок сбросит свои резервы. Однако применение операции оптимизации показывает, что суммарный (Σ) небаланс

$$\Delta Q_{\Sigma} = \Delta Q_j + \Delta Q_{j-1} = +1 \text{ м}^3/\text{с} + (-1 \text{ м}^3/\text{с}) = 0$$

- 20 Время срабатывания суммарных резервов $\hat{t}_{рез\Sigma} = \infty$ т.е. $\hat{t}_{рез\Sigma} > \hat{t}_{доб,j}$. Следовательно, достаточно изменить расход только на перегораживающем сооружении между $(j-1)$ -м и j -м участками, на $-\Delta Q_j$, т.е. уменьшить на $-1 \text{ м}^3/\text{с}$ и оба участка, а также вся система, будут сбалансированы.

- В известных способах каждое возмущение со стороны потребителей потребовало бы управления всеми перегораживающими сооружениями, в том числе и на сбалансированных участках вплоть до головного, что неоправданно "раскачивает" оросительную систему, за-
35 вышает объемы передаваемой информации, и, следовательно, загружает канал связи и аппаратуру пункта управления ненужной информацией, а в ряде случаев исключает сходимость
40 алгоритмов управления.

Для пояснения процесса выделения групп и подгрупп управляемых участков рассмотрим следующий пример.

- 45 На фиг. 3 изображен канал произвольного типа, состоящий из 7 участков (1-7), из которых 5 (1, 2, 3, 5, 7) имеют резервные емкости, а два (4, 6) - нет.

- 50 Очевидно, что баланс для резервированных участков всегда должен быть равен нулю ($\Delta Q = 0$), а для резервированных - может быть положительным или отрицательным. Величина небаланса на каждом участке определяется резервами воды $W_{рез}$ (при $\Delta Q < 0$), или резервными объемами $W_{рез}$ (при $\Delta Q > 0$).

Рассмотрим процесс выделения групп управляемых участков. С этой целью первоначально для каждого участка определяется время срабатывания (или накопления) резервов $\tau_{рез,i}$

Для первого участка

$$\tau_{рез,1} = \frac{W_{рез,1}}{\Delta Q_1}$$

Для второго

$$\tau_{рез,2} = \frac{W_{рез,2}}{\Delta Q_2} \text{ и т.д.}$$

При этом $\tau_{рез,i}$ зависит как от величины возмущения ($\pm \Delta Q_i$), так и от фактического объема резервов и учитывается в предлагаемом способе.

Затем определяется время добегания требуемых расходов от источника водоснабжения (на фиг. 3 - И) до каждого участка $\tau_{доб,i}$. Очередной операцией является сравнение времени добегания требуемого расхода до каждого участка с временем вращивания его резерва

$$\tau_{доб,1} \geq \tau_{рез,1}$$

$$\tau_{доб,2} \geq \tau_{рез,2}$$

Если для всех участков $\tau_{доб,i} < \tau_{рез,i}$, то, несмотря на имеющее место возмущение, никаких операций по управлению перегораживающими сооружениями не производится. В этом заключается первая минимизация управляющих воздействий.

Аналогичная проверка производится периодически через время $\min(\tau_{рез,i} - \tau_{доб,i})$ до тех пор, пока один или группа участков не сработает (накопит) резерв до величины, при которой

$$\tau_{рез,i} = \frac{W_{рез,i}}{\Delta Q_i} \leq \tau_{доб,i},$$

т.е. время срабатывания резерва соизмеримо с временем добегания. Все эти участки попадают в группу управляемых объектов. Допустим, таких участков три - 2, 5, 7, причем на 2 и 5 участках $\Delta Q < 0$, а на 7 - $\Delta Q > 0$.

В принципе работу системы уже на этом этапе можно заставить работать. Для этого достаточно затворами первого участка изменить расход на величину $\Delta Q = -(\Delta Q_2 + \Delta Q_5 + \Delta Q_7)$ (каждое из ΔQ со своим знаком), затворами 2, 3, и 4 участка изменить расход на величину $\Delta Q = -(\Delta Q_2 + \Delta Q_5)$,

и, наконец, затворами 5 и 6 участков изменить расход на величину $-\Delta Q_7$. Однако такой подход приводит к избыточности операций управления (7 операций). С целью их минимизации в группе управляемых участков (у нас 2, 5 и 7) выполняется операция поиска подгрупп, допускающих внутреннее перераспределение резервов (оптимизацию их использования).

С этой целью, начиная с конца, последовательно суммируются $W_{рез}$ и определяется время срабатывания суммарных резервов. Пусть в нашем случае $(\Delta Q_2 + \Delta Q_7) < 0$, тогда

$$\tau_{рез,5,7} = \frac{W_{рез,5} + W_{рез,7}}{\Delta Q_5 + \Delta Q_7}$$

Если $\tau_{рез,5,7} < \tau_{доб,7}$, то это означает возможность внутреннего перерегулирования. В нашем случае затворами 6-го участка изменяется расход на величину $(\Delta Q_7 + \Delta Q_5)$.

На этом регулировка нижней части канала заканчивается. Для регулировки 2-го участка затворами 1-го участка изменяется расход на величину (ΔQ_7) (4 операции). В случае, если в группу вошли только участки 5 и 7, для регулировки канала потребовалось бы всего три операции. Из описания видно, что способ не требует одинаковых объемов резервов, одинаковых длин и уклонов участков, допускает включение нерезервированных участков и использует меньшее число операций управления, чем при работе с группами.

В частном случае описанный способ также может потребовать управления всеми перегораживающими сооружениями (как в прототипе). Такая ситуация возникает когда во всех бьефах канала, небаланс расходов имеет одинаковый знак (во всех участках одновременно включились или отключились потребители), а резервы находятся на минимальной границе. Однако это очень редкий, практически не встречающийся в эксплуатации, случай. Как правило, одновременной регулировке подлежат 1-2 подгруппы перегораживающих сооружений, а непрерывный контроль обеспечивает доставку необходимых расходов в любую точку канала.

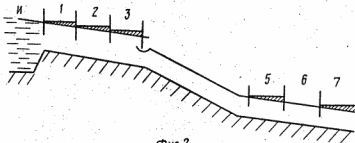
Для исключения эффекта накопления ошибок от погрешности гидромет-

рии при определении расходов баланс на участках дополнительно корректируется по скорости изменения уровня в конце каждого бьефа за интервал времени по модели, описанной в [1].

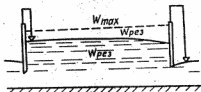
Данный способ эффективен при наличии в системе незарегулированных источников, допускает существенные колебания расходов в голове канала, а также позволяет реализовать управ-

ление снизу (от поля) по показаниям датчиков влажности, размещенных на орошаемых массивах (случайный потребитель). При этом используется минимальное число операций, обеспечивая хорошую устойчивость управления, при минимальных объемах передаваемой информации и затрачиваемой энергии.

Экономический эффект составляет около 9 руб. на гектар орошаемой площади.



Фиг. 2



Фиг. 3

Редактор А. Шандор Составитель Г. Параев Техред А. Бабинец Корректор А. Ференц

Заказ 7291/32 Тираж 673 Подписное

ВНИИПИ Государственного комитета СССР
по делам изобретений и открытий

113035, Москва, Ж-35, Раушская наб., д. 4/5

Филиал ППП "Патент", г. Ужгород, ул. Проектная, 4