

МНОГОУРОВНЕВАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ КОМПЛЕКСОМ ВОДООТЛИВА ГОРНОДОБЫВАЮЩЕГО ПРЕДПРИЯТИЯ

Червинский В.В., Бессараб В.И., Червинская Н.В.

Донецкий национальный технический университет, г. Донецк
кафедра автоматики и телекоммуникаций

E-mail: tscherwi@mail.ru

Abstract

Chervinsky V.V., Bessarab V.I., Chervinskaya N.V. Multilevel control system of mining enterprise drainage complex. In the article the construction variant of mining enterprise drainage complex multilevel control system is proposed. Whole mining drainage complex is considered as an aggregate of standard technological modules, representing district drainage and water levels. Such presentation gives an opportunity for working out the typical local control systems, that can be the base for development of concrete object drainage complex decentralized hierarchical control system. The tasks to be solved by subsystems on all control levels are allotted on the basis of dewatering plant technological schemes and drainage complex control problems analysis jointly with power consumption system.

Общая постановка проблемы.

В настоящее время водоотливные установки глубоких шахт Донбасса представляют собой сложные территориально распределенные комплексы, состоящие из нескольких узлов: участковых и главного водоотливов. Каждый такой узел оснащается системой автоматического управления, в той или иной мере удовлетворяющей требованиям, предъявляемым к управлению водоотливными установками. Однако, такой подход, во-первых, не учитывает взаимосвязи между отдельными узлами комплекса водоотлива шахты в целом, и, во-вторых, не автоматизировано совмещение режимов работы водоотлива с внепиковыми режимами энергопотребления шахты. Одним из направлений исследований по решению данной проблемы, проводимых в Донецком национальном техническом университете, является разработка системы управления комплексом водоотлива горнодобывающего предприятия на основе современных методов и средств автоматизации, в взаимосвязи с системой контроля энергопотребления шахты.

Постановка задач исследования.

Управление комплексом шахтного водоотлива может быть централизованным и децентрализованным. Централизованное управление предполагает концентрацию функций управления в одном центре сложной системы. С системотехнической точки зрения основными недостатками такой структуры являются: необходимость высокого объема запоминающих устройств, высокой производительности и надежности средств обработки данных для достижения приемлемого качества управления; высокая суммарная протяженность каналов связи при наличии территориально рассредоточенных объектов управления, каковым является комплекс шахтного водоотлива.

Децентрализованное управление - распределение функций управления по отдельным элементам системы. Построение системы с такой структурой возможно только в случае независимости объектов управления по материальным, энергетическим, информационным ресурсам. Для выработки управляющего воздействия на каждый объект необходима информация о состоянии только этого объекта. Фактически такая система представляет собой совокупность нескольких относительно независимых систем со своей информационной и алгоритмической базой.

Процесс управления значительно упрощается при использовании децентрализованной системы управления с иерархической структурой. Для иерархической структуры характерно наличие нескольких уровней управления. Задачей данной работы выступает разработка структуры многоуровневой распределенной системы управления шахтным водоотливом, декомпозиция всего комплекса на типовые технологические модули, определение функций каждого уровня, выбор типа взаимодействия между уровнями.

Решение задач и результаты исследований.

Рассматриваемый объект является сложным и распределенным в пространстве, включает несколько узлов (главные, вспомогательные и участковые водоотливные установки). Комплексы водоотлива различных шахт отличаются количеством участков, технологическими схемами, применяемыми на различных участках, технологическими схемами главного водоотлива. На глубоких шахтах Донбасса на главном водоотливе применяются промежуточные водоотливные установки на нескольких горизонтах, также функционирующие по различным технологическим схемам (с промежуточными водосборниками на горизонтах, «из насоса в насос» и др.).

Предполагается рассматривать весь комплекс водоотлива как совокупность типовых технологических модулей (ТМ), в качестве которых выступают:

- участковые водоотливные установки;
- водоотливные установки, расположенные на различных горизонтах и являющиеся составляющими элементами главного водоотлива.

Все технологические модули связаны между собой последовательно или параллельно нагнетательными трубопроводами.

Такое представление комплекса водоотлива дает возможность применять обобщенный подход при разработке системы управления водоотливом конкретной шахты, представляя его как совокупность типовых технологических модулей, для каждого из которых применяется типовая локальная система управления, входящая в единую распределенную многоуровневую систему управления всем водоотливным комплексом.

Обычно при автоматизации технологических процессов (уровень АСУТП) без учета вопросов автоматизации производства (уровень АСУП) используется двухуровневая система управления. На первом уровне применяется прямое управление реальными физическими переменными отдельных технологических модулей (решение локальных задач управления). На втором уровне осуществляется подстройка обобщенных параметров, выбор рабочих режимов и координация между локальными системами управления на основе принятых глобальных показателей качества и математических моделей элементов нижнего уровня.

Обобщенная структура двухуровневой иерархической системы управления комплексом шахтного водоотлива представлена на рис. 1.

Основными функциями локальных системы управления комплекса водоотлива являются запуск, остановка и автоматическое управление электронасосными агрегатами в зависимости от принятой организации работы, и контроль за основными параметрами, определяющими режим работы (давление в отводящем и подводящем патрубках, подача насоса, напряжение и сила тока, питающего электродвигатель, температура подшипников, расход воды через разгрузочное устройство).

Автономное управление каждым участком водоотлива производится в зависимости от уровня воды в водосборнике, который определяет эффективность откачки воды из шахты. Установленный верхний уровень является импульсом для подготовки и запуска агрегата в работу, нижний – остановки.

Режим работы каждого технологического модуля водоотливного комплекса определяется рядом параметров, которые определяют текущее состояние степени главного водоотлива или участкового водоотливной установки. Состояние i -го технологического модуля описывается следующим вектором:

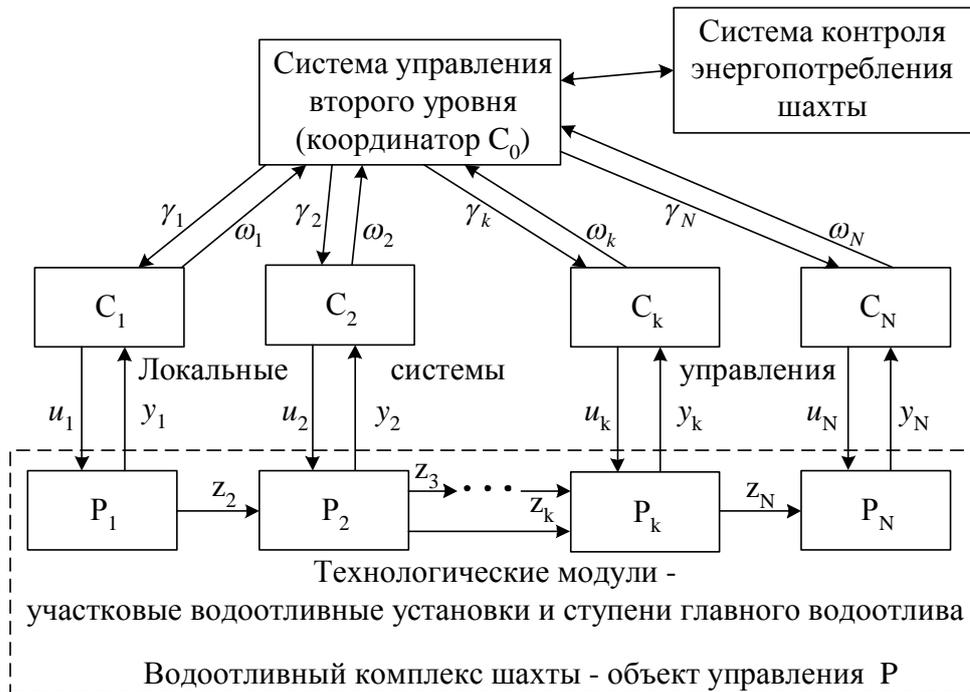


Рисунок 1 – Структура двухуровневой системы управления комплексом водоотлива шахты

$$\bar{X}_i = \left| Q_i, H_i, H_{\Pi i}, H_{Гi}, N_i, \eta_i, \rho, Q_{\Pi}, d_i, L_i, \alpha_i, Q_{opi}, t_{vi}, t_{oi} \right| \quad (1)$$

- где Q_i - производительность i -го технологического модуля;
 H_i - напор, создаваемый насосом i -ой установки;
 $H_{\Pi i}$ - напор на входе в i -ую насосную станцию;
 $H_{Гi}$ - геодезическая высота нагнетания;
 N_i - мощность i -ой водоотливной установки;
 η_i - КПД i -го технологического модуля;
 ρ - плотность жидкости;
 Q_{Π} - часовой приток в водосборник i -го технологического модуля;
 d_i - диаметр трубопровода i -го технологического модуля;
 L_i - длина трубопровода i -го технологического модуля;
 α_i - гидравлическое сопротивление трубопровода i -го технологического модуля;
 Q_{opi} - расход воды на орошение производственных участков;
 h_i - текущее значение высоты воды в водосборнике i -го технологического модуля;
 t_{vi} - момент включения i -ой водоотливной установки;
 t_{oi} - момент отключения i -ой водоотливной установки;

Поскольку отдельные локальные технологические модули взаимосвязаны, автономное управление ТМ по локальным критериям не может обеспечить оптимальное ведение всего процесса в целом, т.е. его глобальную оптимизацию. Для устранения этого недостатка необходимо отдельные управляющие подсистемы подчинить вышестоящей

координирующей системе, в функции которой входят устранение конфликтных ситуаций между задачами управления технологическими модулями и достижение глобальной цели управления процессом в целом. Координирующая система, таким образом, обеспечивает интеграцию системы в единый управляющий комплекс, функционирующий по выбранному основному критерию работы технологического процесса.

Рассматривая различные технологические схемы осуществления водоотлива в технологических модулях, которые в основном отличаются способами запуска насосов, можно выделить основные функции, которые должны выполнять локальные системы управления:

- обработка информации, поступающей от координатора;
- пуск насоса при подаче сигнала от координатора (или при отсутствии с ним связи – при достижении водой верхнего уровня); порядок пуска определяется технологической схемой;
- автоматическое отключение действующего насоса при достижении нижнего уровня;
- пуск дополнительного резервного насоса и подача сигнала тревоги при достижении аварийного уровня;
- гидравлическая и механическая защита насоса.
- диагностирования неисправностей,
- автоматическое управление приводами задвижек на нагнетательном трубопроводе; пуск насоса должен производиться при закрытой задвижке,
- учет машинного времени работы насосов;
- управление переходным процессом запуска установки;
- управление стационарным режимом водоотлива;
- контроль и диагностика рабочих параметров водоотливной установки в целом, таких как подача насоса, его напор, потребляемая мощность, вакуум в патрубке насоса;
- защита водоотливной установки в случае установления гидравлической неисправности;

Достижение глобальной цели управления можно добиться только через действия нижестоящих решающих элементов. Задача, решаемая вышестоящим элементом, должна обладать такими свойствами, чтобы локальные задачи обеспечивали решение глобальной задачи всякий раз, когда они скоординированы относительно задачи, решаемой вышестоящим элементом. В нашем случае стратегия координации строится на принципе обратной связи.

Проблема, решаемая элементом C_i нижестоящего уровня, зависит от воздействия координации вышестоящего элемента C_0 . Проблема, решаемая вышестоящим элементом, зависит от отклика элементов нижестоящего уровня, но вышестоящий элемент имеет приоритет действий.

Способ координации определяется тем, как конкретный элемент нижестоящего уровня сообщается с другими элементами своего уровня, а также тем, какие характеристики проблем, решаемых на этом уровне, могут подвергаться изменению в целях улучшения глобального результата.

Рассматривая декомпозицию объекта управления – комплекса водоотлива шахты P на технологические модули – участковые водоотливные установки и горизонты главного водоотлива P_i можно проследить взаимосвязь технологических модулей и охарактеризовать его действиями, реакцией всей остальной системы и ее воздействием на этот элемент. Это воздействие поступает в виде соответствующего "связующего" сигнала z_i на "внутренний" вход элемента C_i .

Вектором связующих входов для каждого i -ого технологического модуля выступает:

$$z_i = |Q_j, H_j, t_{ej}, t_{oj}|, \quad j = 1..N, j \neq i \quad (2)$$

т.е. связующим входом для i -го ТМ выступают характеристики потока, поступающего от предшествующих водоотливных установок, а также время их включения и отключения.

Синтез вышестоящего элемента управления (координатора) сводится к следующему:

- а) выбор принципа координации;
- б) выбор координирующих воздействий.

Для координатора возможны следующие варианты организации взаимодействия элементов нижестоящего уровня:

1. Координирование путем прогнозирования взаимодействий (задаются значения будущих связующих сигналов).
2. Координирование путем оценки взаимодействий (задается диапазон значений для связующих сигналов).
3. Координирование путем "развязывания" взаимодействий (произвол в выборе связующих сигналов) или последующего согласования связующих переменных.
4. Координирование типа "наделения ответственностью" (нижестоящие элементы знают зависимость между своими действиями и "откликом" системы).
5. Координирование путем "создания коалиций".

Выбор принципа координации определяется тем, какое влияние оказывает сигнал, поступивший на внутренний вход, на решения, принимаемые данным нижестоящим элементом.

Выделим вектора обратной связи координатора:

$$\omega_i = |h_i, Q_i, H_i|, \quad (3)$$

и вектора координирующих параметров:

$$\gamma_i = |t_{ei}, t_{oi}|, \quad (4)$$

т.е. работа координатора по отношению к каждой ЛСУ сводится к заданию времени отключения и включения каждой водоотливной установки.

Поскольку для рассматриваемого объекта можно с достаточной степенью точности определить значения будущих связующих сигналов, наиболее подходящим является первый способ, т.е. координирование путем прогнозирования взаимодействий.

Формально задача координирования путем прогнозирования взаимодействий описывается следующим образом:

Задана глобальная задача оптимизации в виде минимизации некоторого функционала $G(u, x)$, где u – вектор управляющих воздействий, x – вектор переменных состояния системы:

$$\min_{(u,x)} G(u, x) = G(u^0, x^0). \quad (5)$$

Локальные задачи имеют вид.

$$\min_{(u_i, x_i)} G_i(u_i, x_i, \alpha_i) = G_i(u_i^0(\alpha_i), x_i^0(\alpha_i), \alpha_i). \quad (6)$$

Задача координации сводится к отысканию прогнозных значений α_i связующих переменных z_i с целью выполнения условий согласования:

$$\alpha_i^0 = H_i(u^0(\alpha^0), x^0(\alpha^0)). \quad (7)$$

Стратегия координации при использовании принципа прогнозирования связующих переменных основана на итерации:

$$\alpha_i^{(k+1)} = \alpha_i^{(k)} + \lambda_i^{(k)} [H_i(u^0(\alpha^{(k)}), x^0(\alpha^{(k)})) - \alpha_i^{(k)}]. \quad (8)$$

Таким образом, функциями верхнего уровня системы управления комплексом шахтного водоотлива выступают следующие:

- прогнозирование состояния и скорости изменения уровня воды каждого участкового водосборника;
- совмещение технологических перерывов работы всех водоотливных установок с периодами максимума нагрузки энергосистемы (в режимах внепикового потребления энергии);
- координация работы всех водоотливных установок шахты в стационарном и динамическом режимах;
- подача сигнала запуска и отключения каждой водоотливной установки;
- организация связи и ее контроль между всеми элементами системы управления комплексом водоотлива (контроллеры ЛСУ участковых водоотливов, контроллер верхнего уровня системы управления, пульт оператора).
- дистанционный контроль состояния насосных агрегатов, текущего уровня и скорости притока воды всех водосборников шахты;
- обмен технологической информацией с пультом диспетчера;
- получение информации о машинном времени работы всех участковых и главной водоотливных установок и аварийных режимах с последующим уведомлением обслуживающего персонала.

Выводы.

1. Предложен вариант построения многоуровневой системы управления комплексом водоотлива горнодобывающего предприятия.
2. Предложено рассматривать комплекс водоотлива шахты в виде совокупности типовых технологических модулей, представляющих собой участковые водоотливы и горизонты водоотлива. Такое представление дает возможность разработать типовые локальные системы управления, на основе которых возможно построение системы управления комплексом водоотлива конкретного объекта.
3. Выделены задачи, решаемые подсистемами на всех уровнях управления (локальными системами и координатором) на основе анализа технологических схем водоотливных установок и задач управления водоотливным комплексом совместно с системой энергопотребления шахты.

Литература

1. Гейер В.Г., Тимошенко Г.М. Шахтные вентиляторные и водоотливные установки. – М.:Недра, 1987. – 270 с.
2. Данильчук Г.И., Шевчук С.П., Василенко П.К. Автоматизация электропотребления водоотливных установок - К.: Техника, 1981. - 102с.
3. Короткова Т. И. Модели и методы принятия решений. Доступен с ресурса: <http://dep805.ru/education/kk/mmpr>.
4. Системы: декомпозиция, оптимизация и управление/Сост. М. Сингх, А. Титли; Сокр. Пер. с англ. А.В. Запорожца. – М.: Машиностроение, 1986. – 496 с.: ил.
5. Шевчук С.П. Повышение эффективности водоотливных установок - К.: Техника, 1991. - 53с.