

РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ СУДОХОДНЫМ ШЛЮЗОМ

В.Н. Морозов, И.Л. Краснощеков, И.А. Данилушкин, Е.В. Мельников, С.А. Колпашиков
(ООО «Техтрансстрой»)

Рассматриваются проектные решения, принятые при разработке рабочей документации на создание автоматизированной системы в рамках комплексного проекта реконструкции Шекснинского гидроузла Волго-Балтийского водного пути. В статье обосновывается выбор аппаратного обеспечения автоматизированной системы, обсуждается реализация алгоритмов автоматических систем управления механизмами судоходного шлюза.

Ключевые слова: камера шлюза, подъемно-опускные ворота, двустворчатые ворота, гидравлический привод, резервирование, система синхронизации перемещения, комбинированный частотно-дрессельный способ управления

Введение

Шекснинский гидроузел, включающий шлюзы №№ 7, 8, располагается в пос. Шексна Вологодской области. С каждым годом поток грузов и пассажирских перевозок по Волго-Балтийскому каналу увеличивается, притом что сам гидроузел, введенный в эксплуатацию в 1963 г., давно отработал нормативный срок эксплуатации. Моральное устаревание и физический износ оборудования гидротехнического сооружения потребовали проведения реконструкции, в рамках которой осуществляется замена механического и гидравлического привода, силового электрооборудования, а также переход на современные программно-аппаратные средства систем промышленной автоматизации. Проектные работы в части разработки системы управления выполнялись ООО «Техтрансстрой» (г. Самара).

Основные характеристики оборудования шлюзов после реконструкции

Шлюзы №№ 7, 8 расположены параллельно. Эффективные размеры камер для шлюзования — 275,0×18,0 м.

Верхняя голова шлюза № 7 оснащена плоскими скользящими аварийно-эксплуатационными подъемно-опускными воротами (ПОВ) с гидравлическим приводом и двустворчатыми ремонтными воротами. Гидропривод ворот верхней головы шлюза № 7 спрое-

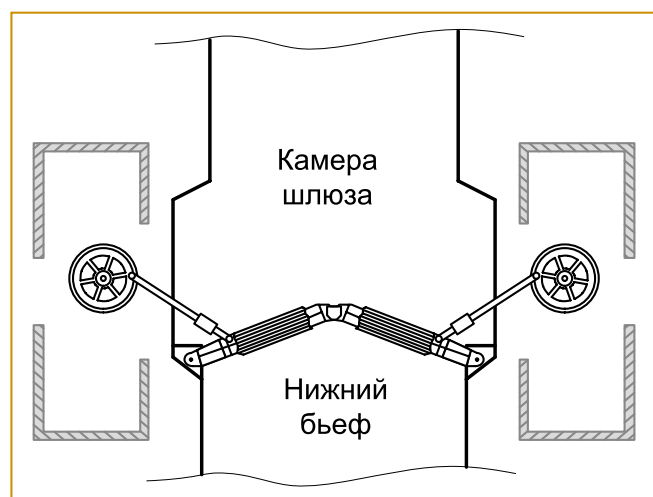
ктирован таким образом, чтобы ворота могли закрыться в потоке воды в случае аварии с нижними воротами камеры.

Верхняя голова шлюза № 8 оборудована подъемно-опускными верхними рабочими воротами (ВРВ), аварийно-ремонтными воротами (АРВ) и двустворчатыми ремонтными воротами. АРВ и ВРВ перемещаются с помощью гидравлических приводов. Во время навигации АРВ находятся под водой в положении «открыто» и служат для перекрытия судоходного отверстия в случае аварии с верхними/нижними воротами камеры.

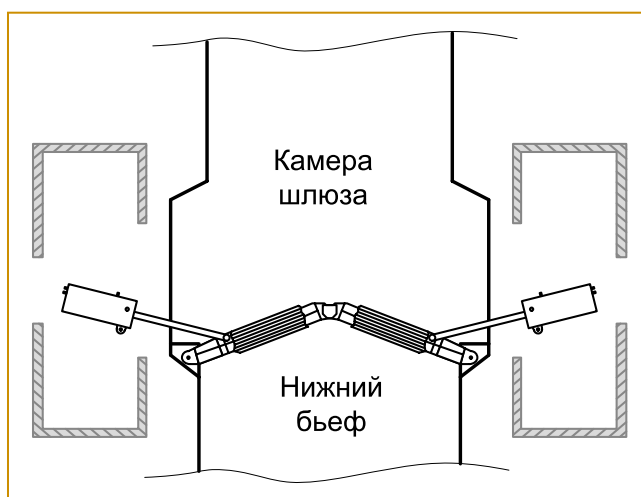
Нижние головы шлюзов оборудованы основными рабочими воротами — нижними двустворчатыми воротами (НДВ) и ремонтными двустворчатыми воротами.

Перемещение створок НДВ шлюза № 7 осуществляется с помощью кривошипно-шатунного механизма, расположенного на устоях нижней головы шлюза (рис. 1, а). Перемещение створок НДВ шлюза № 8 производится с помощью гидравлических приводов (рис. 1, б).

Наполнение камеры шлюза осуществляется потоком воды из-под нижнего края подъемно-опускных ворот, которые поднимаются из положения «Закрыто» в положение «Наполнение». Опорожнение камеры шлюза производится через галереи опорожнения, которые расположены по обеим сторонам камеры.



а)



б)

Рис. 1. Конструкция привода нижних двустворчатых ворот

Галереи опорожнения оснащены затворами, по одному на каждую галерею. При опорожнении камеры шлюза плоский скользящий затвор поднимается над порогом, открывая путь течению воды из камеры шлюза. Шлюз № 7 оснащен цепным приводом затвора галереи опорожнения (ЗГО), на восьмом шлюзе применен гидравлический привод ЗГО.

В каждой камере шлюзов установлены заградительные устройства, предохраняющие нижние ворота от навала судов. Устройство представляет собой канат, который натягивается через камеру шлюза перед НДВ. В случае навала судна его кинетическая энергия компенсируется за счет вытягивания штока гидроамортизатора, соединенного с канатом, до полной остановки судна.

Шлюзы также оснащены системой светофоров для управления движением судов через шлюзы: по два светофора на входе в камеру и по одному на выходе из камеры в обоих направлениях и метеостанциями для контроля основных метеорологических параметров.

Системы автоматизированного управления каждым шлюзом разрабатывались как независимые, но имеют общие технологические и алгоритмические решения, адаптированные к особенностям каждого шлюза и объединены в единую систему сбора технологической информации.

Аппаратные решения, принятые в проекте

Согласно требованиям ГОСТ Р 54369-2011 система должна проектироваться как резервированная, кроме специально оговоренных случаев, когда резервирование какого-либо элемента или устройство невозможно в силу конструктивных особенностей. Во всех случаях использования электрогидравлических исполнительных механизмов дублирования выполнено за счет резервирования гидроаппаратуры, гидронасосов и их электроприводов. Типовая схема гидропривода ПОВ приведена на рис. 2. Насосы различной производительности используются для закрытия ПОВ и для подъема ПОВ в режим «Наполнение». Группа из трех насосов (два основных и один резервный) используется для закрытия ворот, группа из двух насосов — (один основной, один резервный) используются для подъема ворот при наполнении камеры шлюза. Для управления электродвигателями насосов применены преобразователи частоты (ПЧ). Пропорциональные гидродроссели (один основной, один резервный) служат для открытия ворот под собственным весом без использования гидронасосов, а также для устранения перекоса во время движения ворот в любом направлении при реализации комбинированного частотно-дроссельного способа регулирования.

Такая же схема, но с некоторыми изменениями, используется и для перемещения ЗГО с гидроприводом.

Для управления перемещением НДВ с помощью гидропривода на восьмом шлюзе гидравлическая схема предусматривает использование резервированного перепускного клапана, который управляет переключением подачи масла либо в надпоршневую часть гидроцилиндра, либо в подпоршневую его часть. Подача масла осуществляется с помощью группы из трех насосов (два основных и один резервный). В состав гидросистемы НДВ входит насос дожима меньшей мощности, который служит для поддержания ворот в закрытом состоянии при обратной волне.

Открытие/закрытие НДВ с помощью кривошипно-шатунного механизма на седьмом шлюзе осуществляется одним электроприводом, установка резервного электропривода невозможна по конструктивным особенностям. Здесь резервируются ПЧ электропривода. В цепном приводе ЗГО седьмого шлюза используются два электродвигателя (один основной и один резервный).

Надежность измерительной подсистемы обеспечивается за счет резервирования цифровых датчиков положения ворот и затворов, дублирования аналоговых датчиков уровня воды в камере, верхнем и нижнем бьефах, дублирования дискретных датчиков положения ворот и затворов.

Структура автоматизированной системы

Современные программно-аппаратные средства систем промышленной автоматизации предоставляют широкий набор ставших уже стандартными функциональных возможностей: преобразование и обработка измерительной информации, самодиагностика, визуализация, диспетчерское управление, система аварийных сообщений, ведение архивов. Поэтому при разработке проекта на создание АСУ шлюзами был сформулирован ряд задач, которые обусловлены в первую очередь спецификой технологического объекта. И именно на этот список ориентировались при выборе аппаратных средств и разработке ПО системы.

Функциональность разрабатываемой АСУ:

1) обеспечение аппаратной блокировки недопустимых состояний: открытие НДВ и/или ЗГО при открытых ВРВ, открытие ВРВ при открытых НДВ

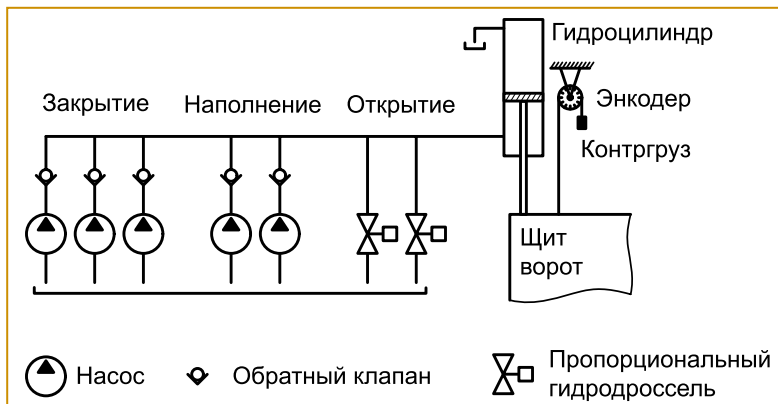


Рис. 2. Упрощенная гидравлическая схема системы перемещения подъемно-опускных ворот

*Всегда практика должна быть
воздвигнута на хорошей теории, ворота
которой – перспектива.*

Леонардо да Винчи

и/или ЗГО, открытие любых ворот при разнице уровней воды в камере шлюза и бьефе, от которого эти ворота отделяют камеру шлюза;

2) предоставление интерфейса аварийного закрытия аварийных ворот верхней головы;

3) предоставление интерфейса экстренного прекращения текущей операции;

4) обеспечение реализации алгоритмов управления оборудованием отдельной электрогидравлической или электромеханической системы (включая диагностику аппаратных средств, автоматическое включение резерва и т. п.);

5) предоставление интерфейса местного управления оборудованием отдельных подсистем;

6) обеспечение информационного взаимодействия между подсистемами управления электрогидравлическими или электромеханическими системами верхней и нижней голов, находящихся по разные стороны шлюза;

7) обеспечение реализации алгоритмов синхронизации приводов ворот при их перемещении;

8) обеспечение реализации алгоритмических блокировок как дублирующих аппаратных, так и основанных на измерительной информации аналоговых параметров;

9) предоставление интерфейса управления оборудованием верхней и нижней голов шлюза;

10) предоставление интерфейса управления шлюзом в целом;

11) ведение технологического процесса шлюзования судов в ручном и автоматическом режимах с учетом тоннажа судов и погодных условий.

Часть задач из приведенного списка решаются средствами релейной логики. Это позволяет повысить надежность системы за счет применения защит и блокировок различных принципов действия: аппаратной и программной. Электрические цепи дискретных датчиков, входящих в контуры технологических и защитных блокировок, спроектированы таким образом, чтобы отсутствие напряжения или логического сигнала в выходной цепи датчика считалось сигна-

лом срабатывания блокировки. На территории шлюза, в зонах визуального контроля работы ворот, затворов, исполнительных механизмов и других потенциально опасных устройств, установлены кнопки «Стоп». Сигналы срабатывания кнопок «Стоп» приводят к отключению силового напряжения от всех исполнительных механизмов шлюза. Требуемая последовательность отключения электропитания формируется с помощью реле безопасности.

Экстренное закрытие АРВ инициируется с помощью кнопки «Аварийное закрытие» на центральный пульт управления (ЦПУ) и на щите управления АРВ. Сигналы заведены непосредственно в схемы управления исполнительными устройствами таким образом, чтобы обеспечить немедленное закрытие АРВ, игнорируя все рабочие блокировки.

В состав АСУ входит реле центрального управления, предназначенное для гарантированного отключения цепей управления силовых исполнительных устройств и исполнительных механизмов.

Разумеется, основной функционал автоматизированной системы реализуется на базе ПЛК. После ряда консультаций с ведущими производителями промышленных контроллеров, оптимальным по соотношению цена/функционал в данном случае были признаны контроллеры компании Mitsubishi Electric. В частности, компания Mitsubishi Electric предлагает решения, позволяющие построить систему в виде комплекса взаимосвязанных устройств. Все устройства объединяются в едином сетевом пространстве промышленной сети, имеющей встроенные механиз-

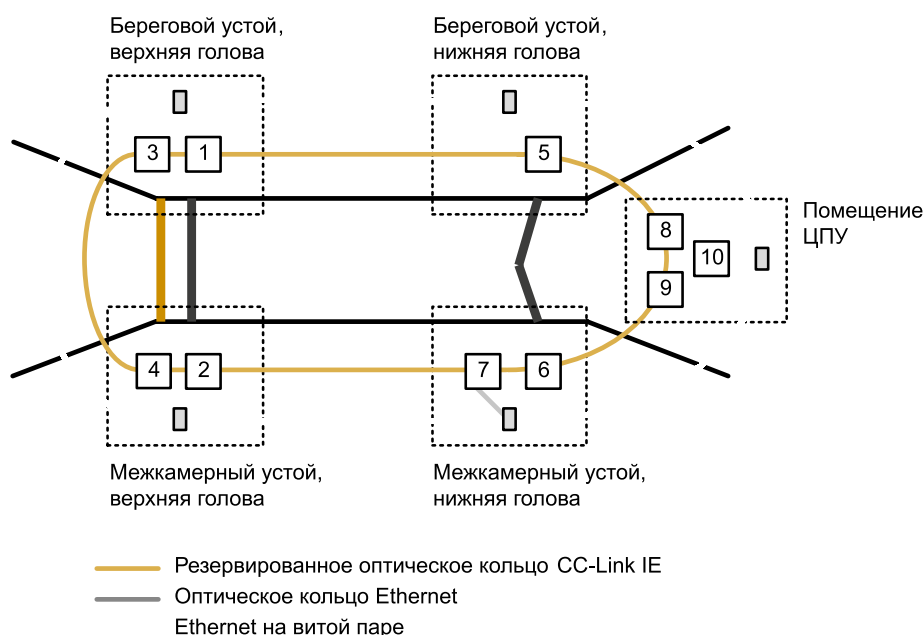


Рис. 3. Структура автоматизированной системы, где 1, 2 – контроллеры локальных подсистем ВРВ, береговой и межкамерный; 3, 4 – контроллеры локальных подсистем АРВ, береговой и межкамерный; 5, 6 – контроллеры локальных подсистем НДВ и ЗГО, береговой и межкамерный; 7 – головной резервированный контроллер; 8, 9 – панели оператора, реализующие АРМ оператора шлюза; 10 – АРМ инженера системы на базе ПК.

мы обеспечения детерминированной передачи разнородных данных с резервированием кабельных каналов.

Структура АСУ построена по распределенному принципу. При этом существует иерархия задач, решаемых отдельным контроллером, группой контроллеров, системой в целом. Функции управления отдельной электрогидравлической или электромеханической системой реализуются соответствующим контроллером локальных подсистем. Решение задач синхронизации приводов, связанных друг с другом через перемещаемые ворота, осуществляется с помощью сетевого обмена между контроллерами, управляющими этими приводами. Общее супервизорное управление всеми системами осуществляется головным контроллером.

Например, на восьмом шлюзе (рис. 3) управление гидроприводами ВРВ осуществляется контроллерами №№ 1, 2; управление гидроприводами АРВ — контроллерами №№ 3, 4; управление гидроприводами НДВ и ЗГО — контроллерами №№ 5, 6. Контроллер № 7 — головной резервированный контроллер. К соответствующим контроллерам подключаются датчики для организации обратной связи по управляемым параметрам, а также исполнительные устройства и механизмы (ПЧ и гидродроссели).

В качестве контроллеров локальных подсистем №№ 1–6 используются контроллеры платформы MELSEC System Q с модулем центрального процессора Q03UDECPU. Головной резервированный контроллер собран на базе модуля центрального процессора Q12PRH CPU. В состав контроллеров входят коммуникационные модули QJ71GP21-SX для подключения к резервированному оптическому кольцу сети CC-Link IE. Все модули ЦП также имеют встроенную поддержку Ethernet на витой паре.

Центральный пульт управления реализован на базе двух дублирующих друг друга графических сенсорных терминалов GT1695M-XTBA 15" (№№ 8, 9 на рис. 3). Терминалы напрямую подключены к сети CC-Link IE. Независимое питание терминалов с разных сторон шлюза осуществляется напряжением 220 В, что повышает надежность системы за счет исключения из нее дополнительных источников питания. ЦПУ обеспечивает оператора всей полнотой информации о состоянии шлюза и его механизмов, компонентов системы управления и исполнительных устройств.

Информационный обмен между компонентами системы производится с помощью гигабитной сети Industrial Ethernet — CC-Link IE. К ней подключены головной резервированный контроллер управления шлюзом, контроллеры локальных подсистем и графические терминалы, реализующие АРМ оператора шлюза (рис. 3). Кроме того, все контроллеры системы, графические сенсорные терминалы пультов местного управления и АРМ инженера системы подключены к оптическому кольцу сети Ethernet, собранной на коммутаторах MOXA EDS 408a. Таким образом, проектом предусматривается тройное резервирование сети передачи данных. Сеть Ethernet также

используется для интеграции стороннего оборудования в АСУ — источников бесперебойного питания, дизель-электростанции, коммутационной аппаратуры с интеллектуальным интерфейсом. Предусмотрена возможность подключения сети Ethernet к Internet по защищенному каналу.

В состав каждого контроллера локальных подсистем входят коммуникационные модули QJ61BT11N для организации сегмента сети CC-Link нижнего уровня. С помощью CC-Link осуществляется обмен с преобразователями частоты. Для резервирования сети CC-Link в состав каждого контроллера входит два модуля управления обменом данными по сети CC-Link, часть ПЧ каждой функциональной группы электроприводов подключена к одному модулю, часть — к другому. Например, к одному сегменту сети CC-Link контроллера ВРВ подключены два ПЧ электронасосов, работающих на закрытие ворот и один ПЧ электронасоса, работающего на подъем ворот в положение «Наполнение». Ко второму сегменту сети CC-Link подключены один ПЧ электронасоса, работающего на закрытие и один — работающий на подъем в «Наполнение». С точки зрения логики организации сетей системы, контроллеры локальных подсистем выступают шлюзами между сетью CC-Link IE и сегментами сети CC-Link, благодаря чему головной резервированный контроллер может опрашивать ПЧ без разработки дополнительного ПО.

В качестве ПЧ используются преобразователи Mitsubishi Electric универсальной и крановой серий FR A800 с коммуникационными модулями сети CC-Link. Крановая серия применяется на механизмах с кривошипно-шатунным и цепным приводом. Развитая встроенная диагностика ПЧ, возможность управления и диагностирования через промышленную сеть позволяют значительно сократить время на поиски неисправности и сократить число проводных соединений в системе, что благоприятно сказывается на эксплуатационных характеристиках системы управления и снижении рисков задержки судов в шлюзовой камере.

Использование резервированных систем измерения положения ВРВ, АРВ, НДВ на базе энкодеров, обеспечивают необходимую надежность, а также позволяют повысить точность и качество управления механизмами шлюзов. Проектное решение предусматривает использование двух разных типов энкодеров: инкрементального и абсолютного в каждой точке измерения.

Дублированное измерение уровней воды осуществляется с помощью датчиков, реализующих разные принципы действия: направленные тросовые микроволновые уровнемеры и гидростатические датчики уровня, что также позволяет повысить точность и качество управления механизмами шлюзов с одновременным повышением надежности. Измерение уровня воды в камере шлюза осуществляется в двух точках: на верхней голове шлюза и на нижней голове шлюза.

Дублированные дискретные датчики системы подключены к разным модулям дискретного ввода.

Управление гидродроселями осуществляется аналоговым сигналом 4 ...20 мА, основной и резервный гидродросели подключены к разным модулям аналогового вывода контроллера.

Алгоритмические решения

Управление всеми системами шлюза реализуется по принципу иерархической структуры с перекрестными связями. Определен комплекс функциональных модулей, которые сформировали структуру, представленную на рис. 4. Одна часть функциональных модулей реализуется только на контроллерах локальных подсистем, например, проверка достоверности сигналов, поступающих по дублированным каналам информации. Другая часть реализуется на всех уровнях АСУ, начиная от интеллектуальных устройств и контроллеров локальных подсистем и заканчивая головным резервированным контроллером и графическими терминалами АРМ оператора, например, аппаратная диагностика. На рис. 4 представлены только такие функциональные модули, которые требуют усилий со стороны разработчика ПО, то есть не реализуются встроенными средствами.

Упрощенно функционирование АСУ может быть представлено следующим образом:

а) ПО контроллеров локальных подсистем АРВ, ВРВ, НДВ и ЗГО анализирует входную информацию с помощью следующих блоков:

- сбора и обработки информации;
- аппаратной диагностики;
- проверки достоверности;
- выбора источника для дублированных датчиков;
- технологических защит;
- технологических блокировок;
- формирования сообщений;

б) ПО головного резервированного контроллера во взаимодействии с ПО АРМ оператора шлюза осуществляет обмен данными по сети с контроллерами

локальных подсистем АРВ, ВРВ, НДВ и ЗГО и реализует управление оборудованием шлюза с помощью блока логического управления устройствами шлюза;

в) ПО контроллеров локальных подсистем АРВ, ВРВ, НДВ и ЗГО использует полученную по сети информацию для реализации алгоритмов автоматического регулирования с помощью следующих блоков:

- систем автоматического регулирования;
- управления преобразователями частоты и клапанами;
- формирования управляющих воздействий.

При этом выполняется дополнительная проверка корректности сформированных управляющих воздействий с учетом действующих технологических защит и технологических блокировок;

г) выходная информация встроенными средствами контроллеров и модулей вывода передается на исполнительные устройства и механизмы.

Система автоматического управления перемещением подъемно-опускных ворот

Самой сложной с точки зрения построения автоматических систем является задача управления синхронным перемещением подъемно-опускных ворот шириной 18 м, высотой 9 м и весом > 100 тонн. Перемещение разных сторон ворот осуществляется автономными гидросистемами связанными только через перемещаемый щит ворот.

Подъем и опускание ворот может осуществляться с разной скоростью (0,1...3 м/мин), при этом существуют жесткие ограничения на допустимый перекос сторон (<60 мм). Возможны различные подходы к синтезу многосвязной системы управления. Решение должно опираться на аппаратное обеспечение, применяющееся при построении системы.

Типовое решение при построении подобных автоматических систем во второй половине XX века выглядело следующим образом. Подъем ворот осуществлялся обоими гидроприводами независимо, на максимальной скорости, определяемой номинальной производительностью насосов. Возникающий перекос устранялся с помощью следящих систем на сельсинах за счет торможения опережающей стороны. Гидродросель опережающей стороны открывался, и скорость ее перемещения снижалась, устраняя перекос. На тот момент времени это решение являлось оптимальным, и оно может быть улучшено с помощью современной аппаратной базы. Возможность изменения производительности насосов в широком диапазоне за счет частотного управления электроприводами позволяет регулировать скорость перемещения ворот в целом и регулировать перекос практически без использования гидродроселей.

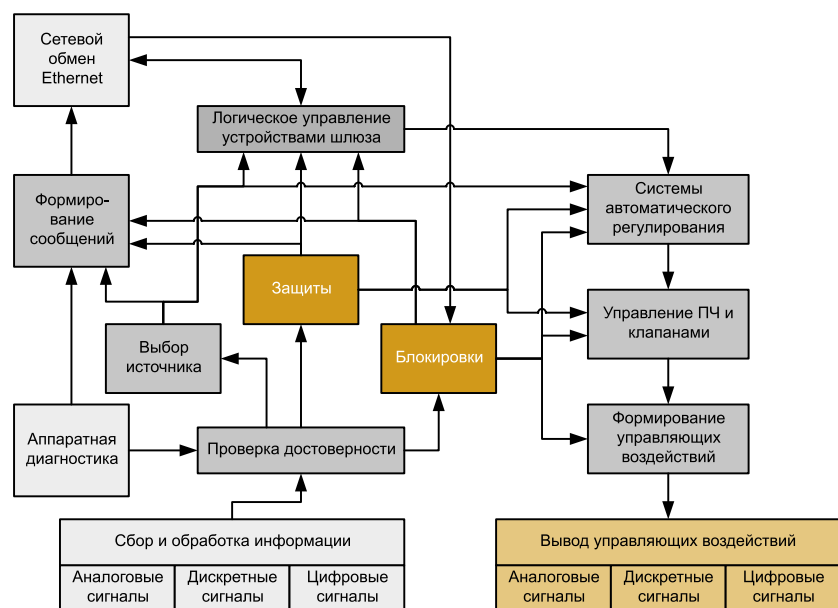


Рис. 4. Структура ПО автоматизированной системы

Ранее коллектив авторов принимал участие в создании экспериментальной системы автоматического управления подъемно-опускными воротами шлюза № 26 Балаковского района гидросооружений и судходства [1–3]. Опытнo-промышленная эксплуатация системы автоматического управления перемещением ПОВ на базе комбинированного частотно-дрессельного метода [2] показала высокую эффективность метода: динамический перекося ворот на экспериментальной системе уменьшился в 10 раз по сравнению с существовавшей ранее.

Поэтому при разработке алгоритмов управления воротами шлюзов Шекснинского гидроузла использовались уже проверенные решения.

Движение ПОВ контролируется с помощью двух независимых систем автоматического управления перемещением сторон ворот. Каждая система реализуется на отдельном контроллере, который измеряет текущее положение своей стороны ворот, вырабатывает управляющие воздействия для ПЧ электронасосов и гидродросселя. Информация о положении противоположной стороны передается по сети от контроллера другой системы. Таким образом, на каждом контроллере исполняется один и тот же алгоритм. Упрощенная структура системы управления перемещением стороны ворот представлена на рис. 5.

Заданная скорость перемещения $v^*(t)$ сравнивается с текущей скоростью $v(t)$, отклонение текущей скорости от заданной поступает на вход регулятора (Рег), который формирует управляющее воздействие $u(t)$. При частотно-дрессельном управлении изменение скорости перемещения может осуществляться как за счет изменения производительности насоса, так и за счет изменения степени открытия гидродросселя. В идеале регулирование должно осуществляться с помощью насоса, однако частая резкая смена скорости вращения электропривода приводит к преждевременному износу и электропривода, и насоса, поэтому управляющий сигнал $u(t)$ раскладывается на две составляющие: «медленную» и «быструю». Блок ограничения скорости (ОгрС) формирует на основе $u(t)$ управляющий сигнал $u_1(t)$, скорость изменения которого не превышает заданное допустимое значение. «Медленный» сигнал $u_1(t)$ поступает на вход преобразователя частоты (ПЧ), который в свою очередь определяет частоту вращения электронасоса (ЭН) и, как следствие, расход масла, поступающего в гидроцилиндр. «Быстрая» составляющая $u_2(t)$ вычисляется путем вычитания из управляющего сигнала $u(t)$ «медленной» составляющей $u_1(t)$. В дальнейшем она используется как сигнал для управления гидродросселем (Др), с помощью которого регулируется поступление масла в гидроцилиндр.

Масло, поступающее в гидроцилиндр, обеспечивает перемещение поршня жестко соединенного с краем ворот. Положение стороны ворот измеряется с помощью датчика и поступает на вход регулятора — сигнал $L_1(t)$. На сигнал положения в общем случае может накладываться случайная помеха $f(t)$.

Сигнал положения ворот $L_1(t)$ используется для формирования контура обратной связи по скорости перемещения. Для вычисления скорости $v(t)$ сигнал $L_1(t)$ поступает на вход фильтра низких частот (ФНЧ), а затем — дифференцируется (Диф).

Кроме того, сигнал положения ворот $L_1(t)$ используется для вычисления корректирующей поправки к заданной скорости перемещения. Из сигнала положения управляемой стороны ворот $L_1(t)$ вычитается сигнал положения противоположной стороны $L_2(t)$, сигнал рассогласования $\Delta L(t)$ поступает на нелинейный блок вычисления поправки $\Delta v(t)$. Если управляемая сторона опережает противоположную сторону больше, чем на заданную величину, то задание по скорости перемещения уменьшается, если же управляемая сторона отстает — задание по скорости увеличивается. Такой подход позволяет обеспечить сохранение средней скорости перемещения сторон ворот постоянным, кроме тех случаев, когда перемещение осуществляется с предельной скоростью. В этом случае средняя скорость перемещения ворот снижается, а рассогласование корректируется только за счет уменьшения скорости перемещения опережающей стороны.

Предлагаемая структура системы автоматического управления хорошо зарекомендовала себя при опытнo-промышленной эксплуатации на протяжении трех сезонов. В качестве регулятора использовался обычный П-регулятор. Преобразователь частоты, электронасос и гидродроссель при расчете регулятора принимались безынерционными звеньями, гидроцилиндр моделировался интегрирующим звеном.

Сигнал заданной скорости перемещения $v^*(t)$ одновременно поступает на вход обеих систем управления каждой из сторон ворот. При необходимости может быть организован еще один внешний контур обратной связи по положению ворот, которая будет вычисляться как среднее положение сторон.

Предлагаемое решение обладает рядом преимуществ:

- использование ПЧ для управления электроприводом обеспечивает экономию электроэнергии;
- применение гидродросселя продлевает ресурс электропривода и насоса;
- плавное увеличение давления в гидросистеме при пуске насоса на открытый гидродроссель позволяет избежать гидроударов;
- совместное использование ПЧ и гидродросселя позволяет расширить диапазон регулирования.

Кроме того, структура системы управления обеспечивает предсказуемое и безопасное поведение в случае потери связи между контроллерами даже в том случае, когда она не будет диагностирована аппаратными средствами. При потере связи в каждом из контроллеров перестает обновляться информация о положении противоположной стороны. Управляющая система воспримет эту ситуацию как отставание противоположной стороны и сформирует управляющий сигнал на снижение скорости перемещения управляемой

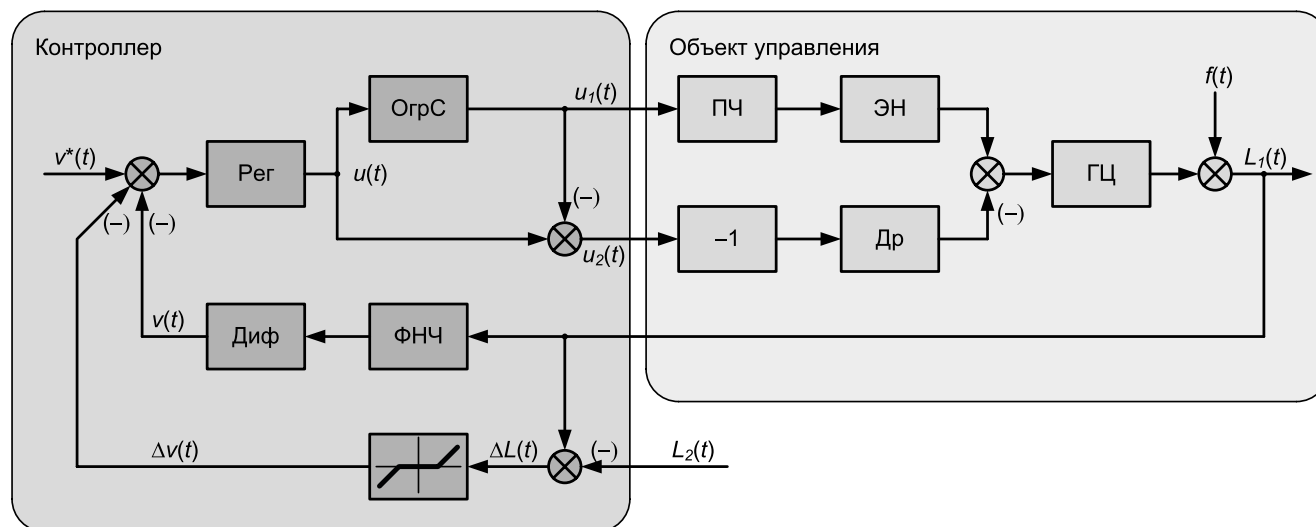


Рис. 5. Структурная схема системы управления перемещением подъемно-опускных ворот, где $v^*(t)$ – заданная скорость перемещения, $v(t)$ – текущая скорость перемещения, $\Delta v(t)$ – поправка к заданной скорости перемещения, $u(t)$ – управляющий сигнал, $u_1(t)$ – «медленная» составляющая управляющего сигнала, $u_2(t)$ – «быстрая» составляющая управляющего сигнала, $L_1(t)$ – положение управляемой стороны ворот, $L_2(t)$ – положение противоположной стороны ворот, $f(t)$ – случайная помеха, $\Delta L(t)$ – сигнал рассогласования управляемой и противоположной сторон, Per – регулятор, $OgrC$ – ограничение скорости изменения сигнала, $ПЧ$ – преобразователь частоты, $ЭН$ – электронасос, $ГЦ$ – гидроцилиндр, $Др$ – гидродроссель, $ФНЧ$ – фильтр низких частот, $Диф$ – дифференциатор

стороны ворот. Снижение скорости перемещения будет происходить вплоть до полного останова ворот. Таким образом, на каждой стороне будет принято решение об останове и ворота останутся без перекоса.

Заключение

Предложенные в проекте технические решения выполнены с учетом опыта проектирования и эксплуатации систем, построенных на базе оборудования компании Mitsubishi Electric в промышленности и на объектах энергетики, с использованием современных микропроцессорных и сетевых технологий на серийно изготавливаемом оборудовании. Применение в проекте оборудования компании Mitsubishi Electric обеспечивает низкую стоимость владения системой по сравнению с использованием оборудования такого же уровня других компаний.

Резервированная промышленная оптическая сеть, резервированная система электропитания, дублированные средства интерфейса оператора шлюза, возможность горячей замены компонентов системы управления, развитые средства самодиагностики компонентов системы обеспечивают высокую надежность системы управления оборудованием шлюза и малое время восстановления системы. Простота обслуживания всех компонентов системы обеспечивает возможность проведения ремонтно-восстановительных работ силами персонала шлюзов.

Применение преобразователей частоты, обладающих широкими встроенными возможностями по защите электродвигателя, позволяет исключить большие пусковые токи и предотвратить выход электродвигателей из строя при возникновении аварийных ситуаций.

Проект выполнен в соответствии с действующими нормами и правилами по технике безопасности, охране труда, противопожарной безопасности, требованиями экологических и других норм, действующих на территории РФ, и обеспечивает безопасную для жизни и здоровья людей эксплуатацию объекта при соблюдении предусмотренных рабочей документацией мероприятий.

Список литературы

1. Мельников Е.В., Данилушкин И.А., Колпащиков С.А. и др. Система управления верхними рабочими воротами судоходного шлюза // Современные технологии автоматизации. 2014. №2. С. 66-71.
2. Мельников Е.В., Данилушкин И.А., Колпащиков С.А. и др. Автоматическая система синхронизации гидроподъемников верхних рабочих ворот судоходного шлюза // Известия Самарского научного центра РАН. Т. 16. №1(2)–2014: Самара: СНЦ РАН. 2014. С. 444-448.
3. Данилушкин И.А., Колпащиков С.А., Мельников Е.В. Система автоматического управления подъемно-опускными воротами судоходного шлюза // Вестник Самарского государственного технического университета. Серия «Технические науки». Выпуск №1(41)–2014: Самара: СамГТУ. 2014. С. 185-189.

Морозов Виктор Николаевич – канд. техн. наук, генеральный директор,

Краснощекоев Игорь Леонидович – канд. техн. наук, главный инженер,

Данилушкин Иван Александрович – канд. техн. наук, главный специалист,

Мельников Евгений Владиславович – канд. техн. наук, начальник отдела АСУТП,

Колпащиков Сергей Александрович – канд. техн. наук, главный специалист ООО «Техтрансстрой».

Контактный телефон (846) 993-16-04

E-mail: ttstroy@tts63.ru