

УДК 626.423

КОМПЛЕКСНАЯ СИСТЕМА АВТОМАТИЗАЦИИ СУДОПРОПУСКА ШЕКСНИНСКОГО ГИДРОУЗЛА

© 2015 В.Н. Морозов¹, И.Л. Краснощеков¹, Л.А. Павлович², И.Л. Павлович²,
Д.Б. Красинский², И.А. Данилушкин³, Е.В. Мельников³, С.А. Колпащиков³

¹ ООО «Техтрансстрой», г. Самара

² Самарский государственный аэрокосмический университет

³ Самарский государственный технический университет

Поступила в редакцию 11.03.2015

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

Ключевые слова: *система управления, судоходный шлюз, подъемно-опускные ворота, распашные ворота, резервирование, гидропривод, частотно-дрессельное регулирование*

Шекснинский гидроузел Волго-Балтийского водного пути является звеном единой транспортной системы обеспечивающей соединение водных путей выходящих к Балтийскому, Белому, Каспийскому, Черному и Азовскому морям. Гидроузел включает в себя шлюзы №№ 7 и 8, расположенных рядом с поселком Шексна Вологодской области. Гидроузел введен в строй в 1961 г. и давно отработал нормативный срок эксплуатации. В настоящее время начата реконструкция этого гидросооружения, 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.

Морозов Виктор Николаевич, кандидат технических наук, доцент, директор. E-mail: ttstroy@tts63.ru

Краснощеков Игорь Леонидович, кандидат технических наук, главный инженер

Павлович Лев Анатольевич, кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник. E-mail: sstend@mail.ru

Павлович Игорь Львович, инженер

Красинский Дмитрий Борисович, кандидат технических наук, заведующий НИЛ-57

Данилушкин Иван Александрович, кандидат технических наук, доцент. E-mail: idanilushkin@mail.ru

Мельников Евгений Владиславович, кандидат технических наук, доцент. E-mail: mev163@yandex.ru

Колпащиков Сергей Александрович, кандидат технических наук, доцент. E-mail: skolpaschikov@mail.ru

Описание объекта автоматизации.

Шлюзы №№ 7, 8 расположены параллельно. Камеры шлюзования имеют длину 275,0 метров при ширине 18,0 метров. Верхняя голова шлюза №7 оснащена скользящими аварийно-эксплуатационными подъемно-опускными воротами (ПОВ) с гидравлическим приводом и двустворчатыми ремонтными воротами. Гидропривод ворот верхней головы шлюза №7 спроектирован таким образом, чтобы ворота могли закрыться в потоке воды в случае аварии с нижними воротами камеры. Верхняя голова шлюза №8 оборудована ПОВ, аварийно-ремонтными воротами (АРВ) и двустворчатыми ремонтными воротами. АРВ и ПОВ 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 или 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. Перемещение створок НДВ шлюза №8 производится с помощью гидравлических приводов. Наполнение камер шлюзов №7, №8 осуществляется потоком воды из-под нижнего края ПОВ, которые поднимаются из положения «Закрыто» в положение «Наполнение». Опорожнение камеры шлюза производится через галереи опорожнения, которые расположены по обеим сторонам

камеры. Галереи опорожнения оснащены затворами, по одному на каждую галерею. При опорожнении камеры шлюза затвор поднимается над порогом, открывая путь течению воды из камеры шлюза. Шлюз №7 оснащён цепным приводом затвора галереи опорожнения (ЗГО), на восьмом шлюзе применён 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 счёт вытягивания штока гидроамортизатора, соединённого с канатом, до полной остановки судна. Шлюзы также оснащены системой световой сигнализацией 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.

Технические решения, принятые в проекте. Согласно требованиям ГОСТ Р 54369-2011 [1] система должна проектироваться как резервированная, кроме специально оговорённых случаев, когда резервирование какого-либо элемента или устройство невозможно в силу конструктивных особенностей. Во всех случаях использования электрогидравлических исполнительных механизмов дублирование выполнено за счёт резервирования гидроаппаратуры, гидронасосов и их электроприводов. Типовая схема гидропривода ПОВ приведена на рис. 1. Насосы различной производительности используются для закрытия ПОВ или подъёма ПОВ в режим «Наполнение». Группа из трёх насосов – два основных и один резервный – используются для закрытия ворот, группа из двух насосов – один основной, один резервный – используются для подъёма ворот при наполнении камеры шлюза. Для управления электродвигателями насосов используются преобразователи частоты (ПЧ). Пропорциональные гидродроссели – один основной, один резервный – используются при открытии ворот под собственным весом без использования гидронасосов, а также для устранения перекоса при перемещении 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 шлюзе №8 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 трёх насосов – два основных и один резервный. В состав гидросистемы НДВ входит насос дожима меньшей мощности, который используется для поддержания ворот в закрытом состоянии при обратной волне. Открытие и закрытие НДВ с помощью кривошипно-шатунного механизма на шлюзе №7 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. Надёжность измерительной подсистемы обеспечивается за счёт 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.

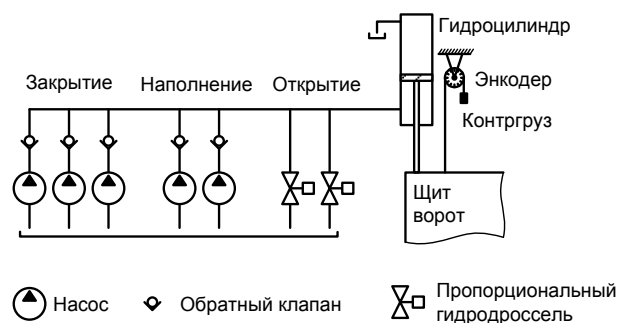


Рис. 1. Упрощённая гидравлическая схема системы перемещения подъёмно-опускных ворот

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 автоматизированной системы (АС) 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 программного обеспечения системы. Автоматизированная система должна:

1) обеспечивать аппаратную блокировку недопустимых состояний: открытие НДВ и/или ЗГО при открытых ПОВ, открытие ПОВ при открытых НДВ и/или ЗГО, открытие любых ворот при разнице уровней воды в камере шлюза и бьефе от которого эти ворота отделяют камеру шлюза;

2) предоставлять интерфейс аварийного закрытия аварийных ворот верхней головы;

3) предоставлять интерфейс экстренного прекращения текущей операции;

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

5) предоставлять интерфейс местного управления оборудованием отдельных подсистем;

6) обеспечивать информационное взаимодействие между подсистемами управления электрогидравлическими или электромеханическими системами верхней и нижней голов, находящихся по разные стороны шлюза;

7) обеспечивать реализацию алгоритмов синхронизации приводов ворот при их перемещении;

8) обеспечивать реализацию алгоритмических блокировок, как дублирующих аппаратные, так и основанные на измерительной информации аналоговых параметров;

9) предоставлять интерфейс управления оборудованием верхней и нижней голов шлюза;

10) предоставлять интерфейс управления шлюзом в целом;

11) обеспечить технологический процесс шлюзования судов в ручном и автоматических режимах с учетом тоннажа судов и погодных условиях.

Часть задач из приведенного списка решаются средствами релейной логики. Это позволяет повысить надёжность системы за счёт 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 сигналом 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 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 автоматизированной системы входит реле центрального управления, предназначенное для гарантированного отключения цепей управления силовых исполнительных устройств и исполнительных механизмов.

Разумеется, основной функционал автоматизированной системы реализуется на базе программируемых логических контроллеров. 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 механизмы обеспечения детерминированной передачи разнородных данных с резервированием кабельных каналов. Структура автоматизированной системы построена по принципу распределённой системы. При этом существует иерархия задач, решаемых отдельным контроллером, группой контроллеров, системой в целом. Функции управления отдельной электрогидравлической или электромеханической системой реализуются специально выделенным контроллером. Решение задач синхронизации приводов, связанных друг с другом через перемещаемые ворота осуществляется с помощью сетевого обмена контроллеров, управляющих этими приводами. Общее супервизорное управление всеми системами осуществляется головным контроллером.

Например, на шлюзе №8 (см. рис. 2) управление гидроприводами ПОВ 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.

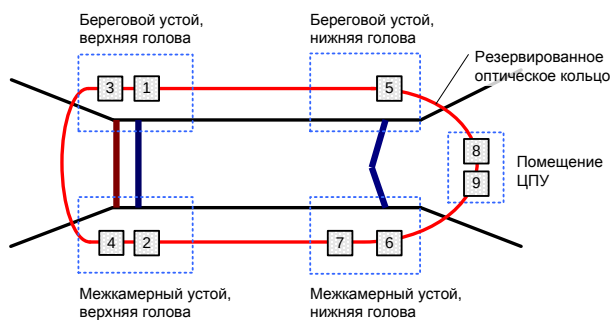


Рис. 2. Структура автоматизированной системы: 1, 2 – контроллеры локальных подсистем ПОВ, береговой и межкамерный; 3, 4 – контроллеры локальных подсистем АРВ, береговой и межкамерный; 5, 6 – контроллеры локальных подсистем НДВ и ЗГО, береговой и межкамерный; 7 – головной резервированный контроллер; 8, 9 – панели оператора, реализующие АРМ оператора шлюза

В качестве контроллеров локальных подсистем управления №№1–6 используются контроллеры резервированной платформы MELSEC System Q. В состав контроллеров входят коммуникационные модули для подключения к резервированному оптическому кольцу CC-Link IE Gigabit Industrial Ethernet. Все модули ЦПУ также имеют встроенную поддержку Ethernet на витой паре. Это позволило осуществить дополнительное резервирование сети передачи данных за счет объединения всех контроллеров по технологии Ethernet. Таким образом, получается утроение сети передачи данных. Сеть Ethernet также используется для интеграции стороннего оборудования в систему автоматизации источников бесперебойного питания, дизель-электростанции, коммутационной аппаратуры с интеллектуальным интерфейсом.

По витой паре к контроллерам локальных подсистем подключаются 10" графические сенсорные терминалы – по одной на каждом щите управления верхней и нижней голов с каждой стороны камеры шлюза. Центральный пульт управления (ЦПУ) реализован на базе двух дублирующих друг друга 15" графических сенсорных терминалов. Терминалы напрямую подключены к резервированной волоконно-оптической линии связи. Независимое питание терминалов с разных сторон шлюза осуществляется напряжением 220 В, что повышает надёжность системы за счёт исключения из неё 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 посредством комплексного решения на базе промышленной сети CC-Link IE Gigabit Industrial Ethernet.

Головной резервированный контроллер управления шлюзом, контроллеры локальных подсистем, графические терминалы, реализующие АРМ оператора шлюза подключены к двойному резервированному кольцу волоконно-оптической линии связи сети CC-Link IE Gigabit Industrial Ethernet. Оба модуля ЦПУ резервированного контроллера подключены к сегменту сети Ethernet на базе витой пары, в который включены АРМ инженера системы и шлюз для подключения по защищённому каналу к Интернету. Контроллеры локальных подсистем выступают шлюзами между оптической сетью и сегментом сети Ethernet на базе витой пары, к которой подключены местные пульта управления.

В состав каждого контроллера локальных подсистем входят коммуникационные модули 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 ПОВ подключены два ПЧ электронасосов, работающих на закрытие ворот и один ПЧ электронасоса, работающего на подъём ворот в положение «Наполнение». Ко второму сегменту сети CC-Link подключены один ПЧ электронасоса, работающего на закрытие и один, работающий на подъём в «Наполнение». Контроллеры локальных подсистем выступают шлюзами между сетью CC-Link IE Gigabit Industrial Ethernet и сегментами сети CC-Link, благодаря чему головной резервированный контроллер может опрашивать ПЧ без разработки дополнительного программного обеспечения.

В качестве ПЧ используются преобразователи Mitsubishi Electric универсальной и крановой серии 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 ПОВ, АРВ, НДВ на базе энкодеров, обеспечивают необходимую надёжность, 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 надёжности. 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 гидродресселями осуществляется аналоговым сигналом 4..20 мА, основной и резервный гидродрессели подключены к разным модулям аналогового выхода контроллера.

Алгоритмические решения. Управление всеми системами шлюза реализуется по принципу иерархической структуры с перекрёстными связями. Определён 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 автоматизированной системы, начиная от интеллектуальных устройств и контроллеров локальных подсистем и заканчивая головным резервированным контроллером и графическими терминалами АРМ оператора – аппаратная диагностика, например. На рис. 3 представлены такие функциональные модули, которые требуют усилий со стороны разработчика программного обеспечения, т.е. не реализуются встроенными средствами.

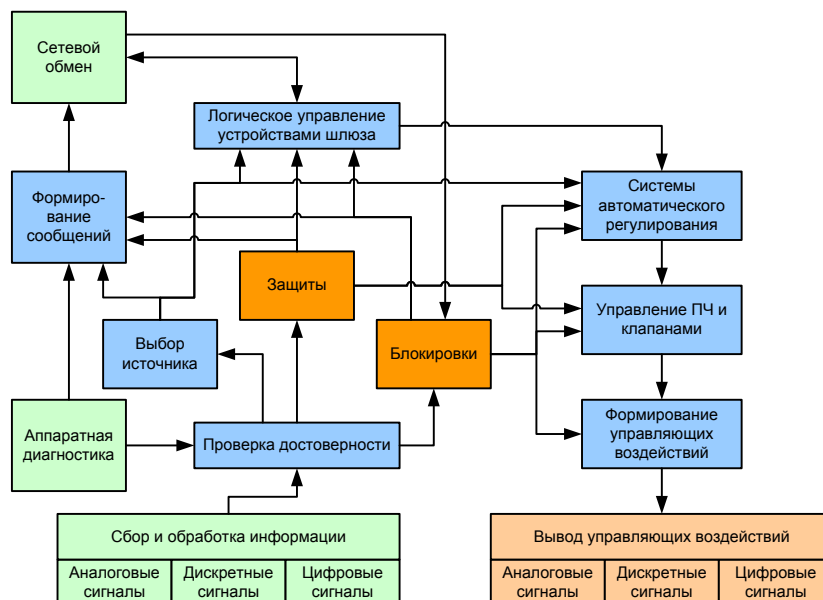


Рис. 3. Структура программного обеспечения автоматизированной системы

Упрощённо, функционирование автоматизированной системы может быть представлено следующим образом:

а) программное обеспечение контроллеров локальных подсистем АРВ, ПОВ, 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) программное обеспечение головного резервированного контроллера во взаимодействии с программным обеспечением АРМ оператора шлюза осуществляет обмен данными по сети с контроллерами локальных подсистем АРВ, ПОВ, НДВ и ЗГО и реализует управление оборудованием шлюза с помощью блока логического управления устройствами шлюза;

в) программное обеспечение контроллеров локальных подсистем АРВ, ПОВ, 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 учётом действующих технологических защит и технологических блокировок;

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

Система автоматического управления перемещением ПОВ. Самой сложной с точки зрения построения автоматических систем является задача управления синхронным перемещением ПОВ шириной 18 м, высотой 9 м и весом более 100 т. Перемещение разных сторон ворот осуществляется автономными гидросистемами, связанными только через перемещаемый щит ворот. Подъем и опускание ворот может осуществляться с разной скоростью (0,1 м/мин – 3,0 м/мин), при этом существуют жёсткие ограничения на допустимый перекося сторон (не более 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 прошлого века выглядело следующим образом. Подъём ворот осуществлялся обоими гидроприводами независимо, на максимальной скорости, определяемой номинальной производительностью насосов. Возникающий перекося устранялся с помощью следящих систем на сельсинах за счёт торможения опережающей стороны. Гидродроссель опережающей стороны открывался, и скорость перемещения снижалась, устраняя перекося. Оптимальное на тот момент времени решение, которое может быть улучшено с помощью современной аппаратной базы. Возможность изменения производительности насосов в широком диапазоне за счёт частотного управления электроприводами позволяет регулировать скорость перемещения ворот в целом и регулировать перекося, практически без использования гидродросселей.

Ранее коллектив авторов принимал участие в создании экспериментальной системы автоматического управления подъёмно-опускными воротами шлюза №26 Балаковского района гидросооружений и судоходства [2]. Опытнo-промышленная эксплуатация системы автоматического управления перемещением ПОВ на базе комбинированного частотно-дроссельного метода 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 сторонами 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 передаётся по сети от контроллера другой системы. Таким образом, на каждом контроллере выполняется один и тот же алгоритм. Упрощённая структура системы управления перемещением стороны ворот представлена на рис. 4.

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-дроссельном управлении изменение скорости перемещения может осуществляться как за счёт изменения производительности насоса, так и за счёт 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 (ГЦ). «Быстрая» составляющая $u_2(t)$ вычисляется путём 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 (ГЦ).

Масло, поступающее в гидроцилиндр, обеспечивает перемещение поршня, жестко соединённого 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 $L1(t)$ поступает на вход фильтра низких частот (ФНЧ), а затем – дифференцируется (Диф). Кроме того, сигнал положения ворот $L1(t)$ используется для вычисления корректирующей поправки к заданной скорости перемещения. Из сигнала положения управляемой стороны ворот $L1(t)$ вычитается сигнал положения противоположной стороны $L2(t)$, 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 счёт уменьшения скорости перемещения опережающей стороны.

Предлагаемая структура системы автоматического управления хорошо зарекомендовала себя при опытно-промышленной эксплуатации на протяжении трех сезонов. В качестве регулятора использовался обычный П-регулятор. Преобразователь частоты, электронасос и гидродроссель при расчёте 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 ещё один внешний контур обратной связи по положению ворот, которая будет вычисляться как среднее положение сторон.

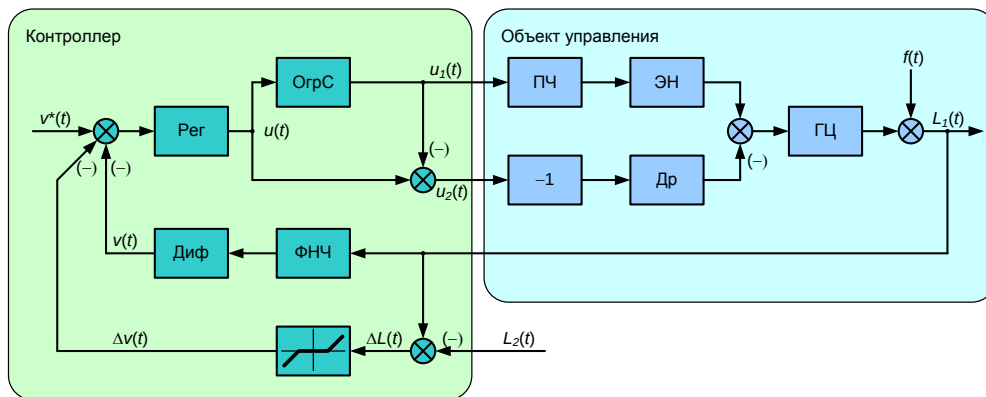


Рис. 4. Структурная схема системы управления перемещением ПОВ:

$v^*(t)$ – заданная скорость перемещения, $v(t)$ – текущая скорость перемещения, $\Delta v(t)$ – поправка к заданной скорости перемещения, $u(t)$ – управляющий сигнал, $u1(t)$ – «медленная» составляющая управляющего сигнала, $u2(t)$ – «быстрая» составляющая управляющего сигнала, $L1(t)$ – положение управляемой стороны ворот, $L2(t)$ – положение противоположной стороны ворот, $f(t)$ – случайная помеха, $\Delta L(t)$ – сигнал рассогласования управляемой и противоположной сторон, Рег – регулятор, ОгрС – ограничение скорости изменения сигнала, ПЧ – преобразователь частоты, ЭН – электронасос, ГЦ – гидроцилиндр, Др – гидродроссель, ФНЧ – фильтр низких частот, Диф – дифференциатор

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 перестаёт обновляться информация о положении противоположной стороны. Управляющая система воспримет эту ситуацию как отставание противоположной стороны и сформирует управляющий сигнал на снижение скорости перемещения управляемой 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.

Выводы: предложенные в проекте технические решения выполнены с учётом 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 в серийно изготавливаемом оборудовании, обеспечивая высокий уровень функциональности и надежности. 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 надёжность 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. ГОСТ Р54369-2011. Проектирование, изготовление и введение в эксплуатацию систем управления электрооборудованием для обеспечения технологического процесса судопропуска на вновь вводимых, реконструируемых и подлежащих капитальному ремонту судоходных шлюзах. Общие требования
2. Мельников, Е.В. Автоматическая система синхронизации гидроподъемников верхних рабочих ворот судоходного шлюза / Е.В. Мельников, И.А. Данилушкин, С.А. Колпашников и др. // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2014. Том 16, №1(2). С. 444-448.

CRAFTS PASSING AUTOMATION COMPLEX SYSTEM AT SHEKSNINSKIY WATER-ENGINEERING SYSTEM

© 2015 V.N. Morozov¹, I.L. Krasnoshchekov¹, L.A. Pavlovich², I.L. Pavlovich²,
D.B. Krasinskiy², I.A. Danilushkin³, E.V. Melnikov³, S.A. Kolpashchikov³

¹ JSC "Tehtransstroy", Samara

² Samara State Aerospace University

³ Samara State Technical University

In article the design decisions made when developing working documentation on creation the automated system within the complex project of reconstruction of Sheksninskiy water-engineering system of Volga-Baltic waterway are considered. The choice of hardware of automated system locates, realization of algorithms of automatic control systems of mechanisms of a navigable lock is discussed.

Key words: control system, navigable lock, lifting and lowering gate, oar gate, reservation, hydraulic actuator, frequency and throttle regulation

Viktor Morozov, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor,
Director. E-mail: ttstroy@tts63.ru

Igor Krasnoshchekov, Candidate of Technical Sciences, Chief Engineer
Lev Pavlovich, Candidate of Technical Sciences, Leading Research
Fellow. E-mail: sstend@mail.ru

Igor Pavlovich, Engineer

Dmitriy Krasinskiy, Candidate of Technical Sciences, Chief of Scientific
Research Laboratory-57

Ivan Danilushkin, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor.
E-mail: idanilushkin@mail.ru

Evgeniy Melnikov, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor.
E-mail: mev163@yandex.ru

Sergey Kolpashchikov, Candidate of Technical Sciences, Associate
Professor. E-mail: skolpaschikov@mail.ru