

СЕКЦИЯ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И АВТОМАТИЗАЦИЯ

ПРОБЛЕМЫ РЕПЛИКАЦИИ В СОВРЕМЕННЫХ КОРПОРАТИВНЫХ СИСТЕМАХ

Алексеева И.В.

При решении задачи о репликации данных промышленной системы, в первую очередь, встают проблемы о неразрешимых конфликтах реплицируемых данных, в отличие от работы с единой базой данных, работающей в единой сети прямого соединения к серверу БД, по причине явного отсутствия корреляций в этой условно-детерминированной системе. Особенно сложен переход от единой базы к распределенной, когда приходится подстраивать алгоритм репликации под уже существующую структуру работающей БД. Напротив, при инжиниринге системы проще учесть технологические нюансы будущей распределенной БД и соблюсти все требования по контролю целостности структуры данных.

Любая масштабируемая информационная система должна предоставлять множество функций для современных бизнес процессов, таких как:

- 1) синхронизация данных в распределенных филиалах торговой сети;
- 2) уменьшение времени восстановления системы после сбоя;
- 3) поддержание целостности общей структуры данных во всей торговой сети;
- 4) оптимизация механизмов репликации данных;
- 5) реализация защиты хранилищ данных от несанкционированного доступа;
- 6) реализация методов оптимизации бизнес процессов и потоков данных.

Современные производители программного обеспечения предоставляют на рынок программные продукты для поддержания репликационных процессов распределенных систем в основном двух типов: промышленные серверы СУБД и продукты для реализации репликационных воздействий для веб-систем.

Алгоритмами репликации, используемымися в подавляющем большинстве современных продуктов СУБД, на сегодняшний день являются типизированные способы репликации данных.

Продукт компании «MySQL», СУБД «MySQL» поддерживает так называемый Master-Slave режим репликации. Этот режим репликации даёт преимущество в резервном копировании данных, высокой надежности хранения, высокой доступности системы, возможности горизонтальной масштабируемости системы.

Продукт компании Oracle, СУБД Oracle содержит в себе встроенный механизм репликации на основе корректируемых и некорректируемых снимков. СУБД Oracle требовательна к разграничению и соблюдению прав доступа к

данным и схемам данных, повышая таким образом защищенность всей системы от несанкционированного доступа.

Репликация в Microsoft SQL Server строится на трех понятиях – издатель, дистрибутор и подписчик. Основной упор сделан на то, чтобы при выпуске информации (изменении информации) ничего не потерялось при сбоях. В данном программном решении присутствует трёхуровневая структура передачи реплицируемых данных, основанная на типах серверов.

Программное решение «mysql_replicated» является «бэк-эндом» для использования в фреймворке «Django» языка «Python». Это программное решение работает в схеме master-slave баз данных MySQL. Программное решение компании «Яндекс» имеет возможности переключения глобального соединения ORM(Object-Relation Mapping) модели «Django» с базой данных между мастером и slave-репликами, и тем самым позволяет использовать стандартный ORM. Mysql_replicated устроен так, что переключение между мастером и репликами должно быть явным. Оно не происходит автоматически в зависимости от типа SQL-запроса или доступа к какой-то определенной таблице базы данных, и существует вероятность получения данных.

Программные решения на базе ActiveRecord, фреймворка Ruby on Rails, языка Ruby обладают несколькими преимуществами по сравнению с репликациями в средах однородных баз данных: репликация в средах с разнородными базами данных; репликация в условиях мультиподключений; резервирование данных. А также создание «снимков»; создание миграций баз данных на основе текущей схемы данных; восстановление схемы данных на разнородные базы данных. Кроме того поддержка встроенного механизма проецирования классов на базу данных предоставляет данному программному решению весомые преимущества.

Было принято решение о разработке алгоритмов репликации и (или) синхронизации данных корпоративной распределенной системы.

Основным авторским алгоритмом системы является алгоритм репликации, построенный в двух вариантах – журнальной репликации при триггере на действие и журнальной репликации при таймере.

Для повышения надежности процесса репликации действует следующая схема – происходит репликация по триггеру, при неудаче запускается репликация по таймеру в отдельном потоке, пытаясь завершить процесс.

В алгоритме фоновой репликации производится выравнивание версий баз данных тех серверов, которые по тем или иным причинам не были доступны во время триггерного процесса репликации, но стали доступны в ходе процесса репликации по времени.

Вышепредставленные алгоритмы позволяют оптимизировать большинство бизнес процессов системы.

Также стоит отметить масштабируемость системы, благодаря которой присоединение к ней новых филиалов происходит быстро и безболезненно для

остальных процессов – это, в свою очередь, оказывает хорошую услугу быстроразвивающимся компаниям.

АНАЛИЗ КРИТЕРИЕВ КАЧЕСТВА ПРОГРАММНОГО СРЕДСТВА

Белова С.В.

Качество ПС - совокупность его черт и характеристик, которые влияют на его способность удовлетворять заданные или подразумеваемые потребности пользователей.

Требования к ПС являются заданием, выражающими потребности пользователя. Они в общих чертах определяют замысел ПС, характеризуют условия его использования. Требования к качеству ПС должны быть сформулированы так, чтобы разработчику были ясны цели, которые он должен стремиться достигнуть при разработке этого ПС. Эту часть внешнего описания ПС называют спецификацией качества ПС.

Разработка спецификации качества сводится к построению своеобразной модели качества разрабатываемой ПС. В этой модели должен быть перечень всех свойств, которые требуется обеспечить в разрабатываемом ПС и которые в совокупности образуют приемлемое для пользователя качество ПС.

Во многих случаях предварительные планы на создание сложных программных средств и баз данных для информационных систем подготавливаются и оцениваются неквалифицированно, на основе неформализованных представлений заказчиков и разработчиков о требуемых функциях и характеристиках качества информационных систем. Допускаются системные ошибки при определении требуемых показателей качества, оценке трудоемкости, стоимости и длительности создания программных средств. Многие информационные системы не способны выполнять полностью требуемые функциональные задачи с гарантированным качеством, и их приходится долго дорабатывать для достижения необходимого качества и надежности функционирования. В результате часто проекты информационных систем не соответствуют исходному назначению и требованиям к характеристикам качества, не укладываются в графики и бюджет разработки.

Критерии оценки качества ПО – это совокупность определённых и задокументированных правил и условий, которые используются для приемлемости в целом качества конкретного ПО, принимаемого в результате сертификации. Сертификация ПС осуществляется на основе действующих стандартов. При существующем подходе проведения сертификации производится либо оценка работоспособности программы по тестирующим заданиям, либо оценка соответствия программного средства заявленным требованиям, указанным разработчиком и не производится комплексная оценка качества. Поэтому встает задача проведения тестирования и комплексной оценки качества ПС, разработки ГОСТов, единых стандартов критериев оценки качества, унификации существующих критериев и методов.[1]

В настоящее время хорошо развиты системы ГОСТов на проектную и эксплуатационную документацию программных средств. Однако стандарты, призванные оценивать качество готовых ПС имеют ряд недостатков, некоторые из них являются устаревшими.

В стандартах качества существует до тридцати основных критериев оценки качества программного обеспечения. При разработке конкретного продукта выбирают не более десяти основных, которые наиболее подходят к конкретному продукту. При выборе необходимо стремиться выбирать критерии качества, которые поддаются объективной оценке или измерению.

Согласно стандарту критериями качества являются:

Функциональность - способность ПС обеспечивать решение задач, удовлетворяющих заданным или подразумеваемым потребностям пользователей

Надежность - это способность ПС безотказно выполнять определенные функции при заданных условиях в течение заданного периода времени

Легкость - это характеристики ПС, которые позволяют минимизировать усилия пользователя по подготовке исходных данных, применению ПС и оценке полученных результатов.

Эффективность - это отношение уровня услуг, предоставляемых ПС пользователю при заданных условиях, к объему используемых ресурсов.

Сопровождаемость - приспособленность программного средства к модификации и изменению конфигурации и функций.

Мобильность - способность ПС к переносу из одной аппаратно-операционной среды в другую.

Критерии качества ПС в использовании

1. Системная эффективность применения программного продукта по назначению;

2. Продуктивность – производительность при решении основных задач ПС, достигаемая при реально ограниченных ресурсах в конкретной внешней среде применения;

3. Безопасность – надежность функционирования комплекса программ и возможный риск от его применения для людей, бизнеса и внешней среды;

4. Удовлетворение требований и затрат пользователей в соответствии с целями применения ПС.

Эти критерии образуют основу для дальнейшего уточнения и описания качества ПС. Все они достаточно универсальны и не дают рекомендации по определению характеристик качества конкретных классов ПС. Следовательно, становится необходимым на основе стандартов разработать систему характеристик качества конкретно для каждого класса ПС. Предварительно перед оценкой качества необходимо классифицировать ПС по их назначению с тем, чтобы помимо общеклассовых характеристик качества предъявлять к каждому классу и специфические требования.

На практике важно оценивать качество программ не только в завершеном виде, но и в процессе их проектирования, разработки и сопровождения, т. е.

оценка качества разрабатываемого программного средства должна производиться на всех этапах жизненного цикла. Многие ошибки, обусловленные неопределенностью или некорректностью технических заданий и спецификаций требований, могут и должны быть выявлены на ранних стадиях проектирования, что способствует его ускорению и повышению качества. Практикой доказано, что обнаружение и устранение ошибок и дефектов в комплексах программ на начальных этапах проектирования в десятки и сотни раз быстрее и дешевле, чем в процессе завершения разработки и испытаний.

За последние несколько лет создано множество международных стандартов, регламентирующих процессы и продукты жизненного цикла программных средств. Применение этих стандартов может служить основой для систем обеспечения качества программных средств, однако требуется корректировка, адаптация некоторых положений стандартов применительно к принципиальным особенностям технологий и характеристик этого вида продукции.

Литература:

1. Курникова М. П., Нешта Е. П. Оценка качества программных средств на основе сертификации по соответствующим стандартам и профилям // Российский Государственный Университет нефти и газа им. И. М. Губкина, Москва, 2003 г.

ДИНАМИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ АГРЕГАТА ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА РЕЗИНОВЫХ РУКАВОВ

Бурцев А.Г., Гольцов А.С.

В технологической линии для изготовления бездорновых резиновых рукавов основными элементами являются: шприц-машина (экструдер), тянущее (охлаждающее) устройство, навивочный станок. Заготовка резинового рукава последовательно проходит через эти три операции, на которых задаются важнейшие показатели качества резинового рукава: внутренний диаметр, степень подвулканизации резины, степень пластификации, шаг (или угол) навивки нити оплеточного каркаса. Каждый элемент агрегата оснащен асинхронным частотно-управляемым электроприводом. Схема технологической линии приведена на рисунке 1.

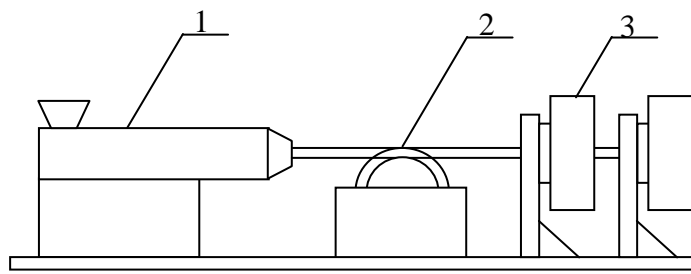


Рис. 1. Схема части технологической линии для изготовления рукавов:
1– шприц-машина; 2– тянущее устройство; 3– навивочный станок

Важной задачей для системы управления подобной линией является согласование скоростей электродвигателей всех станков для обеспечения заданных показателей качества рукава.

В существующих линиях для производства бездорновых рукавов согласование скоростей двигателей основных элементов линии осуществляется с помощью датчиков сельсинов, косвенно измеряющих скорость движения рукава. Система управления шприц-машиной представляет из себя одноконтурную систему, регулирующую частоту вращения шнека в зависимости от давления в головке, т.е. отсутствует какой-либо контроль качества заготовки рукава на выходе из шприц-машины. Это приводит к постоянной пульсации внутреннего диаметра рукава в результате действия внешних возмущающих факторов: неоднородности состава смеси, пульсации момента сопротивления двигателя червяка и др. Существующие агрегаты изготавливают рукава с допуском по внутреннему диаметру от 2 до 5 %.

Предлагается создать адаптивную систему управления агрегатом для производства резиновых рукавов. Для разработки системы управления требуется построить математическую модель исследуемой части технологической линии.

Основным объектом математической модели агрегата является шприц-машина (экструдер). Составлена динамическая модель процесса шприцевания резиновой смеси по уравнениям движения, энергетического баланса и реологического уравнения. Она позволяет моделировать изменение критериев качества резиновой смеси (вязкость, критерий подвулканизации), а также изменение геометрических параметров получаемого рукава во времени. В модели учтены: неньютоновский характер течения резиновой смеси, неизотермичность процесса шприцевания, эластическое восстановление резиновой заготовки, зависимость вязкости от температуры.

Модель шприц-машины дополнена уравнениями асинхронного электропривода шнека с частотным управлением. Так как переходные процессы в двигателе протекают намного быстрее, чем процессы изменения состояния резиновой смеси в цилиндре экструдера, то математическая модель

анализируемой системы описана дифференциальными уравнениями с малым параметром.

Составлена модель вытягивания резиновой заготовки тянущим устройством. Для описания поведения экструдата при одноосном растяжении использованы уравнения сохранения вещества, реологическая модель Кельвина-Фойгта.

Модель навивочного станка предствалает собой зависимость угла (шага) навивки нитей от скорости движения заготовки рукава и от диаметра заготовки. Модели тянущего устройства и навивочного станка также дополнены уравнениями асинхронного электропривода.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИНЦИПОВ И МЕТОДОВ ИЗМЕРЕНИЯ КАЧЕСТВА ПРИРОДНОГО ГАЗА

А.С. Гольцов, М.П. Володин

Основная проблема, существующая на предприятиях газовой промышленности – получение газа, пригодного к транспортировке и эксплуатации. В большей степени на это влияет присутствие в продукте жидкости в паровой фазе, или влажность. Этот параметр так важен из-за возникновения опасности транспортировки влажного газа по магистральным трубопроводам. В процессе транспортировки влажного природного газа при определенной температуре (температуре точки росы), влага, находящаяся в газе в паровой фазе конденсируется. Летом это может привести к появлению так называемых «водяных пробок» в трубопроводах, а зимой – «ледяных пробок» и как следствие разрыву магистралей.

Существует множество методов измерения влажности природного газа, которые можно разделить на четыре группы:

- Температурные.
- Сорбционные.
- Физических свойств газов.
- Спектроскопические.

К температурным относятся:

- Психрометрический.
- Точки росы.
- С подогревными датчиками.

К сорбционным относятся:

- Сорбционно-термический.
- Деформационный.
- Цветовой.
- Сорбционный.
- Электролитический.
- Кулонометрический.

К методам, базирующимся на физических свойствах газов, относятся:

- Теплофизический.
- Акустический.
- Диффузионный.
- Коронного разряда.
- Диэлькометрический СВЧ.

К спектроскопическим относятся:

- Инфракрасный.
- Ультрафиолетовый.
- Радиометрический.

Несмотря на столь широкий спектр методов, до сих пор не существует универсального, удовлетворяющего всем многочисленным требованиям, предъявляемым к данным измерениям. Не лишним будет упомянуть и о том, что в настоящий момент на предприятиях газовой промышленности влажность природного газа измеряется методом точки росы. Данный метод заключается в определении температуры, до которой необходимо охладить (при неизменном давлении) ненасыщенный газ для того, чтобы довести его до состояния насыщения. Практически температура точки росы определяется по началу конденсации водяного пара на плоской поверхности твердого тела (металлического зеркальца и т.п.), охлаждаемой в атмосфере влажного газа. На рис.1 наглядно показаны фазы измерения точки росы.

К достоинствам данного метода можно отнести очень большие пределы измерений вплоть до очень низких температур (-100 °С и ниже). Однако у этого метода есть и недостатки:

- сложность конструкции анализаторов (наличие охлаждающего устройства);
- уменьшение точности измерения с увеличением относительной влажности;
- зависимость результата измерений от чистоты рабочей поверхности зеркала.

Кроме того, существует одна очень существенная проблема – дискретность измерений данного типа анализаторов. Это обусловлено принципиальными и технологическими особенностями самого метода измерения влажности – метода точки росы. Наименьший период измерений на сегодняшний день составляет не менее 10 минут. Таким образом, измерения точки росы могут теоретически проводиться не чаще, чем один раз в 10 минут. Реальный же период измерений точки росы природного газа на станции подземного хранения ОАО «Газпром» составляет один раз в час. Очевидно, что за час в технологическом процессе может произойти что угодно, в том числе, может пройти огромное количество некачественного природного газа

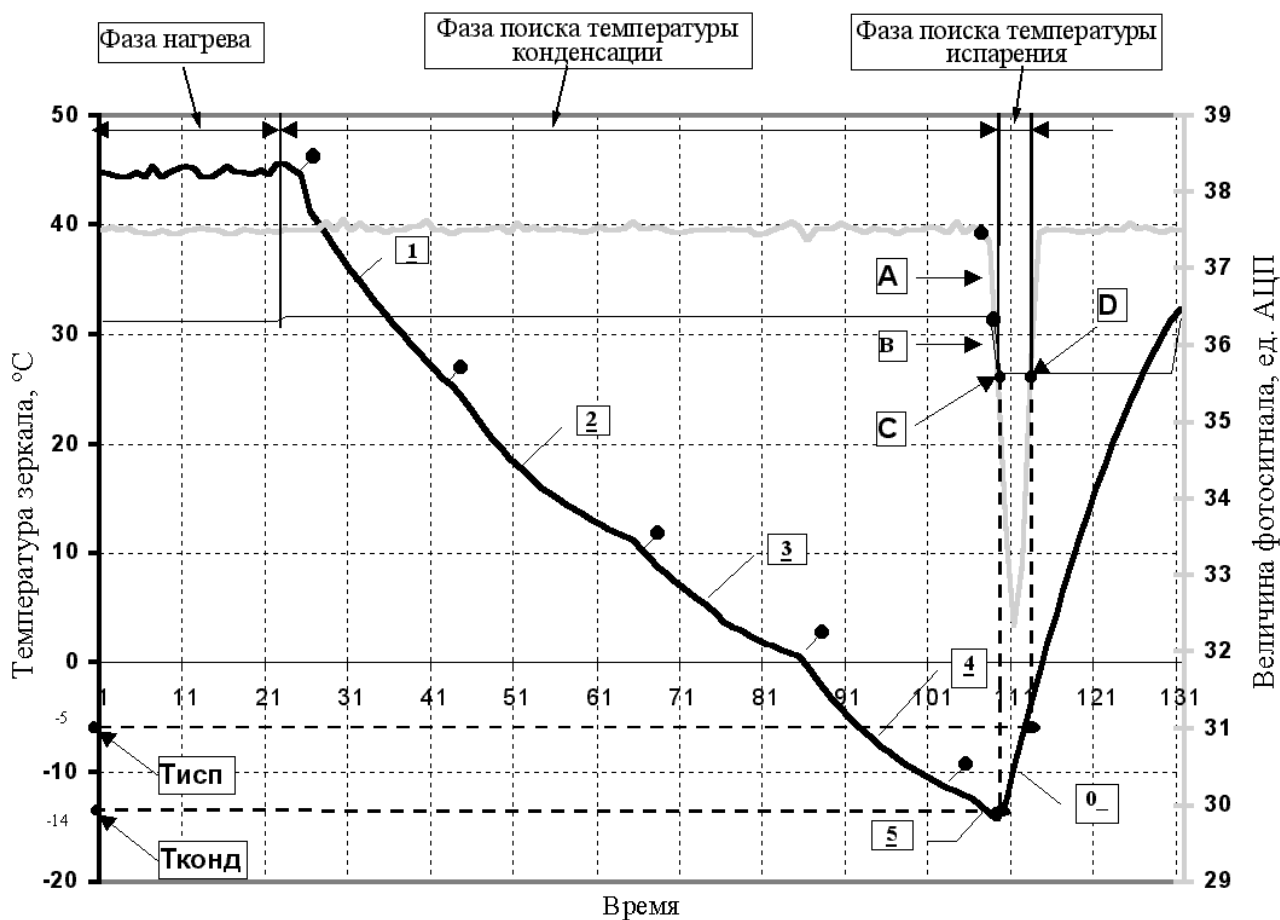


Рис. 1. Метод точки росы

(с чрезмерно большим содержанием влаги), что может привести к последствиям, описанным выше. Кроме того, повышенная влажность природного газа существенно снижает его рыночную стоимость.

В настоящий момент выходят из положения добавлением в газ метанола – дополнительная осушка газа. Однако это существенно увеличивает себестоимость природного газа.

Технологический процесс осушки природного газа довольно сложен и состоит из трех стадий – сепарационной (грубая очистка газа от механических примесей вихревыми сепараторами), сепарационно-фильтровальной (механическая очистка газа сепараторами-фильтрами) и абсорбционной (тонкая очистка газа в блоках абсорберов). Наибольший интерес представляет именно абсорбционная стадия тонкой (окончательной) очистки природного газа.

Итак, рассмотрим технологический процесс осушки природного газа и сосредоточим внимание именно на абсорбционной стадии станции подземного хранения газа ОАО «Газпром».

При отборе из хранилища газ поступает по внутрипромысловым шлейфам на газораспределительный пункт, откуда по коллектору подается на установку сепарации газа. Далее после второй стадии сепарации из сепаратора-фильтра газ поступает на установку осушки газа. Она представляет собой блок абсорбера, состоящего из трех секций:

- нижняя – сепарационная;
- средняя - массообменная;
- верхняя - каплеотбойная.

В нижней и верхней секциях расположены устройства для отделения капельной жидкости от потока газа. В средней секции колонны встроены массообменные тарелки.

В сепарационной секции от него отделяется капельная влага (метанольная вода), которая направляется на установку регенерации метанола. Из сепарационной секции газ поступает в секцию массообмена. На верхнюю тарелку абсорбера подаётся раствор регенерированного диэтиленгликоля. Как показывает практика, нельзя регулировать качество природного газа (точку росы по влаге и по углеводородам, или влажность) увеличением расхода регенерированного диэтиленгликоля в абсорбер. Этот вывод сделан исходя из того, что при определенном расходе регенерированного диэтиленгликоля в абсорбер имеет место унос абсорбента газом в капельно-жидкой фазе. Для достижения заданной температуры точки росы осушаемого газа необходимо учитывать и регулировать целый комплекс технологических параметров, при этом должна выдерживаться определённая концентрация диэтиленгликоля в абсорбере.

Диэтиленгликоль, сливаясь по тарелкам, контактирует с газом, поглощая из него влагу, и доводится до состояния насыщения. Насыщенный диэтиленгликоль отводится с глухой тарелки абсорбера по уровню на ней.

Газ от верхней тарелки проходит через фильтрующую секцию, предназначенную для улавливания капельного диэтиленгликоля, на выход из абсорбера. На газопроводе после абсорбера установлен анализатор точки росы, измеряющий влажность продукта.

Следует отметить и то, что качество природного газа (под качеством в данном случае подразумевается присутствие в газе жидкости в паровой фазе, а также различные механические примеси до осушки) разных месторождений сильно разнится, что вносит дополнительные сложности в технологический процесс осушки природного газа. На рис.2 приведены показания анализатора точки росы отдельно взятой станции подземного хранения газа в рамках одного месторождения.

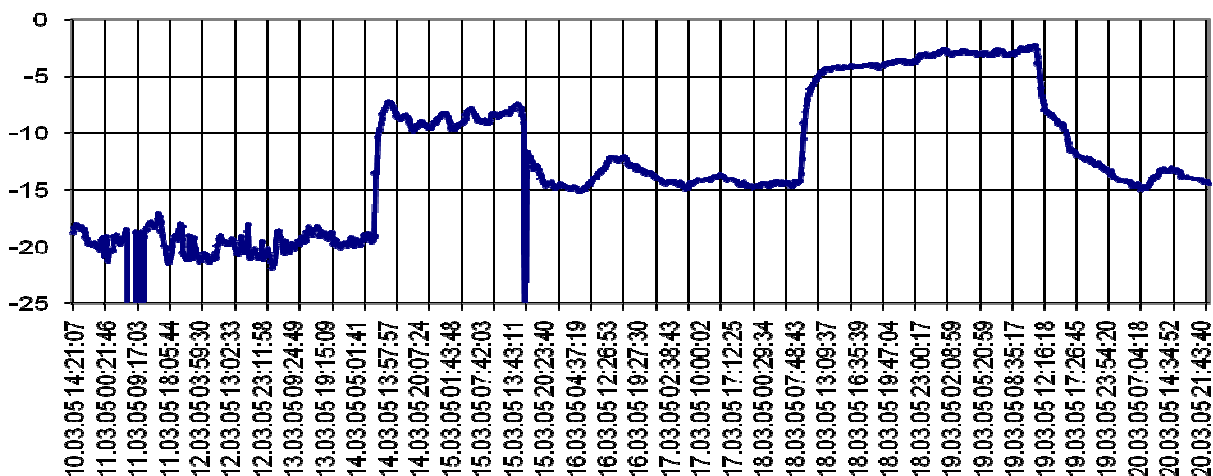


Рис. 2.

Точка росы природного газа в рамках одного месторождения

Как видно из рис. 2, в настоящий момент процесс осушки природного газа далеко не идеален, о чем говорят скачки в показаниях прибора в пределах от -2°C до -25°C . Это довольно большой диапазон в контексте транспортировки природного газа на значительные расстояния.

Есть и еще одна очень важная деталь – это наличие такого параметра, как температура точки росы по тяжелым углеводородам, который характеризует присутствие в газе диэтиленгликоля и метанола в паровой фазе. Существует довольно мало анализаторов точки росы, позволяющих одновременно определять и температуру точки росы по влаге и температуру точки росы по тяжелым углеводородам. Доказано, что при определенных температурах данный параметр вносит существенные погрешности в измерения в случае, если функционал анализатора не позволяет измерять температуру точки росы по углеводородам вкупе с температурой точки росы по влаге.

Выводы

Итак, учитывая вышесказанное, можно сделать следующие выводы:

- Нелинейность процесса абсорбции природного газа.
- Неэффективность существующей системы управления качеством природного газа ввиду дискретности измерений качества газа (с периодом в 1 час).
- Большое количество факторов, влияющих на качество газа.
- Индивидуальность систем управления качеством газа.

Литература:

1. Ланчаков Г.А., Кульков А.Н., Зиберт Г.К. Технологические процессы подготовки природного газа и методы расчета оборудования.- М.: ООО «Недра - Бизнесцентр», 2000.- 279с.: ил.- ISBN 5-8365-0047-9;
2. Анализатор точки росы по влаге и углеводородам «КОНГ-Прима-10». Особенности промышленной эксплуатации и возможности Агальцев А.Г., Деревягин А.М., Селезнев С.В., Степанов А.Р., «Вымпел», 2003. – 264 с.;
3. Берлинер М.А. Измерения влажности. Изд. 2-е, перераб. и доп. М., «Энергия», 1973. – 243 с.

РАЗРАБОТКА АДАПТИВНОЙ СИСТЕМЫ НЕПРЕРЫВНОГО КОНТРОЛЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ТОЧКИ РОСЫ ПРИРОДНОГО ГАЗА

Гольцов А.С., Володин М.П.

Целью данной работы является повышение качества управления процессом осушки природного газа за счет разработки системы непрерывного контроля температуры точки росы природного газа. Эта система должна позволить сократить период между моментами времени, в которых определяется температура точки росы (от 1 минуты до 1 секунды – период напрямую зависит только от времени опроса датчиков давления газа, температуры окружающей среды и расхода газа).

Для достижения поставленной цели необходимо выполнить следующие задачи:

- Разработать адаптивную математическую модель процесса осушки природного газа.
- Разработать алгоритм обучения адаптивной математической модели процесса осушки природного газа.
- Разработать систему непрерывного контроля температуры точки росы по влаге и по углеводородам природного газа.
- Произвести предварительное обучение системы непрерывного контроля температуры точки росы по влаге и по углеводородам природного газа.

В период с 10 по 30 марта 2005 года НПФ «Вымпел» проводились испытания анализатора точки росы КОНГ-Прима-10 на одной из СПХГ ОАО «Газпром» в Саратовской области. Эти испытания имеют практическую ценность для данной работы, т.к. показания приборов в этот период времени использовались в данной работе в качестве экспериментальных данных. Экспериментальные данные приведены на рис.1.

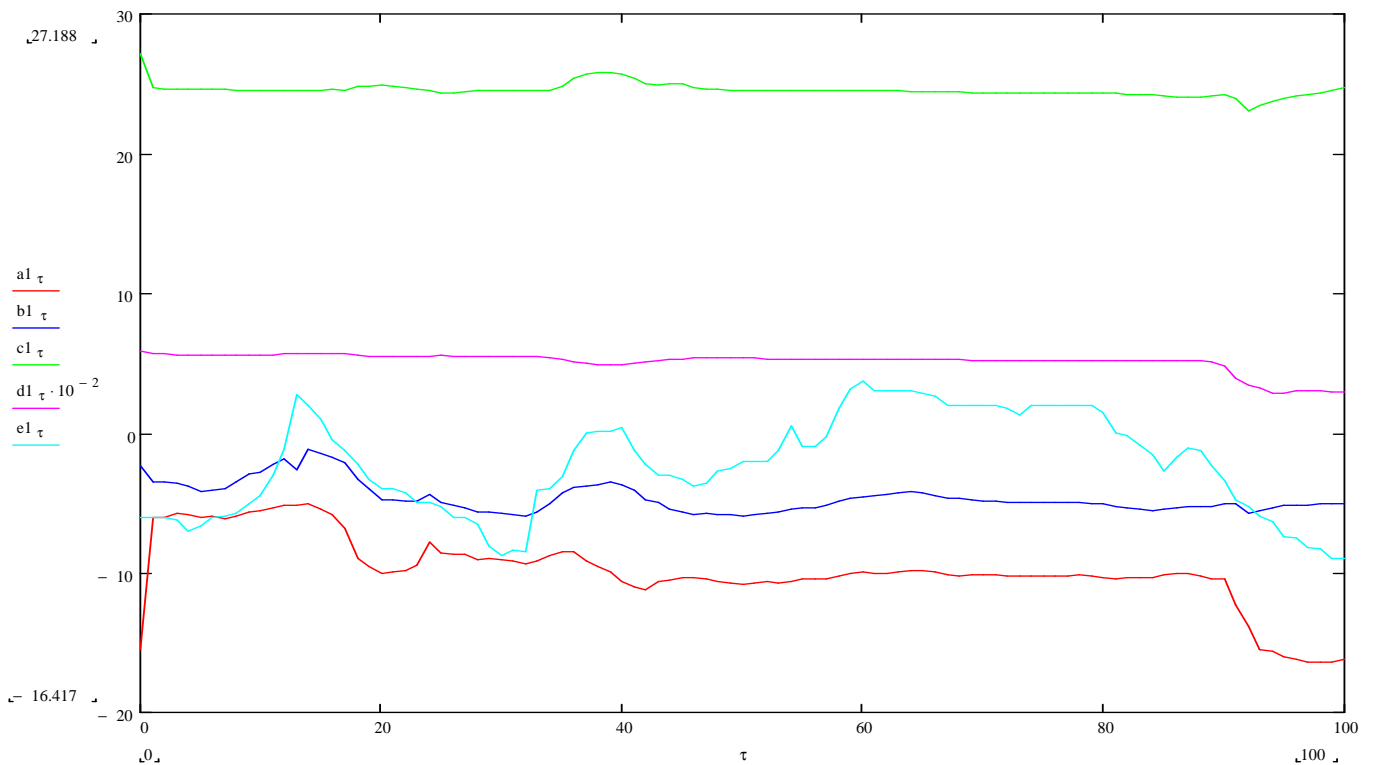


Рис. 1. Экспериментальные данные.

$a1_{\tau}$ – температура точки росы по влаге, °С; $b1_{\tau}$ – температура точки росы по углеводородам, °С; $c1_{\tau}$ – давление природного газа, МПа; $d1_{\tau}$ – расход природного газа, м³/час; $e1_{\tau}$ – температура окружающей среды, °С.

Эти пять параметров технологического процесса осушки природного газа были выбраны в качестве влияющих факторов. Проверка значимости данных влияющих факторов подтвердила правильность выбора.

Была составлена структурная схема объекта управления с учетом данных влияющих факторов, а также составлены уравнения состояния объекта управления:

$$\begin{cases} \tau_1 \dot{T}_1 + T_1 = a_{12} T_2 + b_{11} G + b_{12} P + b_{13} T + b_{14} T_0 \\ \tau_2 \dot{T}_2 + T_2 = a_{21} T_1 + b_{21} G + b_{22} P + b_{23} T + b_{24} T_0 \end{cases}$$

Структурная схема объекта управления приведена на рис. 2.

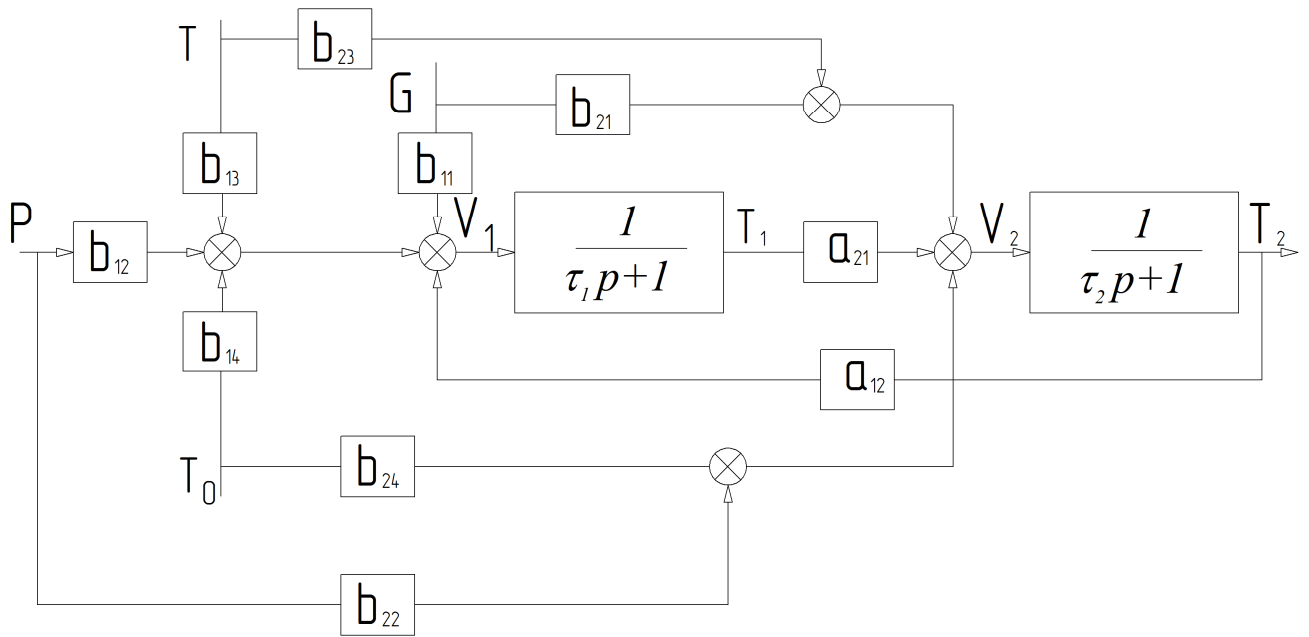


Рис. 2. Структурная схема объекта управления

На основании экспериментальных данных был произведен корреляционный анализ, составлены автокорреляционные функции сигналов (температура точки росы по влаге и температура точки росы по углеводородам) и взаимная корреляционная функция данных сигналов. Автокорреляционные функции и взаимнокорреляционные функции вычислялись по формулам

$$K_{xx_j} := \frac{\sum_{i=0}^{N-j} x_i \cdot x_{(i+j)}}{N}$$

$$K_{xx_j} := \frac{\sum_{i=0}^{N-j} x_i \cdot x_{(i+j)}}{N}$$

и показаны на рис 3. и рис.4 соответственно.

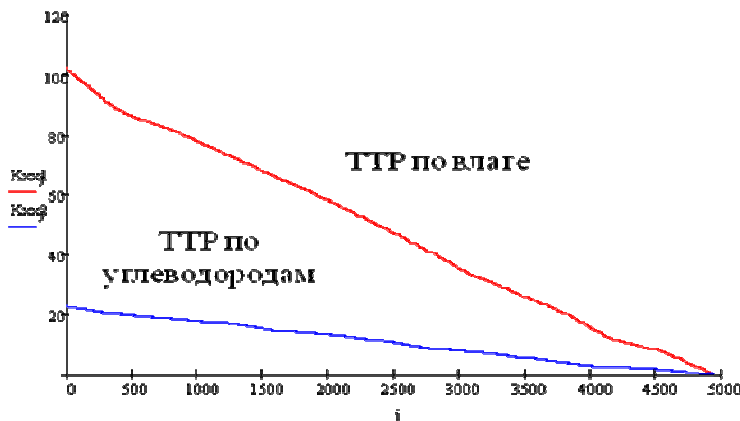


Рис. 3. Автокорреляционная функция

Рис. 4. Взаимная корреляционная функция

Кроме того, были произведены расчеты методом наименьших квадратов и рекуррентным методом наименьших квадратов, полученные математические модели в сравнении показали адекватный результат. Сравнение моделей приведено на рис.5.

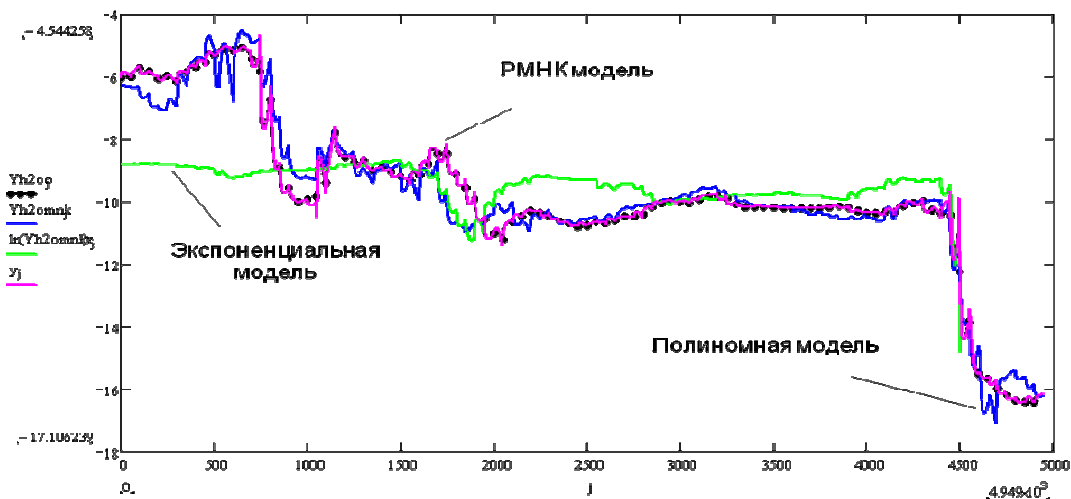


Рис. 5. Сравнение моделей

Из полученных моделей, была избрана в качестве наиболее точной математическая модель, рассчитанная рекуррентным методом наименьших квадратов. Было произведено предварительное обучение данной модели на основании экспериментальных данных, не участвующих в ранее проведенном расчете. Результаты приведены на рис.6 (для температуры точки росы по влаге) и на рис.7 (для температуры точки росы по углеводородам). Расчет погрешности определения точки росы подтвердил адекватность математических моделей. При расчете погрешностей показания анализатора точки росы, реально установленного на станции подземного хранения газа и работающего в штатном режиме, считались эталонными. Погрешность определения точки росы по влаге

составила 2,6%, а погрешность определения точки росы по углеводородам составила 2,5%.

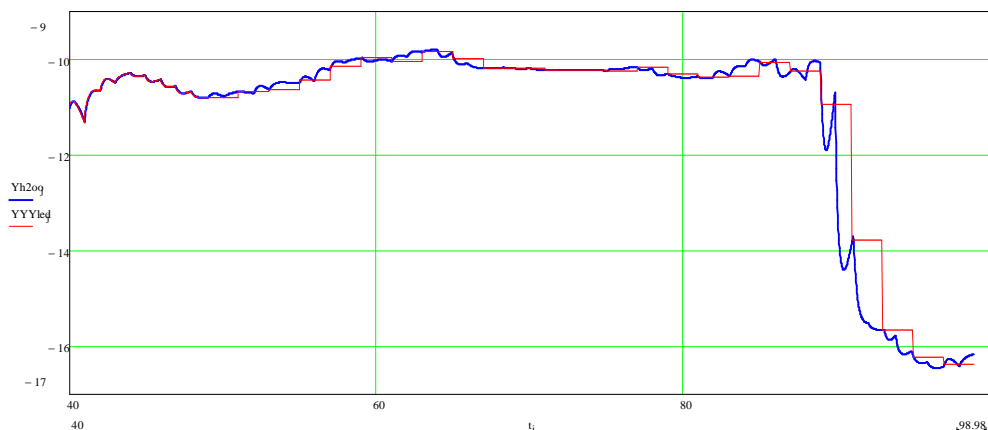


Рис. 6. Определение температуры точки росы по влаге

$YYYle_d$ – измеренная температура точки росы по влаге с периодом в одно измерение в час; $Yh2oq_j$ – температура точки росы по влаге, определенная системой с периодом в одну секунду.

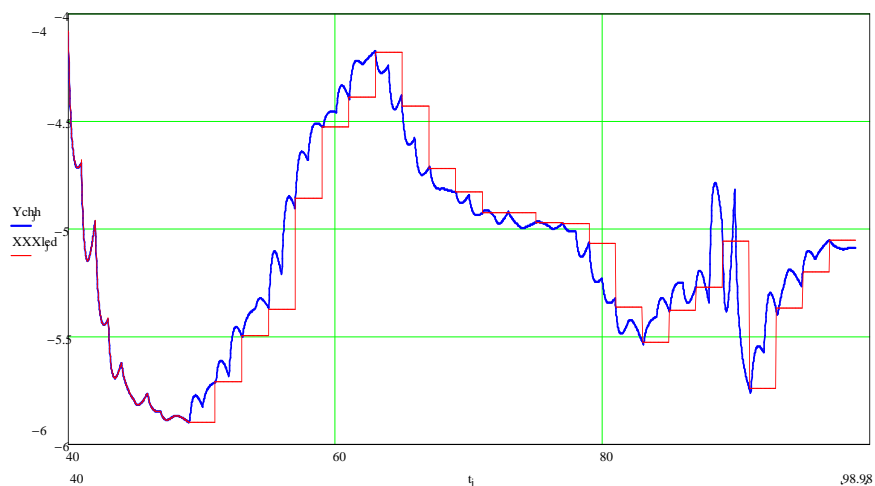


Рис. 7. Определение температуры точки росы по углеводородам

$XXXle_d$ – измеренная температура точки росы по углеводородам с периодом в одно измерение в час; $Ychjh$ – температура точки росы по углеводородам, определенная системой с периодом в одну секунду.

Выводы:

В результате проведенной работы можно сделать следующие выводы:

1. Разработанная система непрерывного контроля температур точки росы по влаге и углеводородам позволяет определять температуры точки росы по влаге и углеводородам природного газа с шагом 1 секунда.
2. Среднеквадратическое отклонение (погрешность) определения температуры точки росы по влаге составляет 2,6%.

3. Среднеквадратическое отклонение (погрешность) определения температуры точки росы по влаге составляет 2,5%.
4. Разработанную систему можно использовать в контуре обратной связи автоматической системы управления процессом осушки природного газа.
5. Предлагаемая система автоматического управления процессом осушки природного газа позволит исключить применение метанола для борьбы с гидратами (устранения «водяных» и «ледяных» пробок в магистральных трубопроводах).
6. Предлагаемая система автоматического управления процессом осушки природного газа позволит повысить рыночную стоимость природного газа за счет повышения его качества.

Литература:

1. Гольцов А.С. Адаптивные системы автоматического управления нелинейными объектами. – Орел: Академия ФАПСи, 2002. – 157 с.;
2. Гольцов А.С. Методы оптимизации и адаптивного управления в машиностроении: учебное пособие. – Волгоград: ВПИ (филиал) ВолгГТУ, 2009. – 168 с.;
3. Алексеев В. М., Тихомиров В. М., Фомин СВ. Оптимальное управление. – 2-е изд. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2005. – 384 с.

МОДЕЛИРОВАНИЕ АДАПТИВНОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ АКТИВНОЙ МОЩНОСТЬЮ ГИДРОАГРЕГАТА ГЭС

Гольцов А.С., Клименко А.В.(ОАО «Волжская ГЭС»)

Прогнозом развития гидроэнергетики, выполненным Ассоциацией «Гидропроект», решением совместного заседания Бюро Научно-технического совета РАО «ЕС России» и Научного совета РАН по проблемам надежности и безопасности больших систем энергетики предусматривается существенное повышение роли гидроэлектростанций в производстве электроэнергии в ЕЭС России. При этом решение важнейших задач повышения технического уровня и конкурентоспособности отечественной электроэнергетики, выполнение требований, предъявляемых к синхронной параллельной работе с энергообъединениями Центральной и Западной Европы, может обеспечить уровень и качество автоматизации процессов регулирования частоты и мощности ГЭС.

В существующих системах технологического управления гидроагрегатами ГЭС используются технические решения 40-60 годов 20-го века, базирующиеся на классических алгоритмах ПИД-регулирования линейных объектов. Основными недостатками всех известных способов регулирования активной мощности многоагрегатных ГЭС является то, что для их осуществления

используются линейные математические модели гидроагрегата и одинаковая для всех гидроагрегатов комбинаторная зависимость – зависимость угла установки лопастей рабочего колеса турбины от напора воды и положения лопаток направляющего аппарата, обеспечивающая (теоретически) максимальный КПД. Но комбинаторную зависимость определяют экспериментальными исследованиями макета рабочего колеса гидротурбины на специальном гидродинамическом стенде и реализуют в системе управления с помощью механических, электрогидравлических и электронных преобразователей. При этом указанный макет существенно отличается от реальной турбины, а каждый агрегат имеет свои отличительные особенности, которые влияют на выбор оптимальных параметров системы управления и величину КПД. Среди этих факторов следует выделить существенное отличие конструкции водоводного тракта гидротурбины от трубопроводов экспериментального стенда, различие в зазорах между лопастями рабочего колеса и камерой разных гидроагрегатов, расхождение между расчетными и фактическими значениями положения лопаток направляющего аппарата и угла разворота лопастей рабочего колеса. Поэтому штатные системы регулирования частоты и активной мощности гидроагрегатов обладают существенными (до 2%) статическими погрешностями регулирования. При этом законы изменения активной мощности гидроагрегатов и углов установки лопаток НА формируют с такими колебаниями, которые вызывают колебания давления в спиральной камере и в отсасывающей трубе, что приводит к появлению повышенной вибрации и кавитации.

Комбинаторная зависимость согласует угол установки лопастей РК с углом поворота лопаток НА при разных значениях напора воды и должна обеспечивать максимальное значение к.п.д. гидроагрегата. Каждая точка комбинаторной зависимости была определена в установившемся режиме работы экспериментальной установки при фиксированных значениях напора воды и положения лопаток НА модели рабочего колеса с последующим пересчетом на реальную турбину с помощью теории подобия. Однако в реальных условиях комбинаторная зависимость не выполняется. Экспериментальные исследования штатных систем управления частоты и активной мощности гидроагрегатов Волжской ГЭС, оснащенных контроллером EMERSON, показали, что при одном и том же напоре воды одинаковое значение активной мощности формируется при разных углах установки лопастей рабочего колеса и лопаток направляющего аппарата. Оказалось, что за счет корректировки комбинаторной зависимости можно уменьшить расход воды через турбину (и увеличить КПД гидроагрегата) на 2-3%. Кроме того, было установлено, что в установившихся режимах работы отклонение активной мощности гидроагрегатов от требуемых значений (статическая погрешность регулирования) колеблется в диапазоне $\pm 3\%$ (± 3 МВт), а динамическая погрешность достигает 15 МВт.

Колебательный характер изменения положений лопаток направляющего

аппарата и значений мощности турбины приводит к вибрациям и колебаниям давления в отсасывающей трубе и возникновению кавитации, а значит и к сокращению межремонтного периода.

Указанные негативные явления можно устранить либо минимизировать за счет применения микропроцессорной системы адаптивного управления частотой и активной мощностью с обучаемой моделью гидроагрегата, формирующей задание регулятору в виде гладких опорных траекторий изменений во времени положения лопаток НА и активной мощности гидроагрегата.

В теории адаптивного управления сложились два подхода к описанию априорных неопределенностей математической модели системы управления: *стохастический* и *детерминированный (минимаксный)*. Правильный выбор математической модели объекта управления является решающим условием, гарантирующим успех в решении задачи адаптивного управления. Этот выбор должен основываться как на понимании самой процедуры идентификации модели, так и на содержательной и формализованной информации об идентифицируемом объекте. Качество полученной модели может быть, в частности, оценено по критерию среднеквадратической ошибки, в котором множество проектных переменных включает структуру модели. В последние годы, когда выяснились теоретические и вычислительные трудности, стоящие перед детерминированным описанием неопределенностей, начали разрабатывать вероятностные модели "*неизвестных, но ограниченных по абсолютной величине*" возмущений. Такой подход используется при синтезе линейных систем адаптивного управления. Однако и в этих системах адаптивного управления применяют П-регуляторы с постоянными параметрами. Кроме того, в этих системах адаптивного управления не учитывают ограничения в форме неравенств на допустимые траектории перехода объекта управления в требуемое состояние.

Поэтому целью работы является разработка метода аналитического проектирования адаптивной системы автоматического управления гидроагрегатом в условиях априорной неопределенности, когда возмущающие воздействия являются *сигналами, ограниченными по абсолютной величине*, а математическое описание траекторий перехода управляемых переменных в конечное состояние задано неравенствами.

В соответствии с этой теорией в цепь обратной связи системы управления включается обучаемая модель процессов формирования момента движущих сил турбины, активной мощности гидроагрегата и опорных траекторий перехода управляемых переменных в требуемое состояние. Полученная модель будет содержать нелинейные уравнения, описывающие комбинаторную зависимость, и неизвестные входные воздействия, ограниченные по абсолютной величине. В результате задачи оценивания переменных состояния и возмущающих воздействий, коррекции комбинаторной зависимости и формирования траекторий перехода управляемых переменных в требуемое состояние преобразуют в эквивалентные задачи формирования управляющих воздействий

с ограниченной энергией для вспомогательных нелинейных систем.

Алгоритмы решения каждой из этих задач управления были получены минимизацией (с помощью принципа максимума) регуляризованных по А. Н. Тихонову критериев обобщенной работы. Возникающие при этом нелинейные двухточечные краевые задачи преобразованы в эквивалентные задачи Коши с помощью инвариантного погружения.

Выполненные исследования, в которых использовались реальные данные, полученные при пусках гидроагрегатов №№ 4, 8 и 19 ОАО «Волжская ГЭС», показывают, что с помощью предлагаемой системы можно уменьшить статическую погрешность регулирования активной мощности на 2%, снизить уровень вибраций и уменьшить расход воды через турбину, обеспечив в результате увеличение КПД гидроагрегата на 3-4%.

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫМ МАНИПУЛЯТОРОМ НА БАЗЕ МИКРОПРОЦЕССОРНОГО КОНТРОЛЛЕРА ВЕСКНОФФ

Савчиц А.В., Гольцов А.С.

На большинстве предприятий до сих пор используются пневматические системы управления и исполнительные механизмы. Замена данных систем на современные электрические аналоги не представляется возможным, ввиду трудоемкости работ по замене и наладке этих систем.

Блок управления манипулятором, поставляемый в свое время в комплекте с промышленным манипулятором, морально и физически устарел. В работе предлагается осуществлять управление с использованием современного контроллера фирмы Weiskhoff модели CX-9010.

Управление положением манипулятора осуществляется с помощью магнитных клапанов. При поступлении на клапан сигнала постоянного тока с напряжением 24 В и силой тока 0,5А, клапан открывается и пропускает сжатый воздух в поршни, приводя в действие манипулятор.

Так как одновременное срабатывание нескольких клапанов требует достаточно больших токов, которые могут вывести из строя модули УСО контроллеров, во избежание данной ситуации был разработан усилитель выходных командных сигналов. Усилитель состоит из понижающего трансформатора и выпрямителя переменного тока. Так же в состав данного блока включены 8 реле, которые замыкаются от дискретного сигнала с контроллера и пропускают питающее напряжение магнитным клапанам.

Управление манипулятором осуществляется по заданной циклограмме (рисунок 1).

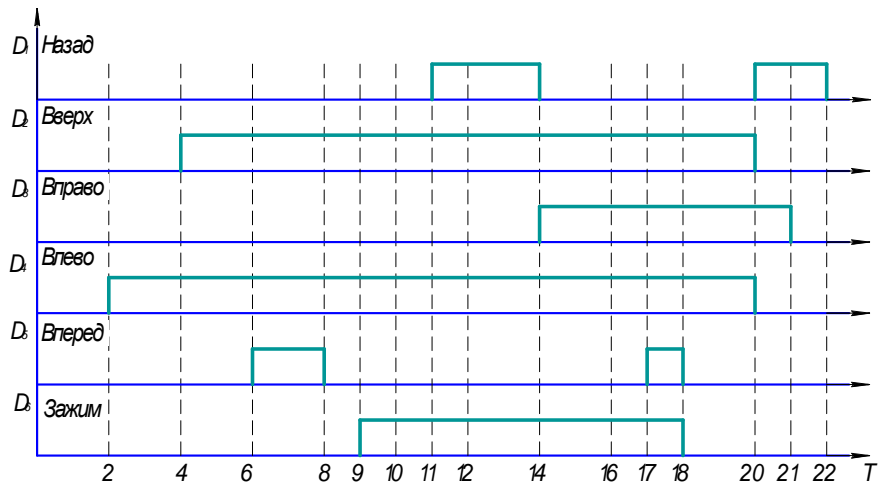


Рис. 1. Циклограмма работы манипулятора

Программа управления манипулятором, реализующая заданную циклограмму, реализована в среде TwinCAT на языке CFC(аналог FBD языка) и представлена на рисунке 2.

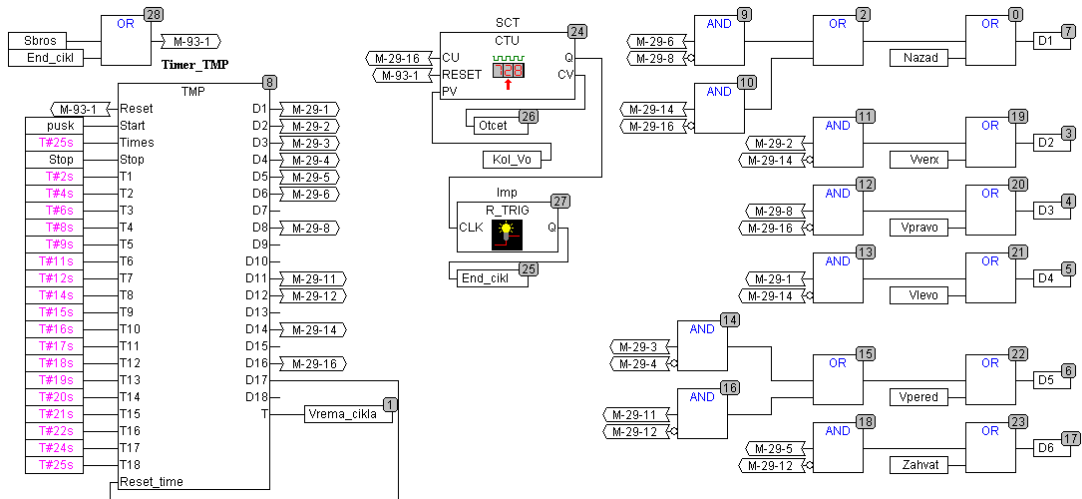


Рис. 2. Программа управления манипулятором

Блок Timer_TMP является функциональным блоком, который вызывается в основную программу, структура блока представлена на рисунке 3. Блок генерирует на выходе дискретные сигналы при совпадении счета таймера с заданным значением времени на входе блока, также он позволяет остановить и сбросить отчет.

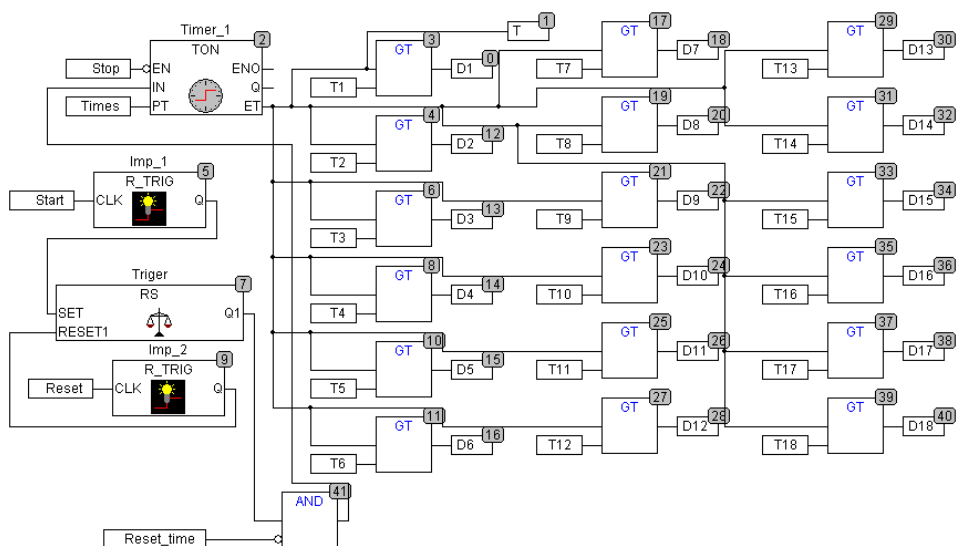


Рис. 3. Структура функционального блока Timer_TMP

С помощью блока SCT реализуется возможность управления количеством циклов повторений программы. При запуске программы необходимо ввести количество циклов программы, в противном случае она не запустится.

Было разработано окно визуализации, в котором отображается время цикла, количество отработанных циклов, текущее положение робота и наличие команд. Так же она позволяет производить пуск, останов, сброс циклограммы, задавать количество циклов повторения циклограммы. Также есть возможность вводить команды управления вручную, организовать связь с SCADA- системой через OPC сервер.

Данная система позволит вести оперативное управление за работой манипуляторов, так как один контроллер сможет вести управление 10-12-ю манипуляторами и передавать данные на верхний уровень.

Разработанную систему управления манипулятором планируется использовать в качестве учебного стенда для проведения лабораторных работ по микропроцессорной технике и системам управления.

УПРАВЛЕНИЕ ГИДРОАГРЕГАТОМ С ПОВОРОТНО-ЛОПАСТНОЙ ГИДРОТУРБИНОЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ АДАПТИВНОГО РЕГУЛЯТОРА

Гольцов А.С., Силаев А.А.

В существующих системах управления гидроагрегатами Волжской ГЭС управляющее воздействие на привод лопаток направляющего аппарата формируют с помощью ПИД-регулятора с постоянными параметрами, которые настраивают заранее в процессе пуско-наладочных работ с применением линейной модели гидротурбины, без учёта изменения возмущающих воздействий, что приводит к статической и динамической погрешности управления.

Управляющее воздействие на привод лопастей рабочего колеса (РК) гидротурбины формируют по заранее определенной комбинаторной зависимости, которая задаёт оптимальное соотношение между степенью открытия направляющего аппарата (НА) и углом разворота лопасти РК. Комбинаторную зависимость определяют по результатам экспериментальных исследований макета поворотно-лопастной гидротурбины и уточняют при натурных испытаниях головного образца в условиях эксплуатации на данной ГЭС. Но в реальных условиях комбинаторная зависимость не выполняется, следовательно, каждая гидротурбина работает не в оптимальном режиме изначально.

Таким образом, управление гидротурбиной осуществляется не в оптимальном режиме со статической и динамической погрешностью управления, без учёта реальных особенностей гидротурбины и возмущающих воздействий, всё это приводит к следующим эффектам:

- перерегулирование частоты вращения;
- снижение к.п.д. гидроагрегата из-за увеличения расхода воды через гидротурбину и появления дополнительной вибрации гидроагрегатов; гидравлических ударов и эффектов кавитации, приводящих к быстрому износу оборудования гидроагрегатов.

Для устранения существующих недостатков можно использовать автоматическую систему адаптивного управления гидроагрегатом при пуске. Синтез такой системы управления возможен только в том случае, когда известны оптимальные (требуемые) траектории перехода всех переменных состояния гидроагрегата в заданное конечное состояние и математическая модель формирования всех влияющих факторов, недоступных измерениям.

Для нахождения параметров обучаемой модели применяют рекуррентный алгоритм оптимального обучения, в котором минимизируют функционал обобщённой работы гидротурбины с помощью принципа максимума. Функционал представлен в виде:

$$J = \sum_{k=1}^N \left\{ \frac{(n_{np}(t) - n(t))^2}{\sigma_n^2} + \frac{(\varphi_{np}(t) - \varphi(t))^2}{\sigma_\varphi^2} + \frac{(y_{np}(t) - y(t))^2}{\sigma_y^2} + \frac{(z_{np}(t) - z(t))^2}{\sigma_z^2} + \alpha \cdot \sum_{j=1}^2 \frac{w(t)^2}{\sigma_w^2} \right\},$$

где $n_{np}(t)$ – прогнозируемая скорость вращения ротора гидротурбины;

$y_{np}(t)$ – прогнозируемая степень открытия НА;

$\varphi_{np}(t)$ – прогнозируемый угол разворота лопастей РК;

$z(t)$ – уровень вибрации;

$z_{np}(t)$ – прогнозируемый уровень вибрации;

$w(t)$ – вектор возмущающих воздействий;

$\sigma_n, \sigma_\varphi, \sigma_y, \sigma_z, \sigma_w$ – нормирующие множители;

α – параметр регуляризации $0 < \alpha < 1$.

Для настройки параметров ПИ-регулятора используют обученную модель гидротурбины и рекуррентный алгоритм оптимального управления, в котором функционал обобщённой работы гидротурбины минимизируют с помощью

принципа максимума, но уже для нахождения параметров ПИ-регулятора, с помощью которого находят оптимальные управляющие сигналы на привод лопаток НА. Для нахождения управляющих воздействий на привод лопастей РК используют комбинаторную зависимость, которую уточнили в рекуррентном алгоритме оптимального обучения.

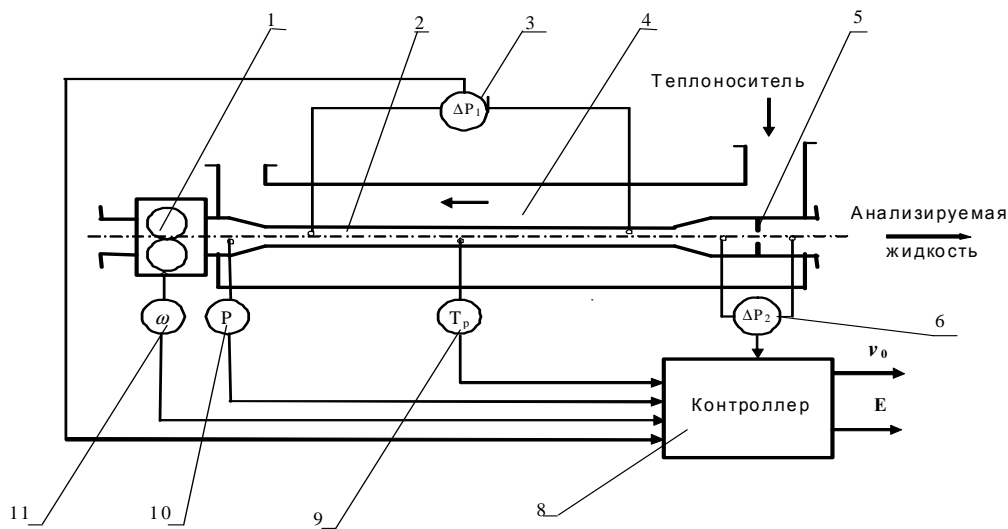
Выполнено моделирование полученной системы адаптивного управления в среде Mathcad по результатам пусков гидроагрегата №8 Волжской ГЭС.

СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ ВЯЗКОСТИ И ЭНЕРГИИ АКТИВАЦИИ НЕФТЕПРОДУКТОВ В ПРОЦЕССЕ ИХ ПРОИЗВОДСТВА

Сурганова К.Ю., Гольцов А.С.

Качество резины, битума, полимеров, красок, машинных масел и других нефтепродуктов определяют в процессе их производства по текущим значениям вязкости $\nu_0(t)$ при характерной температуре T_0 и энергии активации $E(t)$ (или по текущим значениям вязкости при характерной температуре и индексу вязкости). В процессе синтеза указанных нефтепродуктов их вязкость $\nu_0(t)$, энергия активации и плотность непрерывно изменяются. Но на предприятиях химической и нефтеперерабатывающей промышленности России контроль вязкости выпускаемой продукции осуществляют, как правило, один раз в смену с помощью лабораторных вискозиметров. Энергию активации определяют только в научных лабораториях с помощью уникального оборудования. Это приводит к появлению существенной погрешности определения вязкости при заданной характерной температуре T_0 . Кроме того, лабораторный анализ одной порции (пробы) продукта, взятой из трубопровода, длится от 3 до 5 часов, что не позволяет оперативно выполнять коррекцию технологического процесса. Управляют технологическими процессами синтеза этих продуктов, как правило, с помощью автоматизированных систем управления на основе опыта и интуиции оператора (аппаратчика). В результате эти предприятия выпускают большое количество некондиционной продукции.

Поэтому для промышленных установок химической и нефтеперерабатывающей промышленности была разработана цифровая система автоматического контроля вязкости (проточный вискозиметр), образованная измерительным модулем и цифровым вычислительным устройством (контроллером).



Измерительный модуль проточного вискозиметра выполнен в виде насоса-расходомера 1, сужающего устройства 2 трубопровода и диафрагмы 5, помещенных в теплообменник 4. Измерительный модуль оснащен датчиками 3 и 6 потерь давления в сужающем устройстве и в диафрагме, датчиком 8 температуры анализируемой жидкости, датчиком 9 давления за насосом и датчиком 10 угловой скорости вращения ротора насоса. Контроллер 7 вискозиметра вычисляет оценки текущих значений расхода, кинематической вязкости $\nu(t)$ при рабочей температуре $T(t)$, кинематической вязкости $\nu_0(t)$ при заданной характерной температуре T_0 и энергии активации $E(t)$ производимого нефтепродукта.

Процесс ламинарного течения нефтепродукта в трубопроводе описывают уравнением гидродинамики:

$$\frac{dQ(t)}{dt} = -\frac{32 \cdot \nu(t)}{d_1^2} \cdot Q(t) + \frac{\pi \cdot d_1^2}{4 \cdot l \cdot \rho(t)} \cdot \Delta P_1(t) + \xi_1(t); \quad Q(0) = Q_0 \pm \delta Q$$

Турбулентное течение нефтепродукта в диафрагме описывают уравнением Бернулли:

$$\Delta P_2(t) = \frac{8}{\alpha^2 \cdot \pi^2 \cdot d_2^4} \cdot \frac{Q(t)^2}{\rho(t)} + \xi_2(t)$$

Изменение вязкости и энергии активации в процессе синтеза нефтепродуктов описывают с помощью уравнения Аррениуса:

$$\nu(t) = \nu_0(t) \cdot \exp\left(\theta(t) \cdot \left(1 - \frac{T_0}{T(t)}\right)\right); \quad \theta(t) = \frac{E(t)}{R_2 \cdot T_0}$$

и сглаженными ступенчатыми функциями времени (сплайнами первого порядка). Так же в систему контроля вязкости нужно включить нелинейные преобразователи, которые имеют сигмоидальные статические характеристики.

Опытным путем было доказано, что с помощью В-сплайнов и нелинейных преобразователей с сигмоидальными статическими характеристиками получен рекуррентный алгоритм оценивания переменных состояния проточного вискозиметра: вязкости анализируемой жидкости при рабочей температуре и энергии активации. Этот алгоритм осуществляет ПИД-регулирование переменных состояния проточного вискозиметра и возмущающих воздействий. Поэтому система, реализующая этот алгоритм, может осуществлять автоматический контроль вязкости и энергии активации нефтепродуктов в процессе их производства.

РАЗРАБОТКА УНИФИЦИРОВАННОГО ЗАДАНИЯ НА ПРОИЗВОДСТВЕННУЮ ПРАКТИКУ В ЦЕЛЯХ ПОВЫШЕНИЯ УРОВНЯ ВЫПУСКНОЙ РАБОТЫ

Казакова Е.Г.

Результатом прохождения производственной практики является формулирование предварительной темы выпускной бакалаврской работы. Так как наша кафедра выпускает специалистов в области автоматизации и управления, следовательно, практику необходимо организовывать как в производственном аспекте: похождение практики на производстве, так и в методологическом аспекте: формулирование задания на производственную практику. Грамотная постановка задачи на прохождение производственной практики позволит студенту собрать первичный материал для выпускной работы.

Задание на производственную практику студент получает у руководителя выпускной работы, причем отделы по подготовке и переподготовке кадров на производстве, которые занимаются студентами, требуют план прохождения производственной практики. И тут возникает противоречие: чтобы выдать задание студенту, руководитель должен знать процесс по месту прохождения практики, а эта информация не всегда доступна преподавателям. Поэтому возникла необходимость разработать унифицированное задание на производственную практику.

Так как любой процесс можно рассматривать с позиции модернизации с целью повышения эффективности производства, или внедрения автоматизированного управления, то грамотная постановка задачи производственной практики позволит студенту – практиканту собрать необходимый материал.

Итогом производственной практики является ознакомление с технологическим процессом, определение стадии (этапа) этого технологического процесса, где возможна модернизация. Следовательно, на этой стадии (этапа) технологического процесса студент – практикант должен ознакомиться со следующими характеристиками процесса:

- параметры регулирования (управления);
- диапазон их изменения;

- исполнительные устройства, с помощью которых производится изменение регулируемых (управляемых) параметров;
- по возможности, получены кривые разгона или настроечные коэффициенты регуляторов;
- составлен предварительный список литературы, которая может быть использована при выполнении выпускной работы.

Следовательно, целью прохождения практики является ознакомление с технологическим процессом (нельзя говорить об изучении технологического процесса, так как существуют временные ограничения при прохождении производственной практики). Задание на производственную практику должно содержать цель и план прохождения практики, который включает: описание технологического процесса или его стадии; параметры регулирования и их диапазоны для данной стадии процесса, а также описание исполнительных устройств; список литературы, изученной на практике.

Собранный материал, в соответствии с заданием, позволит более четко формулировать тему выпускной работы, так как от этого зависит качество и уровень работы.

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ ПЛАВКИ КАРБИДА КРЕМНИЯ

Капля В.И., Бурцев А.Г.

Карбид кремния (SiC) обладает исключительными физическими и химическими свойствами, к числу которых относятся экстраординарная термическая инертность, очень высокая твердость, жаростойкость до 2500° С, а также устойчивость к кислотам и окислителям.

На предприятии "ОАО Волжский абразивный завод" карбид кремния производится с использованием электроплавильной технологии в электрических печах с угольными электродами при температуре 1500-2400° С в течение нескольких суток с использованием в качестве сырья кварцевого песка или раздробленного кварца (2,5 - 0,5 мм) и нефтяного кокса. Всего на предприятии функционируют 22 трансформатора, каждый из них управляет мощностью печи. Трансформаторы регулируют мощность ступенчато. В зависимости от типа трансформаторы бывают с 49-ю или с 17-ю ступенями.

Была поставлена задача разработки автоматизированной системы мониторинга энергопотребления и автоматического управления процессом плавки карбида кремния. Главными задачами автоматической системы являются:

- 1) соблюдение суточного графика потребления электроэнергии завода;
- 2) обеспечение стабильности всех процессов плавки по каждому трансформатору.

На первом этапе работы была решена задача автоматического управления и мониторинга процесса плавки на одном трансформаторе.

Для создания системы автоматического мониторинга и управления выбран программируемый логический контроллер ОВЕН ПЛК 150. Подобраны цифровые приборы: вольтметры, амперметры, измерители мощности и коэффициента мощности, поддерживающие интерфейс RS-485. Человеко-машинный интерфейс реализован с помощью графических панелей ОВЕН СП270. Для снятия данных о положении сельсинов и вычисления ступени трансформатора применены цифровые энкодеры ЛИРДА136А с модулем ЛИР916. Для выдачи управляющих воздействий и для мониторинга команд оператора используются 8 реле. Система спроектирована как трехуровневая. Обмен данными между ПЛК и цифровыми приборами осуществляется по интерфейсу RS-485 с использованием протокола Modbus RTU. Обмен данными между ПК и ПЛК реализован по интерфейсу Ethernet.

Программа для контроллера ОВЕН 150 разработана средствами стандартной среды программирования CoDeSys 2.3, поставляемой вместе с контроллером. Программа для ПК разработана с помощью Borland C++ Builder 6.

Программа для мониторинга плавки с трансформатора ежеминутно опрашивает контроллер и записывает измерения в таблицу. По измерениям в реальном времени строятся графики всех электрических величин процесса плавки. Кроме этого в таблице событий фиксируются все действия оператора. Контроллер накапливает информацию за последние 100 часов работы. С помощью специальной функции накопленные данные могут быть аварийно скачаны на ПК в любое время.

Проведен ряд плавок на трансформаторе 22 в режиме автоматического управления мощностью. Математическая обработка результатов измерений на участке активной работы автоматической системы управления позволила численно оценить качество процесса управления. Среднее значение уровня мощности при автоматическом управлении составило $m_p = 2.999$ МВт, среднеквадратическое отклонение $\sigma_p = 42.5$ кВт, максимальное отклонение $\delta P = 142.0$ кВт. Аналогичные характеристики для ручного управления: $m_p = 3.096$ МВт, $\sigma_p = 181.7$ кВт, $\delta P = 578.5$ кВт.

Разработан человеко-машинный интерфейс автономного управления трансформатором на основе сенсорной графической панели ОВЕН СП270. Мониторинг и управление трансформатором является многозадачным, поэтому информация и функции системы отображаются на нескольких функциональных экранах. Переключение между функциональными экранами панели осуществляется сенсорными кнопками, находящимися в нижней части экрана.

Разработана программа для создания сложных планов плавки и программа для автоматического создания отчетов о проведенной плавке в табличном редакторе Excel.

Разработана система мониторинга группы трансформаторов с центральной ЭВМ. Центральная ЭВМ оператора осуществляет периодический опрос управляющих контроллеров и выводит на экран информацию о ходе плавки на

всех трансформаторах. На последующих этапах НИР функции центральной ЭВМ планируется дополнить алгоритмами слежения за уровнем потребляемой заводом электроэнергии и формирования дополнительных управляющих команд для контроллеров по соблюдению лимита электроэнергии.

Применение автоматизированной системы мониторинга и управления процессом плавки позволило исследовать быстротекущие периоды процесса плавки и оперативно управлять ими для повышения величины полезного выхода и качества кристаллов кремния. Автоматическая система управления обеспечивает высокую точность и повторяемость реализации заданного плана плавки. Оперативное варьирование планов плавки и применение автоматизированного управления плавкой предоставляет возможности для объективной оценки и сравнения различных технологий производства карбида кремния.

ХАРАКТЕРИСТИКИ АЭРОДИНАМИЧЕСКИХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ

Корзин В.В.

Измерение температуры газов с помощью аэродинамических преобразователей имеет свои особенности. В качестве датчиков таких устройств могут использоваться струйные турбулентные усилители. Однако характеристики данных усилителей могут сильно различаться в зависимости от диаметров питающего и приемного сопел, а также от расстояния между ними. Кроме того, выходной сигнал преобразователя также зависит от наличия усилителя. Ниже приведены характеристики некоторых аэродинамических преобразователей без использования усилителя, а также с применением усилителя.

Как видно из графиков, на статической характеристике можно выделить прямолинейный участок, в границах которого изменение выходного сигнала в зависимости от входного представляет собой прямую пропорциональность, что позволяет выполнять измерения с высокой точностью.

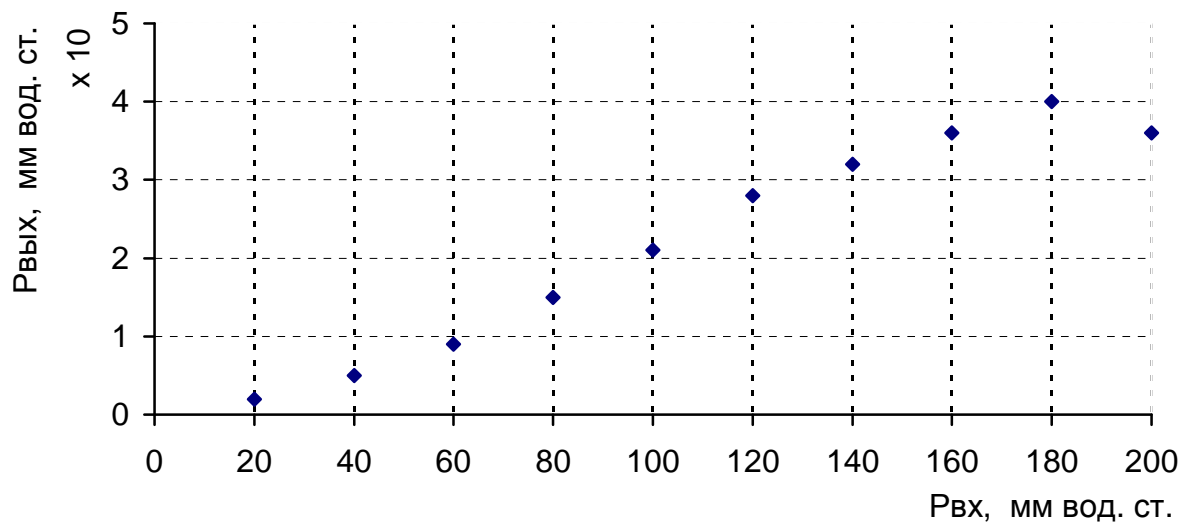


Рис. 1. Статическая характеристика преобразователя без усилителя.

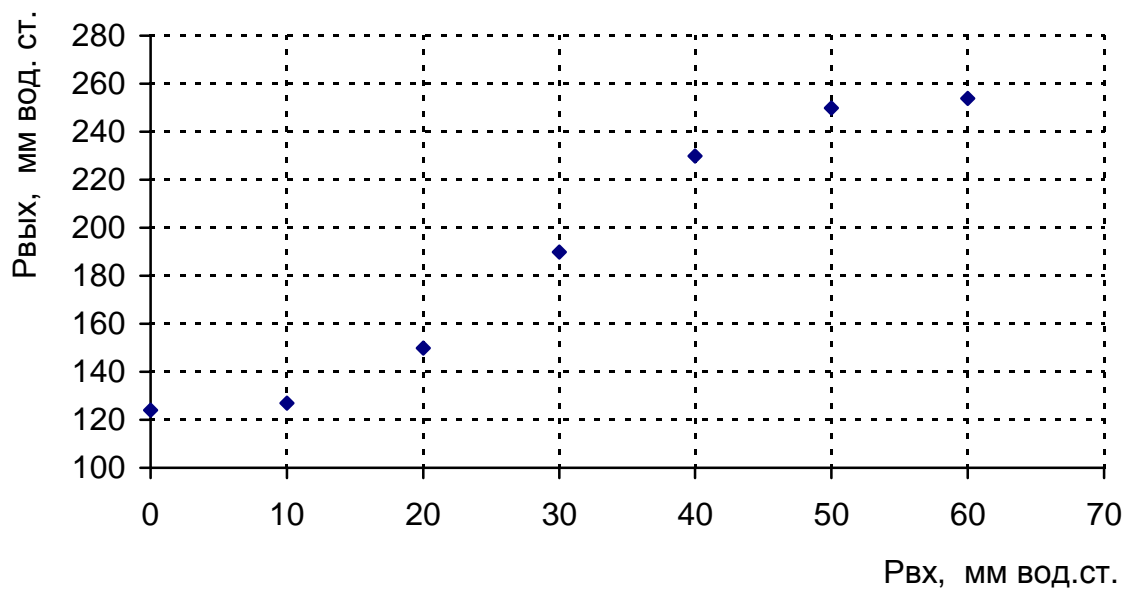


Рис.2. Статическая характеристика преобразователя с усилителем

Использование усилителя позволяет повысить чувствительность аэродинамического преобразователя, что, соответственно, приводит к повышению точности измерения.

ИДЕНТИФИКАЦИЯ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ИНФОРМАЦИОННЫХ ПОТОКОВ WEB-РЕСУРСОВ

Лясин Д.Н.

Современные информационные потоки в сети Интернет характеризуются большими объемами и динамичностью изменения. В связи с этим встает проблема интеграции данных для проведения анализа в различных сферах деятельности: научной, политической, экономической, учебной. Одним из этапов подобной интеграции должна стать формализация процесса обновления информации в сети Интернет на уровне математических моделей, позволяющая выявлять интенсивность сообщений той или иной тематики, оценивать актуальность сообщений, прогнозировать интерес к информационным сообщениям в будущем.

В настоящее время предложены несколько моделей динамики изменения информации в сети: модель старения информации Бартона-Кеблера, модель на основе фрактального представления информации. Так, например, линейная модель информационных потоков предполагает, что количество информации по определенной тематике в некоторый момент времени можно представить в виде:

$$y(t) = y(t_0) + v(t - t_0),$$

где $y(t)$ – количество сообщений в момент времени t , v – скорость изменения интенсивности информационного потока во времени. Некоторые темы порождают поток сообщений, которые можно описать экспоненциальной зависимостью:

$$y(t) = y(t_0) e^{\lambda(t-t_0)},$$

где функция $\lambda(t)$ также определяет изменение интенсивности информационного потока.

Однако эти модели не учитывают все фазы изменения динамики информационных потоков, в простейшем случае переживающих периоды роста интереса к теме с увеличением количества публикаций, поддержание интереса на некотором горизонтальном плато и угасание интереса, сопровождающегося падением количества новых публикаций (рис. 1).

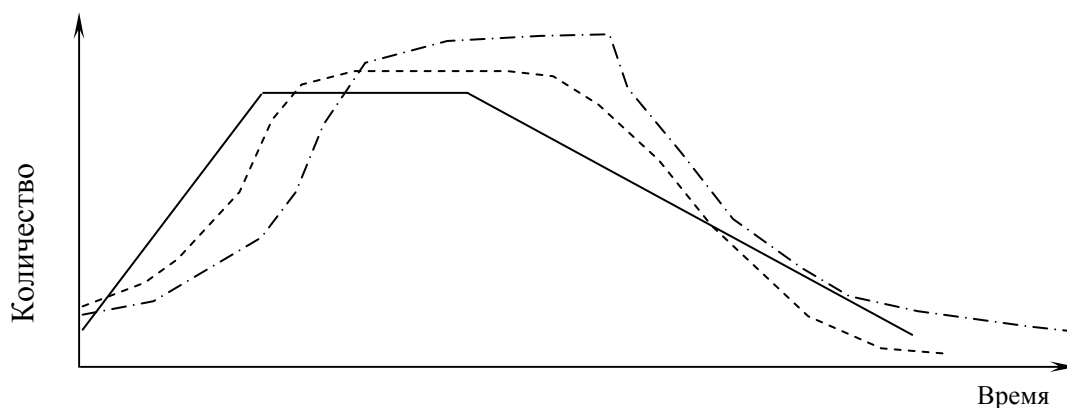


Рис.1. Возможные траектории динамики изменения потока публикаций в сети Интернет

Для сообщений определенных тематик возможны периодические или разовые всплески интереса к теме, которые также необходимо учесть в результирующей модели.

Выявленные траектории изменения динамики новых сообщений на заданную тему требуют формирования более точной математической модели, адекватно описывающей информационные потоки на разных стадиях интереса к теме публикации. Такой моделью может стать предложенная в [1] логистическая модель информационных потоков, но она не учитывает локальных и периодических колебаний интереса к теме.

Система идентификации математической модели информационного потока в сети Интернет должна включать модуль сбора статистики для подсчета количества публикаций по теме; модуль математической аппроксимации, который по накопленным статистическим данным определяет возможные математические модели информационного потока на различных стадиях траектории его динамики. Атак же модуль прогнозирования, который позволяет по полученным моделям определять интенсивность сообщений по теме в будущем.

В настоящее время разработан модуль сбора статистики, который сканирует сеть Интернет в поисках публикаций по заданной тематике и строит по полученным данным траекторию динамики роста публикаций. По выявленным траекториям выделяются основные фазы состояния информационного потока, и для каждой фазы в дальнейшем будут подбираться адекватные математические модели.

Разрабатываемая система может быть использована для мониторинга сети Интернет по различным тематикам и прогнозирования интереса к теме в будущем.

Литература:

1. **Ланде Д.В.** Основы интеграции информационных потоков: Монография. – К.:Инжини-ринг, 2006. – 240 с.

АНАЛИЗ ТРЕБОВАНИЙ К ВЫБОРУ ПРОМЫШЛЕННОГО КОНТРОЛЛЕРА ПРИ РАЗРАБОТКЕ ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТА

Медведева Л.И

Выбор рационального для каждой конкретной задачи контроллера является важным для любого проектировщика. В то же время, определение наилучшего ПЛК из всей их совокупности, имеющейся на рынке, является далеко не однозначной и не простой задачей, поскольку оно должно учитывать все свойства автоматизируемого объекта, удовлетворять поставленным требованиям к системе контроля и управления. А также находить некий рациональный

компромисс между различными противоречивыми критериями (мощность, надежность, открытость, стоимость и т.д.).

Большинству потребителей требуется не превосходство одной какой-то характеристики, а некая интегральная оценка, позволяющая сравнить ПЛК по совокупности характеристик и свойств. Методика формирования такой оценки представлена на рис. 1.

Учитывая специфику устройств, критерии оценки можно разделить на три группы:

- технические характеристики;
- эксплуатационные характеристики;
- потребительские свойства.

При этом критериями выбора считаются потребительские свойства, т.е. соотношение показателей затраты/производительность/надежность, а технические и эксплуатационные характеристики являются ограничениями для процедуры выбора.

Кроме того, характеристики делятся на прямые, для которых положительным результатом является её увеличение (на рисунке обозначены – "*"), и обратные, для которых положительным результатом является её уменьшение (на рисунке обозначены – "***").

Так как характеристики между собой конфликтны, т.е. улучшение одной характеристики почти всегда приводит к ухудшению другой, необходимо для каждой характеристики K_i определить весовой коэффициент a_i , учитывающий степень влияния данной характеристики на полезные свойства устройства.

Терминология и состав критериев оценки ПЛК приведены в соответствии с основными положениями квалиметрии и стандартами качества (ГОСТ 15467-79). Выбор аппаратуры производится в четыре этапа:

- определение соответствия технических характеристик предъявленным требованиям;
- определение соответствия эксплуатационных характеристик предъявленным требованиям;
- оценка потребительских свойств выбираемой аппаратуры;
- ранжирование изделий.

На первом этапе каждая техническая характеристика анализируемого изделия сравнивается с предъявленными к проектируемой системе требованиями, и если данная характеристика не удовлетворяет этим требованиям, изделие снимается с рассмотрения.

Такой же анализ проводится на втором этапе с эксплуатационными характеристиками, и только если технические и эксплуатационные характеристики соответствуют поставленной задаче и предъявленным требованиям, проводится оценка потребительских свойств ПЛК.

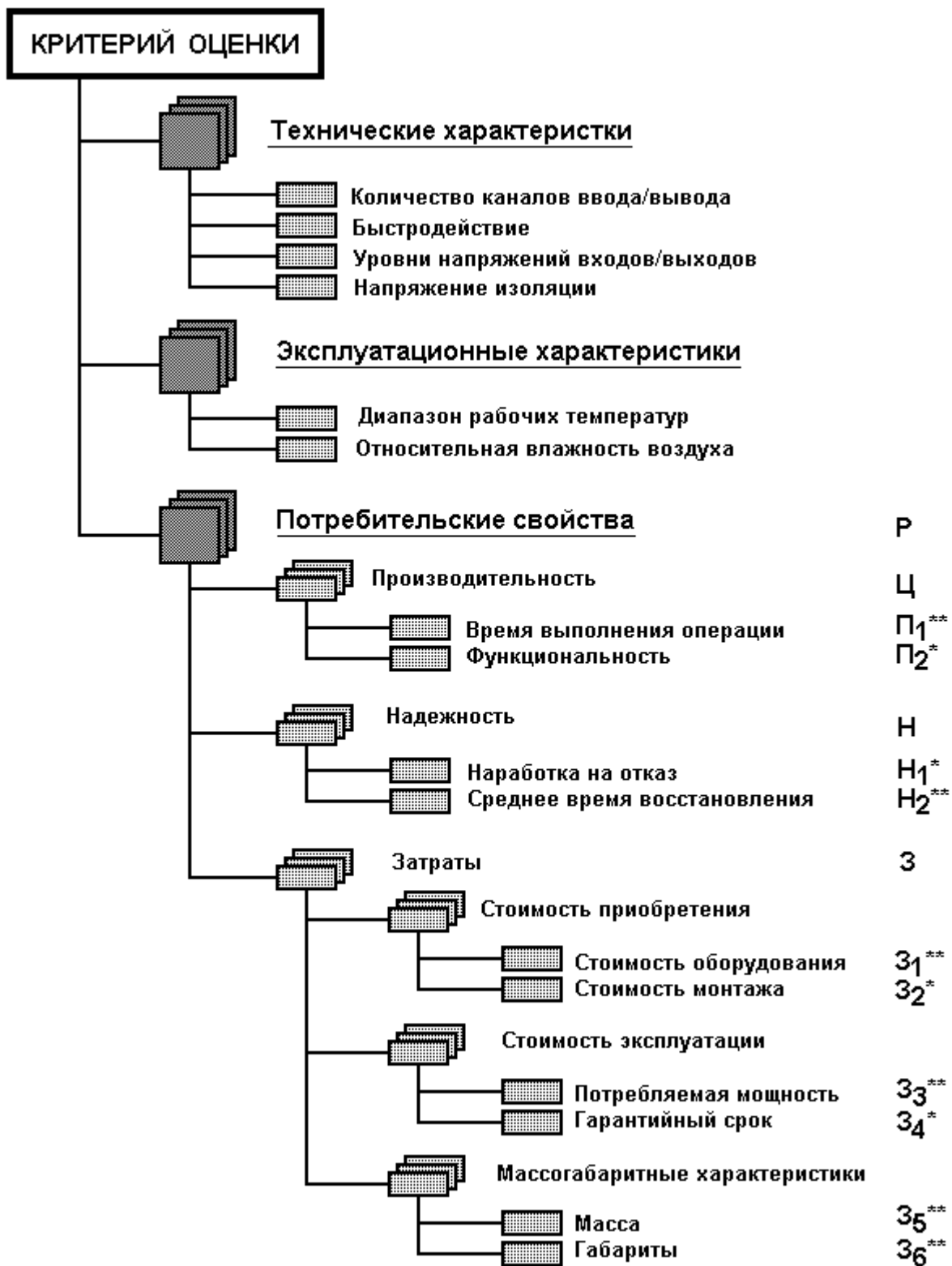


Рис. 1. Классификация критериев выбора ПЛК

Для этого используется аддитивный метод оценки, когда суммарная оценка каждого свойства вычисляется по формуле:

$$K = \sum_{i=1}^n \frac{K_i}{K_i^{\wedge}} \cdot \alpha_i + \sum_{j=1}^m \frac{1}{K_j / K_j^{\wedge}} \cdot \alpha_j,$$

где K_i, K_j – прямая и обратная характеристики выбираемого изделия;
 $K_i^{\wedge}, K_j^{\wedge}$ – соответствующие характеристики аналога;
 α_i, α_j – весовые коэффициенты характеристик;
 n, m – количество прямых и обратных характеристик.

Оценка объема российского рынка контроллерных средств. На нем работают все международные лидеры – производители данной продукции: ABB, Emerson, General Electric Fanuc Automation, Foxboro, Honeywell, Metso Automation, Moore Products, Omron, Rockwell Automation, Siemens, Yokogawa, Schneider Automation и др. Всего порядка 15-ти фирм, каждая из которых предлагает от двух до пяти контроллерных средств разных классов.

Около 20-ти зарубежных производителей меньшего масштаба имеют российских дилеров, внедряющих их контроллерные средства на предприятиях – Koyo Electronics, Tornado, Triconex, PEP, Trey, Control Microsystems и др.

Более 20-ти российских предприятий конкурируют с зарубежными производителями в разных классах контроллерных средств – Автоматика, ДЭП, Импульс, Инсист Автоматика, Интеравтоматика, Квантор, НИИТеплоприбор, НВТ-автоматика, ПИК, Прогресс, Саргон, Системотехника, ТЕКОН, Электромеханика, ЭМИКОН и др.

Так как российские предприятия комплектуют контроллерные средства зарубежными микропроцессорами, стандартными сетями, типовым системным и прикладным программным обеспечением, то продукция отечественного производства оказывается вполне конкурентоспособной по сравнению с импортными аналогами. К сожалению, при этом ее стоимость также становится сопоставимой со стоимостью зарубежных изделий.

ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСКРЕТНЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ

Севастьянов Б.Г.

В данном сообщении рассматриваются дискретные системы управления и особенности их реализации.

- 1) Комбинационные схемы или простые дискретные автоматы.
(дискретные автоматы без памяти).
- 2) Конечный дискретный автомат с памятью.
- 3) Структурная минимизация автоматов.
- 4) Дискретные автоматы с защитой информации по входу.
- 5) Дискретный автомат с контролем последовательности входных состояний.

- 6) Автоматы циклического управления.
- 7) Системы дискретного управления с применением неклассических операций математической логики.

Самой простой дискретной системой управления является комбинационная схема. В комбинационных схемах выходные сигналы однозначно определяются входными сигналами и не зависят от входных сигналов в предшествующие моменты времени:

$$y_i = f_i(x_1, x_2, \dots, x_n).$$

Реализуемый в этих схемах способ обработки информации называется комбинационными, так как результат обработки информации зависит только от комбинации входных сигналов и вырабатывается сразу после подачи входной информации. Закон функционирования комбинационных схем определен, если задано соответствие между входными и выходными сигналами (например, в виде таблиц истинности логических функций).

Другой более сложный класс преобразователей дискретной информации составляют цифровые автоматы. Если выходные сигналы зависят от входных сигналов в предшествующие моменты времени, то вводят дополнительные переменные, которые определяют внутреннее состояние цифрового автомата (или просто автомат). Такие дискретные автоматы, в которых выходные сигналы (команды) зависят не только от входных сигналов, но и от очередного внутреннего состояния, называют автоматами с памятью. Классически память в дискретных автоматах реализуется на триггерах.

Алгоритм синтеза дискретного автомата (классический):

- 1) Словесное описание алгоритма работы автомата.
- 2) Формализация.
- 3) Составление таблицы состояния.
- 4) Формирование логических функций по таблице состояний. Для единичных состояний U_1, U_2 выписывают структурные формулы в совершенной дизъюнктивной нормальной форме (СДНФ).
- 5) Минимизация полученных функций (формул, выражений).
- 6) Составляют структурную схему автомата с памятью или без памяти, без привязки её к конкретным аппаратно-программным средствам.
- 7) Структурные упрощения схемы, основанные на учёте одинаковых элементов в разных каналах управления.
- 8) Привязка структурной схемы автомата к конкретным аппаратно-программным средствам, т.е. к конкретному контроллеру.
- 9) Разработка алгоритмов (блоков) с учётом реальных ситуаций и условий эксплуатации. (Алгоритмы реальных ситуаций).
- 10) Распределение информации по группам: текущая информация, входная, выходная, промежуточная, команды, информация для хранения, информация, выдаваемая через УСО и представляемая оператору.

- 11) Проверка работы программы с использованием имитатора (или эмулятора), или на реальном объекте.
- 12) Организация связи с верхним уровнем.
- 13) Оформление документации на систему контроля и управления.

На рис.1 представлена программа, реализующая память по второму каналу. В данном фрагменте рассмотрена ситуация 1010 первая и пятая для управления по второму каналу U2. Память по первому каналу обозначим в программе P11. Первую память по второму каналу обозначим P21. Вторую память по второму каналу обозначим P21. Сигнал управления обозначили U21, который изменяет состояние с нуля на единицу. Аналогичное изменение происходит и по первому каналу (U11) и по второму (U22). U21 – так обозначили первое управление по второму каналу (для первой ситуации), U22 – второе управление по второму каналу (для третьей ситуации, имеется в виду, где требуется память).

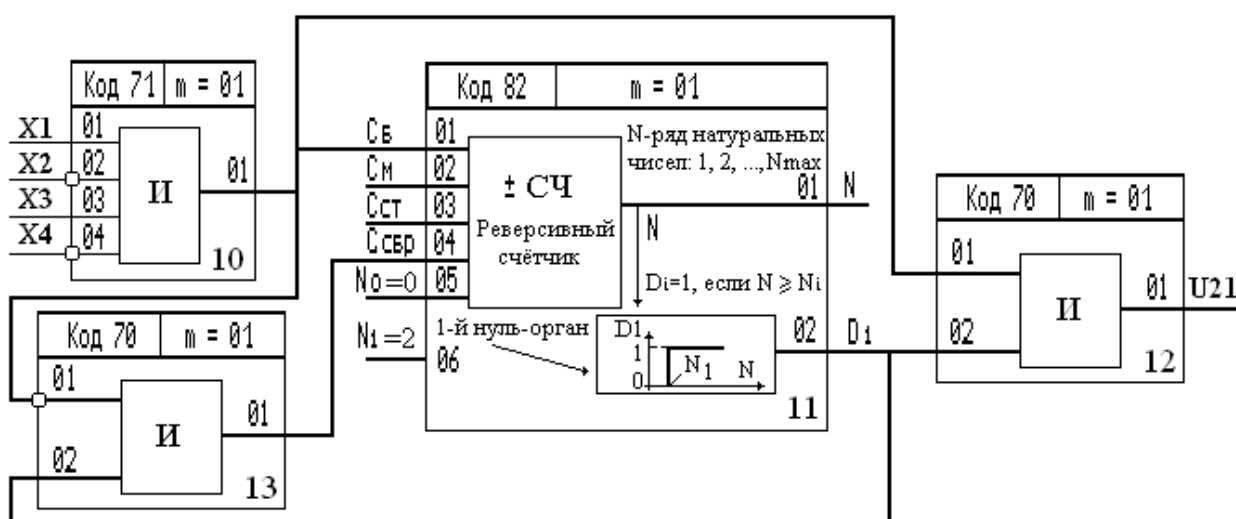


Рис. 1.

По таблице состояний выписывают функции управления (команды). Вначале будем брать единичные состояния, не связанные с памятью. Те состояния, по которым формируются команды с учётом памяти, добавляются отдельно, т.е. в программе собираются на элементе ИЛИ.

Дискретный автомат с контролем последовательности ситуаций

Приведём упрощённый фрагмент программы для пояснения сути контроля последовательности ситуаций.

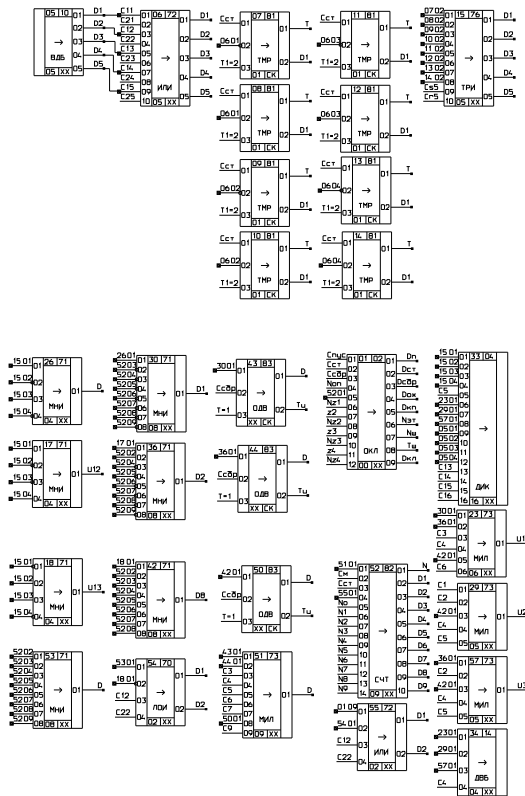


Рис. 2.

Для исключения вероятности появления ложных команд требуется учитывать последовательность обработки алгоблоков.

Кроме того, для повышения надёжности работы дискретного автомата иногда требуется обеспечивать синхронизацию состояний появления очередной ситуации (такта).

Ниже разберём программу циклического управления в зависимости от изменения технологического параметра.

Циклограмма

Представим циклограмму (рис.3), в которой команды формируются не по времени, а в зависимости от изменения технологического параметра. Поясним на примере трёх команд: С1, С2 и С3. По оси Х пусть будет температура. На представленном интервале температуре первая команда выдаётся два раза: С11 – на интервале от 5 до 10⁰С, второй раз С12 – на интервале от 30 до 40⁰С. Введённые обозначения команд должны быть и в программе. Анализируя программу (рис.7), вы можете убедиться в этом. Такие обозначения значительно упрощают работу с программой и снижают вероятность ошибок при корректировке программы во время эксплуатации.

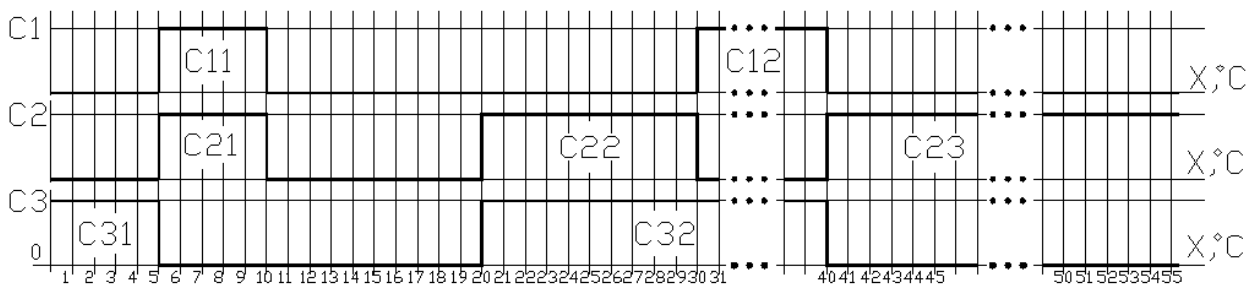


Рис. 3.

Какова же особенность практической реализации? Реальный сигнал с датчика не может быть таким «чистым», поэтому на границах будут формироваться неоднократные изменения состояния команд, что на реальном объекте может привести к авариям. Для исключения такой ситуации следует правильно устанавливать величину гистерезиса в нуль-органе по каждому каналу.

Рассмотрим такую ситуацию на одном канале, например, C1.

На следующей диаграмме (Рис.4) пояснено формирование команды C1, когда гистерезис в НОРе установлен нулю, т.е. отсутствует $\Delta X=0$. Рассмотрим ситуацию, когда значение параметра (температуры) приближается к верхней границе. Реальный сигнал всегда «дышит», поэтому, когда значение температуры дойдёт до верхней границы, то будет неоднократное появление команды C1, что недопустимо.

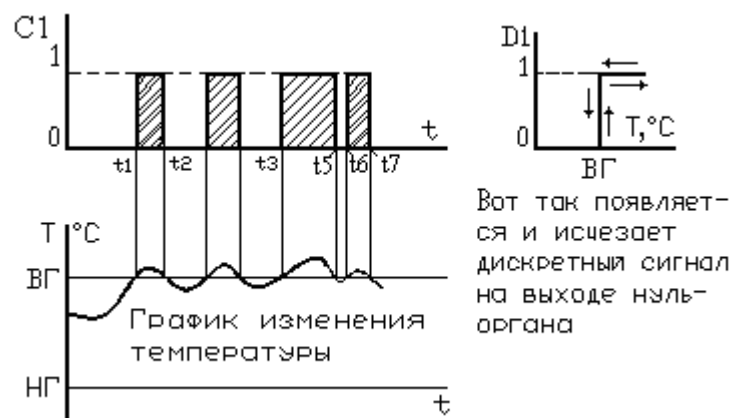


Рис. 4. Графики формирования команды C1 (без гистерезиса)

Рассмотрим ту же ситуацию, только гистерезис в НОРе имеется и значение его правильно выбрано.

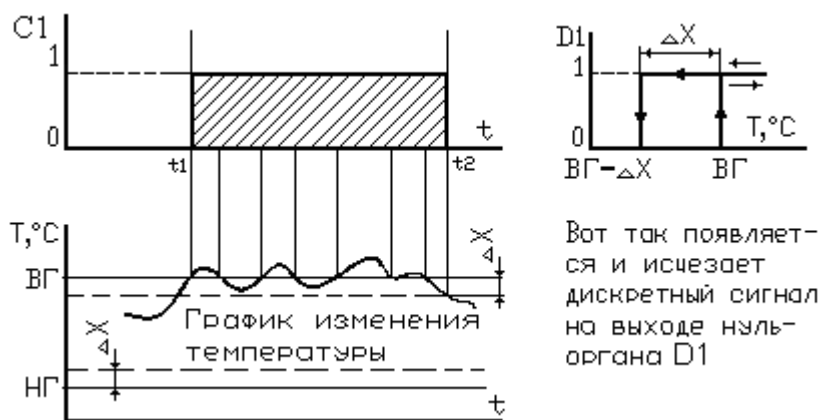
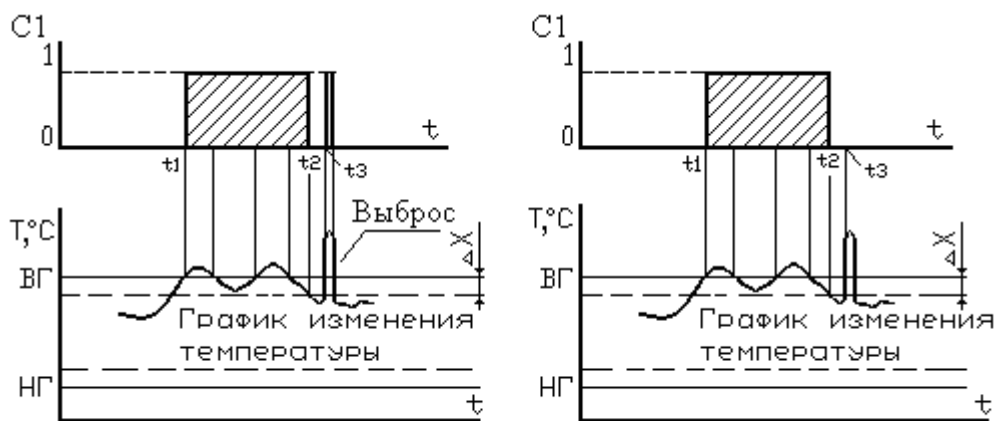


Рис. 5. Графики формирования команды C1 (с гистерезисом)

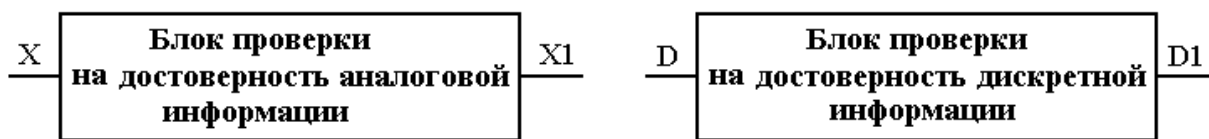


а) защита от выброса отсутствует

б) защита от выброса имеется

Рис. 6. Формирование команды C1 при появлении выброса

На рисунке 7 представлены графики, поясняющие суть защит по дискретным и аналоговым каналам. Программную защиту назовём блоками проверки на достоверность входной информации.



После этих блоков ложная информация не должна поступать в систему контроля и регулирования. На рисунке 7 рассмотрены ситуации по аналоговому и дискретному каналам. По аналоговому каналу ситуация I соответствует обрыву в измерительном канале. Ситуация II представляет случайный выброс. Ситуация III представляет случайный провал сигнала. Случай «замирания» сигнала здесь не рассматривается. Под «замиранием» сигнала понимается значительное уменьшение разброса значений относительно текущего среднего значения сигнала (параметра). Разброс значений оценивают по среднеквадратическому отклонению. Кроме того, в этом случае изменяется и частотный спектр сигнала. По дискретному каналу

рассмотрены две ситуации: «дребезг» сигнала и случайное кратковременное его исчезновение. Под «дребезгом» понимается случайное кратковременное появление логической единицы в дискретном канале. На рисунке 7а рассмотрен сигнал X до блока и сигнал X1 – после блока. На рисунке 7б рассмотрены изменения состояния дискретного сигнала D до блока и состояние сигнала D1 после блока

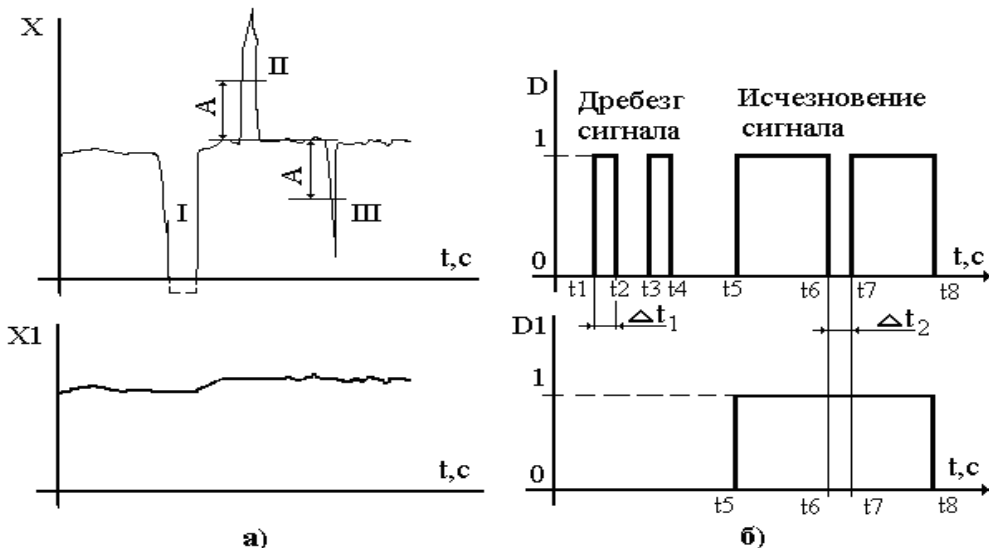


Рис. 7.

Антиреверсная защита. Ещё фрагмент не классического синтеза системы управления. Суть антиреверсной защиты заключается в следующем. Антиреверсная защита не позволяет при движении задвижки в одном направлении мгновенно переключиться на противоположное направление. Например, задвижка начала открываться, но ещё не достигла своего крайнего положения, как вдруг поступает команда «Закреть». В таком случае сбрасывается команда «Открыть», делается задержка по времени и только по истечении этого времени пропускается команда «Закреть». Таким образом, антиреверсная защита обеспечивает корректный переход от открывания к закрыванию или наоборот, исключаются удары в редукторе.

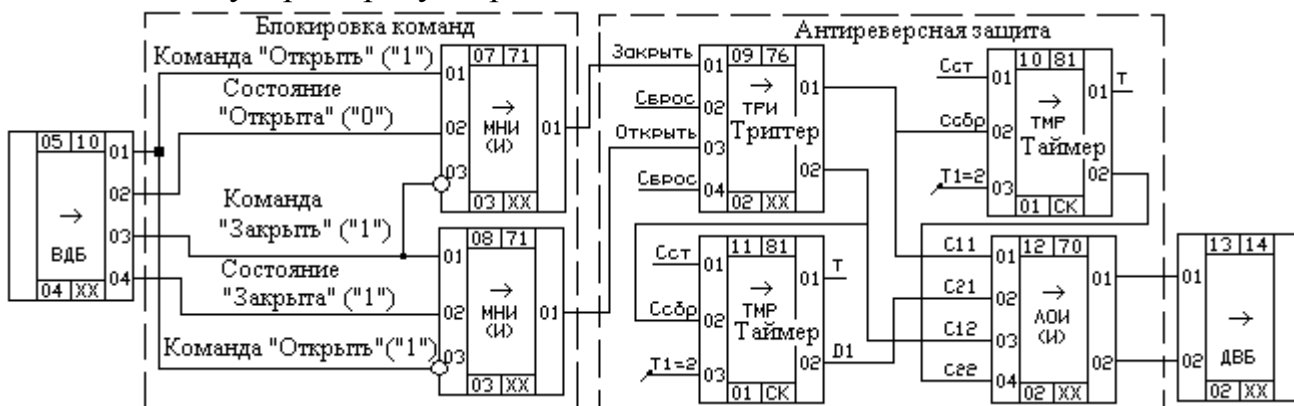


Рис. 8. Фрагмент программы на языке FBD с блокировкой и антиреверсной защитой

Выводы:

- 1) В дискретных системах управления входными могут быть как дискретные, так и аналоговые переменные.
- 2) В качестве элементов памяти могут использоваться не только триггера, но и другие элементы (алгоритмы), например, счётчики.
- 3) Команды управления должны учитывать особенности объекта управления.
- 4) Кроме минимизации функций управления следует проводить и структурные упрощения дискретного автомата.
- 5) Реализация дискретного автомата должна учитывать особенности аппаратной и программной среды конкретного контроллера.
- 6) Не всегда целесообразно синтезировать дискретную систему управления по классической схеме.
- 7) По входным дискретным каналам должна быть защита от «дребезга» и случайного кратковременного исчезновения сигнала.
- 8) При реализации циклического управления в зависимости от значения технологического параметра следует учитывать погрешность измерительного канала и правильно задавать величину гистерезиса на границах по каждому каналу.
- 9) По аналоговому каналу тоже должна быть защита от сбоя или отказа измерительного канала.
- 10) Для исключения появления ложных команд требуется учитывать последовательность обработки алгоблоков в течение одного цикла контроллера.
- 11) Кроме того, для повышения надёжности работы дискретного автомата иногда требуется реализовать синхронизацию состояний появления очередной ситуации (такта).
- 12) После ввода аналоговых или дискретных сигналов в программе необходимо использовать промежуточный клеммник.

Особенности синтеза дискретных систем управления отражены в публикациях [1,2].

Литература:

1. Севастьянов Б.Г. Микропроцессорное управление задвижками, распределяющими потоки жидкости и газа// Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. 2008, №10.-с.1-5.
2. Севастьянов Б.Г. АЛГОРИТМЫ, ПОВЫШАЮЩИЕ НАДЁЖНОСТЬ АСУ ТП - Вторая Всероссийская научно-практическая конференция «Ресурсо- и энергосбережение и эколого-энергетическая безопасность промышленных городов».- г.Волжский, 23–26 сентября 2008г.

заброс частиц воды в турбину может явиться причиной тяжелых механических повреждений ее ротора и лопаток.

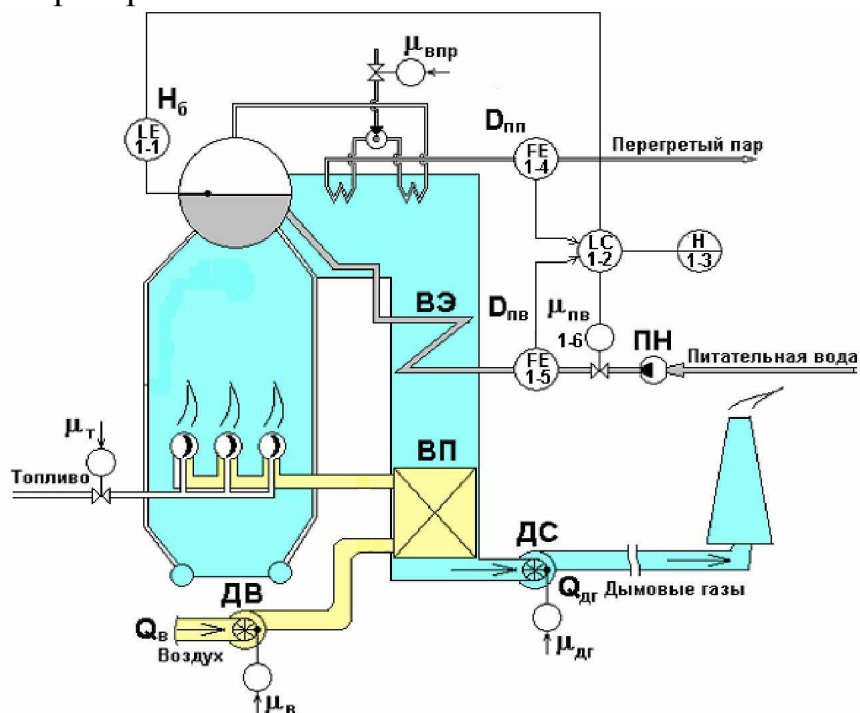


Рис. 2. Система автоматического регулирования питания в барабанном котле

Схемы регулирования. Исходя из требований к регулированию уровня воды в барабане, автоматический регулятор должен обеспечить постоянство среднего уровня независимо от нагрузки котла и других возмущающих воздействий. В переходных режимах изменение уровня может происходить довольно быстро, поэтому регулятор питания для обеспечения малых отклонений уровня должен поддерживать постоянство соотношения расходов питательной воды и пара. Эту задачу выполняет трехимпульсный регулятор (рис. 3).

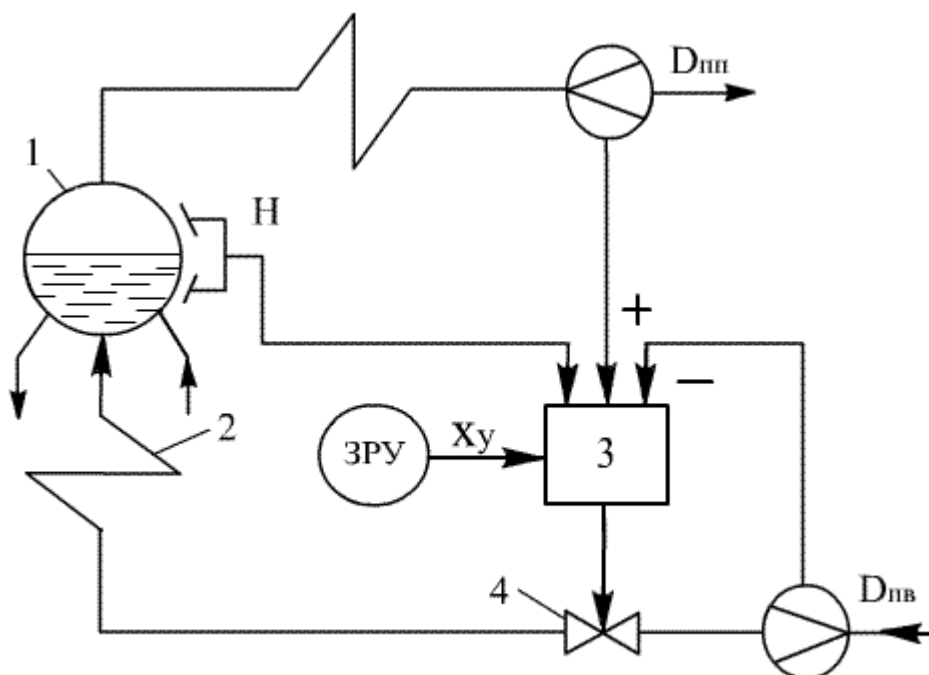


Рис. 3. Трехимпульсная САР питания водой барабанного парагенератора: 1-барабан; 2-водяной экономайзер; 3-регулятор питания; 4-регулирующий клапан питательной воды.

Регулятор 3 перемещает клапан 4 при появлении сигнала небаланса между расходами питательной воды $D_{пв}$ и пара $D_{шт}$. Кроме того, он воздействует на положение питательного клапана при отклонениях уровня от заданного значения. Такая САР питания, совмещающая принципы регулирования по отклонению и возмущению, получила наибольшее распространение на мощных барабанных котлах.

Регулирование водного режима БПК осуществляется следующим образом.

Химический состав воды, циркулирующей в барабанных котлах, оказывает существенное влияние на длительность их безостановочной и безремонтной компаний. К основным показателям качества котловой воды относятся общее солесодержание и избыток концентрации фосфатов.

Поддержание общего солесодержания котловой воды в пределах нормы осуществляется с помощью непрерывной и периодической продувок из барабана в специальные расширители. Потери котловой воды с продувкой выполняются питательной водой в количестве, определяемом уровнем воды в барабане.

Непрерывная продувка осуществляется путем воздействия регулятора на регулируемый клапан на линии продувки (рис 4).

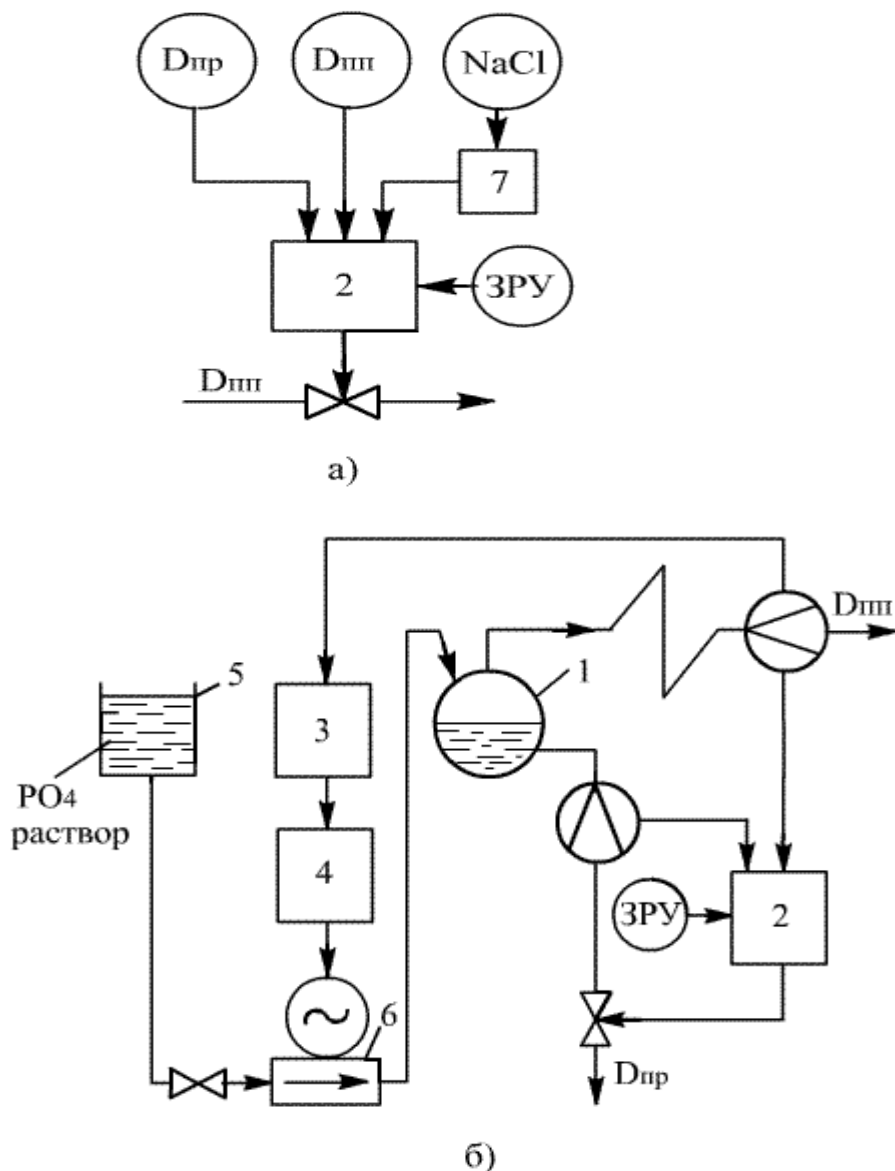


Рис. 4. Регулирование водного режима барабанного пароперегревателя: а-схема регулирования продувки с трехимпульсным регулятором; б-принципиальные схемы регулирования продувки и ввода фосфатов; 1-барабан; 2-регулятор продувки; 3-импульсатор расхода пара; 4-пусковое устройство; 5-мерный бак; 6-плунжерный насос; 7-корректирующий прибор.

Помимо корректирующего сигнала по солесодержанию, на вход ПИ- регулятор 2 поступает сигнал по расходу продувочной воды $D_{пр}$ и сигнал по расходу пара $D_{штп}$ (рис 4,а)

В некоторых случаях значение непрерывной продувки определяется не общим солесодержанием котловой воды, а концентрацией кремневой кислоты. При этом

концентрация кремневой кислоты в допустимых пределах гарантирует поддержание в пределах нормы и общего солесодержания котловой воды.

Концентрация кремневой кислоты в котловой воде оценивается по косвенным показателям: по паровой нагрузке и количеству продуваемой воды. При этом зависимость между содержанием кремневой кислоты, паровой нагрузки и значениями непрерывной продувки устанавливается по результатам специальных теплехимических испытаний котла. Автоматическое регулирование продувки в этом случае осуществляется по двухимпульсной схеме (рис. 4,б).

Для поддержания требуемой щелочности котловой воды барабанный котел оснащается аппаратурной, регулирующей ввод фосфатов. Требуемая концентрация фосфатов устанавливается в зависимости от паровой нагрузки путем ввода фосфатов в чистый отсек барабана.

Сигнал по расходу пара поступает на расходомер 3, электромеханический интегратор которого используется в качестве импульсатора, воздействующего через пусковое устройство 4 на включение и отключение плунжерного фосфатного насоса 6. При увеличении паровой нагрузки увеличивается продолжительность цикла включения насоса, и наоборот. Требуемые соотношения между содержанием фосфатов, паровой нагрузкой и непрерывной продувкой устанавливаются по результатам теплехимических испытаний.

Автоматизация водного режима облегчает труд обходчиков оборудования, позволяет сократить трудоемкий лабораторный анализ качества котловой воды, ведет к увеличению срока безремонтной службы основного оборудования.