

На правах рукописи

Толоконский Андрей Олегович

**АВТОМАТИЗАЦИЯ НАСТРОЙКИ ЗАКОНОВ УПРАВЛЕНИЯ В
НЕСТАЦИОНАРНЫХ СИСТЕМАХ**

Специальность 05 13 06 Автоматизация и управление технологическими
процессами и производствами

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Автор



Москва – 2008

Работа выполнена в Московском инженерно-физическом институте
(государственном университете)

Научный руководитель, доктор технических наук, профессор Власов Виктор
Александрович

Официальные оппоненты

доктор технических наук, начальник отдела Постников В.В, НИКИЭТ
кандидат технических наук Барков С Н , РНЦ «Курчатовский институт»

Ведущая организация ЗАО «СТАЭР»

Защита состоится «30» июня 2008г в 15 час 00 мин на заседании
диссертационного совета Д 212 130 02 МИФИ по адресу 115409, г Москва,
Каширское шоссе, д 31

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке МИФИ

Автореферат разослан «29» мая 2008г

Просим принять участие в работе совета или прислать отзыв в одном
экземпляре, заверенный печатью организации, по адресу МИФИ

Ученый секретарь диссертационного совета
МИФИ, д.т.н., профессор

 Г.В. Петров

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы.

В последнее время в нашей стране и за рубежом наметилась тенденция к созданию в SCADA системах алгоритмов цифрового управления, адаптации и идентификации, которые находятся в различных состояниях готовности к применению на реальных объектах. Поэтому создается интеллектуальное ПО для оперативной оптимизации процесса управления. Кроме того, в связи с особенностями построения SCADA систем ни на одной из известных систем алгоритмы адаптации и идентификации не функционируют в рамках как верхнего и нижнего уровня программного обеспечения АСУТП, на различных процессорах, под управлением различных операционных систем (DOS, WIN, Linux).

Таким образом, актуальной является задача разработки алгоритмов оптимального управления, адаптации и идентификации в рамках SCADA системы функционирующих под различными операционными системами, на разных логических уровнях, с наименьшей ресурсоемкостью.

Цель диссертации.

Целью данной диссертации является разработка алгоритмов управления и ПО (включающее адаптацию, идентификацию и оптимизацию) в рамках многоплатформенной SCADA системы МикСис, практическое использование этого программного обеспечения на реально действующих объектах, на различных логических уровнях АСУ ТП, с последующей возможностью тиражирования и применения на различных объектах требующих адаптивного оптимального управления.

Методы исследования.

Для решения поставленной задачи использованы методы

- 1 Метод пространства состояний для анализа динамических систем
- 2 Вариационные принципы поиска оптимальных управляющих воздействий, математический аппарат теории аналитического конструирования регуляторов.
- 3 Метод векторной обработки данных в АСУТП
- 4 Вероятностные и статистические методы для анализа надежности программно-аппаратных средств, основанные на теории Марковских процессов

Научная новизна полученных результатов.

1 Предложено ввести в состав инструментального арсенала построения АСУТП программные средства адаптивного оптимального управления, позволяющие значительно расширить класс применяемых законов управления, а также реализовывать методы оптимального управления объектами на многоплатформенных SCADA системах, для применения их на различных логических уровнях,

2 Разработано ПО, позволяющее осуществлять адаптивное оптимальное управление нестационарными динамическими объектами,

3. Созданы программные интеллектуальные средства диагностики состояния объектов в рамках системы МикСис, включающие в себя алгоритмы оперативной диагностики и идентификации основанные на обработке результатов сканирования состояния технологических процессов с помощью использования микропроцессоров различной мощности (как на верхнем, так и на нижнем уровне ПО АСУТП),

4 Предложен многокомпонентный подход к анализу количественных характеристик программно-аппаратных комплексов, позволяющий одновременно использовать как справочные данные о надежности, так и результаты экспериментальных испытаний, что существенно облегчает взаимодействие разработчиков и заказчиков при введении АСУ ТП в эксплуатацию Это особенно важно для опасных технологических процессов (подход нашел применение для анализа надежности систем отображения технологической информации)

Практическая ценность проведенного исследования и реализация результатов.

1 Показана необходимость оснащения современных SCADA систем средствами адаптивного управления, позволяющими значительно расширить класс применяемых законов управления и использовать методы оптимального управления,

2 Созданы прикладные средства оперативной диагностики динамических объектов, необходимые для адаптивного оптимального управления, которые интегрированы в SCADA систему МикСис,

3 Предложен многокомпонентный подход для оперативного анализа надежности программно-аппаратных комплексов,

4 Реализованный алгоритм адаптивного оптимального регулятора, скомпилированный в теле исполнительного модуля задачи реального времени RESIDENT EXE SCADA системы МикСис, в настоящее время находится в промышленной эксплуатации в цехе биологической очистки воды КСА города Москвы

5 Подготовленные средства адаптивного оптимального управления в рамках SCADA системы МикСис, предназначенные для управления нестационарными процессами нашли практическое применение на других объектах (информационная система Курской АЭС, АСУТП переработки жидких радиоактивных отходов), подготовленные средства адаптивного оптимального управления в рамках SCADA системы МикСис введены в лабораторный практикум по курсу «Проектирование систем управления» на кафедре «Автоматика» МИФИ

Апробация работы.

Основные положения диссертационной работы докладывались и обсуждались на следующих конференциях и сессиях

- Научной сессии МИФИ-2005 (г Москва, 24-28 января 2005г)
- Научной сессии МИФИ-2006 (г Москва, 23-27 января 2006г)
- Научной сессии МИФИ-2006 (г Москва, 23-27 января 2006г)
- На производственных совещаниях ОКСАТ НИКИЭТ

Публикации.

Основные положения, выводы и практические результаты работы опубликованы в 11 печатных работах и 2 научных отчетах

Структура и объем работы.

Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы из 71 наименования. Общий объем работы составляет 114 страниц. В работе содержится 25 рисунков, 11 таблиц.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обосновывается актуальность темы диссертации, формулируются цели и постановка задачи диссертации, приведены основные научные результаты и их новизна, данные о публикациях и апробации работы.

В первой главе обсуждаются проблемы построения АСУТП ответственных производств, проводится сравнительный анализ современных средств построения АСУТП, рассматриваются характеристики различных SCADA систем, изучаются требования к качеству управления технологическими процессами. На основе проведенного анализа делаются выводы о необходимости учета во многих случаях нестационарных свойств объектов управления и совершенствования способов определения управляющих воздействий. Например, рассмотрим объект, используемый в очистных сооружениях – называемый азротенком. При малых концентрациях растворенных солей для поддержания жизни бактерий (активного ила) необходимо определенное количество подаваемого кислорода. Если активного ила оказывается, по каким-либо причинам, недостаточное количество, то бактерии гибнут от его недостатка – удушья, если кислород поступает в избытке – то бактерии гибнут от голода. При этом теряется способность активного ила к регенерации и еще возникает перерасход электроэнергии из-за избыточной подачи кислорода. Это показывает зависимость хода динамического процесса очистки воды от расхода кислорода, который должен меняться со временем, т.к. степень загрязнения воды не является постоянной.

Весьма актуальным оказывается разработка программного обеспечения расчета управляющих воздействий на основе использования функционалов качества и, соответственно, применения вариационных методов в управлении. Для человеко - машинных систем важнейшей составляющей средств

управления является оперативное информационное обеспечение и пользовательский интерфейс, от качества которых в значительной мере зависит возможность максимального использования опыта операторов при принятии управляющих решений при возникновении опасных технологических ситуаций (в ядерных реакторах и других объектах) В этой связи проявляется важность обеспечения надежности средств управления и отображения Итогом первой главы является постановка задачи диссертации, согласно которой требуется решение следующих вопросов

- изучение эффектов, связанных с процессом управления нестационарными объектами,
- выбор алгоритмов и разработка средств идентификации нестационарных объектов,
- получение условий применимости идентификации нестационарных объектов в цифровых системах регулирования,
- разработка программного обеспечения оперативной идентификации нестационарного объекта и адаптивного оптимального управления, позволяющего функционировать на различных логических уровнях программного обеспечения,
- встраивание разработанного программного обеспечения в SCADA систему МикСис,
- внедрение программного обеспечения для управления реальными технологическими процессами,
- разработка надежных средств отображения информации для использования опыта операторов при управлении технологическими объектами

Во второй главе рассматриваются методы адаптивного регулирования управления нестационарными объектами В существующих SCADA системах предполагается выбор параметров типовых ПИД регуляторов для конечных интервалов времени, на которых производится оперативная идентификация динамических характеристик объектов управления Наличие множества методов идентификации заставляет решать задачу выбора метода, который легко может быть реализован программными средствами и не потребляет больших вычислительных ресурсов

Наибольшее распространение получили статистические методы (корреляционный, байесовский) и аппроксимационные, основанные на применении интеграла Дюамеля и методы, связанные с критерием наименьших квадратов

Методы, основанные на применении метода наименьших квадратов, предполагают использование разностных уравнений, для которых коэффициенты определяются по результатам измерений Эти методы легко реализуются и пригодны для идентификации нестационарных систем (даже

когда коэффициенты разностных уравнений зависят от времени), кроме того, они не предполагают использование специальных случайных процессов. Поэтому они выбраны для применения в SCADA системе МикСис. Практически это делается при помощи алглобков идентификации, и их настройка производится с помощью специально созданного интерфейса, представленного на рис.1.

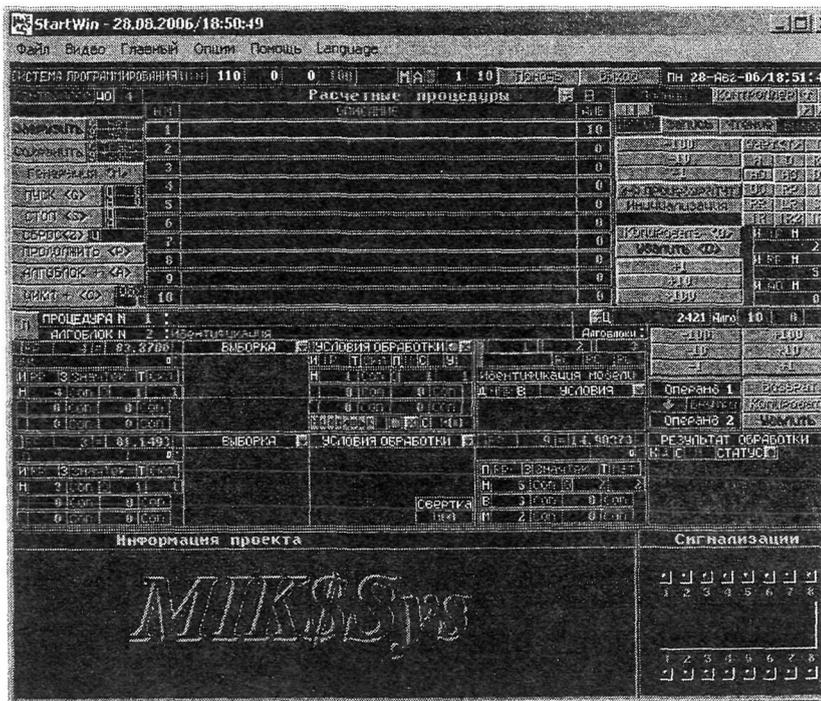


Рис. 1. Видеокадр алглобков идентификации объекта управления

В третьей главе описывается применение математического аппарата аналитического конструирования регуляторов. Постановка задачи имеет следующий вид. Имеется нестационарная динамическая система, описываемая системой дифференциальных уравнений.

$$\dot{X} = A(t)X(t) + B(t)U(t),$$

где $A(t)$ – матрица коэффициентов, $X(t)$ – вектор состояния, $B(t)$ – матрица коэффициентов, $U(t)$ – управляющее воздействие.

Требуется перевести систему из заданного начального состояния x_0 в конечное

состояние, за интервал времени (t_0, t_1) так, чтобы функционал вида

$$\int_{t_0}^{t_1} [x^T(t)R_1(t)x(t) + u^T(t)R_2(t)u(t)]dt + x^T(t_1)P_1x(t_1),$$

где $R_1(t)$, $R_2(t)$ – положительно определенные симметрические матрицы, P_1 – заданная постоянная симметричная положительно определенная матрица (определяет значимость конечного состояния системы) $x(t)$ – отклонение переменных состояния от требуемых значений Поиск движения и управления сводится к решению системы дифференциальных уравнений вида:

$$\begin{bmatrix} \dot{x}(t) \\ \dot{p}(t) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A(t) & -B(t)R_2^{-1}(t)B^T(t) \\ -R_1 & -A^T(t) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x(t) \\ p(t) \end{bmatrix},$$

с начальными условиями $x(t_0) = x_0$ и граничными для вспомогательного вектора $p(t)$ удовлетворяет условию $p(t_1) = P_1x(t_1)$

Аналитическое решение приведенной системы возможно практически только при её низком порядке Поэтому приходится использовать численные методы и при программировании удобнее пользоваться уравнением Риккати

$$-\dot{P}_r(t) = R_1(t) - P_r(t)B(t)R_2^{-1}(t)B^T(t)P_r(t) + A^T(t)P_r(t) + P_r(t)A(t)$$

При этом для матрицы Риккати $P_r(t)$ имеется граничное условие $P_r(t_1) = P_1$

При разработке ПО применен метод прямого интегрирования, который позволяет решать нестационарные задачи и является численным методом, основанным на замене приращении функций дифференциалами

$$P(t + \Delta t) = P(t) + P(t)\Delta t$$

Результатом решения уравнения Риккати является программное управление вида

$$U(t) = -K(t)x(t),$$

где $K(t) = R_2^{-1}(t)B^T(t)P_r(t)$ (а матрица $P_r(t)$ – определяется из матричного уравнения Риккати), причем значения матриц, переменных состояния и управляющего воздействия рассматриваются в дискретный момент времени Для получения явной зависимости $U(t)$ требуется решать уравнение движения системы с учетом последнего соотношения

На рис 2 изображен интерфейс настройки работы оптимального регулятора Использование параметров операции

- Параметр 1 - пропорциональная составляющая
- Параметр 2 – 1-я постоянная (интегрирующая) времени объекта (в секундах)
- Параметр 3 - 2-я постоянная (дифференцирующая) времени объекта (в секундах)

- Операнд 1 - уставка значения выходного сигнала;
- Операнд 2 - регулируемая величина;

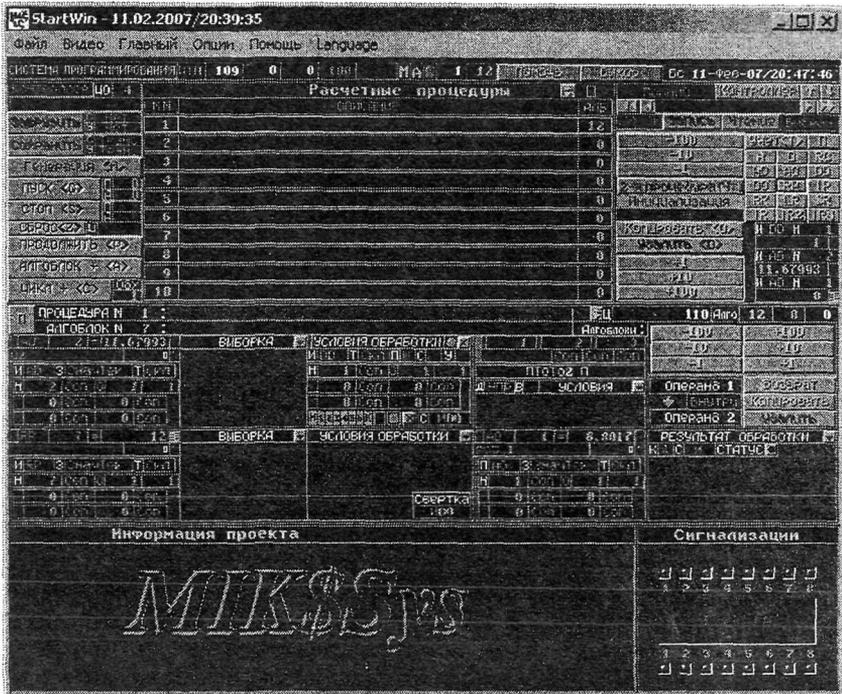


Рис.2. Интерфейс работы регулятора

С помощью интерфейса изображенного на рис.2 осуществляется переход от типового ПИД - регулятора к адаптивному и оптимальному. Для включения алгоритма идентификации используются 3-й 5-й элементы условия операнда1: если 3-й элемент равен *Истина* - включается алгоритм идентификации в диагностическом режиме: в момент установки в значение *Истина* запоминаются начальные значения управления и выхода объекта, которые в дальнейшем используются как смещения соответствующих параметров; если 3-й элемент условия операнда 1 установлены в значение *Истина*, а 4-й элемент в значении *Ложь*, то идентификатор переключается в режим паузы. При этом производится только накопление данных – расчет коэффициентов и коррекция не производится. Если 5-й элемент условия операнда 2 установлен в значение *Истина* (предусмотрено два режима установки автоматический по условию и ручной), то включается режим оптимального управления с

автоматическим подбором весовых матриц R_1 и R_2 . А значения начальных условий отображаются в уставках. Если 5-й элемент условия операнда 2 установлен в значение *Ложь*, значения весовых коэффициентов положительно определенных матриц R_1 и R_2 (матрица R_2 на практике может быть скаляром) задаются «вручную» в приемнике данных алглобла. Значение начальных задаются в «операнде 2» в виде вектора, конечное значение берется из операнда - *уставки*. Если заданы нулевые матрицы, то алгоритм оптимального управления не выполняется.

Проверку работоспособности оптимального регулятора производилась на объекте Аэротенки. Мнемосхема объекта представлена на рис.3.

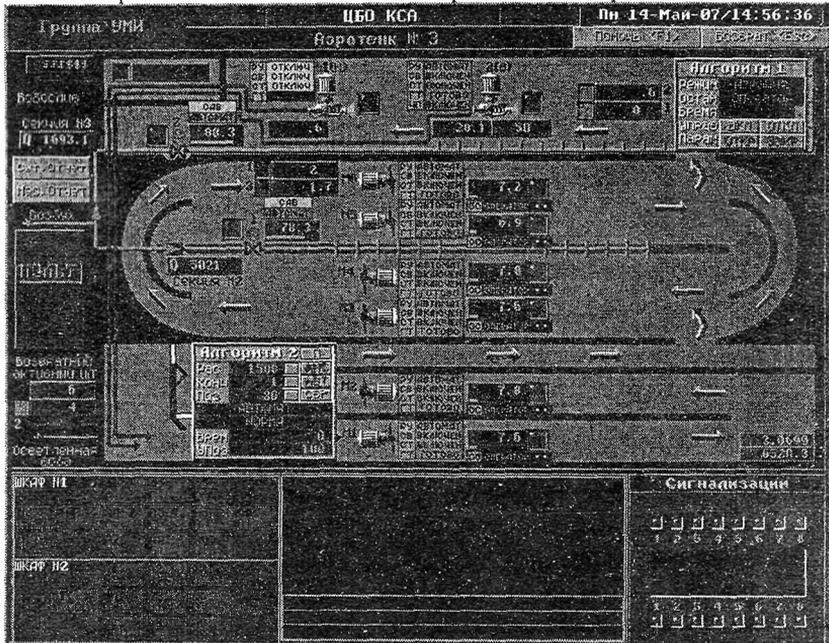


Рис.3. Мнемосхема установки Аэрирования

На представленной схеме показана установка Аэрирования. По шести рукавному коридору протекает очищаемая вода, которая в различные моменты времени имеет различную степень загрязненности. В зоне жизнедеятельности активного ила расположен трубопровод, по которому подается кислород. В данной установке необходимо поддерживать заданный уровень взвешенных веществ (прибор V3), управляя концентрацией растворенного в воде кислорода (прибор Q1), подаваемого в проходящий объем очищаемой воды задвижкой (обозначение по схеме П2). При избыточной подачи кислорода будут

замедляться процессы очистки воды и, кроме того, будет происходить перерасход электроэнергии (вызванный использованием лишних турбовоздуховочных агрегатов) При недостаточном количестве кислорода – активный ил будет задыхаться

При оптимальном управлении выбирается значение уставки, характеризующее благоприятный баланс бактерий и загрязненной воды Управляющим воздействием является концентрация растворенного в воде кислорода Для нормальной работы системы необходимо, чтобы значение концентрации взвешенных веществ было 2,6 г/л с допустимым отклонением в пределах 20% как в положительную, так и отрицательную стороны При этом необходимо, чтобы содержание растворенного в воде кислорода было в пределах 2 мг/л с такими же, как у взвешенных веществ, диапазонами отклонения от заданной величины Исполнительным механизмом для регулирования служит задвижка с пропорциональным исполнительным механизмом Обычно для работы системы в экономичном режиме задвижка открыта примерно на 75% В случае если через азротенк проходит вода с высокой степенью загрязнения и кислорода не хватает, то выдается команда на включение дополнительного турбовоздуховочного агрегата, находящегося в резерве готовности В этом случае количество подаваемого кислорода в трубопроводе повышается, и задвижка возвращается в исходное состояние При уменьшении степени загрязненности проходящей через систему воды для экономии электроэнергии дополнительный турбовоздуховочный агрегат отключается

При проведении в течение нескольких дней идентификации объекта, с заранее определенной структурой получили передаточную функцию следующего вида

$$W(s) = \frac{1}{(15S + 1)(8S + 1)}$$

Будем полагать, что это в некотором смысле «усредненная» передаточная функция объекта, характеризующая состояние азротенка когда через него проходит вода «обычной» загрязненности.

Управление при использовании типового ПИД закона регулирования

Для данного случая, при изменившихся динамических характеристиках объекта управления, уравнение состояния объекта имеет вид

$$\dot{x} = \begin{bmatrix} -0,125 & 1 \\ 1 & -0,067 \end{bmatrix} x + \begin{bmatrix} 0 \\ 14,3 \end{bmatrix} u$$

Временная диаграмма работы азротенка при типовом ПИД законе регулирования взвешенных веществ, представлена на рис. 3 4 В данном случае при стационарных режимах объекта регулятор отрабатывает изменение уставок достаточно успешно Но в случае изменения динамических свойств объекта регулятор не будет справляться с возложенными на него функциями

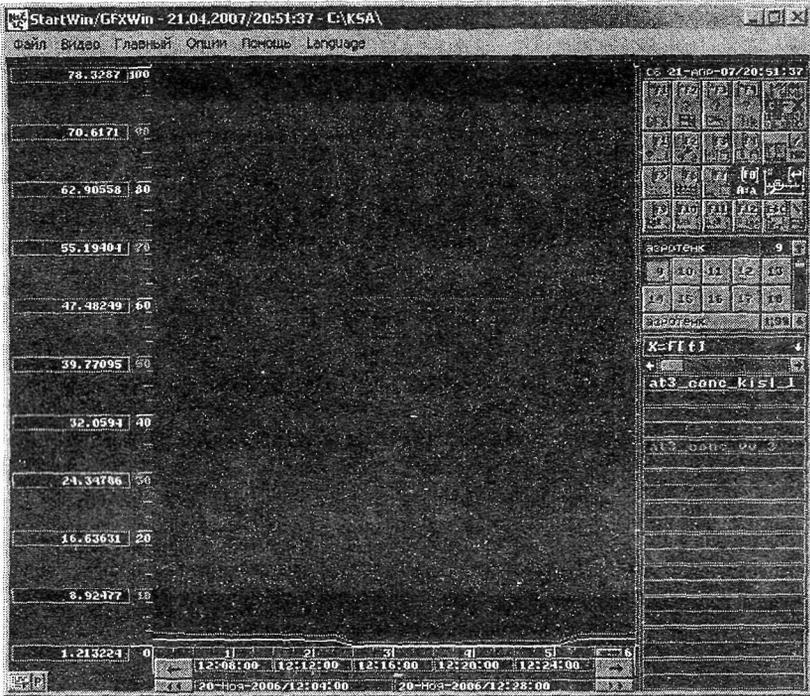


Рис.4.Переходной процесс, полученный при использовании типового ПИД – закона регулирования

Совсем другая картина получается при изменении системой своих динамических свойств. В случае изменения степени загрязненности в большую сторону, от обычного среднего значения, динамических характеристик аэротенка представлены на рис.5. Для данного случая уравнение состояния объекта имеет вид:

$$\dot{x} = \begin{bmatrix} -0,0344 & 1 \\ 1 & -0,0526 \end{bmatrix} x + \begin{bmatrix} 0 \\ 19 \end{bmatrix} u,$$

а степень загрязненности очищаемой воды выросла почти в три раза, соответственно динамические характеристики системы изменились, следовательно, время переходного процесса возросло, нормальная работа системы нарушилась. Из временных диаграмм видно, что в начальный момент изменения характеристик системы количество растворенного в воде кислорода не соответствует значению взвешенных веществ, а во второй половине диаграммы наоборот превышает. В данном случае в первой фазе переходного

процесса активный ил находится в фазе «удушья», а во второй части: в фазе «голода».

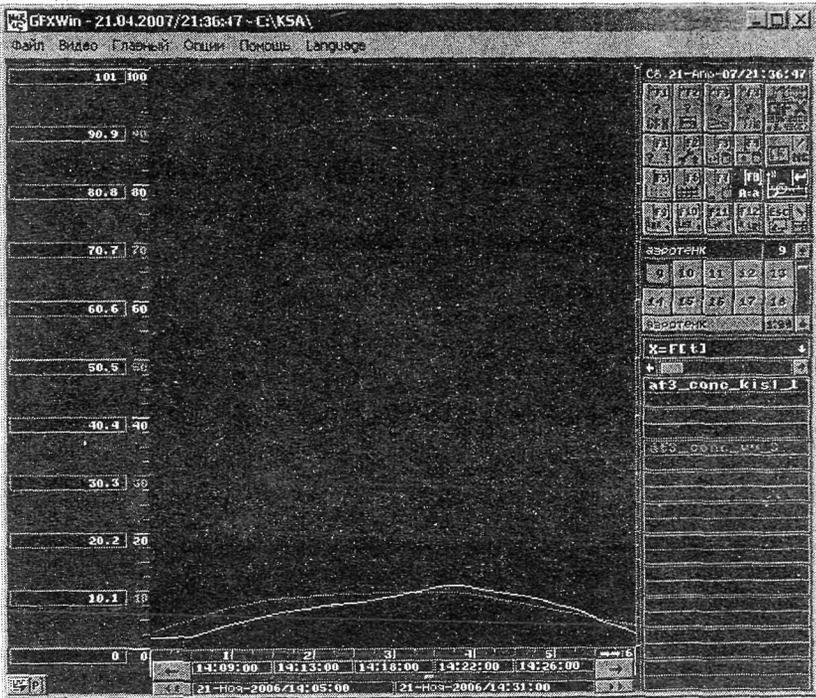


Рис. 5. Переходной процесс, когда объект поменял свои динамические характеристики

При более значительных и длительных изменениях динамических характеристик объекта активный ил может «умереть».

Временная диаграмма работы азротенка при типовом ПИД законе регулирования взвешенных веществ с идентификацией динамических параметров объекта, представлена на рис.6. Из диаграмм видно, что при изменении динамическим объектом своих свойств, система управления осуществляет идентификацию измененных параметров, автоматически подставляя новые значения в настройки регулятора, при этом регулятор выдает управляющее воздействие на исполнительный механизм для открытия задвижки и соответственно подачи растворяющегося в воде кислорода.

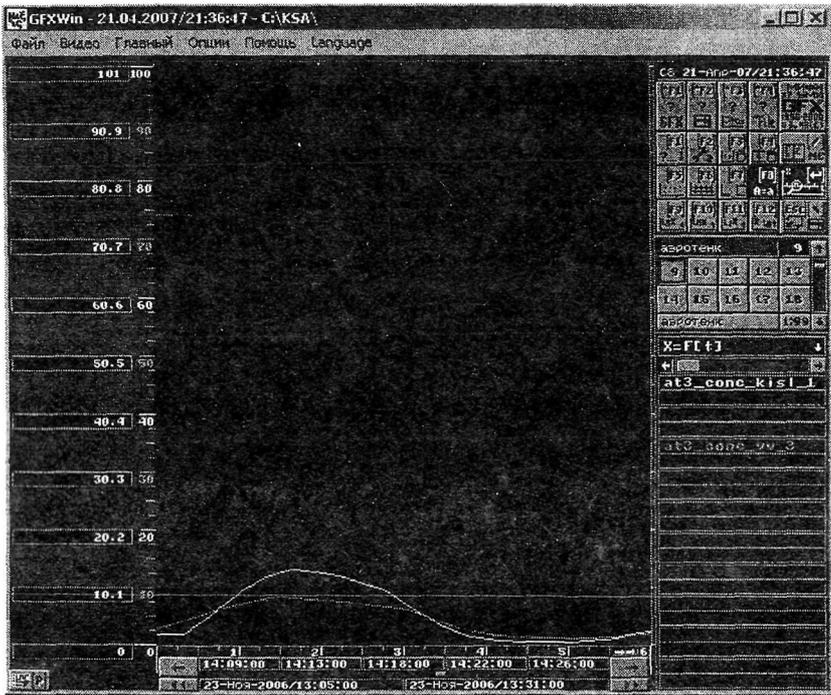


Рис.6. Переходной процесс, полученный при использовании типового ПИД – закона регулирования с использованием идентификации объекта управления

Из диаграмм видно, что в некоторые моменты времени концентрация растворенного в воде кислорода значительно превышает значение взвешенных веществ, что неблагоприятно сказывается на популяции активного ила. Но в отличие, от случая, с типовым ПИД регулятором в течение десяти минут работоспособность объекта приходит в норму.

Временная диаграмма работы аэротенка при использовании оптимального закона управления представлена на рис.7.

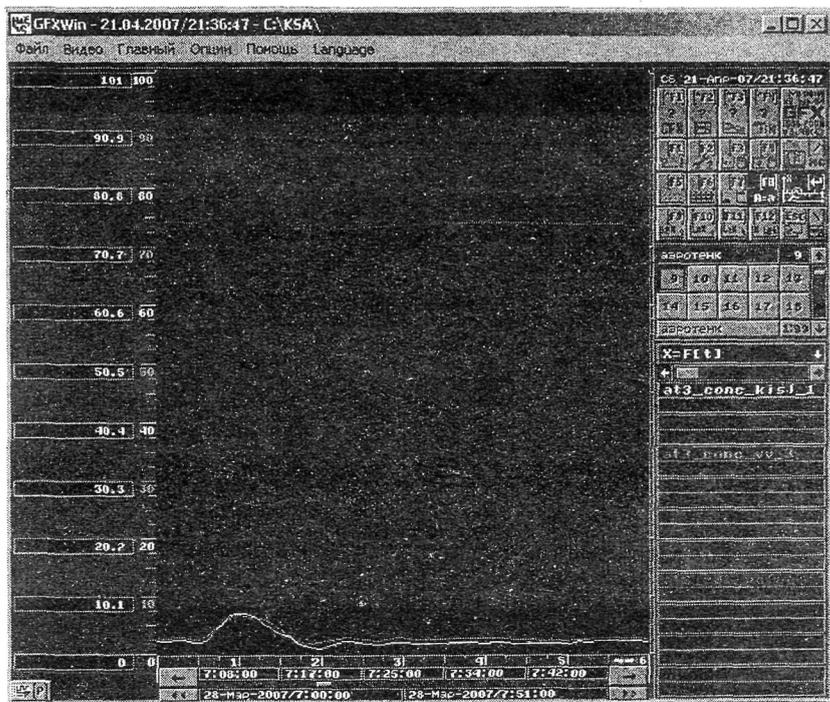


Рис.7. Переходной процесс, полученный при использовании оптимального закона регулирования

Из диаграммы видно, что в момент времени обозначенный риской как 0,5 происходит изменение динамических характеристик объекта. При этом производится идентификация новых динамических характеристик. Полученное новое уравнение состояния системы для данного случая имеет вид

$$\dot{x} = \begin{bmatrix} -0,0384 & 1 \\ 1 & -0,0492 \end{bmatrix} x + \begin{bmatrix} 0 \\ 20,3 \end{bmatrix} u.$$

Далее рассчитывается оптимальное управляющее воздействие и траектория перехода системы в штатное рабочее состояние, таким образом, чтобы перевод системы из возмущенного состояния осуществлялся не более чем за 10 минут. В это же самое время осуществляется расчет вектора весовых матриц для управляющего воздействия с учетом наложенных ограничений на управляющее воздействие. Затем производится выбор оптимальных весовых матриц и в соответствии с выбранными матрицами выдается на исполнительный механизм соответствующее управляющее воздействие для осуществления этого перехода – выдаваемое в момент времени обозначенный риской 0,75.

В человеко – машинных системах одной из основных составляющих средств управления является оперативное информационное обеспечение. Для ряда объектов разработаны средства отображения информации и пользовательский интерфейс. Для примера на рис.8 и рис.9 представлены мнемосхемы которые используются при управлении реакторами Курской АЭС и Критическим стендом спецустановки (РНЦ "Курчатовский институт").

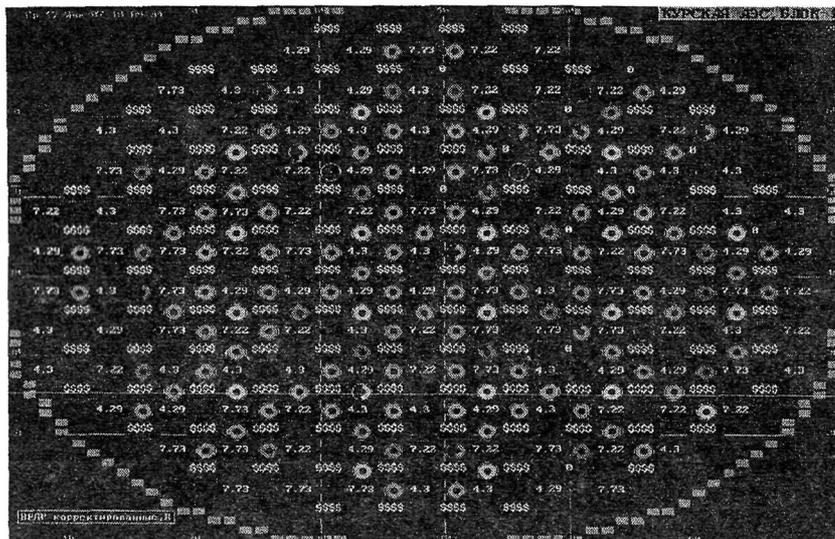


Рис.8. Курская АЭС 1 энергоблок, мнемосхема высотных датчиков реактивности, скорректированные значения

Средства оперативного отображения информации разработаны также для ряда других объектов, информация о которых помещена в текст диссертации.

В данном случае речь идет о программно – аппаратных комплексах Поэтому в рассматриваемой главе сделана попытка объединения этих двух подходов Для технических средств используются заводские данные об их надежности Для программных средств предполагается проведение экспериментальных испытаний, при этом необходимые их объемы возможно получить на современных вычислительных средствах за сравнительно короткие интервалы времени Наиболее приемлемой характеристикой надежности является финальная вероятность отказа (или работоспособности) Вероятность безотказной работы программно – аппаратного комплекса рассчитывается по формуле $P_0 = P_T P_{\text{П}}$, где P_0 – вероятность успешного выполнения требования системой отображения, P_T – вероятность исправности технических средств (в том числе и вычислительных) при обращении к системе отображения, $P_{\text{УП}}$ – условная вероятность выполнения требования программным обеспечением (условием является исправность технических средств)

Для величины $P_{\text{УП}}$ используется её статистическая оценка полученная по результатам испытаний Это дает возможность строить доверительные интервалы для $P_{\text{УП}}$ При анализе надежности использовался экспоненциальный закон распределения Поэтому для $P_i(t)$ имеют место дифференциальные уравнения:

$$\frac{dP_i}{dt} = -(\sum_{j \neq i} \lambda_j) P_i + \sum_{j \neq i} \lambda_j P_j,$$

где суммирование ведется по индексу j , $P_i = P_i(t)$ – вероятность нахождения системы в состоянии с номером i в момент времени t , λ_j – интенсивность перехода из состояния j в состояние i Для любого момента времени t имеется соотношение $\sum_{i=1}^N P_i = 1$ Если заданы начальные условия, то данная система может быть решена

Для вычисления финальных вероятностей требуется решить систему уравнений

$$-(\sum_{j \neq i} \lambda_j) P_i + \sum_{j \neq i} \lambda_j P_j = 0,$$

$$\sum_{i=1}^N P_i = 1$$

Упрощенный расчет финальных вероятностей может быть произведен часто в тех случаях, когда многие из величин λ_j равны нулю Фактически такой подход приведет к использованию событийного анализа отказов различных частей технической системы Этот путь определения финальных вероятностей состояний будет рассмотрен далее на примерах анализа конкретных технических структур

При помощи изложенного подхода проведены расчеты финальных вероятностей (коэффициентов готовности системы) для различных

структурных схем резервирования элементов систем отображения

- резервируется только программно-аппаратная вычислительная часть,
- резервируется только средство отображения,
- резервируется как программно - аппаратная, так и средства отображения(здесь рассмотрены различные варианты резервирования),
- резервирование осуществлено по логике 2 из 3

Для примера приведены результаты расчетов для многоэлементного табло в условиях, когда $N=250$, $\lambda=3 \cdot 10^{-3}$ час⁻¹, $\mu=0,1$ час⁻¹ приведены в табл 4 1 Там же приведены некоторые промежуточные расчетные данные, при этом

$$\nu = \frac{\lambda}{\mu} = 0,0003, 1-\nu=0,9997$$

Таблица 1
Результаты расчетов вероятности работоспособности многоэлементного табло

1	C_i	ν^i	$(1-\nu)^{N-i}$	$C_i \nu^i (1-\nu)^{N-i}$	$P_{\text{раб}} (n \leq i)$	$P_{\text{отк}} (n > i)$
1	2	3	4	5	6	7
0	1	1	0,9278	0,93	0,93	$0,70 \cdot 10^{-1}$
1	$2,5 \cdot 10^{-2}$	$3 \cdot 10^{-4}$	0,9281	$0,70 \cdot 10^{-1}$	$1-0,26 \cdot 10^{-2}$	$0,26 \cdot 10^{-2}$
2	$3,1 \cdot 10^{-4}$	$9 \cdot 10^{-8}$	0,9284	$0,26 \cdot 10^{-2}$	$1-0,65 \cdot 10^{-5}$	$0,65 \cdot 10^{-5}$
3	$2,6 \cdot 10^{-6}$	$2,7 \cdot 10^{-13}$	0,9286	$0,65 \cdot 10^{-5}$	$1-0,12 \cdot 10^{-7}$	$0,12 \cdot 10^{-7}$
4	$1,6 \cdot 10^{-8}$	$8,1 \cdot 10^{-17}$	0,9289	$0,12 \cdot 10^{-7}$	$1-0,18 \cdot 10^{-9}$	$0,18 \cdot 10^{-9}$
5	$7,8 \cdot 10^{-11}$	$2,43 \cdot 10^{-20}$	0,9292	$0,18 \cdot 10^{-9}$	$1-0,22 \cdot 10^{-11}$	$0,22 \cdot 10^{-11}$
6	$3,19 \cdot 10^{-11}$	$7,29 \cdot 10^{-24}$	0,9295	$0,22 \cdot 10^{-11}$	$1-0,23 \cdot 10^{-13}$	$0,23 \cdot 10^{-13}$
7	$1,11 \cdot 10^{-13}$	$2,19 \cdot 10^{-27}$	0,9298	$0,23 \cdot 10^{-13}$	$1-0,206 \cdot 10^{-15}$	$0,206 \cdot 10^{-15}$
8	$3,37 \cdot 10^{-14}$	$6,56 \cdot 10^{-31}$	0,9300	$0,21 \cdot 10^{-15}$	$1-0,17 \cdot 10^{-17}$	$0,17 \cdot 10^{-17}$
9	$9,06 \cdot 10^{-15}$	$1,97 \cdot 10^{-34}$	0,9303	$0,17 \cdot 10^{-17}$	$1-0,12 \cdot 10^{-19}$	$0,12 \cdot 10^{-19}$
10	$2,18 \cdot 10^{-17}$	$5,90 \cdot 10^{-38}$	0,9306	$0,12 \cdot 10^{-19}$	$1-0,46 \cdot 10^{-23}$	$0,46 \cdot 10^{-23}$
11	$4,76 \cdot 10^{-18}$	$1,04 \cdot 10^{-42}$	0,9309	$0,46 \cdot 10^{-23}$		

При расчетах и в таблице использованы обозначения

N – количество элементов в табло,

i – допустимое число отказавших элементов, когда табло считается работоспособным,

λ - интенсивность отказа элемента,

μ - интенсивность восстановления элемента

Основные выводы и результаты

1 Анализ современных систем управления технологическими процессами показал, что в процессе управления, как правило, возникают ситуации, связанные как с сильным изменением состояния объекта, так и с изменением его динамических характеристик. Учитывая необходимость обеспечения требуемых режимов эксплуатации, предложено ввести в SCADA систему программные инструменты для оптимального приближения к проектным режимам.

2 Обеспечение должного качества управления может достигаться не только автоматически, но и оператором (как это делается, например в АСУТП АЭС). В этом случае важнейшей составляющей системы управления являются средства отображения технологической информации и специальное программное обеспечение с помощью которого осуществляется управление.

3. Для реализации автоматического управления разработано и внедрено в многоплатформенную SCADA систему МикСис программное обеспечение адаптивного оптимального управления, в котором используются результаты теории аналитического конструирования регуляторов.

4 Разработанное программное обеспечение функционирует на различных логических уровнях АСУТП (как верхнем на ПЭВМ, так и нижнем в контроллере).

5 Для ответственных производств необходимо обеспечение должного уровня надежности средств отображения технологической информации. Поэтому предложена методика экспресс-анализа характеристик надежности, различных систем отображения, технологической информации.

6 Результаты работы были использованы при разработке информационной системы Курской АЭС, АСУТП «Переработки жидких радиоактивных отходов», АСУТП «ЦБО Аэротенки КСА», АСУТП «Критического стенда» РНЦ "Курчатовский институт", АСУТП «Сушильной камеры кирпича», а также в лабораторном практикуме по курсу «Проектирование систем управления», который проводится на кафедре автоматика МИФИ.

ОПУБЛИКОВАННЫЕ РАБОТЫ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

- 1 Власов В А , Толоконский А О , Прикладной пакет создания АСУТП и конструирования оператора МикСис // Приборы и Системы управления - 1999 -№9 - С 35
- 2 Слепицкий А Е , Толоконский А О , и др , «Автоматизация насосной станции №3 КСА // Сборник Научная сессия МИФИ 2001 год / Том 1, С 43
- 3 Лебедев В О , Толоконский А О , и др Разработка ПО устройства функциональной проверки автоматической защиты реактора // Сборник Научная сессия МИФИ 2002 год Т 1, С 35
- 4 Лебедев В О , Толоконский А О , и др Система пожарной сигнализации, информационного обеспечения и видеонаблюдения // Сборник Научная сессия МИФИ 2003 год Т 1, С 29
- 5 Власов В А , Толоконский А О Управление нестационарными системами первого порядка // Сборник Научная сессия МИФИ 2004 год Т 1, С 40
- 6 Власов В А , Толоконский А О , Головонев В Е , Вероятностные характеристики отказов систем отображения // Сборник Научная сессия МИФИ 2005 год Т 1 , С 42
- 7 Власов В А , Толоконский А О Использование аналитического конструирования регуляторов при внезапном изменении динамических характеристик объекта // Сборник Научная сессия МИФИ 2005 год Т 1, С 45
- 8 Власов В А , Головонев В Е , Толоконский А О , Анализ вероятности отказа систем отображения // Промышленные контроллеры АСУ - 2005-№4 - С 25
- 9 Разработка программного обеспечения для АСУТП имитаторов ТВЭЛов / Лебедев В О , Толоконский А О , и др , / Сборник Научная сессия МИФИ, 2006 год, Т 1, С 42
- 10 Толоконский А О , Введение в АСУТП интеллектуальных программных средств для оптимального управления // Сборник Научная сессия МИФИ 2007 год, Т 1, С 50
- 11 Толоконский А О , Средства адаптивного оптимального управления в SCADA системе МикСис // «Приборы и Системы управления» - 2007 - №1 - С 15

Подписано в печать 27 05 2008 г
Печать трафаретная

Заказ № 482
Тираж 100 экз

Типография «11-й ФОРМАТ»
ИНН 7726330900
115230, Москва, Варшавское ш , 36
(495) 975-78-56, (499) 788-78-56
www.autoreferat.ru