

УДК 681.3.06:621.396.6

# ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ И ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ И СОЗДАНИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СИСТЕМ ДЛЯ ПРЕЦИЗИОННОГО КОНТРОЛЯ И УПРАВЛЕНИЯ ПАРАМЕТРАМИ ВОДНО-ХИМИЧЕСКИХ РЕЖИМОВ ТЕПЛОНОСИТЕЛЕЙ ЭНЕРГОСИСТЕМ И СТОЧНЫХ ВОД В НЕФТЕГАЗОВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

**Ф.А. Карамов**

*Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева - КАИ*  
Россия, 420111, Казань, Карла Маркса ул., 10  
E-mail: [FAKaramov@kai.ru](mailto:FAKaramov@kai.ru)

**Р.Ф. Кульмаметов**

*Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева - КАИ*  
Россия, 420111, Казань, Карла Маркса ул., 10  
E-mail: [RKulmametov@kai.ru](mailto:RKulmametov@kai.ru)

**Я.Ф. Карамова**

*Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева - КАИ*  
Россия, 420111, Казань, Карла Маркса ул., 10  
E-mail: [KaramovaYaF@stud.kai.ru](mailto:KaramovaYaF@stud.kai.ru)

**Ключевые слова:** измерение параметров, контроль параметров, интеллектуальные системы, водно-химические режимы теплоносителей.

**Аннотация:** Работа посвящена анализу перспективных направлений и принципов построения нового класса электронно-измерительных комплексов контроля параметров водно-химического режима основного конденсата турбин с расширенным диапазоном рабочих температур и давлений, с дистанционной передачей измеряемой и передаваемой информации. В ходе выполнения научно-исследовательской работы будут исследованы и выработаны измерительные алгоритмы и программные аспекты обеспечения измерений параметров водно-химического режима теплоносителя, обработки данных и архивации их с фиксацией реального времени измерения, выработаны рекомендации для улучшения технологии и уменьшения влияния процессов солеотложений и внутренней коррозии в системах трубопроводов.

Результаты данной работы составят базу для развития функций постоянно действующих пробоотборных точек и реализации комплекса прецизионных измерений микрореконцентраций растворенных в теплоносителе примесей и характерные параметры

непосредственно в системе технологических трубопроводов теплоэнергетических агрегатов. Научные результаты исследований, полученные при выполнении данной работы, предназначены для использования их при построении новых современных электронно-измерительных систем комплексных измерений параметров теплоносителя при вариации давления, температуры, общей жесткости, содержания кислорода и электропроводности теплоносителя с выводом результатов на монитор специального ЭВМ. В ходе выполнения научно-исследовательской работы будут решены следующие научно-технические задачи:

- исследованы принципы построения новых интеллектуальных датчиков для создания на их основе современных автоматизированных систем и комплексов диагностики, контроля и обеспечения эффективности теплоэнергетических систем при реализации замкнутого цикла обращения теплоносителя;
- разработаны принципы построения локальных электронных измерителей и первичных преобразователей информации для измерения: температуры, удельной электропроводности, давления, жесткости и концентрации кислорода нового поколения на основе микроэлектродных ансамблей для непрерывного контроля, мониторинга и экспресс-анализа водно-химического режима теплоносителя.

Работы по теме будут основаны на фундаментальных научных результатах /1, 2/ не имеющих в данной области мировых аналогов по созданию сенсоров на базе микроэлектродных ансамблей и совместного их применения с микроконтроллерами при создании автоматизированных электронных систем виртуального измерения и измерения в реальном масштабе времени концентрации растворенных в водных растворах примесей в микрограммовом диапазоне. Перспективность локальных измерителей особо актуально при их внедрении в системах обеспечения контроля качества теплоносителя и контроля параметров водно-химического режима теплоносителей в структурах теплоэнергоснабжения с минимизацией воздействия коррозионных процессов и уменьшением солеотложений в тепло-энергетических установках.

Основные технико-экономические эффекты при реализации проекта заключаются в следующем. Полученные при проведении данной работы результаты будут основой и направлены на: уменьшение или полную ликвидацию безвозвратных потерь и общее снижение расхода теплоносителя и охлаждающей сырой воды, получение научно-технических данных для реализации современных точных методов измерения параметров технологического цикла теплоносителя, уменьшение прямых расходов на очистку, связанных с солеотложениями, коррозией и заменой узлов и агрегатов теплоэнергетических установок.

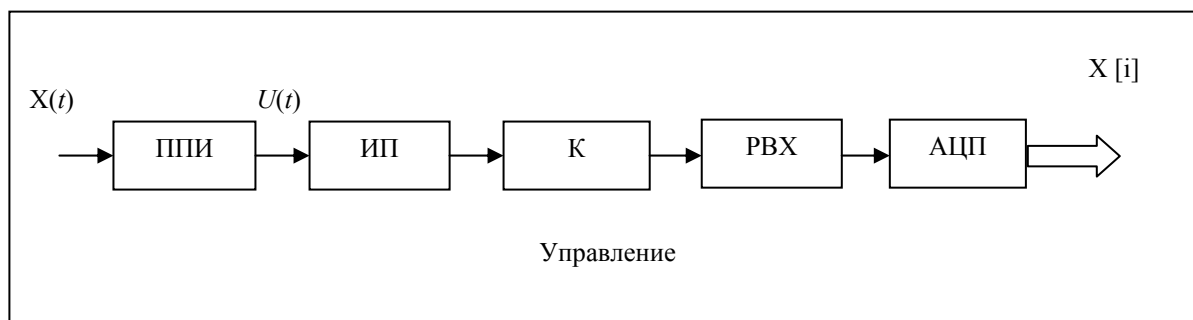
При разработке и создании автоматизированных систем измерения, диагностики, мониторинга и управления важным звеном в проектировании является ввод преобразованных аналоговых сигналов с различных первичных преобразователей сигналов-датчиков. Выбранная среда программирования и заданный базовый спектр оборудования для ввода и вывода информации должны создавать гибкие, легко изменяемые и масштабированные модули и приложения для решения задач автоматизированного измерения, мониторинга и контроля в различных отраслях науки, техники и производства. Особенно эти преимущества должны проявляться при работе со сложными системами, которые характеризуются большим числом элементов конкретной системы и большим числом связей между ними. В разрабатываемой автоматизированной электронно-измерительной системе в качестве таких параметров могут выступать, например:

- температура теплоносителя в интервале от 00 до 3600 С;
- давление среды в диапазоне от 1 до 200 атм;
- электропроводность среды от 1 до 10 мкСм/см;

- концентрация растворенного в теплоносителе конкретных веществ, например, кислорода в интервале от 0 до 20 мг/дм<sup>3</sup>;
- общая жесткость среды от 0,2 до 5 мкг-экв/дм<sup>3</sup>.

Здесь необходимо отметить, что в зависимости от специфики конкретного первичного преобразователя информации будет сильно зависеть конфигурация входной части заданного измерительного канала. Общим для ввода аналоговых сигналов в структурной схеме (рис. 1.) измерительного канала системы будет наличие первичного преобразователя информации (ППИ), измеряемой физической величины  $X(t)$ . Далее сигнал подается на измерительный преобразователь (ИП). Основная функция данного устройства состоит в электрическом согласовании выходного сигнала ППИ с последующими устройствами канала. В нашей системе в него войдут:

- прецизионные схемы для обеспечения измерения температуры среды;
- измерительный усилитель в блоке для обеспечения измерения проводимости;
- схема преобразователя тока в напряжение измерительной ячейки в блоке анализатора концентрации кислорода;
- масштабирующего усилителя в системе измерения общей жесткости теплоносителя;
- усилителя с заданным коэффициентом усиления в измерительном канале давления среды.



**Рис. 1.** Структурная схема конкретного измерительного канала.

Коммуникатор (К) обеспечивает поступление нормированных сигналов в регистр выборки и хранения (РВХ) и далее на вход аналого-цифрового преобразователя (АЦП). Основное назначение РВХ – возможна быстрая выборка значения аналогового сигнала в момент времени  $t_i$  и запоминание ее значения на время преобразования АЦП. Таким образом, устраняется динамическая погрешность работы АЦП. На выходе аналого-цифрового преобразователя формируется цифровой код  $X[i]$ , эквивалентный значению напряжения  $U(t_i)$  в момент времени  $t_i$ . Основными требованиями к первичным преобразователям информации являются:

- обеспечение необходимой точности измерений;
- обеспечение необходимого быстродействия или необходимого частотного диапазона;
- в некоторых случаях принципиальным является обеспечение линейности зависимости входного воздействия и выходного сигнала;
- стабильность характеристик ППИ во времени;
- к важным требованиям относятся вопросы помехозащищенности в измерительной среде и ее окружении;

- необходимость решения вопросов надежности работы первичных преобразователей информации.

Вопросы практической и совместной реализации этих требований приводит к необходимости дополнительных схемных и алгоритмических решений для обработки сигнала конкретного первичного преобразователя информации.

В ходе отражения результатов научно-исследовательской работы будут обоснованы и определены принципы построения новых интеллектуальных датчиков применимых для создания на их основе современных автоматизированных комплексов диагностики, контроля и обеспечения эффективности теплоэнергетических систем при реализации замкнутого цикла обращения теплоносителя. Заложены научно-технические основы построения локальных электронных измерителей и первичных преобразователей информации для измерения: температуры, удельной электропроводности, давления, жесткости и концентрации кислорода нового поколения на основе микроэлектродных ансамблей для непрерывного контроля, мониторинга и экспресс-анализа водно-химического режима теплоносителя. Проведены исследования работоспособности, стабильности и устойчивости показаний некоторых макетных образцов мониторинга параметров водно-химического режима теплоносителя на базе интеллектуальных датчиков с дистанционными технологиями передачи информации в системах теплоэнергетики. Исследованы и выработаны измерительные алгоритмы и программные обеспечения измерений параметров водно-химического режима теплоносителя, обработки данных и архивации их с фиксацией реального времени измерения, обозначены направления для улучшения технологии и уменьшения влияния процессов солеотложений и внутренней коррозии в системах трубопроводов.

Результаты работы могут служить основой для выработки направлений при создании, изготовлении и испытаниях нового автоматизированного электронно-измерительного комплекса непрерывного измерения, контроля, мониторинга и управления водно-химических параметров теплоносителя и повышение эффективности работы теплоэнергетических систем.

## Список литературы

1. Карамов Ф.А. Суперионные проводники. Гетероструктуры и элементы функциональной электроники на их основе. М.: Наука, 2002. 237 с.
2. Karamov F.A. Superionic Conductors. Heterostructures and elements of functional electronics based on them. Cambridge International Science Publishing. Viva Books. 2017. 235 p.