

АНАЛИЗ ОСОБЕННОСТЕЙ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ТУРБОУСТАНОВКАМИ

Кошман С. А., Загуменная К. В.

Харьковский национальный технический университет сельского хозяйства имени Петра Василенко

В статье исследуются особенности и принципы функционирования автоматизированной системы управления (АСУ) турбоустановками. Результаты исследований могут быть использованы при построении АСУ для контроля, диагностики и управления турбоагрегатами.

Постановка проблемы. Масштабы и сложность задач, которые решаются современными автоматизированными системами управления (АСУ) турбоагрегатами (ТА), предъявляют к ним качественно новые требования, что, в свою очередь, обуславливает необходимость совершенствования существующих и создания новых АСУ ТА. Построение АСУ тесно связано с разработкой специализированных компьютерных средств обработки информации (СКСОИ), которые предназначены для решения или реализации определенного класса задач, сохраняющего постоянство в течение всего их жизненного цикла. Эта особенность позволяет специализировать структуру АСУ, существенно снизить их сложность и стоимость при сохранении высокой производительности и надежности их работы.

Анализ последних исследований и публикаций. Обеспечение требуемых производительности и надёжности функционирования АСУ ТА тесно связано с развитием системных принципов проектирования, применением новых идей создания средств переработки дискретной информации, совершенствованием технологии изготовления компонентов системы, а также привлечением новых нестандартных теоретических концепций в создании АСУ ТА.

Современное состояние этого вопроса, а также перспектива развития ТА подтверждают, что успех их дальнейшего совершенствования невозможен без использования сверхнадежных, высокопроизводительных и отказоустойчивых средств переработки дискретной информации. Необходимость совершенствования существующих и создания принципиально новых АСУ, характеризующихся высокой производительностью и надёжностью, обусловлена требованиями повышения эффективности функционирования ТА [1-3].

Для создания структур, которые наиболее полно соответствует структуре алгоритма решаемого класса задач необходимо:

- разработать структуру алгоритма вычислительного процесса заданного класса задач и представить ее в удобном для обработки виде;
- наиболее эффективно отобразить представленную структуру алгоритма на структуру АСУ с учетом заданных критериев производительности и надёжности и определить набор функциональных модулей, образующих АСУ;
- разработать функциональные модули и органи-

зовать их взаимодействие в вычислительном процессе АСУ.

Цель статьи. Провести анализ особенностей функционирования существующих АСУ ТА, а так же определить основные пути совершенствования современных АСУ ТА.

Основные материалы исследования. В качестве объекта исследования в данной статье будем рассматривать АСУ контроля механических величин турбоустановок, которая обеспечивает непрерывный контроль вибрационного и тепломеханического состояния вращающегося оборудования. Объект контроля являются турбоагрегаты К-1000-60/3000 ЛМЗ, К-1000-60/1500, К-220-44/3000, К-240-4,0 ОАО "Турбоатом"; турбопитательные насосы (ТПН), питательные электронасосы (ПЭН), конденсатные насосы (КЭН).

Для обеспечения функционирования турбоустановки в нормальном режиме необходимо контролировать параметры, которые представлены ниже.

1) Измерение и контроль тепломеханических параметров турбоустановок, ТПН, ПЭН, КЭН в соответствии с требованиями ГОСТ 25364-97, ГОСТ 27165-97, ГОСТ 25275-82 и др. в том числе:

- абсолютной вибрации опор подшипников ротора турбоагрегата и ТПН по 3-м составляющим (вертикальная, поперечная, осевая);
- вибрации вала турбоагрегата относительно вкладышей подшипников и статического положения (всплытия) вала в расточке подшипников в вертикальном и горизонтальном направлениях;
- углового положения ротора турбины на валоповороте;
- скорости вращения ротора турбины и ТПН;
- относительного расширения роторов цилиндров;
- теплового расширения роторов и корпуса цилиндров;
- осевого сдвига ротора турбины и ТПН;
- осевого сдвига роторов питательных насосов ТПН;
- прогиба ротора турбины;
- температурных режимов ПЭН, КЭН;
- формирование и выдачу предупредительных и аварийных сигналов при превышении заданных уставок;

2) непрерывный спектральный анализ на основе быстрого преобразования Фурье (БПФ) с формированием гармонических составляющих высокочастотной

и низкочастотной вибрации (амплитуды виброскорости, виброперемещений, фаз);

3) регистрацию, документирование, архивирование сигналов АСУ ТА в пускоостановочных и эксплуатационных режимах.

4) отображения текущей информации о состоянии контролируемого оборудования на мониторе ЭВМ автоматизированного рабочего места (АРМ);

5) формирование базы данных для реализации программ многоплоскостной балансировки ротора и непрерывной идентификации (диагностирования) наиболее вероятных дефектов турбоагрегата.

Состав и структура АСУ ТА представлены на рис. 1, на котором показаны:

- датчики вибрации: пьезоакселерометры

(ВПЭ-077) со встроенным усилителем заряда;

- датчики перемещений: вихретоковые бесконтактные (ДОС, ДВП, ДВТ);
- датчики скорости вращения, "метки": вихретоковые бесконтактные (ДОС, ДВП, ДВТ);
- первичные измерительные преобразователи (МПАС, ИПВР, ИПВО, ИПМС, АРК) в составе шкафов навесных (ШН);
- шкаф-концентратор (ШУ);
- блок индикации выносной (БИВ);
- АРМ на базе промышленной ПЭВМ.

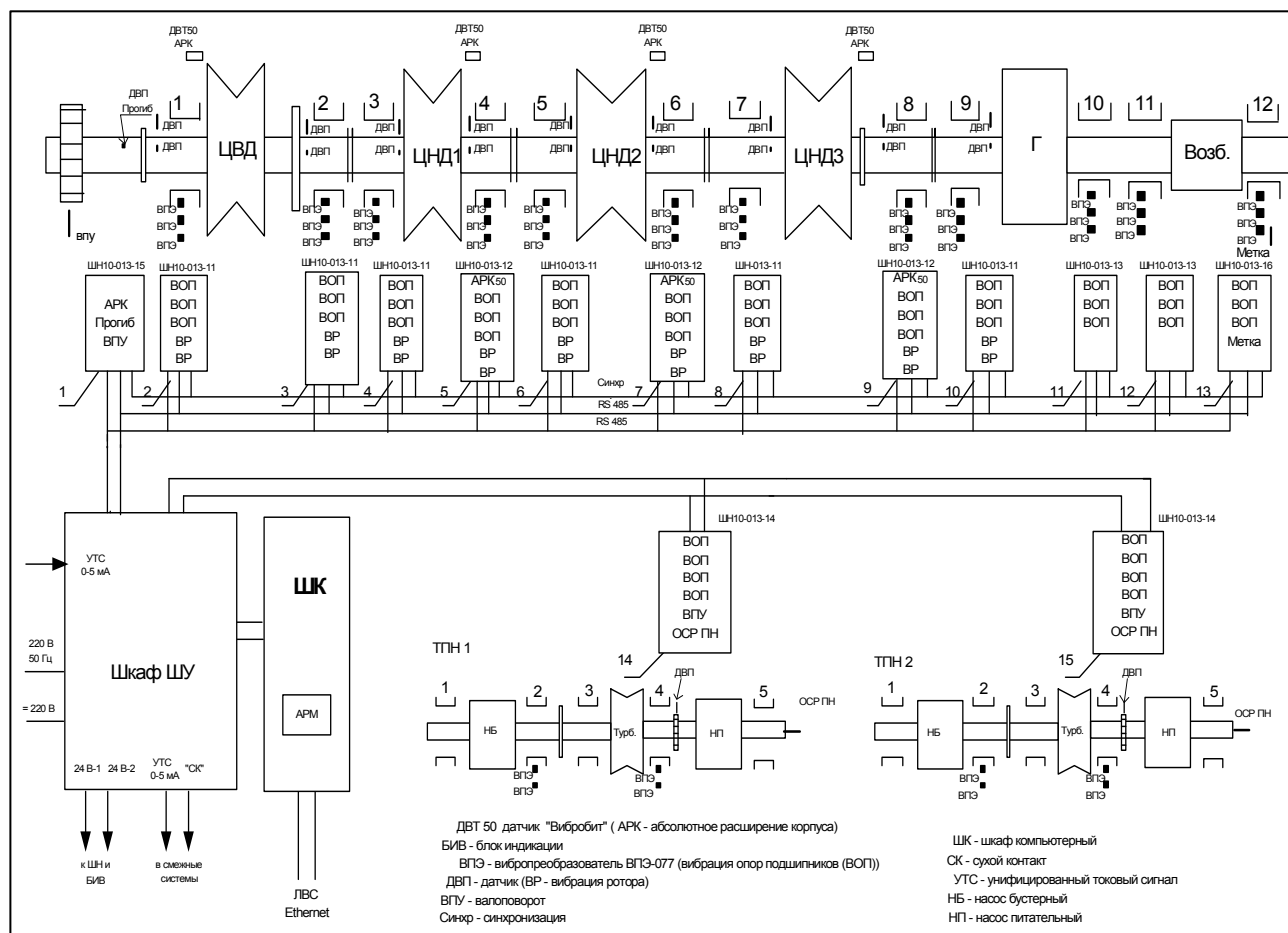


Рисунок 1 – Структурная схема АСУ турбоустановки К-1000-60/1500

АСУ включает в себя микропроцессорный преобразователь аналоговых сигналов предназначен для выполнения следующих функций:

- тестовый контроль;
- цифровая фильтрация сигналов;
- линеаризация характеристик датчиков;
- гармонический анализ сигналов виброскорости и виброперемещений на основе БПФ в НЧ и ВЧ области;
- расчет СКЗ виброскорости и размаха виброперемещений в соответствии с ГОСТ 25364-97 и ГОСТ 27165-97;
- расчет значений скорости вращения рото-

ра в диапазоне 0 - 6000 об/мин;

- расчет значений осевых сдвигов ротора;
- расчет значений относительных и тепловых расширений роторов ЦНД и ЦВД;
- расчет значений электростатического тока с ротора, снимаемого токосъемными щитками;
- двухсторонний обмен по двум (дубль) последовательным интерфейсам RS-485.

В контексте задач повышения производительности и надежности АСУ перечислим основные принципы построения современных турбоагрегатов:

- принцип системности создания ТА;
- принцип обратной связи (нахождение цепи

управления ТА обратных связей);

– принцип совместимости (возможность обеспечения взаимодействия ТА с элементами различных видов и типов в возможном процессе их совместного функционирования);

– принцип развития (использование данного принципа позволяет и дает возможность модернизировать существующие штатные ТА путем доработок технических и информационных составляющих);

– принцип энтропийности (возможность получения необходимой дополнительной информации о проектируемой ТА на каждом этапе ее жизненного цикла существования);

– принцип эффективности функционирования ТА (возможность достижения оптимального (рационального) соотношения между средствами на создание данной ТА и эффектом от ее функционирования);

– принцип внешнего дополнения (данный принцип предполагает рассматривать процессы проектирования и функционирования данного ТА с учетом требований к электростанции.

Данный этап развития АСУ ТА обусловлен широким внедрением элементов цифровой обработки сигналов (ЦОС), а в устройствах передачи и обработки информации применение ЦОС, является решающим фактором повышения их эффективности функционирования. Основными причинами широкого распространения методов ЦОС в АСУ ТА являются следующие факторы:

– методы ЦОС позволяют реализовать вычислительные алгоритмы, не имеющие адекватной физической модели;

– точность получаемых результатов вычислений полностью определяется алгоритмом обработки и не связана с характером физических процессов в элементах, на которых реализуется проектируемое устройство;

– цифровые методы позволяют в реальном времени изменять параметры и структуру алгоритма обработки при изменении входных сигналов и других условий функционирования.

Таким образом, основным содержанием методов ЦОС в АСУ ТА является определение первичных характеристик сигналов, преобразование этих характеристик в последовательность чисел и выполнение арифметических операций, необходимых для получения требуемого результата.

Реализация сложных алгоритмов управления ТА связана, прежде всего, с необходимостью быстрой и надежной обработки в реальном времени большого объема информации. Данное обстоятельство обуславливает необходимость широкого внедрения эффективных средств переработки дискретной информации.

Необходимость переработки больших массивов информации в реальном времени определяет жесткие требования к надежности, отказоустойчивости и производительности АСУ ТА.

Существующие методы надежности, отказоустойчивости и производительности не всегда удовлетворяют возросшим требованиям к этим характеристикам, что в первую очередь объясняется консерва-

тивной структурой построения позиционных СКСОИ применяемых в АСУ ТА. Исследования, проводимые как в нашей стране, так и за рубежом, показали, что для реализации задач ЦОС весьма перспективно применять СКСОИ адаптивные к классу решаемых задач. В этом аспекте практическое применение находят векторные процессоры (ВП). Структура ВП состоит из n однотипных вычислительных блоков, где n – размерность обрабатываемых векторов. Каждый из n блоков представляет собой отдельный скалярный процессор. Обмен информацией между скалярными процессорами осуществляется посредством интерфейса.

Компьютерные средства, которые применяются в АСУ, построенные на основе возможности осуществления векторных преобразований, значительно ускоряют обработку информации. Обычно СКСОИ обрабатывают по одному элементу за цикл, что и обуславливает их непригодность для одновременной обработки больших массивов информации в реальном времени [4-5].

Преимущество векторных процессоров особенно ярко проявляется в тех случаях, когда при решении алгоритмов возникает необходимость обрабатывать два сигнальных вектора совместно. В этом плане ВП позволяют обрабатывать блоки данных параллельно во времени для каждой пары сигналов, а обычная СКСОИ производит заданные операции (умножение, накопление и т.п.) последовательно для каждой из n пар сигналов. Использование ВП упрощает операцию "сглаживания" сигналов. Так, разработанные сверхбыстродействующие ВП функционируют быстрее, чем поступает цифровая информация на переработку, а также могут обрабатывать перекрывающиеся блоки выборок расчетов сигнала. Один из таких ВП ZR34161 реализован фирмой Zoran Corp. посредством КМОП – технологии. При этом время выполнения 2^{10} – точных комплексных ВПФ составляет 2,4 мс в режиме с фиксированной запятой и 3,3 мс – в режиме вычислений с плавающей запятой.

Особенность структуры ВП – ориентированность на решение задач ЦОС, т.е. описанное архитектурное решение можно отнести к типу "один поток команд – множество потоков данных".

Перспектива применения ВП для обработки информации АСУ ТА открывает широкие возможности для построения быстродействующих средств обработки цифровой информации, используемой на практике, однако существует ряд трудностей практического внедрения ВП, основные из которых состоят в требовании обеспечения реализации как операции конечного поля (конца), так и обычных арифметических операций в ПСС. С этой целью необходимо провести анализ типов операций ЦОС и предъявить соответствующие требования к АСУ ТА, на основании которых дать направление создания структурной реализации архитектур средств переработки дискретной информации.

Как было отмечено выше, решающую роль в процессе переработки информации АСУ ТА играют СКСОИ ЦОС.

Эффективность систем ЦОС полностью определяется техническими возможностями таких СКСОИ. В связи с этим возникает необходимость предъявить требования к СКСОИ ТА, ориентированных на обработку цифровых сигналов, которые заключаются в следующем:

- адаптивность к классу решаемых задач (к математической модели ЦОС);
- функционирование СКСОИ в реальном времени;
- высокая пользовательская производительность;
- высокая надежность и достоверность вычислений;
- возможность "парирования" отказов и сбоев (адаптация к отказам и сбоям, возникшим в процессе функционирования СКСОИ) т.е. АСУ ТА должны обладать свойством живучести и отказоустойчивости и др.

Отметим, что специфическим требованием к АСУ ТА является адаптивность к решаемым задачам (алгоритмам, типу операций и т.д.). Основным фактором, определяющим выбор математического аппарата для построения или описания модели ЦОС, является адекватность разработанной или выбранной модели реально существующим процессам, протекающим в ТА. В свою очередь выбор математического аппарата зависит в первую очередь от типа операций, входящих в алгоритмы, реализующие в СКСОИ, а также от степени возможности использования характера и свойств цифрового представления сигналов.

Таким образом, повышение безотказности функционирования АСУ ТА за счет снижения производительности не обеспечивает требований по эффективному решению задач управления, стоящих перед АСУ ТА.

Внедрение больших (БИС) и сверхбольших (СБИС) интегральных схем позволило улучшить некоторые характеристики АСУ ТА, в частности, системы, созданные на основе использования БИС и СБИС, позволили создать распределенные информационно-вычислительные системы, обладающие способностью адаптации к условиям функционирования. Применение БИС (СБИС) в АСУ ТА позволило резко повысить производительность обработки информации ТА.

Дальнейшее совершенствование технологии и повышение качества производства БИС, СБИС, ПЛИМ и ПЛИС с целью их применения в штатных образцах АСУ ТА не снимает проблему уменьшения интенсивности отказов и сбоев. В первую очередь это обусловлено значительным ростом аппаратной сложности СБИС, которая может достигать до $10^7 \div 10^{10}$ вентилях в одном корпусе. Вследствие этого АСУ ТА, синтезированные на основе СБИС, должны обладать свойством отказоустойчивости к отказам и сбоям.

Меру, которой можно оценить нечувствительность вычислительной системы к возникающим в ней отказам и сбоям, можно понимать как меру оценки данного свойства архитектуры АСУ.

Очевидно, что организация отказоустойчивой структуры АСУ требует применения различных видов резервирования. Например, применением тройного постоянного резервирования каждого процессора и информационного резервирования (применение корректирующих кодов) запоминающих устройств.

Выводы. В работе был произведен анализ и описаны принципы построения АСУ ТА. Так анализ состояния и перспектив развития АСУ ТА с учетом современных требований, которые к ним предъявляются, показал необходимость проведения исследований методов повышения производительности средств обработки цифровой информации, функционирующих в реальном времени.

Список использованных источников

1. Трухний А. Д. Стационарные паровые турбины / А. Д. Трухний. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 640 с.
2. Система контроля механических величин турбоустановки. Технические условия. – ЯЕВИ. 421451.004 ТУ, 2004. – 54с.
3. Ширман А. Р. Практическая вибродиагностика и мониторинг состояния механического оборудования / А. Р. Ширман, А. Б. Соловьев. – М., 1996. – 276 с.
4. Блейхут Р. Быстрые алгоритмы цифровой обработки сигналов / Р. Блейхут – М. : Мир, 1989. – 448 с.
5. Пат. 33447 Україна, МПК (2006) G06F 5/00, G06F 17/14. Пристрій для обчислення двоточкового зрізаного перетворення Фур'є в полі GF(216) / Рубан І. В., Дуденко С. В., Алексєєв С. В., Сіора О. А., Хері Алі Абдуллах, Кошман С. О., Краснобаєв В. А.; заявник та патентовласник Рубан І. В., Дуденко С. В., Алексєєв С. В., Сіора О. А., Хері Алі Абдуллах, Кошман С. О., Краснобаєв В. А. – № u 2008 01389; заявл. 04.02.08; опубл. 25.06.08, Бюл. № 12.

Анотація

АНАЛІЗ ОСОБЛИВОСТЕЙ ФУНКЦІОНУВАННЯ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ТУРБОПРИСТРОЯМИ

Кошман С. А., Загуменна К. В.

У статті досліджуються особливості та принципи функціонування автоматизованої системи управління (АСУ) турбопристроями. Результати досліджень можуть бути використані при побудові АСУ для контролю, діагностики та управління турбоагрегатами.

Abstract

ANALYSIS OF FEATURES OF FUNCTIONING OF AUTOMATIC CONTROL SYSTEM OF TURBO-INSTALLATIONS

S. Koshman, K. Zagumennaia

Features and principles of functioning of automatic control system (ACS) of turbo-installations are investigated in the article. The results of researches can be drawn on at the construction of ACS for control, diagnostics and management turbo-units.