

УДК 621.311.001.57

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ АРХИВНЫМИ ДАННЫМИ ИСПЫТАНИЙ ГАЗОТУРБИННЫХ УСТАНОВОК БОЛЬШОЙ МОЩНОСТИ

Попов Д.А.¹, Шмидт И.А.¹

¹ФГБОУ ВПО «Пермский Национальный исследовательский политехнический университет», Пермь, Россия (614000, Пермь, ул. Комсомольский проспект, 29), e-mail: rector@pstu.ru

В статье рассмотрена общая схема проведения испытаний газотурбинных установок и способ организации хранения большого количества данных универсальной структуры с возможностью постэкспериментальной обработки данных. Выявлены недостатки стандартных промышленных систем управления данными для решения поставленной задачи. Рассмотрены варианты использования бинарных файлов, реляционных баз данных, а также временных баз данных для хранения и анализа хронологических рядов. Предложено совместное использование реляционной базы данных и временной базы данных. Описана возможность использования реляционной базы данных в качестве интерфейса для взаимодействия с временной базой данных для получения данных в табличном представлении. Предложены различные варианты взаимодействия реляционной системы управления данными и временной базы данных с использованием API СУВР, хранение трендов испытаний как набор несвязанных файлов СУВР.

Ключевые слова: временные данные, РСУБД, интеллектуализация, сбор данных, LabView.

DEVELOPMENT OF ARCHIVAL DATA MANAGEMENT SYSTEM OF HIGH POWER GAS TURBINE TESTING

Popov D.A.¹, Schmidt I.A.¹

¹Perm National Research Polytechnic University, Perm, Russia (614000, Perm, street Komsomolskij prospekt, 27), e-mail: rector@pstu.ru

The article discusses the general scheme of testing gas turbine and method of organizing large data amounts storage with the possibility of universal design and post experimental data analysis. Find the drawbacks industry standard data management systems for the solution of the problem. The prospects for the use of the proposed solutions. Alternatives of binary files, relational databases, and time series database for storage and analysis of chronological data. Proposed joint use of a relational database and the temporary database. Describes the use of a relational database as an interface for interaction with temporary database to retrieve data in a table view. Proposed different variants of interaction relational data management system and temporal database using API time series database, storage trend tests as a set of unrelated files time series database.

Keywords: Time series, relational database, intellectualization, data capture, LabView.

Введение

Постэкспериментальный анализ газотурбинных установок - сложный наукоемкий процесс, для выполнения которого требуется наличие большого числа хронологических данных о ходе испытания [9]. На основании собираемых данных проводят анализ характеристик ГТУ и производят оценку качества проведения испытания.

В случае, когда конкретный экземпляр ГТУ испытывается на предприятии несколько раз, становится актуальной задача сравнения состояний данного ГТУ во времени, что позволяет предупреждать возможные аварийные события и прогнозировать надежность установки.

В силу высокой стоимости испытательных стендов, системы тестирования ГТУ большой мощности должны обеспечивать возможность проведения испытаний различных типов установок. Таким образом, база данных параметров испытаний должна иметь универсальную структуру, позволяющую хранить и обеспечивать доступ к различным наборам собираемых параметров различных испытаний. На данный момент не существует систем управления архивными данными испытания со сложной меняющейся структурой.

Цель данной статьи – разработать способ работы с архивными значениями испытаний ГТУ при неоднородной структуре хранимых параметров.

Основные особенности баз данных испытаний ГТУ

Для проведения испытаний ГТУ используется трехуровневая архитектура [4]. Нижний уровень отвечает за получение и первичную обработку данных, средний уровень производит необходимые вычисления параметров, верхний уровень визуализирует данные с помощью мнемосхемы, обеспечивает диспетчерское управление.

В соответствии с данной архитектурой разделяют первичные данные, получаемые непосредственно со средств сбора данных и физические данные - результат преобразования первичных данных к значению, выражающему измеряемую характеристику в единицах измерения СИ. Для достижения целей анализа исторических данных необходимо и достаточно хранение физических данных.

Разрабатываемая система управления данными должна предоставлять возможность записи, хранения, выборки, архивирования и анализа данных, причем особенность реализации системы динамического мониторинга состояния ГТУ и определения корреляций по изменениям установок предполагает решение в виде использования консолидированного хранилища данных [2].

Многие современные системы сбора данных на предприятиях, занимающихся испытаниями ГТУ, используют оперативную память в качестве буфера для хранения двоичной информации по принципу соответствия информации и датчика на установке. Данные передаются на второй уровень иерархии в виде бинарного файла. При условии большого количества, высокой частоты и высокой скорости записи данных, данная структура является низкоэффективной как с точки зрения производительности системы, так с точки зрения простоты организации доступа к данным. Также, по причине отсутствия единого хранилища данных, невозможен совместный анализ данных различных испытаний.

Необходимо разработать базу данных и способы работы с ней для обеспечения хранения информации по всем испытаниям.

Обзор вариантов решения

Использование системы управления реляционными базами данных

Наиболее очевидным способом хранения данных является использование реляционной базы данных. Однако РСУБД являются непригодными для работы с хронологическими рядами по причине низкой скорости работы с данными, большого объема конечных файлов баз данных и сложной организации структуры для достижения эффективной работы с временными данными. [3]

Современные системы проведения испытаний ГТУ предполагают использование хронологических рядов, обеспечивающих работу с необходимыми параметрами благодаря сопоставлению параметров с тегами в системе. Создание единой информационной базы испытаний предполагало бы экспорт значений формата временной СУБД в РСУБД, причем РСУБД не имело бы возможности использовать теговое представление в силу уникальности тегов. Необходимо было бы разработать структуру реляционной базы данных, содержащую описание всех используемых переменных в системе, что неверно, поскольку система в данном случае является не универсальной, и при добавлении новой переменной необходимо было бы изменять структуру БД.

Также большинство систем СУВР производят жесткий экспорт значений [8], который не соответствует поставленным требованиям и предполагает разрушение прикладной абстракции, обеспечивающий доступ к необходимым данным и решающим задачу уникальности тегов, а соответственно, высокую жесткость системы – платформенно-программную зависимость.

Использование промышленной системы управления временными базами данных

Системы управления временными базами данных хорошо подходят для хранения и обработки нескольких непересекающихся потоков данных одинаковой структуры. Однако обеспечение логической связанности разнородных структур во времени - нетривиальная задача, решение которой выходит за рамки стандартных возможностей СУВР [1]. Одним из примеров такой задачи является определение времени начала и конца испытания, согласование хронологических данных различных структур (может требоваться, когда набор данных испытания конкретного типа установки был изменен, или для сравнения состояний различных установок).

Также специализированные системы имеют ряд принципиальных ограничений:

- Средства получения данных СУВР недостаточны для решения задачи интеллектуального конфигурирования запросов на базе хранящейся информации. Возможно производить только жесткие запросы к БД с неизменными параметрами.

- Закрытый формат хранения временных рядов
- Сложность интеграции в корпоративные информационные системы (КИС)

Выбор СУБД определяется используемым СКАДА – пакетом. Например, среда *NI LabView* предполагает использование БД *Citadel*. Однако существуют сторонние решения, предоставляющие дополнительный функционал работы с данными. Построение системы управления данными возможно на базе таких систем, как *OSIPI-System* или аналогичных решений от *GeneralElectrics*, однако данные системы не решают вопрос сопоставления физических значений данных разных типов установок, а также обладают высокой стоимостью и ограничивают инструментарий анализа данных.

Предлагаемое решение

Для сбора данных в режиме реального времени большинство *SCADA*-систем предлагает использование временных баз данных. Данное решение удовлетворяет требования скорости записи данных для испытаний ГТУ в режиме реального времени – обеспечивает запись значений нужного количества параметров в секунду с возможностью буферизации [6].

Необходимо определить структуру используемой БД, способную обеспечить хранение всех собираемых параметров и доступ к ним на основании номера испытания и типа установки.

Для согласования данных, поступающих с датчиков нижнего уровня и данных второго уровня архитектуры, вводят понятие «паспорт испытания». Паспорт испытания – конфигурируемый электронный документ, содержащий в себе информацию по конкретному испытанию – список собираемых параметров, соответствие каналов нижнего уровня и физических данных, допуски по уровням физических данных, набор правил и соответствий, по которым должно быть проведено испытание. Также паспорт испытания содержит административную и другую информацию в зависимости от степени интеграции системы испытаний ГТУ. Так, в паспорте испытания содержится список собираемых параметров, их физическое значение и ссылка на функцию, обеспечивающую получение данных параметра из системы вычислений параметров.

Разработка глобальной библиотеки параметров позволяет осуществлять запись информации различных типов установок. Но для работы на третьем уровне иерархии с сохраненными данными, необходим механизм, позволяющий конфигурировать запросы к временной базе данных с учетом информации об используемых параметрах при данном испытании. Причем запросы могут быть сложными, состоящими из нескольких обращений к рядам различных испытаний. Данный механизм может быть полностью реализован на базе паспорта испытаний. Поскольку работа с единичными экземплярами испытаний временных баз данных

затруднительна без использования программы паспорта испытаний, то возможности по анализу данных определяются функционалом программы. Следовательно, программа может предоставлять простой и удобный интерфейс работы с данными и инкапсулировать хронологические ряды испытаний в структуре РСУБД.

Таким образом, для обеспечения возможности динамического конфигурирования запросов к временным базам данных предлагается совместное использование СУВР и РСУБД. Основная идея заключается в использовании РСУБД как механизма определения и сопоставления места нахождения хронологических данных, соответствующих необходимому испытанию, а также определения и сопоставления запрашиваемых и хранящихся в СУВР данных. Необходимо отметить, что для пользователя получение хронологических данных делается по правилам реляционной базы данных, а само обращение к базе временных рядов является прозрачным.

Возможно 2 варианта реализации инкапсуляции: первый – использование одной базы данных временных рядов и одной реляционной базы данных, второй – использование одной реляционной базы данных и множества файлов временных рядов, соответствующих конкретным испытаниям. Второй вариант проще в реализации, однако он не позволяет делать выборки из различных файлов временных рядов одним запросом, что усложняет процесс анализа схожих параметров различных испытаний.

Для реализации базы данных необходимо учитывать возможности используемой СУВР. Взаимодействие РСУБД и СУВР осуществляется на основе применения встроенных в СУВР *API* или *ODBC*. [5]. На рис.1 показан способ взаимодействия с СУВР посредством *ODBC*.

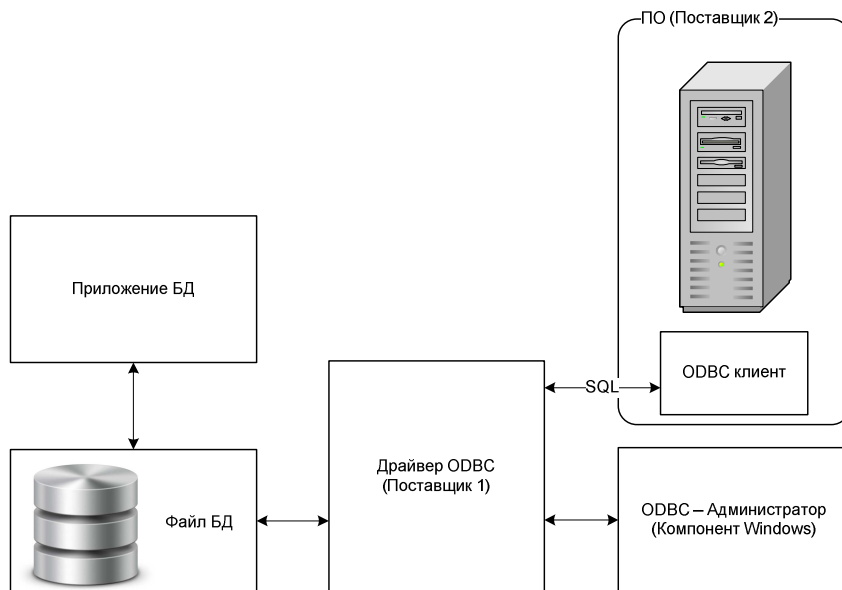


Рис. 1- работа с СУВР с использованием ODBC.

Таким образом, с использованием паспорта испытания появляется возможность автоматического конфигурирования реляционной оболочки для описания доступных функций взаимодействия с временной базой данных, ассоциированной с проведенным испытанием. В случае если паспорт установки не используется, может быть разработана простая программа, определяющая соответствие тэгов временной СУБД и определений физической сущности параметра.

Использование предлагаемого решения позволяет организовать прозрачную логическую структуру с понятными возможностями взаимодействия с системой, а также позволяет организовать удобное табличное представление получаемых данных с автоматической заменой тэгов физическим названием параметра, что обеспечивает возможность сравнения физических параметров для различных типов спецификаций ГТУ (рис 2).



Рис. 2- Первый вариант реализации схемы доступа к данным

Предлагаемое решение требует значительные временные и ресурсные затраты на проведение транзакции данных, получаемых из временной базы данных. Однако скорость работы системы не является существенным критерием в силу позиционирования системы как системы не реального времени.

Зачастую возможности взаимодействия с СУВР ограничиваются функциями выборки/чтения данных, что делает невозможным (или труднореализуемым) модификацию данных в БД.

Однако для решения задачи пост экспериментального анализа не требуется модификация и удаление данных в базе данных. [1].

Варианты использования системы хранения временных рядов

Основное назначение предлагаемого решения управления временными данными - сопоставление и вывод данных по различным процессам испытаний (или производственным процессам), обладающих схожей функциональной структурой.

Также система может быть успешно применена для решения задач хранения исторических данных об испытании (о производственном процессе). В среднем, размер всей сохраненной информации в системе за 10 лет при непрерывном проведении испытания (производства) составляет порядка 10Гбайт. [6]

Дополнительное преимущество системы работы с временными рядами на основе реляционной абстракции - простая (коробочная) интеграция СКАДА - приложения (и исполняемой программы) с системой, благодаря возможности применения стандартных функций взаимодействия с базой данных временных рядов.

На основании получаемых данных возможна реализация собственной структуры системы управления БД, например, реализация OLAP-кубов или построение нейронных сетей для прогнозирования состояния испытываемого объекта.

Характеристики

Среднее время доступа к данным определяется временем подключения к реляционной базе данных, обращением к таблице с паспортом объекта записанного процесса, вызовом хранимой процедуры получения данных из временной базы данных и выполнением транзакции во временной базе данных. На рис. 3 показано относительное распределение временных затрат при выборке вычисляемых параметров одного испытания. Итоговое время получения данных – 420мс, количество полученных параметров – 120, время проведения испытания – 30 минут, 20 параметров записаны с частотой 100Гц, 100 – с частотой 1Гц. Распределение показано с целью оценки отношений временных затрат по конфигурированию запроса, выдаче и получению данных.

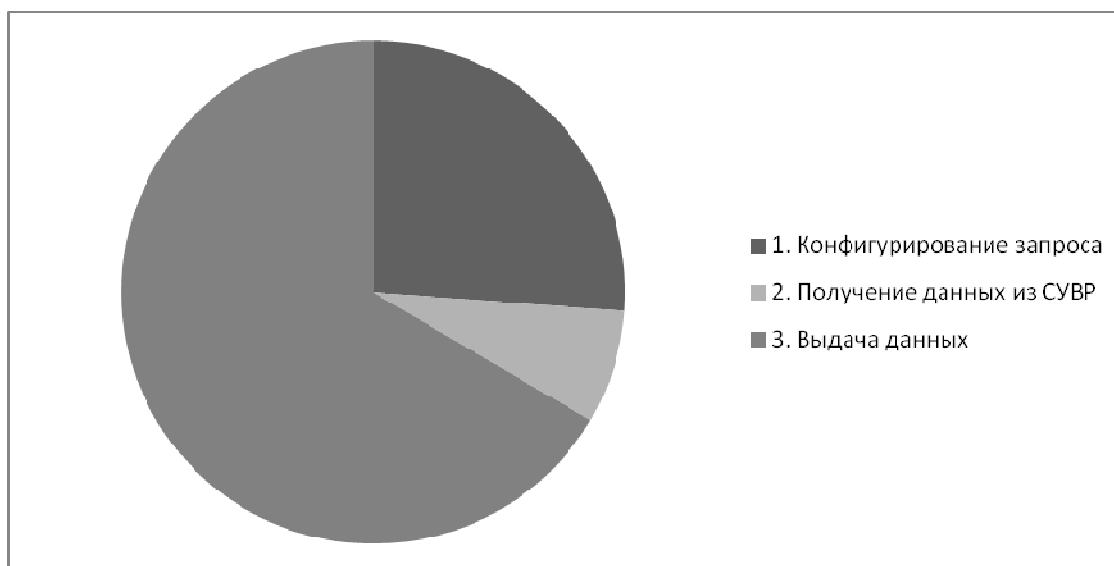


Рисунок 3 – относительные временные затраты на получение данных одного испытания

Выводы, перспективы использования предлагаемого решения

Решена основная задача – обеспечение возможности хранения и работы с большим количеством данных универсальной структуры. Кроме этого, использование предлагаемого решения позволяет в автоматическом режиме создавать оптимизированные хранилища данных, обладающие возможностями архивации и сжатия, что позволяет хранить большое количество данных на ограниченном дисковом пространстве длительное время. Также отдельные временные ряды – испытания – могут быть легко получены и дополнительно проанализированы с использованием всех доступных средств стандартных СУБД.

Существуют различные инструменты для работы с соответствующими временными базами данными. Компания *National Instruments* предоставляет инструмент *NI DIAdem*, являющийся программной оболочкой для построения систем анализа данных реляционных и временных структур. *NI DIAdem* позволяет создавать скриптовые (повторяющиеся) запросы к базе данных и формировать отчеты [7]. Предложенное решение организации хранения данных об испытании ГТУ позволяет использовать все возможности программы *DIAdem* по анализу данных.

Предлагаемое решение может быть расширено возможностью экспорта хронологических данных непосредственно в программную среду анализа данных, например, excel.

Список литературы

1. Дейт К. Введение в системы баз данных – М : Изд-во Вильямс, 2006. — 1328 с.

2. Когаловский М.Р. Методы интеграции данных в информационных системах // Сб. трудов Третьей Всероссийской конференции “Стандарты в проектах современных информационных систем” (Москва, 23-24 апреля 2003 г.)
3. Прохоров А.Ю. Алгоритмы, методы хранения, поиска и анализа временных рядов в промышленных СУБД: дис. канд. техн. наук — М.. 2001.
4. Шмидт, И.А., Попов, Д.А.. Разработка программного комплекса испытаний газотурбинных установок большой мощности. // XI международная научно-практическая конференция. Инженерные и научные приложения на базе технологий National Instruments – 2012. Сборник трудов конференции. (Москва, Россия 6-7 декабря 2012г.) – С. 82.
5. Citadel 5 remote database access using COM+ and ADO: сайт – URL: <http://www.ni.com/white-paper/3093/en> (дата обращения: 03.12.2013).
6. Data Logging with National Instruments Citadel 5, August 2006, P. 7 URL: <http://www.ni.com/pdf/manuals/373427c.pdf> (дата обращения: 03.12.2013).
7. DIAdem Обработка и анализ данных, генерация отчетов URL: <http://www.ni.com/pdf/manuals/373078d.pdf> (дата обращения: 03.12.2013).
8. Logging data with National Instruments Citadel: сайт – URL: <http://www.ni.com/white-paper/6579/en> (дата обращения: 03.12.2013).
9. Schubring, S., Munoz, I. Field Performance Testing from an Operators Point of View, Gas Turbine User Symposium 2005, Las Vegas, Nevada, 2005.

Рецензенты:

Аликин В.Н., д.т.н., профессор, Научно-исследовательский институт управляющих машин и систем

Хрипченко С.Ю., д.т.н., профессор, Пермский государственный национальный исследовательский университет, г.Пермь.