

*Д. Н. БАКЛАЙ*, ассистент, НТУ «ХПИ»;  
*О. В. ШУТЕНКО*, канд. техн. наук, доц., НТУ «ХПИ»

### **ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ БАЗ ДАННЫХ В ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЕ «СИРЕНА»**

В статье рассмотрены принципы и методы организации баз данных в информационно-аналитической системе «Сирена» предназначенной для диагностики высоковольтного маслонаполненного оборудования. Предложенная структура движения информационных потоков для построения единственной информационной корпоративной системы на базе информационно-аналитической системы «Сирена».

У статті розглянуті принципи та методи організації баз даних в інформаційно-аналітичній системі «Сирена» призначеної для діагностики високовольтного маслонаповненого обладнання. Запропонована структура руху інформаційних потоків для побудови єдиної інформаційної корпоративної системи на базі інформаційно-аналітичної системи «Сирена».

In the article the principles and methods of the databases in the information-analytical system "Sirena" intended for the diagnosis of high-voltage oil-filled equipment. The structure of the movement of information flows to build a unified information system based on corporate information-analytical system "Sirena".

**Введение.** Мировой опыт ведущих электроэнергетических компаний свидетельствует о широком использовании систем искусственного интеллекта (ИИ) [1] таких как экспертные и информационно-аналитические системы, которые отличаются принципами построения, методами обработки данных и различными функциональными возможностями.

В настоящее время коллективом авторов кафедры «ПЭЭ» НТУ «ХПИ» разрабатывается информационно-аналитическая система «Сирена». Она предназначена для автоматизированного ведения паспортных данных и данных периодических испытаний высоковольтного маслонаполненного оборудования, а так же проведения диагностических экспертиз по результатам периодических испытаний с возможностью получения оценки состояния контролируемого оборудования и рекомендаций по его дальнейшей эксплуатации на уровне эксперта-человека в области диагностики. Система работает с базой данных в локальной сети предприятия в режиме клиент-сервер. В качестве сервера данных используется промышленная СУБД InterBase, а в качестве пользователей (клиентов) могут выступать любые промышленные ЭВМ, подключенные к локальной сети предприятия и имеющие соответствующие полномочия для доступа к информации.

**Цель статьи** – Предлагается способ построения единой корпоративной информационной системы на основе информационно-аналитической системы «Сирена», используемой для диагностики состояния высоковольтного маслонаполненного оборудования. Приведены принципиальные положения организации реляционных баз данных, потоков данных и систем управления базами данных.

**Анализ публикаций.** Общая структура систем основанных на использовании ИИ [2] состоит из следующих основных компонентов:

- решателя (интерпретатора);
- базы данных (БД);
- базы знаний (БЗ);
- компонентов приобретения знаний;
- объяснительного компонента;
- диалогового компонента.

Одним из основных компонентов любой информационно-аналитической ИАС является база данных (БД) и механизмы систем управления базами данных (СУБД). Базами данных называют электронные хранилища информации, доступ к которым осуществляется с помощью одного или нескольких компьютеров. Обычно БД создается для хранения и доступа к данным, содержащим сведения о некоторой предметной области, то есть некоторой области человеческой деятельности или области реального мира. Принято считать, что использование концепции баз данных позволяет:

- повысить надежность, целостность и сохранность данных;
- сохранить затраты интеллектуального труда;
- обеспечить простоту и легкость использования данных;
- обеспечить независимость прикладных программ от данных (изменений их описаний и способов хранения);
- обеспечить достоверность данных;
- обеспечить требуемую скорость доступа к данным;
- стандартизовать данные в пределах одной предметной области;
- автоматизировать реорганизацию данных;
- обеспечить защиту от искажения и уничтожения данных;
- сократить дублирование информации за счет структурирования данных;
- обеспечить обработку незапланированных запросов к хранимой информации;
- создать предпосылки для создания распределенной обработки данных.

**Структура информационных потоков ИАС «Сирена».** Разрабатываемая ИАС предполагает поддержание принятия решений и обеспечение выполнения задач различных категорий пользователей, работающих с информацией о состоянии оборудования на всех уровнях.

Система может работать как на одном рабочем месте, так и в случае распределенной базы данных. Блоки информационно-аналитической системы установлены в районах энергосетей (РЭС), на сетевых предприятиях (ПЭС), в химлаборатории (ХЛ) и в управлении энергокомпании. Поток движения информации и ее обработку можно представить в виде трехуровневой схемы (см. рис. 1).

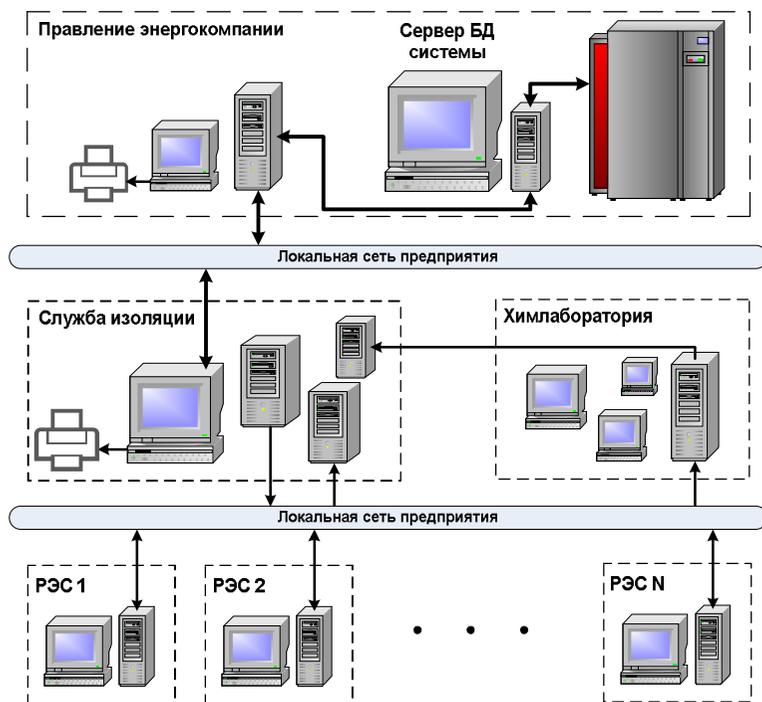


Рис. 1 – Схема движения потоков информации в ИАС «Сирена»

На нижнем уровне персонал, проводящий испытания и измерения оборудования, заносит полученные результаты в базу данных (БД), в которой также отражается информация о внешних воздействиях на оборудование (перенапряжениях, перегрузках и т.д.) и эксплуатационных мероприятиях (доливки масла, замена узлов оборудования и т.д.). В химической лаборатории проводятся хроматографический анализ, растворенных в масле газов (ХАРГ) и полный физико-химический анализ масла (ФХАМ). Результаты этих измерений инженер-химик заносит в БД информационно-аналитической системы. На основании этих данных система осуществляет верификацию и интерпретацию, выдает вид

дефекта, степень его развития. Инженер-химик, оценив выводы, сделанные системой, фиксирует свое заключение в БД. Результаты ХАРГ и ФХАМ вместе с заключением инженера-химика транслируются на сервер БД энергосистемы и БД службы изоляции.

На среднем уровне с системой работают инженер по диагностике и начальник службы изоляции. Проводится необходимая обработка данных измерений: сравнение с результатами испытаний на заводе или при монтаже оборудования с данными предыдущих измерений параметров и соотношений между ними; отслеживается динамика изменений параметров и соотношений между ними. Инженер по диагностике может просмотреть результаты расчета параметров и объяснение постановки диагноза. Анализ информации ведется как в текстовом, так и в графическом виде (устройство вывода на печать).

На верхнем уровне проводится общий по энергосистеме анализ брака и отказов оборудования, осуществляется сравнительный анализ служб изоляции предприятий. Так как с системой работают несколько категорий пользователей, то присутствует четко организованная технология работы с информацией. Непротиворечивость и целостность данных обеспечивается единой кодировкой справочников по структуре энергосистемы, формирующих адрес оборудования, а также сервисных справочников, выражающих политику эксплуатации и диагностики. Справочная информация редко обновляется, формируется на уровне управления энергосистемы, дублируется на второй и третий уровни, в основном, без права редактирования. Для трансляции информации между уровнями можно делать выборки по виду измерения, типу оборудования, месту установки и времени проведения измерения. При слиянии поступившей информации с сервером БД системы (после транспортирования между уровнями в обоих направлениях) происходит проверка информации на непротиворечивость с учетом приоритета достоверности, оценивается полнота внесенной информации в конкурирующих записях, исключается тавтология записей.

**Организация СУБД и БД в ИАС «Сирена».** В настоящее время существует достаточно большое количество программных систем, позволяющих создавать и использовать базы данных. В зависимости от расположения программы, использующей данные, и самих данных, а также способа разделения данных между несколькими пользователями различают локальные (dBASE, FoxPro, Access, Paradox) и удаленные (Interbase, Oracle, Sysbase, Infomix, Microsoft SQL Server) базы данных [3]. При этом различают три основных вида программных средств, предназначенных для создания, наполнения, обновления и удаления баз данных: промышленные универсального назначения, промышленные специального назначения и разрабатываемые для конкретного заказчика. Специализированные СУБД создаются для управления базами данных

конкретного назначения — бухгалтерские, складские, банковские и т.д. Универсальные СУБД не имеют четко очерченных рамок применения, они рассчитаны «на все случаи жизни» и, как следствие, достаточно сложны и требуют от пользователя специальных знаний. Как специализированные, так и универсальные промышленные СУБД относительно дешевы, достаточно надежны (отлажены) и готовы к немедленной работе, в то время как заказные СУБД требуют существенных затрат, а их подготовка к работе и отладка занимают значительный период (от нескольких месяцев до нескольких лет). В зависимости от расположения отдельных частей СУБД различают локальные и сетевые (файл-серверные, клиент-серверные и распределенные) СУБД.

Принимая во внимание структурную организацию и иерархию управления, принципы ведения баз данных на отечественных энергетических компаниях, основные тенденции и подходы при создании баз данных и систем управления базами данных при разработке ИАС «Сирена» была принята промышленная универсального назначения клиент-серверная (рис. 2) СУБД Borland Database Engine (BDE) и удаленная БД InterBase производства одноименной корпорации.

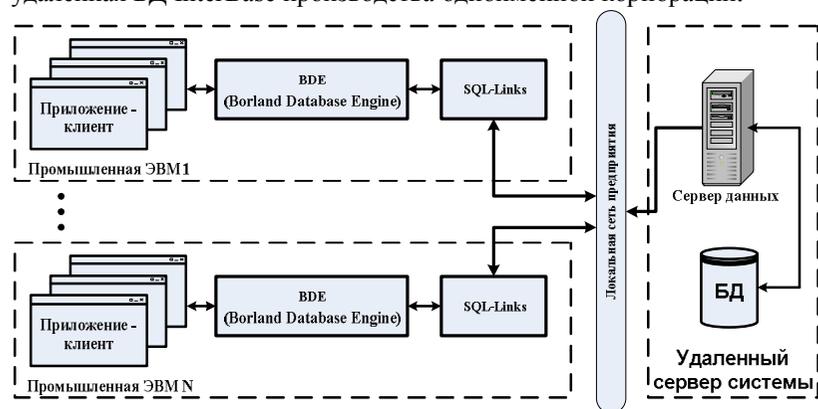


Рис. 2 – Архитектура СУБД Клиент-Сервер

Клиент-серверные системы значительно снижают нагрузку на сеть, так как данные удаленной БД находятся на удаленном компьютере (сервер системы). Каждый уровень управления обладает своими функциональными и информационными возможностями. Программа работы с удаленной базой данных состоит из двух частей: клиентской и серверной. Клиентская часть программы, работающая на компьютере пользователя, обеспечивает взаимодействие с серверной программой: посредством запросов, передаваемых на удаленный компьютер, предоставляет доступ к данным. Серверная часть программы,

работающая на удаленном компьютере, принимает запросы, выполняет их и пересылает данные клиентской программе. Запросы представляют собой команды, представленные на языке Structured Query Language (SQL) — языке структурированных запросов. Программа, работающая на удаленном сервере, спроектирована таким образом, чтобы обеспечить одновременный доступ к информации нескольким пользователям. При этом для обеспечения доступа к данным вместо механизма блокировки файлов используют механизм транзакций. Транзакция — это некоторая последовательность действий, которая должна быть обязательно выполнена над данными перед тем, как они будут переданы. В случае обнаружения ошибки во время выполнения любого из действий вся последовательность действий, составляющая транзакцию, повторяется снова. Таким образом, механизм транзакций обеспечивает защиту от аппаратных сбоев и сохранность данных в БД.

После анализа особенностей автоматизируемой области деятельности следует приступить, возможно, к самому важному этапу — проектированию БД, которое заключается в определении состава полей ее таблиц и связей между таблицами. От того, насколько тщательно проведен анализ и насколько грамотно спроектирована БД, в существеннейшей мере зависит эффективность будущей СУБД и ее полезность для пользователя. Электронные таблицы и файлы, которые, используются в работе, имеют серьезные ограничения. Прежде всего, стараясь поддерживать отдельные блоки информации, разбросанные по всему предприятию, и управлять ими, можно столкнуться с проблемами доступности и точности данных. А когда данные хранятся в разных форматах на разных компьютерах, трудно обеспечить безопасность и конфиденциальность, не говоря уже о резервном копировании, восстановлении и непрерывной доступности данных. Поэтому в процессе разработки базы данных для ИАС «Сирена» была принята реляционная модель данных. Реляционная база данных представляет собой гораздо более мощный инструмент во всех отношениях, особенно в области аналитики. Реляционная база данных – по существу это БД, в которой данные представлены в виде таблиц (рис. 3). Реляционная таблица [4] состоит из пересекающихся строк (другие названия – запись, сущность) и столбцов (другие названия - поле, атрибут). Термин «relation» (отношение) – это формальное название определенного вида таблицы. Реляционные базы данных позволяют многими способами манипулировать данными, так что можно выбирать все записи, отвечающие определенному критерию, ссылаться из одних таблиц на другие и редактировать все записи целиком. Для обеспечения целостности и минимализации занимаемого объема памяти к реляционным таблицам предъявляют следующие требования:

- данные в ячейках таблицы должны быть структурно неделимы;

- данные в одном столбце должны быть одного типа;
- каждый столбец должны быть уникальным;
- столбцы размещаются в произвольном порядке;
- строки размещаются также в произвольном порядке;
- столбцы имеют уникальные наименования.

Главными «строительными блоками» реляционной БД являются сущности (entity). Термин сущность обычно используется для обозначения любого различного объекта, который может быть представлен в БД (объект, местоположение или предмет, сведения, о которых подлежат сбору и хранению). Сущности группируются по их общим свойствам. Набор сущностей (entity set) это именованная совокупность сущностей, объединенных общими свойствами. Таким образом, таблица содержит группу связанных сущностей, по этой причине термины таблица и набор сущностей чаще всего означают одно и то же.



Рис. 3 – Реляционная структура БД ИАС «Сирена»

Каждая сущность имеет некоторые свойства, называемые атрибутами. Например, на рис. 3 набор сущностей с именем «Подстанции» содержит множество сущностей «подстанция» с атрибутами Код\_РЭС, Название ПС, Контактный телефон и др. Ключи – центральная составляющая реляционных таблиц. Ключи определяют функциональные зависимости, то есть другие атрибуты зависят от ключа и могут, следовательно, быть найдены по его значению. Каждая строка таблицы должна иметь первичный ключ, который представляет собой атрибут или комбинацию атрибутов, которые уникально идентифицируют все остальные атрибуты в любой строке. Поскольку первичный ключ должен быть уникален, в нем для обеспечения целостности не допускаются пустые значения. Несмотря на то, что все

таблицы независимы, их можно связать при помощи совместно используемых атрибутов. Связи в БД можно классифицировать по типу «один-ко-одному» (1:1), «один-ко-многим» (1:M) и «многие-ко-многим» (M:M). Связь «один-ко-одному» означает, что данная сущность может быть связана только с одной другой сущностью и т. д. Связь 1:M практически идеальна для реляционной модели и является в ней основным кирпичиком.

### Выводы.

1. Разрабатываемая ИАС «Сирена» строится в соответствии с структурой и иерархией управления энергокомпанией и имеет четко выделенные уровни. Каждый уровень обладает своими функциональными и информационными возможностями, уровнем обобщения, анализа и защищенности информации в соответствии с существующей иерархией организации эксплуатации электрооборудования;

2. Как и большинство ЭС [5,6,7,8], работающих с базами данных (БД) ИАС «Сирена» использует промышленную универсального назначения СУБД InterBase в локальной сети предприятия в режиме клиент-сервер с применением реляционной модели данных, что позволяет значительно снизить стоимость разработки ИАС и при этом обеспечить сохранность данных, разгрузить информационные каналы связи предприятия по средствам удаленного сервера системы.

3. Применение реляционной модели хранения данных дает возможность свободного доступа к данным по средствам SQL запросов, что немаловажно при работе с большим количеством разнообразной информации.

**Список литературы:** 1. Шутенко О. В. Анализ функциональных возможностей экспертных систем, используемых для диагностики состояния высоковольтного маслонаполненного оборудования / О. В. Шутенко, Д. Н. Баклай // Вісник НТУ «ХПИ». – 2011. – Т. 1, вип. 3. – С. 45-52. 2. Баклай Д. Н. Анализ принципов построения экспертных систем для оценки состояния изоляции маслонаполненного оборудования / Д. Н. Баклай // Вісник НТУ «ХПИ». – 2010. – Т. 1, вип. 1. – С. 180-194. 3. Delphi 7 Наиболее полное руководство / А. Хоменко, В. Гофман, Е. Мещеряков и др. – П. : БХВ-Петербург, 2008. – 1200 с. 4. Рудикова Л. В. Базы данных. Разработка приложений: посібник / Л. В. Рудикова. – П. : БХВ-Петербург, 2006. – 496 с. 5. Попов Г.В. Экспертная поддержка при диагностике состояния силовых трансформаторов / Г.В. Попов, А.В. Ватлецов, С.С. Аль-Хамри // Электротехника. – 2003. – № 8. – С. – 5–11. 6. Игнатъев Е.Б. Оценка состояния электрооборудования на основе программного комплекса "Диагностика+" в режиме on-line / Е.Б. Игнатъев, Е.Ю.Комков, Г.В.Попов – VIII Симпозиум "Электротехника 2010". Сборник тезисов докладов, доклад 4.13, М.: ВЭИ. – 2005. 7. Давиденко И.В. Структура экспертно-диагностической и информационной системы оценки состояния высоковольтного оборудования / И.В. Давиденко, В.П. Голубев, В.И. Комаров, В.Н. Осотов // Электрические станции. – 1997. – №6. – С. – 25–27. 8. Давиденко И.В. Система компьютерной диагностики маслонаполненного оборудования в рамках энергосистемы / И.В. Давиденко, В.П. Голубев, В.И. Комаров, В.Н. Осотов, С.В. Туркевич // Энергетик. – 2000. – № 11. – С. 52–56.

Поступила в редколлегию 30.09. 2011