



OSTIS-2013

(Open Semantic Technologies for Intelligent Systems)

УДК 004.896

ТЕХНОЛОГИЯ ОТКРЫТОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ СХЕМ АВТОМАТИЗАЦИИ

Филатова Н.Н., Требухин А.Г.

*Тверской государственной технической университет,
г. Тверь, Российская Федерация*

nfilatova99@mail.ru

trebuchin2010@yandex.ru

Описаны основные компоненты интеллектуальной САПР схем автоматизации «Controlics». Приводится задача обобщения функциональных схем автоматизации, являющаяся предпосылкой к использованию технологий открытого проектирования. Описываются варианты реализации клиент-серверной архитектуры САПР схем автоматизации. Рассматриваются преимущества взаимодействия клиентов и сервера на основе построения виртуальной частной сети.

Ключевые слова: схема автоматизации; обобщение схем, клиент-серверная архитектура.

ВВЕДЕНИЕ

Проектирование системы автоматизации технологического процесса осуществляется на основе создания иерархически взаимосвязанных схем: структурная → функциональная → электрическая → монтажная.

С использованием математического аппарата теории автоматического управления определяется динамическая модель системы, схема которой включает множество блоков, заданных передаточными функциями, и связи между ними. Для получения модели структурной схемы осуществляется переход от динамических звеньев к атрибутивным моделям блоков, количество которых ограничено базовым набором. При построении функциональных схем решается задача назначения всем элементам структурной схемы блоков технических средств, которые могут реализовать соответствующие передаточные функции. Построение функциональной схемы означает нахождение конкретного элемента ТСА для каждого блока структурной и промежуточных элементов, необходимых для реализации каждой присутствующей в ней связи. В данном случае происходит идентификация всех вершин структурной схемы. Для одной структурной схемы можно построить несколько функциональных, а для одной функциональной - множество вариантов электрических, причем выбор любого из них не будет противоречить функциональным и эксплуатационно-техническим требованиям к системе автоматизации. В данном случае

проводится идентификация всех связей структурной схемы. На монтажной схеме по заданной принципиальной изображаются элементы, их соединители, зажимы и подводимые к ним концы проводов и кабелей.

Для создания схемной документации на системы автоматизации используются узкоспециализированные САПР (AutomatiCS ADT, САПР Альфа, CADElectro, SchematiCS и др.). В этих системах создание проекта системы автоматизации производится в интерактивном режиме, что ведет к проработке единственного варианта ее технической реализации.

Для повышения качества проектных решений необходимо расширить возможности САПР с помощью:

- средств автоматической генерации для заданной структурной схемы множества вариантов моделей функциональных схем. Идентификация всех вершин структурной схемы производится только на этапе генерации функциональных схем. От того, какие технические средства автоматизации (ТСА) будут подобраны в качестве истоков и стоков соответствующих цепей, напрямую зависит качество системы управления;
- механизма автоматического расширения набора правил построения функциональных схем, в том числе автоматического исключения из результатов генерации схем наименее перспективных вариантов. В некоторых современных САПР база данных технических средств содержит архив типовых проектных решений. Это приводит к хранению значительного

количества довольно малых по объему множеств схем, что затрудняет их использование. Поэтому необходимо разрабатывать подход, который позволит преодолеть описанное затруднение путем расширения множеств примеров технических решений из базы данных САПР специально сформированными выборками.

- использования открытых технологий проектирования. В частности, необходимо предусмотреть возможность работы удаленных пользователей с базой данных технических средств.

1. Интеллектуальная система проектирования схем автоматизации

В Тверском государственном техническом университете создана экспериментальная версия интеллектуальной системы «Controlics» для автоматизированного проектирования схем автоматизации. В состав системы включены базы данных и знаний. База данных [Ахремчик, 2009] включает в себя описание технических средств (наименование, функции преобразования, тип и диапазон используемых сигналов, привязка разъемов и контактов к входной и выходной составляющей каждой функции преобразования). Также в базе данных присутствуют правила генерации схем: эвристические правила выявления возможности создания функциональной связи между двумя элементами, правила построения контуров управления и др. Предусмотрена возможность сохранения выбранных проектных решений в специализированном формате. База знаний включает набор продукций, позволяющих оценить перспективность той или иной схемы.

Клиентское приложение включает в себя:

- редактор базы данных, который предназначен для добавления в базу данных новых технических средств и редактирования уже содержащейся в ней информации;

- редактор структурных схем. Служит для создания графической формы структурной схемы системы автоматизации и ее сохранения в специализированном формате;

- построитель задания на проектирование. В «Controlics» под заданием на проектирование понимается задание ограничений на область поиска в базе данных для каждого блока структурной схемы. Указание конкретного технического средства для каждого блока структурной схемы существенно ограничивает пространство поиска и количество допустимых альтернатив функциональных схем. Построение функциональных схем в условиях не полностью заданных требований к технической реализации предполагает решение указанной выше задачи на основе структурной схемы и задания по меньшей мере для одного ее блока хотя бы одной характеристики: для регуляторов может быть задан производитель, для датчиков – измеряемая физическая величина, принадлежность к

некоторому классу (термометр сопротивления, термопара и др.), ограничения на диапазон измеряемой величины и др.;

- генератор функциональных и принципиальных электрических схем. Предназначен для автоматического построения на основе задания на проектирование множества вариантов технической реализации структурной схемы в виде альтернатив функциональных схем. Методы и алгоритмы генерации описаны в [Филатова, 2011]. Предусмотрена возможность исключения из состава функциональной схемы определенного технического средства с обязательной передачей его функций оставшимся элементам, например, замена двух двухканальных блоков, у которых задействовано по одному каналу, одним двухканальным с задействованием всех его ресурсов. В автоматическом режиме для выбранной функциональной схемы возможно формирование принципиальной электрической. Это включает процесс привязки к каждой функциональной связи элементов наборов разъемов и контактов, построение цепей электропитания, проверка замкнутости цепей питания. Интерфейсные цепи строятся в диалоговом режиме;

- модуль обобщения схем. Если набор функциональных схем сгенерирован, то он будет включать множество технически реализуемых схем, состоящее из двух подмножеств: неэффективные с точки зрения проектировщика и остальные. Важной задачей является автоматическое выявление наименее эффективных схем и исключение их из набора схем, предоставляемых проектировщику для дальнейшего анализа. Указанная задача может быть решена обобщением схем автоматизации и созданием механизма автоматического формирования и расширения базы знаний САПР. На современном этапе развития интеллектуальных технологий достаточно хорошо развиты методы построения обобщений о множестве однотипных объектов, заданных набором дискретных признаков [Вагин и др., 2008]. В некоторых случаях схемы оцениваются набором качественных критериев [Емельянов, 1978]. Методика обобщения функциональных схем автоматизации описана в [Филатова, 2012]. В результате анализа обучающих выборок создаются продукционные правила $P_{iu} = \langle u, Q, Fv \rightarrow dk, R \rangle$, где u - индекс (порядковый номер, имя) правила в БЗ САПР, Fv - упорядоченный перечень связей, определяющих структуру измерительных или исполнительных цепей, Q - множество управляющих устройств, которые могут использоваться с Fv , $dk = \{1, 0\}$, если схема признана перспективной; 0, если схема признана неперспективной; R - постусловие продукции, определяющее необходимость проверки функциональной согласованности измерительных и исполнительных цепей канала управления (регулирования) схемы, построенной с помощью продукций;

- модуль анализа и выбора схем, предназначенный для оценки перспективности функциональных схем на основе правил *P_i*;
- модуль интеграции с внешними приложениями. С его помощью описания сформированных функциональных и принципиальных электрических схем экспортируются в MS Excel, AutoCAD и др.

2. Технология открытого проектирования схем автоматизации

Так как в результате обобщения схем автоматизации фактически формируются условия (правила) отнесения схемы к множествам перспективных или неперспективных, то интерес представляет распространение этих правил среди экспертов в области проектирования схем автоматизации для определения их достоверности и последующего применения на практике. Встает вопрос об организации технологии открытого проектирования схем автоматизации.

Архитектура «Controlics» реализована на основе технологии «клиент-сервер». База данных хранится на сервере и с помощью средств СУБД определяются разграничения на доступ к ней. Клиентское приложение представляет собой программный модуль, реализующий все функции по генерации схем на элементах из базы данных и обработке описаний этих схем. Возникает необходимость организации многопользовательского доступа к базе данных. Существует несколько приемлемых вариантов:

- при небольшом числе одновременных обращений к базе данных ТСА и хорошей пропускной способности каналов связи возможна одновременная работа всех клиентов в одной базе данных;
- репликация базы данных с сохранением ее на сервере и последующей работой с репликой. В этом случае каждый клиент работает с копией базы данных ТСА. Достоинства – каждому пользователю «своя» база данных, отсутствие необходимости на рабочих местах клиентов устанавливать СУБД. Недостатки – такие копии нужно создавать постоянно для поддержания информации о ТСА в актуальном состоянии, необходимость многократного экспорта сохраненных проектов из одной реплики и импорта в другую, постоянная значительная нагрузка на канал связи клиента и сервера;
- репликация базы данных с сохранением ее на рабочей станции клиента и последующей работой с репликой. Достоинства – каждому пользователю «своя» база данных, нагрузка на канал связи клиента и сервера только до момента завершения переноса реплики на рабочую станцию клиента. Недостатки – необходимость на рабочих местах клиентов устанавливать СУБД, реплики нужно создавать постоянно, необходимость

многократного экспорта сохраненных проектов из одной реплики и импорта в другую.

В любом случае, процесс пополнения базы данных информацией о новых ТСА должен производиться достаточно ограниченным количеством высококвалифицированных специалистов в режиме отключения от сервера всех клиентов.

На этапе проектирования серверной части САПР необходимо предусмотреть, чтобы в структуре базы данных технических средств отсутствовали таблицы, строки которых используются для временного хранения каких-либо данных.

Так как объем базы знаний САПР (на уровне хранения данных – одной таблицы) существенно меньше объема информации о технических средствах и содержание БЗ доступно только для чтения, то ее целесообразно выделить в отдельную базу данных и организовать доступ клиентов напрямую, без создания репликаций.

Клиент-серверное в «Controlics» взаимодействие реализовано с помощью технологии VPN (виртуальной частной сети). Применение в VPN криптографии позволяет использовать в неизменном виде транспортные протоколы (TCP, UDP).

VPN для удаленных пользователей представляет собой объединение отдельных машин или локальных сетей в виртуальной сети, которая обеспечивает целостность и безопасность передаваемых данных. Она обладает свойствами выделенной частной сети и позволяет передавать данные между двумя компьютерами через промежуточную сеть, например Интернет. Подключение удаленного пользователя к VPN производится посредством сервера доступа, который подключен как к внутренней, так и к внешней (общедоступной) сети. При подключении удаленного пользователя, либо при установке соединения с другой защищенной сетью, сервер доступа требует прохождения процесса аутентификации.

Если сетевая версия САПР используется в пределах одной локальной вычислительной сети, то использование VPN не обязательно. Однако, для повышения степени защищенности проектных данных возможно использование VPN, причем в роли сервера может выступать любая рабочая станция.

В случае интеграции разных локальных сетей с целью совместного доступа необходимо каждое рабочее место обеспечить широкополосным доступом к сети Интернет.

Достоинства VPN для использования в САПР схем автоматизации:

- в одну «виртуальную» сеть через Интернет можно объединить территориально разобщенные ЭВМ, физически расположенные в составе разных локальных сетей;

- сервер VPN одновременно является сервером базы данных ТСА;
- для корректной работы сервера через Интернет у провайдера необходимо заказать только внешний статический IP-адрес;
- с использованием VPN между ЭВМ создается безопасный (шифрованный) IP-туннель через единый UDP- или TCP-порт;
- режим аутентификации клиентов – по сертификатам, причем все сертификаты генерируются на сервере;
- возможность присвоения клиентам по их сертификатам статических IP-адресов, что позволяет создать гибкую систему распределения и учета доступа к базе данных ТСА.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Создание механизмов автоматического расширения опыта САПР дало возможность формирования и пополнения архива наиболее и наименее перспективных схем. Для тестирования базы знаний САПР необходимо привлечение опытных экспертов, которые работают в разных проектных организациях. Возникает задача разработки технологий открытого проектирования схем автоматизации, которая решается с использованием клиент-серверной архитектуры САПР и выбора технических решений по организации доступа клиентов к базе данных технических средств.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- [Филатова, 2011] Филатова, Н.Н. Автоматическая генерация деревьев схмотехнических решений / Н.Н. Филатова, А.Г. Требухин, О.Л. Ахремчик // Труды международного конгресса по интеллектуальным системам и информационным технологиям «AIS-IT'11». М.: Физматлит, 2011. Т.2, С 122-130.
- [Ахремчик, 2009] Ахремчик, О.Л. Информационная база для автоматизированного проектирования схем систем управления технологическими объектами / О.Л. Ахремчик // Информационные технологии, 2009, № 8, С. 17-21.
- [Вагин и др., 2008] Достоверный и правдоподобный вывод в интеллектуальных системах / Вагин В.Н. [и др.]; – М.: Физматлит, 2008.
- [Емельянов, 1978] Системное проектирование средств автоматизации / Емельянов С.В. [и др.] – М.: Машиностроение, 1978. 190с.
- [Филатова, 2012] Филатова, Н.Н. Автоматическое обобщение вариантов технической реализации структурных схем систем автоматизации / Н.Н. Филатова, А.Г. Требухин // Труды международного конгресса по интеллектуальным системам и информационным технологиям «AIS-IT'12». М.: Физматлит, 2012. Т.1, С 174-181.

TECHNOLOGY OPEN DESIGNING OF CIRCUITS AUTOMATION

Filatova N.N., Trebukhin A.G.

Tver State Technical University, Tver, Russia

nfilatova99@mail.ru

trebuchin2010@yandex.ru

The basic components of the intelligent CAD «Controlics» have been considered. Describes the

benefits of client-server-based virtual private network. Provided to summarize the functional schemes of automation systems, which is a prerequisite for the use of open design technology.

INTRODUCTION

To create the automation systems circuit documentation uses highly specialized CAD. In these systems, the creation of automation system project is online, which leads to the elaboration of a single variant of its technical implementation. To improve the quality of design decisions must be empowered with the CAD tools for the automatic generation of a given set of variants of the block diagram models of functional circuits, a mechanism to automatically exclude the results of the generation of the least promising options, the use of open source design.

MAIN PART

In Tver State Technical University, an experimental version of intelligent system «Controlics» for automation schemes design. The system includes a database of technical equipment and knowledge. The client application includes a database editor, builder design assignment, the function and schematic diagrams generator, circuit generalization module, a module for integration with external applications.

There are several acceptable options for architecture: the simultaneous operation of all clients in a single database, database replication keeping it on the server and follow-up with a replica, the replication database, preserving its client workstation and follow-up with a replica.

Because as a result of the generalized scheme of automation actually creates the conditions (rules) classification scheme to a variety of promising or unpromising, the interest spread of these rules among experts in the field of design automation schemes to determine their validity and the subsequent application in practice. Client-server communication based on the technology VPN (virtual private network). Applications in cryptography VPN allows unchanged transport protocols (TCP, UDP).

The main advantages of VPN - the ability to control the number of simultaneous connections to the database and create an encrypted communications channel.

CONCLUSION

Creating a mechanism for automatic extension of CAD experience has enabled the formation and replenishment of the archive the most and least promising schemes. To test the knowledge of CAD is necessary to attract skilled experts who are working in different design organizations. The task of development technologies open circuit design automation, which is solved by using a client-server architecture, CAD and the choice of technical solutions for the organization of client access to database technology.