

**И.А. Бершадский, Сабер Ажили, Л.Д. Ильюшенкова**

## **ВОПРОСЫ ПРОГРАММНОЙ РЕАЛИЗАЦИИ АЛГОРИТМОВ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ УЧАСТКА**

**Постановка проблемы.** Выполнение проекта современной высокоэффективной системы электроснабжения (СЭС) с учетом требований Государственных стандартов к качеству электроэнергии при ограниченной численности проектировщиков и в приемлемый срок возможно только за счет использования САПР. Эта задача особенно актуальна в условиях рынка проектирования СЭС с ограничениями по экономическим показателям (по потерям электроэнергии, обоснованию выбора того или иного вида оборудования с учетом его стоимости, расположению, топографии схемы, значительной номенклатуры продукции и др.).

Под определением автоматизации проектирования системы электроснабжения СЭС будем понимать систематическое применение ЭВМ в проектировании на основе научно-обоснованных моделей объекта и процесса проектирования и распределение функций между человеком и ЭВМ.

Специфика проектирования СЭС предъявляет ряд требований к техническим средствам САПР:

- а) автоматизированный расчет всех этапов проекта, которые поддаются математической алгоритмизации;
- б) возможность сохранения результатов и необходимых промежуточных значений в файле базы данных (БД): этот файл может быть использован другими программами;
- в) создание и возможность обновления БД оборудования (его технических параметров);
- г) организация запроса из БД оборудования по расчетным данным (САПР должен предлагать оборудование и схемно-монтажные решения, которые удовлетворяют данным условиям, а окончательный выбор выполняет проектировщик, учитывая условия, трудно поддающиеся алгоритмизации);
- д) визуальное (графическое) представление расчетной схемы СЭС.

Указанные требования не охватывают весь ряд задач, стоящих перед современными САПР, однако являются исходными и минимально исчерпывающими при построении любой визуально-расчетной среды такого рода.

Анализируя программные продукты САПР СЭС, приходим к таким выводам. Большинство проектных организаций Украины не использует в своей деятельности комплексные многофункциональные приложения. Это связано с тем, что произведенные за рубежом, они, как правило, перегружены дополнительными функциями, которые мешают выполнить узконаправленный расчет, требуют установки более мощных систем проектирования (AutoCAD, Compass и

др.). Большим «недостатком» является также финансовая сторона, так как эти программы сами стоят 4000...5000 долларов, а также требуют установки лицензионных родительских систем проектирования (25000...30000 грн.). Подобные системы очень требовательны к ресурсам ЭВМ, что также влечет дополнительные затраты.

В то же время существует огромное количество мелких программ, выполняющих отдельные электротехнические расчеты, однако они ограничены выполнением лишь нескольких операций [1].

**Целью статьи** является обобщение опыта разработки и программной реализации собственной САПР средней сложности, ориентированной на профессиональное выполнение проектных задач, что, на наш взгляд, является достаточно актуальной задачей. Языком программирования был выбран объектно-ориентированный Visual Basic 6.0, который поддерживает построение графических схем, работает с БД mdb (Microsoft Access), интегрирован с языком запросов SQL. Программы, написанные на этом языке, могут быть скомпилированы как самостоятельные приложения, так и в виде модулей для более мощных систем.

Объектом проектирования СЭС является участок слесарно-механического цеха (рисунок 1) (на данном этапе производится выбор распределительного пункта (РП), автоматических выключателей и проводов для всех потребителей).

#### **Результаты исследований.**

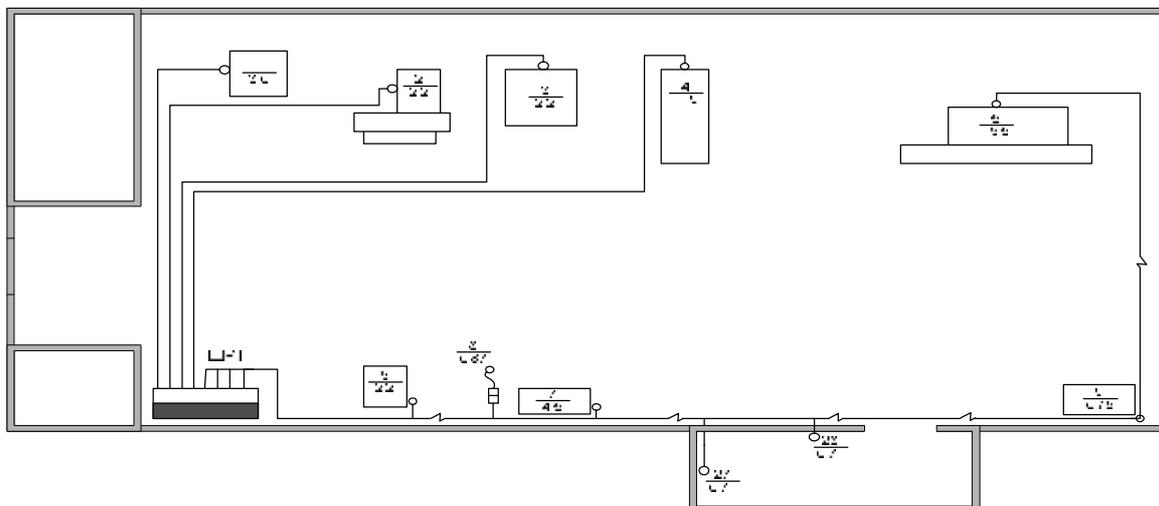
**А. Формирование объектной модели САПР.** Для уяснения структуры программы разработана объектная модель, фрагмент которой представлен на (рисунок 2). С её помощью можно наглядно представить формы программы, объекты в виде элементов управления, их назначение и взаимодействие. Также прослеживается переход от одной формы к остальным (от ввода исходных данных до получения заключительных отчетов).

Разработанная САПР реализует следующий набор алгоритмов [2]:

- 1) добавление данных о потребителях в таблицу и их графическое изображение;
- 2) расчет нагрузок модифицированным статистическим методом по РТМ 36.18.32.4-92 [3];
- 3) выбор РП из БД (технология файл-сервер с использованием SQL - запросов) [4, т2, с. 250...300];
- 4) выбор проводов для отдельных электроприемников (учитывается способ прокладки, материал провода);
- 5) выбор индивидуальных автоматических выключателей с использованием БД;
- 6) корректирование и дополнение БД и справочной информации;
- 7) формирование отчетов, их хранение, подготовка к распечатке.

**Б. Программная реализация.** Рассмотрим более подробно программную реализацию п. 3. Код этого алгоритма занесен в форму **frmRP** (рисунок 3). Он заполняет списки lstRP1, lstRP3, lstRP7 названиями РП, которые удовлетворяют

заданным параметрам (номинальный ток и число одно-и трехфазных подклю-



чений.

Выбор РП проводится по запросу SQL к БД с техническими данными РП исходя из заданного критерия.

Рисунок 1 – Участок слесарно-механического цеха

Тип	Исполнение	Ном_ток	Длит_д.	Длит_п.	Авт_выкл_авод.	Рубильник	1ф
ПР11Д-1086А-21У3	Нового исполнения	250	225	-	ВА5135(ВА5735)	-	0
ПР11Д-1085А-21У3	Нового исполнения	250	225	-	-	-	0
ПР11-1086А-21У3.1	Нового исполнения	250	225	-	ВА5135	-	0
ПР11-1085А-21У3.1	Нового исполнения	250	225	-	-	-	0
ПР11Д-3086А-21У3	Неполного исполнения	250	225	213	ВА5135	ВР3235	0
ПР11Д-3085А-21У3	Неполного исполнения	250	225	213	-	-	0
ПР11-3086А-21У3	Неполного исполнения	250	225	213	ВА5135	ВР3535	0
ПР11-3085А-21У3	Неполного исполнения	250	225	213	-	-	0
ПР11-7086А-21У3	Утолщенного исполнен...	250	-	-	ВА5135(ВА5735)	ВР3235	0

Рисунок 3 – Форма выбора РП frmRP

В верхней части формы в текстовых полях указаны *расчетная мощность*, *номинальный ток*, *количество одно- и трехфазных подключений*. Эти значения можно корректировать вручную или автоматически при изменении состава нагрузки.

При выборе (или изменениях) в группе *Данные для запроса к базеданным РП* (выпадающие списки) в правом фрейме отображаются наименования РП, которые удовлетворяют заданным параметрам. Нижняя таблица заполняется отмеченными РП, которые извлекаются из БД. Эти выборы осуществляются обращением к ней с помощью SQL с фильтрацией по критериям [4, т.2, с. 290...295].

Код описанных действий (формирование запроса к БД и выбор РП) представлен в таблице 1

Таблица 1

<pre>s1 = "" s2 = "" s3 = "" If Combo1.Text = "Не задан" And Combo2.Text = "Не задан" And Combo3.Text = "Не задан" Then w = "" Else: w = " where " End If If Combo1.Text &lt;&gt; "Не задан" Then s1 = "NT=" + Combo1.Text End If If Combo2.Text &lt;&gt; "Не задан" Then s2 = "F=" + Combo2.Text If s1 &lt;&gt; "" Then s2 = " and " + s2 End If If Combo3.Text &lt;&gt; "Не задан" Then s3 = "FFF=" + Combo3.Text If s1 &lt;&gt; "" Or s2 &lt;&gt; "" Then s3 = " and " + s3 End If Data1.RecordSource = "select Type from RP1" + w + s1 + s2 + s3 Data1.Refresh While Not Data1.Recordset.EOF   lstRP1.AddItem Data1.Recordset.Fields("Type")   Data1.Recordset.MoveNext Wend Data1.RecordSource = "select Type from RP3" + w + s1 + s2 + s3 Data1.Refresh While Not Data1.Recordset.EOF   lstRP3.AddItem Data1.Recordset.Fields("Type")   Data1.Recordset.MoveNext Wend Data1.RecordSource = "select Type from RP7" + w + s1 + s2 + s3 Data1.Refresh While Not Data1.Recordset.EOF   lstRP7.AddItem Data1.Recordset.Fields("Type")   Data1.Recordset.MoveNext Wend</pre>	<p><b>В</b> очистка строковых переменных</p> <p><b>В</b> если заданы условия выбора – начинается формирование строки запроса</p> <p><b>В</b> проверка – задан ли ток</p> <p><b>В</b> проверка – задано ли количество однофазных подключений</p> <p><b>В</b> проверка – задано ли количество трехфазных подключений</p> <p><b>В</b> выполняется запрос и заполняется lstRP1</p> <p><b>В</b> выполняется запрос и заполняется lstRP3</p> <p><b>В</b> выполняется запрос и заполняется lstRP7</p>
--	--

Описание объектов формы **frmRP**, работающих в коде, приведены в таблице 2.

После выбора РП, интересующего проектировщика, (выделение мышью в таблице) можно перейти к новой форме для выбора автоматических выключателей **frmAE20**. Информация обо всех выполненных расчетах сохраняется в отдельной БД и используется в дальнейших этапах расчета.

Таблица 2

<b>frmRP</b>	text1	-	Общая нагрузка РП
	text2	-	Номинальный ток
	text3, text4	-	Количество одно- и трехфазных потребителей
	Command6	Вернуть расчетные данные	Возвращение объектам text1-text4 расчетных величин
	data1	-	Элемент Data для связи с БД "RP1, RP3, RP7"
	data2	-	Элемент Data для связи с БД "Параметры РП"
	IstRP1, IstRP3, IstRP7	-	Таблица, в которую заносятся РП, извлеченные из БД SQL запросом
	ListView1	-	Таблица, в которую заносятся параметры выделенных РП
	Command2, Command4, Command5	Выделить все	Отметить все РП в таблицах (IstRP1, IstRP3, IstRP7)
	combo1	Не задан	Параметры SQL запроса к БД. Номинальный ток
	combo2	Не задан	Параметры SQL запроса к БД. Количество однофазных подключений
	combo2	Не задан	Параметры SQL запроса к БД. Количество трехфазных подключений
	Command3	Параметры выделенных пунктов	Заполнить таблицу ListView1 выделенными РП
	Command1	Снять выделения	Снять выделение во всех таблицах
	Command7	<< Назад	Возврат к форме расчета нагрузок
	Vibrat	Выбрать >>	Выбрать выделенный в ListView1 РП и перейти к frmAE20

**В. Формирование отчетов о работе САПР.** После завершения расчетов запускается форма отчетов **Reports** (рисунок 4). На ней расположены три многостраничных объекта **DataReport** с возможностью перехода между ними. Каждый **DataReport** можно распечатать или сохранить в формате \*.txt или \*.html.

#### **Выводы.**

1. Данная программа является САПР цеховой сети (первым этапом разработки). Её дальнейшее совершенствование возможно как путем добавления новых модулей и форм в коде программы (VBA), так и путем написания независимых программ (возможно на другом языке программирования), которые будут использовать файлы БД (результаты расчетов, справочную информацию) имеющейся САПР. В первую очередь возможны следующие дополнения:

- а) расчет токов короткого замыкания, после чего станет возможным проверка выбора автоматических выключателей по коэффициенту чувствительности их максимально-токовой защиты;
- б) приведение однофазной нагрузки к трехфазной;
- в) введение в БД оборудования категории «Цена», после этого станет возможным добавление экономической части;
- г) придание большей наглядности графической части схемы.

Потребитель, Провод, Автоматический выключатель		
Прес. монтажно-определяющий № 1		
<b>ПОТРЕБИТЕЛЬ</b>	<b>ПРОВОД</b>	<b>АВТОМАТИЧЕСКИЙ ВЫКЛЮЧАТЕЛЬ</b>
Мощность (кВт): 3	Марка провода: Провод(Т)	Тип автомата: АЕ2023
Ток (А): 4,558	Сечение: 1	Номинальный ток (А): 16
tg(φ): 1,732	Допустимый ток (А): 14	Ток расцепителя (А): 5
Кз: 9,14	Металл: Cu	Ток отсечки (А): 60
Пусковой ток (кратность): 5,5	Вид: 18,5	Кз (коэф. надежности): 2,1
	Прокладка: 1 трехжильный провод, В трубе	Ток коммутируемой мощности (кратность): 2
Трезерный станок № 2		
<b>ПОТРЕБИТЕЛЬ</b>	<b>ПРОВОД</b>	<b>АВТОМАТИЧЕСКИЙ ВЫКЛЮЧАТЕЛЬ</b>
Мощность (кВт): 2,2	Марка провода: Провод(Т)	Тип автомата: АЕ2023
Ток (А): 1,343	Сечение: 1	Номинальный ток (А): 16
tg(φ): 1,732	Допустимый ток (А): 14	Ток расцепителя (А): 4
Кз: 9,14	Металл: Cu	Ток отсечки (А): 40
Пусковой ток (кратность): 5	Вид: 18,5	Кз (коэф. надежности): 2,1
	Прокладка: 1 трехжильный провод, В трубе	Ток коммутируемой мощности (кратность): 2

Рисунок 4 – Фрагмент отчета работы САПР

2. Можно планировать введение в БД категории «Поставщик».

3. Используя САПР для расчетов СЭС, инженер получает не только отчеты с техническими данными, но и информацию о цене оборудования и возможности его закупки у заявленных поставщиков. Для этого необходимо постоянно обновлять базу данных информацией о новом оборудовании, его ценах и возможных поставщиках. Лучший вариант такой реализации - разработка Интернет-поддержки САПР. Обновляемая БД может сохраняться на сервере, а САПР будет периодически обновлять свою БД через сеть. Другой перспективной технологией может стать внедрение объектов графических сред за счет технологий OLE по системе клиент-сервер [4, т.2, с.101...114]. Это позволит применять чертежи, спроектированные, например, в AutoCAD, и выдавать таблицы и принципиальные схемы в готовом виде для распечатки.

#### Список литературы

1. CADmaster #1 и #3 '2002, #1 '2003
2. Стерлигов В.Е., Сабер Ажили, Бершадский И.А. Проектирование элементов САПР цехового электроснабжения // Науково-технічна конференція студентів ДонНТУ. День науки 2005. Секція „Електротехнічні системи електроживлення”.- с.39-40.

3. Руководящий технический материал. Указания по расчету электрических нагрузок: РТМ 36.18.32.4-92: Утв. ВНИПИ Тяжпромэлектропроект: Введен с 01.01.93 // Инструктивные и информационные материалы по проектированию электроустановок. – М.: ВНИПИ Тяжпромэлектропроект. – 1992. – № 6-7. – С. 4-27.

4. Евангелос Петрусос. Visual Basic 6. Руководство разработчика: В 2 т.- Киев: Издательская группа ВНУ, 2000.