

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ ВЫБОР ЭЛЕМЕНТОВ И РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ НАПРЯЖЕНИЕМ ДО 1 кВ

А.А. Алферов¹, А.В. Дробов², В. Н. Галушко²

УО «ГГТУ им. П.О. Сухого», г. Гомель, Республика Беларусь¹
УО «Белорусский государственный университет транспорта», г.
Гомель, Республика Беларусь²

Аннотация. Разработано программное обеспечение автоматизации решения электротехнических задач, возникающих при проектировании, реализация которого основывается на электрических расчетах и анализе технических мероприятий по экономии электроэнергии. Автоматизированный программный инструментариум реализован в виде Web-приложения и отдельной программой для персонального компьютера. Разработанный САПР цехового электроснабжения, отличается модульной организацией вычислительного процесса, использованием более широкой номенклатуры применяемого электрооборудования и материалов, применением поисковых методов оптимизации структуры цехового электроснабжения. На базе единого информационного обеспечения САПР разработан комплекс алгоритмов выбора параметров цехового электроснабжения, соответствующий полному объему необходимых расчетов по проектированию силового электрооборудования.

Ключевые слова: САПР, система цехового электроснабжения, элементы сети, выбор электрооборудования.

Введение. Понятие качества проектирования включает в себя как содержание выполненного проекта - его новизну, научную обоснованность, оптимальность принятых решений, так и его форму - точность и полноту выданных документов, отсутствие ошибок, простоту и ясность документации. Разработка на базе персонального компьютера систем автоматизированного проектирования (САПР) позволяет не только резко сократить количество всевозможных ошибок, которые имеют место при неавтоматизированном проектировании, но и получить документацию в более компактной и удобной в обращении форме [3].

На сегодняшний день в области автоматизации проектирования электроснабжения не получили надлежащего развития научно

обоснованный анализ и декомпозиция процесса проектирования и разработка инженерного подхода к программированию проектных процедур. Это является причиной разнотипного подхода проектных организаций к созданию САПР систем электроснабжения, что усложняет взаимный обмен прикладными программами и пакетами программ. Следствием такого положения становится значительная дороговизна САПР СЭС при их внедрении и сопровождении в проектную практику. В настоящее время среди разработчиков программного обеспечения для рынка электротехнических расчетов (CSoft Development, Multisim, Simulink) наблюдается тенденция к созданию простых, интуитивно понятных интерфейсов, содержащих обширную справочно-техническую информацию и подающих информацию в удобном для пользователя виде. Вследствие этого, на наш взгляд, использование разрабатываемой САПР, ориентированной на расчетный функционал с возможностью сравнения вариантов объединения потребителей по группам, широкого выбора оборудования и наглядной структурой пошагового проектирования может с успехом дополнять существующие САД системы.

Цель работы. Целью данной САПР является автоматизированный расчет системы цехового электроснабжения, который заключается в возможности определения длительной нагрузки трехфазных потребителей, объединении потребителей в группы, подключении каждой группы к собственному распределительному пункту (или шинопроводу), выборе автоматических выключателей и кабелей питания для всех потребителей и другие возможности.

Согласно этим данным, САПР выполняет: синтез структуры проектируемой системы в соответствии с результатами расчетов нагрузок и справочной информацией, которая сохраняется в базе данных; проверку защитных аппаратов по расчетным и пусковым токам; выбор автоматических выключателей и кабелей; проверку выбранных проводов по нагреву длительно допустимым током и по механической стойкости; проверку выбранных автоматических выключателей по номинальным и пиковым токам и другие возможности.

Основная часть. Практика разработки и внедрения систем и подсистем автоматизированного проектирования позволила выявить ряд общих принципов построения и требований, предъявляемых как к системе в целом, так и к её компонентам.

Среди общесистемных принципов следует отметить такие как интегрированность (способность расширять возможности по мере разработки новых подсистем и совершенствования технических средств), интерактивность (наличие в процессе проектирования

диалога "проектировщик - ЭВМ"), инвариантность к проектируемым объектам и отраслевой специфике. При создании САПР необходимо обеспечить сочетание комплексности системного подхода с автономностью функционирования отдельных частей системы.

Известно, что система автоматизированного проектирования представляет собой совокупность технических средств (ЭВМ, комплекс внешних устройств, обеспечивающих режим диалога, ввод-вывод графической информации и т.п.) и компонент (методическое, прикладное программное и информационное) математического обеспечения (МО).

Методическое обеспечение включает теорию, методы, способы, математические модели, алгоритмы, терминологию, нормативы, отражающие методологию проектирования в САПР. Прикладное программное обеспечение состоит из проблемных программ и их пакетов, предназначенных для получения проектных решений. Информационное обеспечение САПР образуют документы, содержащие описания форм представления исходной и выходной информации, массивов нормативно-справочной информации, а также методов их подготовки, хранения, преобразования, контроля и выдачи[3].

При разработке отмеченных компонент методического обеспечения САПР учитывались следующие основные принципы [6]:

- применение эффективных математических моделей, методов многовариантного проектирования и оптимизации;
- модульность построения, обеспечивающая гибкую организацию и возможность развития;
- простота подготовки, надежность контроля и полнота диагностики исходных данных.

С учетом указанных принципов и на основании изучения технологии проектирования [1,2] разработана структурная схема САПР цехового электроснабжения (рисунок 1).

На первом этапе технологии автоматизированного проектирования проектировщиком на основании технического задания подготавливаются исходные данные по ЭП цеха или корпуса (блок I). В блоке II с помощью программного обеспечения определяются расчетные нагрузки по всему объекту, а также выдаются основные показатели проекта. На основании полученных величин удельной (на 1 м²) и полной расчетных нагрузок проектировщик формирует несколько технически равноценных вариантов количества, мощности и расположения цеховых ТП (блок III). Кроме этого, ориентировочно задаются путем разбиения площади цеха (корпуса) граничными линиями зоны, электроснабжаемые каждой ТП. В блоке IV с помощью

программного обеспечения с целью обеспечения равной загрузки всех трансформаторов производится корректировка зон путем параллельного перемещения граничных линий, а также по каждому варианту определяются суммарные приведенные затраты.

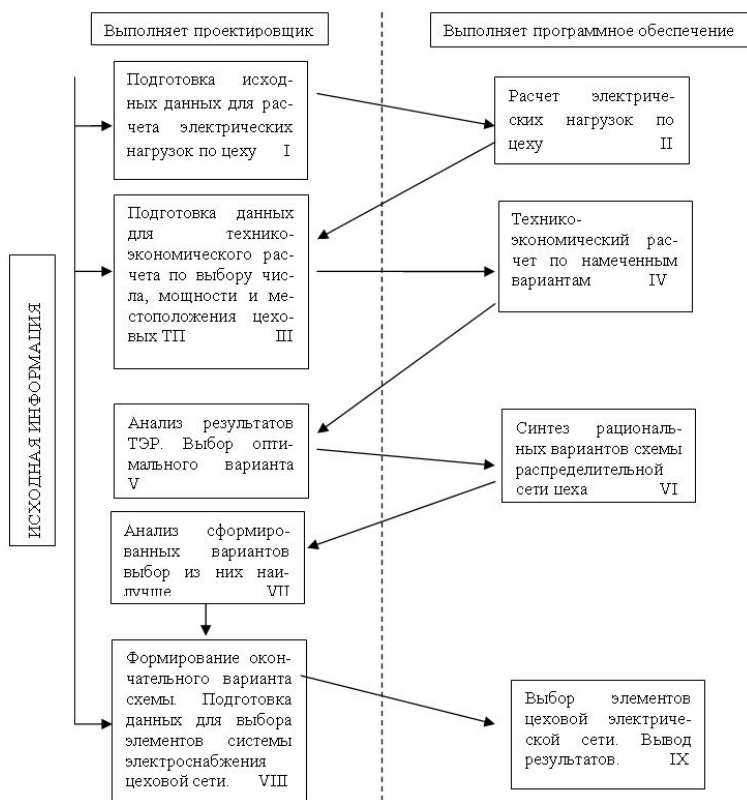


Рисунок 1 - Структурная схема системы автоматизированного проектирования цеховых электрических сетей

После анализа проектировщиком результатов технико-экономического расчета (ТЭР) и выбора наилучшего варианта (блок V) им намечаются (с запасом) возможные места установки силовых пунктов и трассы прокладки распределительных шинопроводов. В блоке VI с помощью программы автоматически формируются рациональные варианты схем распределительной цеховой электрической сети (ЦЭС) и рассчитываются их технико-экономические показатели.

После анализа полученных вариантов, выбора наилучшего из них (блок VII) проектировщик создает окончательный вариант схемы цеховой электрической сети с учетом её питающей части и подготавливает по нему исходные данные (блок VIII). В блоке IX с помощью программного обеспечения осуществляется выбор элементов цеховой электрической сети и результаты выводятся на печать.

Таким образом, при выполнении операций блоков I-V, решается задача по выбору рационального варианта числа, мощности и размещения цеховых трансформаторных подстанций (ТП). Вторая часть САПР, объединяющая блоки VI-IX, предназначена для формирования и выбора рациональной схемы цеховой электрической сети, её элементов, параметров, а также для выдачи необходимой проектной информации.

Выбираемые аппаратура и оборудование проверяются на электродинамическую стойкость, срабатывание от однофазных коротких замыканий, избирательность отключения, а сечения проводников сети - на потерю напряжения [4, 7].

Значительно расширена и обновлена номенклатура используемого оборудования и материалов. Для обеспечения гибкости организации и возможности развития все прикладные программы оформлены в виде модулей, функционированием которых руководит специальная управляющая программа.

Исходная информация, существующая на входе САПР, является вариантной и представляет собой задание на проектирование, план объекта с расположением технологического оборудования и его спецификацию, требования технологов к электрической части, характеристику среды, строительные параметры цеха.

Одним из основных информационных данных по электроприемникам (ЭП) предусмотрено задание номера, признака, характеризующего режим работы, напряжения питания, резервность, перспективность, номинальной мощности, номинальной мощности наибольшего двигателя, кода фазности, (K_i , ПВ%, cosφ), признака технологической связи и признака принадлежности к определенной ТП; также заносятся данные для технико-экономического расчета и характеристики объекта проектирования: площадь цеха, нормативное значение tgφ, число часов включения и использования максимума нагрузки, напряжение высоковольтной нагрузки.

В качестве дополнительной информации заносятся сведения о среде производственного помещения, видах и марках применяемых материалов и оборудования, способах монтажа. Окончательная выходная информация содержит все данные, необходимые для

оформления проекта.

Характеристика алгоритмов отдельных модулей приводится в порядке их функционирования в САПР. Приведем описание некоторых из них (рисунок 2):

1) В блоке "Расчет электрических нагрузок" определяются величины расчетных и пиковых нагрузок для всех узлов (элементов) цеховой электроснабжения методом упорядоченных диаграмм [5].

2) Блок "Выбор элементов цеховой электрической сети" разбивается на несколько подблоков. Основными из них являются:

- В подблоке "Выбор защитных аппаратов" осуществляется выбор защитных аппаратов, установленных в силовых пунктах (СП), ответвительных коробках шинопроводов распределительных (ШРА) и на щитах низкого напряжения ТП. В связи с ухудшением теплоотвода предусмотрено снижение допустимых токов автоматов, установленных в СП защищенного исполнения и в ответвительных коробках ШРА.

- В подблоке "Выбор пусковой аппаратуры" производится выбор ящиков с предохранителями, автоматами, разъединителями, шкафов управления (одно-, двух- и трехфидерных), магнитных пускателей, кнопок управления, пакетных выключателей и переключателей, штепсельных разъемов. Типоразмер пусковой аппаратуры выбирается в зависимости от номинального тока ЭП с учетом фазности, реверсивности электродвигателя и среды, где она установлена.

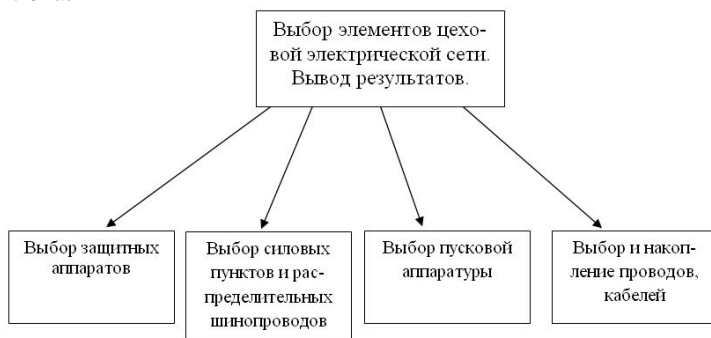


Рисунок 2 – Подблоки модуля «Выбор элементов цеховой электрической сети»

- В подблоке "Выбор и накопление проводов, кабелей" производится окончательный выбор сечений проводников, которые согласовываются с уставками защитных аппаратов. При прокладке проводников в коробе на длительно допустимый ток проводников

вводятся снижающие коэффициенты, учитывающие количество проводников.

- В подблоке "Выбор силовых пунктов и распределительных шинопроводов" типоразмер СП (ШРА) определяется кодом серии СП (ШРА), количеством и номинальными токами защитных аппаратов отходящих фидеров, расчетным током СП (ШРА) и средой помещения, где он установлен.

Дополнительными преимуществами разработанного САПР по сравнению с наиболее известными разработками в области автоматического проектирования электротехнического оборудования низковольтных электрических сетей можно назвать САД-систему «My Ecodia» и «CadEL» заключающуюся в следующем:

- отсутствует необходимость установки большого числа специализированных программ;

- наличие широкой встроенной базы данных справочно-информационной поддержки, включающей современную обширную теоретическо-образовательную, нормативную и справочную информацию;

- гибкость программ расчета к различным исходным данным, возможность "усредненного" расчета или подбор наиболее вероятных параметров;

- наличие подсказок и ссылок (например, на действующие нормы и правила) на всех этапах расчета;

- возможность обучения пользователей, контроль и проверка их знаний за счет встроенной литературы, лекций и примеров обучающей направленности, что позволяет повысить качество выполняемых расчетов и снизить число ошибок.

Кроме этого, предложен метод имитационного моделирования надежности элементов системы электроснабжения. В главной части в соответствии с общей логической последовательностью расчёта происходят обращения к подпрограммам специального назначения, расчёт показателей надёжности по известным формулам и анализ статистических результатов. Результаты исследования позволят: прогнозировать показатели надежности электрооборудования СЭС; установить "узкие места" в обеспечении надежности; разработать мероприятия по повышению эффективности функционирования электрооборудования.

Полученные результаты эмпирических исследований, реализованных в виде регрессионных моделей, используются в разработанном САПР для оценки влияния качества электроэнергии на различное электрооборудование.

Выводы. 1. Разработан САПР цехового электроснабжения, отличающийся модульной организацией вычислительного процесса, использованием более широкой номенклатуры применяемого электрооборудования и материалов, применением поисковых методов оптимизации структуры цехового электроснабжения.

2. На базе единого информационного обеспечения САПР разработан комплекс алгоритмов выбора параметров цехового электроснабжения, соответствующий полному объему необходимых расчетов по проектированию силового электрооборудования.

3. Программа САПР способна автоматически рассчитывать мощности, токи в электросетях (что заметно ускоряет подбор характеристик питающего оборудования и кабелей), осуществлять перерасчет параметров при изменении перечня или характеристик потребителей. Достигнуто сокращение времени проектирования по сравнению с ручным способом до 10 раз на один вариант расчета.

4. Программу можно также использовать для изучения современных технологий создания программных продуктов САД сред электротехнического направления.

Список использованных источников:

1. Шукин Б.Д., Лыков Ю.Ф. Применение ЭЦВМ для проектирования систем электроснабжения. – М.: Энергия, 1973.-121 с.

2. Шукин Б.Д., Лыков Ю.Ф. Применение ЭВМ для проектирования систем электроснабжения. – Л.: Энергоиздат, 1982.-176 с.

3. Винославский В.Н., Тарадай В.И., Бутц У., Хайнце Д. Автоматизация проектирования систем электроснабжения. К.: Высшая школа, 1988. 208 с.

4. В.П. Шеховцов. Справочное пособие по электрооборудованию и электроснабжению. - М.: ФОРУМ-ИНФРА-М, 2006. – 180 с.

5. Руководящий технический материал. Указания по расчету электрических нагрузок: РТМ 36.18.32.4-92: Утв. ВНИПИ Тяжпромэлектропроект: Введен с 01.01.93. М.: ВНИПИ Тяжпромэлектропроект, 1992. С. 4-27.

6. Лыков Е.Ф. и др. САПР систем промышленного электроснабжения. – Куйбышев: Куйб. политехнич. институт, 1990. – 77 с.

7. Кудрин, Б.И. Электроснабжение промышленных предприятий / Б.И. Кудрин. - М.: «Интермент Инжиниринг», 2006. - 670 с.

Алферов Александр Александрович, ассистент кафедры «Электроснабжение», Республика Беларусь, Гомель, УО «ГГТУ им П.О. Сухого»

Дробов Андрей Владимирович, аспирант, Республика Беларусь, Гомель, УО «Белорусский государственный университет транспорта», electr_to@mail.ru

Галушко Виктор Николаевич, к.т.н., доцент кафедры «Электротехника» Республика Беларусь, Гомель, УО «Белорусский государственный университет транспорта», 5355628@mail.ru

AUTOMATED SELECTION OF COMPONENTS AND THE SOLUTION OF PROBLEMS IN THE DESIGN OF POWER SUPPLY SYSTEMS BY VOLTAGE UP TO 1 KV

A. A. Alferov¹, A.V. Drobov², V.N. Galushko²

Abstract. There has been developed software for automation of solutions for electrotechnical problems arising at designing, the implementation of which is based on electric calculations and analysis of technical measures for saving energy. Automated software tools are implemented in the form of a Web-based application and as a separate PC program. Developed the CAD by the workshop electric power supply is characterized by the modular organization of the computing process, the use of a wider range of applied electrical equipment and materials, and the use of search methods for optimizing the structure of the shop electrical supply. On the basis of a single information support for CAD, a set of algorithms for selecting shop-floor power supply parameters was developed, corresponding to the full volume of necessary calculations for designing power electrical equipment.

Keywords: CAD, power supply system, network elements, the choice of the electrical equipment.

A.A. Alferov, assistant of "Energy Supply", the Republic of Belarus, Gomel, UO "GSTU named after P.O. Suhoi", ALF_ALF@tut.by

*A. V. Drobov, graduate student, Republic of Belarus, Gomel, UO «Belarusian State Transport University», electr_to@mail.ru
V. N. Galushko, ph.d., assistant professor of "Electrical engineering", Republic of Belarus, Gomel, UO «Belarusian State Transport University», 5355628@mail.ru*