

Варганова А.В., Панова Е.А., Хатюшина Т.В., Кононенко В.С., Багаева Х.М.

Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова

РАЗРАБОТКА БАЗЫ ДАННЫХ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ 35-220 кВ ДЛЯ САПР «ОРУ CAD»

Работа посвящена описанию системы автоматизированного проектирования схем открытых распределительных устройств с использованием оригинального программного продукта «ОРУ CAD». Данный пакет позволяет на основании исходных данных для проектирования (номинального напряжения, числа присоединений, типа подстанции и величины нагрузки) разработать однолинейную схему распределительного устройства в среде «КОМПАС», составить спецификацию оборудования с использованием базы данных. При разработке программного продукта разработчики ориентировались на действующие нормы и правила проектирования открытых распределительных устройств. Приведено описание построения базы данных основного оборудования открытых распределительных устройств 35-220 кВ, адаптированной к условиям проектирования схем распределительных устройств и технико-экономическому сравнению их возможных вариантов. В базе данных приведены основные технические параметры, показатели надежности (параметр потока отказов, время восстановления), а также цены на силовые трансформаторы, выключатели, трансформаторы тока и напряжения, ограничители перенапряжения, разъединители, токопроводы. С целью перспективного построения планов распределительных устройств в базе данных для каждого элемента хранится графическое отображение, спроектированное в среде «КОМПАС». Для унификации базы данных отображение элементов на планах выполнено в одном масштабе с нанесением габаритных размеров. Для осуществления технико-экономического сравнения вариантов схем цены на оборудование приведены в укрупненных стоимостных показателях относительно 2002 г. База данных спроектирована таким образом, что пользователь самостоятельно может вносить дополнительное оборудование и корректировать ценовые показатели уже существующего оборудования. Программный пакет разработан для электротехнических отделов проектных организаций с целью ускорения процесса работы инженера-проектировщика.

Ключевые слова: электроэнергетика, система автоматизированного проектирования, открытое распределительное устройство, подстанция, база данных, электрооборудование, трансформатор, коммутационное оборудование.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время электроэнергетика является одной из отраслей, определяющих научно-технический прогресс, характеризующихся высокими темпами развития, что невозможно без средств вычислительной техники, в частности создания различных систем автоматизированного проектирования.

Современные САПР нашли широкое применение в области электроэнергетики. Большой спрос на разработку САПР связан с улучшением качества расчетов, снижением времени их выполнения работ.

Так, А.А. Ковалевым и А.А. Головиным в [1] рассматривается разработанный программный продукт *DIAL GmbH*, который позволяет рассчитывать освещенность помещений и рабочих мест с помощью САПР. Моделирование помогает проектировщикам понять, какие компромиссы и решения в области проекта они должны сделать для улучшения качества своей продукции.

В [2] авторами описываются основные возможности программного комплекса *TracePro*, а также методы и инструменты для анализа и проектирования систем освещения и оптических систем световых приборов.

В работе [3] автором описан новый подход к проектированию и исследованию электросетевого оборудования с использованием САПР «Транслайн». Автор утверждает, что применение данной САПР облегчает и ускоряет численные эксперименты в научных исследованиях, позволяет снизить временные и трудовые затраты при оценке напряженно-деформированного состояния реконструируемых сооружений, усилении и проектировании новых сооружений в электроэнергетике.

Большое число работ посвящено конструированию электрических машин [4-7]. Авторами в работе [8] описывается САПР трансформаторов, которая реализуется с использованием современных доступных математических пакетов. По результатам полученного расчета генерируется 3D-модель трансформатора, для которой автоматически строится комплект чертежей.

В работе [9] авторами Агаповым А.А. и Черных Т.Е. рассматриваются способы использования 3D-моделей для моделирования обмоток электрических машин.

В [10] описываются современные условия производства трансформаторов, которые требуют от инженеров-проектировщиков минимальных затрат времени на проектирование при сохранении высокой точности расчетов.

И.А. Бершадским, А.П. Ковалевым, А.В. Згарбулом в работе [11] описывается реализация САПР системы электроснабжения цеха промышленного предприятия, для которого предусмотрена радиальная схема электроснабжения на напряжении 0,4 кВ, выполненная с помощью распределительных пунктов. В работе [12] приведен подход, позволяющий на основании заданных исходных данных осуществить выбор и проверку оборудования до 1 кВ в распределительных сетях.

В [13] автор представляет алгоритм автоматизированного выбора расцветки проводов при проектировании электрооборудования с помощью САПР. Количество цветов при этом должно быть минимизировано.

В работе [14] автором предлагается метод моделирования многомашинных автоматизированных электроэнергетических систем, которые включают в себя: асинхронные двигатели; синхронные дизель-

генераторы; статические нагрузки; системы автоматической синхронизации, распределения активных и реактивных нагрузок между параллельно работающими дизель-генераторами, с использованием САПР OrCAD 9.2 (P Spice).

Елисеевым Д.С в работе [15] приведены алгоритмы САПР, позволяющие осуществлять выбор сечений проводов и кабелей с учетом поправочных коэффициентов на температуру и способ прокладки проводника. В [16] уделено внимание разработке САПР, позволяющей осуществлять выбор места размещения опор воздушных линий электропередачи в зависимости от топологических особенностей местности. В качестве исходных данных в работе используется адаптированная к САПР база данных [17].

В [18] рассматривается программный продукт, позволяющий осуществлять проектирование линий электропередачи. В работе [19] приведен САПР по расчету механической прочности воздушных линий.

Существующие работы по проектированию схем направлены на поиск наилучших решений синтеза схем систем электроснабжения [20].

Широкое применение САПР получили при моделировании устройств релейной защиты. Так, в [21] описан подход по реализации программного обеспечения, позволяющего осуществлять программирование логических контроллеров релейной защиты. А в [22] описаны положительные стороны внедрения САПР Erlan при проектировании шкафов релейной защиты и автоматики.

Анализ печатных работ показал, что существующие подходы автоматизированного проектирования объектов электроэнергетики и электротехники направлены на решение следующих основных задач: выбор и проверка оборудования, расчет механической прочности линий электропередачи, моделирование электрооборудования и устройств релейной защиты, расчет освещенности и др.

Но нет таких САПР, которые бы решали различные задачи электроэнергетики на основе технико-экономического расчета, таким образом, экономичный выбор различных элементов остается неавтоматизированной задачей, которую необходимо решать.

Таким образом, на данный момент электроэнергетика уже достаточна снабжена различными системами автоматизированного проектирования, которые способны решать различные проблемы. Но остаются и нерешенные вопросы, которые предстоит решать проектировщикам и программистам.

ОПИСАНИЕ САПР «ОРУ CAD»

Для разработки САПР однолинейных схем распределительных устройств применялись принципы, позволяющие осуществлять наилучшее человеко-машинное взаимодействие. САПР организован таким образом, чтобы отразить основные этапы работы инженера-проектировщика электротехнического отдела: работа с нормативно-технической документацией и техническим заданием, обоснование принятия проектного решения, формирование проектной документации.

Алгоритм работы проектируемой САПР приведен на рис. 1.

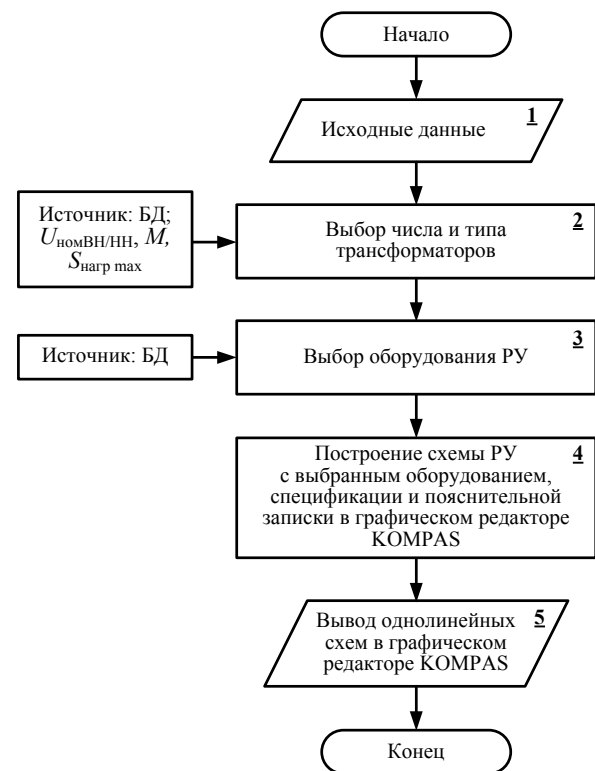


Рис. 1. Блок-схема алгоритма работы САПР «ОРУ CAD»

Исходные данные для расчета (блок 1, рис. 1) предполагают:

- ручной ввод количества присоединений распределительного устройства (N) и тип подстанции;
- использование базы данных (БД), позволяющей осуществлять коррекцию и ввод параметров: технико-экономические параметры оборудования, включая стоимость элемента и показатели надежности, обозначение на однолинейных схемах (в соответствии с ГОСТ).

Выбор оборудования (блок 2 и 3, рис. 1) осуществляется исходя из заданной максимальной нагрузки подстанции и напряжения. Источником данных является база данных электрооборудования оборудования.

Построение (блок 4, рис. 1) и вывод (блок 5, рис. 1) схем осуществляется в специализированном графическом редакторе KOMPAS.

ОСОБЕННОСТИ ПОСТРОЕНИЯ БАЗЫ ДАННЫХ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ СХЕМ ОТКРЫТЫХ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ

Разработка базы данных включает в себя несколько этапов: сбор и анализ данных; проектирование базы; тестирование и внедрение в программный продукт.

На этапе сбора и анализа данных осуществляется поиск и структурирование информации об элементах открытых распределительных устройств, а именно силовых трансформаторах, трансформаторах напряжения, трансформаторах тока, разъединителях, выключателях, токопроводах.

Проектирование базы включает в себя разработку ER-модели, позволяющей описать концептуальные схемы предметной области, а также разработку непо-

средственно таблиц и взаимосвязей между ними.

Тестирование подразумевает проверку всех данных и взаимосвязей между ними, а также устранение всех имеющихся ошибок.

И непосредственно внедрение базы подразумевает ее встраивание в программный продукт, который проектирует электрические схемы.

Созданная база данных должна отвечает следующим требованиям:

- простота и легкость использования (пользователь должен понимать какие данные находятся в его распоряжении, должно исключаться возникновение ошибок, а также доступ к данным должен быть обусловлен простотой);
- простота внесения изменений и добавления новых данных;
- высокая скорость работы (запросы пользователей должны удовлетворяться с требуемой скоростью);
- минимум затрат (стоимость хранения, использования данных и внесения изменений должны быть минимизированы);
- целостность (в процессе работы с базой данные и их взаимосвязи не должны нарушаться);
- безопасность (база данных должна быть защищена от случайного либо преднамеренного доступа к ней лиц, не имеющих на это нужной компетенции).

Для разработки базы данных используется *MS SQL Server 2014*. Было создано пятнадцать структурных элементов базы данных: «Выключатели», «Завод-изготовитель», «Категория размещения», «Климатическое исполнение», «Разъединители», «Тип выключателя», «Тип разъединителя», «Тип токопровода», «Тип трансформатора», «Тип трансформатора напряжения», «Тип трансформатора тока», «Токопроводы», «Трансформаторы», «Трансформаторы напряжения», «Трансформаторы тока».

Каждая из ключевых таблиц имеет большое количество полей, которое дает максимально точное описание элемента. Например, на **рис. 2** представлен дизайн таблицы «Выключатели».

Каждая таблица имеет первичные ключи (например, *ID_выключателя*), которые позволяют организовать связь таблиц друг с другом (каждая ключевая таблица связана, по средствам вторичных ключей, с таблицей названия своего типа, заводом-изготовителем, климатическим исполнением и категорией размещения), пример представлен на **рис. 3**.

Также каждая таблица наполнена различным количеством данных, фрагмент наполненности таблицы «Трансформаторы» представлен на **рис. 4**.

К отличительной особенности разработанной базы данных относится и то, что, помимо технико-экономических параметров, она содержит еще и визуальную составляющую рассматриваемого элемента, необходимую для разработки планов и разрезов схем открытых распределительных устройств. Например, на **рис. 5** приведен фрагмент *KOMPAS* для трансформатора типа ТРДН-40000/110 УХЛ1. Хранение уже спроектированных элементов позволяет сократить время составления проектной документации.

Column Name	Data Type	Allow Nulls
ID_выключателя	int	<input type="checkbox"/>
[Завод-изготовитель]	int	<input checked="" type="checkbox"/>
Изолирующая_среда	varchar(MAX)	<input checked="" type="checkbox"/>
Тип	int	<input checked="" type="checkbox"/>
Климатическое_исполнение	int	<input checked="" type="checkbox"/>
Категория_размещения	int	<input checked="" type="checkbox"/>
Номинальное_напряжение	int	<input checked="" type="checkbox"/>
Наибольшее_рабочее_напряжение	int	<input checked="" type="checkbox"/>
Номинальный_ток	float	<input checked="" type="checkbox"/>
Номинальный_ток_отключения	float	<input checked="" type="checkbox"/>
Номинальный_ток_включения	float	<input checked="" type="checkbox"/>
Ток_термической_стойкости	float	<input checked="" type="checkbox"/>
Допустимое_время_действия_тока_термической_стойкости	float	<input checked="" type="checkbox"/>
Полное_время_отключения	float	<input checked="" type="checkbox"/>
Цена	money	<input checked="" type="checkbox"/>
ω	float	<input checked="" type="checkbox"/>
Тв	float	<input checked="" type="checkbox"/>
ωп	float	<input checked="" type="checkbox"/>
Тп	float	<input checked="" type="checkbox"/>
[Вид сверху]	image	<input checked="" type="checkbox"/>

Рис. 2. Поля таблицы «Выключатели»

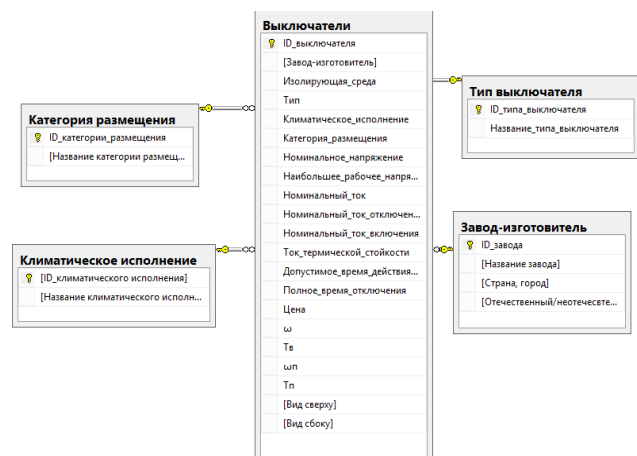


Рис. 3. Отношения таблицы «Выключатели»

ID_трансформ...	Завод-изгото...	Тип	Регулировани...	Климатическ...	Категория_ра...	Сном	Уцен
1	1	1	РПН ±15%±12...	1	1	2500	115
2	1	1	РПН ±16%±9 с...	1	1	6300	115
3	1	1	РПН ±16%±9 с...	1	1	6300	115
4	1	2	РПН со сторон...	1	1	6300	115
5	1	2	РПН со сторон...	1	1	6300	115
6	1	3	РПН ВН±9х1,7...	1	1	10000	115
7	1	4	РПН ±16%±9 с...	1	1	10000	115
8	1	4	РПН ±16%±9 с...	1	1	10000	115
9	1	1	РПН ±16%±9 с...	1	1	10000	115
10	1	1	РПН ±16%±9 с...	1	1	10000	115
11	1	1	РПН ±16%±9 с...	1	1	10000	115
12	1	3	РПН±16%±9 ст...	1	1	16000	115

Рис. 4. Фрагмент таблицы «Трансформаторы»

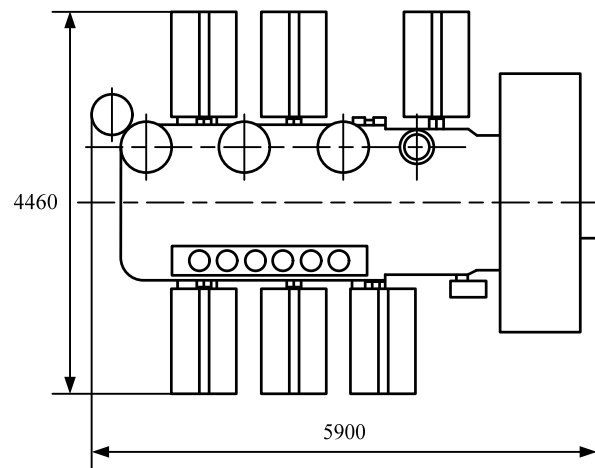


Рис. 5. Фрагмент *KOMPAS* силового трансформатора ТРДН-40000/110 УХЛ1

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разработанный программный пакет «ОРУ САД» позволяет проектировать схемы открытых распределительных устройств напряжением 35–220 кВ. База данных электрооборудования, спроектированная и адаптированная специально для САПР, носит информационный характер, проста и экономична в использовании, целостна и обладает высокой скоростью работы.

Разработанную базу данных можно внедрять в разрабатываемую систему автоматизированного проектирования, позволяющую спроектировать электрическую часть открытых распределительных устройств и использовать все входные данные, в том числе графическое отображение для построения планов. Унифицированный подход к составлению базы данных значительно облегчает составление спецификации элементов и проектной документации.

Разработанный САПР в комплекте с базой данных предназначен в качестве рабочего места инженера-проектировщика электротехнического отдела.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-37-00115.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ковалев А.А., Головин А.А. Применение САПР для расчета освещенности // *Современные научные исследования и инновации*, 2014. № 6–1 (38). С. 37.
2. Курин С.В. Инструменты САПР Трасерго для анализа и проектирования оптических систем световых приборов и систем освещения // *Материалы XX научно-практической конференции молодых ученых, аспирантов и студентов Национального исследовательского Мордовского государственного университета им. Н.П. Огарёва*. Саранск, 2016. С. 138–141.
3. Смазнов Д.Н. Использование САПР «Транслайн» для решения исследовательских задач в области строительного проектирования в электроэнергетике // *Электро. Электротехника, электроэнергетика, электротехническая промышленность*, 2010. № 1. С. 39–44.
4. Rivera C. A., Poza J., Ugalde G., G. Almandoz, A Knowledge Based System architecture to manage and automate the electrical machine design process. *2017 IEEE International Workshop of Electronics, Control, Measurement, Signals and their Application to Mechatronics (ECMSM)*, Donostia-San Sebastian, 2017, pp. 1–6. doi: 10.1109/ECMSM.2017.7945875.
5. Aravind C.V., Grace I., Rozita T., Rajparthiban R., Rajprasad R. Wong Y.V. Universal computer aided design for electrical machines/ *2012 IEEE 8th International Colloquium on Signal Processing and its Applications*, Melaka, 2012, pp. 99–104. doi: 10.1109/CSPA.2012.6194699.
6. Коблев А.С. Агентно-ориентированное программирование как реализация фреймового представления знаний об электрической машине в интеллектуальных САПР // *Электротехника*, 2005. №5. С. 8–14.
7. Коблев А.С. Эффективность использования фреймового представления знаний для организации интеллектуальных САПР электрических машин // *Электротехника*, 2005. №5. С. 18–23.
8. Трофимович И.В., Тихонов А.И. Разработка САПР трансформаторов с параметрической генерацией конструкторской и технологической документацией // *Состояние и перспективы развития электро- и теплотехнологии Материалы международной научно-технической конференции : (XVIII Бенардосовские чтения)*, 2015. С. 204–208.
9. Агапов А.А., Черных Т.Е. Использование САПР для создания компьютерных моделей обмоток электрических машин // *Прикладные задачи электромеханики, энергетики, электроники. Инженерные идеи XXI века Труды Всероссийской студенческой научно-технической конференции*, 2016. С. 15–18.
10. Стулов А.В., Тихонов А.И., Корнев И.А. Подсистема САПР распределительных трансформаторов для расчета нагрузочных потерь в фольговых обмотках с учетом вытеснения тока // *Вестник Ивановского государственного энергетического университета*, 2015. № 2. С. 71–74.
11. Бершадский И.А., Ковалев А.П., Згарбул А.В. Разработка САПР для проектирования электрооборудования цеха на напряжении 0,4 кВ // *Электро. Электротехника, электроэнергетика, электротехническая промышленность*, 2015. №4. С. 47–52.
12. Алферов А.А., Дробов А.В., Галушко В.Н. Автоматизированный выбор элементов и решение задач при проектировании систем электроснабжения напряжением до 1 кВ // *Агротехника и энергообеспечение*, 2017. Т. 1. №14 (1). С. 84–92.
13. Казаков О.И. Автоматизация выбора расцветки проводов при проектировании электрооборудования // *Электротехника*, 1995. №10. С. 61–64.
14. Воскобович В.Ю. Моделирование многомашинных автоматизированных электроэнергетических систем с использованием Orcad 9.2 (Pspice) // *Известия СПбГЭТУ ЛЭТИ*, 2003. №10. С. 22–28.
15. Елисеев Д.С. Алгоритмы САПР для выбора проводов и кабелей. Волгоград: Волгоградский государственный аграрный университет, 2012. 184 с.
16. Кацадзе Т.Л., Назарова М.А. Математическая модель и метод автоматизированного размещения опор в бреде САПР воздушных линий электропередач // *Энергетика: економіка, технології, екологія*, 2012. №2 (31). С. 49–54.
17. Katsadze T., Nazarova M. Database elements of automatic design systems for overhead transmissions lines//*Доповіді за матеріалами Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених, аспірантів і студентів. Сучасні проблеми електроенергетичної і автоматики*. - Київ: "Політехніка", 2012. С. 100–101.
18. Воробьев С., Карпов Н. Model Studio CS ЛЭП – реальная автоматизация процесса проектирования ЛЭП / САПР и графика, 2009. №3. С. 26–29.
19. Malhara S., Vittal V. Mechanical State Estimation of Overhead Transmission Lines Using Tilt Sensors. *IEEE Transactions On Power Systems*, 2010, vol. 25, no 3, pp. 1282–1290.
20. Ахтулов А.Л., Ахтулова Л.Н., Леонов Е.Н., Смирнов С.И. Постановка задачи синтеза принципиальных схем промышленного электроснабжения средствами современных САПР // *Вестник ижевского государственного технического университета*, 2011. № 1. С. 110–113.
21. Назипов Д.А., Антонов В.И. САПР программного обеспечения логических контроллеров релейной защиты // *Тезисы докладов «Научная конференция молодых ученых и специалистов города Чебоксары*, 1990. С. 146.
22. Шоглев Д.Г. Оценка эффективности и сокращения временных затрат при использовании САПР Eplan на всех этапах создания шкафов РЗА// *Сборник материалов XXXVIII сессии Всероссийского научного семинара по тематике «Диагностика энергооборудования»*, 2016. С. 210–213.

Поступила в редакцию 10 февраля 2018 г.

INFORMATION IN ENGLISH

DEVELOPMENT OF ELECTRICAL EQUIPMENT DATABASE OF 35-220 kV FOR "ORU CAD"

Aleksandra V. Varganova

Ph.D. (Eng.), Associate Professor, Industrial Electric Power Supply Department, Power Engineering and Automated Systems Institute, Nosov Magnitogorsk State Technical University, Magnitogorsk, Russia. E-mail: aleksandra-khlamova@yandex.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4675-7511>.

Evgeniya A. Panova

Ph.D. (Eng.), Associate Professor, Industrial Electric Power Supply Department, Power Engineering and Automated Systems Institute, Nosov Magnitogorsk State Technical University, Magnitogorsk, Russia. E-mail: ea.panova@magtu.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9392-3346>.

Tatyana V. Khatushina

Student, Computer Engineering and Programming Department, Nosov Magnitogorsk State Technical University, Magnitogorsk, Russia. E-mail: tatyana_hatyushina@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1612-9365>.

Vlada S. Kononenko

Student, Industrial Power Supply Systems Department, Nosov Magnitogorsk State Technical University, Magnitogorsk, Russia. E-mail: Vladakononenko29@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2436-295X>.

Khamis M. Bagaeva

Student, Industrial Power Supply Systems Department, Nosov Magnitogorsk State Technical University, Magnitogorsk, Russia. E-mail: bagaevahamis@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2391-270X>.

The article considers the issues of computer-aided design system for circuits of open switchgear using the original software product "ORU CAD". This software makes it possible to develop a single-line circuit of the switchgear on the basis of initial data for design (voltage, number of connections, type of substation and load value) in the "KOMPAS" environment, to make a specification of the equipment using the database. When developing the software product, the developers focus on the current rules and regulations for the design of open switchgear. The description of construction of the database of the main equipment of open switchgear 35-220 kV is adapted to the design of schemes of switchgears and technical and economic comparison of their possible options. The database contains the main technical parameters, reliability indicators (failure flow parameter, recovery time) as well as prices for power transformers, switches, current and voltage transformers, surge arresters, disconnectors and lines. A graphical display designed in "KOMPAS" is stored for the future construction plans of distribution devices in the database for each object. To provide the unification of the database, displaying items on the plans is made in the same scale with the application of dimensions. For the implementation of the technical and economic comparison of design options the prices of the equipment described in the consolidated cost performance relative to 2002, the Database is designed so that the user can introduce additional equipment and adjust price indices of existing equipment. The software package is developed for electrotechnical departments of the design organizations for the purpose of acceleration of process of work of the engineer-designer.

Keywords: power engineering, computer-aided design system, open switchgear, substation, database, electrical equipment, transformer, switching equipment.

REFERENCES

1. Kovalev A.A., Golovin A.A. The Application of CAD for lighting calculations. *Sovremennye nauchnye issledovaniya i innovacii* [Modern research and innovation], 2014, no. 6–1 (38), pp. 37. (In Russian)
2. Kurin S.V. Tracepro CAD Tools for analysis and design of optical systems of lighting devices and lighting systems. *Materialy XX nauchno-prakticheskoy konferencii molodyh uchenyh, aspirantov i studentov Nacionalnogo issledovatel'skogo Mordovskogo gosudarstvennogo universiteta im. N.P. Ogaryova* [Proceedings of the XX scientific-practical conference of young scientists, postgraduates and students of the national research N. P. Ogarev Mordovia state University], 2016, pp. 138–141. (In Russian)
3. Smaznov D. N. Using CAD "Transline" to solve research problems in the field of structural engineering in the power industry. *Elektro. Elektrotehnika, elektroenergetika, elektrotehnicheskaya promyshlennost* [Elektro. Electrical engineering, electrical engineering, electrical engineering], 2010, no. 1, pp. 39–44. (In Russian)
4. Rivera C. A., Poza J., Ugalde G., G. Almandoz, A Knowledge Based System architecture to manage and automate the electrical machine design process. *2017 IEEE International Workshop of Electronics, Control, Measurement, Signals and their Application to Mechatronics (ECMSM)*, Donostia-San Sebastian, 2017, pp. 1–6. doi: 10.1109/ECMSM.2017.7945875.
5. Aravind C.V., Grace I., Rozita T., Rajparthiban R., Rajprasad R. Wong Y.V. Universal computer aided design for electrical machines/ *2012 IEEE 8th International Colloquium on Signal Processing and its Applications*, Melaka, 2012, pp. 99–104. doi: 10.1109/CSPA.2012.6194699.
6. Kobelev A.S. Agent-oriented programming as frame realization for the electrical machine intelligent cad systems. *Elektrotehnika* [Electrical engineering], 2005, no. 5, pp. 8–14. (In Russian)
7. Kobelev A.S. Efficiency of frame systems knowledge representation for the electrical machine intelligent CAD systems. *Elektrotehnika* [Electrical engineering], 2005, no. 5, pp. 18–23. (In Russian)
8. Trofimovich I.V., Tikhonov A.I. Development of CAD transformers with parametric generation of design and technological documentation. *Sostoyanie i perspektivy razvitiya ehlektro- i teplotekhnologii Materialy mezhdunarodnoj nauchno-tekhnicheskoy konferencii: (XVIII Benardosovskie chteniya)* [State and prospects of development of electric and thermal technologies Materials of the international scientific and technical conference : (XVIII Benardosov readings)], 2015, pp. 204–208. (In Russian)

9. Agapov A.A., Chernykh T.E. The use of CAD to create computer models of windings of electrical machines. *Prikladnye zadachi ehlektromekhaniki, ehnergetiki, ehlektroniki. Inzhenernye idei XXI veka Trudy Vserossijskoj studencheskoj nauchno-tekhnicheskoj konferencii* [Applied problems of electromechanics, energy, electronics. Engineering ideas of the XXI century Proceedings of the all-Russian student scientific and technical conference], 2016, pp. 15–18. (In Russian)
10. Stulov A.V., Tikhonov A.I., Kornev I.A. Subsystem CAD distribution transformers for calculation of load losses in foil windings with current displacement. *Vestnik Ivanovskogo gosudarstvennogo ehnergeticheskogo universiteta* [Bulletin of Ivanovo state power engineering University], 2015, no. 2, pp. 71–74. (In Russian)
11. Bershadskij I.A., Kovalev A.P., Zgarbul A.V. Development of CAD system to design a power plant at the voltage of 0.4 kV. *Elektro. Elektrotehnika, elektroehnergetika, elektrotehnicheskaya promyshlennost* [Electro. Electrical engineering, electrical power engineering, electrical industry], 2015, no. 4, pp. 47–52. (In Russian)
12. Alferov A.A., Drobov A.V., Galushko V.N. Automated selection of elements and solving problems in the design of power supply systems up to 1 kV. *Agrotehnika i energoobespechenie* [Agricultural machinery and energy], 2017, vol. 1, no. 14 (1), pp. 84–92. (In Russian)
13. Kazakov O.I. Automation of the choice of wire colors in the design of electrical equipment. *Elektrotehnika* [Electrical engineering], 1995, no. 10, pp. 61–64. (In Russian)
14. Voskobovich V.Yu. Automated modeling of multimachine power systems using Orcad 9.2 (Pspice). *Izvestiya Etu "LETI"* [Bulletin of ETU "LETI"], 2003, no 10, pp. 22–28. (In Russian)
15. Eliseev D.S. *CAD algorithms for selection of wires and cables*. Volgograd, 2012, 184 p. (In Russian)
16. Katsadze T.L., Nazarova M.A. Mathematical model and method of automatic placement of overhead transmission power line towers for CAD system. *Energetika: ekonomika, tekhnologii, ekologiya*, 2012, no. 2 (31), pp. 49–54.
17. Katsadze T., Nazarova M. Database elements of automatic design systems for overhead transmissions lines. *Dopovidna-materialami-midnarodno-naukovo-tekhnichno konferencii molodih uchenih aspirantiv i studentiv suchasni problemi-elektroenergetiki i avtomatiki.*, 2012, pp. 100–101.
18. Vorobyev S., Karpov N. Model Studio CS power line - real automation of the process of designing transmission line. *SAPR i grafika* [CAD and graphics], 2009, no. 3, pp. 26–29. (In Russian)
19. Malhara S., Vittal V. Mechanical State Estimation of Overhead Transmission Lines Using Tilt Sensors. *IEEE Transactions On Power Systems*, 2010, vol. 25, no. 3, pp. 1282–1290.
20. Akhtulov A.L., Akhtulova L.N., Leonov E.N., Smirnov S.I. Statement of Problem of Synthesis of Industrial Electric Supply Basic Schemes by Means of Modern CAD. *Vestnik izhevskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta* [Bulletin of Kalashnikov ISTU], 2011, no. 1, pp. 110–113. (In Russian)
21. Nazipov D.A., Antonov V.I. CAD software for logical relay protection controllers. *Tezisy dokladov «Nauchnaya konferenciya molodyh uchenyh i specialistov goroda Cheboksary* [Abstracts of Scientific conference of young scientists and specialists of Cheboksary], 1990, p. 146. (In Russian)
22. Shoglev D.G. Analysis of efficiency and reduction of time costs due to the use of CAD Eplan during all stages of protection cubicle manufacturing. *Sbornik materialov XXXVIII sessii Vserossijskogo nauchnogo seminara po tematike «Diagnostika energooborudovaniya»* [Collection of scientific papers of XXXVIII All-Russian scientific seminar on power equipment diagnostics], 2016, pp. 210–213. (In Russian)

Варганова А.В., Панова Е.А., Хатюшина Т.В., Кононенко В.С., Багаева Х.М. Разработка базы данных электрооборудования 35-220 кВ для САПР «ОРУ CAD» // Электротехнические системы и комплексы. 2018. № 2(39). С. 28-33. [https://doi.org/10.18503/2311-8318-2018-2\(39\)-28-33](https://doi.org/10.18503/2311-8318-2018-2(39)-28-33)

Varganova A.V., Panova E.A., Khatushina T.V., Kononenko V.S., Bagaeva K.M. Development of Electrical Equipment Database of 35-220 kV for "ORU CAD". *Elektrotehnicheskie sistemy i komplekсы* [Electrotechnical Systems and Complexes], 2018, no. 2(39), pp. 28-33. (In Russian). [https://doi.org/10.18503/2311-8318-2018-2\(39\)-28-33](https://doi.org/10.18503/2311-8318-2018-2(39)-28-33)