Проведение измерений показателей КЭ относящихся к частоте, значениям и форме напряжения, а также к симметрии напряжений в трехфазных системах электроснабжения прибором Ресурс-UF2 позволяет не учитывать маркированные данные при возникновении в процессе измерения провалов напряжения, перенапряжений и прерываний напряжения, что позволяет избежать недостоверности результата измерений по этим причинам.

Литература

1. Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения (EN 50160:2010, NEQ) : ГОСТ 32144-2013. – Минск : Госстандарт, 2015.
2. Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Методы измерений показателей качества электрической энергии : ГОСТ 30804.4.30-2013. – Минск : Госстандарт, 2014.

АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПЛАТФОРМЫ nanoCAD ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СХЕМ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ

А. А. Савицкий

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь

Научный руководитель А. В. Сычёв

Проведен анализ функциональных возможностей программной платформы nanoCAD в контексте проектирования схем электрических сетей. Особое внимание уделено механизмам формирования пользовательских библиотек условных графических обозначений, соответствующих корпоративным стандартам, а также вопросам автоматизации преобразования схем, полученных в сторонних программных комплексах, в формат, совместимый с nanoCAD. Рассмотрены перспективы расширения предложенного подхода для решения задачи формирования схем электрических сетей на основе CIM-моделей электроэнергетических систем. Представлены результаты разработки программы, обеспечивающей автоматизированную генерацию схем на основе исходных данных из стороннего приложения.

Ключевые слова: nanoCAD, схема электрической сети, графический формат файла, пиксельная графика, векторная графика, цифровая модель электрической сети.

В условиях цифровой трансформации электроэнергетической отрасли возрастает значимость обеспечения согласованности данных, используемых на различных этапах жизненного цикла объектов электрических сетей. В частности, возникает необходимость интеграции между собой расчетных и проектных программных комплексов, что требует разработки унифицированных подходов к преобразованию данных между различными такими комплексами.

Цель работы: исследование и оценка функциональных возможностей программной платформы *nanoCAD* [1] для проектирования схем электрических сетей, а также разработка и апробация подхода к автоматизированному преобразованию исходных данных из сторонних программных комплексов в формат, соответствующий требованиям систем автоматизированного проектирования и стандартов Республики Беларусь, с последующей оценкой перспектив применения данного подхода для интеграции с цифровой общей информационной моделью или *CIM*-моделью (*Common information model*) электроэнергетических систем [2].

Функционал *nanoCAD* обеспечивает возможность формирования блоков, содержащих как графическое представление элемента, так и набор атрибутивных параметров, характеризующих его свойства. Это позволяет реализовать универсальный подход к описанию объектов электрической сети с помощью условных графических обозначений (УГО). *NanoCAD* изначально содержит библиотеку УГО элементов схем согласно межгосударственным и Российским стандартам, например, [3]. Однако, не все УГО *nanoCAD* соответствуют обозначениям, установленными стандартами Республики Беларусь [4].

Платформа *nanoCAD* позволяет создать собственные УГО элементов электрических сетей и схем в соответствии со стандартами Республики Беларусь, а, используя панель «Инструменты», структурировать их по группам и разделам библиотеки УГО, в дальнейшем вставляя в документ с возможностью настройки масштаба и единиц измерения. Механизм работы функциональной панели «Инструменты» следующий: пользователь формирует УГО элемента схемы под заданный стандарт, добавляя к нему необходимую атрибутивную информацию, после чего сохраняет в виде блока. Блок УГО внедряется в панель «Инструменты». После сохранения пользователь сможет вставлять УГО элемента по нажатию одной кнопки. В *nanoCAD* предусмотрена функция экспорта/импорта таких библиотек УГО элементов в файл с расширением *XTP*, что обеспечивает возможность передачи библиотек УГО на другие компьютеры или коллегам. Все эти функции позволяют ускорить работу пользователя, унифицировать готовый результат, а также настроить и адаптировать *nanoCAD* для работы с разными проектами и стандартами [1].

Системы автоматизированного проектирования, к числу которых относится *nanoCAD*, традиционно используются для формирования графической части проектной документации. Однако их потенциал существенно расширяется при внедрении механизмов автоматизации, позволяющих использовать результаты расчетов, полученные в специализированных программных продуктах, например, в программе *LineCapacity*, разработанной в ГГТУ им. П. О. Сухого по заданию РУП «Гомельэнерго» для анализа пропускной способности сельских электрических сетей. Программа предназначена для анализа нагрузочной способности низковольтных электрических сетей, питающих бытовых одно- и трехфазных потребителей, и формирует схемы их подключения к электрической сети, используя пиксельную графику [5]. В программе отсутствует возможность сохранения схемы в графическом формате файла и ее вывод на печать.

В целях обеспечения возможности конвертации схем из формата программы *LineCapacity* в *DWG*-формат и, как следствие, использование возможностей работы с этими схемами в CAD-системах, в том числе и *nanoCAD* (редактирование, вывод на печать и др.), разработан алгоритм преобразования файла исходных данных из *LineCapacity* в *DXF*-формат с последующей интеграцией в *nanoCAD* и сохранением в *DWG*-формате в соответствии с требованиями [4]. Он включает анализ данных, сопоставление элементов с УГО, генерацию схемы и внедрение ее атрибутивных данных в УГО. На основе этого алгоритма была разработана программа-корвертор для преобразования схем в пиксельной графике программы *LineCapacity* в векторную графику формата *DXF*, что обеспечивает совместимость с CAD-системами и *DWG*-форматом. Программа разработана на языке *Python* и способна работать как плагин в *nanoCAD*, так и отдельно создавать *DXF*-файлы со схемами электрических сетей на баз заранее подготовленных УГО элементов таких схем.

В настоящее время в энергосистеме Республики Беларусь для обеспечения интеграции и совместимости разнородных программных продуктов внедряется концепция

создания универсальной информационной модели и единого подхода к обмену данными, основой которой является стандарт СТП 33240.01.108-22 «Определение единой информационной модели электрической сети в сочетании с единой системой идентификации объектов модели и единой системой управления нормативно-справочной информацией». Применение [2] позволит обеспечить совместимость компьютерных программ, разрабатываемых для автоматизации информационного обмена в электроэнергетике, с информационными продуктами, поддерживающими обмен данными в *CIM*-формате, повысить надежность моделирования, а также снизить затраты на разработку интерфейсов между программным обеспечением. *CIM*-формат содержит описание субъектов электроэнергетики и потребителей электрической энергии, объектов электроэнергетики и энергопринимающих установок, входящих в их состав оборудования, устройств, их связей, свойств и иных понятий в соответствии с профилем информационной модели [2].

Дальнейшая задача исследований: развитие программы-конвертора с целью адаптации для работы с *CIM*-форматом, что позволит обеспечить интеграцию различных программных комплексов и создать единую цифровую среду проектирования.

Таким образом, проведен анализ программы *nanoCAD* и установлена возможность адаптации ее библиотек УГО под стандарты Республики Беларусь через панель «Инструменты». Разработаны алгоритм и программа на языке *Python* для конвертации пиксельных схем из *LineCapacity* в векторный *DXF* с последующим формированием *DWG* в *nanoCAD*. Это позволяет автоматизировать перенос данных, исключить ручную перерисовку и обеспечить совместимость с требованиями стандартов Республики Беларусь. Дальнейшая перспектива развития программы включает ее адаптацию для импорта и работы с *CIM*-моделями, а также генерацию интеллектуальных схем в *DWG*-формат согласно [2].

Литература

1. Полещук, Н. Н. Путь к nanoCAD / Н. Н. Полещук. – СПб. : БХВ-Петербург, 2017. – 365 с.
2. Определение единой информационной модели электрической сети в сочетании с единой системой идентификации объектов модели и единой системой управления нормативно-справочной информацией : СТП 33240.01.108-22. – Минск : Белэнерго, 2025. – 27 с.
3. Оперативно-диспетчерское управление. Нормальные схемы электрических соединений объектов электроэнергетики : ГОСТ 56303-2014. – М. : Стандартинформ 2014. – С. 16.
4. Оперативно-диспетчерское управление в электроэнергетике. Разработка нормальных схем электрической сети и нормальных схем электрических соединений энергообъектов : СТП 33243.20.524-25. – Минск : Белэнерго 2025. – 74 с.
5. Автоматизация расчета режима низковольтной электрической сети / Д. И. Зализный, Ю. А. Рудченко, Д. И. Веремеева, Д. В. Сучков // Вестник Гомельского государственного технического университета имени П. О. Сухого. – 2025. – № 1 (100). – С. 104–115.

ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ЭФФЕКТИВНОЙ СИНЕЙ ОСВЕЩЕННОСТИ СВЕТОДИОДНЫХ ИСТОЧНИКОВ СВЕТА

Н. В. Ляховец

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь

Научные руководители: Т. Н. Савкова, А. И. Кравченко

Представлен анализ эффективной синей освещенности источников света на примере современных светодиодных ламп. Рассмотрена методика измерения основных светотехнических характеристик, позволяющая объективно оценить спектральный состав излучения.