

Опыт внедрения САПР в производстве шкафов РЗА

Д.Г. Шоглев (ООО НПП «ЭКРА»)

Описан опыт ООО НПП «ЭКРА» по выбору электротехнической САПР. Представлены этапы реализации пилотного проекта и перехода к серийному производству. Сформулированы основные выводы и рекомендации, которые будут полезны компаниям, использующим электротехнические САПР.

Ключевые слова: электротехническая САПР, шкафы микропроцессорных устройств релейной защиты и автоматики, пилотный проект, схема электрическая принципиальная, интеграция.

Одним из важнейших направлений деятельности ООО НПП «ЭКРА» являются производство шкафов микропроцессорных устройств релейной защиты и автоматики (МП РЗА) серий ШЭ2607 и ШЭ2710 оборудования подстанций класса напряжения 110...220 кВ и 330...750 кВ соответственно. Для всех типовых исполнений шкафов предприятием разработана техническая документация, необходимая при оценке технических характеристик на этапах участия в конкурсах на поставку, выполнения проектных работ, изготовления, проведения всех видов испытаний и последующей эксплуатации. Так как доля типовых проектов в общем объеме заказов незначительна, на этапе подготовки производства требуется переработка типовых схем и конструкторской документации.

В сравнительно небольшой период с 2000 г. по настоящее время объемы производства шкафов защит подстанционного оборудования возросли более чем в 140 раз, причем производство нетиповых шкафов увеличилось с 5% до 90% всего объема. Время, затрачиваемое на переработку и согласование документации, также пропорционально росло, что в конечном итоге приводило как к дефициту специалистов требуемой квалификации, так и к увеличению сроков изготовления и поставки продукции.

В то же время потребности отрасли и жесткая конкуренция на российском рынке устройств МП РЗА диктовали необходимость сокращения сроков изготовления шкафов без ухудшения их качества. С целью дальнейшего увеличения объемов серийного производства и повышения качества технической документации в 2012 г. на предприятии было принято решение о начале работ по внедрению электротехнической САПР, позволяющей наряду с оптимизацией процесса проектирования и увеличением производительности усовершенствовать технологический процесс производства выпускаемых шкафов РЗА.

На основании обзора имеющихся предложений и с учетом специфики разрабатываемой продукции были рассмотрены два наиболее известных программных продукта САПР. Основными критериями

сравнения стали: удобный интерфейс программы, интуитивно понятное трехмерное проектирование, возможности стандартизации проектирования, интеграции с системами автоматизированного управления и учета, уже внедренными на предприятии. На основании результатов проектирования опытного образца шкафа серии ШЭ2607 в обоих программных продуктах предпочтение было отдано системе EPLAN [1].

Этап 1. Пилотный проект

Для внедрения САПР EPLAN в первую очередь потребовался ряд организационных изменений в структуре отдела разработки подстанционных защит предприятия. В марте 2013 г. была создана специализированная группа САПР из представителей проектного и конструкторского подразделений для проработки всех этапов процесса производства шкафов защит. При этом решались конкретные задачи:

- разработка основных данных системы (библиотеки символов, определения функций),
- формы, рамки, шаблоны проектов, макросы и БД изделий;
- интеграция всех данных с действующей системой управления ресурсами предприятия (ERP);
- анализ возможности формирования информации для станков ЧПУ;
- использование возможностей САПР для автоматизации проверки монтажа;
- анализ экономических показателей внедрения САПР и др.

Для выполнения работ потребовались приобретение сетевых лицензий EPLAN Electric P8 (для проектировщиков), EPLAN Pro Panel (для конструкторов) и организация первоначального обучения специалистов группы САПР тренерами компании EPLAN. В качестве «пилотной» реализации были выбраны четыре типовых шкафа серии ШЭ2607 разных исполнений.

Схема электрическая принципиальная

До внедрения системы EPLAN для разработки электрических принципиальных схем шкафов РЗА использовались графические редакторы Компас и MS Visio. Обозначения рядов клеммных зажимов и перечни элементов формировались с помощью текстового редак-

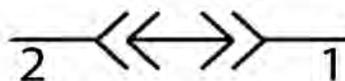


Рис. 1 Вариант А символа разъёмного однополюсного соединения

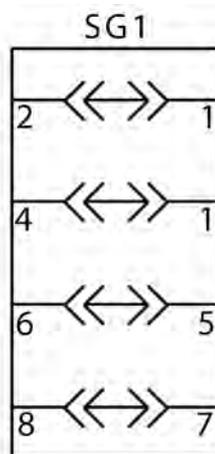


Рис. 2 Макрос испытательного блока FAME 6/4+1

тора MS Word. При этом проектировщику приходилось тратить немало времени на внесение необходимых по проекту изменений в типовую электрическую схему шкафа, на создание соответствующих рядов зажимов и перечня элементов. Такая рутинная работа не исключала появления механических ошибок на любом из ее этапов.

В системе EPLAN основой для проектирования шкафа являются предварительно созданные библиотеки и макросы (комбинации символов), которые разрабатываются пользователями САПР в соответствии с требованиями ЕСКД. Так как символы относятся к самым важным элементам в EPLAN, их созданием и обслуживанием БД изделий занимается специально назначенный ответственный администратор, от работы которого во многом зависит эффективность использования САПР.

Каждый новый символ в библиотеке описывается во всех вариантах его отображения на электрических схемах: вариант А = 0°, В = 90°, С = 180°, D = 270°, оставшиеся четыре варианта Е-Н — отраженные на 180° предыдущие четыре варианта. Для примера на рис. 1 представлен вариант А символа однополюсного соединения испытательного блока шкафа. Сборка таких символов формирует схему испытательного блока (например FAME 6/4+1), который сохраняется в виде макроса. Проектировщик, устанавливая в электрическую схему испытательный блок, видит его в сборе (рис. 2). БД изделий содержит самую полную информацию по каждому устройству. Например, для того же испытательного блока FAME 6/4+1 в БД содержится информация о его полном наименовании (для формирования перечня элементов), условном графическом изображении в виде макроса (для электрической схемы), габаритных размерах (для размещения в шкафу), 3D-макроса (для трехмерного моделирования шкафа) и другие технические характеристики. При необходимости замены аппарата в электрической схеме шкафа на аналогичный программа, учитывая заданные свойства аппарата, имеет возможность выбора аналога из БД. Каждый аппарат, отображенный на электрической схеме, имеет ряд свойств, которые в обязательном порядке заполняются проектировщиком и используются при формировании различного рода автоматизированных отчетов. Например, если у аппарата заполнено свойство «Текст гравировки», то наименование данного аппарата через настроенный фильтр попадет в автоматически генерируемый отчет «Шильдики аппаратов», который в последствии используется для

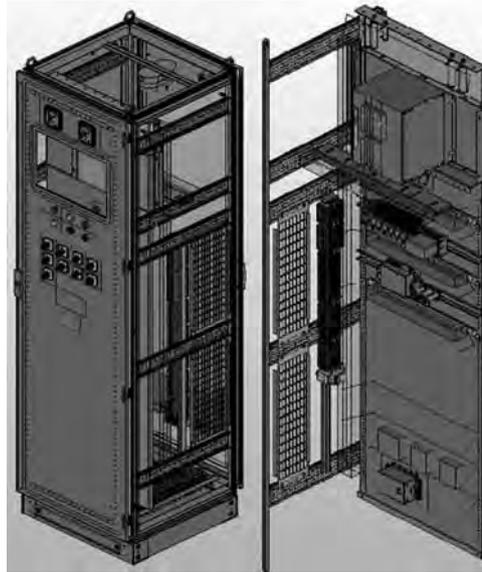


Рис. 3. Трехмерная модель шкафа

изготовления маркировочных шильдиков аппаратов в шкафу. Отчеты клеммных зажимов и перечня элементов заполняются автоматически по предварительно созданным шаблонам после завершения разработки электрической схемы.

САПР EPLAN является гибкой платформой, позволяющей расширять функционал с помощью встраиваемых в программу дополнений Add-In. Последние позволяют решать задачи любой сложности как простейшие (простановка подписей на чертежах), так и более сложные (интеграция с ERP-системой).

В НПП «ЭКРА» в качестве ERP-системы используется программный продукт 1С8:УПП —

инновационное решение фирмы «1С» для построения комплексных информационных систем управления деятельностью многопрофильных предприятий. С использованием созданных Add-In возможностей в состав проекта EPLAN выгружаются из 1С8:УПП все исходные данные о заказе шкафа. К таким данным относятся: заводской номер шкафа, тип шкафа, наименование объекта, технические характеристики шкафа, тип конструктива.

Если заказчик включил в состав шкафа дополнительное устройство, которое отсутствует в учетной системе 1С8:УПП и БД EPLAN, проектировщик первоначально формирует запрос на его добавление, подготовив все необходимые данные (техническая документация, 3D модель и др.). Многие ведущие мировые производители сотрудничают с EPLAN и предоставляют on-line-доступ к БД своих изделий через Web-службу EPLAN Data Portal, встроенную в EPLAN. После прохождения процедуры включения нового устройства в базу 1С8:УПП, его можно выгрузить в БД изделий Eplan, где происходит заполнение всех параметров и характеристик, а также создание соответствующего макроса для электрической схемы и 3D модели.

Стандартными средствами программы выполняется проверка схемы на наличие ошибок, которая позволяет выявить дублирование контактов устройств или клемм, неправильное маркирование типов проводов для токовых цепей, использование устройств, которые уже не выпускаются, и др. Автоматическое формирование клеммного ряда и перечня элементов в табличной форме производится генерацией соответствующих отчетов. Перечень элементов (спецификация) шкафа автоматически выгружается в учетную систему 1С8:УПП, формируя потребность в складских запасах комплектующих. Принципиальная электрическая схема шкафа сохраняется в фор-

мате макроса страниц (все листы схемы в одном файле) и передается в составе задания на последующий этап конструирования. Разработанная схема, а также таблицы клеммного ряда и перечня элементов включаются в графический раздел руководства по эксплуатации шкафа.

Конструкторская документация

Задачи выполнения конструкторских работ в САПР EPLAN потребовали предварительного создания БД трехмерных моделей элементов металлоконструкций и аппаратов. С использованием последних были созданы шаблоны по типоразмерам всех выпускаемых предприятием шкафов РЗА. Также была проработана база по аппаратной части, куда вошли схемы сверления (пробивки) плит и дверей шкафа под установку аппаратов и описания координат их выводов по осям X, Y, Z, длинам и типам наконечников для провода и т.п. Работа инженера-конструктора в системе EPLAN начинается с создания нового проекта на базе готового, который содержит все виды отчетов и трехмерной модели шкафа нужного габарита и типа. Далее восстанавливается макрос страниц электрической схемы, переданной с заданием на конструирование, и импортируются все данные конструируемого шкафа из учетной системы 1С8:УПП. Создание трехмерной модели шкафа заключается в компоновке шкафа согласно импортируемой схеме (рис. 3). При необходимости в БД вносятся новые макросы узлов металлоконструкций или аппаратов. Сборочные чертежи металлоконструкции шкафа создаются стандартными средствами EPLAN путем настройки отображения обзоров видов трехмерной модели. Спецификация на шкаф формируется автоматически на базе шаблона. Далее производится выгрузка в 1С8:УПП полного состава шкафа, включающего разузлованную металлоконструкцию, файлы пробивок дверей и плит (формат.dxf). Затем конструктор дает команду EPLAN автоматически маршрутизировать и оптимизировать проводные соединения между аппаратами в соответствии с принципиальной схемой. Данная процедура в EPLAN выполняется из условий, что к одному выводу должны приходиться не более двух проводов и длина проводов, по возможности, должна быть минимальной. Обязательным требованием является обеспечение удобства последующей эксплуатации шкафа (протяжка винтовых соединений, возможность демонтажа и др.). На базе полученной модели шкафа автоматически создаются два вида отчетов: таблица соединений и схема соединений (монтажная схема). Комплект документации передается на участок сборочного производства.

Изготовление шкафа

Заказ на изготовление шкафов, поступивший в металлосборочное производство через учетную систему 1С8:УПП, проверяется конструктором,

который передает программисту автоматизированного пробивочного станка необходимые файлы пробивки. После изготовления и комплектования всех необходимых деталей слесарь на основе сформированных системой EPLAN сборочных чертежей и спецификации (в бумажном виде) собирает конструктив шкафа. Монтажник также на основании сборочных чертежей и спецификации выполняет установку необходимых аппаратов в шкаф и маркирует их заранее подготовленными шильдиками. На заключительном этапе изготовления выполняется последовательный монтаж аппаратов в соответствии с его монтажной схемой. Каждый этап изготовления шкафа выполняется в соответствии с технологической документацией на выполнение конкретных операций под контролем ОТК.

Автоматизированная проверка монтажа

Одним из результатов работы системы САПР EPLAN является файл информации о монтажных соединениях внутри шкафа, который автоматически генерируется на этапе работы инженера-конструктора. Этот файл используется для автоматизированной проверки монтажа шкафа с применением специализированной установки, которая является внутренней разработкой предприятия. Для выполнения проверки установка с использованием специальных жгутов подключается к клеммам шкафа и разъемам микропроцессорного терминала (рис. 4). Управляющая часть установки программным способом с использованием файла соединений выполняет автоматизированную проверку фактического наличия соответствующих соединений и отсутствия неправильного монтажа. При этом определенная часть проверок выполняется с ручным переключением коммутационных аппаратов (переключатели, кнопки и пр.) и визуальным контролем (свечение сигнальных ламп и выпадание блинкера указательных реле). Так как автоматизированная проверка монтажа выполняется непосредственно на монтажном участке, обнаруженные ошибки оперативно устраняются.

На этапе приемосдаточных испытаний автоматизация проверки монтажа исключает возможность повреждений при высоковольтных испытаниях (по причине неправильного монтажа) и существенно сокращает время проверки функциональных возможностей, касающихся особенностей выполнения защиты шкафа.

Итоги первого этапа внедрения САПР

- Полный производственный цикл изготовления «пилотных» шкафов РЗА с применением САПР EPLAN завершился в июне 2014 г. По итогам работы были получены следующие результаты:

- сформированы бизнес-процессы разработки принципиальной электрической схемы и конструктивных реше-



Рис. 4. Тестирование монтажа

ний, изготовления шкафов, создания и пополнения БД новых изделий;

- организована БД системы, созданы необходимые формы и шаблоны отчетов;
- реализована интеграция с ERP-системой предприятия, с металлосборочным и монтажными производствами, сборочным и монтажным производствами;
- внедрена автоматизация проверки монтажа.

Хронометраж рабочего времени показал снижение затрат по времени на отдельных этапах работ:

- в проектировании на 30% за счет автоматизации процесса генерации рядов зажимов, перечня элементов и выгрузки спецификации в 1С8:УПП;
- в конструировании на 40% благодаря автоматизации создания сборочных чертежей, спецификаций, схемы электрических соединений, файлов маркировок аппаратов и проводов;
- в подготовке металлосборочного производства на 25% благодаря интеграции с автоматизированным станком для пробивки отверстий в дверях и плитах шкафа;
- в проверке монтажа на 25% благодаря автоматической генерации файла тестирования.

Этап 2. Серийное производство

С учетом положительных результатов производства «пилотных» шкафов в июле 2014 г. было принято решение о переходе к полному внедрению САПР EPLAN в серийное производство шкафов РЗА подстанционного оборудования.

На этом этапе были поставлены следующие цели и задачи:

- обучение всех специалистов разработчиков работе в САПР EPLAN;
- полный переход на выпуск и создание документации в формате САПР EPLAN;
- глубокая интеграция САПР EPLAN в производственную цепочку изготовления шкафов.

Дополнительно анализировались возможности и рентабельность применения специализированного станка по нарезке и маркировке проводов для монтажа шкафов. После проведения обучения представителями фирмы специалистов проектного и конструкторского подразделений был разработан план по переводу в 2015 г. всех типоразмеров шкафов серий ШЭ2607 и ШЭ2710 в формат САПР EPLAN. Учитывая сжатые сроки внедрения САПР в серийное производство шкафов, инженер-программист средствами API самостоятельно, без помощи представителей фирмы EPLAN постоянно дорабатывал механизмы, оптимизирующие работу специалистов, что позволило добиться еще большего снижения трудоемкости при разработке документации. Целый ряд доработок программы, предложенный НПП «ЭКРА» по усовершенствованию

системы, был учтен фирмой-разработчиком в последующих версиях программного продукта. В рамках совершенствования производственного процесса с применением САПР EPLAN особый интерес вызвал вопрос применения станка по нарезке, заделке и маркировке проводов при монтаже шкафов. Средства САПР на этапе конструирования шкафа позволяют получать данные по длинам проводов и применяемым наконечникам, что позволяет автоматизировать часть работы монтажника. Группой EPLAN были созданы отчетные формы по автоматической генерации таблиц соединения и чертежей маршрутизации проводов. Проведенные эксперименты по монтажу шкафов с нарезанными и промаркированными проводами показали возможность автоматизации технологического процесса и выявили целый ряд новых вопросов технологического сопровождения, обучения персонала. Предварительные оценки экономической эффективности применения и сроков окупаемости станка для подготовки проводов показали связь этих параметров с объемами производства. К концу 2015 г. на всех этапах серийного производства шкафов защит подстанционного оборудования выполнен переход на использование выбранной САПР.

Выводы

- Основным критерием выбора продукта САПР должна быть возможность максимальной интеграции его с другими системами управления производственными процессами предприятия [2].
- Для организации процесса внедрения и последующей поддержки САПР на предприятии должно быть создано отдельное структурное подразделение.
- Первоочередной задачей внедрения САПР на предприятии должна быть разработка бизнес-процесса основных этапов производства.
- Особое внимание должно быть обращено на создание, пополнение и ведение БД системы, что позволит существенно формализовать и типизировать процесс разработки технической документации.
- Важными преимуществами САПР являются возможности автоматического формирования схем электрических соединений, выявления ошибок проектирования, сквозного проектирования на всех этапах, организации планирования выпуска документации и, как следствие, повышение производительности при сокращении сроков серийного производства.

Список литературы

1. *Гишель Б.* EPLAN Electric P8. Практическое пособие пользователя. Изд. EPLAN Software & Service Россия 2010. 502 с.
2. *Яковис Л.М.* От единого информационного пространства к единому пространству управления производством // Автоматизация в промышленности. 2013. №1.

Шоглев Дмитрий Геннадьевич — руководитель группы САПР отдела разработки подстанционного оборудования ООО НПП «ЭКРА».

Контактный телефон 8 (8352) 220-130.

E-mail: ekra@ekra.ru