



SPEL-D в свою очередь позволяет детализировать модель, разработанную в SPEL, которая будет содержать данные о присоединениях проводников, клеммах, и т.д., необходимые для получения схем электрических принципиальных, выполнения чертежей общего вида щитов и формирования в автоматическом режиме схемы рядов зажимов (на основе принципиальных электрических схем), различных отчетов и таблиц. Эти программные продукты работают в сетевом многопользовательском режиме.

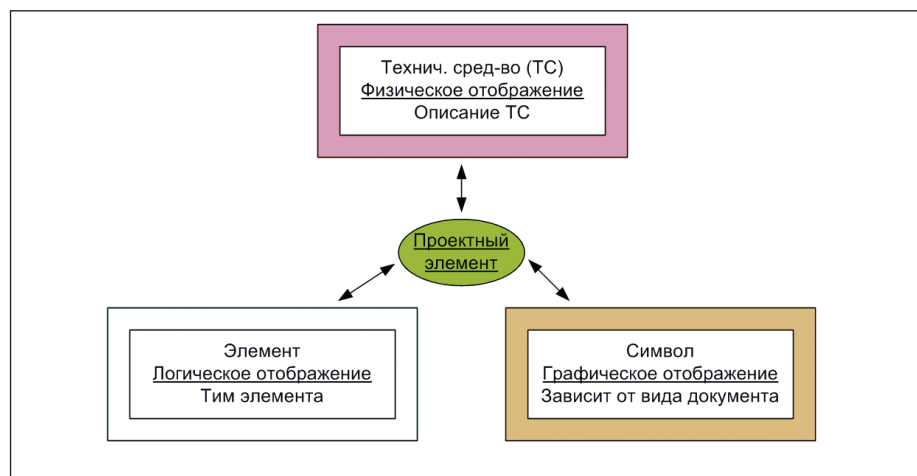


Рис. 1. Взаимосвязь моделей

Характерные черты технологии SPE с применением SPEL и SPEL-D обеспечивают повышение эффективности процесса проектирования и состоят в следующем:

- однократный ввод информации в систему с дальнейшим ее использованием в различных программных продуктах;
  - корректный обмен данными между программными продуктами и, в частности, передача данных из SPEL в SPEL-D;
  - работа всех участников проектирования в едином информационном пространстве;
  - автоматическая генерация стандартизованных выходных документов.
- SPEL и SPEL-D позволяют выпускать следующие виды документов:
- схемы функциональные в однолинейном изображении;
  - схемы электрические принципиальные;
  - схемы внешних подключений;
  - кабельные журналы;
  - перечень сигналов контроля и управления электрооборудования;
  - спецификации электрооборудования;
  - различные виды отчетов.

SPEL-D предоставляет пользователям возможность доступа к модели, реализованной в ядре системы, посредством трех отображений для удобства ее наполнения объектами и их взаимосвязями, атрибутами и т.д.

Логическое отображение описывает функциональное назначение проектного элемента и его свойства. Графическое отображение включает в себя графическое изображение проектного элемента на схеме. Для взаимосвязи логической и графической составляющих используется ID-элемента. Физическое отображение представлено описанием кон-

кретного технического средства. Параметры технического средства — например, количество контактов, наименования контактов и пр. — совпадают с параметрами элемента (собственно, элемент наследует параметры у технического средства).

Для взаимосвязи графического символа на схеме (выключатель) и реального технического средства происходит процедура ассоциации между ними. Необходимо, чтобы параметры графического символа и технического средства совпадали друг с другом, в противном случае существует возможность проверки совпадения значения параметра. Согласно технологии SmartPlant Enterprise, в SPEL-D передается задание из SPEL (однолинейная схема с набором оборудования). На основании этого документа в SPEL-D осуществляется разработка принципиальной электрической схемы.

### SPEL-D

Вышеперечисленные возможности были по достоинству оценены специалистами ОАО "Зарубежэнергопроект". В 2012 году в организации было проведено первоначальное обучение сотрудников специалистами компании Intergraph. Для реализации пилотного проекта за основу было взято "Задание заводу на нетиповой шкаф НКУ (низковольтного комплектного устройства)".

На первом этапе реализации этого проекта специалистами ОАО "Зарубежэнергопроект" была сформирована база данных символов в соответствии с российскими стандартами:

- для принципиальной электрической схемы;
- для схемы общего вида;
- символы рамок и основной надписи.

В SPEL-D заполнение графы основной надписи на чертеже выполняется в автоматическом режиме.

После выполнения формирования базы данных символов осуществлялся переход ко второму этапу — выполнению настройки шаблонов выходных отчетов:

- схемы рядов зажимов;
- таблицы НКУ;
- перечня монтажных единиц;
- перечня надписей в рамках;
- описи документов;
- перечня шкафов;
- технических данных металлоконструкции.

Третий этап состоял в формировании набора технических средств во внутреннем каталоге SPEL-D, а четвертый этап — в формировании схемы электрической принципиальной и схемы общих видов. Пятый этап заключался в процедуре проверки корректной передачи данных SPEL с SPEL-D (выгрузка нетипового шкафа НКУ с параметрами). Разберем подробнее, каким образом осуществляется каждый из этапов.

### Формирование базы данных символов

В SPEL-D под базу данных символов выделена отдельная библиотека. Существуют глобальная и "местная" библиотеки. Глобальные библиотеки доступны для всех проектов, а "местная" библиотека используется для конкретного проекта. Реализованные символы в SPEL-D соответствуют российским стандартам.

С помощью глобальных библиотек в соответствующем проекте формируется и заполняется символами "местная" библиотека. В "местной" библиотеке символы можно изменять в соответствии с требованиями договора, не изменяя при этом символ в глобальной библиотеке. Для разных типов документов доступны разные виды символов.

Символ содержит не только графическую, но и логическую информацию. Символы состоят из следующих элементов:

- название и комментарии;
- логические определения документального и функционального типа;
- графика;
- клеммы;
- текстовый заполнитель.

### Создание принципиальной электрической схемы

Суть формирования принципиальной электрической схемы (чертежа) в SPEL-D сводится к логической расстановке графических символов электрических элемен-

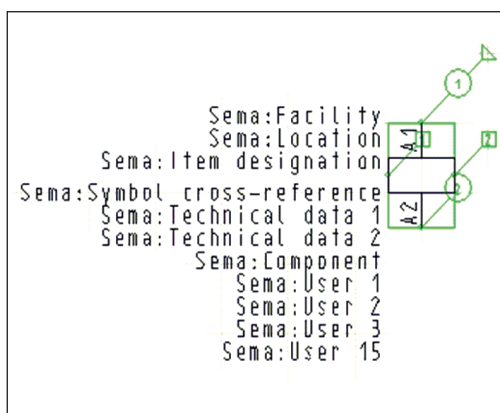


Рис. 2. Определение символа

тов на поле документа и соединению контактных точек между собой электрической связью. После выполнения этого этапа связи между элементами, как впрочем, и сами элементы, неактивны и отображаются зеленым цветом. В этом виде схема не несет пока никакой информации и является простой графикой. После сопоставления (присвоения) элементов схемы с соответствующими проектными единицами схема меняет окраску и приобретает динамичность, заключающую в себе помещенную на схеме информацию о каждой из них.

Существует два способа "активации схемы":

- заполнение проектных данных через меню свойств графического символа;
- ассоциирование проектных сведений из табличного редактора перечня элементов, предварительного подгруженного из SmartPlant Electrical, с графическими символами.

В результате построения схемы электрической принципиальной база данных проекта будет содержать все необходимые сведения для автоматического формирования некоторых документов РД, в том числе и схемы рядов зажимов.

## Создание схемы общего вида НКУ

Имеются дополнительные библиотеки символов для представления элементов, используемых в шкафах. Эти символы можно загрузить в схему шкафа, ассоциировать их и задать им имена.

Оборудование шкафов, такое как стандартные монтажные рейки и кабельные каналы, включаются в перечень элементов, если им были присвоены идентификаторы.

Символы схемы общего вида шкафа имеют специфические свойства в отличие от символов и схемы электрической принципиальной. Они включают:

- пространство подключения — для добавления межсимвольного пространства;
- зона выравнивания — для точного позиционирования оборудования на монтажной рейке;
- новое текстовое поле — позиция (порядок представления в легенде) и монтажная площадка.

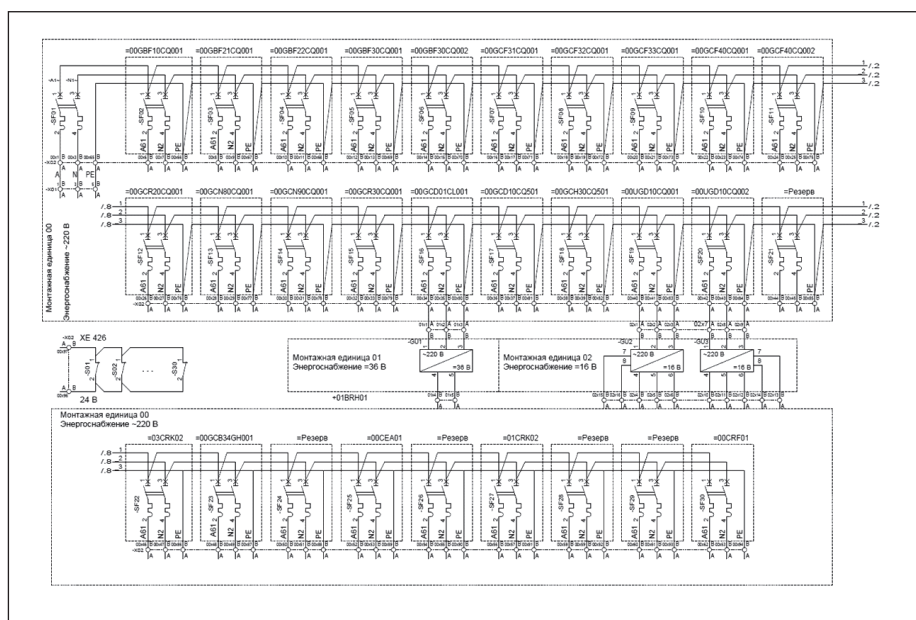


Рис. 3. Реализованная схема электрическая принципиальная НКУ

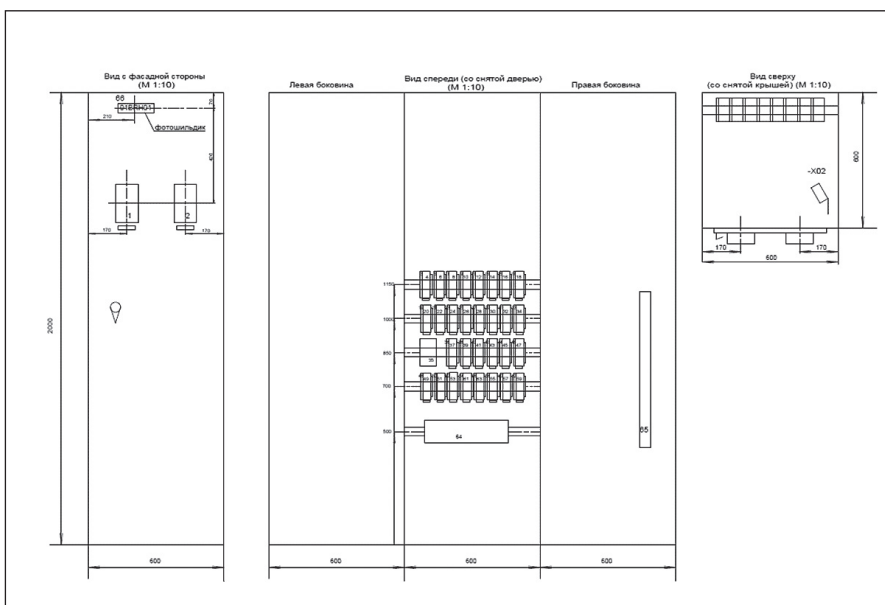


Рис. 4. Реализованная схема общего вида НКУ

## Формирование схемы рядов зажимов

Все необходимые подключения к рядам зажимов выполняются на схеме электрической принципиальной. Схема рядов зажимов несет информацию о подключении жил кабелей к клеммной коробке с передаваемыми по этим жилам сигналами управления и иной информации. Схема рядов зажимов формируется автоматически по вызову из контекстного меню как с принципиальной электрической схемы, так и из табличного редактора выбранного клеммника. Схема представляет собой статичный графический документ, сохраняемый в разделе документов проекта. Все изменения подключений на принципиальной электрической схеме автоматически сохраняются в базе данных. Для обновления ранее созданного документа по схеме рядов зажимов необ-



**Component editor**

Component

Component name:

Component type:  (Q) Switching device for power circuit

External document

File name:

View

Electrical

Component functions

- Вспомогательные цепи
  - H3 контакт
    - 13
    - 14
  - H3 контакт
    - 21
    - 22

Type of pin group:

The flowchart illustrates the design process for non-standard cabinets and panels, starting from three initial inputs: 'ТТ контракта' (Contract Technical Specifications), 'База символов 01' (Symbol Base 01), and 'Опыт проектирования 01' (Design Experience 01). These inputs feed into the main 'Проектирование' (Design) process.

The design process is divided into two main parallel paths:

- Left Path (Development of the principle electrical scheme):**
  - Разработка принципиальной электрической схемы для нетиповых шкафов и панелей** (Development of the principle electrical scheme for non-standard cabinets and panels)
    - Inputs: 'ТТ контракта', 'База символов 01', and 'Опыт проектирования 01'.
    - Sub-processes:
      - 'Расположение символов элементов на схеме 01' (Symbol element placement on the scheme 01)
      - 'Добавление символов клемм на схему 01' (Adding terminal symbols to the scheme 01)
      - 'Формирование обозначения символов клемм и контактов элементов 01' (Forming the designation of terminal symbols and element contacts 01)
      - 'Формирование последовательности соединений символов клемм и контактов элементов 01' (Forming the sequence of connections of terminal symbols and element contacts 01)
    - Outputs: 'СЭП [PDF]' (Schematic Diagram [PDF]) and 'Автоматическое формирование документов 01' (Automatic document formation 01).
- Right Path (Development of general cabinet and panel types):**
  - Разработка схем общих видов нетиповых шкафов и панелей** (Development of general types of non-standard cabinets and panels)
    - Inputs: 'Опыт проектирования 01' and 'Автоматическое формирование документов 01'.
    - Sub-processes:
      - 'Разделение символов видов шкафа с размерами на схеме 01' (Dividing cabinet type symbols with dimensions on the scheme 01)
      - 'Распределение символов аппаратов в шкафу 01' (Distribution of device symbols in the cabinet 01)
    - Output: 'Общие виды щитов и шкафов [PDF]' (General types of switchgear and cabinets [PDF]).

**Central Processing and Output:**

- Импорт оборудования на SPRELO 01** (Importing equipment to SPRELO 01) receives input from 'База символов 01' and feeds into 'Выбор и распределение проектных единиц на схеме 01' (Selection and distribution of design units on the scheme 01).
- Выбор и распределение проектных единиц на схеме 01** feeds into 'Подключение кабелей к шкафам, сборкам и т.д. 01' (Connecting cables to cabinets, assemblies, etc. 01).
- Подключение кабелей к шкафам, сборкам и т.д. 01** feeds into 'Автоматическое формирование документов 01' (Automatic document formation 01).
- Автоматическое формирование документов 01** (shown in a dashed box) is a central hub that receives input from the left path and feeds into the right path and the final output.
- Финальный вывод (Final Output):**
  - 'Перечень монтажных единиц' (List of mounting units)
  - 'Перечень надписей' (List of labels)
  - 'Перечень аппаратуры' (List of equipment)
  - 'Ряды записей' (List of records)
  - 'Таблицы НКУ' (NKU tables)
  - 'Перечень документов [PDF]' (List of documents [PDF])

Рис. 5. Реализованная схема ряда зажимов НКУ

## Генерация отчетов

- формирование шаблона документа отчета;
- формирование запроса для отчета;
- формирование отчета.

В SPEL-D реализована удобная каталожная база, в которой хранится описание технического средства с параметрами (количество и наименование контактов и т.д.). С помощью этой каталожной базы в дальнейшем легко формировать различные спецификации, перечни оборудования и т.д. Также данные, находящиеся в базе, используются для контроля соединений. Они прямо влияют на процедуру ассоциации технического средства с проектным элементом. Происходит проверка на совпадение или автоматическое присвоение наименований контактов.

В этой статье представлен опыт реализации задания заводу на нетиповой шкаф НКУ. На завершающем этапе была разработана технология выполнения задания заводу на нетиповые шкафы НКУ.

В результате работы над проектом специалисты "Зарубежэнергопроекта" пришли к выводу, что эта САПР может и должна быть использована не только в таких узких рамках. Специалисты института успешно реализовали следующие задачи:

- формирование необходимого комплекта проектной документации;
- обеспечение соответствия форм проектных документов действующим нормам и правилам;
- повышение качества проекта;
- сокращение времени на изменение технической документации в процессе проектирования;
- корректная передача данных между SPEL и SPEL-D;
- работа в единой технологии SPE.

Преимущества от использования этой САПР на первоначальном этапе работы минимальны, так как наработанного ма-

*Сергей Страхов,  
заместитель начальника ОИТ*

**ОАО "Зарубежэнергопроект"**

*Евгений Целищев,  
д.т.н., с.н.с., генеральный директор  
CSoft Иванова*