

ПРОГРАММНАЯ СРЕДА МОДЕЛИРОВАНИЯ ЭНЕРГОСИСТЕМ PScad

В статье приведена краткая информация о возможностях программной среды PScad, предназначенной для моделирования электрических сетей, энергоустановок, систем управления двигателями и другим промышленным оборудованием, систем релейной защиты и многого другого.

В. Макаренко

Компания Manitoba HVDC Research Centre известна во всем мире по разработанной ее специалистами программной среде моделирования энергосистем, в которой можно просто и наглядно выполнять моделирование переходных и установившихся процессов, происходящих в энергетических системах, для решения разнообразных прикладных и научно-исследовательских задач [1]. Manitoba HVDC Research Centre – подразделение компании Manitoba Hydro International Ltd, одной из ведущих электроэнергетических компаний Канады.

PScad является быстродействующим, точным и простым инструментом для моделирования работы энергосистем и силовых электронных преобразователей при их проектировании, анализе, оптимизации и верификации. Программа PScad с модулем моделирования переходных процессов EMTDC™ предоставляет широкий выбор инструментов и большую библиотеку компонентов для детального анализа работы энергооборудования.

Библиотека содержит около 300 компонентов, которые можно разделить на такие группы:

- пассивные элементы
- источники электроэнергии
- выключатели
- элементы силовой электроники
- трансформаторы
- электрические машины
- ЛЭП и кабели
- различные измерители
- элементы релейной защиты

PROGRAM MEDIUM OF MODELLING OF POWER SYSTEMS PScad

Abstract –

In article brief information on possibilities of program medium PScad, intended for modelling of electric networks, power installations, control systems of propellers and other industrial equipment, systems of relaying and many other things is described.

- экспорт и импорт данных
- логические функции
- элементы создания сценариев поведения модели
- фильтры и пр.

В состав каждой группы входит большое количество компонентов. Например, группа элементов силовой электроники включает: выпрямители и инверторы; тиристоры; транзисторы; диоды; варисторы; схемы управления транзисторами и тиристорами, конденсаторами и тиристорами компенсаторов реактивной мощности; элементы систем фазового управления и пр. В группе пассивных компонентов содержатся модели конденсаторов, резисторов, реакторов (включая варьлируемые), RLC-фильтров, фиксированных нагрузок, соединителей, проводов, шин, разрядников, реакторов с насыщением и варисторов.

Подробнее с составом библиотек можно ознакомиться в работах [2, 3]. После запуска программы в служебном окне (окне навигации) доступны две строки: L – основные библиотеки программы (Master Library) и строка с именем проекта, которому по умолчанию присваивается имя "noname" (рис. 1).

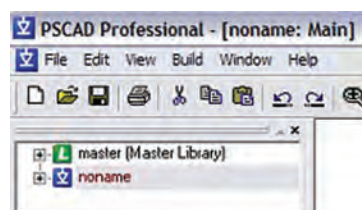


Рис. 1. Служебное окно программы PScad

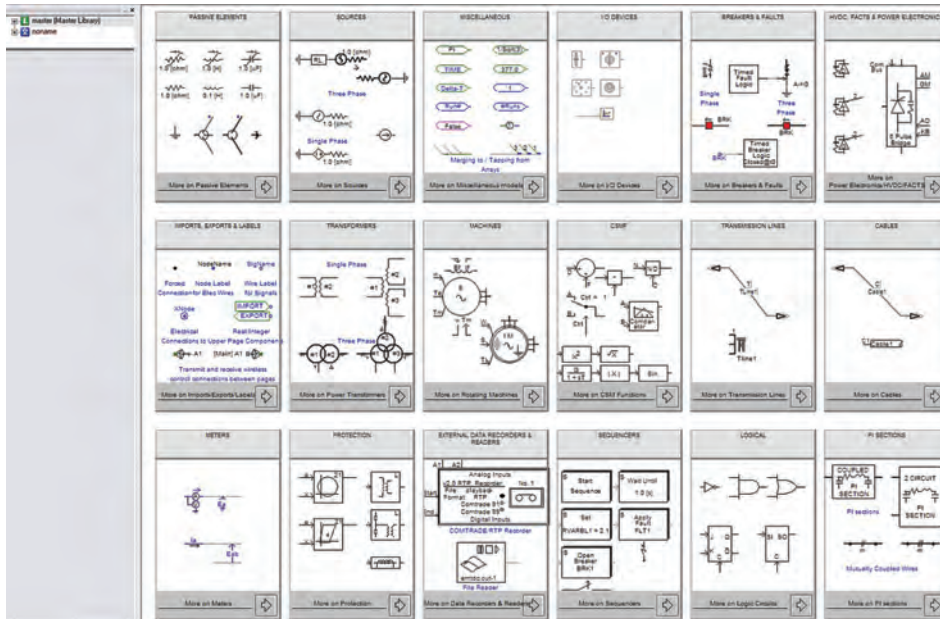


Рис. 2. Основные библиотеки программы PScad

После нажатия на строку Master Library в рабочем окне выводятся все основные библиотеки элементов (рис. 2).

Каждая группа элементов выводится в своем окне. Чтобы увидеть все элементы группы, достаточно дважды щелкнуть по стрелке в нижнем правом углу окна группы. Кроме встроенных библиотек пользователю предоставляется возможность создавать и использо-

вать свои библиотеки компонентов и алгоритмов их работы. Компоненты могут быть представлены в виде "черного ящика" с алгоритмом работы, описанным на языках высокого уровня, таких как C++, Fortran, MATLAB/Simulink и пр. (рис. 3).

Создание схемы устройства или системы не вызывает трудностей. Достаточно разместить нужные компоненты либо путем перетаскивания с помощью "мыши" из окна библиотеки, нажав и удерживая левую кнопку, либо из выпадающего меню (рис. 4), нажав правую кнопку "мыши" при наведении курсора на строку Master Library в служебном окне.

Компоненты, как и во многих программах с графическим интерфейсом, можно копировать, вставлять, поворачивать, размещать в

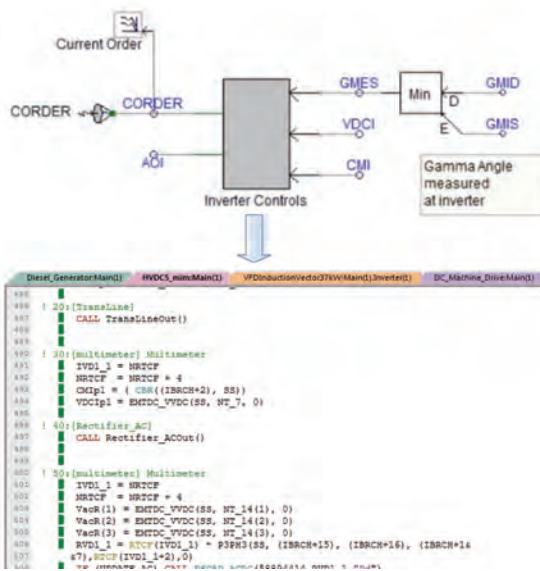


Рис. 3. Модель пользователя в виде "черного ящика" и фрагмент алгоритма ее работы

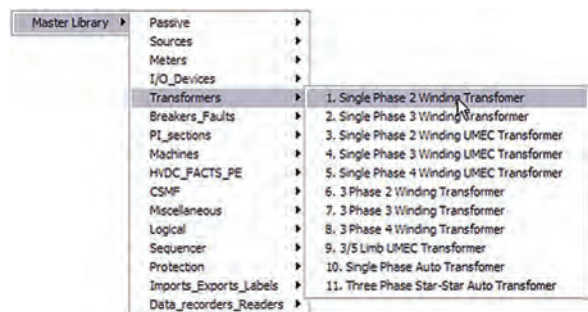


Рис. 4. Выбор компонента из библиотеки для размещения на рабочем листе

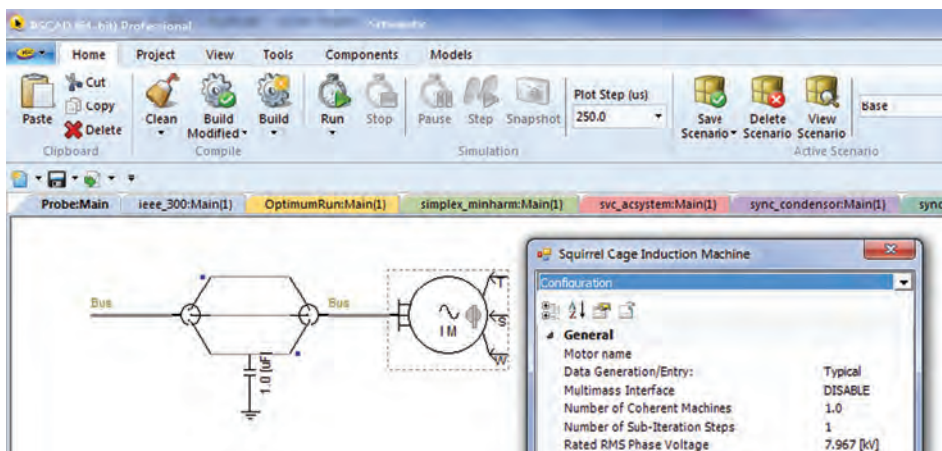


Рис. 5. Окно контроля параметров элемента системы

различных слоях, менять расположение слоев и пр.

Для соединения компонентов используются провода из соответствующей библиотеки. Провод размещается на рабочем листе, а затем с помощью "мыши" его концы соединяют с нужными компонентами. В местах ответвления проводов необходимо ставить точки. Предусмотрен целый набор коротких команд, которые позволяют ускорить процесс рисования соединительных линий [2].

После размещения компонентов и создания схемы можно изменять параметры каждого компонента, которые при нажатии правой кнопки "мыши" выводятся в виде таблицы (рис. 5). Для моделирования работы созданной модели необходимо скомпилировать созданный проект [4], хотя возможна симуляция работы модели и в автоматическом режиме. В этом случае программа автоматически формирует скомпилированный модуль, после чего возможен запуск процесса симуляции. Параметры моделирования можно изменять в процессе работы над проектом для получения наилучшего результата.

Подробное описание работы с программой, всех ее библиотек и модулей можно найти в [4].

В [5] можно найти примеры использования программной среды PSCAD для анализа электроэнергетических систем, а именно для:

- исследования традиционных систем переменного тока
- исследования перенапряжений (TOV) и переходных восстанавливающихся напряжений (TRV)

- определения уровней срабатывания разрядников
- определения динамической реакции энергосистемы
- моделирования электрогенераторов, турбин, линий электропередачи и пр.
- определения базовой прочности изоляции (BIL) и исследования сверхбыстрых процессов
- моделирования и проверки работы релейной защиты (проверка может проводиться по файлам COMTRADE)
- исследования производительности системы
- проектирования систем управления.

Приведем некоторые модели из [5]. На рис. 6 приведена модель системы передачи постоянного тока на большое расстояние между двумя системами переменного тока.

Модель содержит входной выпрямитель (Rectifier), линию передачи энергии и выходной преобразователь постоянного напряжения в переменное (Inverter). Результатом моделирования системы являются графики переходных процессов токов и напряжений на входе и выходе системы как для сетей переменного тока, так и для системы передачи постоянного тока. Параметры линии заданы в виде сосредоточенных индуктивностей, емкости и сопротивлений, эквивалентных физическим параметрам линии.

На рис. 7 приведен пример моделирования переходных процессов на входе линии переменного тока напряжением 500 кВ протяженностью 450 км. В [5] приведены примеры моделирования и более простых систем: преобразователей постоянного напряжения в переменное

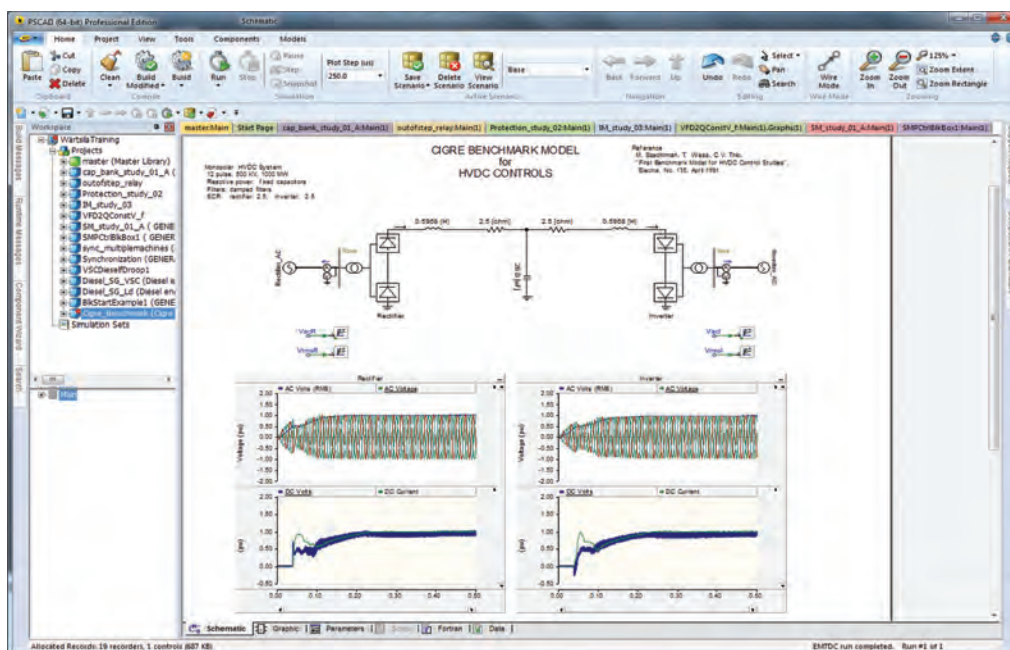


Рис. 6. Модель системы передачи постоянного тока

и наоборот, построенных на базе IGBT-транзисторов и IGCT-тиристоров; систем защиты от перенапряжений при ударах молний и многих других.

Система PScad постоянно развивается. Последняя из доступных версия – PSCAD X 4.5.2 – выпущена в 2013 г. В версиях программы 4.5 и выше (32/64-бит) доступны:

- загрузка одновременно нескольких проектов

- интерфейсный модуль "черный ящик"
- параллельные вычисления для многоядерных процессоров
- модели источников данных, построенных на фотоэлементах
- модели возбудителей/стабилизаторов, соответствующих стандарту IEEE 2005.

Подробную информацию о различных версиях программы, выполненную в виде таблицы, можно найти в [2]. На web-сайте компании мож-

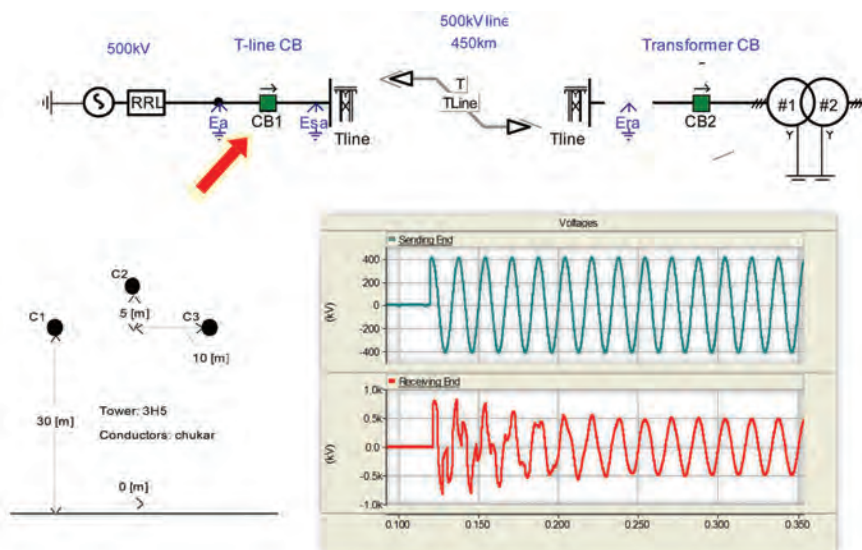


Рис. 7. Модель системы передачи переменного тока по высоковольтной ЛЭП

но "скачать" пробную версию программы [3] после несложной регистрации. В пробной версии число точек в схеме не должно превышать 15, а в остальном – это полнофункциональная версия.

ЛИТЕРАТУРА

1. <https://hvdc.ca/pscad/>.
2. Fundamentals of PSCAD and General Applications. – http://www.nayakcorp.com/Getting_Started42.ppt.

3. Программная среда моделирования энергосистем PSCAD. – <http://www.ennlab.ru/stati/PSCAD%20EnLAB/>.

4. https://hvdc.ca/uploads/ck/files/reference_material/PSCAD_User_Guide_v4_3_1.pdf.

5. Применение PSCAD для исследования энергосистем. – <http://www.ennlab.ru/stati/PSCAD%20Farid/>.

6. <https://hvdc.ca/pscad/versions>.

7. <https://hvdc.ca/pscad/pscad-features/read,article/7/free-version>.



Высококачественная
металлизация
переходных отверстий

ПЕЧАТНЫЕ ПЛАТЫ

■ производство

На поставляемые фирмой VD MAIS печатные платы предоставляется документация по выходному контролю:

- сертификат фирмы VD MAIS
- сертификат качества печатной платы от изготовителя
- протокол контроля основных параметров печатной платы
- протокол контроля внутренней структуры печатной платы с микрошлифом

CUSTOMER P/N: NPD-0400-0155 FACTORY P/N: T8727-103A DATA CODE: 0017

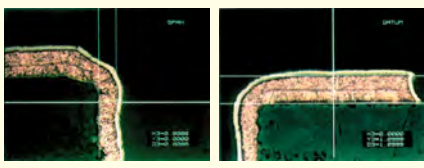


Фото микрошлифа переходного отверстия

- протокол контроля паяемости
- протокол электрического тестирования



VD MAIS

PCB Professionally

тел.: (044) 220-0101, 492-8852, (057) 719-6718, (0562) 319-128, (062) 385-4947, (0692) 544-622
(032) 245-5478, info@vdmals.kiev.ua, www.vdmals.kiev.ua