

Андрей Колдунов (г. Гродно)

ПРОГРАММА E DESIGN SUITE ОТ STM — АТЕЛЬЕ ПО ПОШИВУ ИСТОЧНИКОВ ПИТАНИЯ



Современные микросхемы для импульсных источников питания (ИИП) стали настолько сложны, что номиналы внешних компонентов приходится рассчитывать в специализированных приложениях. У компании **STMicroelectronics** тоже есть такое приложение — **eDesignSuite**, позволяющее в режиме онлайн быстро и бесплатно спроектировать любой ИИП на базе микросхем **STMicroelectronics**.

В портфолио высоковольтных обратноходовых преобразователей напряжения компании **STMicroelectronics** можно найти решения для практически любых задач: драйверы изолированных и неизолированных источников питания мощностью от единицы до сотни ватт, со стабилизацией выходного тока (питание светодиодов) или напряжения (питание электронных схем), со всеми видами управления и защиты. А новейшие разработки компании позволяют обойтись без оптрона и стабилизатора во вторичной цепи, что позволяет экономить количество деталей на плате и увеличить надежность всего преобразователя.

Из микросхем, актуальных на конец 2012 года, можно выделить следующие семейства (рисунок 1):

- Неизолированные преобразователи **VIPERx6**, позволяющие разработчику обойтись без трансформатора, но не обеспечивающие гальваническую развязку нагрузки от питающей сети;
- Изолированные преобразователи **VIPERx7** общего применения;
- Изолированные преобразователи **VIPERx8** с функцией PEAK POWER, благодаря которой источник питания способен выдерживать кратковременные небольшие перегрузки без срабатывания защиты;
- Изолированные квазирезонансные преобразователи **VIPERx5** общего применения;
- Изолированные квазирезонансные преобразователи **ALTAIR**, не требующие для своей работы оптрона и стабилизатора в выходной цепи ИИП.

Все эти микросхемы обладают встроенным 800-вольтным транзистором (900 В для некоторых микросхем семейства **ALTAIR**, что делает их одними из самых надежных в своем классе)

и имеют функцию soft start, защиту от перегрева (кроме **ALTAIR**), пакетный режим работы при малой нагрузке, настраиваемую защиту от перегрузки по току, защиту от аварий (в частности, от насыщения трансформатора и/или короткого замыкания диода во вторичной обмотке), автоматический рестарт после срабатывания защиты и некоторые другие полезные функции.

Контроллеры семейства **ALTAIR** способны обеспечивать стабильное выходное напряжение или ток, не используя оптрон с датчиком тока или стабилизатором напряжения во вторичной цепи, однако для корректной работы им необходима дополнительная обмотка трансформатора. Анализируя напряжение на этой обмотке, контроллер стабилизирует выходное напряжение (т.к. коэффициент трансформации всегда неизменен, но нужно учитывать потери на сопротивление вторичной обмотки и

падение на диоде), а так же подстраивает рабочую частоту так, чтобы всегда балансировать между режимами непрерывных и прерывистых токов в трансформаторе (квазирезонансный режим); максимальное значение рабочей частоты не превышает 166 кГц. Несмотря на отсутствие обратной связи с выхода преобразователя, благодаря запатентованным технологиям, микросхеме удается стабилизировать выходное напряжение с погрешностью $\pm 2,5\%$ при токе нагрузки от нуля до максимального значения.

Для экономии энергии при снижении нагрузки контроллер переходит в режим пропуска импульсов, а при очень малой нагрузке (устройство находится в режиме ожидания) — в пакетный режим, частота пакетов импульсов уменьшается до сотен герц. Так как в этом режиме ток, проходящий через силовой транзистор, очень мал, то при правильной заливке трансформатора шумы работы преобразователя практически не слышны. Все эти меры позволили снизить потребляемый преобразователем ток в режиме ожидания до величины менее 70 мВт, что делает их наилучшим вариантом для применения в преобразователях малой мощности.

Для расчета номиналов внешних компонентов разработчик рекомендует

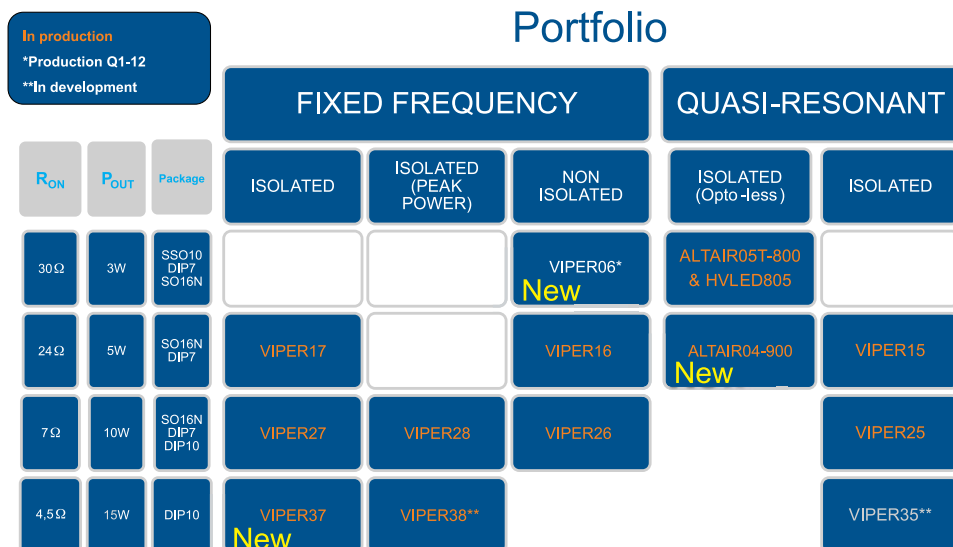


Рис. 1. Микросхемы **STMicroelectronics** для импульсных источников питания

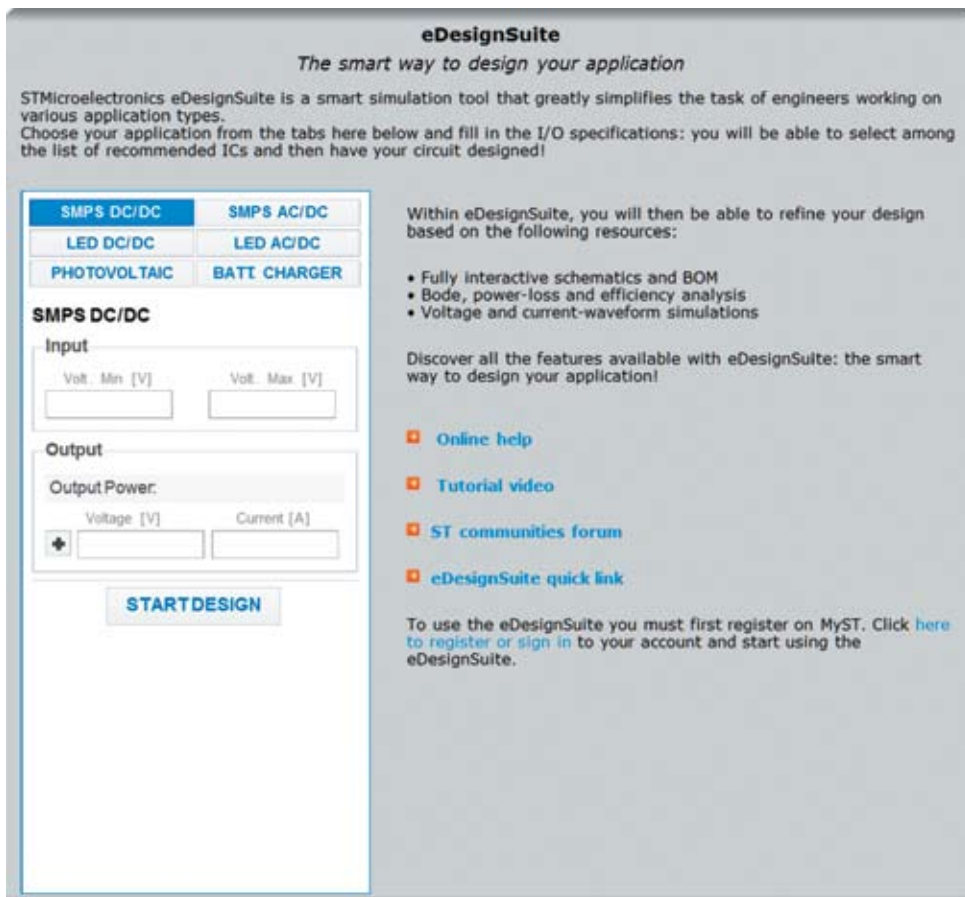


Рис. 2. Стартовое окно приложения eDesign Suite

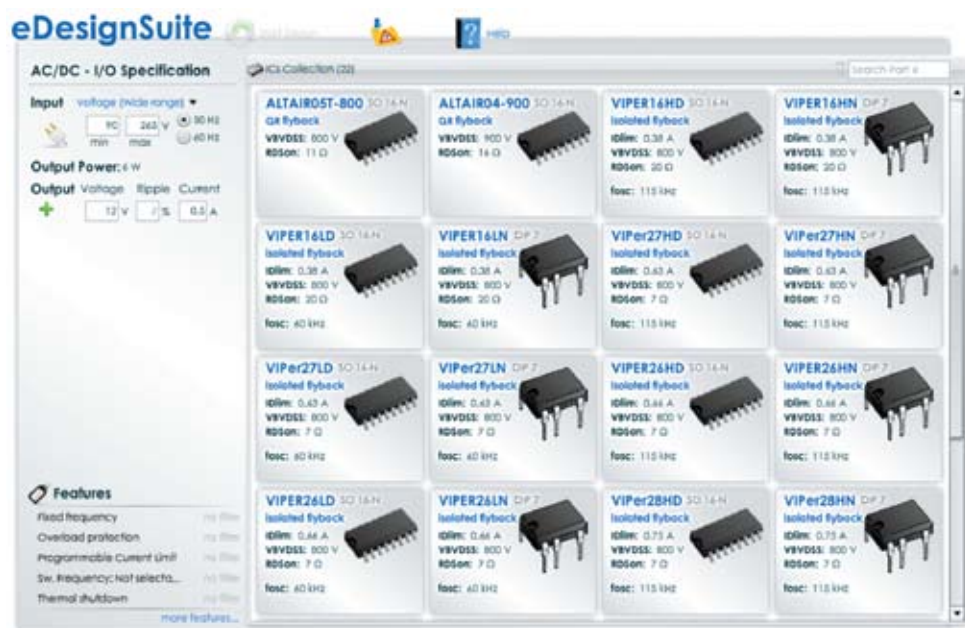


Рис. 3. Выбор микросхем в eDesign Suite

воспользоваться специальным приложением — **eDesignSuite** [1]. Эта программа работает только он-лайн, что может вызывать некоторые затруднения, и в ней используются Java-технологии, поэтому в устаревших версиях браузеров и на некоторых моделях смартфонов программа может работать некорректно. Дополнительно система предоставляет дисковое пространство для сохранения

неограниченного количества проектов на серверах myST, благодаря чему продолжить работу или загрузить сохраненный дизайн можно в любом месте и с любого компьютера.

Войти в программу можно несколькими путями:

- по прямой ссылке <http://www.st.com/edesignstudio> — можно выбрать тип преобразователя (DC/DC

или AC/DC со стабилизацией напряжения (SMPS) или тока (LED), зарядное устройство для аккумулятора (BATT. CHARGER) или контроллер солнечной батареи (PHOTOVOLTAIC), ввести необходимые параметры преобразователя и нажать кнопку **START DESIGN**, после чего программа сама подберет по своей базе подходящие для такого преобразователя микросхемы и покажет весь список (рисунок 2);

- со страницы описания любой микросхемы, которая есть в базе программы;
- из своего личного кабинета в myST.

Для работы в программе необходима бесплатная регистрация в myST. Кроме доступа к программе, регистрация позволит получать бесплатные образцы (eSamples), подписаться на рассылку новостей и получить возможность обращаться в бесплатную он-лайн-службу техподдержки. Запрос на ввод логина и пароля появится автоматически после нажатия кнопки «Start Design»; для того, чтобы зарегистрироваться, нужно нажать ссылку Register внизу формы Login. В процессе регистрации все поля нужно заполнять только английскими буквами, при неправильном заполнении система подчеркнет соответствующее поле красным курсивом. Пароль от учетной записи должен состоять минимум из 8 знаков, и не должен состоять только из одних букв или цифр — в нем должны быть и цифры, и буквы (минимум, одна). Его также нужно набирать только в английской раскладке.

В качестве примера

Создадим новый проект, выбрав на главной странице портала myST пункт eDesignSuite, например, изолированный AC/DC-преобразователь с универсальным сетевым питанием (90...265 В) и выходным напряжением 12 В, 0,5 А (разделительный знак дробной части числа — точка в англоязычной раскладке клавиатуры, в некоторых браузерах точка в русскоязычной раскладке не вводится в поля программы). Можно рассчитать преобразователь с несколькими выходными обмотками: чтобы добавить еще один выход, достаточно кликнуть по зеленому плюсику. По мере ввода данных программа сама подберет подходящие для такого проекта микросхемы (рисунок 3) и напомним их краткие характеристики. Нажимая на ячейку любой микросхемы, можно получить более подробную информацию о преобразователе со ссылками на документацию. Для уменьшения количества предлагаемых вариантов можно воспользоваться дополнительными фильтрами по необходимым опциям (защита от короткого замыкания, программируе-

мый ограничитель тока, тип корпуса и десятки других критериев, доступных после нажатия ссылки more features), список которых расположен в нижнем левом углу окна.

Выберем для примера микросхему **ALTAIR04-900** [2] и нажмем кнопку Start Design в самом верху окна рядом с логотипом eDesignSuite. Программа предложит скорректировать некоторые параметры преобразователя с учетом таких характеристик выбранной микросхемы, как величина входного напряжения и его частота, выходное напряжение, ток и допустимые пульсации напряжения, а также — активировать режим Dynamic Load Regulation. Также программа позволяет установить некоторые ограничения — минимальную рабочую частоту, максимальную температуру окружающей среды. Автоматически подсчитывается предполагаемый КПД преобразователя.

После нажатия кнопки Automatic Design программа показывает схему полностью рассчитанного преобразователя с некоторыми графиками, такими как кривая рабочей частоты, зависимость КПД от входного напряжения и мощности нагрузки, диаграмма Боде для компенсационной цепочки и подробная статистика по потерям в каждом узле преобразователя (рисунок 4). Каждый график можно увеличить, нажав на изображение лупы в его заголовке. Также при наведении курсора на любой участок кривой программа показывает всплывающие окошки с точной информацией.

Программа позволяет разработчику изменить параметры большинства ключевых компонентов — выбрать трансформатор других размеров, выбрать входные/выходные конденсаторы с другой емкостью и/или ESR, скорректировать компенсационные цепи и многое другое. Для этого достаточно кликнуть по кнопке Design вверху окна программы, после чего откроется окно помощника Design Wizard (рисунок 5). Этот помощник позволяет в несколько шагов (проходить их нужно сверху вниз) изменить практически все параметры преобразователя, указывая (красным цветом) на возникающие ошибки и отмечая красным треугольником с восклицательным знаком критические. При возникновении ошибки на каком-то шаге все остальные шаги становятся недоступными (цвет текста становится серым), что позволяет быстро найти и исправить ошибку.

На шаге Converter Specifications можно изменить основные характеристики всего преобразователя, на шаге Input Stage Design — выбрать емкость входного конденсатора и падение на диодах выпрямителя (последнее необходимо только для расчета потерь). Ем-

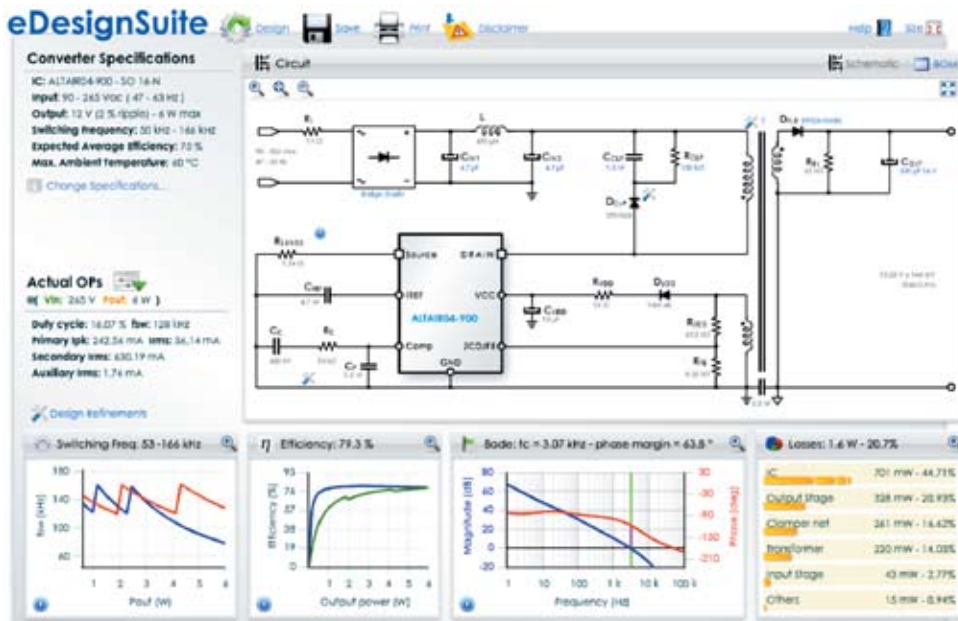


Рис. 4. Схема преобразователя на ALTAIR04-900, построенного программой eDesign Suite

кость конденсатора можно указать как вручную, так и выбрать из списка, на сколько периодов сетевого напряжения ее должно хватать (*Hold up cycles*). Это может пригодиться на сильно нагруженных сетях, где возможны провалы сетевого напряжения в момент включения мощных нагрузок.

На следующем шаге, Flyback Parameters Specifications, выбираем параметры компонентов в первичной обмотке трансформатора. Амплитуду отраженного напряжения (*Primary*

Reflected Voltage) желательно выбрать в районе 100...110 В, паразитную емкость стока (*MOSFET drain node stray capacitance*) оставляем 75 пф, т.к. у встроенного транзистора именно такая емкость стока, индуктивность первичной обмотки (*Primary inductance*) по расчетам программы может достигать 2060 мкГн, но ее желательно уменьшить до 1000...1500 мкГн — это совсем незначительно увеличит амплитуду импульсов тока в первичной обмотке трансформатора (увеличит нагрузку на

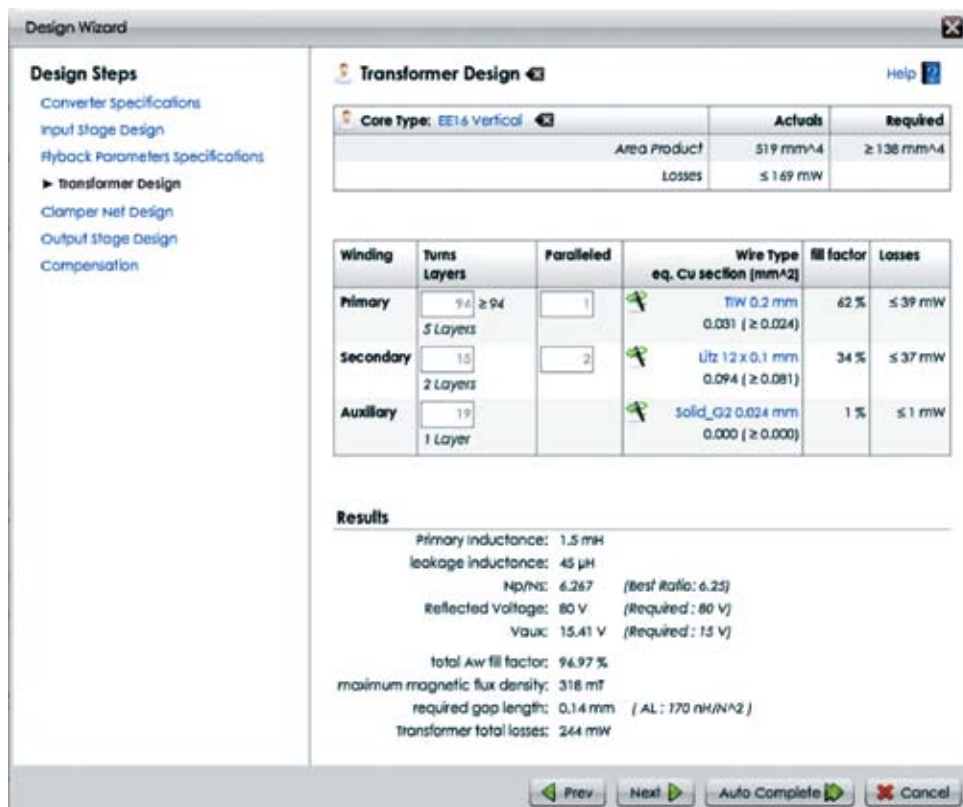


Рис. 5. Окно Design Wizard

транзистор) и рабочую частоту, но позволит сэкономить на количестве витков и размере трансформатора. Индуктивность рассеяния (*Transformer leakage inductance*) – у качественно изготовленного трансформатора она не превышает 3% от индуктивности первичной обмотки – оставляем без изменений, напряжение собственного питания (*Self supply voltage*) также можно оставить по умолчанию, однако, учитывая, что напряжение включения микросхемы составляет 13 В и минимально допустимое рабочее напряжение 11,5 В, его желательно увеличить до 18 В.

Далее на шаге Transformer Design нужно выбрать тип сердечника и количество витков в обмотках. Сердечник можно выбрать как из списка Select from list с предустановленными характеристиками, так и ввести все характеристики сердечника вручную (информация из даташита на сердечник и каркас). По умолчанию программа выбирает самый маленький из подходящих сердечников, однако для большей надежности и запаса по мощности желательно выбрать сердечник минимум на один размер больше.

Выберем сердечник EE16 Vertical (с вертикальным расположением). Для него, по расчетам программы, количество витков в первичной обмотке должно быть не меньше 88, иначе на максимальном рабочем напряжении возможно насыщение сердечника (строка maximum magnific flux density). Выберем 95...100 витков, и программа автоматически пересчитает количество витков в остальных обмотках. Параметры провода обмоток тоже можно как выбрать из списка, так и ввести вручную. Провод может быть как одножильным (*Solid*), так и многожильным (*литцендрат, Litz*). Для частоты 100 кГц толщина скин-слоя составляет примерно 0,2 мм, поэтому при изготовлении трансформатора желательно использовать провода диаметром, не превышающим 0,4 мм. В характеристиках провода указывается # of strands (*number of strands*) – количество витков, strand Cu diameter (*strand copper diameter*) – диаметр провода по меди (без учета изоляции), eq Cu section – эквивалентный диаметр провода по меди (для литцендрата), wire gross diameter – диаметр провода с изоляцией и resistance per meter – сопротивление 1 метра провода.

Диаметр провода обмоток следует выбирать таким, чтобы занимаемый объем (*fill factor*) первичной и всех вторичных обмоток был примерно одинаковым (у первичной – чуть больше, чем у вторичных), иначе на номинальной нагрузке более тонкие обмотки будут перегреваться. Одновременно

программа рассчитывает потери на сопротивлении обмоток (*Losses*). При выборе провода нужно стремиться, чтобы в результатах расчета коэффициент заполнения окна медью (*total Aw fill factor*) не превышал 90%, иначе будет затруднительно уместить все обмотки с межслойной изоляцией на каркасе, а при выборе количества витков – чтобы плотность магнитного потока (*maximum magnific flux density*) не превышала допустимое для выбранного сердечника значение. В строке required gap length программа указывает требуемую величину магнитного зазора в сердечнике.

На шаге Clamper design выбирается тип снаббера в первичной обмотке (на RCD-цепочке или супрессоре) и его параметры. Потери будут меньше с супрессором (*transil based*), однако RCD-цепочка дешевле. Чем выше напряжение ограничения, тем меньше потери и ниже запас надежности всего преобразователя (особенно при больших скачках напряжения в питающей сети), поэтому желательно выбрать величину, не превышающую 250...300 В.

На шаге Output stage design следует выбрать диод выпрямителя и фильтрующий конденсатор. Параметры конденсатора (напряжение, емкость, ESR, допустимые пульсации тока) можно ввести вручную или выбрать предложенные из списка, после чего программа рассчитает пульсации выходного тока (*Vout Ripple*) и потери в конденсаторе. Возможно параллельное соединение нескольких конденсаторов с одинаковыми параметрами, но, к сожалению, программа не поддерживает расчет пульсаций при параллельном соединении электролитического конденсатора большой емкости и керамического конденсатора меньшей емкости с низким ESR.

На последней вкладке, Compensation, производится расчет компенсационной цепочки. Для устойчивости преобразователя запас по фазе (*phase margin*) в критической точке (когда магнитуда равна 0 дБ) должен быть не менее 50 градусов. В противном случае возможно самовозбуждение преобразователя, микросхема может выйти из строя.

Ориентировочные потери на всех элементах преобразователя можно увидеть, развернув график Losses на весь экран (кликнув по изображению лупы). По умолчанию показывается график для самого тяжелого режима (максимальное входное напряжение, максимальная мощность нагрузки), однако вводные данные можно изменить, подведя мышку к иконке с зеленым треугольником в пункте Actual OPs в правой колонке окна программы и передвинув ползунки на необходимые значения.

Список всех используемых компонентов можно посмотреть, нажав иконку с надписью “ВОМ” в правом верхнем углу окна. К сожалению, список пока невозможно скопировать или сохранить на диск, можно только распечатать вместе со схемой и графиками, для этого достаточно нажать кнопку Print и подтвердить печать.

Проект можно сохранить как на серверах myST (Save – Save as...), так и на компьютере пользователя (Save – Export to file...), в последнем случае генерируется файл размером 5...10 кБ, который можно открыть только в eDesignSuite. Также можно экспортировать проект в формате PSpice (Save – Export to PSpice...), однако на момент написания статьи данная опция была доступна только для DC/DC-преобразователей семейств **L597x, L598x**.

В программе доступна краткая помощь и ознакомительный видеоролик (все – на английском), вызвать которые можно кликом по иконке Help. Также можно перейти на форум STe2eCommunities (Help – Communities) и поискать ответы на свои вопросы, или задать вопрос непосредственно инженерам компании (желательно на английском языке).

Заключение

Несмотря на столь большую информативность расчета, следует помнить, что все полученные данные – ориентировочные и разработчики программы снимают с себя всю ответственность за возможные неточности, о чем сказано в пункте меню Disclaimer. Убедиться в правильности расчета преобразователя и соответствии его параметров можно только на реальном макете. Для ознакомления и быстрого старта новой разработки под заказ со склада компании КОМПЭЛ доступна демонстрационная плата **EVLALTAIR900-M1** [3], а также отладочные и демо-платы для большинства других микросхем, выпускаемых компанией STMicroelectronics.

Литература

1. eDesignSuite <https://my.st.com/analogsimulator/>
2. ALTAIR04-900: Off-line all-primary-sensing switching regulator <http://www.st.com/internet/analog/product/251105.jsp>
3. EVLALTAIR900-M1: Double output SMPS for power line application using ALTAIR04-900 primary controller <http://www.st.com/internet/evalboard/product/251385.jsp>

Получение технической информации,
заказ образцов, поставка –
e-mail: analog.vesti@compel.ru