

## ПРОЕКТИРОВАНИЕ ИМПУЛЬСНОГО ИСТОЧНИКА ПИТАНИЯ В ОНЛАЙН РЕЖИМЕ С ПОМОЩЬЮ SIC MPLAB®

## ONLINE SWITCHING POWER SUPPLY DESIGN WITH SIC MPLAB®

В статье приведена краткая информация о новой бесплатной онлайн программе проектирования импульсных источников питания с использованием SiC полупроводниковых приборов MPLAB SiC Power Simulator. Проведен пример расчета DC/DC-преобразователя мощность 2 кВт с помощью этой программы.

he article provides brief information about the new free online design program for switching power supplies using SiC semiconductor devices MPLAB SiC Power Simulator. An example of calculating a DC / DC converter with a power of 2 kW was carried out using this program.

В. Макаренко

V. Makarenko

Цифровая электроника идет по пути постоянной миниатюризации и уменьшения потребляемой энергии. Но для устройств с большим потреблением энергии, таких как электромобили, электровозы и многие другие, основной задачей является снижение потерь энергии, а не уменьшение мощности самих устройств. А для достижения таких целей необходимо снижать потери в проводах, соединяющих силовые приводы и источники питания, а также потери на переключение в самих преобразователях энергии. Чем меньше ток в силовых цепях, тем меньше потери. Но для обеспечения достаточной мощности приходиться увеличивать рабочее напряжение. Например, в легковых электромобилях повышают рабочее напряжение бортовой сети с 12 до 48 В и до 400-800 В в силовой части.

Электрификация всего и вся стимулирует рост использования полупроводников SiC (на основе карбида кремния) для крупных сегментов рынка, таких как электромобили и другой электротранспорт. Промышленный переход к силовым решениям SiC происходит по причине более высокой скорости переключения (а значит снижения потерь мощности) и возможности работы при более высоких температурах у этих полупроводниковых приборов.

Чтобы помочь инженерам сократить время для перехода на силовые решения SiC, компания Microchip Technology 20 марта 2023 г. выпустила онлайн симулятор MPLAB® SiC Power Simulator, который позволяет в течении нескольких минут спроектировать мощный преобразователь энергии с заданными характеристиками и получить информацию о КПД спроектированного устройства и полный перечень элементов, необходимых для его реализации [1, 2].

MPLAB SiC Power Simulator – это программная среда на основе PLECS, разработанная в сотрудничестве с компанией Plexim для предоставления бесплатного онлайн-инструмента, который устраняет необходимость приобретения лицензии на моделирование. MPLAB SiC Power Simulator ускоряет процесс проектирования различных топологий питания на основе SiC. Клиенты могут уверенно тестировать и оценивать решения SiC на этапе проектирования.

Программа позволяет существенно сократить не только время разработки, предоставляя возможность провести сравнительный анализ различных решений, но и сокращает время выбора компонентов. Разработчик силовой электроники, выбирая между транзисторами с сопротивлением открытого канала 25 мОм или 40 мОм SiC MOSFET (например, для трехфазного активного входного преобразователя), может сразу получить результаты моделирования, такие как средняя рассеиваемая мощность и пиковая температура перехода проектируемого устройства.

Ассортимент изделий SiC компании Microchip включает лучшие в отрасли корпуса силовых модулей с самой низкой паразитной индуктивностью (<2.9 нГн), а также лучшие в отрасли дискретные полевые МОП-транзисторы и диоды с номинальным рабочим напряжением до 3.3 кВ, а также модули на 700, 1200 и 1700 В и настраиваемые драйверы цифровых затворов AgileSwitch®.

Эти устройства SiC обладают высокой надежностью, обеспечивающей срок службы оксида затвора не менее 100 лет (прогнозные данные), а SiC-диоды не подвержены деградации. Технология SiC обеспечивает более высокую эффективность системы, удельную мощность и температурную ста-

e-mail: ekis@vdmais.ua 57



бильность по сравнению с кремниевыми биполярными транзисторами с изолированным затвором (IGBT) в приложениях высокой мощности.

Рассмотрим пример работы с программой MPLAB SiC Power Simulator на примере проектирования DC/DC-преобразователя мощностью 2 кВт.

Для начала работы с программой переходим по ссылке, указанной в [2]. В открывшемся окне следует нажать кнопку Go to MPLAB SiC Power Simulator

(рис. 1). После этого открывается страница с выбором типа преобразователя, показанная на рис. 2.

Для примера выберем проектирование понижающего обратноходового DC/DC-преобразователя – Flyback Converter. Как только будет помечен этот пункт, открывается страница с топологией преобразователя (рис. 3)

Нажав стрелку в правом нижнем углу экрана, переходим на страницу установки параметров пре-

## Advanced Converter-Level Simulation for SiC Devices Adopt SiC with ease, speed and confidence. The MPLAB® SiC Power Simulator calculates the power losses and estimates junction temperature for SiC devices using lab testing data for common power converter topologies in DC-AC, AC-DC and DC-DC applications. This simulator allows you to evaluate device performance quickly in your power converter design. Use this tool to: Select proper device and device configurations Select proper device and device gate resistances Compare power loss and thermal performance for different devices and different working conditions Capture waveforms for passive component design needs

Рис. 1. Титульная страница MPLAB SiC Power Simulator

Topology	Devices	Detai
AC-DC		
O Totem-pole Bridgele	ess PFC Converter (1/2	/3 phases)
Active Front End (3 p	ohase)	
Vienna Rectifier (3 phase)		
DC-DC  Flyback Converter  Boost Converter wit  Full-bridge LLC Reso  Phase-Shift Full-Brid		cation
DC-AC		
O Inverter (3 phase, 2	level)	

Рис. 2. Страница выбора типа преобразователя

образователя и выбора силового транзистора, как показано на рис. 4.

В нижней части экрана выводятся требования к параметрам силового транзистора и перечень доступных для использования транзисторов с указанием основных параметров. В перечне доступен 21 транзистор (на рис. 4 показан фрагмент перечня). В параметрах указаны:

- допустимое обратное напряжение
- сопротивление открытого канала при температуре 25 °C
- максимальный допустимый ток при температуре 25 °C
  - тип корпуса и ссылка на даташит.

Выберем для расчета транзистор MSC015SMA070B. Как только он будет помечен открывается страница с топологией и параметрами преобразователя и изображением корпуса транзистора (рис. 5).

Если нажать кнопку Change, то вновь откроется список доступных транзисторов и можно выбрать другой прибор. Если нажать стрелку в правом ниж-

58 www.ekis.kiev.ua



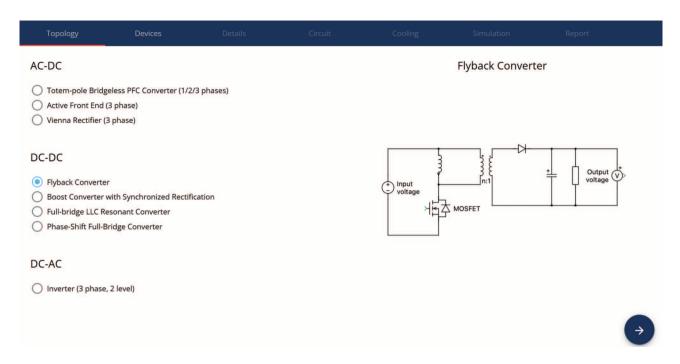


Рис. 3. Топология понижающего DC/DC-преобразователя

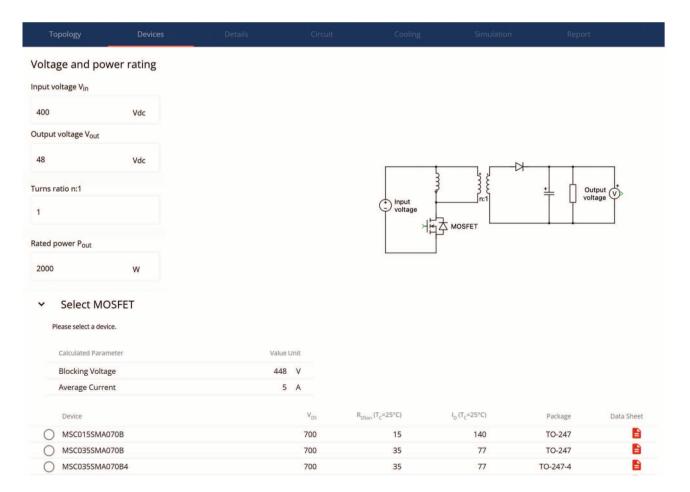


Рис. 4. Страница установки параметров преобразователя и выбора силового транзистора

e-mail: ekis@vdmais.ua



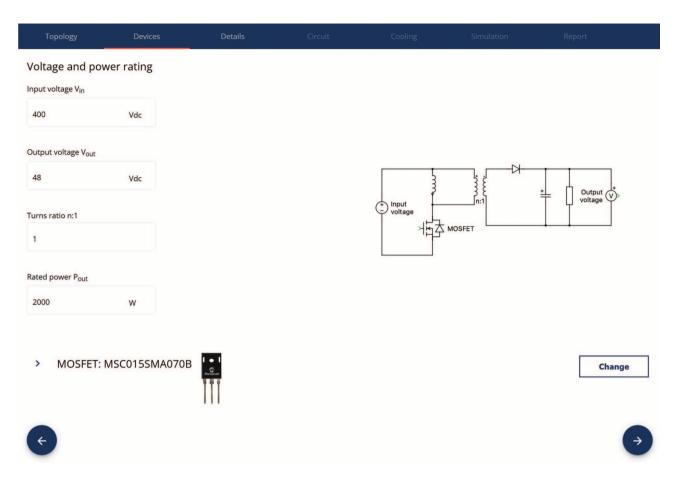


Рис. 5. Страница с изображение корпуса выбранного транзистора, топологией и параметрами преобразователя

нем углу экрана, то осуществляется переход на страницу с конфигурацией силового транзистора (рис. 6).

На странице указано число параллельно включенных транзисторов, сопротивление резистора в цепи затвора и предлагается выбор сопротивления открытого канала - номинальное или максимальное значение. Для выбранного типа транзистора номинальное значение сопротивления открытого канала [3] составляет 15 мОм, максимальное значение 19 мОм. Выбираем максимальное значение, нажимаем кнопку перехода на следующую страницу в правой нижней части страницы. На открывшейся странице (рис. 7) можно изменить значение теплового сопротивления Rth, ch и выбрать режим работы - при фиксированной температуре или при фиксированной температуре окружающей среды. В нижней части страницы указано фиксированное значение температуры.

Если выбрать анализ при фиксированной температуре окружающей среды, то необходимо будет ввести дополнительно значение температуры окру-

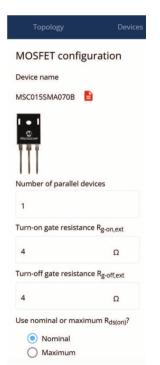


Рис. 6. Конфигурация силового транзистора

60 www.ekis.kiev.ua



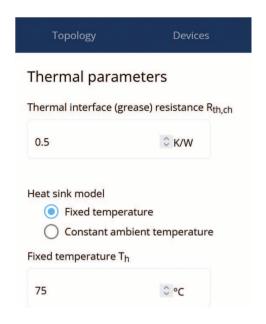


Рис. 7. Страница выбора температурных параметров

жающей среды, тепловое сопротивление и постоянную времени радиатора.

После нажатия кнопки в правом нижнем углу экрана (примерно через 15-20 секунд) открывается страница (рис. 8) с топологией и заданными пара-

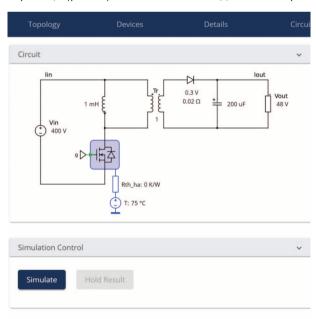


Рис. 8. Страница с топологией и заданными параметрами преобразователя

метрами преобразователя.

Для получения результатов моделирования следует нажать кнопку Simulate и через несколько секунд на экран выводится информация, приведенная на рис. 9.

Результаты моделирования иллюстрируются графиками изменения во времени напряжений и токов в различных точках преобразователя, а также графиком зависимости температуры перехода транзистора во времени.

Из полученных результатов следует, что при частоте преобразования 20 кГц получены следующие параметры:

- максимальная температура силового транзистора 99.4 °C при температуре окружающей среды 75 °C
- потери мощности транзистора на переключение 20.29 Вт
  - потери мощности на диоде 51.51 Вт
  - КПД составляет 96.29%.

Кроме того, выводится информация о потерях мощности на транзисторе при закрытом и открытом канале.

После нажатия кнопки в правом нижнем углу страницы открывается последняя страница на которой выведены все параметры преобразователя (на рис. 10 показан фрагмент этой страницы). Нажав на значок принтера, можно получить полную копию этой страницы в формате pdf или на бумаге.

На любом этапе работы с программой можно вернуться назад и поменять параметры моделирования. Конечно это предварительный расчет потенциальных возможностей такого преобразователя. Необходимо выбрать драйвер затвора, конденсаторы, катушку индуктивности и диоды с параметрами, указанными на рис. 9. Но если учесть, что моделирование занимает всего несколько минут, то использование этой программы позволит значительно сократить время для принятия решения о выборе силового транзистора и топологии преобразователя.

## **ЛИТЕРАТУРА**

- 1. https://www.eejournal.com/industry\_news/new-mplab-sic-power-simulator-allows-customers-to-test-microchips-sic-power-solutions-in-design-phase/
- 2. https://www.microchip.com/en-us/products/power-management/silicon-carbide-sic-devices-and-power-modules/design-resources/mplab-sic-power-simulator
- 3. https://ww1.microchip.com/downloads/en/Device-Doc/Microsemi\_MSC015SMA070B\_SiC\_MOSFET\_Dat asheet C.pdf

e-mail: ekis@vdmais.ua 61





Рис. 9. Результаты моделирования понижающего DC/DC-преобразователя

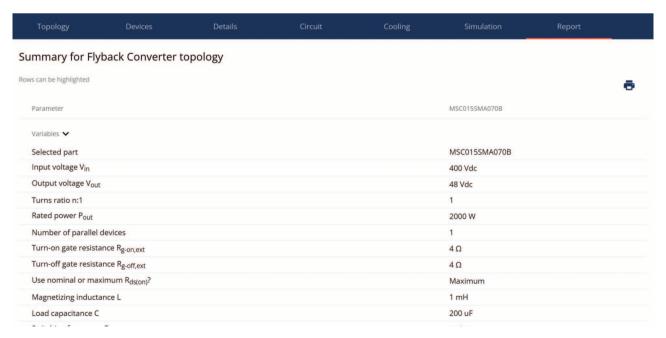


Рис. 10. Отчет о результатах моделирования понижающего DC/DC-преобразователя

62 www.ekis.kiev.ua