ПРОЕКТИРОВАНИЕ ИМПУЛЬСНОГО ИСТОЧНИКА ПИТАНИЯ В ОНЛАЙН РЕЖИМЕ С ПОМОЩЬЮ 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.

В. Макаренко

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].

ONLINE SWITCHING POWER SUPPLY DESIGN WITH SIC MPLAB®

Abstract - The 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.

V. Makarenko

ЭКиС

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 SiCдиоды не подвержены деградации. Технология SiC обеспечивает более высокую эффективность системы, удельную мощность и температурную стабильность по сравнению с кремниевыми биполярными транзисторами с изолированным затвором (IGBT) в приложениях высокой мощности.

ЭКиС

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-

MPLAB[®] SiC Power Simulator

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
- · Evaluate the impact of different gate resistances
- Compare power loss and thermal performance for different devices and different working conditions
- Capture waveforms for passive component design needs

Go to MPLAB SiC Power Simulator



Рис. 1. Титульная страница MPLAB SiC Power Simulator

Topology	Devices	Detai
AC-DC		
 Totem-pole Bridgele Active Front End (3 p Vienna Rectifier (3 p 	ess PFC Converter (1/2 ohase) hase)	2/3 phases)
DC-DC		
 Flyback Converter Boost Converter wit Full-bridge LLC Reso Phase-Shift Full-Brid 	h Synchronized Recti nant Converter Ige Converter	fication

DC-AC

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-



Topology	Devices	Details	Circuit	Cooling	Simulation	Report
AC-DC O Totem-pole Bridgeless PFC Converter (1/2/3 phases) Active Front End (3 phase) Vienna Rectifier (3 phase)					Flyback Converte	r
Flyback Converte Boost Converter Full-bridge LLC R Phase-Shift Full-F	er with Synchronized Rectific lesonant Converter Bridge Converter	ation		C Input voltage	n:1	+ Output V
DC-AC						
O Inverter (3 phase	e, 2 level)					
						\rightarrow

Рис. 3. Топология понижающего DC/DC-преобразователя

	Devices	Details					
Voltage and pov Input voltage V _{in} 400 Output voltage V _{out} 48	wer rating Vdc Vdc					*	
1				(+) Input voltage ≻ ⊨			age V
Rated power P _{out}	w						
 Select MO Please select a device 	OSFET ce.						
Calculated Param	neter	Value	Unit				
Blocking Voltag	ge	448	s v				
Average Curren	nt	5	A				
Device			V _{DS}	R _{DSon} (T _C =25°C)	I _D (T _C =25°C)	Package	Data Sheet
O MSC015SMA0	070B		700	15	140	TO-247	
O MSC035SMA0	070B		700	35	77	TO-247	
O MSC035SMA0	070B4		700	35	77	TO-247-4	

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

ИСТОЧНИКИ ПИТАНИЯ

ЭКиС

Topology	Devices	Details	Circuit	Cooling	Simulation	Report
Voltage and po	wer rating					
400	Vdc					
Output voltage V _{out}						
48	Vdc					+ Output
Turns ratio n:1				· Input voltage	MOSFET	voltage V
Rated power P _{out}						
2000	w					
> MOSFET:	MSC015SMA070E					Change

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



Topology	Devices
Thermal para	meters grease) resistance R _{th.ch}
0.5	≎ K/W
Heat sink model Fixed tempe 	erature
Constant an	nbient temperature
75	≎ °C

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 °С при температуре окружающей среды 75 °С

 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/newmplab-sic-power-simulator-allows-customers-to-testmicrochips-sic-power-solutions-in-design-phase/

2. https://www.microchip.com/en-us/products/powermanagement/silicon-carbide-sic-devices-and-powermodules/design-resources/mplab-sic-power-simulator

3. https://ww1.microchip.com/downloads/en/Device-Doc/Microsemi_MSC015SMA070B_SiC_MOSFET_Dat asheet_C.pdf

ИСТОЧНИКИ ПИТАНИЯ

ЭКиС



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

Topology	Devices	Details	Circuit	Cooling	Simulation	Report			
Summary for Fly	Summary for Flyback Converter topology								
Rows can be highlighted							-		
Parameter					MSC015SMA070B		-		
Variables 🗸									
Selected part					MSC015SMA070B				
Input voltage V _{in}					400 Vdc				
Output voltage Vou	t				48 Vdc				
Turns ratio n:1					1				
Rated power Pout					2000 W				
Number of parallel	devices				1				
Turn-on gate resist	ance R _{g-on,ext}				4Ω				
Turn-off gate resist	ance Rg-off,ext				4 Ω				
Use nominal or ma	ximum R _{ds(on)} ?				Maximum				
Magnetizing induct	ance L				1 mH				
Load capacitance C					200 uF				

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

www.ekis.kiev.ua