

Главный редактор  
Павел Правосудов pavel@fsmedia.ru

Зам. главного редактора  
Анна Соснина a.sosnina@mtu-net.ru

Выпускающий редактор  
Наталья Новикова natalia.novikova@fsmedia.ru

Технический консультант  
Андрей Колпаков

Дизайн и верстка  
Дмитрий Никаноров dmitry.nikanorov@fsmedia.ru

Отдел рекламы  
Ольга Зайцева olga\_z@fsmedia.ru  
Ирина Миленина irina@fsmedia.ru

Отдел подписки  
podpiska@fsmedia.ru

Москва  
115088, Москва,  
ул. Южнопортовая, д. 7, стр. Д, этаж 2  
Тел. / Факс: +7 (495) 414-2132

Санкт-Петербург  
197101, Санкт-Петербург,  
Петроградская наб., 34, лит. Б  
Тел. +7 (812) 467-4585  
E-mail: compitech@fsmedia.ru  
www.power-e.ru

Республика Беларусь  
«ПремьерЭлектрик»  
Минск, ул. Маяковского, 115, 7-й этаж  
Тел./факс: (10-37517) 297-3350, 297-3362

Подписной индекс  
Каталог агентства «Роспечать» 20370  
Дата выхода в свет 24.09.21  
Тираж 4000 экз.  
Свободная цена

Журнал «Силовая электроника» зарегистрирован  
Управлением Федеральной службы по надзору  
в сфере связи, информационных технологий  
и массовых коммуникаций по Северо-Западному  
федеральному округу. Свидетельство  
о регистрации средства массовой информации  
ПИ № ТУ 78 - 01937 от 17.10.2016 г.  
Учредитель: ООО «Медиа Групп Файнстрит»

Адрес редакции:  
197046, Санкт-Петербург, Петроградская наб., д. 34,  
литер Б, помещение 1-Н, офис 321в  
Издатель: ООО «Медиа КиТ»  
197101, СПб, Петроградская наб., д. 34, лит. Б,  
помещение 1-Н офис 321в

Отпечатано в типографии «Премиум Пресс»  
197374, Санкт-Петербург, ул. Оптиков, 4.

Редакция не несет ответственности за информацию,  
приведенную в рекламных материалах.  
Полное или частичное воспроизведение  
материалов допускается с разрешения  
ООО «Медиа КиТ».

Журнал включен в Российский индекс научного  
цитирования (РИНЦ).  
На сайте Научной электронной библиотеки  
eLIBRARY.RU (www.elibrary.ru) доступны полные  
тексты статей. Статьи из номеров журнала  
текущего года предоставляются на платной основе.

Возрастное ограничение 12+

# В номере:

## Силовая элементная база

**Сергей Антонов**

Принципы проектирования компании «Протон-Электротекс»  
на примере линейки новых однопозиционных модулей  
с шириной основания 50 мм .....6

**Алексей Сурма, Дмитрий Титушкин, Денис Малый,  
Владимир Веревкин, Кирилл Волобуев**

Оптимизация частотных свойств кремниевых IGBT,  
предназначенных для работы с SiC-диодами Шоттки  
в гибридных модулях .....10

**Перевод: Владимир Рентюк**

Обзор продуктов IXYS. Твердотельные реле  
и полупроводниковые модули высокой мощности .....14

**Джон Глейзер (John Glaser), Мускан Шарма (Muskan Sharma),  
Майкл де Руй (Michael de Rooij), Алекс Лидоу (Alex Lidow)**  
**Перевод: Евгений Карташов**

Тепловая сборка приборов GaN  
«на уровне чипов» .....16

**Бернард Айчлер (Bernhard Eichler), Андреас Гиссман (Andreas Giessmann)**  
**Перевод и комментарии: Андрей Колпаков**

IGBT Gen. 7 в трехуровневых преобразователях. Часть 1 .....20

**Владимир Рентюк**

Конструктивные особенности и применение IGBT  
исполнения Press-Pack компании CRRC Times Semiconductor. ....26

**Пол Дрекседж (Paul Drexhage), Арент Винтрич (Arendt Wintrich)**  
**Перевод и комментарии: Андрей Колпаков**

Драйвер IGBT: «ядро» или plug-and-play?  
Базовые принципы и основные схемы .....32

## Приводы

**Касунаиду Вечалару (Kasunaidu Vechalaru), Самир Хазра (Samir Hazra),  
Уткарш Рахеджа (Utkarsh Raheja), Абхай Неги (Abhay Negi),  
Субхашин Бхаттачарья (Subhashish Bhattacharya)**  
**Перевод: Евгений Карташов, Валерия Смирнова**

Реализация средневольтного (MV) привода путем  
последовательного соединения транзисторов SiC MOSFET 1,7 кВ. ... 42

Editor-in-chief

Pavel Pravosudov pavel@fsmedia.ru

Managing editor

Natalia Novikova natalia.novikova@fsmedia.ru

Technical editor

Andrey Kolpakov

Design and layout

Dmitry Nikanorov dmitry.nikanorov@fsmedia.ru

Advertising department

Olga Zaytseva olga\_z@fsmedia.ru

Irina Milenina irina@fsmedia.ru

Subscription department

podpiska@fsmedia.ru

Editorial office

115088, Russia,

Moscow, Juzhnoportovaja, str. D, building 7

Tel./Fax: +7 (495) 414-2132

197101, Russia, St. Petersburg,

Petrogradskaya Emb., b. 34 "B"

Tel. +7 (812) 467-4585

E-mail: compitech@fsmedia.ru

www.power-e.ru/eng.php

Representative office in Belarus

Minsk, Premier Electric

Tel.: (10-37517) 297-3350, 297-3362

E-mail: murom@premier-electric.com

## Источники питания

**Анатолий Миронов**

Эволюция функционала ограничителей выбросов напряжения для систем электропитания авиационной РЭА.....52

**Роберт Милликен (Robert Milliken), Питер Лью (Peter Liu)**

**Перевод: Михаил Русских**

DC/DC-преобразователь и устройство зарядки конденсаторов с диапазоном входных напряжений 4,75–400 В.....56

**Дмитрий Лисин**

Контроль поэлементных напряжений на литий-ионной аккумуляторной батарее на борту космического аппарата.....62

## Питание РЭА

**Юрий Либенко, Алексей Воронцов**

Системы электропитания РЭА: так что же у них внутри и снаружи?.....66

## Охлаждение

**Дмитрий Немаев, Вячеслав Мускатиньев, Рафаэль Биктиев**

Прямое жидкостное охлаждение силовых модулей.....70

## Список рекламы

Transfer Multisort Elektronik .....	13
Traco.Online .....	4-я обл.
Вектор технолоджи, ООО.....	61
Завод «Комета», АО .....	25
ЛИГРА, ООО .....	9
Макро групп, ООО.....	51
Миландр ПМК, АО .....	3
Протон-Электротекс ТД, АО .....	2-я обл.
СЕМИКРОН, ООО .....	1-я обл.
Силовая Электроника, ООО .....	41
Симметрон, ЗАО.....	19
Тестприбор, АО.....	5
Элеконд, АО.....	51
Электровыпрямитель, ПАО.....	1
Выставка «Силовая Электроника» .....	3-я обл.
Выставка "MetrolExpo".....	72
Выставка «Территория NDT».....	41
Выставка «ЭкспоЭлектроника» .....	31