

# Повышение эффективности и надёжности высоковольтных DC/DC-преобразователей

**Виктор Жданкин (Москва)**

В статье рассказывается о способах минимизации влияния сопротивления между низковольтным источником питания и входными выводами высоковольтного DC/DC-преобразователя на мощность и надёжность проектируемых устройств. Представлены результаты измерений и практические рекомендации на примере компактных модулей XP EMCO серии А [1].

Сопротивление первичного источника питания ( $R_s$ ) может уменьшать КПД преобразователя постоянного напряжения более чем на 10%, а также влиять на показатели надёжности преобразователя. В компактных преобразователях постоянного напряжения в высокое напряжение специалисты должны обратить особое внимание на эту проблему, в связи с необходимостью использования малых значений ёмкостей для достижения небольших габаритов модулей. В статье с помощью наглядных измерений показано,

как действовать при различных значениях  $R_s$  и предложены рекомендации для обеспечения эффективной и надёжной работы устройств.

## УМЕНЬШЕНИЕ ПОТЕРЬ ЭФФЕКТИВНОСТИ

Высоковольтные преобразователи напряжения серии А представляют собой удобное решение для преобразования энергии в объёме менее чем  $1,696 \text{ см}^3$  с высотой корпуса всего 6,35 мм. В моделях этого форм-фактора входные напряжения 5, 12 и 24 В могут быть преобразованы в высокие напряжения от 100 до 6000 В при выходных мощностях 1 и 1,5 Вт. Внешний вид высоковольтных преобразователей

напряжения XP EMCO серии А показан на рисунке 1. Подробно эти и другие низкопрофильные пропорциональные миниатюрные высоковольтные преобразователи напряжения описаны в статье [2].

Структурная схема высоковольтного преобразователя напряжения с трансформаторной развязкой показана на рисунке 2. Конструкция включает в себя генератор, трансформатор, выпрямитель, а также входные и выходные конденсаторы. Входной конденсатор является развязывающим конденсатором, включённым параллельно входным и заземляющим клеммам DC/DC-преобразователя. Очевидно, что небольшие размеры преобразователя ограничивают и размеры входного конденсатора ёмкостью меньше 10 мкФ.

В случаях применений с входным сопротивлением первичного источника питания менее 5 Ом никаких проблем обычно не возникает. Однако при более высоких сопротивлениях первичного источника необходимы дополнительные измерения и анализ резуль-



Рис. 1. Высоковольтный преобразователь напряжения XP EMCO серии А

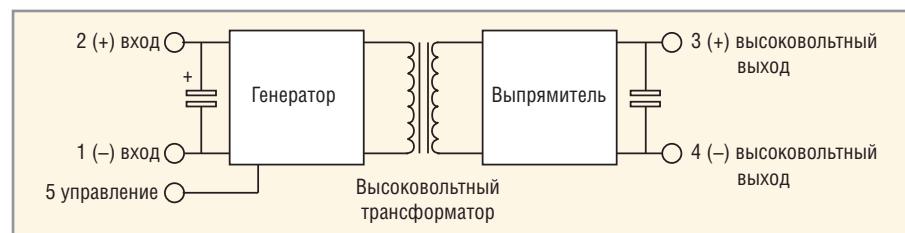


Рис. 2. Структурная схема высоковольтного DC/DC-преобразователя с трансформаторной развязкой и конденсаторами на входе и выходе

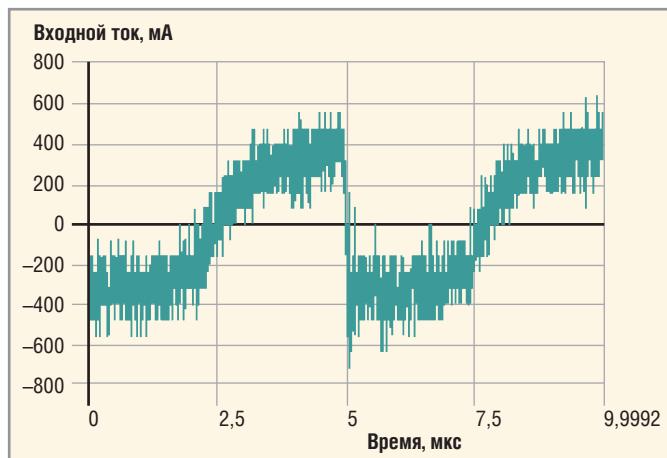


Рис. 3. Ток, потребляемый из внешнего источника входного напряжения преобразователем с сопротивлением первичного источника  $R_s = 0 \Omega$

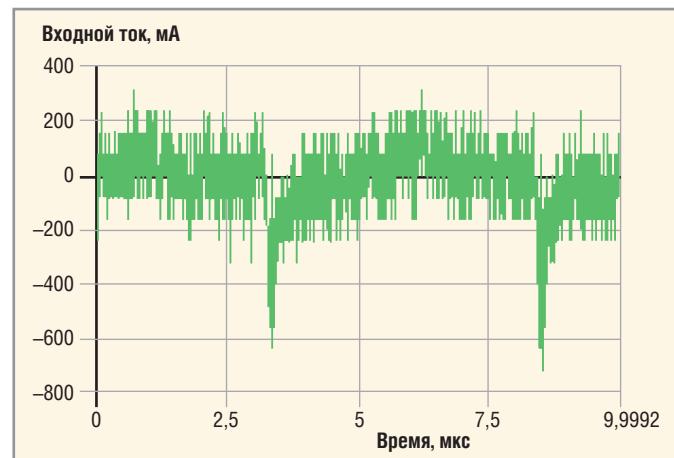
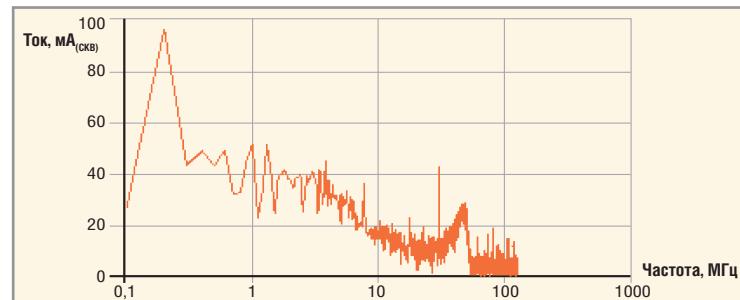


Рис. 4. Изменение формы тока преобразователем при сопротивлении первичного источника  $R_s = 10 \Omega$

**Сравнение влияния сопротивления первичного источника питания на КПД преобразователя**

$R_s$ , Ом	$V_{bx}$ , В	$I_{bx}$ , мА	$V_{bx}$ , В	$I_{bx}$ , мА	КПД
0	12	166	427	3,87	0,83
10	13,7	163	427	3,86	0,74



**Рис. 5. Зависимость значения тока развязывающего конденсатора от частоты при  $R_s = 0$  Ом и  $C_{ext} = 0$  мкФ**

татов. На рисунке 3 показана измеренная форма сигнала входного тока для высоковольтного модуля при нулевом сопротивлении первичного источника питания. При более высоких значениях входного сопротивления первичного источника форма сигнала значительно изменяется, как показано на рисунке 4. При сопротивлении первичного источника питания 10 Ом становится сложно определить, в какие именно моменты преобразователь потребляет ток из внешнего источника.

В таблице представлены результаты измерений при  $R_s = 0$  Ом и  $R_s = 10$  Ом. Из таблицы видно, что из-за рассеивания части мощности на сопротивлении источника происходит падение КПД примерно на 10%. Вследствие этого, для обеспечения одного и того же выходного напряжения при заданной мощности, потребуется повышать величину входного напряжения.

### ОБЕСПЕЧЕНИЕ НАДЁЖНОСТИ

Помимо влияния на КПД преобразователя, сопротивление первичного источника оказывается и на показателях его надёжности. Рассматриваемые преобразователи содержат внутренние входные развязывающие конденсаторы, через которые протекают импульсные токи, что является неизбежным при работе комбинации генератор-трансформатор. Сопротивление источника повышает частоту генератора тока, что приводит к дополнительной нагрузке на входной конденсатор.

Для определения допустимых значений сопротивления первичного источника и их влияния на надёжность преобразователя был проведён ряд измерений. Выбор правильных значений позволит ограничить частоту генератора тока на внутреннем развязывающем конденсаторе, что повысит долговременную надёжность преобразователя. Измерения тока, протекающего через развязывающий конден-

сатор, были проведены для различных значений сопротивлений первичного источника (от 0 до 55 Ом), с установленным внешним развязывающим конденсатором и без него. Значение основной гармоники тока сравнивалось со значением гармоники, приведённой в справочном листке преобразователя, включая защитную полосу частот для обеспечения минимального запаса по среднеквадратичному току ( $I_{rms}$ ) на внутреннем конденсаторе. Измерения показали, что при высоких значениях сопротивления  $R_s$  внешний развязывающий конденсатор с правильно подобранный ёмкостью заметно огра-

ничивает величину тока на частоте основной гармоники, тем самым уменьшая нагрузку на внутренний конденсатор. Для повышения эффективности работы внешнего конденсатора предпочтительно использовать электролитические конденсаторы с очень низким эквивалентным последовательным сопротивлением (ESR).

Учитывая результаты проведённых измерений, при сопротивлении первичного источника более 5 Ом рекомендуется установка внешнего конденсатора ёмкостью от 1 до 20 мкФ, в зависимости от входного напряжения преобразователя.



### Компактные высоковольтные преобразователи напряжения

#### ПРОПОРЦИОНАЛЬНЫЕ И СТАБИЛИЗИРОВАННЫЕ МОДЕЛИ

##### Технические параметры:

- Входные напряжения 5, 12, 24 В
- Выходные напряжения от 2 до 10 кВ
- Мощности от 2 мВт до 15 Вт
- Диапазон температур от -55 до +70°C
- Длительный ресурс

##### Применения:

- Медицинская диагностика
- Научное оборудование
- Авиационно-космическая техника

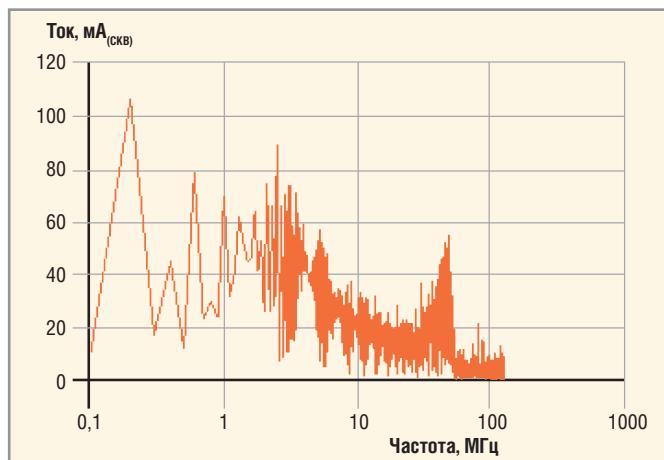
ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР ПРОДУКЦИИ XP-EMCO

**PROSOFT®**

Тел.: (495) 234-0636  
info@prosoft.ru • www.prosoft.ru



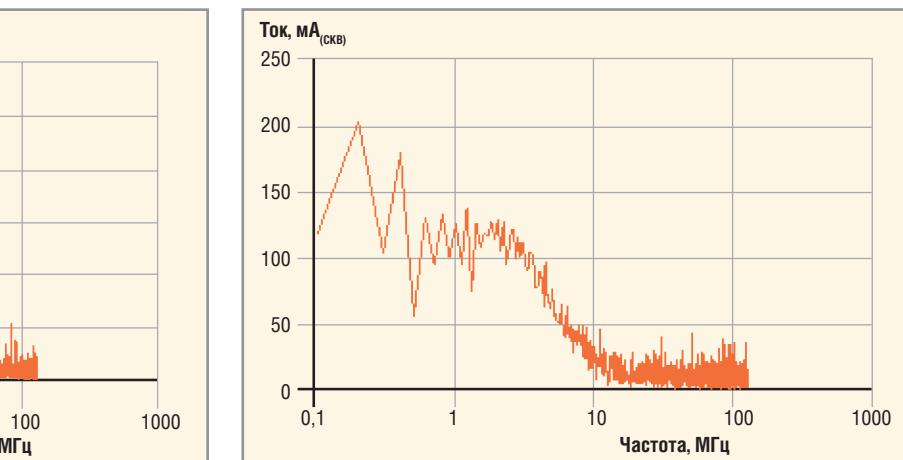
Реклама



**Рис. 6. Зависимость значения тока развязывающего конденсатора от частоты при  $R_s = 15 \text{ Ом}$  и  $C_{\text{ext}} = 0 \text{ мкФ}$**

### Влияние сопротивления источника и входной ёмкости на работу преобразователей

Следующие результаты измерений демонстрируют работу DC/DC-преобразователя при различных значениях сопротивления первичного источника и входной ёмкости. При нулевых значениях сопротивления источника и ёмкости внешнего конденсатора ( $C_{\text{ext}}$ ) наблюдается значительная составляющая на частоте генератора преобразователя (см. рис. 5). При величине  $R_s = 15 \text{ Ом}$  и нулевой ёмкости внешнего конденсатора заметны повышенные токовые составляю-



**Рис. 7. Зависимость значения тока развязывающего конденсатора от частоты при  $R_s = 10 \text{ Ом}$  и  $C_{\text{ext}} = 22 \text{ мкФ}$**

щие на частотах 3-й и 12-й гармоники генератора (см. рис. 6). При значениях  $R_s = 10 \text{ Ом}$  и  $C_{\text{ext}} = 22 \text{ мкФ}$  появляется значительная составляющая во второй гармонике, в то время как значение основной частоты не чувствительно к изменению величины  $R_s$  (см. рис. 7).

### Заключение

Подводя итог, можно заключить, что сопротивление первичного источника уменьшает КПД и создаёт дополнительную нагрузку на внутренний блокирующий конденсатор преобразователя, что снижает его долговременную надёжность. Влияние высокого (боль-

шее 5 Ом) сопротивления первичного источника питания на показатели надёжности может быть минимизировано размещением внешнего конденсатора с низким эквивалентным последовательным сопротивлением на входных выводах преобразователя.

### Литература

1. Minimizing the Impact of Source Resistance on High-Voltage DC to DC Converters. WP07-A01. 2017 XP EMCO.
2. Жданкин В.К. Высоковольтные преобразователи напряжения в виде стандартных модулей: просто, компактно, экономно. Современная электроника. 2016. № 4.

## Новости мира News of the World Новости мира

### «Росэлектроника» освоила выпуск твердотельного усилителя мощности в миллиметровом диапазоне

Объединённый холдинг «Росэлектроника» госкорпорации «Ростех» освоил производство твердотельного усилителя мощности мм-диапазона длин волн с выходной мощностью более 100 Вт. Конструкторские особенности позволяют модернизировать усилитель под специфические потребности изготовителей различной радиоэлектронной аппаратуры в широком круге задач и в краткие сроки. В настоящее время опытные образцы усилителей проходят климатические и механические испытания. Серийный выпуск планируется начать в IV квартале текущего года.

В ходе разработки прибора специалисты томского предприятия холдинга – АО «НИИ полупроводниковых приборов», решили ряд сложных конструкторских и технологических

задач. Изделие уникально для российского рынка благодаря использованию монолитных интегральных схем на нитриде галлия (GaN) и новых теплоотводящих материалов на основе композитов Al-SiC (алюминий-карбид кремния), Ag-алмаз. По совокупности параметров прибор является одним из лучших образцов подобной техники в мире.

Усилитель работает в импульсном режиме, ввод и вывод СВЧ-энергии сигнала осуществляется через волноводные фланцы с сечением  $7,2 \times 3,4 \text{ мм}$ , обеспечивая усиление в Ка-диапазоне 33–36 ГГц длин волн. Обладает относительно малыми габаритными размерами ( $220 \times 170 \times 30 \text{ мм}$ ), массой (до 4 кг) и высоким коэффициентом полезного действия.

Прибор был представлен на Международной выставке «ЭкспоЭлектроника», которая прошла в МВЦ «Крокус Экспо» 25–27 апреля 2017 г.

[www.ruselectronics.ru](http://www.ruselectronics.ru)

### Foxconn увеличивает инвестиции в разработку роботов

Foxconn Electronics увеличила инвестиции в свою дочернюю компанию по разработке роботов в китайском Шэнчжэне на 10,39 млрд юаней (\$1,51 млрд), сообщает Digitimes.

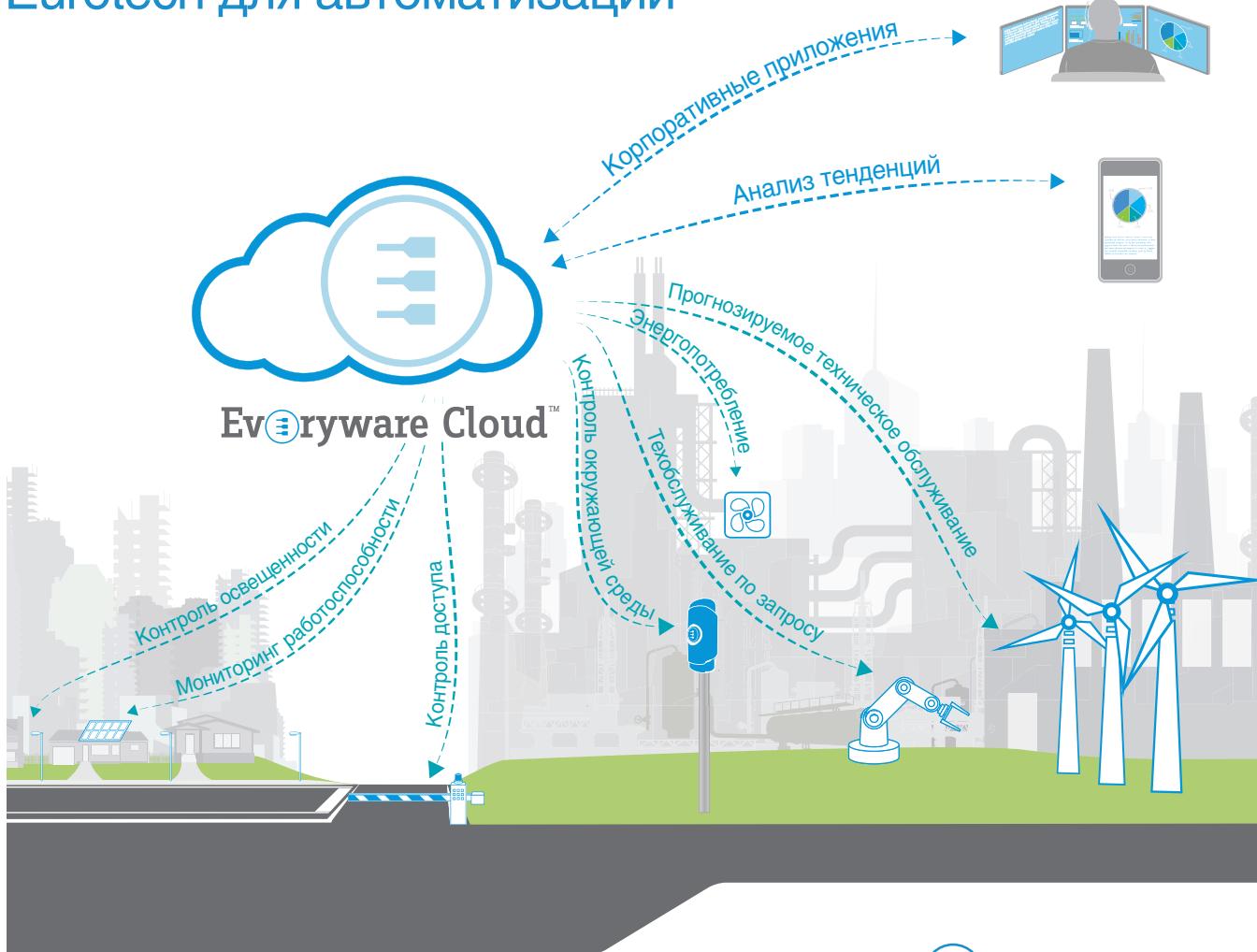
Foxconn также инициировала программу обмена акций среди своих дочерних компаний в Гонконге и Китае, чтобы задействовать больше своих филиалов для участия в разработке робототехнических продуктов.

Согласно программе, доля её дочки Robot Holding в Гонконге в компании Shenzhen будет сокращена до 0,63% с нынешних 75%, а её акции будут распределены среди дочерних компаний Foxconn в Китае.

Обмен акций поможет различным бизнес-подразделениям Foxconn Group оперативно реагировать на запросы робот-индустрии.

[www.astera.ru](http://www.astera.ru)

# Облачные технологии Eurotech для автоматизации



Решения Eurotech позволяют заказчикам удобно и безопасно подключать оборудование и датчики к корпоративным программным приложениям с помощью Everyware Cloud™ — M2M-платформы.

## Выполняемые функции

- Управление устройством
- Приложение для устройства и управления жизненным циклом
- Контроль состояния устройства/связи в режиме реального времени
- Поддержка промышленных протоколов
- Простая интеграция с корпоративными приложениями
- Сбор потоков данных с различных устройств в реальном времени
- Анализ данных в реальном времени, их хранение и предоставление исторических данных



## ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР ПРОДУКЦИИ EUROTECH

МОСКВА	Тел.: (495) 234-0636 • Факс: (495) 234-0640 • info@prosoft.ru • www.prosoft.ru
С.-ПЕТЕРБУРГ	Тел.: (812) 448-0444 • Факс: (812) 448-0339 • info@spb.prosoft.ru • www.prosoft.ru
АЛМА-АТА	Тел.: (727) 220-7140/7141 • sales@kz.prosoft.ru • www.prosoft-kz.com
ВОЛГОГРАД	Тел.: (8442) 260-048 • volgograd@prosoft.ru • www.prosoft.ru
ЕКАТЕРИНБУРГ	Тел.: (343) 376-2820; 356-5111 • Факс: (343) 310-0106 • info@prosoftsystems.ru • www.prosoftsystems.ru
КАЗАНЬ	Тел.: (843) 203-6020 • Факс: (843) 203-6020 • info@kzn.prosoft.ru • www.prosoft.ru
КРАСНОДАР	Тел.: (861) 224-9513 • Факс: (861) 224-9513 • krasnodar@prosoft.ru • www.prosoft.ru
Н. НОВГОРОД	Тел.: (831) 215-4084 • novgorod@prosoft.ru • www.prosoft.ru
НОВОСИБИРСК	Тел.: (383) 202-0960; 335-7001/7002 • Факс: (383) 230-2729 • info@nsk.prosoft.ru • www.prosoft.ru
ОМСК	Тел.: (3812) 286-521 • Факс: (3812) 315-294 • omsk@prosoft.ru • www.prosoft.ru
ПЕНЗА	Тел.: (8412) 494-971 • Факс: (8412) 494-971 • penza@prosoft.ru • www.prosoft.ru
САМАРА	Тел.: (846) 277-9166 • Факс: (846) 277-9165 • info@samara.prosoft.ru • www.prosoft.ru
УФА	Тел.: (347) 292-5216/5217 • Факс: (347) 292-5218 • info@ufa.prosoft.ru • www.prosoft.ru
ЧЕЛЯБИНСК	Тел.: (351) 239-9360 • chelyabinsk@prosoft.ru • www.prosoft.ru

**ProSoft®**

# Новости мира News of the World Новости мира

## Инновационный салон «Промышленная Светотехника Москва»

С 17 по 20 апреля 2017 г. в ЦВК «Экспоцентр» прошла 26-я выставка «ЭЛЕКТРО». В рамках выставки был организован 2-й инновационный салон «Промышленная Светотехника – Москва», организатором которого выступила компания «Белтеко».

В экспозиции «Промышленная Светотехника» приняли участие ведущие отечественные компании, которым есть что предложить потребителю в условиях нестабильной экономики. В рамках насыщенной деловой программы 22 предприятия рассказали о своих новинках и опыте установки современных светотехнических приборов на промышленных объектах, в офисах и торговых центрах, в уличном и архитектурном освещении. Кроме того, ввиду соседства с выставкой «НЕФТЕГАЗ», образцы взрывозащищённого промышленного освещения были представлены на стенах компаний «Арман», «Горэлтех», «Гелиосити», «KLM Group», «Suntek», «ТЗА».

Всего в экспозиции «ЭЛЕКТРО 2017» участвовали более 300 компаний из 14 стран мира. За четыре дня выставку посетили более 7000 специалистов, среди которых не менее 2000 инженеров и руководителей, занимающихся проектированием, установкой и обслуживанием освещения на промышленных предприятиях, в офисных, торговых, складских центрах, в учебных заведениях и государственных учреждениях, а также специалисты строительных организаций, предприятий ТЭК, сотрудники муниципальных образований, отвечающие за уличное и архитектурное освещение.

В рамках деловой программы состоялись семинары:

- Импортозамещение: наша светотехника для промышленности, складских и торговых комплексов. Осветительные приборы для ТЭК, АЗС, взрывобезопасных производств;
- Комплексная модернизация осветительной сети предприятия»;
- Световое пространство современного города.

Все презентации докладчиков можно скачать из раздела «деловая программа» сайта [www.promlight-expo.ru/msk](http://www.promlight-expo.ru/msk).

19 апреля состоялась автобусная экскурсия «Вечерняя Москва глазами светотизайнера», организованная при поддержке и непосредственном участии экспертов Школы светотизайна LiDS. Первым пунктом программы экскурсии стало знакомство с демозалом Школы LiDS «Световые эффекты и восприятие пространства». Далее экскурсия продолжилась по маршруту, охватившему самые знаковые световые точки вечерней Москвы: Смотровую площадку МГУ, Ленинский проспект, Крымский мост, улицу Пречистенка, Храм Христа Спасителя, Гоголевский бульвар, Новый Арбат, Кудринскую площадь, Садовое кольцо, Тверскую улицу, Бульварное кольцо, метро Тургеньевская и др.

Следующая выставка «Промышленная Светотехника» пройдёт в Санкт-Петербурге с 3 по 6 октября 2017 г.

[www.promlight-expo.ru/msk](http://www.promlight-expo.ru/msk)



**Мощные светодиоды**



Мощные светодиоды

**Мощные светодиоды**

**Сверхъяркие SMD-светодиоды**

**Светодиодные модули**



**ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР ПРОДУКЦИИ SEMILEDS**



**Активный компонент вашего бизнеса**

ТЕЛ.: (495) 232-2522 / ФАКС: (495) 234-0640 / [INFO@PROCHIP.RU](mailto:INFO@PROCHIP.RU) / [WWW.PROCHIP.RU](http://WWW.PROCHIP.RU)



Реклама

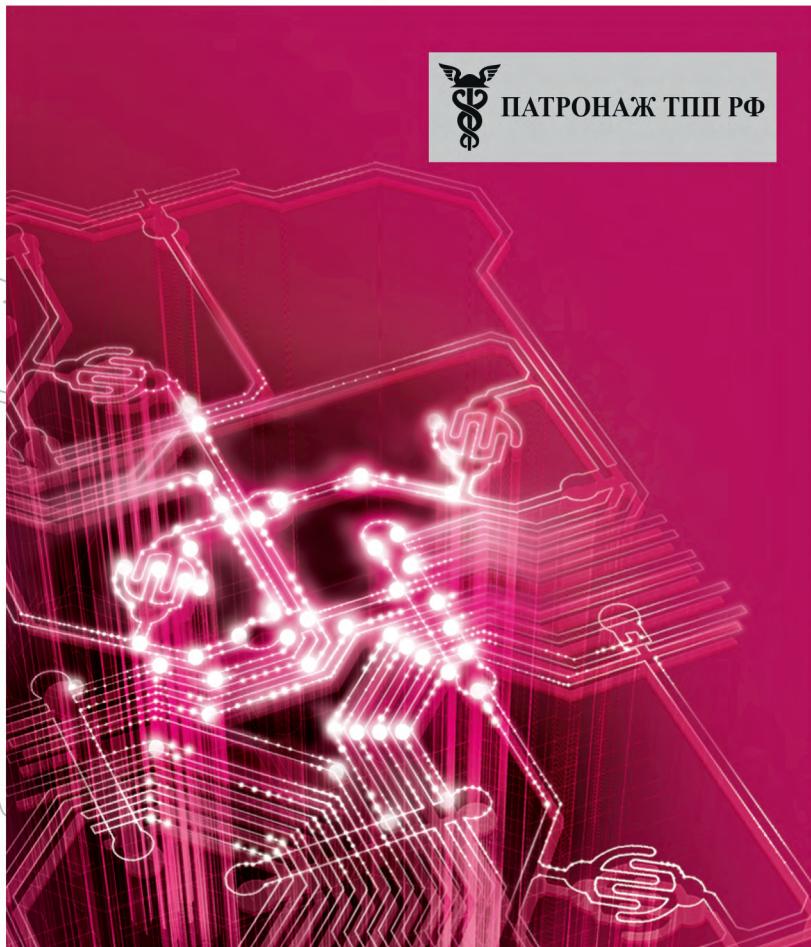


# РАДИОЭЛЕКТРОНИКА И ПРИБОРОСТРОЕНИЕ

XVII МЕЖДУНАРОДНАЯ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННАЯ ВЫСТАВКА



ПАТРОНАЖ ТПП РФ



- Электронные компоненты
- Комплектующие
- Печатные платы
- Светотехника
- Материалы
- Конструктивы
- Робототехника
- Технологии
- Промышленное оборудование и инструменты
- Контрольно-измерительные приборы и лабораторное оборудование

Организатор выставки:



PROFESSIONAL EXHIBITION & CONGRESS ORGANIZER

[www.farexpo.ru/radel](http://www.farexpo.ru/radel)  
тел.: +7 (812) 777-04-07  
[radel2@farexpo.ru](mailto:radel2@farexpo.ru)

Место проведения: Санкт-Петербург, ПСКК, пр. Ю. Гагарина, 8, м. «Парк Победы»

**21 – 23 ноября 2017**

Санкт-Петербург, ПСКК