

# DC/DC-преобразователи серии QAExxU-K с улучшенной опцией hold-up

А. Кузнецов<sup>1</sup>

УДК 621.38 | ВАК 05.27.01

Компания P-DUKE Technology фокусирует свою деятельность на исследовании, развитии, производстве, продаже и сервисном обслуживании DC/DC-преобразователей и AC/DC-источников питания. DC/DC-преобразователи серии QAExxU-K с улучшенной опцией hold-up представляют собой полноценное интегрированное решение для любых систем питания.

## СПЕЦИФИКА ПРИМЕНЕНИЯ DC/DC-ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ В ПОДВИЖНЫХ СОСТАВАХ

При разработке электронного оборудования для подвижных составов требуется четкое соблюдение технических условий в соответствии со стандартом EN 50155, который описывает и определяет нормы для любых энергетических систем, внедряемых в различные решения для железнодорожного транспорта. Стандарт определяет границы для технико-климатических и эксплуатационных параметров изделия: входного напряжения, температуры окружающей среды, изоляционные требования, прерывания в работе и проч. По сравнению с оборудованием для общепромышленного применения здесь нормативные требования гораздо выше. Необходимо неукоснительное соблюдение стандарта для обеспечения максимальной безопасности общественного транспорта и пассажиров. С развитием различных промышленных технологий появилась необходимость в миниатюризации силовых модулей и других электронных изделий. В современных условиях производителям все сложнее реализовать высокую надежность своей продукции и при этом выполнять все положения нормативных документов для жестких условий эксплуатации.

## ДИАПАЗОН ВХОДНОГО НАПЯЖЕНИЯ

Существуют различные системы вспомогательного питания на железнодорожном транспорте. Они обеспечивают напряжение 24, 28, 36, 48, 72, 96, 110 В постоянного тока. Однако часто питание от аккумуляторной батареи нестабильно из-за различных изменений в нагрузках. Входное напряжение на силовом модуле может упасть более чем в 0,6 раза от номинального значения ( $U_n$ ), а скачок может превысить номинал в 1,4 раза (рис. 1). Идеальное решение данной проблемы – максимальное уменьшение импульсного разброса значений входных напряжений модуля, не допуская их критического изменения.

В современных устройствах нецелесообразно использование дополнительных внешних фильтров для устранения подобного рода скачкообразных изменений напряжения. Применяемые технологии достаточно развиты и способны поддерживать работу источника питания в широком диапазоне входных напряжений (см. табл.). Большинство продуктов с коэффициентом преобразования 4:1 вполне могут обеспечивать востребованную «вилку» входных напряжений (9–36, 18–75, 43–160 В), что соответствует всем системам питания, описанным стандартом EN 50155. Другими словами, использование трех различных диапазонов входных напряжений допускается к применению в любой системе питания от 24 до 110 В (DC). Этот вариант считается дорогостоящим, к тому же возникает проблема с использованием модулей, различных по параметрам и мощности. Специалисты компании P-Duke нашли решение, как получить широкий входной диапазон напряжений в одном силовом модуле, чтобы адаптировать всю систему к любому значению входного напряжения. Интеграция трех различных моделей обеспечит работу нового конвертера в диапазоне входных напряжений от 14,4 до 160 В с коэффициентом преобразования примерно 12. В разработке нового продукта со сверхшироким входным диапазоном ключевыми задачами стали выбор компонентов и эффективность преобразования.

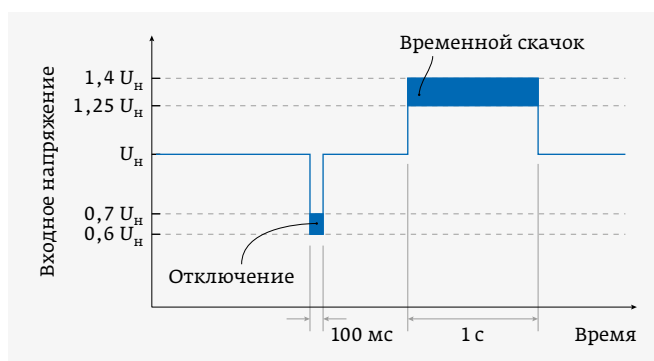


Рис. 1. Изменения входного напряжения

<sup>1</sup> АО «Компонента», заместитель генерального директора, [www.komponenta.ru](http://www.komponenta.ru).

## Диапазоны входных напряжений

4 : 1 Модель входного диапазона	Система питания $U_{н}$ , В	Отклю- чение $0,6 U_{н}$ , В	Временный скачок $1,4 U_{н}$ , В
___-24xxxW 9-36 В	24	11,4	33,6
___-48xxxW 18-75 В	36	21,6	50,4
___-110xxxW 43-110 В	72	43,2	100,8
	96	57,6	134,4
	110	66	154

## МОДУЛИ QAE40 / 60 / 100U

Серия QAExxU – это силовые модули, способные обеспечивать сверхширокий диапазон напряжений от 14 до 160 В (рис. 2). Продукты этой серии представлены на рынке тремя основными модификациями с выходной мощностью 40, 60 и 100 Вт. Корпус выполнен в размерах международных стандартов – 57,9×36,8 мм, он поддерживает работоспособность конвертера в высокотемпературной среде за счет верхней алюминиевой поверхности и прикрепленной системы теплоотвода (радиатор, шасси и т. п.).

Серия QAExxU имеет ряд преимуществ:

- один и тот же набор Hold-up-конденсаторов используется для различных входов изделия при удержании входного напряжения;
- суффикс «К» (повышенная мощность);
- в предпочтении конденсаторы на 25 В;
- уменьшен размер Hold-up-конденсаторов;
- снижена стоимость Hold-up-конденсаторов;
- уменьшен пусковой ток за счет суммарной емкости.

## ПОВЫШЕННАЯ МОЩНОСТЬ С ОПЦИЕЙ HOLD-UP, СУФФИКС «К»

Буква «К» в конце кодового обозначения продукта говорит об увеличении мощности данного изделия за счет использования опции hold-up. Дополнительная линейка из Hold-up-конденсаторов становится вспомогательным источником питания, обеспечивая заданное напряжение для зарядки встроенных конденсаторов. Известно, что стандарт EN 50155 также содержит параметры прерывания и переключения для напряжения питания. В общем, для того чтобы соответствовать конкретным условиям S2, S3 и C2 (продолжительность прерываний и емкость), необходимо применить немалое количество алюминиевых электролитических конденсаторов, которые создадут достаточно энергии для поддержания полноценного функционирования модуля. Высоковольтные

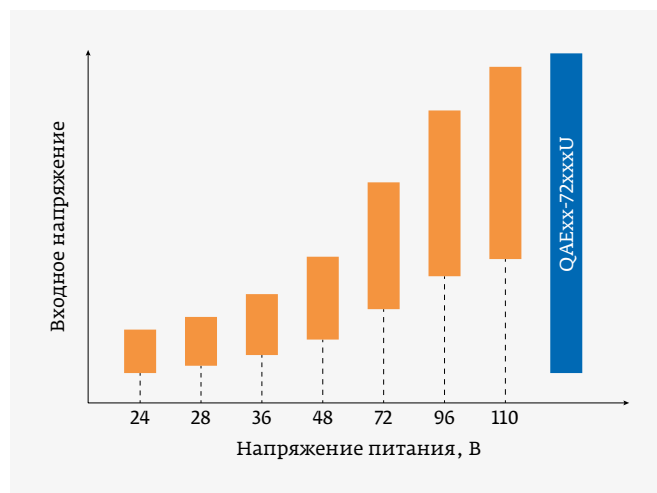


Рис. 2. Сверхширокий входной диапазон 12 : 1

конденсаторы имеют крупные габариты и занимают много места. Среди них, из-за ограничений в технических параметрах, трудно подобрать подходящие. Если требуется, чтобы устройство обеспечивало широкий диапазон входных напряжений, тогда необходимо применение конденсаторов различных по емкости и рабочему напряжению для каждого входа.

В серии модулей QAExxU-К эта проблема решена за счет применения одних и тех же конденсаторов для различных величин входного напряжения и устранения кратковременных сбоев по питанию. Поэтому можно сказать, что преобразователи серии QAExxU-К – идеальное решение для силовых модулей, используемых в железнодорожном электрооборудовании.

Установка дополнительных Hold-up-конденсаторов (рис. 3) позволяет системам питания работать в диапазоне входных напряжений от 24 до 110 В, при этом на входе шины всегда будет обеспечено фиксированное напряжение в 21,4 В. Данное напряжение используется в качестве основного итогового значения, при этом для любой величины входного напряжения задействован типовой набор конденсаторов с напряжением, равным 25 В, одинаковой емкости, количество их тоже одинаковое.

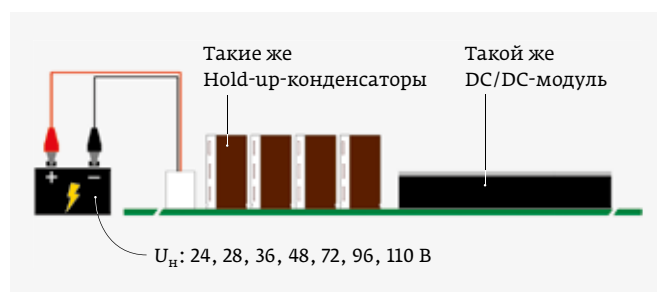


Рис. 3. Системная плата питания

### ПРЕРЫВАНИЕ И ПЕРЕКЛЮЧЕНИЕ ПИТАНИЯ

**Прерывание питания.** Из-за короткого замыкания по шине постоянного тока, вызывающего последующее срабатывание предохранителя или автоматического выключателя, входное питание за минимальное время падает до нуля (рис. 4).

**Переключение питания** происходит при кратковременных переключениях и отключениях внешних источников питания (рис. 5).

Когда происходит прерывание напряжения питания, входное напряжение падает до потенциала на входе шины, затем конденсаторы начинают свой разряд и на короткое время смогут обеспечить энергией модуль конвертора. При этом необходимо следить за тем, чтобы величина напряжения на выводе шины во время прерываний была выше установленного порога на входе UVLO (электронная схема для отключения питания электронного устройства в случае падения напряжения ниже рабочего значения). Для достижения полноценного эффекта прерывания тестовое испытание проводилось при коротком замыкании (КЗ) входа преобразователя с интервалом каждого прерывания в десять секунд. Производителем рекомендовано использовать следующую тестовую схему. Во-первых, во входную цепь необходимо добавить последовательный диод, чтобы избежать электрического пробоя по входу +U<sub>вх</sub> (рис. 6), во-вторых, не надо допускать длительного времени разряда, чтобы накопленной

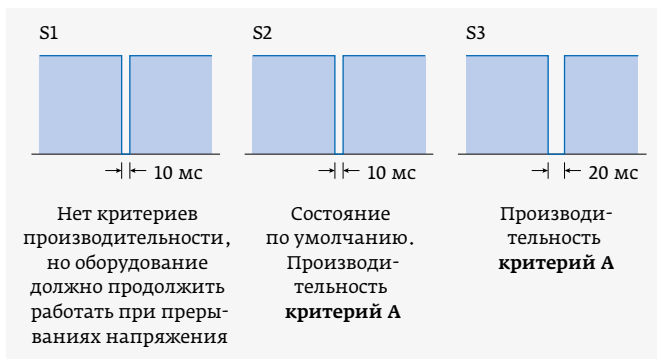


Рис. 4. Прерывание подачи питания

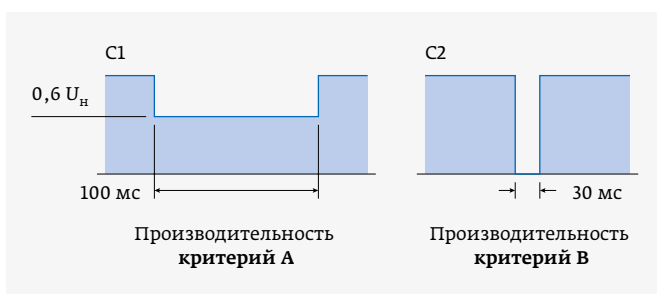


Рис. 5. Изменения в подаче питания

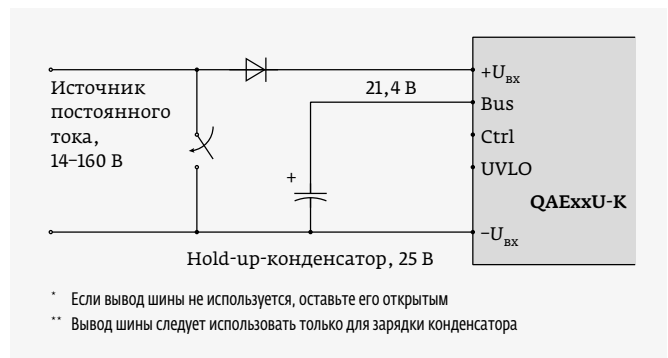


Рис. 6. Тестовая конфигурация прерывания подачи питания

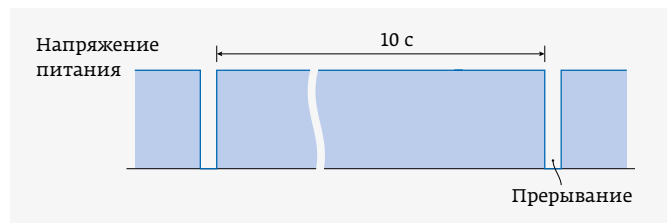


Рис. 7. Последовательность прерываний

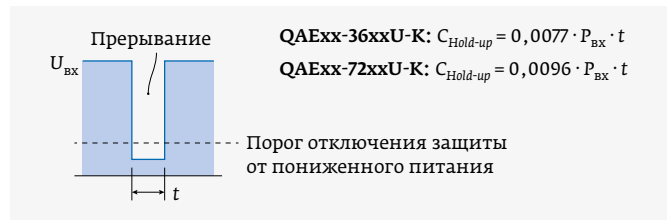


Рис. 8. Расчет C<sub>Hold-up</sub>

в конденсаторах энергии было достаточно для следующего прерывания (рис. 7).

Емкость Hold-up-конденсаторов можно рассчитать по формуле, приведенной на рис. 9а, величину емкостного запаса, если потребуется ее увеличение, можно определить эмпирически в соответствии с практическим применением продукта.

Пример расчета C<sub>Hold-up</sub>:

QAE100-72S05U-K

Выходная мощность = 100 Вт; Eff. = 88%;

S<sub>2</sub> (продолжительность прерывания) = 10 мс

P<sub>вх</sub> = 100 Вт / 0,88 = 113,63 Вт

C<sub>Hold-up</sub> = 0,0096 × 113,63 × 0,01 = 0,01090848 Ф = 10 908,48 мкФ

Choose = 11 000 мкФ

**Результаты тестов** приведены на рис. 9–12.

На диаграммах (рис. 13–16) можно отчетливо наблюдать, что использование вывода шины в качестве hold-up-опции

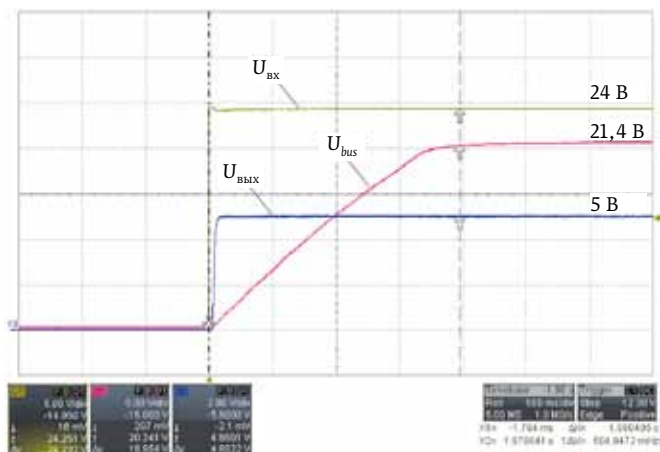


Рис. 9 Питание включено (1). QAE100-72S05U-K;  $U_{вх} = 24\text{ В}$ ; полная нагрузка;  $C_{\text{Hold-up}} = 11\,000\text{ мкФ}$

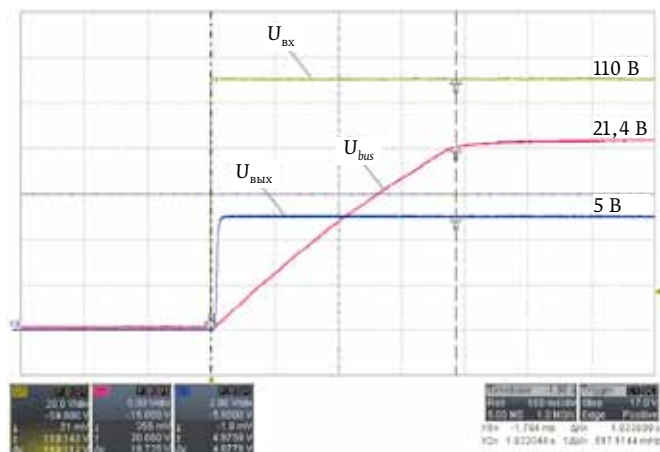


Рис. 10. Питание включено (2). QAE100-72S05U-K;  $U_{вх} = 110\text{ В}$ ; полная нагрузка;  $C_{\text{Hold-up}} = 11\,000\text{ мкФ}$

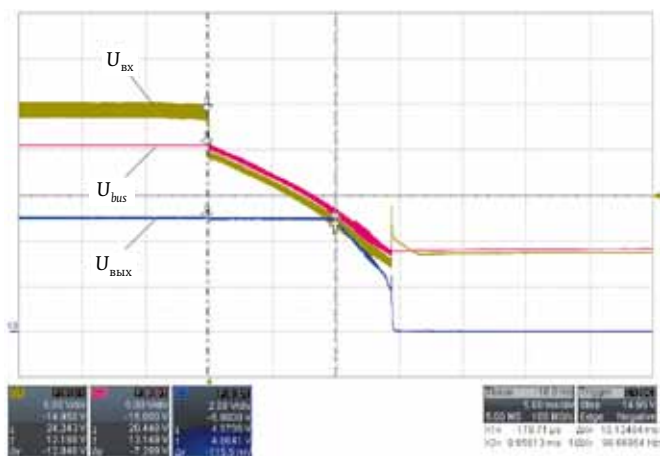


Рис. 11. Временной отрезок hold-up. S2 прерывание (1) QAE100-72S05U-K;  $U_{вх} = 24\text{ В}$ ; полная нагрузка;  $C_{\text{Hold-up}} = 11\,000\text{ мкФ}$

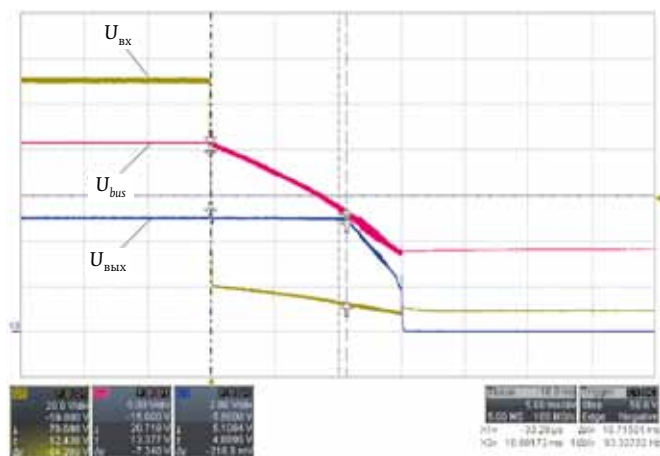


Рис. 12. Временной отрезок hold-up. S2 прерывание (2) QAE100-72S05U-K;  $U_{вх} = 110\text{ В}$ ; полная нагрузка;  $C_{\text{Hold-up}} = 11\,000\text{ мкФ}$

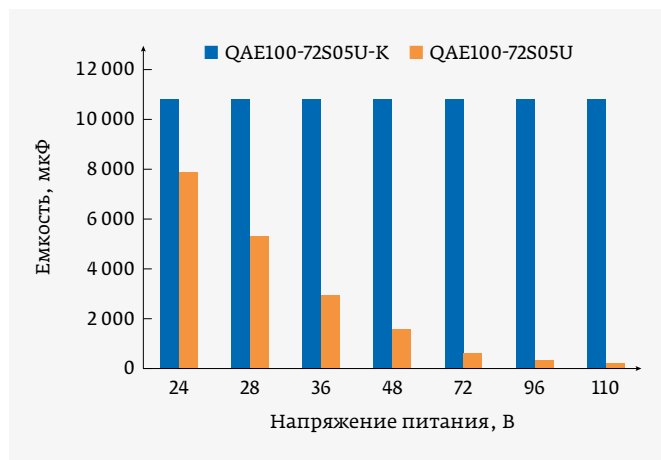


Рис. 13. Сравнительная емкость  $C_{\text{Hold-up}}$

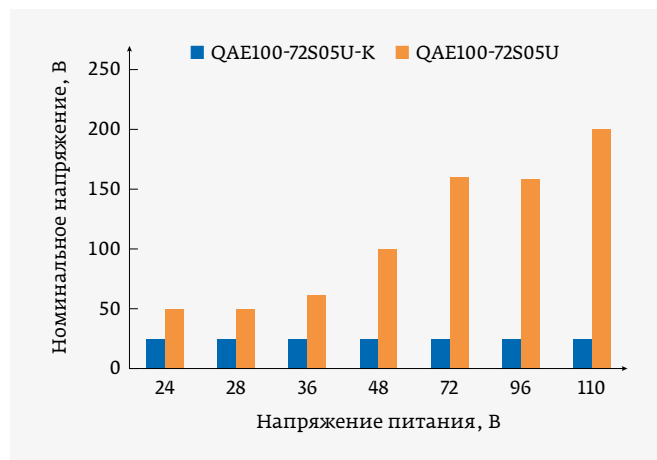
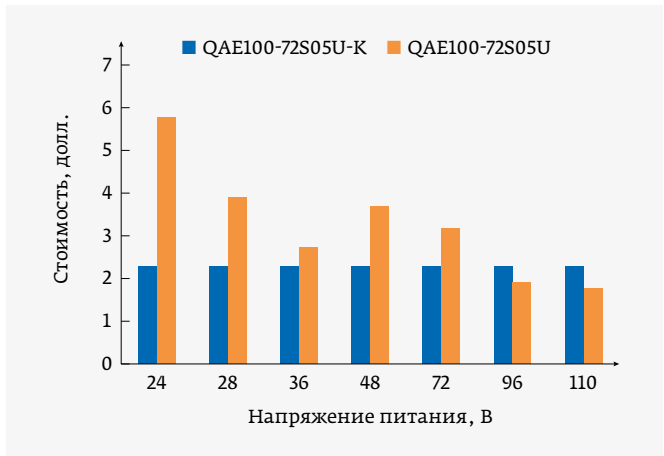
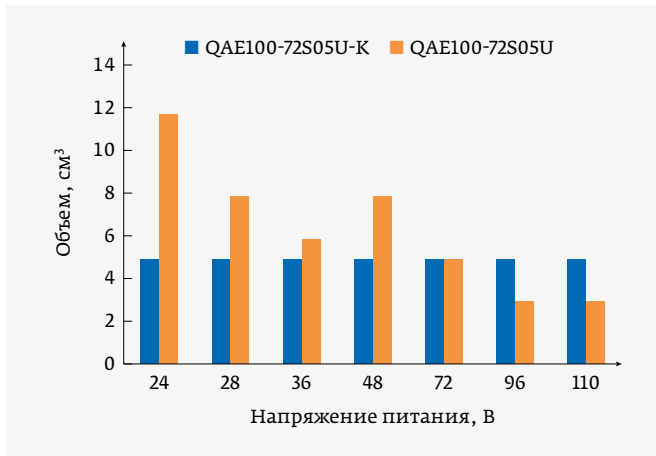
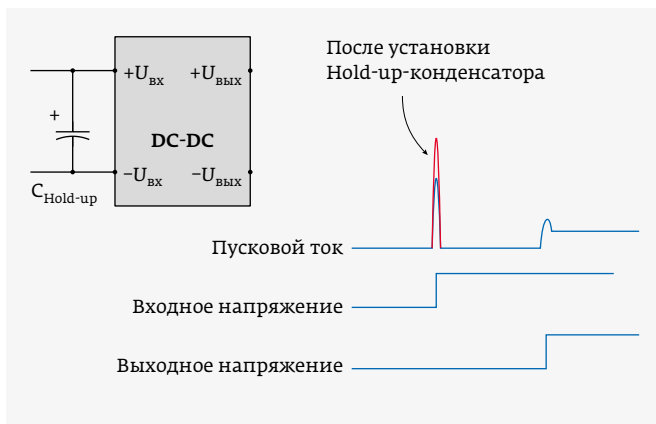
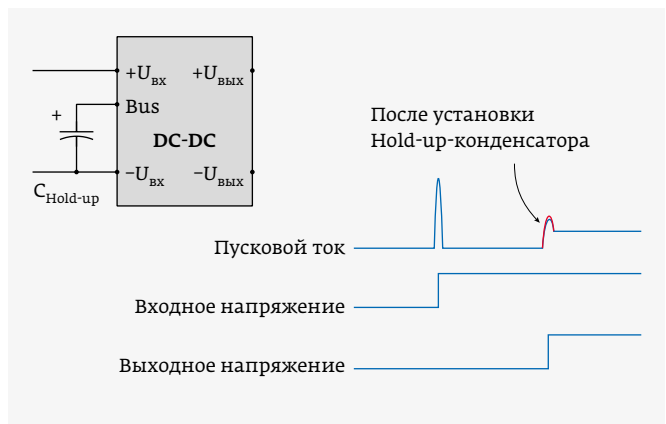


Рис. 14. Сравнительное рабочее напряжение  $C_{\text{Hold-up}}$

Рис. 15. Сравнительный объем  $C_{\text{Hold-up}}$ Рис. 16. Сравнительная стоимость  $C_{\text{Hold-up}}$ Рис. 17. Пусковой ток (2). Включение конденсаторов между  $+U_{\text{вх}}$  и  $-U_{\text{вх}}$ Рис. 18. Пусковой ток (1). Включение конденсаторов между Bus и  $-U_{\text{вх}}$ 

существенно уменьшает количество и общую стоимость применяемых конденсаторов. В итоге это создает полноценное интегрированное решение для любых систем питания.

Расчет основан на сериях электролитических конденсаторов KVB и KXJ производителя Nippon Chemi-con.

## ПУСКОВОЙ ТОК

Пусковой ток – одна из важных характеристик, которую должны учитывать инженеры-разработчики. Чтобы соответствовать требованиям S2, S3 и C2, в устройстве необходимо задать увеличенное значение входной емкости. Когда входное напряжение начинает только поступать в устройство, Hold-up-конденсаторы на входной клемме становятся причиной высокого пускового тока (рис. 17), который часто приводит к срабатыванию предохранителя или сбоям в работе всей системы.

При подключении конденсаторов к выводу шины пусковой ток эффективно ограничивается через

внутренний зарядный тракт (рис. 18), что позволяет уменьшить количество дополнительных внешних компонентов для разрабатываемой системы питания.

## КАКАЯ НЕОБХОДИМОСТЬ В ВЫПУСКЕ НОВЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ?

Целью выпуска серии QAExxU стала не только качественная интеграция модулей питания, которая в итоге значительно уменьшила количество различных модификаций DC/DC-преобразователей, но и возможность упрощения системной платы питания для пользователя, при этом сокращая финансовые затраты в любом проекте.

Для получения более полной информации относительно продукции P-Duke и ее приобретения вы можете обратиться к официальному дистрибьютору в Российской Федерации – АО «Компонента».



## КНИГИ ИЗДАТЕЛЬСТВА «ТЕХНОСФЕРА»



## УПРАВЛЕНИЕ ТРАНЗИСТОРНЫМИ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯМИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

В. И. Мелешин, Д. А. Овчинников

М.: ТЕХНОСФЕРА,  
2011. — 576 с.,  
ISBN 978-5-94836-260-1

Цена 975 руб.

В книге изложены принципы управления транзисторными преобразователями электрической энергии при их работе в различных импульсных режимах. Приведены схемотехнические решения и показаны особенности работы преобразователей, широко применяемых в различных системах электропитания. Показаны последние достижения в данной области техники, позволяющие управлять преобразователями с помощью как аналоговых, так и цифровых средств.

Большое внимание уделено построению систем управления, использующих различные типы контроллеров и микроконтроллеров. Показано применение DSP-процессоров для различного рода преобразователей и приложений. Рассмотрено построение некоторых систем электропитания высокой надежности.

Книга будет полезна студентам, изучающим силовую электронику и принципы управления преобразователями, а также аспирантам и специалистам, изучающим и разрабатывающим устройства и системы преобразовательной техники.

### КАК ЗАКАЗАТЬ НАШИ КНИГИ?

✉ 125319, Москва, а/я 91; ☎ +7 495 234-0110; 📠 +7 495 956-3346; [knigi@technosphera.ru](mailto:knigi@technosphera.ru), [sales@technosphera.ru](mailto:sales@technosphera.ru)



## Komponenta®



АО «Компонента» — официальный дистрибутор Raystar в России

Внутренний чип SSD1362 установлен на PCB	77 × 22 мм
Контрастность изображения	10 000:1
Типовое напряжение 3,3 В / Входное напряжение	2,8 В ~ 5,2 В
Партномер	REA025664A
Размер модуля	70,0 × 22,0 × 1,76 мм
Активная площадь	51,18 × 12,78 мм
Разрешение	256 × 64 точки
Размер пикселя	0,18 × 0,18 мм
Шаг пикселя	0,20 × 0,20 мм
Режим отображения	Пассивная матрица
Шкала серого	4 бита
Цвет дисплея	Белый / Желтый
IC	SSD1362
Шрифт IC	GT21L16T1W
Интерфейс	3-Проводный SPI
Размер	2,08 дюйма

Символьный OLED  
на PCB 2,08-дюйма



На правах рекламы

☎ 8 495 150 2 150

🌐 [www.komponenta.ru](http://www.komponenta.ru)

✉ [info@komponenta.ru](mailto:info@komponenta.ru)