

## КОНТРОЛЛЕР АКТИВНОГО ВЫПРЯМИТЕЛЯ С ЗАЩИТОЙ ОТ ОБРАТНОГО НАПРЯЖЕНИЯ

В статье приведена краткая информация о контроллере LT8672, предназначенном для построения активных выпрямителей. Использование контроллера совместно с полевым транзистором позволяет снизить потери по сравнению с выпрямителем на диодах Шоттки не менее чем на 90%. Малое падение напряжения на активном выпрямителе и широкий частотный диапазон входных напряжений расширяют его функциональные возможности.

В. Макаренко

### ACTIVE RECTIFIER CONTROLLER WITH REVERSE VOLTAGE PROTECTION

**Abstract** – The article provides a brief information about the controller LT8672, designed to build active rectifiers. The use of the controller in conjunction with the field-effect transistor reduces losses compared to the rectifier on Schottky diodes by at least 90%. The low voltage drop on the active rectifier and the wide frequency range of input voltages expand its functionality.

V. Makarenko

Применение активных выпрямителей вызвано необходимостью уменьшить потери мощности и обеспечить работу в широком диапазоне частот. Выпрямитель, построенный с использованием диодов Шоттки, имеющий параметры близкие к параметрам активного выпрямителя, требует использования диодов с очень хорошими характеристиками. Зачастую подобрать диод Шоттки для решения поставленной задачи становится невозможным.

Компания Analog Devices выпускает контроллер активного выпрямителя LT8672, обеспечивающий надежную работу в диапазоне частот входного переменного напряжения до 100 кГц [1]. Контроллер предназначен для применения в системах защиты аккумуляторов автомобилей, портативных и промышленных устройств от обратного напряжения.

Основные характеристики LT8672 [1]:

- защита от обратного напряжения до 40 В
- по сравнению с диодом Шоттки
  - ♦ уменьшены потери мощности на выпрямителе более чем на 90%
  - ♦ уменьшено падение напряжения на выпрямительном элементе до 20 мВ
- малое время переходных процессов позволяет сглаживать напряжение переменной составляющей на входе выпрямителя с размахом
  - ♦ 6 В (п-п) в диапазоне частот до 50 кГц
  - ♦ 2 В (п-п) в диапазоне частот до 100 кГц
- широкий диапазон входных напряжений от 3 до 42 В
- ток покоя не более 20 мкА
- ток потребления в спящем режиме не более 3.5 мкА
- пороговое напряжения включения в рабочий

режим 1.21 В

- корпус MSOP-10 с габаритными размерами 3×2 мм.

Уменьшение потерь энергии на активном выпрямителе облегчает отвод тепла от элементов печатной платы. При отсутствии входного напряжения или при коротком замыкании в источнике питания за счет быстрого выключения выпрямителя уменьшаются обратные токи во время переходных процессов. Фактически контроллер совместно с внешним полевым транзистором выполняет функцию активного выпрямителя и фильтра пульсаций.

Функциональная схема контроллера приведена на рис. 1. Для включения контроллера необходимо на вход EN/UVLO подать положительное напряжение больше чем 1.21 В. Компаратор К1 сравнивает это напряжение с опорным, формируемым источником опорного напряжения, и включает драйвер затвора внешнего полевого транзистора. Для контроля уровня пульсаций выходного напряжения на вход AUX подается переменное напряжение с выхода выпрямителя через конденсатор  $C_{AUX}$ . Внутренний ключ на полевым транзисторе, подключенный к выводу AUXSW, выполняет функции вспомогательного регулятора уровня пульсаций и позволяет снизить уровень ЭМП, создаваемых при работе выпрямителя.

Для проверки возможностей контроллера и анализа его работы в различных режимах можно воспользоваться моделью [2] с типовой схемой включения LT8672. На рис. 2,а приведена модель активного выпрямителя для программы LTspice, построенного на базе ИМС LT8672, а на рис. 2,б – выпрямителя с использованием диода Шоттки. В каче-

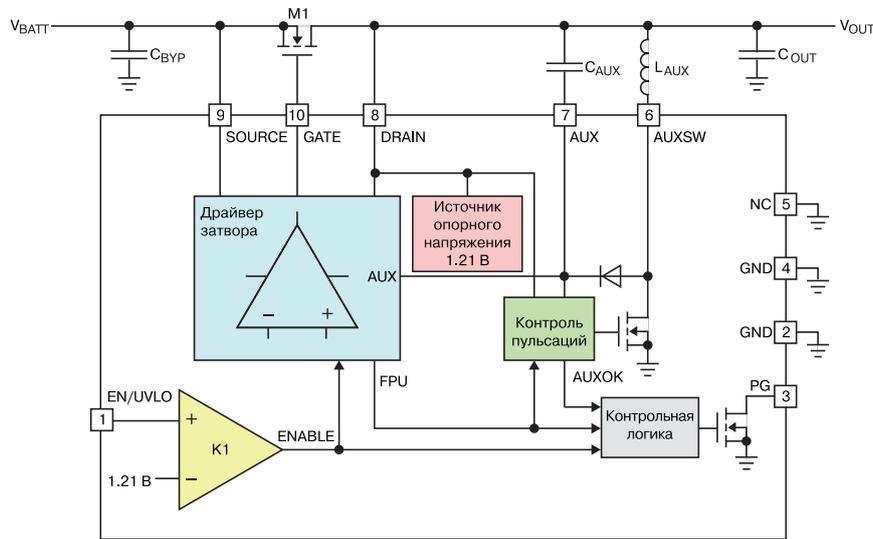


Рис. 1. Функциональная схема контроллера активного выпрямителя LT8672

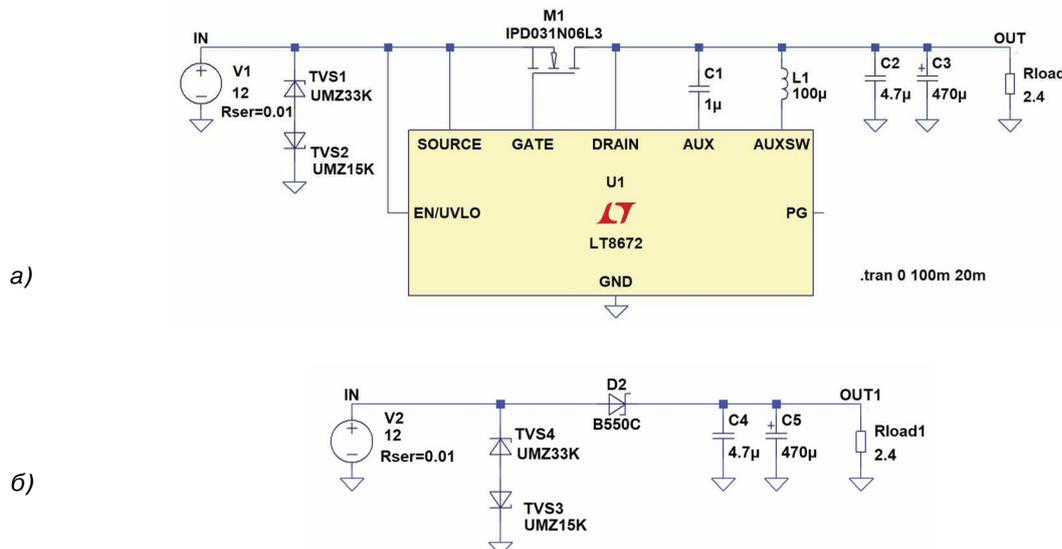


Рис. 2. Модели для исследования параметров активного выпрямителя (а) и выпрямителя на диоде Шоттки (б)

стве диода Шоттки использован диод BV550C с такими характеристиками:

- допустимое обратное напряжение 45 В
- средний выпрямленный прямой ток 5 А.

Измерим КПД двух схем при подаче на вход одинакового постоянного напряжения 12 В (источник напряжения на входе имитирует аккумулятор). На рис. 3,а приведены значения измеренной мощности на входе, а на рис. 3,б – на выходе активного выпрямителя. Аналогичные значения для схемы с диодом BV550C приведены на рис. 4,а и 4,б, соответственно.

Для того, чтобы исключить влияние переходного

процесса (длительность примерно 8 мс) использована директива моделирования **.tran 0 100m 20m**. Т.е. время анализа составляет 100 мс, а начало записи ре-

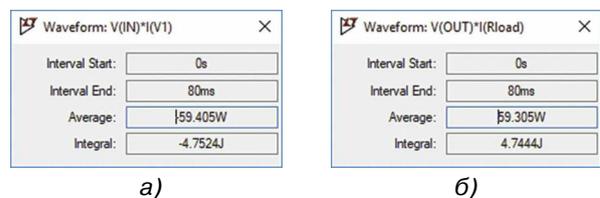
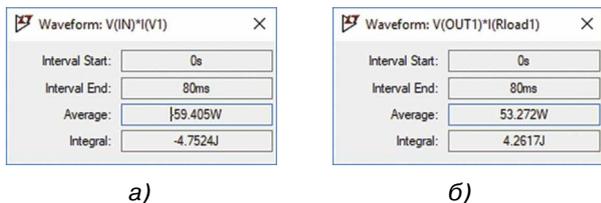
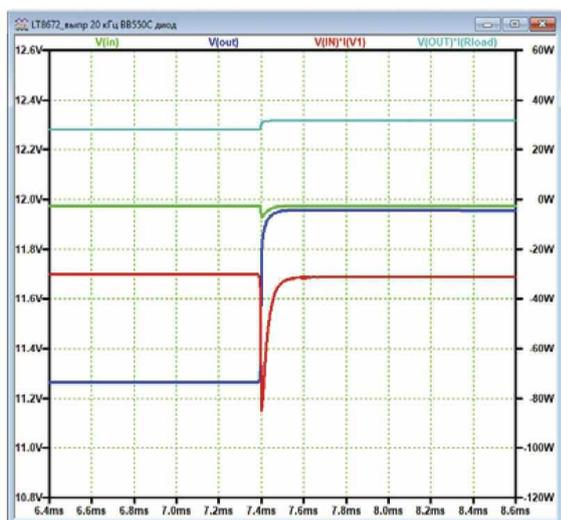


Рис. 3. Значение мощности, измеренной на входе (а) и на выходе (б) активного выпрямителя



**Рис. 4. Значение мощности, измеренной на входе (а) и на выходе (б) выпрямителя на диоде BV550C**

зультатов измерений начинается с 20 мс. Внутреннее сопротивление аккумуляторной батареи (задано равным 0.01 Ом) учтено в параметре источника входного напряжения Rser=0.01. Временные диаграммы входного и выходного напряжения, а также входной и выходной мощности для схемы активного выпрямителя приведены на рис. 5.

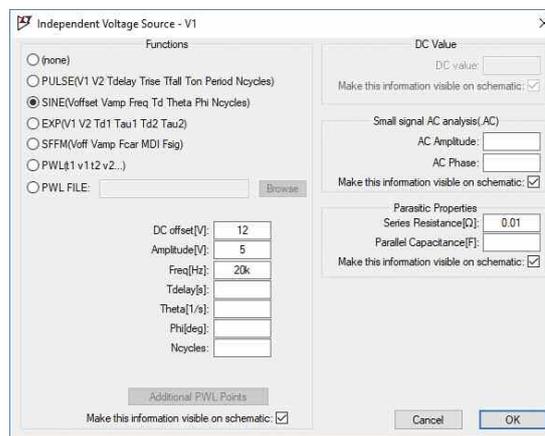


**Рис. 5. Временные диаграммы входного (зеленая) и выходного напряжения (синяя), а также входной (красная) и выходной мощности (голубая) для схемы активного выпрямителя**

Вычисленный по измеренным значениям КПД составил 99.9%, а для выпрямителя на диоде BV550C – 92%. При замене диода на более мощный 1N6823 с обратным напряжением 100 В и средним выпрямленным прямым током 100 А, КПД выпрямителя на диоде увеличился до 96%. Из приведенных результатов измерений следует, что КПД активного выпрямителя при работе на постоянном токе значительно выше, чем при использовании диода Шоттки.

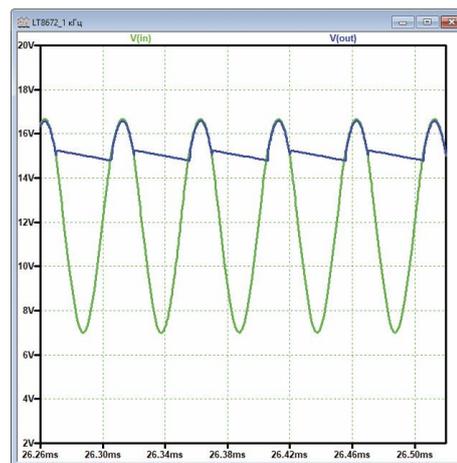
Чтобы проверить как ведет себя активный выпрямитель при подаче на его вход переменного напряжения или постоянного напряжения с pulsa-

циями, можно использовать модель, приведенную на рис. 2, а, но задать параметры входного напряжения аналогично показанным на рис. 6.



**Рис. 6. Параметры источника входного сигнала**

При наличии постоянной составляющей 12 В и переменной составляющей амплитудой 5 В активный выпрямитель формирует на выходе напряжение, форма которого показана на рис. 7.



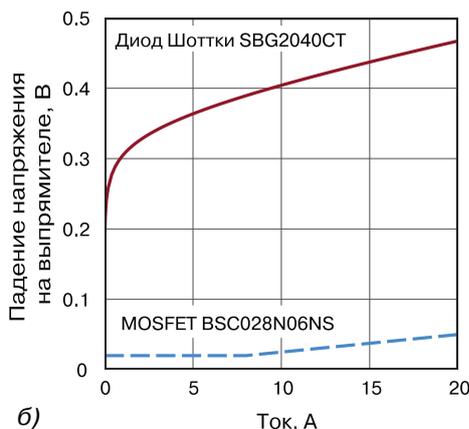
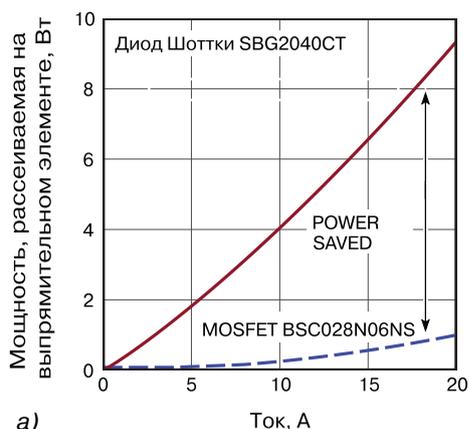
**Рис. 7. Временные диаграммы напряжений на входе (зеленая) и на выходе (синяя) активного выпрямителя при частоте переменной составляющей 20 кГц**

Как следует из приведенных диаграмм, схема работает как выпрямитель, а уровень пульсаций определяется емкостью конденсаторов, включенных параллельно нагрузке. На рис. 7 емкость, подключенная параллельно нагрузке, равна 470 мкФ и амплитуда пульсаций составляет 1.8 В. Рассчитать емкость конденсатора, необходимую для обеспечения необходимого уровня пульсаций, можно по формуле

$$C_L = [(4U_{AC} - U_R)I_L] / 4fU_{AC}U_R,$$

где  $U_{AC}$  – амплитуда переменной составляющей на входе выпрямителя,  $f$  – частота переменной составляющей,  $U_R$  – амплитуда пульсаций на выходе выпрямителя,  $I_L$  – ток нагрузки.

В [1] приведены результаты сравнительных исследований выпрямителей на диоде Шоттки и на полевом транзисторе, управляемом ИМС LT8672. На рис. 8,а приведены зависимости мощности, рассеиваемой на выпрямительном элементе от тока, протекающего через выпрямитель, а на рис. 8,б – падения напряжения на этом элементе от тока.

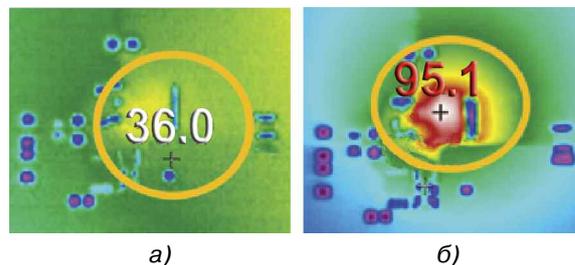


**Рис. 8. Зависимости мощности, рассеиваемой на выпрямительном элементе (а) и падения напряжения на нем (б) от тока, протекающего через выпрямитель**

Из приведенных зависимостей следует, что чем больше ток нагрузки выпрямителя, тем больше выигрыш активного выпрямителя, управляемого ИМС LT8672.

На рис. 9,а приведены карта распределения тепла на плате активного выпрямителя с использова-

нием ИМС LT8672, а на рис. 9,б – с использованием диода Шоттки [2]. Из рис. 9 следует, что отвод тепла



**Рис. 9. Карты распределения тепла на плате активного выпрямителя с использованием ИМС LT8672 (а) и с использованием диода Шоттки (б)**

от активного выпрямителя осуществить гораздо проще, так как мощность, рассеиваемая на нем, значительно меньше, чем на диодном выпрямителе.

В [3] приведена схема, перечень элементов и расположение элементов на плате для испытаний активных выпрямителей с использованием ИМС LT8672, а в [4] – полная техническая документация для изготовления печатной платы.

Более подробную информацию о контроллере синхронного выпрямителя LT8672 можно найти в [1].

### ЛИТЕРАТУРА

1. <http://www.analog.com/media/en/technical-documentation/data-sheets/lt8672.pdf>
2. [http://www.analog.com/media/en/reference-design-documentation/design-notes/DN572\\_web.pdf](http://www.analog.com/media/en/reference-design-documentation/design-notes/DN572_web.pdf)
3. <http://www.analog.com/media/en/dsp-documentation/evaluation-kit-manuals/DC2548AF.PDF>
4. <http://www.analog.com/media/en/reference-design-documentation/design-integration-files/DC2548A.zip>

**VD MAIS**

**Измерительные приборы**

- Осциллографы • Генераторы
- Логические анализаторы
- Анализаторы спектра
- Измерители параметров видеосигналов
- Источники питания • Частотомеры
- Мультиметры • Тепловизоры
- Виброметры

---

**Дистрибуция и прямые поставки:**  
**Tektronix, Fluke, Keithley, Rohde@Schwarz, Hameg, Uni-Trend**

---

Украина, 03061 Киев, ул. М. Донца, 6  
 тел.: (0-44) 220-0101, 492-8852; факс: (0-44) 220-0202  
 e-mail: info@vdmiais.ua, www.vdmiais.ua



# Технологические материалы фирм AIM и Electrolube



[www.aimsolder.com](http://www.aimsolder.com)

**ELECTROLUBE**  
THE SOLUTIONS PEOPLE

[www.electrolube.com](http://www.electrolube.com)



**VD MAIS** – официальный дистрибьютор компаний AIM и Electrolube в Украине

тел.: (044) 220-0101, (057) 719-6718, (0562) 319-128, (032) 245-5478,  
(095) 274-6897, (048) 734-1954, [info@vdmαιs.ua](mailto:info@vdmαιs.ua), [www.vdmαιs.ua](http://www.vdmαιs.ua)