

# «Забывтые» ИСТОЧНИКИ ПИТАНИЯ

**Борис Сергеев (г. Екатеринбург)**

**В статье рассмотрены конденсаторные источники вторичного электропитания (КИВЭП), известные с 1930-х гг. Выполнен анализ работы КИВЭП и определены области их возможного применения.**

Конденсатор, с точки зрения формирования тока через нагрузку, функционально аналогичен резистору. Это утверждение относится только к переменным токам и напряжениям. Однако конденсаторный формирователь тока радикально отличается от резистивного тем, что он – теоретически – не обуславливает активную мощность потерь. Это определяет перспективность использования конденсаторов переменного напряжения в источниках электропитания [1, 2].

На рисунке 1 приведены схема простейшего КИВЭП и временные диаграммы его работы. Если входное переменное напряжение схемы представляет собой синусоиду  $e_c(t) = U_m \sin \omega_c t$ , то среднее значение напряжения на нагрузке определяется как:

$$U_H = \sqrt{2} U_C - \frac{I_H}{4 f_c C_0}, \quad (1)$$

где  $U_C = U_m / \sqrt{2}$  – действующее значение переменного напряжения  $e_c(t)$  с

частотой  $f_c = \omega_c / 2\pi$ . Амплитуда импульсов тока, протекающих через диоды выпрямительного моста VD (см. рис. 1а), находится из выражения:

$$I_M = 2\pi f_c U_M, \quad (2)$$

которое показывает, что ток  $I_M$  не зависит от ёмкости конденсатора  $C_0$ .

Как видно из выражения (1), напряжение на нагрузке  $U_H$  зависит от тока нагрузки  $I_H$ , следовательно, подобная схема не является классическим источником напряжения, что определяет особенности её применения в источниках электропитания и некоторые функциональные ограничения. Пример графического решения выражения (1) для напряжения  $U_C = 220$  В и частоты  $f_c = 50$  Гц при различных значениях ёмкости конденсатора  $C_0$  приведён на рисунке 2.

Графики, показанные на рисунке 2, демонстрируют линейную зависимость снижения напряжения  $U_H$  при увеличении тока нагрузки  $I_H$ . Други-

ми словами, схема рис. 1 является классическим источником тока, где при  $I_H = 0$  (холостой ход)  $U_H = U_M$ . В режиме короткого замыкания ( $U_H = 0$ ) величина выходного тока зависит от ёмкости конденсатора  $C_0$  и описывается формулой:

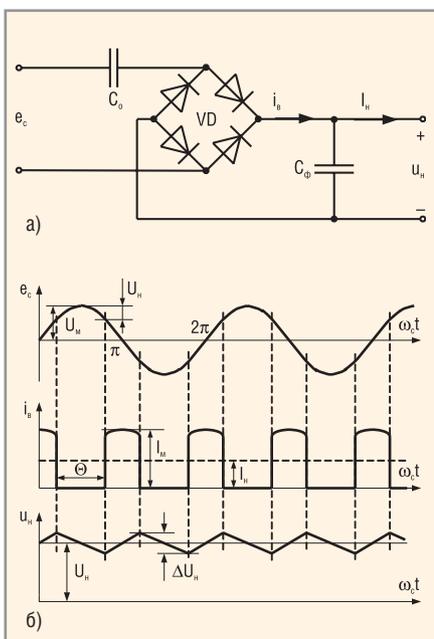
$$I_{HKЗ} = 4\sqrt{2} U_C f_c C_0. \quad (3)$$

В этом режиме показанные на временной диаграмме рис. 1б импульсы тока  $i_b$  превращаются в полусинусоиды, а форма тока через конденсатор  $C_0$  будет иметь вид синусоиды, сдвинутой относительно напряжения  $e_c$  на  $90^\circ$ ; входное сопротивление устройства имеет чисто ёмкостной характер, с потреблением реактивного тока от сети. Это эквивалентно подключению к сети переменного напряжения компенсирующего конденсатора, повышающего  $\cos \phi$  при индуктивном характере нагрузки.

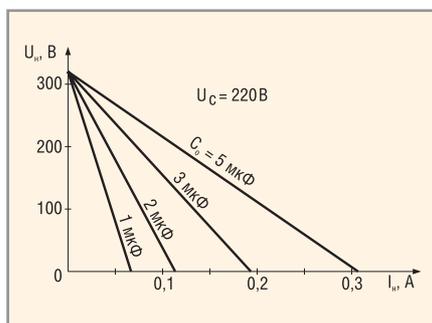
Рассмотрим практические возможности применения подобного источника тока в электронных устройствах различного типа.

Известно, что заряд аккумуляторных батарей должен производиться от источника тока. Реализация КИВЭП в зарядном устройстве приведена на рисунке 3, где трансформатор TV служит для гальванической развязки выхода схемы КИВЭП от переменного напряжения  $e_c$  промышленной сети 220 В [3]. При необходимости изменения тока заряда  $I_{зар}$  аккумулятора GB можно подключать конденсаторы различной ёмкости ( $C_{01}$  или  $C_{02}$ ) при помощи ключа S. При больших токах заряда  $I_{зар}$ , составляющих единицы-десятки ампер, могут использоваться конденсаторы типа ДПС или ЛПС с номинальной ёмкостью от 1 до 120 мкФ. Рабочее напряжение конденсаторов составляет 250, 450 и 600 В, и они предназначены для работы на частоте питающей сети  $f_c = 50...60$  Гц.

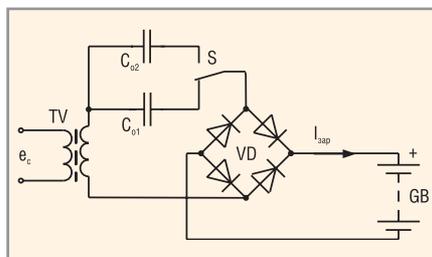
Очевидно, что зарядные устройства на основе КИВЭП являются простыми в реализации и рассеивают малую мощность потерь. Однако применение КИВЭП ими не ограни-



**Рис. 1. Схема конденсаторного источника электропитания (а) и временные диаграммы его работы (б)**



**Рис. 2. Зависимость выходного напряжения КИВЭП от тока нагрузки**



**Рис. 3. Схема зарядного устройства на основе КИВЭП**

чивается. Источники тока требуются для схем питания светодиодов или светодиодных матриц, в которых в настоящее время используются активные резисторы, что снижает энергетическую эффективность светодиодных устройств. Потери возрастают при больших размерах излучающих экранов, т.е. при большом количестве светодиодов в устройствах отображения информации или подсветки ЖКИ (вместо люминесцентных ламп).

Два варианта схем формирования токов через группы светодиодов приведены на рисунке 4. Первый не требует пояснений – схема функционально аналогична схеме зарядного устройства (см. рис. 3). Во второй схеме роль выпрямительного моста выполняют сами светодиоды. При этом обратное напряжение, прикладываемое к каждому из светодиодов, не превышает величины прямого падения напряжения на соответствующем встречно параллельном светодиоде [5]. Для уменьшения ёмкости конденсатора  $C_0$  и снижения стоимости устройства, в качестве источника  $e_c$  может быть использовано высокочастотное переменное напряжение, форма которого должна оставаться синусоидальной.

Подобный принцип питания светодиодов может быть использован при разработке больших светодиодных панелей. Пример схемы такого устройства показан на рисунке 5. Здесь для наглядности изображена простая светодиодная матрица  $3 \times 3$ , управляемая ключами  $S_{Y1}, S_{Y2}, S_{Y3}$  и  $S_{X1}, S_{X2}, S_{X3}$  по соответствующим осям координат. На практике количество элементов матрицы по осям X и Y может быть значительно больше. В качестве ключей могут использоваться тиристоры или транзисторы, включенные через мостовые выпрямители. Если необходимо уменьшить массу, объём и стоимость конденсаторов  $C_0$ , частота  $f_c$  должна составлять несколько десятков килогерц.

В последнее время в связи с появлением сверхярких светодиодов появляется возможность их применения в источниках освещения. В частности, известны настольные лампы с использованием подобных светодиодов и конденсаторным формированием тока. Существен-

ным недостатком, снижающим безопасность таких ламп, является появление высокого напряжения на выводах светодиодов ( $U_{CB} = U_M$ ) при обрыве цепи питания.

Вариант схемы КИВЭП (см. рис. 6), в котором устранён этот недостаток, основан на том, что ток короткого замыкания  $I_{н,кз}$  конденсаторного источника питания, в соответствии с выражением (3), является строго нормированным. При наличии тока в цепи излучающих светодиодов  $VD_{изл}$  транзистор  $VT_{упр}$  открыт и шунтирует управляющий электрод тиристора  $V_S$ , предотвращая его включение. При обрыве цепи падение напряжения на токоизмерительном резисторе  $R_T$  становится равным нулю, транзистор  $VT_{упр}$  запирается, и появляется ток управляющего электрода тиристора  $V_S$ . Последний включается и шунтирует выход выпрямительного моста  $VD$ , исключая появление высокого напряжения на выводах светодиодных излучателей  $VD_{изл}$ .

Не исключено применение рассматриваемых КИВЭП в качестве преобразователей переменного напряжения в постоянное со стабилизацией выходного напряжения. Пример схемы такого преобразователя приведён на рисунке 7 [6]. Здесь стабилизация напряжения  $U_H$  осуществляется путём изменения угла отсечки  $\theta$  (см. временную диаграмму тока  $i_B$  на рисунке 1). Синхронизация моментов выключения транзистора  $VT$  осуществляется инвертором  $DD1$ , когда напряжение на выходе мостового выпрямителя  $VD$  становится равным нулю. Момент включения транзистора  $VT$  определяется схемой сравнения, выполненной на компараторе  $DA$ . Включенное состояние  $VT$  продолжается до тех пор, пока напряжение на выходе моста  $VD$  не станет равным нулю. Это обеспечивается триггером  $DD2$ . На том интервале времени, когда транзистор  $VT$  находится во включенном состоянии, нагрузка обеспечивается энергией, накопленной конденсатором  $C_\Phi$  в предыдущем цикле.

Разумеется, рассматриваемые КИВЭП не обладают функциональной универсальностью, которую имеют традиционные, в том числе импульсные, источники вторично-

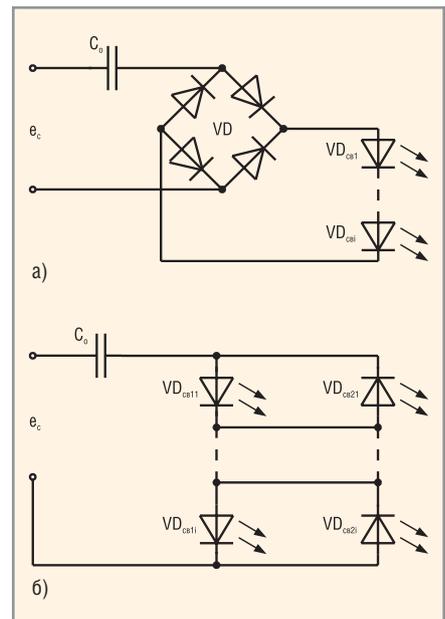


Рис. 4. Схемы формирования токов через группы светодиодов

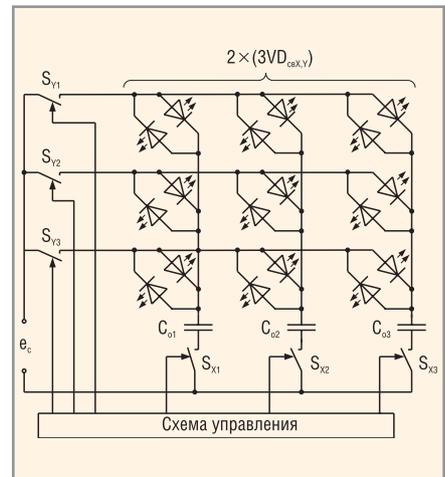


Рис. 5. Схема светодиодной матрицы  $3 \times 3$

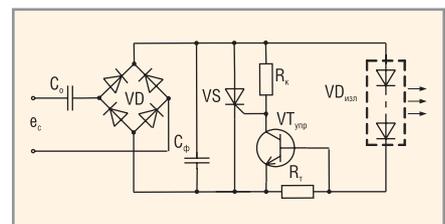


Рис. 6. Схема настольной светодиодной лампы

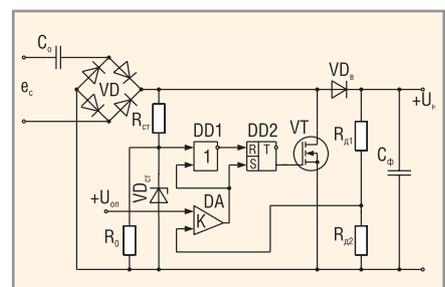


Рис. 7. Схема преобразователя переменного напряжения в постоянное со стабилизацией выходного напряжения

го электропитания. КИВЭП имеют определённые недостатки, важнейшим из которых является отсутствие гальванической развязки выходного напряжения от входного. Однако, как показывают рассмотренные в статье примеры, КИВЭП могут занять определённую нишу в современной силовой электронике.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Сергеев Б.С.* Исследование возможности применения конденсаторных ИВЭП. Электросвязь. 1994. № 6.
2. *Курченкова Н.Б., Сергеев Б.С.* Конденсаторные источники вторичного электропитания. Электричество. 1999. № 2.
3. *Сергеев Б.С.* Заряд конденсаторов через ограничивающий конденсатор. Электронные компоненты. 2007. № 7.

4. Пат. РФ № 2250846. Конденсаторный светодиодный светофор. *Б.С. Сергеев, Е.О. Савельев.* Опубл. 27.04.2005.
5. Пат. РФ № 2245003. Устройство отображения информации. *Б.С. Сергеев, Е.О. Савельев.* Опубл. 20.01.2005.
6. Пат. РФ № 2138113. Источник вторичного электропитания. *Н.Б. Курченкова, Б.С. Сергеев.* Опубл. 20.09.99.



## Новости мира News of the World Новости мира

### Деревья с золотыми листьями начнут добывать энергию

Золотые листья не растут на деревьях, но теперь они могут собирать энергию Солнца. Группа американских инженеров-химиков извлекла фотосинтетические молекулы из растений и нанесла их на тонкие листы золота, создав искусственное фотосинтезирующее устройство.

Организмы используют процесс фотосинтеза на протяжении не менее 3,5 млрд. лет, и за это время были разработаны остроумные комбинации белка и светопоглощающего красителя, которые помогают преобразовывать солнечный свет в энергию. Вместо того чтобы заново изобретать колесо, Кейн Дженнингс (Kane Jennings) и Питер Сисельски (Peter Ciesielski) из Вандербильского университета в Нэшвиле решили использовать эти белки для создания своего собственного фотосинтезирующего устройства.

К этой идее их подтолкнула работа Элиаса Гринбаума (Elias Greenbaum), который в конце 90-х представил протеиновый комплекс, известный как PS1, извлечённый из листов шпината и сохраняющий свои свойства после переноса на поверхность золота. «С тех пор как процесс извлечения PS1 из растений был усовершенствован, мы задумались об использовании этих светопоглощающих белков при создании искусственных листьев», – говорит Дженнингс.

Устройство Дженнингса и Сисельски использует выпускаемые в промышленных масштабах листы из сплава серебра и золота. При этом концентрированная азотная кислота используется для растворения серебра, а золото остаётся с наноскопическими порами. В результате появляется хорошо обработанная поверхность, что позволяет разместить на ней большое количество PS1. Это делает лист достаточно тонким, чтобы пропускать свет. PS1-комплексы крепятся к верхнему слою пористого

золота при помощи тиолов – химических молекул со свободным концом – для формирования устойчивых связей с белками.



Когда собранный искусственный лист подвергается воздействию света, PS1 генерируют поток электронов в металлическом золоте, что позволяет снимать с его поверхности электрический ток. В обычном растении эти электроны использовались бы для разделения сложных соединений на химические цепочки и создания новых энергетических запасов в форме углеводов.

Большинство испытанных листьев вырабатывают ток величиной 8 нА каждым квадратным миллиметром. Пока слишком далеко до необходимого уровня эффективности, но учёные уже работают над новой моделью. «В данный момент мы занимаемся исследованием PS1-плёнок толщиной до 1 мм, – говорит Дженнингс. – Эти плёнки могут вырабатывать до 0,02 мкА/мм<sup>2</sup> и питать обычный калькулятор».

Хотя эти устройства пока слишком отстают от лучших кремниевых солнечных батарей, новый метод может стать более конкурентоспособным в будущем. Новая конструкция довольно проста, а в основе лежит доступное сырьё.

Однако эта система слишком чувствительна к воздействию прямых солнечных лучей, которые могут разрушить PS1-белки. Поиск защиты и создание листьев, вмещающих большее количество протеина, – задача на будущее. Также возможно, что эти искусственные листья приобретут зелёный оттенок; пока они

имеют ржаво-красный цвет из-за свойств пористого золота.

[newscientist.com](http://newscientist.com)

### Epson покажет 2,7" восьмиракурсный 3D-дисплей

На международной выставке FPD International 2008 компания Seiko Epson представила свой новый трёхмерный жидкокристаллический дисплей, обладающий малыми габаритами и высоким для такого класса устройств разрешением.

Как отмечается, 3D LCD-дисплей Epson использует «восьмиракурсную» технологию, которая позволяет расширить поле зрения и улучшить стереоскопический эффект. Изображение на таком дисплее будет восприниматься ещё более реалистично.

Новинка спроектирована на основе 2,57-дюймовой панели с разрешением 1024 × 768 пикселей. Такое относительно высокое разрешение (около 500 точек на дюйм) удалось получить благодаря использованию технологии низкотемпературного поликристаллического кремния, широко применяемой в современных продуктах Epson. При работе в трёхмерном режиме разрешение отображаемой картинке составляет 384 × 256 пикселей, что практически эквивалентно QVGA, повсеместно встречающемся сегодня в мобильных телефонах и КПК. Для получения более гладких и чётких изображений расстояние между ракурсами уменьшили с 62...65 до 31...32,5 мм.

Как объясняет источник, для 3D-дисплеев такого типа характерно резкое снижение разрешения картинке при увеличении количества ракурсов объёмной сцены. Большие усилия разработчиков Epson были направлены именно на улучшение качества картинке путём оптимизации выравнивания пикселей. В результате даже при использовании восьми ракурсов горизонтальное разрешение уменьшилось всего в 2,7 раза.

**Tech-On!**