

К. т. н. Ю. А. ГУНЧЕНКО, к. т. н. О. В. БАНЗАК,
к. т. н. А. В. СЕЛЮКОВ, В. И. КУТАШЕВ

Украина, Одесский нац. ун-т им. И. И. Мечникова,
Одесская нац. академия связи им. А. С. Попова,
Военный институт Киевского нац. ун-та им. Т. Г. Шевченко,
Киевский ин-т автоматики
E-mail: _ua@mail.ru

Дата поступления в редакцию
26.10 2009 г.

Оппонент к. ф.-м. н. Н. О. КОВАЛЕНКО
(Ин-т монокристаллов, г. Харьков)

СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОЕ УСТРОЙСТВО ЭЛЕКТРОПИТАНИЯ

Предложенное устройство электропитания способно изменять параметры выходного напряжения в зависимости от изменяющихся условий окружающей среды и параметров питаемого оборудования. Приведены примеры его применения для питания электролюминесцентного индикатора.

При эксплуатации лабораторного и специального оборудования возникает проблема обеспечения заданного уровня параметров электропитания в зависимости от требуемых параметров питаемого оборудования и окружающей среды.

Например, в авиации для повышения срока службы средств отображения информации, улучшения эргономических характеристик системы, экономии электроэнергии целесообразно вводить систему регулирования яркости индикатора [1], поскольку при отображении информации происходит многократное динамическое изменение величины яркости индикатора на несколько порядков (чередование эффектов «блик»-«тень»).

При эксплуатации автономных систем, например, сбора и обработки информации, можно в несколько раз повысить время автономной работы при заданной емкости аккумуляторных батарей если оптимизировать подачу напряжения питания для режимов сбора, хранения и обработки с учетом соответствующих им уровней потребляемой мощности [2]. Увеличение времени автономной работы особенно важно для эксплуатации автономных систем в труднодоступных и опасных местах.

Надежность функционирования системы в целом принципиально не может быть выше надежности источника ее питания. Если силовая часть источника электропитания большую часть времени работы недогружена, работает в щадящем режиме, то время наработки на отказ такого источника и, соответственно, системы в целом увеличивается.

Таким образом, разработка принципов функционирования и схемотехнической реализации специализированного устройства электропитания (СУЭ), обладающего рядом перечисленных особенностей, является актуальной научной и технической задачей.

Известен преобразователь, содержащий конвертер и модулятор, который преобразует постоянное на-

пряжение в переменное с необходимой частотой и мощностью [3]. Такой преобразователь экономнее за счет усложненной части конвертера. Но это решение нецелесообразно при небольших мощностях и не обеспечивает изменение параметров выходного напряжения в зависимости от параметров питаемого оборудования и окружающей среды. Все это ухудшает функционирование оборудования.

Известно также устройство [4], содержащее датчик температуры, с помощью которого контролируется температура ответственного компонента питаемой системы. При достижении температурой верхнего порога допустимых значений прекращается снабжение электроэнергией. Такой источник электропитания предотвращает выход из строя оборудования путем его отключения. Но это не всегда приемлемо, особенно при питании ответственной аппаратуры. Кроме того, такой источник не изменяет параметры выходного напряжения в зависимости от изменяющихся параметров окружающей среды, а это может усложнять работу оборудования.

Задачей предлагаемого СУЭ является обеспечение необходимых параметров устройства электропитания в зависимости от заданного алгоритма функционирования, от параметров оборудования и параметров окружающей среды.

Структурная схема специализированного устройства электропитания приведена на рис. 1.

Входное напряжение от первичного источника электропитания (например, от бортовой сети постоянного тока) через входные клеммы 1 подается на конвертер 2, который представляет собой преобразователь постоянного напряжения (DC-DC-преобразователь), при необходимости — с гальванической раз-

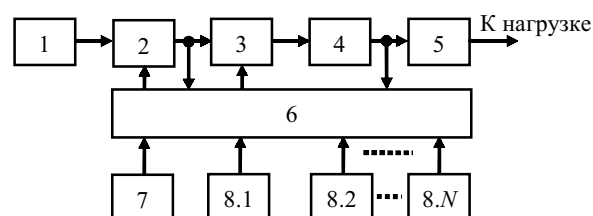


Рис. 1. Структурная схема специализированного устройства электропитания:

1 — входные клеммы; 2 — конвертер; 3 — модулятор; 4 — сглаживающий фильтр; 5 — выходные клеммы; 6 — система управления; 7 — орган управления; 8 — датчики параметров

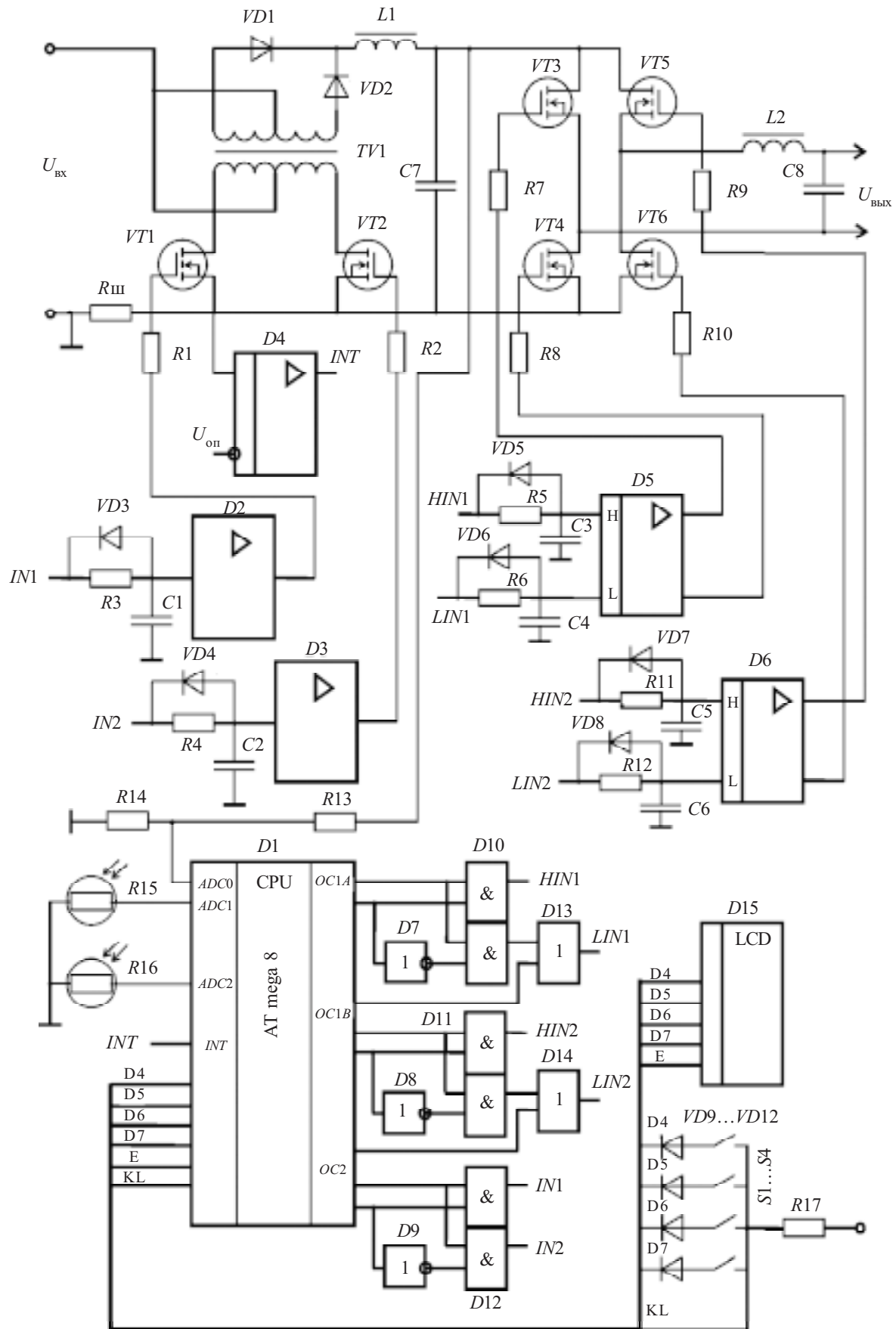


Рис. 2. Функциональная схема специализированного устройства электропитания

вязкой. На его выходе получаем постоянное напряжение, уровень которого может изменяться и контролируется системой управления 6. Напряжение с выхода конвертера модулируется с помощью модулятора 3 (*DC-AC-преобразование*) по заданному алгоритму управления алгоритму. Напряжение с выхода модулятора через фильтр 4, который уменьшает пульсации и сглаживает сигнал, подается через выходные клеммы 5 на нагрузку (питаемое оборудование), а также в систему управления для контроля. Орган управления 7 предназначен для изменения алгоритма функционирования системы управления, а следовательно и уровня выходного напряжения и оперативных параметров. Сигналы с датчиков собственных параметров оборудования и параметров окружающей среды 8.1—8.4 подаются в систему управления. В соответствии с этими сигналами корректируется функционирование СУЭ и показатели (частота, скважность, форма) напряжения. Система управления контролирует напряжение на выходе конвертера и подстраивает его работу для формирования необходимого уровня, а также контролирует напряжение на выходе фильтра, чем обеспечивается обратная связь с нагрузкой. Это позволяет избежать влияния параметров нагрузки на выходной сигнал СУЭ.

Схемотехническая реализация предложенного СУЭ для экспериментальных целей приведена на рис. 2.

Основная часть системы управления выполнена на однокристальном микроконтроллере (МК) типа ATmega8, который содержит аналого-цифровой преобразователь (АЦП). На нулевой вход АЦП *ADC0* через резистивный делитель *R13*, *R14* подается напряжение с выхода *DC-DC-конвертера* (U_{C7}). Два других входа АЦП — *ADC1* и *ADC2* предназначены для измерения освещенности с помощью датчиков — фоторезисторов *R15* и *R16*.

МК также содержит три таймера-счетчика, которые могут формировать на выходах контроллера программируемые импульсы с регулируемой частотой и продолжительностью. Два выхода первого таймера *OC1A* и *OC1B* через систему распределения и блокирования на логических элементах *D7*, *D8*, *D10*, *D11*, *D13*, *D14* формируют четыре сигнала (*LIN1*, *HIN1*, *LIN2*, *HIN2*) управления модулятором, выполненным по мостовой схеме с полевыми транзисторами *VT3*—*VT6*. Второй таймер (выход *OC2*) с помощью логических элементов *D9* и *D12* формирует сигналы управления на *DC-DC-конвертер*. Конвертер выполнен по двухтактной схеме на полевых транзисторах *VT1*, *VT2* с трансформатором со средней точкой *TV1*, выпрямителем на диодах *VD1*, *VD2* и фильтром низких частот *L1*, *C7*.

Орган управления представляет собой клавиатуру, собранную на элементах *S1*—*S4*, *VD9*—*VD12*, *R17*, изменения параметров отображаются на жидкокристаллическом дисплее *D15*.

На элементах *D2*, *D3*, *D5*, *D6* собраны драйверы, которые обеспечивают необходимый уровень и амплитуду сигналов управления транзисторами конвертера и модулятора. Дифференциальные цепи *C1*, *R3*, *VD3*; *C2*, *R4*, *VD4*; *C3*—*C6*, *R5*, *R6*, *R11*, *R12*, *VD5*—

VD8 обеспечивают задержку передних фронтов сигналов управления для устранения возможности протекания сквозного тока при одновременном включении соответствующих транзисторов.

Сигнал, пропорциональный току, который потребляется от первичного источника питания, поступает на шунт $R_{ш}$ и сравнивается с опорным напряжением с помощью компаратора *D4*. При превышении максимально допустимого тока (например, при коротком замыкании в нагрузке) формируется сигнал внешнего прерывания *INT* на МК, в результате чего транзисторы закрываются, отключая выходное напряжение.

Выходной фильтр *L2*, *C8* предназначен для сглаживания выходного напряжения и уменьшения помех на нагрузке.

Рассмотрим примеры использования СУЭ при питании электролюминесцентного индикатора (ЭЛИ). На рис. 3 представлены диаграммы работы СУЭ при питании ЭЛИ в условиях изменения внешней освещенности при синусоидальном выходном напряжении с регулируемой амплитудой при формировании положительной полуволны: Φ — сигнал внешней освещенности; IN_1 , IN_2 — сигналы управления транзисторами конвертера *VT1* и *VT2*; TV_1 — сигнал на выходной обмотке трансформатора *TV1*; U_{L1} — напряжение на входе фильтра *L1C7*; U_{C7} — напряжение на выходе фильтра; HIN_1 , *LIN1*, HIN_2 , *LIN2* — сигналы управления транзисторами моста модулятора соответственно *VT3*—*VT6*; U_{L2} — напряжение на выходе моста и входе фильтра *L2C8*, $U_{вых}$ — выходное напряжение.

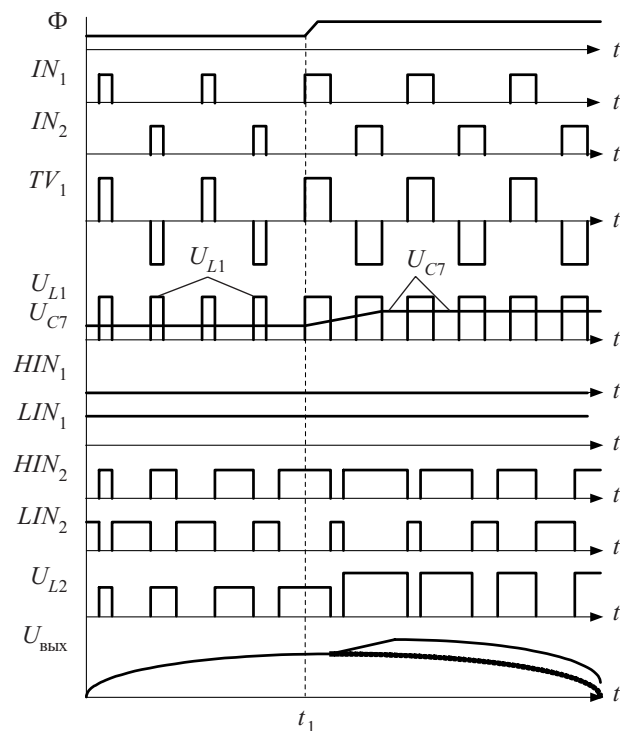


Рис. 3. Диаграммы работы схемы СУЭ при изменении внешней освещенности и синусоидальном выходном напряжении

В момент времени t_1 , например при включении освещения рабочего места оператора, сигнал внешней освещенности Φ изменяется. Это приводит к увеличению ширины импульсов управления конвертером IN_1, IN_2 . Вследствие этого увеличивается ширина импульсов TV_1 на выходе трансформатора TV_1 , что приводит к увеличению напряжения U_{C7} на выходе DC-DC-конвертера.

Ширина импульсов управления мостом модулятора $HIN_1, LIN_1, HIN_2, LIN_2$ изменяется по синусоидальному закону и не зависит от уровня внешней освещенности. Однако повышение напряжения U_{C7} на выходе конвертера соответственно увеличивает амплитуду выходных импульсов с модулятора U_{L2} . Это приводит к увеличению амплитуды выходного синусоидального сигнала $U_{\text{вых}}$ без изменения его частоты и в результате — к увеличению яркости отображения информации ЭЛИ, что компенсирует изменение освещенности рабочего места.

Описанный алгоритм позволяет увеличить срок службы индикатора за счет экономного режима работы и улучшить эргономичные показатели системы индикации за счет подстройки яркости в зависимости от внешнего освещения. При экспериментальной проверке описанного алгоритма срок службы ЭЛИ на основе сульфида цинка, легированного фторидом гольмия, увеличился в 4—6 раз.

На рис. 4 представлены диаграммы работы СУЭ при наличии фотодатчика в ЭЛИ и изменении ширины биполярных импульсов напряжения питания при постоянной их амплитуде: B_0 — яркость электролюминесцентного индикатора при неизменных параметрах напряжения питания; B — яркость при применении СУЭ. Другие обозначения на рисунке такие же как и на рис. 3.

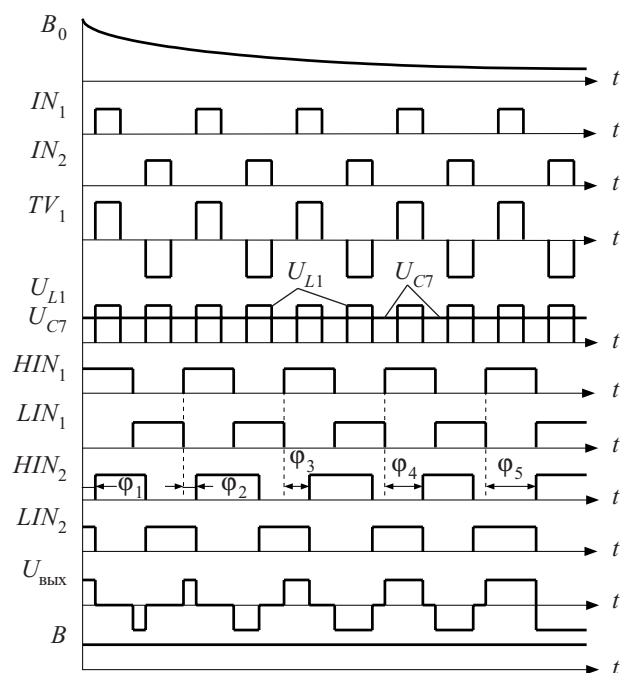


Рис. 4. Диаграммы работы специализированного источника электропитания при старении ЭЛИ и импульсном биполярном выходном напряжении

Как известно [5], вследствие старения уменьшается яркость электролюминесцентных индикаторов (условно показано графиком B_0). Конвертер устройства работает аналогично описанному выше, уровень напряжения U_{C7} на его выходе постоянный.

Пары сигналов управления модулятором HIN_1, LIN_1 и HIN_2, LIN_2 представляют собой одинаковые сигналы — меандры с регулируемым сдвигом ϕ между ними, который изменяется программно в зависимости от яркости индикатора. Чем больший сдвиг, тем больше ширина импульсов на выходе моста $U_{\text{вых}}$. Таким образом, сдвигам ϕ_1 и ϕ_2 соответствует малая ширина импульсов исходного напряжения, сдвигу ϕ_3 — большая ширина, а сдвигам ϕ_4, ϕ_5 — еще большая ширина импульсов. Изменение ширины импульсов напряжения питания $U_{\text{вых}}$ позволяет поддерживать яркость индикатора B на заданном уровне независимо от старения его параметров.

Разработанное СУЭ с фотодатчиком повысило срок службы ЭЛИ в среднем в 4,5 раза за счет обеспечения оптимального напряжения питания в начале срока службы и повышения действующего значения напряжения питания в конце срока службы. При более сложных алгоритмах функционирования, например многофакторных подстройках яркости ЭЛИ в зависимости от освещенности, температуры, старения и т. п., ожидается увеличение времени наработки на отказ индикаторов в 10 и более раз.

Таким образом, предложенное специализированное устройство электропитания обеспечивает необходимые параметры электропитания (уровень, форму, полярность, частоту, скважность напряжения), которые изменяются в зависимости от заданного алгоритма функционирования, от параметров оборудования и параметров окружающей среды (температура, освещенность, давление и т. п.). Это увеличивает срок службы оборудования, повышает качество и эргономичные показатели системы в целом за счет экономного режима функционирования.

Описанное устройство можно рекомендовать для электропитания лабораторного оборудования, работающего в режиме постоянного получения и обработки информации; ответственных приборов, таких как аппарат «искусственная почка»; оборудования, чувствительного к влиянию внешних факторов, и устройств двойного назначения.

ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ИСТОЧНИКИ

1. Ленков С. В., Гунченко Ю. А., Жеревчук В. В., Селюков А. В. Зависимость эффективности электролюминесцентных индикаторов от параметров источника питания // Технология и конструирование в электронной аппаратуре. — 2008. — № 4 (76). — С. 36—38.
2. Пат 38513 України. Багатофункціональний пристрій електричного живлення / О. В. Селюков, Д. О. Перегудов. — 2009. — Бюл. № 1.
3. Pat. 7,330,366 USA. DC-AC converter / Chih-Chang Lee, Lei-Ming Lee. — 12.02 2008.
4. Pat. 7,358,463 USA. Switching power supply and method for stopping supply of electricity when electricity of switching power supply exceeds rated electricity / Takafumi Mizuno, Kota Otoshi. — 15.04 2008.
5. Ленков С. В., Жеревчук В. В., Лепих Я. И. Меры повышения надежности электролюминесцентных индикаторов // Сенсорна електроніка і мікросистемні технології. — 2008. — № 2. — С. 10—13.