

На базе бегущей строки №3 можно сделать универсальную бегущую строку, т. е. содержание бегущей строки задается пользователем произвольно. Для этого вместо ПЗУ используем схему программируемого запоминающего устройства (рисунок 5).

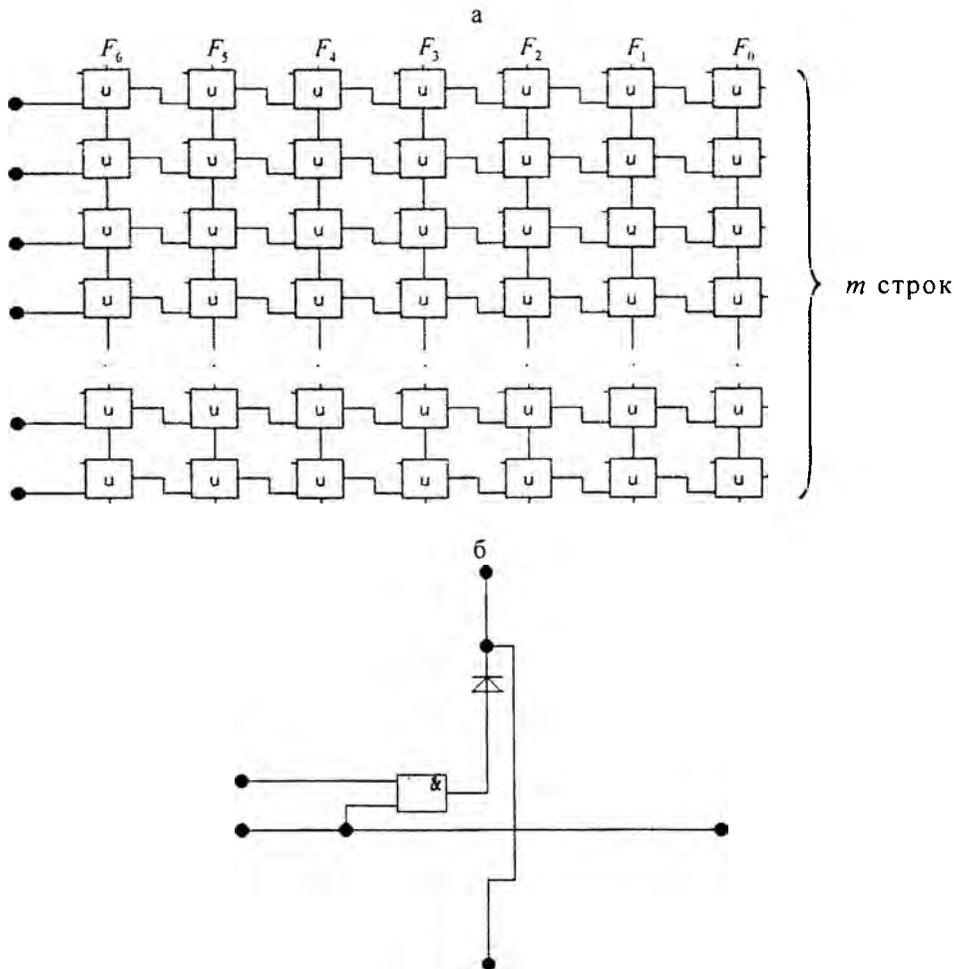


Рисунок 5. Программируемое запоминающее устройство:  
а – реализация; б – узел

У узлов появился один вход. На эти входы для нужных узлов нужно подавать высокое напряжение, тем самым, задавая универсальную бегущую строку.

В схеме универсальной бегущей строки ее содержание задается пользователем произвольно.

УДК 621.374

## ИМПУЛЬСНЫЕ БЛОКИ ПИТАНИЯ УСИЛИТЕЛЕЙ МОЩНОСТИ ЗВУКОВОЙ ЧАСТОТЫ

Сакович М.Ю.

Научный руководитель – МИХАЛЬЦЕВИЧ Г.А.

Импульсные блоки питания (ИБП) позволяют значительно уменьшить энергопотребление устройством, уменьшить его вес и внешние размеры [1, 2].

Первоначальное распространение ИБП в бытовой радиоаппаратуре получили преимущественно в телевизионных приемниках (ТВ), в дальнейшем – в видеоманитофо-

нах (ВМ) и другой видеоаппаратуре, что объясняется в основном двумя причинами. Во-первых, чувствительность ТВ и ВМ к помехам, создаваемыми импульсными блоками питания значительно ниже, чем, например, аппаратуры звуковоспроизведения, особенно высококачественного. Во-вторых, ТВ и ВМ отличаются относительным постоянством и сравнительно небольшой величиной (10–120 Вт) мощности, потребляемой в нагрузке. В нынешнее время, благодаря разработке и появлению в продаже мощных и высоковольтных биполярных, полевых и IGBT транзисторов и специализированных микросхем для управления ими, импульсные источники питания стали широко использоваться в современной радиоэлектронной аппаратуре.

Несмотря на большое разнообразие схем ИБП, наибольшее распространение в телевизионной аппаратуре и блоках питания компьютеров получила следующая схема. Выпрямленное напряжение сети питает одноконтный автогенератор, нагрузкой которого является импульсный трансформатор с вторичными выпрямителями, от которых питаются все потребители. Автогенератор выполнен по схеме с глубокой индуктивной положительной обратной связью. Транзистор автогенератора работает в ключевом режиме. Когда транзистор открыт, происходит накопление энергии в импульсном трансформаторе, когда закрыт – энергия отдается в нагрузку.

Функциональная схема ИБП представлена на рисунке 1.

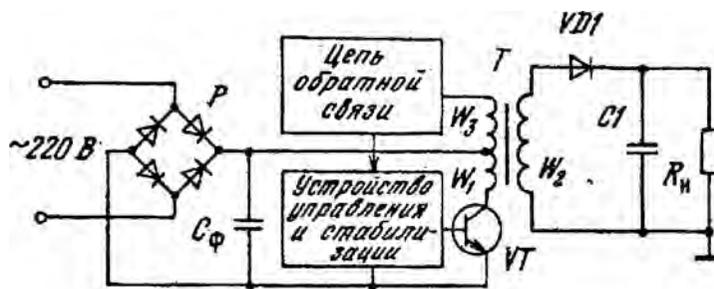


Рисунок 1. Функциональная схема ИБП

Ее функциональными основными узлами являются сетевой выпрямитель  $P$  со сглаживающим емкостным фильтром  $C_{\phi}$ , ключевой преобразователь напряжения (автогенератор) с импульсным трансформатором, устройство управления (контроллер) с цепью обратной связи и вторичный выпрямитель импульсных напряжений  $VD1$ ,  $C1$ .

Такой принцип работы ИБП позволяет получить малый уровень помех для питаемых им потребителей и малое излучение в пространство помех. Недостатком такой схемы является то, что он рассчитывается на относительно постоянную, среднюю потребляемую от него мощность.

Мощные эстрадные усилители звуковой частоты потребляют изменяющуюся мощность от единиц Вт до несколько сот Вт и выше и, поэтому данная функциональная схема на рисунке 1 становится не всегда пригодной.

Двухтактные преобразователи позволяют получать большую выходную мощность, чем одноконтные преобразователи при высоком КПД.

Способом подключения ключевых транзисторов к трансформатору, здесь различают три схемы: так называемую полумостовую (рисунок 2а), мостовую (рисунок 2б) и с первичной обмоткой, имеющей отвод от середины (рисунок 2в). На сегодняшний день наибольшее распространение получил полумостовой преобразователь. Для него необходимы два транзистора с относительно невысоким максимальным значением напряжения между коллектором и эмиттером  $U_{кз\max}$ . Как видно из рисунка 2а, конденсаторы  $C1$  и  $C2$  образуют делитель напряжения, к которому подключена первичная (I)

обмотка трансформатора Т2. При открывании ключевого транзистора амплитуда импульса напряжения на обмотке достигает значения равного  $\frac{U_{пит}}{2} - U_{кз нас}$ .

Мостовой преобразователь аналогичен полумостовому, но в нем конденсаторы заменены транзисторами VT3 и VT4 (рисунок 2б), которые открываются парами по диагонали. Этот преобразователь имеет несколько более высокий КПД за счет увеличения напряжения, подаваемого на первичную обмотку трансформатора, а, следовательно, уменьшения тока, протекающего через транзисторы VT1-VT4.

Амплитуда напряжения на первичной обмотке трансформатора в этом случае достигает значения равного  $U_{пит} - 2U_{кз нас}$ .

Преобразователь по схеме на рисунке 2в, отличающийся наибольшим КПД. Достигается это за счет уменьшения тока первичной обмотки и, как следствие, уменьшения рассеиваемой мощности в ключевых транзисторах, что чрезвычайно важно для мощных ИБП.

Амплитуда напряжения импульсов в половине первичной обмотки возрастает до значения  $U_{пит} - U_{кз нас}$ . Следует также отметить, что в отличие от остальных преобразователей для него не нужен входной развязывающий трансформатор.

В устройстве по схеме на рисунке 2в необходимо использовать транзисторы с напряжением  $U_{кз max}$  больше  $2U_{пит}$ . В ней конец верхней (по схеме) половины первичной обмотки соединен с началом нижней и при протекании тока в первой из них (открыт VT1), во второй создается напряжение, равное (по модулю) амплитуде напряжения на первой, но противоположное по знаку относительно  $U_{пит}$ , при этом напряжение на коллекторе закрытого транзистора VT2 достигает  $2U_{пит}$ .

Описание работы и электрические схемы ИБП мощностью 800 Вт без стабилизации выходного напряжения и стабилизированного мощностью 1 кВт для питания УМЗЧ приведены в [3, 4].

В ИБП [3] применен двухтактный преобразователь с трансформатором, первичная обмотка которого имеет средний вывод. Он имеет высокий КПД, низкий уровень пульсации и слабо излучает помехи в окружающее пространство.

Принципиальная схема ИБП без стабилизации выходного напряжения изображена на рисунке 3.

На входе устройства включен высокочастотный фильтр C1-L1-C2, предотвращающий попадание помех в сеть. Пройдя его, сетевое напряжение выпрямляется диод-

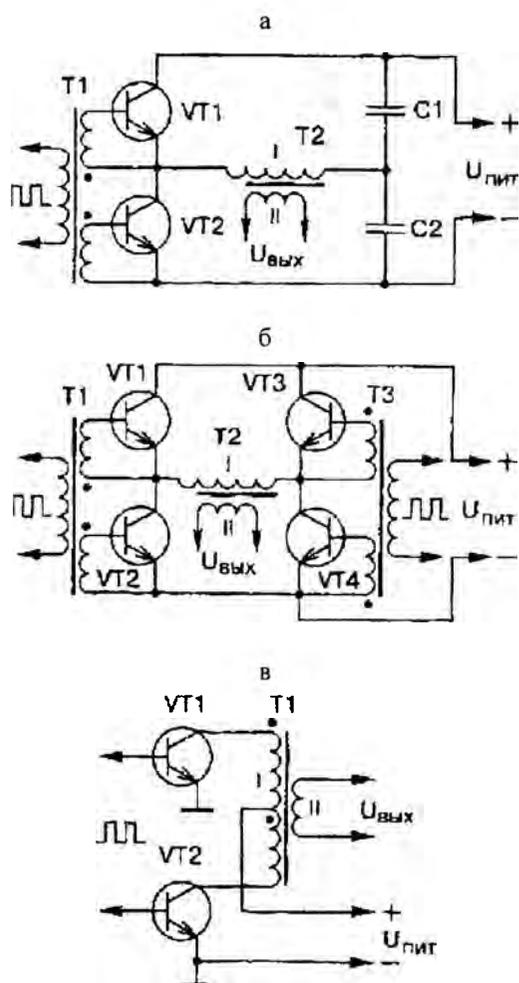


Рисунок 2. Схемы подключения ключевых транзисторов к трансформатору

ным мостом VD1–VD4, пульсации сглаживаются конденсатором C3. Выпрямленное постоянное напряжение (около 310 В) используется для питания высокочастотного преобразователя.

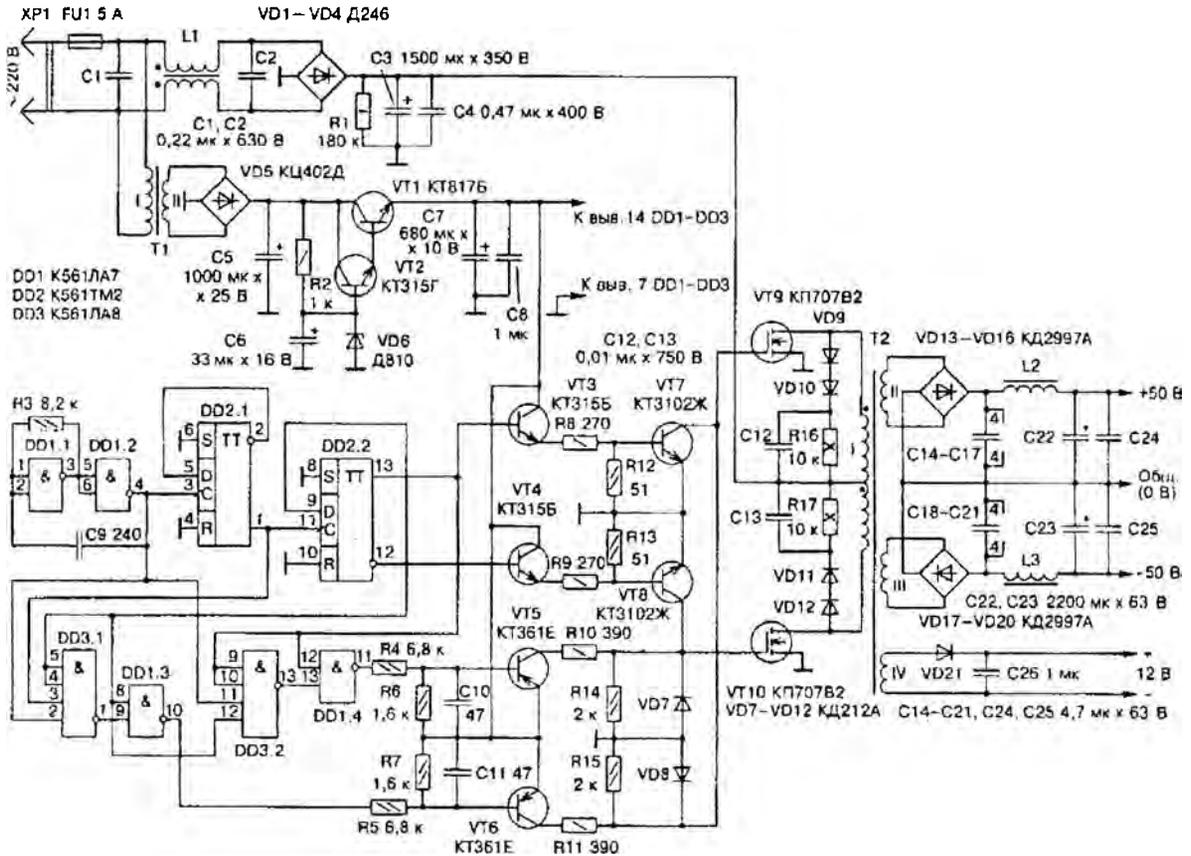


Рисунок 3. Принципиальная схема ИБП без стабилизации выходного напряжения

Устройство управления преобразователем выполнено на микросхемах DD1–DD3. Питается оно от отдельного стабилизированного источника, состоящего из понижающего трансформатора T1, выпрямителя VD5 и стабилизатора напряжения на транзисторах VT1 и VT2 и стабилитроне VD6. На элементах DD1.1 и DD1.2 собран задающий генератор, вырабатывающий импульсы с частотой следования около 360 кГц. Далее следует делитель частоты на 4, выполненный на триггерах микросхемы DD2.

С помощью элементов DD3.1, DD3.2 создаются дополнительные паузы между импульсами. Паузой является не что иное, как уровень логического 0 на выходах этих элементов, появляющийся при наличии уровня 1 на выходах элемента DD1.2 и триггеров DD2.1 и DD2.2 (рисунок 4). Напряжение низкого уровня на выходе DD3.1 (DD3.2) блокирует DD1.3 (DD1.4) в «закрытом» состоянии (на выходе – уровень логической 1).

Длительность паузы равна 1/3 от длительности импульса (рисунок 4, эпюры напряжений на выводах 1 DD3.1 и 13 DD3.2), чего вполне достаточно для закрывания ключевого транзистора. С выходов элементов DD1.3 и DD1.4 окончательно сформированные импульсы поступают на транзисторные ключи (VT5, VT6), которые через резисторы R10, R11 управляют затворами мощных полевых транзисторов VT9, VT10.

Импульсы с прямого и инверсного выходов триггера DD2.2 поступают на входы устройства, выполненного на транзисторах VT3, VT4, VT7 и VT8. Открываясь поочередно, VT3 и VT7, VT4 и VT8 создают условия для быстрой разрядки входных емкостей ключевых транзисторов VT9, VT10, т. е. их быстрого закрывания. Причем, как

видно из рисунка 4 (эпюры напряжений на выводах 12 и 13 DD2.2), VT7 и VT8 открываются сразу же после окончания импульса, поэтому при любой выходной мощности каждый из транзисторов VT9, VT10 всегда успевает надежно закрыться до открывания второго. Если бы это условие не выполнялось, через них, а следовательно, через первичную обмотку трансформатора T2 протекал бы сквозной ток, который не только уменьшает надежность и КПД ИБП, но и создает всплески напряжения, амплитуда которых порой превышает напряжение питания преобразователя.

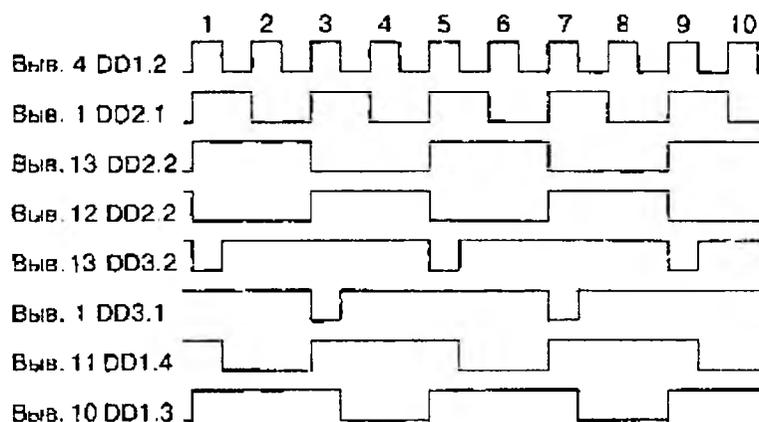


Рисунок 4. Эпюры напряжений

В цепи затворов транзисторов VT9 и VT10 включены резисторы относительно большого сопротивления R10 и R11. Вместе с емкостью затворов они образуют фильтры нижних частот, уменьшающие уровень гармоник при открывании ключей. С этой же целью введены элементы VD9–D12, R16, R17, C12 и C13.

В стоковые цепи транзисторов VT9, VT10 включена первичная обмотка трансформатора T2. Выпрямители выходного напряжения выполнены по мостовой схеме на диодах VD13–VD20, что несколько уменьшает КПД устройства, но значительно снижает уровень пульсации на выходе ИБП. Важно отметить, что форма колебаний, почти прямоугольная при максимальной нагрузке, плавно переходит в близкую к синусоидальной при уменьшении мощности до 10–20 Вт, что положительно сказывается на уровне шумов УМЗЧ при малой громкости.

Лучшими параметрами обладает схема стабилизированного ИПБ [4] с максимальной выходной мощностью в нагрузке 1 кВт. В ней для управления полевыми транзисторами применена специализированная микросхема TL494CN, самостоятельно обеспечивающая необходимые временные задержки при переключении транзисторов верхнего и нижнего плеча. Чтобы обеспечить надёжное открывание и закрывание мощных полевых транзисторов, вместо биполярных транзисторов, как в предыдущей схеме, здесь применены полевые транзисторы.

Так же в этой схеме имеется узел оптронной защиты преобразователя напряжения по току, с конденсатором защиты от случайных импульсных помех.

### Литература

1. Жучков, В., Зубов, О., Радутный, И. Блок питания усилителя мощности звуковой частоты // Радио. – 1987. – № 1. – С. 35–37.
2. Цветаев, С. Мощный блок питания // Радио. – 1990. – № 9. – С. 59–62.
3. Колганов, А. Импульсный блок питания мощного усилителя мощности звуковой частоты // Радио. – 2000. – № 2. – С. 36–38.
4. Коротков, И. Импульсный стабилизированный блок питания мощностью 1 кВт // Радио. – 2005. – № 12. – С. 33–35.