

ИСКЛЮЧИ ВЛИЯНИЕ ПРОВОДНИКОВ!

Д. ДАНОК, Г. ПИЛЬКО, г. Киев

Проводники, соединяющие какое-либо устройство с источником питания, имеют конечное сопротивление. Оно может существенным образом влиять на работоспособность прибора. Это относится, в частности, к устройствам, у которых к источнику подключено несколько узлов, а потребляемый ими ток существенно изменяется в процессе работы. Если управляющий стабилизатором сигнал брать с точки приложения питания к наиболее чувствительному узлу и подавать на стабилизатор отдельными проводами, это влияние можно либо полностью исключить, либо заметно уменьшить. Именно так и поступили разработчики сетевого источника питания, с которым знакомит публикуемая здесь статья.

Блок питания (БП) предназначен для работы в стационарных условиях с переносными радиоприемниками, магнитофонами, проигрывателями компакт-дисков, индивидуальными средствами связи и т. д. В составе перечисленных устройств имеются как предварительные усилители с большими коэффици-

ентами передачи по напряжению, так и электроприводы и усилители мощности (УМ). В условиях транспортировки такая аппаратура ориентирована на питание от химических источников, поэтому в целях экономии и сохранения массо-габаритных показателей в ней не используют отдельных источников питания

для приводов и УМ, с одной стороны, и для предварительных усилителей – с другой, ограничиваясь разделением их цепей питания промежуточными пассивными фильтрами, а для гетеродинов и смесителей применяют отдельные стабилизаторы. Описанные общие особенности создают очевидную возможность для взаимного влияния УМ и электроприводов на предварительные усилительные и преобразовательные звенья тракта, которые могут проявляться при использовании источников питания с относительно большим внутренним сопротивлением.

Как известно, ток потребления УМ звуковоспроизводящей аппаратуры в режиме покоя примерно равен 10...20 мА и увеличивается при воспроизведении в несколько раз [1]. Из-за наличия у источников питания и соединительных проводов выходного сопротивления ($R_{\text{вых}}$) при изменениях тока в нагрузке (I_n) возникает изменение напряжения на ней (U_n), которые способствуют возникновению искажений сигнала в восприимчивых к ним звеньях тракта во время приема, передачи и воспроизведения сигнала [2]. Изменения могут проявить себя в виде увеличения интермодуляционных искажений разного рода, коррелированных с усиливаемым сигналом. В частности, в переносной аппаратуре, содержащей цифровую часть, $R_{\text{вых}}$ источника питания и индуктивное сопротивление подводящих проводов способствуют проникновению импульсных помех в аналоговую часть аппаратуры. Эти причины объясняют повсеместно наблюдаемую тенденцию улучшения качества работы переносной аппаратуры в стационарных условиях при питании от сетевых БП.

Особенно эффект заметен, когда применяют сетевые БП улучшенного качества [3], для которых характерно не только малое значение $R_{\text{вых}}$, но и отсутствие влияния сопротивлений проводов, которыми подключают нагрузку, на выходное напряжение. По мнению авторов, наиболее важным параметром качества БП переносной аппаратуры является коэффициент нестабильности напряжения на нагрузке при изменениях тока в ней (K).

В предлагаемом БП уменьшение K достигнуто за счет максимально возможного уменьшения $R_{\text{вых}}$ стабилизатора соединением выходного разъема четырьмя проводами [4]. Принципиальная схема БП представлена на рис. 1. В линейном режиме стабилизации БП обеспечивает плавную регулировку напряжения от 5 до 9 В при токе нагрузки до 1 А.

Первичный источник питания содержит узел индикации наличия напряжения сети (HL1, VD2, R1), трансформатор Т1, конденсаторы С1–С3 и выпрямитель VD1. Питание газоразрядной индикаторной лампы HL1 пульсирующим напряжением устраняет процессы периодической деионизации газа, которые происходят в индикаторе при питании переменным током, и тем самым уменьшает помехи, генерируемые индикатором. Трансформатор Т1 выполнен на основе промышленного ТС-14-2: его вторичная обмотка увеличена на 100 витков. Напряжение вторичной обмотки со-

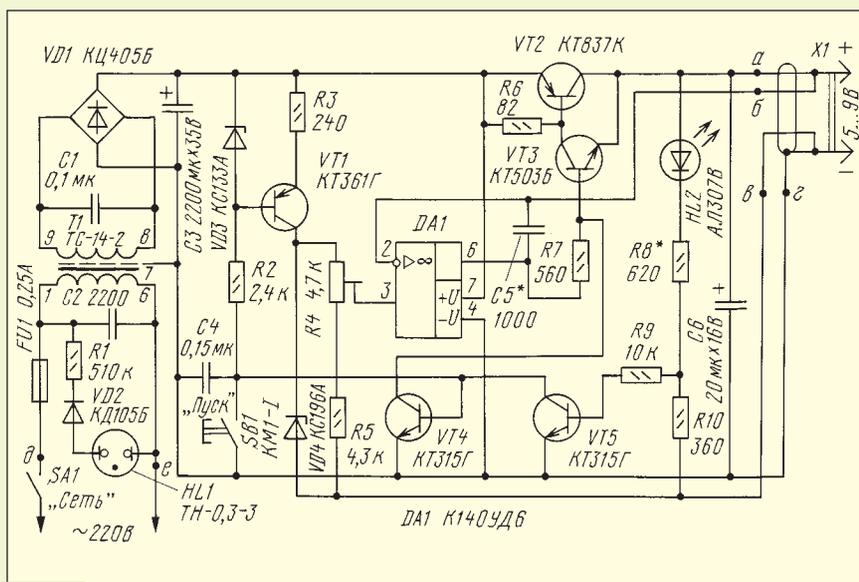


Рис. 1

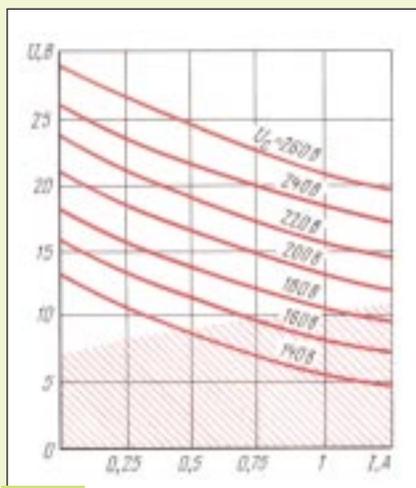


Рис. 2

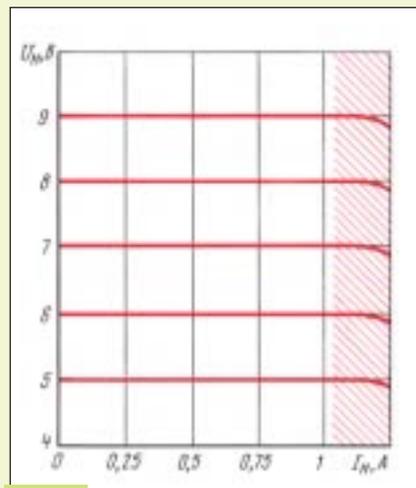


Рис. 3

ставляет примерно 20 В, а сопротивление – 10 Ом. Ток замыкания не превышает 2,4 А, а холостого хода – 25 мА. Нагрузочные характеристики первичного источника для различных значений сетевого напряжения представлены на рис. 2. Заштрихованные области соответствуют работе стабилизатора БП в нелинейном режиме. Среднее значение $R_{\text{вых}}$ первичного источника составляет 10...12 Ом. В режиме замыкания обмотки 8—9 трансформатор может находиться в течение десятков секунд без разрушения от перегрева изоляции провода обмотки 1—6 и межслоевой изоляции, что важно для выбора постоянной времени срабатывания устройств защиты.

Стабилизатор БП содержит регулирующий элемент, выполненный на составном транзисторе VT2, VT3, усилитель на микросхеме DA1 и измерительный элемент, в состав которого входят стабилизированный источник тока VT1VD3R2R3, стабилитрон VD4 и регулируемый делитель образцового напряжения R4, R5.

Отличие стабилизатора – применение усилителя с коэффициентом передачи по напряжению, равным единице. Этим достигается наибольшая возможная глубина общей отрицательной обратной связи по напряжению, равная коэффициенту передачи операционного усилителя на постоянном токе. Такое решение обеспечивает получение наименьшего значения $R_{\text{вых}}$ стабилизатора. Использование в регулирующем элементе транзисторов разной структуры позволяет лучше термостабилизировать параметры стабилизатора, уменьшить значение $R_{\text{вых}}$ и нестабильность напряжения на нагрузке, порождаемую изменениями напряжения на эмиттерных переходах.

Измеренное значение $R_{\text{вых}}$ регулирующего элемента без операционного усилителя – примерно 1,3 Ом. Если полагать, что суммарное сопротивление проводов, соединяющих точки а и г на рис. 1 с контактами разъема X1, не превышает 0,2 Ом, при принятых условиях расчетное значение $R_{\text{вых}}$ БП составит примерно $3 \cdot 10^{-5}$ Ом. Для интервала изменения тока нагрузки от 0 до 1 А максимальная нестабильность выходного напряжения БП не больше 30 мкВ. Кроме этого, максимальное значение расчетной нестабильности, вызванной изменениями напряжения на эмиттерном переходе транзистора VT3 при тех же значениях тока, составляет примерно 3,1...3,5 мкВ. Таким образом, с учетом действия обоих рассмотренных факторов расчетный коэффициент нестабильности выходного напряжения БП (K_i) равен примерно $(3,6...6,6) \cdot 10^{-6}$.

Нагрузочные характеристики БП представлены на рис. 3. Для тока нагрузки до 1 А они строго линейны, что свидетельствует о малом K_i . Масштаб характеристик и малые изменения напряжения не позволяют оценить их количественно, как это сделано в [2]. Заметное уменьшение выходного напряжения наблюдается при токе больше 1 А, когда стабилизатор работает в нелинейном режиме. Это обусловлено увеличением амплитуды пульсаций.

Защита БП от перегрузок выполнена на транзисторном (VT4, VT5) RS-триггере [5]. Отличие этого варианта защиты

от представленной в [2] – резистор R7, который предохраняет выход операционного усилителя DA1 от перегрузки при насыщении транзистора VT4. Конденсаторы C4 и C6 обеспечивают формирование гладких фронтов при переключении триггера.

Подготовка БП к работе осуществляется выключателем SA1. Запуск стабилизатора – кнопкой SB1. Перед пуском в исходном состоянии выходное напряжение БП равно нулю, транзистор VT5 закрыт, а транзистор VT4 открыт, транзисторы VT2, VT3 также закрыты. При замыкании кнопки SB1 база транзистора VT4 соединяется с общим проводом и он закрывается. Вследствие этого транзисторы VT2 и VT3 начинают проводить ток и БП переходит в режим стабилизации. Транзистор VT5 открыт током из цепи делителя напряжения HL2, R8–R10. Напряжение срабатывания защиты – 3...4 В; в этот момент ток базы транзистора VT5 уменьшается настолько, что он закрывается. Тогда RS-триггер возвращается в исходное состояние.

Отметим, что при повторном пуске БП в состоянии перегрузки, сохраняющейся на его выходе, транзисторы VT2 и VT3 принудительно открыты в течение времени замыкания кнопки SB1. В этом промежутке времени ток нагрузки может достигать значения тока замыкания обмотки 8—9 трансформатора, а защита самого БП обеспечивается только плавким предохранителем FU1. Поэтому перед повторным пуском после перегрузки нагрузку желательно отключать.

В авторском варианте основные функциональные узлы БП размещены на печатной плате размерами 170×70 мм. Транзистор VT2 расположен на теплоотводе 70×50×16 мм.

В устройстве применены кремниевые транзисторы в пластмассовых корпусах. Подстроечный резистор R4 – СПЗ-16, все остальные – МТ. Конденсаторы C1, C4, C5 – КМ-6, C2 – БМТ-2 на напряжение 400 В, C3 – оксидный фирмы «Филипс», C6 – К50-6. Предохранитель установлен в держатель ДПМ. SA1 – выключатель для бытовых электроприборов, SB1 – кнопочный переключатель КМ1-1.

Провода, присоединенные к точкам а и б (см. рис. 1), электрически связаны с инвертирующим входом операционного усилителя. Они восприимчивы к электромагнитным наводкам и требуют экранирования. В предлагаемом варианте провода, подключенные к точкам а и г, выполнены витой парой из провода МГШВ-0,5 длиной 1,2 м. Провода б и в – из провода МГШВ-0,25. Все провода продеты внутрь экранирующей оплетки провода МГШВЭ-0,5, которая соединяется с проводами в и г пайкой непосредственно на контакте «–» разъема X1. Другой конец оплетки оставлен свободным. Поверх оплетки выходной кабель электрически изолирован трубкой ПВХ диаметром 8 мм. Разъем X1 – контактная группа от батареи «Крона». Соединения остальных проводников также выполнены непосредственно на контактах разъема пайкой. При размещении в корпусе БП свободный конец экрана кабеля должен находиться внутри ПВХ трубки, не соприкасаясь с корпусом блока, и надежно закреплен.

Передняя панель выполнена из фольгированного стеклотекстолита. Верхняя крышка БП представляет собой П-образную пластину из листовой стали толщиной 0,5 мм. Основание корпуса изготовлено в виде Г-образной пластины из такой же стали или из кровельного железа.

Налаживание БП сводится к обеспечению устойчивости усилителя. Она заключается в исполнении выходного кабеля в соответствии с приведенным выше описанием и подборке номинала конденсатора C5 из интервала от 200 пФ до 10 нФ. Яркость свечения индикатора HL2 устанавливается подборкой сопротивления резистора R8, а уровень напряжения срабатывания зачитывается – резистора R10.

Параметры БП относительно выходных контактов разъема: K_i – не больше 10^{-5} ; $R_{\text{вых}}$ – не больше 10^{-5} Ом в интервале изменения тока нагрузки от 10 мА до 1 А. При токе, равном нулю, коэффициент нестабильности выходного напряжения для изменения напряжения сети от 220 до 160 В составил не более 10^{-3} , температурная нестабильность – примерно 0,5 мВ/°С, ток потребления – 28 мА. Для тока нагрузки 0,1 А амплитуда пульсаций не превосходит 20 мВ. Следует отметить, что приведенные значения K_i и $R_{\text{вых}}$ являются оценочными и основаны на результате расчета. Непосредственное их измерение было затруднено тем, что имеющиеся у авторов приборы не позволили достичь необходимого разрешения, поскольку измеряемые значения находились на уровне шумов.

К эксплуатационным неудобствам БП следует отнести излишнюю жесткость выходного кабеля и необходимость нажатия кнопки «Пуск» для приведения стабилизатора в рабочее состояние. Нужно подчеркнуть, что использование четырехпроводного кабеля было бы нецелесообразно, если значение выходного сопротивления блока питания не было уменьшено до 10^{-5} Ом.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кононович Л. М. Современный радиовещательный приемник. – М.: Радио и связь, 1986.
2. Соколовский А. Г. Почему появились искажения? – М.: Радио и связь, 1985.
3. Данюк Д., Пилько Г. Сетевой блок питания переносной радиоаппаратуры. – Радио, 1996, № 1, с. 54, 55.
4. Источники питания на полупроводниковых приборах. Под ред. Додик С. Д., Гальперин Е. И. – М.: Сов. радио, 1969.
5. Danyuk D. L., Pylko G. V. Flip-Flop PSU Protection. – Electronics World + Wireless World, 1992, March, P. 211.

От редакции. Для улучшения работы блока полезно между выводами 3 и 4 микросхемы DA1 включить оксидный конденсатор емкостью не менее 10 мкФ (плюс – к выводу 3), а между верхним (по схеме) выводом конденсатора C5 и точкой б – резистор 1 кОм. Для исключения попадания на нагрузку полного входного напряжения стабилизатора при обрыве проводников б или в между точками а и б следует включить резистор 10 кОм, а между в и г – резистор 100 Ом или любой диод (анодом – к точке в).