Альтернативный источник питания для Hi-Fi-систем

ТОН ГИСБЕРТС (TON GIESBERTS) и **ТЕЙС БЭКЕРС (THIJS BECKERS)**, инженеры лаборатории Elektor

Можно ли просто соединить последовательно два импульсных ИП, чтобы получить симметричный ИП для УМ? В чем «подводные камни» и как повысить качество ИП? На все эти вопросы отвечают инженеры Elektor.

Обычно в качестве двуполярного источника питания (ИП) для усилителей мощности (УМ) используется тороидальный трансформатор с мостовым выпрямителем и пара мощных электролитических конденсаторов. Эта схема довольно дорогая, однако не каждый радиолюбитель решится изготовить собственную, более дешевую.

Проверим, можно ли получить симметричный ИП с приемлемыми характеристиками из двух готовых однополярных импульсных источников, если соединить их последовательно. Если эксперимент пройдет успешно, то такая схема будет дешевле трансформаторной.

На рынке представлено много импульсных ИП с фиксированным выходным напряжением 12, 24 или 48 В. Среди них нужно выбрать модель, обеспечивающую достаточный ток для питания динамиков, имеющих сопротивление 4...8 Ом. Для проведения эксперимента мы взяли по две пары однополярных ИП S-60-24 и LPS-75-24 производства Mean Well. Источник S-60-24 имеет мощность 60 Вт, а LPS-75-24 более мощный, 75 Вт. Соединив последовательно одноименные ИП, получим два симметричных источника и сравним их характеристики.

ЭКСПЕРИМЕНТ

Для проверки правильности нашего предположения подсоединим ИП к УМ, собранному на биполярных транзисторах с изолированным затвором. Данный усилитель рассчитан на рабочее напряжение 43 В, однако для уменьшения выходного напряжения требуется изменить лишь задержку включения питания, что мы и сделаем, установив предел 30 В.

Соединим два источника последовательно. Поскольку модели, которые мы выбрали, не имеют подключения к общей земле, то возникновение случайных КЗ исключено.

При выборе ИП мы предусмотрели, что они могут быть перегружены до того, как их выходное напряжение упадет. В первом эксперименте в качестве нагрузки для S-60-24 использовался резистор номиналом 8 Ом (24 В · 8 Ом = 72 Вт). При этом напряжение начало падать, когда схема стала потреблять больше, чем 3 А (22 В на сопротивлении 7 Ом). Таким образом, пока наш ИП работает нормально.

В исходной схеме УМ на плате присутствуют два электролитических конденсатора емкостью 10 мФ, которые развязывают ИП и силовые транзисторы. Когда усилитель работает на полной мощности и низкой частоте (около 20 Гц), мощности ИП не хватает, чтобы полностью зарядить эти конденсаторы, и в цепи питания появляются сильные нерегулярные пульсации. Это обусловлено тем обстоятельством, что пиковый ток, необходимый для заряда конденсаторов, настолько велик, что срабатывает схема защиты. Если конденсаторы убрать, помехи от усилителя заметно усиливаются. Оптимальное решение — поставить конденсаторы меньшей емкости, 1 мФ. В этом случае искажения увеличиваются, но не на много (0,042% вместо 0,032% на частоте 80 кГц).

Искажения усиленного сигнала при питании от сетевого трансформатора составляют 0,002%. Анализ Фурье спектра выходного сигнала подтвердил различия. Как видно из рисунка 1, помехи от ИП сильно возрастают после частоты 20 кГц, т.е. вне звукового диапазона. Согласно технической документации, источники S-60 переключаются при частоте 77 кГц, что подтверждается анализом спектра.

При увеличении мощности звукового сигнала эти частотные составляющие становятся менее заметными, и преобладают гармоники звукового сигнала. Все компоненты по крайней мере на 70 дБ ниже основной частоты, это меньше 0,1 мкВт.

На рисунке 2 показана увеличенная часть спектра. Отсюда видно, что частоты переключения двух соединенных последовательно ИП не совпадают. Причиной тому служат две компоненты с частотами 69 и 93 кГц.

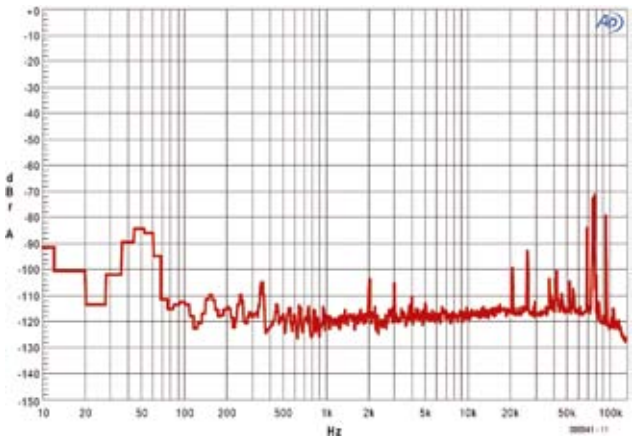

Рис. 1. **Спектр выходного сигнала при питании от двух S-60**

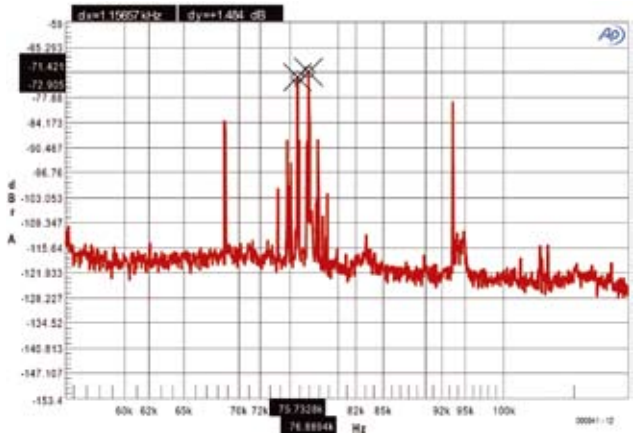

Рис. 2. **Увеличенная часть спектра на рис. 1**

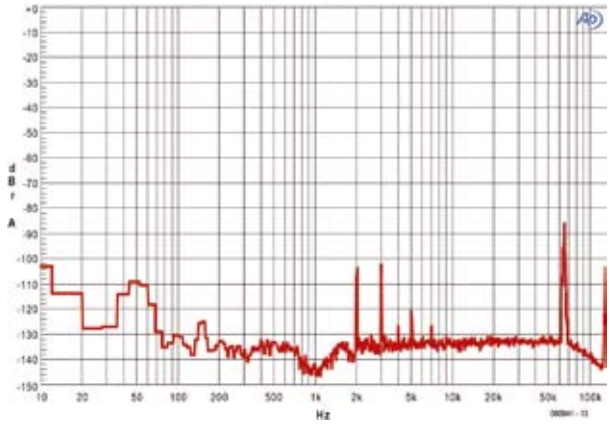

Рис. 3. **Спектр выходного сигнала при питании от двух LPS-75**

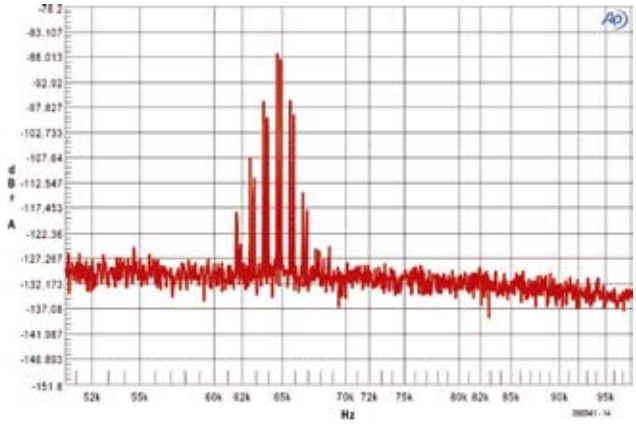

Рис. 4. **Увеличенная часть спектра вблизи частоты переключения LPS-75**

При нормальных условиях большая часть мощности расходуется на низких частотах. Посмотрим, как работает схема на 20 Гц. Выходная мощность S-60 на 20 Гц составляет 30 Вт при нагрузке 8 Ом, 39 Вт при 6 Ом, 42 Вт при 5 Ом и 44 Вт при 4 Ом. На частоте 1 кГц максимальная выходная мощность достигает 57 Вт на нагрузке 4 Ом (54 Вт на 100 Гц). Чем ниже импеданс нагрузки, тем сильнее падает выходная мощность во время скачков сигнала. Очевидно, ИП работает на пределе возможностей.

СРАВНЕНИЕ

Чтобы понять, является ли полученный спектр нормальным для данного типа ИП, мы проделали тот же эксперимент для ИП, собранного на моделях другого семейства того же производителя. ИП LPS-75-24 не имеет защиты и его максимальный выходной ток составляет 3,2 А. Мы получили, что выходное напряжение начинает падать, когда схема потребляет 4 А, что на 25% больше заявленного значения.

Полный частотный спектр усилителя при питании от данного источника приведен на рисунке 3. Видно, что выше звукового диапазона спектр гораздо более гладкий. На рисунке 4 показано увеличенное изображение на диапазоне, близком к частоте переключения. Спектр содержит меньше посторонних компонент, и они более слабые, чем в случае S-60.

ВЫВОДЫ

Напряжение пульсаций на выходе S-60 оказалось больше, чем указано в документации, около 20 мВ вместо 150 мВ. Самый простой способ их уменьшить — это использовать пару дросселей в цепи питания. Дроссели 64 мкГн/3А мало влияют на спектр, зато добавляют много искажений. Дополнительные конденсаторы также только навредили, поэтому быстрого решения нам найти не удалось.

Это, однако, вовсе не означает, что рассматриваемые ИП не подходят для звуковых систем. Несмотря на факт, что искажения на частотах до 80 кГц больше, чем при питании от источников другого типа, шум от переключения пренебрежимо мал, примерно 100 нВт на 77 кГц.

Согласно измерениям, LPS-75-24 имеет лучшие характеристики. Возможно, это обусловлено конструкцией источников. В источнике S-60 разъем питающей сети находится в непосредственной близости к выходу низкого напряжения. В LPS-75 эти выводы расположены на противоположных сторонах платы и не влияют друг на друга. В модели S-60 есть схема защиты. Это безопаснее, однако для наших целей имеет небольшое значение.

С данным типом ИП связана еще одна проблема: они рассчитаны на постоянную нагрузку. В УМ среднее значение тока на полуволне составляет примерно треть от пикового (imax / π). Значит, каждый ИП отвечает за половину мощности, а это 30…40 Вт при нагрузке 4 Ом. Однако на практике ток, как правило, не достигает пиковых значений. Другой вариант — взять специализированный ИП для звуковых схем, например SAPS-400. Он может обеспечивать более высокие пиковые значения тока.

В заключение скажем, что хотя испытанные ИП, собранные из двух последовательных однополярных импульсных источников, оказались далеки от идеальных, зато в отличие от трансформаторных они имеют низкую стоимость.

По вопросам приобретения образцов или сотрудничества с Elektor обращайтесь к Антону Денисову: anton@elcp.ru, тел.: (495) 741-77-01.

Оформить бесплатную еженедельную подписку на новостную рассылку от издания Elektor можно на сайте www.elektor.com.