

Блок питания для небольших ламповых усилителей

DL2YEO, DL2YEO@grp4u.de

Внимание: опасно для жизни! Приводимая ниже схема блока питания работает при сетевом напряжении 230 В переменного тока. После выпрямления некоторые компоненты находятся под напряжением, превышающим 322 В. Все работы по модернизации БП следует проводить только после отключения БП от сети и разрядки его конденсаторов. Помните, что конденсаторы БП на первичной и вторичной его стороне заряжены в течение нескольких секунд после отключения БП от сети.

Для ламповых усилителей, независимо от их назначения (для усиления РЧ или ЗЧ они предназначены), всё труднее и труднее становится подыскать подходящий 50-герцовый трансформатор питания с обмотками на требуемые напряжения, да ещё и за приемлемую цену. Применяемые для фильтрации дроссели с большой индуктивностью тоже дороги. 100 евро за детали для обычного блока питания вполне реальная в наше время цена.

Этот проект как раз и возник из-за невозможности (а может быть и нежелания) заплатить столько за "безделицу". Проект основан на применении небольшого электронного преобразователя для низковольтных галогенных ламп и даёт анодное и накальное напряжения для питания ламповых усилителей. Упомянутые преобразователи можно приобрести в магазинах для самодельщиков ("Сделай Сам") по цене всего в 15 евро. Для экономии (или при недостатке) места следует выбирать вариант с тороидальным трансформатором (на кольце).



Рис. 1. Электронный преобразователь (20...60 Вт).

Не путайте электронный преобразователь с импульсным источником питания. Так в таковых отсутствуют некоторые существенные отличительные признаки, которые для данной области применения просто не требуются. Здесь нет управляющих петель, используемых для стабилизации выходного напряжения в случае смены нагрузки или падения напряжения в сети. Не имеется также зачастую и защиты от короткого замыкания выхода. Сравнительные характеристики 50-герцовой и 40-кГц аппаратуры питания.

По сравнению с традиционной 50-Гц аппаратурой питания электронный преобразователь имеет определённые преимущества:

- низкое выходное сопротивление
- минимальное поле рассеяния сетевой частоты 50 Гц
- малое число витков (< 60 витков) первичной и вторичных обмоток трансформаторов
- легко можно подбирать количество витков при экспериментировании
- легко обеспечить выполнение дополнительных обмоток, если в этом появится необходимость
- малый вес, занимаемый объём и стоимость

Есть и некоторые недостатки, которые нельзя сбрасывать со счетов.

- высокочастотный фон помехи (проникающий по соединительным цепям и через излучение)
- рекомендуемый минимум нагрузки составляет примерно 10 Вт (рекомендуется для безотказной работы преобразователя)- в паузе снижает КПД преобразователя - лишняя нагрузка.

- изменение частоты прерывания (переключения) и спектра помех при изменении нагрузки
- довольно сложный расчёт при индивидуальном проектировании.

Принципиальная схема

В принципиальной схеме электронного преобразователя нет ничего сложного. За компенсированным по току дросселем следует NTC-резистор (терморезистор с отрицательным температурным коэффициентом), призванный ограничить ток. Выпрямитель переменного (сетевое) напряжения 230 В обеспечивает пульсирующее с частотой 100 Гц (без конденсатора C1) напряжение постоянного тока для питания преобразователя постоянного тока в переменный. Преобразователь собран по хорошо зарекомендовавшей себя известной схеме полумоста. Оба биполярных транзистора образуют левую его ветвь, а оба последовательно соединённые конденсаторы ёмкостью по 0,1 мкФ – правую. Между ветвями включен выходной трансформатор.

Транзисторы с маленьким дополнительным трансформатором (на кольце) образуют свободно генерирующий (несинхронизируемый) генератор. В этой схеме наблюдается рост базового тока автоматически с ростом выходного тока. Таким образом, потери усиления будут компенсированы увеличением тока коллектора. Схема в рамке, обозначенная как "Start-Up" - простая схема запуска. Маленький генератор импульсов, состоящий из динистора, конденсаторов и нескольких диодов, воздействует на "старт" генератора, после включения питания. Рисунок расположенный ниже показывает схему преобразователя на сером фоне. Фильтрующий конденсатор C1 (точечная линия) и вторичные выпрямители, показанные на розовом фоне добавлены позднее.

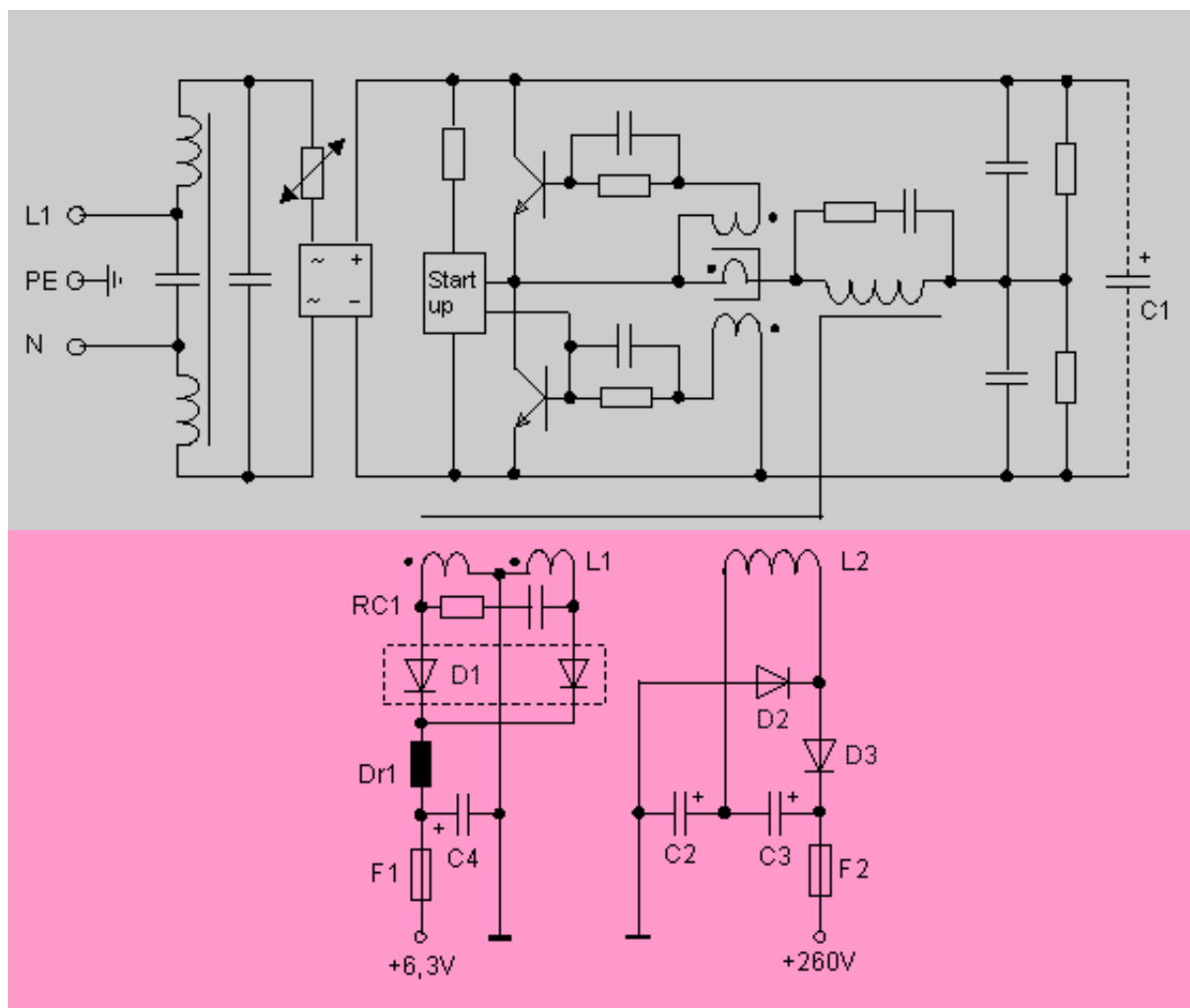


Рис. 2. Электронный преобразователь со вторичным выпрямителем.

Первые измерения

Левое изображение было снято у электронного преобразователя (исходного, не изменённого) с подключенной галогенной лампой в качестве нагрузки. Слабая фильтрация сетевого выпрямленного напряжения конденсаторами малой ёмкости (всего два конденсатора ёмкостью 0,1 мкФ, включенные последовательно) "обеспечивает" модуляцию мощными импульсами частотой 100 Гц. Средне-квадратичное значение модулированного

напряжения частотой 40 кГц соответствует 12 В, указанным на пластиковом корпусе. После установки конденсатора С1 ёмкостью 220 мкФ на рабочее напряжение 385 В, осциллограмма переменного напряжения выглядит более "приятно" (смотрите изображение справа). Остаётся лишь незначительный фон частотой 100 Гц амплитудой 140 мВ. При обмотке, содержащей 8 витков и 18 В на ней, получаем 2,25 В на виток. Это значение важно при расчёте обмоток на другие напряжения.

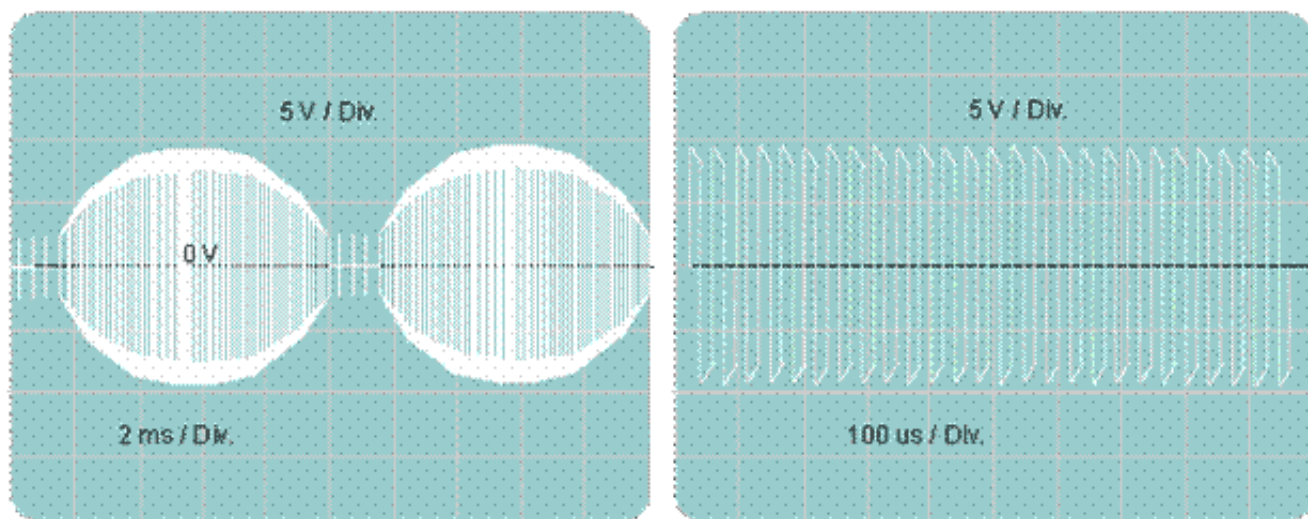


Рис. 3. Формы выходного напряжения при отсутствии конденсатора С1 (слева) и с конденсатором С1 (справа).

Получение анодного напряжения

Имея в виду потери напряжения, рекомендуется следующее количество витков для анодного напряжения 270 В, получаемого, например, с помощью диодного удвоителя.

$$N1 = 270 D / 2 \times 2,25 = 60 \text{ (витков)}$$

4 x 15 витков (проводом, сложенным вчетверо) мотается на предварительно выпаянном трансформаторе. Начало и конец частей обмотки определяются с помощью омметра. Последовательное соединение частей обмотки даёт в сумме 60 витков. Расчёт проверяется подключением нагрузки в 60 Вт. При этой нагрузке схема выдаёт напряжение 260 В.

Схема удвоения напряжения выбрана из-за желания получить как можно меньшее количество витков обмотки трансформатора (здесь в силу вступает не только желание "поменьше мотать", но и возможность размещения обмотки на кольце, так как для "приличного" тока, требуется и "приличный" диаметр провода обмотки, а повышенное значение напряжения на виток и частота преобразования требуют мер к улучшению изоляции как межобмоточной, так и межвитковой –UA9LAQ). Несмотря на удаление старой обмотки 2 x 8 витков (двойным проводом) на кольцевом сердечнике оказалось мало места для намотки требуемых вторичных обмоток. Намотка проводом, сложенным вчетверо, упрощает работу, так как нужно лишь 15 раз протянуть провода сквозь кольцо, чтобы получить 60 витков.

Получение напряжения накала

В зависимости от потребности для накала можно применить стабилизированное или нестабилизированное напряжение постоянного тока или прямо: "переменное" частотой 40 кГц.

6,3 В постоянное напряжение (нестабилизированное)

Всего несколько деталей потребуется для получения двухполупериодного выпрямителя со средней точкой. Дроссель и сглаживающий конденсатор подавляют прямоугольные импульсы и уменьшают вносимый фон 100 Гц. 2 x 3...4 витка (двойным проводом) достаточно для получения напряжения накала 6,3 В. Другие напряжения, 12,6 В или 40 В тоже не проблема, так как количество витков обмоток получается небольшим. Для намотки был использован серый плоский компьютерный кабель, содержащий 2 жилы (можно отделить от кабеля с большим количеством жил).

Поскольку выходным является напряжение постоянного тока, можно использовать

проволочные резисторы для гашения избыточной его величины.

6,3 В постоянное напряжение (стабилизированное)

Можно применить и стабилизированное напряжение. Для этого следует на трансформатор намотать обмотку 2 x 5 витков, а после выпрямителя включить стабилизатор типа LM317, например. Входное напряжение стабилизатора составляет 10 В. Выходное напряжение может быть установлено ровно равным 6,3 В с помощью резисторов, расположенных непосредственно у микросхемы LM317.

6,3 В "переменного" напряжения

Всего 3...4 витками обмотки трансформатора преобразователя можно получить 6,3 В напряжения частотой 40 кГц для питания накала усилителей РЧ и ЗЧ. Для точной установки напряжения, возможно, потребуется не целое количество витков, а четверть или половина витка в пределах вышеуказанного значения. Для погашения излишнего напряжения уже нельзя использовать, содержащие паразитные индуктивности, мощные проволочные резисторы.

Эффект связи нити накала с катодом из-за паразитной ёмкости более страшен со 150 мВ уровнем фона на 40 кГц, чем при 6,3 В средне-квадратичного значения переменного напряжения при питании от сети 50 Гц через понижающий трансформатор. Последнее, однако, не столь страшно для РЧ/ЗЧ оконечных усилителей и фазоинверторов, из-за низкого коэффициента усиления и схемы усилителя (двухтактная, дифференциальная...).

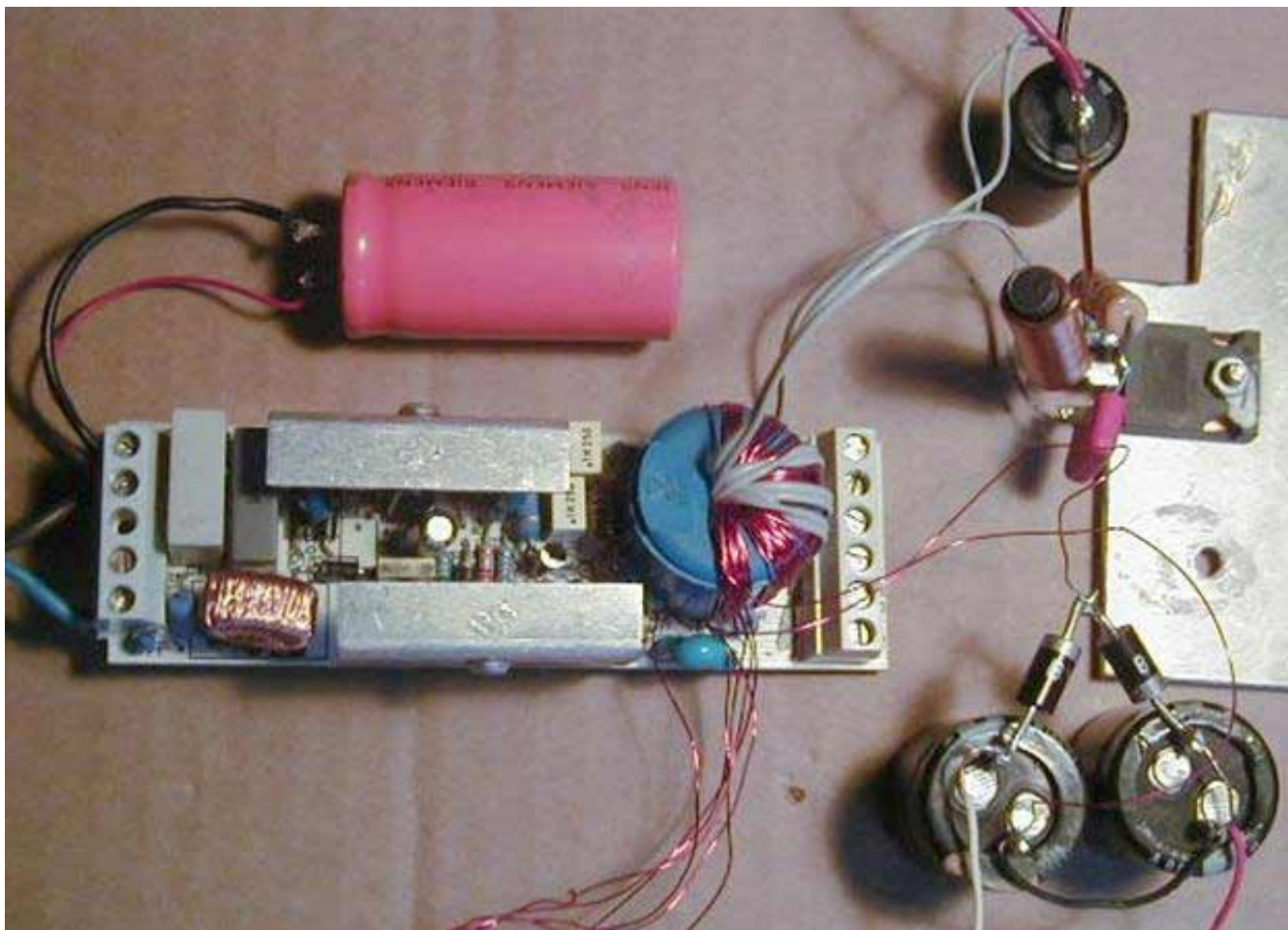
Накалы ламп предварительных усилителей не следует питать напряжением 40 кГц напрямую. Высокий коэффициент усиления предварительных усилителей при питании накала непосредственно, приводит к появлению в анодных цепях повышенного (неприемлемого) уровня напряжения 40 кГц модулированного колебаниями 100 Гц.

Список деталей

Деталь	Номинал
RC1	33 нФ +12 Ом (1 Вт)
C1	220 мкФ x 385 В
C2, C3	220 мкФ x 200 В
C4	1000 мкФ x 25 В
L1	2 x 3 витков (двойным проводом)
L2	4 x 15 витков (счетверённым проводом, соединить последовательно)
Dr. 1	10 мкГн: 25 витков, провод 1 мм на ферритовом стержне диам. 5 мм, длиной 30 мм
D1	Двойной диод Шоттки 30 А/40 В, взятый из импульсного блока питания ПК АТ, например, СТВ 34, STP 30L 40CW, SI5SC4M
D2, D3	BY289, 400 В
F1	3,15 АТ
F2	0,5 АТ

Предварительная сборка

На фото приведена предварительная (опытная) сборка схемы для питания накала постоянным током напряжением 6,3 В и анодной цепи – напряжением 260 В.



Симулированная нагрузка состоящая из лампы накаливания 230 В/60 Вт и двух дефектных ламп EL84, дала 70 Вт – потребления по цепи анода и 10 Вт - по цепи накала, соответственно. Температура ключевых транзисторов была в допустимых рекомендованных пределах. Это соответствовало значению, получаемому при нагрузке преобразователя тремя галогенными лампами мощностью по 20 Вт каждая. Все компоненты во вторичной цепи оставались “прохладными”.