

Импульсный блок питания из энергосберегающей лампы

В этой статье Вы найдёте подробное описание процесса изготовления импульсных блоков питания разной мощности на базе электронного балласта компактной люминесцентной лампы.

Импульсный блок питания на 5... 20 Ватт вы сможете изготовить менее чем за час. На изготовление 100-ваттного блока питания понадобится несколько часов.

В настоящее время получили широкое распространение Компактные Люминесцентные Лампы (КЛЛ). Для уменьшения размеров балластного дросселя в них используется схема высокочастотного преобразователя напряжения, которая позволяет значительно снизить размер дросселя.



В случае выхода из строя электронного балласта, его можно легко отремонтировать. Но, когда выходит из строя сама колба, то лампочку обычно выбрасывают.

Однако электронный балласт такой лампочки, это почти готовый импульсный Блок Питания (БП). Единственное, чем схема электронного балласта отличается от настоящего импульсного БП, это отсутствием разделительного трансформатора и выпрямителя, если он необходим.

В то же время, современные радиолюбители испытывают большие трудности при поиске силовых трансформаторов для питания своих самоделок. Если даже трансформатор найден, то его перемотка требует использования большого количества медного провода, да и массо-габаритные параметры изделий, собранных на основе силовых трансформаторов не радуют. А ведь в подавляющем большинстве случаев силовой трансформатор можно заменить импульсным блоком питания. Если же для этих целей использовать балласт от неисправных КЛЛ, то экономия составит значительную сумму, особенно, если речь идёт о трансформаторах на 100 Ватт и больше.

Отличие схемы КЛЛ от импульсного БП

Это одна из самых распространённых электрических схем энергосберегающих ламп. Для преобразования схемы КЛЛ в импульсный блок питания достаточно установить всего одну перемычку между точками А – А' и добавить импульсный трансформатор с выпрямителем. Красным цветом отмечены элементы, которые можно удалить.

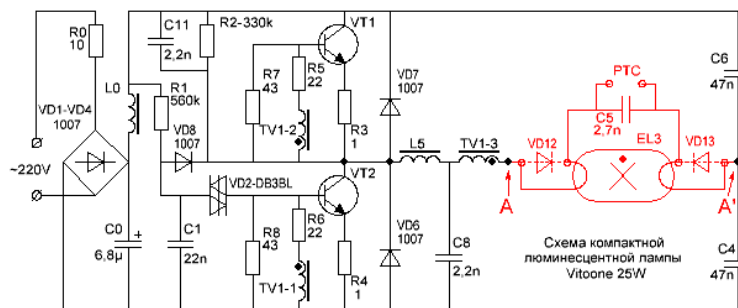
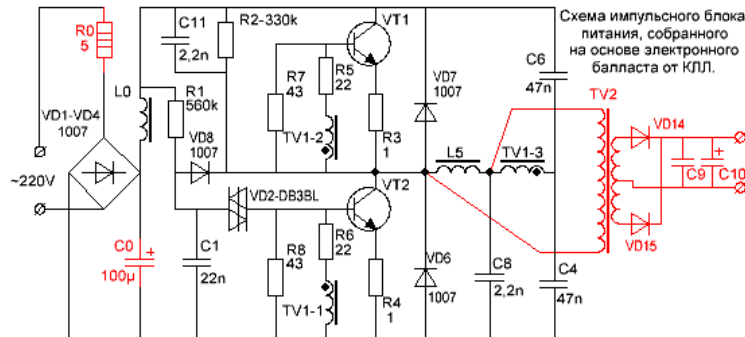


Схема энергосберегающей лампы

А это уже законченная схема импульсного блока питания, собранная на основе КЛЛ с использованием дополнительного импульсного трансформатора.

Для упрощения, удалена люминесцентная лампа и несколько деталей, которые были заменены перемычкой.

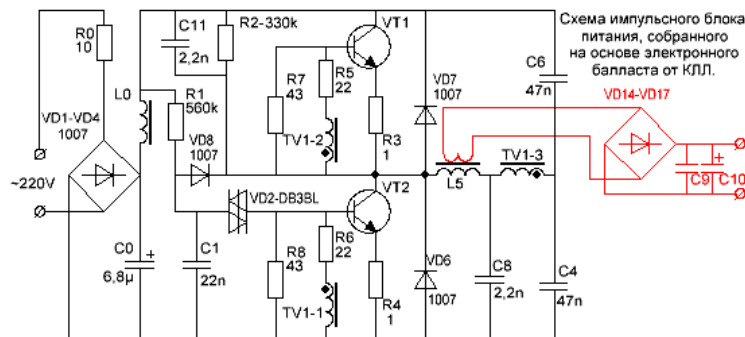
Как видите, схема КЛЛ не требует больших изменений. Красным цветом отмечены дополнительные элементы, принесённые в схему.



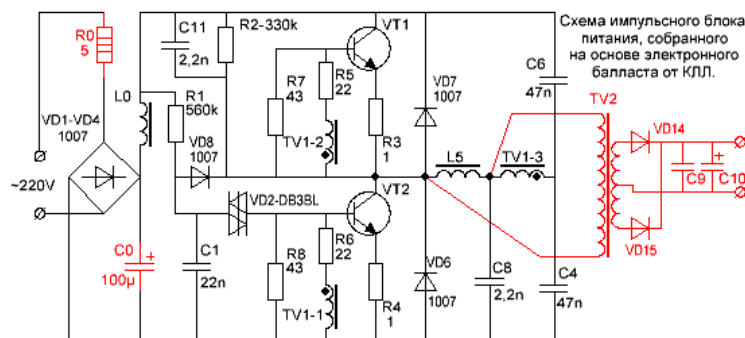
Какой мощности блок питания можно изготовить из КЛЛ?

Мощность блока питания ограничивается габаритной мощностью импульсного трансформатора, максимально допустимым током ключевых транзисторов и величиной радиатора охлаждения, если он используется.

Блок питания небольшой мощности можно построить, намотав вторичную обмотку прямо на каркас уже имеющегося дросселя.



В случае если окно дросселя не позволяет намотать вторичную обмотку или если требуется построить блок питания мощностью, значительно превышающей мощность КЛЛ, то понадобится дополнительный импульсный трансформатор.



Если требуется получить блок питания мощностью свыше 100 Ватт, а используется балласт от лампы на 20-30 Ватт, то, скорее всего, придётся внести небольшие изменения и в схему электронного балласта.

В частности, может понадобиться установить более мощные диоды VD1-VD4 во входной мостовой выпрямителе и перемотать входной дроссель L0 более толстым проводом. Если коэффициент усиления транзисторов по току окажется недостаточным, то придётся увеличить базовый ток транзисторов, уменьшив номиналы резисторов R5, R6. Кроме этого придётся увеличить мощность резисторов в базовых и эмиттерных цепях.

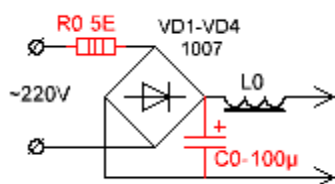
Если частота генерации окажется не очень высокой, то возможно придётся увеличить ёмкость разделительных конденсаторов C4, C6.

Импульсный трансформатор для блока питания

Особенностью полумостовых импульсных блоков питания с самовозбуждением является способность адаптироваться к параметрам используемого трансформатора. А тот факт, что цепь обратной связи не будет проходить через наш самодельный трансформатор и вовсе упрощает задачу расчёта трансформатора и наладки блока. Блоки питания, собранные по этим схемам прощают ошибки в расчётах до 150% и выше. Проверено на практике.

Не пугайтесь! Намотать импульсный трансформатор можно в течение просмотра одного фильма или даже быстрее, если Вы собираетесь выполнять эту монотонную работу сосредоточенно.

Ёмкость входного фильтра и пульсации напряжения

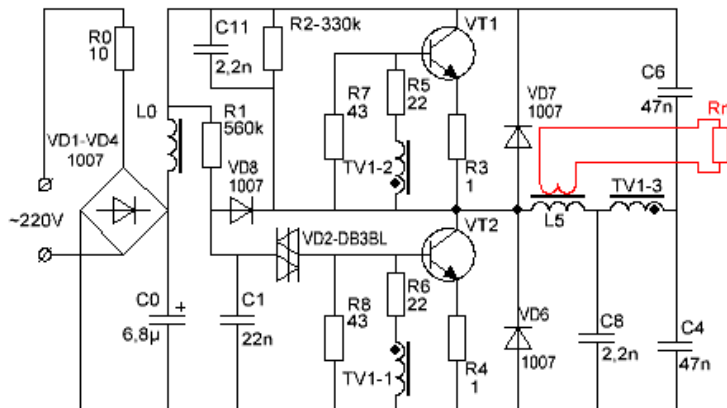


Во входных фильтрах электронных балластов, из-за экономии места, используются конденсаторы небольшой ёмкости, от которых зависит величина пульсаций напряжения с частотой 100 Hz.

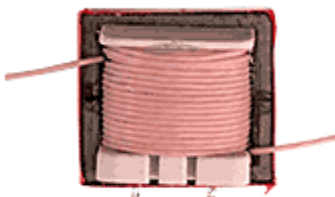
Чтобы снизить уровень пульсаций напряжения на выходе БП, нужно увеличить ёмкость конденсатора входного фильтра. Желательно, чтобы на каждый Ватт мощности БП приходилось по одной микрофараде или около того. Увеличение ёмкости C0 повлечёт за собой рост пикового тока, протекающего через диоды выпрямителя в момент включения БП. Чтобы ограничить этот ток, необходим резистор R0. Но, мощность исходного резистора КЛЛ мала для таких токов и его следует заменить на более мощный.

Если требуется построить компактный блок питания, то можно использовать электролитические конденсаторы, применяющиеся в лампах вспышек плёночных «мальниц». Например, в одноразовых фотоаппаратах Kodak установлены миниатюрные конденсаторы без опознавательных знаков, но их ёмкость аж целых 100µF при напряжении 350 Вольт.

Блок питания мощностью 20 Ватт



Блок питания мощностью, близкой к мощности исходной КЛЛ, можно собрать, даже не мотая отдельный трансформатор. Если у оригинального дросселя есть достаточно свободного места в окне магнитопровода, то можно намотать пару десятков витков провода и получить, например, блок питания для зарядного устройства или небольшого усилителя мощности.



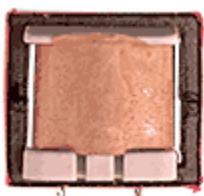
На картинке видно, что поверх имеющейся обмотки был намотан один слой изолированного провода. Я использовал провод МГТФ (многожильный провод во фторопластовой изоляции). Однако таким способом можно получить мощность всего в несколько Ватт, так как большую часть окна будет занимать изоляция провода, а сечение самой меди будет невелико.

Если требуется бо́льшая мощность, то можно использовать обыкновенный медный лакированный обмоточный провод.

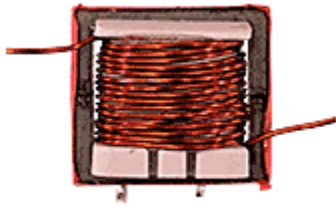
Внимание! Оригинальная обмотка дросселя находится под напряжением сети! При описанной выше доработке, обязательно побеспокойтесь о надёжной межобмоточной изоляции, особенно, если вторичная обмотка мотается обычным лакированным обмоточным проводом. Даже если первичная обмотка покрыта синтетической защитной плёнкой, дополнительная бумажная прокладка необходима!



Как видите, обмотка дросселя покрыта синтетической плёнкой, хотя часто обмотка этих дросселей вообще ничем не защищена.



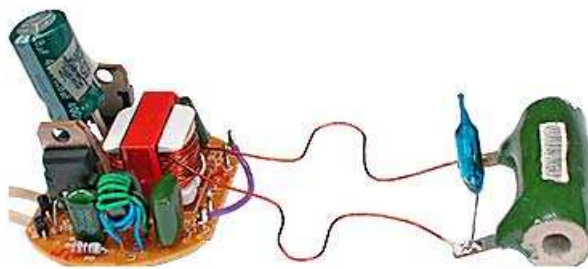
Наматываем поверх плёнки два слоя электрокартона толщиной 0,05мм или один слой толщиной 0,1мм. Если нет электрокартона, используем любую подходящую по толщине бумагу.



Поверх изолирующей прокладки мотаем вторичную обмотку будущего трансформатора. Сечение провода следует выбирать максимально возможное. Количество витков подбирается экспериментальным путём, благо их будет немного.

Мне, таким образом, удалось получить мощность на нагрузке 20 Ватт при температуре трансформатора 60°C, а транзисторов – 42°C. Получить ещё большую мощность, при разумной температуре трансформатора, не позволила слишком малая площадь окна магнитопровода и обусловленное этим сечение провода.

На картинке действующая модель БП



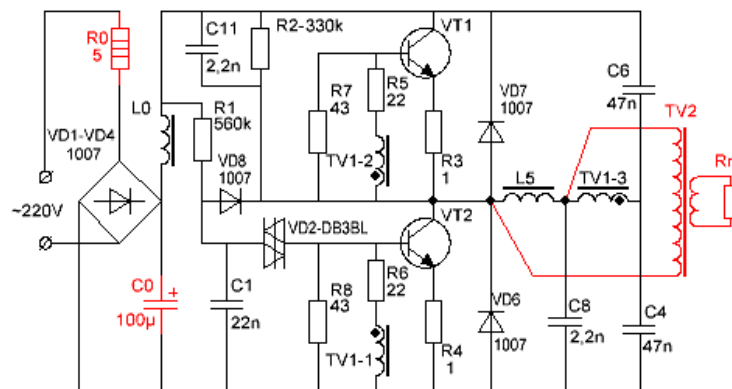
Мощность, подводимая к нагрузке – 20 Ватт.
 Частота автоколебаний без нагрузки – 26 кГц.
 Частота автоколебаний при максимальной нагрузке – 32 кГц
 Температура трансформатора – 60°C
 Температура транзисторов – 42°C

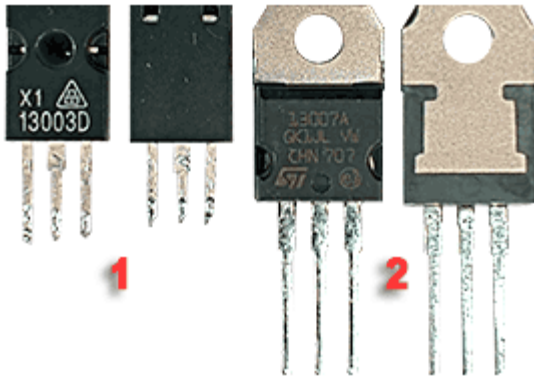
Блок питания мощностью 100 Ватт

Для увеличения мощности блока питания пришлось намотать импульсный трансформатор TV2. Кроме этого, я увеличил ёмкость конденсатора фильтра сетевого напряжения C0 до 100µF.

Так как КПД блока питания вовсе не равен 100%, пришлось прикрутить к транзисторам какие-то радиаторы.

Ведь если КПД блока будет даже 90%, рассеять 10 Ватт мощности всё равно придётся.





Мне не повезло, в моём электронном балласте были установлены транзисторы 13003 поз.1 такой конструкции, которая, видимо, рассчитана на крепление к радиатору при помощи фасонных пружин. Эти транзисторы не нуждаются в прокладках, так как не снабжены металлической площадкой, но и тепло отдают намного хуже. Я их заменил транзисторами 13007 поз.2 с отверстиями, чтобы их можно было прикрутить к радиаторам обычными винтами. Кроме того, 13007 имеют в несколько раз большие предельно-допустимые токи.

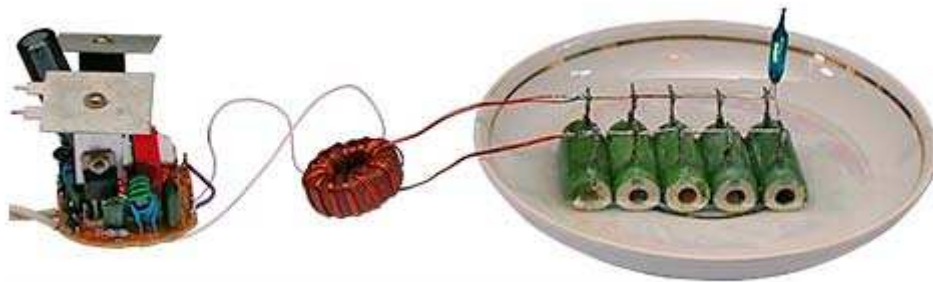
Если пожелаете, можете смело прикручивать оба транзистора на один радиатор. Я проверил, это работает.



Только, корпуса обоих транзисторов должны быть изолированы от корпуса радиатора, даже если радиатор находится внутри корпуса электронного устройства.

Крепление удобно осуществлять винтами М2,5, на которые нужно предварительно надеть изоляционные шайбы и отрезки изоляционной трубки (кембрика). Допускается использование теплопроводной пасты КПТ-8, так как она не проводит ток.

Внимание! Транзисторы находятся под напряжением сети, поэтому изоляционные прокладки должны обеспечивать условия электробезопасности!



Действующий стоваттный импульсный блок питания

Резисторы эквивалента нагрузки помещены в воду, так как их мощность недостаточна.

Мощность, выделяемая на нагрузке – 100 Ватт.

Частота автоколебаний при максимальной нагрузке – 90 кГц.

Частота автоколебаний без нагрузки – 28,5 кГц.

Температура транзисторов – 75°C.

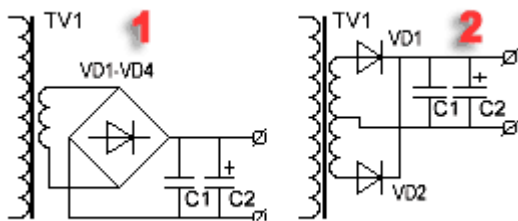
Площадь радиаторов каждого транзистора – 27см².

Температура дросселя TV1 – 45°C.

TV2 – 2000НМ (Ø28 x Ø16 x 9мм)

Выпрямитель

Все вторичные выпрямители полумостового импульсного блока питания должны быть обязательно двухполупериодным. Если не соблюсти это условие, то магнитопровод может войти в насыщение.



Существуют две широко распространённые схемы двухполупериодных выпрямителей.

1. Мостовая схема.
2. Схема с нулевой точкой.

Мостовая схема позволяет сэкономить метр провода, но рассеивает в два раза больше энергии на диодах.

Схема с нулевой точкой более экономична, но требует наличия двух совершенно симметричных вторичных обмоток. Асимметрия по количеству витков или расположению может привести к насыщению магнитопровода.

Однако именно схемы с нулевой точкой используются, когда требуется получить большие токи при малом выходном напряжении. Тогда, для дополнительной минимизации потерь, вместо обычных кремниевых диодов, используют диоды Шоттки, на которых падение напряжения в два-три раза меньше.

Пример.

Выпрямители компьютерных блоков питания выполнены по схеме с нулевой точкой. При отдаваемой в нагрузку мощности 100 Ватт и напряжении 5 Вольт даже на диодах Шоттки может рассеяться 8 Ватт.

$$100 / 5 * 0,4 = 8(\text{Ватт})$$

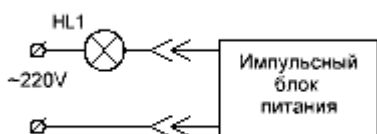
Если же применить мостовой выпрямитель, да ещё и обычные диоды, то рассеиваемая на диодах мощность может достигнуть 32 Ватт или даже больше.

$$100 / 5 * 0,8 * 2 = 32(\text{Ватт}).$$

Обратите внимание на это, когда будете проектировать блок питания, чтобы потом не искать, куда исчезла половина мощности.

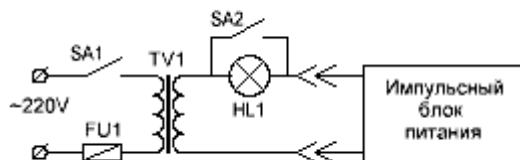
В низковольтных выпрямителях лучше использовать именно схему с нулевой точкой. Тем более что при ручной намотке можно просто намотать обмотку в два провода. Кроме этого, мощные импульсные диоды недёшевы.

Как правильно подключить импульсный блок питания к сети?



Для наладки импульсных блоков питания обычно используют вот такую схему включения. Здесь лампа накаливания используется в качестве балласта с нелинейной характеристикой и защищает ИБП от выхода из строя при нештатных ситуациях. Мощность лампы обычно выбирают близкой к мощности испытываемого импульсного БП.

При работе импульсного БП на холостом ходу или при небольшой нагрузке, сопротивление нити накала лампы невелико и оно не влияет на работу блока. Когда же, по каким-либо причинам, ток ключевых транзисторов возрастает, спираль лампы накаливается и её сопротивление увеличивается, что приводит к ограничению тока до безопасной величины.



На этом чертеже изображена схема стенда для тестирования и наладки импульсных БП, отвечающая нормам электробезопасности. Отличие этой схемы от предыдущей в том, что она снабжена разделительным трансформатором, который обеспечивает гальваническую развязку исследуемого ИБП от осветительной сети. Выключатель SA2 позволяет блокировать лампу, когда блок питания отдаёт большую мощность.

Важной операцией при тестировании БП является испытание на эквиваленте нагрузки. В качестве нагрузки удобно использовать мощные резисторы типа ПЭВ, ППБ, ПСБ и т.д. Эти «стекло-керамические» резисторы легко найти на радиорынке по зелёной раскраске.

Красные цифры – рассеиваемая мощность.



Из опыта известно, что мощности эквивалента нагрузки почему-то всегда не хватает. Перечисленные же выше резисторы могут ограниченное время рассеивать мощность в два-три раза превышающую номинальную. Когда БП включается на длительное время для проверки теплового режима, а мощность эквивалента нагрузки недостаточна, то резисторы можно просто опустить в воду.

Будьте осторожны, берегитесь ожога!

Нагрузочные резисторы этого типа могут нагреться до температуры в несколько сотен градусов без каких-либо внешних проявлений!

То есть, ни дыма, ни изменения окраски Вы не заметите и можете попытаться тронуть резистор пальцами.

Как наладить импульсный блок питания?

Собственно, блок питания, собранный на основе исправного электронного балласта, особой наладки не требует. Его нужно подключить к эквиваленту нагрузки и убедиться, что БП способен отдать расчетную мощность.

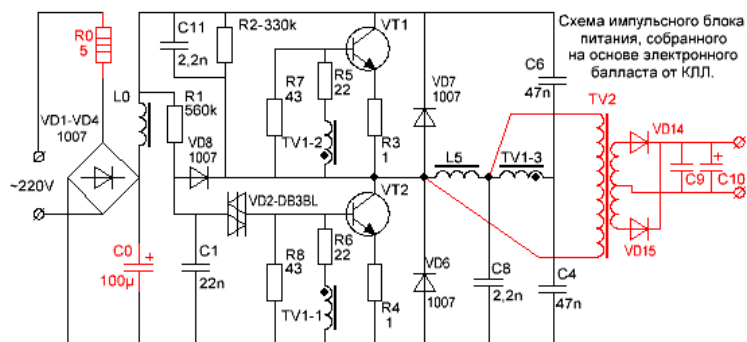
Во время прогона под максимальной нагрузкой, нужно проследить за динамикой роста температуры транзисторов и трансформатора. Если слишком сильно греется трансформатор, то нужно, либо увеличить сечение провода, либо увеличить габаритную мощность магнитопровода, либо и то и другое.

Если сильно греются транзисторы, то нужно установить их на радиаторы.

Если в качестве импульсного трансформатора используется домотанный дроссель от КЛЛ, а его температура превышает 60... 65°C, то нужно уменьшить мощность нагрузки.

Не рекомендуется доводить температуру трансформатора выше 60... 65°C, а транзисторов выше 80... 85°C.

Каково назначение элементов схемы импульсного блока питания?



- R0 — ограничивает пиковый ток, протекающий через диоды выпрямителя, в момент включения. В КЛЛ также часто выполняет функцию предохранителя.
- VD1... VD4 — мостовой выпрямитель.
- L0, C0 — фильтр питания.
- R1, C1, VD2, VD8 — цепь запуска преобразователя.

Работает узел запуска следующим образом. Конденсатор C1 заряжается от источника через резистор R1. Когда напряжения на конденсаторе C1 достигает напряжения пробоя динистора VD2, динистор отпирается сам и отпирает транзистор VT2, вызывая автоколебания. После возникновения генерации, прямоугольные импульсы прикладываются к катоду диода VD8 и отрицательный потенциал надёжно запирает динистор VD2.

- R2, C11, C8 — облегчают запуск преобразователя.
- R7, R8 — улучшают запирающие транзисторов.
- R5, R6 — ограничивают ток баз транзисторов.
- R3, R4 — предотвращают насыщение транзисторов и исполняют роль предохранителей при пробое транзисторов.
- VD7, VD6 — защищают транзисторы от обратного напряжения.
- TV1 — трансформатор обратной связи.
- L5 — балластный дроссель.
- C4, C6 — разделительные конденсаторы, на которых напряжение питания делится пополам.
- TV2 — импульсный трансформатор.
- VD14, VD15 — импульсные диоды.
- C9, C10 — конденсаторы фильтра.