



Дроссель фильтра

Евгений Карнов

Описано изготовление дросселя фильтра высоковольтного
выпрямителя из подручных материалов.

Лирическое отступление.

У меня, как и у любого человека, делающего что-то своими руками, по разным углам валяется куча всякого барахла. Как бы и не нужно, но и выкинуть жалко. И вот так совпало, что мне понадобился дроссель для фильтра, и на глаза попала кучка дросселей от компьютерных источников с пассивным корректором коэффициента формы. С одной стороны, в первоизданном виде вещь ни для чего особо непригодная, но с другой – не дефицитная, и вот тебе уже и сердечник, и каркасы, и зазор спрятан под обмоткой.

Чаще всего встречаются дроссели такого вида (Рисунок 1).

Сечение сердечника – около 1.6см^2 , средняя длина силовой линии – 13 см. Немного забегу вперед и скажу пару слов о магнитных свойствах (тип материала я выяснить так и не смог). Это не ординарная кремнистая сталь, а какой-то сплав, предназначенный для работы в сильных полях. Имеет относительно небольшое значение начального μ - порядка 250, и длинную пологую петлю намагничивания с большим значением индукции технического насыщения. Для низкочастотных дросселей – то, что доктор прописал.

В общем, я решил попробовать использовать их для своих целей, по габаритам сердечника, на первый взгляд, они должны были подойти.

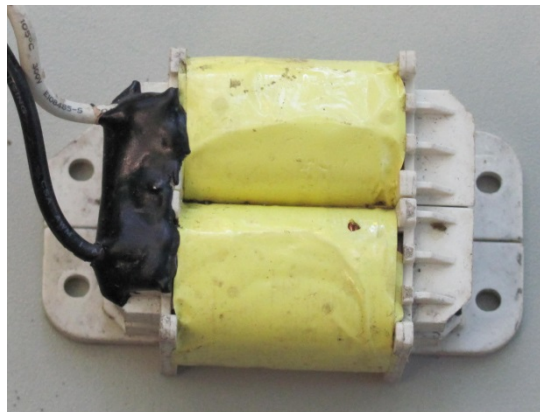


Рисунок 1

Немного вернемся назад.

В статье [«Источники питания для ламповой High-End аудио аппаратуры»](#) достаточно подробно описаны разные типы фильтров. С точки зрения минимизации шумов самого выпрямителя и проникновения помех из сети наиболее пригодным будет Г-образный фильтр, начинающийся с дросселя. Для иллюстрации этого утверждения ниже приведены осциллограммы токов, текущих в цепях выпрямителя, и их спектры. Рисунок 2 и 3 - емкостной фильтр, 4 и 5 – индуктивный. Осциллограммы получены в реальном устройстве при одинаковой нагрузке. Разница в уровне генерирования собственных шумов – вполне очевидна.

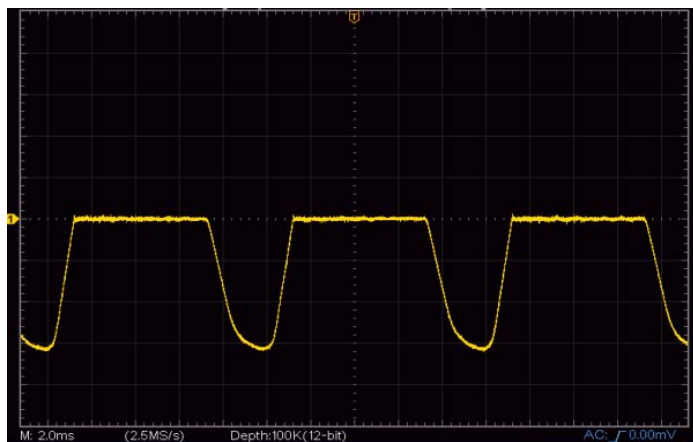


Рисунок 2

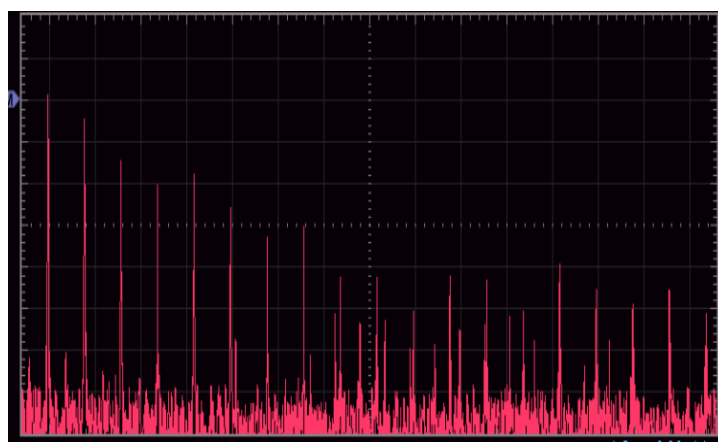


Рисунок 2

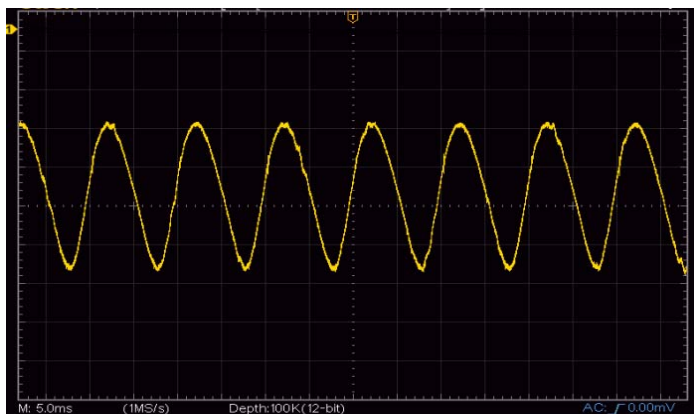


Рисунок 4

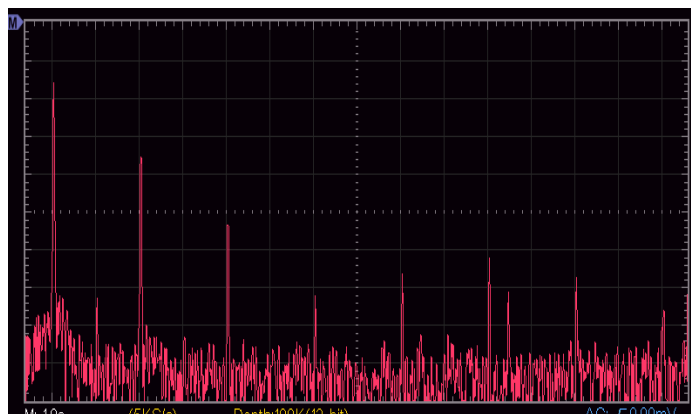


Рисунок 5

Хочу обратить внимание читателей, что работа дросселя в индуктивном фильтре и в классическом П-образном фильтре – различается в уровне приложенного переменного напряжения к обмотке дросселя (в разы больше у Г-образного фильтра). Это надо учитывать и при расчетах, и при выборе заводского изделия (максимальная величина переменной составляющей на обмотке – нормируемая величина).

Практическая реализация.

Основной проблемой при переделке оказался вопрос: как дроссель разобрать. Выяснилось, что компаунд, которым зафиксирован сердечник, имеет термостойкость гораздо выше материала каркаса. Так что нагрев с последующим колупанием – отпадает. Якщо є час та натхнення, то можно пытаться колупать дроссель и без нагрева, но возможность «добыть» без повреждений сердечник и каркасы – под большим вопросом. Все зависит от щедрости полива компаундом китайскими коллегами. Более надежный и быстрый способ - отдельно «добывать» сердечник, и отдельно каркасы. Минус такого решения – необходимость иметь два дросселя.

«Добыча» каркасов.

В сердечнике с торца (Рисунок 6), приблизительно по центру кернов сверлятся два глухих отверстия диаметром 3-4 мм, и глубиной больше половины высоты сердечника. Через эти отверстия выколоткой или подходящим гвоздем выбиваются средние пластины. Когда часть пластин удалена, удаление остальных пластин не вызывает затруднения. В результате мы получаем целые каркасы, с них сматывается провод, и остатки компаунда удаляются механическим путем (Рисунок 7).

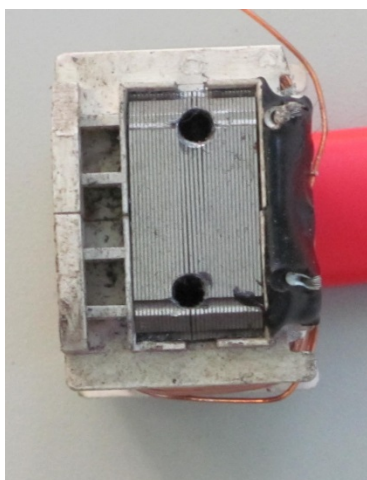


Рисунок 6

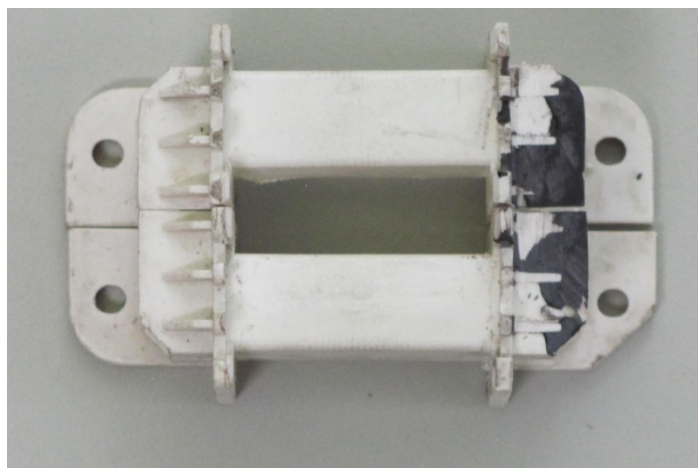


Рисунок 7

«Добыча» сердечника.

С каркасов сматывается или срезается провод, и после подогрева феном, каркасы просто разламываются. Остатки компаунда с пластин удаляются механическим путем (без фанатизма). Встречается два варианта пластин (Рисунок 8) – ширина стержней пластины всюду одинакова, и перемычка имеет меньшую ширину. Предпочтительнее первый вариант, но можно использовать и второй, учтя, что эквивалентное сечение сердечника будет меньше. Еще положительный момент: у большинства производителей пластины имеют одинаковый размер, и сердечники с катушками взаимозаменяемые. Тип пластины можно определить и без разборки по внешнему виду торца сердечника.

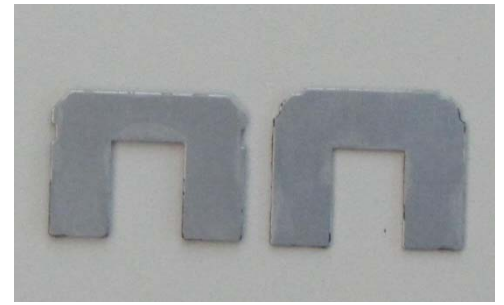


Рисунок 8

Технологических проблем дальше не возникает, наматываются обмотки, дроссель собирается с фиксацией сердечника подходящим компаундом, и при наличии возможности – пропитывается лаком. Катушки желательно мотать с рядовой укладкой, но можно и в навал. Приблизительно на середине намотки прокладывается изоляционная прокладка, чтобы исключить западание витков.

Вопрос с расчетом числа витков и толщины прокладки между кернами – туманный. Очень приблизительно можно сделать оценку по стандартной методике расчета дросселя фильтра. Ошибка получается большой, у меня получилось, что реальная толщина прокладки меньше расчетной вдвое, а витков – на 20% меньше. Более точный вариант, но и требующий больших затрат времени, получить зависимость проницаемости от толщины прокладки. Так как числа витков на катушках одинаковы, то размотав одну катушку, вторую можно использовать как тестовую.

Что у меня в итоге получилось (Рисунок 8).

Небольшой дроссель с маленьким полем рассеяния, индуктивностью 12 Г и активным сопротивлением обмотки 250 Ом. Совершенно беззвучный. Зазор в сердечнике 0.2мм (0.1+0.1мм), провод $\varnothing 0.17$ мм, число витков 5600 (2800+2800). Рабочий ток – 40÷70 миллиампер, допустимая переменная составляющая напряжения на дросселе – 140 вольт (действующее значение).



Рисунок 8

И маленький совет тем, кто решится повторить эту авантюру. Надо обязательно посмотреть форму тока дросселя до окончательной сборки с фиксацией сердечника компаундом (сжать сердечник струбциной, например). Ток должен быть близкий по форме к синусоиде, не уменьшаться до нуля (недостаточна индуктивность дросселя), и не должно быть характерных выбросов на пиках (насыщение сердечника).

Кстати, наличие двух симметричных катушек позволяет включить дроссель дифференциально, что улучшает фильтрацию сетевых помех.