

## Программы расчета импульсных трансформаторов

1. в дросселях для избежания насыщения материала при больших токах применяют немагнитный зазор. поэтому начальная проницаемость не имеет существенного значения. все равно материалы имеют проницаемость с разбросом. можно ставить номинальную проницаемость.
2. амплитуда индукции в общем случае зависит от частоты, так как потери на перемагничивании зависят и от индукции и от частоты. для импортных материалов, например, фирмы Эпкос, можно брать до 0,3 Тесла на низких частотах. а при больших частотах обращать на мощность потерь в сердечнике. для отечественных ферритов не советую брать выше 0,2 Тесла. несмотря на то, что в справочниках дается индукция насыщения более 0,3 Тесла, при более 0,2 Тесла уже начинает ощущаться проявление насыщения.  
для флайбэка у меня сделано несколько иначе. амплитуда индукции выбирается из разумной мощности потерь и частоты.
3. частота преобразования также для отечественных материалов ниже, чем для импортных.
4. для отечественных ферритов следует выбирать материал N27 фирмы Эпкос. но полного соответствия, конечно, же нет.
5. во время обратного хода трансформатор трансформирует напряжение на нагрузке в первичную обмотку. это напряжение в первичной обмотке и называется отраженным. отраженное напряжение выбирается таким, чтобы во время обратного хода напряжение на ключе не превысило предельно допустимое напряжение. и еще оставляется запас на паразитный выброс при закрывании ключа.
6. для простеньких обратныхходов без ШИМ контроллера в случае полевого ключа - чтобы хватало для полного открытия и не превысило допустимое затвор-исток. для биполярного - не так критично. можно и меньше, чем для полевого. в любом случае есть резистор, который задает ток базы. нужный ток можно задать при любом напряжении.

для такого малого размера сердечника обмотки охлаждаются лучше, чем для большого размера. поэтому можно повысить плотность тока. то, что витков становится меньше - приятно, но при этом увеличивается ток через ключ. а это требует увеличения диаметра провода. то на то и выходит. но 200 Вольт я беру для компенсации провалов в сети и компенсации пульсаций на конденсаторе сетевого выпрямителя.

в компьютерных блоках обычно стоят сердечники PC40 от компании TDK. их каталог тоже можно найти в сети.  
у материала PC40 начальная проницаемость 2300.  
в настоящее время у меня в базе есть сердечники E13, E16 и E19.  
при этом подразумевается, что в сборе сердечник состоит из двух половинок, например, E16, и образует в итоге EE16.

при отраженных 100 вольтах и 3,061А тока транзистора, что уже есть порогом срабатывания токовой защиты микросхемы

можно поднять отраженное напряжение.  
при сохранении 10 витков для 30 Вольт можно увеличить задание отраженного до 112 Вольт. при этом в первичке будет 36 витков, и амплитуда тока 2,733 Ампера.

А, ну все понятно - у вас DC мин. 220В, поэтому и ток меньше.  
Просто дефолтное значение при первом запуске программы DC мин. стояло 200В, а я так и считал, хотя, конечно, это слишком низкое входное напряжение (AC мин. 141В).

это мне пришлось сделать, чтобы сохранить тебе 10 витков на 30 Вольт, и чтобы на отводах ты мог получить нужные напряжения.  
при малых мощностях я действую наоборот, занижаю DC мин для снижения числа витков в первичке, несмотря на то, что в нашей сети не может быть такого низкого напряжения.  
но ты же знаешь, что существуют БП на универсальное питание, от 85 Вольт переменного.  
это, с учетом пульсации выпрямленного напряжения, примерно 100-110 Вольт минимального постоянного.  
чем и хорош флай, что ему расчет можно варьировать в широчайшем диапазоне, и все равно будет прекрасно работать.

сердечники EI-33 сделаны из материала PC40, он позволяет работу до 500 кГц.  
можешь спокойно использовать его на 132 кило

у меня программа делает расчет обмоток для обратного хода. а в этой схеме управление затвором происходит на прямом ходе. поэтому расчет этой обмотки следует делать самостоятельно.  
в статье дано 1 - 180 витков, 2 - 8 витков. и тебе надо тогда придерживаться такого же соотношения витков этих обмоток.  
то есть, обмотка управления должна иметь в 20-22 раза меньше витков, чем первичная.

понижающий-повышающий (бак-буст) легко считается по флайбэку. только выходом у него будет первичная обмотка, а вторичной обмотки не будет вообще.  
отраженное напряжение и будет выходным напряжением. а диод в снаббере (клампере) будет выходным выпрямителем.  
то есть, вместо снаббера, предназначенного для гашения выбросов, будет стоять нагрузка.  
все преобразователи обычно и так делают инверторами - на входе переменка, на выходе постоянка.  
программа Booster рассчитывает 2 топологии: повышающую степ-ап (бустер) и понижающую степ-даун (чоппер).  
а я говорил про инвертирующую топологию, которая может и повышать и понижать. вот эту инвертирующую топологию можно считать по флаю.

В программе флайбэк(3100), неразрывность тока задается как отношение размаха пульсаций (или амплитуды) тока индуктивности к его максимуму? Тогда, если увеличиваем пульсации, должна уменьшаться индуктивность?

Исходные 0% - это отсутствие колебаний тока в индуктивности совсем? 0% неразрывности - это разрывной ток. при этом пульсация составляет 100% амплитуды тока.

если неразрывный ток представить как сумму прямоугольной части и пилообразной части, то проценты показывают величину прямоугольной части от амплитуды тока.

отсутствие колебаний тока в индуктивности совсем - это, когда выключишь из розетки...

амплитуда тока **вычисляется**, а не задается  
в комплекте есть программа обратного **расчета трансформатора**.  
вот, в ней и подбирай витки, чтобы получить нужную амплитуду тока.

в комовых БП, как правило, материал РС40. наиболее часто встречаемые из комповых БП у меня есть в базе.

это EI28, EI33 и ER35. в базе они числятся с физическими размерами (по даташиту). а также и данные взяты из даташита. проницаемость там тоже указана. ориентируйся на нее.

EI28 встречался в очень старых АТ блоках.

последняя версия программы теперь сама может выбирать отраженное. принцип автоматического вычисления такой: разница между максимальным допустимым напряжением для ключа и максимальным напряжением питания делится пополам. потом вычисляются витки так, чтобы получилось близко к вычисленному значению.

из-за округления витков до целого может получиться как больше, так и меньше этого значения.

при ручном задании программа всегда делает так, чтобы отраженное не превысило заданное.

чем больше ты оставишь на выброс, тем легче будет и ключу и кламперу. но и беспредельно снижать отраженное нельзя, будет слишком маленькая индуктивность первички и слишком большая амплитуда тока через ключ.

при увеличении числа витков ты увеличиваешь, причем сильно, индуктивность рассеяния, она и облегчает режим ключей (и всей схемы) вместо отсутствующего дросселя.

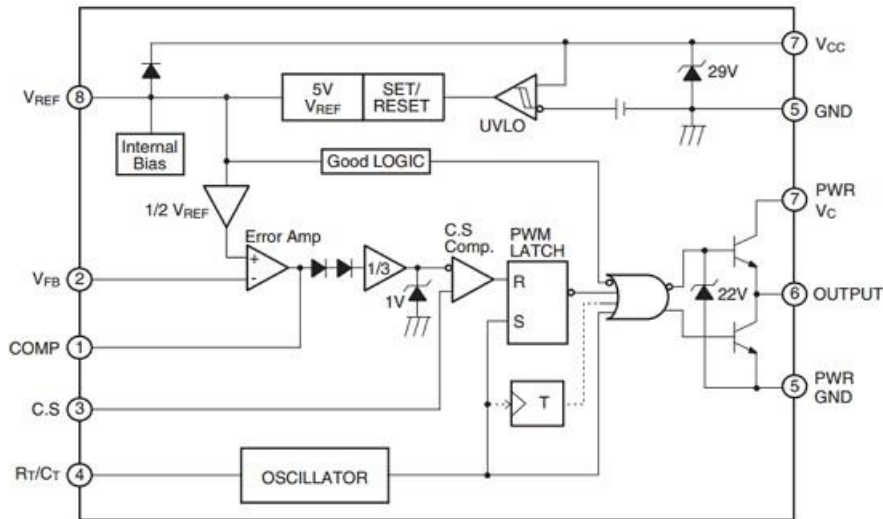
для самопитания достаточно 12 Вольт, чтобы подходили все МС серии 3842...3845.

выборе сопротивления резистора старта выбирается, чтобы ток через него был примерно 1 мА, а это 300 кОм.

не запущенная мс потребляет примерно 0,5 мА. а еще 0,5 мА остается для заряда конденсатора до 16 Вольт

самое нормальное питание 14-15в.

### Internal Block Diagram



Flyback - Программа расчета трансформатора обратного преобразователя (Версия 8.11)

Расчеты RCD клампера Помощь О программе...

**Входные данные**

Первичная обмотка

Питание (мин., ном., макс.), В: 160 | 230 | 253

DC  AC

Частота преобразования, кГц: 100

Отраженное напряжение, не более, В: 124  Авто

Макс. допуст. напряжение на ключе, В: 600

Сопротивление канала Rds(on), Ом: 1.2  Rds(on)  Uнас.

Напряжение насыщения Uнас., В: 0.847

Плотность тока, А/мм<sup>2</sup>: 5

Нерывность тока, %: 0

Пороговое напряжение датчика тока, В: 1

Диаметр провода первичной обмотки: 0.4

Использовать диаметры проводов

| Вторичные обмотки |           |         |         |
|-------------------|-----------|---------|---------|
| У ном., В         | I ном., А | Ud f, В | Диаметр |
| 1. 24             | 1         | 0.6     | 0.63    |
| 2. 24             | 1         | 0.6     | 0.63    |
| 3. 20             | 0.02      | 1       | 0.1     |
| 4.                |           |         |         |
| 5.                |           |         |         |

Величина немагнитного зазора, мм: 0.5

Индуктивность сердечника (AL), нГн/виток<sup>2</sup>

**Результаты расчета**

Сердечник

Требуемый немагнитный зазор, не менее: 0.46 мм

Индуктивность сердечника (AL), нГн/виток<sup>2</sup>: 149

Эффективная проницаемость с зазором: 130.2

Амплитуда индукции (не более 0.271 Т): 0.241 Т

Мощность потерь в магнитопроводе: 0.450 Вт

Коэффициент заполнения окна: 0.248

Первичная обмотка

Индуктивность первичной обмотки: 537.772 мкГн

60 витков, провод 0.4 x 1

Плотность тока: 3.851

Отраженное напряжение: 123.0 В

Выброс напряжения на ключе от Ls не более: 135.4 В

Амплитуда тока транзистора: 1.411 А

Сопротивление датчика тока: 0.569 Ом

Емкость конденсатора выпрямителя (минимум): 99 мкФ

| Ток потребления (по шине DC), А | Напряжение питания |       |       |
|---------------------------------|--------------------|-------|-------|
|                                 | мин.               | ном.  | макс. |
| 0.249                           | 0.172              | 0.157 | 0.157 |
| 0.353                           | 0.244              | 0.222 | 0.222 |
| 0.00                            | 0.00               | 0.00  | 0.00  |

Нерывность тока, %

| Вторичные обмотки |             |         |           |         |            |
|-------------------|-------------|---------|-----------|---------|------------|
| Витки             | Провод      | U вых.  | Ud обрат. | Iс(rms) | Плот. тока |
| 1.                | 12 0.63 x 1 | 24.00 В | 92 В      | 1.030 А | 5.196      |
| 2.                | 12 0.63 x 1 | 24.00 В | 92 В      | 1.030 А | 5.196      |
| 3.                | 11 0.1 x 1  | 21.55 В | 84 В      | 0.021 А | 3.655      |
| 4.                |             |         |           |         |            |
| 5.                |             |         |           |         |            |

**Сердечник**

E 25/13/7

Материал: N87 Epcos

Форма:  E  EI  ER  ETD  Другая

Размеры сердечника:

| A, мм | B, мм | C, мм | D, мм | H, мм | h, мм | I, мм |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|       |       |       |       |       |       |       |

Данные сердечника:

Эффективная проницаемость: 1620

Длина средней линии сердечника, le: 57.5 мм

Площадь сечения сердечника, Ae: 52.5 мм<sup>2</sup>

Площадь окна сердечника, Ap: 61.0 мм<sup>2</sup>

Объем сердечника, Ve: 3.019 см<sup>3</sup>

Добавление в базу (ввод размеров)

Добавление в базу (ввод данных)

Добавить сердечник в базу

Загрузить Сохранить **Рассчитать** Выход

чем больше мы допускаем выброс на ключе, тем меньше выделяется мощность в клампере (резисторе).

“ (Нагрев резистора зависит не от напряжения выброса, а от индуктивности рассеивания трансформатора, частоты и тока ключа. Этот резистор предназначен что бы рассеять энергию накопленную в индуктивности рассеивания трансформатора. Что бы уменьшить нагрев резистора надо качественно мотать трансформатор, применить меньшую частоту. Можно применить медленный диод в клампере )

### **нагрев резистора ЗАВИСИТ от величины выброса!!!**

чем больше выброс, тем меньше мощность в резисторе.

в резистор (в клампер) поступает не только энергия индуктивности рассеяния, но еще "сосется" энергия из отраженного напряжения (забирается "полезная" энергия). и чем больше мы делаем выброс, тем меньше забираем дополнительно из отраженного напряжения.

я уже где-то писал, но повторю.

когда выброс равен отраженному, в клампер поступает три энергии индуктивности рассеяния.

а когда выброс равен двум отраженным, в клампер поступает две энергии индуктивности рассеяния.

математические выкладки этого соотношения весьма объемные и приводить их не буду.

я неоднократно встречал маломощные зарядные устройства (1,5-2 Вт), где клампера вообще нет. транзистор там стоит 13001, а это всего 700 Вольт допустимых. и тем не менее, они работают и не сгорают.

### **Кто то правильно тут недавно заметил, что обратноходы лучше делать на ключах 800...900В.**

это ВСЕГДА так, и номинал резистора тут ни при чем.

высасывание энергии из отраженного - это, так сказать, закон природы.

а неверно рассчитанный номинал резистора влияет только на напряжение, до которого разрядится конденсатор до начала прямого хода.

в идеале - конденсатор должен разрядиться точно до отраженного напряжения.

на самопитание нужны крохи. и если питать в прямоходе контроллер на обратном ходе, то может оказаться, что даже лишнего попадет в выпрямитель питания.

обычно напряжение на размагничивающей обмотке фиксируется, поэтому на обмотке питания нужно делать число витков в соотношении с обмоткой размагничивания по коэффициенту трансформации, как это считается в обычном трансформаторе.

для отраженного напряжения формулы не существует. оно выбирается на основе опыта изготовления.

и из этого опыта давно определено, что оптимальным является 120-130 Вольт.

## MJE13007

**Максимально допустимое напряжение коллектор-эмиттер  $V_{CE} (max)$  ( $U_{КЭ} (max)$ ): 400 В**

**Максимально допустимое напряжение коллектор-база  $V_{CBO} (max)$  ( $U_{КБ} (max)$ ): 700 В**

**Максимально допустимое напряжение эмиттер-база  $V_{EBO} (max)$  ( $U_{ЭБ} (max)$ ): 9 В**

**Максимальный ток коллектора  $I_C (max)$  ( $I_K (max)$ ): 8 А**

**Максимальная рассеиваемая мощность ( $P_K (max)$ ): 80 Вт**

**Напряжение насыщения коллектор-эмиттер  $V_{CE} (sat)$  ( $U_{КЭ} (нас)$ ): 1 В**

### **V<sub>ceo</sub> - collector-emitter open voltage - максимальное напряжение К-Э**

$V_{ces}$  - collector-emitter saturation voltage - напряжение насыщения К-Э

700В когда база-эмиттер закорочен.

400 В когда ток базы равен нулю. Оторван вывод базы.

Обратный ток коллекторного перехода имеет такую величину, что открывает транзистор

Определяющим, стартовым параметром, в обратноходовом преобразователе является отраженное напряжение. Это напряжение возникает на первичной во время обратного хода обмотке и складывается с напряжением питания. Оно выбирается, с одной стороны, исходя из допустимого напряжения на ключе, с другой, - исходя из устойчивости схемы. В большинстве случаев отраженное напряжение не должно превышать напряжение питания, тогда заполнение будет не более 0.5 и схема будет устойчива без дополнительных мер.

Далее, имея отраженное напряжение и выходное, вычисляют К трансформации (а не отраженное напряжение по К тр !!). К выходному напряжению добавляют еще прямое падение напряжения на выпрямительном диоде.

Входное не 300 вольт, больше. По ГОСТ это  $220 \times 1.1 \times 1.41 = 341В$ . Практичнее 350 взять, иногда до 365 считают.

Отраженное - не более 125 вольт для 600-вольтового ключа. Для универсального входа 110-220 его приходится брать вольт 80-90, иначе придется работать с заполнением более 0.5.

Сумма отраженного напряжения со входным во всех режимах работы не должно превышать для коммерческой аппаратуры 80%, а для ответственной 70% от предельно допустимого напряжения ключа.

Кроме теоретического отраженного сюда добавится еще вольт 20-30 из-за конечной скорости работы диода снаббера.

для получения исходных нужно рассчитать сам преобразователь.  
и для этого существует программа BoosterRing, которая рассчитает не только преобразователь, но и сам дроссель к нему.

Семенову Б.Ю. "Силовая электроника" 2001г. и по Кузнецову А. "Схемотехника" 2000-6

Starichok51, по Вашей программе DrosselRing(2300) можно же рассчитать дроссель выходного фильтра? Просто сделал по ней на кольцах от компьютерного БП (желтый с белым), при нагрузке греются как утюг, не пойму из-за чего.  
первоначально эта программа и была сделана для выходных дросселей.  
нужно правильно задавать исходные данные.  
в твоём случае нужно увеличивать количество витков в обмотке (увеличивать индуктивность), чтобы уменьшить нагрев самого кольца.

Спасибо, огромное! Теперь понял свою ошибку, думал как раз наоборот... Как я понимаю, чем меньше минимальный ток относительно номинального, тем больше индуктивность дросселя нужна, правильно? Делаю БП для УМЗЧ на LM3886, поэтому минимальный ток очень маленький (когда нагрузки нет). Ещё вопрос: из-за нагрева дроссель может напряжение "просаживать"?  
да, чем меньше минимальный ток, тем больше индуктивность.  
но на слишком маленький ток (устал уже повторять...) ты не сможешь сделать такой дроссель, который бы имел большую индуктивность и при этом не насыщался при максимальном токе.  
поэтому на ток покоя усилителя сделать дроссель не получится.  
минимальный ток не является величиной, обязательной к исполнению. выбирается такая величина, чтобы дроссель получился не слишком громоздкий, и при этом нагрев сердечника оставался в разумных пределах.  
при таком выборе в покое (или на хх) в источниках без стабилизации будет наблюдаться некоторое завышение выходного напряжения БП, так как дроссель не будет работать при столь малом токе.

ERL транс расчета

ERL - это то же самое, что ER, только размеры некоторые отличаются.

в сердечнике с зазором проницаемость материала уже практически не имеет значения, так как эффективную проницаемость уже определяет зазор.

желательно делать расчет с полностью разрывным током, так как неразрывный ток создает множество проблем.

при отклонении индуктивности в плюс тоже будет работать, но при снижении напряжения питания будет переход в режим неразрывного тока.  
при отклонении индуктивности в минус у схемы увеличивается выходная мощность. но реальная мощность будет ограничена сечением меди обмоток.  
при изготовлении своих изделий я делаю зазор сам в центральном стержне.  
на узкой полоске наждачки, на столе, стачиваю центральный стержень.

у меня закуплены сердечники E25 от Эпкос. в крепеж входят скобы. сначала наматываю все обмотки. потом, по мере стачивания, вставляю половинки сердечника с фиксацией скобами, и измерителем контролирую индуктивность. стачиваю до тех пор, пока индуктивность не снизится до расчетной величины. да, кстати, стачиваю в одной половинке, а вторая половинка стоит в бобине уже окончательно.

если половинку просто прижимать пальцами, то индуктивность гуляет из-за неплотного прижима. поэтому я каждый раз при измерении защелкиваю скобу.

Rds(ON) и максимальное напряжение на ключе для TOP224Y . По даташиту на него, сопротивление открытого канала при 25 градусах 5.2-6 Ом, при 100 градусах 8.6-10 Ом, соответственно можно поставить Ом 8 и забыть. Максимальное напряжение у него заявлено 700В, так чтоб с запасом можно поставить 650

амплитуду выброса сколько лучше ставить? (в программе)

от полной индуктивности удобнее при небольшой нагрузке - будет больше периодов колебаний.

от индуктивности рассеяния - при полной нагрузке. больше запасается энергии - больше колебаний.

чтобы в клампер попадало меньше энергии, нужно выброс делать, как можно больше. но при этом еще нужно считать, чтобы не превысить допустимое напряжение на ключе.

то есть, берем допустимое напряжение на ключе. минус максимальное напряжение питания. минус отраженное напряжение. то, что осталось, можно использовать для выброса.

по средней линии примерно 300 Вольт - напряжение питания. вокруг него потом идут колебания от полной индуктивности.

полка отраженного напряжения примерно на 130 Вольт выше идет, относительно минуса уже имеем примерно 430 Вольт.

выброс над отраженным примерно 140 Вольт.

итого имеем 570 Вольт на ключе.

программа считает витки под заданный зазор, а не под требуемый все считается под заданный зазор.

минимальный зазор приводится, как справочный, в том смысле, что меньше минимального задавать крайне не желательно.

вот, с 515 мкГн и будет запас мощности.

запас по мощности - то же самое, что работа при более низком напряжении питания.

в большинстве случаев оптимально 40-50 кГц. в своих изделиях я применяю 45 кГц, плюс/минус небольшое отклонение из-за разброса номиналов деталей.

но окончательное решение следует принимать по ситуации, в зависимости от исходных данных, имеющихся сердечников и так далее...

**Inikon**, неоправданное увеличение частоты увеличивает коммутационные потери на переключение.

неоправданное уменьшение частоты увеличивает габариты трансформатора.

40-50 кило - этот оптимум найден людьми практически.

есть еще один момент. при большом заполнении окна ухудшается связь между обмотками - трансформатор становится "плохой".

можно без вторичных обмоток делать замеры индуктивности первички.  
33 и 35 - не такая уж большая и не опасная разница.  
для транс хуже, когда отклонение в минус, а в плюс - да ради бога...

от зазора индуктивность рассеяния практически не зависит.  
если места в катушке до хрена еще, то лучше добавить зазор и взять больше сечение обмоток.  
сначала лучше сделать расчет на конкретный зазор. потом намотать все обмотки.  
плотность тока для "глухого" корпуса лучше снизить до 4 А/мм<sup>2</sup>.  
лучше зазор брать гораздо больше, чем просит программа. правда, число витков при этом тоже растёт...

В проге Флайбак в расчете клампера "Амплитуда выброса" - это от уровня отраженки отсчитывается

Т. е. если у меня полевик на 800В, максимальное напряжение на входе 264В,,  
отраженка 120В то напруга на ключе будет = 370В+120В+Выброс Т. е. максимально допустимый выброс не должен превышать 110В с учетом запаса 25% по напряжению

А если учесть, что у меня стоит супрессор на 200В, то выброс не должен быть больше 200-120=80В чтоб не очень накалять супрессор

да, ты все правильно понимаешь.

только программа у меня показывает допустимый выброс без учета запаса.

на сапрессор указывается начальное напряжение, когда ток через него равен 1 мА.  
при гашении выброса напряжение на сапрессоре при более высоком токе будет заметно выше

### **связь между обмотками от частоты не зависит**

И заметьте, при снижении мощности КПД не возрастает, а снижается.

Так, при 50% нагрузке КПД почти тот же - 86,4%

А при 12% - всего 80,2%. В принципе последнее понятно - потребление цепей управления и режим БП, который рассчитан все-таки на 60 Вт, а не на 7.

Но это говорит о том, что транс не в насыщении, т. к. если бы он на большой мощности грелся, а при снижении мощности КПД возрастал, то говорило бы что что-то не так. А тут вроде как и должно быть, но КПД занижен.

все это легко проверяется в программе Flyback-Invert.

хорошо видно, что увеличение зазора снижает индукцию и потери в сердечнике.

Т. е. чем больше зазор - тем лучше?

лучше, но все должно быть в разумных пределах.

с увеличением зазора требуется больше витков, а это получается больше индуктивность рассеяния.

В итоге получил индуктивность 600-610 мкГн вместо 542 мкГн предыдущего варианта. Могло ли это повлиять на КПД? По проге индуктивность должна быть 581 мкГн.

во всплывающей подсказке, на индуктивности, есть указание, не более какой величины должна быть индуктивность.

лишняя индуктивность может проявиться на минимальном питании, тогда может появиться режим неразрывного тока.

Да я понял это. Там кстати 602 мкГн всплывает. Но зазор пилить я могу и до 602 и до 542 как было. Вот и думаю - как лучше?

пили, чтобы получилось меньше 600

индуктивность рассеяния, если хорошо намотаешь должна быть раза в 2 меньше. эквивалентная емкость бывает обычно в пределах 50-100 пФ. а ты туда загнал что-то не реальное.

и еще. чтобы пользоваться нижними **расчетами**, нужно указать правильные периоды колебаний.

программа делает расчет сопротивления датчика тока так, чтобы максимальная индукция оставалась на безопасном уровне.

поэтому очень важно иметь зазор больше того минимального зазора, который указывает программа.

при указанном в программе минимальном зазоре запаса мощности не будет.

в расчете указана рабочая амплитуда 0,159 Тесла, а в скобках указано не более 0,3 Тесла. отличие почти в 2 раза. поэтому и сопротивление получается меньше такой же пропорции.

у меня по этой причине никогда не сгорало, даже, когда я ставил из наличия номинал меньше, чем по такому моему расчету.

транзистор выбирать на ток больше, чем амплитуда тока.

1 мм против 0,363 мм - это почти в 3 раза. это слишком много. будет очень много меди, по которой ток не течет, а место в окне она будет занимать...

для себя я установил предел по используемому диаметру примерно 1,4 от диаметра по скину. в этом случае "пропадает" примерно 10% площади проводника.

Если я правильно понял смотря на картинку, то у меня отраженное напряжение 120 В + выброс 123 В + после выпремителя  $375 = 618$  Вольт

Получается что ставить надо минимум транзистор на 700 Вольт, поправьте меня так ли я понял?

программа сообщает предельное значение выброса. а ты **обязан** обеспечить выброс меньше этого предела, чтобы остался небольшой запас для ключа.

расчет клампера не правильный, так как периоды колебаний остались от моего **расчета**. а тебе нужно эти периоды сначала измерить, потом внести в программу, и только потом можно пользоваться автопереносом результатов из нижнего **расчета** в верхний.

Подскажите верно ли я понимаю что значит "АМПЛИТУДА ТОКА ПЕРВИЧНОЙ ОБМОТКИ" то бишь это максимальный ток проходящий по первичной обмотке? и соответственно этот же ток будет протекать через открытый ключик?? Это мне необходимо понять для правильного **расчета** "current transformer"

да, понимаешь правильно. этот же ток будет и в ключах.

Для надежности выбираем допустимый ток в ключах на уровне 70%-80% который и будет отслеживать защита, от их максимально допустимого тока по даташит? К примеру ключики на 10А а настроить отсечку на ток около 8А верно??

мыслишь правильно. но при этом лучше брать максимальный ток ключа при 100 градусах. для мосфетов это обычно составляет 0,6-0,7 от максимального тока при 25 градусах.

измерил индуктивность первички - 500мкГн  
при замкнутых вторичках - 30мкГн  
это о чем говорит?

о том, что плохо намотан трансформатор, так как 30 мкГн - очень много по сравнению с 500 мкГн.

У меня два вопроса:

1. Намотал транс, замерил первичку - 421.33 мкГн (в программе 427). Закоротил все вторички и обмотку самопитания шим контроллера, замерил индуктивность первички - 8 мкГн.

Запустил бп и замерил частоту - 62.5кГц (расчетная 66), период колебаний по L1 - 1.3 мкс, период колебаний по Ls - 0.2 мкс. Программа рассчитала индуктивность рассеяния - 9.97 мкГн,

что несколько больше чем 8 мкГн!!? Такое расхождение нормально? Или не надо было вместе со вторичками и обмотку самопитания закорачивать?

Что лучше указывать программе в графе индуктивность рассеяния, то что измеренно осцилом или измерителем индуктивности?

2. Поставил в программу в поле индуктивность рассеяния 8 мкГн, емкость конденсера задал 5.15 нф (что было на 2 KV), программа выдает 20К резистор. Ставлю 20К на 2 Ватта и диод FR307.

Так вот бп не запускается (циклически происходит выброс напряжения на выходе бп) если подключать RCD по схеме 1, если же включить еще доп. резистор на 5 ом как на схеме 2, то запуск идет без проблем. Менял диод FR307 на FMGG2C (те же 500ns) та же картина. Доп. резистор подключил по схеме из PI expert.

Вопрос - Почему с резиком запуск есть, а без него нет и зачем он вообще нужен?

1. ставить нужно по результатам измерения осцилом. но точность этого измерения зависит от точности измерения периодов. поэтому желательно измерить время не одного периода, а нескольких периодов.

а расхождение результатов с измерителем индуктивности может быть и большим. лично у меня бывало по разному, и близкие результаты, как у тебя, и большое расхождение.

на последний вопрос ответить не могу - у меня всегда прекрасно работало без этого дополнительного резистора.

но могу высказать только предположение, что имеется нехватка напряжения самопитания. а с этим резистором выброс на стоке выше и, следовательно, немного выше самопитание.

В программе flyback для амплитуды тока транзистора 2.231А выдает сопротивление датчика тока - 0.325 Ом. Для 2.459А - 0.302 Ом.

В статье "Зарядное устройство для малогабаритных свинцовых аккумуляторов" автор делить 1 на амплитуду тока, имеем

$1/2.231A = 0.448$  Ом что сильно отличается от 0.325 Ом и  $1/2.459A = 0.406$  Ом что также отличается от 0.302 Ом.

Причем автор статьи пишет что занижать сопротивление сильно не стоит из-за возрастания силы тока через ключ.

Сами вы рекомендовали эту статью для начинающих.

Объясните такое расхождение.

во-первых, преобразователь должен иметь запас мощности для выхода в установившийся режим.

во-вторых, сопротивление у меня рассчитывается так, чтобы амплитуда индукции в переходном режиме не превышала допустимый уровень.

Хорошо. Тогда если расчетное по программе 0.302 Ом то ставить можно какие?

В каком диапазоне? У меня сейчас стоит 0.33 (3 резистора параллельно по 1 ому каждый).

Если лучше поставить меньше, то куплю.

оставь 0,33 Ома.

Но, то что посоветовал **Starichok51** следует учесть, так быстрее блок выйдет на режим. Для блока питания это актуально, для зарядного устройства можно и расчетом по формуле пользоваться, так как при подключенном аккумуляторе выходные конденсаторы уже заряжены почти до уровня напряжения, которое выдает зарядное во включенном состоянии. Значит запуск произойдет можно сказать мгновенно, так как ему не нужно будет сначала заряжать выходные конденсаторы, которые в разряженном состоянии имеют очень низкое сопротивление.

r/s думаю понятно описал ситуацию

Да ситуацию описал понятно, спасибо. Но вот если на подключаемом аккумуляторе будет вообще полный 0 Вольт 🐱)).

Что-то почитал статью - <http://www.radiokot.ru/circuit/power/supply/04/>.

Там есть такая строчка - "Резистор R7 определяет порог ограничения выходного тока БП, а также максимальный ток стока силового транзистора."

В данном случае резистор R7 является сопротивлением датчика тока.

Но вот я чего не понимаю, если мой бп 20V/2A + 20V/0.7A + 20V/0.7A имеем в итоге - 3.4A = 68 Ватт в сумме на выходе. Программа flyback показывает амплитуду тока транзистора 2.483A,

Как этот резистор может определять порог ограничения выходного тока БП? Не значит же это что по достижению мощности нагрузки в 20V/2.483A = 49.66 Ватт, бп уйдет в защиту.

Я понимаю что амплитуда тока транзистора это не сила тока на выходе бп. Может есть какая линейная зависимость от сопротивления датчика тока и порога ограничения тока бп,

или чушь написана в статье?

правильно понимаешь. трансформатор обеспечивает эту линейную зависимость.

Чего-то я опять не понял по расчету клампера.

Если в программе flyback 6100 указано амплитуда тока - 2.394A ( $1/2.394 = 0.41$  ом) и при этом указано сопротивление 0.363 Ом, то

пусть резистор ниже чтобы был более уверенней запуск бп или что там еще за

причины.

Тогда вопрос - при расчете клампера я указываю амплитуду тока - 2.394А (да там вообще автоперенос идет) и получаю значения R и C, но ведь для 2.394А!! А если у меня стоит 0.363 Ома там ведь тогда будет амплитуда тока -  $1/0.363 = 2.75$  Ампер, но тогда и клампер получается рассчитывается неправильно. Если я введу вручную вместо 2.394А 2.75 Ампер, расчет клампера будет сильно отличаться от первоначального.

возможно, ты прав, что клампер нужно считать для максимального тока. но тогда при номинальном режиме клампер будет сильно не оптимальным.

но переходный процесс занимает очень мало времени, примерно несколько миллисекунд. по крайней мере, у меня еще ни одного изделия при запуске не сгорело.

я никогда для выброса не использую весь максимум, который показывает программа. а также внутренний обратный диод в ключе может поглотить некоторое количество энергии в режиме пробоя (как обычный стабилитрон - сапрессор).

тут один чел (общались в личке) вообще себе делает на 500-вольтовых ключах, но ни разу не сообщил о сгорании при включении...

Собрал обратноходовый преобразователь. В связи с чем возник вопрос относительно индуктивности рассеяния. Допустим, что индуктивность рассеяния первичной обмотки **импульсного трансформатора** относительно велика. Как это повлияет на напряжение индуцированное во вторичной обмотке? Т.е. повлияет ли это на коэф. трансформации?

Индуктивность рассеивания на коэф. трансформации не влияет. Она влияет на выбросы на первичной обмотке и нагрев клампера.

Не получается у меня с расчетом клампера для флайбека.

При внесении в программу периодов колебаний, она выдает индуктивность рассеяния 12.19 мкГн.

Замеряю индуктивность при закорачивании вторичек - 8.33 мкГн.

Ввожу данные + 8.33 мкГн. При кондере 4 нФ пишет - 25 кОм, мощность 1.3 Вт.

Ставлю 3 в параллель с итоговым сопротивлением 25.7 Ком.

Включаю бп, при мощности нагрузки 30% начинает греться слегка этот резистор.

Ну ладно думаю, сварганил из 4 резисторов по 2 ватта каждый (8 ватта итого) с итоговым сопротивлением 26.1 Ком.

Включаю бп при мощности 50% еще больше чем при первом резисторе греется.

Вот и думаю если внести в программу индуктивность рассеяния полученную по периодам колебаний (12 мкГн), то

программа выдает резистор 21.1 Ком, но уже на 1 Ватт.

Вот и не понимаю что мне делать? На 100% нагрузки резистор 8 Ватт 26.1Ком пойдет курить черным дымом.

Как мне быть? Понижать или повышать сопротивление?

ставь по результатам измерения периодов - 12,19 мкГн.

какой диод у тебя стоит в клампере?

Подбери резистор что бы напряжение на конденсаторе было чуть больше

отраженного напряжения и всё. И не надо не каких танцев с бубном при расчёте.

зачем столько заморочек?

То есть замеряю напряжение на конденсаторе клампера, и смотрю чтобы было 120.8 Вольт отраженное по расчетам программы + сколько еще?

какой диод у тебя стоит в клампере?

Диод FMGG2C. Ставил fr307, но с ним не всегда запускается, а один раз так вообще вылетел бп (ключ, защитный стабилитрон, и как строно диодный мост).

имелось в виду, что конденсатор к началу прямого хода должен разрядиться примерно до уровня отраженного.

FMGG2C - ультрафаст. а расчет клампера показывает сопротивление и мощность резистора с быстрым диодом.

навскидку, сопротивление примерно в 4 раза меньше, а мощность примерно в 4 раза больше, чем с "медленным" диодом.

я не могу знать, почему у тебя с fr307 происходит авария.

## **программа - обратного расчета - вспомогательная. для проверок, что и как можно изменить в намотке для оптимизации после основного расчета**

с помощью программы производим расчёт под нужное напряжение и силу тока и нужный сердечник, а потом с помощью программы обратного расчёта корректируем транс как нам нужно (в данном случае с помощью изменения количества витков и зазора добиваемся нужной индукции первичной обмотки).

естественно, за индукцией смотреть обязательно нужно.

можно и число витков первички подобрать поточнее.

а также можно играть диаметрами проволоки и числами жил. но при этом обязательно следить за заполнением окна.

короче, дополнительный сервис никогда не помешает...

всех причин создания обратного расчета я уже не помню, но если создал, то причины были...

конешно, можно обойтись и без обратного расчета и в прямом расчете можно поизгаляться... например, мелко меняя отраженное напряжение, подобрать наиболее оптимальный, удобоваримый, вариант.

Отвечу по поводу расчета клампера. Я делаю так:

Первоначально устанавливаю цепочку клампера примерно такую, как устанавливают в подобных по мощности блоках. При первоначальном включении в сеть использую лампу накаливания и блок не нагружаю вообще (на самом деле вешаю резистор, который создает небольшую нагрузку), без нагрузки или с маленькой нагрузкой выброс не может быть высоким, он увеличивается при увеличении нагрузки.

Измеряем параметры, вводим в программу расчета, получаем приблизительные значения деталей клампера, устанавливаем их, а уж потом добавляя нагрузку следим за выбросом и немного корректируем номиналы. Пока такой метод не подводил, для перестраховки можно на время тестов устанавливать транзистор с максимальным напряжением сток-исток вольт 900, тогда вероятность его выбить выбросом напряжения сводится к нулю. Ну а потом уже после подбора нужных номиналов устанавливать транзистор на 600 вольт. Можно конечно добиться таких результатов, что можно будет поставить и на 500 вольт, но тогда резистор клампера должен быть

более низкого сопротивления, а значит увеличится его нагрев и нужно будет устанавливать его большей мощностью. 600 вольтовый транзистор более оптимален - терпимый нагрев резистора и недорогой транзистор. 500 вольтовый транзистор - дешевле ключ, но более высокий нагрев резистора т.е. большие (ударение на О) потери. 900 вольтовый транзистор - минимальные потери на нагрев, но более дорогой транзистор. Исходя из этого можно выбирать тот вариант, который Вас устроит

по поводу остатка напряжения после выброса.

когда конденсатор клампера отдаст часть заряда через еще не закрывшийся диод, на нем будет некоторое напряжение, превышающее отраженное напряжение. вот это превышение над отраженным и есть тот самый остаток после выброса.

в предыдущих версиях программы у меня было жестко задана величина этого остатка в 30% от величины выброса. о насамом деле там может быть любая другая величина. поэтому для получения более точного **расчета** я добавил этот параметр.

определить остаток можно только по осциллографу.

**Если взять осциллограмму со статьи**



то остаток напряжения после выброса, над отраженным напряжением можно пометить уровнем, которое помечено как "клампирование свободных колебаний от

индуктивности рассеяния"? Если 100 вольт/дел уровень отраженного примерно 125 вольт, то остаток напряжения после выброса над отраженным составляет примерно 1/5 дел, т.е. 20 вольт. Правильно я понял?

да, ты понял правильно. именно конец линии "клампирование свободных колебаний от индуктивности рассеяния" указывает на остаточный уровень на конденсаторе. вычитаем отраженное и получаем остаток для программы.

да, можно прямо на этой же картинке провести пару горизонтальных линий и подписать комментарий к расстоянию между этими линиями.

**Flyback-Lite** - "Программа упрощенного расчета трансформатора обратноходового преобразователя."

автоматизировано определение отраженного напряжения по несколько иному принципу, чем в основной (полной) программе. и расчет делается исключительно для разрывного тока дроссель-трансформатора.

"диаметр провода по скин-эффекту"

наиболее эффективный диаметр для намотки.

но можно от него отклоняться в большую сторону. при потере эффективности примерно 10% диаметр можно брать до 1,4 от указанного в программе.

кстати, если мотать первичку в два слоя, поверх чего накладывать экран(после первого слоя первички/после первого и второго слоя/поверх всех обмоток) и подойдет ли пищевая фольга для него. ?

экраны делаются после первого слоя первички и после всех вторичек, перед последним слоем первички.

можно из пищевой фольги. главное, чтобы фольга не образовала замкнутый виток.

задается не напряжение первичной обмотки, а входное напряжение.

или постоянное (после сетевого выпрямителя) или переменное (сетевое).

как тебе будет удобнее...

частоту ты должен выбирать сам, по своему желанию.

я, например, свои обратноходы все делаю на 100 кГц.

То есть я правильно понял: на мю сердечника с зазором внимания не обращать и при изготовлении транс подбирая толщину прокладок настраивать под расчетную индуктивность первички?

да, правильно.

делить первичку не обязательно, но очень желательно.

при разделении индуктивность рассеяния снижается в 4 раза!

доп. обмотка обязательно подключается на плюс питания. это получается экран. он дает уменьшение межобмоточной емкости.

в старых комповых БП обычно применялся материал РС40.

так и быть должно. нельзя до бесконечности увеличивать выходное напряжение. можешь немного поднять этот предел, увеличив параметр "Коэффициент заполнения импульса" (сейчас там задано 0,9).

например, 3843 может давать близкое к 100% заполнение.

но даже получив успешный расчет, это не будет еще означать, что энергия будет успешно передаваться на выход за столько короткое время обратного хода... для бустеров принято считать, что успешный максимальный коэффициент повышения равен 6-7.

такая схема рассчитывается моей программой **FlybackZCS**.

частота зависит от индуктивности первички и от нагрузки.

ни конденсатор, ни резистор в цепи обратной связи к частоте не имеют отношения.

в программе задается **минимальная** частота при **максимальной** нагрузке и при **минимальном** напряжении питания.

в такой схеме с увеличением напряжения питания сокращается прямой ход - частота растет.

с уменьшением нагрузки сокращается обратный ход - частота растет.

самостоятельных статей по расчету данного типа (ZCS) не существует, так как расчет мало чем отличается от **расчета** обычного флайбэка (на фиксированной частоте). разница в том, что в обычном флае обратный ход заканчивается раньше паузы между импульсами, а при ZCS длительность паузы определяется временем обратного хода. методику (алгоритмы) свои я не разглашаю, но вкратце суть работы расскажу.

на самом деле в нагрузку отдается не вся энергия, остаются какие-то крохи энергии, на которых возникают свободные колебания в первичной цепи.

для обычного флая эти колебания можно увидеть осциллоом (смотри статью <http://radiokot.ru/circuit/power/converter/51/>).

в схемах ZCS начало этих свободных колебаний (после смены полярности на обмотках) открывает ключ, и начинается новый прямой ход.

откуда должно быть понятно, что частота зависит от нагрузки.

когда нагрузка маленькая, энергии нужно накапливать (за счет обратной связи)

мало, а чтобы накопить мало энергии, прямой ход получается короткий. и обратный ход (время отдачи энергии) получается короткий - частота работы высокая.

когда нагрузка максимальная (номинальная), энергии накапливается много (прямой ход получается "долгий") и энергия отдается "долго" (длительность обратного хода получается максимальная), а частота работы - минимальная.

и при фиксированной частоте длительность прямого хода и длительность обратного хода, можно сказать, что в точности соответствуют этим длительностям в схемах ZCS. только при фиксированной частоте схема находится в "ожидании" начала следующего прямого хода.

когда ток спадает "до нуля" раньше, чем начинается новое накопление тока, называется режимом разрывного тока - ток и ток пропал - разорвался.

я беру в кавычки "до нуля", так как, как я уже сказал выше, полного нуля там нет и остаются какие-то крохи энергии, которые не способны передаться в нагрузку.

и еще есть одна существенная разница. при фиксированной частоте можно перейти в режим неразрывного тока.

это, когда в нагрузку отдается не вся энергия (накопленный ток не успевает израсходоваться полностью, "до нуля"., и прямой ход (накопление энергии)

начинается раньше, что будет отдана вся накопленная энергия. но на этом режиме мы сейчас заострять внимание не будем.

для трансформатора тока программа не предназначена. и трансформатору тока программа не нужна для расчета, он и так считается "на пальцах" ...  
первичная обмотка всегда один виток и вторичная - желательно не меньше 100 витков.

Подскажите, период колебаний по L1 и Ls измеряют под нагрузкой или на холостом ходу. Вроде они и так и так одинаковы, хотя частота на ХХ меньше.

от Ls измеряют исключительно под нагрузкой. без нагрузки там и колебаться нечему.

а от L1 лучше без нагрузки или с очень маленькой нагрузкой, чтобы до следующего прямого хода получилось много колебаний.

а частота всегда одинаковая, с любой нагрузкой и на ХХ тоже.

подогнать расчет под данные с трансформатора  
Отражённое напряжение подгоняй.

и минимальное питание нужно меньше брать, чтобы уменьшить число витков.  
200 Вольт АС – слишком

**максимальное напряжение ключа не имеет отношения к числу витков, а имеет отношение к допустимому выбросу на ключе.**

оба расчета правильные. флайбек - такая хитрая штука, что может работать с разными трансформаторами.

в программах разный подход к вычислению числа витков в первичной обмотке, потому получается разное число витков.

Спасибо. Буду мотать где легче, витков меньше.

а если ты еще минимальное питание поставишь меньше, то витков будет еще меньше. а расчет все равно останется правильным...

Питание вроде в разумных пределах, 220 + -, или не очень?

да, пределы разумные.

но ничего не мешает задать меньше, даже если меньше никогда не будет.

ты же должен был видеть, что промышленность выпускает устройства и отдельные БП (адаптеры) на универсальное питание (от 85-100 Вольт до 265 Вольт).

а тебе снижение минимума поможет намотать еще меньше витков.

Starichok51 Подскажите пожалуйста все ли делаю правильно? Есть измеритель UT603. Так же есть заводские индуктивности, как помнится они от трубчатых мониторов или от трубчатых цветных теликах, они гораздо точнее чем показывает прибор. UT603 стоит на переключателе 2мН. 100мН- показывает как 113/120- как 124/150- как 156/170- как 180/200- как 212. Все они на гантелях и провода лицендрат. Я их собрал последовательно 200+170+150+100=620мН все эти вместе UT603 показывает как 703мН. У меня в программе (требуемый индуктивность первичной обмотки 622мН. Программе расчета Требуемый не магнитный зазор 0.77. Я стачивал до 0.7мм и у меня прибор показывает 703мН -это значит 622 мН остальное погрешность прибора получается. Как быть? оставить зазор 0,7? если делать по программе 0,77мм или по

заданной 0.8 зазора то индуктивность еще упадет. При замкнутых выводах подпитки и выходного то Ls показывает как впереди точка 034 (значит .034) Каким он должен быть? Хотя его программа **расчета** не показывает. Зазор мерил щупами для настройки клапанов(Авто) они точные мерил с микрометром. Транс вторичка намотано медной фольгой 0,1мм в две,но каждый изолирован друг от друга.

ты, похоже, путаешь обозначения.

mH - это **милли**Генри. а у тебя, наверняка, **микро**Генри.

можешь оставить зазор, какой получился, все равно работать будет.

если .034 - это 34 **микро**Генри, то это примерно 1/20 от полной индуктивности первички, и это многовато по сравнению с измеренными 703 **микро**Генри.

я фольгой никогда не мотал, я всегда мотаю проводом с разделением первички на 2 части, и у меня обычно Ls составляет 1/80 от полной индуктивности первички.

если ты первичку не разделял, то так и должно было у тебя получиться.

с разделением первички Ls снижается в 4! раза.

если ты разделишь первичку, то должно получиться, как у меня, примерно 1/80.

Нет,нет всегда во всех импульсниках мотаю сетевой обмотки по полам. Первая половина ,подпитка,вторичка,вторая половина сетевого. Тут не так давно размотал дежурку от компа на EE19 и TOP 265. Там сначала первичка, вторичка,вторая половина сетевого,поверх подпитка. А на этих индуктивностях написано не такой( m ) а латинский после него H а еще есть с надписью 150 UH. Вот сейчас проверил индуктивность от компа выходной дроссель от 12 вольтового выхода,там провод 1.25,мерил только что микрометром и при этом прибор показывает,что .059 ,переключатель прибора стоит на 2 mH Похоже что этот прибор ни Ls и малые индуктивности не мерит. Еще раз огромное Спасибо! Взял транс комповский заводской EI33 вторички замкнул и показывает .018. Не подскажите каким прибором можно нормально можно мерить Ls может купить такой. Модель не скажете?

**да, забыл сразу рассказать.**

**Ls со всеми замкнутыми вторичками мой прибор измеряет неправильно. сильно завышает. и у тебя может быть то же самое.**

**надежнее всего Ls измерять осциллоом по периодам колебаний, как это изложено в статье <http://radiokot.ru/circuit/power/converter/51/>**

**Из опыта. В обратных отраженное напряжение обычно выбирают в 2-2,5 раза ниже напряжения питания. При входном переменном напряжении 115в напряжение питания 160в. дальше оставалось только немного подобрать в программе. Вы можете взять своё напряжение какое вам нравится и рассчитать по другому.**

рекомендуют мотать обмотку обратной связи в несколько проводов? Только для увеличения межобмоточной связи и уменьшения индуктивности рассеяния первичной обмотки?

1. для увеличения связи.

2. Для того что бы обмотка заняла целое число рядов, не пол ряда, не 1,5 ряда а именно целое число. Это увеличивает связь между обмотками.

я мотаю одним проводом, но распределяю витки на всю ширину каркаса.

можно встретить мнение, что обратные без нагрузки включать нельзя. но это

будет касаться выходов, к которым не подключены цепи стабилизации. выход с цепями стабилизации допускается не нагружать.

А может случится, что если цепь стабилизации стабилизирует вторичное напряжение, а в цепи самопитания напряжение превысит допустимый предел для ШИМ?

Может, если выполнено два условия.

1 напряжение самопитания на холостом ходу близко к верхнему допустимому порогу.

2 нагрузка близка к максимальной.

Но обычно внутри микросхем стоит детектор перегрузки по напряжению, и не допустит такого безобразия.

если вторичка не нагружена полностью и выпрямитель выпрямляет выбросы и звон, достаточно подгрузить вторичку резистором.

есть ли какой нибудь расчет каким минимальным резистором подгружать или подбирать?

этот резистор необходимо подбирать по допустимому напряжению на ХХ так как номинал зависит от паразитных ёмкостей трансформатора которые не рассчитать.

Ещё в уменьшении выбросов помогает шунтирование выходных диодов конденсаторами, так же это снижает помехи.

**клампер правильно можно рассчитать только ПОСЛЕ изготовления преобразователя.**

**перенос из нижнего расчета в верхний можно делать только ПОСЛЕ измерений на готовом преобразователе.**

**а тут у тебя в нижнем расчете НЕ ТВОИ исходные данные, поэтому после переноса окончательные результаты расчета тоже не твои.**

если программа считает не четное количество витков первичной обмотки, а я хочу ее поделить на две части. Лучше добавить один виток или убавить?

Половины не обязательно должны быть одинаковыми. Даже при намотке получается так, что самая нижняя может иметь большее кол-во витков и мотаться от и до краев каркаса, а внешняя должна иметь зазор с краев ~2мм для обеспечения изоляции со вторичками и соответственно кол-во витков будет меньше.

встречал утверждение что разряд конденсатора клампера должен доходить до уровня отраженного напряжения, но не ниже. А у меня получилось что разряд вольт на 10 может опускается ниже. Чем это грозит? Просто в программе про это ни слова, и мне страшно так оставлять. хотя может я не правильно замеры делаю

Уменьшением КПД, увеличение нагрева резистора клампера.

А в чём проблема? увеличь сопротивление клампера и всё.

разряд конденсатора до отраженного напряжения подразумевается на НОМИНАЛЬНОЙ мощности, когда выброс максимальный. и расчет клампера делается, исходя из номинальной (максимальной) мощности.

если отбираемая мощность ниже номинальной, то конденсатор будет разряжаться ниже отраженного. это нормально и бояться этого не надо.

ты можешь рассчитывать клампер так, как тебе нравится.

всё совершенно наоборот - кпд будет ниже, если конденсатор с малой нагрузкой будет разряжаться выше отраженного. в этом случае с большой нагрузкой напряжение на конденсаторе будет намного выше отраженного, соответственно и энергии в клампере будет теряться значительно больше, чем когда при максимальной

мощности конденсатор разрядится до отраженного. к тому же, более высокое напряжение на конденсаторе потребует и ключ на более высокое напряжение. а это еще понизит кпд.

в клампер поступает энергии больше, чем запасено в индуктивности рассеивания. это у меня давно всё просчитано, когда я придумывал расчет клампера.

дело в том, что ток от индуктивности рассеяния "сосет" и полезную энергию из отраженного напряжения.

получается так:

если сделать выброс, равный отраженному, то в клампер попадает в 3 раза больше, чем запасено в индуктивности рассеивания.

если сделать выброс, равный двум отраженным, то в клампер попадает в 2 раза больше, чем запасено в индуктивности рассеивания.

то есть, чем больше мы делаем выброс, тем меньше энергии попадает в клампер.

а для повышения кпд, как я сказал выше, нужно делать выброс намного больше отраженного и ставить ключ на большое напряжение.

а когда преобразователь работает с маленькой нагрузкой или вообще на хх, то нет и смысла бороться за кпд.

Ради спортивного интереса попробовал рассчитать, что можно выжать из самого маленького сердечника (для дежурного питания) размером E16/8/5.

При частоте ниже 100кГц положительных результатов получить не удалось.

А также, снять ток более 0,9А. Не проходит значение коэффициента заполнения окна.

Какие будут критические замечания? Особенно по поводу 10% значения неразрывности тока.

программа сама ограничивает неразрывность величиной 70%.

но у меня нет опыта, какую максимальную величину разумно использовать.

со снижением частоты растет число витков и падает мощность.

комповые дежурки на транзисторах обычно все работают выше 100 кГц, и работают успешно.

и есть ШИМ контроллеры с частотой выше 100 кГц.

так что ты зря переживаешь за большую частоту.

**программа считает выходное напряжение при НОМИНАЛЬНОЙ нагрузке, а не на холостом ходе.**

вот небольшой список хорошей и полезной литературы:

Марти Браун. Источники питания Расчет и конструирование.

Мелешин. Транзисторная преобразовательная техника.

Семёнов. Силовая электроника для любителей и профессионалов.

Семёнов. Силовая электроника. От простого к сложному.

Хныков А.В. Теория и расчет трансформаторов.