



Министерство образования и науки Украины
Севастопольский национальный технический университет

Кафедра радиотехники и телекоммуникаций

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

задания и методические рекомендации
к выполнению контрольной работы
по дисциплине
«ИМПУЛЬСНЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭЛЕКТРОПИТАНИЯ РЭА»

Севастополь
2010 г.

УДК 519.72

Контрольные задания и методические указания по дисциплине «Импульсные источники электропитания РЭА» для студентов заочной формы обучения направления 6.050901— Радиотехника для студентов дневной формы обучения специальности 7.090.701- Радиотехника / Сост. В.М. Иськив – Севастополь: Изд-во СевНТУ,

Методические указания утверждены на заседании кафедры радиотехники, протокол № 3 от 17 января 2010 года.

Методические указания утверждены на заседании методической комиссии РТФ.

Рецензент: к.т.н. доцент Савочкин А.А.

Цель контрольной работы – углубление знаний, полученных на лекционных занятиях и получение опыта практических расчетов импульсных источников электропитания радиоэлектронной аппаратуры.

1. Теоретические сведения

На рис. 1.1 представлена функциональная схема импульсного понижающего стабилизатора. Она состоит из следующих обязательных элементов: силового ключа Кл, осуществляющего высокочастотную коммутацию тока (роль ключа выполняет мощный биполярный или полевой транзистор); разрядного диода VD ; низкочастотного сглаживающего фильтра L, C ; схемы управления и обратной связи, осуществляющей стабилизацию напряжения или тока. Как видно из рис. 1.1, ключевой элемент Кл и дроссель фильтра L включены последовательно с нагрузкой R_H . Рабочий цикл понижающего стабилизатора состоит, как показано на рис. 1.2, из двух фаз: фазы накачки энергии и фазы разряда на нагрузку. Рассмотрим их подробнее.

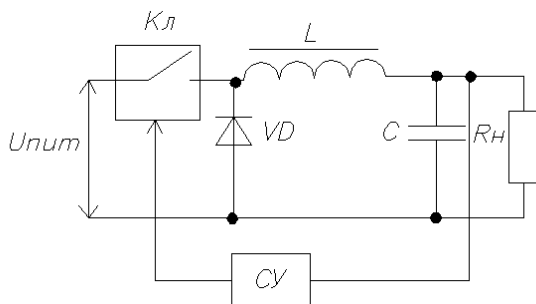


Рис. 1.1 — Функциональная схема импульсного понижающего стабилизатора напряжения

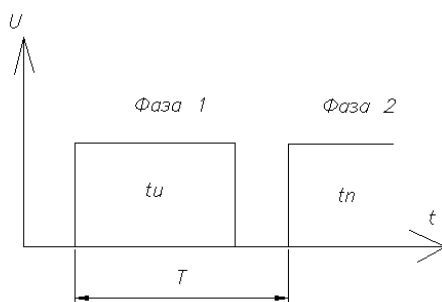


Рис. 1.2 — Фазы работы понижающего стабилизатора

Фаза 1 — накачка энергии. Эта фаза протекает на протяжении времени t_u . Ключевой элемент замкнут и проводит ток i_u , который течет от источника питания $U_{пит}$ к нагрузке через дроссель L , в котором в это время происходит накопление энергии. В это же время подзаряжается конденсатор C . Работа элементов в этой фазе показана на рис. 1.3.

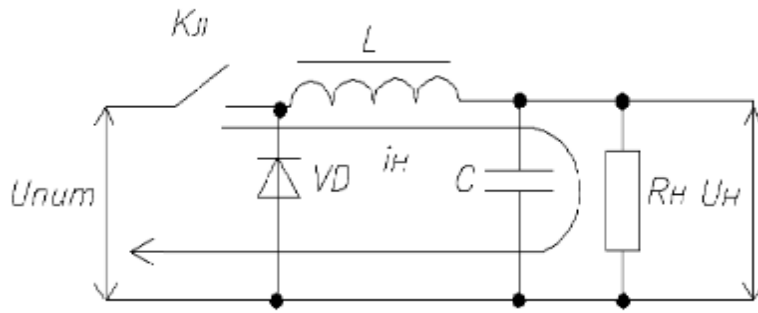


Рис. 1.3 — Протекание токов в фазе накачки энергии

Фаза 2 — разряд. Любая индуктивный элемент при скачкообразном изменении характеристик цепи стремится препятствовать изменению направления и величины тока, протекающего через его обмотку. Поэтому, когда по окончании фазы 1 происходит размыкание ключа К1, ток i_H поддерживаемый индуктивным элементом, замыкается через разрядный диод VD . Т. к. источник питания отключен, дросселю неоткуда пополнять энергию, поэтому он начинает разряжаться по цепи «диод — нагрузка», как показано на рис. 1.4.

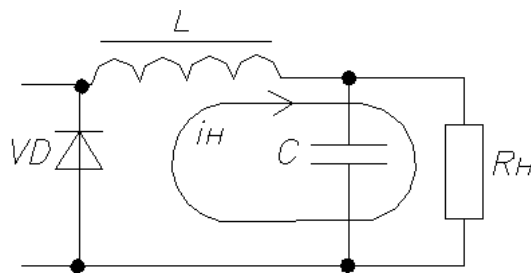


Рис. 1.4 — Фаза разряда на нагрузку

Рабочая частота стабилизатора задается схемой управления и определяется так

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{t_n + t_p},$$

где T — период коммутации схемы управления стабилизатора, t_n , t_p — соответственно длительность импульса и паузы между импульсами..

Рассчитаем коэффициент заполнения

$$\gamma = \frac{t_n}{T} = \frac{t_n}{t_n + t_p} = t_n \cdot f.$$

Сглаживающий фильтр, применяемый в схеме, необходим для сглаживания напряжения питающего нагрузку, имеющего вид прямоугольных импульсов. Среднее значение напряжения на нагрузке понижающего стабилизатора

$$U_H = \frac{t_{\text{и}}}{T} i_{\text{н}}^{\text{max}} R_{\text{н}},$$

где $i(t) = i_{\text{н}}^{\text{max}}$ — постоянный максимальный ток в нагрузке, который протекает, когда ключ замкнут на длительное время, то есть схема управления не работает.

Напряжение на нагрузке прямо пропорционально ширине импульса $t_{\text{и}}$, когда ключ открыт на длительное время $U_H = U_{\text{п}}$. Когда ключ на длительное время закрыт $U_{\text{п}} = 0$. Отсюда следует, что

$$U_H = \gamma U_{\text{п}}. \quad (1)$$

Таким образом, при наличии хорошего сглаживающего фильтра, управляя только коэффициентом заполнения, увеличивая или уменьшая длительность открытого состояния ключа, можно регулировать напряжение на нагрузке.

Понижающий стабилизатор может работать в двух режимах: режиме безразрывных токов дросселя и режиме разрывных токов дросселя. Режим разрывных токов для схемы понижающего стабилизатора нежелателен, поэтому следует выбирать индуктивность дросселя фильтра такой, чтобы его избежать. Проверочное условие для величины индуктивности дросселя

$$L \geq \frac{R_{\text{н}}}{2f} (1 - \gamma_{\text{min}}), \quad (2)$$

где γ_{min} — минимальный коэффициент заполнения.

При проектировании дросселя для схемы понижающего стабилизатора исходными данными для расчета дросселя являются индуктивность L , а также ток нагрузки $i_{\text{н}}$. В общем случае ток нагрузки не равен току дросселя. Но в том случае, если индуктивность дросселя намного больше критической, ток нагрузки можно принять равным току дросселя. В индуктивном элементе выделяется тепловая энергия в виде потерь в магнитопроводе и потерь на активном сопротивлении обмотки. Основная задача при проектировании дросселя — спроектировать его так, чтобы тепло достаточно хорошо рассеивалось в окружающем пространстве, не перегревая сам дроссель. Введем понятие энергоемкости дросселя

$$E_{\text{М}} = \frac{L i_{\text{н}}^2}{2}.$$

Энергоемкость дросселя связана с объемом, занимаемым сердечником, следующим соотношением:

$$V_M = 4 \sqrt[4]{\left(\frac{5 \cdot 10^3 E_M}{\mu_c \Delta T} \right)^3}, \quad (3)$$

где μ_c — эквивалентная проницаемость сердечника;

— коэффициент теплоотдачи;

ΔT — допустимый перегрев (обычно принимается равным 40°).

Коэффициент теплоотдачи для индуктивного элемента, находящегося в обычных условиях (в воздухе), равен $= 1,2 \cdot 10^{-3} \text{ Вт/см}^2 \cdot ^\circ\text{C}$.

В формуле для расчета V_M эквивалентная магнитная проницаемость сердечника μ_c , может отличаться от начальной магнитной проницаемости ферромагнетика μ . Поскольку дроссель работает в условиях однополярных токов, необходимо снизить величину остаточной индукции B_r в магнитопроводе с помощью введения немагнитного зазора. Применяют не требующие зазора компактные альсиферовые или пермаллоевые магнитопроводы.

Объем магнитопровода, вычисленный по этой формуле имеет размерность см^3 , и является минимально возможным объемом.

Объем магнитопровода III образной конструкции можно оценить по характерным параметрам: площади рабочего сечения и площади окна:

$$V_{III} = 4 \sqrt[4]{\left(\frac{SS_0}{0,13} \right)^3},$$

где V_{III} , V_0 — объём магнитопровода;

S — площадь рабочего сечения магнитопровода;

S_0 — площадь окна магнитопровода.

Чтобы получить объем в единицах см^3 , площади следует подставлять в см^2 .

Объем кольцевого магнитопровода можно определить в соответствии с выражением:

$$V_0 = \frac{1}{4} \pi h (D^2 - d^2)$$

Условие нормального теплового режима

$$V_{III} \geq V_M \text{ или } V_0 \geq V_M.$$

Если это условие не выполняется необходимо выбрать магнитопровод большего размера.

Величина немагнитного зазора для Ш-образного сердечника должна быть выбрана из соотношения:

$$c = \frac{l_0}{\delta}, \quad (4)$$

где l_0 — длина средней линии магнитопровода;

δ — протяженность немагнитного зазора.

При расчете толщины прокладки, обеспечивающей немагнитный зазор, следует учесть, что прокладка разрывает магнитную силовую линию дважды, поэтому толщина прокладки должна быть в два раза меньше протяженности немагнитного зазора δ .

Число витков обмотки катушки индуктивности с ферромагнитным сердечником может быть определено по следующей формуле:

$$n = \sqrt{\frac{L l_0}{\mu_0 c S}}. \quad (5)$$

Сечение провода выберем из того условия, что плотность тока в проводнике не должна превышать 5 А/мм².

Далее следует определить величину магнитной индукции в магнитопроводе. Чтобы не возник эффект насыщения материала сердечника в спроектированном дросселе должно выполняться условие

$$\frac{L i_n}{n S} \leq 0,9 B_m. \quad (6)$$

В этом выражении B_{max} — максимально допустимая индукция для выбранного материала сердечника. Для большинства ферритов можно принять $B_{max} = (0,4 \dots 0,5)$ Тл. Если это требование не выполняется, то необходимо увеличить размер магнитопровода.

Далее определяется коэффициент заполнения окна магнитопровода:

$$K_{зо} = \frac{n S_{пр} + 0,05 S_o}{S_o} \leq 0,5. \quad (7)$$

Если это требование не выполняется, то необходимо увеличить размер магнитопровода.

Емкость конденсатора фильтра определяется из допустимого коэффициента фильтрации в соответствии со следующим выражением:

$$C = \frac{q}{4\pi^2 f^2 L} \quad (8)$$

2. Задания для расчета понижающего импульсного стабилизатора

Исходные данные:

- минимальное входное напряжение $U_{вх\ min}$;
- максимальное входное напряжение $U_{вх\ max}$;
- номинальное выходное напряжение $U_{вых}$;
- максимальный выходной ток $I_{н\ max}$;
- минимальный коэффициент подавления пульсаций q .

Задание 1 В соответствии с исходными данными выбрать тип управляющей микросхемы и (при необходимости) ключевого транзистора. Для выбранных микросхемы и ключевого транзистора по справочным данным определить частоту преобразования, максимальный и минимальный коэффициент заполнения и величину падения напряжения на ключевом транзисторе. Исходя из режима неразрывных токов дросселя и минимального значения коэффициента заполнения, определить минимальное значение индуктивности дросселя. Выбрать значение индуктивности дросселя с десятикратным запасом. По выбранному значению индуктивности и коэффициенту подавления пульсаций определить значение емкости выходного фильтра. Выбрать тип разрядного диода (или транзистора синхронного выпрямителя) и защитного диода. Привести принципиальную схему стабилизатора.

Числовые значения исходных данных выбрать из таблицы в соответствии с последней цифрой зачетной книжки n .

N	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
$U_{вх\ min}$, В	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
$U_{вх\ max}$, В	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28
$U_{вых}$, В	2,5	3	3,5	4	4,5	5	5,5	6	6,5	7
$I_{н\ max}$, А	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4
q , $\times 10^3$	2	3	4	5	2	3	4	5	2	3
Сердечник	Ш	К	Ш	К	Ш	К	Ш	К	Ш	К
Номер теоретического вопроса	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Примечание: Ш – Ш-образный, К – кольцевой.

Задание 2 В соответствии с результатами расчета первого задания и заданного типа магнитопровода определить минимальный объем магнитопровода. Для кольцевых сердечников принять $\mu_n=1000$, для остальных типов принять $\mu_c=100$. Из приложения выбрать типоразмер магнитопровода. В соответствии с параметрами выбранного магнитопровода определить его объем и, при необходимости, толщину немагнитного зазора. Рассчитать число витков обмотки и величину максимальной магнитной индукции. Сравнить полученное значение с максимально допустимым, при необходимости выбрать другой магнитопровод и повторить расчет. Рассчитать сечение провода, исходя из допустимой плотности тока 5 А/мм^2 . Рассчитать коэффициент заполнения окна медью, при необходимости выбрать другой магнитопровод и повторить расчет.

3. Теоретические вопросы

Номер теоретического вопроса выбирается в соответствии с последней цифрой номера зачетной книжки.

1. Особенности работы ключей на биполярных транзисторах
2. Особенности работы ключей на полевых транзисторах
3. Особенности работы ключей на IGBT транзисторах
4. Принцип работы импульсных понижающих стабилизаторов
5. Принцип работы импульсных повышающих стабилизаторов
6. Принцип работы импульсных инвертирующих стабилизаторов
7. Принцип работы импульсных одноктактных прямоходовых преобразователей.
8. Принцип работы импульсных одноктактных обратходовых преобразователей.
9. Принцип работы импульсных двухтактных полумостовых преобразователей.
10. Принцип работы импульсных двухтактных мостовых преобразователей.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Семенов Б.Ю. Силовая электроника для любителей и профессионалов. — М.: Солон—Р, 2001. — 327 с.
2. Источники электропитания радиоэлектронной аппаратуры/ Под ред. Г.С. Найвельта. М.:Радио и связь, 1985.—578 с.
3. Микросхемы для современных импульсных источников питания. / Под ред. Э.Е. Тагворяна, М.М. Степанова. М.:Додека, 1999.—235 с.
4. Розанов Ю.К. Основы силовой электроники. — М.: Энергоатомиздат, 1992.— 296 с.