Практическое занятие 8-9
Выбор и обоснование элементов для источника питания

Цель работы: научиться обоснованно выбирать элементы для стабилизатора напряжения источника питания с учетом различных факторов и условий.

1. Краткие теоретические сведения

Среди множества частей и/или элементов трансформаторного источника питания есть узел, который называется стабилизатор напряжения. Стабилизатор напряжения – электрическое (электронное) устройство, имеющее вход и выход по напряжению, предназначенное для поддержания выходного напряжения в узких пределах, при существенном изменении входного напряжения и выходного тока нагрузки. В источниках питания применяют стабилизаторы постоянного тока. Они подразделяются на линейные и импульсные стабилизаторы

Линейный стабилизатор представляет собой делитель напряжения, на вход которого подаётся входное (нестабильное) напряжение, а выходное (стабилизированное) напряжение снимается с нижнего плеча делителя. Стабилизация осуществляется путём изменения сопротивления одного из плеч делителя: сопротивление постоянно поддерживается таким, чтобы напряжение на выходе стабилизатора находилось в установленных пределах. При большом отношении величин входного/выходного напряжений линейный стабилизатор имеет низкий КПД, так как большая часть мощности рассеивается в виде тепла на регулирующем элементе. Поэтому регулирующий элемент должен иметь возможность рассеивать достаточную мощность, то есть должен быть установлен на радиатор нужной площади. Преимущество линейного стабилизатора — простота, отсутствие помех и небольшое количество используемых деталей.

В зависимости от расположения элемента с изменяемым сопротивлением линейные стабилизаторы делятся на два типа:

1) последовательный: регулирующий элемент включен последовательно с нагрузкой.
2) параллельный: регулирующий элемент включен параллельно нагрузке.

В зависимости от способа стабилизации:

1) параметрический: в таком стабилизаторе используется участок ВАХ прибора, имеющий большую крутизну.
2) компенсационный: имеет обратную связь. В нём напряжение на выходе стабилизатора сравнивается с эталонным, из разницы между ними формируется управляющий сигнал для регулирующего элемента.

Параллельный параметрический стабилизатор может быть собран на стабилитроне (рисунок 1).

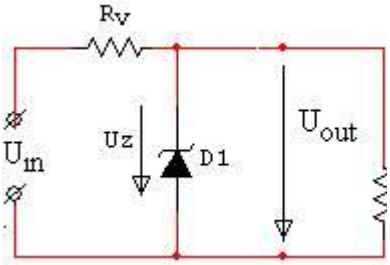

Рисунок 1 – Параллельный параметрический стабилизатор на стабилитроне

Применяется для стабилизации напряжения в слаботочных схемах, так как для нормальной работы схемы ток через стабилитрон D1 должен в несколько раз (3-10) превышать ток в стабилизируемой нагрузке RL1. Часто такая схема линейного стабилизатора применяется как источник опорного напряжения в более сложных схемах стабилизаторов. Для снижения нестабильности выходного напряжения, вызванной изменениями входного напряжения, вместо ограничительного резистора RV применяется источник тока. Однако эта мера не уменьшает нестабильность выходного напряжения, вызванную изменением сопротивления нагрузки.

Последовательный стабилизатор на биполярном транзисторе по сути, это рассмотренный выше параллельный параметрический стабилизатор на стабилитроне, подключённый ко входу эмиттерного повторителя (рисунок 2). В нём нет цепей обратной связи, обеспечивающих компенсацию изменений выходного напряжения.

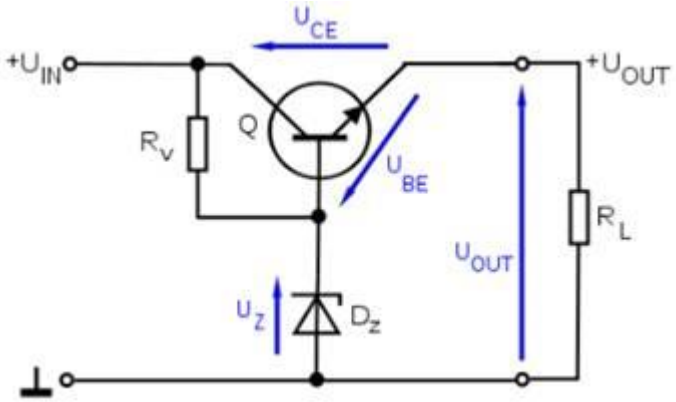

Рисунок 2 – Последовательный параметрический стабилизатор на биполярном транзисторе

Выходное напряжение этого стабилизатора меньше напряжения стабилизации стабилитрона на величину Ube, которая практически не зависит от величины тока, протекающего через p-n переход. Для приборов на основе кремния приблизительно составляет 0,6В. Зависимость Ube от величины тока и температуры ухудшает стабильность выходного напряжения, по сравнению с параллельным параметрическим стабилизатором на стабилитроне.

Эмиттерный повторитель (усилитель тока) позволяет увеличить максимальный выходной ток стабилизатора, по сравнению с параллельным параметрическим стабилизатором на стабилитроне, в β раз (где β — коэффициент усиления по току данного экземпляра транзистора). Если этого недостаточно, применяется составной транзистор.

При отсутствии сопротивления нагрузки (или при токах нагрузки микроамперного диапазона), выходное напряжение такого стабилизатора (напряжение холостого хода)

возрастает на 0,6В за счёт того, что Ube в области микротоков становится близким к нулю. Для преодоления этой особенности, к выходу стабилизатора подключают балластный нагрузочный резистор, обеспечивающий ток нагрузки в несколько мА.

В качестве стабилизатора напряжения может применяться интегральный стабилизатор напряжения, как с фиксированным напряжением, так и с регулируемым напряжением на выходе (рисунок 3).

Рисунок 3 – Интегральный стабилизатор напряжения

Импульсный стабилизатор напряжения – это стабилизатор напряжения, в котором регулирующий элемент работает в ключевом режиме, то есть большую часть времени он находится либо в режиме отсечки, когда его сопротивление максимально, либо в режиме насыщения – с минимальным сопротивлением, а значит, может рассматриваться как ключ. Плавное изменение напряжения происходит благодаря наличию интегрирующего элемента: напряжение повышается по мере накопления им энергии и снижается по мере отдачи её в нагрузку. Такой режим работы позволяет значительно снизить потери энергии, а также улучшить массогабаритные показатели, однако имеет свои особенности. Пример подключения интегрального импульсного стабилизатора LM3670 представлен на рисунке 4

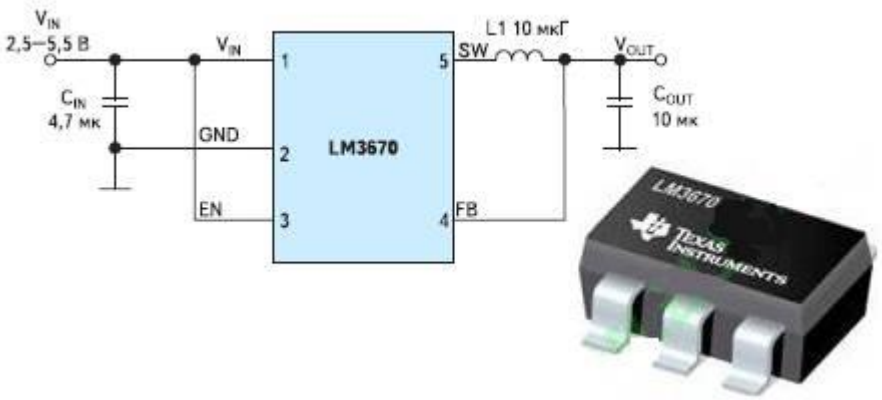

Рисунок 4 – Пример включения импульсного стабилизатора LM3670

В импульсном стабилизаторе ток от нестабилизированного внешнего источника подаётся на накопитель (обычно конденсатор или дроссель) короткими импульсами; при этом запасается энергия, которая затем высвобождается в нагрузку в виде электрической энергии, но, в случае дросселя, уже с другим напряжением. Стабилизация осуществляется за

счёт управления длительностью импульсов и пауз между ними – широтно-импульсной модуляции. Импульсный стабилизатор, по сравнению с линейным, обладает значительно более высоким КПД. Недостатком импульсного стабилизатора является наличие импульсных помех в выходном напряжении.

В отличие от линейного стабилизатора, импульсный стабилизатор может преобразовывать входное напряжение произвольным образом (зависит от схемы стабилизатора):

1) понижающий стабилизатор: выходное стабилизированное напряжение всегда ниже входного и имеет ту же полярность.

2) повышающий стабилизатор: выходное стабилизированное напряжение всегда выше входного и имеет ту же полярность.

3) повышающе-понижающий стабилизатор: выходное напряжение стабилизировано, может быть как выше, так и ниже входного и имеет ту же полярность. Такой стабилизатор применяется в случаях, когда входное напряжение незначительно отличается от требуемого и может изменяться, принимая значение как выше, так и ниже необходимого.

4) инвертирующий стабилизатор: выходное стабилизированное напряжение имеет обратную полярность относительно входного, абсолютное значение выходного напряжения может быть любым.

2. Методика расчёта простого параметрического стабилизатора

Схема исходного последовательного параметрического стабилизатора представлена на рисунке 5. Состоит он из двух частей:

1 - сам стабилизатор на стабилитроне VD1 с балластным резистором R1

2 - эмиттерный повторитель на транзисторе VT1.

Непосредственно за тем, чтобы напряжение оставалось тем каким нам надо, следит стабилизатор, а эмиттерный повторитель позволяет подключать мощную нагрузку к стабилизатору. Он играет роль усилителя.

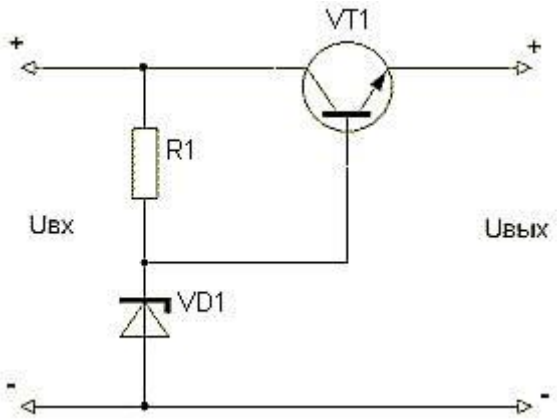

Рисунок 5 – Последовательный параметрический стабилизатор.

Основными исходными данными для расчета являются напряжение на выходе Uвых и максимальный ток нагрузки Imax.

2.1 Выбор и обоснование транзистора стабилизатора напряжения.

Для начала необходимо определить какое напряжение на входе стабилизатора Uвх подать на стабилизатор, чтобы на выходе получить необходимое Uвых. Это напряжение определяется по формуле 1:

$$U_{вх} = U_{вых} + U_{кэ}, \quad (1)$$

где Uкэ – падение напряжения на переходе коллектор-эмиттер транзистора VT1

Для выбора транзистора VT1 необходимо определить, какую мощность Рмах он будет рассеивать. Мощность можно определить по формуле 2:

$$P_{max}=1,3\ (U_{вх} – U_{вых})\ I_{max} \quad (2)$$

При выборе транзистора в справочнике помимо мощности, надо учесть, что предельное напряжение между эмиттером и коллектором должно быть больше Uвх, а максимальный ток коллектора должен быть больше Imax.

Максимальный ток базы Iб мах выбранного транзистора VT1 можно определить по формуле 3:

$$I_{б\ max}=I_{max} / h_{21э\ min}, \quad (3)$$

где – h21э min - это минимальный коэффициент передачи тока транзистора и берется он из справочника. Если там указаны пределы этого параметра например 30…40, то берется самый меньший.

2.2 Выбор и обоснование стабилитрона и балластного резистора для стабилизатора напряжения.

Выбор стабилитрона производится по двум параметрам - напряжению стабилизации Uст и току стабилизации Iст.

Напряжение стабилизации должно быть равно максимальному выходному напряжению блока питания Uвых, а ток - не менее максимального тока базы Iб мах транзистора VT1, который был рассчитан по формуле 3.

Может случиться, что маломощный стабилитрон не подойдет по максимальному току стабилизации, тогда придется ввести в стабилизатор дополнительный транзистор малой мощности, который позволит снизить максимальный ток нагрузки для стабилитрона примерно в h21э раз и применить маломощный стабилитрон. Такое случается при больших токах потребления и использовании транзистора с малым коэффициентом h21э.

Для получения расчетного сопротивления балластного резистора R1 необходимо воспользоваться формулой 4:

$$R1_{расч}=(U_{вх}-U_{ст})/(I_{б\ max}+I_{ст\ min}), \quad (4)$$

где Iст min – минимальный ток стабилизации стабилитрона VD1.

После необходимо выбрать номинал резистора в соответствии с рядами сопротивлений и перепроверить влияние нового значения сопротивления резистора на элементы схемы и провести необходимые корректировки.

Для определения расчетной мощности балластного резистора R1, после выбора его номинала из ряда сопротивлений, можно воспользоваться формулой 5:

$$P_{расч} = \frac{(U_{вх} - U_{ст})^2}{R1} \qquad (5)$$

Далее необходимо по расчетной мощности выбрать мощность балластного резистора из ряда стандартных мощностей. По полученным сопротивлению и мощности выбрать из справочников определенный тип резистора.

Таким образом, из исходных данных - выходного напряжения и тока, получили все элементы схемы и входное напряжение, которое должно быть подано на стабилизатор.

Следует помнить, что при выборе того или иного элемента схемы стабилизатора напряжения, необходимо помнить о коэффициенте нагрузки, стоимости и размерах элементов.

3. Практическая часть

1. Ознакомиться с теоретическим материалом данной работы.
2. Получить у преподавателя исходные данные и указания для расчета.
3. Произвести расчет и обоснованно выбрать элементы для стабилизатора напряжения
4. Оформить отчет по выполненной работе.

4. Содержание отчета

1. Титульный лист.
2. Краткие теоретические сведения.
3. Электрическая схема стабилизатора и исходные данные.
4. Результаты аналитических расчетов с обоснованным выбором элементов.
5. Выводы с анализом результатов по выполненной работе.

5. Контрольные вопросы

1. Что такое стабилизатор напряжения?
2. Виды стабилизаторов напряжения.
3. В чем отличие параметрического стабилизатора напряжения от компенсационного?
4. В чем состоит отличие расчетного значения от выбранного в справочниках?
5. Что такое коэффициент нагрузки и какое влияние он оказывает на работу элементов схемы?