



2.1.7. ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА (СЕМИНАР) № 7. РАСЧЕТ СТАБИЛИЗАТОРОВ

Цель работы: изучение принципов расчета стабилизатора, изучение конструкции и принципов его работы, получение заданных входных и выходных параметров стабилизатора, получение навыков расчета стабилизатора по заданным параметрам выходных напряжения и тока.

Задание по работе №1

1. Получить задание.
2. Рассчитать параметры стабилизатора с $U_{\text{вых}} = 5 \text{ В}$ обеспечивающий ток до 5 А.
3. Проанализировать результаты работы, сформулировать краткие выводы по работе

Методические указания по выполнению работы №1

Исходные данные: Напряжение, подаваемое на вход, будет 15 В.

Выберем проходной транзистор Q2 (рис. 2.7.1), способный при коротком замыкании выхода рассеивать необходимую мощность:

$$P_{\text{рас.кз}} = U_{\text{вх}} \cdot I_{\text{вых.макс}} = 15\text{В} \cdot 5\text{А} = 75\text{Вт}.$$

Следовательно, с учетом некоторого запаса необходим транзистор с допустимой мощностью рассеяния 90 – 100 Вт. Этому условию удовлетворяют биполярные транзисторы: проводимости р-п-р КТ818А ($P_{\text{рас.макс}}=100\text{Вт}$, $h_{21э}=15$ при $I_{\text{к}}=5\text{А}$, $I_{\text{к макс}}=15\text{А}$, $U_{\text{бэ}}=0,9\text{В}$ при $I_{\text{к}}=5\text{А}$) и п-р-п КТ819А с аналогичными параметрами.

Определим необходимый базовый ток Q2 $I_{\text{б2}}$ при величине его коллекторного тока $I_{\text{к2}}$, равной 5 А: $I_{\text{б2}}=I_{\text{к2}}/h_{21э} \approx 0,33 \text{ А}$. Ток выхода ИС $I_{\text{вых}}$ выберем таким избытком, чтобы он перекрывал возможные отклонения параметров элементов и напряжения $U_{\text{бэ2}}$. Пусть этот запас равен 20 %, тогда $I_{\text{вых}}=1,2 \cdot I_{\text{б2}}$, а ток протекающий через резистор R2 равен $0,2 \cdot I_{\text{б2}}$. Значение резистора $R_2=U_{\text{бэ2}}/(0,2 \cdot I_{\text{б2}})=0,9 \text{ В}/(0,2 \cdot 0,33)=13,5 \text{ Ом}$.

В качестве Q1 можно взять биполярные транзисторы средней мощности: проводимости р-п-р типа КТ816А ($I_{\text{к}}=2\text{А} > I_{\text{б2}}$, $P_{\text{рас.макс}}=20 \text{ Вт} > U_{\text{вх}} \cdot I_{\text{б2}} \approx 15 \cdot 0,3 \approx 4,5 \text{ Вт}$, $U_{\text{бэ}}=0,7 \text{ В}$ при $I_{\text{к}} \approx 0,4 \text{ А}$) и п-р-п КТ817А с аналогичными параметрами. Следовательно, $R_1=U_{\text{бэ1}}/I_{\text{вых пор}}$, где $I_{\text{вых пор}}=5 \text{ А}$ – максимальный до-



пустимый выходной ток. $R1=0,7/5\approx 0,14$ Ом. Таким образом, для схемы (рис. 2.7.1) требуемыми параметрами, в зависимости от полярности выходного напряжения можно использовать следующие элементы:

$R1\approx 0,15$ Ом, $R2\approx 15$ Ом, Q1 – KT816A или KT817A, Q2 – KT818A или KT819A, микросхему стабилизатора 78 серии нужно заменить на аналог 79 серии для стабилизации напряжения противоположной полярности.

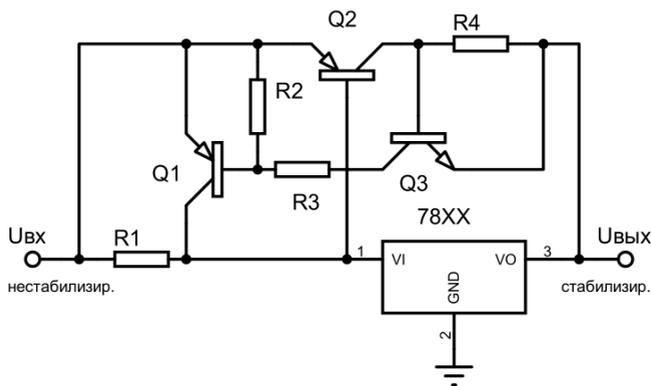


Рис. 2.7.1. Схема включения микросхем типа 142ЕН5 при использовании в режиме повышенной мощности с защитой от короткого замыкания

В этой схеме входное напряжение, как минимум, должно превышать выходное на величину перепада стабилизатора 142ЕН5 или его аналога 78xx (2В) плюс напряжение перехода база-эмиттер транзистора Q1. На практике эту схему часто модифицируют для того, чтобы обеспечить ограничение тока транзистора Q1, который в противном случае может отдавать ток в $h_{21э}$ раз превышающий максимальный внутренний ток стабилизатора, т.е. 20 А и более! Этого достаточно для разрушения транзистора Q1. В схеме на рис.1.15.4 эти недостатки устранены за счет некоторого усложнения. В сильноточных стабилизаторах для уменьшения рассеиваемой мощности до приемлемого уровня, важно добиться малого перепада напряжений. Чтобы получить в этой схеме характеристику с обратным наклоном, нужно подключить базу Q1 к делителю



напряжения, которым выступает модуль на резисторах R2, R3, транзистор Q3 и резистор R4. Разность потенциалов на выводах R4 увеличивается при увеличении протекающего через резистор тока и транзистор Q3 начинает открываться. Напряжение на базе Q1 повышается и открываясь он уменьшает разность потенциалов между базой и эмиттером Q2. Ток в цепи эмиттер-коллектор Q2 уменьшается.

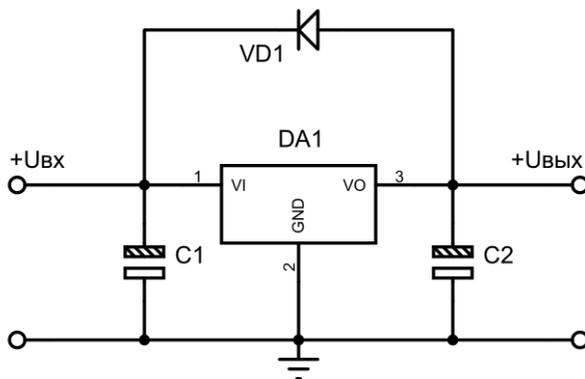


Рис. 2.7.2. Схема включения микросхем типа 142ЕН5 с защитой от короткого замыкания входной цепи

При наличии в выходной цепи ИС конденсатора емкостью 5 – 10 мкФ, как правило, нагрузка имеет ёмкостные развязки, в которых используют керамические и электролитические конденсаторы, при коротком замыкании на входе стабилизатора, наблюдается кратковременный бросок тока большой силы. Происходит это, вследствие разряда выходных конденсаторов через цепи ИС в направлении от выхода стабилизатора к его входу. Величина этого импульса тока может достигать единиц и десятков ампер, что приводит к повреждению ИС. Для защиты ИС от выхода из строя в подобной ситуации, его можно шунтировать диодом (рис. 2.7.2). В случае короткого замыкания на выходе выходной конденсатор C2 плюс емкость нагрузки разряжаются через шунтирующий диод VD1. Для шунтирования желательно использовать быстродействующие диоды Шоттки.

При необходимости возможно изменение $U_{\text{вых}}$ в схемах с трехвыводными стабилизаторами. Одним из способов коррекции



(регулировки) выходного напряжения является включение стабилизатора (или нескольких стабилизаторов) в цепь общего вывода ИС (рис 2.7.2).

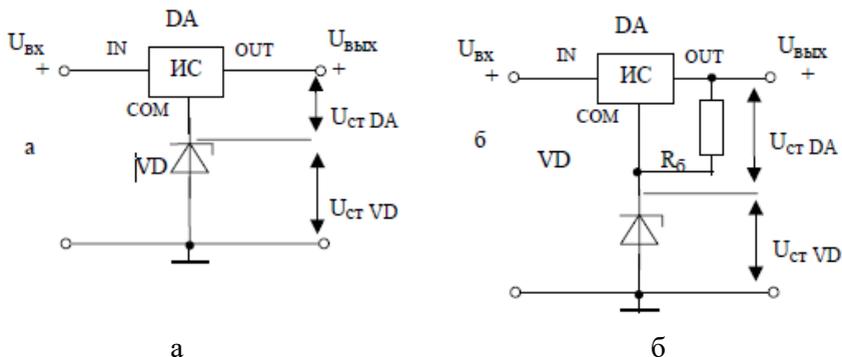


Рис. 2.7.2. Схема включения микросхем типа 142EH5 с возможностью изменения выходного напряжения

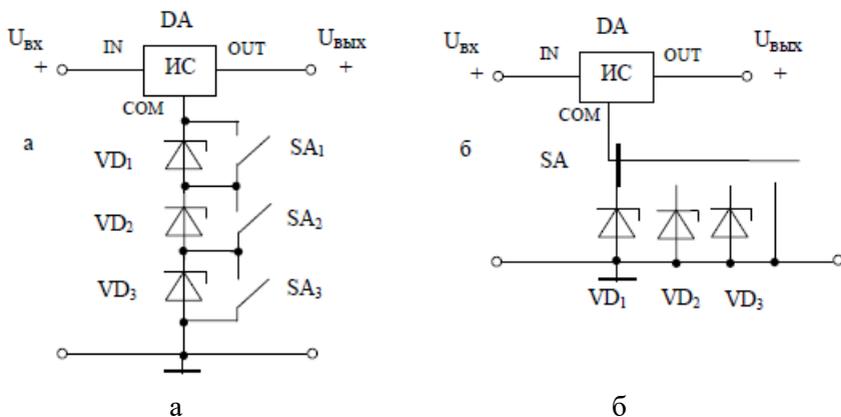


Рис. 2.7.3. Схемы со ступенчатым переключением выходного напряжения

В схеме (рис. 2.7.2 а) величина обратного тока, протекающего через стабилизатор VD, определяется током потребления ИС, который называют так же током потерь. Величина этого тока в общем случае единицы мА и может изменяться в зависимости от режима работы ИС. В схеме (рис. 2.7.2, б) через стабилизатор протекает



дополнительный ток стабилизации, определяемый величиной сопротивления балластного резистора $U_{стDA}/R_б$. Благодаря этому повышается качество стабилизации напряжения $U_{стVD}$, а следовательно, и выходного напряжения.

Для получения набора различных напряжений стабилизации отличных от номинальных возможно подключение стабилизаторов по схемам, представленным на рис.2.7.3 а и б.Общим для обеих схем (рис.2.7.3) является то, что вывод СОМ ИС подключен к искусственной (виртуальной) земле, «смещенной» относительно действительной земли на величину напряжения стабилизации стабилитрона $U_{стVD}$. Выходное напряжение при этом равно сумме напряжений $U_{стVD}+U_{стDA}$. Используя стабилитроны с различными напряжениями стабилизации возможно получение необходимого набора напряжений на выходе стабилизатора.

Если по определенному закону изменять потенциал вывода СОМ ИС относительно общего провода схемы, можно осуществлять функциональное управление выходным напряжением. В качестве примера рассмотрим схему на рис. 2.7.4, а.

Задание по работе №2

1. Получить задание.
2. Рассчитать параметры источника питания с плавной регулировкой выходного напряжения.
3. Проанализировать результаты работы, сформулировать краткие выводы по работе

Методические указания по выполнению работы №1

Исходные данные. Для регулирования $U_{вых}$ используется резистивный делитель напряжения, определить его параметры.

На рис. 2.7.4, б показано нарастание напряжения на выходе стабилизатора от времени после включения. Величину напряжения на выходе можно плавно регулировать потенциометром R_2 .

Резисторы R_1 и R_2 образуют делитель выходного напряжения. К выходу этого делителя подключается вывод СОМ ИС. Выходное напряжение схемы:

$$U_{вых} \approx U_{стDA} + I_д \cdot R_2,$$

где $I_д$ – ток, протекающий через делитель напряжения.

Расчет сопротивлений резисторов R_1 и R_2 :

- 1) задаем ток, протекающий через делитель напряжения:



- 1) $I_d \geq (3 - 5) I_n$, где I_n – ток потерь (ток потребления) ИС;
- 2) определяем сопротивление резистора $R1 \approx U_{ст} DA / I_d$;
- 3) проверяем, попадает ли значение $R1$ в диапазон, оговоренный в рекомендациях по использованию конкретной ИС (для отечественных ИС серии 142ЕН $R1 = 100 - 300$ Ом);
- 4) если сопротивление $R1$ выходит за рамки рекомендуемых значений, задаем иное значение I_d .
- 5) рассчитываем сопротивление резистора $R2$ по формуле:
 $R2 = (U_{вых} - U_{ст} DA) / I_d$;

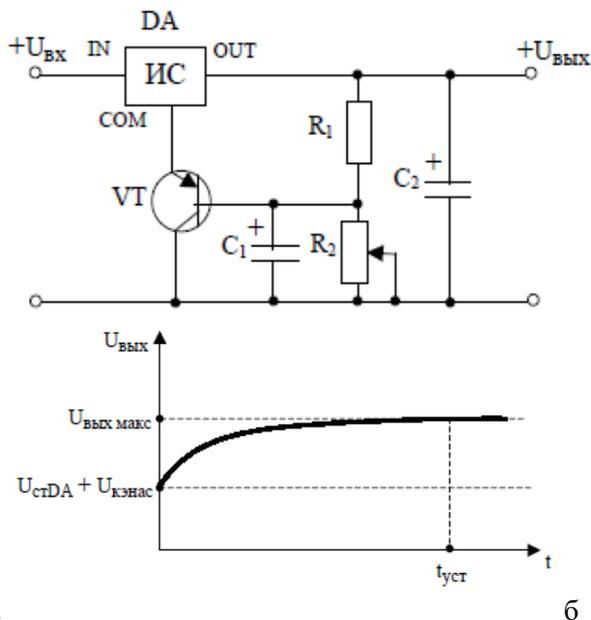


Рис. 2.7.4. Стабилизатор с возможностью плавной регулировки выходного напряжения и плавным включением – а и зависимость напряжения на его выходе от времени - б

В расчетных соотношениях не учитывается I_p , точную величину которого определить сложно в силу разброса значений данного параметра для ИС одного и того же номинала, и зависимости I_p от режима работы стабилизатора. Поэтому для повышения точности расчетов I_d берется в несколько раз больше I_p . Однако даже при значительном преобладании I_d над I_p для установки точного значения диапазона $U_{вых}$ может понадобиться регулировка (например, подбор резистора $R2$), так как имеет место разброс значений



R1, R2 и UстDA (например, напряжение стабилизации отечественной микросхемы К142ЕН8Е равно $15 \pm 0,60$ В).

Выходное напряжение в момент включения схемы равно $U_{стDA} + U_{кэ}$ нас, где $U_{кэ}$ нас – напряжение между коллектором и эмиттером транзистора VT в режиме насыщения. В момент включения схемы конденсатор C1 начинает заряжаться через резистор R1, падение напряжения на котором является прямым для эмиттерного перехода транзистора. Транзистор VT открывается и шунтирует резистор R2. Затем по мере заряда конденсатора C1 сопротивление перехода коллектор-эмиттер транзистора увеличивается, и выходное напряжение возрастает (рис. 2.7.4, б).

Максимальное выходное напряжение задается резисторами R1 и R2.

Время «установления» выходного напряжения $t_{уст}$ задается величинами сопротивлений R1 и R2 и емкости C1. Стабилизатор может использоваться для «плавного» увеличения выходного напряжения с момента включения до предустановленного напряжения.

Контрольные вопросы

1. Возможно ли получение произвольного стабилизированного напряжения при использовании интегральных стабилизаторов с фиксированное напряжением (ИСФН)?
2. Что требуется для повышения выходного тока стабилизатора выше номинального при использовании интегральных стабилизаторов с фиксированное напряжением?
3. В чем опасность замыкания на входе стабилизатора при его работе на емкостную нагрузку?
4. Нужно ли устанавливать на радиатор интегральный стабилизатор с фиксированным напряжением?
5. Какова минимальна разница входного и выходного напряжений у ИСФН?