

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Локтионова Оксана Геннадьевна

Должность: проректор по учебной работе

Дата подписания: 10.02.2022 15:45:00

Уникальный программный ключ:

0b817ca911e6e67d121a112b32e51d1e5a7f2e73e448510a560089

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Юго-Западный государственный университет» (ЮЗГУ)

Кафедра вычислительной техники

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе

О.Г. Локтионова

«22» сентября 2016 г.



ЛИНЕЙНЫЙ СТАБИЛИЗАТОР НАПРЯЖЕНИЯ

**Методические указания по выполнению лабораторной работы
по дисциплинам «Электротехника, электроника, схемотехника»
и «Основы электроники»
для студентов специальности 09.03.01 «Информатика
и вычислительная техника»**

Курск 2016

УДК 621.37(075)

Составители: В. И. Иванов, М.В. Бобырь

Рецензент

Кандидат технических наук, доцент *Е.О. Брежнева*

Линейный стабилизатор напряжения : методические указания по выполнению лабораторной работы по дисциплинам «Электротехника, электроника, схемотехника» и «Основы электроники» / Юго-Зап. гос. ун-т; сост.: В. И. Иванов, М.В. Бобырь. – Курск, 2016. – 10 с.: ил. 2, табл. 1. – Библиогр.: с.10.

Изложена методика проектирования и исследования линейного стабилизатора напряжения компенсационного типа с усилителем на биполярных транзисторах и с защитой от перегрузки; приведены рекомендации по применению программы моделирования электронных схем **Electronics Workbench 5.0** для исследования характеристик стабилизатора.

Методические указания соответствуют требованиям программы дисциплин «Электротехника, электроника, схемотехника» и «Основы электроники».

Предназначены для студентов специальности 09.03.01 «Информатика и вычислительная техника» дневной и заочной форм обучения.

Текст печатается в авторской редакции

Подписано в печать 22.09.16. Формат 60x84 1/16.

Усл.печ. л. 0,6. Уч.-изд. л. 0,5. Тираж 50 экз. Заказ.953. Бесплатно.

Юго-Западный государственный университет.

305040, г. Курск, ул. 50 лет Октября, 94.

ЛИНЕЙНЫЙ СТАБИЛИЗАТОР НАПРЯЖЕНИЯ

1. Цель работы

Изучение принципа работы стабилизаторов напряжения с линейным (непрерывным) режимом управления; исследование схемы стабилизатора с транзисторным усилителем и с защитой от перегрузки.

2. Основные положения

Стабилизаторы напряжения вырабатывают заданные напряжения для электропитания электронных устройств при изменениях входного напряжения (от первичного источника) и тока нагрузки.

Важнейшими параметрами стабилизатора напряжения являются коэффициент стабилизации $K_{\text{ст}}$, выходное сопротивление $R_{\text{вых}}$ и коэффициент полезного действия η . Коэффициент стабилизации определяют из выражения

$$K_{\text{ст}} = \frac{\frac{\Delta U_1}{U_{1.\text{ном}}}}{\frac{\Delta U_2}{U_{2.\text{ном}}}} = \frac{U_{2.\text{ном}}}{U_{1.\text{ном}}} \frac{\Delta U_1}{\Delta U_2}, \quad (1)$$

где $U_{1.\text{ном}}$, $U_{2.\text{ном}}$ – номинальные значения напряжения соответственно на входе и выходе стабилизатора; ΔU_1 – изменение входного напряжения; ΔU_2 – изменение напряжения на выходе при постоянном токе нагрузки. Таким образом, коэффициент стабилизации – это отношение относительного изменения напряжения на входе к соответствующему относительному изменению напряжения на выходе стабилизатора. Чем больше коэффициент стабилизации, тем меньше изменяется выходное напряжение при изменении входного. У простейших стабилизаторов величина составляет единицы, а у более сложных — сотни и тысячи.

Выходное сопротивление стабилизатора определяется выражением

$$R_{\text{вых}} = \left| \frac{\Delta U_2}{\Delta I_{\text{н}}} \right|, \quad (2)$$

где ΔU_2 – изменение постоянного напряжения на выходе стабилизатора при изменении тока нагрузки на ΔI_H и неизменном напряжении на входе. Чем меньше выходное сопротивление, тем меньше изменяется выходное напряжение при изменении тока нагрузки. У простейших стабилизаторов величина $R_{\text{вых}}$ составляет единицы Ом, а у более совершенных — сотые и тысячные доли Ома. Необходимо отметить, что стабилизатор напряжения обычно резко уменьшает пульсации напряжения.

Компенсационные стабилизаторы представляют собой замкнутые системы автоматического регулирования. На рисунке 1 представлена структурная схема стабилизатора напряжения компенсационного типа. Характерными элементами компенсационного стабилизатора являются источник опорного (эталонного) напряжения (ИОН), сравнивающий и усиливающий элемент (СУЭ) и регулирующий элемент (РЭ). Напряжение на выходе стабилизатора или некоторая часть этого напряжения постоянно сравнивается с эталонным напряжением. В зависимости от их соотношения сравнивающим и усиливающим элементом вырабатывается управляющий сигнал для регулирующего элемента, изменяющий его режим работы таким образом, чтобы напряжение на выходе стабилизатора оставалось практически постоянным.

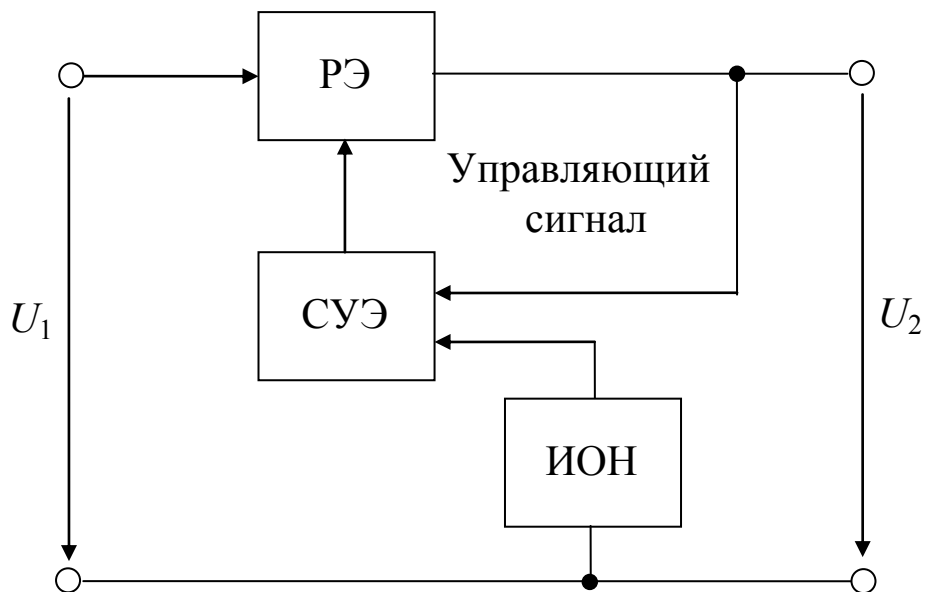


Рис. 1. Структурная схема последовательного стабилизатора компенсационного типа

В качестве ИОН обычно используют электронную цепь на основе стабилитрона, в качестве СУЭ часто используют дифференциальный, в частности, операционный усилитель, а в качестве РЭ — биполярный или полевой транзистор. Чаще всего регулирующий элемент включают последовательно с нагрузкой. В этом случае стабилизатор называют последовательным. Стабилизатор компенсационного типа содержит регулирующий элемент (обычно это так называемый "проходной" транзистор), который управляется схемой, состоящей из источника опорного напряжения, схемы сравнения и усилителя разности выходного и опорного напряжений. В стабилизаторах с непрерывным регулированием (линейных стабилизаторах) проходной транзистор работает в линейной области.

На рис.2 приведена схема стабилизатора с проходным транзистором $VT1$ и дифференциальным услителем на транзисторах $VT2$ и $VT3$. Этот каскад выполняет функции и схемы сравнения, и усилителя разности напряжений. На один вход (базу $VT2$) подается опорное напряжение $U_{оп}$, а на другой вход (базу $VT3$) — через резисторный делитель $R_{д1}, R_{д2}$ часть выходного напряжения U_2 . Опорное напряжение равно напряжению $U_{ст}$ на стабилитроне $VD1$.

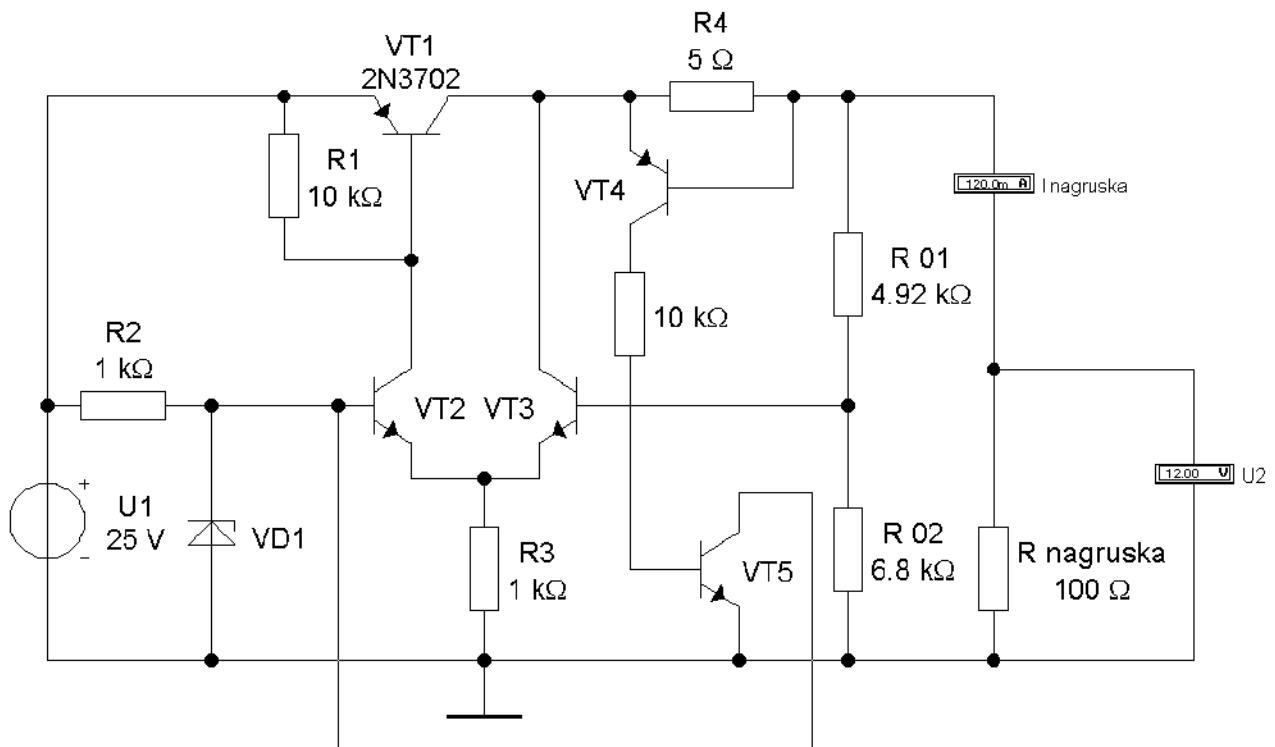


Рис.2. Схема стабилизатора напряжения

Схема защиты от перегрузки и короткого замыкания в нагрузке построена на транзисторах $VT4$ и $VT5$.

Коллекторный ток проходного транзистора $VT1$ управляется током коллектора транзистора $VT2$. При номинальном входном напряжении $U_{1\text{ном}}$ и номинальном токе нагрузки $I_{\text{н.ном}}$ должен быть запас и для увеличения, и для уменьшения коллекторного тока $VT1$.

Когда выходное напряжение опускается ниже заданного уровня, происходит подзапирание транзистора $VT3$, при этом токи транзисторов $VT2$ и $VT1$ увеличиваются, и происходит компенсация понижения напряжения U_2 . Аналогично схема реагирует на повышение напряжения U_2 .

Цепь отрицательной обратной связи поддерживает равенство потенциалов баз транзисторов $VT3$ и $VT2$:

$$\frac{R_{д2}U_2}{R_{д1} + R_{д2}} = U_{\text{ст}}. \quad (3)$$

Поэтому выходное напряжение стабилизатора удерживается около значения, равного

$$U_2 = \frac{R_{д1} + R_{д2}}{R_{д2}} U_{\text{ст}}. \quad (4)$$

При допустимом выходном токе падение напряжения на резисторе $R4$ составляет около 0,4 В, что недостаточно для отпирания транзистора $VT4$, он закрыт, а вместе с ним закрыт и транзистор $VT5$. При перегрузке, т. е. возрастании тока в цепи нагрузки сверх допустимого значения, напряжение на резисторе $R4$ увеличивается, и когда оно достигает значения 0,6...0,7 В, транзистор $VT4$ открывается и отпирает транзистор $VT5$, который понижает напряжение на стабилизаторе $VD1$. При этом стабилизатор выходит из режима стабилизации выходного напряжения и переходит в режим ограничения выходного тока, предохраняющий от выхода из строя проходного транзистора $VT1$.

3. Программа работы и методические указания

1. Расчет и налаживание стабилизатора в номинальном режиме

Собрать на рабочем столе программы **Electronics Workbench** схему стабилизатора (рис. 2). Выбрать из библиотеки **motor_1n** ста-

билитрон, у которого напряжение стабилизации $U_{ст}$ (**Zener test voltage**) составляет около половины заданной величины выходного напряжения стабилизатора согласно таблице вариантов.

Таблица

Варианты задания

Вариант	$U_{1.НОМ},$ В	$U_{2.НОМ},$ В	$I_{н.НОМ},$ мА	Вариант	$U_{1.НОМ},$ В	$U_{2.НОМ},$ В	$I_{н.НОМ},$ мА
1	25	12	150	9	25	15	120
2	20	10	200	10	16	8	200
3	15	6	120	11	22	11	165
4	30	15	150	12	18	10	160
5	10	5	200	13	24	12	180
6	18	8	160	14	13	6	125
7	20	11	220	15	20	9	150
8	18	9	180	16	12	5	125

Рассчитать сопротивление балластного резистора R_2 из условия, чтобы ток стабилитрона был равен 10 мА:

$$R_2 = (U_{1.НОМ} - U_{ст})/10, \text{ кОм.} \quad (5)$$

Определить величину тока базы проходного транзистора $VT1$ при номинальном выходном токе $I_{н.НОМ}$, используя упрощенное уравнение тока коллектора $I_{к1} = \beta_1 \cdot I_{б1}$:

$$I_{б1} = \frac{I_{к1}}{\beta_1} = \frac{I_{н.НОМ}}{\beta_1}$$

и найти требуемое значение тока коллектора $VT2$:

$$I_{к2} = I_{б1} + 0,1 \text{ мА.}$$

Второе слагаемое (0,1 мА) соответствует утечке тока через резистор R_1 , если его сопротивление установить равным 10 кОм.

Рассчитать сопротивление резистора R_3 в эмиттерной цепи дифференциального каскада, при котором суммарный ток эмиттеров $VT2$ и $VT3$ будет вдвое больше, чем ток $I_{к2}$:

$$R_3 = \frac{U_{ст} - U_{бэ.о}}{2I_{к.2}}, \quad (6)$$

где $U_{бэ.о} = 0,7$ В – напряжение на эмиттерном переходе транзистора $VT2$.

Рассчитать и установить сопротивление нагрузки R_n , которое обеспечивает номинальный ток $I_{н.ном}$.

Рассчитать и установить сопротивление ограничительного резистора R_4 , на котором номинальный выходной ток $I_{н.ном}$ создает падение напряжения 0,4 В.

Рассчитать сопротивления резисторного делителя R_{01} и R_{02} , удовлетворяющие условию (3). При расчете можно использовать пропорцию:

$$\frac{R_{02}}{R_{01}} = \frac{U_{ст}}{U_{2.ном} - U_{ст}},$$

Для определенности принять ток делителя равным 1 мА. Тогда суммарное сопротивление $R_{01} + R_{02} = U_{2.ном}$ (в килоомах), т. е. R_{02} равно $U_{ст}$ (в килоомах), а R_{01} – равно $(U_2 - U_{ст})$.

Включить моделирование и уточнить значение сопротивления R_{01} или R_{02} так, чтобы значение выходного напряжения соответствовало заданному с точностью до единицы младшего разряда вольтметра.

2. Измерение коэффициента стабилизации

Коэффициент стабилизации определяется при постоянном токе нагрузки. Установить на входе номинальное значение входного напряжения $U_{1.ном}$ и номинальный выходной ток $I_{н.ном}$; измерить выходное напряжение. Оно после выполнения п.1 должно оставаться равным $U_{2.ном}$. Изменить входное напряжение на 25% от номинального значения в любую сторону – повысить или понизить на величину ΔU_1 . Измерить выходное напряжение и определить его изменение ΔU_2 . Подставить результаты эксперимента в выражение (1) и вычислить коэффициента стабилизации $K_{ст}$. Повторить эксперимент при изменении входного напряжения в противоположном направлении.

3. Измерение выходного сопротивления стабилизатора

Выходное сопротивление измеряется при неизменном входном напряжении. Установить на входе номинальное значение входного напряжения $U_{1.ном}$ и номинальный выходной ток $I_{н.ном}$; измерить выходное напряжение. Изменить в любом направлении – в сторону увеличения или уменьшения ток нагрузки приблизительно на 25 % относительно номинального значения, для чего необходимо рассчитать соответствующее сопротивление нагрузки. Зафиксировать, на сколько изменились ток нагрузки (ΔI_n) и выходное напряжение (ΔU_2). Подставить эти результаты в (2) и вычислить значение выходного сопротивления $R_{вых}$. Повторить эксперимент при изменении тока нагрузки в противоположном направлении.

4. Испытание схемы защиты от перегрузки

Установить на входе номинальное значение входного напряжения $U_{1.ном}$ и номинальный выходной ток $I_{н.ном}$; измерить выходное напряжение. Оно должно быть равным $U_{2.ном}$. Уменьшить сопротивление нагрузки в 5 раз по сравнению с номинальным значением. Измерить и зафиксировать в отчете показания амперметра в цепи нагрузки и вольтметра выходного напряжения. Сделать выводы по итогам опыта.

4. Контрольные вопросы

1. В чем заключается принцип работы линейного стабилизатора напряжения компенсационного типа?
2. Назовите основные узлы стабилизатора, их назначение и взаимодействие между собой.
3. Как изменяется режим регулирующего элемента при понижении и повышении выходного напряжения?
4. Как определяется коэффициент стабилизации? От каких параметров компонентов схемы зависит его величина?
5. Поясните физический смысл выходного сопротивления стабилизатора. Каким оно должно быть у высококачественного стабилизатора?
6. Каким нижним пределом ограничивается входное напряжение, при котором обеспечивается работоспособность стабилизатора?
7. Как можно оценить к.п.д. линейного стабилизатора напряжения?
8. По каким параметрам следует выбирать проходной транзистор?

9. Объясните назначение и принцип работы схемы защиты стабилизатора от перегрузки.

5. Содержание отчета

Отчет должен содержать:

- 1) титульный лист;
- 2) наименование работы и цель исследований;
- 3) схему исследуемого стабилизатора напряжения;
- 4) программу работы;
- 5) результаты расчета компонентов схемы для номинального режима;
- 6) результаты измерений коэффициента стабилизации и выходного сопротивления.

Библиографический список

Литература

1. Титов, В.С. Проектирование аналоговых и цифровых устройств: Учеб. Пособие для студентов вузов / В.С. Титов, В.И. Иванов, М.В. Бобырь // М.: ИНФРА-М, 2014. 143 с.
2. Электротехника и электроника: Учебное пособие / М.В. Бобырь, В.И. Иванов, В.С. Титов, А.С. Ястребов. В 2 кн. – Курск: Курск. гос. тех. ун-т. – 2009. Кн. 2. – Электроника. – 240 с.
3. Лачин, В.И. Электроника: Учебное пособие / В.И. Лачин, Н.С. Савелов. Изд. 6-е. – Ростов н / Д: изд-во “Феникс”, 2007. – 703 с.
4. Опадчий, Ю.Ф. Аналоговая и цифровая электроника (Полный курс): Учебник для вузов / Ю.Ф. Опадчий, О.П. Глудкин, А.И. Гуров; Под ред. О.П. Глудкина. – М.: Горячая Линия – Телеком, 2002. – 768 с.

