

Хлебцов Алексей Павлович

магистрант

ФГБОУ ВО «Астраханский государственный университет»

г. Астрахань, Астраханская область

ИССЛЕДОВАНИЕ ЛИНЕЙНОГО СТАБИЛИЗАТОРА НАПРЯЖЕНИЯ

Аннотация: автором смоделирована схема в программе Multisim. Исследованы статические и динамические характеристики стабилизатора напряжения. Анализ результатов исследования позволил определить допустимые пределы изменения параметров питающего напряжения и нагрузки.

Ключевые слова: исследование, стабилизатор напряжения, моделирование, электрические измерения, стабилизация, Multisim.

Нормальная работа большинства электронных устройств невозможна без стабильного напряжения питания. Чем чувствительнее устройство, тем точнее измерительное устройство, тем выше должна быть стабильность источника питания. В качестве стабилизирующих устройств напряжения используют стабилизаторы, которые подразделяют – на параметрические и компенсационные. В качестве параметрических стабилизаторов используют нелинейные элементы. Такие стабилизаторы применяют для питания устройств с малыми токами потребления. Компенсационные стабилизаторы напряжения и тока представляют собой замкнутую систему автоматического регулирования с отрицательной обратной связью (ООС). Наибольшее распространение получили полупроводниковые стабилизаторы постоянного напряжения, которые подразделяются по способу включения регулирующего элемента относительно нагрузки на последовательные и параллельные, а по режиму работы регулирующего элемента – на линейные и импульсные (ключевые) [3]

В настоящей работе была поставлена цель провести исследование компенсационного стабилизатора напряжения в плане изучения влияния величины нагрузочного сопротивления и установления допустимого диапазона изменения

входного напряжения. Для решения поставленной задачи проведено моделирование в программе Multisim.

Схема стабилизатора приведена на рисунке 1. Стабилизатор собран по схеме моста в выходной цепи, образованного резисторами R4, R5, стабилитронами VD1, VD2. В диагональ моста включен эмиттерный переход транзистора VT3, управляющего регулирующим составным транзистором VT2, VT1. Составной транзистор включен по схеме с общим эмиттером. Более высокое по сравнению с эмиттерным повторителем выходное сопротивление оконечного каскада компенсируется в этой схеме тем, что выходной каскад имеет высокий коэффициент усиления по напряжению, последнее заметно повышает коэффициент петлевого усиления схемы стабилизатора. Так как напряжение на базе управляющего транзистора VT3 по отношению к плюсовому проводу оказывается стабилизированным, то изменения выходного напряжения передаются на эмиттерный переход этого транзистора без ослабления делителем.

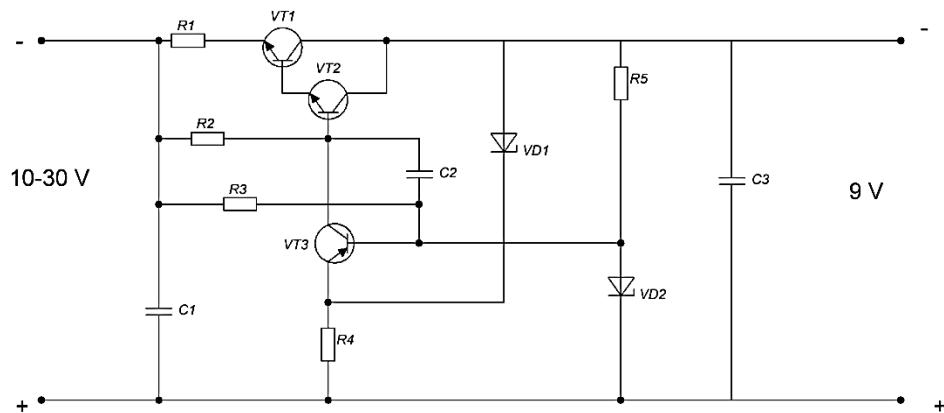


Рис. 1. Схема линейного стабилизатора напряжения

Максимальный ток нагрузки задается резистором R4. Ток базы транзистора VT2 не может превысить значения тока, текущего через резистор R4. Следовательно, подбором этого резистора можно установить требуемый ток защиты. Стабилизатор защищен и от коротких замыканий в цепи нагрузки. Ток короткого замыкания зависит от значения запускающего тока, текущего через резистор R2. Этот резистор подбирается при минимальном сопротивлении нагрузки по устойчивому запуску стабилизатора. Такая система обеспечивает надежный запуск

стабилизатора, и практически не ухудшает параметров, поскольку в рабочем режиме ток через резистор R2 замыкается через малое сопротивление открытого стабилитрона VD2.

Модель стабилизатора приведена на рисунке 2. Сопротивление нагрузки стабилизатора (R_8) при исследовании будем изменять в диапазоне от 100 Ом до 0 (режим короткого замыкания). Целью исследования является построение внешней характеристики (зависимости выходного напряжения от выходного тока), амплитудной характеристики (зависимости выходного напряжения от входного напряжения), определения коэффициента стабилизации схемы, исследование переходного процесса запуска и отключения стабилизатора.

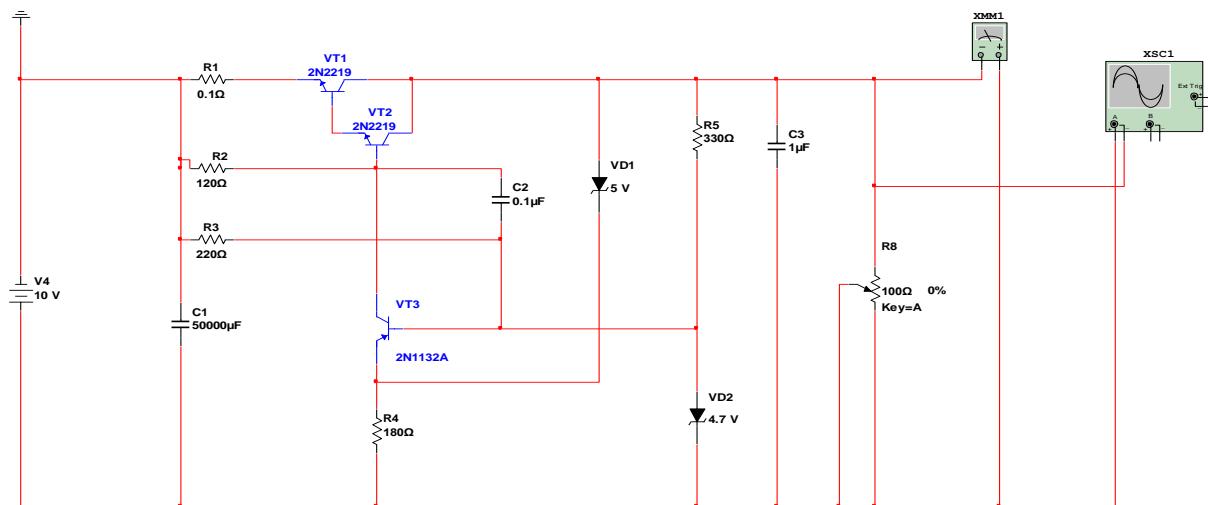


Рис. 2. Модель стабилизатора в пакете Multisim

Параметры стабилизатора подобраны таким образом, чтобы обеспечить выходное напряжение 9В. При необходимости, данное напряжение может быть изменено. Для этого в цепь устанавливаются стабилитроны с другими значениями напряжения стабилизации.

Построим семейство внешних характеристик стабилизатора при различных значениях входного напряжения. Для этого будем изменять значение сопротивления нагрузки, и с помощью мультиметра измерять выходное напряжение стабилизатора. Результаты измерений показаны в таблице 1. График внешней характеристики показан на рисунке 3.

Таблица 1

Данные для построения внешней характеристики

$U_{bx} = 10V$	R_h, Ω	100	90	80	70	60	50	40	30	25	20	15	10
	I_h, mA	89	99	112	128	149	179	224	299	358	447	590	864
	U_h, V	8,98	8,98	8,98	8,98	8,98	8,98	8,98	8,97	8,97	8,95	8,85	8,64
$U_{bx} = 15V$	R_h, Ω	100	90	80	70	60	50	40	30	25	20	15	10
	I_h, mA	90	100	112	128	150	179	224	299	359	449	599	898
	U_h, V	9	9	9	9	9	8,99	8,99	8,99	8,99	8,99	8,98	8,98
$U_{bx} = 20V$	R_h, Ω	100	90	80	70	60	50	40	30	25	20	15	10
	I_h, mA	90	100	112	128	150	180	225	300	360	450	600	899
	U_h, V	9,01	9,01	9,01	9,01	9,01	9,01	9,01	9	9	9	9	8,9

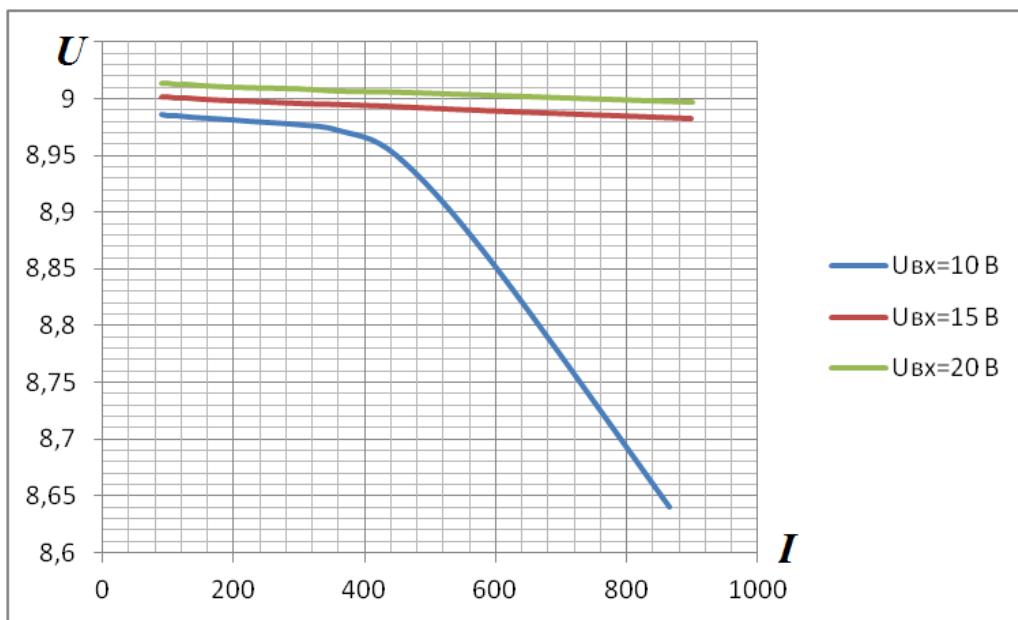


Рис. 3. Внешняя характеристика стабилизатора

Обратим внимание, что при входном напряжении 10 В удовлетворительное качество стабилизации достигается в гораздо более узком диапазоне токов (0–400 мА), в то время, как с повышением входного напряжения характеристика остается жесткой во всем диапазоне исследования. Из этого делаем вывод об

ограниченной применимости данного стабилизатора при низком питающем напряжении.

Для построения характеристики «вход-выход» изменяем значение входного напряжения и измеряем значение выходного напряжения. Результаты измерения при трех значениях тока нагрузки приведены в таблице 2. Графики характеристики построены на рисунке 4.

Таблица 2

Данные для построения характеристик «вход-выход»

$R_H = 100 \text{ Ом}$	$U_{\text{вх}}, \text{ В}$	0	5	7	10	15	20	25	30	40	50
	$U_{\text{вых}}, \text{ В}$	0	4,305	6,286	8,986	9,002	9,014	9,023	9,031	38,085	49,02
$R_H = 50 \text{ Ом}$	$U_{\text{вх}}, \text{ В}$	0	5	7	10	15	20	25	30	40	50
	$U_{\text{вых}}, \text{ В}$	0	4,176	6,097	8,716	8,732	8,744	8,752	8,760	36,894	47,549
$R_H = 10 \text{ Ом}$	$U_{\text{вх}}, \text{ В}$	0	5	7	10	15	20	25	30	40	50
	$U_{\text{вых}}, \text{ В}$	0	3,758	5,488	7,845	7,859	7,869	7,877	7,884	33,205	42,794

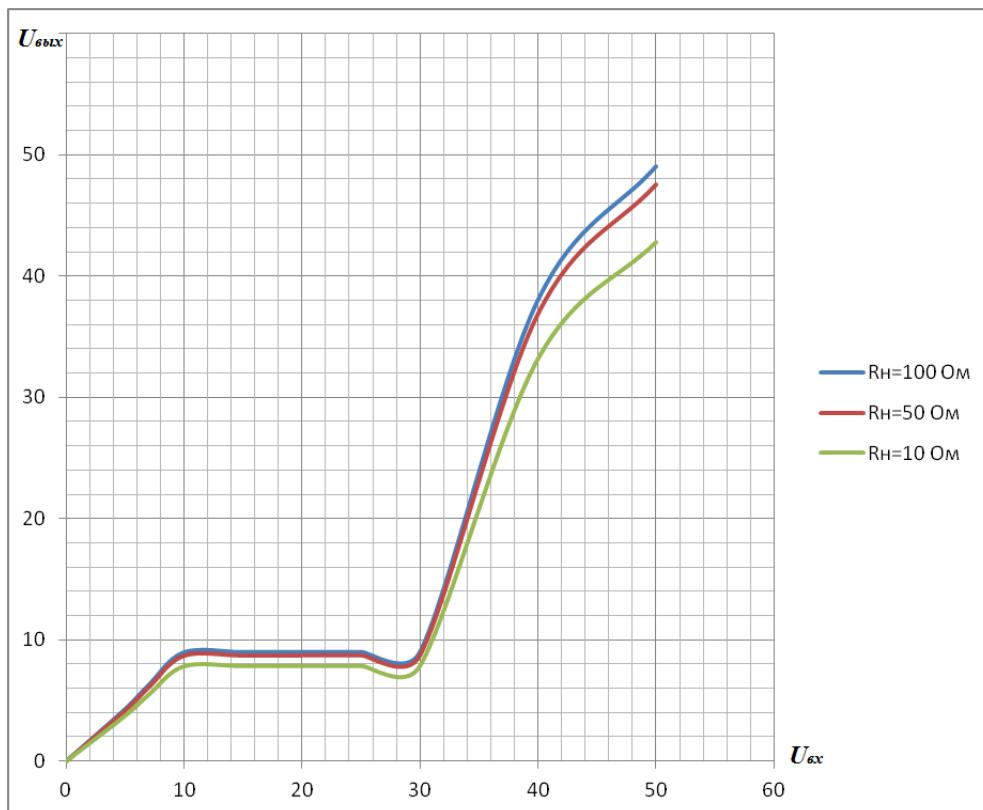


Рис. 4. Семейство характеристик «вход-выход» линейного стабилизатора

Из характеристик «вход-выход» определяем допустимый диапазон входных напряжений стабилизатора – (10...25) В. При превышении входным напряжением предельно допустимого напряжения транзистора VT1 происходит пробой транзистора, и выходное напряжение практически равно входному.

Кроме того, в работе проведено исследование переходного процесса включения и выключения схемы. Добавим в модель ключ последовательно с источником входного напряжения (рисунок 5). Полученные графики переходного процесса показаны на рисунке 6 и 7.

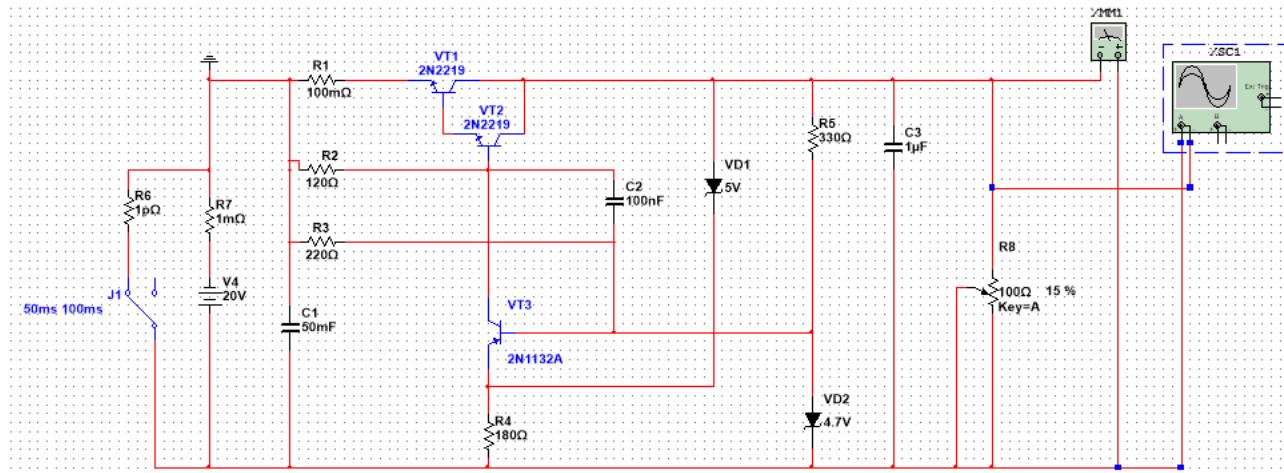


Рис. 5. Схема исследования процесса включения стабилизатора

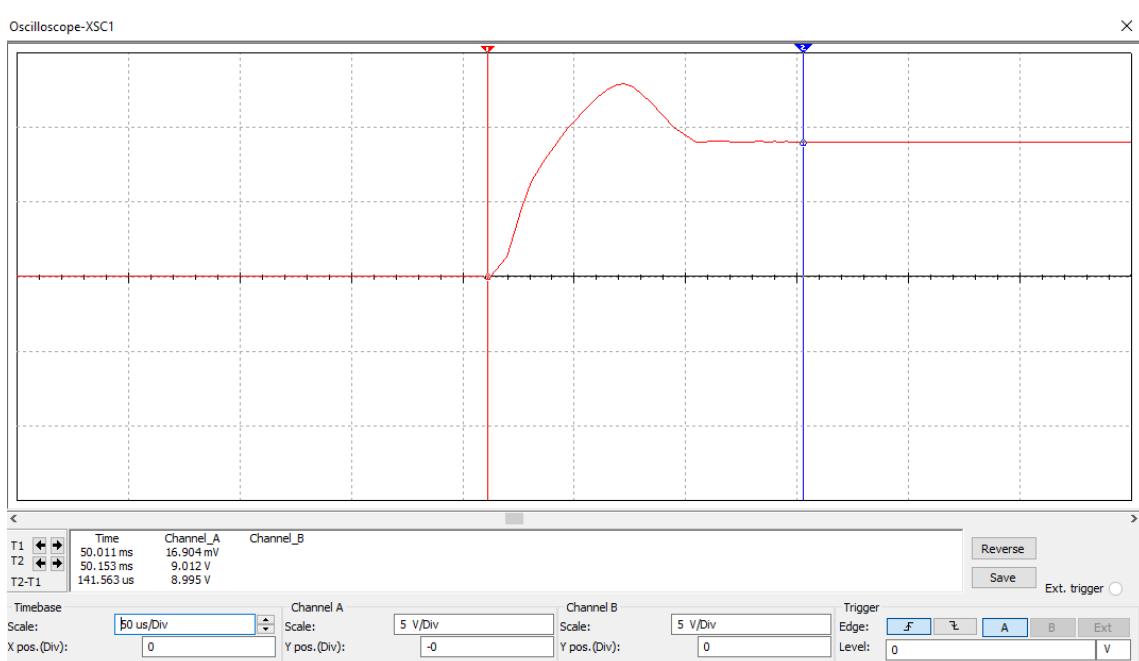


Рис. 6. Переходный процесс включения стабилизатора

Как видим из рисунка 6, длительность переходного процесса стабилизатора составляет порядка 0,1 мс. При размыкании ключа происходит переходный процесс отключения, показанный на рисунке 7. Как видим из графика, время переходного процесса выключения составляет порядка 0,3 мс.

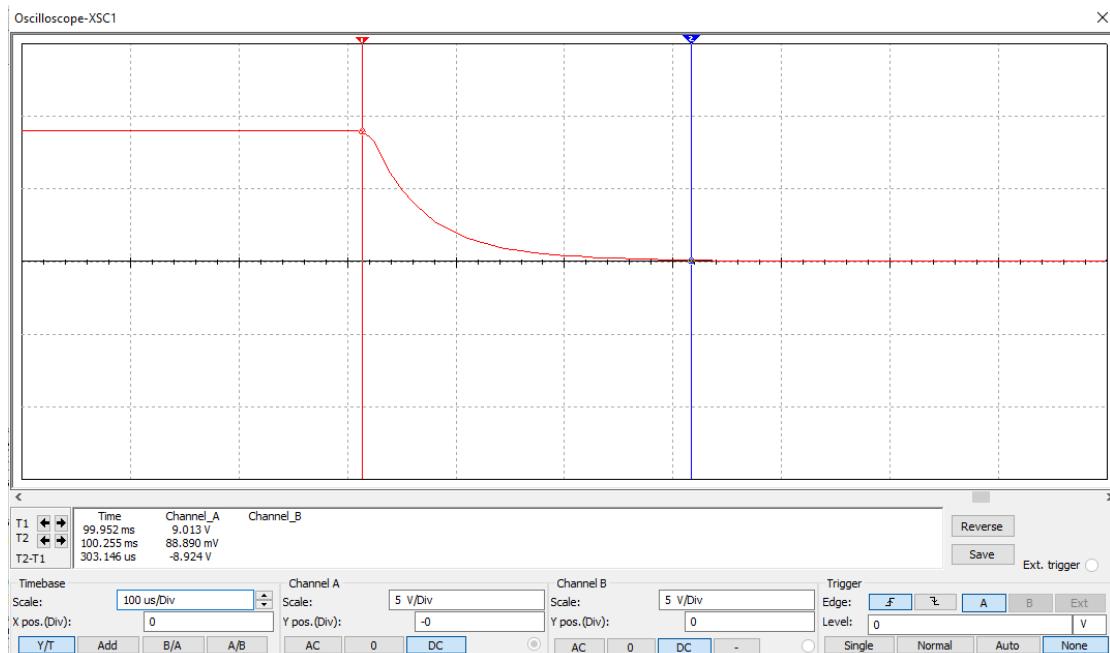


Рис. 7. Переходный процесс отключения стабилизатора

Заключение

На основе моделирования проведено исследование линейного стабилизатора напряжения в программе Multisim. Было построено семейство внешних характеристик. При входном напряжении 10 В стабилизация достигается в узком диапазоне нагрузки (0–400 мА). Внешняя характеристика остается жесткой, изменяя нагрузку до 1000 мА. Из характеристики «вход–выход» было определено, что допустимый диапазон входных напряжений стабилизатора составляет от 10 до 25 В. При превышении предельно допустимого напряжения, происходит пробой транзистора VT1. Время включения стабилизатора составило 0,1 мс. Время отключения 0,3 мс.

Список литературы

1. Мелешин В.И. Транзисторная преобразовательная техника [Текст] / В.И. Мелешин. – М.: Техносфера, 2005. – 626 с.

2. Хернитер М.Е. Электронное моделирование в Multisim [Текст] / М.Е. Хернитер. – М.: ДМК-Пресс, 2009. – 488 с.
3. Марченко А.Л. Основы электроники. Учебное пособие для вузов [Текст] / А.Л. Марченко. – М.: ДМК-Пресс, 2008. – 296 с.