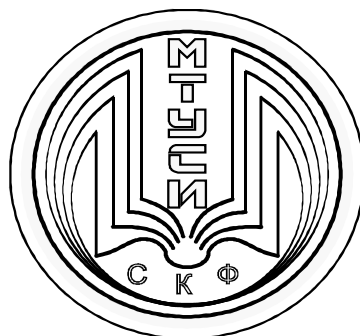


ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО СВЯЗИ
СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФИЛИАЛ
ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«МОСКОВСКИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ СВЯЗИ И
ИНФОРМАТИКИ»



Кафедра: «Инфокоммуникационные технологии и системы связи»

ИССЛЕДОВАНИЕ КОМПЕНСАЦИОННЫХ СТАБИЛИЗАТОРОВ ПОСТОЯННОГО НАПРЯЖЕНИЯ

*Руководство по выполнению
лабораторной работы*

Ростов-на-Дону
2019 г.

В.В. Ершов

**Исследование компенсационных стабилизаторов
постоянного напряжения.**

Руководство по выполнению лабораторной работы.

В руководстве приведены основные расчетные соотношения и показатели качества стабилизаторов, на основании которых осуществляется обоснованный выбор той или иной схемы стабилизатора для практического применения в установках электропитания систем телекоммуникаций. Руководство составлено в соответствии с учебной программой по дисциплине «Электропитание устройств и систем телекоммуникаций» для студентов, обучающихся по направлению подготовки 11.03.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи.

Рассмотрено и одобрено на заседании
кафедры ИТСС
Протокол № 1 от 26.08.2019 г.

Лабораторная работа №7

ИССЛЕДОВАНИЕ КОМПЕНСАЦИОННЫХ СТАБИЛИЗАТОРОВ ПОСТОЯННОГО НАПРЯЖЕНИЯ

Цель работы: 1. Углубить и закрепить теоретические знания по устройству и принципу действия компенсационных стабилизаторов постоянного напряжения.

2. Обучить студентов методам экспериментальных исследований компенсационных стабилизаторов постоянного напряжения.

ЗАДАЧИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ

1. Уяснить механизм протекания процессов в компенсационном стабилизаторе постоянного напряжения.

2. Экспериментально определить эксплуатационные показатели компенсационного стабилизатора постоянного напряжения.

3. Оформить бланк отчета и защитить полученные в ходе экспериментальных исследований результаты.

ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ ИЗ ТЕОРИИ

Напряжение питающей сети практически никогда не остается постоянным и может меняться в широких пределах. Многие электротехнические и радиоэлектронные устройства общепромышленного назначения вообще и систем телекоммуникаций, в частности, питаются от источников, выходное напряжение или ток которых должны оставаться почти неизменными при изменении *дестабилизирующих факторов* в широких пределах.

Основными *дестабилизирующими факторами*, вызывающими изменение напряжения (тока) электроприемников систем телекоммуникаций являются:

- колебания питающих напряжений;
- изменения потребляемого тока;

Колебания питающих напряжений возникают из-за неустойчивости напряжения питающей сети. Большая часть приемников питается от промышленной сети переменного напряжения с частотой 50 Гц. Колебания напряжения сети могут достигать 10...15% от номинального значения. При питании устройств систем телекоммуникаций от маломощных энергетических сетей или от автономных источников колебания напряжения могут достигать 15...20%, а иногда и более.

Изменение тока приводит к изменению падения напряжения на внутреннем сопротивлении источника и сопротивлении соединительных проводов. Чем больше внутреннее сопротивление источника и сопротивление соединительных проводов, тем большими будут изменения напряжения.

Другими дестабилизирующими факторами, влияющими на выходные параметры, являются колебания частоты тока питающей сети, температуры окружающей среды, уровня ионизирующих излучений, давления и другие.

Различные электротехнические устройства допускают различную неустойчивость напряжения питания $\delta U = (\Delta U_{\text{вых}} / U_{\text{вых}})$.

Так, например, для приборов автоматики и телемеханики она не должна превышать 5...10%, для выходных каскадов радиоприемных устройств - 3...5%, для электронного микроскопа - она не должна превышать 0.005%.

Поскольку изменения вышеуказанных дестабилизирующих факторов могут носить плавный медленно изменяющийся характер или происходить скачком очень быстро, а во времени эти изменения носят случайный характер, устройство, поддерживающее величину напряжения в заданных пределах, должно работать непрерывно и автоматически.

С т а б и л и з а т о р о м напряжения называется устройство, которое автоматически обеспечивает поддержание с требуемой точностью напряжение у электроприемников в требуемых пределах при влиянии дестабилизирующих факторов.

Различают ***индивидуальный и централизованный*** способ обеспечения приемников стабильным напряжением. При индивидуальном способе каждый из них имеет свой отдельный стабилизатор, а при централизованном - все приемники питаются от общего стабилизатора.

Выбор способа определяется режимами работы приемников соотношением их потребляемых мощностей, конструктивными и эксплуатационными, а также экономическими особенностями. Как правило, для стабилизации переменного напряжения мощных приемников или их групп применяется централизованный способ стабилизации.

Стабилизаторы можно классифицировать по роду напряжения (тока), по мощности, точности поддержания выходного напряжения, области применения, принципу действия.

По роду напряжения (тока) различают стабилизаторы переменного и постоянного напряжения.

По мощности стабилизаторы подразделяются на маломощные (до 50 Вт), средней (до 2 кВт) и большой мощности (свыше 2 кВт).

В зависимости от точности поддержания стабилизируемой величины различают стабилизаторы низкой стабильности, если нестабильность выходного напряжения превышает 5%; средней стабильности - (1...5%); высокой стабильности - (0.1...1.0%); и очень высокой стабильности (прецизионные) - 0,1%.

В зависимости от области применения стабилизаторы бывают общего назначения и специальные. К первым можно отнести стабилизаторы, например, для питания телевизоров, а ко вторым стабилизаторы в источнике питания задающего генератора передатчика или для прецизионной контрольно-измерительной аппаратуры.

По принципу действия стабилизаторы постоянного напряжения подразделяются на параметрические и компенсационные.

В параметрических стабилизаторах используются нелинейные элементы, и стабилизация напряжения (тока) осуществляется в результате нелинейности их вольтамперных характеристик (ВАХ).

Компенсационные стабилизаторы представляют собою систему автоматического регулирования, содержащую регулирующий элемент и цепь отрицательной обратной связи. Эффект стабилизации в этих устройствах достигается изменением параметров регулирующего элемента при воздействии на него сигнала обратной связи. В качестве регулирующего элемента в компенсационных стабилизаторах используются управляемые нелинейные элементы (транзисторы, тиристоры и др.). В зависимости от режима работы регулирующего элемента компенсационные стабилизаторы делятся на непрерывные (или линейные) либо импульсные (или дискретные).

Одним из основных параметров стабилизатора напряжения является **стабильность** выходного напряжения. Она зависит от степени влияния дестабилизирующих факторов на характеристики элементов схемы стабилизатора. Величина колебаний напряжения потребителей **оценивается коэффициентом стабилизации**, который определяется для стабилизатора напряжения таким образом:

$$K_{CT} = \frac{\frac{\Delta U_{BX}}{U_{BX.HOM}}}{\frac{\Delta U_{ВЫХ}}{U_{ВЫХ.HOM}}} = \frac{\Delta U_{BX}}{\Delta U_{ВЫХ}} \cdot \frac{U_{ВЫХ.HOM}}{U_{BX.HOM}} = \frac{\Delta U_{BX}}{\Delta U_{ВЫХ}} \cdot \lambda_H, \quad (1)$$

при $I_{ВЫХ} = \text{const}$,

где $U_{BX.HOM}$ и $U_{ВЫХ.HOM}$ - номинальные значения входного и выходного напряжений;

ΔU_{BX} и $\Delta U_{ВЫХ}$ - соответствующие изменения входного и выходного напряжений;

λ_H - коэффициент передачи напряжения с входа на выход стабилизатора, равный $\lambda_H = U_{\text{ВЫХ.НОМ}} / U_{\text{ВХ.НОМ}}$.

Таким образом, коэффициент стабилизации по напряжению является безразмерной величиной и определяет, во сколько раз относительное изменение выходного напряжения меньше относительного изменения входного напряжения. Численное значение коэффициента стабилизации для различных типов стабилизаторов имеет величину от единиц до нескольких тысяч.

Характеристики стабилизаторов. Важной характеристикой стабилизатора является внешняя характеристика, которая показывает характер зависимости выходного напряжения стабилизатора от величины его тока нагрузки при неизменном входном напряжении (рис. 1):

$$U_{\text{ВЫХ}} = f(I_{\text{ВЫХ}}), \quad \text{при } U_{\text{ВХ}} = \text{const.} \quad (2)$$

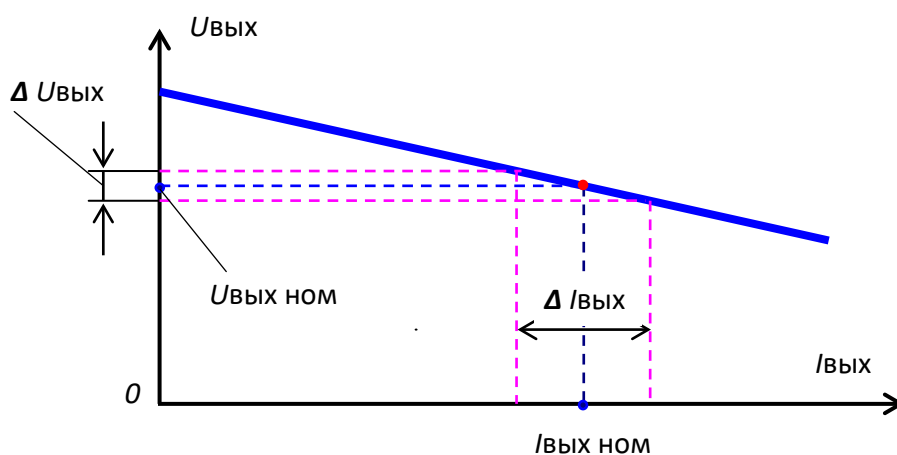


Рис.1. Внешняя характеристика стабилизатора

По внешней характеристике стабилизатора определяется его выходное сопротивление, которое характеризует степень изменения выходного напряжения стабилизатора при изменении его тока нагрузки. Выходное (внутреннее) сопротивление стабилизатора определяется как приращение выходного напряжения $\Delta U_{\text{ВЫХ}}$, при неизменном входном напряжении $U_{\text{ВХ}} = \text{const}$:

$$R_{BЫX} = -\frac{\Delta U_{BЫX}}{\Delta I_{BЫX}}, \quad \text{при } U_{BХ} = \text{const.} \quad (3)$$

Знак "минус" показывает, что с ростом тока нагрузки выходное напряжение уменьшается и наоборот.

Другой важной характеристикой стабилизатора является его эксплуатационная характеристика, определяющая пределы изменения входного напряжения, в которых выходное напряжение остается в заданных пределах. Она характеризуется зависимостью выходного напряжения $U_{BЫX}$ от входного $U_{BХ}$ при неизменной величине тока нагрузки $I_{BЫX}$

$$U_{BЫX} = f(U_{BХ}), \quad \text{при } I_{BЫX} = \text{const.} \quad (4)$$

Характер этой зависимости представлен на рис. 2.

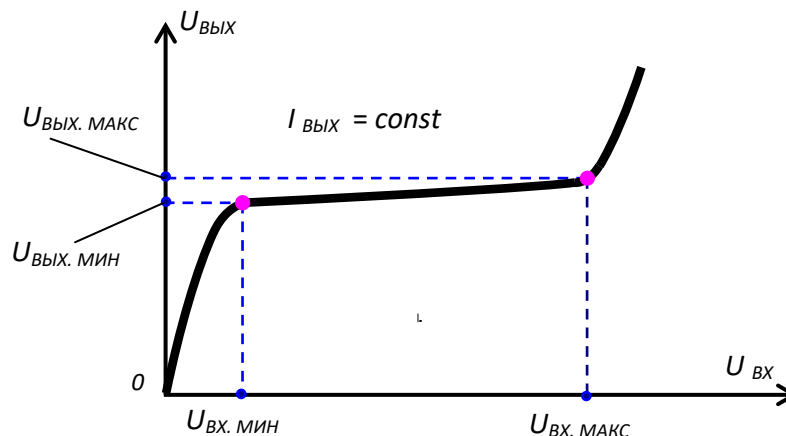


Рис. 2. Эксплуатационная характеристика стабилизатора

Другие параметры стабилизаторов. Для стабилизаторов постоянного напряжения характерен параметр - коэффициент сглаживания $K_C = K_{п.ВХ} / K_{п.ВЫХ}$, где $K_{п.ВХ} / K_{п.ВЫХ}$ - коэффициенты пульсаций по первой гармонике соответственно на входе и выходе стабилизатора. Этот параметр применим к стабилизаторам с линейным регулирующим элементом.

Температурный коэффициент стабилизатора, равный отношению приращения выходного напряжения $\Delta U_{BЫX}$ к приращению температуры окружающей среды $\Delta T_{ОКР}$, при

неизменном входном напряжении и токе нагрузки ($U_{ВХ} = \text{const}$; $I_{ВЫХ} = \text{const}$) будет

$$\gamma = \Delta U_{ВЫХ} / \Delta T_{ОКР}. \quad (5)$$

Для стабилизаторов переменного напряжения важным параметром является **коэффициент мощности**, определяемый как отношение номинальных значений потребляемых мощностей, т.е.

$$\cos \varphi = P_{СТ.Н} / S_{СТ.Н}, \quad (6)$$

где $P_{СТ.Н}$ - номинальная потребляемая активная мощность стабилизатора;

$S_{СТ.Н}$ - номинальная потребляемая полная мощность стабилизатора.

Помимо параметров, характеризующих качество стабилизации, стабилизаторы постоянного напряжения оцениваются энергетическими, объемно - массовыми и другими показателями.

Основным энергетическим показателем стабилизаторов напряжения является коэффициент полезного действия η , равный отношению активной мощности, отдаваемой стабилизатором в сопротивление нагрузки, к активной мощности, потребляемой стабилизатором от сети: $\eta = P_{ВЫХ} / P_{ВХ}$.

Объемно-массовыми параметрами стабилизаторов являются: удельная мощность ($P_{ВЫХ}/V_{СТ}$), Вт/дм³ и ($P_{ВЫХ}/G_{СТ}$), Вт/кг,

где $V_{СТ}$, $G_{СТ}$ - объём и масса стабилизированного источника электропитания соответственно.

Основными параметрами надежности являются: время наработки на отказ $T_О$, вероятность безотказной работы $P_О$; коэффициент готовности $K_Г$; время (интенсивность) восстановления $t_В$ ($\mu В$). К стабилизаторам, так же как и к другим устройствам, предъявляются требования по показателю стабильности к различным видам воздействий (механическим, электромагнитным радиационным и др.).

ОСНОВНЫЕ СТРУКТУРНЫЕ СХЕМЫ КОМПЕНСАЦИОННЫХ СТАБИЛИЗАТОРОВ ПОСТОЯННОГО НАПРЯЖЕНИЯ

Компенсационные стабилизаторы постоянного напряжения характеризуются высоким коэффициентом стабилизации и плавностью регулирования выходного напряжения.

В зависимости от способа включения регулирующего элемента относительно сопротивления нагрузки стабилизаторы подразделяются на **последовательные и параллельные**. В стабилизаторах первого типа регулирующий элемент включен последовательно, а в стабилизаторах второго типа - параллельно с сопротивлением нагрузки. Функциональные схемы таких стабилизаторов показаны на рис. 3.

В схеме на рис. 3,а стабилизатор питается от сети постоянного или переменного тока через выпрямитель и фильтр. Изменение входного напряжения или тока нагрузки вызывает в первый момент изменение напряжения на выходе схемы. Измерительный элемент, в качестве которого выступает датчик напряжения (ДН), формирует на своем выходе сигнал, пропорциональный текущему значению выходного напряжения $U_{дн}$.

Этот сигнал подается на первый вход устройства сравнения (УС), а на второй вход УС подается сигнал от источника опорного напряжения (ИОН) $U_{ион}$. На выходе УС формируется разностный сигнал ΔU , который несет в себе информацию о величине и направлении отклонения регулируемого напряжения.

Усилительно – преобразовательное устройство (УПУ) усиливает выходной сигнал устройства сравнения и подает его на базу силового транзистора VT, который выполняет функцию регулирующего элемента (РЭ).

Напряжение на регулирующем элементе изменяется и компенсирует изменения выходного напряжения с определенной степенью точности.

На рис. 3,б представлена схема *параллельного* стабилизатора с непрерывным регулированием. Регулирующий элемент включен параллельно сопротивлению нагрузки. При изменении входного напряжения в первый момент напряжение на выходе схемы $U_{вых}$ изменяется. На выходе УС появляется сигнал рассогласования

между выходным напряжением и опорным. Сигнал рассогласования усиливается УПУ и подается на вход РЭ.

Изменение сигнала на входе РЭ приводит к изменению его тока I_{VT} , что, в свою очередь, вызывает изменения тока I_{BX} , потребляемого схемой от источника питания. Изменение входного тока I_{BX} приводит к изменению падения напряжения на балластном сопротивлении R_B , в результате чего выходное напряжение возвращается к своему первоначальному значению $U_{ВЫХ} = U_{ВХ} - I_{ВХ} R_B$.

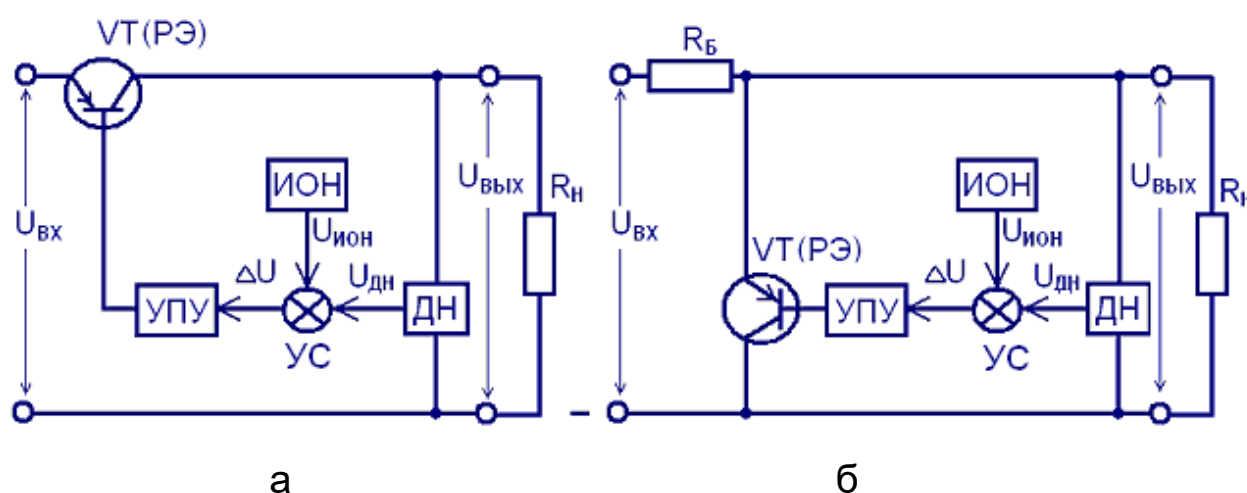


Рис. 3. Функциональные схемы стабилизаторов постоянного напряжения с непрерывным регулированием:

а - с последовательным включением регулирующего элемента; б - с параллельным.

Изменение тока нагрузки I_H вызывает противоположное по знаку и равное по значению изменение тока через РЭ. Таким образом, при изменении тока нагрузки ток, потребляемый стабилизатором от источника питания, не изменяется.

Широкое применение стабилизаторов с непрерывным регулированием объясняется их высокими качественными показателями и хорошей электромагнитной совместимостью с радиоэлектронной аппаратурой. Их основным недостатком является относительно низкий КПД, уменьшающийся с понижением уровней выходных напряжений.

В лабораторной работе предусмотрена возможность проведения исследования схем трех компенсационных стабилизаторов постоянного

напряжения. На рис. 4 представлена схема стабилизатора с последовательным включением регулирующего транзистора без усилительного элемента. Стабилизатор состоит из двух частей: параметрического стабилизатора ($R1$ и $VD1$), создающего опорное напряжение $U_{оп}$, и регулирующего транзистора $VT1$, который совмещает в себе дополнительно и функцию усилительного элемента. В качестве измерительных элементов выступают р-п переход эмиттер-база $VT1$, сопротивление нагрузки R_H и стабилитрон $VD1$.

Режим работы $VT1$ выбирается таким образом, чтобы при отсутствии дестабилизирующих факторов, он был не полностью открыт напряжением смещения эмиттер-база, которое обычно составляет величину порядка 0,3 В. Выходное напряжение стабилизатора при этом практически равняется опорному напряжению $U_{оп}$. Если, по каким-либо причинам, выходное напряжение изменится, то соответственно изменится и напряжение смещения эмиттер-база, что приведет к изменению сопротивления регулирующего транзистора $VT1$ таким образом, чтобы выходное напряжение осталось неизменным.

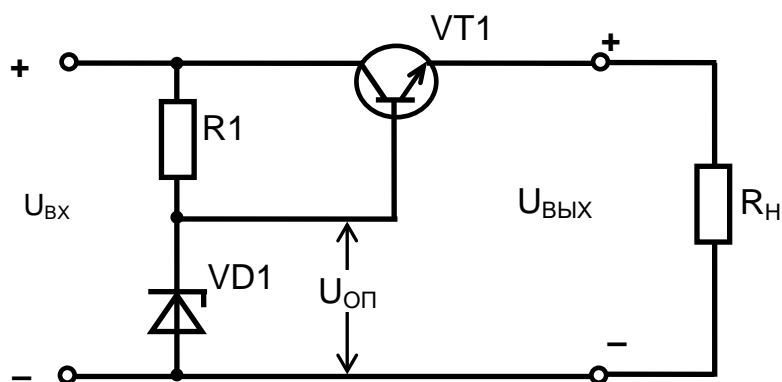


Рис. 4. Стабилизатор с последовательным включением регулирующего транзистора

На рис. 5 представлена схема стабилизатора с параллельным включением регулирующего транзистора без усилительного элемента. В этой схеме возрастание входного напряжения приводит к росту выходного напряжения, которое, поступая на базу транзистора, приоткрывает его. Ток, потребляемый транзистором, возрастает и, проходя по гасящему резистору, увеличивает падение напряжения на

нём. С ростом тока транзистора выходное напряжения стабилизатора начнет возвращаться к прежнему уровню, т.е. оно начнет уменьшаться.

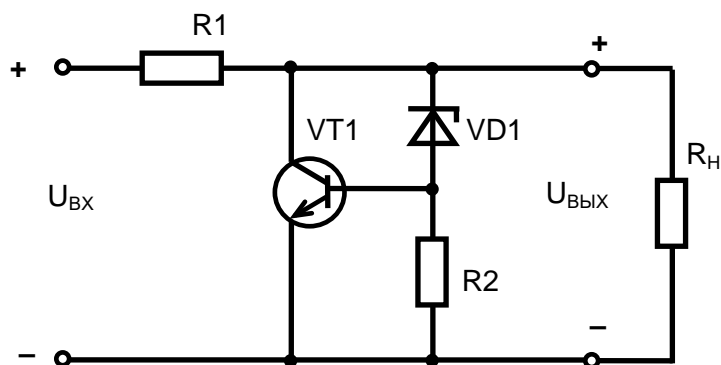


Рис. 5. Стабилизатор с параллельным включением регулирующего транзистора

На рис. 6 представлена схема стабилизатора с последовательным включением регулирующего транзистора с усилительным элементом в канале обратной связи. В состав схемы входят датчик напряжения ($R5$, $R6$, $R7$), параметрический стабилизатор ($R3$ и $VD2$), усилитель постоянного тока ($VT3$, $R1$, $R2$). В качестве регулирующего элемента используется составной транзистор ($VT2$, $VT1$). Датчик напряжения и параметрический стабилизатор образуют устройство сравнения. В этой схеме происходит непрерывное сравнение напряжения U_H на нагрузочном резисторе R_H с опорным напряжением $U_{оп}$, создаваемым с помощью параметрического стабилизатора.

При увеличении входного напряжения стабилизатора или уменьшении нагрузочного тока I_H напряжение U_H повышается, отклоняясь от номинального значения, что приводит к возрастанию потенциала базы транзистора $VT3$. Поскольку опорное напряжение остается постоянным, то напряжение между базой и эмиттером транзистора $VT3$ уменьшается. Следовательно, коллекторный ток транзистора $VT3$ снижается. Это приводит к уменьшению напряжения между базой и коллектором $VT2$, что равносильно увеличению его сопротивления. Коллекторный ток транзистора $VT2$ при этом уменьшается, что ведет к снижению базового тока транзистора $VT1$ и возрастанию и его сопротивления. Вследствие этого падение напряжения на транзисторе $VT1$ возрастает, благодаря чему напряжение U_H приобретает значение, близкое к номинальному с

определенной степенью точности. Соединение точек 1 и 2 в этой схеме приводит к неизменности потенциала точки 1 стабилитрона VD1. Это улучшает характеристики рассмотренной схемы.

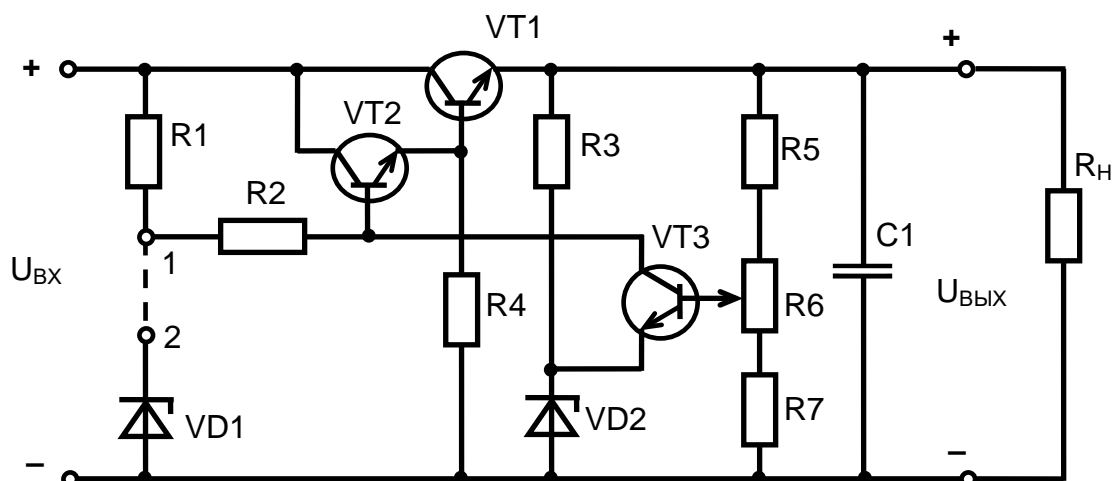


Рис. 6. Стабилизатор с последовательным включением регулирующего транзистора и услителем в цепи обратной связи

ОСНОВНЫЕ ПРАВИЛА И МЕРЫ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ЛАБОРАТОРНЫХ ЗАНЯТИЙ

С точки зрения безопасности работ, проводимых в ходе экспериментальных исследований, следует знать, что лабораторные установки конструктивно смонтированы на универсальном лабораторном столе.

На лицевых панелях выгравированы схемы исследуемых устройств и расположены органы управления. В учебной аудитории размещено четыре универсальных лабораторных стола. Трехфазное и однофазное напряжения к лабораторным столам подается централизованно от автоматических выключателей. На схему каждой лабораторной установки напряжение подается через соответствующий выключатель.

При проведении лабораторных работ обязательным является выполнение следующих правил:

1. Перед началом эксперимента органы управления и индикации на лицевой панели данной лабораторной установки должны быть установлены в исходное положение.

2. Включение схемы лабораторной установки допускается только с разрешения руководителя занятия.

3. Запрещается прикасаться к токоведущим частям лабораторных установок, производить переключения, не оговоренные в руководстве к данной лабораторной работе.

4. В случае поражения электрическим током необходимо:

- немедленно отключить питание лабораторной установки, а также автоматический выключатель питания всех лабораторных столов;

- освободить пострадавшего от соприкосновения с электрической цепью, обеспечив предварительно собственную безопасность;

- доложить о случившемся руководителю занятия, вызвать медицинского работника и, не дожидаясь его прибытия, без промедления приступить к оказанию первой помощи пострадавшему.

СОСТАВ ЛАБОРАТОРНОЙ УСТАНОВКИ

Универсальная лабораторная установка предназначена для экспериментального исследования стабилизаторов постоянного напряжения различных типов.

В состав лабораторной установки входит лабораторный пульт.

Лицевая панель лабораторного пульта состоит из трех составных частей: левой, центральной и правой. Левая и правая панели являются стационарными, а центральная вместе с установленными на ней элементами и платами является съемной.

На левой лицевой панели:

- выгравированы схемы трехфазного и однофазного трансформаторов с различными вариантами соединения вторичных цепей;

- размещены вольтметр PV1 и амперметр PA1, предназначенные для измерения постоянных напряжений и токов на входе исследуемых схем стабилизаторов;

- установлены кнопки *зеленого* цвета ТРЕХФАЗНАЯ СЕТЬ-ВКЛ, ОДНОФАЗНАЯ СЕТЬ-ВКЛ и *красного* цвета ТРЕХФАЗНАЯ СЕТЬ-ВЫКЛ, ОДНОФАЗНАЯ СЕТЬ-ВЫКЛ.

На центральной лицевой панели выгравированы:

- схемы параметрического и компенсационных стабилизаторов постоянного напряжения;

- стилизованная схема источника питания с регулируемым выходом на постоянном токе.

На правой лицевой панели:

- выгравированы схемы электрических сглаживающих фильтров;

- размещены вольтметр PV2 и амперметр PA2, предназначенные для измерения постоянных напряжений и токов на выходе исследуемых схем стабилизаторов;

- установлен выключатель СЕТЬ для подачи питающего напряжения на установку;

- установлены регуляторы величины сопротивления нагрузки $R_{н.грубо}$ и $R_{н.точно}$.

Приборы PV1, PA1 и PV2 имеют переключатели режима измерения для измерения переменных и постоянных напряжений и тока.

Пределы измерения приборов PV1, PA1 и PV2, PA2 переключаются автоматически в зависимости от режима измерения «переменный - постоянный» и типа подключаемого сменного блока.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Исследование компенсационного стабилизатора с последовательным включением регулирующего транзистора.

1.1 Подготовка к работе.

1.1.1. Собрать схему, приведенную на рис. 7.

1.1.2. На правой лицевой панели ПЛАВНО повернуть ручку регулятора $R_{н.точно}$ против часовой стрелки до упора, а ручку регулятора $R_{н.грубо}$ поставить в положение «Х.Х», что соответствует $R_{н.} = \infty$.

1.1.3. Вольтметры PV1 и PV2 установить в режим измерения постоянного напряжения. Миллиамперметр PA1 установить в режим измерения постоянного тока.

$U_H, \text{В}$	PV2										
$I_H, \text{мА}$	РА2										

1.2.2. На центральной лицевой панели ПЛАВНО повернуть ручку регулятора источника постоянного напряжения против часовой стрелки в крайнее положение.

1.2.3. Построить зависимость напряжения на нагрузке от напряжения на входе стабилизатора $U_H = f(U_{ВХ})$ при неизменном сопротивлении нагрузки. Определить диапазон входных напряжений, при которых схема выполняет функции стабилизатора напряжения.

1.3. Снять зависимость напряжения на нагрузке U_H от тока нагрузки I_H при неизменном входном напряжении $U_{ВХ} = 15 \text{ В}$.

1.3.1. На правой лицевой панели переключатель « R_H грубо» установить в положение Х.Х.

1.3.2. Увеличивать ток через сопротивление нагрузки переключателем « R_H грубо». Фиксировать величины напряжения на нагрузке U_H и тока нагрузки I_H . При этом напряжение на входе стабилизатора поддерживать неизменным.

1.3.3. Результаты измерений занести в таблицу 1.2.

Таблица 1.2

Измеренная величина	Измерительный прибор	Результаты измерения									
$U_{ВХ}, \text{В}$	PV1	15 В									
$I_{ВХ}, \text{мА}$	РА1										
$U_H, \text{В}$	PV2										
$I_H, \text{мА}$	РА2										

1.3.4. Построить зависимость $U_H = f(I_H)$ при неизменном входном напряжении $U_{ВХ} = 15 \text{ В}$.

1.4. Определить коэффициент стабилизации по входному напряжению

$$K_{СТ} = \frac{\Delta U_{ВХ}}{\Delta U_{ВЫХ}} \cdot \frac{U_{ВЫХ}}{U_{ВХ}} \text{ при } I_H = \text{const},$$

где $\Delta U_{ВХ}$, $\Delta U_{ВЫХ}$ – соответственно приращения входного и выходного напряжений стабилизатора при неизменном токе

нагрузки; $U_{ВХ}$ и $U_{ВЫХ}$ – номинальные значения входного и выходного напряжений стабилизатора.

1.4.1. Установить переключатель « R_H грубо» в положение 2, а переменный резистор « R_H точно» – в среднее положение.

1.4.2. Установить значения входного напряжения согласно таблице 1.3. В процессе измерений переменным резистором « R_H точно» поддерживать неизменной величину тока нагрузки I_H .

Таблица 1.3

R_H ГРУБО	Измеряемая величина	Измерительный прибор	Результаты измерения			$K_{СТ}$
2	$U_{ВХ}$, В	PV1	16,0	17,0	18,0	
	U_H , В	PV2				
	I_H , МА	PA2				
4	$U_{ВХ}$, В	PV1	16,0	17,0	18,0	
	U_H , В	PV2				
	I_H , МА	PA2				

В качестве $U_{ВХ}$ и $U_{ВЫХ}$ взять средние значения величин из таблицы 1.3.

1.5. Определить выходное сопротивление стабилизатора

$$R_i = |\Delta U_H / \Delta I_H| \quad \text{при } U_{ВХ} = \text{const},$$

где ΔU_H – приращение выходного напряжения стабилизатора, ΔI_H – приращение тока нагрузки.

1.5.1. Установить $U_{ВХ} = 17,0$ В.

1.5.2. Произвести измерения U_H (U_{H1} , U_{H2}) и I_H (I_{H1} , I_{H2}) при различных значениях сопротивления нагрузки (например, в крайних положениях переменного резистора « R_H точно»). При этом поддерживать $U_{ВХ} = \text{const} = 17,0$ В.

1.5.3. Результаты измерений и вычислений занести в таблицу 1.4.

1.5.4. Установить $U_{ВХ} = \text{const} = 16,0$ В.

1.5.5. Выполнить п.п. 1.5.2; 1.5.3.

1.5.6. Сравнить полученные значения R_i . Сделать необходимые выводы.

1.6. Определить коэффициент полезного действия стабилизатора

$$\eta = \frac{U_H I_H}{U_{BX} I_{BX}}.$$

1.6.1. Вычисления произвести для $U_{BX} = 17,0 \text{ В}$.

Таблица 1.4

R_H ГРУБО	U_{BX}			
	16 В		17 В	
2	$U_{H1} =$	$I_{H1} =$	$U_{H1} =$	$I_{H1} =$
	$U_{H2} =$	$I_{H2} =$	$U_{H2} =$	$I_{H2} =$
	$\Delta U_H =$	$\Delta I_H =$	$\Delta U_H =$	$\Delta I_H =$
	$R_i =$		$R_i =$	
4	$U_{H1} =$	$I_{H1} =$	$U_{H1} =$	$I_{H1} =$
	$U_{H2} =$	$I_{H2} =$	$U_{H2} =$	$I_{H2} =$
	$\Delta U_H =$	$\Delta I_H =$	$\Delta U_H =$	$\Delta I_H =$
	$R_i =$		$R_i =$	

1.6.2. Результаты измерений и вычислений занести в таблицу 1.5.

Таблица 1.5.

U_{BX}	I_{BX}	U_H	I_H	η

1.7. Уменьшить величину сопротивления нагрузки. Для этого установить переключатель « R_H грубо» в положение 4, а переменный резистор « R_H точно» – в среднее положение.

1.8. Выполнить п. 1.4.2.

1.9. Выполнить п. 1.5.

1.10. Выполнить п. 1.6. при $U_{BX} = \text{const} = 16,0 \text{ В}$

1.11. Сравнить полученные значения параметров с ранее найденными значениями. Сделать необходимые выводы.

1.12. На центральной лицевой панели выключить источник постоянного напряжения.

1.13. На правой лицевой панели выключить выключатель СЕТЬ.

1.14. Разобрать схему испытаний. Аккуратно свернуть и убрать проводники.

2. Исследование компенсационного стабилизатора с параллельным включением регулирующего транзистора.

2.1. Подготовка к работе.

2.1.1. Собрать схему, приведенную на рис. 8.

2.1.2. На правой лицевой панели ПЛАВНО повернуть ручку регулятора $R_{Н.ТОЧНО}$ против часовой стрелки до упора, а ручку регулятора $R_{Н.ГРУБО}$ поставить в положение «Х.Х», что соответствует $R_{Н.} = \infty$.

2.1.3. Вольтметры PV1 и PV2 установить в режим измерения постоянного напряжения. Миллиамперметр PA1 установить в режим измерения постоянного тока.

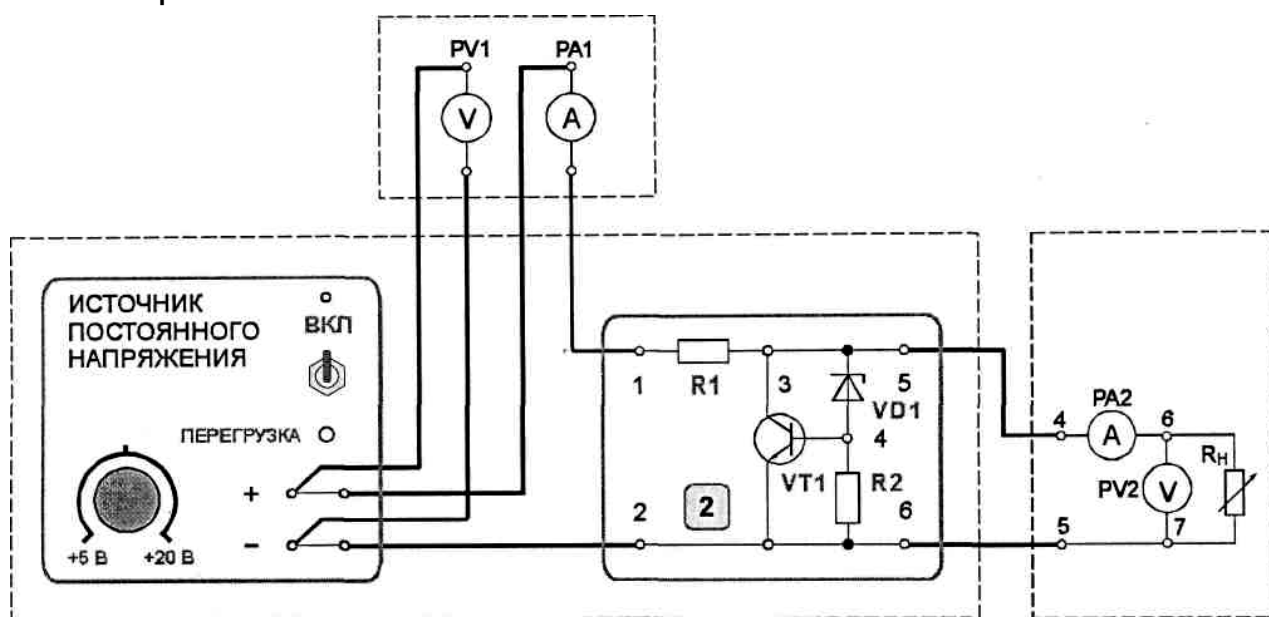


Рис. 8. Соединение элементов установки для исследования компенсационного стабилизатора постоянного напряжения с параллельным включением регулирующего транзистора

2.1.4. Представить схему на проверку преподавателю или заведующему лабораторией;

2.1.5. На правой лицевой панели переключатель « $R_{Н}$ грубо» установить в положение 2, а переменный резистор « $R_{Н}$ точно» – в среднее положение.

2.1.6. На правой лицевой панели включить выключатель СЕТЬ.

2.1.7. На центральной лицевой панели включить источник постоянного напряжения. Установить максимальное напряжение на выходе источника постоянного напряжения.

2.1.8. Подключить вход вольтметра PV1 к аноду и катоду стабилитрона VD1 изучаемой схемы (к гнездам 3 и 4). Записать измеренное значение напряжения стабилизации стабилитрона $U_{ст}$.

2.1.9. Вольтметр PV1 подключить согласно рис. 8.

2.2. Снять зависимость выходного напряжения стабилизатора (напряжения на нагрузке) от напряжения на его входе $U_H = f(U_{BX})$.

2.2.1. Увеличивать напряжение на выходе источника постоянного напряжения от минимального до максимального. Фиксировать величины входного тока I_{BX} , напряжения U_H и тока I_H нагрузки. Результаты измерений занести в таблицу 2.1.

Таблица 2.1

Измеряемая величина	Измерительный прибор	Результаты измерения									
U_{BX} , В	PV1										
I_{BX} , мА	РА1										
U_H , В	PV2										
I_H , мА	РА2										

2.2.2. На центральной лицевой панели ПЛАВНО повернуть ручку регулятора источника постоянного напряжения против часовой стрелки в крайнее положение.

2.2.3. Построить зависимость напряжения на нагрузке от напряжения на входе стабилизатора $U_H = f(U_{BX})$ при неизменном сопротивлении нагрузки. Определить диапазон входных напряжений, при которых схема выполняет функции стабилизатора напряжения.

2.3. Снять зависимость напряжения на нагрузке U_H от тока нагрузки I_H при неизменном входном напряжении $U_{BX} = 16$ В.

2.3.1. На правой лицевой панели переключатель « R_H грубо» установить в положение Х.Х.

2.3.2. Увеличивать ток через сопротивление нагрузки переключателем « R_H грубо». Фиксировать величины напряжения на нагрузке U_H и тока нагрузки I_H . При этом напряжение на входе стабилизатора поддерживать неизменным. Результаты измерений занести в таблицу 2.2.

2.3.3. На центральной лицевой панели ПЛАВНО повернуть ручку регулятора источника постоянного напряжения против часовой стрелки в крайнее положение.

Таблица 2.2

Измеряемая величина	Измерительный прибор	Результаты измерения									
U_{BX} , В	PV1	16 В									
I_{BX} , МА	РА1										
U_H , В	PV2										
I_H , МА	РА2										

2.3.4. Построить зависимость $U_H = f(I_H)$ при неизменном входном напряжении $U_{BX} = 16$ В. Определить диапазон токов через нагрузку, при которых схема выполняет функции стабилизатора напряжения.

2.4. Определить коэффициент стабилизации по входному напряжению.

$$K_{CT} = \frac{\Delta U_{BX}}{\Delta U_{ВЫХ}} \cdot \frac{U_{ВЫХ}}{U_{BX}} \quad \text{при } I_H = const,$$

где ΔU_{BX} , $\Delta U_{ВЫХ}$ – соответственно приращения входного и выходного напряжений стабилизатора при неизменном токе нагрузки; U_{BX} и $U_{ВЫХ}$ – номинальные значения входного и выходного напряжений стабилизатора.

2.4.1. Установить переключатель « R_H грубо» в положение 2, а переменный резистор « R_H точно» – в среднее положение.

2.4.2. Установить значения входного напряжения согласно таблице 2.3. В процессе измерений переменным резистором « R_H точно» поддерживать неизменной величину тока нагрузки I_H .

Таблица 2.3

R_H ГРУБО	Измеряемая величина	Измерительный прибор	Результаты измерения			$K_{СТ}$
2	$U_{ВХ}, В$	PV1	12,0	13,0	14,0	
	$U_H, В$	PV2				
	$I_H, МА$	РА2				
4	$U_{ВХ}, В$	PV1	12,0	13,0	14,0	
	$U_H, В$	PV2				
	$I_H, МА$	РА2				

В качестве $U_{ВХ}$ и $U_{ВЫХ}$ взять средние значения величин из таблицы 2.3.

2.5. Определить выходное сопротивление стабилизатора

$$R_i = |\Delta U_H / \Delta I_H| \text{ при } U_{ВХ} = const,$$

где ΔU_H – приращение выходного напряжения стабилизатора,
 ΔI_H – приращение тока нагрузки.

2.5.1. Установить $U_{ВХ} = 13,0 В$.

2.5.2. Произвести измерения U_H (U_{H1} , U_{H2}) и I_H (I_{H1} , I_{H2}) при различных значениях сопротивления нагрузки (например, в крайних положениях переменного резистора « R_H точно»). При этом поддерживать $U_{ВХ} = const = 13,0 В$.

2.5.3. Результаты измерений и вычислений занести в таблицу 2.4.

Таблицу 2.4.

R_H ГРУБО	$U_{ВХ}$			
	13 В		15 В	
2	$U_{H1} =$	$I_{H1} =$	$U_{H1} =$	$I_{H1} =$
	$U_{H2} =$	$I_{H2} =$	$U_{H2} =$	$I_{H2} =$
	$\Delta U_H =$	$\Delta I_H =$	$\Delta U_H =$	$\Delta I_H =$
	$R_i =$		$R_i =$	
4	$U_{H1} =$	$I_{H1} =$	$U_{H1} =$	$I_{H1} =$
	$U_{H2} =$	$I_{H2} =$	$U_{H2} =$	$I_{H2} =$
	$\Delta U_H =$	$\Delta I_H =$	$\Delta U_H =$	$\Delta I_H =$
	$R_i =$		$R_i =$	

2.5.4. Установить $U_{BX} = \text{const} = 15,0 \text{ В}$.

2.5.5. Выполнить п.п. 2.5.2; 2.5.3.

2.5.6. Сравнить полученные значения R_i . Сделать необходимые выводы.

2.6. Определить коэффициент полезного действия стабилизатора.

$$\eta = \frac{U_H I_H}{U_{BX} I_{BX}}.$$

2.6.1. Вычисления произвести для $U_{BX} = 13,0 \text{ В}$.

2.6.2. Результаты измерений и вычислений занести в таблицу 2.5

Таблица 2.5.

U_{BX}	I_{BX}	U_H	I_H	η

2.7. Уменьшить величину сопротивления нагрузки. Для этого установить переключатель « R_H грубо» в положение 4, а переменный резистор « R_H точно» – в среднее положение.

2.8. Выполнить п. 2.4.2.

2.9. Выполнить п. 2.5.

2.10. Выполнить п. 2.6. при $U_{BX} = \text{const} = 15,0 \text{ В}$

2.11. Сравнить полученные значения параметров с ранее найденными значениями. Сделать необходимые выводы.

2.12. На центральной лицевой панели выключить источник постоянного напряжения.

2.13. На правой лицевой панели выключить выключатель СЕТЬ.

2.14. Разобрать схему испытаний. Аккуратно свернуть и убрать проводники.

3. Исследование компенсационного стабилизатора с последовательным регулирующим транзистором и усилителем в цепи обратной связи.

3.1 Подготовка к работе.

3.1.1. Собрать схему, приведенную на рис. 9. Перемычку между гнездами 3 и 4 не устанавливать.

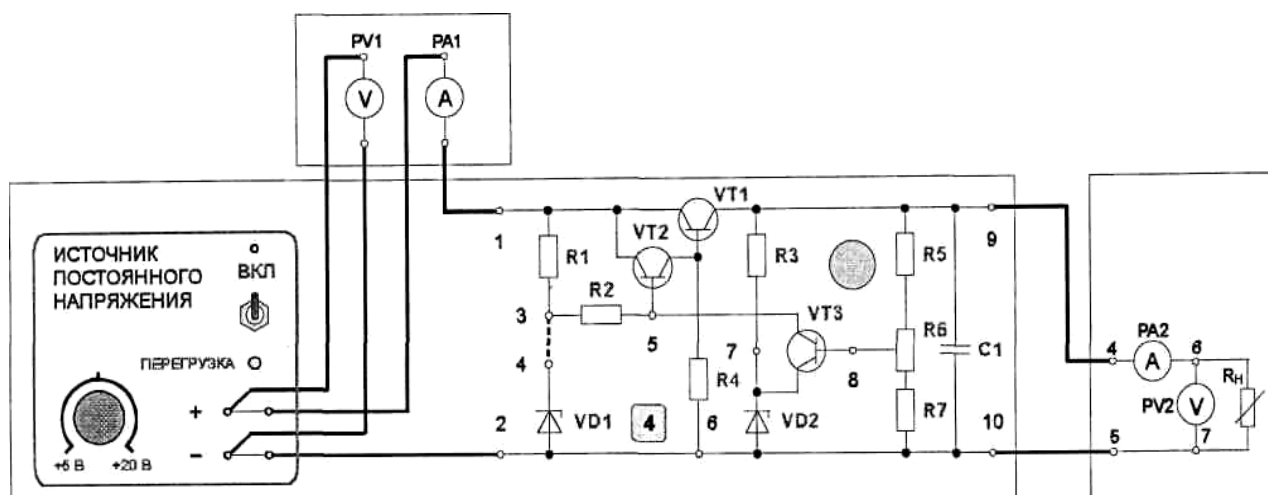


Рис. 9. Соединение элементов установки для исследования компенсационного стабилизатора постоянного напряжения с последовательным регулирующим транзистором и усилителем в цепи обратной связи

3.1.2. На правой лицевой панели ПЛАВНО повернуть ручку регулятора $R_{Н.ТОЧНО}$ против часовой стрелки до упора, а ручку регулятора $R_{Н.ГРУБО}$ поставить в положение «Х.Х», что соответствует $R_{Н.} = \infty$.

3.1.3. Вольтметры PV1 и PV2 установить в режим измерения постоянного напряжения. Миллиамперметр PA1 установить в режим измерения постоянного тока.

3.1.4. Представить схему на проверку преподавателю или заведующему лабораторией;

3.1.5. На правой лицевой панели переключатель « $R_{Н}$ грубо» установить в положение 2, а переменный резистор « $R_{Н}$ точно» – в среднее положение.

3.1.6. На правой лицевой панели включить выключатель СЕТЬ.

3.1.7. На центральной лицевой панели включить источник постоянного напряжения.

3.2. Снять зависимость выходного напряжения стабилизатора (напряжения на нагрузке) от напряжения на его входе $U_{Н} = f(U_{ВХ})$.

3.2.1. Установить $U_{ВХ} = 13,0$ В.

3.2.2. Переменным резистором $R5$ установить напряжение на выходе стабилизатора $U_{Н} = 7$ В.

3.3.3. На центральной лицевой панели ПЛАВНО повернуть ручку регулятора источника постоянного напряжения против часовой стрелки в крайнее положение.

3.3.4. Построить зависимость $U_H = f(I_H)$ при неизменном входном напряжении $U_{ВХ} = 13В$.

3.4. Определить коэффициент стабилизации по входному напряжению

$$K_{СТ} = \frac{\Delta U_{ВХ}}{\Delta U_{ВЫХ}} \cdot \frac{U_{ВЫХ}}{U_{ВХ}} \text{ при } I_H = const,$$

где $\Delta U_{ВХ}$, $\Delta U_{ВЫХ}$ соответственно приращения входного и выходного напряжений стабилизатора при неизменном токе нагрузки; $U_{ВХ}$ и $U_{ВЫХ}$ – номинальные значения входного и выходного напряжений стабилизатора.

3.4.1. Установить переключатель « R_H грубо» в положение 2, а переменный резистор « R_H точно» – в среднее положение.

3.4.2. Установить значения входного напряжения согласно таблице 3.3. В процессе измерений переменным резистором « R_H точно» поддерживать неизменной величину тока нагрузки I_H .

Таблица 3.3

R_H ГРУБО	Измеряемая величина	Измерительный прибор	Результаты измерения			$K_{СТ}$
			12,0	13,0	14,0	
2	$U_{ВХ}, В$	PV1				
	$U_H, В$	PV2				
	$I_H, МА$	РА2				
4	$U_{ВХ}, В$	PV1	12,0	13,0	14,0	
	$U_H, В$	PV2				
	$I_H, МА$	РА2				

В качестве $U_{ВХ}$ и $U_{ВЫХ}$ взять средние значения величин из таблицы 3.3.

3.5. Определить выходное сопротивление стабилизатора

$$R_i = |\Delta U_H / \Delta I_H| \text{ при } U_{ВХ} = const$$

где ΔU_H – приращение выходного напряжения стабилизатора, ΔI_H – приращение тока нагрузки.

3.5.1. Установить $U_{ВХ} = 13,0 В$.

3.5.2. Произвести измерения U_H (U_{H1} , U_{H2}) и I_H (I_{H1} , I_{H2}) при различных значениях сопротивления нагрузки (например, в крайних положениях переменного резистора « R_H точно»). При этом поддерживать $U_{BX} = const = 13,0$ В.

3.5.3. Результаты измерений и вычислений занести в таблицу 3.4.

Таблица 3.4.

R_H ГРУБО	U_{BX}			
	13 В		15 В	
2	$U_{H1} =$	$I_{H1} =$	$U_{H1} =$	$I_{H1} =$
	$U_{H2} =$	$I_{H2} =$	$U_{H2} =$	$I_{H2} =$
	$\Delta U_H =$	$\Delta I_H =$	$\Delta U_H =$	$\Delta I_H =$
	$R_i =$		$R_i =$	
4	$U_{H1} =$	$I_{H1} =$	$U_{H1} =$	$I_{H1} =$
	$U_{H2} =$	$I_{H2} =$	$U_{H2} =$	$I_{H2} =$
	$\Delta U_H =$	$\Delta I_H =$	$\Delta U_H =$	$\Delta I_H =$
	$R_i =$		$R_i =$	

3.5.4. Установить $U_{BX} = const = 15,0$ В.

3.5.5. Выполнить п.п. 3.5.2; 3.5.3.

3.5.6. Сравнить полученные значения R_i . Сделать необходимые выводы.

3.6. Определить коэффициент полезного действия стабилизатора

$$\eta = \frac{U_H I_H}{U_{BX} I_{BX}}.$$

3.6.1. Вычисления произвести для $U_{BX} = 13,0$ В.

3.6.2. Результаты измерений и вычислений занести в таблицу 3.5

Таблица 3.5.

U_{BX}	I_{BX}	U_H	I_H	η

3.7. Уменьшить величину сопротивления нагрузки. Для этого установить переключатель « R_H грубо» в положение 4, а переменный резистор « R_H точно» – в среднее положение.

3.8. Выполнить п. 3.4.2.

3.9. Выполнить п. 3.5.

3.10. Выполнить п. 3.6. при $U_{BX} = \text{const} = 15,0 \text{ В}$

3.11. Сравнить полученные значения параметров с ранее найденными значениями. Сделать необходимые выводы.

3.12. Установить перемычку между гнездами 3 и 4.

3.13. Выполнить п.п. 3.2 – 3.10.

3.14. Сравнить полученные значения параметров с ранее найденными значениями до установки перемычки между гнездами 3 и 4. Сделать необходимые выводы.

3.15. На центральной лицевой панели выключить источник постоянного напряжения.

3.16. На правой лицевой панели выключить выключатель СЕТЬ.

3.17. Разобрать схему испытаний. Аккуратно свернуть и убрать проводники.

Содержание отчета

1. Схема электрическая принципиальная исследуемого стабилизатора (рис. 4, 5.6).

2. Таблицы с результатами измерений и вычислений применительно к исследуемому стабилизатору.

3. Зависимость выходного напряжения стабилизатора (напряжения на нагрузке) от напряжения на его входе $U_H = f(U_{BX})$.

4. Зависимость напряжения на нагрузке U_H от тока нагрузки I_H при неизменных входных напряжениях.

5. Выводы по результатам исследований.

Контрольные вопросы

1. Изобразить и пояснить вольтамперную характеристику стабилитрона.

2. Дать определение стабилизатора.
3. Изобразить и пояснить эксплуатационную характеристику стабилизатора.
4. Изобразить и пояснить внешнюю характеристику стабилизатора.
5. Изобразить схему и пояснить принцип действия параметрического стабилизатора постоянного напряжения на стабилитроне.
6. Пояснить принцип действия исследуемых компенсационных стабилизаторов постоянного напряжения.
7. За счет чего достигается требуемый эффект в компенсационных стабилизаторах постоянного напряжения?

Литература

1. Бушуев В.М., Деминский В.А., Захаров Л.Ф. и др. Электропитание устройств и систем телекоммуникаций: Учебное пособие для вузов – М.: Горячая линия – Телеком, 2009.- 384 с.
2. Бокуняев А.А. и др. Электропитание устройств связи. Под ред. Козляева Ю.Д.-М.: Радио и связь, 1998. 328 с.