

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 ПАРАМЕТРИЧЕСКОГО
СТАБИЛИЗАТОРА ПОСТОЯННОГО НАПРЯЖЕНИЯ

Методическое руководство
по лабораторной работе

Ростов-на-Дону
2019 г.

В.В. Ершов

ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРИЧЕСКОГО СТАБИЛИЗАТОРА ПОСТОЯННОГО НАПРЯЖЕНИЯ

Методическое руководство по лабораторной работе

Руководство предназначено для выполнения экспериментальных исследований параметрического стабилизатора постоянного напряжения для студентов, обучающихся по направлению подготовки 11.03.02 Информационные технологии и системы связи.

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

Лабораторная работа №6

ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРИЧЕСКОГО СТАБИЛИЗАТОРА ПОСТОЯННОГО НАПРЯЖЕНИЯ

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

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

ЗАДАЧИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ

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

2. Экспериментально определить эксплуатационные показатели параметрического 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 нестабильности 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 нестабильность 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 индивиду-

альном 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 со входа на выход стабилизатора, равный $\lambda_H = U_{ВЫХ.HOM} / U_{BX.HOM}$.

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 пока-

зывает характер зависимости выходного напряжения стабилизатора от величины его тока нагрузки при неизменном входном напряжении (рис. 1):

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

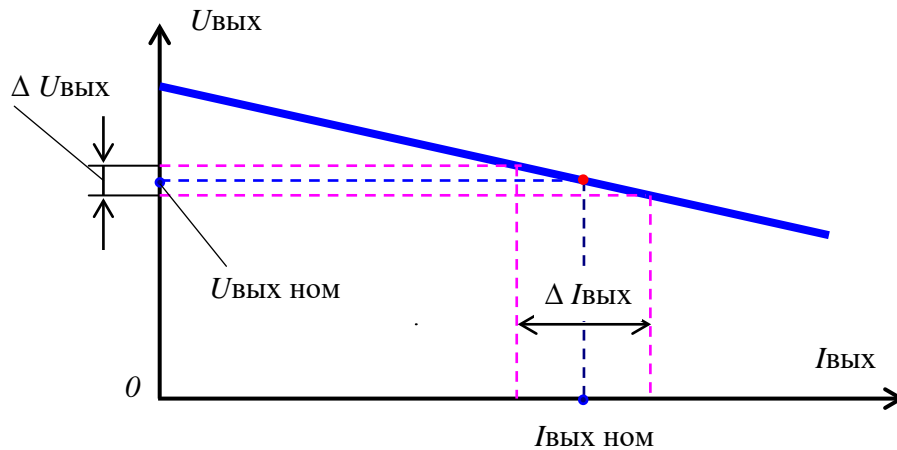


Рис.1. Внешняя характеристика стабилизатора

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 $U_{\text{ВХ}} = \text{const}$:

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

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 $U_{\text{ВЫХ}}$ от входного $U_{\text{ВХ}}$ при неизменной величине тока нагрузки $I_{\text{ВЫХ}}$

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

Характер этой зависимости представлен на рис. 2.

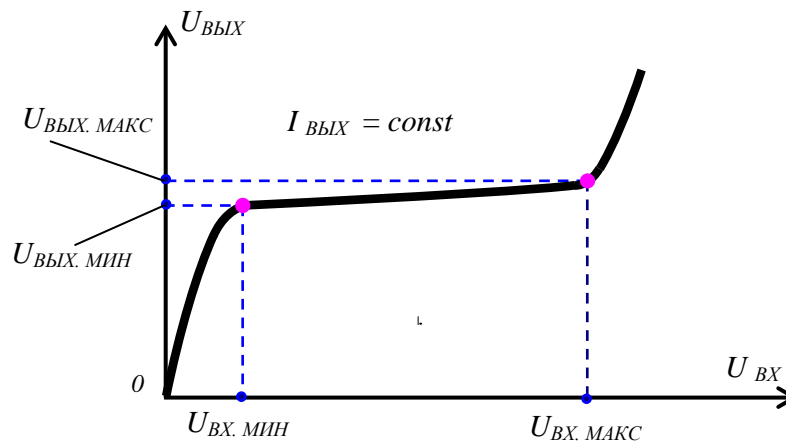


Рис. 2. Эксплуатационная характеристика стабилизатора

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 $\Delta U_{ВЫХ}$ 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: $\eta = P_{\text{вых}} / P_{\text{вх}}$.

Объемно-массовыми параметрами стабилизаторов являются: удельная мощность ($P_{\text{вых}}/V_{\text{СТ}}$), Вт/дм³ и ($P_{\text{вых}}/G_{\text{СТ}}$), Вт/кг, где $V_{\text{СТ}}$, $G_{\text{СТ}}$ - объём и масса стабилизированного источника электропитания соответственно.

Основными параметрами надежности являются: время наработки на отказ T_O , вероятность безотказной работы P_O ; коэффициент готовности K_G ; время (интенсивность) восстановления t_B (μв). К стабилизаторам, так же как и к другим устройствам, предъявляются требования по показателю стабильности к различным видам воздействий (механическим, электромагнитным радиационным и др.).

Параметрические стабилизаторы постоянного напряжения

Параметрическими называют устройства, содержащие нелинейные элементы (НЭ) с изменяющимися параметрами, то есть такие элементы, у которых основной параметр (активное сопротивление, емкость, индуктивность) изменяется с изменением либо напряжения на элементе, либо тока в нем.

В параметрических стабилизаторах напряжения или тока используются нелинейные элементы, вольтамперные характеристики (ВАХ) которых имеют пологие участки.

Одним из таких НЭ является стабилитрон – полупроводниковый кремниевый диод, пологий участок ВАХ которого лежит в области так называемого “электрического пробоя” p - n перехода (рис. 3,а).

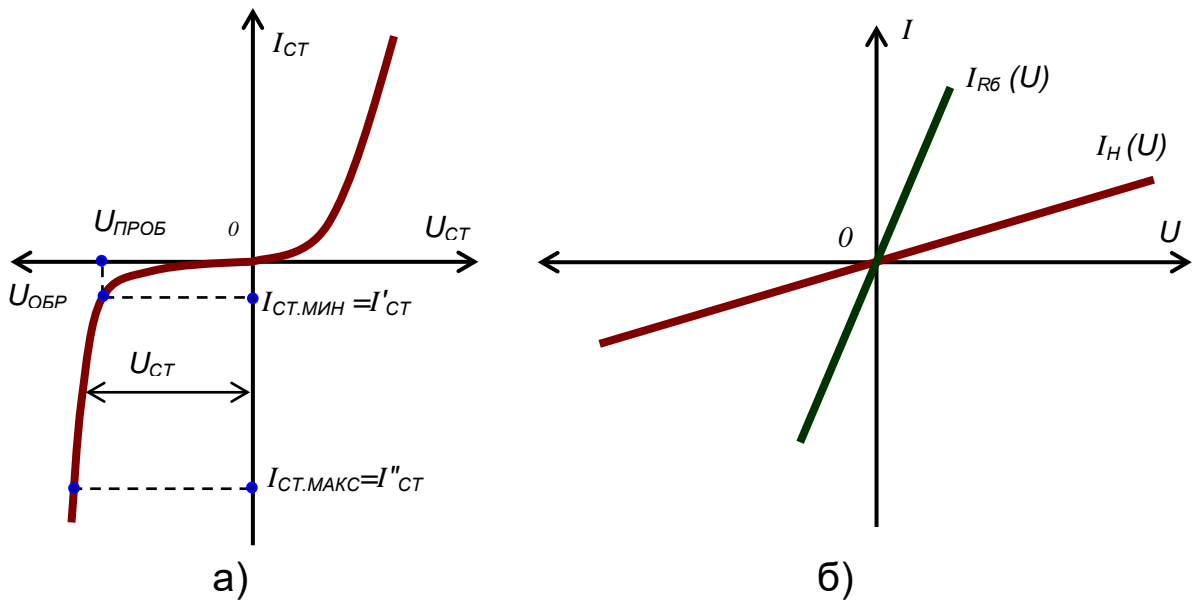


Рис. 3. Вольтамперные характеристики:
а – нелинейного элемента, б - линейных элементов

Электрический пробой происходит при определенном значении приложенного к стабилитрону обратного напряжения $U_{\text{проб}}$ называемого “напряжением пробоя”, при котором резко уменьшается динамическое (дифференциальное) сопротивление R_d p - n перехода и возрастает ток $I_{\text{СТ}}$ в стабилитроне. Даже весьма малое превышение обратного напряжения над $U_{\text{проб}}$ приводит к изменению тока $I_{\text{СТ}}$ в широком диапазоне – от $I_{\text{СТ.мин}}=I'_{\text{СТ}}$ до $I_{\text{СТ.макс}}=I''_{\text{СТ}}$.

Отметим, что для каждого типа стабилитронов установлены паспортные номинальные значения $I_{\text{СТ.мин.ном}}$ и $I_{\text{СТ. макс.ном}}$. Превышение значения $I_{\text{СТ.макс.ном}}$ в стабилитроне может привести к тепловому пробую p - n перехода и выходу стабилитрона из строя.

При снижении обратного напряжения $U_{\text{обр}}$ до значения, меньшего, чем $U_{\text{проб}}$ ($U_{\text{обр}} < U_{\text{проб}}$), электрический пробой сам о л и к в и - д и р у е т с я и стабилитрон вновь готов к работе.

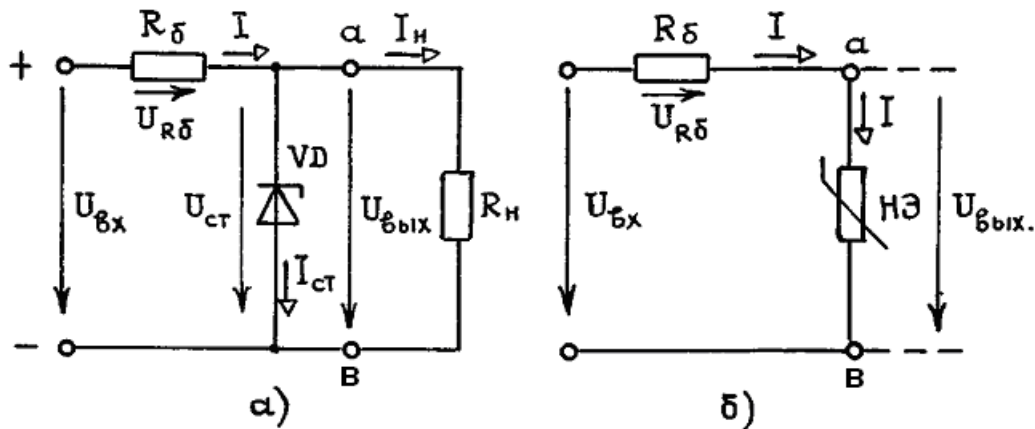
Таким образом, у стабилитрона рабочим считается участок обратной ветви ВАХ и для решения задачи стабилизации постоянного напряжения стабилитрон включается в электрическую схему полярностью, противоположной полярности обычных выпрямительных диодов.

Параметрический стабилизатор на стабилитроне. Свойство стабилитрона поддерживать практически неизменным по величине

напряжение на нем в области электрического пробоя при значительных колебаниях тока I_{CT} широко используется в блоках питания для создания стабилизаторов постоянного напряжения.

Электрическая схема простейшего стабилизатора напряжения постоянного тока на стабилитроне представлена на рис. 4,а, а его упрощенная эквивалентная схема – на рис. 4,б. Упрощение заключается в замене разветвленного участка а-в, состоящего из двух параллельных ветвей (со стабилитроном и резистором нагрузки R_H) эквивалентной ветвью а-в с фиктивным нелинейным элементом НЭ.

Такое упрощение позволяет повысить наглядность при изложении электромагнитных процессов в стабилизаторе.



а – полная электрическая схема;

б – эквивалентная упрощенная схема

Рис. 4. Параметрический стабилизатор постоянного напряжения

Так, результирующая ВАХ эквивалентного нелинейного элемента НЭ может быть получена графическим решением нелинейного уравнения токов (см. рис. 5,а).

$$I(U_{ав}) = I_{CT}(U_{ав}) + I_H(U_{ав}), \quad (7)$$

где $U_{ав} = U_{CT} = U_H = U_{вых}$ – напряжение на параллельном контуре а-в, являющееся выходным напряжением стабилизатора.

Вольтамперные характеристики линейных элементов – балластного резистора R_b и резистора нагрузки R_n – приведены на рис. 3,б.

Задавая ряд значений напряжения $U_{ав}$ и суммируя абсциссы токов, соответствующие этим значениям напряжения, получим результирующую ВАХ параллельного участка в функции общего тока в цепи $U_{ав}(I)$, что и является графическим решением уравнения (7), представленным на рис. 5.

Из рассмотрения этой результирующей ВАХ НЭ следует важное наблюдение: чем меньше крутизна (угол наклона к оси абсцисс) характеристики $U_n(I_n)$, а, значит, чем меньше сопротивление нагруз-

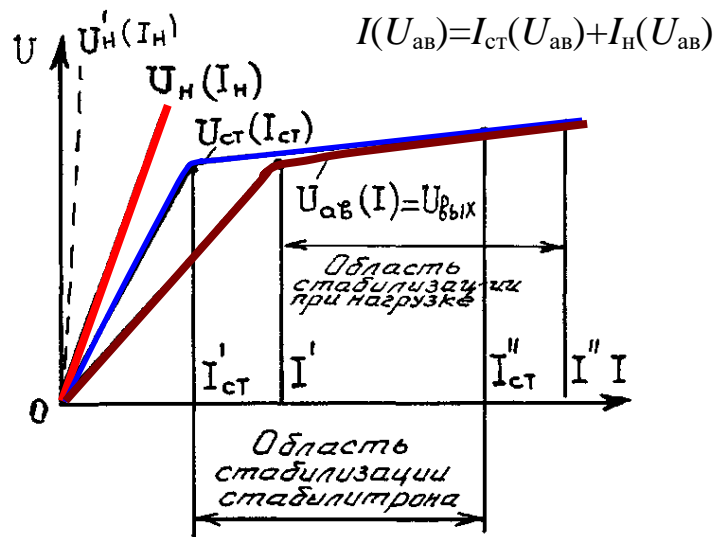


Рис. 5. Вольтамперная характеристика параллельного участка цепи параметрического стабилизатора

ки $R_n = U_n/I_n$, тем дальше вправо в сторону больших значений тока в стабилитроне сдвигается область стабилизации стабилитрона.

Такое возрастание тока нагрузки I_n может привести к тепловому прибору $p-n$ перехода и к разрушению стабилитрона.

Стабилизатор в режиме холостого хода. Уточнив влияние тока нагрузки на работу стабилитрона, можно перейти к рассмотрению всех процессов в параметрическом стабилизаторе при наиболее простом режиме - режиме холостого хода, когда резистор

нагрузки отключен, а значит, ток нагрузки $I_H=0$, ток в цепи равен току стабилитрона $I = I_{CT}$.

Нелинейное уравнение равновесия напряжений в данном режиме имеет вид

$$U_{BX}(I) = U_{R_6}(I) + U_{CT}(I). \quad (8)$$

Графическое решение данного уравнения в широком диапазоне изменения тока в цепи заключается в построении результирующей ВАХ всей цепи. Такое построение осуществляется суммированием ординат вольтамперных характеристик балластного резистора R_6 и стабилитрона VD при нескольких фиксированных значениях тока, как показано на рис. 6.

Из графиков рис. 6 видно, что при значительных изменениях входного напряжения ΔU_{BX} выходное напряжение, снимаемое со стабилитрона, изменяется незначительно ($\Delta U_{ВЫХ} \ll \Delta U_{BX}$), в чем и проявляется эффект стабилизации напряжения на выходе стабилизатора. Все перепады $\Delta U_{ВЫХ}$ компенсируются, главным образом, изменениями падения напряжения ΔU_{R_6} на балластном резисторе.

Условие равновесия напряжений (8) выполняется при любых значениях тока в цепи, что можно проверить суммированием ординат приращений при этих значениях тока

$$\Delta U_{BX.i} = \Delta U_{R_{6i}} + \Delta U_{CT.i} \quad (9)$$

Отметим, что стабилизатор в режиме холостого хода работает в области стабилизации стабилитрона.

Если нагрузкой стабилизатора является резистор R_H с большим сопротивлением, это соответствует ВАХ резистора $U'_H(I_H)$ с большой её крутизной, близкой к 90° (см. рис. 5).

Наличие такой крутой характеристики нагрузочного резистора не приведет к существенному сдвигу области стабилизации в сторону возрастания тока в стабилитроне, как это имеет место при малом сопротивлении резистора.

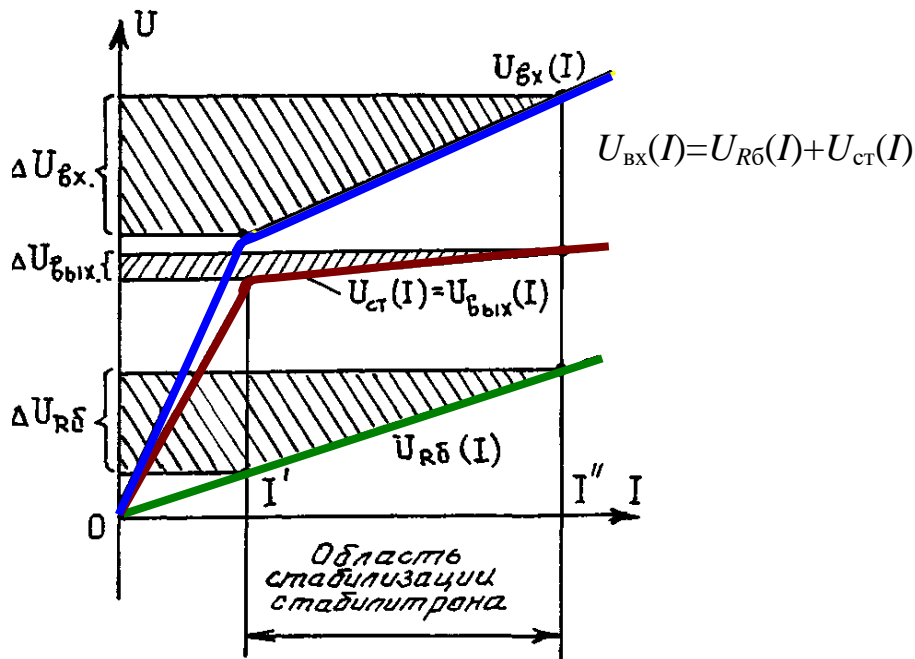


Рис. 6. Вольтамперная характеристика параметрического стабилизатора в режиме холостого хода

Становится очевидным, что параметрический стабилизатор со стабилитроном целесообразно использовать с высокоомным входом приемника, то есть при малых токах нагрузки.

Таким образом, в параметрическом стабилизаторе на основе стабилитрона требуемый эффект достигается за счет неизменности напряжения на стабилитроне после того, как происходит его пробой.

Сам стабилизатор оказывается прост в схемотехнической реализации, его коэффициент стабилизации не превышает значение 50 ($K_{CT} \leq 50$), и в целом эти стабилизаторы характеризуются невысокими эксплуатационными показателями.

Достоинства параметрических стабилизаторов:

1. Простота реализации.
2. Надежность работы

Недостатки параметрических стабилизаторов:

1. Небольшой КПД ($\leq 0,3$).
2. Большое внутреннее сопротивление.
3. Узкий и нерегулируемый диапазон стабилизируемого напряжения.
4. Зависимость K_{CT} от температуры окружающей среды.

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. Подготовка к работе.

1.1. Собрать схему, приведенную на рис. 1.

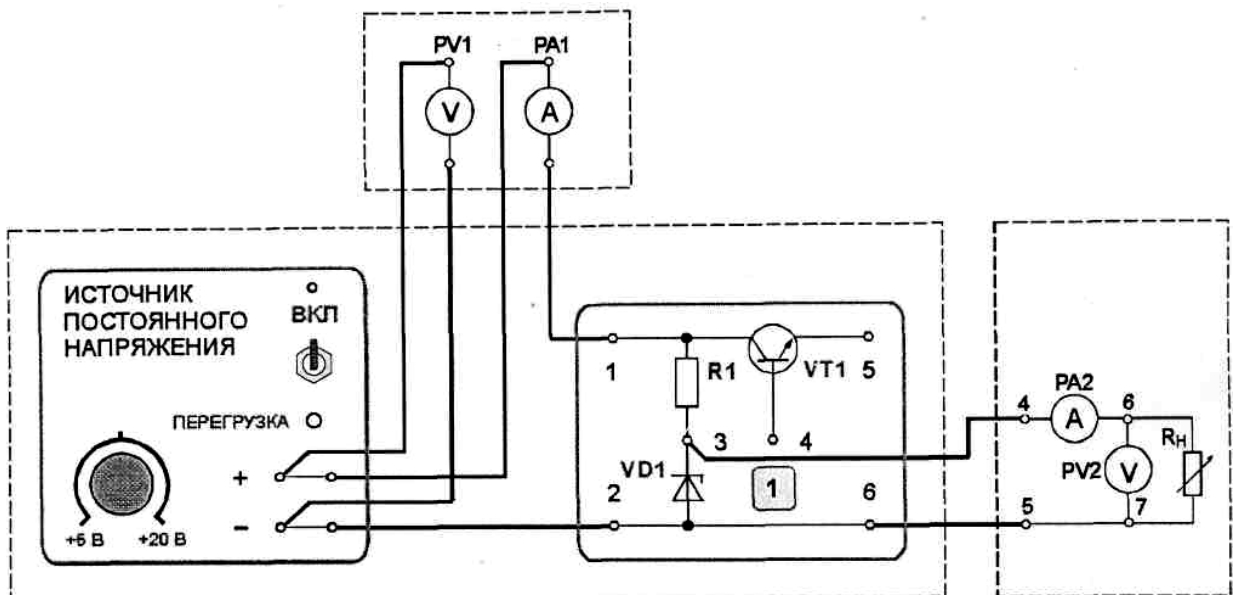


Рис. 1. Соединение элементов установки для исследования простейшего параметрического стабилизатора на стабилитроне

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 $R_{н.} = \infty$.

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

1.4. Представить схему на проверку преподавателю или заведующему лабораторией;

1.5. На правой лицевой панели включить выключатель СЕТЬ.

2. Снять вольтамперную характеристику стабилитрона.

2.1. На центральной лицевой панели включить источник постоянного напряжения. Увеличивать напряжение на выходе источника постоянного напряжения от минимального до максимального.

Фиксировать величины $U_{ВХ}$, $I_{СТ}$, $U_{СТ}$ по показаниям измерительных приборов PV1, PA1, PV2 соответственно.

Результаты измерений занести в таблицу 1.1.

Таблица 1.1

Измеряемая величина	Измерительный прибор	Результаты измерения									
$U_{ВХ}$, В	PV1										
$I_{СТ}$ мА	PA1										
$U_{СТ}$, В	PV2										

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

2.3. Построить вольтамперную характеристику стабилитрона $I_{СТ} = f(U_{СТ})$. Отметить на графике диапазон напряжений стабилизации.

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

3.1. Подключить параллельно стабилитрону нагрузку (резистор). Для этого установить переключатель « $R_{Н}$ грубо» в положение 2, а переменный резистор « $R_{Н}$ точно» – в среднее положение.

3.2. Увеличивать напряжение на выходе источника постоянного напряжения от минимального до максимального. Фиксировать величины входного напряжения и тока ($U_{ВХ}$, $I_{ВХ}$) и напряжения и тока нагрузки ($U_{Н}$, $I_{Н}$). Результаты измерений занести в таблицу 1.2.

Таблица 1.2

Измеряемая величина	Измерительный прибор	Результаты измерения									
U_{BX}, B	PV1										
I_{BX}, MA	PA1										
U_H, B	PV2										
I_H, MA	PA2										

3.3. Выполнить пункт 2.2.

3.4. 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.

4. Снять зависимость напряжения на нагрузке U_H от тока нагрузки I_H при неизменном входном напряжении $U_{BX} = 15 B$.

4.1. Для этого 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 1.3.

Таблица 1.3

Измеряемая величина	Измерительный прибор	Результаты измерения									
U_{BX}, B	PV1	15 B									
I_{BX}, MA	PA1										
U_H, B	PV2										
I_H, MA	PA2										

4.2. Выполнить пункт 2.2.

4.3. Построить зависимость $U_H = f(I_H)$ при неизменном входном напряжении $U_{BX} = 15 B$.

5. Определить коэффициент стабилизации по входному напряжению

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

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.

5.1. Установить значения входного напряжения согласно таблице 1.4. В процессе измерений переменным резистором « R_H точно» поддерживать неизменной величину тока нагрузки I_H .

Таблица 1.4

R_H ГРУБО	Измеряемая величина	Измерительный прибор	Результаты измерения		
2	U_{BX} , В	PV1	16,0	17,0	18,0
	U_H , В	PV2			
	I_H , МА	РА2			
3	U_{BX} , В	PV1	16,0	17,0	18,0
	U_H , В	PV2			
	I_H , МА	РА2			

6. Определить выходное сопротивление стабилизатора

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

где ΔU_H – приращение выходного напряжения стабилизатора;

ΔI_H – приращение тока нагрузки.

Установить $U_{BX} = 16,0$ В.

6.1. Произвести измерения U_H и I_H при различных значениях сопротивления нагрузки (например, в крайних положениях переменного резистора « R_H точно»). При этом поддерживать $U_{BX} = \text{const} = 16,0$ В. Результаты измерений занести в таблицу 1.5.

7. Определить коэффициент полезного действия стабилизатора по выражению:

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

7.1. Вычисления произвести для $U_{BX} = 16,0$ В

7.2. Результаты измерений занести в таблицу 1.5.

Таблица 1.5

R_H ГРУБО	U_{BX}					
	16 В		17 В		18 В	
2	$U_{ВЫХ} =$	$I_{ВЫХ} =$	$U_{ВЫХ} =$	$I_{ВЫХ} =$	$U_{ВЫХ} =$	$I_{ВЫХ} =$
	$U_{H2} =$	$I_{H2} =$	$U_{H2} =$	$I_{H2} =$	$U_{H2} =$	$I_{H2} =$
	$\Delta U_H =$	$\Delta I_H =$	$\Delta U_H =$	$\Delta I_H =$	$\Delta U_H =$	$\Delta I_H =$
	$R_i =$	$\eta =$	$R_i =$	$\eta =$	$R_i =$	$\eta =$
3	$U_{ВЫХ} =$	$I_{ВЫХ} =$	$U_{ВЫХ} =$	$I_{ВЫХ} =$	$U_{ВЫХ} =$	$I_{ВЫХ} =$
	$U_{H2} =$	$I_{H2} =$	$U_{H2} =$	$I_{H2} =$	$U_{H2} =$	$I_{H2} =$
	$\Delta U_H =$	$\Delta I_H =$	$\Delta U_H =$	$\Delta I_H =$	$\Delta U_H =$	$\Delta I_H =$
	$R_i =$	$\eta =$	$R_i =$	$\eta =$	$R_i =$	$\eta =$

8. Определить параметры стабилизатора аналогично п.п. 5. – 7. при $U_{BX} = 17,0$ В и $U_{BX} = 18,0$ В. Результаты занести в таблицу 1.5. Сравнить полученные величины с ранее вычисленными параметрами. Сделать необходимые выводы.

9. Уменьшить величину сопротивления нагрузки. Для этого установить переключатель « R_H грубо» в положение 3, а переменный резистор « R_H точно» – в среднее положение. Определить параметры стабилизатора аналогично п.п. 5.–7. при $U_{BX} = 16,0$ В, $U_{BX} = 17,0$ В и $U_{BX} = 18,0$ В. Результаты занести в таблицу 1.5. Сравнить полученные величины с ранее вычисленными параметрами. Сделать необходимые выводы.

10. На центральной лицевой панели выключить источник постоянного напряжения.

11. На правой лицевой панели выключить выключатель СЕТЬ.

12. Разобрать схему.

Содержание отчета

1. Схема электрическая принципиальная исследуемого стабилизатора.
2. Таблицы 1.1 – 1.5. с результатами измерений и вычислений.
3. Вольтамперная характеристика стабилитрона с указанным диапазоном напряжений стабилизации.

4. Зависимость выходного напряжения стабилизатора (напряжения на нагрузке) от напряжения на его входе $U_H = f(U_{BX})$.
5. Зависимость напряжения на нагрузке U_H от тока нагрузки I_H при неизменном входном напряжении $U_{BX} = 15 \text{ В}$.
6. Выводы по результатам исследований.

Контрольные вопросы

1. Изобразить и пояснить вольтамперную характеристику стабилизатора.
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. Достоинства параметрических стабилизаторов:
7. Недостатки параметрических стабилизаторов:

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.