

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ ПО ВЫСШЕМУ ОБРАЗОВАНИЮ

ДОК СЗЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ СЕРВИСА.

1971

СТАБИЛИЗАТОРЫ НАПРЯЖЕНИЯ С НЕПРЕРЫВНЫМ  
РЕГУЛИРОВАНИЕМ

СБОРНИК

аттестационных заданий по дисциплине

"ЭЛЕКТРОПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА РЭС"

для студентов специальности 200700 "Радиотехника",  
230200 "Серв. бытовой радиоэлектронной аппаратуры"

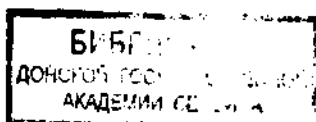
Часть 1

ШАХТЫ

1995

## СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
Введение	4
1. Параметрические стабилизаторы напряжения. Источники опорного напряжения	5
Задача 1.1	5
Задача 1.2	5
Задача 1.3	6
Задача 1.4	7
Задача 1.5	8
Задача 1.6	8
2. Стабилизаторы напряжения с эмиттерным выходом регулирующего элемента	9
Задача 2.1	9
Задача 2.2	10
Задача 2.3	10
Задача 2.4	11
Задача 2.5	12
Задача 2.6	12
Задача 2.7	13
Задача 2.8	14
Задача 2.9	15
Задача 2.10	15
Задача 2.11	16
Задача 2.12	17
Задача 2.13	17
Задача 2.14	18
Задача 2.15	19
Задача 2.16	19
Задача 2.17	20
Заключение	22
Список рекомендованной литературы	23



В процессе изучения раздела "Стабилизаторы напряжения с непрерывным регулированием" по курсу "ЭПУ РЭС" студенты должны усвоить следующие узловые положения:

1. Принципы функционирования типовых схем СН с непрерывным регулированием

2. Методы анализа, принципы и способы улучшения качественных показателей СН, влияние отрицательной обратной связи на эти показатели.

3. Принципы схемотехнического проектирования источников опорного напряжения СН в целом, цепей защиты и цепей запуска, с учетом возможности их реализации как в дискретном исполнении, так и методами интегральной технологии.

Большинство предлагаемых задач, несмотря на различную схемную конфигурацию, могут быть проанализированы по единой методике [1], некоторые задачи, в частности, из раздела 1, требуют индивидуального подхода к решению. Для успешного решения всех задач необходимы глубокие знания таких дисциплин как "Основы теории цепей" и "Аналоговые электронные устройства". Весьма полезными при решении задач могут оказаться пособия [2,3].

Все номера задач и номера рисунков, на котором приведена схема для анализа, совпадают. В связи с этим в тексте задачи ссылки на рисунки отсутствуют.

## 1. Параметрические стабилизаторы напряжения.

### Источники опорного напряжения

#### ЗАДАЧА 1.1

Для схемы, приведенной на рис.1.1, найти:

а) номиналы резисторов  $R_2$  и  $R_3$  при выходном напряжении  $U_0 = 5В$ , если ток источника тока  $I_0 = 5 мА$ , а его внутреннее сопротивление  $R_1 = 200 кОм$ , в качестве транзистора VT1 использован КТ315Б, а диод VD1 - КС133А;

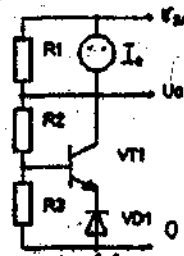


рис. 1.1

б) коэффициент стабилизации  $K_{ст}$  для заданного выходного напряжения при отсутствии тока нагрузки;

в) выходное сопротивление источника опорного напряжения при отсутствии тока нагрузки;

г) в каких пределах может изменяться ток нагрузки источника опорного напряжения;

д) абсолютное изменение напряжения  $U_0$  при изменении тока нагрузки на  $3 мА$ .

#### ЗАДАЧА 1.2

Для схемы, приведенной на рис.1.2, найти:

а) аналитическое выражение для выходного напряжения  $U_0$ ;

б) каждому условию должно удовлетворять отношение  $R_2/R_3$  для выполнения равенства  $dU_0/dT = 0$ , если все элементы схемы находятся при одинаковой температуре  $T$ ;

в) для  $U_{ст} = 6,3В$ ;  $dU_{ст}/dT = 3 мВ/К$ ;  $dU_0/dT = dU_0/dT = -2 мВ/К$ ;  $I_1 = 2 мА$ ;  $U_0 = U_0 = 625 мВ$  сопротивления резисторов  $R_2$  и  $R_3$  при условии  $dU_0/dT = 0$ ;

г) значения температурного дрейфа  $U_0$  при условии, что отношение  $R_2/R_3$  отличается от расчетного на  $\pm 1\%$ ;

а) значение температурного дрейфа  $U_0$  при условии, что  $dU_0/dT$  отличается от заданного значения на  $\pm 10\%$ ;

б) значение температурного дрейфа  $U_0$  при условии, что  $dU_0/dT$  отличается от заданного на  $\pm 5\%$ ;

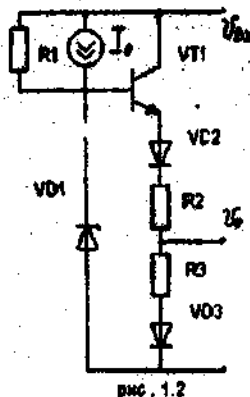


рис. 1.2

ж) коэффициент стабилизации  $K_{ст}$  источника опорного напряжения, если дифференциальное сопротивление стабилитрона  $VD1$   $Z_{ст} = 63 \Omega$ , а выходное сопротивление источника тока  $R1 = 140 к\Omega$ ;

з) выходное сопротивление источника опорного напряжения при  $dU_0/dT = 0$  по данным в пункте в).

### ЗАДАЧА 1.3

Для схемы, приведенной на рис. 1.3 найти:

а) выходное напряжение  $U_0$ , сопротивления резисторов  $R1$  и  $R2$  при условии, что стабилитрон  $VD1$  - КС147А, транзистор  $VT1$  - КТ315Г, максимальный ток нагрузки - 5 мА,  $U_{ис} = 10В$ ;

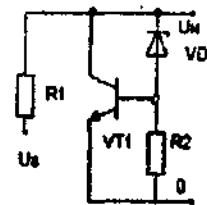


рис. 1.3

б) температурный дрейф выходного напряжения, если  $dU_0/dT = 2 мВ/К$ ;

в) коэффициент стабилизации  $K_{ст}$  при отсутствии тока нагрузки;

г) нестабильность  $K_I$  выходного напряжения при отсутствии тока нагрузки;

а) абсолютное изменение выходного напряжения при изменении тока нагрузки на 4 мА.

### ЗАДАЧА 1.4

Для схемы, приведенной на рис. 1.4, определить:

а) выходное напряжение и номиналы элементов  $R1$ ,  $R2$ ,  $R3$ , при токе нагрузки 5 мА, если транзистор  $VT1$  - КТ315А,  $VT2$  - КТ361А, диод  $VD1$  выполнен на основе перехода база-эмиттер транзистора КТ361А;

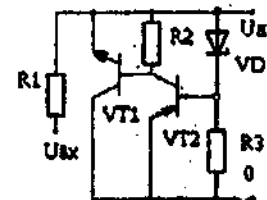


рис. 1.4

б) значение температурного дрейфа выходного напряжения, при  $dU_0/dT = -2 мВ/К$ ;

в) выходное сопротивление;

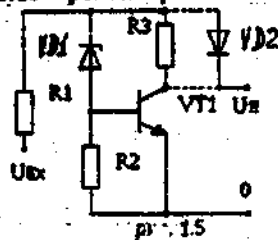
г) коэффициент стабилизации выходного напряжения при отсутствии тока нагрузки;

а) абсолютное изменение выходного напряжения при уменьшении тока нагрузки от 5 мА до 1 мА.

## ЗАДАЧА 1.5

Для схемы, приведенной на рис.1.5, определить:

- а) выходное напряжение и номиналы элементов, если ток нагрузки  $I_n = 5 \text{ мА}$ ,  $VD1 - KC156A$ ,  $VT1 - KT315A$ , резистор  $R3$  закорочен ( $R3 = 0$ );  
 б) влияние резистора  $R3$  на выходное сопротивление схемы;



в) при каком условии коэффициент стабилизации стремится к бесконечности. При каком условии коэффициент стабилизации становится отрицательным;

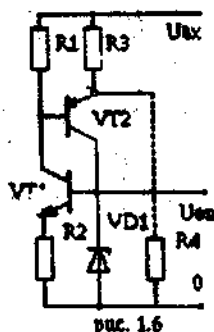
г) коэффициент стабилизации, если резистор  $R3$  заменить диодом  $VD2$  (считать, что свойства диода  $VD2$  аналогичны свойствам перехода база-эмиттер  $VT1$ );

д) определить абсолютное изменение выходного напряжения при изменении тока нагрузки от  $5 \text{ мА}$  до  $1 \text{ мА}$  при отсутствии резистора  $R3$  и наличии вместо него диода  $VD2$ .

## ЗАДАЧА 1.6

Для схемы, приведенной на рис.1.6, определить:

- а) выходное напряжение считая, что запуск схемы осуществлен одним из известных способов;



- б) выходное сопротивление при отсутствии резистора  $R4$ ;  
 в) коэффициент стабилизации при отсутствии резистора  $R4$ ;  
 г) влияние резистора  $R4$  на выходное сопротивление схемы и на коэффициент стабилизации. (Указание: Считать ток нагрузки отсутствующим.)

## 2. Стабилизаторы напряжения с эмиттерным выходом регулирующего элемента

## ЗАДАЧА 2.1

Определить:

- а) выходное напряжение стабилизатора, если в качестве  $VD1$  использован стабилитрон  $KC147A$ ;  
 б) номинал резистора  $R1$ , если в качестве  $VT2$  использован транзистор  $KT815A$ , входное напряжение ( $U_{вх}$  изменяется в пределах от  $10$  до  $12 \text{ В}$ , а максимальный ток нагрузки  $I_n = 30 \text{ мА}$ ;

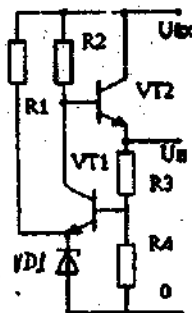


- в) коэффициент стабилизации по напряжению, предварительно выбрав номинал резистора  $R2$ , если в качестве  $VT1$  использован транзистор  $KT315Г$ ;  
 г) выходное сопротивление стабилизатора напряжения;  
 д) оценить абсолютное изменение выходного напряжения при изменении тока нагрузки от  $0$  до  $30 \text{ мА}$ ;  
 е) оценить изменение выходного напряжения при изменении температуры от  $20^\circ\text{C}$  до  $80^\circ\text{C}$  (принять температурный дрейф напряжения база-эмиттер  $dU_{бэ}/dT = -2 \text{ мВ/}^\circ\text{C}$ );

## ЗАДАЧА 2.2

Определить:

- номиналы резисторов  $R3$ ,  $R4$ , если  $U_{вх} = 5В$ , стабилитрон  $VD1$  КС133А, транзисторы  $VT1$  - КТ315А,  $VT2$  - КТ817А;
- номиналы резисторов  $R1$  и  $R2$  при максимальном токе нагрузки  $I_n = 30 мА$  и входном напряжении ( $U_{вх} = 10 В$ ;
- коэффициент стабилизации по напряжению при  $I_n = 10 мА$ ;
- выходное сопротивление стабилизатора напряжения;
- в каких пределах и каким образом можно изменять выходное напряжение стабилизатора при элементах, заданных в п. а);



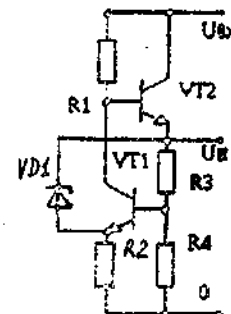
- абсолютное изменение выходного напряжения при изменении тока нагрузки от 30 мА до 20 мА;
- температурный дрейф выходного напряжения.

## ЗАДАЧА 2.3

Определить:

- номиналы элементов  $R1 - R4$ , если  $U_{вх} = 15 В$ ,  $I_n = 10 В$ , стабилитрон  $VD1$  - КС156А, транзисторы  $VT1$ ,  $VT2$  - КТ315В, ток нагрузки  $I_n = 10 мА$ ;
- коэффициент стабилизации по напряжению;
- нестабильность по току нагрузки;

- абсолютное изменение напряжения на выходе при изменении входного напряжения от 15 до 20 В при постоянном сопротивлении нагрузки;

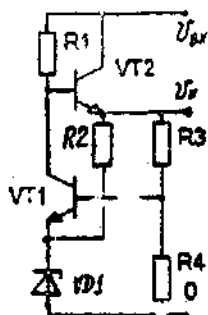


- ток эмиттера  $VT2$  при коротком замыкании выхода;
- изменение выходного напряжения при изменении температуры от 0С до 60С. Предложите, как изменить схему, чтобы повысить стабильность выходного напряжения при изменении тока нагрузки и входного напряжения.

## ЗАДАЧА 2.4

Определить:

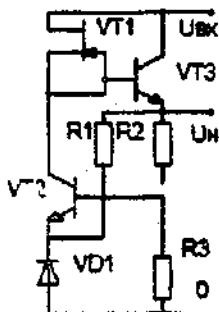
- номиналы резисторов  $R1 - R4$ , если транзисторы  $VT1$ ,  $VT2$  - КТ315Г, стабилитрон  $VD1$  - КС168А,  $U_{вх} = 15 В$ ,  $I_n = 9 В$ , максимальный ток нагрузки  $I_n = 10 мА$ ;
- коэффициент стабилизации по напряжению;
- нестабильность по току нагрузки;
- в каких пределах можно изменять выходное напряжение стабилизатора;
- абсолютные изменения выходного напряжения при изменении тока нагрузки от 10 мА до 0 мА входного напряжения от 15 В до 18 В;
- температурный дрейф выходного напряжения;



- ж) ток эмиттера транзистора VT2 при коротком замыкании выхода;  
 з) максимально возможный ток нагрузки при заданном выходном напряжении.

### ЗАДАЧА 2.5

Для входного напряжения, изменяющегося в пределах ( $U_{вх\min} = 10$  В,



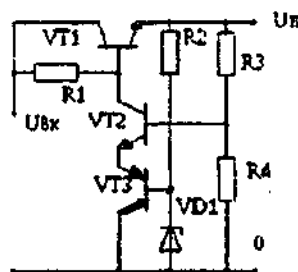
( $U_{вх\max} = 15$  В, выходного напряжения ( $U_n = 5$  В, тока нагрузки 30 мА выбрать полупроводниковые элементы и рассчитать номиналы резисторов. Далее решать задачу по п.п. а) - г) и д) - з) задачи 2.4.

### ЗАДАЧА 2.6

Определить:

- а) номиналы элементов R1 - R4, если ( $U_{вх} = 15$  В,  $U_n = 1$  В, стабилитрон VD1 - КС156А, транзисторы VT1, VT2 - КТ315В, VT3 - КТ361Е, ток нагрузки 10 мА;  
 б) коэффициент стабилизации по напряжению;  
 в) выходное сопротивление стабилизатора;

- г) абсолютное изменение напряжения на выходе при изменении входного напряжения от 15 В до 18 В, при сопротивлении нагрузки  $R_n = 100$  Ом;



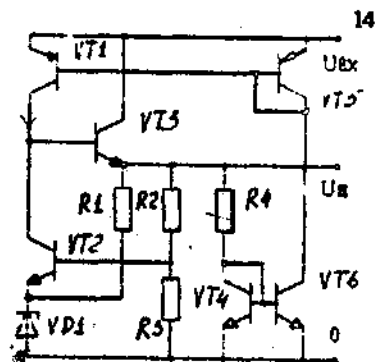
- а) температурный дрейф выходного напряжения;  
 е) максимальный ток нагрузки. Сопоставьте результаты анализа данной схемы со схемой задачи 2.4. Предложите схемотехническое решение, обеспечивающее защиту стабилизатора при коротком замыкании выхода. Оцените влияние цепей защиты на точностные параметры стабилизатора.

### ЗАДАЧА 2.7

В предположении, что "запуск" схемы стабилизатора осуществляется одним из известных способов, определите:

- а) номиналы резисторов R1 - R4 для входного напряжения, изменяющегося в пределах от 10 В до 15 В, тока нагрузки 100 мА и выходного напряжения 5 В, предварительно выбрав полупроводниковые компоненты схемы;  
 б) коэффициент стабилизации по напряжению;  
 в) выходное сопротивление стабилизатора;  
 г) температурный дрейф выходного напряжения;  
 д) абсолютное изменение напряжения на выходе стабилизатора при изменении тока нагрузки от 100 мА до нуля;

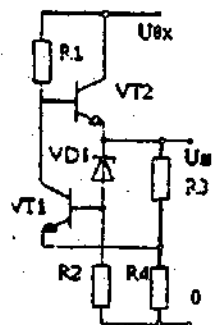
Предложите схемотехническое решение цепи запуска данного стабилизатора руководствуясь тем, что после выхода стабилизатора на режим цепь запуска не должна оказывать влияния на точностные параметры. Определите ток короткого замыкания при наличии цепи запуска.



## ЗАДАЧА 2.8

Определить:

- а) номиналы элементов  $R1 - R4$  и выбрать тип транзисторов и стабилитрона, если  $U_{вх} = 12 В$ ,  $U_{н} = 5 В$ , ток нагрузки  $I_{н} = 5 мА$ ;

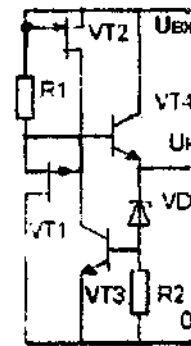


- б) коэффициент стабилизации по напряжению;  
в) не стабильность по току нагрузки;  
г) абсолютное изменение  $U_{н}$  при изменении тока нагрузки от 5 мА до 0 мА;  
д) температурный дрейф выходного напряжения;  
е) ток эмиттера регулирующего элемента при коротком замыкании выхода. Укажите основной недостаток данной схемы стабилизатора напряжения и предложите схемотехнические способы устранения этого недостатка.

## ЗАДАЧА 2.9

Определить:

- а) выходное напряжение  $U_{н}$  и выбрать типы активных и пассивных компонентов схемы, если в качестве  $VD1$  использован стабилитрон КС147А,  $U_{вх} = 10 В$ ,  $I_{н} = 5 мА$ ;



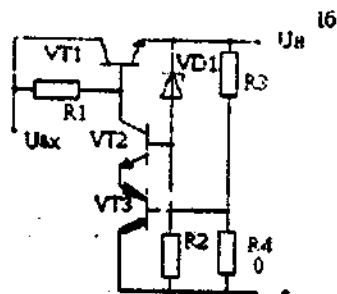
- б) каким образом можно осуществить регулировку выходного напряжения и в каких пределах;  
в) коэффициент стабилизации по напряжению;  
г) выходное сопротивление стабилизатора;  
д) абсолютное изменение выходного напряжения при изменении температуры окружающей среды от  $+20^{\circ}C$  до  $+80^{\circ}C$ ;  
е) абсолютное изменение выходного напряжения при изменении выходного от 9 В до 12 В при отсутствии тока нагрузки. Предложите способ защиты стабилизатора от токовой перегрузки и оцените влияние элементов цепи защиты на точностные параметры стабилизатора.

## ЗАДАЧА 2.10

Определить:

- а) номиналы элементов  $R1 - R4$ , если  $U_{вх} = 15 В$ ,  $U_{н} = 9 В$ , ток нагрузки  $I_{н} = 10 мА$ ,  $VD1 - КС168А$ ,  $VT1, VT2 - КТ315Г$ ,  $VT3 - КТ361А$ ;  
б) коэффициент стабилизации по напряжению;  
в) выходное сопротивление стабилизатора;  
г) абсолютное изменение выходного напряжения при изменении тока нагрузки от 0 мА до 10 мА;





- а) абсолютное изменение выходного напряжения при изменении температуры окружающей среды от  $+20^\circ\text{C}$  до  $-40^\circ\text{C}$ ;  
 б) максимально возможный ток нагрузки при заданном выходном напряжении. Сопоставьте результаты анализа данной схемы и схемы задачи 2.8. Сделайте выводы.

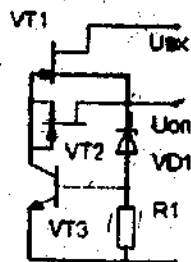
### ЗАДАЧА 2.11

Для входного напряжения  $10\text{ В}$  и выходного напряжения  $5,3\text{ В}$  выбрать активные и пассивные компоненты, учитывая что ток нагрузки отсутствует.

Определить:

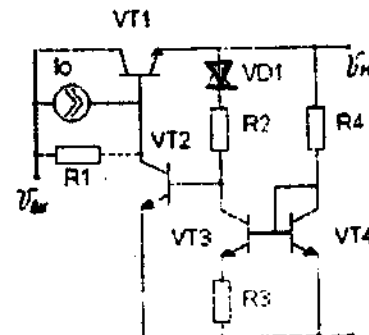
- коэффициент стабилизации по напряжению;
- выходное сопротивление;
- температурную стабильность выходного напряжения;
- ток истока транзистора VT1 при коротком замыкании выхода;

Как повысить нагрузочную способность стабилизатора?



### ЗАДАЧА 2.12

Для входного напряжения  $10\text{ В}$ , тока  $I_0 = 1\text{ мА}$ , тока нагрузки  $I_n = 0$ .



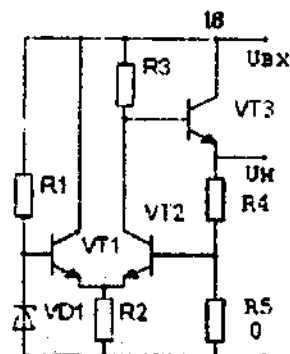
Определить:

- выходное напряжение при условии, что  $dU_{вх}/dI = 0$ ;
- коэффициент стабилизации по напряжению при условии, что выходное сопротивление источника тока  $I_0$  определяется резистором  $R1 = 100\text{ К}$ ;
- выходное сопротивление стабилизатора напряжения. (Указание: элементы VT1-VT4, VD1 - транзисторы интегральной схемы К198НТ5А. Считать их параметры абсолютно идентичными.)

### Задача 2.13

Для входного напряжения  $15\text{ В}$ , выходного -  $10\text{ В}$  и тока нагрузки  $10\text{ мА}$  определить:

- параметры элементов R1 - R5, если использованы транзисторы КТ315Б и стабилитрон VD1 - КС147А;
- коэффициент полезного действия с учетом полного тока, потребляемого стабилизатором напряжения;
- коэффициент стабилизации по напряжению;
- абсолютное изменение по току нагрузки;



а) абсолютное изменение выходного напряжения при изменении входного напряжения от 15В до 17В;

б) ток регулирующего элемента и полный ток, потребляемый стабилизатором напряжения в режиме короткого замыкания выхода.

Предложите способ защиты регулирующего элемента по мощности в режиме короткого замыкания выхода.

#### Задача 2.14

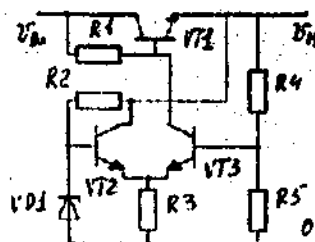
Для входного напряжения 10В, выходного - 5В и тока нагрузки 15мА определить:

а) номиналы элементов  $R1 - R5$ , если все транзисторы типа КТ315А, стабилитрон VD1 - КС133А;

б) коэффициент стабилизации по напряжению при отсутствии тока нагрузки и при токе нагрузки 10 мА;

в) выходное сопротивление стабилизатора напряжения;

г) абсолютное изменение выходного напряжения при изменении тока нагрузки от 0 до 15 мА;



а) ток нагрузки в режиме короткого замыкания выхода. Оцените мощность, рассеиваемую на регулирующем элементе в режиме короткого замыкания выхода.

#### ЗАДАЧА 2.15

Для входного напряжения 15В и тока нагрузки  $I_H=10\text{мА}$  определить:

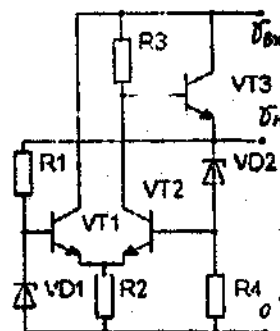
а) выходное напряжение, если в качестве элементов VD1 и VD2 использованы стабилитроны КС147А;

б) номиналы резисторов  $R1 - R4$ , если транзисторы VT1-VT3 - КТ315Г;

в) коэффициент стабилизации по напряжению;

г) коэффициент нестability по току нагрузки;

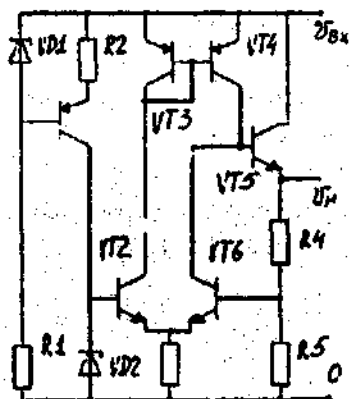
д) абсолютное изменение выходного напряжения при изменении температуры окружающей среды от 300 К до 360 К;



е) ток эмиттера транзистора VT3 при коротком замыкании выхода. Способен ли транзистор VT3 выдержать длительный режим короткого замыкания? Предложите варианты защиты стабилизатора от токовой перегрузки и короткого замыкания выхода. Оцените влияние элементов цепи защиты на ключевые и энергетические параметры стабилизатора напряжения.

#### Задача 2.16

Для входного напряжения 10В, выходного - 5В и тока нагрузки 20мА определить:



- б) коэффициент стабилизации по напряжению;
  - в) коэффициент неустойчивости по току нагрузки;
  - г) абсолютное изменение выходного напряжения при изменении тока нагрузки от 0 до 20 мА.
- а) предельно возможный ток нагрузки при заданном выходном напряжении. Оцените мощность, рассеиваемую на регулирующем элементе в этом режиме.
- е) температурную стабильность выходного напряжения (Укажите: учесть температурную зависимость напряжения как стабилизатора VD2, так и стабилизатора VD1).

Для входного напряжения 15 В, выходного - 9 В и тока нагрузки 10мА  
определить:

- а) номиналы элементов R1 - R5, если использован стабилизатор КС156А, транзисторы n-p-n - КТ315А, p-n-p - КТ361А;

- б) коэффициенту стабилизации по напряжению, учитывая, что через стабилизатор VD1 протекает приращение тока, поступающего как и эмиттера транзистора VT3, так и из коллектора VT2;
- в) выходное сопротивление стабилизатора;
- г) абсолютное изменение выходного напряжения при изменении тока нагрузки от 0 до 10 мА;
- д) минимально возможное напряжение на выходе стабилизатора, при котором на выходе будет заданное напряжение при отсутствии тока нагрузки;
- е) зависимость коэффициента полезного действия стабилизатора от тока нагрузки.

### Заключение.

Аналитические выражения, полученные при решении задач позволяют выявить тенденции изменения характеристик СН при изменении как параметров схемы, так и воздействия дестабилизирующих факторов. Это позволяет обнаружить противоречия и недостатки в схемотехнических решениях и указать путь их устранения.

Достоверность численного расчета рекомендуется проверить с помощью пакета прикладных программ PSpice [4].