

МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ТРАНСПОРТА»  
(РУТ (МИИТ))  
РОССИЙСКАЯ ОТКРЫТАЯ АКАДЕМИЯ ТРАНСПОРТА

Одобрено кафедрой  
«ЭЛЕКТРИФИКАЦИЯ И ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ»  
Протокол № от 201 г.  
Автор:

ЗАДАНИЕ НА КОНТРОЛЬНУЮ РАБОТУ С МЕТОДИЧЕСКИМИ  
УКАЗАНИЯМИ

ПО ДИСЦИПЛИНЕ

ЭЛЕКТРОНИКА

Уровень ВО: *Бакалавриат*

Форма обучения: Заочная

Курс: 2

Специальность/Направление: 11.03.02 – Инфокоммуникационные технологии  
и системы связи

Специализация/Профиль/Магистерская программа: (ИТ) Оптические  
системы и сети связи

Москва, 2021

## СОДЕРЖАНИЕ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

Тема контрольной работы: «Расчёт транзисторного стабилизатора напряжения»

Контрольная работа завершает изучение курса «Электроника».

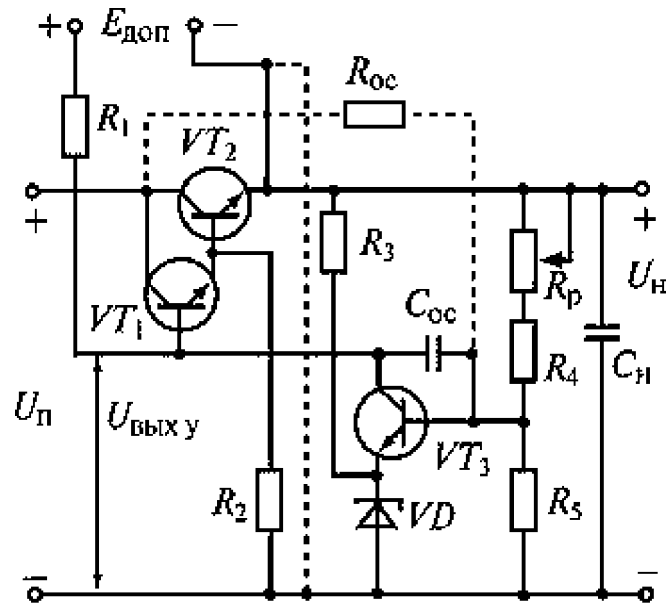
В рамках контрольной работы требуется произвести расчёт транзисторного стабилизатора напряжения, по заданным данным рассчитать регулирующие и усилительные элементы стабилизатора напряжения, определить его выходные параметры и нарисовать принципиальную электрическую схему стабилизатора. Оформленная контрольная работа должна содержать пояснительно-расчётную записку с приложением необходимых схем и рисунков. В пояснительно-расчётной записке необходимо привести данные задания, расчётную часть стабилизатора напряжения, перечень использованной литературы.

В процессе расчёта параметров элементов и режимов необходимо сначала привести расчётную формулу, затем привести численные значения и полученный результат в принятых единицах измерения (СИ) округлить до практически необходимого номинального значения.

При возникновении затруднений в процессе выполнения контрольной работы можно лично или письменно - через факультет или кафедру - обратиться к преподавателю за консультацией.

Контрольная работа выполняется в печатном виде на листах формата А4 с одной стороны. Титульный лист должен содержать: наименование кафедры; наименование дисциплины; название контрольной работы; ФИО исполнителя и шифр. Работа должна быть подписана исполнителем. Работа, выполненная по варианту, не соответствующему шифру студента, не проверяется и зачёту не подлежит.

## ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ



- номинальное напряжение питающей сети  $U_0 = 220$  В; частота  $f_c = 50$  Гц;
- пределы изменения напряжения сети  $a_c = b_c = 0,1$ ;
- номинальное выходное напряжение  $U_n$  В;

| Последняя цифра шифра | 0 | 1  | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | 9  |
|-----------------------|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| $U_{n. ном},$ В       | 9 | 12 | 15 | 18 | 20 | 22 | 24 | 28 | 30 | 36 |

- допустимые установочные отклонения  $\Delta U_n = \pm 1$  В;
- номинальный ток нагрузки  $I_n$  А;

| Предпоследняя цифра шифра | 0   | 1   | 2    | 3 | 4    | 5 | 6 | 7 | 8   | 9  |
|---------------------------|-----|-----|------|---|------|---|---|---|-----|----|
| $I_n,$ А                  | 0,1 | 0,5 | 0,75 | 1 | 1,25 | 2 | 3 | 5 | 7,5 | 10 |

- пределы изменения тока нагрузке  $\Delta I_{n \min} = 0,2$  А и  $\Delta I_{n \max} = 0,3$  А;
  - коэффициент стабилизации при изменении напряжения сети  $K_{ст} \geq 500$ ;
  - внутреннее сопротивление  $r_n \leq 1$  Ом;
  - амплитуда пульсации выходного напряжения  $U_{n \sim} < 3$  мВ;
  - температура окружающей среды  $T_{c \max} = 60^\circ\text{C}$ ,  $T_{c \min} = -10^\circ\text{C}$ ;
  - максимальный температурный уход напряжения  $\Delta U_{n.т.} = 0,12$  В;
- $\Delta U_{n.доп.} = 0,05$  В.

## ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

Заданными для расчёта транзисторных стабилизаторов напряжения величинами являются:

- 1) номинальное напряжение питающей сети  $U_c$ , В; частота тока питающей сети  $f$ , Гц;
- 2) отклонения напряжения питающей сети от номинального значения  $a_c$  и  $b_c$ ;
- 3) номинальное выходное напряжение стабилизатора  $U_{н. ном}$  и пределы его регулирования  $U_{н. макс}$  и  $U_{н. мин}$ , В;
- 4) номинальный ток нагрузки  $I_n$  и пределы изменения тока нагрузке  $I_{н. макс}$  и  $I_{н. мин}$ , А;
- 5) коэффициент стабилизации по входному напряжению  $(k_{ст})_U$ ;
- 6) внутреннее сопротивление стабилизатора  $r_n$ , Ом; или изменение выходного напряжения  $(\Delta U_n)_1$  при изменении тока нагрузки от  $I_{н. макс}$  до  $I_{н. мин}$ ;
- 7) амплитудное значение переменной составляющей выходного напряжения  $U_{н \sim}$ , В;
- 8) температура окружающей среды  $t_{окр. макс}$  и  $t_{окр. мин}$ , °С;
- 9) температурная нестабильность (дрейф) выходного напряжения  $(\Delta U_n)_t$ , В.

Расчёт транзисторного стабилизатора проводим для простейшей схемы компенсационного типа с последовательным относительно нагрузки включением регулирующего транзистора, изображённой на рис. 1. Расчёт схемы сводится к определению оптимальных режимов и расчёту всех элементов схемы, при которых обеспечивается получение требуемых характеристик.

Определяем пределы изменения напряжения на входе стабилизатора. Возможен случай, когда при минимальном напряжении питающей сети  $U_{с. мин} = U_{с. н}(1 - b_c)$  и, следовательно, минимальном напряжении на входе стабилизатора (на выходе выпрямителя)  $U_{0. мин} = U_{0 н}(1 - b_c)$  требуется

получить на нагрузке наибольшее напряжение  $U_{н. макс} = U_n + \Delta U_{н. рег}$  при максимальном токе через регулирующий транзистор  $I_{VT1 макс} = I_{н. макс} + I_{сх}$ , где  $I_{сх}$  – внутреннее потребление тока схемой стабилизатора. Таким образом, получим следующее выражение:

$$U_{0 мин} = U_n + \Delta U_{н. рег} + U_{VT1 мин} + U_{0 \sim}, [B], \quad (1)$$

где  $U_{VT1 мин}$  – минимально допустимое значение напряжения на переходе эмиттер-коллектор регулирующего транзистора  $VT_1$ ;

$U_{0 \sim}$  – амплитуда пульсации на входе стабилизатора.

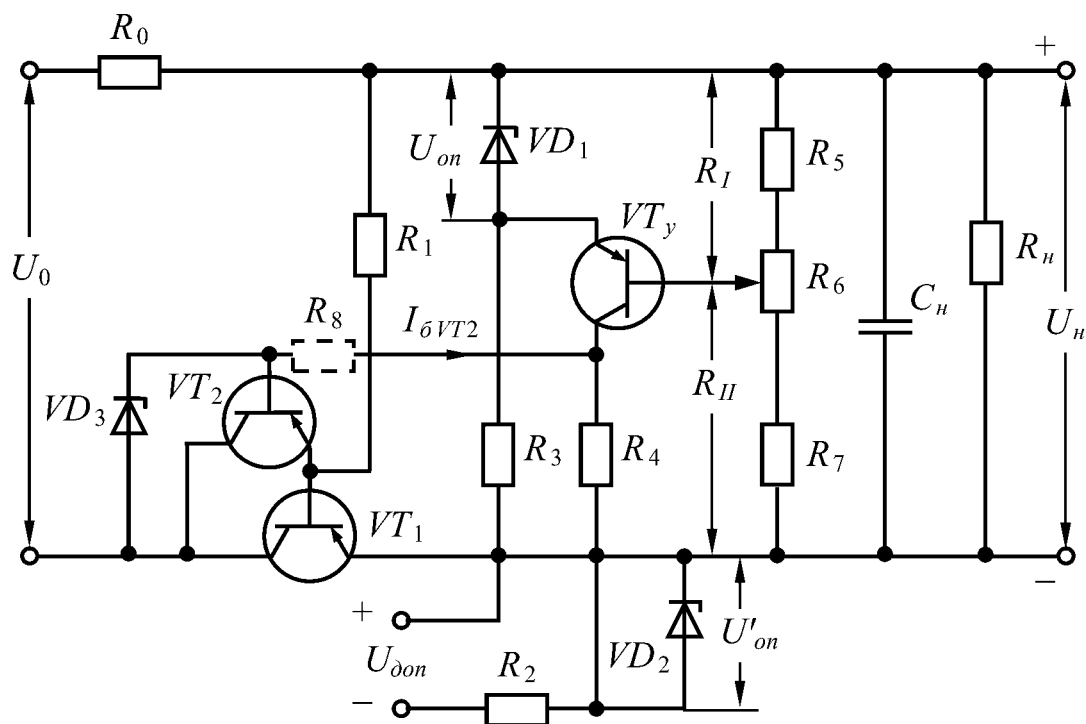


Рис. 1. Принципиальная электрическая схема транзисторного стабилизатора с последовательным включением регулирующего элемента

## РАСЧЁТ РЕГУЛИРУЮЩЕГО И УСИЛИТЕЛЬНОГО ЭЛЕМЕНТОВ СТАБИЛИЗАТОРА

Минимальное падение напряжения на транзисторе  $VT_1$   $U_{VT1 мин}$  определяется из выходных характеристик  $I_k = f(U_k)$  (см. рис. 2) выбранного транзистора для максимального значения тока  $I_{VT1 макс} = I_{н. макс} + I_{сх}$ . Для германиевых транзисторов  $U_{VT1 мин} = 2 \dots 3$  В, для кремниевых  $U_{VT1 мин} = 4 \dots 8$  В.

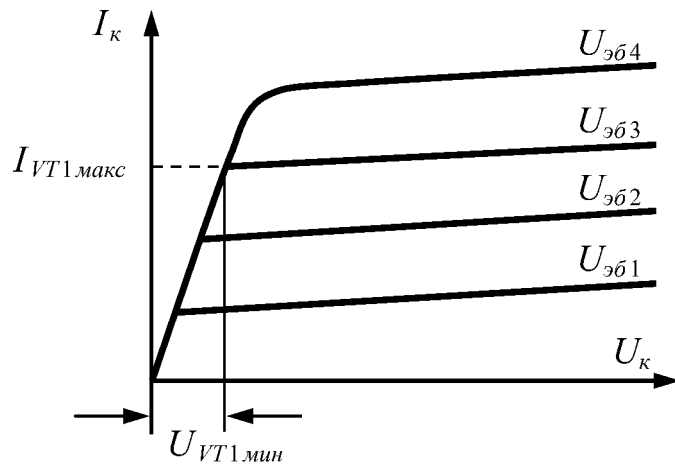


Рис. 2. Зависимость тока коллектора от напряжения на коллекторе в схеме с общим эмиттером при  $U_{об} = \text{const}$

Амплитудой пульсации обычно задаются:  $U_0 \sim 1 \text{ В}$ . При этом следует иметь в виду, что уменьшение пульсации на входе стабилизатора потребует установки громоздкого сглаживающего фильтра выпрямителя, а увеличение пульсации вызовет увеличение падения напряжения на регулирующем транзисторе.

При импульсном изменении тока нагрузки напряжение  $U_{0.мин}$  должно быть увеличено на  $\Delta I_{н.и} r_{0.дин}$ , где  $\Delta I_{н.и}$  – величина изменения тока нагрузки в импульсе;  $r_{0.дин}$  – внутреннее динамическое сопротивление выпрямителя.

Номинальное  $U_{0.ном}$  и максимальное  $U_{0.макс}$  значения входного напряжения стабилизатора:

$$U_{0.ном} = \frac{U_{0.мин}}{1 - b_c}; \quad (2)$$

$$U_{0.макс} = U_{0.ном} (1 + a_c). \quad (3)$$

При расчёте выпрямителя необходимо учитывать значения  $U_0$ ,  $U_0 \sim$  и  $I_{VT1.макс}$ . В результате расчёта выпрямителя уточняется его схема, находятся напряжения и токи в обмотках трансформаторов, количество вентилях, данные фильтра, внутреннее сопротивление выпрямителя  $r_0$ .

Определяем максимальное входное напряжение стабилизатора (при максимальном напряжении сети и минимальном токе нагрузки)

$$(U_{0\text{ макс}})_{\text{макс}} = U_{\text{н макс}} + (I_{\text{н макс}} - I_{\text{н мин}}) r_0. \quad (4)$$

Максимальное напряжение на регулирующем транзисторе  $VT_1$ :

а) при минимальных значениях выходного напряжения и тока нагрузки и максимальном напряжении сети

$$(U_{VT1\text{ макс}})_{\text{макс}} = (U_{0\text{ макс}})_{\text{макс}} - U_{\text{н мин}} < U_{VT1\text{ доп}}. \quad (5)$$

Необходимо иметь в виду, что предельно допустимое напряжение на регулирующем транзисторе  $U_{VT1\text{ доп}}$  не должно быть превышено даже кратковременно, например в моменты включения стабилизирующего выпрямителя в питающую сеть. С тем чтобы защитить регулирующий транзистор от возможных коммутационных всплесков напряжения, превышающих допустимые, между базой и коллектором составного транзистора  $VT_1$ ,  $VT_2$  включают кремниевый стабилитрон  $VD_3$ , как показано на рис. 1. Минимальное напряжение  $U_{VD3\text{ мин}}$  на стабилитроне  $VD_3$  должно быть больше, чем  $(U_{VT2\text{ макс}})_{\text{макс}}$ . Максимальное напряжение  $U_{VD3\text{ макс}}$  на стабилитроне  $VD_3$  должно быть меньше  $(U_{VT1\text{ макс}})_{\text{доп}}$ .

б) при максимальных значениях напряжения питающей сети и тока нагрузки и минимальном регулируемом значении выходного напряжения падение напряжения на транзисторе  $VT_1$

$$U_{VT1\text{ макс}} = U_{0\text{ макс}} - U_{\text{н мин}}. \quad (6)$$

Максимальная мощность, рассеиваемая на регулирующем транзисторе  $VT_1$

$$P_{VT1\text{ макс}} = I_{VT1\text{ макс}} U_{VT1\text{ макс}} < P_{VT1\text{ доп}}. \quad (7)$$

В соответствии с известными величинами  $(U_{VT1\text{ макс}})_{\text{макс}}$ ,  $I_{VT1\text{ макс}}$ ,  $P_{VT1\text{ макс}}$  выбираем по справочнику транзистор для использования его в качестве регулирующего. При больших токах  $I_{VT1\text{ макс}}$  несколько транзисторов включают параллельно. Если по  $P_{VT1\text{ макс}}$  нельзя подобрать по справочнику один транзистор, то включают их параллельно или последовательно.

Последовательное включение регулирующих транзисторов находит применение и в тех случаях, когда  $(U_{VT1\text{ макс}})_{\text{макс}}$  превышает допустимое для выбранного типа транзистора значение  $U_{VT1\text{ доп}}$ .

При параллельном включении транзисторов для выравнивания протекающих через них токов в эмиттер каждого транзистора включают сопротивления  $R_9 = (0,5 \dots 1,0)n / I_{VT1\text{ макс}}$ , где  $n$  – количество параллельно включённых транзисторов.

Через коллекторную нагрузку усилителя  $R_4$  протекает ток коллектора усилительного и ток базы регулирующего транзисторов (см. рис. 1). Так как в качестве усилителей  $VT_y$  используя маломощные транзисторы, максимальный ток коллектора которых не более 5...10 мА, то необходимо уменьшить ток базы регулирующего транзистора. Для этого в качестве регулирующего элемента используется составной транзистор, состоящий из двух ( $VT_1$  и  $VT_2$ ), а иногда и больше ( $VT_1$ ,  $VT_2$ ,  $VT_3$  и т.д.) числа их. Число транзисторов, образующих составной, выбирается таким, чтобы ток в цепи базы регулирующего элемента был на порядок меньше тока коллектора усилительного транзистора и не превышал 0,3...0,5 мА при наибольшем токе нагрузки  $I_{н\text{ макс}}$ .

Для выбора транзистора  $VT_2$  необходимо определить максимальную величину тока, протекающего через него,  $I_{VT2\text{ макс}}$  и мощность, рассеиваемую на нём.

Величина тока через транзистор  $VT_2$  равна сумме тока базы  $I_{бVT1}$  транзистора  $VT_1$  и тока, протекающего через резистор  $R_1$

$$I_{бVT1\text{ макс}} = \frac{I_{VT1\text{ макс}}}{B_{VT1\text{ мин}}} - I_{к0VT1\text{ мин}}, \quad (8)$$

где  $B_{VT1\text{ мин}} = I_{кVT1} / I_{бVT1}$  – минимальный коэффициент усиления по постоянному току в схеме с общим эмиттером транзистора  $VT_1$ .

Для упрощения принимаем, что ток коллектора  $I_k$  равен току эмиттера

$I_9$  и минимальный обратный ток коллектора  $I_{к0.мин}$  равен нулю и что коэффициент усиления по постоянному ( $B$ ) и ( $\beta$ ) переменному токам равны.

Необходимость резистора  $R_1$  диктуется следующим. С повышением температуры перехода транзистора  $VT_1$  возрастает неуправляемый коллекторный ток  $I_{к0 VT1}$ , направленный от цепи базы  $VT_1$  к его коллектору. С уменьшением тока нагрузки уменьшается суммарный базовый ток  $VT_1$  и, следовательно, эмиттерный ток транзистора  $VT_2$ . При некотором значении тока нагрузки ток  $I_{б VT1} = I_{VT2}$  становится равным нулю. С этого момента стабильность схемы нарушается. С тем, чтобы обеспечить стабильную работу схемы при максимальной температуре перехода транзистора  $VT_1$  и сбросе тока нагрузки до  $I_{н.мин}$ , вводят резистор  $R_1$ , ток через который должен быть больше максимального значения обратного коллекторного тока  $I_{к0 VT1}$ , при максимальной температуре перехода эмиттер-коллектор  $t_{П VT1}$ .

Величину тока  $I_{к0 VT1 макс}$  находим из частных технических условий на транзисторы. В общем случае ток через резистор  $R_1$  определяется как

$$I_{R_1}^* \geq (I_{к0})_{VT1 макс} - \frac{I_{VT1 мин}}{\beta_{VT1 макс}}. \quad (9)$$

Температура перехода эмиттер-коллектор транзистора  $VT_1$   $t_{П VT1}$  не должна превышать 0,8...0,9 предельно допустимой температуры перехода  $t_{П VT1 доп.}$ . Для германиевых транзисторов  $t_{П доп.}$  составляет 80...90°C, для кремниевых 150°C.

Для выбранного типа транзистора  $VT_1$  необходимо подобрать радиатор, таким образом, чтобы при температуре, равной сумме максимальной окружающей  $t_{макс} = t_1$  и  $(0,1...0,2) t_{П доп.} = t_2 - t_1$  при мощности, рассеиваемой на транзисторе,  $P_{VT1 макс} = P_{факт}$  температура на переходе не превышала  $t_{П доп.}$ .

Приведенный на рис. 3 график соответствует предельно допустимой температуре на переходе транзистора  $VT_1$  с учётом теплового сопротивления  $R_{п.к}$  переход-корпус.

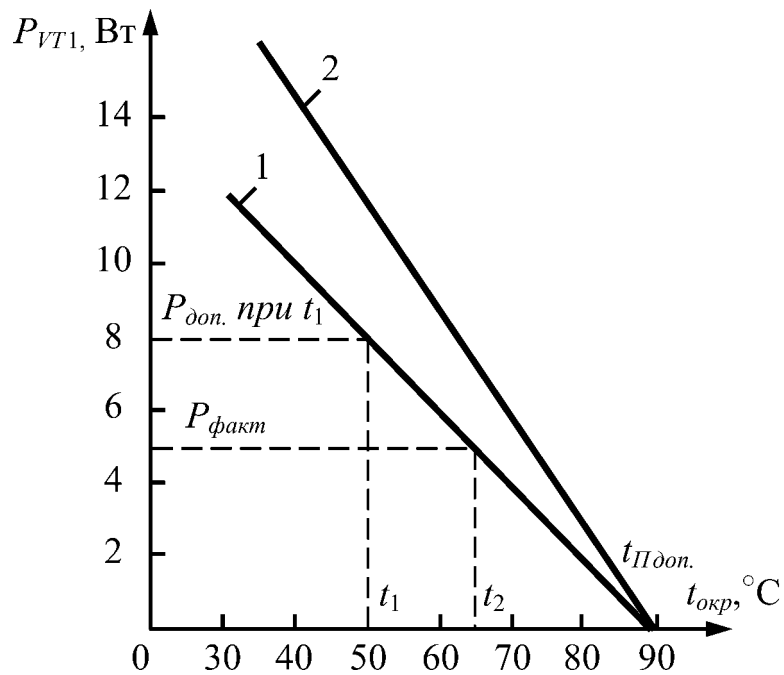


Рис. 3. Типовая характеристика зависимости предельно допустимой мощности рассеяния на транзисторе от температуры окружающей среды.

1 – без обдува, естественная конвекция; 2 – с обдувом

Тепловое сопротивление  $R_{п.к}$  показывает на сколько градусов температура переходы выше, чем температура корпуса транзистора, при 1 Вт рассеиваемой на транзисторе мощности. Для мощных транзисторов эта величина обычно составляет 1...2 град/Вт.

Ток, протекающий через цепь эмиттера транзистора  $VT_2$ ,

$$I_{VT2 \text{ макс}} = I_{б VT1 \text{ макс}} - I_{R1}. \quad (10)$$

Максимальная мощность, рассеиваемая на транзисторе  $VT_2$ ,

$$P_{VT2 \text{ макс}} = I_{VT2 \text{ макс}} U_{VT2 \text{ макс}}, \quad (11)$$

где  $U_{VT2 \text{ макс}} \approx U_{VT1 \text{ макс}}$ .

По величинам  $I_{VT2 \text{ макс}}$ ,  $P_{VT2 \text{ макс}}$  и  $U_{VT2 \text{ макс}}$  выбираем транзистор  $VT_2$ . По справочнику находим значение  $\beta_{VT2 \text{ макс}}$  – минимальное значение коэффициента усиления по постоянному току транзистора  $VT_2$  в схеме с общим эмиттером.

Находим максимальное значение базового тока транзистора  $VT_2$

$$I_{\bar{b}VT2\text{ макс}} = \frac{I_{VT2\text{ макс}}}{\beta_{VT2\text{ мин}}}. \quad (12)$$

Если  $I_{\bar{b}VT2\text{ макс}}$  больше, чем 0,3...0,5 мА, то количество составных транзисторов увеличивают, добавив транзистор  $VT_3$ . Расчёт элементов и режима транзистора  $VT_3$  проводится аналогично тому, как это выполнено для транзистора  $VT_2$ .

Через резистор  $R_4$  усилительного транзистора  $VT_y$  протекают ток  $I_{\bar{b}VT2}$  и коллекторный ток транзистора  $VT_y$ . Величиной тока  $I_y$  задаются в пределах  $(5...10)I_{\bar{b}VT2\text{ макс}}$ . Принимая приближённо, что напряжение  $U_{R4}$  на резисторе  $R_4$  равно напряжению дополнительного источника стабильного напряжения  $U'_{on}$  на стабилитроне  $VD_2$ , находим сопротивление резистора  $R_4$

$$R_4 = \frac{U'_{on}}{I_y + I_{\bar{b}VT2\text{ макс}}}, \quad [13]$$

где напряжение  $U'_{on}$  обычно берётся равным  $U_{on}$ .

Минимальное напряжение  $U_{VTy\text{ мин}}$  на транзисторе  $VT_y$  будет при минимальном выходном напряжении  $U_{н.\text{ мин}}$  и максимальном из возможных напряжении опорного источника  $U_{on}$  на стабилитроне  $VD_1$  и должно быть больше или равно 2...3 В.

Выбрав тип стабилитрона  $VD_1$  таким образом, чтобы  $U_{on.\text{ макс}} < U_{н.\text{ мин}}$ , проверяем  $U_{VTy\text{ мин}} = U_{н.\text{ мин}} - U_{on.\text{ макс}} \geq 2...3 \text{ В}$ .

При максимальном напряжении на нагрузке  $U_{н.\text{ макс}}$  и минимально возможном напряжении на стабилитроне  $VD_1$  на транзисторе  $VT_y$  напряжение будет наибольшим, причём оно должно быть меньше допустимого для выбранного типа усилительного транзистора, т.е.

$$U_{VTy\text{ макс}} = U_{н.\text{ макс}} - U_{on.\text{ мин}} \leq U_{VTy\text{ доп.}}$$

Расчёт сопротивлений выходного сравнивающего делителя производится аналогично расчёту для электронного стабилизатора.

В отличие от последнего величина тока через делитель  $R_5$ ,  $R_6$ ,  $R_7$  должна быть не менее 10 мА, для того чтобы изменение тока базы

усилительного транзистора не влияло на изменение выходного напряжения.

Сопротивление резистора  $R_3$  (при использовании стабилитрона  $VD_1$  типа Д814 или Д818) определяется, исходя из условия протекания через стабилитрон  $VD_1$  тока, равного сумме токов  $I_{VT_y} + I_{R_3}$  не менее 5 мА (при  $U_{н. мин}$  и  $U_{оп. макс}$ ) и не более  $I_{VD1 макс доп.}$  (при  $U_{н. макс}$  и  $U_{оп. мин}$ ).

Ёмкость конденсатора  $C_n$  выбирается из условия устойчивости (отсутствия генерации):  $C_n \geq 100$  мкФ. Величину ёмкости  $C_n$  можно уменьшить включив между коллектором и базой транзистора  $VT_y$  последовательную RC-цепочку.

При работе стабилизатора в условиях окружающих температур от  $t_{окр. мин}$  до  $t_{окр. макс}$ , где обычно  $t_{окр. мин}$  – отрицательная, а  $t_{окр. макс}$  – положительная температуры, наблюдается значительное изменение (дрейф) выходного напряжения. Основными источниками дрейфа напряжения являются усилительный транзистор  $VT_y$  и стабилитрон  $VD_1$ . Изменение температуры перехода эмиттер-коллектор транзистора  $VT_y$  от  $t_{н.у. мин}$  до  $t_{н.у. макс}$  эквивалентно введению последовательно в цепь эмиттера ЭДС

$$\Delta U_{э.у} = 0,0022(t_{н.у. макс} - t_{н.у. мин}) \quad (14)$$

с полярность, соответствующей увеличению коллекторного тока транзистора  $VT_y$ . Повышение температуры от  $t_{VD1 мин}$  до  $t_{VD1 макс}$  кремниевых стабилитронов с напряжением стабилизации, большим, чем 5...6 В равносильно введению в ту же цепь эмиттера транзистора  $VT_y$  противоположно по знаку направленной ЭДС

$$\Delta U_{оп} = 0,01 U_{оп} k_{оп} (t_{VD1 макс} - t_{VD1 мин}), \quad (15)$$

где  $k_{оп}$  – температурный коэффициент, выраженный в процентах на  $1^\circ\text{C}$  (для каждого типа стабилитрона эта величина приведена в справочных таблицах);

$t_{VD1 макс}$  и  $t_{VD1 мин}$  – максимальная и минимальная температура  $p-n$  перехода кремниевого стабилитрона  $VD_1$ .

Для стабилитронов с напряжением, меньшим, чем 5...6 В,  $k_{оп}$  имеет

обратный знак, т.е. с повышением температуры напряжение на стабилитроне уменьшается.  $k_{on}$  для некоторых типов стабилитронов имеет величину 0,14% на  $1^{\circ}\text{C}$ . Из сказанного можно заключить, что суммарное изменение выходного напряжения  $(\Delta U_n)_t$  за счёт изменения температуры перехода транзистора и стабилитрона будет равно

$$(\Delta U_n)_t = \frac{\Delta U_{on} - \Delta U_{э.у}}{\alpha}, \quad (16)$$

где  $\alpha = R_1/(R_1 + R_{11}) \approx (U_{on}/U_n)$  – коэффициент передачи выходного сравнивающего делителя.

Если при положительном значении коэффициента  $k_{on}$  в последнем уравнении слагаемые одинаковы, то  $(\Delta U_n)_t = 0$ .

Следует, однако, иметь в виду, что если не прибегать к подбору стабилитронов, то практически нельзя добиться полной компенсации, так как  $k_{on}$  стабилитронов в пределах одного типа имеет достаточно большой разброс.

Для компенсации дрейфа дополнительно в одно из плеч выходного делителя, в зависимости от знака дрейфа выходного напряжения, включают катушку, намотанную медным проводом, или полупроводниковый диод (иногда несколько, соединённых последовательно), включённый в прямом направлении. Сопротивление из медного провода, включённое в верхнее плечё делителя  $R_5$ ,  $R_6$ ,  $R_7$ , или диод, включённый в прямом направлении последовательно с диодом  $VD_1$ , с повышением температуры дают понижение выходного напряжения. Изменение сопротивления катушки из медной проволоки определяется из выражения

$$\Delta R_m = R_{m.г} - R_{m.х} = R_{m.х} \alpha_m \Delta t, \quad (17)$$

где  $\Delta t = t_{окр. макс} - t_{окр. мин}$ ;

$R_{m.г}$  и  $R_{m.х}$  – сопротивления катушки из меди соответственно при  $t_{окр. макс}$  и  $t_{окр. мин}$ ;

$\alpha_m$  – температурный коэффициент меди, равный 0,004 1/град.

Сопротивление  $R_{м.х}$  в верхнем плече делителя  $R_1$  для компенсации дрейфа выходного напряжения  $(\Delta U_n)_t$  определяется формулой

$$R_{м.х} = \frac{\Delta U_{он} - \Delta U_{э.у}}{I_{д} \alpha_{м} \Delta t},$$

где  $I_{д}$  – ток делителя  $R_5, R_6, R_7$ .

Температурный дрейф полупроводникового диода, включённого в прямом направлении, по напряжению равен примерно  $K_{д.пр} = 1,5 \dots 1,7$  мВ/град.

Число диодов, необходимых для компенсации дрейфа  $(\Delta U_n)_t$  равно

$$n = \frac{\Delta U_{он} - \Delta U_{э.у}}{K_{д.пр} \Delta t}.$$

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЫХОДНЫХ ПАРАМЕТРОВ ТРАНЗИСТОРНОГО СТАБИЛИЗАТОРА НАПРЯЖЕНИЯ

Коэффициент стабилизации выходного напряжения при изменениях напряжения питающей сети в заданных пределах может быть определён по формуле

$$(k_{см})_U = \mu_p k_y \alpha \frac{U_n}{U_0}, \quad (18)$$

где  $\mu_p = \frac{\mu_{VT1} \mu_{VT2}}{\mu_{VT1} + \mu_{VT2}} \approx \frac{\Delta U_{VT1}}{U_{бэVT1}}$ , (при  $I_{кVT1} = \text{const}$ ).

Статические коэффициенты усиления  $\mu_{VT1}$  и  $\mu_{VT2}$  транзисторов  $VT_1, VT_2$  находят по характеристике  $I_{к} = f(U_{к})$ . Типовые характеристики транзистора для  $I_{к} = f(U_{к})$  для различных значений  $U_{бэ} = \text{const}$  приведены на рис. 2.

Вычислить значение  $\mu_p$  можно также, пользуясь характеристикой  $I_{к} = f(U_{к})$ , полученной для различных значений  $I_{б} = \text{const}$

$$\mu_p = \frac{\Delta U_{VT1}}{R_{exVT1} \Delta I_{\delta VT1}}.$$

Коэффициент усиления транзистора  $T_y(k_y)$  определяется по формуле

$$k_y = \frac{S_y R_\kappa}{1 + S_y R_{\partial ин VD1}}, \quad (19)$$

где  $S_y = \Delta I_{VTy} / \Delta U_{\delta y}$  (при  $U_{VTy} = \text{const}$ ) – крутизна характеристики  $I_\kappa = f(U_{\delta})$  транзистора  $VT_y$ . Типовая характеристика транзистора  $I_\kappa = f(U_{\delta})$  для различных значений  $U_{\delta\kappa} = \text{const}$  приведена на рис. 4.

Сопротивление  $R_\kappa$  находят по формуле

$$R_\kappa = \frac{R_4}{1 + \frac{R_4}{R_{ex}}}, \quad (19)$$

где

$$R_{ex} = R_{ex. VT2} + \beta_{VT2 мин} R_{ex. VT1};$$

$$R_{ex. VT1} = \Delta U_{\delta VT1} / \Delta I_{\delta VT1} \text{ и } R_{ex. VT2} = \Delta U_{\delta VT2} / \Delta I_{\delta VT2},$$

входные сопротивления в схеме с общим эмиттером транзисторов  $VT_1$  и  $VT_2$  соответственно, которые находят по входным характеристикам транзисторов.

Примерный вид входной характеристики  $I_\delta = f(U_{\delta})$  показан на рис. 5.

Динамическое сопротивление стабилитрона  $R_{\partial ин VD1}$  определяют по данным справочника.

Внутреннее сопротивление стабилизатора определяют по формуле

$$r_n = \frac{R_{ip} + r_0}{\mu_p k_y \alpha} \approx \frac{1}{S_p k_y \alpha}, \quad (20)$$

где  $R_{ip} = \Delta U_{VT1} / \Delta I_{VT1}$  (при  $U_{\delta} = \text{const}$ ) – внутреннее сопротивление транзистора  $VT_1$ , определяемое из характеристики  $I_\kappa = f(U_\kappa)$ , приведенной на рис. 2.

$r_0$  – внутреннее сопротивление выпрямителя.

Ниже приведены усреднённые параметры некоторых наиболее употребительных в схемах стабилизаторов транзисторов:

Таблица 1

| Тип транзистора | $\mu$     | $R_{ex}, \text{Ом}$ | $S, \text{мА/В}$ |
|-----------------|-----------|---------------------|------------------|
| П210            | 200...300 | 5...10              | 7000...9000      |
| П213...П217     | 100...150 | 10...20             | 1500...2500      |
| П13...П14       | 500...700 | 150...250           | 20...50          |

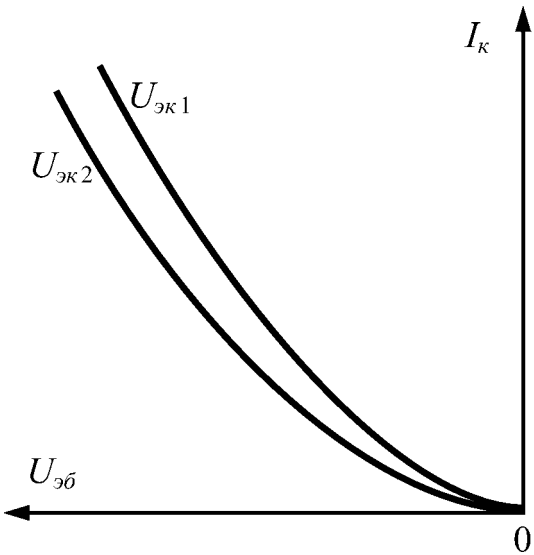


Рис. 4. Зависимость тока коллектора от напряжения эмиттер-база в схеме с общим эмиттером при  $U_{ЭК} = \text{const}$

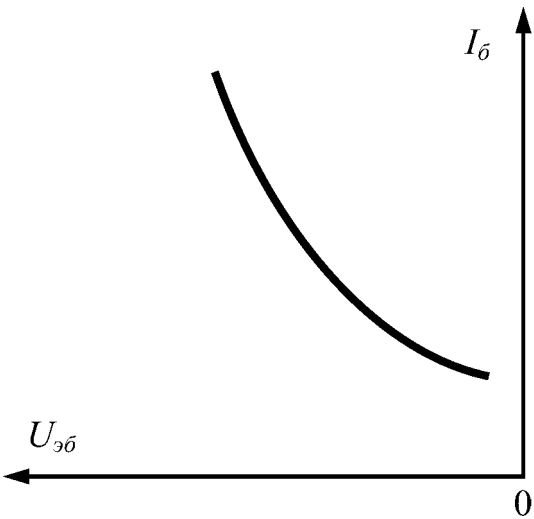


Рис. 5. Зависимость тока базы от напряжения эмиттер-база

## ПРИМЕР РАСЧЁТА

Проведём расчёт стабилизатора последовательного типа (рис. 6) со следующими исходными данными:

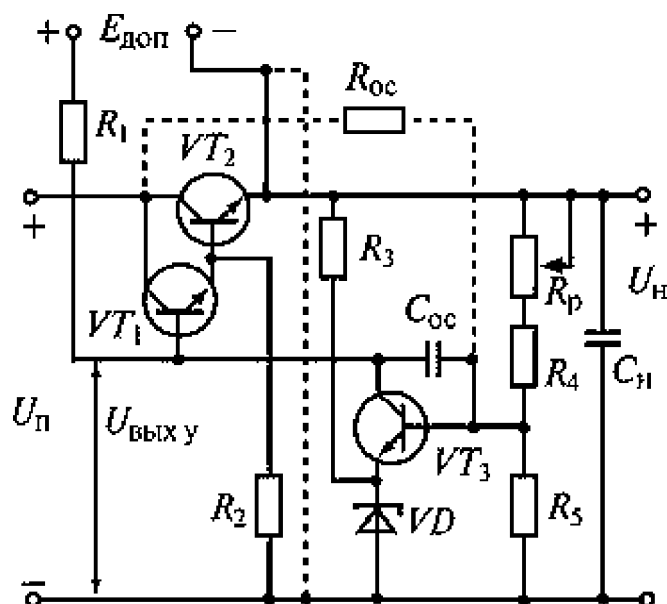


Рис. 6. Типовая схема стабилизатора постоянного напряжения с последовательным включением регулирующего транзистора

- номинальное напряжение питающей сети  $U_0 = 220$  В;
- частота  $f_c = 50$  Гц;
- пределы изменения напряжения сети  $a_c = b_c = 0,1$ ;
- номинальное выходное напряжение  $U_n = 12$  В;
- допустимые установочные отклонения  $\Delta U_n = \pm 1$  В;
- номинальный ток нагрузки  $I_n = 0,7$  А;
- пределы изменения тока нагрузке  $I_{n \min} = 0,5$  А и  $I_{n \max} = 1$  А;
- коэффициент стабилизации при изменении напряжения сети  $K_{ct} \geq 500$ ;
- внутреннее сопротивление  $r_n \leq 0,7$  Ом;
- амплитуда пульсации выходного напряжения  $U_{n \sim} < 3$  мВ;
- температура окружающей среды  $T_{c \max} = 60^\circ\text{C}$ ,  $T_{c \min} = -10^\circ\text{C}$ ;
- максимальный температурный уход напряжения  $\delta U_{n.t.} = 0,12$  В;

$$\delta U_{н.доп.} = 0,05 \text{ В.}$$

1. Выбираем в качестве регулирующего элемента  $VT_1$  транзистор типа КТ817А с параметрами:

$$I_{K \max} = 3 \text{ А}; U_{KЭ \max} = 25 \text{ В}; P_{K \max} = 14 \text{ Вт};$$

$$h_{21Э \min} = 25, I_{KB} = 0,4 \text{ мА}.$$

При заданном токе нагрузки  $I_{н \max} = 1 \text{ А}$  принимаем напряжение насыщения на транзисторе  $U_{KЭ \text{ нас}} = 3 \text{ В}$ , а максимальный уровень пульсаций входного напряжения  $U_{п \sim} = 0,15 \text{ В}$ .

2. Определяем входное напряжение питания

$$U_{п \max} = (U_{KЭ \text{ нас} 0} + U_{п \sim} + U_{н} + \Delta U_{п})(1 + a_c)/(1 - b_c) = \\ = (3 + 0,15 + 12,6 + 1)(1 + 0,1)/(1 - 0,1) = 20,6 \text{ В};$$

$$U_{п} = U_{п \max} / (1 + a_c) = 20,6 / (1 + 0,1) = 18,5 \text{ В};$$

$$U_{п \min} = U_{н} (1 - b_c) = 18,5 / (1 - 0,1) = 16,8 \text{ В}.$$

Расчёт выпрямителя для получения требуемого напряжения питания  $U_{п}$  и сглаживающего фильтра для получения пульсация  $U_{п \sim}$  производится при заданном токе нагрузки  $I_{н \max}$ .

Максимальная мощность, рассеиваемая на регулирующем транзисторе

$$P_{T \max} = (U_{п \max} - U_{н} - \Delta U_{н}) I_{н \max} = (20,6 - 12,6 - 1) \cdot 1 = 7 \text{ В}.$$

По входным и выходным характеристикам транзистора КТ817А (см. рис. 2) определяем:  $U_{ЭБ 2} = 0,8 \text{ В}$ ;  $\Delta U_{ЭБ 2} = 0,04 \text{ В}$ ;  $\Delta U_{KЭ} = 6 \text{ В}$ ;

$$\mu_{T2} = \Delta U_{KЭ} / \Delta U_{ЭБ} = 6 / 0,04 = 150;$$

$$h_{11Э2} = \Delta U_{ЭБ} / (I_{Б2} - I_{Б1}) = 0,1 / (1,5 \cdot 10^{-3} - 0,3 \cdot 10^{-3}) = 83 \text{ Ом}.$$

Максимальные значения коллекторного тока, напряжения коллектор – эмиттер (в момент включения) и рассеиваемой мощности для составного транзистора  $VT_1$  соответственно равны:

$$I_{K1} = I_{н \max} / h_{21Э2 \min} = 1 / 25 = 0,04 \text{ А};$$

$$U_{KЭ1} \approx E_{пmax} = 20,6 \text{ В};$$

$$P_{K1} = P_{Tmax} / h_{21Э2min} = 7 / 25 = 0,28 \text{ Вт}.$$

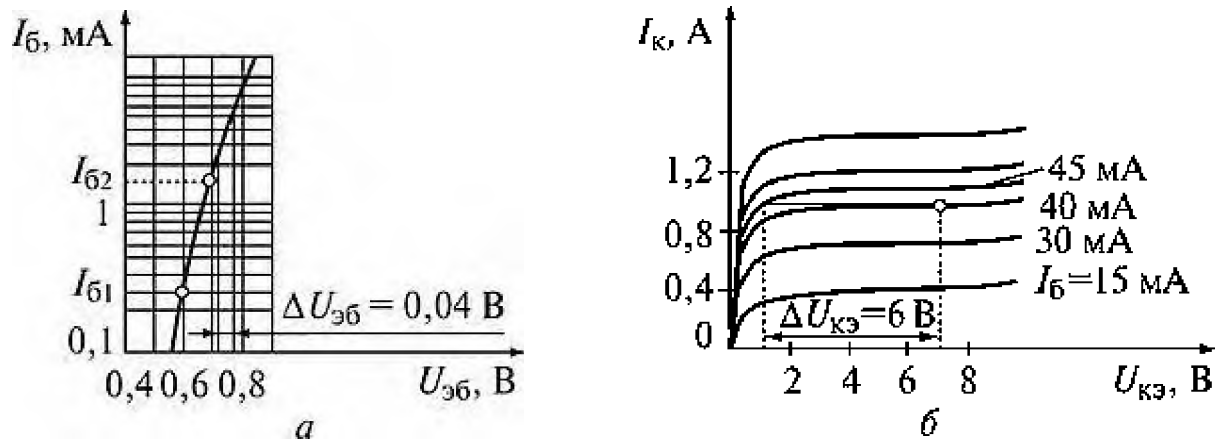


Рис. 7. Статические характеристики транзистора КТ817А:

а - входная; б - выходная

Выбираем в качестве составного транзистора КТ603Б с параметрами:

$I_{K1max} = 0,3 \text{ А} > 0,04 \text{ А};$   $U_{KЭ1max} = 30 \text{ В} > 20,6 \text{ В};$   $P_{K1max} = 0,4 \text{ Вт}$  (при  $T_{сmax} = 60^\circ\text{С}$ )  $> 0,28 \text{ Вт};$   $U_{KЭнас1} = 0,25 \text{ В};$   $h_{21Э1min} = 60;$   $U_{ЭБ1} = 0,7 \text{ В};$   $h_{11Э1} = 300 \text{ Ом};$   $I_{KB01} = 0,03 \text{ мА};$   $\mu_{T1} = 600.$  Ток базы транзистора  $VT_1$   $I_{Б1} = I_{K1} / h_{21Э1min} = 0,04 / 60 = 0,7 \text{ мА}.$

4. Принимаем схему составного транзистора без вспомогательного источника питания (рис. 8,а). Минимальное напряжение на регулирующем элементе

$$U_{KЭнас} = U_{KЭнас1} + U_{ЭБ2} = 0,25 + 0,8 = 1,05 \text{ В}.$$

Уточняем значения напряжения питания, рассеиваемой на транзисторах мощности, а также  $\mu_{T22}, h_{11э},$  по приведенным выше формулам:

$$U_{пmax} = (1,05 + 0,15 + 12,6 + 1)(1 + 0,1) / (1 - 0,1) = 18,1 \text{ В};$$

$$U_{н} = 18,1(1 - 0,1) = 16,3 \text{ В}; \quad U_{пmin} = 16,3 / (1 + 0,1) = 14,8 \text{ В};$$

$$P_{K2} = (U_{пmax} - U_{п} - \Delta U_{н}) I_{пmax} = (18,1 - 12,6 - 1) \cdot 1 / 25 = 4,5 \text{ Вт};$$

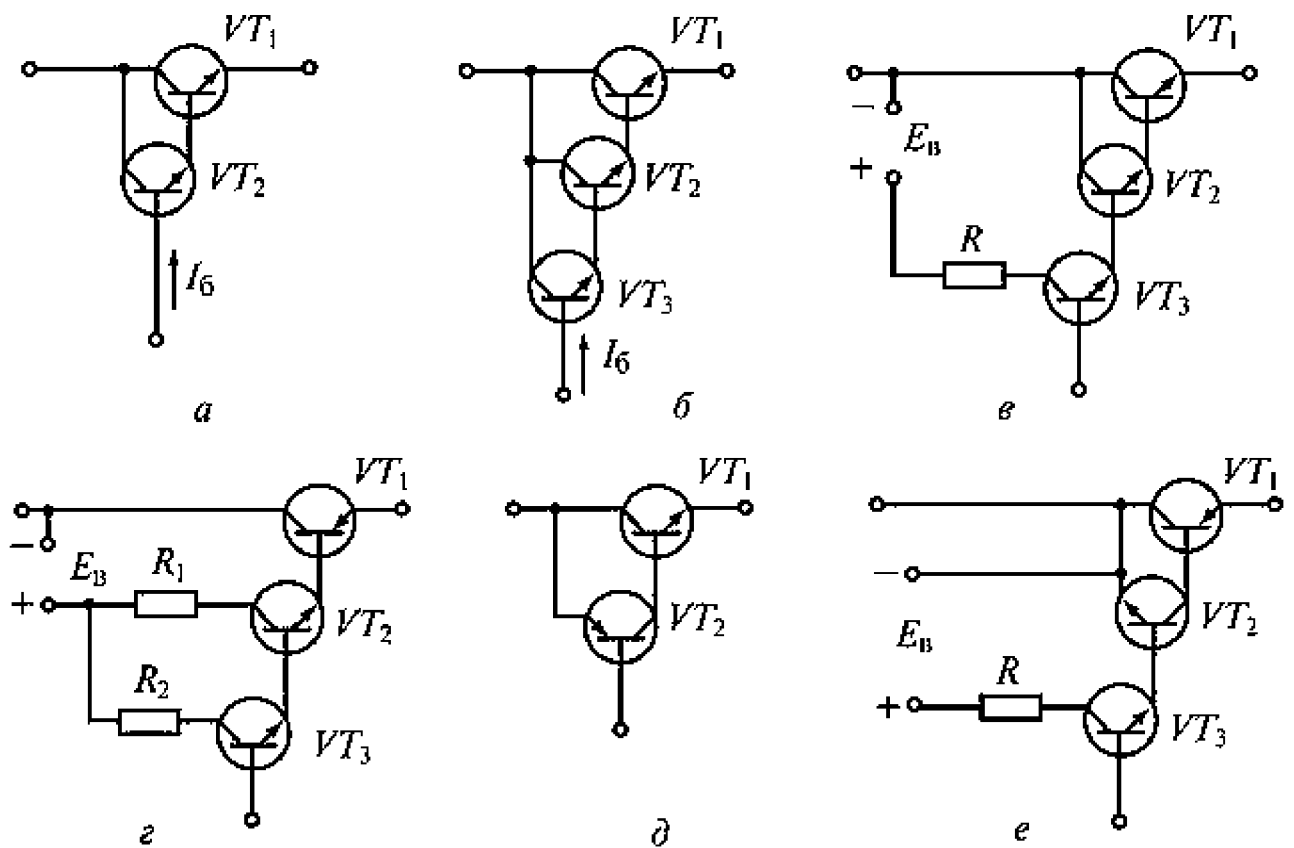


Рис. 8. Регулирующие составные транзисторы:

*a* – из двух транзисторов; *б* – из трёх транзисторов; *в* – с дополнительным питанием для составного транзистора; *г* – с дополнительным питанием для одного проходного транзистора; *д* – из двух транзисторов с различной проводимостью; *е* – из двух транзисторов с различной проводимостью и дополнительным питанием

$$P_{K1} = (U_{\Pi \max} - U_{\Pi} - \Delta U_{\Pi} - U_{ЭБ2}) I_{H \max} / h_{21Э2 \min} = \\ = (18,1 - 12,6 - 1 - 0,8) \cdot 1 / 25 = 0,15 \text{ Вт};$$

$$\mu_{T22} = \frac{\mu_{T1} \mu_{T2}}{\mu_{T1} + \mu_{T2}} = \frac{150 \cdot 600}{150 + 600} \approx 120;$$

$$h_{11Э} = h_{11Э1} + h_{11Э2} h_{11Э1 \min} = 300 + 83 \cdot 60 \approx 5,3 \text{ кОм};$$

$$r_{iT} = \frac{\mu_{T22} h_{11Э}}{h_{21Э1 \min} h_{21Э2 \min}} = \frac{120 \cdot 5300}{60 \cdot 25} = 425 \text{ Ом}.$$

5. Максимальное значение напряжения  $U_{вых.у}$  равно

$$U_{вых.у} = U_n + \Delta U_n + U_{ЭБ1} + U_{ЭБ2} = 12,6 + 1 + 0,7 + 0,8 = 15,1 \text{ В.}$$

6. Проводим расчёт цепи обратной связи

а) выбираем стабилитрон типа Д818Б с параметрами:

$$U_{ст. min} = 7,65 \text{ В}; U_{ст. max} = 9 \text{ В}; I_{ст. min} = 3 \text{ мА}; I_{ст. max} = 33 \text{ мА}; r_{диф} = 18 \text{ Ом};$$

$$\alpha_n = -1,8 \text{ мВ/}^\circ\text{С};$$

б) принимаем

$$E_{дон} = 0,4(U_n + \Delta U_n) = 0,4(12,6 + 1) = 5,45 \text{ В};$$

$$E_{дон} + U_n + \Delta U_n = 5,45 + 12,6 + 1 = 19,05 \text{ В} > U_{вых.у} (U_{вых.у} = 15,1 \text{ В})$$

и выбираем в качестве  $VT_3$  транзистор КТ312Б с параметрами:

$$U_{КЭ3 max} = 35 \text{ В}; I_{К3 max} = 30 \text{ мА}; \alpha_{T3} = 2 \text{ мВ/}^\circ\text{С}; h_{21Э3 min} = 25; U_{ЭБ3} = 0,8 \text{ В};$$

$$r_{Э3} = 50 \text{ Ом}; r_{ЭБ3} = 1 \text{ кОм}; h_{11Э3} = 1 \text{ кОм}; \mu_{T3} = 1000.$$

в) принимаем коллекторный ток транзистора  $VT_3$  равным  $I_{К3 max} = 2,8 \text{ мА} > I_{Б1} = I_{вых.у} = 0,7 \text{ мА}$  и вычисляем:

$$R_1 = (E_{дон} + U_n + \Delta U_n - U_{вых.у}) / (I_{К3} + I_{вых.у}) = \\ = (19,05 - 15,1) / (2,8 \cdot 10^{-3} + 0,7 \cdot 10^{-3}) = 1,1;$$

$$R_3 = \frac{U_n - \Delta U_n - U_{ст. max}}{I_{ст. min} - I_{К3}} = \frac{12,6 - 1 - 9}{3 \cdot 10^{-3} - 2,8 \cdot 10^{-3}} = 13 \text{ кОм.}$$

г) определяем ток базы транзистора  $VT_3$  и сопротивления резисторов делителя напряжения:

$$I_{Б3} = \frac{I_{К3}}{h_{21Э3 min}} = \frac{2,8}{25} \approx 0,1 \text{ мА}; I_{дел} = 10 I_{Б3} = 1 \text{ мА};$$

$$R_5 \leq \frac{U_{ст. min} + U_{ЭБ3}}{I_{дел} (1 + \Delta U_n / U_n)} = \frac{7,65 + 0,8}{10^{-3} (1 + 1/12,6)} \approx 7,2 \text{ кОм.}$$

$$R_4 \leq \frac{U_n - \Delta U_n - U_{ст. max} - U_{ЭБ3}}{U_{ст. max} + U_{ЭБ3}} \cdot R_5 = \frac{12,6 - 1 - 9 - 0,8}{9 + 0,8} \cdot 7,2 \cdot 10^{-3} \approx 1,3 \text{ кОм.}$$

$$R_P \geq \frac{U_H}{I_{дел}} - R_4 - R_5 = \frac{12,6}{10^{-3}} - 1300 - 7200 = 4,1 \text{ кОм.}$$

Принимаем  $R_P = 4,7 \text{ кОм.}$

д) коэффициент передачи по напряжению

$$K_H \geq \frac{U_{cm.min}}{U_H} \cdot \frac{h_{21Э3min} R_K}{h_{11Э3} + h_{21Э3min}(r_{Э3} + r_{диф})} = \frac{7,65}{12,6} \cdot \frac{25 \cdot 10^3}{10^3 + 25(50 + 18)} = 5,9;$$

где

$$R_H = \frac{U_{вблх.у}}{I_{вблх.у}} = \frac{15,1}{0,7 \cdot 10^{-3}} \approx 22 \text{ кОм;}$$

$$R_K = \frac{R_1 R_H}{R_1 + R_H} = \frac{1,1 \cdot 10^3 \cdot 22 \cdot 10^3}{1,1 \cdot 10^3 + 22 \cdot 10^3} \approx 1 \text{ кОм;}$$

е) для повышения устойчивости КСН выбираем  $C_{oc} = 0,1 \text{ мкФ.}$

Ёмкостное сопротивление на частоте 100 Гц равно

$$X_C = \frac{1}{2\pi f C_{oc}} = \frac{1}{6,3 \cdot 100 \cdot 0,1 \cdot 10^{-6}} = 16 \text{ кОм.}$$

Это сопротивление, образующее отрицательную обратную связь по переменному напряжению, уменьшает коэффициент передачи  $K_H$  цепи обратной связи на частоте 100 Гц не более чем в 2 раза, т.е.  $K_{H\sim} \approx 3$ .

7. Определим значение  $K_{cm}$ ,  $r_H$ ,  $U_{H\sim}$  и  $\Delta E_{дон}$  (принимаем  $r_0 = 2 \text{ Ом}$ )

$$K_{cm} = K_H \mu_{T22} \frac{U_H}{U_{II}} = 5,9 \cdot 120 \frac{12,6}{16,3} = 550 > 500;$$

$$r_H = \frac{r_{iT} + r_0}{\mu_{T22} K_H} = \frac{425 + 2}{120 \cdot 5,9} = 0,6 \text{ Ом} < 0,7 \text{ Ом;}$$

$$U_{H\sim} = \frac{U_{II\sim}}{\mu_{T22} K_{H\sim}} = \frac{0,15}{3 \cdot 120} = 0,42 \text{ мВ} < 3 \text{ мВ;}$$

$$\Delta E_{дон} = \delta U_{Hдон} K_H = 0,05 \cdot 5,9 = 0,295 \text{ В.}$$

8. Определяем температурную нестабильность выходного напряжения КСН, учитывая  $\alpha_n = 1,8 \text{ мВ}/^\circ\text{С}$ ,  $\alpha_{n.T} = -2 \text{ мВ}/^\circ\text{С}$ ,  $\alpha_{n.\partial} = -1 \text{ мВ}/^\circ\text{С}$ .

$$\begin{aligned}\delta U_{n.T+} &= \frac{U_n + \Delta U_n}{U_{cm.min}} (\pm \alpha_n \pm \alpha_{n.T} \pm \alpha_{n.\partial}) (T_{cmax} - T_0) = \\ &= \frac{12,6+1}{7,65} (1,8 - 2 - 1) (60 - 20) = -2,13 \cdot 10^{-3} \cdot 40 = -85 \text{ мВ} < 120 \text{ мВ};\end{aligned}$$

$$\delta U_{n.T} = 2,13 \cdot 10^{-3} (T_c + T_{cmin}) = 2,13 \cdot 10^{-3} (20 + 10) = 64 \text{ мВ} < 120 \text{ мВ},$$

где  $\alpha_{n.\partial}$  – общий температурный коэффициент резисторов  $R_P$ ,  $R_4$ ,  $R_3$  делителя напряжения.

Знак «минус» в полученном результате для  $\delta U_{n.T+}$  означает уменьшение выходного напряжения с повышением температуры.

9. Вычисляем

$$R_2 = \frac{U_n - \Delta U_n}{I_{KB02}} = \frac{12,6 - 1}{0,4 \cdot 10^{-3}} \approx 30 \text{ кОм}.$$

10. Определяем номинальное и минимальное значение КПД стабилизатора:

$$\eta = \frac{U_n I_n}{U_{II} I_n + P_{c.y}} = \frac{12,6 \cdot 0,7}{16,3 \cdot 0,7 + 0,083} = 0,77;$$

$$\eta_{min} = \frac{(U_n - \Delta U_n) I_{nmax}}{U_{II max} I_{nmax} + P_{c.y}} = \frac{(12,6 - 1) \cdot 1}{18,1 \cdot 1 + 0,083} = 0,64,$$

где

$$\begin{aligned}P_{c.y} &\approx (E_{дон} + U_n) (I_{B1} + I_{K3}) + U_n (I_{KB02} + I_{cm.min} - I_{K3} + I_{дел}) = \\ &= (5,45 + 12,6) (0,7 + 2,8) \cdot 10^{-3} + 12,6 (0,4 + 3 - 2,8 + 1) \cdot 10^{-3} \approx 83 \text{ мВт}\end{aligned}$$

– потребляемая схемой управления мощность.

### Список литературы:

1. Белопольский И.И., Гейман Г.В., Краус Л.А. и др. Проектирование источников электропитания радиоаппаратуры. – М.: Энергия, 1967. – 304 с.
2. Белопольский И.И., Репин А.М. Христианов А.С. Стабилизаторы низких и милливольтных напряжений. – М.: Энергия, 1974. – 159 с.
3. Источники электропитания радиоэлектронной аппаратуры: Справочник / Г.С. Найвельт, К.Б. Мазель, Ч.И. Хусаинов и др. / Под ред. Г.С. Найвельта. – М.: Радио и связь, 1986. – 576 с., ил.
4. Источники вторичного электропитания / С.С. Букреев, В.А. Головацкий, Г.Н. Гулякевич и др. Под ред. Ю.И. Конева. – М.: Радио и связь, 1983. – 280 с.
5. Полупроводниковые приборы: транзисторы. Справочник / В.Л. Аронов, А.В. Баюков, А.А. Зайцев и др. Под общ. Ред. Н.Н. Горюнова. – 2-е изд., перераб. – М.: Энергоатомиздат, 1985. – 904 с.
6. Справочник по полупроводниковым диодам и транзисторам. под ред. Н.Н. Горюнова, М.: Энергия, 1964. – 528 с.
7. Транзисторы / А.А. Чернышев, В.И. Иванов, В.Д. Галахов и др. / Под общей ред. А.А. Чернышева. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергия, 1980. – 144 с.
8. Транзисторы для аппаратуры широкого применения. Справочник / К.М. Брежнева, Е.И. Гантман, Т.И. Давыдова и др. / Под ред. Б.Л. Перельмана. – М.: Радио и связь, 1981. – 656 с.
9. Цыкин Г.С. Электронные усилители, М.: Связь, 1965. – 513 с.

# ПРИЛОЖЕНИЯ

## ПРИЛОЖЕНИЕ П2

Таблица П2-1

### Параметры полупроводниковых приборов (элементов)

| Тип диода         | Электрические параметры при $t_{amb} = +20 \pm 5^\circ \text{C}$ |                                                   |                                                     |                                                                |
|-------------------|------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|
|                   | Наибольшая амплитуда обратного напряжения, в                     | Наибольший выпрямленный ток (среднее значение), а | Обратный ток при наибольшем обратном напряжении, ма | Падение напряжения в прямом направлении при наибольшем токе, в |
| Германиевые диоды |                                                                  |                                                   |                                                     |                                                                |
| Д7А               | 60                                                               | 0,3                                               | 0,3                                                 | 0,5                                                            |
| Д7Б               | 100                                                              | 0,3                                               | 0,3                                                 | 0,5                                                            |
| Д7В               | 150                                                              | 0,3                                               | 0,3                                                 | 0,5                                                            |
| Д7Г               | 200                                                              | 0,3                                               | 0,3                                                 | 0,5                                                            |
| Д7Д               | 300                                                              | 0,3                                               | 0,3                                                 | 0,5                                                            |
| Д7Е               | 350                                                              | 0,3                                               | 0,3                                                 | 0,5                                                            |
| Д7Ж               | 400                                                              | 0,3                                               | 0,3                                                 | 0,5                                                            |
| Д7И               | 200                                                              | 1                                                 | 1                                                   | 0,25                                                           |
| Д7К               | 150                                                              | 3                                                 | 1                                                   | 0,3                                                            |
| Д7Л               | 100                                                              | 5                                                 | 3                                                   | 0,3                                                            |
| Д7М               | 50                                                               | 10                                                | 3                                                   | 0,35                                                           |
| Кремниевые диоды  |                                                                  |                                                   |                                                     |                                                                |
| Д217              | 200                                                              | 0,1                                               | 0,05                                                | 0,7                                                            |
| Д218              | 1 000                                                            | 0,1                                               | 0,05                                                | 0,7                                                            |
| МД220             | 400                                                              | 0,3                                               | 0,05                                                | 1,0                                                            |
| МД223А            | 300                                                              | 0,3                                               | 0,05                                                | 1,0                                                            |
| Д220А             | 200                                                              | 0,4                                               | 0,05                                                | 1,0                                                            |
| Д220Б             | 400                                                              | 0,4                                               | 0,05                                                | 1,0                                                            |
| Д230А             | 200                                                              | 0,3                                               | 0,05                                                | 1,0                                                            |
| Д230Б             | 400                                                              | 0,3                                               | 0,05                                                | 1,0                                                            |
| Д231А, Д231АП     | 300                                                              | 10                                                | 3                                                   | 1,0                                                            |
| Д231Б, Д231БП     | 300                                                              | 5                                                 | 3                                                   | 1,5                                                            |
| Д237А             | 200                                                              | 0,3                                               | 0,05                                                | 1,0                                                            |
| Д237Б             | 400                                                              | 0,3                                               | 0,05                                                | 1,0                                                            |
| Д237В             | 600                                                              | 0,1                                               | 0,05                                                | 1,0                                                            |
| Д238А, Д238АП*    | 400                                                              | 10                                                | 3                                                   | 1,0                                                            |
| Д237Б, Д237БП     | 400                                                              | 5                                                 | 3                                                   | 1,5                                                            |
| Д233, Д233П       | 500                                                              | 10                                                | 3                                                   | 1,0                                                            |
| Д233Б, Д233БП     | 500                                                              | 5                                                 | 3                                                   | 1,5                                                            |
| Д234Б, Д234БП     | 600                                                              | 5                                                 | 3                                                   | 1,5                                                            |
| Д242, Д242П       | 100                                                              | 5                                                 | 3                                                   | 1,0                                                            |
| Д242А, Д242АП     | 100                                                              | 10                                                | 3                                                   | 1,0                                                            |
| Д242Б, Д242БП     | 100                                                              | 2                                                 | 3                                                   | 1,0                                                            |
| Д243, Д243П       | 200                                                              | 5                                                 | 3                                                   | 1,0                                                            |
| Д243А, Д243АП     | 200                                                              | 10                                                | 3                                                   | 1,0                                                            |
| Д243Б, Д243БП     | 200                                                              | 2                                                 | 3                                                   | 1,0                                                            |
| Д244, Д244П       | 50                                                               | 5                                                 | 3                                                   | 1,0                                                            |
| Д244А, Д244АП     | 50                                                               | 10                                                | 3                                                   | 1,0                                                            |
| Д244Б, Д244БП     | 50                                                               | 2                                                 | 3                                                   | 1,0                                                            |
| 2Д201А, 2Д201АП   | 100                                                              | 5                                                 | 3                                                   | 1,0                                                            |
| 2Д201Б, 2Д201БП   | 100                                                              | 10                                                | 3                                                   | 1,0                                                            |
| 2Д201В, 2Д201ВП   | 200                                                              | 5                                                 | 3                                                   | 1,0                                                            |
| 2Д201Г, 2Д201ГП   | 200                                                              | 10                                                | 3                                                   | 1,0                                                            |
| Д1004             | 2 000                                                            | 0,1                                               | 0,1                                                 | 4,0                                                            |
| Д1005А            | 4 000                                                            | 0,05                                              | 0,1                                                 | 4,0                                                            |
| Д1006Б            | 4 000                                                            | 0,1                                               | 0,1                                                 | 6,0                                                            |
| Д1006             | 6 000                                                            | 0,1                                               | 0,1                                                 | 6,0                                                            |
| Д1007             | 8 000                                                            | 0,075                                             | 0,1                                                 | 6,0                                                            |
| Д1008             | 10 000                                                           | 0,05                                              | 0,1                                                 | 6,0                                                            |
| Д1009             | 2 000                                                            | 0,1                                               | 0,1                                                 | 7,0                                                            |
| Д1009А            | 1 000×2                                                          | 0,1×2                                             | 0,1                                                 | 3,5                                                            |
| Д1010             | 2 000                                                            | 0,3                                               | 0,1                                                 | 11                                                             |

\* Диоды с буквой „П“ имеют обратную полярность.

Таблица П2-2

Параметры германиевых транзисторов, используемых  
в полупроводниковых стабилизаторах напряжения

| Тип тран-<br>зистора | Электрические параметры при $t_{\text{окр}} = +20 \pm 5^\circ \text{C}$ |                                 |                                                          |                                     |                                                    |                                                                    | Обратный ток<br>коллектора, мА | Обратный ток коллектора,<br>мА, при температуре $+70^\circ \text{C}$ |
|----------------------|-------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|----------------------------------------------------------|-------------------------------------|----------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|--------------------------------|----------------------------------------------------------------------|
|                      | Наибольшее напряжение<br>коллектор — эмиттер, В                         | Наибольший ток<br>коллектора, А | Наибольшая<br>мощность,<br>рассеиваемая<br>прибором, мВт |                                     | Коэффициент усиления<br>по току $\beta$ , не менее | Тепловое сопротивление<br>транзистора $R_{\text{т.к}}$ ,<br>град/м |                                |                                                                      |
|                      |                                                                         |                                 | без дополни-<br>тельного<br>радиатора                    | с дополни-<br>тельным<br>радиатором |                                                    |                                                                    |                                |                                                                      |
| МП10А                | 30                                                                      | 0,02                            | 0,15                                                     | —                                   | 15                                                 | 200                                                                | 0,03                           | 0,25                                                                 |
| МП14                 | 20                                                                      | 0,02                            | 0,15                                                     | —                                   | 20                                                 | 200                                                                | 0,03                           | 0,1                                                                  |
| МП15                 | 15                                                                      | 0,02                            | 0,15                                                     | —                                   | 30                                                 | 200                                                                | 0,03                           | 0,1                                                                  |
| МП15А                | 15                                                                      | 0,02                            | 0,15                                                     | —                                   | 50                                                 | 200                                                                | 0,03                           | 0,1                                                                  |
| П16                  | 15                                                                      | 0,05                            | 0,2                                                      | —                                   | 20                                                 | 200                                                                | 0,05                           | 0,3                                                                  |
| П20                  | 30                                                                      | 0,05                            | 0,15                                                     | —                                   | 50                                                 | 330                                                                | 0,05                           | 0,3                                                                  |
| П21                  | 35                                                                      | 0,05                            | 0,15                                                     | —                                   | 20                                                 | 330                                                                | 0,05                           | 0,3                                                                  |
| МП25                 | 60                                                                      | 0,02                            | 0,2                                                      | —                                   | 10                                                 | 200                                                                | 0,15                           | 0,6                                                                  |
| МП25А                | 60                                                                      | 0,02                            | 0,2                                                      | —                                   | 20                                                 | 200                                                                | 0,15                           | 0,6                                                                  |
| МП26                 | 100                                                                     | 0,02                            | 0,2                                                      | —                                   | 10                                                 | 200                                                                | 0,15                           | 0,6                                                                  |
| МП26А                | 100                                                                     | 0,02                            | 0,2                                                      | —                                   | 20                                                 | 200                                                                | 0,15                           | 0,6                                                                  |
| П210                 | 65                                                                      | 12                              | 1,5                                                      | 60                                  | 15                                                 | 1                                                                  | 8                              | 40                                                                   |
| П210А                | 65                                                                      | 12                              | 1,5                                                      | 60                                  | 20                                                 | 1                                                                  | 8                              | 40                                                                   |
| П213                 | 30                                                                      | 5                               | —                                                        | 11,5                                | 20                                                 | 3,5                                                                | 0,15                           | 2                                                                    |
| П214                 | 45                                                                      | 5                               | —                                                        | 10                                  | 20                                                 | 4                                                                  | 0,3                            | 2,5                                                                  |
| П215                 | 60                                                                      | 5                               | —                                                        | 10                                  | 20                                                 | 4                                                                  | 0,3                            | 2,5                                                                  |
| П216                 | 30                                                                      | 7,5                             | —                                                        | 30                                  | 18                                                 | 2                                                                  | 0,5                            | 4,5                                                                  |
| П217                 | 45                                                                      | 7,5                             | —                                                        | 30                                  | 15                                                 | 2                                                                  | 0,5                            | 5                                                                    |
| 1Т308А               | 15                                                                      | 0,05                            | 0,15                                                     | —                                   | 15                                                 | 250                                                                | 0,001                          | 0,09                                                                 |
| 1Т403А               | 30                                                                      | 1,25                            | 0,6                                                      | 1                                   | 20                                                 | 15*                                                                | 0,05                           | 0,8                                                                  |
| 1Т403В               | 45                                                                      | 1,25                            | 0,6                                                      | 1                                   | 20                                                 | 12*                                                                | 0,05                           | 0,8                                                                  |
| 1Т403Д               | 45                                                                      | 1,25                            | 0,6                                                      | 1                                   | 50                                                 | 15*                                                                | 0,05                           | 0,8                                                                  |
| 1Т403И               | 60                                                                      | 1,25                            | 0,6                                                      | 1                                   | 50                                                 | 15*                                                                | 0,07                           | 0,8                                                                  |
| П605                 | 45                                                                      | 1,0                             | 0,5                                                      | 3                                   | 20                                                 | 30                                                                 | 2                              | 8                                                                    |
| П608                 | 15                                                                      | 0,2                             | —                                                        | 1,5                                 | 20                                                 | 30                                                                 | 0,1                            | 2                                                                    |

\* Тепловое сопротивление  $R_{\text{т.к}}$  между переходом и теплоотводом; без теплоот-  
вода  $R_{\text{т.к}} = 100 \text{ град/м}$ .

Таблица П2-3

**Параметры кремниевых транзисторов, используемых  
в полупроводниковых стабилизаторах напряжения**

| Тип тран-<br>зистора | Электрические параметры при $t_{amb} = +20 \pm 5^\circ \text{C}$ |                                 |                                                          |                                     |                                                    |                                                                         |                                | Обратный ток коллектора,<br>мА, при температуре $+120^\circ \text{C}$ |
|----------------------|------------------------------------------------------------------|---------------------------------|----------------------------------------------------------|-------------------------------------|----------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|
|                      | Наибольшее напряжение<br>коллектор — эмиттер, В                  | Наибольший ток<br>коллектора, А | Наибольшая<br>мощность,<br>рассеиваемая<br>прибором, мВт |                                     | Коэффициент усиления<br>по току $\beta$ , не менее | Температурное сопротивление<br>транзистора $R_{\text{тп}}$ ,<br>град/мА | Обратный ток<br>коллектора, мА |                                                                       |
|                      |                                                                  |                                 | без дополни-<br>тельного<br>радиатора                    | с дополни-<br>тельным<br>радиатором |                                                    |                                                                         |                                |                                                                       |
| МП101                | 20                                                               | 0,02                            | 0,15                                                     | —                                   | 10                                                 | 500                                                                     | 0,001                          | 0,03                                                                  |
| МП102                | 10                                                               | 0,02                            | 0,15                                                     | —                                   | 15                                                 | 500                                                                     | 0,001                          | 0,03                                                                  |
| МП104                | 60                                                               | 0,01                            | 0,15                                                     | —                                   | 9                                                  | 500                                                                     | 0,001                          | 0,4                                                                   |
| МП105                | 30                                                               | 0,01                            | 0,15                                                     | —                                   | 9                                                  | 500                                                                     | 0,001                          | 0,4                                                                   |
| П306                 | 60                                                               | 0,4                             | —                                                        | 10                                  | 7                                                  | 10                                                                      | 0,1                            | 1,5                                                                   |
| П306А                | 80                                                               | 0,4                             | —                                                        | 10                                  | 5                                                  | 10                                                                      | 0,1                            | 1,5                                                                   |
| П307                 | 80                                                               | 0,03                            | 0,25                                                     | —                                   | 16                                                 | 500                                                                     | 0,003                          | 0,1                                                                   |
| П308                 | 120                                                              | 0,015                           | 0,25                                                     | —                                   | 16                                                 | 500                                                                     | 0,0035                         | 0,1                                                                   |
| П504                 | 30                                                               | 0,01                            | 0,15                                                     | —                                   | 10                                                 | 600                                                                     | 0,002                          | 0,15                                                                  |
| П504А                | 30                                                               | 0,01                            | 0,15                                                     | —                                   | 25                                                 | 600                                                                     | 0,002                          | 0,15                                                                  |
| П701А                | 60                                                               | 0,5                             | 1                                                        | 10                                  | 10                                                 | 10                                                                      | 0,1                            | 0,2                                                                   |
| П702                 | 60                                                               | 2                               | 4                                                        | 40                                  | 25                                                 | 2,5                                                                     | 5                              | 10                                                                    |
| П702А                | 60                                                               | 2                               | 4                                                        | 40                                  | 10                                                 | 2,5                                                                     | 2,5                            | 5                                                                     |
| 2Т301В               | 30                                                               | 0,01                            | 0,15                                                     | —                                   | 20                                                 | 600                                                                     | 0,04                           | 0,1                                                                   |
| КТ802А               | 150                                                              | 5                               | —                                                        | 50                                  | 15                                                 | 2,5                                                                     | 60                             | —                                                                     |
| КТ801А               | 80                                                               | 2                               | —                                                        | 5                                   | 17                                                 | 20                                                                      | 10                             | —                                                                     |

Таблица П2-4

**Параметры кремниевых стабилитронов**

| Тип стабилитрона | Электрические данные при $t_{amb} = +20 \pm 5^\circ \text{C}$ |                                            |                                                      |                                                              |  | Мощность,<br>рассеива-<br>емая при-<br>бором,<br>$P_{\text{доп}}$ , мВт |
|------------------|---------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|--|-------------------------------------------------------------------------|
|                  | Напряжение<br>стабилизации<br>$U_{\text{ст}}$ , В             | Ток стабили-<br>зации $I_{\text{ст}}$ , мА | Динамическое<br>сопротивление<br>$R_{\text{д}}$ , Ом | Температурный<br>коэффициент<br>напряжения<br>(ТКН), мВ/град |  |                                                                         |
| 2С156А           | 5,05—6,16                                                     | 3—55                                       | 38                                                   | +2,8                                                         |  | 300                                                                     |
| 2С168А           | 6,1—7,5                                                       | 3—45                                       | 19                                                   | +4,1                                                         |  | 300                                                                     |
| Д808 (Д814А)     | 7—8,5                                                         | 1—33 (1—40)                                | 6                                                    | +6                                                           |  | 280 (340)                                                               |
| Д809 (Д814Б)     | 8—9,5                                                         | 1—29 (1—36)                                | 10                                                   | +7,6                                                         |  | 280 (340)                                                               |
| Д810 (Д814В)     | 9—10,5                                                        | 1—26 (1—32)                                | 12                                                   | +9,5                                                         |  | 280 (340)                                                               |
| Д811 (Д814Г)     | 10—12                                                         | 1—23 (1—29)                                | 15                                                   | +11,4                                                        |  | 280 (340)                                                               |

Продолжение табл. П2-4

| Тип стабилизатора | Электрические данные при $t_{\text{окр}} = +20 \pm 5^\circ \text{C}$ |                                             |                                                      |                                                                        |                                                                 |
|-------------------|----------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------|------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|
|                   | Напряжение стабилизации $U_{\text{ст}}, \text{В}$                    | Ток стабилизации $I_{\text{ст}}, \text{мА}$ | Динамическое сопротивление $R_{\text{д}}, \text{Ом}$ | Температурный коэффициент напряжения (ТКН), $\text{мВ}/^\circ\text{C}$ | Мощность, рассеиваемая при работе, $P_{\text{дiss}}, \text{Вт}$ |
| Д813 (Д814Д)      | 11,5—14                                                              | 1—20 (1—24)                                 | 18                                                   | +13,3                                                                  | 280 (340)                                                       |
| Д815А, Д815АП**   | 5,05—6,15                                                            | 50—1300                                     | 0,6                                                  | +2,8                                                                   | 8000                                                            |
| Д815Б, Д815БП     | 6,1—7,5                                                              | 50—1060                                     | 0,8                                                  | +3,75                                                                  | 8000                                                            |
| Д815В, Д815ВП     | 7,38—9,03                                                            | 50—800                                      | 1,0                                                  | +6,3                                                                   | 8000                                                            |
| Д815Г, Д815ГП     | 9—11                                                                 | 25—720                                      | 1,8                                                  | +8,8                                                                   | 8000                                                            |
| Д815Д, Д815ДП     | 10,8—13,2                                                            | 25—600                                      | 2,0                                                  | +11,9                                                                  | 8000                                                            |
| Д815Е, Д815ЕП     | 13,5—16,5                                                            | 25—480                                      | 2,5                                                  | +16,5                                                                  | 8000                                                            |
| Д815Ж, Д815ЖП     | 16,2—19,8                                                            | 25—400                                      | 3,0                                                  | +22                                                                    | 8000                                                            |
| Д816А, Д816АП     | 19,8—24,2                                                            | 10—200                                      | 7,0                                                  | +29                                                                    | 5000                                                            |
| Д816Б, Д816БП     | 22,6—26,4                                                            | 10—190                                      | 8,0                                                  | +32                                                                    | 5000                                                            |
| Д816В, Д816ВП     | 29,7—36,3                                                            | 10—140                                      | 10                                                   | +43,5                                                                  | 5000                                                            |
| Д816Г, Д816ГП     | 35,1—42,9                                                            | 10—115                                      | 12                                                   | +51,5                                                                  | 5000                                                            |
| Д816Д, Д816ДП     | 42,3—51,7                                                            | 10—97                                       | 15                                                   | +62                                                                    | 5000                                                            |
| Д817А, Д817АП     | 50,4—61,6                                                            | 5—81                                        | 35                                                   | +86                                                                    | 5000                                                            |
| Д817Б, Д817БП     | 62,2—74,8                                                            | 5—67                                        | 40                                                   | +105                                                                   | 5000                                                            |
| Д817В, Д817ВП     | 74—90                                                                | 5—55                                        | 45                                                   | +126                                                                   | 5000                                                            |
| Д817Г, Д817ГП     | 90—110                                                               | 5—45                                        | 50                                                   | +154                                                                   | 5000                                                            |
| Д818А             | 9—10,35                                                              | 3—33                                        | 18                                                   | +1,8                                                                   | 300                                                             |
| Д818Б             | 7,65—9                                                               | 3—33                                        | 18                                                   | —1,8                                                                   | 300                                                             |
| Д818В             | 8,1—9,9                                                              | 3—33                                        | 18                                                   | +0,9                                                                   | 300                                                             |
| Д818Г             | 8,55—9,45                                                            | 3—33                                        | 18                                                   | +0,45                                                                  | 300                                                             |
| Д818Д             | 8,55—9,45                                                            | 3—33                                        | 18                                                   | +0,18                                                                  | 300                                                             |
| Д818Е             | 8,55—9,45                                                            | 3—33                                        | 18                                                   | +0,09                                                                  | 300                                                             |
| 2С920А, 2С920АП   | 108—132                                                              | 5—42                                        | 100                                                  | +192                                                                   | 5000                                                            |
| 2С930А, 2С930АП   | 117—143                                                              | 5—38                                        | 120                                                  | +208                                                                   | 5000                                                            |
| 2С950А, 2С950АП   | 135—165                                                              | 2,5—33                                      | 170                                                  | +240                                                                   | 5000                                                            |
| 2С980А, 2С980АП   | 162—198                                                              | 2,5—28                                      | 220                                                  | +288                                                                   | 5000                                                            |

\* Динамическое сопротивление указано при токах стабилизации: 5 мА — для 2С156А, 2С168А, Д818В—Д818Г; 10 мА — для Д818Д; 100 мА — для Д813А—В; 500 мА — для Д815Г—Ж; 150 мА — для Д816; 50 мА — для Д817, 2С930 и 2С950; 25 мА — для 2С950, 2С980.

\*\* Стабилизаторы с буквой „П“ имеют обратную полярность.

Таблица П2-5

**Схема построения обозначения  
типа селенового выпрямителя**

| Размер элементов<br>(см. табл. П2-6) | Класс элемента<br>(табл. П2-7) | Вид выпрямителя<br>(табл. П2-8) | Общее число элементов в выпрямителе | Условное обозначение серии выпрямителя | Количество элементов, включенных параллельно |
|--------------------------------------|--------------------------------|---------------------------------|-------------------------------------|----------------------------------------|----------------------------------------------|
| 140                                  | В                              | Т                               | 18                                  | А                                      | 3                                            |

Таблица П2-6

| Условное обозначение                 | 15    | 25    | 30    | 40    | 60    |
|--------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Размеры выпрямительных элементов, мм | 15×15 | 22×22 | 30×30 | 40×40 | 60×60 |
| Активная площадь, см <sup>2</sup>    | 1,2   | 3,4   | 7,2   | 12,4  | 27,9  |
| Номинальный ток, а.                  | 0,04  | 0,08  | 0,15  | 0,3   | 0,6   |

| Условное обозначение                 | 75    | 100     | 120     | 130     | 140     |
|--------------------------------------|-------|---------|---------|---------|---------|
| Размеры выпрямительных элементов, мм | 75×75 | 100×100 | 100×120 | 100×130 | 100×140 |
| Активная площадь, см <sup>2</sup>    | 46,9  | 86,8    | 175,4   | 266     | 360     |
| Номинальный ток, а.                  | 1,2   | 2,0     | 4,0     | 6,0     | 8,0     |

Таблица П2-7

| Класс элемента                                        | в                            | г  | д  | е              | н  | к  |
|-------------------------------------------------------|------------------------------|----|----|----------------|----|----|
| Допустимое обратное напряжение, в (действ.) . . . . . | 20                           | 25 | 30 | 35             | 40 | 45 |
| Серия элементов                                       | А<br>0,46—0,6                |    |    | Т<br>0,56—0,75 |    |    |
|                                                       | Прямое падение напряжения, в |    |    |                |    |    |

Таблица П2-8

| Вид выпрямителя      | Двух-<br>фазный<br>выпрямитель | Выпрямитель со<br>средней<br>точкой | Однофазный<br>мост | Трехфазный<br>мост |
|----------------------|--------------------------------|-------------------------------------|--------------------|--------------------|
| Условное обозначение | Д                              | С                                   | М                  | Т                  |
| Электрическая схема  |                                |                                     |                    |                    |

# ПРИЛОЖЕНИЕ ПЗ

Таблица ПЗ-1

## Конденсаторы электродитические типа К50-3Б

| Номинальное напряжение, В | Номинальная емкость, мкФ              | Допустимое амплитудное значение переменной составляющей, % от номинального напряжения* |       |       |         |         |
|---------------------------|---------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|-------|-------|---------|---------|
|                           |                                       | 50 В                                                                                   | 100 В | 400 В | 1 000 В | 2 400 В |
| 6                         | 50, 100<br>200, 500, 1 000            | 10                                                                                     | 7,7   | 3,5   | 2,2     | 0,2     |
|                           |                                       | 6                                                                                      | 4,2   | 2,1   | 1,3     | 0,12    |
| 12                        | 20, 50, 100<br>200, 500, 1 000, 2 000 | 10                                                                                     | 7,7   | 3,5   | 2,2     | 0,2     |
|                           |                                       | 6                                                                                      | 4,2   | 2,1   | 1,3     | 0,12    |
| 25                        | 10, 20<br>50, 100<br>200, 500, 1 000  | 15                                                                                     | 10,5  | 5,3   | 3,3     | 0,3     |
|                           |                                       | 10                                                                                     | 7,7   | 3,5   | 2,2     | 0,2     |
|                           |                                       | 6                                                                                      | 4,2   | 2,1   | 1,3     | 0,12    |
| 50                        | 10, 20<br>50, 100<br>200              | 15                                                                                     | 10,5  | 5,3   | 3,3     | 0,3     |
|                           |                                       | 10                                                                                     | 7,7   | 3,5   | 2,2     | 0,2     |
|                           |                                       | 6                                                                                      | 4,2   | 2,1   | 1,3     | 0,12    |
| 100                       | 10, 20<br>50, 100, 200                | 10                                                                                     | 7,7   | 3,5   | 2,2     | 0,2     |
|                           |                                       | 6                                                                                      | 4,2   | 2,1   | 1,3     | 0,12    |
| 160                       | 2, 5, 10, 20<br>50, 200               | 10                                                                                     | 7,7   | 3,5   | 2,2     | 0,2     |
|                           |                                       | 6                                                                                      | 4,2   | 2,1   | 1,3     | 0,12    |
| 250                       | 20, 50                                | 6                                                                                      | 4,2   | 2,1   | 1,3     | 0,12    |
| 300                       | 5, 10, 20<br>50                       | 10                                                                                     | 7,7   | 3,5   | 2,2     | 0,2     |
|                           |                                       | 6                                                                                      | 4,2   | 2,1   | 1,3     | 0,12    |
| 350                       | 2, 5, 10, 20                          | 10                                                                                     | 7,7   | 3,5   | 2,2     | 0,2     |
| 450                       | 2, 5, 10, 20                          | 10                                                                                     | 7,7   | 3,5   | 2,2     | 0,2     |

\* Сумма амплитудных значений переменной и постоянной составляющих напряжения не должна превышать номинального напряжения.

Таблица ПЗ-2

## Основные параметры металлобумажных конденсаторов

| Тип  | Номинальное напряжение, В | Номинальная емкость, мкФ | Допустимое значение переменной составляющей, % номинального напряжения* |       |       |         |         |
|------|---------------------------|--------------------------|-------------------------------------------------------------------------|-------|-------|---------|---------|
|      |                           |                          | 50 В                                                                    | 100 В | 400 В | 1 000 В | 5 000 В |
| МБГО | 160                       | 2; 4; 10; 20; 30         | 20                                                                      | 15    | 10    | 5       | 3       |
|      | 300                       | 1; 2; 4; 10; 20; 30      |                                                                         |       |       |         |         |
|      | 400                       | 1; 2; 4; 10; 20          |                                                                         |       |       |         |         |
|      | 500                       | 0,5; 1; 2; 4; 10; 20     |                                                                         |       |       |         |         |
|      | 600                       | 0,25; 0,5; 1; 2; 4; 10   |                                                                         |       |       |         |         |
| ОМБГ | 200                       | 4; 10; 15; 25            | 20                                                                      | 15    | 10    | 5       | 3       |
|      | 400                       | 1; 2; 4; 10              |                                                                         |       |       |         |         |
|      | 600                       | 1; 2; 4                  |                                                                         |       |       |         |         |

Продолжение табл. ПЗ-2

| Тип  | Номиналь-<br>ное напря-<br>жение, В | Номинальная<br>емкость, мкФ | Допустимое значение переменный<br>составляющей, % от номинального<br>напряжения* |       |       |         |         |
|------|-------------------------------------|-----------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|-------|-------|---------|---------|
|      |                                     |                             | 50 В                                                                             | 100 В | 400 В | 1 000 В | 3 000 В |
| ОМБГ | 1 000                               | 0,5; 1; 2                   | 20                                                                               | 15    | 10    | 5       | 3       |
|      | 1 500                               | 0,25; 0,5; 1; 2             |                                                                                  |       |       |         |         |
| МБГЧ | 250                                 | 0,6; 1; 2; 4; 10            | 100                                                                              | 75    | 35    | 20      | 4       |
|      | 500                                 | 0,25; 0,3; 1; 2; 4          |                                                                                  |       |       |         |         |
|      | 750                                 | 0,25; 0,5; 1; 2             |                                                                                  |       |       |         |         |
|      | 1 000                               | 0,25; 0,5; 1                |                                                                                  |       |       |         |         |
| МБМ  | 100                                 | 0,05; 0,1; 0,25; 0,5; 1     | 20                                                                               | 15    | 10    | 5       | 2       |
|      | 250                                 | 0,05; 0,1; 0,25; 0,5; 1     |                                                                                  |       |       |         |         |
|      | 500                                 | 0,025; 0,05; 0,1; 0,25      |                                                                                  |       |       |         |         |
|      | 750                                 | 0,01; 0,025; 0,05; 0,1      |                                                                                  |       |       |         |         |
|      | 1 000                               | 0,01; 0,025; 0,05; 0,1      |                                                                                  |       |       |         |         |
|      | 1 500                               | 0,005; 0,01; 0,025          |                                                                                  |       |       |         |         |

\* Для всех типов конденсаторов сумма амплитудных значений переменной и постоянной составляющих напряжения не должна превышать номинального напряжения.

Таблица ПЗ-3

## Конденсаторы оксидно-полупроводниковые типа К53-1

| Номинальное<br>напряжение, В | Номинальная емкость, мкФ                                                            | Допустимое амплитудное значение<br>переменной составляющей,<br>% от номинального напряжения* |       |         |         |          |          |
|------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|-------|---------|---------|----------|----------|
|                              |                                                                                     | 50 В                                                                                         | 100 В | 1 000 В | 5 000 В | 10 000 В | 20 000 В |
| 6                            | 0,1; 0,15; 0,22; 0,33; 0,47;<br>0,68                                                | 40                                                                                           | 10    | 7       | 2,5     | 1,6      | 1,1      |
|                              | 1; 3,3; 4,7; 6,8; 10; 15; 22;<br>33; 47; 68; 100                                    | 20                                                                                           | 5     | 3,5     | 1,25    | 0,8      | 0,5      |
| 10                           | 0,1; 0,15; 0,22; 0,33; 0,47;<br>0,68                                                | 40                                                                                           | 10    | 7       | 2,5     | 1,6      | 1,1      |
|                              | 0,068; 0,1; 0,15; 0,22; 0,33;<br>0,47                                               | 40                                                                                           | 10    | 7       | 2,5     | 1,6      | 1,1      |
| 15                           | 2,2; 3,3; 4,7; 6,8; 10; 15;<br>22; 33; 47; 68                                       | 20                                                                                           | 5     | 3,5     | 1,25    | 0,8      | 0,5      |
|                              | 0,047; 0,068; 0,1; 0,15; 0,22;<br>1; 1,5; 2,2; 3,3; 4,7; 6,8;<br>10; 15; 22; 33; 47 | 20                                                                                           | 5     | 3,5     | 1,25    | 0,8      | 0,5      |
| 20                           | 0,047; 0,068; 0,1; 0,15; 0,22;<br>1; 1,5; 2,2; 3,3; 4,7; 6,8;<br>10; 15; 22; 33; 47 | 20                                                                                           | 5     | 3,5     | 1,25    | 0,8      | 0,5      |
|                              | 0,033; 0,047; 0,068; 0,1;<br>0,15                                                   | 40                                                                                           | 10    | 7       | 2,5     | 1,6      | 1,1      |
| 30                           | 1; 1,5; 2,2; 3,3; 4,7; 6,8;<br>10; 15; 22; 33                                       | 20                                                                                           | 5     | 3,5     | 1,25    | 0,8      | 0,5      |
|                              | 0,033; 0,047; 0,068; 0,1;<br>0,15                                                   | 40                                                                                           | 10    | 7       | 2,5     | 1,6      | 1,1      |

\* Сумма амплитудных значений переменной и постоянной составляющих напряжения не должна превышать номинального напряжения.

# ПРИЛОЖЕНИЕ П4

Таблица П4-1

## Резисторы постоянные неводовочные

| Тип резистора | Допустимая мощность рассеивания, Вт | Пределы сопротивлений резисторов        | Наибольшее рабочее напряжение, В | Температурный коэффициент резистора (ТКР) на 1°С                |
|---------------|-------------------------------------|-----------------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------------------------------------|
| ОВС-0,25      | 0,25                                | 27 Ом—10 кОм<br>11—910 кОм<br>1—5,1 МОм | 350<br>350<br>350                | $-6 \cdot 10^{-4}$<br>$-8 \cdot 10^{-4}$<br>$-12 \cdot 10^{-4}$ |
| ОВС-0,5       | 0,5                                 | 27 Ом—10 кОм<br>11—910 кОм<br>1—5,1 МОм | 500<br>500<br>500                | $-6 \cdot 10^{-4}$<br>$-7 \cdot 10^{-4}$<br>$-12 \cdot 10^{-4}$ |
| ОВС-1         | 1,0                                 | 47 Ом—10 кОм<br>11—910 кОм<br>1—10 МОм  | 700<br>700<br>700                | $-6 \cdot 10^{-4}$<br>$-7 \cdot 10^{-4}$<br>$-12 \cdot 10^{-4}$ |
| ОВС-2         | 2,0                                 | 47 Ом—10 кОм<br>11—910 кОм<br>1—10 МОм  | 1 000<br>1 000<br>1 000          | $-6 \cdot 10^{-4}$<br>$-7 \cdot 10^{-4}$<br>$-12 \cdot 10^{-4}$ |
| ОВС-5         | 5                                   | 47 Ом—10 МОм<br>11 кОм—10 МОм           | 1 500<br>1 500                   | $-5 \cdot 10^{-4}$<br>$-10 \cdot 10^{-4}$                       |
| ОВС-10        | 10                                  | 47 Ом—10 МОм<br>11 кОм—10 МОм           | 3 000<br>3 000                   | $-5 \cdot 10^{-4}$<br>$-10 \cdot 10^{-4}$                       |
| ОМЛТ-0,125    | 0,125                               | 100 Ом—1,1 МОм                          | 250                              | $\pm 1 \cdot 10^{-3}$                                           |
| ОМЛТ-0,25     | 0,25                                | 100 Ом—2,0 МОм                          | 250                              | $\pm 1 \cdot 10^{-3}$                                           |
| ОМЛТ-0,5      | 0,5                                 | 100 Ом—5,1 МОм                          | 350                              | $\pm 1 \cdot 10^{-3}$                                           |
| ОМЛТ-1        | 1,0                                 | 100 Ом—10 МОм                           | 500                              | $\pm 1 \cdot 10^{-3}$                                           |
| ОМЛТ-2        | 2,0                                 | 100 Ом—10 МОм                           | 750                              | $\pm 1 \cdot 10^{-3}$                                           |
| УЛН-0,1       | 0,1                                 | 1 Ом—500 кОм<br>1—9,85 Ом               | 200<br>350                       | $-5 \cdot 10^{-4}$<br>$-3 \cdot 10^{-4}$                        |
| УЛН-0,25      | 0,25                                | 10 Ом—1 МОм                             |                                  | $-10 \cdot 10^{-4}$                                             |
| УЛН-0,5       | 0,5                                 | 0,75—9,85 Ом<br>10 Ом—1 МОм             | 500                              | $-3 \cdot 10^{-4}$<br>$-10 \cdot 10^{-4}$                       |
| УЛН-1         | 1,0                                 | 1—9,85 Ом<br>10 Ом—1 МОм                | 700                              | $-3 \cdot 10^{-4}$<br>$-10 \cdot 10^{-4}$                       |

Таблица П4-2

## Резисторы постоянные проволочные

| Тип резистора | Допустимая мощность рассеивания, Вт | Пределы сопротивлений резисторов | Наибольшее рабочее напряжение, В | Температурный коэффициент резистора (ТКР) на 1°С |
|---------------|-------------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|--------------------------------------------------|
| ПКВ-0,5       | 0,5                                 | 1 Ом—270 кОм                     | 300                              | $+2 \cdot 10^{-4}$                               |
| ПКВ-1         | 1                                   | 1 Ом—560 кОм                     | 300                              | $+2 \cdot 10^{-4}$                               |
| ПКВ-1А        | 1                                   | 620 кОм—1 МОм                    | 300                              | $+2 \cdot 10^{-4}$                               |
| ПКВ-2         | 2                                   | 20 Ом—1 МОм                      | 500                              | $+2 \cdot 10^{-4}$                               |
| ПКВ-5         | 5                                   | 51 Ом—1 МОм                      | 500                              | $+2 \cdot 10^{-4}$                               |

Продолжение табл. П4-2

| Тип резистора | Допустимая мощность рассеивания, Вт | Пределы сопротивления резисторов | Наибольшее рабочее напряжение, В | Температурный коэффициент резистора (ТКР) на 1°С |
|---------------|-------------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|--------------------------------------------------|
| ПТМН-0,5      | 0,5                                 | 68 Ом—300 кОм                    | 400                              | $+1,5 \cdot 10^{-4}$                             |
| ПТМН-1        | 1,0                                 | 110 Ом—1 МОм                     | 400                              | $+1,5 \cdot 10^{-4}$                             |
| ПТМК-0,5      | 0,5                                 | 1 Ом—62 Ом                       | 400                              | $\pm 1 \cdot 10^{-4}$                            |
| ПТМК-1        | 1,0                                 | 1 Ом—100 Ом                      | 400                              | $\pm 1 \cdot 10^{-4}$                            |
| С5-5-1        | 1                                   | 1 Ом—13 кОм                      | 400                              | $\pm (0,5 \div 1,5) \cdot 10^{-4}$               |
| С5-5-2        | 2                                   | 2 Ом—30 кОм                      | 400                              | $\pm (0,5 \div 1,5) \cdot 10^{-4}$               |
| С5-5-5        | 5                                   | 5,1 Ом—75 кОм                    | 400                              | $\pm (0,5 \div 1,5) \cdot 10^{-4}$               |
| С5-5-8        | 8                                   | 10 Ом—100 кОм                    | 400                              | $\pm (0,5 \div 1,5) \cdot 10^{-4}$               |
| С5-5-10       | 10                                  | 10 Ом—100 кОм                    | 400                              | $\pm (0,5 \div 1,5) \cdot 10^{-4}$               |
| ОПЭВ-3        | 3                                   | 3 Ом—510 Ом                      | 600                              | $+2,4 \cdot 10^{-4}$                             |
| ОПЭВ-7,5      | 7,5                                 | 1 Ом—3,3 кОм                     | 600                              | $+2,4 \cdot 10^{-4}$                             |
| ОПЭВ-10       | 10                                  | 1,8 Ом—10 кОм                    | 600                              | $+2,4 \cdot 10^{-4}$                             |
| ОПЭВ-15       | 15                                  | 3,9 Ом—15 кОм                    | 600                              | $+2,4 \cdot 10^{-4}$                             |
| ОПЭВ-25       | 25                                  | 10 Ом—24 кОм                     | 600                              | $+2,4 \cdot 10^{-4}$                             |
| ОПЭВ-50       | 50                                  | 18 Ом—51 кОм                     | 600                              | $+2,4 \cdot 10^{-4}$                             |
| ОПЭВ-75       | 75                                  | 47 Ом—56 кОм                     | 600                              | $+2,4 \cdot 10^{-4}$                             |
| ОПЭВ-100      | 100                                 | 47 Ом—56 кОм                     | 600                              | $+2,4 \cdot 10^{-4}$                             |

Таблица П4-3

## Резисторы переменные

| Тип резистора | Допустимая мощность рассеивания, Вт | Пределы сопротивления резисторов | Наибольшее рабочее напряжение, В |
|---------------|-------------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|
| СПО-0,5       | 0,5                                 | 100 Ом—4,7 МОм                   | 250                              |
| СПО-1         | 1                                   | 47 Ом—4,7 МОм                    | 350                              |
| СПО-2         | 2                                   | 47 Ом—4,7 МОм                    | 600                              |
| СПБ-1         | 1                                   | 100 Ом—10 кОм                    | 300                              |
| СПБ-2         | 1                                   | 100 Ом—47 кОм                    | 300                              |
| СПБ-3         | 1                                   | 100 Ом—47 кОм                    | 300                              |
| ППЗ-40-47     | 3                                   | 10 Ом—20 кОм                     | 400                              |
| ППБ-1         | 1                                   | 100 Ом—10 кОм                    | 300                              |
| ППБ-2         | 2                                   | 100 Ом—10 кОм                    | 400                              |
| ППБ-3         | 3                                   | 4,7 Ом—22 кОм                    | 400                              |
| ППБ-15        | 15                                  | 2,2 Ом—47 кОм                    | 500                              |
| ППБ-25        | 25                                  | 2,2 Ом—47 кОм                    | 500                              |
| ППБ-50        | 50                                  | 2,2 Ом—47 кОм                    | 500                              |
| РП-25         | 25                                  | 18 Ом—2 кОм                      | 250                              |
| РП-80         | 80                                  | 50 Ом—2 кОм                      | 250                              |
| СП-7,75       | 75                                  | 10 Ом—10 кОм                     | 500                              |
| СП-7,100      | 100                                 | 10 Ом—10 кОм                     | 500                              |

# ПРИЛОЖЕНИЕ П5

Таблица П5-1

## Унифицированные дроссели фильтров

| Внутренний диаметр, мм | Внутренний диаметр дросселя, мм | Тол. подм. метрич.-панел., в | Внутренний диаметр дросселя, мм | Тол. подм. метрич.-панел., в | Внутренний диаметр дросселя, мм |       |       |
|------------------------|---------------------------------|------------------------------|---------------------------------|------------------------------|---------------------------------|-------|-------|
| Д1                     | 0,08                            | 0,40                         | 19                              | Д35                          | 0,15                            | 1,0   | 5,3   |
| Д2                     | 0,16                            | 0,22                         | 36                              | Д36                          | 0,3                             | 0,8   | 10,54 |
| Д3                     | 0,3                             | 0,16                         | 55,3                            | Д37                          | 0,6                             | 0,51  | 22    |
| Д4                     | 0,6                             | 0,12                         | 120                             | Д38                          | 1,2                             | 0,4   | 39    |
| Д5                     | 1,2                             | 0,10                         | 300                             | Д39                          | 2,5                             | 0,26  | 87    |
| Д6                     | 2,5                             | 0,06                         | 455                             | Д40                          | 5                               | 0,18  | 185   |
| Д7                     | 5,0                             | 0,05                         | 1020                            | Д41                          | 10                              | 0,13  | 352,7 |
| Д8                     | 0,08                            | 0,56                         | 8,6                             | Д42                          | 17                              | 0,09  | 675   |
| Д9                     | 0,16                            | 0,40                         | 17,3                            | Д43                          | 0,08                            | 2,2   | 1,85  |
| Д10                    | 0,3                             | 0,28                         | 24,0                            | Д44                          | 0,16                            | 1,6   | 3,8   |
| Д11                    | 0,6                             | 0,20                         | 73                              | Д45                          | 0,3                             | 1,1   | 6,5   |
| Д12                    | 1,2                             | 0,14                         | 132                             | Д46                          | 0,6                             | 0,8   | 15    |
| Д13                    | 2,5                             | 0,10                         | 175                             | Д47                          | 1,2                             | 0,56  | 30,7  |
| Д14                    | 5,0                             | 0,07                         | 535                             | Д48                          | 2,5                             | 0,4   | 40    |
| Д15                    | 10                              | 0,05                         | 1100                            | Д49                          | 5                               | 0,28  | 106   |
| Д16                    | 0,08                            | 0,8                          | 4,55                            | Д50                          | 10                              | 0,2   | 174   |
| Д17                    | 0,16                            | 0,56                         | 10,6                            | Д51                          | 20                              | 0,14  | 379   |
| Д18                    | 0,3                             | 0,4                          | 19                              | Д52                          | 0,01                            | 12,5  | 0,09  |
| Д19                    | 0,6                             | 0,28                         | 36                              | Д53                          | 0,02                            | 4,4   | 0,35  |
| Д20                    | 1,2                             | 0,2                          | 63                              | Д54                          | 0,04                            | 1,1   | 1,54  |
| Д21                    | 2,5                             | 0,14                         | 152                             | Д55                          | 0,02                            | 0,56  | 3,6   |
| Д22                    | 5                               | 0,1                          | 290                             | Д56                          | 0,0005                          | 16,5  | 0,017 |
| Д23                    | 10                              | 0,07                         | 629                             | Д57                          | 1,2                             | 0,8   | 20    |
| Д24                    | 20                              | 0,05                         | 1060                            | Д58                          | 40                              | 0,035 | 2900  |
| Д25                    | 0,08                            | 1,1                          | 3,5                             | Д59                          | 0,0043                          | 2,9   | 0,3   |
| Д26                    | 0,16                            | 0,8                          | 7                               | Д60                          | 0,0005                          | 10    | 0,015 |
| Д27                    | 0,3                             | 0,56                         | 11,3                            | Д61                          | 0,02                            | 3     | 0,72  |
| Д28                    | 0,6                             | 0,4                          | 29                              | Д62                          | 0,05                            | 2,5   | 0,5   |
| Д29                    | 1,2                             | 0,28                         | 66,5                            | Д63                          | 0,00125                         | 0,56  | 0,12  |
| Д30                    | 2,5                             | 0,2                          | 125                             | Д64                          | 0,08                            | 0,1   | 12    |
| Д31                    | 5                               | 0,14                         | 200                             | Д65                          | 0,0025                          | 0,56  | 0,36  |
| Д32                    | 10                              | 0,1                          | 380                             | Д66                          | 0,05                            | 0,02  | 0,95  |
| Д33                    | 20                              | 0,07                         | 840                             | Д67                          | 0,002                           | 2     | 0,25  |
| Д34                    | 0,08                            | 1,5                          | 2,6                             | Д68                          | 0,008                           | 1     | 0,7   |
|                        |                                 |                              |                                 | Д69                          | 0,005                           | 5,6   | 0,17  |

Таблица П6-2

## Предохранители трубчатые малогабаритные

| Конструкция предохранителя                                                                       | Тип предохранителя | Номинальный ток, а | Плавкий ток и время расплавления (разрыве) плавкой вставки |               | Активное сопротивление, ом, не более |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|--------------------|------------------------------------------------------------|---------------|--------------------------------------|
|                                                                                                  |                    |                    | а, не более                                                | сек, не более |                                      |
| Предохранитель с дилатационными накопечниками с плавкой вставкой из проволоки в виде прямой нити | ПМ 0,15            | 0,15               | 0,3                                                        | 10            | 7,5                                  |
|                                                                                                  | ПМ 0,25            | 0,25               | 0,5                                                        |               | 3,5                                  |
|                                                                                                  | ПМ 0,5             | 0,5                | 1,0                                                        |               | 1,4                                  |
|                                                                                                  | ПМ 1               | 1,0                | 2,0                                                        |               | 0,65                                 |
|                                                                                                  | ПМ 2               | 2,0                | 4,0                                                        |               | 0,2                                  |
|                                                                                                  | ПМ 3               | 3,0                | 6,0                                                        |               | 0,1                                  |
|                                                                                                  | ПМ 4               | 4,0                | 8,0                                                        |               | 0,08                                 |
|                                                                                                  | ПМ 5               | 5,0                | 10                                                         |               | 0,065                                |
|                                                                                                  | ВП1-1*             | 0,25               | 0,625                                                      | 1             | 1,2                                  |
|                                                                                                  |                    | 0,5                | 1,25                                                       |               | 0,4                                  |
|                                                                                                  |                    | 1,0                | 2,5                                                        |               | 0,3                                  |
|                                                                                                  |                    | 2,0                | 5                                                          |               | 0,06                                 |
|                                                                                                  |                    | 3,0                | 7,5                                                        |               | 0,04                                 |
|                                                                                                  |                    | 4,0                | 10                                                         |               | 0,03                                 |
|                                                                                                  |                    | 5,0                | 12,5                                                       |               | 0,025                                |

\* Время расплавления (разрыва) плавкой вставки предохранителей ВП1-1 при номинальной номинальной токовой нагрузке не превышает 0,1 сек.

## ПРИЛОЖЕНИЕ П-7

## СПРАВОЧНЫЕ ДАННЫЕ ТИРИСТОРОВ

Таблица П7-1

Допустимое напряжение переключения  
и допустимое обратное напряжение

|            | Д235 |    |    |    | Д238 |     |     |    |     |     |
|------------|------|----|----|----|------|-----|-----|----|-----|-----|
|            | А    | Б  | В  | Г  | А    | Б   | В   | Г  | Д   | Е   |
| $U_{прям}$ | 40   | 80 | 40 | 80 | 50   | 100 | 150 | 50 | 100 | 150 |
| $U_{обр}$  | —    | —  | 40 | 80 | —    | —   | —   | 50 | 100 | 150 |

| УД13 |    |    |    |     |     |     |     |     |     |
|------|----|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| А    | Б  | В  | Г  | Д   | Е   | Ж   | И   | К   | Л   |
| 25   | 25 | 50 | 50 | 100 | 100 | 200 | 200 | 300 | 300 |
| —    | 25 | —  | 50 | —   | 100 | —   | 200 | —   | 300 |

Продолжение табл. П7-1

| ВКДУ-50 |     |     | ВКДУ-100 |     |     |     | ВКДУ-150 |     |     |     |     |
|---------|-----|-----|----------|-----|-----|-----|----------|-----|-----|-----|-----|
| 0,5     | 1   | 1,5 | 2        | 2,5 | 3   | 3,5 | 4        | 4,5 | 5   | 5,5 | 6   |
| 50      | 100 | 150 | 200      | 250 | 300 | 350 | 400      | 450 | 500 | 550 | 600 |
| 50      | 100 | 150 | 200      | 250 | 300 | 350 | 400      | 450 | 500 | 550 | 600 |

Таблица П7-2

## Параметры тиристоров

| Параметры                         | Тип тиристора  |                |                |                                    |                                     |                                     |
|-----------------------------------|----------------|----------------|----------------|------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
|                                   | Д-236          | Д-238          | УД-63          | ВКДУ-50                            | ВКДУ-100                            | ВКДУ-150                            |
| $I_{прод.прод.}$ а                | 1,3            | 7              | 2              | 25 <sup>а</sup><br>50 <sup>в</sup> | 30 <sup>в</sup><br>100 <sup>в</sup> | 40 <sup>в</sup><br>150 <sup>в</sup> |
| $P_{макс.}$ ат, при $t_{корпуса}$ | 4,<br>до 70° С | 20,<br>40° С   | 4,<br>70° С    | —                                  | —                                   | —                                   |
| $\Delta U_{сект.}$ в              | 2 <sup>в</sup> | 2 <sup>в</sup> | 2 <sup>в</sup> | До 1,25 <sup>в</sup>               | До 0,9 <sup>в</sup>                 | До 0,75 <sup>в</sup>                |
| $I_{упр.упр.}$ ма                 | 50             | 150            | 100            | 500                                | 500                                 | 500                                 |
| $I_{упр.макс.}$ а                 | 0,15           | 0,36           | 0,2            | 2                                  | 2                                   | 2                                   |
| $U_{упр.упр.}$ в                  | 1,5            | —              | 7              | 20                                 | 20                                  | 20                                  |
| $P_{упр.макс.}$ ат                | —              | —              | 1,0            | 40                                 | 40                                  | 40                                  |
| $R_{т.г.к.}$ град/ат              | 10             | 3              | 10             | 0,3                                | 0,3                                 | 0,3                                 |
| $R_{д.}$ ом                       | 0,2            | 0,07           | 0,15           | 10 <sup>-3</sup>                   | 10 <sup>-3</sup>                    | 10 <sup>-3</sup>                    |
| $t_{нар.макс.}$ °С                | 100            | 100            | 110            | 110                                | 110                                 | 110                                 |
| $t_{опр.макс.}$ °С                | -60            | -60            | -60            | -60                                | -60                                 | -60                                 |

Примечания: 1. Среднее значение однополупериодного тока при работе на омическую нагрузку.

2. При естественном охлаждении.

3. При скорости ветра 15 м/сек.

4. Остаточное напряжение при измерении на постоянном токе.

5. То же при пропускном коэффициенте значения среднего тока.

## ПРИЛОЖЕНИЕ П8

Таблица П8-1

Частоты отказов некоторых элементов,  
используемых в аппаратуре электропитания

| Наименование элементов                     | Средняя интенсивность отказов $\times 10^{-6}$ , 1/ч |
|--------------------------------------------|------------------------------------------------------|
| Резисторы постоянные проволочные . . . . . | 0,3                                                  |
| Резисторы переменные . . . . .             | 0,3—0,5                                              |
| Резисторы типов:                           |                                                      |
| ВС . . . . .                               | 0,1—0,2                                              |
| МЛТ . . . . .                              | 0,09                                                 |

Продолжение табл. П8-1

| Наименование элементов                        | Средняя интенсивность отказов $\times 10^4$ , 1/ч |
|-----------------------------------------------|---------------------------------------------------|
| СП . . . . .                                  | 0,1—0,12                                          |
| Конденсаторы электролитические . . . . .      | 0,09—0,3                                          |
| Конденсаторы металлобумажные . . . . .        | 0,04                                              |
| Конденсаторы слюдяные . . . . .               | 0,07                                              |
| Приемо-усилительные лампы . . . . .           | 2,3—3,6                                           |
| Кенотроны низковольтные . . . . .             | 1,6                                               |
| Кенотроны высоковольтные . . . . .            | 2,90—3,5                                          |
| Тиратроны . . . . .                           | 8,2—11                                            |
| Стабилитроны газозарядные . . . . .           | 1,2—3,5                                           |
| Полупроводниковые диоды:                      |                                                   |
| германиевые . . . . .                         | 0,4—1,4                                           |
| кремниевые . . . . .                          | 0,28—2,5                                          |
| Стабилитроны кремниевые . . . . .             | 0,5—1,0                                           |
| Транзисторы германиевые . . . . .             | 0,4—1,9                                           |
| Транзисторы кремниевые . . . . .              | 0,9—4,0                                           |
| Селеновые выпрямительные столбы . . . . .     | 0,17—0,5                                          |
| Трансформаторы и дроссели насыщения . . . . . | 0,26—0,47                                         |
| Дроссели . . . . .                            | 0,1                                               |
| Реле и контакторы . . . . .                   | 0,1—1,1                                           |
| Кнопки и переключатели . . . . .              | 1,1—1,5                                           |
| Разъемы, кабели . . . . .                     | 0,19                                              |
| Контакты . . . . .                            | 0,05                                              |
| Пайки . . . . .                               | 0,01                                              |
| Провода . . . . .                             | 0,01                                              |

## ПРИЛОЖЕНИЕ П9

Рекомендуемые значения выходных напряжений  
и токов для источников электропитания

Таблица П9-1

| Номинальные значения напряжений, в |       |        |       |      |         |
|------------------------------------|-------|--------|-------|------|---------|
| 0,1                                | —     | (10,0) | (100) | 1000 | 10000   |
| —                                  | 1,2   | 12,6   | 125   | 1250 | 12000   |
| —                                  | —     | (15,0) | (150) | 1500 | 15000   |
| —                                  | (2,0) | 20,0   | (200) | 2000 | 20000   |
| 0,25                               | 2,4   | 27,0   | 250   | 2500 | 25000   |
| —                                  | —     | —      | (320) | 3200 | (30000) |
| 0,4                                | (4,0) | (40,0) | 400   | 4000 | 40000   |
| —                                  | —     | 60,0   | 500   | 5000 | 50000   |
| (0,6)                              | 6,3   | (60,0) | 630   | 6300 | 60000   |
| —                                  | (8,0) | 80,0   | 800   | 8000 | 80000   |

Примечания: 1. Напряжения, указанные в скобках, не рекомендуются и применяются только в технических обоснованных случаях.

2. Нестабильность выходных напряжений в зависимости от технических требований к источнику питания может соответствовать одному из значений 0,1; 0,2; 0,5; 1; 2; 5; 10% от номинального выходного напряжения. Отклонения могут быть односторонние в плюс или минус и двусторонние симметричные.

Таблица П9.2

| Номинальные значения токов <sup>1</sup> , А |      |     |    |
|---------------------------------------------|------|-----|----|
| 0,010                                       | 0,10 | 1,0 | 10 |
| 0,012                                       | 0,12 | 1,2 | 12 |
| 0,015                                       | 0,15 | 1,5 | 15 |
| 0,020                                       | 0,20 | 2,0 | 20 |
| 0,025                                       | 0,25 | 2,5 | 25 |
| 0,030                                       | 0,30 | 3,0 | 30 |
| 0,040                                       | 0,40 | 4,0 | 40 |
| 0,050                                       | 0,50 | 5,0 | 50 |
| 0,060                                       | 0,60 | 6,0 | 60 |
| 0,080                                       | 0,80 | 8,0 | 80 |

<sup>1</sup> Значения тока соответствуют ряду 10 предпочтительных чисел. Некоторые значения округлены.