

31/5/2

Одобрено кафедрой
«Транспортная связь»

**КАНАЛООБРАЗУЮЩИЕ
УСТРОЙСТВА
ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ
АВТОМАТИКИ,
ТЕЛЕМЕХАНИКИ И СВЯЗИ**

Задание на контрольную работу № 2
с методическими указаниями
для студентов V курса

специальности

**210700. АВТОМАТИКА, ТЕЛЕМЕХАНИКА И СВЯЗЬ
НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ (АТС)**



Москва – 2003

Составители — д-р техн. наук, проф. Р.А. КОСИЛОВ,
ст. преп. Н.В. ТЕРЕШИН

Рецензент — канд. техн. наук, проф. С.С. КОСЕНКО

© Российский государственный открытый технический университет путей сообщения Министерства путей сообщения Российской Федерации, 2003

КАНАЛООБРАЗУЮЩИЕ УСТРОЙСТВА
ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ АВТОМАТИКИ,
ТЕЛЕМЕХАНИКИ И СВЯЗИ

Задание на контрольную работу № 2
с методическими указаниями

Редактор *В.И. Чучева*
Компьютерная верстка *Е.Ю. Русалева*

ЛР № 020307 от 28.11.91

Тип. зак.	Изд. зак. 143	Тираж 700 экз.
Подписано в печать	Гарнитура Times.	Офсет
Усл. печ. л. 1,25		Формат 60×90 ¹ / ₁₆

Издательский центр РГОТУПСа,
125993, Москва, Часовая ул., 22/2

Типография РГОТУПСа, 107078, Москва, Басманный пер., 6

ЗАДАЧА 1

Рассчитать автогенератор, который выполнен по схеме, изображенной на рис. 1.

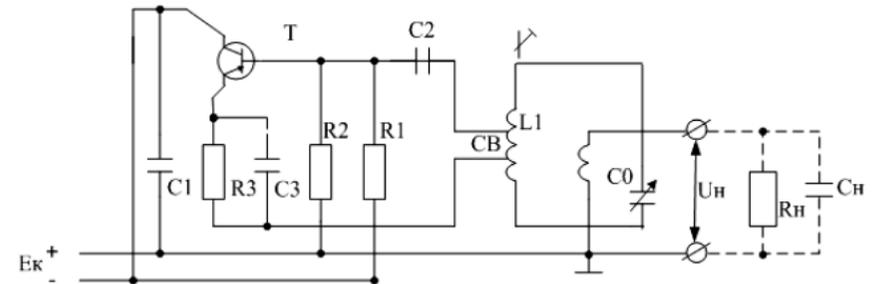


Рис. 1 Принципиальная схема автогенератора с автотрансформаторной связью

Исходные данные

параметры нагрузки: $g_n \left(g_n = \frac{1}{R_n} \right) = 10 \text{ мСм}, C_n = 10 \text{ пФ};$

напряжение источника питания $E_k = -9 \text{ В}.$
остальные исходные данные — табл. 1.

Таблица 1

Параметр	Последняя цифра учебного шифра									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Частота генерации f , мГц	30	45	35	37	40	32	48	29	42	33
Высшая частота модуляции F_v , кГц	3	2,4	3,5	3,0	4,0	3,4	2,7	3,2	3,0	3,6
Амплитуда напряжения генерируемых колебаний U_{mn} , В	0,4	0,1	0,5	0,2	0,3	0,6	0,2	0,5	0,3	0,4

Методические указания

Расчет следует начать с энергетического режима.

1. Выбрать угол отсечки тока коллектора θ_k .

Соответственно выбранному углу отсечки по таблицам А.Н. Берга (табл. 2) определить коэффициенты разложения α_0 и α_1 .

Таблица 2

θ°	60	65	70	75	80	85	90	95	100	105
α_0	0,218	0,236	0,253	0,269	0,288	0,302	0,319	0,334	0,350	0,364
α_1	0,391	0,414	0,436	0,455	0,472	0,487	0,500	0,510	0,520	0,526
$\cos \theta$	0,500	0,423	0,342	0,259	0,174	0,087	0,000	0,087	0,174	0,259
Последняя цифра учебного шифра	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0

2. Выбрать КПД контура. Мощность автогенератора-возбудителя задается низкой для обеспечения высокой стабильности частоты автоколебаний. Целесообразно выбрать $\eta_k = 0,1-0,3$.

3. Рассчитать полную мощность генерируемого колебания

$$P = (U_{\text{мн}}^2 g_n) / 2\eta_k.$$

4. Руководствуясь справочными данными, выбрать транзистор ГТ-308А. По статическим характеристикам (рис. 3, 4, 5, 6, 7) определить крутизну линии критического режима $S_{\text{кр}} = 40 \text{ мА/В}$; напряжение отсечки $U_{\text{отс}} = -0,1 \text{ В}$, $E_k = -9 \text{ В}$.

5. Вычислить коэффициент использования напряжения питания коллектора

$$\xi_{\text{кр}} = 1 - \frac{2P}{U_{\text{кэ}}^2 S_{\text{кр}} \alpha_1},$$

где $U_{\text{кэ}} = -5 \text{ В}$ — постоянное напряжение питания между коллектором и эмиттером транзистора.

6. Определить амплитуду напряжения на нагрузке в коллекторной цепи.

$$U_{\text{мк}} = \xi_{\text{кр}} |U_{\text{кэ}}|.$$

7. Вычислить амплитуду первой гармоники тока коллектора

$$J_{\text{мкк}} = 2P / U_{\text{мк}}.$$

8. Найти модуль эквивалентного сопротивления нагрузки

$$Z_{\text{э.кр}} = U_{\text{мк}} / J_{\text{мкк}}.$$

9. Рассчитать амплитуду импульсного тока коллектора

$$J_{\text{мк}} = J_{\text{мкк}} / \alpha_1.$$

10. Найти постоянную составляющую тока коллектора

$$J_{\text{ок}} = J_{\text{мк}} \times \alpha_0.$$

11. Определить мощность, потребляемую от источника коллекторного питания

$$P_0 = J_{\text{ок}} |E_k|,$$

где $J_{\text{ок}} = 5 \text{ мА}$.

12. Рассчитать мощность, рассеиваемую на коллекторе транзистора.

$$P_k = P_0 - P_3,$$

где P_3 — активная составляющая мощности генерируемых колебаний:

$$P_3 = P \cos|\varphi_s|,$$

$$\varphi_s = \arctg(b_{21}/g_{21}).$$

Параметры b_{21} и g_{21} определить по характеристикам Y_{21} при заданных значениях $J_{\text{ок}}$ и f_r .

13. Определить угол отсечки тока эмиттера

$$\theta_3 = \theta_k - |\varphi_s|.$$

14. Найти амплитуду напряжения возбуждения на базе транзистора

$$U_{мб} = \frac{J_{мк}}{(1 - \cos \theta_3) |Y_{21}|},$$

где $|Y_{21}|$ — модуль крутизны характеристики транзистора при токе $J_{ок}$ и частоте f_r .

15. Рассчитать напряжение смещения, обеспечивающее угол отсечки тока эмиттера,

$$U_{бэ} = U_{отс} + U_{мб} \cos \theta_3,$$

где $U_{отс}$ — напряжение отсечки (для маломощных транзисторов $U_{отс} = (0,1-0,2 \text{ В})$).

16. Вычислить коэффициент обратной связи

$$K_{св} = U_{мб} / U_{мк}.$$

РАСЧЕТ КОЛЕБАТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ АВТОГЕНЕРАТОРА

1. Эквивалентная проводимость контура между точками коллектор-эмиттер

$$g_{экр} = \frac{1}{Z_{экр}} \cos |\varphi_s|.$$

2. Коэффициенты включения контура:

$$m_k = \frac{1}{\sqrt{\frac{g_{экр}}{g_0} \left(1 - K_{св}^2 \frac{g_{11}}{g_{экр}}\right) \left(1 - K_H^2 \frac{g_H}{g_{экр}}\right)}};$$

$$m_б = K_{св} \cdot m_k;$$

$$m_H = K_H \cdot m_k,$$

где g_{11} — входная проводимость транзистора генератора (определяемая по справочным данным при $J_k = J_{ок}$, $f = f_r$);

$$g_0 = 2\pi f_r C_3 d_k;$$

C_3 — эквивалентная емкость контура (выбираемая обычно в пределах 50-500 пФ);

$d_k = (0,01-0,005)$ — собственное затухание ненагруженного контура.

3. Собственная емкость контура

$$C_0 = C_3 - m_б^2 C_{11} - m_k^2 C_{22} - m_H^2 C_H - C_M.$$

4. Полная индуктивность контура

$$L = 1/4\pi^2 f_r^2 C_3.$$

РАСЧЕТ ЭЛЕМЕНТОВ ПИТАНИЯ

1. Сопротивление резистора в цепи эмиттера

$$R_3 = (0,8-10) U_{кэ} / J_{ок}.$$

2. Сопротивление резисторов делителя базового смещения, при $J_d = 1 \text{ мА}$:

$$R_2 = (R_3 J_{ок} - U_{бэ}) / J_d;$$

$$R_1 = E_k / J_d - R_2.$$

3. Емкости блокировочных и разделительных конденсаторов:

$$C_3 = 50 / (2\pi f_r R_3),$$

$$C_2 = m_б^2 C_{22} + m_k^2 C_{11} + C_M,$$

$$C_1 = 50 / (2\pi f_r R_{22}).$$

ПРИМЕР РАСЧЕТА

1. Выбрать угол отсечки тока коллектора θ_k и коэффициенты разложения α_0 и α_1 по табл. 2.

2. Задаться КПД контура из соотношения $\eta_k = 0,1-0,3$.

3. Рассчитать мощность генератора

$$P = (U_{\text{мн}}^2 g_{\text{н}}) / 2h_k = (0,5^2 \cdot 10 \cdot 10^{-3}) / 2 \cdot 0,1 = 12,5 \text{ мВт.}$$

4. Руководствуясь рекомендациями (см. пример расчета задачи 1, п. 1) и справочными данными, выбрать транзистор ГТ-308А с параметрами:

крутизна линии критического режима $S_{\text{кр}} = 40 \text{ мА/В}$;

напряжение отсечки коллекторного тока $U_{\text{отс}} = -0,1 \text{ В}$;

напряжение $U_k = -5 \text{ В}$.

5. Рассчитать:

Коэффициент использования напряжения питания коллектора

$$\xi_{\text{кр}} = 1 - \frac{2P}{U_{\text{кэ}}^2 S_{\text{кр}} \alpha_1} = 1 - \frac{2 \cdot 12,5 \cdot 10^{-3}}{5^2 \cdot 40 \cdot 10^{-3} \cdot 0,43} = 0,95.$$

Амплитуду напряжения на нагрузке в коллекторной цепи

$$U_{\text{мк}} = \xi_{\text{кр}} |U_{\text{кэ}}| = 0,95 \cdot 5 = 4,75 \text{ В.}$$

Амплитуду первой гармоники тока коллектора

$$J_{\text{мк1}} = 2P / U_{\text{мк}} = (2 \cdot 12,5 \cdot 10^{-3}) / 4,75 = 5,2 \text{ мА.}$$

Модуль эквивалентного сопротивления нагрузки

$$Z_{\text{э.кр}} = U_{\text{мк}} / J_{\text{мк1}} = 4,75 / (5,2 \cdot 10^{-3}) = 900 \text{ Ом.}$$

Амплитуду импульсного тока коллектора

$$J_{\text{мк}} = J_{\text{мк1}} / \alpha_1 = (5,2 \cdot 10^{-3}) / 0,43 = 12 \text{ мА.}$$

Постоянную составляющую тока коллектора

$$J_{\text{ок}} = J_{\text{мк}} \alpha_0 = 12 \cdot 10^{-3} \cdot 0,32 = 3,84 \text{ мА.}$$

Мощность, потребляемую от источника питания,

$$P_0 = J_{\text{ок}} |E_k| = 3,84 \cdot 10^{-3} \cdot 9 = 34,6 \text{ мВт.}$$

Мощность, расходуемую на коллекторе транзистора,

$$P_k = P_0 - P_g = 34,6 \cdot 10^{-3} - 12,5 \cdot 10^{-3} \cdot \cos \left| \arctg \left(-40 \cdot 10^{-3} / 65 \cdot 10^{-3} \right) \right| = 23,35 \text{ мВт.}$$

Значения b_{21} и g_{21} найти по графику см. рис. 6.

Угол отсечки тока эмиттера

$$\theta_g = \theta_k - |\varphi_s| = 90^\circ - \left| \arctg \left(-40 \cdot 10^{-3} / 65 \cdot 10^{-3} \right) \right| = 60^\circ.$$

Амплитуду напряжения возбуждения на базе транзистора

$$U_{\text{мб}} = \frac{J_{\text{мк}}}{(1 - \cos \theta_g) |Y_{21}|} = \frac{12 \cdot 10^{-3}}{(1 - \cos 60^\circ) \cdot 70 \cdot 10^{-3}} = 0,34 \text{ В.}$$

$|Y_{21}|$ найти по графику см. рис. 6.

Напряжение смещения, обеспечивающее угол отсечки тока эмиттера,

$$U_{\text{бэ}} = U_{\text{отс}} + U_{\text{мб}} \cos \theta_g = -0,1 + 0,34 \cos 60^\circ = +0,07 \text{ В.}$$

Коэффициент обратной связи

$$K_{\text{св}} = U_{\text{мб}} / U_{\text{мк}} = 0,34 / 4,75 = 0,07.$$

РАСЧЕТ КОЛЕБАТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ АВТОГЕНЕРАТОРА

1. Эквивалентная проводимость контура между точками коллектор-эмиттер

$$g_{\text{э кр}} = \frac{1}{Z_{\text{э кр}}} \cos|\varphi_s| = \frac{0,5}{900} = 0,55 \text{ мСм.}$$

2. Коэффициент включения контура в цепи коллектора m_k при $d_k = 0,01$, $C_3 = 50$ пФ,

$$g_0 = 2\pi f_r C_3 d_k = 2 \cdot 3,14 \cdot 30 \cdot 10^6 \cdot 50 \cdot 10^{-12} \cdot 0,01 = 0,1 \text{ м/См:}$$

$$m_k = \frac{1}{\sqrt{\frac{g_{\text{э кр}}}{g_0} \left(1 - K_{\text{св}}^2 \frac{g_{11}}{g_{\text{э кр}}}\right) \left(1 - K_{\text{н}}^2 \frac{g_{\text{н}}}{g_{\text{э кр}}}\right)}} =$$

$$= \frac{1}{\sqrt{0,1 \left(1 - 0,07^2 \frac{4 \cdot 10^{-3}}{0,55 \cdot 10^{-3}}\right) \left(1 - 0,1^2 \frac{10 \cdot 10^{-3}}{0,55 \cdot 10^{-3}}\right)}} = 0,5.$$

Здесь $g_{11} = 4$ мСм; $K_{\text{н}} = U_{\text{мн}}/U_{\text{к}} = 0,5/5 = 0,1$ ($U_{\text{мн}}$ — см. табл. 1).

Тогда коэффициенты включения контура соответственно в цепи базы, коллектора и нагрузки: $m_6 = K_{\text{св}} m_k = 0,07 \cdot 0,5 = 0,035$; $m_{\text{н}} = K_{\text{н}} m_k = 0,1 \cdot 0,5 = 0,05$. $K_{\text{св}}$, $K_{\text{н}}$ — коэффициент обратной связи и коэффициент передачи напряжения во внешнюю нагрузку.

3. Собственная емкость контура

$$C_0 = C_3 - m_6^2 C_{11} - m_k^2 C_{22} - m_{\text{н}}^2 C_{\text{н}} - C_{\text{м}} =$$

$$= 250 \cdot 10^{-12} - (0,035)^2 \cdot 25 \cdot 10^{-12} - (0,5)^2 \cdot 10 \cdot 10^{-12} -$$

$$- (0,05)^2 \cdot 10 \cdot 10^{-3} - 4 \cdot 10^{-12} = 43 \text{ пФ,}$$

где $C_3 = (50-500 \text{ пФ})$ — эквивалентная емкость контура:

$$C_{11} = 25 \text{ пФ; } C_{22} = 10 \text{ пФ; } C_{\text{н}} = 10 \text{ пФ; } C_{\text{м}} = 4 \text{ пФ.}$$

4. Полная индуктивность контура

$$L = 1/4\pi^2 f_r^2 C_3 = 1/\left(4 \cdot (3,14)^2 \cdot (35 \cdot 10^6)^2 \cdot 43 \cdot 10^{-12}\right) = 0,55 \text{ мкГ.}$$

РАСЧЕТ ПИТАНИЯ

1. Сопротивление в цепи эмиттера

$$R_3 = (0,8 - 10) U_{\text{кз}}/J_{\text{ок}} = 0,8 \cdot 5 / (3,84 \cdot 10^{-3}) = 1 \text{ кОм.}$$

2. Сопротивление резисторов делителя базового смещения:

$$R_2 = \frac{R_3 J_{\text{ок}} - U_{\text{бз}}}{J_{\text{д}}} = \frac{1 \cdot 10^3 \cdot 3,84 \cdot 10^{-3} - 0,07}{1 \cdot 10^{-3}} = 3,77 \text{ кОм.}$$

$$R_1 = \frac{E_{\text{к}}}{J_{\text{д}}} - R_2 = \frac{9}{1 \cdot 10^{-3}} - 3,77 \cdot 10^3 = 5,23 \text{ кОм.}$$

Принять $J_{\text{д}} = 1 \text{ мА}$.

3. Емкость конденсаторов C_1 , C_2 , C_3 :

$$C_3 = 50 / (2\pi f_r \cdot R_3) = 50 / (2 \cdot 3,14 \cdot 30 \cdot 10^6) = 0,26 \text{ пФ,}$$

$$C_2 = m_6^2 \cdot C_{22} + m_k^2 \cdot C_{11} + C_{\text{м}} = (0,035)^2 \cdot 25 \cdot 10^{-12} +$$

$$+ (0,9)^2 \cdot 10 \cdot 10^{-12} + 4 \cdot 10^{-12} = 20 \text{ пФ,}$$

$$C_1 = 50 / (2\pi f_r \cdot R_{22}) = 50 / (2 \cdot 3,14 \cdot 30 \cdot 10^6 \cdot 1 \cdot 10^3) = 30 \cdot 10^{-6} \text{ Ф.}$$

где $R_{22} = 1 \cdot 10^3 \text{ Ом}$ — выходное сопротивление транзистора, взятого из графика рис. 7, $g_{22} = 1 \text{ мСм}$, то есть

$$R_{22} = \frac{1}{1 \cdot 10^{-3}} = 1 \cdot 10^3 \text{ Ом.}$$

ЗАДАЧА 2

Рассчитать параметры дробного детектора (рис. 2) для приема частотно-модулированных сигналов радиостанции ЖРУ.

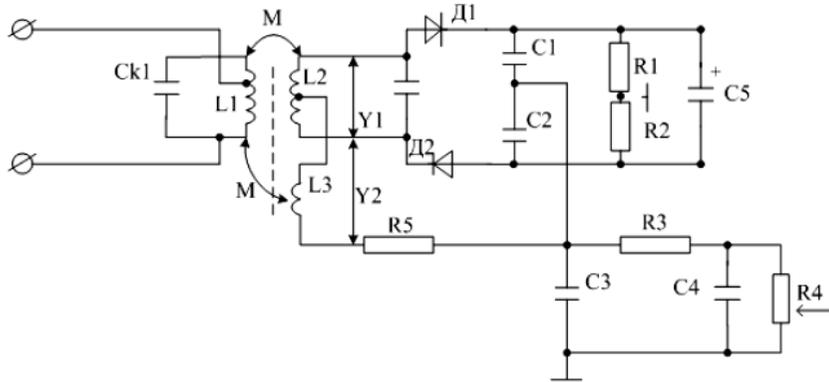


Рис. 2 Принципиальная схема дробного детектора ЧМ-колебаний

Исходные данные

промежуточная частота $f_{\text{пр}} = 1,596$ МГц;
 максимальная девиация $\Delta f_{\text{д max}} = 5$ кГц;
 верхняя частота модулирующего напряжения $F_{\text{в}} = 4$ кГц;
 индуктивность первого контура $L_1 = 10$ мкГн;
 параметры диода: $S_{\text{д}} = 5$ мА/В; $C_{\text{д}} = 1$ пФ;
 параметры УЗЧ: $R_{\text{вх}} = 800$ Ом; $C_{\text{вх}} = 30$ пФ,
 а также: $Q_{\text{к}} = 150$; $Q_{\text{э}} = 50$; $R_1 = R_2 = R_{\text{пт}} = 6,2$ кОм; $R_5 = 10$ кОм; $R_3 = R_4 = 10$ кОм; $U_1 = 200$ мВ; $C_{\text{м}} = 5$ пФ; $\tau_{\text{п}} = 75$ мкс (постоянная времени передачи к УЗЧ).

Дополнительные данные к задаче 2 приведены в табл. 3 и 4.

Методические указания

1. Зная индуктивность L_1 , определить индуктивность $L_3 = 0,4L_1$.
2. Рассчитать коэффициенты связи между контурами L_1 , L_2 и L_1 и L_3 ;

Таблица 3

Параметры	Последняя цифра учебного шифра									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Выходная емкость полевого транзистора C_{22} , пФ	12	11	10	15	14	12	13	10	9	8
Выходное сопротивление транзистора $R_{\text{вых}}$, кОм	17	14	12	16	15	13	11	18	10	15
$ Y_{21} $, мСм	30	20	25	35	22	33	24	32	28	26

Таблица 4

Параметры	Предпоследняя цифра учебного шифра									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Крутизна $S_{\text{д}}$, мА/В	3	5	4	7	6	8	2	5	6	3
Общая емкость диода $C_{\text{д}}$, пФ	0,7	1,0	0,5	1,1	0,9	1,5	2,0	0,8	1,0	1,3

$$K_{\text{св}12} = 0,5/Q_3; \quad K_{\text{св}13} = 0,4/Q_3.$$

3. Найти собственное резонансное сопротивление первичного контура

$$R_{\text{к}} = 2\pi f_{\text{н}} d_{\text{к}} Q_{\text{к}};$$

при этом коэффициент включения первичного контура можно получить из формулы

$$m_1 = \sqrt{\frac{R_{\text{вых}}}{R_{\text{к}}} \left(\frac{Q_{\text{к}}}{Q_3} - 1 \right)}.$$

4. Вычислить емкости конденсаторов схемы дробного детектора, воспользовавшись формулами:

$$C_{\text{к1}} = \frac{2,53 \cdot 10^{-4}}{f_{\text{пр}}^2 L_1} - m_1^2 C_{22} - C_{\text{м}};$$

$$C_1 = C_2 = C_4 = (4,5 \cdot 10^5) / (F_B \cdot R_{пт});$$

$$C_5 = (0,2 \cdot 10^3) / R_{пт};$$

$$C_3 = 0,4 \left(6 \cdot \frac{\tau_n}{R_{вх узч}} \right) - C_{вх узч}.$$

5. Определить напряжение на диодах при отсутствии ЧМ (индекс = 0)

$$U_{до} = 0,25U_1^2 + 0,25U_1^2.$$

6. Найти угол отсечки токов диодов при отсутствии ЧМ

$$\theta_0 = \sqrt[3]{\frac{3\pi}{S_d R_{пд}}}.$$

7. Рассчитать напряжение на конденсаторе C_5

$$U_0 = 2U_{дв} \cdot \cos\theta_0.$$

8. Для определения максимального напряжения на диоде VD1 рассчитать параметр A

$$A = \frac{2f_{д\max} Q_э}{f_{пр}},$$

где Δf_d — девиация ЧМ-сигнала.

Тогда

$$U_{д1\max} = \frac{U_1}{\sqrt{2}} \sqrt{1 + \frac{A}{\sqrt{1 + A^2}}}.$$

9. Определить минимальный угол отсечки, соответствующий $U_{д1\max}$

$$\theta_{1\min} = \xi \sqrt[3]{\frac{3\pi}{S_d (0,5R_{пд} + R_3 + R_4)}}.$$

Сопротивления нагрузки диода постоянному току $R_n = R_{пд} + R_3 + R_4$.

10. Найти выходное напряжение при максимальном отклонении f от $f_{пр}$.

$$U_{вых.д} = U_{д1\max} \cos\theta_{1\max} = -0,5U_0$$

11. Вычислить напряжение на входе транзистора УЗЧ

$$U_{вх} = \frac{U_1}{2\pi f_{пд} S_d K_{св12} \sqrt{L_1 L_2 Q_{э\text{кв}}}}.$$

12. Коэффициент передачи устройства от входа транзистора до входа УЗЧ

$$K_0 = U_{вых.д} / 3U_{вх}.$$

ПРИМЕР РАСЧЕТА

1. Индуктивность L_3

$$L_3 = 0,4L_1 = 10 \cdot 0,4 = 4 \text{ мкГн}.$$

2. Коэффициенты связи между контурами L_1 , L_2 и L_1 и L_3

$$K_{св12} = 0,5/Q_3 = 0,5/60 = 0,0083;$$

$$K_{св13} = 0,4/Q_3 = 0,4/50 = 0,008.$$

3. Собственное резонансное сопротивление первичного контура

$$R_k = 2\pi f_{пр} L_k Q_k = 6,28 \cdot 1,6 \cdot 10^6 \cdot 10 \cdot 10^{-6} \cdot 150 = 15 \text{ кОм}.$$

4. Коэффициент включения первичного контура

$$m_1 = \sqrt{\frac{R_{\text{вых}}}{R_{\text{к}}} \left(\frac{Q_{\text{к}}}{Q_3} - 1 \right)} = \sqrt{\frac{15 \cdot 10^3}{15 \cdot 10^3} \left(\frac{150}{60} - 1 \right)} = 1,4.$$

Целесообразно принять $m_1 = 1$.

5. Емкости конденсаторов:

$$C_{\text{к1}} = \frac{2,53 \cdot 10^{-4}}{f_{\text{пр}}^2 L_1} - m_1^2 C_{22} - C_{\text{м}} = \frac{2,53 \cdot 10^{-4}}{1,6^2 \cdot 10^{12} \cdot 10 \cdot 10^{-6}} - 10^{-5} = 985 \text{ пФ}.$$

$$C_1 = C_2 = C_4 = (4,5 \cdot 10^5) / (F_{13} \cdot R_{\text{ит}}) = (4,5 \cdot 10^5) / (4 \cdot 10^3 \cdot 6,2 \cdot 10^3) = 1814 \text{ пФ},$$

$$C_5 = (0,2 \cdot 10^3) / R_{\text{ит}} = (0,2 \cdot 10^3) / (6,2 \cdot 10^3) = 32 \text{ мкФ},$$

$$C_3 = 0,4 \left(6 \frac{C_n}{R_{\text{ВХ УЗЧ}}} - C_{\text{ВХ УЗЧ}} \right) - 0,4 \left(6 \frac{75 \cdot 10^{-6}}{10^3} - 30 \cdot 10^{-12} \right) = 0,18 \text{ мкФ}.$$

6. Напряжение на диодах при отсутствии ЧМ (индекс = 0).

$$U_{\text{д0}} = \sqrt{0,25U_1^2 + 0,25U_1^2} = \sqrt{0,5} \cdot U_1 = 0,7 \cdot 200 = 0,14 \text{ В}.$$

7. Угол отсечки токов диодов при отсутствии ЧМ

$$\theta_0 = \sqrt[3]{\frac{3\pi}{S_{\text{д}} R_{\text{ит}}}} = \sqrt[3]{\frac{3\pi}{S_{\text{д}} \cdot 10^{-3} \cdot 6,2 \cdot 10^3}} = 0,675 \text{ рад}.$$

8. Напряжение на конденсаторе C_5

$$U_0 = 2U_{\text{д0}} \cos \theta_0 = 2 \cdot 0,14 \cdot \cos 0,675 = 0,28 \cdot 0,78 = 0,22 \text{ В}$$

9. Расчет параметра A

$$A = \frac{2\Delta f_{\text{д max}} Q_3}{f_{\text{пр}}} = \frac{2 \cdot 5 \cdot 10^{-3} \cdot 60}{1,6} = 0,375 \approx 0,4$$

Тогда максимальное напряжение на диоде D_1

$$U_{\text{д1 max}} = \frac{U_1}{\sqrt{2}} \sqrt{1 + \frac{A}{\sqrt{1+A^2}}} = \frac{0,2}{\sqrt{2}} \sqrt{1 + \frac{0,4}{\sqrt{1+0,4^2}}} = 0,165 \text{ В}.$$

10. Минимальный угол отсечки, соответствующий $U_{\text{д1 max}}$,

$$\theta_{1\text{min}} = \xi_0 \sqrt[3]{\frac{3\pi}{S_{\text{д}} (0,5R_{\text{ит}} + R_3 + R_4)}} = \xi_0 \sqrt[3]{\frac{3\pi}{5(0,5 \cdot 6,2 + 10 + 10)}} = 0,4 \xi_0.$$

Значению сопротивления нагрузки диода постоянному току $R_{\text{н}} = R_{\text{ит}} + R_3 + R_4 = (6,2 + 10 + 10) \cdot 10^3 = 26,2 \text{ кОм}$ соответствуют $\xi = 1$ и $\theta_{1\text{min}} = 0,44 \text{ рад}$.

11. Выходное напряжение при максимальном отклонении f от $f_{\text{пр}}$

$$U_{\text{вых.д}} = U_{\text{д1 max}} \cdot \cos \theta_{1\text{max}} - 0,5U_0 = 0,165 \cdot \cos 0,44 - 0,5 \cdot 0,22 = 0,04 \text{ В}.$$

12. Напряжение на входе транзистора

$$U_{\text{вх}} = \frac{U_1}{2\pi f_{\text{пр}} |Y_{21}| K_{\text{св12}} \sqrt{L_1 L_2 Q_{\text{эКВ}}^2}} = \frac{200}{6,28 \cdot 1,6 \cdot 10^6 \cdot 30 \cdot 10^{-3} \cdot 10 \cdot 10^6 \cdot 60^2 \cdot 8,3 \cdot 10^{-3}} = 2,2 \text{ мВ}.$$

13. Коэффициент передачи устройства от входа транзистора до входа УЗЧ:

$$K_{\text{д}} = U_{\text{вых.д}} / 3U_{\text{вх}} = (40 \cdot 10^{-3}) / (32,2 \cdot 10^{-3}) = 6.$$

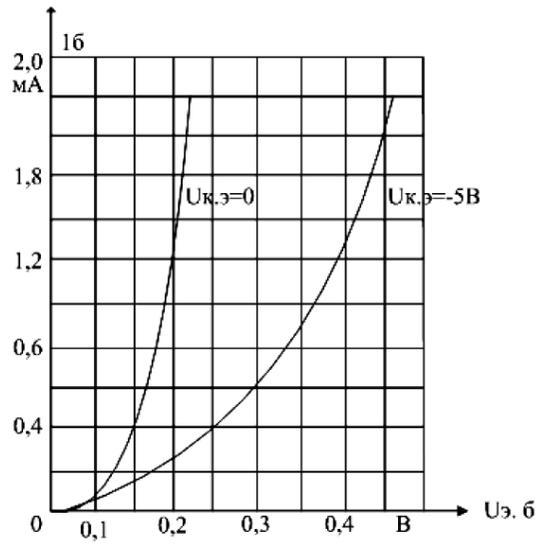


Рис. 3. Входные характеристики транзисторов типа ГТ308А, ГТ308Б по схеме с общим эмиттером

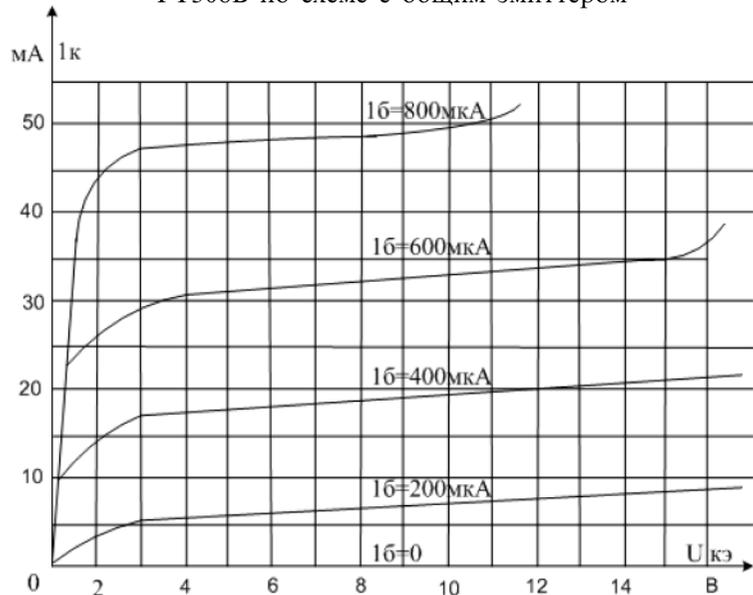


Рис.4. Выходные характеристики транзисторов типа ГТ308А, ГТ308Б по схеме с общим эмиттером

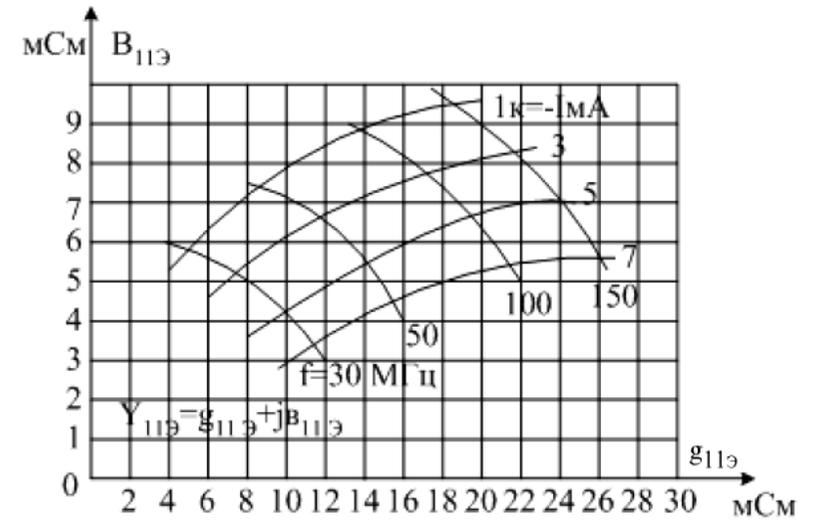


Рис. 5. Зависимость входной проводимости $Y_{11э}$ транзисторов ГТ308А-ГТ308Б от частоты и тока коллектора

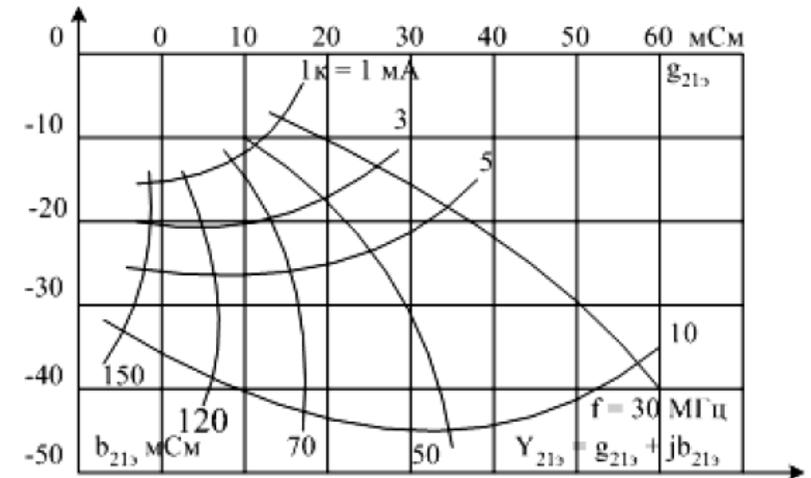


Рис. 6. Зависимость проводимости прямой передачи $Y_{21э}$ транзисторов ГТ308А-ГТ308Б от частоты и тока коллектора

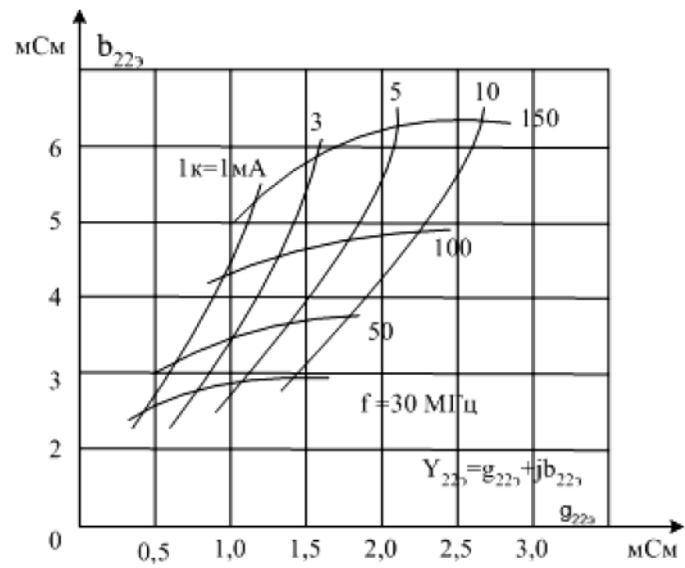


Рис. 7. Зависимость выходной проводимости Y_{22o} транзисторов ГТ308А-ГТ308Б от частоты и тока коллектора