

## ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

к контрольной работе №3 по разделам **Электронные усилители (общие положения). RC-усилители** дисциплины «Схемотехника АЭУ-2023»

1. Электронные усилители: общие положения, классификация.
2. Структурные схемы одно- и многокаскадного усилителя.
3. Входные и выходные параметры усилителя.
4. Коэффициенты усиления и КПД усилителя.
5. Линейные (частотные) искажения. Амплитудно-частотная характеристика RC-усилителя.
6. Фазовые (частотные) искажения.
7. Переходная характеристика RC-усилителя, переходные искажения.
8. Амплитудная характеристика, динамический диапазон усилителя и входного сигнала, собственный уровень шумов.
9. Виды шумов в электронном усилителе и борьба с ними.
10. Нелинейные искажения усилительного каскада, коэффициент гармоник.
11. Выходные динамические характеристики постоянного и переменного тока RC-усилителя.
12. Классы (режимы) усиления. Определение, характеристика, области применения. Угол отсечки усилительного элемента (УЭ).
13. Активный режим работы биполярного транзистора. Физика явления, схемы замещения для различных частот, основные параметры и расчетные соотношения.
14. Принцип действия усилительного каскада на биполярном транзисторе.
15. Требования, предъявляемые к транзистору оконечного каскада RC-усилителя.
16. Задание «рабочей точки» биполярному транзистору в резистивных усилительных каскадах с различным типом включения УЭ с помощью специального источника смещения. Принцип действия, основные свойства и расчетные соотношения, достоинства и недостатки, рекомендации по применению.
17. Задание «рабочей точки» биполярному транзистору в резистивных усилительных каскадах с различным типом включения УЭ методом «фиксированного тока базы». Принцип действия, основные свойства и расчетные соотношения, рекомендации по применению.
18. Задание «рабочей точки» биполярному транзистору методом «фиксированного потенциала базы» в RC-усилителе (для схемы включения ОЭ). Принцип действия, основные свойства и расчетные соотношения, рекомендации по применению.
19. Эмиттерная термостабилизация положения рабочей точки биполярного транзистора в различных схемах включения (ОЭ, ОК, ОБ). Схемная реализация, принцип действия и основные расчетные соотношения.
20. Коллекторная термостабилизация положения рабочей точки биполярного транзистора в различных схемах включения (ОЭ, ОК, ОБ). Схемная реализация, принцип действия и основные расчетные соотношения.
21. Термокомпенсация изменения положения рабочей точки биполярного транзистора в RC-усилителях. Схемная реализация, принцип действия и основные расчетные соотношения.
22. Анализ усилительного каскада ОЭ на средних частотах.
23. Поясните, почему усилительный каскад с ОЭ инвертирует фазу входного сигнала, а в каскаде с ОК это явление не наблюдается.
24. Влияние последовательной ООС по току на входное сопротивление электронного усилителя на биполярном транзисторе, включенном по схеме ОЭ.
25. Влияние последовательной ООС по току на  $K_U$  RC-усилителя на биполярном транзисторе, включенном по схеме ОЭ.
26. Анализ усилительного каскада ОК на средних частотах.
27. Приведите типовую схему резистивного усилительного каскада с общим коллектором (ОК) и укажите назначение всех элементов. Определите  $R_{вх}$  и  $R_{вых}$  устройства,

если известно:  $R_1=A$  кОм,  $R_3=D$  кОм,  $R_5=X$  кОм; параметры транзистора:  $r_{вх}=520$  Ом,  $\beta_{cp}=56$ ,  $r_{к(э)}\approx 26$  кОм, а ток покоя эмиттера составляет  $I_{0э}=Y$  мА.

28. Сравнение каскадов ОЭ и ОК и по основным показателям. Рекомендации по применению.

29. Двухтактный бестрансформаторный усилитель мощности (БУМ) на комплементарной паре БТ с термокомпенсированной цепью смещения при однополярном питании.

30. Усилитель с известным коэффициентом усиления  $K$  и входным сопротивлением  $R_{вх}$  охвачен последовательной отрицательной обратной связью по напряжению. Определить коэффициент усиления  $K_{оос}$  и входное сопротивление  $R_{вх оос}$  такого усилителя, если известен коэффициент передачи цепи обратной связи  $\gamma$ .

31. Усилитель с коэффициентом усиления  $K=A$  и  $R_{вх}=Z$  кОм охвачен последовательной ООС по напряжению. Определить коэффициент передачи цепи обратной связи  $\gamma$ , при котором коэффициент усиления уменьшится в 10 раз относительно исходной величины. Какое значение при этом будет иметь  $R_{вх оос}$ ?

32. Усилитель, содержащий три каскада с коэффициентами усиления  $K_1=Z$ ,  $K_2=X$  и  $K_3=Y$ , охвачен общей отрицательной обратной связью с коэффициентом передачи  $\gamma = Q$ . Чему равен коэффициент усиления такого усилителя?

33. Рассчитать величину напряжения, которое необходимо подать на вход усилителя, охваченного последовательной отрицательной обратной связью по напряжению с  $\beta=Z$ , чтобы выходное напряжение  $U_{вых}$  составило  $X$  В, если  $K=Y$ ?

34. Коэффициент усиления усилителя с последовательной ООС составлял  $K_{оос}=V$ . Как изменилось усиление устройства при обрыве цепи ОС, если коэффициент передачи цепи обратной связи  $\gamma = Z$ ?

35. Усилитель, содержащий два каскада с коэффициентами усиления  $K_1=A$ ,  $K_2=B$ , охвачен общей отрицательной обратной связью с коэффициентом передачи  $\beta=C$ . Чему равен коэффициент усиления такого усилителя?

36. Определить коэффициент частотных искажений  $M_n$  резистивного усилительного каскада, если на нижней граничной частоте коэффициент усиления составляет  $C$ , а на средних частотах –  $B$ .

37. Определить, как изменится  $M_n$  резистивного усилительного каскада с ОК, если ёмкость конденсатора  $C_{p1}$  уменьшить в  $A$  раз? Принять  $M_n=X$  дБ и считать, что частотные искажения распределены между конденсаторами поровну.

38. Определить, как изменится  $M_n$  каскада с ОК, если ёмкость конденсатора  $C_{p2}$  уменьшить в  $S$  раз? Принять  $M_n=Y$  дБ и считать, что частотные искажения распределены между конденсаторами поровну.

39. Определить, как изменится  $M_n$  резистивного усилительного каскада по схеме ОЭ на нижней граничной частоте  $f_n=A$  Гц, если конденсатор  $C_3=X$  мкФ заменить конденсатором с ёмкостью  $Y$  мкФ. ( $M_n$  начальный принять равным  $Z$  дБ, распределенным равномерно по всем конденсаторам).

40. Определить, как изменится  $M_n$  каскада с ОЭ, если ёмкость  $C_{p2}$  уменьшится в  $X$  раз при прочих равных условиях.

41. Определить, как изменится  $M_n$  резистивного усилительного каскада с ОК, если ёмкость конденсатора  $C_{p1}$  увеличить в  $X$  раз, а  $C_{p2}$  уменьшить в  $Y$  раз? Принять  $M_n=Z$  дБ и считать, что частотные искажения распределены между конденсаторами поровну.

42. Ёмкость какого из конденсаторов:  $C_{p1}$ ,  $C_{p2}$  или  $C_3$  – будет преобладать в каскаде с ОЭ, если на каждый из конденсаторов выделить равные доли результирующего коэффициента частотных искажений  $M_n$ ? Почему? Что необходимо делать для «выравнивания» ёмкостей конденсаторов?

43. Определить ёмкость конденсатора  $C_3$  резистивного усилительного каскада ОЭ, необходимую для получения  $M_n\leq A$  дБ на  $f_n=N$  Гц, если известно:  $R_1=Q$  Ом,  $E_k=J$  В,  $R_k=F$  кОм,  $R_n=G$  Ом,  $R_3=W$  Ом,  $R_{\delta 1}=X$  кОм,  $R_{\delta 2}=Y$  кОм,  $\beta_{cp}=Z$ ,  $r_{\delta}=P$  Ом,  $I_{0к}=D$  мА.

44. Полагая, что разделительные конденсаторы  $C_{p1}=A$  мкФ и  $C_{p2}=B$  мкФ в резистивном усилительном каскаде с ОК действуют независимо друг от друга, определите суммарный фазовый сдвиг между  $E_r$  и  $U_{\text{вых}}$ , создаваемый этими конденсаторами на частоте  $f_n=D$  Гц, если известно:  $r_{\text{вх}}=S$  Ом,  $\beta_{\text{тип}}=F$ ,  $r_{k(\text{э})}\approx J$  кОм,  $R_3=N$  кОм,  $R_n=Q$  кОм,  $R_6=W$  кОм, а ток покоя эмиттера  $I_{03}=L$  мА.

45. Определить емкости разделительных конденсаторов  $C_{p1}$  и  $C_{p2}$  усилительного каскада с ОК на транзисторе ГТ322А, у которого  $r_{\text{вх}}\approx A$  кОм,  $\beta=56$ ,  $r_{k(\text{э})}\approx 16$  кОм, ток покоя эмиттера  $I_{03}=Z$  мА, если нижняя граничная частота  $f_n=B$  Гц, а сопротивления резисторов составляют:  $R_3=C$  кОм,  $R_n=D$  кОм,  $R_{61}=S$  кОм,  $R_{62}=Q$  кОм.

46. Рассчитать фазовый сдвиг, обусловленный влиянием входного разделительного конденсатора  $C_{p1}=Z$  мкФ на  $f_n=Y$  Гц в резистивном усилительном каскаде ОЭ, если  $R_r=X$  Ом;  $R_{61}=A$  кОм;  $R_{62}=B$  кОм;  $r_6=C$  Ом;  $\beta_{cp}=50$ ;  $R_k=D$  кОм;  $E_k=15$  В;  $U_{R30}=0,2E_k$ ; ( $C_3\rightarrow\infty$ ).

47. Рассчитать фазовый сдвиг, вносимый разделительным конденсатором  $C_{p2}=50$  мкФ на нижней граничной частоте  $f_n=20$  Гц в резистивном усилительном каскаде ОК, если:  $E_k=12$  В;  $R_3=5,1$  кОм;  $R_{61}=510$  кОм;  $R_{62}=470$  кОм;  $\beta_{cp}=50$ ;  $r_6=200$  Ом;  $I_{03}=1$  мА;  $E_r=1$  В;  $R_r=50$  Ом.

48. Рассчитать фазовый сдвиг, вносимый разделительным конденсатором  $C_{p1}=X$  мкФ на нижней граничной частоте  $f_n=Y$  Гц в резистивном усилительном каскаде ОК, если:  $E_k=12,6$  В;  $R_3=Q$  кОм;  $R_n=Z$  кОм;  $R_{61}=A$  кОм;  $R_{62}=B$  кОм;  $\beta_{cp}=50$ ;  $r_6=200$  Ом;  $I_{03}=1$  мА;  $E_r=1$  В;  $R_r=100$  Ом.

49. Определить емкости навесных конденсаторов  $C_{p1}$ ,  $C_{p2}$  и  $C_3$  усилительного каскада с ОЭ на биполярном транзисторе, у которого  $r_{\text{вх}}=360$  Ом,  $\beta_{cp}=50$ ,  $r_{k(\text{э})}\approx 36$  кОм, ток покоя коллектора  $I_{0k}=Z$  мА, если нижняя граничная частота  $f_n=X$  Гц, а сопротивления резисторов составляют:  $R_k=Y$  кОм,  $R_n=Z$  кОм,  $R_3=A$  кОм,  $R_{61}=B$  кОм,  $R_{62}=D$  кОм.

50. Рассчитать сопротивления резисторов в типовом резистивно-емкостном усилительном каскаде с общим эмиттером, если известно:  $E_k=15$  В,  $U_{0кэ}=Z$  В,  $I_{0к}=A$  мА,  $U_{063}=X$  В,  $U_{0R3}=Y$  В;  $\beta=50$ . Какой теоретически максимальный неискаженный выходной сигнал можно получить на выходе этого каскада на нагрузочном сопротивлении  $R_n=Q$  кОм в области средних частот?

51. Рассчитать сопротивления резисторов в типовом резистивно-емкостном усилительном каскаде с общим коллектором, если известно:  $E_k=Z$  В,  $U_{0кэ}=Y$  В,  $I_{03}=A$  мА,  $U_{063}=Q$  В,  $\beta=50$ . Какой теоретически максимальный неискаженный выходной сигнал можно получить на выходе этого каскада на нагрузочном сопротивлении  $R_n=X$  кОм в области средних частот?

52. Используя характеристики транзистора, близкие к полученным на лабораторной работе, построить выходные динамические характеристики резистивного усилительного каскада с ОК, если  $E_k=Z$  В,  $R_n=X$  кОм,  $R_3=Y$  кОм (режим класса А).

53. Построить выходные динамические характеристики по постоянному и переменному току для резистивного усилительного каскада по схеме ОЭ, если  $E_k=Z$  В;  $R_k=X$  кОм;  $R_n=Y$  кОм;  $R_3=Q$  Ом (режим класса А; характеристики транзистора принять соответствующими используемым в лабораторной работе).

54. Рассчитать напряжение источника коллекторного питания  $E_k$  каскада с ОЭ RC-усилителя, если известно:  $U_{\text{вых}}=X$  В,  $R_n=Y$  кОм,  $R_k=Z$  кОм,  $R_3=Q$  кОм,  $R_{61}=W$  кОм,  $R_{62}=L$  кОм,  $r_6=260$  Ом,  $r_{k(\text{э})}\approx 40$  кОм,  $U_{k \text{ нас}}\leq 0,5$  В,  $\beta_{cp}=50$ , обратный тепловой ток коллектора  $I_{k0}=5$  мкА.

55. Каковы должны быть напряжение  $U_{0кэ}$  и ток  $I_{0к}$  покоя транзистора, используемого в качестве усилительного элемента в оконечном каскаде ОЭ RC-усилителя, для получения на средних частотах неискаженного выходного сигнала  $U_{\text{вых}}=X$  В на нагрузке  $R_n=Z$  Ом? Подходит ли для выполнения поставленной задачи транзистор с параметрами:  $I_{k0}=W$  мкА,  $\beta_{\text{тип}}=D$ ,  $U_{k \text{ нас}}\leq C$  В,  $U_{kэ \text{ max доп}}=A$  В,  $I_{kэ \text{ max доп}}=Z$  А,  $P_{k \text{ max доп}}=Y$  Вт.

56. Рассчитать входное сопротивление резистивного усилительного каскада с ОЭ в области средних частот, если параметры элементов схемы:  $E_k=L$  В;  $R_k=N$  кОм;  $R_n=B$  кОм;  $R_{61}=D$  кОм;  $R_{62}=A$  кОм;  $R_3=Y$  кОм;  $r_6=C$  Ом;  $\beta_{cp}=X$ ;  $I_{0к}=Z$  мА.

57. Рассчитать входное сопротивление эмиттерного повторителя на средних частотах, если:  $E_k=S$  В;  $R_3=A$  кОм;  $R_n=G$  кОм;  $R_{61}=R_{62}=E$  кОм;  $\beta=Y$ ;  $r_6=X$  Ом;  $I_{03}=Z$  мА.

58. Рассчитать входное сопротивление эмиттерного повторителя на средних частотах, если:  $E_k=W$  В;  $R_3=L$  кОм;  $R_H=P$  Ом;  $R_6=H$  кОм;  $\beta_{cp}=Y$ ;  $r_6=X$  Ом;  $I_{03}=Z$  мА.

59. Определить выходное сопротивление эмиттерного повторителя на средних частотах, если:  $R_1=J$  Ом;  $R_3=N$  кОм;  $R_H=B$  кОм;  $R_6=V$  кОм;  $\beta=C$ ;  $r_6=X$  Ом;  $r_3=Z$  Ом.

60. Определить выходное сопротивление каскада с ОЭ на средних частотах, если  $E_k=W$  В,  $R_k=A$  кОм,  $R_H=S$  кОм,  $R_3=Q$  кОм,  $R_{61}=W$  кОм,  $R_{62}=T$  кОм,  $\beta_{cp}=Y$ ,  $r_6=X$  Ом,  $I_{0k}=Z$  мА.

61. Каким образом, не меняя транзистора, можно повысить входное сопротивление каскада с ОЭ? Приведите несколько возможных способов, охарактеризовав каждый из них.

62. Каким образом, не меняя транзистора, можно повысить сквозной коэффициент усиления каскада с ОЭ? Приведите возможные способы, охарактеризовав каждый из них.

63. Определить значения  $K_u$ ,  $K_i$ ,  $R_{вх}$  и  $R_{вых}$  эмиттерного повторителя на транзисторе П416, у которого  $r_{вх}=B$  Ом,  $\beta=A$ ,  $r_{k(э)}\approx D$  кОм, если сопротивления внешних резисторов:  $R_3=X$  кОм,  $R_H=C$  кОм,  $R_6=V$  кОм, а ток покоя эмиттера  $I_{03}=Z$  мА.

64. Рассчитать коэффициенты усиления по току и напряжению усилительного каскада с ОЭ на транзисторе КТ312А, если параметры элементов:  $E_k=A$  В,  $R_k=C$  кОм,  $R_H=F$  кОм,  $R_3=N$  Ом,  $R_{61}=L$  кОм,  $R_{62}=M$  кОм,  $\beta_{cp}=X$ ,  $r_6=X$  Ом,  $I_{0k}=Z$  мА,  $C_3 \rightarrow \infty$ .

65. Определить обычный и сквозной коэффициенты усиления по напряжению усилительного каскада с ОК на биполярном транзисторе, у которого  $r_{вх}=A$  Ом,  $\beta=N$ ,  $r_{k(э)}\approx Z$  кОм, если сопротивления внешних резисторов:  $R_1=X$  Ом,  $R_3=Y$  кОм,  $R_H=K$  кОм,  $R_6=L$  кОм, а ток покоя эмиттера  $I_{03}=M$  мА.

66. Рассчитать максимальный ток, потребляемый от источника входного сигнала на средних частотах, необходимый для обеспечения амплитудного тока нагрузки  $I_{нм}=Y$  мА, если параметры элементов резистивного усилительного каскада с ОЭ, работающего в режиме класса А:  $E_k=L$  В;  $R_k=G$  кОм;  $R_H=F$  кОм;  $R_{61}=E$  кОм;  $R_{62}=D$  кОм;  $R_3=C$  кОм;  $r_6=B$  Ом;  $\beta_{cp}=A$ .

67. Определить коэффициент усиления по току каскада с ОК в области средних частот, если  $R_1=500$  Ом;  $R_3=A$  кОм;  $R_H=B$  кОм;  $\beta=C$ ;  $r_6=D$  Ом;  $r_3=E$  Ом.

68. Рассчитать сквозной коэффициент усиления по напряжению резистивного усилительного каскада ОЭ на средних частотах и величину  $U_{вых}$ , если:  $E_r=0,02$  В;  $R_1=50$  Ом;  $R_k=A$  кОм;  $R_H=B$  Ом;  $R_{61}=C$  кОм;  $R_{62}=D$  кОм;  $r_6=E$  Ом;  $\beta_{cp}=F$ ; ток покоя коллектора  $I_{0k}=G$  мА.

69. Определить, как изменится сквозной коэффициент усиления каскада с ОЭ на средних частотах при обрыве конденсатора  $C_3$ , если  $E_r=0,02$  В,  $R_1=50$  Ом,  $E_k=12$  В,  $R_k=A$ ,  $R_H=B$  Ом,  $R_3=C$  Ом,  $R_{61}=D$  кОм,  $R_{62}=E$  кОм,  $\beta_{cp}=F$ ,  $r_6=J$  Ом,  $I_{0k}=L$  мА.

70. Рассчитать амплитуду ЭДС входного сигнала, необходимую для получения  $U_{m_{вых}}=X$  В на нагрузочном сопротивлении  $R_H=Y$  кОм в области средних частот в схеме резистивного усилительного каскада с ОК, если сопротивления внешних резисторов:  $R_1=A$  кОм,  $R_3=B$  кОм,  $R_6=C$  кОм,  $r_{вх}=D$  Ом,  $\beta=E$ ,  $r_{k(э)}\approx F$  кОм, а ток покоя эмиттера  $I_{03}=H$  мА.