

Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана

Факультет «Радиоэлектроника и лазерная техника (РЛ)»

Кафедра «Технология приборостроения (РЛ6)»

Лабораторная работа №2

"Исследование усилителя радиочастоты."

по дисциплине "Устройства приема и преобразования сигналов"

Выполнил студент группы РЛ6-81

Филимонов С.В.

Преподаватель Мещереков В.Д.

Москва, 2024

Исследование УРЧ с одиночными и связанными контурами

Принципиальная схема УРЧ с одиночными и связанными контурами изображена на рис.1.

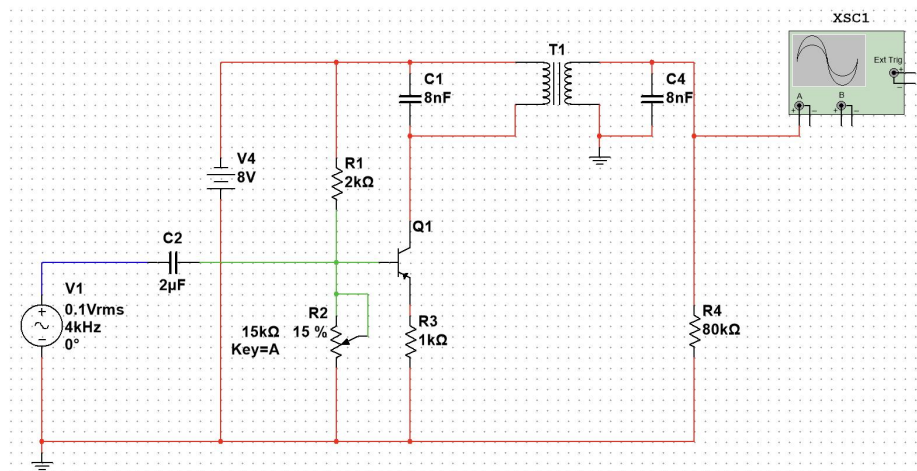


Рис. 1 – Электрическая принципиальная схема УРЧ с одиночными и связанными контурами

1. Рассчитаем АЧХ, меняя начальную частоту генератора V1 (3 кГц) от 100 Гц до 20 МГц. По полученным значениям построим график АЧХ (в логарифмическом масштабе). Значения амплитуды выходного сигнала взяты с осциллографа XSC1. Значение входного напряжения 0,1 В.

Полученные значения амплитуды выходного сигнала показаны в таблице 1.

Таблица 1

f(V1), кГц	Размах, В
0,1	0,014
0,2	0,032
0,5	0,088
0,8	0,146
1	0,186
2	0,468
3	1,226
3,5	2,746
3,8	7,586
4	9,33
4,2	5,842
4,5	2,712
5	1,480
6	0,814
8	0,458
10	0,360

На рисунке 2 представлена АЧХ и ФЧХ УРЧ с одиночными и связанными контурами.

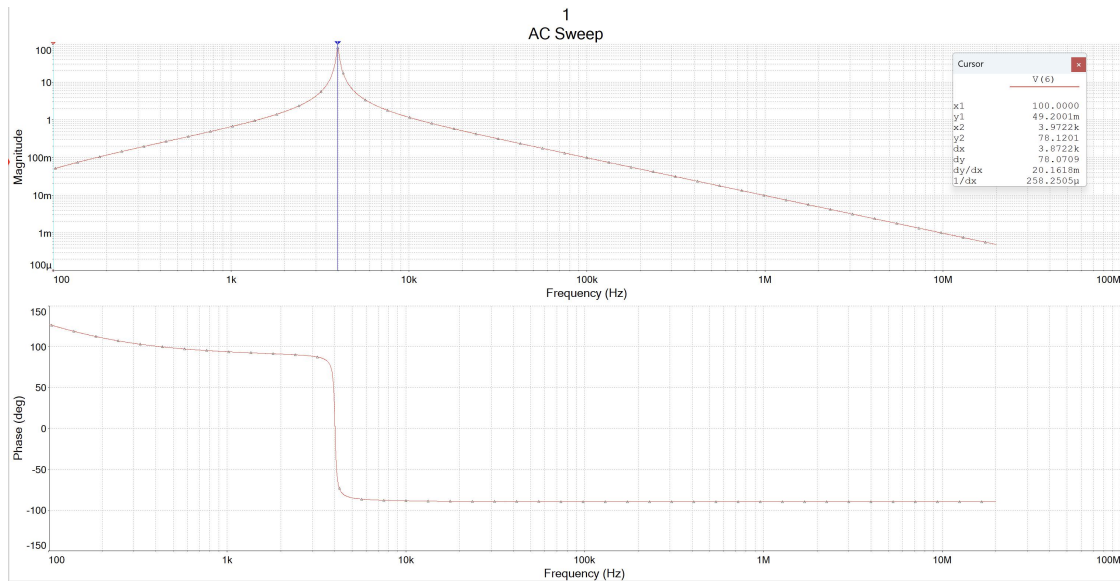


Рис. 2 – АЧХ и ФЧХ УРЧ с одиночными и связанными контурами

На осциллограмме, представленной на рисунке 3 видно, что форма выходного сигнала на частоте 4 кГц практически не искажается.

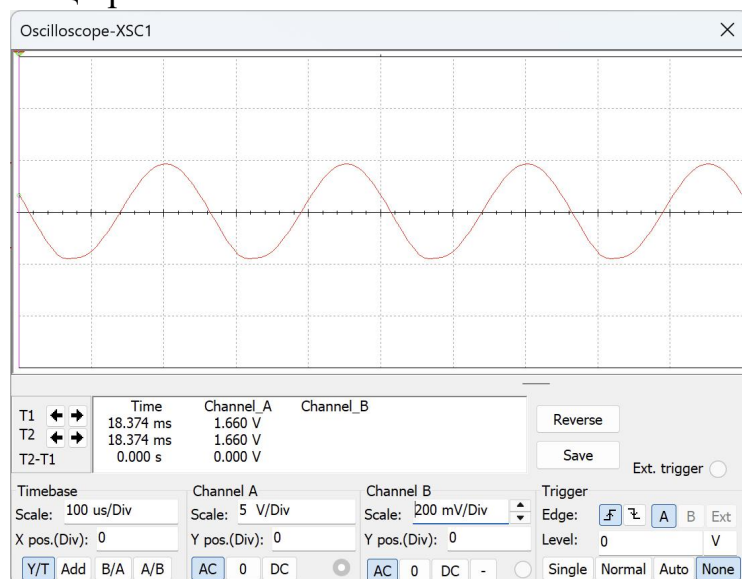


Рис. 3 – Осциллограмма выходного сигнала на частоте 4 кГц

2. Определим полосу пропускания, рассчитаем добротность и коэффициент прямоугольности (для значения входного напряжения 0,1 В) по формулам:

$$Q = \frac{f_0}{\Pi_{0,7}} = \frac{4 \cdot 10^3}{128} = 31,25; K_{пр} = \frac{\Pi_{0,1}}{\Pi_{0,7}} = \frac{1245}{128} = 9,73$$

3. Рассчитаем АЧХ, меняя начальную частоту генератора V1 (3 кГц) от 100 Гц до 20 МГц. По полученным значениям построим график АЧХ (в логарифмическом масштабе). Значения амплитуды выходного сигнала взяты с осциллографа XSC1. Значение входного напряжения 1 В.

Полученные значения амплитуды выходного сигнала показаны в таблице 2.

Таблица 2

f(V1), кГц	Размах, В
0,1	0,138
0,2	0,326
0,5	0,876
0,8	1,450
1	1,862
2	4,752
3	13,381
4	11,950
5	9,907
6	8,116
8	4,544
10	3,262
15	1,970
20	1,434
40	0,694

На рисунке 4 представлена АЧХ и ФЧХ УРЧ с одиночными и связанными контурами.

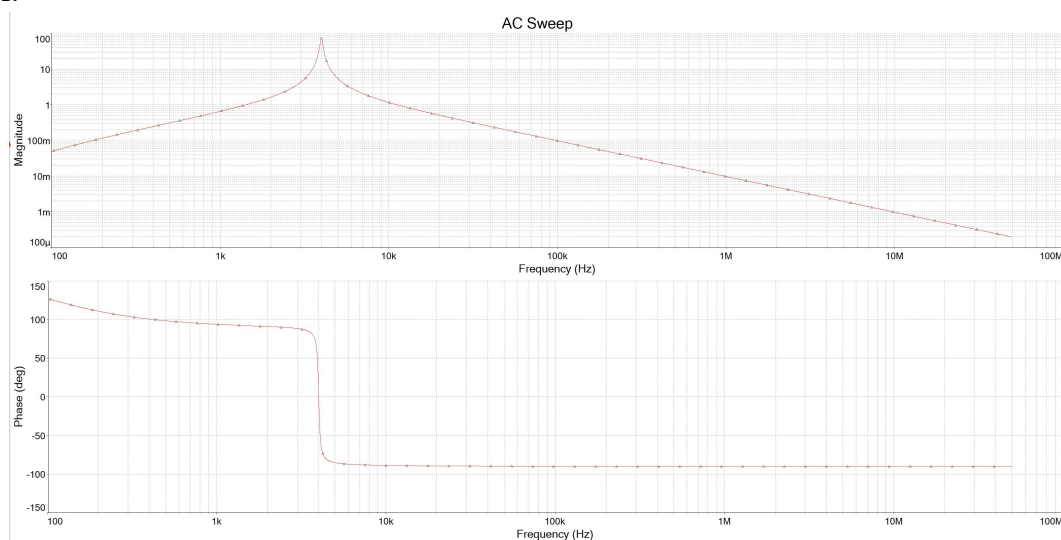


Рис. 4 – АЧХ и ФЧХ УРЧ с одиночными и связанными контурами

На осциллограмме, представленной на рисунке 5 видно, что форма выходного сигнала на частоте 4 кГц несколько искажается. Также искажение наблюдается вблизи данной частоты (на частотах 3 кГц и 5 кГц).

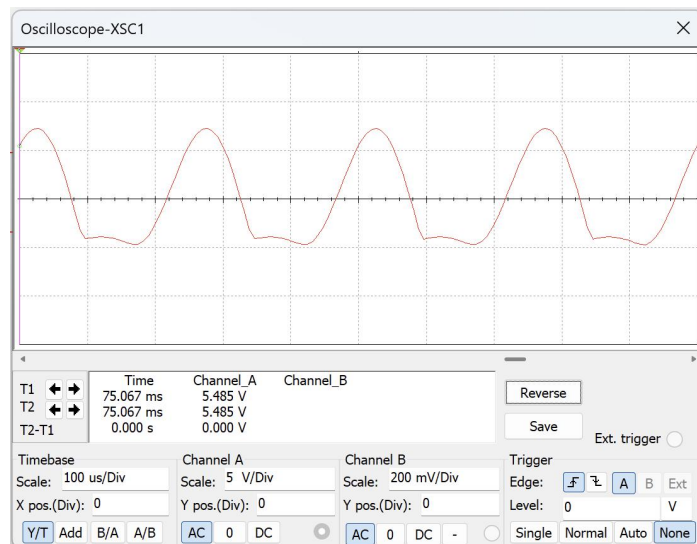


Рис. 5 – Осциллограмма выходного сигнала на частоте 4 кГц

4. Полоса пропускания, рассчитаем добротность и коэффициент прямоугольности (для значения входного напряжения 1 В) по формулам:

$$Q = \frac{f_0}{\Pi_{0,7}} = \frac{4 \cdot 10^3}{132} = 30,30; K_{пр} = \frac{\Pi_{0,1}}{\Pi_{0,7}} = \frac{1249}{132} = 9,46$$

5. Коэффициент усиления для частоты входного сигнала $f_1 = 3$ кГц и $f_2 = 4$ кГц как отношение размаха выходного сигнала, взятого с осциллографа, к действующему значению напряжения на источнике. Расчётные значения для входного сигнала с частотой $f_1 = 3$ кГц показаны в таблице 3.

Таблица 3

Входное напряжение $U_{вхупч}$, мВ	100	300	500	700	1000	1500
Выходное напряжение $U_{вых упч}$, В	1,222	3,666	6,104	8,552	13,379	16,135
Коэффициент усиления $K = \frac{U_{вых}}{2\sqrt{2}U_{вх}}$	4,320	4,320	4,316	4,319	4,73	3,803

где $U_{вых}$ – размах выходного сигнала;

$U_{вх}$ – действующее значение входного напряжения (напряжения, установленного на источнике).

Расчетные значения для входного сигнала с частотой $f_2 = 4$ кГц показаны в таблице 4. Таблица 4:

Входное напряжение $U_{вхупч}$, мВ	100	300	500	700	1000	1500
Выходное напряжение $U_{вых упч}$, В	9,135	9,766	10,289	11,037	11,954	13,444
Коэффициент усиления $K = \frac{U_{вых}}{2\sqrt{2}U_{вх}}$	32,297	11,509	7,275	5,574	4,266	3,168

ВЫВОД

1. Схема представляет собой УПЧ, собранный на биполярном транзисторе по схеме с ОК. Конденсатор С2 является разделительным, ФВЧ, не пропускает постоянную составляющую из предыдущего каскада на усилитель. R1, R2 задают рабочую точку усилителя, которая выбрана примерно в середине динамического диапазона усилителя и составляет $\approx \frac{E}{2}$. Батарея V4 установлена таким образом, так как выбран рnp биполярный транзистор. В коллекторную цепь подключен связанный колебательный контур, резонанс которого приходится примерно на 4 кГц. В цепи эмиттера R3 выполняет функцию термостабилизации (за счёт ООС по току).

Вид АЧХ определяется связанным контуром имеет колоколообразный вид с вершиной в точке 4 кГц. ФЧХ в области низких частот опережает сигнал на 90 градусов (индуктивный характер), с повышением частоты приобретает сдвиг фазы -90 (емкостной характер).

Исследование двухкаскадного транзисторного усилителя радиочастоты

Принципиальная схема двухкаскадного УРЧ изображена на рис. 7.

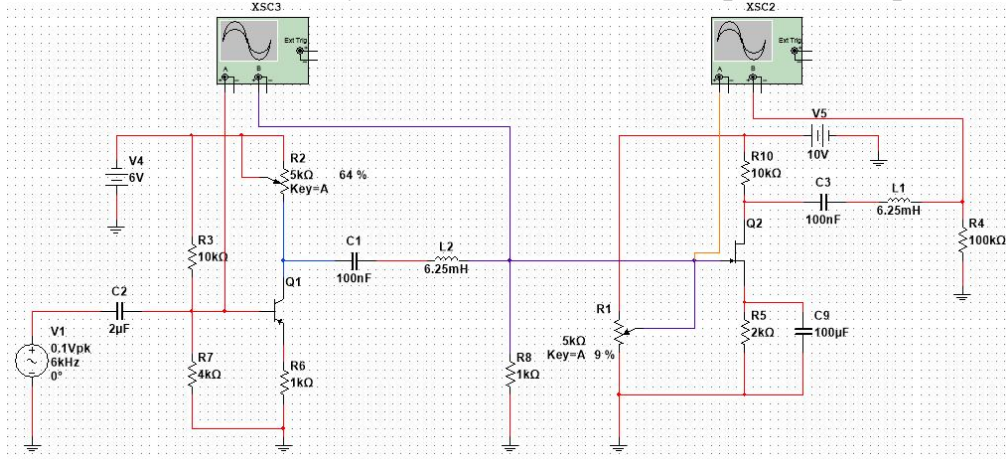


Рис. 6 – Электрическая принципиальная схема двухкаскадного УРЧ

1. Рассчитаем АЧХ, меняя начальную частоту генератора V1 (6 кГц) от 100 Гц до 20 МГц. По полученным значениям построим график АЧХ (в логарифмическом масштабе). Значения амплитуды выходного сигнала взяты с осциллографа XSC2. Значение входного напряжения 0,1 В.

Полученные значения амплитуды выходного сигнала показаны в таблице 5.

Таблица 5

f(V1), кГц	Размах, В
0,1	0,005
0,2	0,017
0,5	0,055
0,8	0,092
1	0,117
2	0,240
3	0,366
4	0,487

5	0,581
6	0,630
7	0,630
8	0,600
9	0,557
10	0,513
15	0,345
20	0,255
20000	0,000035

Форма выходного сигнала не искажается.

На рисунке 7 представлена АЧХ и ФЧХ двухкаскадного УРЧ.

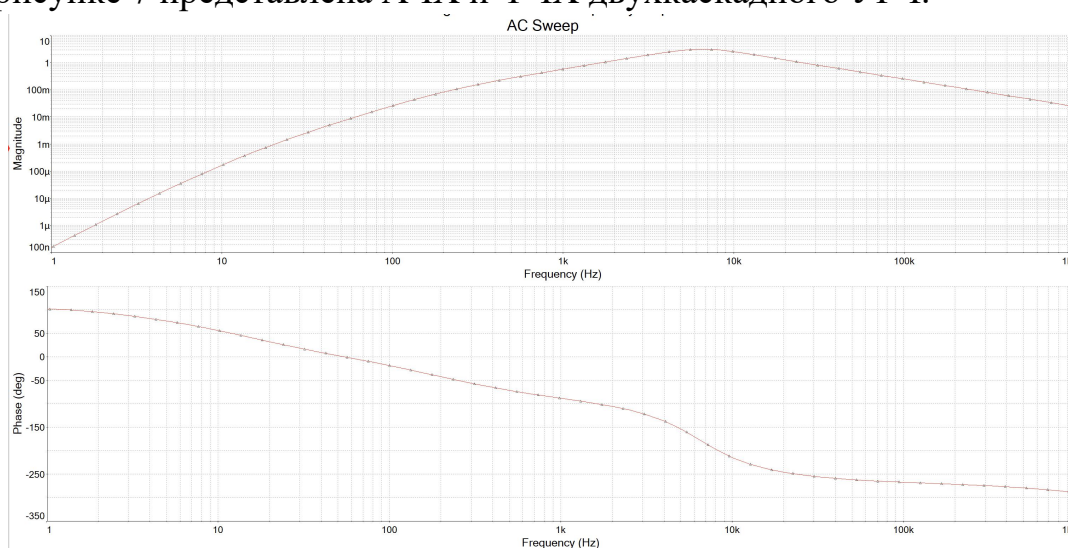


Рис. 7 – АЧХ и ФЧХ двухкаскадного УРЧ

2. Определим полосу пропускания, рассчитаем добротность и коэффициент прямоугольности (для значения входного напряжения 0,1 В) по формулам:

$$Q = \frac{f_0}{\Pi_{0,7}} = \frac{6,3 \cdot 10^3}{7,82 \cdot 10^3} = 0,07; K_{пр} = \frac{\Pi_{0,1}}{\Pi_{0,7}} = \frac{78,15 \cdot 10^3}{7,82 \cdot 10^3} = 9,99$$

3. Рассчитаем АЧХ, меняя начальную частоту генератора V1 (3 кГц) от 100 Гц до 20 МГц. По полученным значениям построим график АЧХ (в логарифмическом масштабе). Значения амплитуды выходного сигнала взяты с осциллографа XSC1. Значение входного напряжения 0,5 В.

Полученные значения амплитуды выходного сигнала показаны в таблице 2.

Таблица 6

f(V1), кГц	Размах, В
0,1	0,026
0,2	0,083
0,5	0,274

0,8	0,460
1	0,582
2	1,201
3	1,803
4	2,281
5	2,420
6	2,389
8	2,180
9	2,108
10	2,060
15	1,690
20	1,270
40	0,627
20000	0,0001

На рисунке 8 представлена АЧХ и ФЧХ АЧХ и ФЧХ двухкаскадного УРЧ

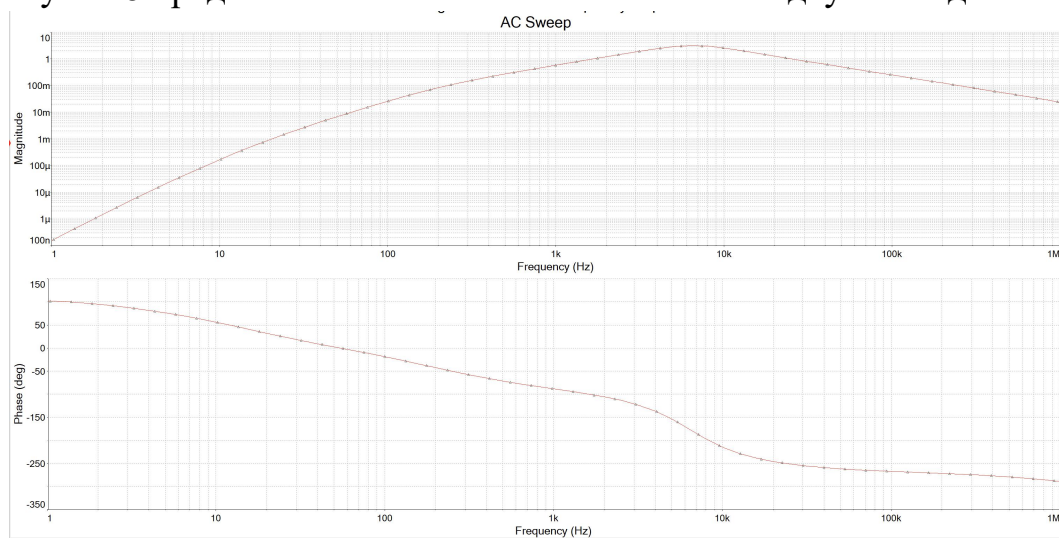


Рис. 8 – АЧ и ФЧХ двухкаскадного УРЧ

На осциллограмме, представленной на рисунке 10 видно, что форма выходного сигнала на частоте 6 кГц искажается.

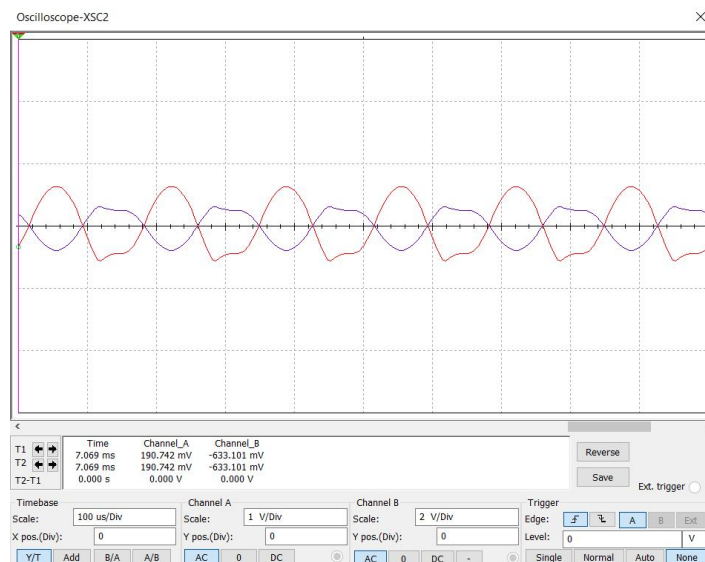


Рис. 9 – Осциллограмма выходного сигнала на частоте 6 кГц

4. Определим полосу пропускания, рассчитаем добротность и коэффициент прямоугольности (для значения входного напряжения 1 В) по формулам:

$$Q = \frac{f_0}{\Pi_{0,7}} = \frac{6,3 \cdot 10^3}{7,73 \cdot 10^3} = 0,09; K_{пр} = \frac{\Pi_{0,1}}{\Pi_{0,7}} = \frac{78,15 \cdot 10^3}{7,82 \cdot 10^3} = 9,94$$

5. Рассчитаем коэффициент усиления для частоты входного сигнала $f_i = 5$ кГц как отношение размаха выходного сигнала, взятого с осциллографа, к действующему значению напряжения на источнике, пользуясь формулой, приведенной ниже. Таблица 7:

Входное напряжение $U_{вх}$, мВ	100	300	500	700	1000	1500
Выходное напряжение $U_{вых}$, В	0,581	1,710	2,43	2,74	3,05	3,37
Коэффициент усиления	2,05	2,02	1,72	1,38	1,07	0,79

где $U_{вых}$ – размах выходного сигнала;

$U_{вх}$ – действующее значение входного напряжения (напряжения, установленного на источнике).

ВЫВОД

1. Схема представляет собой двухкаскадный УПЧ с полосовыми фильтрами. Конденсатор С2 является разделительным, ФВЧ, не пропускает постоянную составляющую из предыдущего каскада на усилитель. R3, R7, R1 задают рабочие точки усилителей, которые выбраны примерно в середине динамического диапазона усилителя и составляют $\approx \frac{E}{2}$. К коллекторной цепи обоих каскадов подключен полосовой фильтр, настроенный на частоту 6,3 кГц. В цепи эмиттера 1-го каскада R6 выполняет функцию термостабилизации (за счёт ООС по току). В цепи истока 2-го каскада R5 осуществляет аналогичную функцию, а С9 шунтирует ООС по току по переменной составляющей на землю. Оба каскада осуществляют усиление и по току, и по напряжению.

Вид АЧХ определяется полосовыми фильтрами и имеет колоколообразный вид с вершиной в точке 6,3 кГц. ФЧХ в области низких частот опережает сигнал на 90 градусов (индуктивный характер), с повышением частоты приобретает сдвиг фазы -90 (емкостной характер), а также добавляется сдвиг -180 (каскад на полевом транзисторе с ОИ - инвертирующий), когда имеющийся сигнал пропускается полосовым фильтром.