

(часть шестая или окончание...)↓

П.2 Графики.

П.2.1 Семейства девиаций от амплитудно-частотной и фазо-частотной характеристик коэффициента передачи по напряжению Ниспадающей Частотной Ступени идеальной по RIAA-стандарту при «уединённых» вариациях параметров R1, R2 и C1 (см. рис.3).

Пояснения к графикам на рис.П.2.1.1-П.2.1.3.

1. Графики построены тоже с помощью программного продукта Excel 2000 американской корпорации Microsoft ®.

Для того, чтобы графики были «максимально гладкими», нам пришлось отказаться от «точных» значений частот «Стандартного равномерного логарифмического ряда» (см. п.2 в П.1.1). Мы вычислили «истинно равномерный логарифмический ряд» для 101 «частотной точки» от 1Hz до 100000Hz по формуле: $f=10^N$ Hz, где $N=0; 0,05; 0,1 \dots 4,95; 5$.

Между прочим, «негладкость» графиков при «негладкой» неравномерности логарифмической шкалы частот ярче всего проявляется на изображениях девиаций ФЧХ.

2. При вычислениях значений функций для графиков было принято, что постоянные времени точно равны $\tau_2=1/2 \cdot \pi \cdot 500$ s (по $f=500$ Hz), $\tau_3=1/2 \cdot \pi \cdot 50$ s (по $f=50$ Hz).

3. Для вычислений значений функций для графиков оказалось возможным использовать только относительные вариации параметров C1, R1 и R2 при точно известных τ_2 и τ_3 . Т.е. наши графики верны для любой «совокупной вокруг τ_2 и τ_3 » тройки элементов C1, R1 и R2. Сами «абсолютные значения» параметров C1, R1 и R2 роли не играют.

4. Относительные вариации параметров определяются так: $\text{var}=A/B$, где **var** - относительное значение отклонения параметра A от параметра B; A – значение параметра (C1, R1 или R2), соответствующее заданной вариации; B – значение параметра (C1, R1 или R2), соответствующее идеальной ЧХ.

Вариации параметров «уединённые». Т.е. если один из параметров имеет отклонение от идеального значения, то два других параметра точно соответствуют своим идеальным значениям.

5.1. На графиках рис. П2.1.1А представлено семейство девиаций АЧХ Ниспадающей Частотной Ступени от идеала при вариации параметра R1, что обозначено на рисунке как $R1=\text{var}$.

Конкретной вариации соответствует свой цвет линии графика семейства, что также показано на рисунке. Функция, определяющая это семейство девиаций, вычислялась так.

$$\Delta = \left| \dot{K}_{\text{var}} \right| \text{dB} - \left| \dot{K} \right| \text{dB};$$

$$\left| \dot{K}_{\text{var}} \right| \text{dB} = 20 \lg \left| \dot{K}_{\text{var}} \right|;$$

$$\left| \dot{K}_{\text{var}} \right| = \sqrt{\frac{1 + (f/500)^2}{1 + ((0,9 \cdot \text{var} + 0,1) \cdot f/50)^2}},$$

где Δ - искомая девиация, [dB]; $\left| \dot{K} \right| \text{dB}$ - значение модуля коэффициента передачи идеальной

Ниспадающей Частотной Ступени на частоте f , [dB]; $\left| \dot{K}_{\text{var}} \right|$ - значение модуля коэффициента

передачи неидеальной Ниспадающей Частотной Ступени на частоте f , соответствующее заданной относительной вариации \mathbf{var} параметра $R1$.

Очевидно, что $\left| \dot{\mathbf{K}}_{\mathbf{var}} \right| = \left| \dot{\mathbf{K}} \right|$ и $\Delta=0\text{dB}$ при $\mathbf{var}=1$ на любой частоте.

5.2. На графиках рис. П2.1.1Ф представлено семейство девиаций ФЧХ Ниспадающей Частотной Ступени от идеала при вариации параметра $R1$, что обозначено на рисунке как $R1=\mathbf{var}$.

Конкретной вариации соответствует свой цвет линии графика семейства, что также показано на рисунке. Функция, определяющая это семейство девиаций, вычислялась так.

$$\Delta = \varphi_{\mathbf{var}}^{\circ} - \varphi^{\circ};$$

$$\varphi_{\mathbf{var}}^{\circ} = \arctg(f / 500) - \arctg((0,9 \cdot \mathbf{var} + 0,1) \cdot f / 50),$$

где Δ - искомая девиация, [градусы]; φ° - значение фазы коэффициента передачи идеальной

Ниспадающей Частотной Ступени на частоте f , [градусы]; $\varphi_{\mathbf{var}}^{\circ}$ - значение фазы коэффициента передачи неидеальной Ниспадающей Частотной Ступени на частоте f , соответствующее заданной относительной вариации \mathbf{var} параметра $R1$, [градусы].

Очевидно, что $\varphi_{\mathbf{var}}^{\circ} = \varphi^{\circ}$ и $\Delta=0^{\circ}$ при $\mathbf{var}=1$ на любой частоте.

6.1. На графиках рис. П2.1.2А представлено семейство девиаций АЧХ Ниспадающей Частотной Ступени от идеала при вариации параметра $R2$, что обозначено на рисунке как $R2=\mathbf{var}$.

Конкретной вариации соответствует свой цвет линии графика семейства, что также показано на рисунке. Функция, определяющая это семейство девиаций, вычислялась так.

$$\Delta = \left| \dot{\mathbf{K}}_{\mathbf{var}} \right| \text{dB} - \left| \dot{\mathbf{K}} \right| \text{dB};$$

$$\left| \dot{\mathbf{K}}_{\mathbf{var}} \right| \text{dB} = 20 \lg \left| \dot{\mathbf{K}}_{\mathbf{var}} \right|;$$

$$\left| \dot{\mathbf{K}}_{\mathbf{var}} \right| = \sqrt{\frac{1 + (\mathbf{var} \cdot f / 500)^2}{1 + ((0,9 + 0,1 \cdot \mathbf{var}) \cdot f / 50)^2}},$$

где Δ - искомая девиация, [dB]; $\left| \dot{\mathbf{K}} \right| \text{dB}$ - значение модуля коэффициента передачи идеальной

Ниспадающей Частотной Ступени на частоте f , [dB]; $\left| \dot{\mathbf{K}}_{\mathbf{var}} \right|$ - значение модуля коэффициента

передачи неидеальной Ниспадающей Частотной Ступени на частоте f , соответствующее заданной относительной вариации \mathbf{var} параметра $R2$.

Очевидно, что $\left| \dot{\mathbf{K}}_{\mathbf{var}} \right| = \left| \dot{\mathbf{K}} \right|$ и $\Delta=0\text{dB}$ при $\mathbf{var}=1$ на любой частоте.

6.2. На графиках рис. П2.1.2Ф представлено семейство девиаций ФЧХ Ниспадающей Частотной Ступени от идеала при вариации параметра $R2$, что обозначено на рисунке как $R2=\mathbf{var}$.

Конкретной вариации соответствует свой цвет линии графика семейства, что также показано на рисунке. Функция, определяющая это семейство девиаций, вычислялась так.

$$\Delta = \varphi_{\mathbf{var}}^{\circ} - \varphi^{\circ};$$

$$\varphi_{\mathbf{var}}^{\circ} = \arctg(\mathbf{var} \cdot f / 500) - \arctg((0,9 + 0,1 \cdot \mathbf{var}) \cdot f / 50),$$

где Δ - искомая девиация, [градусы]; φ° - значение фазы коэффициента передачи идеальной

Ниспадающей Частотной Ступени на частоте f , [градусы]; $\varphi_{\mathbf{var}}^{\circ}$ - значение фазы коэффициента передачи неидеальной Ниспадающей Частотной Ступени на частоте f , соответствующее заданной относительной вариации \mathbf{var} параметра $R2$, [градусы].

Очевидно, что $\varphi_{\mathbf{var}}^{\circ} = \varphi^{\circ}$ и $\Delta=0^{\circ}$ при $\mathbf{var}=1$ на любой частоте.

7.1. На графиках рис. П2.1.3А представлено семейство девиаций АЧХ Ниспадающей Частотной Ступени от идеала при вариации параметра С1, что обозначено на рисунке как $C1=var$. Конкретной вариации соответствует свой цвет линии графика семейства, что также показано на рисунке. Функция, определяющая это семейство девиаций, вычислялась так.

$$\Delta = \left| \dot{K}_{var} \right|_{dB} - \left| \dot{K} \right|_{dB};$$

$$\left| \dot{K}_{var} \right|_{dB} = 20 \lg \left| \dot{K}_{var} \right|;$$

$$\left| \dot{K}_{var} \right| = \sqrt{\frac{1 + (var \cdot f / 500)^2}{1 + (var \cdot f / 50)^2}},$$

где Δ - искомая девиация, [dB]; $\left| \dot{K} \right|_{dB}$ - значение модуля коэффициента передачи идеальной

Ниспадающей Частотной Ступени на частоте f , [dB]; $\left| \dot{K}_{var} \right|$ - значение модуля коэффициента

передачи неидеальной Ниспадающей Частотной Ступени на частоте f , соответствующее заданной относительной вариации var параметра С1.

Очевидно, что $\left| \dot{K}_{var} \right| = \left| \dot{K} \right|$ и $\Delta=0dB$ при $var=1$ на любой частоте.

7.2. На графиках рис. П2.1.3Ф представлено семейство девиаций ФЧХ Ниспадающей Частотной Ступени от идеала при вариации параметра С1, что обозначено на рисунке как $C1=var$. Конкретной вариации соответствует свой цвет линии графика семейства, что также показано на рисунке. Функция, определяющая это семейство девиаций, вычислялась так.

$$\Delta = \varphi_{var}^{\circ} - \varphi^{\circ};$$

$$\varphi_{var}^{\circ} = \arctg(var \cdot f / 500) - \arctg(var \cdot f / 50),$$

где Δ - искомая девиация, [градусы]; φ° - значение фазы коэффициента передачи идеальной

Ниспадающей Частотной Ступени на частоте f , [градусы]; φ_{var}° - значение фазы коэффициента передачи неидеальной Ниспадающей Частотной Ступени на частоте f , соответствующее заданной относительной вариации var параметра С1, [градусы].

Очевидно, что $\varphi_{var}^{\circ} = \varphi^{\circ}$ и $\Delta=0^{\circ}$ при $var=1$ на любой частоте.

8. На семействах девиаций ФЧХ рис.П2.1.1Ф, П2.1.2Ф, П2.1.3Ф чёрным цветом мы изобразили по две «экспоненты». Эти «чёрные экспоненты» соответствуют прямым линиям, выходящим из начала координатной системы «фаза-частота», когда масштаб шкалы частот был бы линеен так же, как у шкалы фаз. Известно, что такая «прямая и стационарная» ФЧХ функционально есть ничто иное, как простая задержка (или опережение) всего сигнала на постоянное время, определяемое углом наклона этой ФЧХ к оси частот. Мы выбрали для «чёрных экспонент» углы наклона, соответствующие по нашему мнению «пороговым задержкам (опережениям)» ощущаемых человеком. А именно, $t_{пор} = 5\mu s$. Поэтому, уравнение для «чёрных экспонент» выглядит так: $\varphi_{пор} = \pm 360 \cdot f \cdot 5 \cdot 10^{-6}$ (градусы). В общем-то, мы думаем, что «пороговая задержка (опережение)» определяется сектором между двумя «экспонентами». Если ФЧХ не выходит за границы этого сектора, то и «мы» согласно Пороговой Догме не слышим искажений ФЧХ. Таким образом, «секторы» определяются двумя соседними из семейства лучей, выходящих

из начала координат:
$$\begin{cases} \varphi_{пор1}^{\circ} = \pm 360 \cdot f \cdot 5 \cdot 10^{-6} \cdot (c + n) \\ \varphi_{пор2}^{\circ} = \pm 360 \cdot f \cdot 5 \cdot 10^{-6} \cdot (c + n + 1) \end{cases}, \text{ где } n=0,1,2,3,4 \dots \text{ (натуральное число или}$$

ноль); c – константа, «центрирующая» сектор. Т.е. на графиках ФЧХ изображён «частный случай» для трёх соседних «пороговых» лучей при $n=0;1$ и $c=-1$.

«Логарифмический масштаб» исказил прямые и светлые лучи до неузнаваемости. И они стали «чёрными экспонентами». И вообще, искажения «масштаба частот» изоморфны (если примитивно, то – аналогичны) искажениям «масштаба времён». Что определяет наше толкование искажений ФЧХ, как искажений масштаба времени «в малом», и природу наших релятивистских метафор (см. Введение и другие места).

Такие искажения масштаба времени «в малом» абсолютно не свойственны натуральным средам распространения воздействий, в том числе и средам акустическим. Соответственно, Человек относит эти «искажения масштаба времени» скорее к «сосредоточенному объекту», чем к самой среде. Поэтому «мы» и слышим «как звучит идеально линейная электроакустическая аппаратура» и очень легко этот «электроакустический звук» идентифицируем через ординарный, вульгарный (обыкновенный) громкоговоритель, который в этом отношении подобен среде. А отсюда – один шаг до рандомизации. «И этот шаг уже сделан» (конец цитаты). Однако, есть и другие, не столь косметические, пути. Как нам, Вашим покорным слугам, кажется.

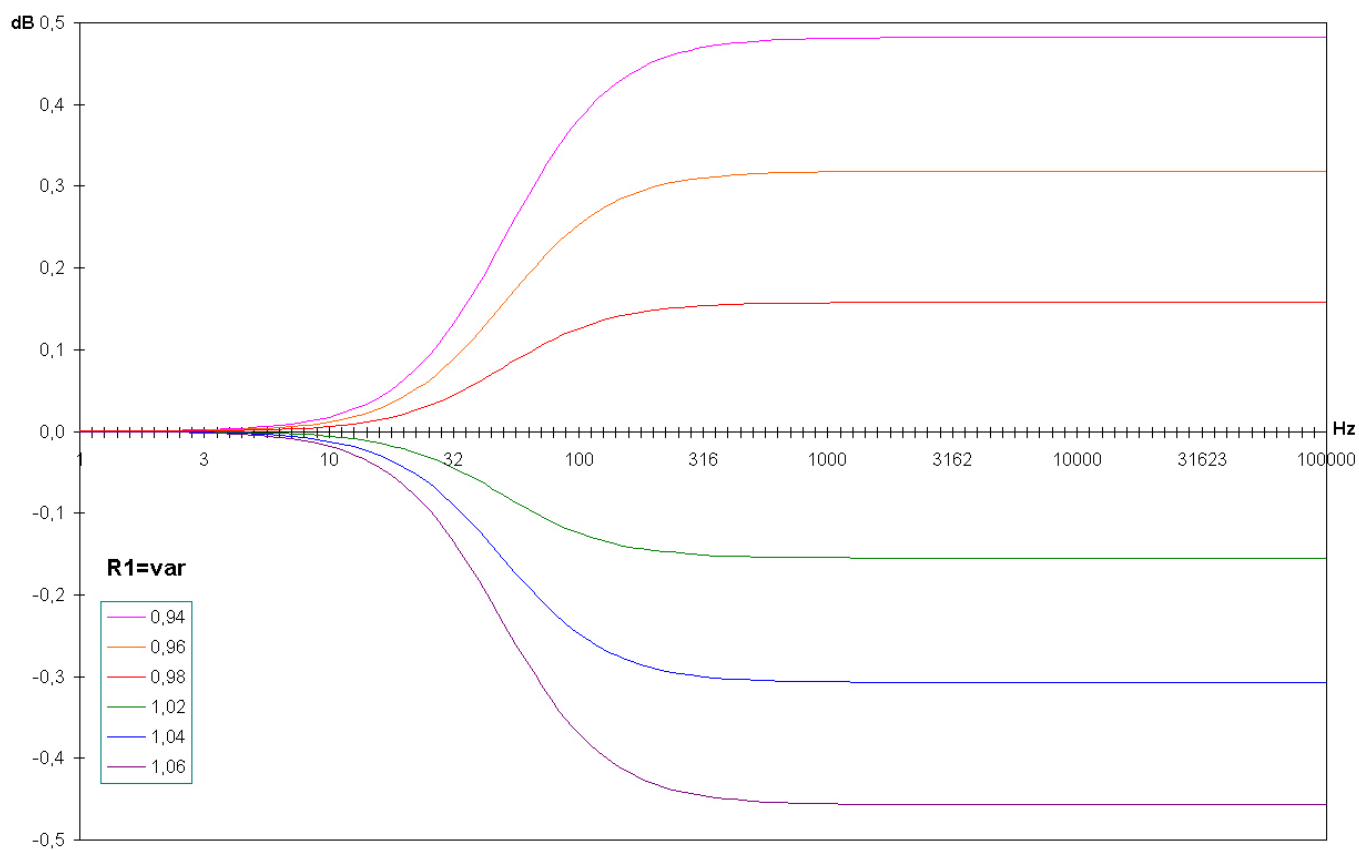


Рис.П.2.1.1А

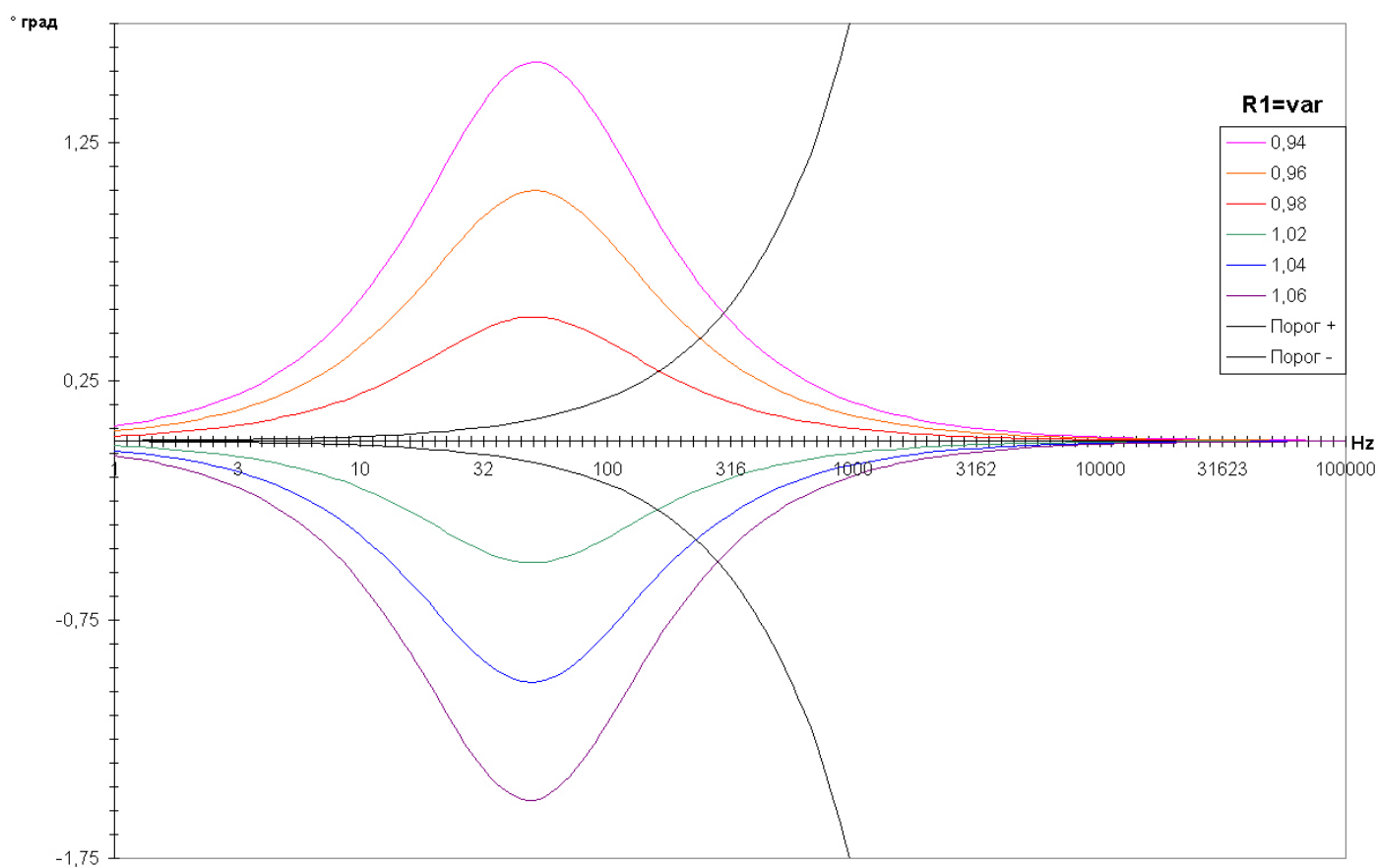


Рис.П.2.1.1Ф

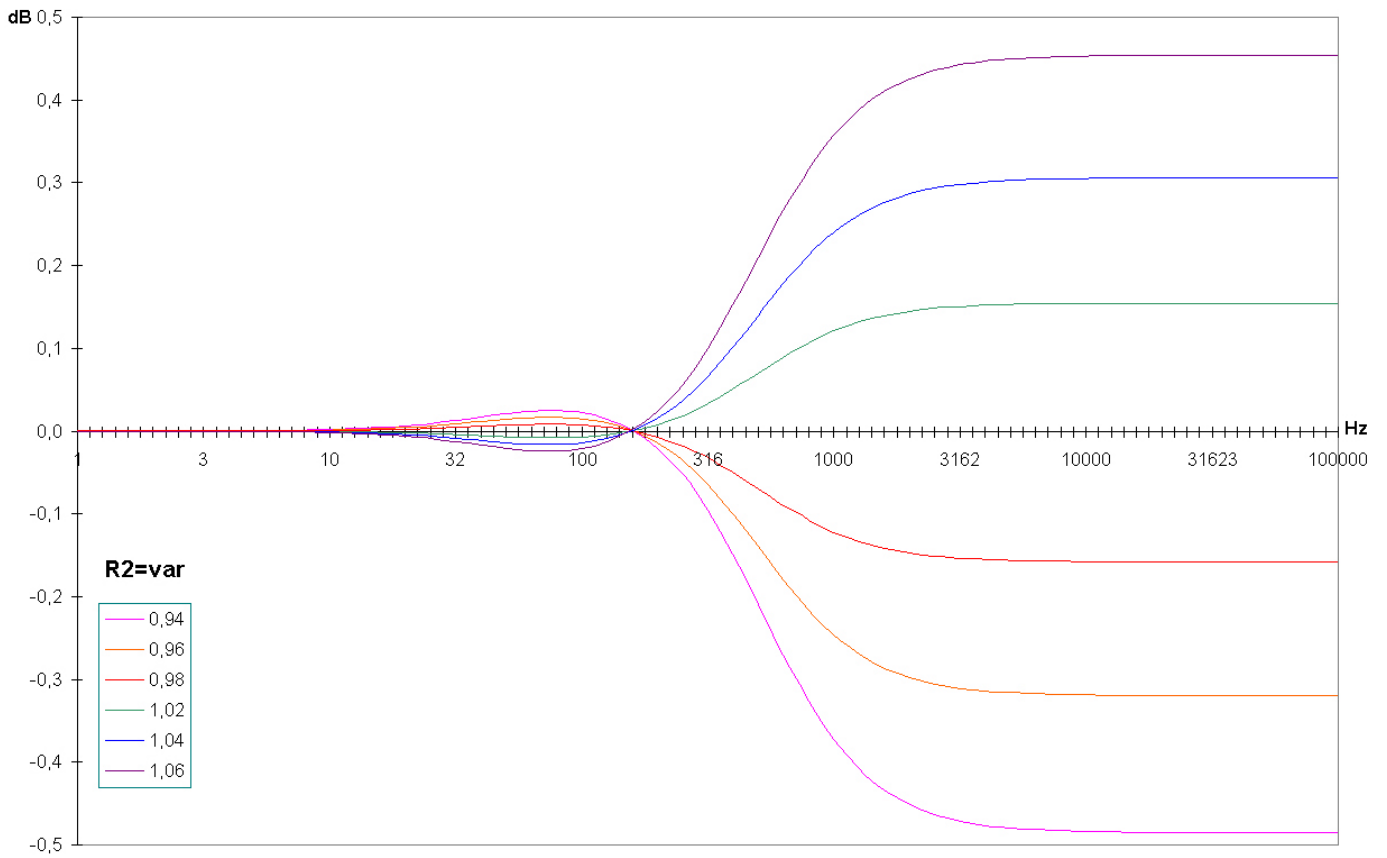


Рис.П.2.1.2А

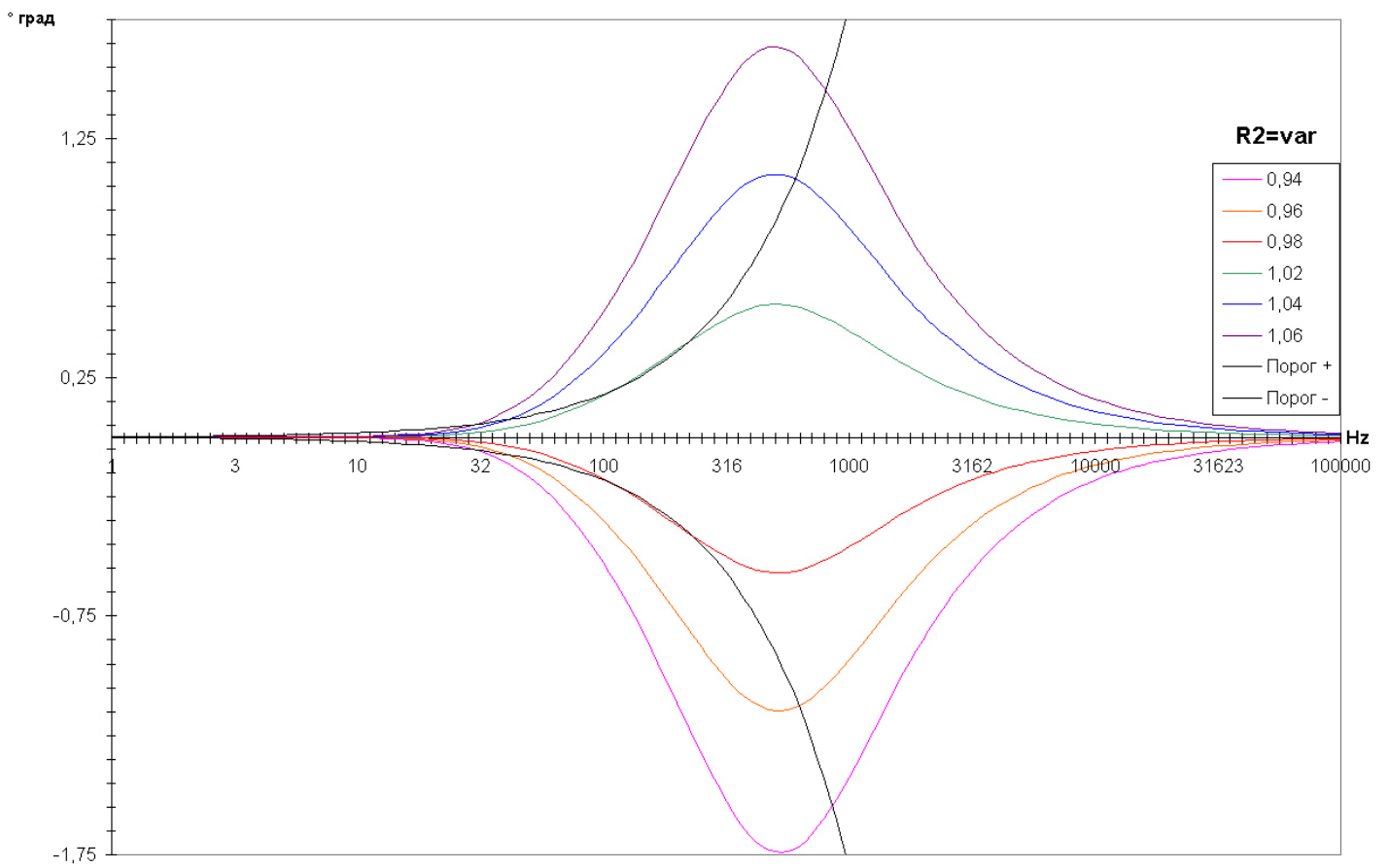


Рис.П.2.1.2Ф

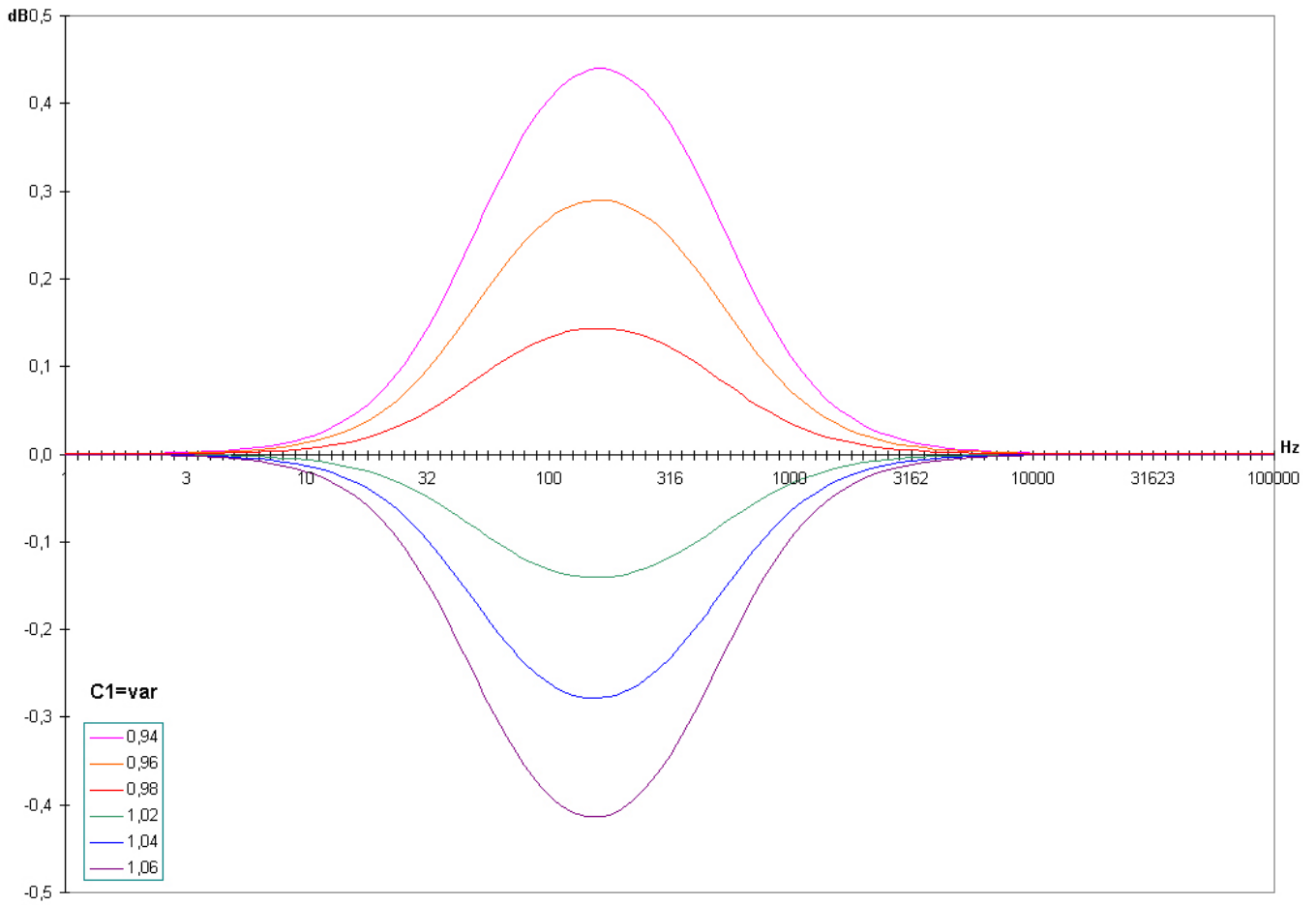


Рис.П.2.1.3А

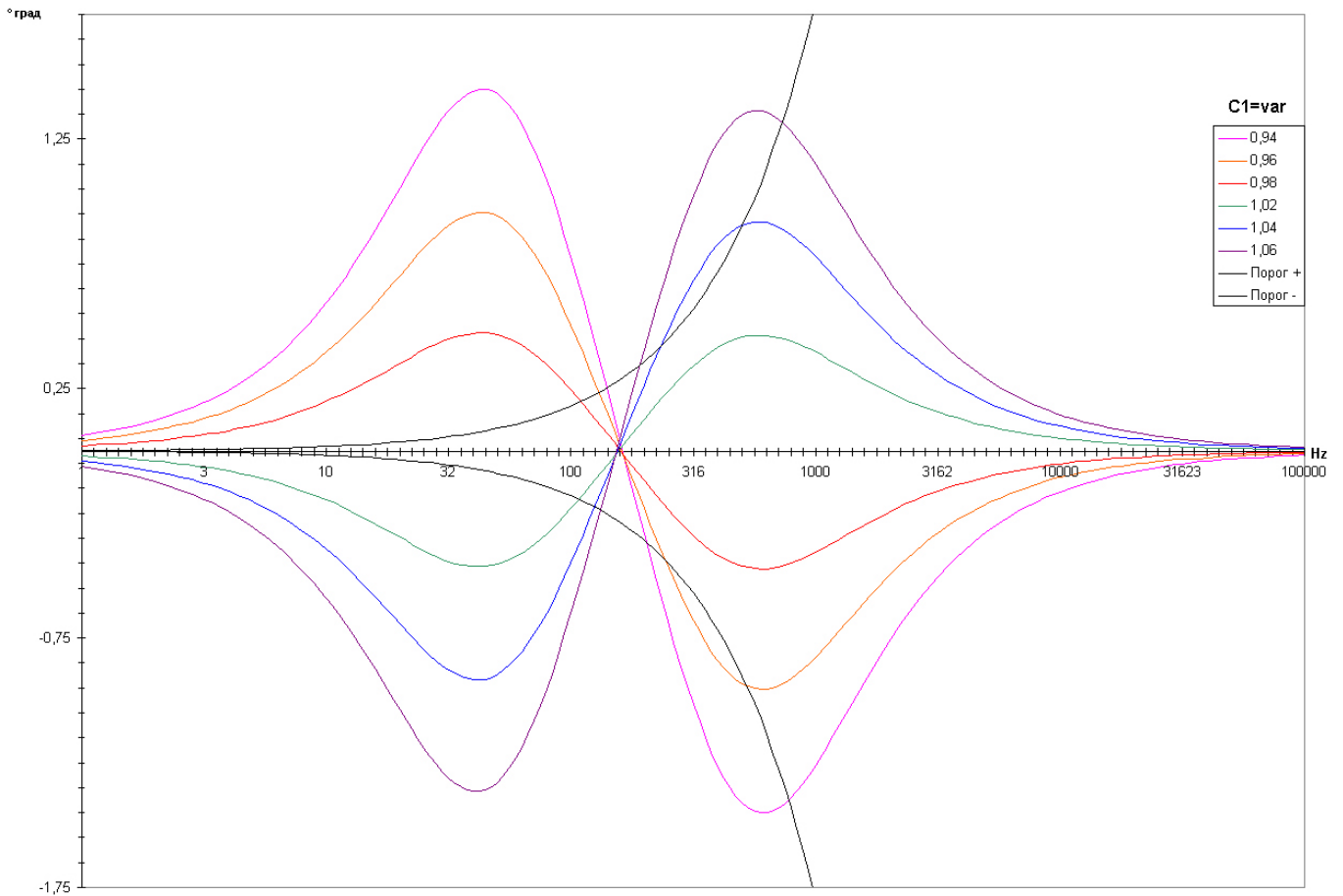


Рис.П.2.1.3Ф

П.2.2 Семейства девиаций от амплитудно-частотной и фазо-частотной характеристик коэффициента передачи по напряжению четырёхполюсника «традиционной» коррекции идеального для RIAA-стандарта при «уединённых» вариациях параметров R1, R3 и C2 (см. рис.12).

Пояснения к графикам на рис.П.2.2.1 – П.2.2.3.

1. Абсолютные значения параметров R1, R2, R3, C1 и C2 для «нулевой» девиации соответствуют рассчитанным в примере п.2.2.6 (Гусь-Хрустальный) для «традиционной» коррекции. Замечание п.2.3.5.2 по поводу «точности вычислений» также учтено.
2. Замечания пунктов 1 и 4 из П.2.1 относятся в равной мере и к данным графикам с данными параметрами.
3. При вычислениях значений функций для графиков было принято, что постоянные времени точно равны $\tau_1=75\mu\text{s}$; $\tau_2=1/2\pi\cdot 500\text{s}$; $\tau_3=1/2\pi\cdot 50\text{s}$. Считается также, что ветвь R2C1 точно настроена «на τ_2 », т.е. $R2C1=\tau_2$.
4. Мы решили здесь не ограничиваться общими фразами вроде: «...в результате вычислений...», «...можно показать, что...» и т.д., а решили именно показать результат, и как он получился. И вот она, Рутинка, верная спутница Электротехники. Сам этот процесс показа полезен для понимания, как и на что «там» работают наши капризные R1, R3, C2. Читателю будет легче нас проверить или применить аналогичную рутину для своего варианта коррекции.

4.1. Из формулы (*) пункта 1.2.8.1 следует, что ($R2C1=\tau_2$)

$$\dot{V}_{\text{var}}(f) = \frac{1 + j\omega\tau_2}{(1 + j\omega\tau_{1\text{var}})(1 + j\omega\tau_{3\text{var}})},$$
 где $\dot{V}_{\text{var}}(f)$ - коэффициент передачи по напряжению четырёхполюсника по схеме, изображённой на рис.12, при вариациях параметров R1, R3, C2; $\tau_{1\text{var}}$ - «первая» постоянная времени при вариациях тех же параметров; $\tau_{3\text{var}}$ - «третья» постоянная времени при тех же вариациях.

Относительную девиацию коэффициента передачи от «идеала» определим как

$$\Delta = \frac{\dot{V}_{\text{var}}(f)}{\dot{V}(f)},$$
 где $\dot{V}(f)$ - ЧХВ. Отсюда
$$\Delta = \frac{(1 + j\omega\tau_1)(1 + j\omega\tau_3)}{(1 + j\omega\tau_{1\text{var}})(1 + j\omega\tau_{3\text{var}})}.$$
 Поэтому относительные

девиации АЧХ определяются, как
$$|\Delta| = \frac{1}{\left| \dot{K}_1 \right| \cdot \left| \dot{K}_3 \right| \cdot \sqrt{(1 + (2\pi\tau_{1\text{var}} \cdot f)^2)(1 + (2\pi\tau_{3\text{var}} \cdot f)^2)}},$$
 а

относительные девиации ФЧХ -, как
$$\Delta\varphi = -\arctg(2\pi\tau_{1\text{var}} \cdot f) - \arctg(2\pi\tau_{3\text{var}} \cdot f) - \varphi_1 - \varphi_3,$$
 где $\left| \dot{K}_1 \right|$ и φ_1 - АЧХ и ФЧХ ФНЧ первого порядка с частотой среза, определяемой $\tau_1=75\mu\text{s}$; $\left| \dot{K}_3 \right|$ и φ_3 - АЧХ и ФЧХ ФНЧ первого порядка с частотой среза 50Hz, определяющей τ_3 . (Надеемся, что Читателю ясно, почему $\left| \dot{K}_1 \right|$ и $\left| \dot{K}_3 \right|$ оказались в знаменателе, а φ_1 и φ_3 - со знаком минус.)

4.2 Из формулы (*) п.1.2.8.1 следует также, что

$$\begin{cases} \tau_{1\text{ var}} + \tau_{3\text{ var}} = A \\ \tau_{1\text{ var}} \cdot \tau_{3\text{ var}} = B \end{cases},$$

где $A=R1C1+R1C2+R2C1+R3C2$; $B=C1C2(R1R2+R1R3+R2R3)$.

Решая эту систему уравнений, получим

$$\begin{cases} \tau_{1\text{ var}} = \frac{A - \sqrt{A^2 - 4B}}{2} \\ \tau_{3\text{ var}} = \frac{A + \sqrt{A^2 - 4B}}{2} \end{cases}.$$

По условиям настройки $R2C1 = \tau_2$. Поэтому

$$A = \tau_2 + R1C1 + R1C2 + R3C2;$$

$$B = \tau_2 C2 (R1 + R3) + C1 C2 R1 R3,$$

где $C1 = \text{const}$, т.е. конденсатор $C1$ в вариациях не участвует, а резистор $R2$ успешно исключён из наших расчётов.

4.3 Теперь, задавая любые относительные вариации (расстройки) для элементов $R1$, $R3$ и $C2$, можно вычислить коэффициенты A и B для любой такой конкретной комбинации. Потом вычислить $\tau_{3\text{ var}}$ и $\tau_{1\text{ var}}$. А потом - $|\Delta|$ и $\Delta\varphi$. Вот такой алгоритм.

4.4 Так как для небольших расстроек ожидаются небольшие девиации АЧХ и ФЧХ, то нужна «максимальная точность» в вычислениях, на которую только и способен наш Excel 2000. Тогда графики будут «максимально гладкими» и аккуратными. Про такие демос говорит: красивые. Мы не нашли в Excel 2000 «плавающую запятую». Или плохо искали, или её там нет, или она так мелкософтово русифицирована, что превратилась в Девушку с Веслом. Короче, решили сами, вручную, вставлять в мантиссы порядок, умножая, где надо, на «степень(эн;10)» (конец цитаты).

И вот какую арифметику мы получили (вариант для Гуся-Хрустального, см. п.2.2.6).

$$R1 = \left[\left(\frac{800}{\pi} + 7,5 + \sqrt{\left(\frac{1000}{\pi} - 7,5 \right)^2 + \frac{5400}{10,1\pi} \cdot \left(\frac{100}{\pi} - 7,5 \right)} \right) / 232 \right] \cdot 10^5$$

$$R3 = \left[\left(\frac{1000}{\pi} + 7,5 - \sqrt{\left(\frac{1000}{\pi} - 7,5 \right)^2 + \frac{5400}{10,1\pi} \cdot \left(\frac{100}{\pi} - 7,5 \right)} \right) / 3 \right] \cdot 10^4$$

$$A = \left[R1 \cdot \text{var}_1 \cdot 1,01 + R1 \cdot \text{var}_1 \cdot \text{var}_2 \cdot 0,15 + \frac{1}{\pi} + R3 \cdot \text{var}_3 \cdot \text{var}_2 \cdot 0,015 \right] \cdot 10^{-3}$$

$$B = \left[\frac{1,5}{\pi} \cdot \text{var}_2 \cdot (R1 \cdot \text{var}_1 + 0,1 \cdot R3 \cdot \text{var}_3) + 0,1515 \cdot R1 \cdot R3 \cdot \text{var}_1 \cdot \text{var}_2 \cdot \text{var}_3 \right] \cdot 10^{-7}$$

$$\tau_{3\text{ var}} = \left[0,5 \cdot \left(A + \sqrt{A^2 - 0,4 \cdot B} \right) \right] \cdot 10^{-3}$$

$$\tau_{1\text{ var}} = \left[0,5 \cdot \left(A - \sqrt{A^2 - 0,4 \cdot B} \right) \right] \cdot 10^{-3}$$

В приведённых выше формулах \mathbf{var}_1 – относительная вариация R1; \mathbf{var}_2 – относительная вариация C2; \mathbf{var}_3 – относительная вариация R3. Здесь использованы как «абсолютно точные» значения ёмкостей $C1=10,1\text{nF}$ и $C2=1,5\text{nF}$.

В «ячейке» Excel 2000 вычислял то, что стоит в квадратных скобках. «Десять в степени эн» за пределами квадратных скобок – результат вычисления порядка «вручную».

На этом этапе мы решили себя проверить и вычислили $\tau_{1\text{var}}$ при «нулевой» девиации, т.е. при $\mathbf{var}_1 = \mathbf{var}_2 = \mathbf{var}_3 = 1$. Мы получили $\tau_{1\text{var}} = [0,07500000000000] \cdot 10^{-3}$. Остались довольны и продолжили свой балансовый отчёт.

$$|\Delta| = \frac{1}{\left| \dot{K}_1 \right| \cdot \left| \dot{K}_3 \right| \cdot \sqrt{(1 + (\tau_{3\text{var}} \cdot 10^{-3} \cdot 2\pi \cdot f)^2) \cdot (1 + (\tau_{1\text{var}} \cdot 10^{-3} \cdot 2\pi \cdot f)^2)}}$$

$$|\Delta|_{\text{dB}} = 20 \lg |\Delta|$$

$$\Delta\varphi = -\arctg(\tau_{3\text{var}} \cdot 10^{-3} \cdot 2\pi \cdot f) - \arctg(\tau_{1\text{var}} \cdot 10^{-3} \cdot 2\pi \cdot f) - \varphi_1 - \varphi_3$$

В последних формулах $\tau_{1\text{var}}$ и $\tau_{3\text{var}}$ – упомянутые выше числа из «ячеек»; $|K_1|$, $|K_3|$, φ_1 и φ_3 вычислялись по формулам Таблицы 1, но для «истинно равномерного логарифмического ряда» (см. п.1 пояснений из Приложения 2.1). «Там» всё уже для этого было готово.

Наша довольно громоздкая бухгалтерия хороша тем, что мы сразу можем подставлять три независимые вариации, а также можем смотреть «теоретическую динамику» изменений сквозной ЧХ при этих вариациях. Получился такой симпатичный RIAA-эквайзер: крутишь ручки, удовольствие получаешь. Виртуальное и кибернетическое. К сожалению.

Прозорливый Читатель заметит: ещё чуть-чуть и был бы готов эдакий универсальный «калькулятор-эквайзер» для вычисления элементов и графопостроения ЧХ любых RIAA-подобных RC-четырёхполюсников по «традиционной» схеме. Так вот! Не будь только прозорливым, Читатель. Будь же ещё Читателем Созидающим! Воплоти (хе-хе) эту калькуляторную Мега-Мысль в Кибер-Железо! Ведь, как будут тебе благодарны твои собратья по виниловому счастью! Скольких ты спасёшь от ям заблуждений и бухгалтерских ошибок! Как будут от злости скрежетать чем-то, похожим на зубы, твои кровники из колбасно-цифровой команды! И так далее. Всего не перечислишь...

5.1. На графиках рис. П2.2.1А представлено семейство девиаций от идеала АЧХ четырёхполюсника «традиционной» коррекции (см. рис.12) при вариации параметра R1, что обозначено на рисунке как $R1=\mathbf{var}$. Конкретной вариации соответствует свой цвет линии графика семейства, что также показано на рисунке. Функция, определяющая это семейство девиаций, вычислялась по формулам п.4.4 этого Приложения 2.2 при $\mathbf{var}_1=\mathbf{var}$, $\mathbf{var}_2=1$, $\mathbf{var}_3=1$.

Очевидно, что $\Delta=0\text{dB}$ при $\mathbf{var}=1$ на любой частоте.

5.2. На графиках рис. П2.2.1Ф представлено семейство девиаций от идеала ФЧХ четырёхполюсника «традиционной» коррекции (см. рис.12) при вариации параметра R1, что обозначено на рисунке как $R1=\mathbf{var}$. Конкретной вариации соответствует свой цвет линии графика семейства, что также показано на рисунке. Функция, определяющая это семейство девиаций, вычислялась по формулам п.4.4 этого Приложения 2.2 при $\mathbf{var}_1=\mathbf{var}$, $\mathbf{var}_2=1$, $\mathbf{var}_3=1$.

Очевидно, что $\Delta\varphi=0^\circ$ при $\mathbf{var}=1$ на любой частоте.

6.1. На графиках рис. П2.2.2А представлено семейство девиаций от идеала АЧХ четырёхполюсника «традиционной» коррекции (см. рис.12) при вариации параметра R3, что обозначено на рисунке как $R3=\mathbf{var}$. Конкретной вариации соответствует свой цвет линии графика семейства, что также показано на рисунке. Функция, определяющая это семейство девиаций, вычислялась по формулам п.4.4 этого Приложения 2.2 при $\mathbf{var}_3=\mathbf{var}$, $\mathbf{var}_1=1$, $\mathbf{var}_2=1$.

Очевидно, что $\Delta=0\text{dB}$ при $\mathbf{var}=1$ на любой частоте.

6.2. На графиках рис. П2.2.2Ф представлено семейство девиаций от идеала ФЧХ четырёхполюсника «традиционной» коррекции (см. рис.12) при вариации параметра $R3$, что обозначено на рисунке как $R3=var$. Конкретной вариации соответствует свой цвет линии графика семейства, что также показано на рисунке. Функция, определяющая это семейство девиаций, вычислялась по формулам п.4.4 этого Приложения 2.2 при $var_3=var$, $var_1=1$, $var_2=1$.

Очевидно, что $\Delta\varphi=0^\circ$ при $var=1$ на любой частоте.

7.1. На графиках рис. П2.2.3А представлено семейство девиаций от идеала АЧХ четырёхполюсника «традиционной» коррекции (см. рис.12) при вариации параметра $C2$, что обозначено на рисунке как $C2=var$. Конкретной вариации соответствует свой цвет линии графика семейства, что также показано на рисунке. Функция, определяющая это семейство девиаций, вычислялась по формулам п.4.4 этого Приложения 2.2 при $var_2=var$, $var_1=1$, $var_3=1$.

Очевидно, что $\Delta=0dB$ при $var=1$ на любой частоте.

7.2. На графиках рис. П2.2.3Ф представлено семейство девиаций от идеала ФЧХ четырёхполюсника «традиционной» коррекции (см. рис.12) при вариации параметра $C2$, что обозначено на рисунке как $C2=var$. Конкретной вариации соответствует свой цвет линии графика семейства, что также показано на рисунке. Функция, определяющая это семейство девиаций, вычислялась по формулам п.4.4 этого Приложения 2.2 при $var_2=var$, $var_1=1$, $var_3=1$.

Очевидно, что $\Delta\varphi=0^\circ$ при $var=1$ на любой частоте.

8. *На семействах девиаций ФЧХ рис.П.2.2.1Ф, П.2.2.2Ф, П.2.2.3Ф так же, как и на рис.П.2.1.1Ф, П.2.1.2Ф, П.2.1.3Ф Приложения 2.1, изображены точно такие же «чёрные экспоненты». Очень чёрные экспоненты... Они всюду!*

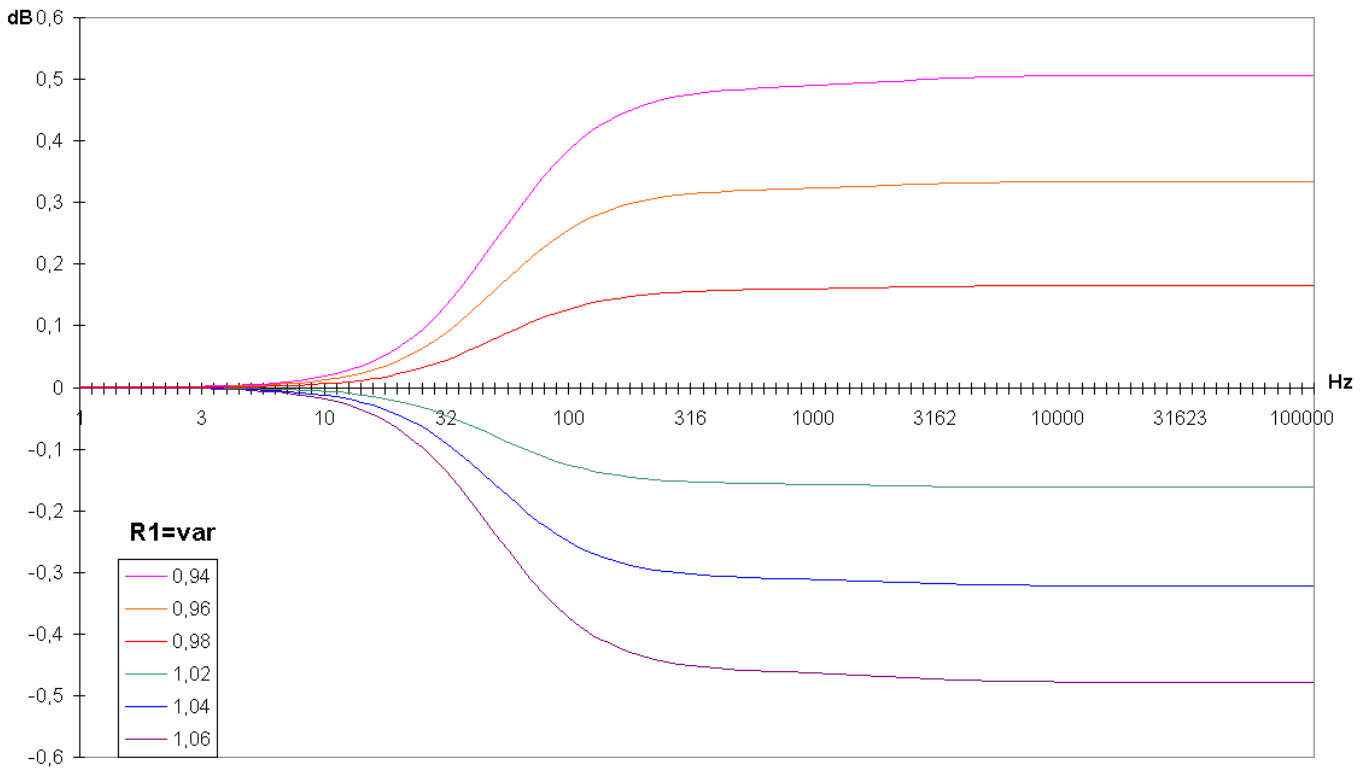


рис.П.2.2.1А

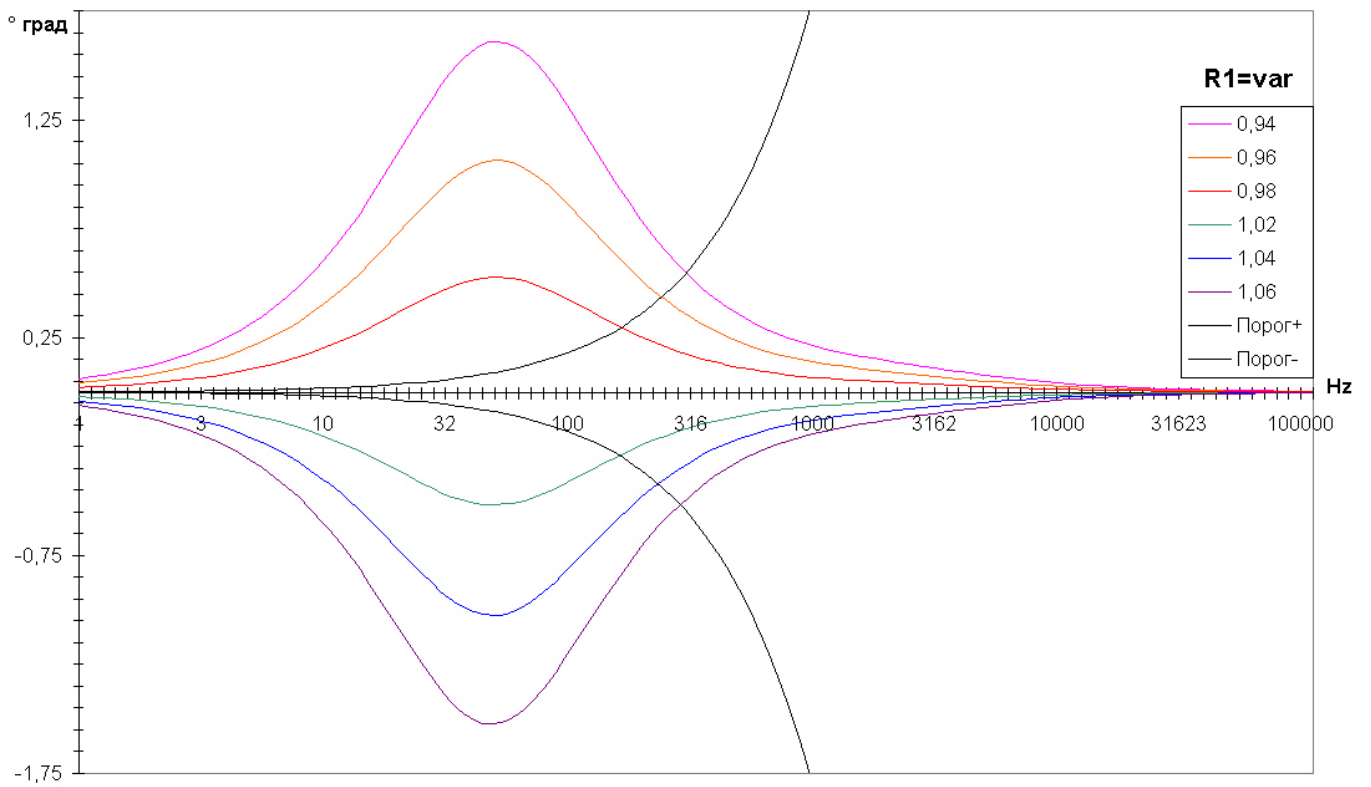


рис.П.2.2.1Ф

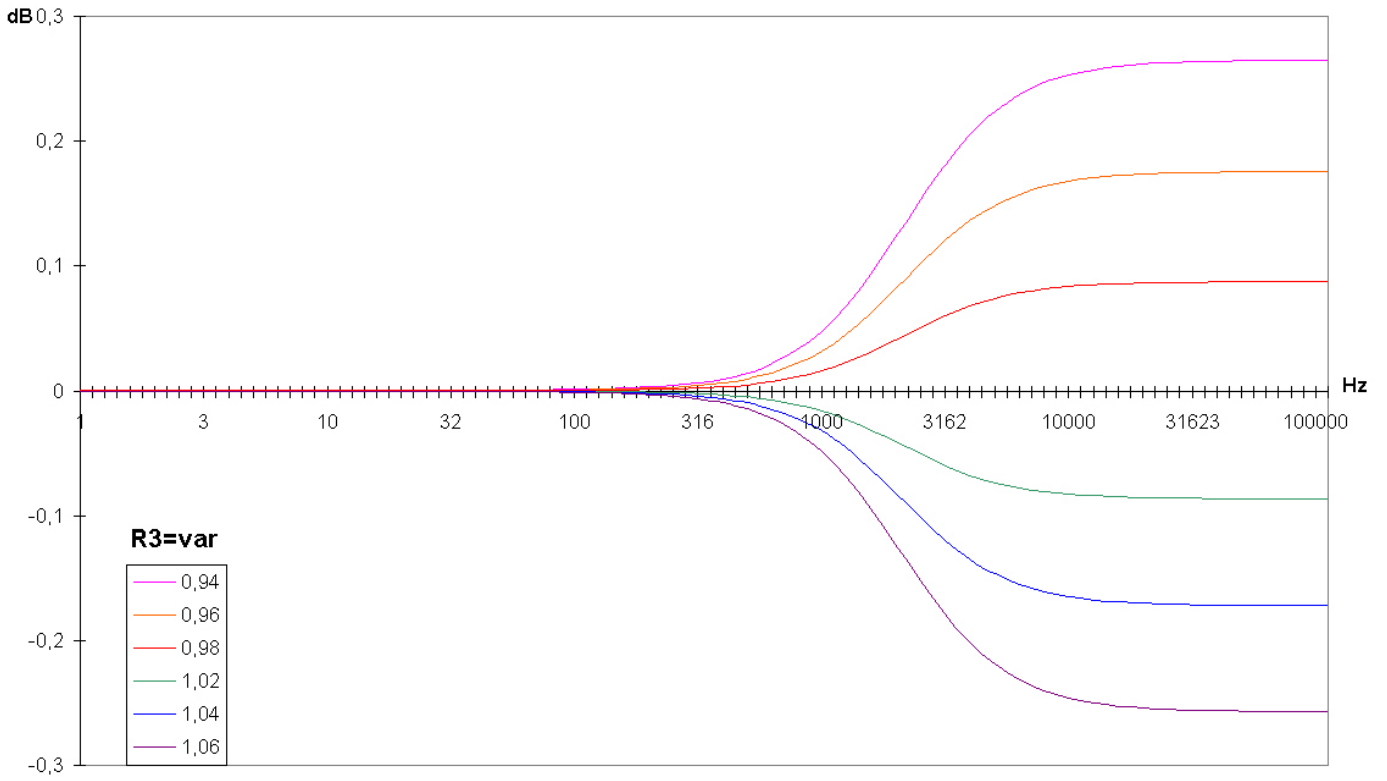


рис.П.2.2.2А

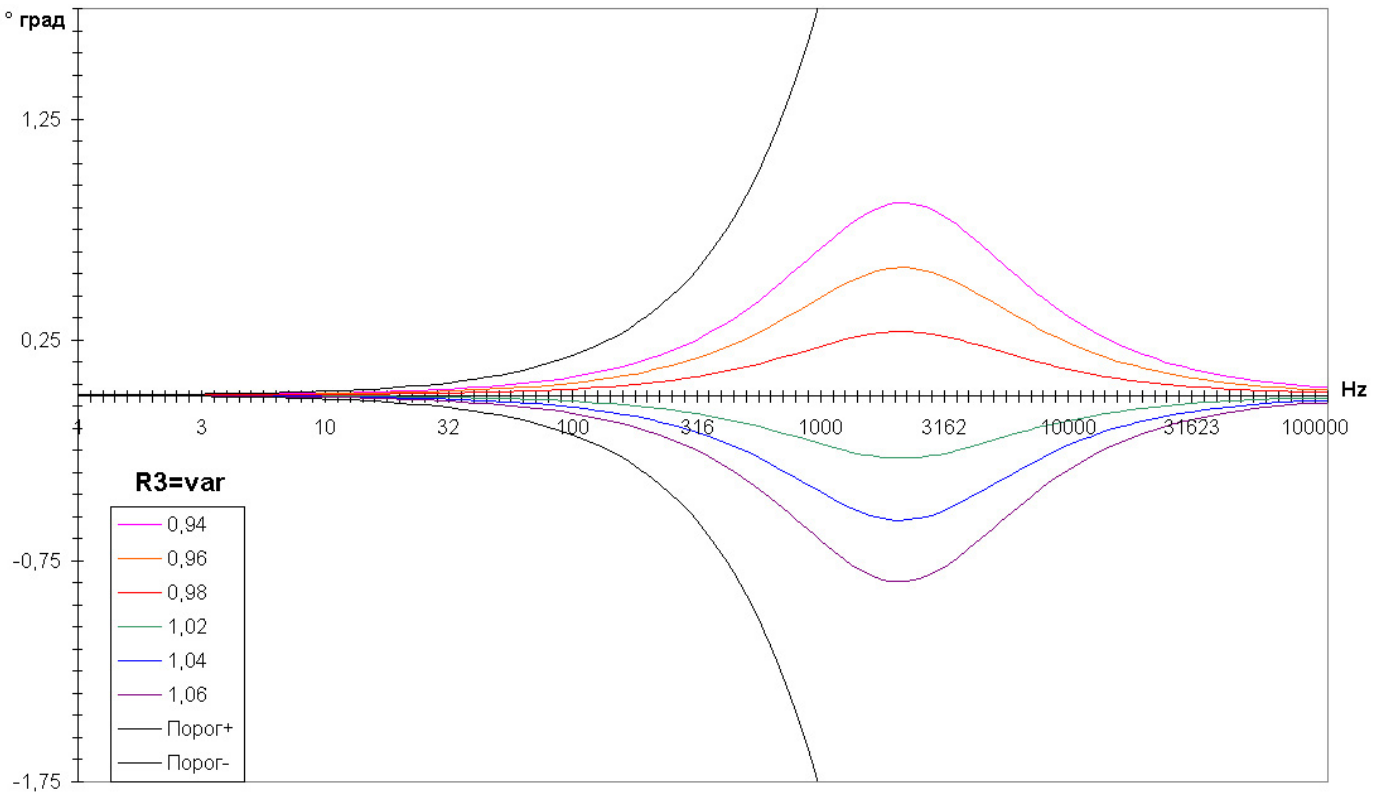


рис.П.2.2.2Ф

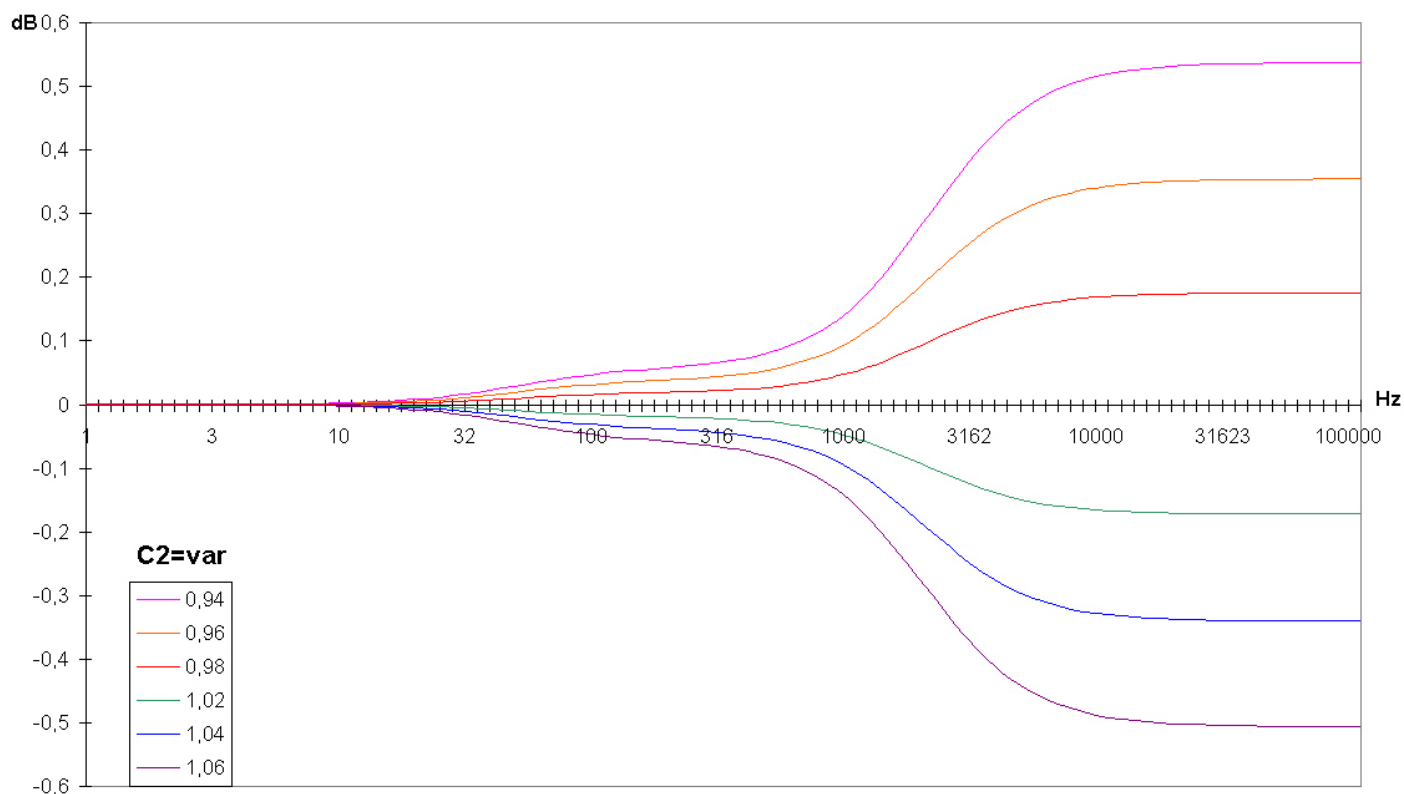


рис.П.2.2.3А

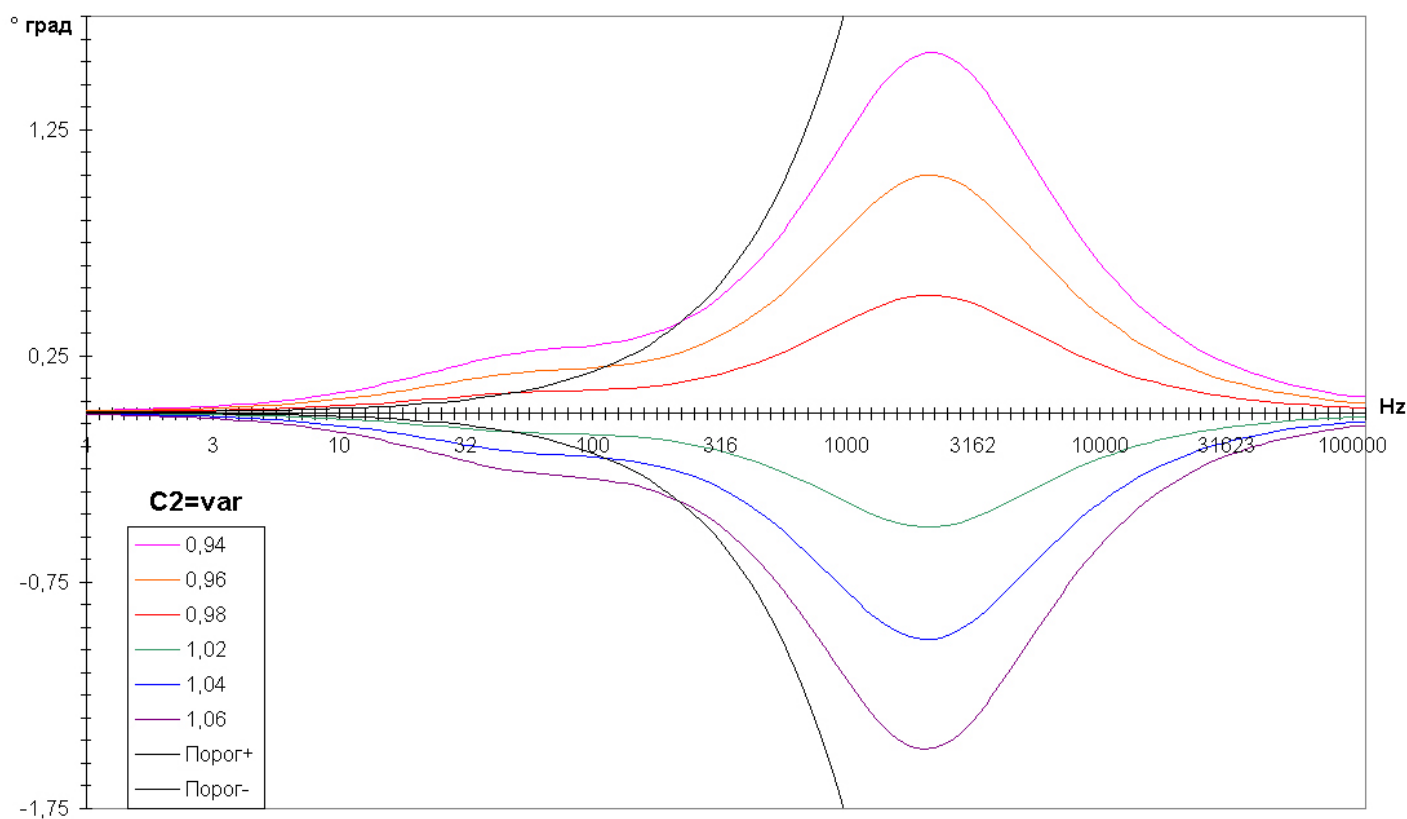


рис.П.2.2.3Ф

Заключение или Послесловие.

И вот, что мы Тебе напоследок скажем, Читатель. Мы просто до глубины души потрясены Твоими терпением и снисхождением!

Как нам теперь всем известно из «Балагана» К.Воннегута, неизлечимый манхэттенский грипп вызывается микроскопическими китайцами, которые себя так уменьшили для радикальной экономии урожая риса. Скука, да и только!

И будь мы сейчас на Твоём месте, Читатель, мы б со скуки померли.

ВОТ, ТАКИЕ ДЕЛА.

А две **чёрные экспоненты**, похожие на чайку, на наших графиках мы воздвигли в память Альфреда Хичкока (США) и Алексея Горького (СССР). Оба были неравнодушны к чайкам. Как и мы.

*Стихом владею я умело!
За дело взялся я умело -;
Что постарело потускнело
Что позабыть давно успело
несло по Волнам по волнАМ
губам Пронзительную Чайку
кукушка к лету
как Печаль к Стихам.*

*Евгений Бабиченко,
Игорь Гапонов.
Одесса, Фонтаны – Большая Арнаутская,
июль 2003 ÷ май 2004.*

Список литературы.

0. Г.В.Войшвилло. Усилители низкой частоты на электронных лампах. – М.: Связьиздат, 1959
1. Л.П.Аполлонова и др. Механическая звукозапись. 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергия, 1978
2. Доц., к.т.н., инж. Славчо Маляков. Грамофонни предусилватели. – София: Техника, 1985
3. Л.Дегрелл. Проигрыватели и грампластинки. – М.: Радио и Связь, 1982
4. Р.М.Терещук и др. Полупроводниковые приёмно-усилительные устройства : Справ. Радиолюбителя. 4-е изд. – Киев: Наук. думка, 1989
5. В.К.Иофе и др. Справочник по акустике. – М.: Связь, 1979
6. Н.Е.Сухов и др. Техника высококачественного звуковоспроизведения. – Киев: Техніка, 1985
7. П.Шкритек. Справочное руководство по звуковой схемотехнике. – М.: Мир, 1991
8. Л.А.Бессонов. Теоретические основы электротехники. – М.: Высшая школа, 1986
9. Ю.С.Красов. Входные каскады высококачественных усилителей низкой частоты. – М.: Радио и Связь, 1982
10. В.Б.Григоров. Снижение шумов в усилителях низкой частоты. – М. и Л.: ГЭН, 1956
11. Й.Блауэрт. Пространственный слух: Пер. с нем. – М.: Энергия, 1979
12. И.Е.Горон. Исследование заметности искажений в радиовещательных каналах. – М.: Связьиздат, 1959
13. С.Л.Букашкин, Б.Ф.Змий и др. Справочник по расчёту и проектированию ARC-схем. – М.: Радио и Связь, 1984