

(часть пятая или продолжение...)↓

2.3 Измерения и настройки частотных характеристик усилителей RIAA-коррекции.

2.3.1 Общие замечания.

Здесь рассматриваются только настройки ЧХ усилителей (каскадов усиления) и корректирующих четырёхполосников, реализующих коррекции «по τ_1 на входе» (см. рис.9, 10, 21), «по τ_1 » (см. рис.7, 8, 22), по типу Ниспадающей Частотной Ступени (см. рис.3, 4, 21, 22) и по «традиционной» схеме коррекции (см. рис 12, 21). Т.е. тех схем коррекции, расчёт которых был представлен в п.2.2, плюс схема с « τ_1 на входе». Методики настроек других схем коррекции могут быть разработаны Читателем самостоятельно. Хотя бы по образцу и подобию, или даже лучше!

Мы считаем, что использовать измерительные пластинки для настройки ЧХ корректоров на «первом этапе» нерационально. Измерительные пластинки нужны, прежде всего, для «звукоснимателей». Они нужны также для оценки качества «геометрии» и механики: тонармов, «столов», точности «ориентировки» иглы в канавке и т.д. Т.к. оценивать ЧХ усилителей-корректоров с помощью измерительной пластинки можно только в комплексе со всеми остальными «механическими» звеньями «винилового» тракта, и очень трудно дифференцировать простыми измерительными средствами (вольтметр, осциллограф и т.д.) «источники погрешностей», мы и предлагаем, хотя бы на «первом этапе», от таких оценок отказаться.

Существенную помощь в измерениях может оказать «симулятор ЧХЗ», упомянутый нами в п.1.2.1. Назовём его просто электронной пластинкой (ЭП). Если ЭП нет, можно обойтись «простым» генератором «синусоидальных сигналов звукового диапазона частот» (конец цитаты). «Симулятор ЧХЗ» здесь настоятельно рекомендуется для настройки «традиционной» коррекции, т.к. позволяет в таком случае повысить точность настройки и облегчить рутинный труд настройщика-лаборанта. Очевидно также, что ЭП – эффективное средство проверки (поверки) всего усилителя RIAA-коррекции.

Для настройки схем с коррекциями по типам Ниспадающая Частотная Ступень, « τ_1 на входе» и просто ««по τ_1 » используется обычный «звуковой» генератор. В этих случаях обоснования выборов «опорных точек (частот)» для измерений сделано по результатам вычислений ЧХ идеальных корректирующих по RIAA-стандарту четырёхполосников, т.е. по Таблице 1 из Приложения 1.

Мы предполагаем, что:

а) генератор и/или ЭП должны иметь возможность точной (+/-0,1%) установки частоты; «амплитудные» отклонения от ЧХЗ для ЭП и от «горизонта» для генератора – менее 0,1dB, что может быть достигнуто дополнительной ручной регулировкой выходного уровня сигналов этих приборов при изменении частоты;

б) «входное сопротивление» и «АЧХ» вольтметра (и/или осциллографа), а также его «амплитудные разрешения» должны соответствовать генератору и/или ЭП и электрической ситуации « в точке измерения»;

в) и так далее.

Мы предполагаем также, что Читатель знаком с техникой точных измерений на переменном токе.

Следует здесь сказать, что в подавляющем большинстве случаев «точность» корректоров «правильно сделанных» без настроек, но по нашей методике, на которую мы уже извели несколько

килограммов бумаги, и которую Ты, терпеливый Читатель, всё ещё читаешь, «находится в пределах» $\pm 2\%$ ($\pm 0,2\text{dB}$ по АЧХ). Однако, уважаемые, не ленитесь и проверьте свои экземпляры RIAA-корректоров сначала «симулятором», а потом – измерительной пластинкой. Очень неожиданными могут оказаться аналитические результаты таких лабораторных исследований. Например, точность АЧХ по RIAA – «никакая», а звук – отличный. Или, там, наоборот. Одно время мы вообще перестали измерять что-либо в наших конструкциях, кроме как «есть фаза – нет фазы» (АС, 220V) для удовлетворения нашего низменного инстинкта самосохранения. Включали всякие усилители-регуляторы дистанционно ($\approx 15\text{м}$), надев бронезилеты, сварочные намордники и «глушители» для операторов циркулярных пил. Разряжать анодные цепи ходили по жребью. Но музыку было плохо слышно. И нам пришлось отказаться от грубых предохранительных средств. Мы стали применять более тонкие, изоцирэнно-интеллектуальные методы, большую часть которых почерпнули из скучных до поры до времени «Правил эксплуатации электроустановок». И Ты, Читатель, **не смей трогать голыми руками неопознанные электрические объекты!** Электричество дисциплинирует со скоростью света (скорость распространения электромагнитного воздействия в данной среде). И это – медицинский факт.

2.3.2 Экспериментальное определение величины сопротивления резистора для реализации коррекции «по τ_1 на природной индуктивности звукоснимателя».

Собирается измерительная установка такая, как на рис.23.

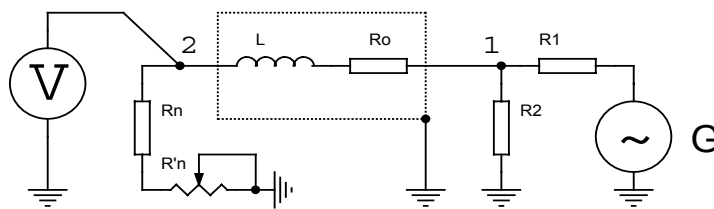


Рис.23

На рис.23:

V – вольтметр;

R1-R2 – резистивный делитель;

G – генератор;

1-2 – звукосниматель (1-2 - его клеммы) с «природными» индуктивностью **L** и сопротивлением **R0**;

R'n – Rn – подбираемое сопротивление.

Условия.

1. $U_{\text{вых}}$ генератора такое, чтобы в точке 1 схемы было напряжение $\approx 10 \div 20\text{mV}$.
2. R1-R2 – делитель такой, чтобы для генератора R1+R2 было «номинальным» и «одновременно», чтобы $R1R2/(R1+R2)$ было много меньше R_0 . Например, для ГЗ-118 $R1=600\Omega$; $R2=6\Omega$, чтобы для головки ГЗМ-008 «Корвет» с $R_0 \approx 900\Omega$ выполнялось $R_0 \gg 6\Omega$.
3. Сопротивление $R'_n \approx 0,3R_n$, а $R'_n + R_n \approx 7 \div 10R_0$.
4. «Экран» звукоснимателя на схеме рис.23 «самостоятельный». Т.е. это дополнительный к уже существующему (если он есть) у головки. Он позволит «обойти» конструктивное

«заземление» одного из выводов картриджа (см. п. 1.2.10). Желательно, чтобы в этом случае как раз клемма 1 звукоснимателя была «конструктивно заземлена», но, очевидно, не соединена с «измерительной землёй».

Настройка.

1. Устанавливают регуляторы генератора так, чтобы $f_{\text{вых}} \approx 60\text{Hz}$, а напряжение сигнала $U_{60\text{Hz}}$ в точке 2 было приблизительно $10 \pm 20\text{mV}$.
2. Изменяют частоту генератора до $f_{\text{вых}} = 2122\text{Hz}$ и измеряют напряжение сигнала $U_{2122\text{Hz}}$ в точке 2. Напряжение сигнала в точке 1 при изменении частоты должно оставаться «одинаковым». Если отношение $U_{2122\text{Hz}} / U_{60\text{Hz}}$ отличается от 0,7071 более, чем на 1%, то изменяют величину $R'_n + R_n$ регулировкой R'_n . Если отношение больше 0,7071, то R'_n уменьшают. Если меньше – увеличивают.
3. Измерения (и изменения) повторяют до тех пор, пока отношение не «уложится в рамки» $0,700 < (U_{2122\text{Hz}} / U_{60\text{Hz}}) < 0,714$.
4. Если путём регулировки R'_n не удастся добиться приемлемой точности ($\pm 1\%$), то изменяют всю «сумму» $R'_n + R_n$, например, увеличивают (уменьшают) R_n на 30%. Затем «повторяют» пункт 3.
5. После достижения заданной точности ($\pm 1\%$) регулировок с такой же точностью измеряют омметром получившуюся «сумму» $R'_n + R_n$, а затем вычисляют (см. п.2.2.6), подбирают «с тремя значащими цифрами» и впаивают в «схему» нужный резистор R^*3 .

Примечания.

1. Из Таблицы 1 (столбец « τ_1 ») в Приложении 1 видно, что для достижения заданной точности ($\pm 1\%$) по критерию «-3dB» (0,7071), «опорную» частоту генератора можно брать достаточно высокой ($U_{280\text{Hz}} / U_{0\text{Hz}} \approx 0,9914$). Т.е. (если понижают частоту от 2122Hz) «уже» на частоте 280Hz модуль $|K|$ отличается от единицы менее, чем на 1%. А можно вообще изменить критерий настройки, т.к. любые две «частотные точки» полностью определяют ЧХ корректирующего четырёхполюсника, изображённого на рис.9 (см. п. 1.2.5, ф-ла (9)). Однако, согласно эквивалентной схеме «второго порядка» (см. рис. 10 и ф-лу (10)) для снижения погрешностей настройки (из-за влияния «резонансов») рекомендуется выбирать «частотные точки» с одной стороны как можно «ниже». Но, с другой стороны, «разнос» их по частотной шкале должен быть как можно больше для повышения разрешающей способности наших всё-таки косвенных измерений. Поэтому нами компромиссно рекомендуется классический критерий «-3dB» на «умеренно высокой» частоте $f_2 = 2122\text{Hz}$.
2. При изменении сопротивления $R'_n + R_n$ изменяются «все» напряжения на «всех» частотах «сразу». Поэтому надо определять именно отношение напряжений для каждой «суммы» $R'_n + R_n$, а не пользоваться каким-то опорно-абстрактным «0dB».
3. Т.к. большинство электродинамических звукоснимателей есть датчики двухканальные (стереофонические), и, несмотря на принятие специальных конструктивных мер для снижения влияния работы одного канала на работу другого, такое влияние всё-таки возможно, то принципиально возможно также «электрическое» влияние нагрузок (входных сопротивлений усилителя) каналов звукоснимателя друг на друга. Поэтому в каждом конкретном случае применения коррекции с « τ_1 на входе» необходимо в какой-то мере это учитывать. Мера эта будет, очевидно, каждый раз определяться опытным путём. Например, можно найти по указанной выше методике пару значений $R'_n + R_n$ для схемы по рис.23 при «холостом ходе» (х.х.) и «коротком замыкании» (к.з.) другого не участвующего в эксперименте канала. Если эти значения сопротивлений $R'_n + R_n$ отличаются друг от друга более, чем на 2% (или на 5%, 0,5% и т.д. – по волеизъявлению экспериментатора), то настраивать коррекцию надо путём «последовательных приближений». Примерно так. Допустим, $R_{\text{х.х.}}$ – сопротивление коррекции при х.х. другого канала, а $R_{\text{к.з.}}$ – при к.з..

«Нагрузив» подстраиваемый канал сопротивлением равным $\sqrt{R_{x.x} \cdot R_{к.з.}}$, переходят к измерениям и подстройкам другого канала. Подстроив этот «другой», возвращаются к первому. При этом «грузят» освободившийся канал только что найденным сопротивлением. И так далее. Вообще, электрическое влияние нагрузок каналов друг на друга прямо или косвенно свидетельствует о степени проникания сигналов из канала в канал, но «описывает» это проникание не полностью. Однако, для «приближения первого порядка» (см. п.1.2.6) точность указанного в этом примечании метода учёта корректирующей нагрузки соседнего канала вполне достаточна.

В наших экспериментах с ГЗМ-008 «Корвет» мы пользовались 50-ти оборотным регулировочным проволочным резистором СП5-1В – 10кΩ («разрешение» - 50Ω). Мы настраивали и измеряли (т.е. подбирали $R'_n + R_n$) АЧХ:

- а) в схеме по рис.23 со вставленной и изъятной «иглой»;*
- б) в схеме по рис.23 с установкой головки в «штатное место» на тонарме (вольтметр и $R'_n + R_n$ – на выходных разъёмах проигрывателя);*
- в) так же, как и в предыдущем случае, но проигрыватель подключён к усилителю (схема по рис.21), а вольтметр и $R'_n + R_n$ – на входных разъёмах усилителя (47кΩ отключалось);*
- г) так же, как и в предыдущем случае, но вольтметр - на «анод» входной лампы, $R'_n + R_n$ – на «штатном» месте (вместо R^*3) в усилителе, а остальные цепи коррекции отключены.*

Расхождения всех «подборов» $R'_n + R_n$ было в пределах +/- 1%. Внешние помехи измерениям при $U_{60Hz} \approx 20mV$ незначительны. «Линейность измерений» тоже хорошая.

Вывод: нагрузочное сопротивление для данного типа коррекции можно подбирать (по крайней мере в «электрическом смысле») независимо от всей «системы» воспроизведения грамзаписи.

2.3.3 Настройка частотной характеристики усилителей (каскадов усиления), реализующих коррекцию «по τ_1 » (см. п.1.2.5, рис.7, 8, 22).

Методика настройки здесь показана на примере настройки усилителя по схеме, изображённой на рис.22. Обозначения элементов соответствуют этому рисунку.

Условия.

1. Электропитание усилителя (рис.22) выключено.
2. Первый каскад усиления и цепь коррекции по Ниспадающей Частотной Ступени отключаются. Резистор $R^*1 \approx 54,8k\Omega$ заменяют на «сумму» 51кΩ («постоянный») + 10кΩ («переменный») резисторов (см. п.2.2.7). Устанавливают значение этой «суммы» как можно ближе (+/- 1%) к расчётному 54,8кΩ регулировкой «переменника» 10кΩ. Для измерений можно использовать «обычный» цифровой омметр.
3. Генератор включается параллельно «сеточному» резистору 820кΩ лампы второго каскада (6Н8С).
4. Вольтметр включается в «анод» выходной лампы (6С19П).
5. Предполагается, что «разделительный» конденсатор 1μF x 500V очень немного «ослабляет» синусоиду 60Hz, например, на 0,05dB (в 0,995 раза). Если это не так, то воспользуйтесь соответствующей рекомендацией п.2.2.1 или рекомендацией, приведённой ниже в примечаниях к этой настройке.

Настройка.

1. Включается электропитание усилителя и (если надо) измерительных приборов. Хорошо (30÷60 минут) «прогрейте» их.
2. Устанавливают регуляторы генератора так, чтобы $f \approx 60\text{Hz}$, а напряжение сигнала $U_{60\text{Hz}}$ на «анод» 6С19П приблизительно соответствовало «номинальному» выходному уровню, например, 0,5V.
3. Изменяют частоту генератора до $f_1 = 2122\text{Hz}$ и измеряют напряжение сигнала $U_{2122\text{Hz}}$ на «анод» 6С19П. Напряжение сигнала «на сетке» 6Н8С при изменении частоты должно оставаться «одинаковым». Если отношение $U_{2122\text{Hz}}/U_{60\text{Hz}}$ отличается от 0,7071 более, чем на 1%, то изменяют величину R^1 . Если отношение больше 0,7071, то R^1 увеличивают, если меньше – уменьшают.
4. Измерения (и изменения) повторяют до тех пор, пока отношение не «уложится в рамки» $0,700 < U_{2122\text{Hz}}/U_{60\text{Hz}} < 0,714$.
5. Если путём регулировки R^1 не удаётся добиться приемлемой точности настройки (+/- 1%), то, скорее всего, «виновата» в этом лампа 6Н8С (этот конкретный экземпляр), которая вероятно имеет или повышенное или пониженное внутренне сопротивление в «рабочей точке» относительно справочных данных. Если каскад усиления на такой лампе работает нормально, то попытайтесь изменить всю «сумму» $51\text{k}\Omega + 10\text{k}\Omega$ в ту или иную сторону, например, на 20%. Проверьте, удовлетворяет ли эта лампа Вашим требованиям «по усилению» и «по шумам». Очевидно, «неудовлетворительную» лампу надо менять. После внесения рекомендованных здесь изменений «повторяют» пп.2, 3 и 4 данной настройки.
6. После достижения заданной точности (+/- 1%) регулировок выключают электропитание усилителя и аккуратно (+/- 1%) измеряют омметром получившуюся «сумму» $51\text{k}\Omega + 10\text{k}\Omega$. Затем подбирают «с тремя значащими цифрами» нужный резистор и впаивают его в «схему» вместо этой «суммы».
7. Восстанавливают соединения с временно отключёнными цепями (см. условия данной настройки).

Примечания.

1. Из Таблицы 1 (столбец « τ_1 ») в Приложении 1 видно, что для достижения заданной точности (+/- 1 %) «опорную частоту» генератора можно брать достаточно высокой, т.е. так же, как и в случае с настройкой коррекции с « τ_1 на входе» (см. п.2.3.2 и примечания к нему). Но изменение критерия настройки (-3dB) в описываемом здесь случае может быть оправдано и даже может оказаться более «выгодным». Особенно, если есть сомнения в «разделительном» конденсаторе. Например, выбрав «опорные частоты», скажем, 400Hz (теоретический $|K| \approx 0,9827$) и 4000Hz (теоретический $|K| \approx 0,4686$), настраивают ЧХ каскада усиления (усилителя) так, чтобы отношение напряжений выходного сигнала на этих частотах «укладывалось в рамки» $0,4686/0,9827 \approx 0,4768 \pm 0,0048$. Всё же необходимо «следить», чтобы «верхняя опорная точка» была не слишком «высокой» (см. ниже).
2. При изменении «суммы» $51\text{k}\Omega + 10\text{k}\Omega$ изменяются «все» напряжения на «всех» частотах «сразу». Поэтому надо определять именно отношение напряжений для каждой конкретной «суммы», а не пользоваться каким-то опорно-абстрактным «0dB».
3. Выбор «точки включения» вольтметра («анод» 6С19П) рекомендован нами в основном из «высокочастотных» соображений. Во-первых, меньше влияют всякие «резонансы в трансформаторе» на измерения (и особенно при сверке «получившейся» АЧХ с теоретической на частотах выше 2122Hz), чем в случае включения вольтметра просто на выход усилителя. Во-вторых, «уменьшается влияние» трансформатора на результаты измерений при низких частотах входного сигнала. В-третьих, включение вольтметра в «сетку» 6С19П может привести к дополнительной систематической инструментальной погрешности из-за «конечного» входного сопротивления и «ненулевой» входной ёмкости

вольтметра. Однако, если входная ёмкость вольтметра «находится в пределах» 1% от C_1 (т.е. при $C_1 \approx 1,5 \text{ nF}$, $C_{\text{вх}} < 15 \text{ pF}$), а входное сопротивление раз в сто больше, чем τ_1/C_1 , то ограничение на «сеточное включение» вольтметра может быть снято. Указанными выше входными параметрами обладает, например, щуп-делитель 1:10 от советских осциллографов («название» щупа менялось от ЗИПа к ЗИПу, а сущность его (1:10; $R_{\text{вх}} = 10 \text{ M}\Omega$; $C_{\text{вх}} = 15 \text{ pF}$) оставалась та же). И вообще, можно в данном «сеточном» случае учесть систематическую погрешность измерений с «любой точностью», т.к. точка подключения вольтметра в эксперименте не меняется. Но мы рекомендуем здесь соблюдать меру и ограничивать усилием воли стремление пытливого ума к Абсолюту. Ну, и так далее.

4. При сверке (сравнении) «получившейся» АЧХ с теоретической полезно построить график или составить таблицу фактического отклонения (девиации) АЧХ от стандартной (т.е. от значений Таблицы 1 из Приложения 1, столбец « τ_1 ») как функции от частоты. Обладая определённым опытом, можно судить «хороша ли» эта девиация-функция или нет. Если этого определённого опыта нет, то, уверяем Тебя, Читатель, он тут же начнёт появляться: слушаешь пластинку и смотришь на девиацию. И думаешь, думаешь, что ж это за наказание такое! Звука, музыки нет, а графики красивые. Или наоборот. И очень может быть, что выводы Ты сделаешь не совсем такие, какие сделал Горон и компания давно тому назад (см. [12]). Совсем не такие...

2.3.4 Настройка ЧХ усилителей (каскадов усиления), реализующих коррекцию по типу Ниспадающей Частотной Ступени (см. п.1.2.3 и рис.3, 21, 22).

Методика настройки здесь показана на примере настройки ЧХ усилителя по схеме, изображённой на рис.21. Обозначения элементов соответствуют этому рисунку.

2.3.4.1 Проверка R_2C_1 ветви на соответствие расчёту.

«Электрической измерительной опорой» настройки ЧХ Ниспадающей Частотной Ступени, как и в случае настройки ЧХ «традиционной» схемы коррекции (см. ниже п.2.3.5), должна служить уверенность экспериментатора в том, что ветвь R_2C_1 , «отвечающая за τ_2 », реализована в Железе адекватно расчётам, т.е. с заданной точностью (+/- 1%).

Важность такой «опоры» следует вот из чего.

Во-первых, если точно (+/- 1%) определены в своей «материализации» R_2 и C_1 (резистор и конденсатор), то в случае коррекции по Ниспадающей Частотной Ступени остаётся подстроить только сопротивление резистора R_1 (см. рис.3), а в случае «традиционной» коррекции (см. рис.12) – только сопротивления резисторов R_1 и R_3 . В последнем случае ёмкость конденсатора C_2 (при $R_3 \neq 0$) тоже «корректируется» этими резисторами.

Во-вторых, в норме (патологии, т.е. ненорму, не рассматриваем) реальная работающая на коррекцию ёмкость конденсатора C_1 зависит ещё (но и только!) от места и способа его, конденсатора, установки в конкретном устройстве (усилителе). А реальное работающее на коррекцию сопротивление резистора R_2 ни от чего другого, как от своего собственного сопротивления не зависит. Другой элемент коррекции R_1 в норме зависит от выходного сопротивления предыдущего и входного сопротивления последующего каскадов (см. п.1.2.3). Выходное сопротивление каскада зависит от применяемого конкретного экземпляра лампы и её электрического режима работы. Поэтому сопротивление резистора R_1 должно учитывать «в себе» разброс «режимов» и параметров ламп. Аналогично, в случае «традиционной» коррекции R_1 учитывает «в себе» выходное сопротивление конкретной лампы. Для этого типа коррекции характерно «нормальное» влияние на ЧХ входной ёмкости последующего каскада, которая является «частью» ёмкости C_2 , и которая зависит от «монтажа», «режима» и «экземпляра» лампы. Причём, сильно зависит! «Разброс» входной ёмкости учитывается подстройкой R_3 (и подстройкой R_1 – тоже!), хотя сам параметр R_3 ни от чего кроме, как от собственного сопротивления не зависит («традиционная» коррекция, рис.21). Просто, так удобнее. Как нам кажется. В частности,

поэтому, а также из релятивистских соображений, мы рекомендовали в п.2.2.2 брать ёмкость конденсатора C_2 с одной стороны - «не маленькой», а с другой стороны – не «предельно большой» (при $R_3=0$). Но, всё равно, надо быть «уверенным» в R_2C_1 ветви! Только в этом случае указанные «резистивные» подстройки пройдут успешно и у схемы с Ниспадающей Частотной Ступенью и у схемы с «традиционной» коррекцией.

Итак, проверяем ветвь C_1R_2 на соответствие расчёту. Методика справедлива и для схемы с «традиционной» коррекцией.

Условия.

1. Переключатель S_1 находится в положении « τ_1 на входе».
2. Генератор включается во вход усилителя-корректора. Звукосниматель (проигрыватель) отключён.

Настройка (проверка).

1. Устанавливают регуляторы генератора так, чтобы $f=500\text{Hz}$, а напряжение сигнала на входе корректора было в пределах $10\div 20\text{mV}$.
2. Измеряют напряжение сигнала на верхнем по схеме (см. рис.21) выводе конденсатора C_1 относительно «общего провода». Обозначим его (напряжение) через U_c . А потом измеряют напряжение сигнала на верхнем по схеме (см. рис.21) выводе резистора R_2 . Обозначим его (напряжение) через U_r . Регуляторы генератора не трогают. Т.е. входной сигнал должен оставаться «одинаковым».
3. Вычисляют отношение U_c/U_r . Если оно, отношение, «укладывается в рамки» $0,700 < U_c/U_r < 0,714$, то результат проверки считается удовлетворительным.
4. Если это не так, то изменяют сопротивление резистора R_2 . При $U_c/U_r > 0,7071$ сопротивление увеличивают. При $U_c/U_r < 0,7071$ сопротивление уменьшают. Затем «повторяют» пункты 2, 3 и 4 данной настройки.
5. По достижению величиной U_c/U_r заданной точности ($\pm 1\%$) изменения и измерения прекращают. Измеряют сопротивление R_2 «с тремя значащими цифрами» омметром при выключенном усилителе.
6. Производят новый расчёт элементов коррекции по методике п.2.2.3, т.к. скорее всего ёмкость C_1 была ранее измерена и «откорректирована» неверно. Для этого по измеренному в п.5 этой настройки сопротивлению резистора R_2 определяют реальную ёмкость конденсатора C_1 в месте его установки в усилителе: $C_1 = \tau_2/R_2$. Ну, и так далее по п.2.2.3.
7. Устанавливают в усилитель «новые» резисторы R'_1 и R_2 и снова проверяют на соответствие R_2C_1 ветви расчётам. Т.е. «возвращаются» к п.1 этой настройки. И так далее до достижения удовлетворительного ($\pm 1\%$) результата.

Примечания.

1. При изменении R_2 изменяются «все» напряжения на «всех» частотах «сразу». Поэтому, как и в п.2.3.2 и п.2.3.3, надо вычислять именно отношение U_c/U_r при каждом изменении R_2 .
2. Величины входной ёмкости и входной проводимости вольтметра должны не превышать одного процента от величин C_1 и $1/R_2$. Т.е. для схемы по рис.21 $C_{\text{вх}} < 100\text{pF}$; $R_{\text{вх}} > 2\text{M}\Omega$. Тут очень кстати подойдёт щуп-делитель, упомянутый нами в примечаниях к настройке в п.2.3.3. Но тогда следует увеличить сигнал на входе корректора в 10 раз. «Режимы» ламп это позволят легко.
3. От остальных исправных элементов схемы и приборов результаты проверки не зависят. Последнее верно только при наличии электричества в цепях питания усилителя и приборов. Ну, и так далее.

2.3.4.2 Сама настройка каскада с коррекцией по типу Ниспадающая Частотная Ступень.

Условия.

1. Экспериментатор уверен в точности настройки R2C1 ветви (см. п.2.3.4.1).
2. Переключатель S1 находится в положении « τ_1 на входе».
3. Генератор включается во вход усилителя-корректора. Звукосниматель (проигрыватель) отключён.
4. Вольтметр подключается к аноду выходной лампы. «Выходной» конденсатор $0,1\mu\text{F} \times 500\text{V}$ отключается (выпаивается из схемы).
5. Резистор $R'1 \approx 294\text{k}\Omega$ заменяется на «сумму» $270\text{k}\Omega$ («постоянный») + $62\text{k}\Omega$ («переменный»). С помощью «переменника» $62\text{k}\Omega$ подстраивают эту «сумму» как можно ближе ($\pm 1\%$) к расчётному значению $R'1 \approx 294\text{k}\Omega$. Используется «обычный» цифровой омметр. Во время этой подстройки (с контролем по омметру) электропитание усилителя выключено!

Настройка.

1. Включив электропитание, устанавливают регуляторы генератора так, чтобы $f=56\text{Hz}$, а напряжение сигнала $U_{56\text{Hz}}$ «на аноде» выходной лампы соответствовало приблизительно пятикратному превышению выходным сигналом номинального выходного уровня корректора. Например, $U_{56\text{Hz}} \approx 7,5\text{V}$ (т.к. номинальный выходной уровень $\approx 0,25\text{V}$, пятикратное превышение $\approx 1,25\text{V}$, но «выходной делитель» $220\text{k}\Omega + 47\text{k}\Omega$ отключён).
2. Не изменяя уровня входного сигнала корректора, увеличивают генерируемую частоту до $f=560\text{Hz}$. Регистрируют показания вольтметра $U_{560\text{Hz}}$, подключённого к аноду выходной лампы.
3. Вычисляют отношение $U_{56\text{Hz}}/U_{560\text{Hz}}$. Если оно отличается от 5,020 более, чем на 1%, то изменяют «сумму» $270\text{k}\Omega + 62\text{k}\Omega$ регулировкой переменной её части. Если отношение больше 5,020, то «сумму» уменьшают, если меньше – увеличивают.
4. Изменения (и измерения) повторяют до тех пор, пока отношение не «уложится в рамки» $4,970 < U_{56\text{Hz}}/U_{560\text{Hz}} < 5,070$.
5. Если путём регулировки «суммы» не удаётся добиться приемлемой точности ($\pm 1\%$), то изменяют всю «сумму», например, на 20% в ту или иную сторону. Вероятная причина этого явления та же, что и в случае п.2.3.3 (см. «там» п.5 настройки). И действовать надо здесь так же, как и «там».
6. После достижения заданной точности ($\pm 1\%$) регулировок и настроек выключают электропитание усилителя и аккуратно ($\pm 1\%$) измеряют получившуюся «сумму» омметром. Затем подбирают «с тремя значащими цифрами» нужный резистор и впаивают его вместо «суммы» в «схему».
7. Восстанавливают соединения с временно отключёнными цепями и элементами (см. условия этой настройки).

Примечания.

1. Как и в предыдущих настройках (см. пп. 2.3.2, 2.3.3, 2.3.4.1) при изменении $R'1$ изменяются «все» напряжения на «всех» частотах «сразу». Будьте бдительны, не доверяйте децибеллам беспредельно! Аккуратно вычисляйте отношение $U_{56\text{Hz}}/U_{560\text{Hz}}$ каждый раз при каждой подстройке ЧХ.
2. Не запрещается пользоваться рекомендацией п.2.2.1 по замене «разделительного» конденсатора $0,1\mu\text{F} \times 500\text{V}$ на более «большой». Но зачем? Как и во всех предыдущих случаях настроек можно выбрать две «частотные точки» далеко отстоящие от «краёв

рабочего диапазона» и друг от друга. И использовать нашу Таблицу 1 из Приложения 1. Мабене. Что здесь и сделано.

3. После окончания настройки рекомендуется её проверить путём «кропотливого снятия АЧХ получившейся Ниспадающей Частотной Ступени». Т.к. девиации ожидаются «маленькими», то необходимо вычислять разность в децибеллах между теоретической (см. Таблица 1, столбец « τ_2 и τ_3 » из Приложения 1) и практической АЧХ. А также и ФЧХ, если позволяет парк измерительных приборов.

В Приложении 2 представлены в графическом виде вычисленные нами теоретически девиации от АЧХ и ФЧХ Ниспадающей Частотной Ступени идеальной по RIAA-стандарту при вариации параметров её элементов R1, R2 и C1 в пределах +/- 6% с шагом в 2% (схема по рис.3). Вариации параметров «уединённые». Т.е., когда один параметр изменён, другие два точно соответствуют «нулевой» девиации. Эти графики, в общем-то, носят демонстрационный характер, но полезны для понимания «качества явлений» в ЧХ усилителей (каскадов усиления) с коррекцией, идущей по Ниспадающей Частотной Ступени.

2.3.5 Настройка частотной характеристики усилителей (каскадов усиления), реализующих «традиционную» коррекцию по RIAA-стандарту (см. п.1.2.8.1 и рис.12, 21).

Методика настройки здесь показана на примере настройки ЧХ усилителя по схеме, изображённой на рис.21. Обозначения элементов соответствуют этому рисунку.

2.3.5.1 Трудности.

Трудности бывают относительными и абсолютными. Начнём с «абсолютных». ЧХ, определяемая формулой (*) из п.1.2.8.1, есть частный случай так называемого «биквадрата» или «корректирующего звена второго порядка» по классификации источника [13]. Там же (см. [13] стр.43) указано на «...большое разнообразие...» таких ЧХ. «Разнообразие» немного «уменьшается», если в числителе будет не квадратный трёхчлен, а «линейный двучлен», как в нашем случае (*). То есть вместо пяти степеней свободы будет «всего» четыре. Да и «порядок нелинейности» функции понизится. В предыдущем пункте 2.3.4 мы ввели «электрическую опору» по τ_2 , и тем самым «полностью определили» числитель (*). Теперь наша «неопределённость ЧХ» сузилась до размеров знаменателя. Но знаменатель (*) есть функция трёх переменных (параметров) C2, R1, R3 (т.к. R2 и C1 при «уверенности» в τ_2 – константы). Даже ограничив область допустимых значений аргументов функции (ОДЗ) «реализуемостью» элементов (см. п.1.2.8.1), взаимное математическое (алгебраическое) влияние параметров C2, R1, R3 друг на друга устранить не удастся. Поэтому получается такая четырёхмерная девиация-функция (сама «функция» плюс три её аргумента). При условии R3=0 «математика» облегчается, но «физика (электротехника)» осложняется «конденсаторными проблемами». О чём уже было сказано. Это и есть «абсолютные» трудности: универсальный, точный и однозначный рецепт настройки для всех мыслимых (по RIAA) сочетаний C2, R1, R3 параметров дать нельзя.

Вместо точного алгоритма настройки обычно указывают «ориентировочный», например, по «добротности полюсов», по «минимуму импеданса» и т.д. (см. [13] и другие книги). По своей сути такие ориентиры «относительны». И трудности, с ними связанные, мы здесь назвали «относительными».

Интересный терминологический момент. В [13] четырёхполюсники типа тех, что мы назвали «сосредоточенными» в п.1.2.8, определены как «каскадно-неразвязанные» или просто – «некаскадные реализации». Вдобавок к этому ещё и наша «параллельная некаскадная коррекция» (см. п.1.2.7, рис.11) считается «каскадной». Вот, такие дела.

Преодолевать «относительные» трудности мы здесь предлагаем просто: в лоб. Т.е. измеряется АЧХ воплощённого в Железо корректора с $R'1$, $C1$, $C2$, $R2$, $R3$, рассчитанными в п.2.2.2. Определяется конкретная девиация от стандартной ЧХВ. На основании этой девиации подстраиваются элементы $R'1$ и $R3$. Снова измеряется АЧХ корректора. И так далее.

Следует иметь в виду:

- а) любые изменения параметров $R'1$ и $R3$ приводят к изменению общего коэффициента передачи усилителя-корректора (модуль коэффициента передачи на «опорной частоте» 1000Hz);
- б) изменение параметра $R'1$ в основном «влияет» на τ_3 , оно также, но меньше «влияет» и на τ_1 ;
- в) изменение параметра $R3$ в основном «влияет» на τ_1 , оно также, но меньше «влияет» и на τ_3 ;
- г) «вес влияния» изменений параметров $R'1$ и $R3$ на ЧХ может быть различным, но наибольшим «весом» обладает $R'1$ (в большинстве практических случаев).

Ярче всего девиации заметны на ФЧХ. Однако, по просьбе радиослушателей мы будем «работать» с девиациями АЧХ.

Для облегчения труда настройщика мы применяем ЭП. Она позволяет определять девиацию от ЧХВ «сразу». Одна из возможных реализаций ЭП изображена на рис.24.

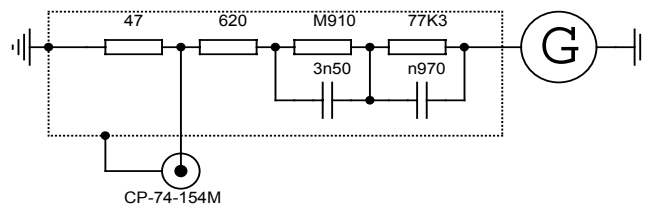


Рис.24

На рис.24: G – генератор синусоидальных колебаний электрического напряжения с амплитудой $5 \div 15V$ в диапазоне частот $1 \div 1000000Hz$ на «номинальном нагрузочном сопротивлении» приблизительно 600Ω (например, ГЗ-118).

На этой схеме указаны именно приблизительные значения номиналов RC-элементов. Чтобы учесть эту и другие «приблизительности» с той или иной степенью точности, мы рекомендуем измерить АЧХ конкретного экземпляра ЭП и внести результаты этого измерения в таблицу, подобную нашей Таблице 2 из Приложения 1. Один столбец такой таблицы может содержать значения «систематической погрешности» синтезируемой ЧХЗ. «Стабильность» значений этой погрешности будет в основном определяться «стабильностями» генератора и RC-элементов и, в меньшей степени, стабильностью нагрузки, т.е. «входного импеданса» подопытного четырёхполюсника и/или усилителя-корректора.

2.3.5.2 Сама настройка каскада с «традиционной» коррекцией.

Условия.

1. Экспериментатор уверен в точности настройки $R2C1$ ветви. Её проверку и подстройку производят точно так же, как это описано в п. 2.3.4.1, но для режима «традиционной» коррекции.
2. Переключатель $S1$ находится в положении ««традиционная» коррекция».
3. ЭП включается во вход усилителя-корректора. Звукосниматель (проигрыватель) отключён.
4. Вольтметр подключается к аноду выходной лампы. «Выходной» конденсатор $0,1\mu F \times 500V$ отключается (выпаивается из схемы).
5. Обязательно на время измерений и настроек заменяют «разделительный» конденсатор 1-го каскада $0,1\mu F \times 500V$ на рекомендованный в п. 2.2.1, т.е. на $1/2\pi \cdot 0,01 \cdot 16 \cdot 1,3 \approx 1\mu F$ на $500V$.

6. Резистор $R'1 \approx 299\text{k}\Omega$ заменяется на «сумму» $270\text{k}\Omega$ («постоянный») + $62\text{k}\Omega$ («переменный»); резистор $R3 \approx 29,7\text{k}\Omega$ заменяется на «сумму» $27\text{k}\Omega$ («постоянный») + $6,2\text{k}\Omega$ («переменный»); с помощью «переменных» $62\text{k}\Omega$ и $6,2\text{k}\Omega$ подстраивают эти «суммы» как можно ближе ($\pm 1\%$) к расчётным значениям $R'1 \approx 299\text{k}\Omega$ и $R3 \approx 29,7\text{k}\Omega$ соответственно. Используется «обычный» цифровой омметр. Во время этой подстройки (с контролем по омметру) электропитание усилителя выключено!

Настройка.

1. Включив электропитание и прогрев приборы и усилитель, устанавливают регуляторы ЭП (генератора) так, чтобы $f=1000\text{Hz}$, а напряжение сигнала $U_{1000\text{Hz}}$ «на аноде» выходной лампы соответствовало приблизительно номинальному выходному уровню корректора. Например, $U_{1000\text{Hz}} \approx 1,5\text{V}$ (т.к. номинальный выходной уровень $\approx 0,25\text{V}$, но «выходной делитель» $220\text{k}\Omega + 47\text{k}\Omega$ отключён).
2. «Общим порядком» измеряют отклонения АЧХ корректора от RIAA-стандарта в диапазоне $5 \div 20000\text{Hz}$. Т.е. подают сигнал на вход усилителя, соответствующий ЧХЗ. При этом вольтметр по идее будет регистрировать девиации АЧХ от стандартной в функции (в зависимости) от частоты.
3. По измеренным в п. 2 этой настройки отклонениям АЧХ изменяют «суммы» подстройками переменных их частей. Здесь надо руководствоваться замечаниями, сделанными в п.2.3.5.1. Т.е. регулировка $R'1$ в основном влияет на отклонения АЧХ в диапазоне низких частот, а регулировка $R3$ – на отклонения АЧХ в диапазоне высоких частот. Увеличение $R'1$ приводит к «общему завалу» АЧХ (девиаций АЧХ) относительно уровня на 0Hz , или это можно трактовать, как «подъём» самых низких частот. Уменьшение $R'1$ наоборот – к «общему подъёму» АЧХ. Увеличение $R3$ приводит к «завалу» АЧХ (девиаций АЧХ) на частотах выше 2122Hz относительно уровня на 1000Hz . Уменьшение $R3$ наоборот – к «подъёму» АЧХ. Т.к. влияющий на ЧХ «вес изменений» $R'1$ больше, чем $R3$, то мы рекомендуем «крутить» сначала $R'1$, а затем – $R3$.
4. Изменения (и измерения) повторяют до тех пор, пока девиации не «уложатся в рамки» $\pm 1\%$ ($0,1\text{dB}$). Как ни странно, но такая точность регулировки вполне возможна в самой обычной радиолюбительской ситуации.
5. Если путём регулировок «сумм» не удаётся добиться приемлемой точности ($\pm 1\%$), то надо изменить какую-либо из «сумм» (или обе), например, на 20% в ту или иную сторону. Какую именно «сумму» и в какую сторону её изменять экспериментатор ощутит в прямом смысле на собственном опыте, т.е. по результатам выполнения п.2 и п.3 этой настройки. Вероятные причины таких осложнений-изменений «сумм» здесь те же, что и раньше (см. п.2.3.3 и 2.3.4).
6. После достижения заданной точности ($\pm 1\%$) регулировок и настроек выключают электропитание усилителя и аккуратно ($\pm 1\%$) измеряют получившиеся «суммы» омметром. Затем подбирают «с тремя значащими цифрами» нужные резисторы и впаивают их вместо «сумм» в «схему».
7. Восстанавливают соединения с временно отключёнными цепями и элементами, а также заменяют «назад» $1\mu\text{F} \times 500\text{V}$ на $0,1\mu\text{F} \times 500\text{V}$ (см. условия этой настройки).

Примечания.

1. Измерения этого п.2.3.5.2 по сложности превосходят измерения, описанные в предыдущих пунктах. Поэтому вероятность промахов и ошибок возрастает. Будьте очень внимательны и аккуратны. И, во-первых, точно устанавливайте частоты и напряжения всех входных синусоид. А во время опытов следите за постоянством этих «измерительных» частот и напряжений.

2. При изменениях R_1 и/или R_3 изменяются «все» напряжения на «всех» частотах «сразу». Конечно, можно «привязаться» к 0dB на «стандартной» частоте 1000Hz. Однако, измеряемые девиации АЧХ начнут «качаться» на этой тысячегерцовой «точке», как на качелях, что очень невесело для лиц со слабым вестибулярным аппаратом. Поэтому лучше всё-таки «опереться» на очень «низкочастотные точки». Как нам кажется.
3. При реальных «частотных искажениях» каскадов усиления (0,2÷50000Hz; -3dB) необходимо стремиться к минимальным девиациям АЧХ в диапазоне (приблизительно) 10÷20000Hz. Мы считаем, что «выпуклые» сквозные АЧХ предпочтительнее «вогнутых» и «волнистых». Стереокартинка будет глубже и ясней. Но универсального рецепта, наверное, нет.
4. Для регистрации результатов измерений удобно пользоваться бланком-таблицей (см. Таблица 2 в Приложении 1).
5. Конечно, если в дополнение к ЭП-приставке пользоваться «генератором качающейся частоты», синхронизированным с развёрткой осциллографа, то измерения (наблюдения) и настройки станут приятным времяпрепровождением даже для лиц далёких от электричества. Например, для карточных шулеров и голландских кружевниц. Главное – не обращать внимания на симптомы морской болезни.

В Приложении 2 представлены в графическом виде вычисленные нами теоретически девиации от АЧХ и ФЧХ четырёхполюсника «традиционной» коррекции идеального для RIAA-стандарта при вариации параметров его элементов R_1 , R_3 и C_2 в пределах +/- 6% (параметры элементов C_1 и R_2 – «абсолютно точные», т.е. цепь R_2C_1 точно «настроена» на $\tau_2=1/1000\pi$ секунд). Все параметры R_1 , R_2 , R_3 , C_1 и C_2 при «нулевой» девиации соответствуют расчёту «традиционной» коррекции для схемы по рис.21 (см. п.2.2.6). Сравнивая «свою» сквозную АЧХ с представленными в Приложении 2 графиками, Читатель может ориентировочно определить, что ж ему «там» надо крутить.

Замечание по поводу «точности вычислений». В п.2.2.2 мы привели формулы для расчёта параметров R_1 , R_2 , R_3 , C_1 и C_2 «традиционной» схемы коррекции в предположении, что $\tau_1=75\mu s$, $\tau_2\approx 318\mu s$, $\tau_3\approx 3180\mu s$. Т.е. точность «традиционна» по инженерным нормам: три десятичных знака, где два первых «абсолютно верны». Вычисления для схемы по рис.21 дали: $R_3\approx 29,7k\Omega$; $R_1\approx 250k\Omega$. Если принять, что $\tau_1=75\mu s$, $\tau_2=1/2\cdot\pi\cdot 500\text{ s}$ (по $f=500\text{Hz}$), $\tau_3=1/2\cdot\pi\cdot 50\text{ s}$ (по $f=50\text{Hz}$), то вычисления дадут $R_3\approx 28,0k\Omega$; $R_1\approx 249,8k\Omega$. Как видим, расхождение результатов вычислений для R_3 около 6%! Дело всё в знаке «минус» перед корнем в формуле (14a): при вычислениях разности погрешность может и превысить единицу (100%), если само значение разности одного порядка с «разрядом» округления! В случае нашего Гуся-Хрустального (см. рис.21) при вычислениях девиаций его ЧХ от стандарта указанное расхождение (+/-6%) неприемлемо. Для практического же применения, учитывая возможную подстройку и «малый вес» R_3 в ЧХ, расхождение приемлемо. Поэтому мы оставили всё как есть. А в Приложении 2 привели графики, включающие и такую девиацию тоже ($R_3\rightarrow 1,06R_3$).

Закончив настройки, не забудь, Читатель, выключить электроприборы. Экономь электричество, оно ещё не спело нам меланхолично свои лучшие песни.

Приложения.

П.1 Таблицы.

П.1.1 Таблица 1. Амплитудно-частотные и фазо-частотные характеристики коэффициентов передач по напряжению четырёхполюсников для коррекции по RIAA-стандарту.

Пояснения к Таблице 1.

1. Таблица 1 составлена и вычислена с помощью программного продукта Excel 2000 американской корпорации Microsoft ® .

Мы располагаем «Полной версией» Таблицы 1. Она содержит все необходимые формулы для вычисления значений коэффициентов передач (АЧХ и ФЧХ) в относительных единицах, децибеллах и градусах на любых частотах в герцах с точностью до 15-ти значащих цифр [в десятичной системе счисления (примечание наше)]. Файл таблицы содержит вычисления только на 102-х точках (частотах), соответствующих «равномерному» логарифмическому масштабу: от 1Hz до 100kHz, плюс частота $f_1 = 10000/1,5\pi \approx 2122\text{Hz}$, определяемая постоянной времени $\tau_1 = 75\mu\text{s}$. Для вычислений на других частотах достаточно или заменить содержимое ячеек в столбце 1 нужными значениями частот в герцах или «продолжить» столбец 1 теми же нужными значениями частот.

Представленную здесь Таблицу 1 мы назвали «Печатной версией». В «Печатной версии» ячейки Таблицы 1 содержат округлённые значения величин до «четырёх десятичных знаков после запятой» (конец цитаты от разработчиков Excel 2000), вычисленных нами в «Полной версии». «Печатная версия» является только «изображением» результатов вычислений. «Сама» она коэффициенты передач не вычисляет.

2. Столбцы 1 и 2 содержат значения частот в герцах и десятичных логарифмов этих частот. Значения частот соответствуют «Стандартному равномерному логарифмическому ряду», который всем нам завещал(ла) в своё время МЭК для измерений характеристик устройств в «частотной области». Эти значения частот здесь приняты как «абсолютно точные». Поэтому логарифмический ряд (столбец 2) получился не совсем равномерным. Из Стандартного ряда «выпадает» частота $f_1 = 10000/1,5\pi \approx 2122\text{Hz}$, определяемая постоянной времени $\tau_1 = 75\mu\text{s}$. Но в таблице она всё-таки стоит «на своём месте». Столбец 2 поможет Вам быстро сориентироваться «на логарифмическом масштабе» оси частот.

3. Группа столбцов 3, 4 и 5 содержит значения АЧХ и ФЧХ для фильтра, пропускающего нижние частоты (ФНЧ), первого порядка с частотой среза $f_1 = 10000/1,5\pi \approx 2122\text{Hz}$, определяемой $\tau_1 = 75\mu\text{s}$ (ф-ла (8)).

$$\text{Столбец 3} \rightarrow \left| \dot{K} \right| = 1 / \sqrt{1 + (2\pi \cdot 75 \cdot 10^{-6} \cdot f)^2};$$

$$\text{Столбец 4} \rightarrow \left| \dot{K} \right|_{\text{dB}} = 20 \lg \{3\} \quad (\text{dB});$$

$$\text{Столбец 5} \rightarrow \varphi^\circ = -\arctg(2\pi \cdot 75 \cdot 10^{-6} \cdot f) \quad (\text{градусы}),$$

где f – значение частоты в соответствующей строке столбца 1;

{3} – значение соответствующей строки столбца 3.

4. Группа столбцов 6, 7 и 8 содержит значения АЧХ и ФЧХ для ФНЧ первого порядка с частотой среза $f_3 = 50\text{Hz}$, которая определяет $\tau_3 \approx 3180\mu\text{s}$ (ф-ла (8)).

$$\text{Столбец 6} \rightarrow \left| \dot{\mathbf{K}} \right| = 1 / \sqrt{1 + (f / 50)^2};$$

$$\text{Столбец 7} \rightarrow \left| \dot{\mathbf{K}} \right|_{\text{dB}} = 20 \lg \{6\} \quad (\text{dB});$$

$$\text{Столбец 8} \rightarrow \varphi^\circ = -\arctg(f / 50) \quad (\text{градусы}),$$

где f – значение частоты в соответствующей строке столбца 1;

$\{6\}$ – значение соответствующей строки столбца 6.

5. Группа столбцов 9, 10 и 11 содержит значения АЧХ и ФЧХ для Ниспадающей Частотной Ступени с $f_2=500\text{Hz}$ и $f_3=50\text{Hz}$, которые определяют $\tau_2 \approx 318\mu\text{s}$ и $\tau_3 \approx 3180\mu\text{s}$ (ф-ла (6)).

$$\text{Столбец 9} \rightarrow \left| \dot{\mathbf{K}} \right| = \{6\} \cdot \sqrt{1 + (f / 500)^2};$$

$$\text{Столбец 10} \rightarrow \left| \dot{\mathbf{K}} \right|_{\text{dB}} = 20 \lg \{9\} \quad (\text{dB});$$

$$\text{Столбец 11} \rightarrow \varphi^\circ = \arctg(f / 500) + \{8\} \quad (\text{градусы}),$$

где f – значение частоты в соответствующей строке столбца 1;

$\{6\}$ – значение соответствующей строки столбца 6;

$\{8\}$ – значение соответствующей строки столбца 8;

$\{9\}$ – значение соответствующей строки столбца 9.

6. Группа столбцов 12, 13 и 14 содержит значения АЧХ и ФЧХ для Восходящей Частотной Ступени с $f_2=500\text{Hz}$, определяющей $\tau_2 \approx 318\mu\text{s}$, и $f_1 \approx 2122\text{Hz}$, определяемой $\tau_1=75\mu\text{s}$ (ф-ла (7)).

$$\text{Столбец 12} \rightarrow \left| \dot{\mathbf{K}} \right| = 75 \cdot 10^{-6} \cdot 1000\pi \cdot \{3\} \cdot \sqrt{1 + (f / 500)^2};$$

$$\text{Столбец 13} \rightarrow \left| \dot{\mathbf{K}} \right|_{\text{dB}} = 20 \lg \{12\} \quad (\text{dB});$$

$$\text{Столбец 14} \rightarrow \varphi^\circ = \arctg(f / 500) + \{5\} \quad (\text{градусы}),$$

где f – значение частоты в соответствующей строке столбца 1;

$\{12\}$ – значение соответствующей строки столбца 12;

$\{3\}$ – значение соответствующей строки столбца 3;

$\{5\}$ – значение соответствующей строки столбца 5.

7. Группа столбцов 15, 16 и 17 содержит значения АЧХ и ФЧХ для ЧХВ с $f_2=500\text{Hz}$, $f_3=50\text{Hz}$, определяющими $\tau_2 \approx 318\mu\text{s}$ и $\tau_3 \approx 3180\mu\text{s}$, и $f_1 \approx 2122\text{Hz}$, определяемой $\tau_1=75\mu\text{s}$ (ф-ла (5)).

$$\text{Столбец 15} \rightarrow \left| \dot{\mathbf{K}} \right| = \{3\} \cdot \{9\};$$

$$\text{Столбец 16} \rightarrow \left| \dot{\mathbf{K}} \right|_{\text{dB}} = 20 \lg \{15\} \quad (\text{dB});$$

$$\text{Столбец 17} \rightarrow \varphi^\circ = \{11\} + \{5\} \quad (\text{градусы}),$$

где $\{11\}$ – значение соответствующей строки столбца 11;

$\{15\}$ – значение соответствующей строки столбца 15;

$\{9\}$ – значение соответствующей строки столбца 9;

$\{3\}$ – значение соответствующей строки столбца 3;

$\{5\}$ – значение соответствующей строки столбца 5.

П1.2 Таблица 2. Амплитудно-частотные и фазо-частотные характеристики «предкоррекции» при записи (ЧХЗ) и коррекции при воспроизведении (ЧХВ), осуществлённых по RIAA-стандарту.

Пояснения к Таблице 2.

1. Таблица 2 составлена и вычислена на основе Таблицы 1 с помощью того же программного продукта из Америки.

Как и для Таблицы 1, у нас имеются «Полная» и «Печатная» версии. В отличие от «Полной версии» Таблицы 1 «Полная версия» Таблицы 2 не является «полностью независимой». Потому, что для вычисления значений ЧХЗ на других частотах необходимо сначала вычислить значения на этих «других» частотах ЧХВ, т.е. «изменить» Таблицу 1.

Здесь представлена «Печатная версия» Таблицы 2 аналогичная по цензурным сокращениям «Печатной версии» Таблицы 1.

2. Столбцы 1, 2, 3, 4 и 5 в Таблице 2 тождественны столбцам 1, 2, 15, 16 и 17 Таблицы 1.

3. Группа столбцов 6, 7 и 8 содержит значения АЧХ и ФЧХ для ЧХЗ с $f_2=500\text{Hz}$, $f_3=50\text{Hz}$, определяющими $\tau_2 \approx 318\mu\text{s}$ и $\tau_3 \approx 3180\mu\text{s}$, и $f_1 \approx 2122\text{Hz}$, определяемой $\tau_1 = 75\mu\text{s}$ (ф-ла (3)).

$$\text{Столбец 6} \rightarrow \left| \dot{\mathbf{K}} \right| = 1/\{15\};$$

$$\text{Столбец 7} \rightarrow \left| \dot{\mathbf{K}} \right|_{\text{dB}} = -\{16\} \quad (\text{dB});$$

$$\text{Столбец 8} \rightarrow \varphi^\circ = -\{17\} \quad (\text{градусы}),$$

где {15} – значение соответствующей строки столбца 15 Таблицы 1;

{16} – значение соответствующей строки столбца 16 Таблицы 1;

{17} – значение соответствующей строки столбца 17 Таблицы 1.

4. Группа столбцов 9, 10 и 11 содержит значения ЧХЗ «относительно частоты 1000Hz», которая и значения $\left| \dot{\mathbf{K}} \right|$ и φ на которой обычно принимаются за «опорные».

$$\text{Столбец 9} \rightarrow \left| \dot{\mathbf{K}} \right| = \{6\} / \left| \dot{\mathbf{K}}_{1\text{kHz}} \right|;$$

$$\text{Столбец 10} \rightarrow \left| \dot{\mathbf{K}} \right|_{\text{dB}} = 20 \lg \{9\} \quad (\text{dB});$$

$$\text{Столбец 11} \rightarrow \varphi^\circ = \{8\} - \varphi_{1\text{kHz}}^\circ \quad (\text{градусы}),$$

где {6} – значение соответствующей строки столбца 6 Таблицы 2;

{9} – значение соответствующей строки столбца 9 Таблицы 2;

{8} – значение соответствующей строки столбца 8 Таблицы 2;

$\left| \dot{\mathbf{K}}_{1\text{kHz}} \right|$ - значение модуля ЧХЗ на «опорной» частоте 1000Hz;

$\varphi_{1\text{kHz}}^\circ$ - значение фазы ЧХЗ на «опорной» частоте 1000Hz.

5. Группа столбцов 12, 13 и 14 содержит значения ЧХВ «относительно частоты 1000Hz», которая и значения $\left| \dot{\mathbf{K}} \right|$ и φ на которой обычно принимаются за «опорные».

Столбец 12 $\rightarrow \left| \dot{\mathbf{K}} \right| = 1/\{9\}$;

Столбец 13 $\rightarrow \left| \dot{\mathbf{K}} \right|_{\text{dB}} = 20 \lg\{12\}$ (dB);

Столбец 14 $\rightarrow \varphi^\circ = -\{11\}$ (градусы),

где $\{9\}$ – значение соответствующей строки столбца 9 Таблицы 2;

$\{12\}$ – значение соответствующей строки столбца 12 Таблицы 2;

$\{11\}$ – значение соответствующей строки столбца 11 Таблицы 2.

6. Строки столбцов 15, 16 и 17 не заполнены для того, чтобы Читатель мог воспользоваться «Печатной версией» Таблицы 2 как бланком. Такой бланк полезен, например, при измерениях, настройках и экспериментах.

О «Чёрных экспонентах» читайте ниже!

(окончание следует...)↓