

(Часть вторая или продолжение...)↓

1.2.8.2 Генезис Восходящей Частотной Ступени.

Рассмотрим схему на рис.13 и вычислим её коэффициент передачи по напряжению от входа к выходу.

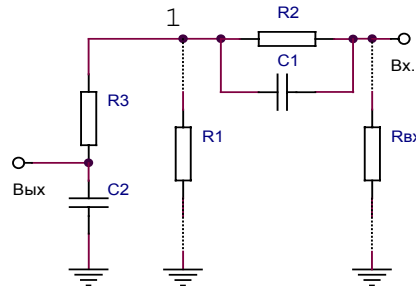


Рис.13

$$\dot{K} = \frac{1 + j\omega R_2 C_1}{1 + j\omega \left(\frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} (C_1 + C_2) + R_3 C_2 \right) + (j\omega)^2 C_1 C_2 \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} R_3} \times \frac{R_1}{R_1 + R_2}.$$

Сравнивая полученное выражение с формулами (*) и (5), можно заметить определённое сходство «частотнозависимых полиномов» в их числителях и знаменателях. А именно. «Частотнозависимые» числители у них будут равными, если принять $R_2 C_1 = \tau_2$. А «частотнозависимые» знаменатели у них – полиномы второй степени от $j\omega$ с «вещественными» коэффициентами. Итак, далее, мы думаем, Читателю уже ясно: надо применять «Метод неопределённых коэффициентов». Ответ: «Правильна!» Но мы его, метод, уже применять здесь не будем, т.к. результат явно предсказуем и потому очевиден. Только надо-таки заметить, что «из-за» разветвления 1 (рис.13) на ход ЧХ оказывают влияние «конечные и ненулевые» входные и выходные сопротивления каскадов. И это влияние невозможно учесть только элементами R_1, R_2, R_3, C_1 и C_2 . Разветвление можно «убрать», приняв $R_1 = \infty$. Поэтому соединение R_1 со схемой на рис.13 показано пунктиром. «Принятие» $R_1 = \infty$ равносильно «принятию» $R_3 = 0$ в пункте 1.2.8.1. Формулы до оскомины будут «одинаковыми» с формулами (146) п.1.2.8.1 в этом случае.

Пунктиром на рис.13 также показано «правильное» включение «сопротивления утечки» $R_{вх}$. Тогда можно «точно» учесть «в R_3 » (при $R_1 = \infty$) «конечные и ненулевые» входные и выходные сопротивления каскадов.

Желающие могут проделать эти штучки с неопределёнными коэффициентами и учётами самостоятельно.

Вообще, схемы «точной» RIAA-коррекции, наподобие показанных на рис.5 и рис.13, исключительно редко применяются на Практике. Например, в литературе, посвящённой RIAA-корректорам, нам встретился лишь однажды и лишь намёк на возможность пассивной коррекции по типу «Восходящая Частотная Ступень» (см. рис.5), который дан в [2], стр.89-94. Но Маляков подробно описывает её применение для «амплитудных» звукоснимателей. Любопытно было бы её послушать в «скоростном» варианте.

1.2.8.3. Из любви к искусству приведём ещё парочку генетически модифицированных схем «точно» корректирующих по RIAA «сосредоточенных» четырёхполюсников.

Мутационная идея гибридации заключается в следующем. На рисунках 12 и 13 к точке 1 подключён R3C2-двухполюсник с частотно зависимым импедансом (*импедансом? Шутка Евгения, Игорь долго смеялся*). Эта «частотная зависимость» может быть скомпенсирована так называемым дополнительным двухполюсником (см. [8]). Для рассматриваемых участков схем дополнительный двухполюсник представляет собой последовательное соединение индуктивности L1 и резистора R4=R3. Индуктивность находится по формуле $L1=C2(R3)^2$. А схемы будут выглядеть так:

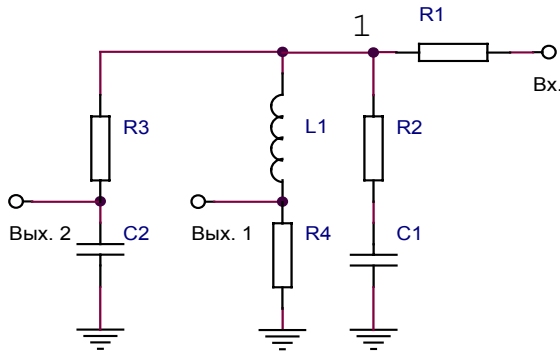


Рис.14а

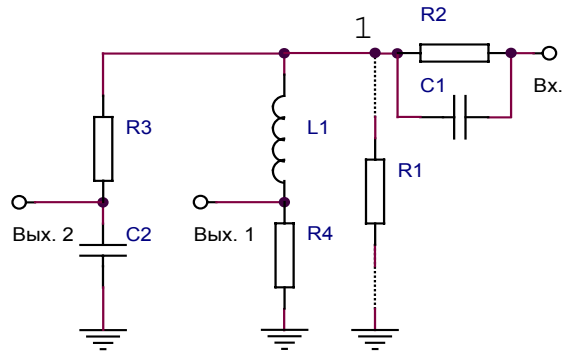


Рис.14б

Так как к точкам 1 схем на рис.14 подводится теперь напряжение уже точно откорректированное либо «по τ_2 и τ_3 » либо «по τ_1 и τ_2 », то параметры C2; R3=R4; L1 определяются очень легко: $\tau_1=L1/R4=R3C2$ (рис.14а); $\tau_3=L1/R4=R3C2$ (рис.14б).

Мы убили двух теоретических зайцев одновременно или сразу. Первый зайчик - условие $(R3)^2=(R4)^2=L1/C2$ есть «критерий реализуемости» всех остальных элементов схем (для любых $L1>0$ и $C2>0$ все остальные элементы схемы всегда «положительны»). Второй зайчик - условие $(R3)^2=(R4)^2=L1/C2$ «снижает порядок цепи» со стороны входа. Как нам кажется.

Строгое доказательство справедливости или несправедливости нашего утверждения, будто коэффициенты передач по напряжению от входа к выходам четырёхполюсников по схемам на рис.14 точно соответствуют ЧХВ по формуле (5), возлагаем на плечи энтузиастов.

На рис.14 можно электрически дуально-равноценно использовать два выхода. Понятно также, что «выходные сопротивления» у этих выходов качественно разные. Но абстрактно – оба выхода таки равноценны.

Необходимо помнить в расчётах, что к точке 1 подключён виртуальный резистор $R_{вх} = R3 = R4 = \sqrt{L1/C2}$ (см. п.1.2.3 – 1.2.5). Например, если выбрать резистор по схеме рис.14б $R_{вх} = \sqrt{L1/C2}$ равный по величине требуемому R1 по расчёту для схемы рис.5, то «автоматически» исключается применение одной детали: $R1=\infty$, и показано поэтому на рис. 14б пунктиром.

Нам опять же любопытно было бы послушать и узнать, как эти схемы (рис.14) звучат, и чем отличается по звуку «индуктивный» выход от «ёмкостного». Хотя, конечно, реализовать индуктивность для τ_3 будет трудно.

С другой стороны, «ёмкостную» ветвь (рис.14) можно вообще не применять, как это сделали для модификации по рис.14а и теперь продают фокусники из «Аудионота».

Ну, и так далее.

1.2.8.4. *Предлагается из любви к тому же искусству вернуться к формуле (10) для эквивалентной схемы входной цепи «второго порядка» (п.1.2.6) и повнимательнее присмотреться к её знаменателю... Может быть бросить Всё и сконструировать кому-нибудь из нас (и не только нас) картридж со встроенной RIAA-коррекцией на «природных» индуктивностях, сопротивлениях и ёмкостях? А как учёные-немцы до Войны навязывали публике электродинамический способ воспроизведения! Может у них уже тогда был такой картридж со встроенной «Дойче Граммофоном» коррекцией? (См. п.1.2.7, где курсив).*

Ну, и так далее.

Заканчивая описание этой ветви генеалогического (гинекологического? Шутка Игоря, Женя долго смеялся) древа усилителей-корректоров, укажем, что числитель, «отвечающий за τ_2 » во всех формулах для коэффициентов передач наших «сосредоточенных» RIAA-четырёхполюсников, оставался «определённым непосредственно», т.е. через простое произведение двух «соседних» элементов схемы $\tau_2=R_2C_1$. Это наводит на мысль: может нормировать ЧХ «лучше» к 500Hz, а не к 1000Hz, как принято? Но мы поступили даже очень тривиально: стали нормировать ЧХ к «максимуму» коэффициента передачи пассивной RC цепи, т.е. к единице (см. Приложения).

И вообще. Самое трудное – найти конфигурацию (топологию) схемы, а не вычислять «режимы» и «номиналы». Но для пассивных RC (LR)-схем существует «большое и разнообразное» количество «прикладных и универсальных» способов синтеза: «Метод Брунэ», «Метод Фостера», «Метод Кауэра»... Ну, и так далее (см. [8]). Надеемся, что книга Бессонова станет теперь бестселлером.

Заметим (т.к. в тексте уже больше «принципиальных формул» с τ_1, τ_2 и τ_3 не будет), что в выше приведённых формулах и рассуждениях не принципиальны сами численные значения постоянных времени. Важны и принципиальны «критерии реализуемости» элементов R, L и C, которые (критерии), в общем-то, зависят от τ_1, τ_2 и τ_3 . Но иногда нашими формулами можно пользоваться без оглядки. Например, «они» справедливы для вычислений величин элементов схем коррекции по стандарту RIAA для пластинок на 78об/мин. Очень интересны реализации схем (Вы почувствовали «их» реальность?) с «настраиваемыми тау» для реставрационных и исследовательских работ. Читатель с творческим подходом к делу, думаем, оценит «формализованные» способы, применённые нами в расчётах цепей с заданными ЧХ. Но мы абсолютно не претендуем здесь на какие-либо приоритеты. Спасибо нашим вузовским (и школьным) преподавателям, которые, несмотря на противодействие и лень двух сексуально распущенных оборотов, привили таки нам какие-никакие азы знаний. Они даже нас били линейкой по голове!

1.2.9 Каскадная реализация.

Резюмируя сказанное в пунктах 1.2.2-1.2.6 и 1.2.8, осмелимся предложить Читателю несколько вариантов функциональных схем усилителей-корректоров согласно математической модели по ф-ле (5).

Первая группа схем – двухкаскадная реализация.

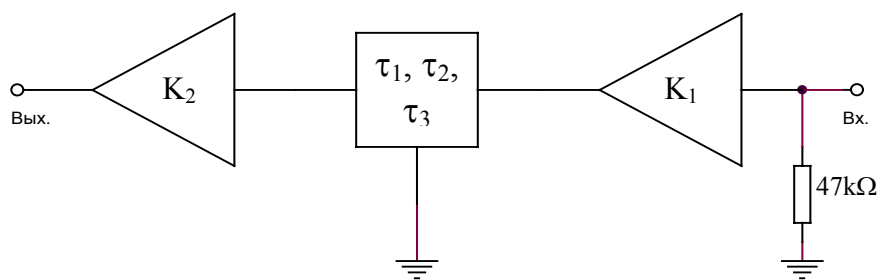


Рис.15а

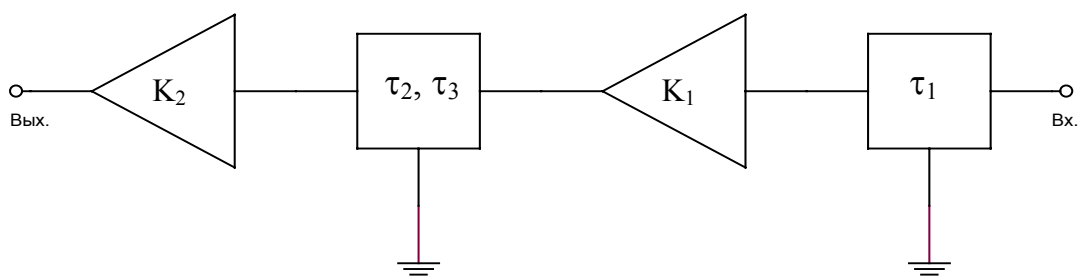


Рис.15б

Вторая группа схем – трёхкаскадная реализация.

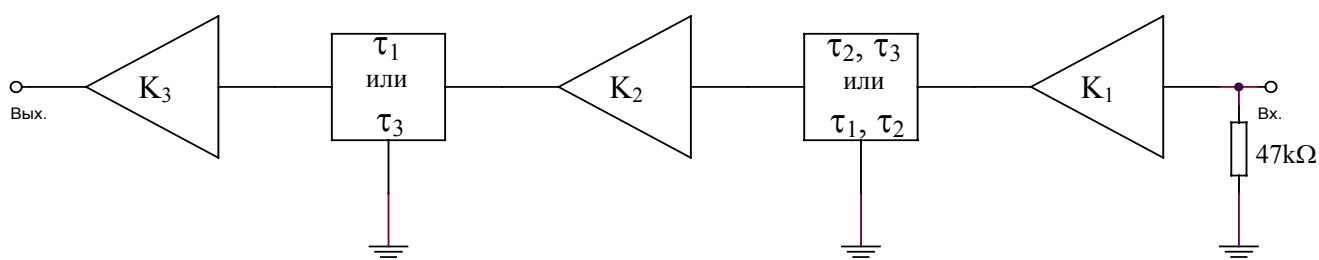


Рис.16а

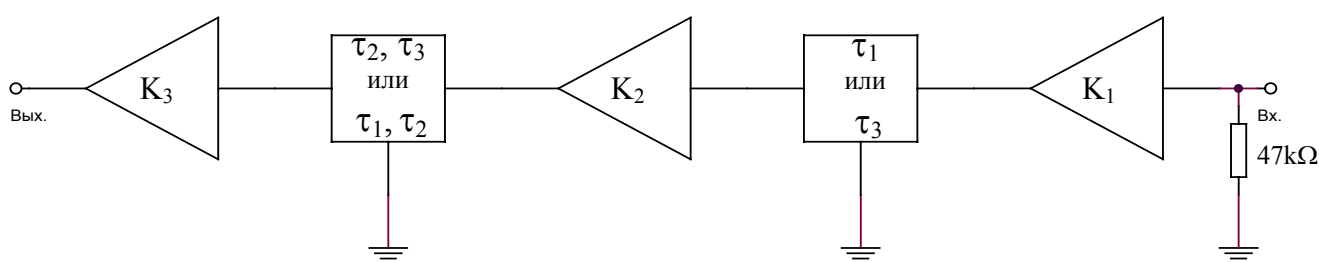


Рис.16б

На рисунках 15 и 16:

треугольники – каскады (усилители) с коэффициентом усиления K_1 , K_2 , K_3 (указано внутри треугольника);

квадратики – четырёхполосники с частотно-зависимыми коэффициентами передачи по напряжению, определяемыми постоянными времени τ_1 , τ_2 , τ_3 (указано внутри квадратика).

Комбинаций последовательности каскадного включения корректирующих четырёхполюсников может быть очень много. Возможны и очень интересные и столь же многочисленные электрические нюансы при применении каждого из вариантов каскадной реализации RIAA-корректора. Наконец, самих схем корректирующих четырёхполюсников может быть гораздо больше, чем нам и не только нам кажется. Заметьте, речь идёт лишь об «аналоговой» и «пассивной» коррекции в реальном масштабе частоты и/или времени. А мы выбрали только три конкретные функциональные схемы коррекции (наш авторский произвол). Их электрические принципиальные схемы будут представлены Вам в Практической Части или, как говаривали раньше доктора, в Части Вещественной, т.е. там, где Мысль воплощается в Железо. Функциональные схемы, соответствующие этому Железу, выглядят так:

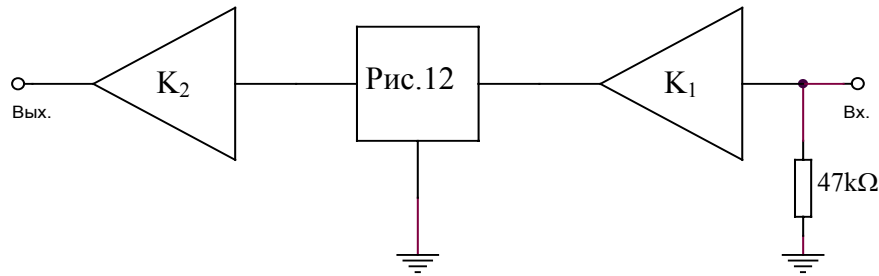


Рис.17а

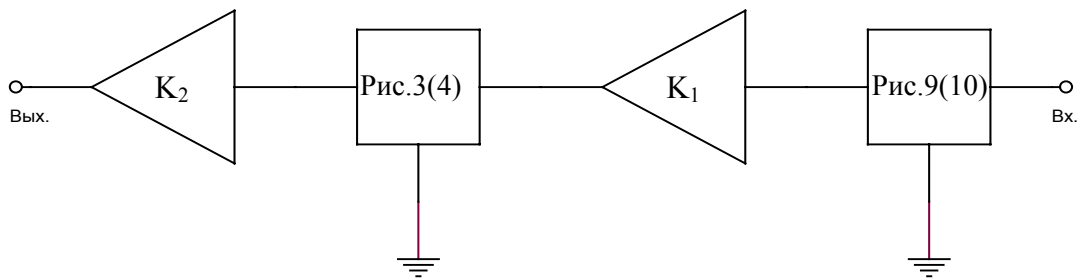


Рис.17б

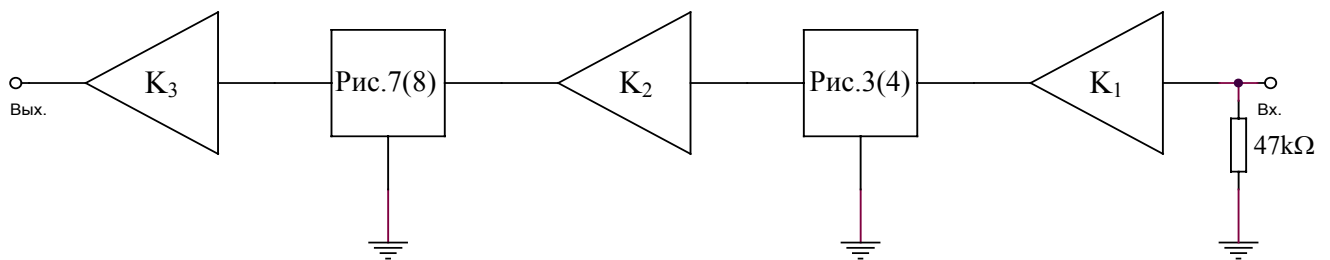


Рис.17в

На рисунках 17а-в в квадратиках указаны номера рисунков, на которых изображены электрические схемы четырёхполюсников, и которые рассмотрены выше в пунктах 1.2.3; 1.2.5; 1.2.6; 1.2.8.

Схему по рисунку 17а назовём *традиционной коррекцией*. Схему по рисунку 17б назовём *коррекцией с τ_1 на входе*. Схему по рисунку 17в назовём *коррекцией с τ_1 на выходе*.

Каждая из приведённых на рис.17 схем обладает перед двумя другими как преимуществами (достоинствами), так и недостатками. Т.к. преимущества это – недостатки со знаком «минус (-)», то ниже мы оптимистически перечисляем только основные преимущества или достоинства.

Схема на рис.17а обладает следующими преимуществами перед схемой на рис.17б.

1. Более высокое отношение сигнала к шуму.
2. «Стандартный» вход.

Схема на рис.17а обладает следующими преимуществами перед схемой на рис.17в.

1. «Короткий тракт».
2. Повышенная перегрузочная способность по входу второго каскада (K2).

Схема на рис.17б обладает следующими преимуществами перед схемой на рис.17а.

1. Более «легкая» настройка на идеальную ЧХВ.
2. Повышенная перегрузочная способность по входу.
3. «Притупление» некоторых резонансов подвижной системы звукоснимателя и входной цепи.

Схема на рис.17б обладает следующими преимуществами перед схемой на рис.17в.

1. «Короткий тракт».
2. Повышенная перегрузочная способность по входу.
3. «Притупление» некоторых резонансов подвижной системы звукоснимателя и входной цепи.

Схема на рис.17в обладает следующими преимуществами перед схемой на рис.17а.

1. Более «легкая» настройка на идеальную ЧХВ.
2. Возможность получения более высокого общего коэффициента усиления.

Схема на рис.17в обладает следующими преимуществами перед схемой на рис.17б.

1. Более высокое отношение сигнала к шуму.
2. Возможность получения более высокого общего коэффициента усиления.
3. «Стандартный» вход.

Возможность получения более высокого общего коэффициента усиления трёхкаскадной реализации (рис.17в и рис.16) обуславливает возможность «бестрансформаторной» реализации корректора для звукоснимателей с подвижными катушками (МС-тип). Но, в целом, перегрузочная способность остаётся низкой. Перегрузочную способность можно немного повысить, поменяв местами четырёхполюсники коррекции: « τ_1 поставить» перед вторым каскадом, а « τ_2 и τ_3 » – перед третьим, т.е. так, как это сделано на рис.16б. Немного возрастут шумы. Настройка, элементная база и каскады усиления могут быть точно такими же, какими были «раньше». Поэтому этот вариант подробно не рассматривается.

Вообще, тенденция «перегрузочная способность растёт – растут шумы» для схем по рисункам 16 и 17 связана с «местом установки» коррекции «по τ_1 » (или «по τ_3 », если она (коррекция) «выделена», например, так, как показано на рисунках 13 и 14б). Дело в том, что «шумовая полоса» после РС четырёхполюсника ограничивается частотой среза ФНЧ (см. рис.7), для τ_1 равной 2122Hz. Т.е. «давятся» все ВЧ-шумы, возникающие «до» корректирующей цепи, и независимо от «причины» возникновения таких шумов. Тогда, как сигнал «приводится в норму». Чем «ближе» к выходу стоит ФНЧ, тем больше «причин» шума устраняется. И, наоборот, чем

«ближе» ко входу стоит ФНЧ, тем больше «причин» перегрузок устраняется, т.к. «энергия» сигнала уменьшается. Но растут «шумы». А где оптимум? ... Здесь скажем одно: критерии оптимума и способы достижения этого оптимума, предложенные Суховым и соавторами в [6], нам ну, очень не нравятся.

Схемы по рис.17а и 17б можно «объединить» с помощью переключателя, о чём мы заявили в п.1.2.6. Такая электрическая принципиальная схема будет приведена в Части Вещественной с указаниями и рекомендациями по расчёту и выбору номиналов и типов деталей в корректирующих цепях и способами настройки ЧХ воспроизведения.

1.2.10 Симметричная (балансная) реализация.

В принципе, индукционные датчики скорости (звукосниматели) с подвижными катушками (МС), магнитами (ММ) и переменным магнитным сопротивлением (ММС, VMS, IM...) обладают «выраженным» свойством электрической симметрии (точнее: свойством сбалансированности выходных электрических полюсов) относительно «глобального нуля» - Земли. Поэтому логичен «симметричный генезис» схем коррекции, рассмотренных выше. Например, некоторые симметричные варианты реализации схемы Ниспадающей Частотной Ступени (см. рис.3) выглядят так:

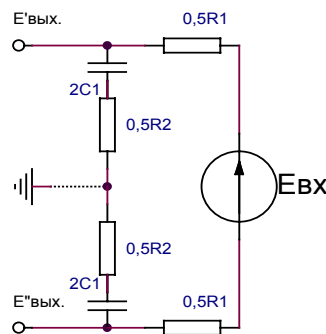


Рис.19а

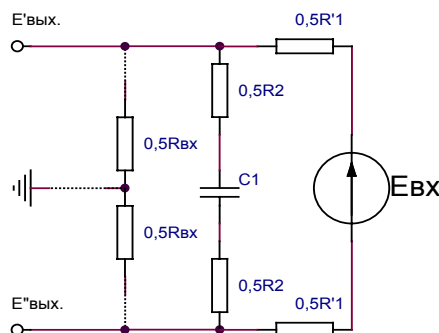


Рис.19б

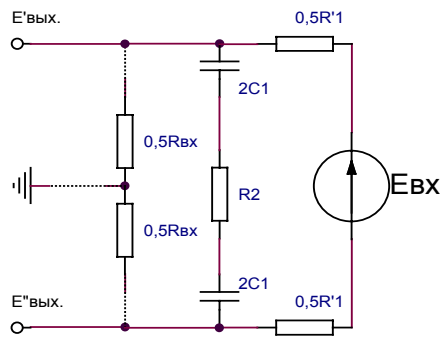


Рис.19в

На рис.19 $E_{\text{вх}}$ – выходной сигнал (напряжение) предыдущего симметричного по выходу усилителя (или датчика), например, балансного каскада. А пунктиром показаны некоторые варианты дополнительного («принудительного») электрического симметрирования схем коррекции по выходу.

Необходимо помнить, что в большинстве датчиков (например, «Ортофон M15E, VMS20, FF15», наши «ГЗМ 103, 105, 003» и т.д.) один канал конструктивно «заземлён» на корпус-экран. Мы в своей практике однажды («Ортофон VMS20») просто экран удалили, а «наводки» стали меньше.

Но симметричный датчик позволяет не только «уменьшить наводки». Как нам кажется, основная цель его применения – «переворот механической фазы» при сохранении «электрической синфазности» работы каналов. Действительно, согласно условию «совместимости» стерео записей с моно записями, сигналы правого и левого каналов на пластинку записываются «механически противофазно». Т.е., если «правому» положительному максимуму звукового давления соответствует «горб» рельефа носителя, то «левому» - соответствует «впадина». Однако, известно (см. [1], [3]), что при воспроизведении, как, впрочем, и при записи, механической фонограммы иглой «конечных» размеров возникают нелинейные искажения из-за «несоответствия» кривизны «впадины» радиусу (кривизне) контактирующей с ней поверхности иглы. На «горбах» такого «несоответствия» нет. Кроме того, при движении «во впадину» игла испытывает «невесомость», а при движении «на горб» - «перегрузку». Ну, и так далее. А извечный спор на тему: «Какая «фаза» в электроакустике правильная?» в грамзаписи имеет, таким образом, ещё одну «степень неопределённости». И только симметричная система «головка – усилитель-корректор» в случае стерео записи позволяет избавиться от этого «ещё одного неизвестного» хотя бы частично. Ведь стереозапись велась и ведётся по законам «противофазного» стандарта RIAA.

В связи с «проблемой симметричности» вспомним головку «Корвет» и отдадим должное прозорливости её создателя-конструктора: звукосниматели «Корвет ГЗМ 108 – 018» все запланированы и сделаны как симметричные датчики, а рационализаторы с завода, их выпускавшего, проморгали такую возможность подзаработать! Но глицерин из «шаров» они слить всё-таки успели. Со своей стороны предлагаем дополнить современную комплектацию проигрывателей «Корвет» табличками с надписями неприятного синего цвета: «Антифриз слит» и «Этиленгликоль – яд!».

В приведённых выше абзацах мы, по возможности, заключали термины: «фаза», «синфазно», «противофазно» и т.д. в кавычки, т.к. считаем эти термины неверными применительно к непериодическим процессам или к звуку вообще. Более верными и уместными здесь будут термины: «степень идентичности», «степень когерентности» или «степень одинаковости» каналов и/или условий их работы.

Заканчивая Теоретическую Часть, сделаем небольшое лирическое отступление в Топологию.

Однажды мы спросили «Аудиофорум» (см. [www.dvdworld.ru/cgi-bin/audiobbbs.pl/]): «о чём», собственно, гипотеза (теорема) Пуанкаре, доказанная недавно питерским математиком-топологом? Наши догадки о том, что она (гипотеза) как-то связана с «аналоговой сутью» некоторых преобразований сигналов, в общем-то, подтвердились.

Например. Всегда ли можно «разнять» (не в технологическом, а в топологическом смысле) лаковый диск и его гальванокпию с механической записью звуковых процессов? Практика отвечает: «Да». Но тогда гипотеза Пуанкаре как минимум превращается в теорему Пуанкаре! Или Кро с Берлинером «это» сделали случайно?

Так вот, к ней, к Практике, и предлагается приступить.

2. Часть Вещественная и/или Практика.

2.1 Усилители, лампы, конденсаторы и резисторы.

2.1.1 Усилители.

2.1.1.1 Схема.

Мы гордо декларируем (декламируем), чтобы весь Мир, всё прогрессивное Человечество услышало: «Лучшие в мире усилители для звукотехники и широковецания – усилители на электровакуумных триодах!» Допускается применение электровакуумных тетродов, пентодов и гексодов в «триодном» включении, некоторые из которых могут быть даже прямонакальными. Короче, поменьше конденсаторов, побольше трансформаторов. Спасём производство кабельной бумаги в отдельно взятой стране! Ну, и так далее.

Применяемые каскады усиления выглядят так:

(продолжение следует...)↓