Патент США [19]

Шталь

[11] **4,118,600**

[45] **Окт. 3, 1978**

[54] **ПОНИЖЕНИЕ БАСОВОГО ОТКЛИКА ГРОМКОГОВОРИТЕЛЯ ЗА СЧЕТ ОТРИЦАТЕЛЬНОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ И ИМПЕДАНСНОЙ НАГРУЗКИ**

[76] Изобретатель: **Карл Эрик Шталь**, Haggviksvagen 14, Sollentuna, Швеция.

[21] Прил. Номер: **780,454**

[22] Подана: **23 марта 1977 г.**

[30] **Данные приоритета иностранных приложений**

24 марта 1976 г. [SE] Швеция …..…….. ……7603585

[51] **Междунар. Кл.**[2] …… **H04R 3/00;** H04R 3/08

[52] **Кл. США** ……. **179/1 D**; 333/80 R; 330/107; 330/112; 179/1 A; 179/1 F

[58] **Поле поиска** ……. 179/1 F, 1 D, 1 A; 333/80 R

[56] **Цитированные источники**

ПАТЕНТНЫЕ ДОКУМЕНТЫ США

3,530,244	9/1970	Reiffen …….....	179/1 F
3,889,060	6/1975	Goto …….	179/1 F

ЗАРУБЕЖНЫЕ ПАТЕНТНЫЕ ДОКУМЕНТЫ

2,269,267	4/1974	Франция …….	179/1 F
2,235,664	7/1972	Фед. Республика Германия ...	179/1 F

ДРУГИЕ ПУБЛИКАЦИИ

H. Holdaway, «Проектирование систем обратной связи с датчиком скорости для низкой частоты», IEEE Trans. Audio, сентябрь 1963, Руководство по GE-транзистору, 7 - е издание, 1964, стр. 259, 260.

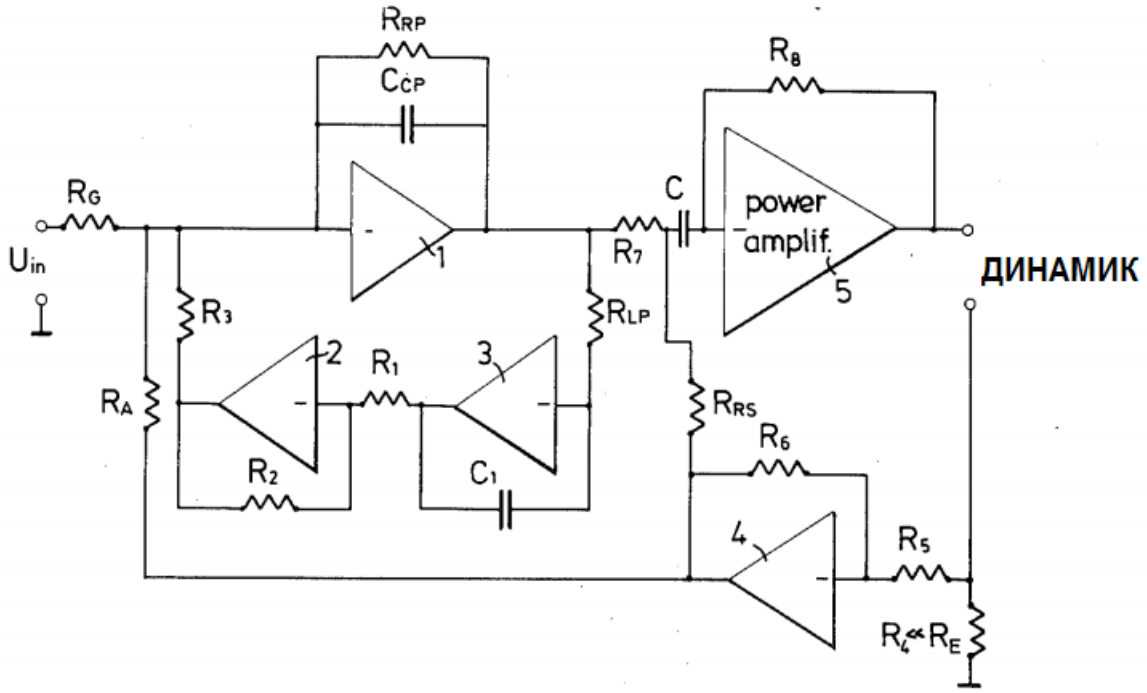
А. Тиль, "Схемы стабилизации громкости для аудио-усилителей», Proc. IEEE Aust., Сентябрь 1975 г., том 36, № 9, стр. 297–299.

Главный эксперт – Томас В. Браун
Помощник эксперта - Э. С. Кемени
Поверенный, агент или фирма - Берч, Стюарт, Колаш и Берч

[57] **АННОТАЦИЯ**

Описаны устройство и метод улучшения характеристик басового отклика электродинамического громкоговорителя. Громкоговоритель обычно демонстрирует реальные механические параметры, такие как затухание, гибкость и масса, которые обычно определяют басовый отклик и нижнюю частоту среза громкоговорителя. Метод и устройство настоящего изобретения заставляют громкоговоритель проявлять кажущиеся механические параметры, которые отличаются от фактических механических параметров, чтобы существенно изменить влияние фактических механических параметров на низкочастотный отклик. Устройство в предпочтительном варианте осуществления включает в себя электрическую цепь, через которую электрическая энергия, соответствующая воспроизводимому звуку, подается на звуковую катушку громкоговорителя. Электрическая цепь имеет эффективный выходной импеданс, включающий отрицательный импеданс, соединенный последовательно со множеством импедансов, соединенных параллельно. Значение отрицательного импеданса (включая отрицательное сопротивление) выбирается по существу равным импедансу звуковой катушки. Множество параллельных импедансов имеют значения, которые заставляют громкоговоритель проявлять кажущиеся механические параметры, которые по существу отличаются от фактических механических параметров на низких частотах громкоговорителя.

32 формулы, 21 рисунок



ПОНИЖЕНИЕ БАСОВОГО ОТКЛИКА ГРОМКОГОВОРИТЕЛЯ ЗА СЧЕТ ОТРИЦАТЕЛЬНОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ И ИМПЕДАНСНОЙ НАГРУЗКИ

Настоящее изобретение относится к методу улучшения басового отклика громкоговорителя и к устройству для реализации этого метода. Изобретение предназначено для обеспечения расширенного диапазона частот и меньшего уровня искажений в регистре низких частот при hi-fi воспроизведении. Современные низкочастотные динамики часто имеют нижнюю граничную частоту 50 Гц или выше, в то время как другие устройства в цепочке воспроизведения часто способны воспроизводить частоты ниже вплоть до предельной частоты, воспринимаемой ухом, равной примерно 20 Гц. Искажение динамика часто вносит доминирующий вклад в результирующее искажение цепочки воспроизведения в диапазоне низких частот.

Известен ряд методов, с помощью которых можно улучшить характеристики громкоговорителя в области низких частот в том или ином отношении. Один такой способ включает в себя изменение кривой тона усилителя, работающего на динамик, таким образом, чтобы компенсировать кривизну тона динамика в диапазоне низких частот. Одним из недостатков этого метода является то, что может потребоваться установка сложных фильтров; другой недостаток заключается в том, что такая компенсация чувствительна к изменениям механических параметров динамиков.

Согласно другому известному способу применяется обратная связь от динамика к операционному усилителю, например, с помощью датчика ускорения, установленного на диафрагме динамика. Согласно общей теории управления, этот метод должен обеспечивать уменьшение искажений и увеличение частотного диапазона в басовом регистре. На практике, однако, встречаются некоторые проблемы, и таким образом трудно добиться какого-либо заметного улучшения. Кроме того, этот метод не подходит для использования с фазоинверторными корпусами, поскольку амплитуда диафрагмы в таких корпусах не связана напрямую со звуковым давлением.

Еще один известный способ улучшения звукового отклика громкоговорителя, который не обязательно должен быть низкочастотным динамиком, требует, чтобы динамик был подключен последовательно с параллельным резонансным контуром, например, как описано в спецификации немецкого патента 2,029,841.

Также известно, что отклик динамика можно улучшить путем изменения влияния сопротивления звуковой катушки. Это может быть достигнуто за счет управления громкоговорителем усилителем, имеющим подходящее выходное сопротивление, полученное, например, за счет обратной связи по току, в соответствии со спецификацией немецкого патента 2,235,664.

В соответствии с настоящим изобретением громкоговоритель, чья басовая характеристика должна быть улучшена, работает с усилителем или комбинацией усилителей, эффективный выходной импеданс которых включает или эквивалентен отрицательному сопротивлению, подключенному последовательно с параллельным резонансным контуром, работающим от генератора тока, отрицательное сопротивление которого по существу равно сопротивлению звуковой катушки динамика. Используя громкоговоритель с таким усилителем, можно достичь изменений в низкочастотном отклике громкоговорителя, что эквивалентно изменению механических параметров динамика и его подвижной массы, затухания и гибкости.

Настоящее изобретение использует тот факт, что физические характеристики электродинамического громкоговорителя удовлетворяют матрице математической цепи гиратора в двухпортовой электрической схеме. Этот факт в сочетании с механико-электрической аналогией характеристик динамика используются для получения электрической схемы настоящего изобретения.

Предусмотрены средства для существенного подавления импеданса звуковой катушки системы для достижения аналогии между электрическими компонентами в эквивалентной схеме настоящего изобретения на входе динамика и механико-электрическими эквивалентами параметров динамика.

Предпочтительно подавать энергию для воспроизведения в динамик от эквивалентной схемы, включающей в себя источник тока, подключенный параллельно с выбранными резистивными, индуктивными и емкостными элементами импеданса настоящего изобретения. Можно использовать источник напряжения. Однако подобрать подходящий источник напряжения труднее, поскольку он зависит от частоты.

Теперь изобретение будет описано более подробно со ссылкой на прилагаемые рисунки; в которых:

Рис. **1** - вид громкоговорителя в разрезе;

Рис. **2**a-**2**c демонстрируют двухпортовые схемы, описывающие динамик;

Рис. **3**a-**3**d показывает эквивалентные цепи для схем, рассматриваемых с электрической и механической сторон соответственно;

Рис. **4**a и **4**b показывают эквивалентные схемы для усилителя или комбинации усилителей, которые могут использоваться в соответствии с изобретением;

Рис. **5**a, **5**b и **6** - схемы одного из вариантов реализации комбинации усилителей, который может использоваться в соответствии с изобретением;

Рис. **7** - показан альтернативный вариант усилителя для использования в соответствии с изобретением;

Рис. **8**a-**8**b представляют собой эквивалентные схемы для системы, содержащей комбинацию усилителя и громкоговорителя в соответствии с изобретением, и 8c в соответствии с обычной работой усилителя с постоянным усилением напряжения и чисто резистивным выходным импедансом, и

Рис. **9-11** - показаны таблица и четыре кривые, показывающие результаты испытаний, проведенных в связи с изобретением.

Рис. 1

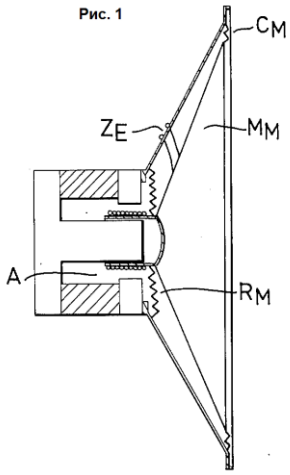
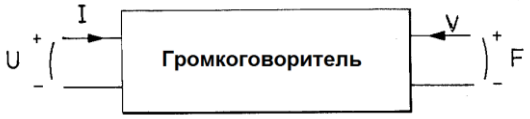


Рис. **1** представляет собой вид в разрезе громкоговорителя, чья низкочастотная характеристика должна быть улучшена, причем те элементы, которые не имеют отношения к изобретению, опущены для ясности. Громкоговоритель электродинамического типа, т.е. звуковая катушка движется в воздушном зазоре между полюсами магнита. Переменная A является произведением силы магнитного поля и длины проводника звуковой катушки в воздушном зазоре. На нижних частотах электрический импеданс Z_E звуковой катушки может, с хорошей долей аппроксимации, рассматриваться как чисто резистивный со значением R_E. Движение подвижной катушки передается на диафрагму, имеющую движимую массу M_M, затухание R_M и гибкость C_M, при помощи которой воспроизводится звук.

Для того, чтобы описать механическое движение в динамике, может быть использована механико-электрическая аналогия, в которой механическая сила рассматривается как электрическое напряжение, скорость - как ток, масса - как индуктивность, затухание - как сопротивление, и гибкость - как емкость. Таким образом, взаимосвязь между электрической и механической сторонами динамика может быть описана с помощью двухпортовой схемы согласно Рис. **2a**, на которой напряжение U и ток I относятся к электрической стороне, а сила F и скорость V относятся к механической стороне.

Рис. 2a



Используя обозначения и допущения согласно Рис. **1** и **2a**, динамик можно описать, как показано на Рис. **2b**, на котором Z_M является механическим импедансом динамика, как уже говорилось, импедансом, содержащим движимую массу M_M, затухание R_M и гибкость C_M.

Рис. 2b

Гиратор, описанный матрицей,

$$(K) = \begin{pmatrix} 0 & -A \\ -1/A & 0 \end{pmatrix}$$

имеет такие свойства, что при взгляде с одной стороны видна двойственность схемы с другой стороны. Рис. **2b** можно резюмировать в уравнениях:

$$U=Z_E I+AV, \quad F=-AI+Z_M V.$$

При обычном использовании громкоговорителя он приводится в действие усилителем, имеющим выходной импеданс Z_U, и на механической стороне возникает механический импеданс Z_B, вызываемый окружающим воздухом, нагружающим диафрагму. Система, содержащая усилитель и громкоговоритель, показана на Рис. **2c**.

Рис. 2c

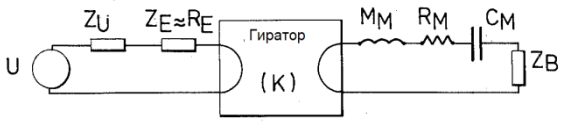


Рис. 3a

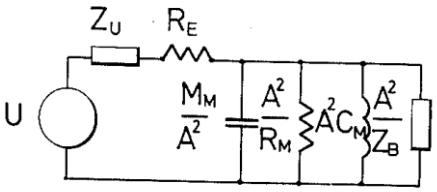
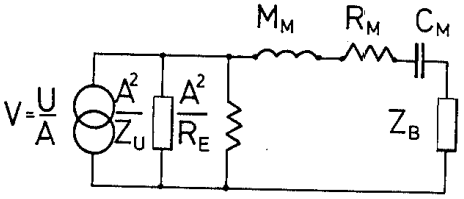


Рис. 3b



На Рис. **3a** и **3b** показаны цепи, эквивалентные системе, показанной на Рис. **2c**, рассмотренные с электрической и механической сторон соответственно. Поскольку генератор напряжения, подключенный последовательно с импедансом, эквивалентен генератору тока, подключенному параллельно с тем же импедансом, цепи, показанные на Рис. **3c** и **3d** представляют собой альтернативы цепям, показанным на Рис. **3a** и **3b** для упомянутой системы, показанной на Рис. **2c**, при рассмотрении с электрической и механической стороны соответственно.

Рис. 3c

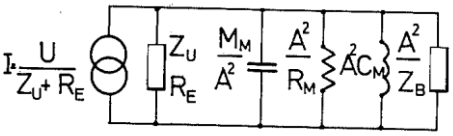


Рис. 3d

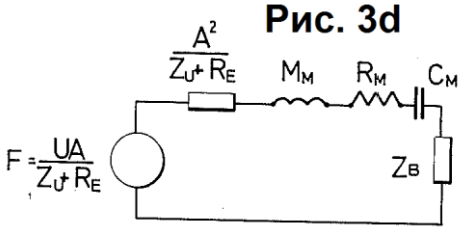


Рис. 4a

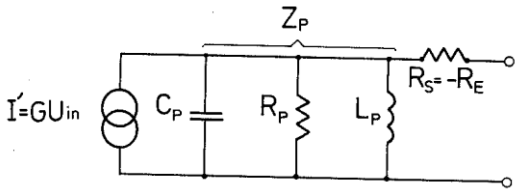
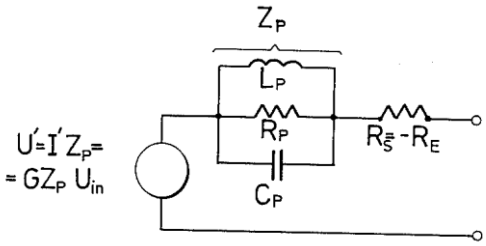


Рис. 4b



На Рис. **4a** и **4b** показаны эквивалентные цепи для усилителя, используемого в соответствии с изобретением для управления динамиком. Эффективный выходной импеданс усилителя содержит или эквивалентен отрицательному сопротивлению $\boldsymbol{R_S}$, соединенному последовательно с параллельным резонансным контуром $\boldsymbol{Z_P}$, содержащей конденсатор $\boldsymbol{C_P}$, сопротивление $\boldsymbol{R_P}$ и индуктивность $\boldsymbol{L_P}$. Величина отрицательного сопротивления равна или почти равна сопротивлению звуковой катушки $\boldsymbol{R_E}$. Когда усилитель (или комбинация усилителей) воздействует на громкоговоритель через электрические проводники, которые в силу своей длины или других обстоятельств имеют сопротивление, которое не является пренебрежимо малым по отношению к сопротивлению голосовой катушки, величина отрицательного сопротивления $\boldsymbol{R_S}$ должна главным образом совпадать с суммой сопротивлений упомянутого проводника и звуковой катушки. На Рис. **4a** источник питания показан в виде генератора тока, параллельного резонансному контуру. Если вместо этого источником питания является генератор напряжения, как показано на Рис. **4b**, то выходное напряжение генератора должно изменяться в зависимости от частоты таким же образом, как импеданс $\boldsymbol{Z_P}$ параллельного резонансного контура.

Рис. 5a

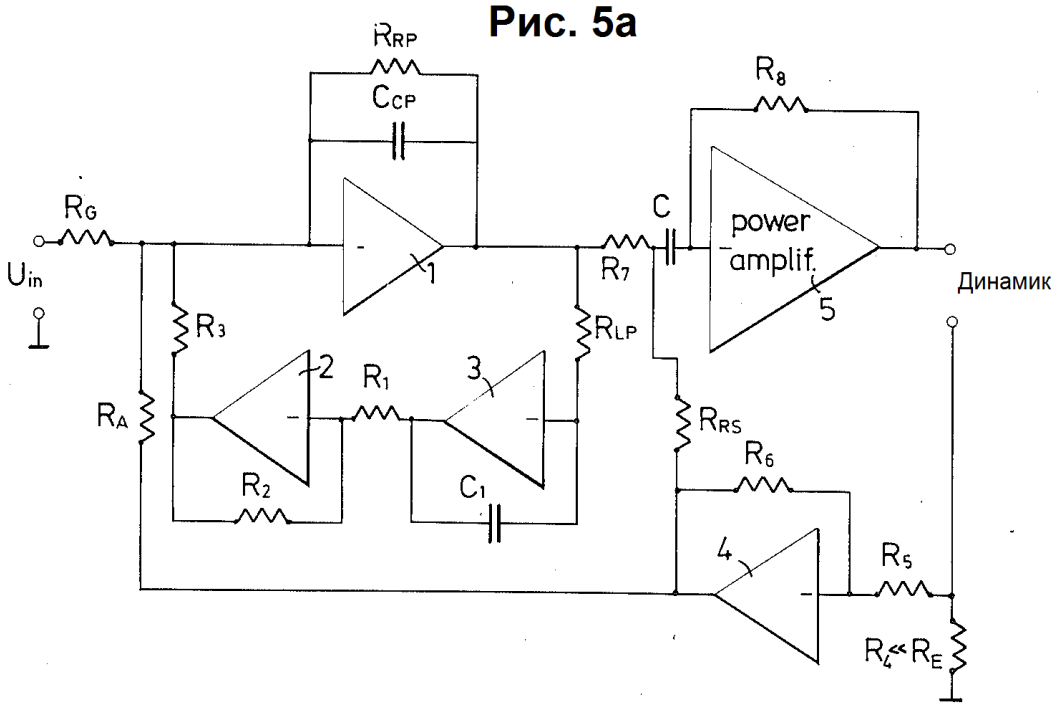


Рис. **5a** демонстрирует электрическую схему комбинации усилителей, имеющую эффективный выходной импеданс, который по меньшей мере приблизительно равен отрицательному сопротивлению $\boldsymbol{R_S}$, соединенному последовательно с параллельным резонансным контуром $\boldsymbol{C_P}$, $\boldsymbol{R_P}$, $\boldsymbol{L_P}$, при этом применимы следующие соотношениями между импедансами и значениями компонентов:

$$R_s = -\frac{1}{R_{Rs}} \cdot \frac{R_4 R_6 R_8}{R_5} \quad C_p = C_{Cp} \frac{R_A R_5 R_7}{R_4 R_6 R_8}$$

$$R_p = R_{Rp} \frac{R_4 R_6 R_8}{R_A R_5 R_7} \quad L_p = R_{Lp} \frac{R_1 R_3 C_1}{R_2} \cdot \frac{R_4 R_6 R_8}{R_A R_5 R_7}$$

$$G = \frac{1}{R_G} \cdot \frac{R_A R_5}{R_4 R_6}$$

G – это постоянная произведения (константа) на Рис. **4a** и **4b**.

Как видно из приведенных выше уравнений различные параметры R_S, C_P, R_P, L_P и **G** могут быть изменены независимо друг от друга, путем изменяя R_{Rs}, C_{Cp}, R_{Rp}, R_{Lp} и R_G соответственно.

В качестве примера правильной конструкции цепи, показанной на Рис. **5a**, могут быть выбраны следующие значения компонентов:

R_4 = 0.1 Ом,
R_5 = l кОм,
R_6 = 10 кОм.

Этот конкретный выбор означает, что напряжение (измеряется в вольтах) на выходе операционного усилителя **4** будет равно току (измеренному в амперах) через громкоговоритель.

R_1 = R_2 = R_3 = 10 кОм,
R_7 = 10 кОм,
R_8 = 100 кОм,
R_A = 100 кОм,
C_1 = 1 мкФ

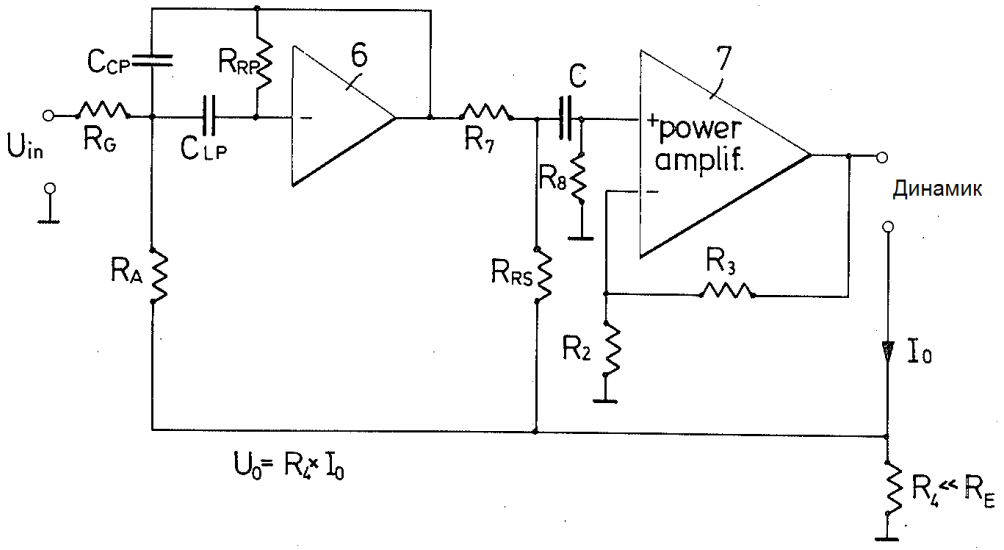
Этот конкретный выбор подразумевает, что будет легко вычислить R_S, C_P, R_P, L_P и G.

Если сопротивление измеряется в Омах, емкость - в Фарадах, а индуктивность - в Генри, то

$R_S = -10^5 / R_{Rs}$,
$C_P = C_{Cp} \cdot 10^4$ Ф,
$R_P = R_{Rp} \cdot 10^{-4}$,
$L_P, = R_{Lp} \cdot 10^{-6}$ Гн
и
$G = 10^5 / R_G$ сименс (= 1/Ω)

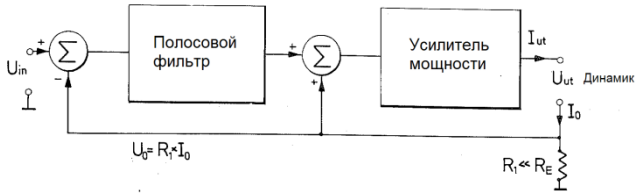
Операционные усилители **1-4** могут быть типа μA 741. Усилитель мощности **5** обычного типа и должен иметь характеристики операционного усилителя.

Рис. 5b



На Рис. **5b** показан более простой вариант усилителя для использования в соответствии с изобретением. По сравнению со схемой, показанной на Рис. **5a**, эта схема имеет недостаток, заключающийся в том, что различные параметры R_S, C_P, R_P, L_P и G не могут изменяться независимо друг от друга с помощью только одного компонента.

Рис. 6



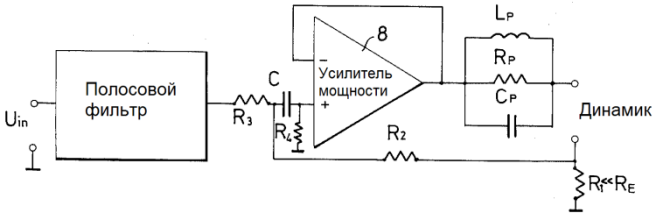
На Рис. **6** показана блок-схема цепей, изображенных на Рис. **5a** и **5b**. Каждая часть блок-схемы, то есть сумматор, фильтр и т.д., может быть реализована иными способами, нежели показанные на Рис. **5a** и **5b**. Возможны и другие схемы, в которых разрешено включать функции фильтра в усилитель мощности.

На Рис. **5a** полосовой фильтр образован компонентами R_G, **1**, C_{Cp}, R_{Rp}, R_{Lp}, **3**, C_1, R_1, **2**, R_2, R_3 и R_G. Компоненты R_G, **1**, R_{Rp} и R_A образуют первый сумматор. Напряжение на выходе операционного усилителя **4**, которое, как говорилось выше, пропорционально току через громкоговоритель, добавляется к входному напряжению U в упомянутом сумматоре. Компоненты R_7, C, R_8 и **5** образуют усилитель мощности, подключенный к сети переменного тока. Таким образом, напряжение смещения постоянного тока будет устранено конденсатором большой емкости C (больше 100 мкФ с указанными выше значениями компонентов). Второй сумматор образован компонентами R_7, R_8, **5**, R_{Rs}. Напряжение на выходе операционного усилителя **4** будет добавлено к выходному напряжению от полосового фильтра.

На Рис. **5b** компоненты R_G, C_{Lp}, операционный усилитель **6**, R_{Rp} и C_{Cp} образуют полосовой фильтр. Компоненты R_G, C_{Lp}, **6**, R_{Rp}, C_{Cp} и R_A образуют первый сумматор. Второй сумматор образован компонентами R_7, C, R_8, **7**, R_2, R_3 и R_{Rs}. На Рис. **5b** постоянная времени звена C. R_8 должно быть большим.

Альтернативный вариант усилителя для использования в соответствии с изобретением показан на Рис. **7**.

Рис. 7



По сравнению со схемами на Рис. **5a** и **5b**, эта схема имеет недостатки, заключающиеся в том, что импедансы в резонансной цепи на выходе имеют, с практической точки зрения, неприемлемые значения, и что полосовой фильтр на входе должен быть адаптирован особым образом к резонансной цепи на выходе.

Таким же образом, как на Рис. **5b**, постоянная времени звена ***C***. R_4 на Рис. **7** выбрано большим.

При использовании усилителей или комбинации усилителей согласно изобретению с эквивалентной схемой, показанной на Рис. **4,** либо схемой, показанной Рис. **5-7**, элемент системы усилитель-динамик может быть описан, если смотреть с электрической и механической стороны, с помощью эквивалентной схемы, показанной на Рис. **8a** и **8b** соответственно.

Рис. 8a

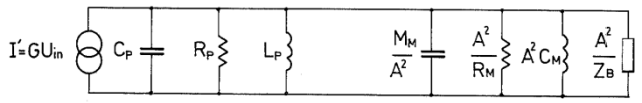
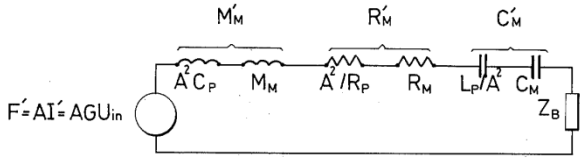
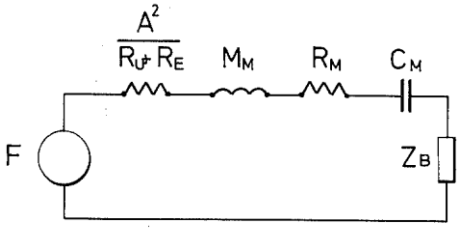


Рис. 8b



Однако при обычной работе громкоговорителя от усилителя, имеющего по существу чистый резистивный выходной импеданс, получается - если смотреть с механической стороны - эквивалентная схема, показанная на Рис. **8c**.

Рис. 8c



Из сравнения Рис. **8b** и **8c** видно, что в соответствии с изобретением может быть получено изменение отклика динамика, которое эквивалентно изменению механических параметров динамика. По сравнению с обычной работой громкоговорителя в соответствии с изобретением достигается кажущееся увеличение движимой массы громкоговорителя и кажущееся изменение в затухании и кажущееся уменьшение гибкости. Взаимосвязь между кажущейся массой M_M'', кажущимся затуханием R_M'' и кажущейся гибкостью C_M'' и соответствующими исходными величинами определяется по формулам:

$$M_M'' = M_M + A^2 C_p$$

$$R_M'' = R_M + A^2/R_p$$

$$C_M'' = (C_M L_p/A^2)/(C_M + L_p/A^2)$$

Подходящим выбором импедансов C_P, R_P, L_P в параллельном резонансном контуре в выходном импедансе усилителя или комбинации усилителей можно изменить параметры динамика таким образом, чтобы получить изменение в частотном диапазоне громкоговорителя . Если сделать один или несколько кажущихся параметров M_M'', R_M'' и C_M'' преобладающими над фактическими параметрами M_M, R_M и C_M, то доля искажений, вызванная нелинейностью фактических параметров также может быть уменьшена. Требованием в этом отношении является, чтобы ***A*** был линейным, а диафрагма была жесткой и надежно соединенной с подвижной катушкой, так чтобы кажущиеся изменения были по существу линейными.

Используя приведенные выше уравнения, можно рассчитать желаемые значения C_P, R_P и L_P. Предположим, что желательно выбрать $C_P = 5 \cdot 10^{-3}$ Ф, $R_P = 1{,}5$ Ом и $L_P = 2 \cdot 10^{-2}$ Гн. Предположим также, что для конкретного громкоговорителя, имеющего сопротивление $R_E = 6$ Ом, постоянная произведения ***G*** должна быть равна 4, тогда, если используются указанные выше значения компонентов, достигаются следующие значения R_{Rs}, C_{Cp}, R_{Rp}, R_{Lp} и R_G:

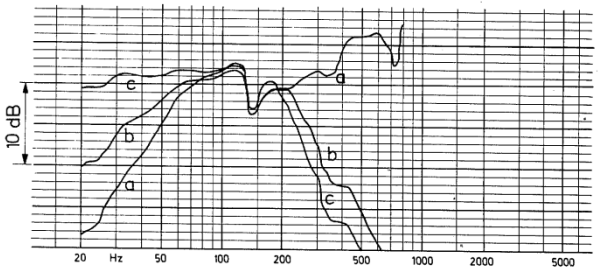
R_{Rs} = 16.7 кОм, C_{Cp} = 0.5 мкФ,
R_{Rp} = 15 кОм,
R_{Lp} = 20 кОм и
R_G = 25 кОм

До сих пор рассматривался только случай, когда C_P, R_P и $L_P > 0$. Когда преобладают идеальные условия, должно быть, по крайней мере, теоретически возможно сделать один или несколько из них отрицательными и тем самым уменьшить M_M' и R_M' или увеличить C_M'. Однако это создало бы проблему со стабильностью, среди прочего, из-за того факта, что Z_E является не только чисто резистивным, но также и индуктивным.

Далее, параллельный резонансный контур не обязательно должен содержать оба элемента – и емкостной, и индуктивный. Если, например, требуется только кажущееся увеличение массы M_M, а изменение затухания R_M, индуктивного элемента L_P не требуется, тогда показанный на Рис. 5a полосовой фильтр может быть сокращен до фильтра нижних частот, и компоненты R_{Lp}, **3**, C_1, R_1, **2**, R_2 и R_3 могут быть опущены, и замкнут накоротко конденсатор C_{Lp} на Рис. **5b**.

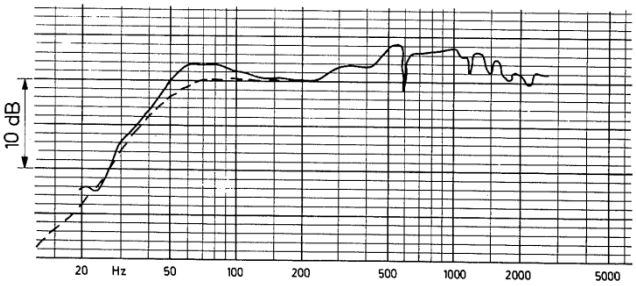
Рис. 9

параметр	случай a "реальное значение"	случай b изменено на	случай c изменено на
f_0	70 Hz	40 Hz	20 Hz
Q	0,9	0,7	0,7
$M_{M\ total}$	40 g	130 g	520 g
$R_{M\ total}$	17 kg/s	48 kg/s	95 kg/s



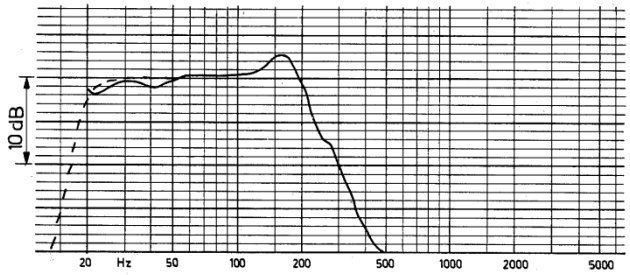
На Рис. **9** показана таблица и кривые тона, измеренные в безэховой камере для 12-дюймового громкоговорителя, установленного в 37-литровом закрытом корпусе. При нормальной работе при постоянной амплитуде напряжения достигается нижняя предельная частота f_0 около 70 Гц и добротность около 0,9. Расчетное уменьшение добротности до 0,7 и нижней предельной частоты до 40 и 20 Гц, соответственно, получено путем кажущегося увеличения движимой массы и затухания в соответствии с изобретением (см. таблицу).

Рис. 10a



Сплошная кривая, показанная на Рис. **10a** был получена при работе 8,5-дюймового громкоговорителя при постоянной амплитуде напряжения, установленного в 43-литровом фазоинверторном корпусе, измеренном в безэховой камере.

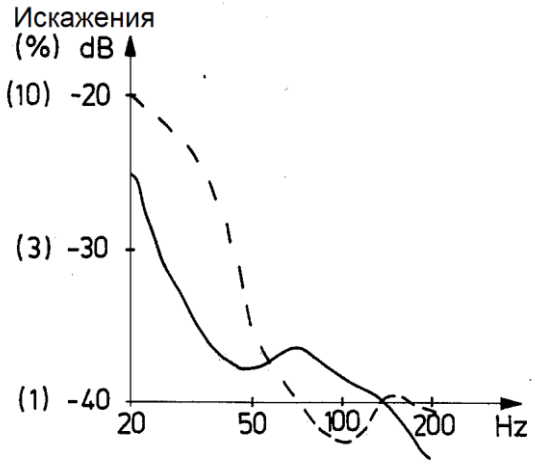
Рис. 10b



Сплошная кривая на Рис. **10b**, измерена в безэховой камере для того же громкоговорителя, в котором масса и затухание громкоговорителя, были мнимо увеличены, а гибкость уменьшена в соответствии с изобретением. Соответствующие пунктирные кривые рассчитаны теоретически. Система измерена вместе с фильтром верхних частот второго порядка в усилителе, работающим как фильтр Баттерворта шестого порядка с предельной частотой 20 Гц. Система также дополнена RC-фильтром нижних частот с предельной частотой 100 Гц, чтобы вместе с влиянием индуктивности звуковой катушки можно было использовать его в качестве цепи кроссовера. Искажение явно уменьшается на низких частотах по сравнению с работой с постоянной амплитудой напряжения, но увеличивается вблизи частоты 100 Гц, когда динамик работает в соответствии с изобретением. Увеличение искажений вблизи частоты 100 Гц объясняется нелинейностью индуктивности звуковой катушки.

График искажений акустической системы, в которой была устранена нелинейность индуктивности звуковой катушки, приведен на Рис. **11**.

Рис. 11



Сплошная линия относится к громкоговорителю, работающему в соответствии с изобретением, а пунктирная линия относится к громкоговорителю, когда он работает с усилителем, имеющим пренебрежимо малый выходной импеданс. В обоих случаях сигнал был адаптирован к динамику так, чтобы выходной уровень звука на каждой частоте составлял 90 дБ SPL на расстоянии 1 метр в свободном пространстве.

Хотя изобретение было описано со ссылкой на несколько вариантов его реализации и проведенных в связи с этим испытаний, изобретение не ограничивается этими вариантами реализации. Громкоговоритель не обязательно должен относиться к типу, показанному на Рис. 1, и выходной импеданс и способ работы усилителя или комбинации усилителей не обязательно должны в точности соответствовать Рис. **4a** и **4b**. Более того, иногда может быть целесообразным настроить $\boldsymbol{R}_S$ таким образом, чтобы сумма $\boldsymbol{R}_S + \boldsymbol{R}_E$ была больше нуля (примерно до $\mathbf{0.4} \cdot \boldsymbol{R}_E$), дабы отрегулировать значение добротности Q на верхней предельной частоте.

Дополнительную информацию можно найти в экзаменационной работе «Управление механическими параметрами громкоговорителей электрическими средствами» Карла Эрика Штала, Королевский институт технологий (КИТ). Департамент речевой коммуникации, S-100 44, Стокгольм, Швеция, март 1976 г.