

УДК 534.86

АНАЛОГОВЫЕ ДИФФЕРЕНЦИАТОРЫ ДЛЯ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАТНОЙ СВЯЗИ (ЭМОС) В АУДИОУСТРОЙСТВАХ

Рязанцев О.В., к.ф.-м.н., доц., Сьянов А.М. д.т.н, проф., Андреев А.А., асс., Андреев О.В. студ.

Днепродзержинский государственный технический университет

г. Днепродзержинск, ул. Днепростроевская, 2

E-mail: alex_dp_1980@mail.ru

У роботі наведені, розроблені авторами, аналогові диференціатори електромеханічного зворотного зв'язку, описаний принцип їхньої роботи, показані принципові схеми, а також графіки проведених експериментів.

Ключові слова: диференціатор, зворотній зв'язок, підсилювач.

In work are resulted, developed by authors, analog differentiation's an electromechanical feedback, the principle of their work is described, basic schemes, and also schedules of the lead experiments are shown.

Key words: differentiation's, feedback, amplifier.

Введение. При реализации ЭМОС в усилителях звуковой частоты (УЗЧ) обычно выделяется непосредственно сигнал скорости движения звуковой катушки громкоговорителя (Гр), который затем дифференцируется и поступает на инверсный вход УЗЧ уже в виде сигнала ускорения. Качество дифференцирования, которое происходит в пределах петли ЭМОС в этом случае, является определяющим, т.к. все искажения, возникающие на этом участке, не компенсируются.

Анализ предварительных исследований. Чаще всего для дифференцирования используют обычную RC-цепочку, однако модуль коэффициента передачи в таком варианте крайне мал, а если повысить постоянную RC до приемлемой величины в области низких частот, то для средне- и высокочастотной частей диапазона такая цепочка будет являться, соответственно, слабодифференцирующей и, наконец, переходной. Это соответствует ситуации, когда ЭМОС по ускорению для поршневого диапазона плавно превращается в ЭМОС по скорости с повышением частоты сигнала, что не позволяет в полной мере реализовать ее возможности. При использовании же дифференциаторов на операционных усилителях роль основного недостатка начинает играть вносимый шум, обусловленный значительным количеством активных структур в составе ОУ. Легко показать, что при возникновении шума на участке петли ООС выходное напряжение УЗЧ выражается в виде:

$$U_{\text{вых}} = \frac{K_o}{1 + b \cdot K_o} \cdot (U_{\text{вх}0} + U_{\text{ш}}), \quad (1)$$

т.е. напряжение шума ($U_{\text{ш}}$) усиливается точно так же, как и «невозмущенное» значение напряжения входного сигнала ($U_{\text{вх}0}$), что равносильно повышению его зашумленности (снижение ОСШ).

Итак, дифференциатор должен обеспечивать достаточный коэффициент передачи при минималь-

ном количестве активных элементов, вращать фазу входного сигнала на $p/2$ во всем диапазоне звуковых частот и иметь линейно возрастающую амплитудно-частотную характеристику (АЧХ). Действительно, при воздействии гармонического сигнала $\mathcal{E}(t) = V_0 \cdot \cos w \cdot t$, получаем для ускорения:

$$\begin{aligned} \mathcal{E}(t) &= -V_0 \cdot w \cdot \sin w \cdot t = V_0 \cdot w \cdot \cos\left(w \cdot t + \frac{p}{2}\right) = \\ &= a_0 \cdot \cos\left(w \cdot t + \frac{p}{2}\right). \end{aligned} \quad (2)$$

Кроме того, дифференциатор для сигнала скорости в петле ЭМОС должен иметь линейную амплитудную характеристику (минимальный коэффициент гармоник), т.к. в противном случае «распыление» спектра будет непосредственно перенесено на выходной сигнал. Еще одно требование к такому дифференциатору заключается в том, чтобы он совмещал в себе свойства дифференцирования и преобразователя симметрии – обеспечение перехода сигнала скорости, снимаемого с диагонали моста выделения ЭМОС в сигнал относительно общей шины питания.

Цель работы. Предложить дифференциаторы на С- и L-реактивностях, которые совмещают в себе свойства дифференцирования и преобразователя симметрии.

Материал и результаты исследований. Дифференциатор должен представлять собой прибор, имеющий линейную амплитудную характеристику.

На рис. 1 изображен вариант дифференциатора первого типа.

Принцип дифференцирования в данном случае основан на известном соотношении между током через конденсатор и напряжением на нем:

$$i_c = \frac{q_c}{dt} = \{q_c = C \cdot U_c\} = \frac{d}{dt}(C \cdot U_c) = C \cdot \frac{dU_c}{dt},$$

причем, $U_c = U_{ex} - U_{\tilde{ЭБ}}$, т.е.

$$i_c = C \frac{d}{dt} (U_{ex} - U_{\tilde{ЭБ}}) \Big|_{U_{\tilde{ЭБ}} \ll U_{ex}} \approx C \cdot \frac{dU_{ex}}{dt}.$$

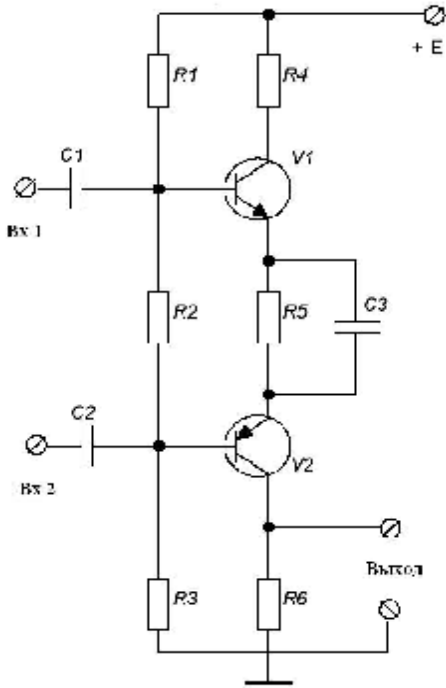


Рисунок 1 – Дифференциатор на С-реактивностях

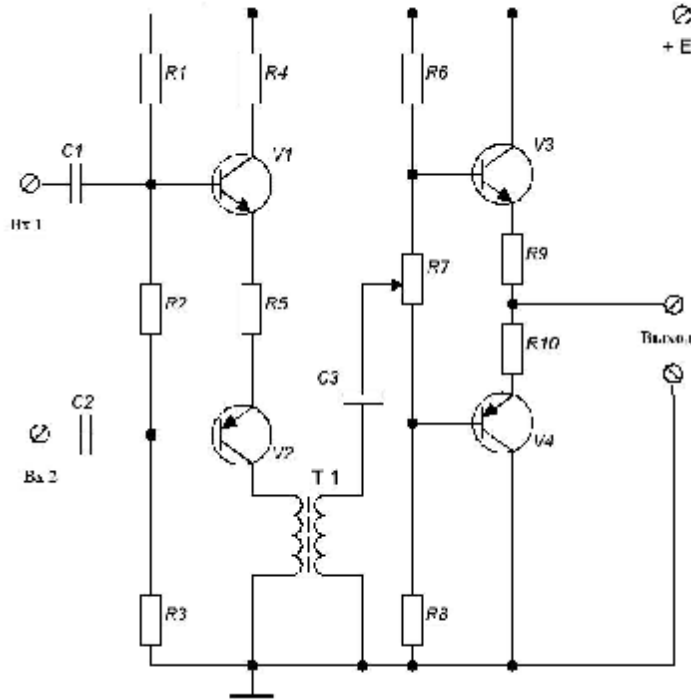
Итак, при условии, что практически всё входное напряжение приложено к конденсатору, ток через него пропорционален производной от этого напряжения по времени. Модуль сопротивления конденсатора при этом должен быть гораздо больше сопротивления нагрузочного резистора – на схеме это динамическое сопротивление Э-Б переходов транзисторов V_1 и V_2 , для которых конденсаторы C_1 и C_2 играют роль генераторов тока. Тогда реализуется токовый способ управления этими транзисторами, что приводит к высокой линейности амплитудной характеристики каскада. Для максимального снижения входного сопротивления термостабилизирующий резистор R_5 шунтируется по переменному току конденсатором большой ёмкости C_3 . Ток базы усиливается в $10^2 \dots 10^3$ раз (зависит от выбора комплементарной пары) и превращается в сигнал напряжения относительно провода питания на резистора R_6 .

Дифференциаторы, построенные с использованием L-реактивностей приведены на рис. 2.

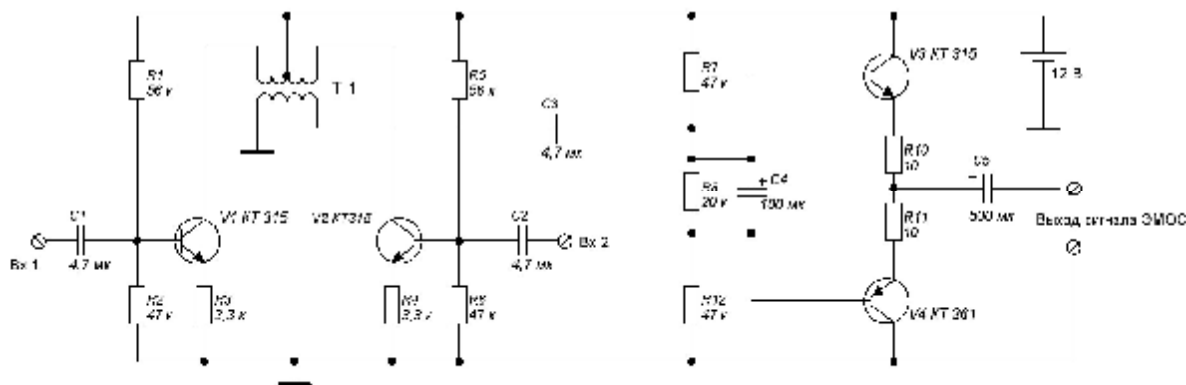
В дифференциаторах этих типов используется уже не фазовый сдвиг между напряжением и током в реактивности, а закон электромагнитной индукции. В самом деле, ЭДС во вторичной обмотке трансформатора

$$E_2 = -L_{21} \cdot \frac{dI_1}{dt}, \quad (3)$$

где L_{21} -взаимная индуктивность обмоток, I_1 – сила тока в первичной обмотке.



а)



б)

Рисунок 2 – Дифференциаторы на L-реактивностях

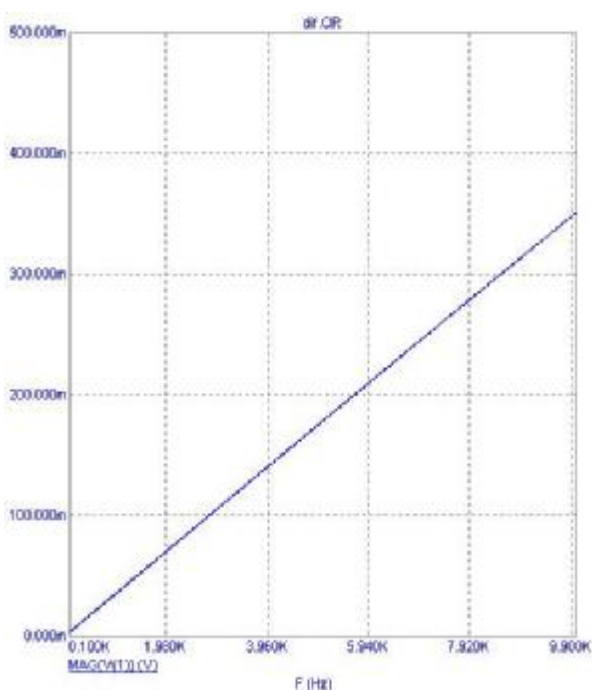
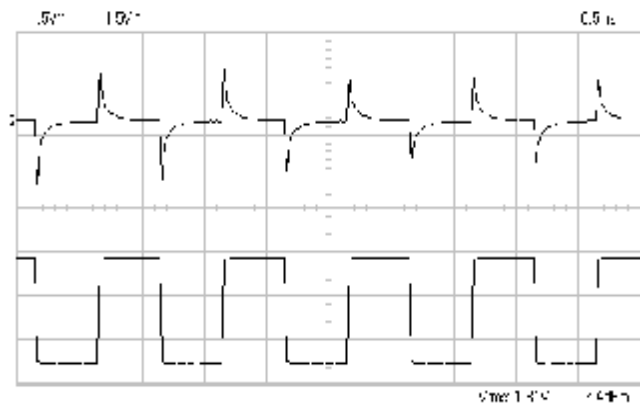


Рисунок 3 – Зависимость выходного синусоидального сигнала дифференциатора от частоты при уровне входного сигнала 100мВ



1 – входной сигнал, - меандр с частотой 1кГц;
2 - отклик системы

Рисунок 4 – Графики дифференцирования

Таким образом, если входной сигнал напряжения линейно преобразовать в сигнал тока и этим током питать первичную обмотку трансформатора, а со вторичной снимать ЭДС индукции, то она окажется пропорциональной производной от входного сигнала по времени. Регистрация этой ЭДС выполняется симметричными повторителями VT_3 и VT_4 , варианты на рисунках 2,а и 2,б отличаются не принципиально – в первом использована комплементарная пара VT_1 , VT_2 , а во втором – однотипная. Эти же пары являются линейными преобразователями входного сигнала «напряжение - ток», т.к. по коллекторному выводу эмиттерный повторитель можно практически считать генератором тока.

Выводы. Приведенные измерения показали линейность амплитудной характеристики таких дифференциаторов, линейность АЧХ, фазовый сдвиг выходного сигнала $\pi/2$ в диапазоне частот до 15 кГц.

ЛИТЕРАТУРА

1. Митрофанов Ю., Пикерсгиль А.. Электромеханическая обратная связь в акустических системах // Радио. – 1970. - №5. - С. 25-26.
2. Збірник наукових праць Дніпродзержинського державного технічного університету: (технічні праці) / Дніпродзержинськ: ДДТУ, 2005. - с. 259-264.

Стаття надійшла 17.04.2008 р.
Рекомендовано до друку к.т.н., доц.
Мосьпаном В.О.