

РЕГУЛИРУЕМЫЙ ЗАРЯДОЧУВСТВИТЕЛЬНЫЙ УСИЛИТЕЛЬ
РЕГУЛЬОВАНИЙ ЗАРЯДОЧУТЛИВИЙ ПІДСИЛЮВАЧ
ADJUSTABLE CHARGER AMPLIFIER

Научный руководитель – доц. каф. «Радиотехнических устройств», канд. техн. наук

Старцев В.И., Starsev V.

Студент - Нитинский И. С., Nitinskuy I.

Предложено схемное решение упрощающее регулировку чувствительности дифференциального усилителя заряда, применяемого для измерений вибрационных процессов. Приведены результаты моделирования устройства на ПЭВМ, подтверждающие экспериментальные исследования

A circuit solution for simplifying the adjustment of the sensitivity of a differential charge amplifier used for measuring vibration processes is proposed. The results of modeling the device on a PC, confirming experimental studies

Ключевые слова: вибрация, помехи, чувствительность

Key words: vibration, noise, sensitivity

Практика экспериментальных исследований вибрационных и ударных процессов, с целью определения вибронапряженности и диагностики деталей и узлов машин на стадиях доводки и в эксплуатации, показала, что успешное решение этой задачи в значительной степени зависит от выбора типа вибропреобразователя и места его размещения на машине.

В большинстве случаев вибропреобразователи, устанавливаемые внутри машины или на ее корпусе (внешние), подвержены резкому изменению температуры.

Наиболее широко применяют для измерений вибрационных процессов пьезоэлектрические вибропреобразователи, которые по своим техническим и метрологическим характеристикам превосходят все другие типы вибропреобразователей [1-3].

В качестве согласующих каскадов усилительно-преобразующей аппаратуры все большее применение находят усилители заряда (рис. 1).

В схеме усилителя заряда используется усилитель напряжения с большим ($K > 200$) коэффициентом усиления, который охвачен глубокой параллельной отрицательной обратной связью через емкость C_{oc} [4]. Сопротивление R_{oc} обычно включается в усилителе заряда для стабилизации режимов каскадов по постоянному току. Широкое применение

ние находят дифференциальные усилители заряда, позволяющие ослабить влияние син-
 фазных помех на 60 ÷ 65 дБ.

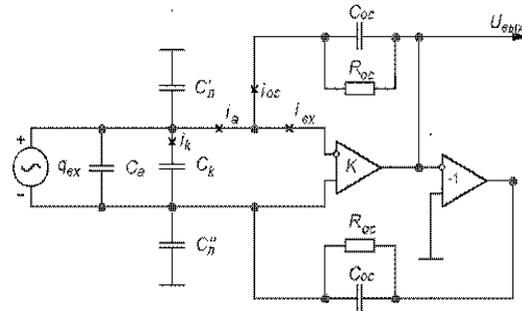


Рис. 1

Для этой схемы усилителя заряда (рис. 1), пренебрегая током $i_{вх}$, можно записать
 выражения :

$$i_a + i_{ос} + i_k = 0 ,$$

и

$$U_{ос} = U_{вых} - U_{вх} = U_{вых} + \frac{U_{вых}}{K} .$$

Так как $i_a = \frac{dq}{dt}$, $i_{ос} = C_{ос} \frac{dU_{ос}}{dt}$, а $i_k = -C_k \frac{dU_{вх}}{dt}$, то можно

получить выражение :

$$\frac{dq}{dt} + \left(1 + \frac{1}{K}\right) C_{ос} \frac{dU_{вых}}{dt} + \frac{1}{K} C_k \frac{dU_{вх}}{dt} = 0 .$$

После интегрирования этого выражения, принимая постоянные интегрирования рав-
 ными нулю, найдем выходное напряжение усилителя заряда:

$$U_{вых} = -\frac{qK}{C_k + C_{ос}(K+1)} ,$$

где: K – коэффициент усиления усилителя, не охваченного обратной связью.

Поскольку всегда выполняются условия $K \gg 1$ и $C_{ос}(K+1) \gg C_k$, то

$$U_{вых} \approx -\frac{q}{C_{ос}} .$$

Из последнего выражения видно, что стабильность выходного напряжения усилителя заряда зависит от стабильности емкости обратной связи C_{oc} . Как видно из последнего выражения, чувствительность зарядового усилителя можно регулировать, изменяя одновременно две емкости C_{oc} . От тщательности подбора этих емкостей зависит помехозащищенность всей аппаратуры.

Целью данной работы является создание устройства с электронной регулировкой чувствительности дифференциального усилителя заряда.

На рис. 2 представлена принципиальная электрическая схема предлагаемого устройства.

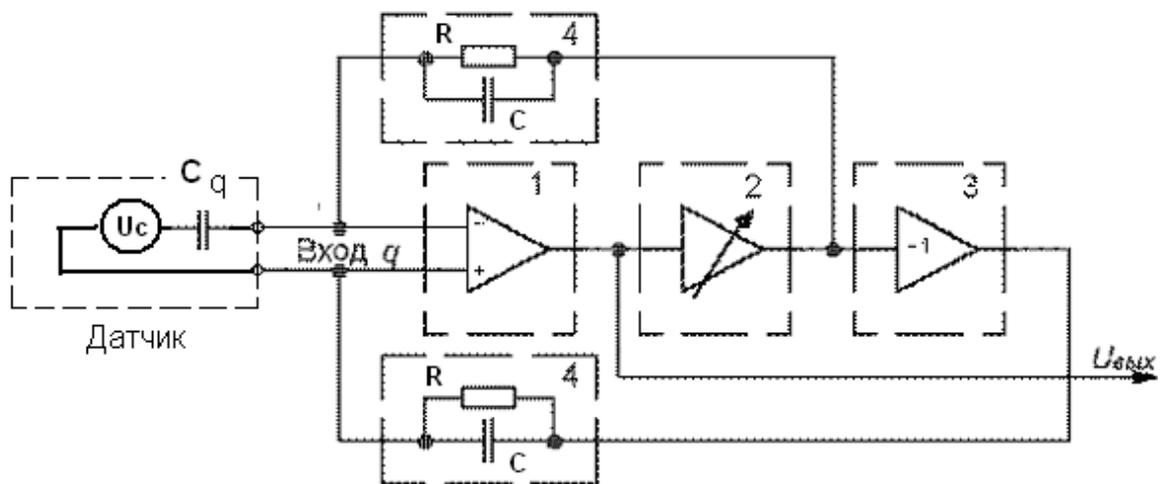


Рис. 2

Устройство содержит: входной операционный усилитель 1; неинвертирующий усилитель 2 с регулируемым коэффициентом усиления; инвертор 3; первую и вторую параллельные RC -цепи 4.

Дифференциальный усилитель заряда работает следующим образом.

Пьезоэлектрический датчик вибрации подключается к симметричному входу дифференциального усилителя заряда. Основой усилителя заряда является входной операционный усилитель 1 с большим входным сопротивлением и дифференциальным входом, выход которого является выходом устройства. Входной операционный усилитель 1 охвачен двухпетлевой параллельной отрицательной обратной связью по напряжению, причем первая петля обратной связи – с выхода входного операционного усилителя 1, через неинвертирующий усилитель с регулируемым коэффициентом усиления 2, через первую параллельную RC -цепь 4 замыкается на инвертирующий вход входного операционного уси-

лителя 1, а вторая петля обратной связи с выхода неинвертирующего усилителя с регулируемым коэффициентом усиления 2 через инвертирующий усилитель 3 с единичным коэффициентом передачи, с выходом которого соединена вторая параллельная RC -цепь, подключенная к неинвертирующему входу операционного усилителя 1.

Коэффициент передачи цепи отрицательной обратной связи входного операционного усилителя 1 в инвертирующем включении по любому из входов определяется в следующем виде:

$$K_{oc} = K_p \frac{\dot{Z}_q}{\dot{Z}_{oc}},$$

где: K_p – коэффициент передачи неинвертирующего усилителя с регулируемым коэффициентом усиления 2;

K_{oc} – коэффициент передачи цепи обратной связи;

\dot{Z}_q – комплексный входной импеданс датчика;

\dot{Z}_{oc} – комплексный импеданс цепи обратной связи.

При этом:

$$\dot{Z}_q = \frac{1}{j\omega C_q},$$

$$\dot{Z}_{oc} = \frac{R}{1 + j\omega CR},$$

где: C_q – емкость датчика;

C – емкостные элементы в первой и второй параллельных RC – цепях 4;

R – резистивные элементы в первой и второй параллельных RC - цепях 4.

Следовательно:

$$K_{oc} = K_p \frac{1}{j\omega C_q} \cdot \frac{1 + j\omega CR}{R} = K_p \cdot \frac{1 + j\omega CR}{j\omega C_q R}.$$

Коэффициент преобразования заряда при условии $K_p \cdot K \gg 1$, где K – коэффициент передачи входного операционного усилителя 1, определяется следующим выражением:

$$U_{вых} = U_{вх} \cdot \frac{j\omega C_q R}{1 + j\omega CR} \cdot \frac{1}{K_p} = \frac{q}{K_p} \cdot \frac{j\omega R}{1 + j\omega CR}. \quad (1)$$

В полосе пропускания:

$$U_{\text{вих}} = \frac{q}{K_p} \cdot \frac{j\omega R}{j\omega RC} \cdot \frac{q}{K_p C} \quad (2)$$

Из выражения (2) следует, что изменять чувствительность дифференциального усилителя заряда можно, варьируя величину коэффициента усиления неинвертирующего усилителя 2 с регулируемым коэффициентом усиления. Полоса пропускания в области нижних частот определяется постоянной величиной $\tau_H = RC$.

Окончательно имеем:

$$U_{\text{вих}} = \frac{q}{K_p} \cdot \frac{j\omega R}{1 + j\omega \tau_H} \quad (3)$$

На рис. 3 представлен пример реализации устройства.

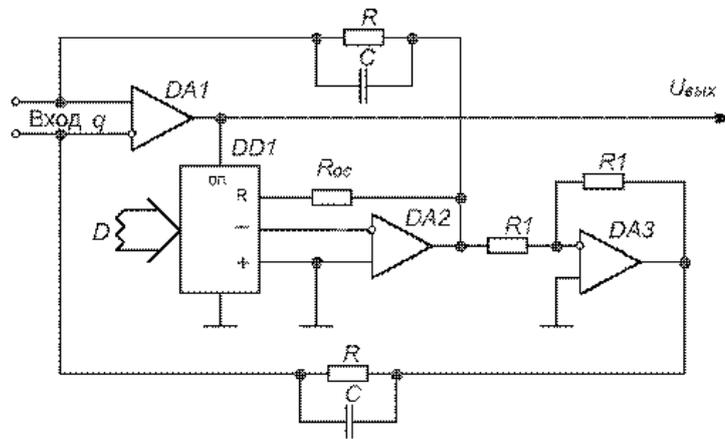


Рис.3

В качестве входного операционного усилителя использовался операционный усилитель с большим коэффициентом усиления и малыми входными токами TL062. Неинвертирующий усилитель с регулируемым коэффициентом усиления выполнен на базе перемножающего цифроаналогового преобразователя КР572ПА1А в типовом включении. В качестве инвертора можно использовать операционный усилитель с большой площадью усиления в инвертирующем включении.

Коэффициент преобразования такого устройства имеет вид:

$$U_{\text{вих}} = q \cdot \frac{1}{C} \cdot \frac{1}{K}, \quad K = \frac{D}{2^N - 1} \cdot K_y,$$

где D – десятичное значение кода от 00...0 до 11..1; N – разрядность цифро-аналогового преобразователя; K_y – начальный коэффициент передачи, который устанавливается резистивным элементом в первой и второй параллельных RC - цепях.

Результаты моделирования дифференциального усилителя заряда на ПЭВМ с помощью программного пакета MicroCap версии 5.0 и экспериментального исследования оказались идентичными, что полностью подтвердило правильность предложенного решения. Результаты моделирования представлены на рис. 4. [5].

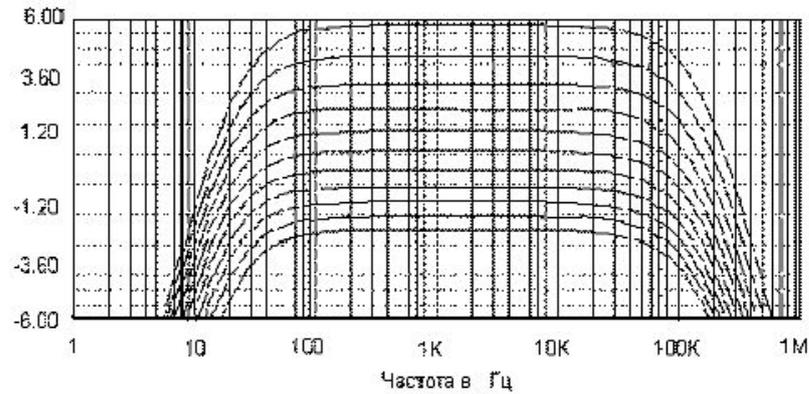


Рис. 4

ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ИСТОЧНИКИ

1. Максимов В.П, и др. Измерение, обработка и анализ быстропеременных процессов в машинах, М.: Машиностроение, 1987 с. 208 с.: ил.
2. Пьезоэлектрические акселерометры и предусилители. / Справочник по теории и эксплуатации. - Издательство: Нэрум: Дания, издание фирмы Брюль и Кьер , 1987. – 111 с.:ил.
3. Илюкович А.М. Техника электрметрии: -М.: Энергия,1976.-400с.
4. Старцев В.И. Выбор параметров цепи коррекции АЧХ зарядочувствительного усилителя в области низких частот. / В. И. Старцев, Ю. С. Ямпольский // Приборостроение и радиотехника. Вестник ЧГТУ, 2009, №1. – С. 79-83.
5. Старцев В. И. Моделирование параметров зарядочувствительных усилителей с коррекцией / В. И. Старцев, А. П. Куценко // Современные информационные и электронные технологии. Политехперіодика (Одесса). - 2016. - Т. 1, № 17. – С. 87-88.