

УДК 621.375

СХЕМА ЗАРЯДОЧУВСТВИТЕЛЬНОГО УСИЛИТЕЛЯ С КОРРЕКЦИЕЙ АМПЛИТУДНО-ЧАСТОТНОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ В ОБЛАСТИ НИЗКИХ ЧАСТОТ

В. В. Корецкий, к. т. н. В. И. Старцев, А. П. Куценко, к. т. н. Ю. С. Ямпольский

Одесский национальный политехнический университет
Украина, г. Одесса
victorcrimea@mail.ru

Рассмотрена схема симметричного зарядочувствительного усилителя с одной цепью коррекции, преимуществами которого, по сравнению с ранее разработанными схемами, являются гораздо лучшие метрологические характеристики, высокая степень подавления пирозффекта, высокая стабильность работы и простота настройки.

Ключевые слова: вибропреобразователь, зарядочувствительный усилитель, пирозффект.

В наше время для диагностики и определения вибронпряженности машин как на стадии доводки, так и на стадии эксплуатации, все шире используются измерения с помощью пьезоэлектрических вибропреобразователей, работа которых основана на применении зарядочувствительных усилителей (ЗЧУ). Но такая аппаратура имеет ряд существенных недостатков, среди которых несовершенные схмотехнические решения, а также пирозлектрический эффект, который оказывает негативное воздействие на работу ЗЧУ [1—7].

Измерение параметров вибрации при наличии значительных помех — сложная задача, для решения которой необходимо применять малоинерционные симметричные первичные вибропреобразователи, симметричную и широкополосную усилительно-преобразующую и регистрирующую аппаратуру [7].

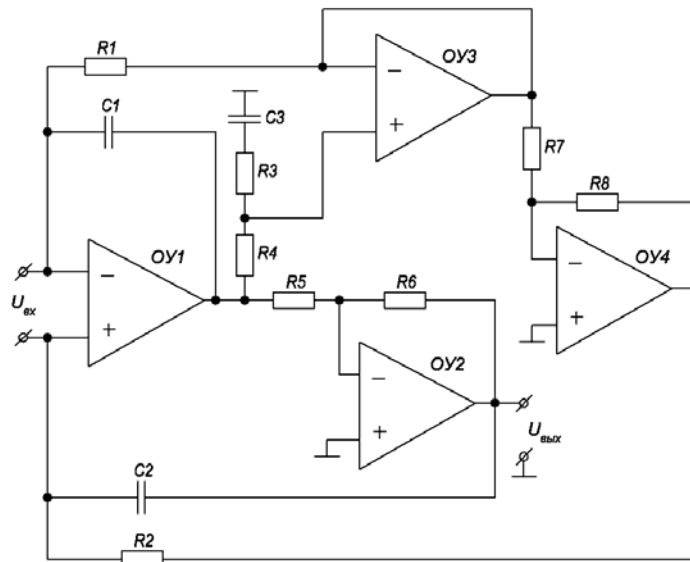
На этапе доводочных испытаний и штатной эксплуатации для диагностирования широко применяются «внутренние» измерения вибраций, т. е. когда датчик находится в прямом контакте с рабочей средой. При такой установке датчиков повышается информативность измерений, свидетельствующих о динамической активности и техническом состоянии исследуемого оборудования, но при этом датчик подвержен воздействию больших перепадов температуры, особенно на переходных режимах работы исследуемого оборудования.

Величина паразитного пирозлектрического заряда может быть настолько значительной, что может произойти перегрузка зарядочувствительного усилителя и полная потеря информативности измерительного канала, что особенно опасно на переходных режимах. Особенно сильно этот эффект влияет на измерение вибрации в низкочастотном диапазоне (0,1—0,3 Гц).

В разработанном ранее устройстве измерителя вибраций — ЗЧУ с двумя цепями коррекции [8] — обеспечивалось недостаточное подавление помехи, что объясняется наличием двух цепей коррекции, необходимых для настройки симметричного ЗЧУ. Коррекция в области низких частот позволяет существенно ослабить помехи, возникающие за счет пирозлектрического эффекта, который появляется в пьезоэлектрических датчиках из-за градиента температуры на переходных режимах работы исследуемого оборудования, но качество коррекции сильно зависит от точности подбора элементов в цепях коррекции амплитудно-частотной характеристики (АЧХ). Кроме того, сам частотнозависимый делитель влияет на значение нижней граничной частоты ЗЧУ и на его конструкцию.

Целью работы явилась разработка схемы ЗЧУ измерителя вибраций с коррекцией АЧХ в области низких частот для систем компьютерной обработки информации и достижение наилучших метрологических характеристик ЗЧУ путем уменьшения влияния пирозлектрического эффекта на его работу, повышения стабильности работы ЗЧУ и уменьшения числа настраиваемых элементов схемы.

Для исследований был разработан симметричный зарядочувствительный усилитель с одной цепью коррекции (см. рисунок), в котором, в отличие от измерительного усилителя [8], удалось обойтись без второй дорогостоящей цепи коррекции, поскольку введенные в схему два операционных усилителя с параллельной обратной связью по напряжению представляют собой вторую виртуальную цепь коррекции. При этом в разработанной схеме симметричного ЗЧУ с одной це-



Симметричный ЗЧУ с одной цепью коррекции

пью коррекции повышена защищенность от пирозлектрической помехи, а отсутствие необходимости суммировать сопротивление двух резисторов R1 и R7 позволило избежать большого значения емкости конденсатора C2. В результате удалось обеспечить упрощенную настройку схемы. Теперь нет необходимости подбирать значения элементов с одинаковыми номиналами, как в ранее разработанном измерительном усилителе [8], где даже при незначительном разбросе номиналов элементов двух цепей коррекции уменьшалась стабильность работы и увеличивалась пирозлектрическая помеха.

Коэффициент обратной связи симметричного зарядочувствительного усилителя с одной цепью коррекции $\alpha=1+R3/(R1+R4)$ показывает, во сколько раз произошло увеличение начального сдвига на входе операционного усилителя OY1. В результате введения в схему конденсатора C3 обратная связь по постоянному току становится равной 100%, т. е. коэффициент передачи отрицательной обратной связи $K_{oc}=1$ и выходное напряжение в схеме равняется напряжению смещения $U_{вых}=U_{см}$. Введение конденсатора C3 обеспечивает также увеличение эффективного сопротивления резистора R3 только в области рабочих частот, что позволяет уменьшить влияние пирозлектрических токов на начальный сдвиг измерительного усилителя в $\beta=1+R4/R3$ раз. В этом случае постоянная времени цепи обратной связи описывается следующим выражением:

$$\tau = C_{oc}R_{oc}(1+R4/R3)=C_{oc}R_{oc}\beta,$$

где C_{oc} — емкость обратной связи, $C_{oc}=C1=C2$;

R_{oc} — сопротивление обратной связи, $R_{oc}=R1=R2$.

Ширина полосы пропускания в области низких частот определяется следующим выражением:

$$f_n = 1/(2\pi R_{oc}C_{oc}(1+R4/R3)),$$

т. е. расширится в $\beta=1+R4/R3$ раз.

По результатам проведенных исследований были выбраны следующие оптимальные номиналы элементов схемы: C1=100 пФ, C2=100 пФ, C3=200 нФ; R1=100 МОм, R2=100 МОм, R3=1000 МОм, R4=10 МОм, R5=10 кОм, R6=10 кОм, R7=10 кОм, R8=10 кОм, все четыре операционных усилителя OY типа TL071.

Исследования показали, что разработанный симметричный ЗЧУ с одной цепью коррекции, по сравнению с устройством [8], имеет гораздо большую стабильность и лучшие метрологические характеристики, а также гораздо меньшую себестоимость и необходимость подбора и регулирования меньшего числа элементов с высокой точностью.

ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ИСТОЧНИКИ

1. Старцев В. И., Ямпольский Ю. С. Выбор параметров цепи коррекции АЧХ зарядочувствительного усилителя в области низких частот. // Приборостроение и радиотехника. Вестник ЧГТУ.— 2009.— № 1.— С. 79—83.
2. Старцев В. И., Анисимов А. А., Яйчук В. В., Ямпольский Ю. С. Выбор параметров цепи компенсации зарядочувствительного усилителя в области низких частот в системах компьютерной обработки. // Приборостроение и радиотехника. Вестник ЧГТУ.— 2010.— № 4.— С. 138—141.
3. Илюкович А. М., Техника электрометрии.— Москва: Энергия, 1976.
4. Агаханян Т. М. Зарядочувствительные предусилители на маломощных аналоговых интегральных микросхемах. // Микроэлектроника — 1997.— Т. 26, № 3. С. 188—198.
5. Фрайден Дж. Современные датчики: справочник.— Москва: Техносфера, 2005.
6. В. М. Шарапов, И. Г. Минаев, Ю. Ю. Бондаренко и др. Пьезоэлектрические преобразователи.— Черкассы: ЧГТУ, 2004.
7. Максимов В. П., Егоров И. В., Карасев В. А. Измерение, обработка и анализ быстропеременных процессов в машинах.— Москва: Машиностроение, 1987.
8. Заявка на изобретение № а 201113649. Вимірювальний підсилювач.— 2012.— Бюл. № 7.

V. V. Koretsky, V. I. Starcev, A. P. Kutsenko, Yu. S. Yampolsky

Scheme of charge sensitive amplifier with correction of the frequency response in the low frequency range of computer systems for information processing.

The paper considers the symmetrical charge sensitive amplifier circuit with a single-chain correction. The benefits of such device, compared with the previously established circuits, are much better metrological characteristics, a high degree of pyroeffect suppression, high operational stability and simple tuning.

Keywords: *vibrator, charge-sensitive amplifier, pyroelectric effect.*