

СХЕМОТЕХНІЧНІ РІШЕННЯ ЗАРЯДОЧУТЛИВИХ ПІДСИЛЮВАЧІВ З ПРИДУШЕННЯМ ПІРОЕФЕКТУ

К. т. н. В. І. Старцев, С. В. Ємельянов, Ю. В. Демиров

Державний університет «Одеська політехніка»

Україна, м. Одеса

v_i_starzev@yahoo.de, emelianov@opu.ua

Розглянуто зарядочутливий підсилювач з компенсацією піроефекта в п'єзоелектричних датчиках з використанням інтегруючих ланок у ланцюзі зворотного зв'язку, що дозволило отримати просте рішення щодо збільшення спаду амплітудно-частотної характеристики в області низьких частот і, відповідно, компенсації піроефекта.

Ключові слова: зарядочутливий підсилювач, піроефект, датчики вібрації.

Зарядочутливі підсилювачі (ЗЧП) використовуються спільно з п'єзоелектричними датчиками вібрації або пульсації тиску. На виході п'єзоелемента при впливі на нього градієнта температури виникає значний заряд, який не має зв'язку з вимірювальними фізичними параметрами. Це явище має назву піроефект. При обранні нижньої межі смуги пропускання ЗЧП менш ніж 1 Гц такий значний заряд призводить до перевантаження ЗЧП [1, 2]. Прояв заряду, пов'язаного з піроефектом, є паразитним низькочастотним сигналом, тому існують рішення щодо його компенсації безпосередньо в ЗЧП [3, 4].

Метою цієї роботи є побудова ЗЧП за схемою перетворення заряд-напруга, амплітудно-частотна характеристика якого має високу крутість спаду в області низьких частот.

Типова схема ЗЧП забезпечує спад амплітудно-частотної характеристики (АЧХ) 20 дБ/дек в області низьких частот. Додавання додаткового зворотного зв'язку дозволяє збільшити цю величину до 40 дБ/дек [5], що не є достатнім. Причина пов'язана з тим, що як компенсаційний використовується сигнал з ланцюга першого порядку. Подальше збільшення порядку еквівалентно введенню багатопетлевого зворотного зв'язку, який для випадку ланки на одному операційному підсилювачі (ОП) призводить до зменшення динамічного діапазону [6]. Пропонується зберегти одну петлю зворотного зв'язку, але збільшити порядок ланцюга в ній з використанням інтегруючих ланцюжків. У цьому випадку зберігається лінійність АЧХ і ФЧХ, що є важливим для практики.

На рис. 1 наведено схеми ЗЧП без корекції та з корекцією у вигляді інтегруючих ланцюжків. Параметри схем відповідають нижній межі смуги пропускання 1 Гц.

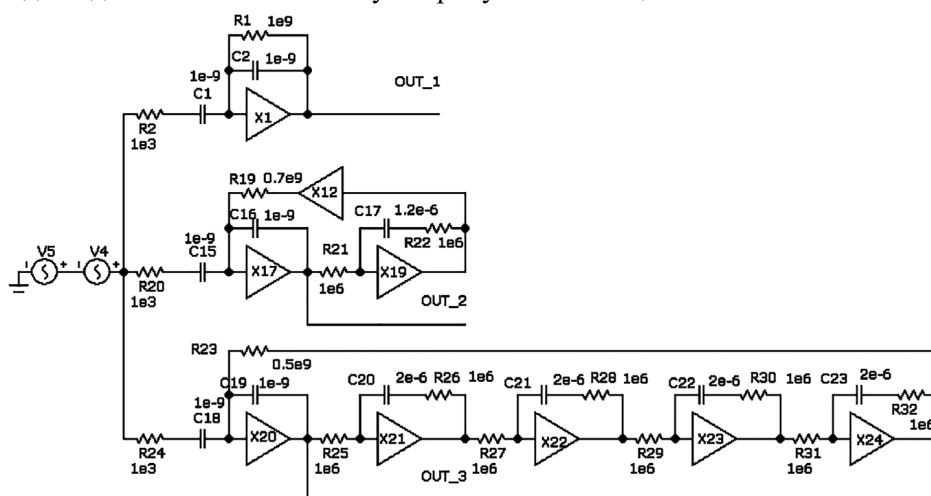


Рис. 1. Принципові схеми трьох варіантів ЗЧП: без корекції (вихід OUT_1), з одним інтегруючим ланцюжком (вихід OUT_1) та з п'ятьма інтегруючими ланцюжками (вихід OUT_3)

Визначення параметрів ЗЧП виконувалося в середовищі Micro-Cap 12, що допустимо, оскільки аналіз проводиться в області низьких частот. ЗЧП приєднані до еквівалента п'єзоелемента у вигляді двох генераторів сигналів та резисторів втрат. На рис. 2 наведено результати моделювання АЧХ та ефективності придушення піроефекту за різниці складових піроефект/сигнал у 100 разів. Значення верхньої межі смуги пропускання визначається наявністю опору на вході в схему, якій створюється резисторами втрат окремо для кожної схеми ЗЧП.

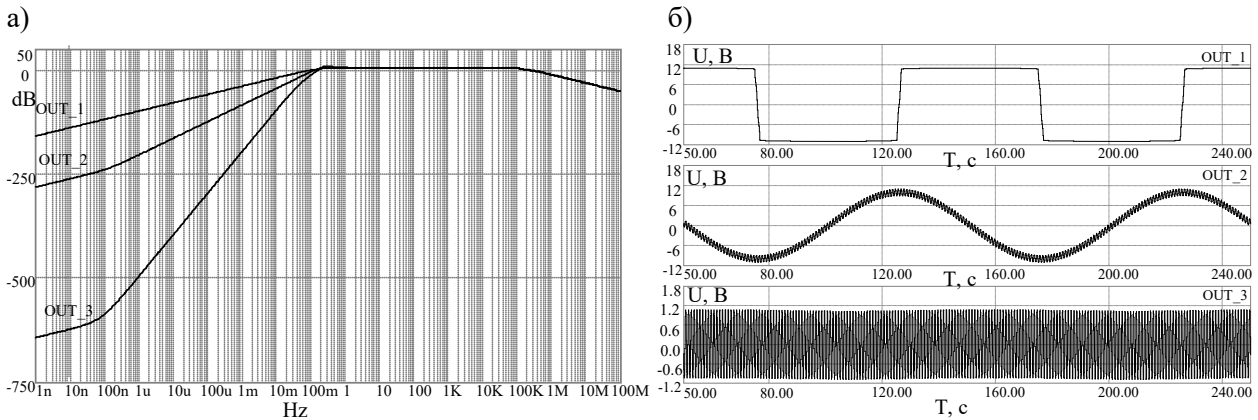


Рис. 2. Результати моделювання АЧХ (а) та вихідного сигналу (б) різних ЗЧП: *OUT_1* — ЗЧП без корекції; *OUT_2* — ЗЧП з одним інтегруючим ланцюжком; *OUT_3* — ЗЧП з п'ятьма інтегруючими ланцюжками

За результатами моделювання можна зробити висновок про ефективність застосування інтегруючих ланцюжків в ланцюзі зворотного зв'язку ЗЧП. Збільшення кількості операційного підсилювача не позначається на стабільності роботи ЗЧП, оскільки схема має 100%-й зворотний зв'язок по постійному струму. Одночасно зниження спаду АЧХ, як показало моделювання, пов'язане з малим значенням коефіцієнта підсилення операційного підсилювача. Ще однією особливістю запропонованого ЗЧП є необхідність використання непарної кількості інтегруючих ланцюжків, тому що у реальних схемах на ОП сигнал інвертується для збереження негативного зворотного зв'язку.

Таким чином, ЗЧП, виконаний за схемою перетворення заряд-напруга, з інтегруючими ланцюжками в ланцюзі зворотного зв'язку дозволяє істотно придушити піроефект зі збереженням інших параметрів ЗЧП. Під час вибору операційного підсилювача слід віддавати перевагу мікросхемам не тільки з малими вхідними струмами, а й з великим значенням коефіцієнта підсилення.

ВИКОРИСТАНІ ДЖЕРЕЛА

1. Максимов В.П., Егоров И.В., Карасев В.А. *Измерение, обработка и анализ быстропеременных процессов в машинах*. Москва, Машиностроение, 1987.
2. Шаратов В.М., Минаев И.Г., Бондаренко Ю.Ю. и др. *Пьезоэлектрические преобразователи*. Черкассы, ЧГТУ, 2004.
3. 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. 39–41.
4. Старцев В.И., Анісімов О.О. та ін. *Вимірювальний підсилювач*, пат. України 101749, 2011.
5. Старцев В.И., Анісімов О.О. *Вимірювальний підсилювач*, пат. України 108968, 2014.
6. Ланнэ А.А. *Справочник по расчету и проектированию ARC-схем*. Москва, Радио и связь, Редакция литературы по электросвязи, 1984.

V. I. Startsev, S. V. Yemelianov, Y. V. Demirov

Schematic design for amplifiers with pyroeffect suppression

The paper considers a charge-sensitive amplifier with compensation of the pyroelectric effect in piezoelectric sensors using integrating links in the feedback circuit. This made it possible to obtain a simple solution to increase the frequency response drop in the low-frequency region, and thus to compensate for the pyroelectric effect.

Keywords: charge sensitive amplifier, pyroelectric effect, vibration sensors.