

ЗАСТОСУВАННЯ ЛІНІЙНО-ІНТЕРПОЛЮЮЧОГО ФІЛЬТРА ДЛЯ ТОЧНОГО ВИМІРЮВАННЯ ЧАСУ ЗГАСАННЯ КОЛИВАНЬ, ЗБУДЖЕНИХ В LC-КОНТУРІ

К.В. Овчинников

Вінницький національний технічний університет
21000, Вінниця, вул. Хм. Шосе, 95,
тел. (0432)59-86-72
e-mail: k_ovchinnikov@mail.ru

The availability of detector with arcwise-interpolational filter for oscillations attenuation time sensitive measurement is considered in article. The necessity of such approach for sensitive measurement is proved. The functional structure of detector with arcwise-interpolational filter and schematic circuit based on it is proposed. Model-based analysis was carry out, expediency of employing such type od detectors is proved.

На сучасному етапі розвитку вимірювальної техніки, отримання вимірювальної інформації обов'язково супроводжується аналого-цифровим перетворенням. Не зважаючи на те, що аналоговою величиною може бути не лише напруга, сьогодні під аналого-цифровим перетворенням розуміють саме перетворення напруги в цифровий код. Точність перетворення залежить від розрядності аналого-цифрового перетворювача тому основним методом підвищення точності перетворення є збільшення розрядності. Але збільшення розрядності супроводжується зростанням похибки перетворення внаслідок дії завад в процесі перетворення, тому розрядність сучасних аналого-цифрових перетворювачів обмежена, і виникає необхідність шукати нові підходи та вдосконалювати інші методи перетворення та отримання вимірювальної інформації.

Як альтернатива перетворенню напруги в цифровий існують високоточні аналого-цифрові перетворювачі побудовані на принципі перетворення в код тривалості інтервалів часу [1]. Такі перетворювачі забезпечують вимірювання інтервалів часу з точністю порядку 250 пс, що еквівалентне перетворенню напруги в цифровий код з розрядністю 30, а збільшення розрядності такого перетворювача обмежене лише часом вимірювання.

Такий аналого-цифровий перетворювач пропонується застосовувати при вимірюванні товщини діелектричних покриттів металевих поверхонь [2] для визначення тривалості перехідного процесу збудженого в коливальному контурі первинного вимірювального перетворювача.

Тривалість перехідного процесу (час згасання збуджених коливань $t_{зг}$) в коливальному контурі визначається, як час за який амплітуда вільних коливань зменшиться в e раз. Тому для визначення тривалості перехідного процесу необхідно виділяти огинаючу сигналу та порівнювати значення амплітуди огинаючої зі зразковою напругою $\frac{U_0}{e}$, де U_0 – максимальна напруга в контурі (рис. 1). Виділення огинаючої

такого сигналу не є тривіальною задачею тому, що застосування відомих методів не забезпечує необхідної точності відтворення, а відповідно зростає похибка вимірювання. Застосування найпростіших схем фільтрів нижніх частот не дають задовільних результатів оскільки огинаюча має складну форму далеку від гармонійної з широким спектром, який не дозволяє найпростішими методами відтворити модулюючий сигнал [3]. Застосування більш складних схем, наприклад пікового детектора [4], забезпечує близьке до ідеального відтворення сигналу лише в визначеній зоні AB (рис. 2), оскільки номінали задаючих елементів схеми лишаються сталими. А оскільки зміна тривалості перехідного процесу суттєво більше за період коливань, і відповідно більше за зону

"ідеального" відтворення AB (рис. 2), то забезпечити мінімальну похибку відтворення по всьому діапазону вимірювання такий підхід не дозволяє.

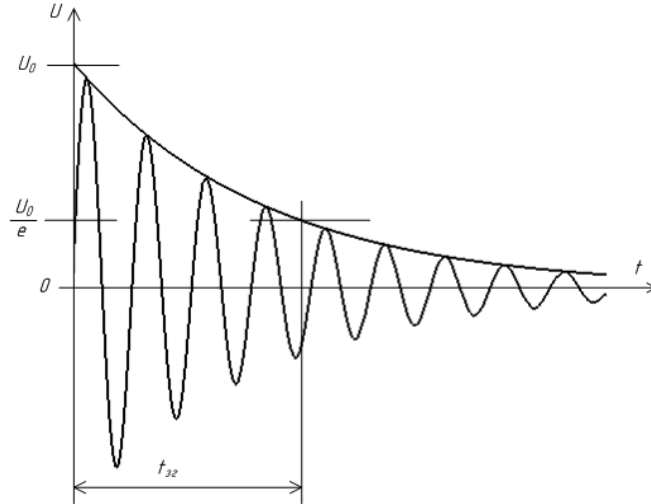


Рисунок 1 – Визначення тривалості перехідного процесу

Для розширення зони "ідеального" відтворення пропонується використати детектор з лінійно-інтерполюючим фільтром описаний в [5]. Основною ідеєю прецизійного відтворення огинаючої сигналу є застосування лінійної інтерполяції по локальним максимумам гармонійного сигналу.

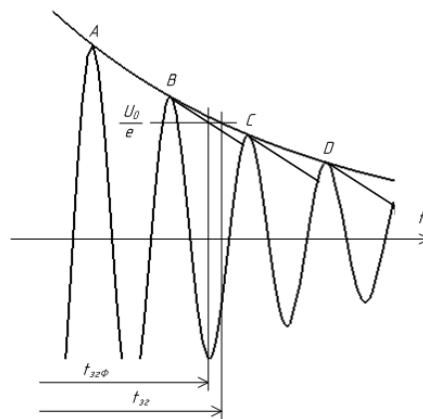


Рисунок 2 – Неідеальне відтворення огинаючої сигналу

Функціональна схема, що пояснює роботу детектора з лінійно-інтерполюючим фільтром наведена на рис. 3.

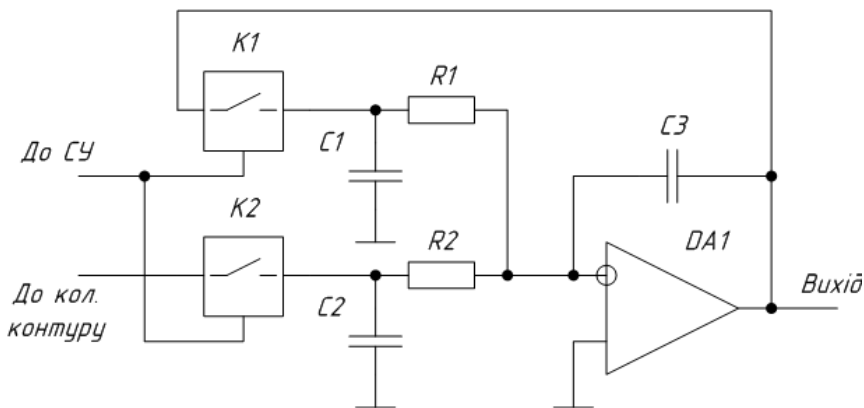


Рисунок 3 – Функціональна схема детектора з лінійно-інтерполюючим фільтром

В детекторі з лінійно-інтерполюючим фільтром використовуються два конденсатори $C1$ та $C2$. На конденсаторі $C2$ "запам'ятовується" амплітуда імпульсу, що подається на нього в даний момент, а на конденсаторі $C1$ "запам'ятовується" амплітуда попереднього імпульсу. Напряга з конденсаторів подається на інтегратор ($R1$, $R2$, $DA1$, $C3$), параметри якого вибрані таким чином, що к моменту надходження чергового імпульсу напряга на його виході досягає амплітуди попереднього імпульсу. Вихід схеми управління (CU) підключений до входів управління аналоговими ключами ($K1$, $K2$), які замикаються в моменти часу досягнення локальних максимумів амплітуди вхідної напряги.

Схема детектора з лінійно-інтерполюючим фільтром була промодельована в середовищі Multisim 11 від National Instruments (рис. 4). За результатами моделювання було визначено відхилення сигналу на виході детектора від зразкового. Зразковий сигнал отримували на виході RC кола з такими параметрами, які забезпечують таку ж сталу часу, що і для коливального контуру.

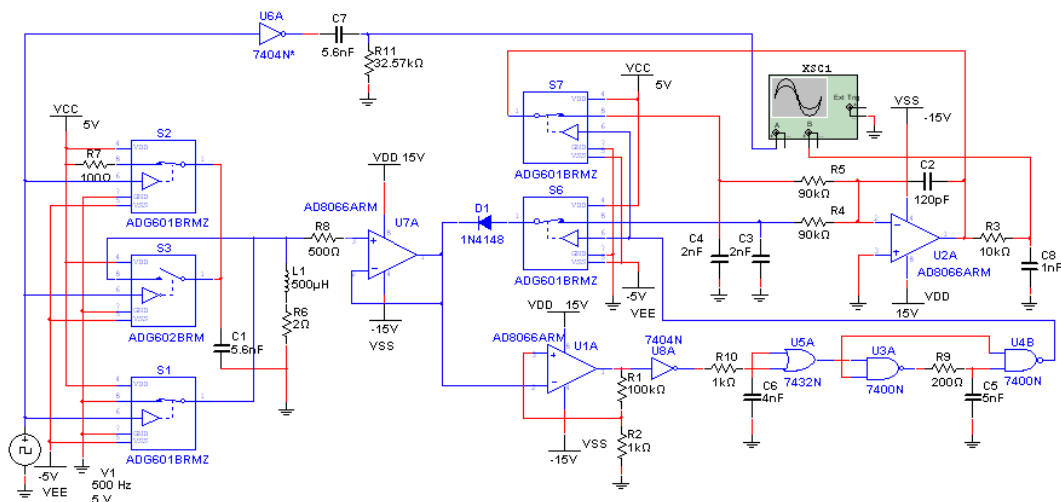


Рисунок 4 – Принципова схема детектора з лінійно-інтерполюючим фільтром

Для дослідження схеми детектора були вибрані наступні параметри елементів схеми: коливальний контур ($C1$ 5.6 нФ, $L1$ 500 мкГн, $R6$ 2 Ом), який періодично збуджується імпульсами струму напрягою 5 В з частотою 500 Гц та шпаруватістю 2. На виході повторювача зібраного на операційному підсилювачі $U7A$ отримаємо періодично виникаючі згасаючі коливання з частотою 94.34 кГц. RC коло ($C7$ 5.6 нФ, $R11$ 32.57 кОм) має таку ж саму сталу часу як і коливальний контур, і використовується в якості зразкового сигналу.

Результати роботи схеми наведені на рис. 5. На екрані осцилографа відображені сигнали з виходу коливального LC-контуру, та з виходу лінійно-інтерполюючого фільтра.

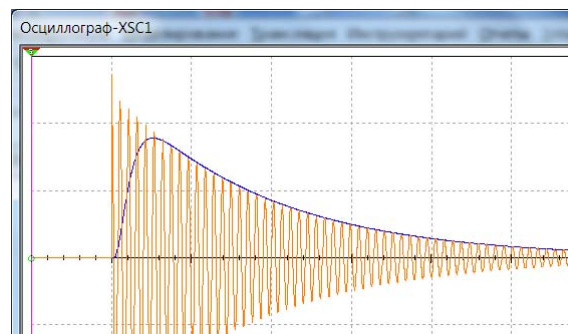


Рисунок 5 – Результат роботи лінійно-інтерполюючого фільтра

Для оцінки ступеня наближення відтвореного сигналу до зразкового був використаний пакет символічної математики Maple. Дані з цифрового осцилографа були збережені в цифровій формі та завантажені в Maple для подальшої обробки. Зокрема були отримані значення абсолютної похибки напруги на виході лінійно-інтерполуючого фільтра. На рис. 6. представлена залежність абсолютної похибки відтворення фільтра в часі на проміжку 1.50 – 1.55 мс від початку перехідного процесу.

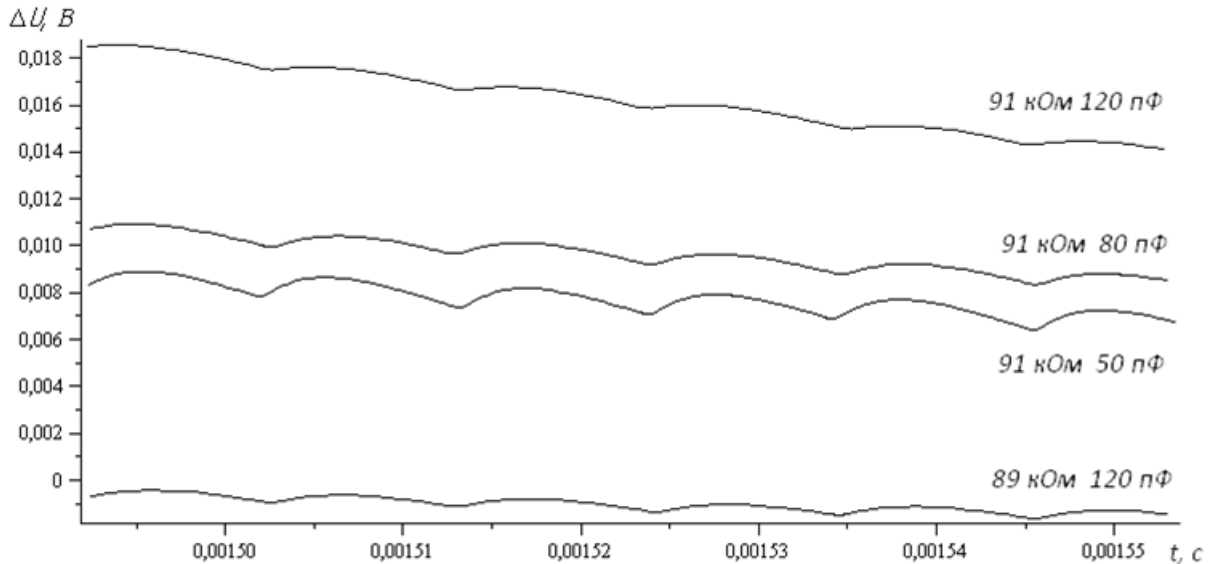


Рисунок 6 – Абсолютна похибка відтворення огинаючої сигналу

Як видно з рис. 6 адитивна складова похибки зростає зі зростанням номіналу ємності, в той час як похибка роботи інтегратора зі зростанням номіналу ємності зменшується. При значенні номіналу ємності 120 пФ похибка інтегрування складає 0.2 мВ, а адитивна складова становить приблизно 17 мВ. А При значенні номіналу ємності 50 пФ похибка інтегрування становить 1 мВ, а адитивна складова становить приблизно 8 мВ. Були визначені оптимальні номінали елементів для даних умов: C_2 – 120 пФ; R_4, R_5 – 89 кОм. За умови застосування ідеального компаратора при оптимальних значеннях елементів схеми, абсолютна похибка вимірювання часу згасання коливань становитиме 5 мкс.

Список літератури

1. <http://www.acam.de/products/time-to-digital-converters/tdc-gp1/>.
2. Шабатура Ю.В. Дослідження вимірювальних перетворювачів товщини діелектричного покриття металевих поверхонь з часовим представленням інформації / Ю.В. Шабатура, К.В. Овчинников // Вісник національного університету "Львівська політехніка": Автоматика, вимірювання та керування. – Вип. №551. – Л., 2006. – С.63 – 69.
3. Пат. 2365910 Российская Федерация, МПК G01N27/90. Способ вихретокового контроля и устройство для его осуществления / Кибрик Г.Е., Налдаев Н.Д.; Заявитель и патентообладатель Общество с ограниченной ответственностью Научно-производственное предприятие "ТИК" (ООО НПП "ТИК"). – 2007103265/28; заявл. 26.01.2007; опубл. 27.08.2009. – 3 с.: ил.
4. Полупроводниковая схемотехника: Справочное руководство. Пер. с нем. – М.: Мир, 1982. – 512 с., с ил.
5. Карцев Е. Стереодекoder с кварцевым резонатором / Е Карцев, В Чулков // Радио. – 1986. №2. – С. 38 – 42.