

частотные усилители / Под ред. В.Р.Магнушевского. М., 1994. 3. Смеркло Л.М., Дячок Д.Т. Подготовка процесса лазерной подгонки толстополеночных резисторов // *Технология и конструирование в электронной аппаратуре*. Одесса, 1997. № 4. С.53-54. 4. Корнеев А.Л., Контев Г.И. Энергетический расчет СВЧ с контуром между коллектором и базой // *Полупроводниковые приборы в технике электросвязи*. М., Вып.4. 1969. 5. Гребенников А.В., Никифоров В.В. Активные автогенераторы УВЧ диапазона на МДП-транзисторах // *Полупроводниковая электроника в технике связи*. М., Вып.26. 1986.

УДК 621.317

Смердов Андрій, Грицюк Ольга, Крижанівський Володимир

ДУ “Львівська політехніка”, кафедра конструювання
і технології виробництва радіоапаратури

ДИФЕРЕНЦІЙНИЙ ВИМІРЮВАЛЬНИЙ ПЕРЕТВОРЮВАЧ R І C

© Смердов Андрій, Грицюк Ольга, Крижанівський Володимир, 2000

Описаний диференційний вимірювальний RC – перетворювач з широким вимірювальним діапазоном, який при простоті технічної реалізації забезпечує високу точність вимірювання.

In this paper the differential measurement RC – transformer with broad range of measurement, which secures high precision of measurement with simple technical realization is considered.

Для вимірювання значень опорів та ємностей зручним та актуальним є використання диференційного методу вимірювання. Перевагою цього методу є висока точність вимірювання, а недоліком – складність вимірювального пристрою [1]. В роботі описаний диференційний вимірювальний перетворювач опору R і ємності C на базі автоколивального мультівібратора [2], який при простій технічній реалізації забезпечує достатньо високу точність вимірювання, проведені дослідження експериментального взірця такого диференційного вимірювального перетворювача і оцінка похибки.

В диференційному вимірювальному перетворювачі R і C використовується почергова робота двох мультівібраторів [3]. В роботі [4] була визначена залежність похибки вимірювань від величини вимірюваних R і C та отриманий висновок, що такий мультівібратор може бути використаний для вимірювань цих параметрів в широкому діапазоні вимірювання. Висновки роботи [4] є справедливими і для автоколивального мультівібратора. Але в автоколивальному мультівібраторі, де одне плече є еталонним, вже використовується диференційний метод порівняння, що забезпечує високу точність вимірювання [1]. Це обумовлено тим, що при ідентичності плечей мультівібратора, тобто еталонного і вимірювального каналів, адитивні похибки цих каналів компенсуються. За класифікацією методів вимірювання автоколивальний мультівібратор використовує метод безпосередньої оцінки при непрямому вимірюванні [1].

На рис.1 наведена структурна схема диференційного RC-перетворювача. Вимірювальний мультивібратор виконаний на логічних КМОП – елементах DD1.1 – DD1.4. За еталонний канал прийнято плече з послідовно з'єднаними логічним елементом DD1.1, діодом VD1, ланкою паралельно з'єднаних опорів R_1 і конденсатора C_1 , і логічним елементом DD1.3 на виході каналу. За вимірювальний відповідно – плече з послідовно з'єднаними логічним елементом DD1.2, діодом VD2, ланкою паралельно з'єднаних опорів R_2 і конденсатора C_2 , і логічним елементом DD1.4 на виході каналу. Тривалість вихідних імпульсів вимірювального мультивібратора з виходів DD1.3 і DD1.4 пропорційна вимірюваному параметру першого каналу, а пауза між імпульсами пропорційна вимірюваному параметру другого каналу. Цей сигнал надходить на вхід диференційного усереднювального фільтра ФУ, який перетворює його у постійну напругу. Своєю чергою, ця напруга перетворюється у цифровий вигляд за допомогою АЦП і відображається на індикаторі у показках N.

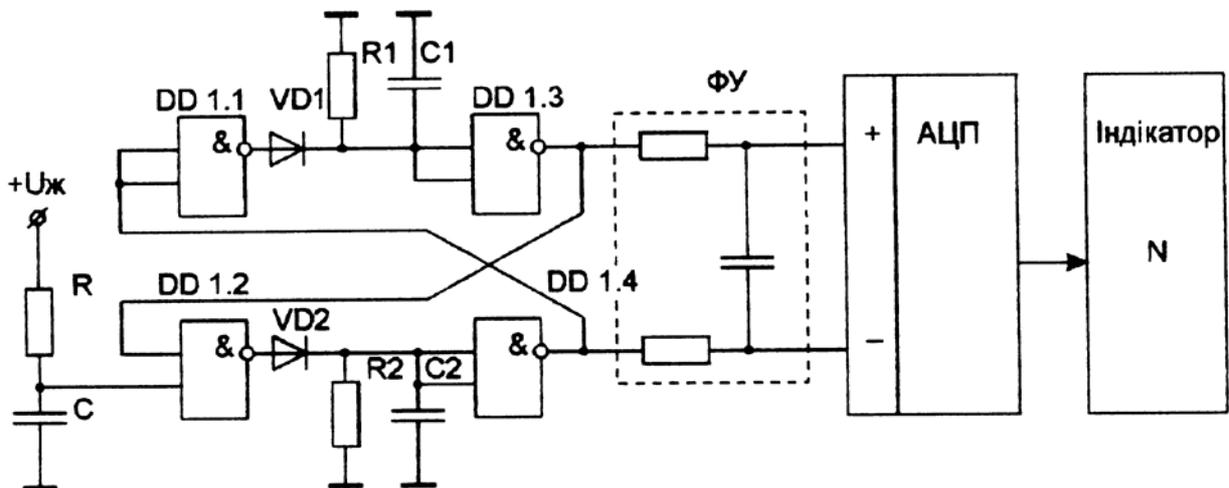


Рис.1. Структурна схема диференційного перетворювача R і C.

Режим роботи автоколивального мультивібратора складається з двох етапів: підготовчого і основного.

Підготовчий етап починається в момент увімкнення живлення і позначений на часовій діаграмі t_1 (рис.2). В цей момент напруга на конденсаторі C ще дорівнює нулеві, але потім він починає заряджатись. Доки напруга на конденсаторі C не досягне значення напруги компарації U_k (тобто значення напруги, за якого логічні елементи переходять зі стану логічного нуля в стан логічної одиниці, і навпаки) на виході логічного елемента DD1.2 буде сигнал логічної "1". При такому сигналі діод VD2 є відчинений, і конденсатор C_2 починає заряджатись. На проміжку часу від t_1 до t_2 , поки напруга U_{C2} на конденсаторі C_2 , не досягла значення U_k , на виході логічного елемента DD1.4 буде логічна "1", яка викликає на виході логічного елемента DD1.1 стан логічного "0". У такому стані діод VD1 зачинений, напруга на конденсаторі C_1 дорівнює нулеві, і сигнал на виході логічного елемента DD1.3 – логічна одиниця. Момент часу t_2 починається тоді, коли напруга на конденсаторі C_2 дорівнює напрузі компарації, тобто на вході DD1.4 буде сигнал "1". Цей сигнал відповідно викличе "0" на виході цього елемента і "1" на виході DD1.1. Отже, в момент часу t_2 починається заряд конденсатора C_1 . Момент часу, коли напруга на конденсаторі C_1 буде дорівнювати U_k , позначено на діаграмі t_3 . Проміжок часу від t_3 до t_4 закінчується, коли напруга на C досягне

напруги компарації, $U_c=U_k$, і на виході логічного елемента DD1.2 буде сигнал логічного нуля, оскільки на виході DD1.3 зберігається “1”. Діод VD2 зачинений і конденсатор C_2 починає розряджатись. Конденсатор C_1 залишається зарядженим, доки напруга U_{c1} не зменшиться до U_k . В момент часу t_5 виконується умова $U_{c2}=U_k$, що призводить до переходу “1” в “0”, при цьому на виході DD1.4 з’являється “1”. Це викликає появу сигналу “0” на виході DD1.1 і відповідно початок розряду конденсатора C_1 . Момент t_5 є моментом завершення підготовчого етапу і початком основного. Коли конденсатор C_1 розряджається, то на виході логічного елемента DD1.3 буде сигнал “0”, на виході DD1.2 - сигнал “1”, а C_2 є заряджений. Коли напруга на C_1 зменшилася до U_k – на виході DD1.3 встановлюється логічна одиниця, отже, на виході DD1.2 – “0” (це позначено на діаграмі як t_6). На проміжку від t_6 до t_7 розряджається конденсатор C_2 . В момент t_7 напруга на C_2 буде дорівнювати “0”, на виході DD1.4 з’явиться сигнал “1”, на DD1.1 – “0”, конденсатор C_1 знову розряджається. Цикл надалі повторюється.

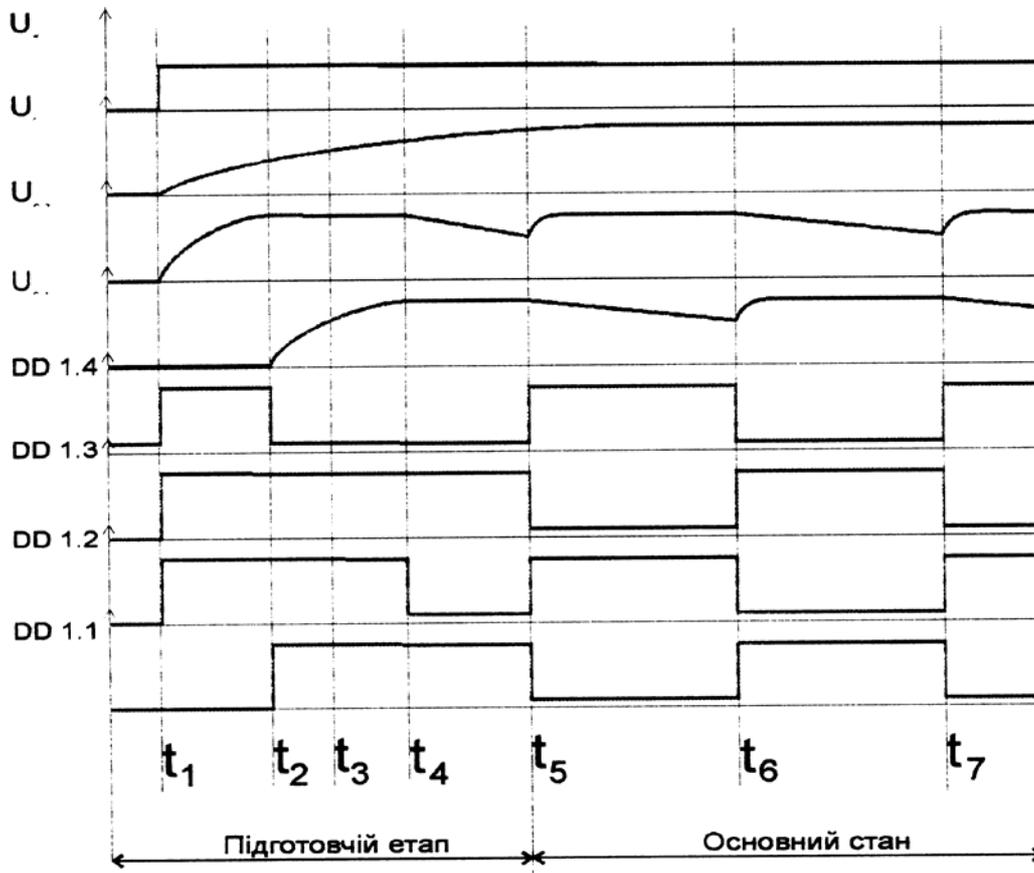


Рис. 2. Часові діаграми роботи автоколивального мультівібратора.

Використання вихідного сигналу мультівібратора і відповідної подальшої його обробки приводить до того, що величина показів перетворювача N прямо пропорційна різниці вимірюваних величин обох каналів, і зворотно пропорційна їх сумі. Тобто, вимірювальний RC-перетворювач забезпечує не тільки диференційне перетворення з компенсацією адитивної похибки каналів, а і логотричне перетворення, що зменшує мультиплікативну похибку перетворення. Крім цього, усереднення сигналу фільтром ФУ дає змогу зменшити випадкову складову похибки вимірювання [1]. Значення N має нелінійну залежність від вимірюваного параметра, але при вимірюванні в надширокому

діапазоні це дозволяє зменшити кількість цифрових декад для індикації вимірювального параметру, а також забезпечує максимальну чутливість перетворювача при вимірюванні параметра, близького до еталонного значення.

В описаному диференційному вимірювальному перетворювачі R і C реалізується непрямий метод вимірювання, тобто покази приладу і величина, що вимірюється, зв'язані функціональною залежністю:

$$N = K \cdot \frac{R_2 C_2 - R_1 C_1}{R_2 C_2 + R_1 C_1}, \quad (1)$$

де N – покази індикатора приладу, K – безрозмірний коефіцієнт, який визначається коефіцієнтом перетворення АЦП.

Для експериментального взірця такого диференційного вимірювального перетворювача R і C були проведені експериментальні дослідження для визначення функціональної залежності (1) і оцінки похибки. Порівнювалися розрахункові значення вимірюваних параметрів і їх істинні значення. В даному приладі $C_1=C_2$, і один з опорів є еталонним, а другий вимірюваним, тому формула (1) буде мати вигляд:

$$N = K \cdot \frac{R_2 - R_1}{R_2 + R_1}. \quad (2)$$

Еталонний опір дорівнював 1076 кОм, а коефіцієнт перетворення K – 705. В таблиці наведені дані порівняння істинних значень опорів R_2 і значення тих самих опорів, виміряні і перераховані – R_{2p} , покази приладу N і відносні похибки для кожного вимірювання. Для опорів в діапазоні (200 ÷ 15000) кОм середня відносна похибка не перевищує 3,7%. Мінімальна похибка вимірювання спостерігається при значеннях опорів, близьких до еталонного. Для значень опорів, менших від еталонного, покази приладу будуть за формулою (2) від'ємними, а для опорів, більших від еталонного – додатними. Залежність показів приладу і відносної похибки від значень опорів зображені на рис.3.

Результати вимірювань опорів і похибки вимірювання δR_2

| R_2 , кОм | N | R_{2p} , кОм | δR_2 |
|-------------|------|----------------|--------------|
| 293 | -400 | 268 | 8,5 |
| 400 | -310 | 384 | 4 |
| 598 | -185 | 584 | 2,3 |
| 924 | -29 | 926 | 0,2 |
| 3000 | 350 | 2927 | 2,4 |
| 8200 | 560 | 7901 | 3,6 |
| 15000 | 630 | 14249 | 5 |

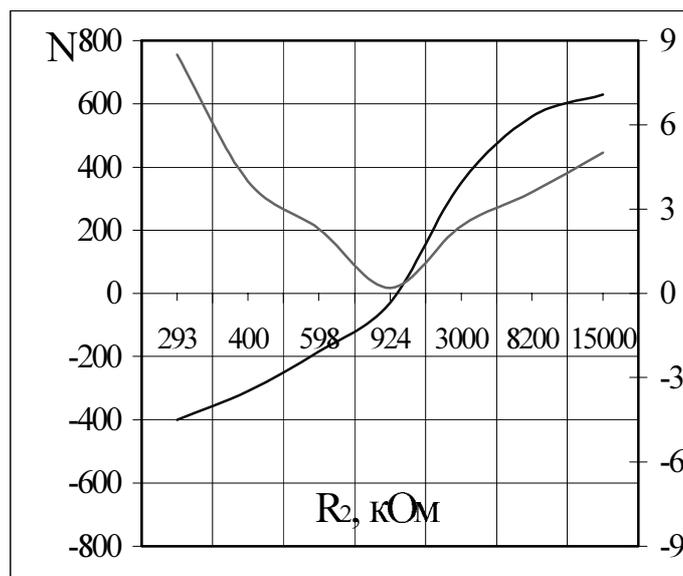


Рис.3. Теоретична залежність $N=f(R_2)$ і експериментальна залежність похибки опору δR_2 .

Отже, можна зробити висновок, що даний диференціальний вимірювальний перетворювач при простоті схемної реалізації має високі метрологічні характеристики і може використовуватись для вимірювання R і C у широкому діапазоні значень цих параметрів.

1. Смердов А., Крижанівський В., Бобкова О. Аналіз мультівібраторного вимірювача R і C . 2. Евтихiev Н.Н., Куперимидт Я.А., Папуловский В.Ф., и др. Измерение электрических и неэлектрических величин. М., 1990. 3. А. с. 936392 СССР. Ждуций мультивибратор / В.Ю.Бобков, С.С.Кочеркевич, А.А.Явич // Бюл. Изобрет. 1982. № 22. 4. А. с. 819934 СССР. Ждуций мультивибратор / В.Ю.Бобков, С.С.Кочеркевич, Б.Г.Озеров, А.А.Явич // Бюл. Изобрет. 1981. № 13.

УДК 621.372.061

Тимощук Павло

ДУ “Львівська політехніка”, кафедра радіотехнічних пристроїв

СИНТЕЗ ПОДІЛЬНИКА ЧАСТОТИ НА ДВА

© Тимощук Павло, 2000

Синтезовано прецизійний подільник частоти гармонічних сигналів на два. Визначено аналогову макромодель подільника в формі системи диференціальних рівнянь першого порядку. Шляхом дискретизації аналогового прототипу отримано різницеві рівняння подільника. Знайдено максимальні відносні та середньоквадратичні похибки макромоделей. Наведено рекомендації щодо реалізації функціональних і структурних схем аналогового та цифрового поділь-