



УДК 621.38:681.14

LOW-FREQUENCY GENERATOR WITH VARIABLE FREQUENCY

НИЗЬКОЧАСТОТНИЙ ГЕНЕРАТОР ЗІ ЗМІННОЮ ЧАСТОТОЮ

Ryabenkyi V.M. / Рябенський В.М.

d.t.s., prof. / д.т.н., проф.

ORC ID: 0000-0002-6998-746X

Khudiakova I.M. / Худякова І.М.

k.p.s / к.п.н.,

ORCID 0000-0002-2677-7841

Admiral Makarov National University of Shipbuilding,

Mykolaiv, Heroes of Ukraine Avenue, 9, 54025

Національний університет кораблебудування ім. адмірала Макарова

м. Миколаїв, проспект Героїв України, 9, 54025

Анотація. Темою статті є побудова низькочастотних генераторів зі змінною частотою на основі простих RC- генераторів (генераторів Віна) синусоїдальних коливань з комутаторами резисторів на основі аналогових ключів. Кількість аналогових ключів можна збільшувати в широких межах і використовувати їх з резисторними матрицями, що дає можливість не тільки розширювати кількості дискретних частот генератора, а і в довільному порядку їх змінювати, що може бути забезпечено алгоритмами комутації аналогових ключів. Такі генератори можуть працювати в діапазоні частот від декількох десятків Герц, до 100 кГц і більше. Типова нестабільність частоти знаходиться в межах 5%, коефіцієнт гармонік вихідного сигналу можна забезпечити в межах (5-10)%. Такі генератори можуть знайти використання для оцінки частотних характеристик різних типів фільтрів, підсилювачів частот звукового діапазону.

Ключові слова. Низькочастотні генератори синусоїдальних коливань, матриці аналогових ключів, резистивні матриці, частота, стабільність коливань.

Вступна частина.

Генератори частоти, що коливається у визначених межах, знаходять широке використання у зв'язку з широким використанням активних фільтрів з різноманітними частотними характеристиками. Побудові таких генераторів присвячується ряд форумів на сайтах фахівців з електроніки і радіотехніки [1,2]

Низькочастотні генератори синусоїдальних коливань знаходять використання в задачах електронної автоматики, в системах контролю частотного діапазону, або його оцінки. Вони також використовуються у вимірній техніці для отримання амплітудно – частотних характеристик підсилювачів та фільтрів.

Низькочастотні генератори, тобто генератори з частотним діапазоном до 100 – 200 кГц будуються в основному на використанні квазірезонансу, або



активно – ємкісних кіл з двома і трьома R-C – ланками. [3] В [4] наведено описання генераторів подібного призначення з використанням всього однієї частотно – задаючої ланки, але вони мають досить низьку стабільність амплітуди і обмежену можливість зміни частоти.

Найбільш широке використання для побудови низькочастотних генераторів знаходять схеми на основі напівмоста Віна [3,5,6]. Його частота коливань при однакових параметрах резисторів і конденсаторів частотно – залежної гілки визначається виразом:

$$\omega_0 = \frac{1}{RC} \text{ или } f_0 = \frac{1}{2\pi RC}. \quad (1)$$

з якого витікає, що частоту можна змінювати шляхом одночасної зміни величин активних опорів, або конденсаторів.

В [6] пропонується змінювати величини опорів програмно з використанням матриць опорів. При цьому, враховуючи властивості матриць опорів, такі схеми дають можливість отримати лише дві – три частоти. В [3] розв'язується аналогічна задача шляхом ступінчатого ділення частоти, що також обмежує сітку частот, що може бути отримана.

Мета роботи. В роботі пропонується розв'язання задачі побудови дискретної сітки частот на основі використання матриць аналогових комутаторів [7].

Основна частина.

Типові параметри аналогових комутаторів визначаються величиною прохідного активного опору в межах 75 Ом і часом перемикавання з відкритого стану в закритий і навпаки, що не перевищує 200нС. Параметри входів - виходів по значеннях робочого струму та струму керування відповідає типовим значенням цифрових мікросхем транзисторно – транзисторної логіки та операційних підсилювачів. В одному корпусі мікросхеми розміщується від одного до 16 ключів.

На рис. 1. наведена Мультисім – модель генератора, в якому передбачена можливість змінювати частоту генератора Віна на чотири вибраних значення.



У випадку, що розглядається напівміст Віна складений на основі конденсаторів C3, C4 і наборів резисторів R5 –R12 з номіналами від 10К до 1 к. Аналоговими ключами S1, S2 вибирається один з вказаних резисторів для паралельного з конденсатором C4 включення (комутатор S1) і, відповідно, для послідовного включення з конденсатором C4 (комутатор S2). В наслідок вибору за допомогою двох комутаторів однакової пари резисторів буде вибрана відповідна (1) частота генерації коливань.

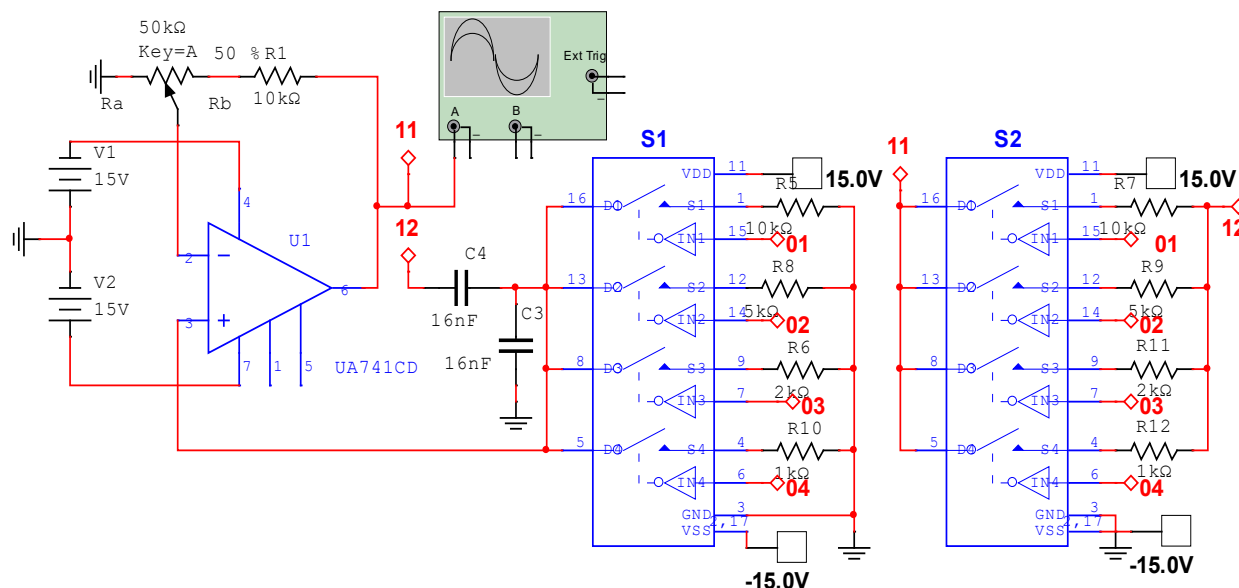


Рисунок 1. Принципова схема генератора на чотири дискретні значення частоти

Авторська розробка

Один з найпростіших варіантів системи керування комутаторами наведено на рис.2. Він характеризується прямою послідовністю керування ключами. Робота схеми керування полягає в тому, що за допомогою двох тригерів U1 та U4 формується циклічна послідовність імпульсів від 1 до 4, яка дешифратором U2 інвертується і розподіляється на підсилювачі керування ключів.

Послідовність вибору номіналів резисторів і, відповідно, частот генерації у випадку, що розглядається, однозначно визначається особливостями частотних характеристик об'єкту, що досліджується. На рис.3 наведена послідовність частот генерації, які зростають від нижньої до верхньої. Слід звернути увагу на те, що перехід від одної частоти до іншої проходить практично миттєво, без



явних перехідних процесів. При цьому амплітуди коливань усіх частот залишаються незмінними.

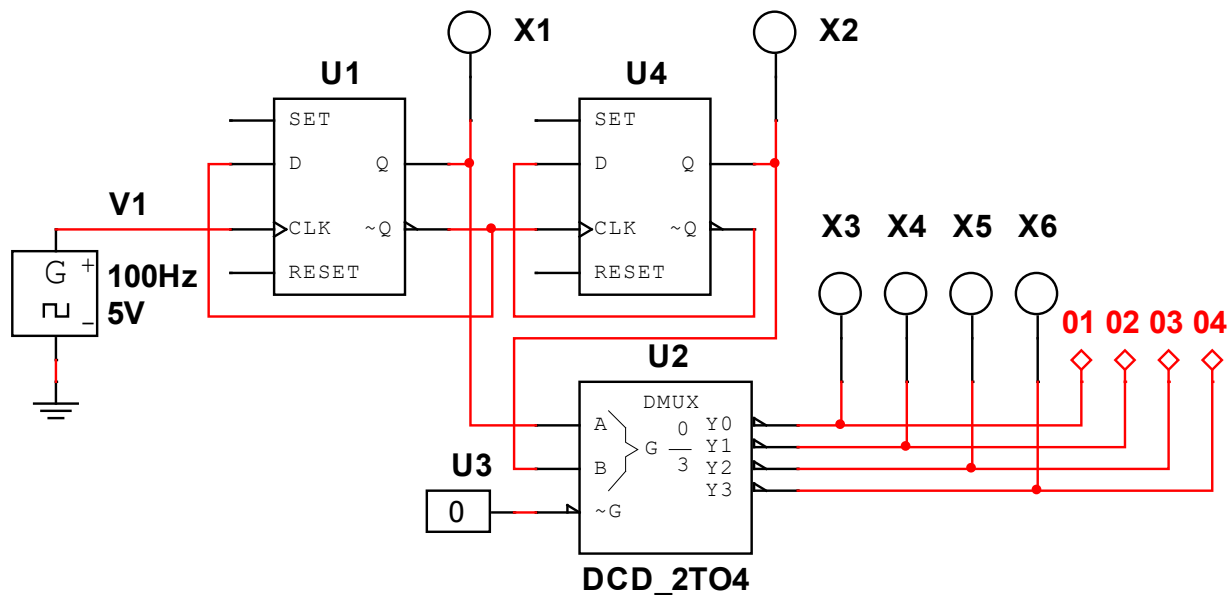


Рисунок 2.-Принципова схема модулю керування зміною частоти генератора

Авторська розробка

Стабільність амплітуди і частоти коливань генератора знаходяться в межах одиниць відсотків [6], а точність установки частоти задається розкидом параметрів і стабільністю R, C - елементів.

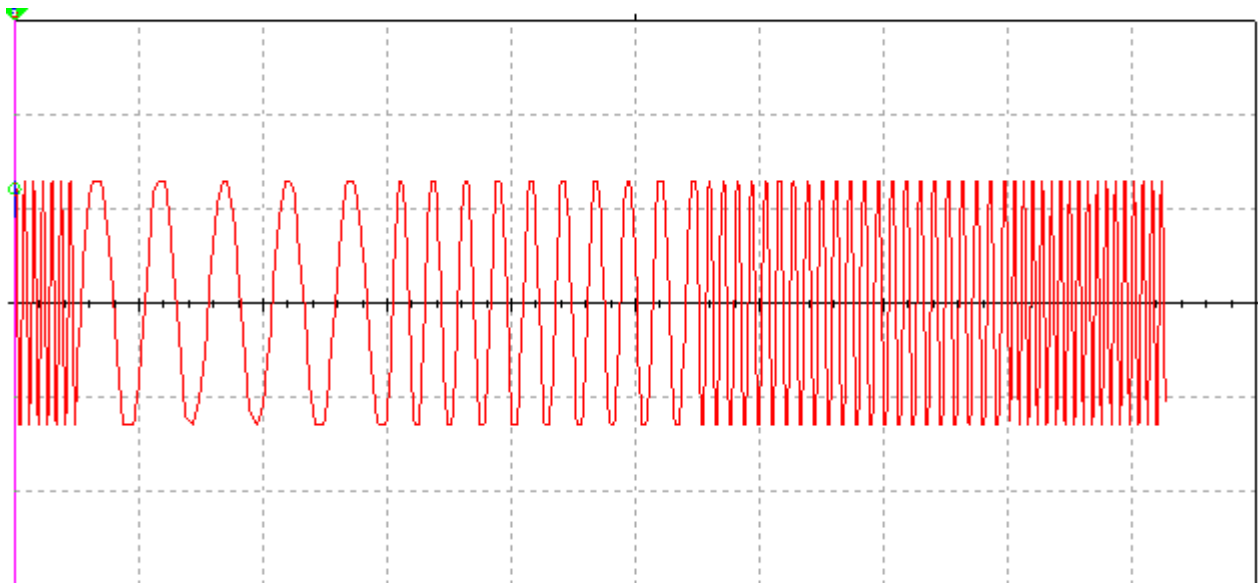


Рисунок 3.-Осцилограма коливань генератора у визначеному частотному діапазоні)

Авторська розробка



На рис.4. наведені осцилограми коливань змінної частоти на виході інтегруючої RC – ланки.

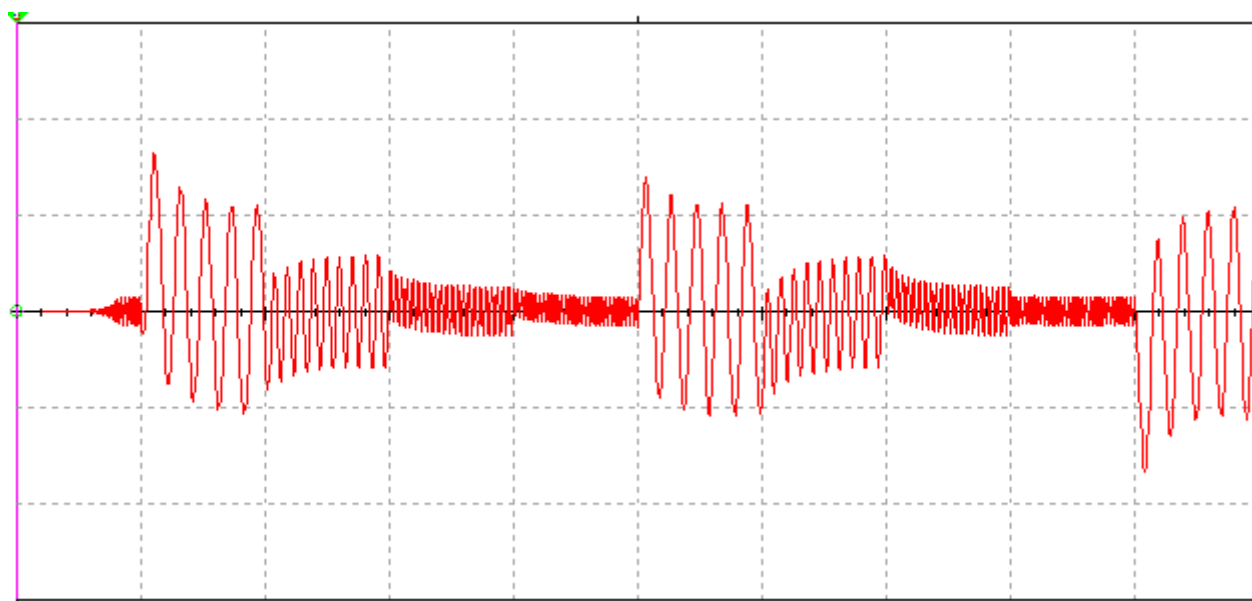


Рисунок 4. Осцилограми напруги на виході інтегруючої RC – ланки.

Авторська розробка

В кожному одно частотному діапазоні має місце як сталий процес, де амплітуда вихідного сигналу стабільна і перехідний процес зі змінною величиною амплітуди. Для оцінки частотних властивостей об'єкту важливим є сталий процес, відношення амплітуди сигналу в якому до амплітуди вхідного визначає конкретне значення амплітудно – частотної характеристики (АЧХ) Перехідний процес на початку кожного діапазону визначає найбільшу постійну часу об'єкту, що досліджується і не може використовуватись для оцінки АЧХ,

Такі генератори можуть бути використані для оцінки частотних властивостей низькочастотних фільтрів, підсилювачів частот, звукового діапазону, для створення різних звукових ефектів та інше.

Висновки.

1. Побудова низькочастотних генераторів зі змінною частотою простіше за все реалізується на основі простих RC- генераторів синусоїдальних коливань з комутаторами резисторів на основі аналогових ключів.

2. Частоту комутації ключів слід вибирати за умови, щоб при переході з одної частоти до іншої перехідний процес перемикавання був закінченим і була



можливість визначення амплітуди вихідного сигналу у сталому інтервалі часу.

3. Матриці аналогових ключів мають можливість забезпечувати будь – які алгоритми їх комутації, що дозволяє з'єднувати резистори паралельно в групи, розширюючи тим самим кількість дискретних частот генератора.

Література.

1. <https://www.rlocman.ru/shem/schematics.html?di=52572>
2. <https://www.rlocman.ru/forum/showthread.php?t=4799>
3. Рябенський В.М. Співак В.М. // Моделювання пристроїв обробки аналогових сигналів. Миколаїв, НУК, 2018, 362с.
4. Shustov M. // Single Capacitor RC Sine Wave Generators. Radiolotsman 11, -2021
5. Shustov M. // Stepped Frequency Generators. Radiolotsman 01-2022
6. Thomas Brand //How to Build Programmable Oscillators Using Digital Potentiometers <https://www.radiolocman.com/review/article.html?di=654879>.
7. <https://www.alldatasheet.com/view.jsp?Searchword=AD7510DIJD>

References.

1. <https://www.rlocman.ru/shem/schematics.html?di=52572>
2. <https://www.rlocman.ru/forum/showthread.php?t=4799>
3. Ryabenkyi V.M. Spivak V.M. // Modeling of analog signal processing devices. Mykolaiv, NUK, 2018, 362c.
4. Shustov M. // Single Capacitor RC Sine Wave Generators. Radiolotsman 11, -2021
5. Shustov M. // Stepped Frequency Generators. Radiolotsman 01-2022
6. Thomas Brand //How to Build Programmable Oscillators Using Digital Potentiometers <https://www.radiolocman.com/review/article.html?di=654879>.
7. <https://www.alldatasheet.com/view.jsp?Searchword=AD7510DIJD>

Abstract. The topic of the article is the construction of low-frequency oscillators with variable frequency based on simple RC-generators (Wien generators) of sinusoidal oscillations with resistor switches based on analog keys. The number of analog keys can be increased within wide limits and used with resistor matrices, which makes it possible not only to expand the number of discrete frequencies of the generator, but also to change them in an arbitrary order, which can be provided by analog key switching algorithms. Such generators can operate in the frequency range from several tens of Hertz to 100 kHz and more. Typical frequency instability is within 5%, the harmonic coefficient of the output signal can be provided within (5-10)%. Such generators can be used to evaluate the frequency characteristics of various types of filters, amplifiers of audio frequency range.

Keywords. Low-frequency sinusoidal oscillators, analog switch matrices, resistive matrices, frequency, oscillation stability.