

## 4. АВТОМАТИЗАЦІЯ, ЦИФРОВІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ В ЕЛЕКТРИЧНІЙ ІНЖЕНЕРІЇ

УДК 621.372.8

### ВДОСКОНАЛЕННЯ СПОСОБУ ГЕНЕРАЦІЇ ДИСКРЕТНОЇ СІТКИ ЧАСТОТ РАДІОТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ

**Ясенко Д.А.**

здобувач вищої освіти спеціальності 141 Електроенергетика,  
електротехніки та електромеханіка

Національний університет корабле будування імені адмірала Макарова.  
м. Миколаїв, Україна

**Анотація** У роботі розглянуто підхід до вдосконалення генерації дискретної сітки частот у професійних радіотехнічних приймально-передавальних засобах шляхом застосування апаратної реалізації математичного подвоювача частоти. Запропоновано замінити традиційні системи, що ґрунтуються на використанні кількох високостабільних кварцових генераторів і фільтрів, на структуру, створену за принципом каскадного помноження частоти. Показано, що така технологія забезпечує спрощення побудови генератора, підвищує точність формування частот та покращує керованість системи. Наведено приклади схемних рішень та результати осцилографування, які підтверджують працездатність методу та можливість миттєвого перемикавання між частотами без перехідних процесів.

**Ключові слова:** генерація частоти; дискретна сітка частот; подвоювач частоти; радіотехнічні пристрої; частотні перетворювачі; стабільний генератор; аналогові комутатори.

Сучасні професійні радіотехнічні приймально – передавальні пристрої працюють на основі узгодженої дискретної сітки несучих частот, які створюються шляхом змішування сигналів різних частот і наступного виділення окремих частот за допомогою складних фільтрів [1, 2]. Такі технології досить складні, вимагають наявності ряду високо стабільних кварцових генераторів і складних полосових фільтрів. До того ж ускладнюється і система керування таким генератором, оскільки на приймальній і передаючій стороні необхідну частоту необхідно вибирати майже одночасно.

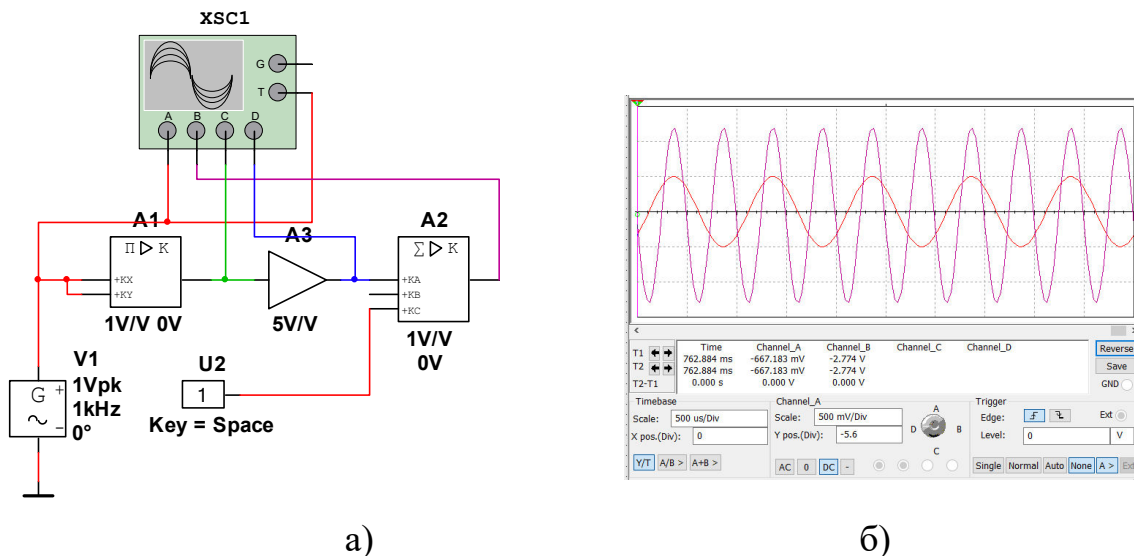
Пропонується змінити технологію побудови подібних генераторів на основі використання майже ідеального помножувача частоти. Ідея його витікає з відомої формули подвійного кута [ ]

$$\sin^2 x = 0.5 + 0.5 \cos(2x)$$

з якої витікає:

$$\cos(2x) = 2 \cdot \sin^2 x - 1$$

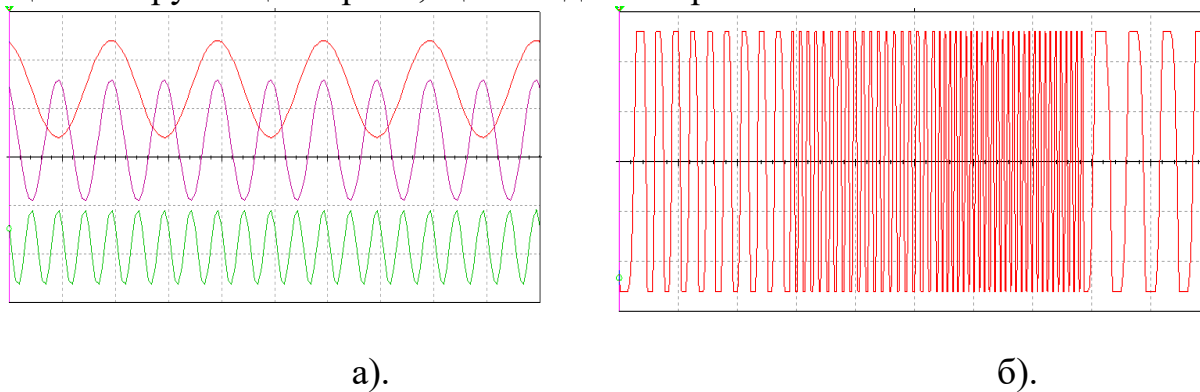
Апаратна реалізація такої формули досить проста. Її схема наведена на рис. 1, а,



а) б)  
Рис.1. Апаратна реалізація формули

а на рис. 1, б – осцилограми вхідного і вихідного сигналів пристрою подвоєння частоти.

Як витікає з формули і, відповідно, з схеми – реалізація пристрою досить проста і може бути виконана в одному корпусі мікросхеми операційного підсилювача. Для її реалізації необхідно мати лише один генератор стабільної частоти. Ніяких проблем з каскадним нарощуванням таких генераторів немає, що ілюструє осцилограма, що наведена на рис. 2.а.



а). б).  
Рис.2. Осцилограма

Послідовне нарощування таких перетворювачів дає можливість побудови ряду високо стабільних генераторів, а використання аналогових комутаторів [3] дозволяє практично миттєво генерувати будь – яку частоту з закладеного ряду. На рис. 2, б наведено приклад осцилограми на чотири частоти. При цьому відсутні перехідні процеси, які супроводжуються переходом з одної частоти до іншої.

Апаратна реалізація математичного подвоювача частоти синусоїдального сигналу дозволяє суттєво спростити технологію побудови генераторів дискретної сітки частот, підвищити їх точність і системи керування.

### Список використаних джерел

1. М.П. Медиченко, В.П. Литвинов . Радіотехнічні кола і сигнали. Навчальний посібник. Вид. МГОУ 2011, 542с.
2. Меліхов С.В. Аналогове і цифрове радіомовлення. Навч. посібник. Вид ТДУ, 2012р. 233с,
3. Вигодський М.Я. Довідник з елементарної математики. <https://storynest.com.ua/knyha-dovidnyk-z-elementarnoi-matematyky-vyhodskiyi>.
4. Рябенький В.М. Співак В. М. Моделювання пристроїв обробки аналогових сигналів. Миколаїв, вид. Ілліон, 2018, 382с.

**Abstract.** *The paper considers an approach to improving the generation of a discrete frequency grid in professional radio receivers and transmitters by using a hardware implementation of a mathematical frequency doubler. It is proposed to replace traditional systems based on the use of several highly stable quartz oscillators and filters with a structure created on the principle of cascade frequency multiplication. It is shown that such technology simplifies the construction of the generator, increases the accuracy of frequency formation, and improves the controllability of the system. Examples of circuit solutions and oscillography results are given, which confirm the operability of the method and the possibility of instant switching between frequencies without transients.*

**Keywords:** *frequency generation; discrete frequency grid; frequency doubler; radio engineering devices; frequency converters; stable generator; analog switches*

**Науковий керівник:**

**Рябенький В.М.**

*професор*

*кафедри програмованої електроніки, електротехніки і телекомунікацій  
Національний університет корабле будування імені адмірала Макарова*

**УДК: 621.31**

## **АНАЛІЗ ОПТИМІЗАЦІЇ УПРАВЛІННЯ ВИСОКОЧАСТОТНИМИ ПЕРЕТВОРЮВАЧАМИ ДЛЯ ГЕНЕРАЦІЇ ОЗОНУ**

**Кунденко Олександр Миколайович**

здобувач вищої освіти, спеціальність 181 Харчові технології

Національний технічний університет "Харківський політехнічний інститут" Харків, Україна

**Анотація.** *Останнім часом стало актуальним використання високочастотних перетворювачів джерела напруги для генерації озону в різних галузях, включаючи водоочищення, медицину та промисловість. У статті аналізуються різні стратегії управління високочастотними перетворювачами*