

Асинхронний вимірювальний генератор високої частоти

Нутрак С.П.

Науковий керівник: д.т.н., проф. Кучерук В.Ю.

Актуальність теми.

Науково-технічний прогрес невід'ємно пов'язаний з подальшим вдосконаленням засобів вимірювання і генерування сигналів, покращенням їх якості та автоматизацією процесу вимірювання, створенням нових засобів та автоматичних приладів в радіовимірвальній техніці, електроніці, автоматичній та телемеханіці.

Основні нормовані параметри вимірвальних генераторів, які характеризують їх метрологічні та експлуатаційні властивості, встановлюються державними стандартами на генератори конкретного типу. Як правило, вказують такі параметри:

- форма сигналу вимірвального генератора (синусоїдальна, імпульсна або інша);
- параметри сигналу даної форми (частота повторення, амплітуда, тривалість та шпаруватість прямокутних імпульсів, тривалість фронту та спаду, коефіцієнт нелінійних спотворень вихідного сигналу та інші);
- межі регулювання параметрів сигналу (діапазон частот, межі регулювання послаблення, діапазон установки тривалості і т. і.);
- межі допустимих похибок установки параметрів сигналу (установка частоти, амплітуди, тривалості імпульсів і т. і.);
- нестабільність параметрів сигналу за деякий інтервал часу (вказується при визначених змінах зовнішніх умов, напругах живлення та регулюванні інших параметрів сигналу).

Серійні генератори перекривають діапазон частот від інфранизьких до надвисоких, однак реалізувати в одному приладі генератор зі значним коефіцієнтом перекриття (більше 10000) є доволі складною задачею.



Мета і задачі. Головним завданням є розробка вимірювального генератора з коефіцієнтом перекриття не менше 108 (для синусоїдального сигналу). Крім того, в розроблюваному генераторі планується отримувати сигнали прямокутних та трикутних імпульсів зі зміною їх шпаруватості. При реалізації розглянутих вимог в одному корпусі буде реалізований так званий асинхронний генератор високої частоти.

Методи дослідження. Елементи теорії вимірювальних перетворень, методи математичного моделювання, методи електроніки.

Об'єктом дослідження є процеси, що виникають у вимірювальних генераторах.

Наукова новизна отриманих результатів. Розроблена структура асинхронного вимірювального генератора, яка, на відміну від існуючих, має підвищену точність генерації сигналів за рахунок оптимізації внутрішніх блоків.

Практичне значення одержаних результатів полягає, насамперед, у розробці асинхронного генератора високої частоти, а основним технічним результатом є висока точність встановлення частоти та стабільності частоти в процесі роботи.



Розробка структурної схеми асинхронного вимірювального генератора високої частоти

На основі проведених попередніх розрахунків уточнимо структурну схему асинхронного вимірювального генератора високої частоти. Основними елементами структурної схеми є (рисунок 1):

- діапазонний генератор з схемою симетрування;
- регулятора підсилення плавного;
- регулятора підсилення дискретного;
- двотактного підсилювача потужності;
- задавального генератора частоти модуляції;
- амплітудного модулятора;
- джерела живлення.



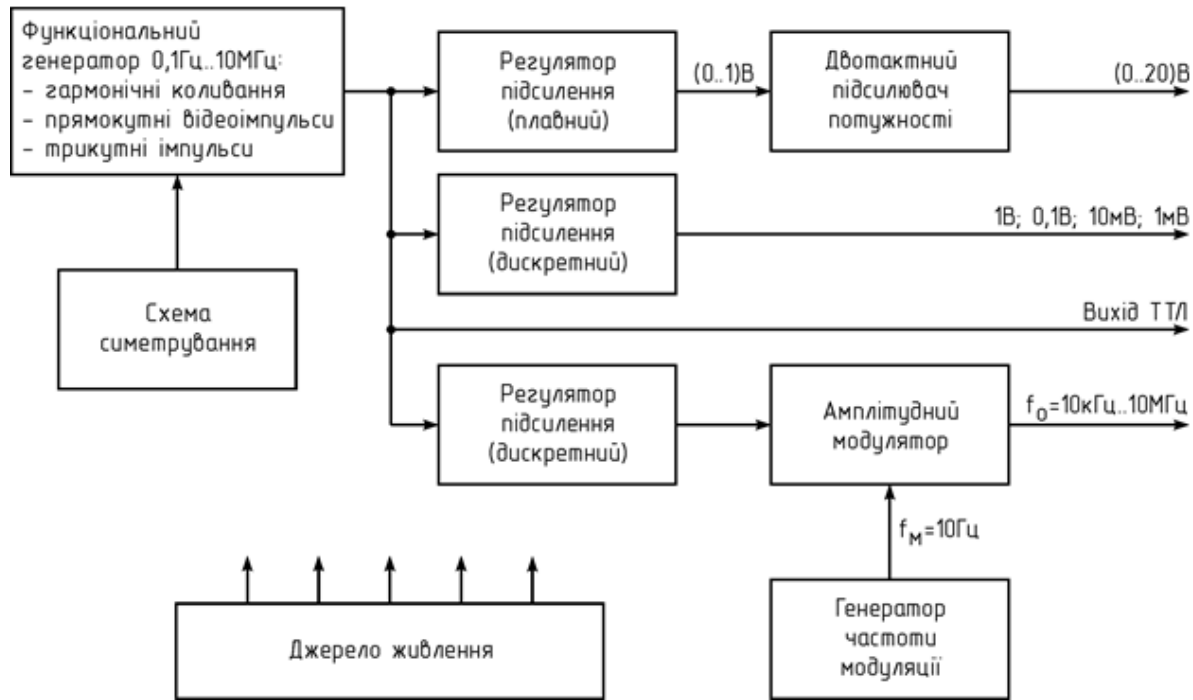


Рисунок 1 – Структурна схема асинхронного вимірювального генератора високої частоти

Провівши електричні розрахунки каскадів асинхронного вимірювального генератора високої частоти обчислено та вибрано номінали більшості елементів електричної принципової схеми пристрою (рисунок 2).

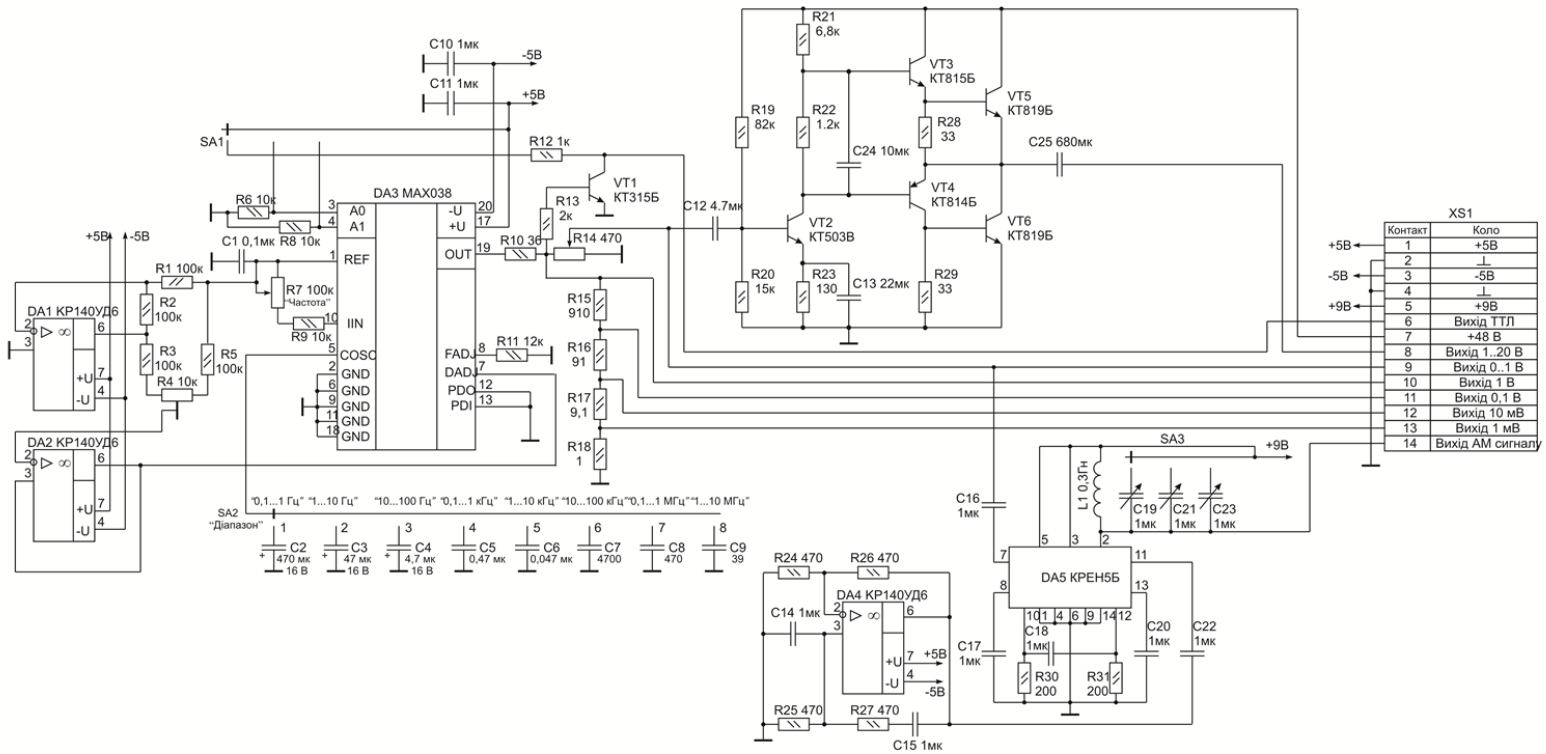


Рисунок 2 – Електрична принципова схема асинхронного вимірювального генератора високої частоти

МОДЕЛЮВАННЯ КАСКАДІВ ПРИСТРОЮ НА ЕОМ

Проведено моделювання на ЕОМ підсилувача потужності. Набрана у схемному редакторі Electronic Workbench схема підсилувача має вигляд, наведений на рисунку 3.

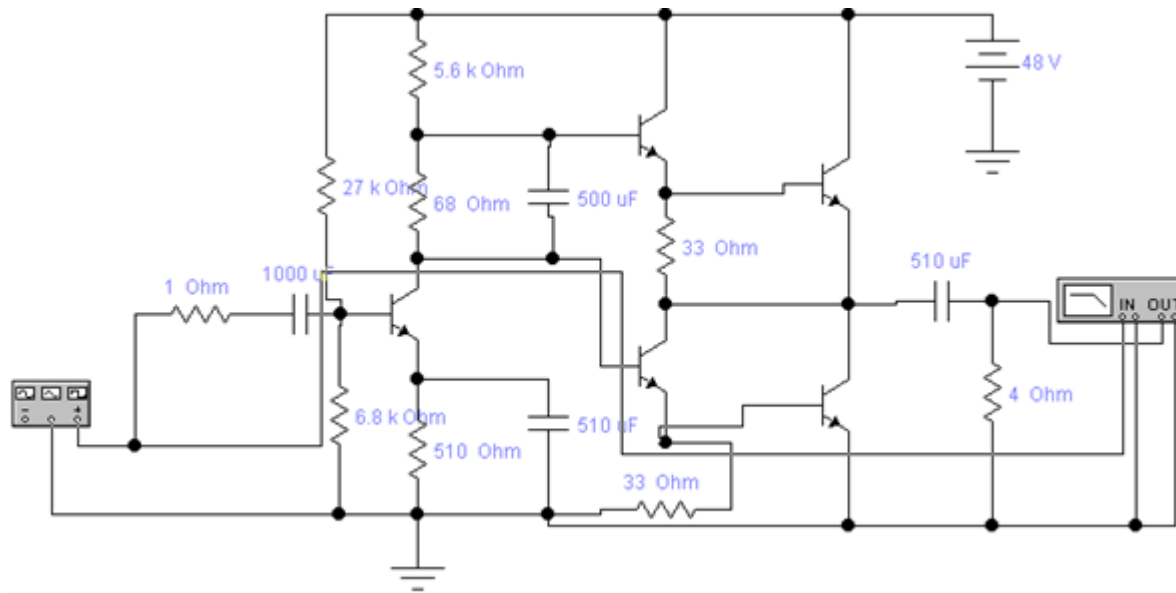


Рисунок 3 – Модель підсилувача потужності в схемному редакторі Electronic Workbench

Результати моделювання для різних значень номіналів опору навантаження схеми підсилювача наведені на рисунках 4-6.

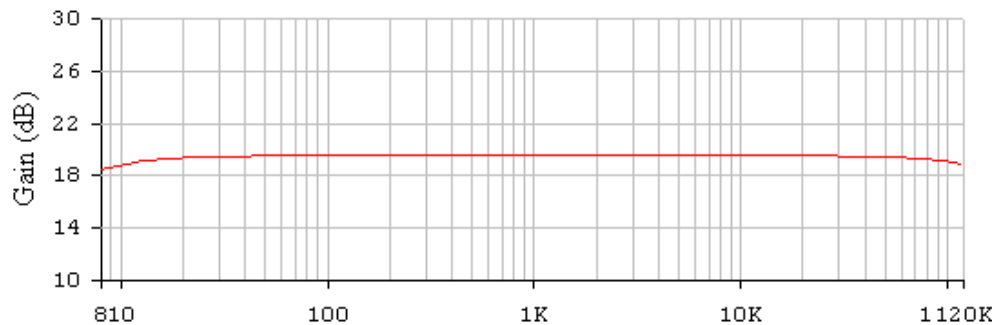


Рисунок 4 – АЧХ підсилювача при $R_H = 4 \text{ Ом}$

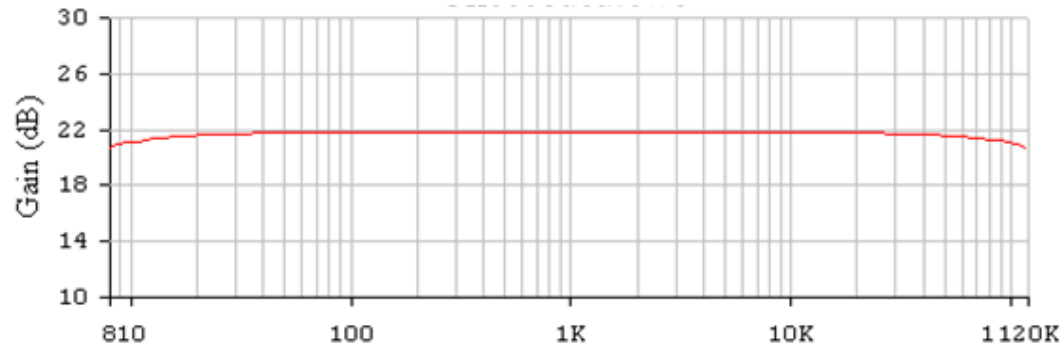


Рисунок 5 – АЧХ підсилювача при $R_H = 6 \text{ Ом}$

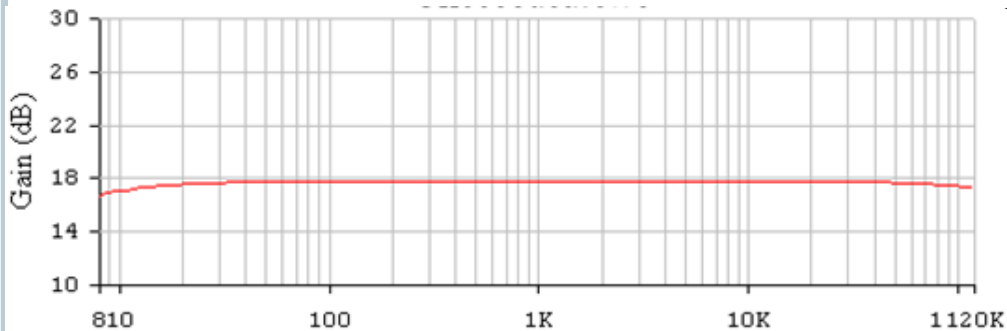


Рисунок 6 – АЧХ підсилювача при $R_H = 3 \text{ Ом}$



Далі з'ясуємо вплив ємності розділового конденсатора на параметри АЧХ підсилювача потужності (рисунок 7 та рисунок 8).

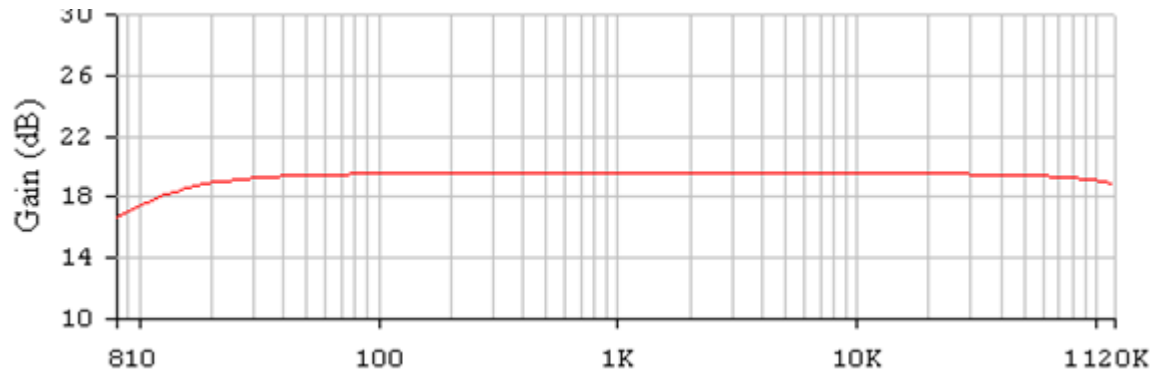


Рисунок 7 – АЧХ підсилювача при $R_n = 4$ Ом та меншому значенні C_p

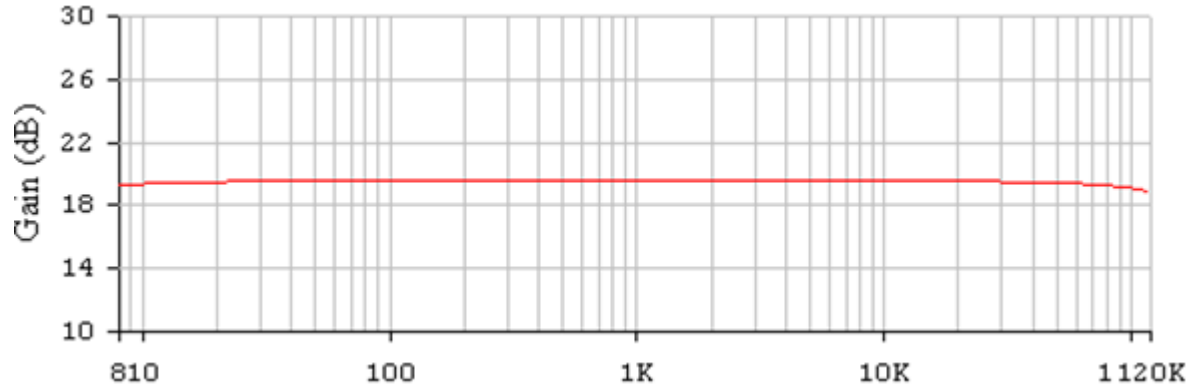


Рисунок 8 – АЧХ підсилювача при $R_n = 4$ Ом та більшому значенні C_p



За результатами проведеного моделювання можна зробити такі висновки:

– при зменшенні вхідного опору наступного каскаду зменшується коефіцієнт підсилення підсилювача та збільшуються частотні спотворення на верхній частоті робочого діапазону; це пов'язано з тим, що змінюється еквівалентний опір навантаження підсилювача тому, що вхідний опір наступного каскаду шунтує навантаження, при цьому за рахунок внесеної ємності наступного каскаду стала часу на верхній частоті збільшується;

– при зменшенні ємності розділового конденсатора форма АЧХ в діапазоні середніх та верхніх частот практично не змінюється, однак на нижній частоті робочого діапазону збільшується коефіцієнт частотних спотворень; це пов'язано з тим, що зменшується стала часу розділового кола, що в свою чергу призводить до спотворень сигналу в області великого часу (спад вершини імпульсу).



МЕТРОЛОГІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ВИМІРЮВАЛЬНОГО ГЕНЕРАТОРА

Характеристики генератора в основному пов'язані із основним вузлом – функціональним генератором на базі мікросхеми MAX038. Частота генерованого сигналу задається струмом на вході IIN. В розроблюваному генераторі це здійснюється за допомогою змінного резистора R7, включеного між Iin та вбудованим у мікросхему джерелом опорної напруги 2,5В UREF. Струм що протікає через нього буде визначатись законом Ома:

$$I_{IN} = \frac{U_{REF}}{R} \quad (1)$$

З документації на мікросхему MAX038 визначаємо що частота генерованого сигналу залежить від струму через вхід IIN наступним чином:

$$F_0 = \frac{I_{IN}}{C_F} \quad (2)$$

Отже, підставивши отримуємо рівняння перетворення для частоти генерованих сигналів:

$$F_0 = \frac{U_{REF}}{R \cdot C_F} \quad (3)$$

В розроблюваному генераторі частота генерованого сигналу регулюється двома способами – плавно за допомогою R7 та дискретно – переключенням між конденсаторами C2..C9.

Графічно залежність між вхідним струмом та частотою із врахуванням ємності підключеного конденсатора можна зобразити на графіку із логарифмічними шкалами. Графік зображений на рисунку 9.

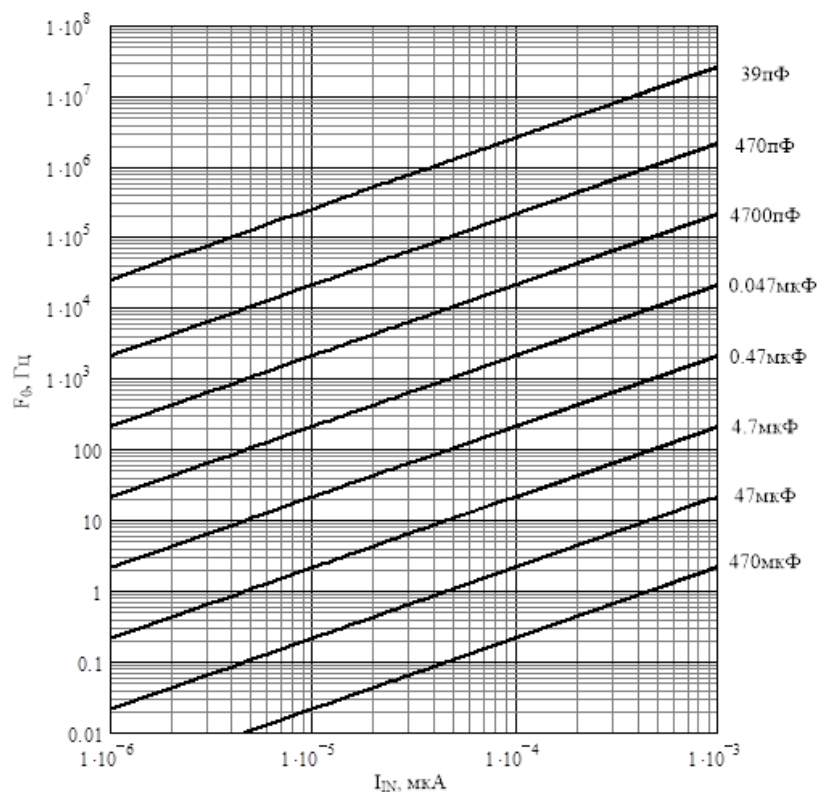


Рисунок 9 – Графік залежності вихідної частоти генератора від вхідного струму



Температурний коефіцієнт встановлення частоти згідно документації на мікросхему МАХ038 становить: $\Delta F/^\circ\text{C} = 600(\text{ppm}/^\circ\text{C})$.

Коефіцієнт впливу нестабільності напруги живлення на частоту: $(\Delta F_0/F_0)/V = 0.4(\% /\text{В})$.

Інші характеристики, дані в документації на мікросхему МАХ038 зведемо до таблиці 1.

Таблиця 1 – Характеристики вихідного сигналу генератора

Назва характеристики	Позначення	Значення	Одиниці вимірювання
Несиметричність сигналу	V_+/V_-	± 4	мВ
Вихідний опір	R_{OUT}	0.2	Ом
Довжина переднього фронту	t_{RISE}	12	нс
Довжина заднього фронту	t_{FALL}	12	нс
Шпаруватість	dc	50 ± 0.5	%
Нелінійність трикутного сигналу		0,5	%
Нелінійні спотворення гармонічного сигналу	THD	0,75	%
Температурний коефіцієнт опорної напруги	$V_{\text{REF}}/^\circ\text{C}$	20	ppm

Похибка встановлення значення амплітуди на виходах із нерегульованою напругою 1мВ, 10мВ, 0,1В і 1В визначається точністю виконання резисторів R15..R18, на яких побудований атенюатор. Для обраних резисторів похибка складає 0.5%.

ВИСНОВКИ

В результаті виконання магістерської кваліфікаційної роботи було розроблено асинхронний вимірювальний генератор високої частоти. Принцип роботи генератора базується на генеруванні сигналів різної форми в колах з позитивним зворотним зв'язком (ПЗЗ). При цьому за рахунок використання сучасної елементної бази вдалося значно розширити діапазон генерованих коливань.

У порівнянні з іншими серійними функціональними генераторами, які побудовані на аналоговій елементній базі, розроблений у магістерській кваліфікаційній роботі пристрій побудований на сучасній елементній базі вітчизняного та закордонного виробництва, що дає змогу добитися високої точності встановлення частоти та стабільності частоти в процесі роботи.

З врахуванням поставлених у технічному завданні вимог було обґрунтовано вибір та розробку структурної схеми, по якій і спроектовано електричну схему асинхронного вимірювального генератора високої частоти. Проведено ряд електричних розрахунків каскадів пристрою, результати яких підтвердили можливість реалізації необхідних функцій на основі вибраних схемних рішень. А моделювання каскаду кінцевого підсилення у схемному редакторі Electronics Workbench підтвердив правильність проведених електричних розрахунків.

Таким чином, розроблений асинхронний вимірювальний генератор високої частоти відповідає всім технічним, конструктивним, експлуатаційним та економічним вимогам і рекомендується для подальшого впровадження розробки у серійне виробництво.



ДЯКУЮ ЗА УВАГУ!

