

Винахід відноситься до радіотехнічних вимірювань, зокрема, до пристроїв на основі переходу Джозефсона (ПД) для визначення частоти електромагнітного випромінювання у міліметровому та субміліметровому діапазонах довжин хвиль.

Відомий вимірювач частоти, описаний у (Ларкин С.Ю., Анищенко С.Н., Чайковский В.И., Пилинский Н.В. Измерение частоты сигналов мм - диапазона длин волн с использованием нестационарного эффекта Джозефсона // Радиоэлектроника. - 1995. - №10]. Вимірювач містить хвилевід з перемикачем та атенуатором, через який електромагнітне випромінювання, що вимірюється, поступає на перехід Джозефсона, розташований у кріоблоці, джерело струму, що задає струм розгортки ПД, малощумний підсилювач, а також керуючу персональну електроннообчислювальну машину (ПЕОМ). В описаному вимірювачі ступінчатонаростаючий струм джерела струму змінює робочий режим ПД, і в деякій області вольт-амперної характеристики опроміненого ПД має місце "сходінка" Шапіро. Вимірюючи напругу "сходінки", визначають по відомим виразам частоту коливань електромагнітного випромінювання. Найкращим чином переваги вимірювання частоти на основі нестационарного ефекту Джозефсона виявляються при цифровій реєстрації та функціональній обробці збуреної досліджуваного сигналом вольт-амперної характеристики, деяким раціональним алгоритмом. При цьому точність визначення частоти цілком залежить від точності вимірювання постійної напруги на ПД, що при варіації постійної напруги для вказаного діапазону частот складає десятки мікрвольт-одиниці мілівольт, і з урахуванням впливу суми напруг джерел похибок точність вимірювання частоти буде невисокою.

Найбільш близьким по технічній сутності до заявляемого пристрою являється пристрій (Авт. св. СРСР №1688684, кл. G01R23/04, олubl. 1989), який містить лінію передачі, у якій розміщено ПД, джерело додаткового сигналу для задання режиму ПД, що включає цифро-аналоговий перетворювач (ЦАП) та дільник напруги, пристрій обробки сигналу, що знімається з ПД, який складеться з малощумного підсилювача (МШП), аналого-цифрового перетворювача (АЦП), мікропроцесора з запам'ятовувачим пристроєм та індикатора.

У цьому випадку в якості додаткового сигналу, що задає режим роботи ПД, використовується ступінчатонаростаючий сигнал, який дозволяє одержати однополярну напругу постійного струму у вигляді "сходінки" Шапіро. Числові значення напруги "сходінки" Шапіро малі і складають десятки мікрвольт-одиниці мілівольт. Вимірювання напруги постійного струму таких величини пов'язано з великими похибками, викликаними, в основному, наявністю джерел похибок вхідного ланцюга у вигляді контактних різниць потенціалів, термо-електрорушійних сил, різного роду флюктуацій, адитивних похибок підсилювача та ін., істотно підвищити точність вимірювання напруги "сходінки" Шапіро, а значить, і точність вимірювання частоти електромагнітного випромінювання, можна, зменшуючи вплив перелічених джерел похибок.

В основу винаходу, що пропонується, поставлена задача удосконалення пристрою для визначення частоти електромагнітного

випромінювання на основі переходу Джозефсона у міліметровому та субміліметровому діапазонах довжин хвиль, в якому шляхом введення нового елемента, певним чином пов'язано з відомими, забезпечується такий технічний результат - можливість отримання знакоперемінного режимозадаючого сигналу ПД, що дозволить істотно підвищити точність визначення частоти електромагнітного випромінювання у міліметровому та субміліметровому діапазонах довжин хвиль.

Наведений технічний результат досягається за рахунок того, що у відомому пристрої визначення частоти електромагнітного випромінювання у міліметровому та субміліметровому діапазонах довжин хвиль, що містить лінію передачі вимірюваного електромагнітного випромінювання на перехід Джозефсона, пристрій формування режимозадаючого сигналу переходу Джозефсона, що містить цифро-аналоговий перетворювач та дільник напруги, вихід якого з'єднаний з контактами переходу Джозефсона, пристрій обробки напруги сигналу, який знімається з переходу Джозефсона, що складається із послідовно з'єднаних малощумного підсилювача, аналого-цифрового перетворювача, мікропроцесора з запам'ятовувачим пристроєм та індикатора, при цьому цифро-аналоговий перетворювач, аналого-цифровий перетворювач, запам'ятовувачий пристрій та індикатор управляються командами мікропроцесора, згідно винаходу, в пристрій формування режимозадаючого сигналу переходу Джозефсона між виходом цифро-аналогового перетворювача та входом дільника напруги додатково введено пристрій інвертування за вибором режимозадаючого сигналу по командам мікропроцесора.

Нові ознаки, які має технічне рішення, що заявляється, забезпечують відповідність заявляемого винаходу критерію "новизна".

Істотні ознаки пристрою, що заявляється, забезпечують одержання заявляемого технічного результату. Дійсно, фізичною властивістю переходу Джозефсона є симетричність його вольт-амперної характеристики. Тому введення в склад пристрою формування режимозадаючого сигналу ПД пристрою інвертування за вибором дозволяє одержати на ПД, згідно з часовою функцією режимозадаючого сигналу, дві "сходінки" з рівними за величиною та протилежними за знаком напругами. Результати вимірювань кожної із цих напруг будуть містити окрім корисного сигналу з протилежними знаками також однакові суми напруг джерел похибок. Віднімання від одного результату вимірювання другого та ділення обчисленої різниці на два дає значення напруги на ПД без суми напруг джерел похибок, що істотно підвищить точність вимірювання частоти у міліметровому та субміліметровому діапазонах довжин хвиль.

На фіг.1 показана структурна схема пристрою, що заявляється; на фіг.2 - епюри напруг вхідного сигналу (U_c) перешкоди (U_n), діючої на вході, та їх аддитивної суми.

Пристрій для визначення частоти електромагнітного випромінювання містить лінію 1 передачі, вимірюваного електромагнітного випромінювання - хвилевода прямокутного перерізу, у якому встановлений надпровідний перехід 2 Джозефсона, малощумний підсилювач 3, аналого-цифровий перетворювач 4, мікропроцесор 5 з запам'ятовувачим пристроєм 6, індикаторний

пристрій 7, а також цифро-аналоговий перетворювач 8, з'єднаний через пристрій 9 інвертування за вибором режимозадаючої напруги та дільник 10 напруги з контактами переходу Джозефсона. В якості надпровідного переходу Джозефсона можна використовувати, наприклад, торцевий контакт на основі Nb- α Si-Nb, охолоджений за допомогою криогенної установки. Пристрій 9 інвертування за вибором може бути виконаний, наприклад, або за допомогою двох електромагнітних реле з контактами, що перемикаються, або чотирьох КМОП-ключів, а також за допомогою пристрою інвертування за вибором (Хоровиц П., Хилл У. Искусство схемотехники. - М.: Мир, 1986. - С.164).

Пристрій для визначення частоти електромагнітного випромінювання у мм та субміліметровому діапазонах довжин хвиль працює таким чином. Електромагнітне випромінювання, частоту коливаний f_x якого необхідно визначити, через лінію 1 передачі опромінює перехід 2 Джозефсона. Одночасно 3 цим по команді мікропроцесора 5 від цифро-аналогового перетворювача 8 через пристрій 9 інвертування за вибором та дільник 10 напруги на перехід 2 Джозефсона поступає ступінчато-наростаючий режимозадаючий сигнал. При цьому на переході 2 Джозефсона виникає ступінчато-наростаюча напруга, яка змінюється згідно з вольт-амперною характеристикою переходу 2 Джозефсона. За певних умов на вольт-амперній характеристиці виникає так звана "сходінка" Шапіро, яка проявляється в тому, що при зростанні до відповідного значення струму через перехід 2 Джозефсона не виникає збільшення на переході 2 Джозефсона. Сумарна напруга сигналу та перешкоди $(+U_c + U_n)$, що знімається з переходу 2 Джозефсона, підсилюється малошумним підсилювачем 3 та по команді мікропроцесора 5 в режимі існування "сходінки" Шапіро перетворюється у код аналого-цифровим перетворювачем 4, і фіксується у запам'ятовуючому пристрої 6. Після цього по команді мікропроцесора 5 пристрій 9 інвертування за вибором змінює полярність режимозадаючого сигналу на протилежну. В силу симетричності вольт-амперної характеристики переходу 2 Джозефсона на вольт-амперній характеристиці виникне "сходінка" Шапіро такого ж значення напруги, але протилежної полярності $(-U_c)$. Сумарна напруга сигналу та перешкоди $(-U_c + U_n)$ підсилюється малошумним підсилювачем 3 і по команді мікропроцесора 5 перетворюється у код аналого-цифровим перетворювачем 4 та запам'ятовується у запам'ятовуючому пристрої 6. Мікропроцесор 5 із коду, пропорційного $(+U_c + U_n)$, віднімає код, пропорційний $(-U_c + U_n)$, а різницю зменшує у два рази. В результаті одержується код U_k , пропорційний U_c . Мікропроцесор 5 обчислює частоту по відомій формулі.

$$f_x = \frac{U_k \cdot e}{\pi \cdot h},$$

де e , h - фундаментальні константи.

Таким чином, точність визначення частоти f_x значно підвищується (приблизно, на порядок) завдяки тому, що більш точно визначено значення U_k із-за віднімання напруги перешкоди U_n .

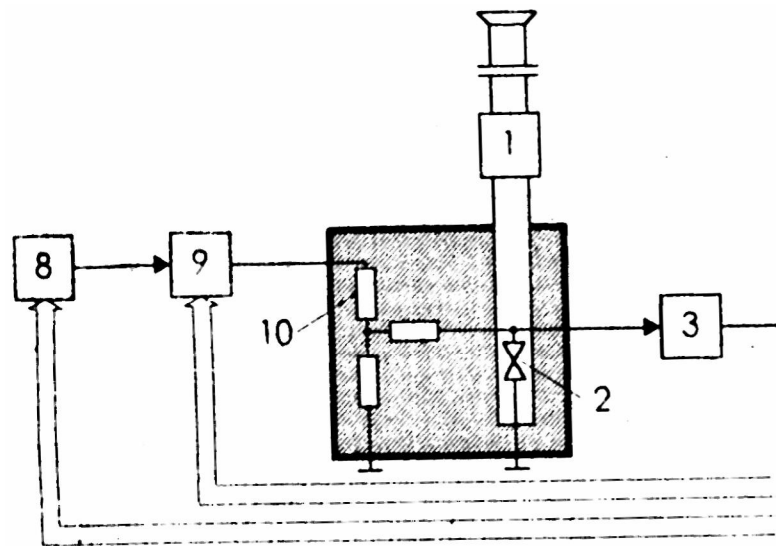


Fig. 1

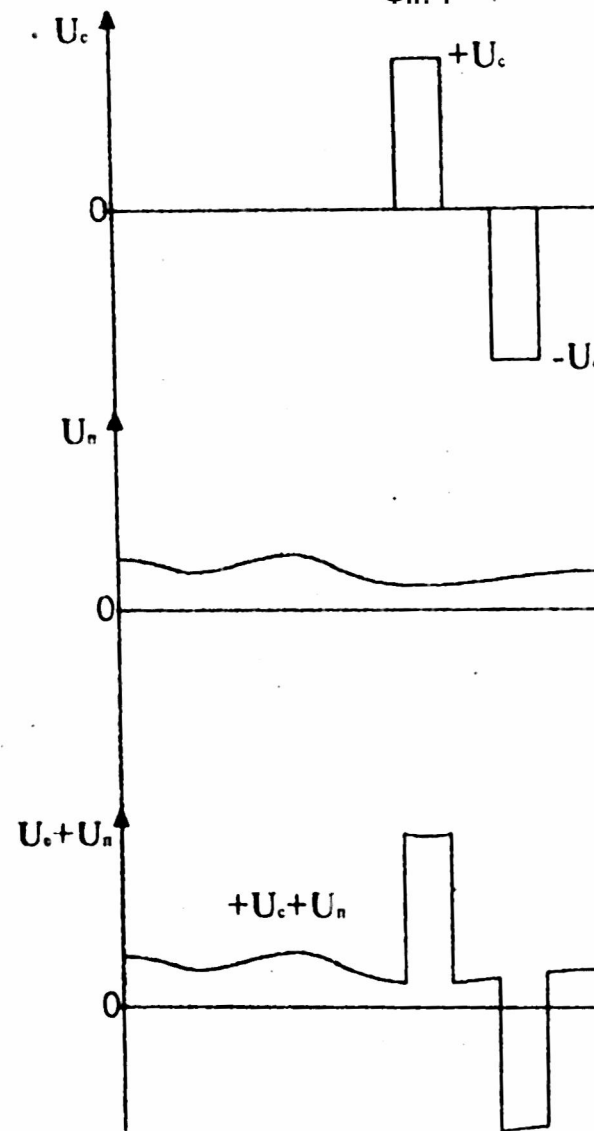


Fig. 2