

ВІДТВОРЕННЯ НАПРУГИ ЗМІННОГО СТРУМУ НА ЕФЕКТИ ДЖОЗЕФСОНА

Жирна Г.А.

Науковий керівник - д.т.н., проф. Павленко Ю.Ф.

Харківський національний університет радіоелектроніки
61166, Харків, пр. Науки, 14, каф. Метрології та технічної експертизи,
тел. (050) 619-92-83, e-mail: hanna.zhyrna@nure.ua

The reference base, which currently has 79 national standards, creates conditions for improving product quality and production efficiency, environmental control and protection of life and health of citizens, improving the country's defense capabilities, ensuring the requirements of technical regulations. Therefore, this article will consider methods for implementing AC voltage on the Josephson effect.

Створенні еталонів постійної напруги з використанням ефекту Джозефсона і багатоконтактних матриць стимулювали дослідження щодо можливості використання цього ефекту для відтворення напруги змінного струму. Формування напруги змінного струму з використанням ефекту Джозефсона може бути виконане:

1. Методом синтезу відліків або програмованої матриці (PJVS-метод);
2. Кодоімпульсним методом (JAWS-метод);
3. Методом з використанням частотної модуляції НВЧ-опромінення;

PJVS-метод полягає в отриманні серії дискретних відліків постійної напруги з виводів джозефсонівської матриці і у формуванні східчастого сигналу змінного струму. Для відтворення напруги змінного струму необхідна швидка і точна перекомутація опорних напруг Джозефсона. Перекомутація неможлива з переходами SIS (надпровідник-ізолятор-надпровідник). Таку можливість надають тільки лінійні матриці сильно загасаючих переходів – SINIS і SNS, однак при цьому збільшується необхідне число переходів.

Матриця з частотою опромінення 70 ГГц повинна мати близько 70 000 переходів для одержання напруги 10 В, що у 5 разів більше, ніж у стандартної матриці для одержання постійної напруги. Якщо з ряду причин потрібно використовувати більш низьку частоту опромінення (близько 20 ГГц), число переходів навіть збільшується пропорційно зменшенню частоти опромінення. Такі високотехнологічні матриці випускають тільки метрологічні інститути США і Німеччини.

Даний метод має як переваги, так і недоліки. Перевага - мала невизначеність рівня кожної сходинки, яка не перевищує $5 \cdot 10^{-9}$ на частотах до 1 кГц, недолік - у спектрі такого сигналу міститься велика кількість

гармонік, що не дозволяє використовувати даний метод у деяких задачах метрології.

JAWS-метод. Недолік попереднього методу можна виправити, якщо використовувати як опромінюючий сигнал не синусоїдальний, а послідовність імпульсів. Залежно від тривалості окремих імпульсів по переходу буде проходити певне число квантів потоку на імпульс. Шляхом регулювання частоти імпульсів на матриці генерується точно визначена напруга змінного струму. Для цього в найпростішому випадку можна використовувати промисловий високошвидкісний генератор імпульсів.

Метод з використанням програмованої джозефсонівської матриці (PJVS-метод) забезпечує високу вихідну напругу (до 10 В), однак її спектр містить чималу кількість гармонік (тобто має значні спотворення). Кодоімпульсний метод (JAWS-метод) забезпечує чистий спектр, але рівень вихідного сигналу не перевищує 1 В.

Метод з використанням частотної модуляції НВЧ-опромінення. Цей метод базується на прямій залежності напруги на виході джозефсонівської матриці від частоти опромінення. Метод запропоновано в ННЦ «Інститут метрології», на цей час він знаходиться в стадії дослідження.

Можлива **комбінація двох методів**, яка поєднує у собі позитивні якості першого та другого методу, тобто (PJVS+JAWS) метод, який дозволяє одержати рівень напруги до 10 В з високою спектральною чистотою. Поетапно синтезують сигнал методом PJVS і на нього накладають сигнал JAWS (метод суперпозиції). Експеримент показує, що при коректній реалізації і синхронізації сигнал JAWS здатний суттєво зменшити стрибки напруги, які виникають у сигналі PJVS.

Еталони змінної напруги на ефекті Джозефсона мають своє особливе значення для метрології, воно полягає в можливості відтворення напруги змінного струму з невизначеністю, на 1-2 порядки меншою, ніж існуючі еталони, які працюють на методі теплового компарування.

Список використаної літератури:

1. Вступ до квантової метрології. Підручник. Ю.Ф. Павленко, С.І. Кондрашов, П.І. Неєжмаков та ін.; за ред. Ю.Ф. Павленка. – Харків : ФОП Мезіна В.В., 2017.