

УДК 006.91

Курбацький В.П.¹, Погосов В.В.², Коротун А.В.¹

¹канд. фіз.-мат. наук, доц. НУ «Запорізька політехніка»

²д-р фіз.-мат. наук, проф. НУ «Запорізька політехніка»

ОЦІНКА ГРАНИЧНОЇ ЧУТЛИВОСТІ СКВІДА

Гранична чутливість приладів з джозефсонівськими контактами визначається шумами. Для СКВІДів дуже важливо усунути зовнішні шуми, які можуть генеруватися електричними машинами, а також флуктуаціями магнітного поля Землі. Це звичайно досягається ретельним екрануванням кріостату, що вміщує СКВІД, а також як можливо більш жорстким монтажем самого приладу, оскільки найменші рухи навіть в слабкому магнітному полі можуть спричинити відносно великі сигнали. Радіозавади, які наводяться на електричні вводи у кріостат, також можуть стати проблемою і повинні бути усунуті належною фільтрацією. Оскільки шуми, які генеруються зовні, можуть бути усунені або подавлені, залишаються власні шуми джозефсонівського пристрою, а також шуми, що генеруються в пов'язаній з ним електронній схемі.

СКВІД уявляє собою надпровідне кільце, в яке включено один (ВЧ-СКВІД) або два (ПС-СКВІД) джозефсонівські контакти. Для складення моделі СКВІДа слід врахувати наступне. Індуктивність контакту завжди

набагато менша за індуктивність кільця L . Реальний джозефсонівський контакт має ємність, яка призводить до гістерезису вольт-амперної характеристики. Це небажане явище у таких пристроях, як СКВІД, і від нього позбавляються шляхом шунтування контакту підхідним резистором R [1]. Дробовим шумом струму, який протікає через контакт, можна знехтувати за умови, що тунельний струм малий у порівнянні із струмом, який тече через шунт. Тоді єдиним значним джерелом струму стають теплові флуктуації у шунті.

Еквівалентна схема для розрахунку шумів у СКВІДі наведена на рис. 1. *Гранична чутливість* СКВІДа визначається величиною магнітного потоку $\delta\Phi_{\min}$ через кільце, що викликає на виході вимірювальної схеми сигнал, рівний середньоквадратичній величині (середній амплітуді) шуму.

Середній квадрат флуктуацій квазічастинкового струму в кільці СКВІДа дорівнює

$$\overline{\delta I_n^2} = 4kT \operatorname{Re} \left(\frac{1}{Z(\omega)} \right) \delta\nu = \frac{4kTR}{R^2 + \omega^2 L^2} \delta\nu, \quad (1)$$

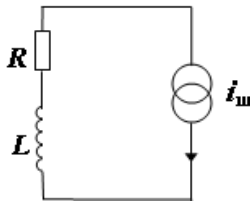


Рисунок 1 – Еквівалентна схема одноконтантного СКВІДа

де $Z(\omega)$ – імпеданс СКВІДа, $\delta\nu = \delta\omega / 2\pi$ – смуга частот приладу, а середній квадрат флуктуацій потоку

$$\overline{\delta\Phi_n^2} = L^2 \overline{\delta I_n^2} = \frac{4kTRL^2}{R^2 + \omega^2 L^2} \delta\nu. \quad (2)$$

Найбільша чутливість СКВІДа має місце при низьких частотах $\omega \ll L/R$

$$\delta\Phi_{\min} = \sqrt{\overline{\delta\Phi_n^2}} = L\sqrt{4kT\delta\nu/R}. \quad (3)$$

Цей вираз уявляє собою так звану класичну межу для мінімального магнітного потоку, який може бути виявлений. При типових значеннях $T = 4 \text{ К}$, $R = 5 \text{ Ом}$, $L = 10^{-10} \text{ Гн}$ маємо:

$$\delta\Phi_{\min} / \delta V^{1/2} = 6.7 \cdot 10^{-22} \text{ Вб/Гц}^{-1/2} = 3 \cdot 10^{-7} \Phi_0 / \Gamma_{\text{Ц}}^{-1/2}. \quad (4)$$

Отримана величина на кілька порядків менша за досягнуту у реальних пристроях, оскільки існує низка інших механізмів, які дають внесок у власний шум пристрою.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. **Лихарев, К.К.** Системы с джозефсоновскими контактами [Текст] / К.К. Лихарев, Б.Т. Ульрих. – М.: Изд-во МГУ, 1980. – 256 с.