**Индуктивно шунтированные кубиты-трансмоны с высоким ангармонизмом**

***Кирковский А.С.1,а, Калачева Д.А.1,2,3, Зотова Ю.И.1,2,3, Федоров Г.П.1,3,4, Дмитриев A.Ю.1,4, Астафьев О.В.1,2***

*астудент*

*1Московский физико-технический институт (национальный исследовательский университет), Долгопрудный, Россия*

*2Сколковский институт науки и технологий, Москва, Россия*

*3Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС», Москва, Россия*

*4Российский квантовый центр, Москва, Россия*

*kirkovskii.as@phystech.edu*

Одной из наиболее перспективных технологий для создания квантовых устройств являются микросхемы на основе сверхпроводников [3]. В большинстве реализаций таких цепей используются искусственные атомы типа трансмон – зарядовые кубиты, шунтированные большой емкостью. Такие кубиты обладают большим временем когерентности, однако имеют малый ангармонизм [2].

Для решения данной проблемы предлагается модифицировать кубит-трансмон, добавив в схему большую шунтирующую индуктивность. В качестве активного элемента используется нанопроволока из ультратонкого алюминия [1]. Таким образом, в рамках данной работы исследуется гибридная система, обладающая свойствами трансмона и потокового кубита одновременно. Гамильтониан такого кубита имеет вид:

$$H=-E\_{C}\frac{∂^{2}}{∂φ^{2}}-E\_{J1}\cos(\left(φ+kφ\_{ext}\right))-E\_{J2}\cos(\left(φ-\left(1-k\right)φ\_{ext}\right))+\frac{1}{2}E\_{L}φ^{2},$$

где $φ$ – поток, $E\_{C}, E\_{L}, E\_{J}$ – емкостная, индуктивная и джозефсоновская энергии соответственно, $φ\_{ext}$ – внешний поток, $k$ – константа, определяемая соотношением площадей.

В работе рассматривается поведение спектра такого кубита в зависимости от параметров энергий и величины $k$, которые задаются при проектировании дизайна образца, и внешнего потока, который можно менять непосредственно в эксперименте. Для симметричного кубита ($k=1/2$) наблюдаются режимы, соответствующие потоковому кубиту и ангармоническому осциллятору. В случае сильно несимметричного кубита ($k\rightarrow 1$) наблюдается режим, аналогичный кубиту-трансмону.

В рамках данного исследования производится поиск оптимальных параметров, при которых достигаются наибольшие значения емкостной энергии и ангармонизма. Актуальной для нас задачей является анализ применимости таких кубитов в многокубитных микросхемах.

В результате выполнения работы было показано, что для гибридного кубита в режиме трансмона возможно увеличить ангармонизм в два раза по сравнению с кубитами-трансмонами, произведенными по той же технологии. Предполагается, что с использованием гибридной схемы можно уменьшить характерный размер кубитов по сравнению с трансмонами, при этом сохраняя высокую устойчивость к зарядовому шуму и большие времена когерентности.

**Литература**

1. Kalacheva D., Fedorov G., Khrapach I., Astafiev O. Coplanar superconducting resonators with nonlinear kinetic inductance bridge // Superconductor Science and Technology 2023.
2. Houck A.A., Koch J., Devoret M.H., Girvin S.M., Schoelkopf R.J. Life after charge noise: recent results with transmon qubits // Quantum Information Processing 2009 V. 8(2–3). P. 105–115.
3. Preskill J. Quantum Computing in the NISQ era and beyond // Quantum 2018 V. 2. P. 79.