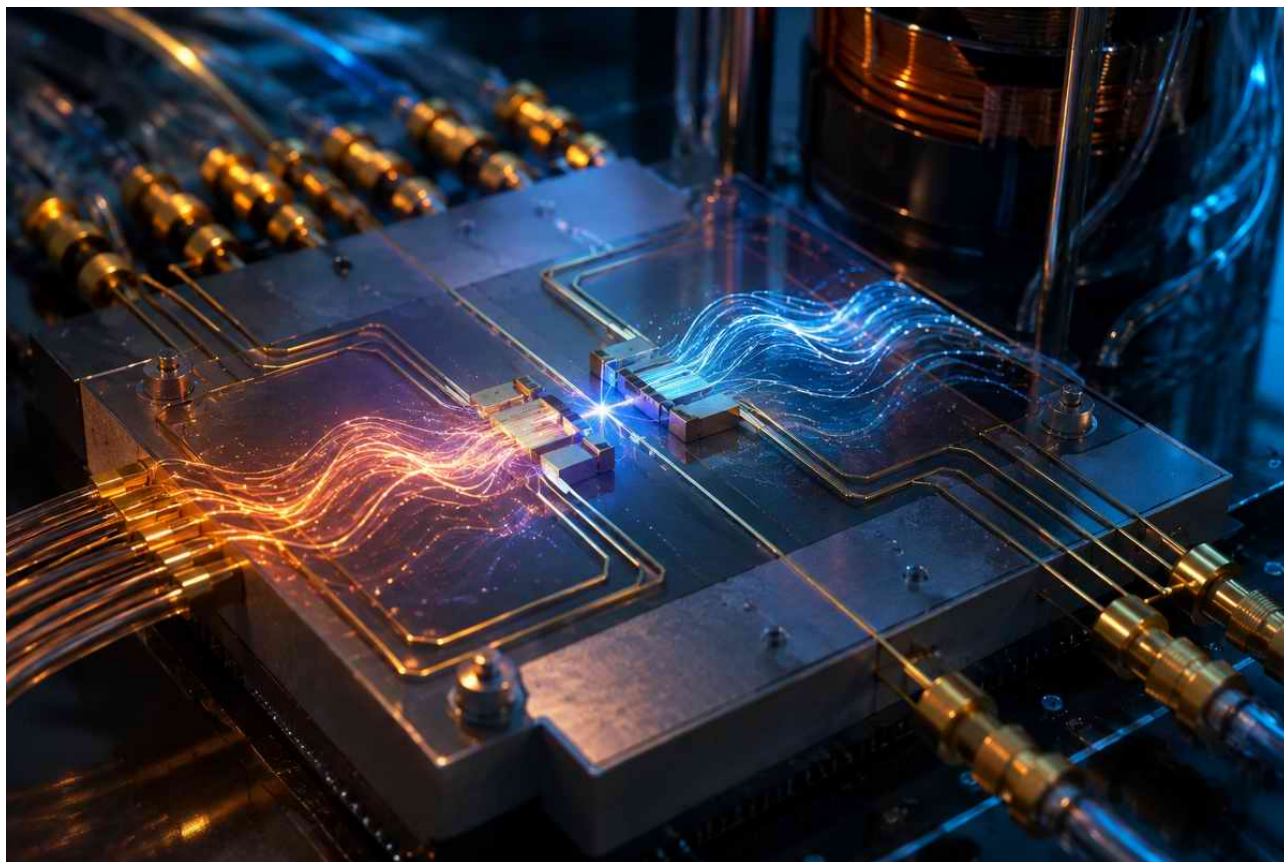


Ученые MIT нашли скрытую причину ошибок в квантовых компьютерах



Дата публикации: 13.05.2026

Квантовые компьютеры считаются одной из самых перспективных технологий XXI века. В отличие от традиционных вычислительных систем, работающих с обычными битами, квантовые устройства используют кубиты — квантовые элементы, способные одновременно находиться в нескольких состояниях. Благодаря этому квантовые компьютеры потенциально смогут решать задачи, недоступные даже самым мощным суперкомпьютерам современности.

Среди наиболее ожидаемых применений квантовых вычислений ученые называют моделирование сложных молекул, разработку новых лекарств, создание сверхэффективных материалов, оптимизацию энергетических систем и моделирование химических реакций на фундаментальном уровне. Однако на пути к созданию действительно мощных квантовых машин остается множество инженерных проблем, и одна из главных — чрезвычайная чувствительность квантовых схем к малейшим ошибкам.

Теперь исследователи из Массачусетского технологического института и Линкольнской лаборатории сделали важный шаг к решению этой проблемы. Ученые разработали метод, позволяющий обнаруживать и точно измерять скрытые искажения в сверхпроводящих квантовых схемах, которые ранее было крайне сложно анализировать. Работа опубликована в журнале *Nature Physics* и может сыграть важную роль в создании более стабильных квантовых компьютеров следующего поколения.

Современные сверхпроводящие квантовые компьютеры строятся на основе специальных элементов — джозефсоновских переходов. Они состоят из двух сверхпроводящих материалов, разделенных тончайшим барьером толщиной всего несколько нанометров. Именно эти структуры позволяют управлять квантовыми состояниями и выполнять вычисления.

В обычных электрических цепях ток переносится отдельными электронами. Однако в сверхпроводящих материалах электроны объединяются в пары, известные как куперовские пары. Эти пары способны проходить через барьер джозефсоновского перехода благодаря квантовому туннелированию — эффекту, при котором частицы преодолевают препятствие без необходимости классического прохождения через него.

Именно контролируемое туннелирование куперовских пар лежит в основе работы многих сверхпроводящих квантовых схем. В идеальных условиях пары проходят через переход по одной, позволяя системе точно управлять квантовой информацией. Однако ученые давно подозревали существование менее заметного эффекта, нарушающего стабильность вычислений.

Проблема возникает в тех случаях, когда через переход одновременно проходят сразу две куперовские пары. Этот процесс называют гармонической поправкой второго порядка. Хотя эффект чрезвычайно мал, в квантовых вычислениях даже минимальные отклонения способны вызывать накопление ошибок и снижать точность работы всей системы.

Особую сложность представляет то, что подобные искажения практически невозможно обнаружить напрямую в обычной схеме. По мере увеличения количества кубитов и усложнения архитектуры квантового компьютера влияние таких ошибок начинает усиливаться. Именно поэтому исследователи стремятся заранее выявить источники нестабильности до того, как квантовые машины достигнут промышленного масштаба.

Команда MIT создала специальную экспериментальную схему, способную избирательно подавлять прохождение одиночных куперовских пар и одновременно усиливать проявление эффекта двойного туннелирования.

Благодаря этому ученые получили возможность наблюдать гармонические поправки второго порядка напрямую и измерять их с высокой точностью.

Исследование позволило не только зарегистрировать эффект, но и выяснить его истинное происхождение. Ранее предполагалось, что искажения возникают из-за внутренней динамики самого джозефсоновского перехода. Однако новые эксперименты показали, что главным источником проблемы в исследуемых устройствах оказались соединительные провода схемы.

Физики обнаружили, что дополнительная индуктивность проводников способна вызывать нежелательные квантовые эффекты, нарушающие работу системы. Индуктивность — это свойство электрической цепи сопротивляться изменению тока. В классической электронике подобные явления хорошо изучены, однако в квантовых устройствах даже незначительные колебания могут существенно влиять на состояние кубитов.

Это открытие оказалось особенно важным для практического проектирования квантовых процессоров. Теперь инженеры смогут заранее прогнозировать силу подобных искажений и создавать схемы с учетом их компенсации. В будущем это позволит повысить стабильность квантовых вычислений и снизить вероятность ошибок при выполнении сложных операций.

Исследователи подчеркивают, что точное понимание поведения сверхпроводящих схем становится критически важным по мере масштабирования квантовых компьютеров. Если современные экспериментальные устройства содержат десятки или сотни кубитов, то полноценные квантовые вычислительные системы будущего будут включать тысячи или даже миллионы взаимосвязанных элементов.

В таких условиях даже слабые гармонические эффекты могут приводить к серьезным сбоям. Поэтому обнаружение и контроль скрытых источников ошибок рассматриваются как один из ключевых этапов развития всей отрасли квантовых технологий.

Новая методика также открывает возможности для изучения других трудноуловимых эффектов в сверхпроводящих схемах. Ученые планируют продолжить эксперименты и выяснить, существуют ли дополнительные механизмы возникновения гармонических искажений, связанные с особенностями производства материалов или архитектуры устройств.

Развитие квантовых компьютеров сегодня напоминает раннюю эпоху классической электроники, когда инженеры постепенно учились устранять шумы, помехи и нестабильность первых транзисторов. Подобно тому, как совершенствование микросхем привело к созданию современных компьютеров,

точный контроль квантовых эффектов может стать основой будущей вычислительной революции.

Хотя полноценные квантовые компьютеры общего назначения пока остаются задачей будущего, подобные исследования приближают момент, когда квантовые системы смогут использоваться в медицине, материаловедении, криптографии, энергетике и искусственном интеллекте. Каждое новое понимание скрытых процессов внутри квантовых схем делает эту технологию более надежной и практичной.

Ссылка: «Гармоники высшего порядка в туннельных переходах Джозефсона, обусловленные последовательной индуктивностью» DOI: [10.1038/s41567-026-03285-5](https://doi.org/10.1038/s41567-026-03285-5).