

УДК 530.145

## Нелинейная динамика квантового компьютера

А. М. Савченко

МГУ им. Ломоносова, Москва, Россия

М. А. Савченко

Инженерная академия, Москва, Россия

Д. В. Креопалов

МГТУ им. Баумана, Москва, Россия

**Рассмотрены каналы связи в области критической температуры сигнала, когда его амплитуда на выходе близка к нулю, и определена пропускная способность канала с использованием квантовой теории поля.**

Исследования [1] показывают, что вычисления на квантовых компьютерах могут проходить значительно быстрее, чем на машине Тьюринга, при этом найдены новые возможности передачи информации на квантовых каналах связи [2].

В области высоких температур возникают нелинейные искажения сигнала вследствие флуктуаций его параметров (амплитуды, частоты). При увеличении температуры шумов (за счет внешних помех) может оказаться, что температуры сигнала и шума совпадают. В этом случае система становится разупорядоченной, и амплитуда сигнала на выходе образца обращается в нуль (происходит фазовый переход). Нелинейный канал связи может быть охарактеризован параметром порядка, в частности, это может быть амплитуда сигнала на выходе.

В данной работе исследуются такие каналы связи в области критической температуры сигнала, при которой параметр порядка  $s$  близок к нулю, и определяется пропускная способность канала на основе квантовой теории поля.

Флуктуации ближнего порядка в окрестности точки фазового перехода становятся аномально большими, а их радиус корреляции  $\xi \approx \tau^{-\nu}$  ( $\nu > 0$ ), где  $\tau = 1 - \frac{T_c}{T}$ , т. е. при  $\tau \rightarrow 0$   $\xi \rightarrow \infty$ .

При этом медленно меняющиеся функции температуры системы оказываются функцией переменной  $x$

$$X = \frac{2}{\varepsilon(\Lambda^2)^{\varepsilon/2}} - \left[ \left( \frac{\lambda^2}{\max \lambda^2(r)_1 s^2} \right)^{\varepsilon/2} - 1 \right],$$

где  $\varepsilon = 4 - d$ ,  $d$  — размерность пространства;  
 $\lambda$  — масштабный параметр;  
 $\lambda$  — параметр обрезания (максимальный импульс флуктуационного фотона), удовлетворяющий нелинейному дифференциальному уравнению Ли.

$$-\Gamma = \Psi(\Gamma),$$

где  $\Psi(\Gamma)$  — функция Гелл-Манна-Лоу [3].

Уравнение для  $\Gamma_i(x)$  имеет набор стационарных точек, среди которых могут оказаться неустойчивые, т. е. могут возникнуть решения типа

$$\Gamma_i(x) = \alpha_i - \beta_i x^\delta (\delta > 0).$$

При конечных  $x$  величины  $\Gamma_i(x)$  теряют положительную определенность, и в системе может произойти скачкообразный фазовый переход. В этом случае амплитуда сигнала оказывается выше, и при дальнейшем понижении температуры сигнала канал обладает хорошей пропускной способностью.

Рассматривается нелинейный канал связи, в котором на выходе существуют две независимые поляризации, образующие стоячую волну.

Свободная энергия с учетом флуктуаций электрических  $e_\alpha$  и магнитных полей  $h_\beta$  системы определяется выражением

$$F \rightarrow lu \int D e_\alpha^\pm(\vec{q}) D h_\beta^\pm(\vec{q}) e^{-H(\vec{q})}.$$

Функции Грина невзаимодействующих полей будут:

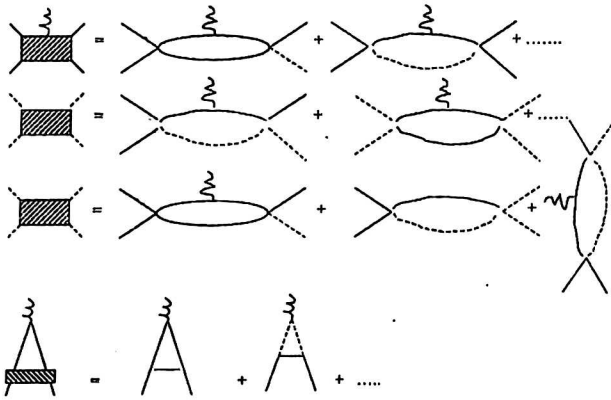
$$G_{\alpha\beta E}^{\pm\pm}(\vec{q}) = \langle e_\alpha^\pm(\vec{q}) e_\beta^\pm(-q) \rangle = \frac{\delta_{\alpha\beta}}{\tau + q^2}, \quad \alpha\beta \rightarrow x, y;$$

$$G_{\alpha\beta H}^{\pm\pm}(\vec{q}) = \langle h_\alpha^\pm(\vec{q}) h_\beta^\pm(-q) \rangle = \frac{\delta_{\alpha\beta}}{\tau + q^2}, \quad \alpha\beta \rightarrow x, y.$$

Диаграммы, соответствующие величинам  $\Gamma_i$  и  $\tau$ , приведены на рисунке. Точки на диаграмме соответствуют затравочным взаимодействиям  $\Gamma_0$  и  $e_0$ , сплошные и пунктирные внутренние линии — функциям  $G_{\alpha\beta E}^{\pm\pm}(\vec{q})$ ,  $G_{\alpha\beta H}^{\pm\pm}(\vec{q})$ ,  $\alpha\beta \rightarrow x, y$ , суммирование проводится по всем внутренним

импульсам  $\vec{q}_k$ . При этом используется техника ренорм-группы в квантовой теории поля [4] для полученных уравнений для инвариантных зарядов (амплитуд)  $\Gamma_i$  и температуры  $\tau$  при размерности пространства  $d = 4 - \epsilon$ .

Считаем, что логические элементы управляемого сигнала НЕ основаны на взаимодействии между двумя кубитами (ядерными спинами).



Диаграммы для величин  $\Gamma_i$  и  $\tau$

В результате взаимодействия спинов резонансная частота переходов между состояниями  $|0\rangle$  и  $|1\rangle$  какой-либо точки  $\varpi_1$  зависит от состояния соседней точки  $\varpi_2$ . Переход  $\varpi_1 \pm \varpi_2$  осуществится тогда, когда вторая точка будет находиться в состоянии  $|0\rangle$  или  $|1\rangle$  и аналогично для  $\varpi_1 \pm \varpi_2$ .

где 
$$\varpi_s = \sqrt{\frac{J_0 S}{X} \left[ \left( \frac{K}{K_c} \right)^2 - 1 \right]}$$

Это означает, что  $\pi$ -импульс  $\varpi_2 \pm \varpi_3$  приводит к переходу  $|0\rangle \leftrightarrow |1\rangle$ , когда первая точка находится в состоянии  $|1\rangle$ . При этом время декогерентности в полупроводнике GaAs в ИК-диапазоне оказывается порядка  $\approx (10^{-6} \div 10^{-9})$  с длительностью  $\pi$ -импульса  $10^9$  с.

Отметим, что пропускная способность канала информации

$$C \approx (e^{=2} + e^{-2} + h^{+2} + h^{-2})^{\frac{1-\alpha}{\beta}},$$

где  $\alpha = \frac{4-n}{2(n+8)} \xi$ ,  $\beta = \frac{1}{2} - \frac{3}{2(n+8)}$  — соответственно, выражаются через критические индексы теплоемкости системы и параметра порядка.

**Л и т е р а т у р а**

1. Deatsch D., Jorsa R. Proc. R. Soc. — London A439, 1992. P. 533.
2. Bennett H., Wilsuer S. J. // Phys. Rev. Zett., 1992. № 69. P. 2881.
3. Gell-Mann M., Low F. S. // Ibid. 1954. № 95. P. 1300.
4. Савченко А. М., Вихорев А. А. // ТМФ. 1999. Т. 120. № 1. С. 144—167.

**Nonlinear dynamics of quantum computer**

*A. M. Savchenko*

Moscow State University, Moscow, Russia

*M. A. Savchenko*

Engineerings Academy, Moscow, Russia

*D. V. Kreopalov*

Moscow State Technical University, Moscow, Russia

*The communication channels in the area of critical temperature are considered. The methods of quantum field theory are used.*

\* \* \*