

УДК 004.056.53 (045)

Чунарева А.В. Реализация среды аудита и мониторинга современных информационно-коммуникационных систем и сетей

Аннотация. В данной статье сформирована система требований и основных правил, относительно процессов мониторинга и управления доступом к информационной сети. Выделены преимущества и недостатки применения комплекса средств защиты на базе методов аудита и контроля. Сформированные правила и рекомендации позволили выделить этапы реализации системы аудита и мониторинга.

Ключевые слова: защита информации, мониторинг, системный журнал, информационно-коммуникационная система и сеть, система защиты.

Chunariova A.V. Implementation of audit & monitoring environment of modern information and communication systems and networks

Abstract. In this article the system requirements and the basic rules on processes to monitor and control access to network information. Highlighted the advantages and disadvantages of the use of remedies against on the basis of auditing and control. Formed rules and recommendations possible to identify the stages of implementation of audit and monitoring.

Keywords: information security, monitoring, system log, information and communication system and network protection.

Отримано 13 травня 2013 року, затверджено редколегією 5 червня 2013 року

СКОРОСТЬ ПЕРЕДАЧИ ИНФОРМАЦИИ В КВАНТОВОМ КАНАЛЕ С ДЕПОЛЯРИЗАЦИЕЙ ПРИ КОДИРОВАНИИ СИМВОЛОВ ОРТОГОНАЛЬНЫМИ КВАНТОВЫМИ СОСТОЯНИЯМИ

Евгений Василиу¹, Иван Гулаков², Андрей Зеневич²,
Александр Тимофеев², Сергей Николаенко¹

¹ Одесская национальная академия связи им. А.С. Попова, Украина

² Учреждение образования «Высший государственный колледж связи», Беларусь



ВАСИЛИУ Евгений Викторович, д. т. н., доцент

Год и место рождения: 1966, Ялта, Крым, Украина.

Образование: Одесский государственный университет имени И. И. Мечникова, 1990.

Должность: директор Учебно-научного института «Радио, телевидения, электроники» с 2013 года.

Научные интересы: квантовая криптография, квантовые протоколы распределения ключей, квантовые протоколы прямой безопасной связи, помехоустойчивое кодирование для протоколов квантовой криптографии, квантовая стеганография.

Публикации: более 100 научных публикаций, среди которых 3 монографии, научные статьи, материалы конференций, патенты.

E-mail: vasiliu@ua.fm



ГУЛАКОВ Иван Романович, д. ф.-м. н., профессор

Год и место рождения: 1946, д. Костеничи, Мглинский р-н, Брянской обл., Российская Федерация.

Образование: Учреждение образования «Высший государственный колледж связи».

Должность: профессор кафедры математики и физики с 2006 года.

Научные интересы: фотоэлектронные процессы в фотоприемниках при однофотонной регистрации, методы и техника регистрации сверхслабых оптических потоков.

Публикации: больше 150 научных публикаций, среди которых монографии, учебные пособия, научные статьи, патенты на изобретения.

E-mail: gulakov@bsu.by



ЗЕНЕВИЧ Андрей Олегович, к. ф.-м. н., доцент

Год и место рождения: 1969, г. Минск, Республика Беларусь.

Образование: Учреждение образования «Высший государственный колледж связи».

Должность: ректор с 2009 года.

Научные интересы: фотоэлектронные процессы в фотоприемниках при одноквантовой регистрации, методы и техника регистрации сверхслабых оптических потоков.

Публикации: больше 70 научных публикаций, среди которых монография, учебные пособия, научные статьи, патенты на изобретения.

E-mail: zao@vks.belpak.by



ТИМОФЕЕВ Александр Михайлович, кандидат технических наук

Год и место рождения: 1986, пос. Осиновка, г. Брест, Иркутская обл., Российская Федерация.

Образование: Учреждение образования «Высший государственный колледж связи».

Должность: преподаватель с 2009 года.

Научные интересы: фотоэлектронные процессы в фотоприемниках при одноквантовой регистрации, методы и техника регистрации сверхслабых оптических потоков.

Публикации: больше 20 научных публикаций, среди которых научные статьи, патенты на изобретения.

E-mail: TAMvks@mail.ru



НИКОЛАЕНКО Сергей Валентинович

Год и место рождения: 1983, Одесса, Украина

Образование: Одесская национальная академия связи им А.С. Попов, 2005

Должность: преподаватель кафедры информационных технологий с 2005 года.

Научные интересы: квантовая криптография, квантовые протоколы прямой безопасной связи, web-программирование, функциональное программирование.

Публикации: более 30 научных публикаций, среди которых монография, научные статьи, материалы конференций, патенты.

E-mail: serezhanik@gmail.com

Аннотация. Построена математическая модель квантового канала связи с деполаризацией фотонов при кодировании двоичных символов ортогональными квантовыми состояниями. Получены формулы для расчета пропускной способности световода, а также канала связи, состоящего из световода и счетчика фотонов. На основании проведенного математического моделирования установлены зависимости пропускной способности от вероятности деполаризации и от длины световода для квантового канала с деполаризацией. В результате экспериментальных исследований определены зависимости пропускной способности квантового канала связи от напряжения питания лавинного фотоприемника счетчика фотонов.

Ключевые слова: квантовый канал связи, пропускная способность, деполаризация, счетчик фотонов.

Введение. С развитием квантовой информатики возникает потребность в системах передачи информации отдельными фотонами. Эти системы находят широкое применение в одной из областей квантовой информатики, такой, как квантовая криптография, для передачи секретного ключа. В последнее время появляются публикации о передаче не только секретного ключа, но и конфиденциальных данных при помощи отдельных фотонов или их небольших групп [1,2]. Для кодирования информации в таких системах используются состояния фотонов. Одним из наиболее распространенных является протокол квантового распределения ключа BB84. Однако этот протокол обеспечивает абсолютно безопасную передачу в отсутствие шума в квантовом канале связи [3]. Считается, что шум отсутствует, если квантовые состояния фотонов не изменяются при распространении по квантовому каналу. В реальных

каналах связи всегда присутствуют шумы. Поэтому их необходимо учитывать при оценке скорости передачи информации (СПИ) по квантовому каналу. Достаточно часто для квантового кодирования информации используется линейная поляризация фотонов [3]. В этом случае при распространении фотона в квантовом канале связи возможна его деполаризация. Деполаризация приведет к изменению состояния фотона на выходе канала по сравнению с тем, которое он имел бы в отсутствие деполаризации, что должно привести к изменению СПИ. Для приема фотонов необходимо использовать высокочувствительные модули, такие как счетчики фотонов, квантовая эффективность регистрации которых также будет влиять на СПИ квантового канала связи. В связи с этим целью данной работы является определение влияния шумов в квантовом канале связи, приводящих к деполаризации фотонов, и квантовой

эффективности регистрации счетчика фотонов на СПИ квантового канала связи.

Объектом исследований является квантовый канал связи, состоящий из световода PANDA, сохраняющего поляризацию передаваемых фотонов излучения, и приемного модуля, в качестве которого использовался счетчик фотонов на основе кремниевого лавинного фотодиода (ЛФД) со структурной p^+n-v-n^+ .

Моделирование канала связи. Вначале получим формулу пропускной способности квантового канала связи, в котором передача информации осуществляется отдельными фотонами, причем при двоичном кодировании символов «0» и «1» используются ортогональные поляризационные состояния фотонов. Обозначим ортогональные состояния фотонов, соответствующие сформированным на передающей стороне символам «0» и «1» как $|s_0\rangle$ и $|s_1\rangle$ соответственно, а на приемной стороне – как $|f_0\rangle$ и $|f_1\rangle$ соответственно.

Пропускная способность оптического канала связи определяется максимальной СПИ такого канала связи [4].

Согласно [5,6], СПИ C определяется как количество информации I , приходящееся на среднее время передачи одного бита (одного символа) τ_b :

$$C = I / \tau_b = [H(A) - H(A/B)] / \tau_b, \quad (1)$$

где $H(A)$ – энтропия дискретного источника, $H(A/B)$ – условная энтропия, определяющая «ненадежность» канала связи.

Энтропия дискретного источника запишется в виде [4]:

$$H(A) = -P_s(0) \log_2 P_s(0) - P_s(1) \log_2 P_s(1), \quad (2)$$

где $P_s(0)$ и $P_s(1)$ – вероятности появления на выходе дискретного источника символов «0» и «1» соответственно.

Энтропия источника максимальна, когда символы «0» и «1» появляются на его выходе с одинаковой вероятностью 0,5. Тогда $H(A)=1$.

Согласно [4], условная энтропия $H(A/B)$ равна:

$$H(A/B) = -P_s'(0) \times \left[\frac{P(0/0) \log_2 P(0/0) + P(1/0) \log_2 P(1/0)}{P(0/0) + P(1/0)} \right] - P_s'(1) \times \left[\frac{P(0/1) \log_2 P(0/1) + P(1/1) \log_2 P(1/1)}{P(0/1) + P(1/1)} \right], \quad (3)$$

где $P_s'(0)$ и $P_s'(1)$ – вероятности появления на выходе канала связи (входе приемного модуля – счетчика фотонов) символов «0» и «1» соответственно, $P(0/0)$ и $P(1/0)$ – вероятности приема символа «0» при условии послышки символов «0» и «1» соответственно, $P(0/1)$ и $P(1/1)$ – вероятности приема символа «1» при условии послышки символов «0» и «1» соответственно.

Величина $P(0/0)$ определяет вероятность того, что фотон оптического излучения, находясь в состоянии $|s_0\rangle$, перейдет в состояние $|f_0\rangle$. Величина $P(1/1)$ определяет вероятность того, что фотон оптического излучения, находясь в состоянии $|s_1\rangle$,

перейдет в состояние $|f_1\rangle$. Тогда согласно [7], вероятности $P(0/0)$ и $P(1/1)$ равны соответственно:

$$P(0/0) = |\langle f_0 | s_0 \rangle|^2, \quad P(1/1) = |\langle f_1 | s_1 \rangle|^2. \quad (4)$$

Учитывая, что $P(0/0) + P(0/1) = 1$ и $P(1/1) + P(1/0) = 1$, вероятности $P(0/1)$ и $P(1/0)$ равны соответственно:

$$P(0/1) = 1 - |\langle f_0 | s_0 \rangle|^2, \quad P(1/0) = 1 - |\langle f_1 | s_1 \rangle|^2. \quad (5)$$

Подставив формулы (4) и (5) в выражение (3), получим:

$$H(A/B) = -P_s'(0) \times \left[\frac{|\langle f_0 | s_0 \rangle|^2 \log_2 |\langle f_0 | s_0 \rangle|^2 + (1 - |\langle f_1 | s_1 \rangle|^2) \log_2 (1 - |\langle f_1 | s_1 \rangle|^2)}{P(0/0) + P(1/0)} \right] - P_s'(1) \times \left[\frac{|\langle f_1 | s_1 \rangle|^2 \log_2 |\langle f_1 | s_1 \rangle|^2 + (1 - |\langle f_0 | s_0 \rangle|^2) \log_2 (1 - |\langle f_0 | s_0 \rangle|^2)}{P(0/1) + P(1/1)} \right]. \quad (6)$$

Подстановкой (6) в выражение (1), с учетом того, что максимальная энтропия источника $H(A)=1$, определим СПИ:

$$C_{\max} = \left\{ 1 + P_s'(0) \times \left[\frac{|\langle f_0 | s_0 \rangle|^2 \log_2 |\langle f_0 | s_0 \rangle|^2 + (1 - |\langle f_1 | s_1 \rangle|^2) \log_2 (1 - |\langle f_1 | s_1 \rangle|^2)}{P(0/0) + P(1/0)} \right] + P_s'(1) \times \left[\frac{|\langle f_1 | s_1 \rangle|^2 \log_2 |\langle f_1 | s_1 \rangle|^2 + (1 - |\langle f_0 | s_0 \rangle|^2) \log_2 (1 - |\langle f_0 | s_0 \rangle|^2)}{P(0/1) + P(1/1)} \right] \right\} / \tau_b. \quad (7)$$

Одной из моделей квантового шума, широко используемой в настоящее время в квантовой информатике, является модель деполаризующего квантового канала [8]. В соответствии с этой моделью, при передаче в квантовом канале чистое состояние отдельного кубита деполаризуется с вероятностью p , т.е. состояние кубита становится полностью смешанным, а с вероятностью $1 - p$ состояние кубита остается неизменным. Действие деполаризующего канала на отдельный кубит описывается оператором [8]:

$$E(\rho) = (1 - p)\rho + \frac{p}{3}(\sigma_x \rho \sigma_x + \sigma_y \rho \sigma_y + \sigma_z \rho \sigma_z). \quad (8)$$

где ρ – матрица плотности кубита; σ_x , σ_y и σ_z – операторы Паули, определяемые выражениями:

$$\sigma_x = |s_0\rangle\langle s_1| + |s_1\rangle\langle s_0|, \quad \sigma_y = |s_0\rangle\langle s_1| - |s_1\rangle\langle s_0|, \\ \sigma_z = |s_0\rangle\langle s_0| - |s_1\rangle\langle s_1|.$$

Действие деполаризующего канала (8) на поляризационные состояния кубитов соответствует поворотам поляризации на угол 90° [8], что наблюдается в световодах, сохраняющих поляризацию передаваемого излучения [9].

Матрицы плотности кубитов на передающей стороне имеют вид:

$$\rho_0 = |s_0\rangle\langle s_0| = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 0 \end{pmatrix}, \quad \rho_1 = |s_1\rangle\langle s_1| = \begin{pmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 1 \end{pmatrix}. \quad (9)$$

Тогда, вычисляя матрицы плотности кубитов на приемной стороне, получим:

$$\rho_0 = E(|s_0\rangle\langle s_0|) = \begin{pmatrix} 1-2p/3 & 0 \\ 0 & 2p/3 \end{pmatrix},$$

$$\rho_1 = E(|s_1\rangle\langle s_1|) = \begin{pmatrix} 2p/3 & 0 \\ 0 & 1-2p/3 \end{pmatrix}. \quad (10)$$

Как видно из (10), действие деполаризующего канала является симметричным.

Поскольку диагональные элементы матрицы плотности представляют собой вероятности обнаружения квантовой системы в данном состоянии [8], то искомые вероятности $|\langle f_0 | s_0 \rangle|^2 = 1 - 2p/3$ и $|\langle f_1 | s_1 \rangle|^2 = 1 - 2p/3$, как видно из (10). Подставляя эти вероятности в (7), окончательно получим:

$$C_{\max}(p) = \left\{ \begin{matrix} 1 + (1 - 2p/3) \log_2(1 - 2p/3) + \\ + (2p/3) \log_2(2p/3) \end{matrix} \right\} / \tau_b, \quad (11)$$

с учетом того, что сумма безусловных вероятностей появления на выходе канала символов «0» и «1» $P_s'(0) + P_s'(1) = 1$.

Отметим, что полученный результат для классической СПИ деполаризующего квантового канала (11) совпадает с результатом, полученным в работе [10], после соответствующей параметризации.

На рис. 1 представлена зависимость скорости передачи информации в деполаризующем канале связи (кривая 2) от вероятности p деполаризации фотонов при кодировании символов «0» и «1» ортогональными квантовыми состояниями. Также для сравнения (кривая 1) приведен график скорости передачи информации в классическом двоичном симметричном канале (в этом случае p обозначает вероятность искажения символа). Поскольку, как следует из (10), вероятность изменения передаваемого состояния в деполаризующем квантовом канале (вероятность ошибки) равна $2p/3$, а не p , то скорость передачи в таком канале оказывается выше, чем в двоичном симметричном канале, при одинаковых p (для $p < 0,5$, см. рис. 1).

Для оценки величины отклонения СПИ классического и деполаризующего каналов связи используем параметр Δ , который определялся как разность между пропускной способностью деполаризующего канала и классического канала связи. Из приведенной на рис. 1 (кривая 3) зависимости видно, что с увеличением вероятности деполаризации p вначале наблюдается увеличение

параметра Δ , а затем - его спад. В исследуемом диапазоне p максимальное значение Δ получено при вероятности деполаризации $p = 0,26$.

Отметим, что кривые, представленные на рис. 1, построены для значений $p \leq 0,5$, поскольку согласно [9] вероятность деполаризации фотонов не превышает 0,5.

Описание экспериментальной установки.

Для передачи информации ортогональными квантовыми состояниями фотонов использовалась установка, структурная схема которой показана на рис. 2.

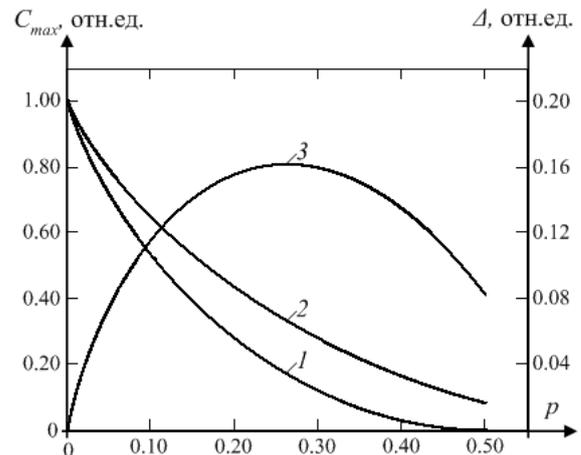


Рис. 1. Зависимость скорости передачи информации и параметра Δ от вероятности деполаризации фотонов. 1 - СПИ классического канала; 2 - СПИ деполаризующего канала; 3 - параметр Δ

Рассмотрим принцип работы этой установки. Формирователь данных Φ на основании поступившей на его вход последовательности, состоящей из двоичных символов «0» и «1», осуществляет управление поляризатором Π и счетчиками фотонов СФ1 и СФ2 . При передаче символа на втором выходе формирователя появляются управляющие импульсы, которые передаются по отдельной линии на вторые управляющие входы счетчиков фотонов СФ1 и СФ2 , что обеспечивает согласованную работу источника и приемного модуля. Счетчики фотонов СФ1 и СФ2 выполнены на основе ЛФП, работающих по схеме со стробированием прямоугольными импульсами [11]. ЛФП включаются в режим счета фотонов на время передачи символов, что необходимо для исключения образования темновых импульсов.

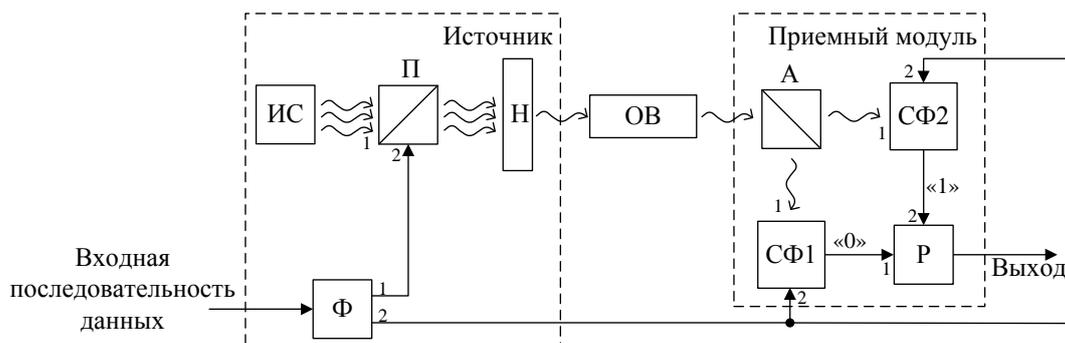


Рис. 2. Структурная схема установки для передачи информации ортогональными квантовыми состояниями фотонов. Φ - формирователь данных, ИС - источник оптического излучения, Π - поляризатор, Н - нейтральный светофильтр, ОВ - оптическое волокно, А - анализатор, СФ1 и СФ2 счетчики фотонов, Р - регистратор

Сигналы с первого выхода формирователя данных Φ поступают на управляющий вход 2 поляризатора Π . Поляризатор Π линейно поляризует поступающее на его первый вход оптическое излучение от источника ИС, причем угол поляризации равен 0° , когда передается символ «0», и равен 90° , когда передается символ «1».

Затем оптическое излучение ослабляется нейтральным светофильтром Π и подавалось в оптическое волокно ОВ. На выходе ОВ оптическое излучение разделялось в зависимости от угла поляризации с помощью анализатора A . Это обеспечивало передачу оптического излучения, поляризованного под углом 0° на счетчик фотонов СФ1, а поляризованного под углом 90° - на счетчик фотонов СФ2. Таким образом, счетчик фотонов СФ1 регистрировал символы «0», а счетчик фотонов СФ2 - символы «1». Сигналы с выходов СФ1 и СФ2 поступали соответственно на первый и второй входы регистратора P , который формировал выходную последовательность данных, состоящую из символов «0» и «1».

Учтем теперь влияние приемного модуля установки на скорость передачи информации. При этом будем считать, что квантовые эффективности регистрации счетчиков фотонов СФ1 и СФ2 одинаковы и равны η_p . Следовательно, величина η_p будет одинакова для передаваемых состояний $|s_0\rangle$ и $|s_1\rangle$, тогда вероятности приема символа «0» при посылке «0» и приема «1» при посылке «1»: $P_p(0/0) = P_p(1/1) = \eta_p$. На выходе приемного модуля могут быть не зафиксированы ни символ «0», ни символ «1» при наличии на входе световода символов «0» или «1» с вероятностями $P(0/-) = P(1/-) = 1 - \eta_p$. Тогда C_{max} примет вид:

$$C_{max} = \left[\begin{array}{l} -\eta_p \log_2(0,5\eta_p) + \\ + (1 - 2p/3)\eta_p \log_2[(1 - 2p/3)\eta_p] + \\ + (2p/3)\eta_p \log_2(2\eta_p p/3) \end{array} \right] / \tau_b. \quad (12)$$

Экспериментальные результаты и их обсуждение. Исследования скорости передачи информации проведены для оптического излучения с длиной волны $\lambda = 830$ нм. Для этой длины волны коэффициент перекрестной поляризационной связи оптического волокна $h = 10^{-5} \text{ м}^{-1}$.

Согласно работе [9], вероятность деполаризация оптического излучения в волокне определяется по формуле:

$$p = (1 - e^{-2hl}) / 2, \quad (13)$$

где l - длина оптического волокна.

Выполненные исследования зависимости СПИ от длины световода представлены на рис. 3. Как видно из полученных результатов, с увеличением длины оптического волокна уменьшается скорость передачи информации. С увеличением l возрастает отклонение значений СПИ, полученных для классического и квантового каналов связи.

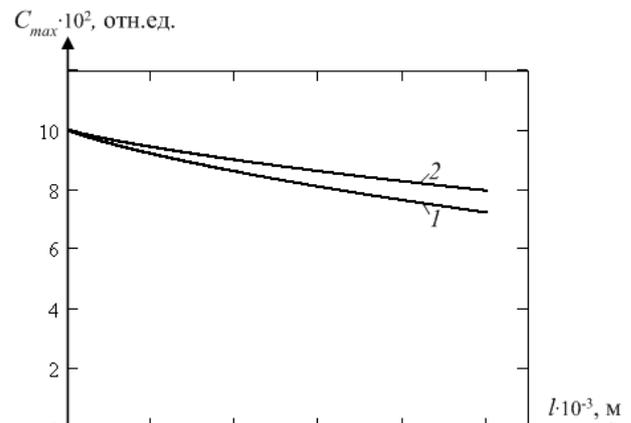


Рис. 3. Зависимость пропускной способности от длины световода.

$\eta_p = 0,1$; световод: оптическое волокно PANDA, сохраняющее оптическую поляризацию (для длины волны $\lambda = 0,83$ мкм $h = 10^{-5} \text{ м}^{-1}$)

1 - для классического канала; 2 - для деполаризующего квантового канала

Зависимость СПИ от величины перенапряжения ΔU ЛФП показана на рис. 4.

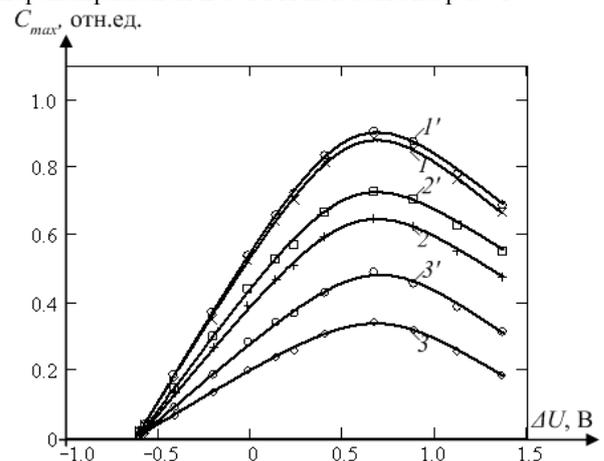


Рис. 4. Зависимость пропускной способности от перенапряжения лавинного фотоприемника.

1 и 1' - для классического канала связи и для деполаризующего канала соответственно при $p = 0,01$; 2 и 2' - для классического канала связи и для деполаризующего канала соответственно при $p = 0,06$; 3 и 3' - для классического канала связи и для деполаризующего канала соответственно при $p = 0,17$

Под перенапряжением понимается разность между напряжением питания лавинного фотоприемника и напряжением его пробоя. С ростом перенапряжения вначале наблюдается увеличение СПИ, а затем её уменьшение (рис. 4). Максимум этой зависимости приходился на $\Delta U = 0,66$ В. Такое поведение зависимости СПИ от ΔU было аналогично зависимости квантовой эффективности регистрации ЛФП от перенапряжения. С увеличением длины оптического волокна уменьшается СПИ, что связано с ростом вероятности деполаризации. Также с ростом ΔU увеличивается отклонение значений СПИ, полученных для классического и квантового каналов

связи. Максимум этого отклонения соответствовал $\Delta U = 0,66$ В.

Выводы

Таким образом, в работе выполнена оценка пропускной способности квантового канала связи с шумом, приводящим к деполяризации передаваемых фотонов. Проведенное сравнение каналов связи показало, что квантовый канал позволяет обеспечить большие значения СПИ, чем классический, при одинаковых значениях p , где p представляет собой вероятность деполяризации фотонов для квантового канала и вероятность ошибки для классического. С увеличением длины оптического волокна растет отклонение значений СПИ, полученных для классического и квантового каналов связи. Также это отклонение зависит от перенапряжения, максимальное отклонение соответствовало $\Delta U = 0,66$ В для рассматриваемого типа ЛФП. Для получения максимальной скорости передачи информации необходимо выбирать такое перенапряжение, которое соответствует максимуму зависимости СПИ от ΔU .

Литература

[1] Ostermeyer, M. On the implementation of a deterministic secure coding protocol using polarization entangled photons / M. Ostermeyer, N. Walenta // Optics Communications. – 2008. – V. 281, issue 17. – P. 4540–4544.

[2] Василю, Е.В. Стойкость пинг-понг протокола с триплетами Гринбергера – Хорна – Цайлингера к атаке с использованием вспомогательных квантовых систем / Е.В. Василю

// Информатика: Объединенный институт проблем информатики НАН Беларуси. – 2009. – № 1 (21). – С. 117–128.

[3] Килин, С.Я. Квантовая криптография: идеи и практика / С.Я. Килин; под ред. С.Я. Килин, Д.Б. Хорошко, А.П. Низовцев. – Минск: Белорус.наука, 2007. – 391 с.

[4] Клюев, Л.Л. Теория электрической связи: учебник / Л.Л. Клюев. – Минск: Техноперспектива, 2008. – 423 с.

[5] Панфилов, И.П. Теория электрической связи: учебник для вузов / И.П. Панфилов, В.Е. Дырда. – М.: Радио и связь, 1991. – 344 с.

[6] Алексеева, Т.В. Учебное пособие по курсу «Теория электрической связи» / Т.В. Алексеева, Н.В. Добаткина. – М.: Московский институт связи, 1991. – 58 с.

[7] Тарасов, Л.В. Основы квантовой механики / Л.В. Тарасов. – М.: Высшая школа, 1978. – 288 с.

[8] Нильсен, М. Квантовые вычисления и квантовая информация / Нильсен М., Чанг И. – М.: Мир, 2006. – 824 с.

[9] Дмитриев, А.Л. Оптические системы передачи информации. Учебное пособие. – СПб: СПбГУИТМО, 2007. – 96 с.

[10] Bennett C.H. Capacities of Quantum Erasure Channels / C.H. Bennett, D.P. DiVincenzo, J.A. Smolin // Physical Review Letters. – 1997. – V. 78, issue 16. – P. 3217 – 3220.

[11] Пропускная способность оптического канала связи при передаче сообщения отдельными фотонами / А.О. Зеневич [и др.] // Электросвязь. – 2010. – № 10. – С. 14–16.

УДК 621.383.92 (045)

Vasiliu E.V., Gulakov I.R., Zenevich A.O., Timofeev O.M., Nikolaenko S.V. Швидкість передавання інформації у квантовому каналі з деполяризацією при кодуванні символів ортогональними квантовими станами

Анотація. Побудовано математичну модель квантового каналу зв'язку з деполяризацією фотонів при кодуванні двійкових символів ортогональними квантовими станами. Отримано формули для розрахунку пропускної здатності світловода, а також каналу зв'язку, що складається із світловода та лічильника фотонів. На підставі проведеного математичного моделювання встановлено залежності пропускної здатності від імовірності деполяризації і від довжини світловода для квантового каналу з деполяризацією. В результаті експериментальних досліджень визначено залежності пропускної здатності квантового каналу зв'язку від напруги живлення лавинного фотоприймача лічильника фотонів.

Ключові слова: квантовий канал зв'язку, пропускна здатність, деполяризація, лічильник фотонів.

Vasiliu E.V., Gulakov I.R., Zenevich A.O., Timofeev O.M., Nikolaenko S.V. Information rate in quantum communication channel with depolarization at characters encoding with orthogonal quantum states

Abstract. A mathematical model of the quantum communication channel with photon depolarization at binary characters encoding with orthogonal quantum states has been built. The formulae for both beamguide throughput calculation and the communication channel containing a beamguide and the photon counter have been obtained. On the basis of the conducted mathematical modeling it has been established that data throughput depends on depolarization probability and the beam guide length for a quantum communication channel with depolarization. As a result of experimental investigations it has been defined that the data throughput of quantum communication channel depends on the avalanche photodetector supply voltage of the photon counter.

Key words: quantum communication channel, depolarization, channel throughput, a photon counter.

Отримано 14 травня 2013 року, затверджено редколегією 30 травня 2013 року