

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ВОРТЕКС МОДУЛЯЦИИ НА ХАРАКТЕРИСТИКИ СИСТЕМЫ КВАНТОВОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ КЛЮЧА В ОТКРЫТОМ ПРОСТРАНСТВЕ

Яшин Д.А. (Университет ИТМО)
Научный руководитель – Наседкин Б.А.
(Университет ИТМО)

В представленной работе исследуется влияние применения вихревых пучков излучения (вортекс модуляции) в качестве носителя информации в системе квантового распределения ключа (КРК) в открытом пространстве. Производится численный расчет распространения вихревых пучков в атмосферном канале связи, вычисление основных параметров исследуемой схемы КРК (скорости генерации секретного ключа, коэффициента квантовых ошибок).

Введение. Квантовые коммуникации или квантовое распределение ключа с использованием атмосферного канала связи – это одно из передовых направлений квантовых технологий. На данный момент существует множество протоколов квантового распределения ключа, реализующих кодирование информации при помощи различных параметров излучения. Так, наиболее часто используемые протоколы квантового распределения ключа в атмосферном канале основываются на кодировании информации в поляризации излучения. Однако, данный подход имеет целый ряд существенных недостатков. Во-первых, в данных системах необходимо использовать элементы, обеспечивающие сохранение поляризации излучения, что снижает коммерческий потенциал таких систем. Во-вторых, системы с поляризационным кодированием не обеспечивают инвариантность к ориентации в пространстве приемопередающих телескопических устройств, тем самым вводя дополнительные методы компенсации поворота поляризации, что усложняет систему и ограничивает ее параметры. В качестве альтернативы данному подходу предлагается использовать фазомодулированное излучение, снимающее представленные ограничения и применяемое, например, в системе квантового распределения ключа на боковых частотах.

Важной особенностью всех протоколов, использующих атмосферный канал связи, является влияние рассеивающих частиц и турбулентности атмосферы, которые снижают предельную дальность передачи сигнала и ограничивают скорость генерации секретного ключа. Для решения данной проблемы могут быть использованы вихревые пучки, например моды Лагерра-Гаусса, которые показывают большую стабильность при распространении в открытом пространстве по сравнению с Гауссовыми пучками.

Таким образом, данная работа направлена на исследование возможности применения вихревых пучков в системе квантового распределения ключей на боковых частотах в атмосферном канале связи.

Основная часть. Теоретическая модель процесса распространения квантового сигнала в виде вихревого пучка в воздушном пространстве будет основана на разработанной модели квантового распределения ключа на боковых частотах в атмосферном канале связи, однако для выполнения поставленных задач в ней будет учтено использование вихревых пучков излучения путем численного расчета их распространения в канале связи (предлагается использовать известный метод свертки). Для симуляции влияния негативных факторов атмосферы на передаваемый сигнал будет учтено рассеяния Релэя и Ми на частицах осадков воздуха различных видов (дымке, тумане, дожде и снеге), а также применены элементы теории турбулентности (например, модель турбулентности ветра фон Кармана), представленные расчетным методом многих фазовых экранов. На основе теоретической модели будет проведено численное моделирование в среде программирования Matlab, в результате которого будут получены зависимости коэффициента квантовых ошибок, скорости передачи квантовых

бит от длины линии связи при различных параметрах атмосферы, выраженных в терминах силы турбулентности. Полученные результаты позволят оценить функционирование системы в различных атмосферных условиях, а также определить предельную дальность передачи квантового сигнала и скорость генерации квантового ключа.

Выводы. По результатам теоретических и экспериментальных исследований можно будет судить о целесообразности использования вихревых пучков излучения в качестве носителя информации в системах КРК в открытом пространстве. Положительные результаты относительно скорости генерации секретного ключа и предельной дальности передачи квантового сигнала будут являться основанием для дальнейшего усовершенствования схемы.

Авторы выражают благодарность Алексею Викторовичу Черных

Исследование выполнено при финансовой поддержке гранта НИРМА ФТ МФ Университета ИТМО

Яшин Д.А. (автор)

Подпись

Наседкин Б.А. (научный руководитель)

Подпись