

ПРОГРАММНО-АППАРАТНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ ГЕОФИЗИЧЕСКОГО КАБЕЛЯ

Зиядиев Р.Р.¹, Масленникова Ю.С.¹, Шерстюков О.Н.¹

¹Казанский федеральный университет
E-mail: Ziyadiev96@mail.ru

SOFTWARE AND HARDWARE COMPLEX FOR INCREASING THE THROUGHPUT OF A GEOPHYSICAL CABLE

Ziyadiev R.R.¹, Maslennikova Y.S.¹, Sherstyukov O.N.¹

¹Kazan Federal University

Intensive development of downhole tools requires higher data rates to communicate with the surface. High cable resistance and harsh environmental conditions prevent the use of standard transceivers. This project is devoted to the development of a data transmission system over a geophysical cable.

Каротажный кабель вот уже много десятилетий широко применяется при геофизических исследованиях скважин, так как позволяет в режиме реального времени осуществлять контроль за скважинной измерительной аппаратурой и производить оперативный анализ регистрируемых данных. Однако развитие геофизических технологий, в частности, широкое применение метода спектральной шумометрии, требует существенного увеличения пропускной способности каротажного кабеля и высокой помехоустойчивости при сохранении возможности использования в скважинных условиях (при температуре окружающей среды до 150°C). Высокое сопротивление кабеля и жесткие внешние условия создают ограничивающую проблему для стандартных приемопередатчиков. Целью данной работы является увеличение скорости передачи данных по одножильному геофизическому кабелю, при помощи QAM модуляции (скорость передачи по данному кабелю составляет около 30 кбит/с).

В ходе выполнения работы проведен анализ электрических характеристик геофизического кабеля, определена теоретически достижимая скорость передачи данных. По теореме Шеннона-Хартли максимальная скорость, с которой информация может быть передана по 8-километровому, одножильному геофизическому кабелю, с полосой пропускания 3.5кГц, равна 40 кбит/с. Для увеличения скорости передачи данных необходимо при достаточно высоком отношении сигнал/шум компенсировать амплитудные искажения в кабеле. Имея заранее известную АЧХ кабеля, можно предсказать сигнал таким образом, что полоса пропускания системы будет увеличена. В нашем случае удалось расширить полосу пропускания до 70 кГц, что в свою очередь позволило сдвинуть теоретическую максимальную скорость до 370 кбит/с.

Таким образом, схему передачи данных по проводному кабелю с использованием QAM модуляции, можно представить в следующем порядке. Данные, получаемые с датчиков скважинных приборов кодируются в соответствии с порядком QAM в модуляторе, затем QAM символы проходят через фильтр приподнятого косинуса, отфильтрованные данные подвергаются процедуре предискажения для компенсации амплитудных искажений, после этого данные через цифро-аналоговый преобразователь поступают в кабель. На обратной стороне кабеля данные оцифровываются и проходят через согласованный фильтр приподнятого косинуса и после декодирования QAM мы получаем исходные данные.

Достижение поставленной цели потребовало решение задачи по разработке алгоритма определения и компенсации амплитудных искажений в кабеле, выполнен ряд тестов для проверки корректности его работы. Алгоритм успешно протестирован на реальном геофизическом кабеле. Показано, что скорость передачи данных увеличена в 9 раз и составила 280 кбит/с. При этом вся аппаратная часть комплекса полностью удовлетворяет всем требованиям для ее эксплуатации в скважинных условиях.

1. Hongwei Zhao, Kezhu Song, Kehan Li, Chuan Wu, Zhuo Chen. 2021. “A High-Speed Well Logging Telemetry System Based on Low-Power FPGA” DOI 10.1109/ACCESS.2021.3049799
2. Qian Cui, Kai Shuang. 2017. “Optimal Design Methodology for Frequency Compensation Circuits in Logging Cable Transmission Channel” DOI: 10.1142/S0218126618501037
3. А.Б. Сергиенко Цифровая обработка сигналов / А. Б. Сергиенко — СПб.: Питер, 2002. - 608 с.
4. Баскаков С.И. Радиотехнические цепи и сигналы. – М.: Высшая школа, 2000. – 462 с.