

Научная статья

УДК 62-5:621.316.7

EDN JGHYXK

<https://doi.org/10.22450/978-5-9642-0633-0-186-191>

**Оценка качества электроэнергии
бортовой сети комбайна (на примере Енисей-1200)**

Олеся Александровна Пустовая¹, кандидат сельскохозяйственных наук,
доцент, старший научный сотрудник

Евгений Анатольевич Пустовой², кандидат сельскохозяйственных наук,
старший научный сотрудник

Алексей Иванович Зубенко³, инженер-исследователь

^{1, 2, 3} Дальневосточный государственный аграрный университет

Амурская область, Благовещенск, Россия

^{1, 2, 3} Всероссийский научно-исследовательский институт сои

Амурская область, Благовещенск, Россия

¹ pus14@yandex.ru, ² pus13@yandex.ru, ³ zubenko.18.18@mail.ru

Аннотация. Одним из параметров, ограничивающих использование микроконтроллерных систем управления в сельском хозяйстве, является качество электрической энергии бортовой сети сельскохозяйственной техники (комбайнов). Эксперимент, проведенный для оценки качества электроэнергии бортовой сети, показал, что в ней присутствуют высшие гармоники, а также большое количество фликеров. Эти факторы негативно сказываются на микроконтроллерном оборудовании и требуют устранения.

Ключевые слова: качество электроэнергии, бортовая сеть, гармоники, микроконтроллер, управление, напряжение питания

Для цитирования: Пустовая О. А., Пустовой Е. А., Зубенко А. И. Оценка качества электроэнергии бортовой сети комбайна (на примере Енисей-1200) // Агропромышленный комплекс: проблемы и перспективы развития : материалы междунар. науч.-практ. конф. (Благовещенск, 18–19 апреля 2024 г.). Благовещенск : Дальневосточный ГАУ, 2024. С. 186–191.

Original article

**Assessment of the power quality
of the combine's on-board network (using the example of Enisei-1200)**

Olesya A. Pustovaya¹, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor,
Senior Researcher

Evgeniy A. Pustovoy², Candidate of Agricultural Sciences, Senior Researcher

Alexey I. Zubenko³, Research Engineer

^{1, 2, 3} Far Eastern State Agrarian University, Amur region, Blagoveshchensk, Russia

^{1, 2, 3} All-Russian Scientific Research Institute of Soybean

Amur region, Blagoveshchensk, Russia

¹ pus14@yandex.ru, ² pus13@yandex.ru, ³ zubenko.18.18@mail.ru

Abstract. One of the parameters limiting the use of microcontroller control systems is the quality of electrical energy on the on-board network of combine harvesters. An experiment conducted to assess the quality of electricity showed that it contains higher harmonics, as well as a large number of flickers. These factors negatively affect microcontroller equipment and require elimination.

Keywords: power quality, on-board network, harmonics, microcontroller, control, supply voltage

For citation: Pustovaya O. A., Pustovoy E. A., Zubenko A. I. Assessment of the power quality of the combine's on-board network (using the example of Enisei-1200). Proceedings from Agro-industrial complex: problems and prospects of development: *Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya (Blagoveshchensk, 18–19 aprelya 2024 g.)* (PP. 186–191), Blagoveshchensk, Dal'nevostochnyj gosudarstvennyj agrarnyj universitet, 2024 (in Russ.).

Ведение современного сельскохозяйственного производства нацелено прежде всего на получение высококачественной продукции с запланированными свойствами при минимальных издержках. Одним из способов снизить затраты можно считать использование современных цифровых технологий, позволяющих оптимизировать управление технологическими процессами, в частности в растениеводстве. Одним из ключевых показателей в данной сфере можно считать технологические процессы, нацеленные на уборку зерновых и получение как семенного, так и фуражного зерна.

Необходимо обеспечить снижение травмируемости зерна в обрабатывающем тракте комбайна, а также сокращение количества неполноценного зерна. Однако при использовании ручного способа регулирования обрабатывающего тракта достигнуть хороших показателей качества зерна, в частности прямого получения семенного зерна, невозможно. Решением проблемы можно считать использование цифровых систем регулирования на основе микроконтроллерного управления. Оптимальным объектом регулирования в этом

случае можно считать вентилятор и жалюзийные решета.

Управление предполагается осуществлять посредством микроконтроллера, а также ряда исполнительных механизмов (вентилятор, шаговый двигатель и другие). Сигнал управления будет формироваться рядом датчиков, установленных в обрабатывающем тракте, что позволит оперативно изменять настройки при изменении входных параметров зернового вороха. Однако установка цифровых компонентов системы управления должна быть согласованная по мощности и качеству электрической энергии с электрической сетью комбайна [1, 2].

Для согласования необходимо произвести анализ выходных параметров с учетом требований к электрическим сетям при установке микроконтроллерного оборудования [1, 3].

Цель исследования – *определить качество электроэнергии бортовой сети комбайна Енисей-1200.*

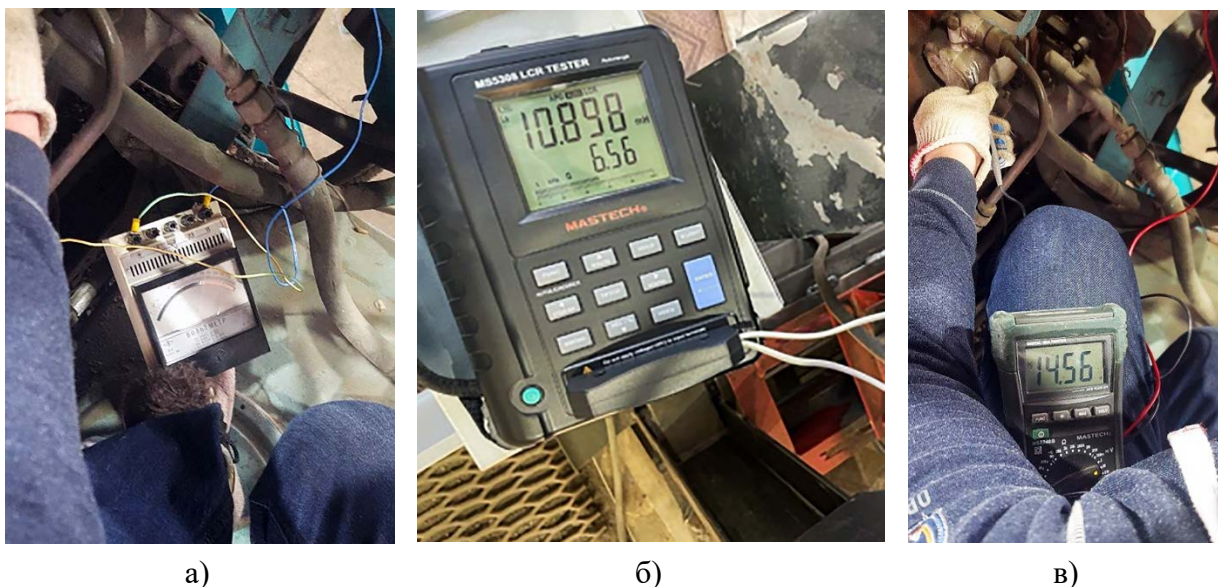
Материалы и методы исследования. В качестве объекта исследования нами использована бортовая сеть комбайна «Енисей-1200». Контроль качества проводился при помощи осциллографа ATTEN ADS1062 CA (класс точности составляет 1,0).

Общее напряжение измерялось при помощи аналогового вольтметра Э531. Использованы мультиметр MS8240B, мост цифровой MS5308 LCR Tester (класс точности равен 1,0).

Результаты исследования и их обсуждение. Для определения совместимости бортовой сети комбайна и микроконтроллерного оборудования необходимо оценить качество электрической энергии в бортовой сети. Для этого выполнен ряд экспериментов и получены осциллограммы электрического сигнала бортовой сети, а также общие параметры бортовой сети (рис. 1).

Напряжение бортовой сети стабильно и соответствует при заряженном

аккумуляторе нормативным показателям с отклонением не более 10 % от номинального значения. На генераторе напряжение порядка 15 В, что соответствует нормативному значению (рис. 1).



а) измерение при помощи аналогового вольтметра;
б) измерение пассивных параметров сети;
в) показатели напряжения с использованием цифрового прибора

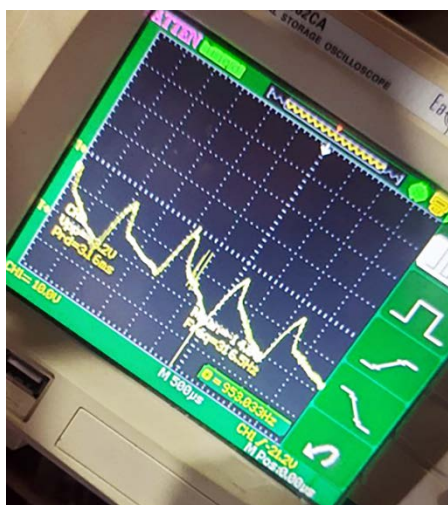
Рисунок 1 – Процесс измерения общих характеристик бортовой сети

Проведенные измерения показывают, что в бортовой сети комбайна наблюдаются неоднократные фликеры с амплитудами 1,2–1,7 от номинального значения напряжения (рис. 2, а и рис. 2, б).

В предполагаемых точках подключения микроконтроллерного оборудования напряжение питания нестабильно и требует стабилизации (рис. 2, в); также присутствуют высшие гармонические составляющие в сигнале, что не соответствует требованиям к подключению оборудования.

Закключение. Таким образом, проведенные исследования показали, что качество электроэнергии бортовой сети комбайна не соответствует требованиям к напряжению питания микроконтроллерного оборудования. Доказательством выступает наличие высших гармоник, что негативно отразится на стабильности работы элементов управления и может привести к выходу из

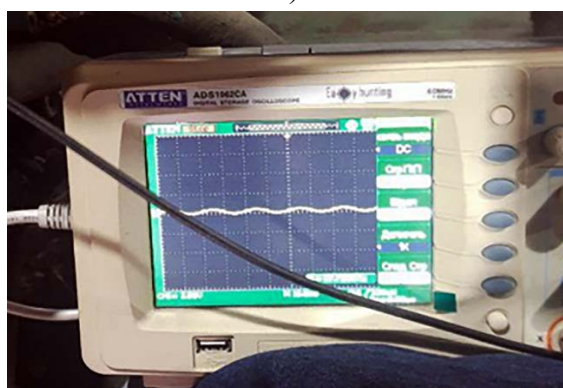
строю оборудования.



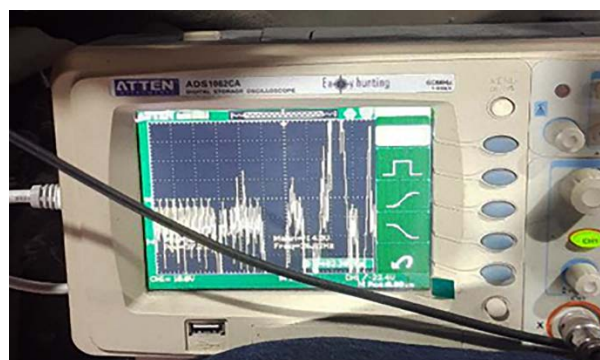
а)



б)



в)



г)

**Рисунок 2 – Осциллограммы электрического сигнала
бортовой сети (выборочно)**

Для исключения негативного влияния необходимо дополнить цепь питания микроконтроллерного оборудования стабилизатором напряжения в комплекте с индуктивно-емкостными фильтрами, с учетом измеренных значений высших гармоник. Также следует защитить сеть питания от мгновенных высокоамплитудных скачков напряжения при помощи защитных диодов в целях исключения негативного влияния фликеров.

Список источников

1. ГОСТ 32144–2013. Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. М. : Стандартинформ, 2014. 16 с.
2. Бабокин Г. И., Шуцкий В. И. Автоматизированный электропривод очистных комбайнов // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2003. № 9. С. 214–216.
3. Сергованцев В. Т. Аналитический подход к автоматизации сельскохозяйственных технологий на примере комбайна // Вестник Московского государственного агроинженерного университета имени В. П. Горячкина. 2008. № 1. С. 19–22.

References

1. Electrical energy. Electromagnetic compatibility of technical means. Standards for the quality of electrical energy in general-purpose power supply systems (2013) *GOST 32144–2013 docs.cntd.ru* Retrieved from <https://docs.cntd.ru/document/1200104301> (Accessed 15 March 2024) (in Russ.).
2. Babokin G. I., Shutsky V. I. Automated electric drive of cleaning combines. *Gornyi informatsionno-analiticheskii byulleten'*, 2003;9:214–216 (in Russ.).
3. Sergovantsev V. T. Analytical approach to automation of agricultural technologies using the example of a combine harvester. *Vestnik Moskovskogo gosudarstvennogo agroinzhenernogo universiteta imeni V. P. Goryachkina*, 2008;1:19–22 (in Russ.).

© Пустовая О. А., Пустовой Е. А., Зубенко А. И., 2024

Статья поступила в редакцию 05.03.2024; одобрена после рецензирования 23.04.2024; принята к публикации 07.06.2024.

The article was submitted 05.03.2024; approved after reviewing 23.04.2024; accepted for publication 07.06.2024.