

УДК 004.056

***ОБЗОР СУЩЕСТВУЮЩИХ МЕТОДОВ ДЕТЕКТИРОВАНИЯ
ФЕРРОМАГНИТНЫХ ВКЛЮЧЕНИЙ В СОБИРАЕМОЙ КОМБАЙНОМ
МАССЕ***

Бережной А.Р.

аспирант,

*Институт сферы обслуживания и предпринимательства (филиала) ДГТУ в
г. Шахты,
Шахты, Россия*

Маков С.В.

к.т.н., доцент,

*Институт сферы обслуживания и предпринимательства (филиала) ДГТУ в
г. Шахты,
Шахты, Россия*

Аннотация

В работе рассмотрены существующие методы детектирования металлических включений в сельскохозяйственном оборудовании. Приведены описания различных подходов, включая использование металлодетекторов с магнитными сердечниками, устройств на основе вихревых токов и механических датчиков реакции. Рассмотрены их принципы работы, преимущества и ограничения, связанные с помехами от вращающихся частей комбайнов и особенностями конструкции валков.

Ключевые слова: Обработка сигнала, комбайн, помехи, детектирование металла.

***IMPLEMENTATION OF A HARDWARE AND SOFTWARE COMPLEX
IMPLEMENTING A TOP-ORDER NTP SERVER ON AN STM32
MICROCONTROLLER***

Berezhnoy A.R.

student,

Institute of Service and Entrepreneurship (branch) DSTU in Shakhty,

Shakhty, Russia

Makov S.V.

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor,

Institute of Service and Entrepreneurship (branch) DSTU in Shakhty,

Shakhty, Russia

Summary

The paper considers the existing methods of detecting metal inclusions in agricultural equipment. Various approaches are described, including the use of metal detectors with magnetic cores, devices based on eddy currents and mechanical reaction sensors. Their principles of operation, advantages and limitations related to interference from rotating parts of combines and design features of rolls are considered.

Keywords: Signal processing, combine harvester, interference, metal detection.

ВВЕДЕНИЕ

Сельскохозяйственная отрасль стремительно развивается, внедряя передовые технологии для повышения эффективности и безопасности производственных процессов. Одним из таких решений стало применение систем детектирования металлических объектов в собираемой комбайном массе, помимо этого данные датчики применяются также и на конвейерных лентах, на технологических этапах производства. Данные системы внедряются для продления срока службы комбайна, избегания повреждения различных элементов вальца (ножей, молотилок и т.д.).

Чаще всего для выполнения данной задачи используются методы,

основанные на работах К.Л. Беннетта и К.Э. Боумена [1]. Принцип детектирования согласно исследованиям [1] основан на аналоговой обработке сигнала наводимого на измерительный датчик, однако данный метод сталкивается с трудностями, в виде помех вызываемых другими деталями комбайна, вращающимися с различной частотой. Также из-за наличия сварного шва на самом вальце он также оказывает влияние на показания электромагнитного датчика.

Таким образом, основной целью является уменьшение влияния помех от различных частей комбайна на электромагнитный датчик.

Обзор существующих методов детектирования ферромагнитных включений в собираемой комбайном массе

В работе [2] авторами предлагается использовать металлодетектор, выполненный в виде сердечников из магнитомягкой стали с установленными на них индикаторными обмотками. Принцип работы данного датчика заключается в том, что при движении ферромагнитного металла в собираемой комбайном массе в поле магнитов металл намагничивается. На выходе обмоток наводится электродвижущая сила. Потокосцепление обмоток при изменении расположения металла между битером и поддоном не меняется. В результате достигается равномерность чувствительности устройства к расположению металла в потоке растительной массы. Тот факт, что индикаторные обмотки включены встречно относительно одноименных полюсов пар магнитов, позволяет ослабить влияние вибрации работу детектора металла. Подобные же примеры описаны также в работах [3] и [4].

Устройство, описанное в работе [5], имеет схожую конструкцию и функционирует следующим образом. При попадании ферромагнитных включений в зону действия датчика металлодетектора, расположенного в первом нижнем вальце, в катушках индуцируется электродвижущая сила (ЭДС), формируя импульс напряжения. Этот импульс, пройдя через фильтр нижних частот (ФНЧ), поступает на вход полосового усилителя, Дневник науки | www.dnevniknauki.ru | СМИ Эл № ФС 77-68405 ISSN 2541-8327

выполняющего частотную селекцию спектра полезного сигнала. Как уже было сказано выше, работу данных датчиков осложняет наличие вращающихся элементов самого комбайна, а также помехи от самого вальца вызванные наличием сварного шва. Амплитуда данных помех может превышать амплитуду полезного сигнала, в связи с этим стандартный полосовой усилитель не всегда подавляет данные помех, что снижает надежность обработки сигнала и требует применения дополнительных методов фильтрации или выделения полезной информации.

В работе [6] представлена система, работающая по принципу вихревых токов. Согласно имитационному анализу эффекта вихревых токов, когда металлический посторонний предмет попадает в переменное магнитное поле, энергия теряется, и эквивалентное сопротивление катушки соответственно изменяется. Затем наличие металлического инородного тела может быть определено путем определения эквивалентного полного сопротивления R_p катушки. Затем мы применили алгоритм мультиклассификации методом опорных векторов для обучения устройства обнаружения. Основным преимуществом данного способа является возможность работы с цветными металлами, однако есть и недостатки: к ним относится малая дальность работы и экранирование детектора металлической стенкой вальца.

Альтернативный принцип работы детектора ферромагнитных включений, предложенный в работе [7], основан на использовании датчика механической реакции. Питающие валки транспортирующего узла подают материал к измельчающему барабану, одновременно уплотняя его. В обычных условиях смещение валков перпендикулярно направлению подачи сопровождается незначительными ускорениями. При попадании в материал инородного объекта, не поддающегося уплотнению, валок резко смещается, испытывая значительные ускорения. Эти ускорения фиксируются акселерометрами, преобразуются в электрический сигнал и поступают на сумматор, а затем в блок обработки данных. Если сигнал превышает

Дневник науки | www.dnevniknauki.ru | СМЭЛ № ФС 77-68405 ISSN 2541-8327

заданный порог, система отправляет команду на остановку транспортирующего узла, мгновенно прекращая подачу материала.

Данный подход позволяет эффективно предотвращать повреждения оборудования, однако его точность может зависеть от уровня вибраций и однородности материала.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Рассмотренные методы, такие как электромагнитные датчики, устройства на основе вихревых токов и механические датчики реакции, демонстрируют широкий спектр возможностей для эффективного обнаружения инородных металлических объектов. Однако каждый из этих подходов сталкивается с определенными ограничениями, включая воздействие внешних помех, влияние сварных швов и вибрации, а также сложность обработки сигналов.

Библиографический список

1. Беннетт К.Л., Боумен К.Э. Speed independent static field metal detector: пат. US 3972156. 1976. (A 01 D69/10).
2. Смирнов Б.Н., Кленов Э.Н., Шифрин В.Г., Федичкин В.А., Бровкович А.Д., Балицкий Г.Д. Устройство для обнаружения металлических предметов в кормоуборочных комбайнах: пат. SU 1650028 A1. МПК A01D 41/127, A01D 41/12. Заявка №4617360; заявл. 08.12.1988; опубл. 23.05.1991.
3. Adams M. L. Rotating machinery vibration: from analysis to troubleshooting. Vol. 131. Boca Raton: CRC Press, 2000.
4. Goyal D., Pabla B. S. The Vibration Monitoring Methods and Signal Processing Techniques for Structural Health Monitoring: A Review // Arch. Computat. Methods Eng. 2016. Vol. 23, No. 4. P. 585–594. DOI: 10.1007/s11831-015-9145-0.
5. Долин А.Ю., Мещеряков И.К., Ремизов С.Е., Смирнов Б.Н. Металлодетектор для кормоуборочного комбайна: пат. RU 2060625 C1. МПК

A01D 75/18. Заявка №93001978/15; заявл. 12.01.1993; опубл. 27.05.1996.
Патентообладатель: Акционерное общество "Ростсельмаш".

6. Wang J., Liu Y., Zhao B., Wang F., Zhang W., Li Y. Design and Verification of Metal Foreign Body Detection Device for Harvester Based on Eddy Current Effect // Journal of the ASABE. 2023. Vol. 66, no. 1. P. 55–64. DOI: 10.13031/ja.15185.

7. Лозин А.А., Быков А.Б. Устройство для обнаружения инородных тел в убираемом сельскохозяйственной уборочной машиной материале: пат. 80306 U1 Российская Федерация. МПК А01D 75/18. Заявка № 2008137679/22; заявл. 2008-09-23; опубл. 2009-02-10.

Оригинальность 75%