ИНДУКЦИОННЫЙ МЕТАЛЛОДЕТЕКТОР ДЛЯ КОРМОУБОРОЧНОЙ ТЕХНИКИ: ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ И СХЕМОТЕХНИЧЕСКАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ

Д. С. Колесник, Ив. Иг. Суторьма

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь

Научные руководители: В. А. Карпов, Л. А. Захаренко

Рассмотрены принцип действия и схемотехническая реализация индукционного металлодетектора рамного типа, предназначенного для защиты режущего аппарата кормоуборочного комбайна от попадания металлических предметов.

Ключевые слова: металлодетектор, индукционный датчик, взаимоиндукция, кормоуборочный комбайн, дифференциальное включение обмоток, фазочувствительный выпрямитель, помехоустойчивость.

Современная кормоуборочная техника предполагает высокую производительность подбора и измельчения кормовой массы. Попадание в измельчающий барабан постороннего металлического предмета приводит к выходу узла из строя и вынужденному простою дорогостоящей сезонной техники, поэтому задача обнаружения металла в потоке кормовой массы до измельчителя является актуальной [1].

Применяемые в настоящее время металлодетекторы для защиты рабочих органов кормоуборочных комбайнов чаще всего построены на чувствительных элементах в виде индукционных катушек, размещенных на системе постоянных магнитов [2, 3]. Такому решению присущ ряд недостатков: неравномерность чувствительности по ширине контролируемой зоны, зависимость выходного сигнала от скорости прохождения ферромагнитного тела (т. е. от производительности комбайна) и необходимость использования дорогостоящих немагнитных материалов и сварных технологий при изготовлении формующих вальцов.

Для устранения перечисленных недостатков предложен индукционный датчик рамного типа (рис. 1), устанавливаемый перед вальцевой системой, что позволяет отказаться от дорогостоящих материалов и технологий и увеличить время, необходимое для срабатывания системы защиты.



Рис. 1. Рамочный индукционный датчик металлодетектора

Датчик содержит одну возбуждающую обмотку $L1$ (5 витков, провод ПЭТВ-2 диаметром 0,8 мм) и две встречно включенные сигнальные обмотки $L2$ и $L3$ (по 5 витков, провод ПЭТВ-2 диаметром 0,2 мм). Экспериментально определены их параметры на частоте 10 кГц: $L1$ = 47,1 мкГн, $R1$ = 0,74 Ом; $L2$ = 44,8 мкГн, $R2$ = 0,82 Ом; $L3$ = 45,8 мкГн, $R3$ = 0,79 Ом. При отсутствии металлического предмета встречное включение сигнальных обмоток обеспечивает нулевой суммарный сигнал за счет равенства коэффициентов связи между возбуждающей и каждой из сигнальных обмоток. Попадание ферромагнитного тела в зону действия датчика изменяет коэффициент связи одной из обмоток относительно другой, вследствие чего на выходе появляется сигнал рассогласования, пропорциональный степени этого изменения и не зависящий от скорости прохождения предмета через зону контроля.

Обработка сигнала датчика выполняется по функциональной схеме, приведенной на рис. 2.

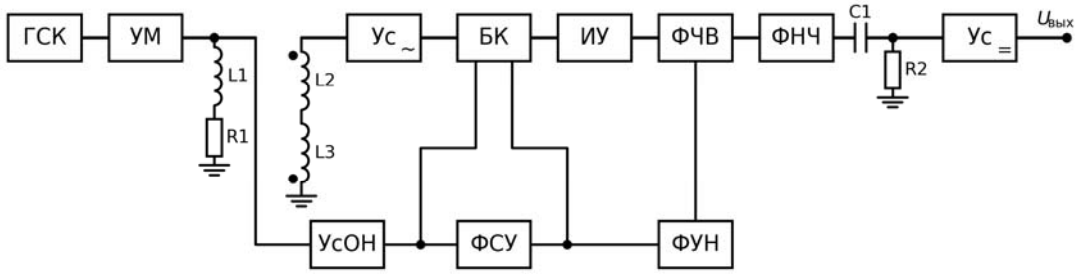


Рис. 2. Функциональная схема обрабатывающего устройства металлодетектора

Генератор синусоидальных колебаний (ГСК) формирует стабильное по амплитуде и частоте (10 кГц) напряжение возбуждения; стабилизация амплитуды обеспечивается встречно-параллельным включением диодов в цепи обратной связи. Усилитель мощности (УМ) на микросхеме TDA2030 согласует генератор с низкоомной нагрузкой обмотки $L1$. Сигнал с сигнальных обмоток поступает на усилитель Ус и блок компенсации (БК), выполненный на операционном усилителе с параллельной отрицательной обратной связью; регулировкой потенциометров БК достигается минимальное (в идеале нулевое) напряжение на выходе при отсутствии металла. Далее сигнал рассогласования выделяется избирательным усилителем (ИУ), настроенным на частоту генератора, и поступает на фазочувствительный выпрямитель (ФЧВ), реализованный на микросхеме К590КН4. Опорное напряжение для ФЧВ формируется фазосдвигающим устройством (ФСУ) и формирователем управляющих напряжений (ФУН). Постоянная составляющая выделяется трёхзвенным фильтром нижних частот (ФНЧ) и усиливается выходным усилителем постоянного напряжения на микросхеме LM324.

Расчет основных узлов схемы выполнен исходя из рабочей частоты генератора 10 кГц: при емкости времязадающих конденсаторов $C1 = C2 = 4{,}7$ нФ сопротивления частотозадающей цепи составили $R \approx 3{,}39$ кОм, коэффициент отрицательной обратной связи принят $\beta < 1/3$ ($R3 = 20$ кОм, $R4 = 40$ кОм). В блоке обработки использованы операционные усилители К544УД2 (формирователь управляющих напряжений), ОР37 (усилители напряжения рассогласования и опорного напряжения) и LM324 (выходной усилитель постоянного напряжения), параметры которых по входным токам и напряжениям смещения обеспечивают требуемую точность формирования и обработки сигнала.

Использование синхронного детектирования с опорным сигналом от того же генератора, что и возбуждение датчика, в сочетании с дифференциальным включением сигнальных обмоток обеспечивает высокую помехоустойчивость схемы и позволяет выделять полезный сигнал на фоне значительных электромагнитных помех, создаваемых работающими электродвигателями и вращающимися вальцами комбайна.

Таким образом, разработанные конструкция индукционного датчика и схемотехническое решение обрабатывающего устройства обеспечивают независимость чувствительности металлодетектора от скорости прохождения кормовой массы и отказ от дорогостоящих материалов и технологий изготовления.

Литература

1. Патент BY 7438, МПК G 01R 33/02, A 01D 75/00 (2006.01). Металлодетектор для кормоуборочной техники : № u 20101086 ; заявлено 31.12.2010 : опубл. 30.06.2011 / Карпов В. А., Соболев Д. В., Ростокина О. М. ; заявитель Гомел. гос. техн. ун-т им. П. О. Сухого. – URL: https://elib.gsty.by/handle/220612/231 (дата обращения: 10.07.2026).
2. Соболев, Д. В. Металлодетектор для защиты рабочих органов кормоуборочной техники / Д. В. Соболев ; науч. рук. В. А. Карпов // Творчество юных – 2012 : сб. науч. ст. / Гомел. гос. техн. ун-т им. П. О. Сухого. – Гомель, 2012. – С. 163–166.
3. Соболев, Д. В. Металлодетектор на основе элементов Холла / Д. В. Соболев ; науч. рук. В. А. Карпов // Творчество юных – 2013 : сб. науч. ст. / Гомел. гос. техн. ун-т им. П. О. Сухого. – Гомель, 2013. – С. 180–183.
4. Карпов, В. А. Преобразовательная техника : метод. указания к курсовому проектированию по одноим. дисциплине для студентов специальности 1-36 04 02 «Промышленная электроника» днев. и заоч. форм обучения / В. А. Карпов, О. М. Ростокина. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2011. – 43 с.

СХЕМАТЭХНІЧНАЯ РЭАЛІЗАЦЫЯ ВУЗЛОЎ ІНТЭРФЕЙСНАГА СПАЛУЧЭННЯ І БЛОКА СІЛКАВАННЯ ІНТЭЛЕКТУАЛЬНАЙ ЛІФТАВОЙ ПАНЭЛІ

Дз. А. Рагавы

Установа адукацыі «Гомельскі дзяржаўны тэхнічны ўніверсітэт імя П. В. Сухога», Рэспубліка Беларусь

Навуковыя кіраўнікі: Дз. А. Літвінаў, Ю. В. Крышнеў

Разгледжана схематэхнічная рэалізацыя вузлоў інтэрфейснага спалучэння па стандартах RS-485 і CAN, а таксама блока сілкавання інтэлектуальнай ліфтавой панэлі з сістэмай галасавога кіравання на базе мікракантролера ESP32-S3.

Ключавыя словы: ліфтавая панэль, інтэрфейс RS-485, інтэрфейс CAN, MCP2561, MAX485, блок сілкавання, імпульсны пераўтваральнік MC33063, стабілізатар LM1117, ESP32-S3.

Інтэграцыя інтэлектуальных панэляў кіравання з існуючымі сістэмамі дыспетчарызацыі ліфтавога абсталявання патрабуе прымянення прамысловых інтэрфейсаў перадачы даных, устойлівых да электрамагнітных перашкод кабіны і шахты ліфта. Найбольш распаўсюджанымі ў ліфтавой аўтаматыцы з'яўляюцца дыферэнцыяльныя інтэрфейсы RS-485 і CAN, якія забяспечваюць надзейную перадачу даных на значныя адлегласці пры высокім узроўні прамысловых перашкод. Не менш важнай задачай пры распрацоўцы ўбудаванай прылады з'яўляецца пабудова блока сілкавання, які пераўтварае напружанне бартавой сеткі ліфтавога абсталявання ў напружанні, неабходныя для сілкавання мікракантролера і перыферыйных вузлоў.