



УДК 622.271.4:622.684

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ СХЕМЫ ИНДУКЦИОННОГО ПИТАНИЯ ПЕРЕДАТЧИКА УСТРОЙСТВА ОБНАРУЖЕНИЯ ПРОДОЛЬНОГО ПОРЫВА КОНВЕЙЕРНОЙ ЛЕНТЫ

Григорьев А.В.¹, Захаров А.Ю.¹, Захарова А.Г.¹, Шаулев Ан.А.¹, Ещин Е.К.¹,
Семыкина И.Ю.^{1,2}, Шаулев Ал.А.³, Лебедев Г.М.¹

¹ Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева

² Севастопольский государственный университет

³ Новосибирский государственный технический университет



Информация о статье

Поступила:

15 января 2025 г.

Рецензирование:

19 апреля 2025 г.

Принята к печати:

19 мая 2025 г.

Ключевые слова:

ленточные конвейеры;
конвейерные ленты;
продольный порыв;
устройство обнаружения
продольного порыва; датчик
Виганда; передатчик
импульсов; приемник
импульсов.

Аннотация.

Продольные порывы конвейерных лент в условиях современных угольных шахт могут привести к значительным экономическим затратам, вызванным простоем шахтного оборудования и дорогостоящим ремонтом.

В настоящее время известно множество устройств обнаружения продольного порыва конвейерных лент (УОПП). Одним из перспективных направлений решения проблемы обнаружения продольного порыва можно считать передачу энергии в виде электромагнитных полей по поперечному сечению конвейерной ленты. К недостаткам этого решения можно отнести сложности при считывании информации приемником из-за большого количества наводок во встроенной в конвейерную ленту петле в условиях шахты. Для повышения надежности срабатывания УОПП на кафедрах горных машин и комплексов и электропривода и автоматизации Кузбасского государственного технического университета им. Т.Ф. Горбачева (КузГТУ) разработано устройство, в котором передатчик и источник питания располагаются в конвейерной ленте, предложены несколько вариантов структурных схем УОПП и определены требования к передатчику и приемнику. В состав датчика продольного разрыва ленты конвейера входит передатчик, параметры которого определяются на этапе проектирования. Приемник входит в состав логического блока, располагаемого на ставе конвейера. Одной из перспективных схем датчиков разрыва ленты конвейера может рассматриваться схема, выполненная с применением датчика Виганда, которая, при достаточной магнитной индукции от магнита, расположенного на ставе конвейера, формирует на выходе импульс напряжения для кратковременного запитывания и работы схемы передатчика. Целью работы является исследование возможности применения датчиков Виганда в УОПП на предмет минимизации влияния электромагнитных помех, обеспечения высокой чувствительности и надежности срабатывания системы при обнаружении разрыва конвейерной ленты, низкой вероятности ложного срабатывания, невысоких стоимости и энергопотребления.

Для цитирования: Григорьев А.В., Захаров А.Ю., Захарова А.Г., Шаулев Ан.А., Ещин Е.К., Семыкина И.Ю., Шаулев Ал.А., Лебедев Г.М. Исследование возможности реализации схемы индукционного питания передатчика устройства обнаружения продольного порыва конвейерной ленты // Техника и технология горного дела. – 2025. – № 2(29). – С. 84-99. – DOI: 10.26730/2618-7434-2025-2-84-99, EDN: QJUMSE



Введение

Продольные порывы критически важных конвейерных лент в условиях современных угольных шахт могут привести к значительным экономическим затратам, вызванным простоем шахтного оборудования и дорогостоящим ремонтом.

В настоящее время известно множество устройств обнаружения продольного порыва конвейерных лент (УОПП). Например, устройство для фиксации транспортируемого груза, попавшего на порожнюю ветвь ленты через порыв [1]. Непрерывный контроль ширины ленты может осуществляться с помощью механического устройства EMSYS фирмы MESKOTEX K G [2] и с помощью ультразвука [3]. Для повышения надежности срабатывания и снижения вероятности ложных срабатываний разработано устройство, основанное на использовании ультразвука, которое контролирует одновременно ширину ленты и её звукопроводимость [4].

Устройства [5-11] предполагают использование видеокамер и основаны на анализе изображения поверхности конвейерной ленты, кроме того, получили распространение устройства на основе применения магнитного сканирования [12], а также устройства, в которых осуществляется регистрация индуктивных токов, генерируемых в петле, встроенной в конвейерную ленту, с помощью приемника, находящегося на ставе конвейера [13,14]. Известны устройства, основанные на применении рентгеновского излучения [15].

Наиболее перспективным направлением решения проблемы обнаружения продольного порыва можно считать передачу энергии в виде электромагнитных полей по поперечному сечению конвейерной ленты. Однако, в связи с большим количеством наводок во встроенной в конвейерную ленту петле в условиях шахты, могут возникать сложности при считывании информации приемником. Кроме этого, в таких устройствах необходимо экранирование передатчика от приемника.

Для повышения надежности работы УОПП на кафедрах горных машин и комплексов и электропривода и автоматизации КузГТУ разработано устройство, в котором передатчик и источник питания располагаются в конвейерной ленте [16]. Источник питания и передатчик соединяются проводами, проходящими поперек ленты. На ставе конвейера в определенных местах устанавливаются приемники. В случае целостности соединительных проводов постоянный магнит, установленный на ставе конвейера, включает датчик, передатчик посылает сигнал на приемник, находящийся также на ставе конвейера, который принимает этот сигнал, далее логический блок обрабатывает информацию. В случае продольного порыва конвейерной ленты соединительные провода обрываются и передатчик не посылает сигнал, логический блок формирует команду для отключения конвейера. Предложены несколько вариантов структурных схем УОПП с минимальным влиянием электромагнитных помех. Сформулированы требования к передатчику и приемнику.

В состав датчика продольного разрыва ленты конвейера входит передатчик, параметры которого определяются на этапе проектирования. Приемник входит в состав логического блока, располагаемого на ставе конвейера. Общие требования к передатчику и приемнику следующие:

- передатчик должен устойчиво работать при напряжении питания от 1 до 1,5 В;
- центральная частота электромагнитного излучения при изменении напряжения элемента питания от 1 до 1,5 В может изменяться не более, чем на 3%;
- ширина полосы частот электромагнитного излучения передатчика должна быть не более 3% от центральной частоты;
- мощность передатчика должна быть больше мощности потерь передачи более, чем в 3 раза (для обеспечения надежной передачи);
- чувствительность приемника должна быть менее мощности потерь на передаче;
- передатчик и приемник должны потреблять как можно меньше электроэнергии (для обеспечения долговременной работы без демонтажа датчиков разрыва ленты);
- габаритные размеры не более 10×10×3 мм;
- радиопередатчик должен быть выполнен на элементах, стойких к ударам и вибрации;
- конструкция передатчика должна исключать ложное срабатывание: для этого частота несущей должна превышать 20-ую гармонику тока типовых электроприемников в угольной шахте.

Одной из перспективных схем датчиков разрыва ленты конвейера, удовлетворяющей этим условиям, может рассматриваться схема, выполненная с применением датчика Виганда, которая, при достаточной магнитной индукции, формирует на выходе импульс напряжения, достаточный для кратковременного запитывания и работы схемы передатчика (например, датчик WS-UTS-4-U0 при магнитной индукции 11 мТл формирует импульс с энергией 140 нДж и напряжением от 5,3 до 7 В).

Структурная схема датчика разрыва ленты конвейера с датчиками Виганда приведена на рис. 1 [16].

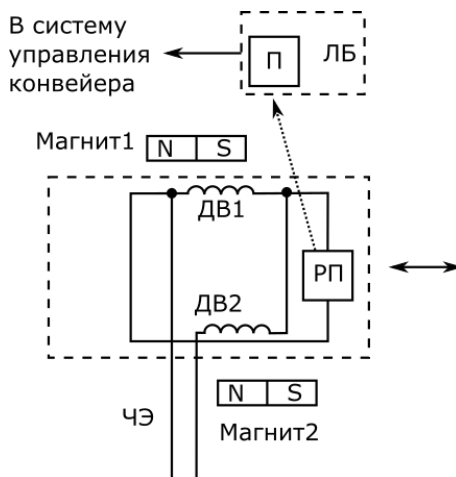


Рисунок 1 – Структурная схема датчика разрыва ленты с датчиками Виганда:

ДВ1, ДВ2 – датчики Виганда, GB – элемент питания, К – кодер, РП – радиопередатчик, ЧЭ – чувствительный элемент (соединительные провода), П – радиоприемник, ЛБ – логический блок

Figure 1 – Structural scheme of the tape break sensor with Wiegand sensors: ДВ1, ДВ2 – Wiegand sensors, GB – battery, РП – radio transmitter, ЧЭ – sensitive element (connecting wires), П – radio receiver, ЛБ – logical block

Данная схема не требует источника питания в передатчике, но вопрос запитывания радиопередатчика непосредственно от датчика Виганда требует исследования. Целью работы является исследование возможности реализации схемы индукционного питания передатчика устройства обнаружения продольного порыва конвейерной ленты, выполненного с применением датчика Виганда.

Методы исследования

Возможности использования датчика Виганда

Работа датчика базируется на известном эффекте Виганда [17, 18], суть которого проявляется в том, что при внесении ферромагнитной проволоки в магнитное поле, в ней происходит самопроизвольное изменение магнитной поляризации. Это явление наблюдается при выполнении двух условий. Первое – проволока должна иметь специальный химический состав (52% кобальта, 10% ванадия – «Викалой») и двухслойную структуру (рис. 2). Второе – напряженность магнитного поля должна быть выше определенного порогового значения – порога зажигания.

Момент изменения поляризации проволоки можно наблюдать с помощью катушки индуктивности, расположенной рядом с проволокой. Индукционный импульс напряжения на ее выводах при этом достигает нескольких вольт. При изменении направления магнитного поля полярность индуцируемых импульсов изменяется. В настоящее время эффект объясняют различной скоростью переориентации элементарных магнитов в магнитомягкой сердцевине и магнитотвердой оболочке проволоки. Получать такие структуры удастся за счет использования специальной технологии изготовления. Диаметр проволоки 0,2-0,3 мм, длина – 5-40 мм. Обмотка датчика обычно составляет 1000-2000 витков медного провода диаметром 0,05-0,1 мм.

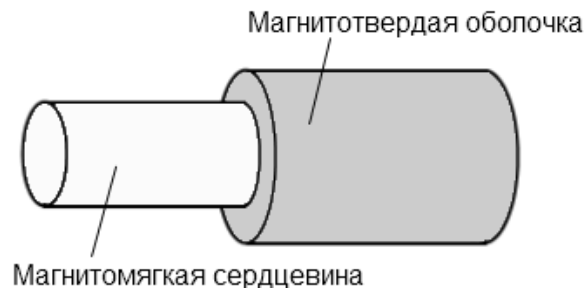


Рисунок 2 – Двухслойная структура
Figure 2 – Double layer structure

Момент изменения поляризации проволоки можно наблюдать с помощью катушки индуктивности, расположенной рядом с проволокой. Индукционный импульс напряжения на ее выводах при этом достигает нескольких вольт. При изменении направления магнитного поля полярность индуцируемых импульсов изменяется. В настоящее время эффект объясняют различной скоростью переориентации элементарных магнитов в магнитомягкой сердцевине и магнитотвердой оболочке проволоки. Получать такие структуры удастся за счет использования специальной технологии изготовления. Диаметр проволоки 0,2-0,3 мм, длина – 5-40 мм. Обмотка датчика обычно составляет 1000-2000 витков медного провода диаметром 0,05-0,1 мм.

Конструкция датчиков Виганда содержит катушку индуктивности и проволоку Виганда. При смене поляризации проволоки, катушка, намотанная на неё, фиксирует это изменение (рис. 3).

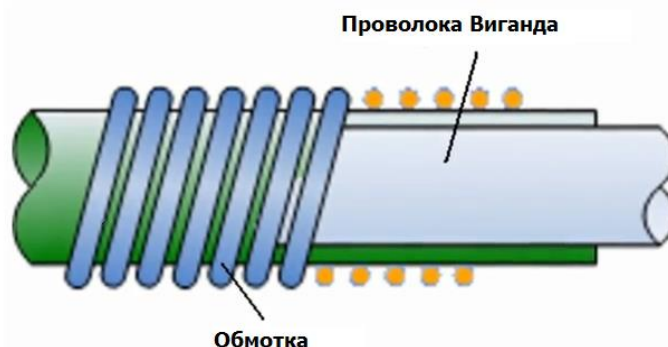


Рисунок 3 – Конструкция датчика Виганда
Figure 3 – Construction of the Wiegand sensor

К достоинствам датчика Виганда следует отнести независимость от влияния внешних электрических и магнитных полей, широкий температурный диапазон работы ($-200^{\circ} \dots +200^{\circ}\text{C}$), работу без источника питания, конструктивную защищенность от коротких замыканий, искробезопасность. На основе эффекта Виганда созданы датчики нулевого энергопотребления WG (также называемый Wiegand Sensor) они являются своего рода магнитным компонентом нового типа (таблица 1, рис. 4, 5). Такие датчики могут инициативно генерировать энергию, им не нужна внешняя энергия, когда они работают. Это может дать резкий импульсный сигнал напряжения.

Так как датчики, основанные на эффекте Виганда, совместимы с большинством цифровых и аналоговых схем, не чувствительны к влаге, пыли и агрессивной среде, имеют большой температурный диапазон работы, чаще всего их используют в тяжёлом машиностроении, а также для изготовления коммутационных устройств, таких как: датчики положения, угла, скорости, электронных реле для двигателей внутреннего сгорания [18].

Экспериментальная проверка нагрузочной способности датчика Виганда WG214

С целью выяснения возможности запитывания схемы датчика, встраиваемого в ленту от источника тока, на основе эффекта Виганда (датчика Виганда), проведен эксперимент на физической модели системы.

Таблица 1 – Основные параметры датчиков Виганда серии WG [19]

Table 1 – Main parameters of Wiegand sensors of the WG series

Тип прибора	Устаревший аналог	Индукция управляющего магнитного поля, мТл			Длительность импульса, мкс	Амплитуда сигнала на выходе, В, не менее	Диапазон рабочих температур, °С	Максимальные габаритные размеры прибора, мм, не более
		Мин	Тип	Макс				
WG112	WG102	2,5	7...8	12	10...50	1,5	-20...+125	12,8x4,5x4,5
WG113	WG103	2,5	7...8	12	10...50	1,5	-20...+125	Ø3,6 x 11
WG113 A	WG133A	2,5	7...8	12	10...50	1,5	-20...+125	12,8x4,5x4,5
WG115	-	2,5	7...8	12	10...50	1,5	-20...+125	9 x 6,5 x 7,5
WG214	WG204	2,5	7...8	12	10...50	1,5	-20...+125	13 x 7,4 x 8
WG311	WG101 WG801	2,5	7...8	12	10...50	1,5	-20...+125	Ø4 x 11,5
WG312	-	2,5	7...8	12	10...50	1,5	-20...+125	8,8x4,8x5,8
WG514	WG504	2,5	7...8	12	10...50	Уп*	-20...+125	Ø6,3 x 9

Примечание: Уп = 3,6...5 В, рабочий ток, не более – 0,2 мкА

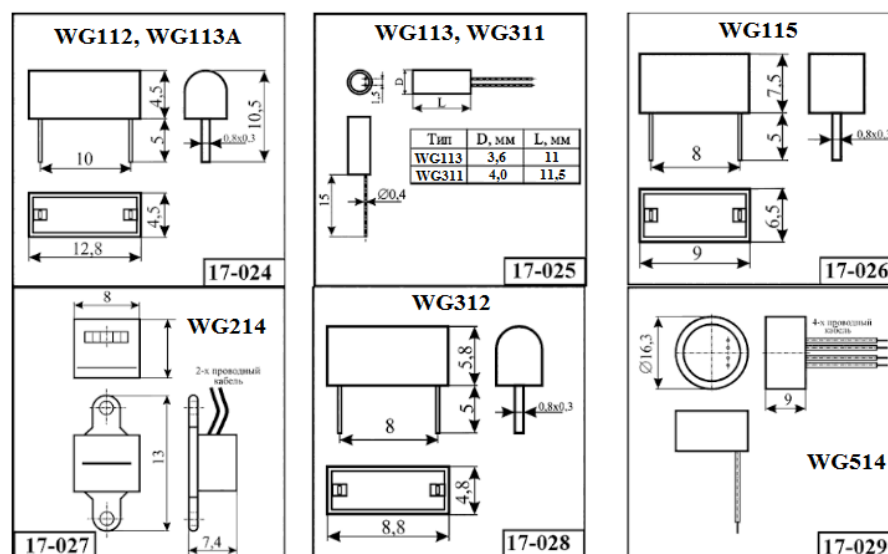


Рисунок 4 – Габаритные размеры различных вариантов датчиков Виганда

Figure 4 – Overall dimensions of various Wiegand sensor variants

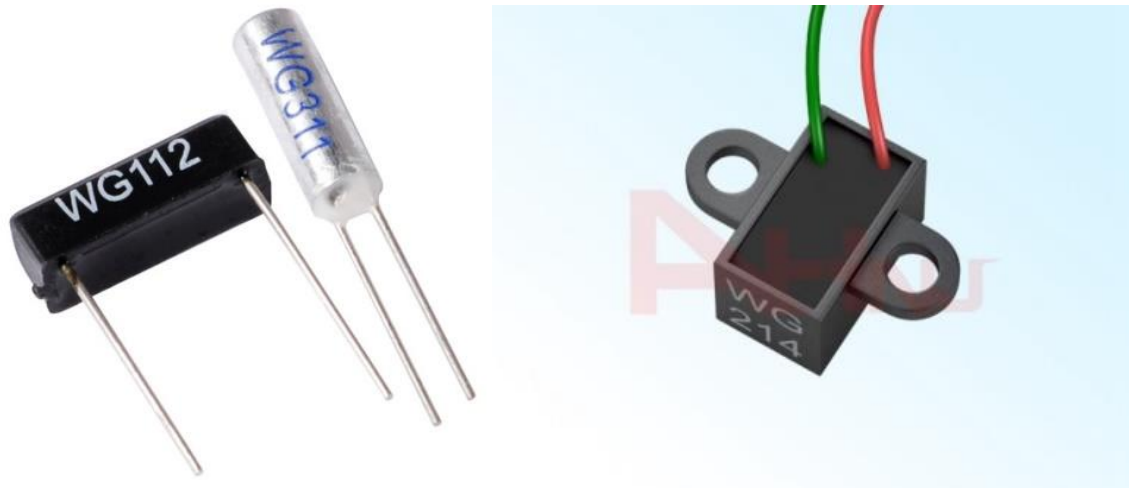


Рисунок 5 – Внешний вид датчиков WG112, WG311 и WG214
Figure 5 – Appearance of sensors WG112, WG311 and WG214

Эффект Виганда проявляется в виде генерирования импульса тока в замкнутом контуре с проволокой (на основе специального сплава) при достижении магнитной индукцией, пронизывающей проволоку, значения индукции срабатывания (активации). Импульс тока при этом не зависит от скорости движения источника электромагнитного поля, что может позволить запитать схему передатчика без использования батареи или аккумулятора даже при низкой скорости ленты конвейера. При этом магнит должен устанавливаться на ставе конвейера напротив мест монтажа элемента Виганда.

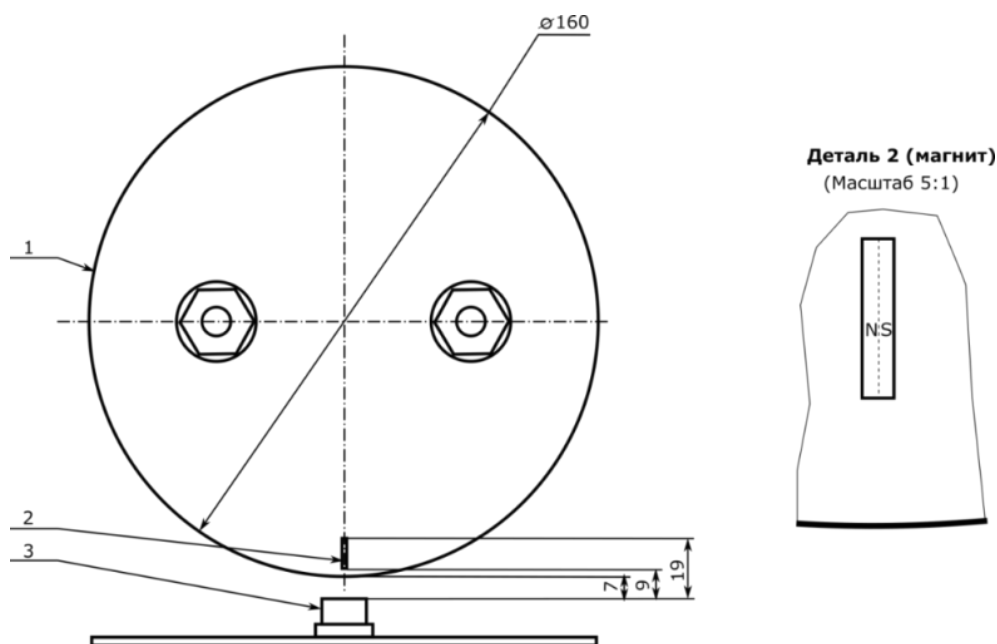
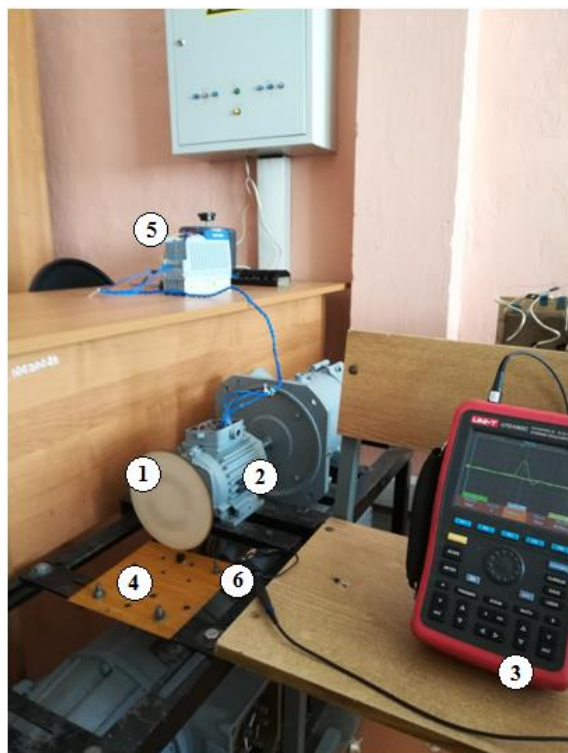
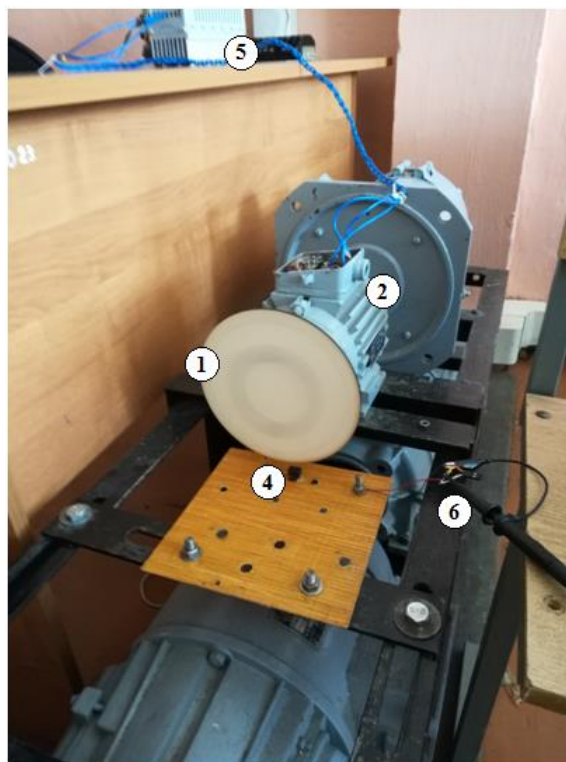


Рисунок 6 – Компонировочная схема экспериментальной установки: 1 – диск (материал – фанера); 2 – магнит; 3 – датчик Виганда WG214
Figure 6 – Layout diagram of the experimental setup: 1 – disk (material – plywood); 2 – magnet; 3 – Wiegand sensor WG214

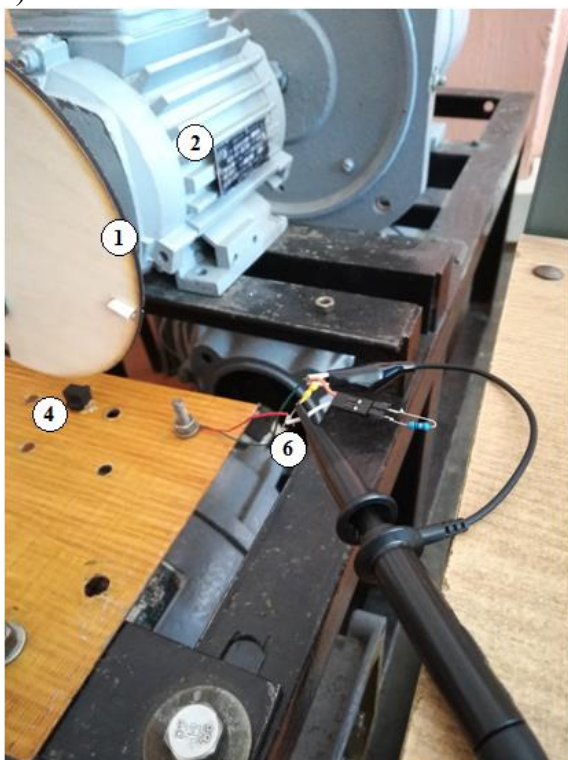
a)



б)



в)



г)

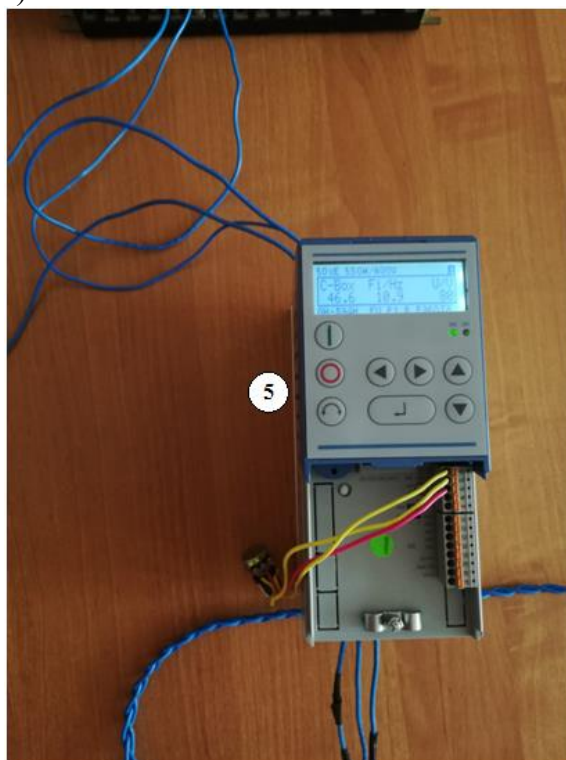


Рисунок 7 – Фотография экспериментальной установки: а – общий вид; б – электродвигатель с диском в движении; в – диск с магнитом, датчик Виганда и схема; г – преобразователь частоты

Figure 7 – Photograph of the experimental setup: а – general view; б – electric motor with a disk in motion; в – disk with a magnet, Wiegand sensor and circuit; г – frequency converter



Таблица 2 – Технические данные оборудования
Table 2 – Technical data of the equipment

Наименование параметра	Ед. изм.	Значение
Датчик Виганда WG214		
Минимальное значение магнитной индукции срабатывания	мТл	2,5
Номинальное значение магнитной индукции срабатывания	мТл	7..8
Максимальное значение магнитной индукции срабатывания	мТл	12
Амплитуда выходного напряжения	В	>1,5
Длительность импульса	мкс	10..50
Рабочий диапазон температур	°С	-20..+125
Размеры: длина ширина высота	мм	17,8 13,0 8,0
Магнит N35 10×10×2		
Состав сплава	–	Nd-Fe-B
Состав покрытия	–	Ni
Сила на отрыв	кгс	1,93
Остаточная магнитная индукция	мТл	15,4
Размеры: длина ширина высота	мм	10,0 10,0 2,0
Электродвигатель АИР80		
Номинальная мощность	кВт	0,55
Номинальное напряжение	В	380
Номинальный ток	А	1,5
Номинальная частота вращения	об/мин	2730
Преобразователь частоты NordAC SK500E-550-340A		
Номинальная мощность	кВт	0,55
Номинальное напряжение	В	400
Номинальный ток	А	1,5
Диапазон регулирования частоты напряжения	Гц	0..120
Осциллограф UTD1062C		
Диапазон измеряемого напряжения (с использованием делителя напряжения)	В	-600..600
Максимальная частота выборки	МГц	60

Принципиальная электрическая схема экспериментальной установки

С целью имитации линейного перемещения передатчика относительно магнита в экспериментальной установке использован диск из фанеры, закрепленный на полумуфте, насаженной на вал двигателя. В диск врезан магнит. Под диском установлен датчик Виганда. На выход датчика Виганда включена нагрузочная схема, позволяющая оперативно подключать и отключать резисторы с различным сопротивлением. Параллельно резистору подключен цифровой осциллограф, позволяющий фиксировать форму импульса и выполнять измерения амплитуды и длительности импульса с выхода датчика Виганда. Для проверки реакции датчика

при различной скорости ленты конвейера питание двигателя осуществляется от преобразователя частоты.

Чертеж и фотографии лабораторной установки представлены на рис. 6, 7.

На рис. 7 приняты обозначения: 1 – диск с магнитом, 2 – трехфазный асинхронный короткозамкнутый двигатель (номинальная частота вращения – 2730 об/мин), 3 – цифровой осциллограф с аккумуляторным питанием UTD1062, 4 – датчик Виганда WG214, 5 – преобразователь частоты NordAC SK500E-550-340A, 6 – нагрузка и фильтр. В табл. 2 представлены параметры оборудования, используемого при создании установки.

Принципиальная электрическая схема лабораторной установки приведена на рис. 8, где С – конденсатор фильтра нижних частот (для подавления высокочастотных помех от преобразователя частоты), R – нагрузочное сопротивление.

Измерения проведены при R = 1,1 Ом; 10 Ом; 107 Ом; 251 Ом; 497 Ом; 1,13 кОм; 5,2 кОм; 7,31 кОм; 11,04 кОм; 15,11 кОм.

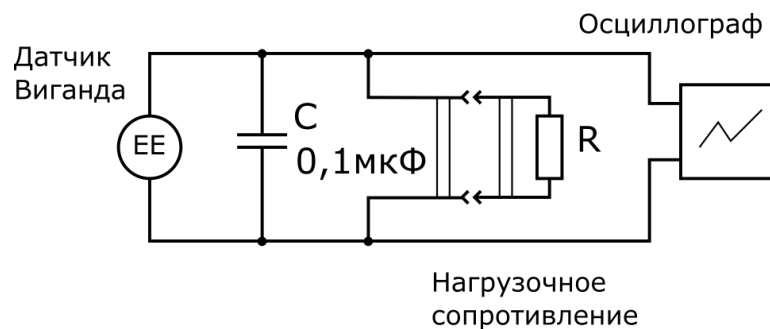


Рисунок 8 – Принципиальная электрическая схема исследовательской установки
Figure 8 – Schematic diagram of the research facility

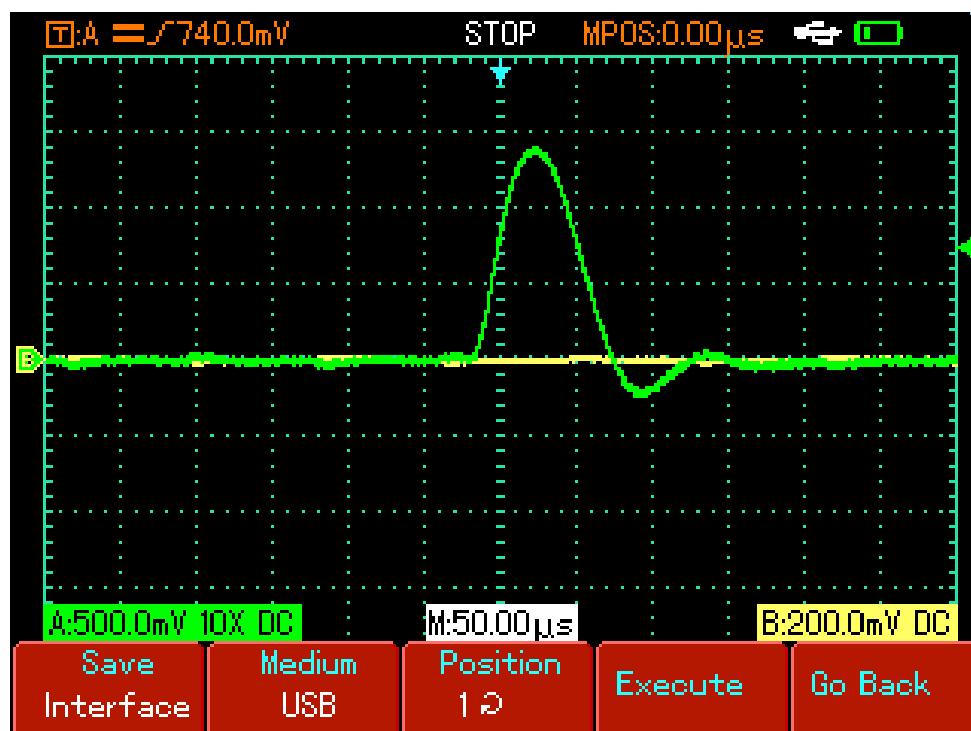


Рисунок 9 – Осциллограмма импульса с выхода датчика Виганда при сопротивлении нагрузки 7310 Ом, где масштаб по оси ординат – 500 мВ, по оси абсцисс – 50 мкс

Figure 9 – Oscillogram of the pulse from the output of the Wiegand sensor with a load resistance of 7310 Ohm, where the scale along the ordinate axis is 500 mV, along the abscissa axis – 50 μs



Таблица 3 – Результаты исследования датчика Виганда
Table 3 – Results of the Wiegand sensor study

R, Ом	U, мВ	t, мкс	v, м/с	f, Гц	P, мкВт	I, мА	Примечание
1,1	0	0	1,1	2,5	0	0	На фоне помех не наблюдается полезного сигнала
1,1	0	0	5	10,9	0	0	На фоне помех не наблюдается полезного сигнала
1,1	0	0	7	15,3	0	0	На фоне помех не наблюдается полезного сигнала
10	0	0	1,1	2,5	0	0	На фоне помех не наблюдается полезного сигнала
10	10	50	5	10,9	10	1	Импульс появляется редко
10	10	50	7	15,3	10	1	Импульс появляется редко
107	90	150	1,1	2,5	75,7	0,841	Четко различимый импульс
107	90	150	5	10,9	75,7	0,841	Четко различимый импульс
107	90	150	7	15,3	75,7	0,841	Четко различимый импульс
251	220	125	1,1	2,5	192,8	0,876	Четко различимый импульс
251	220	125	5	10,9	192,8	0,876	Четко различимый импульс
251	220	125	7	15,3	192,8	0,876	Четко различимый импульс
497	360	100	1,1	2,5	260,8	0,724	Четко различимый импульс
497	360	100	5	10,9	260,8	0,724	Четко различимый импульс
497	360	100	7	15,3	260,8	0,724	Четко различимый импульс
1130	500	100	1,1	2,5	221,2	0,442	Четко различимый импульс
1130	500	100	5	10,9	221,2	0,442	Четко различимый импульс
1130	500	100	7	15,3	221,2	0,442	Четко различимый импульс
5200	800	100	1,1	2,5	123,1	0,154	Четко различимый импульс
5200	800	100	5	10,9	123,1	0,154	Четко различимый импульс
5200	800	100	7	15,3	123,1	0,154	Четко различимый импульс
7310	1200	100	1,1	2,5	197	0,164	Четко различимый импульс
7310	1200	100	5	10,9	197	0,164	Четко различимый импульс
7310	1200	100	7	15,3	197	0,164	Четко различимый импульс
11040	1200	100	1,1	2,5	130,4	0,109	Четко различимый импульс
11040	1200	100	5	10,9	130,4	0,109	Четко различимый импульс
11040	1200	100	7	15,3	130,4	0,109	Четко различимый импульс
15110	1500	100	1,1	2,5	148,9	0,099	Четко различимый импульс
15110	1500	100	5	10,9	148,9	0,099	Четко различимый импульс
15110	1500	100	7	15,3	148,9	0,099	Четко различимый импульс
1000000	1800	80	1,1	2,5	–	–	Без нагрузки
1000000	1800	80	5	10,9	–	–	Без нагрузки
1000000	1800	80	7	15,3	–	–	Без нагрузки

Примечание: t – длительность импульса, v – линейная скорость магнита, f – частота питающего напряжения, P – максимальная мощность импульса с выхода датчика Виганда.

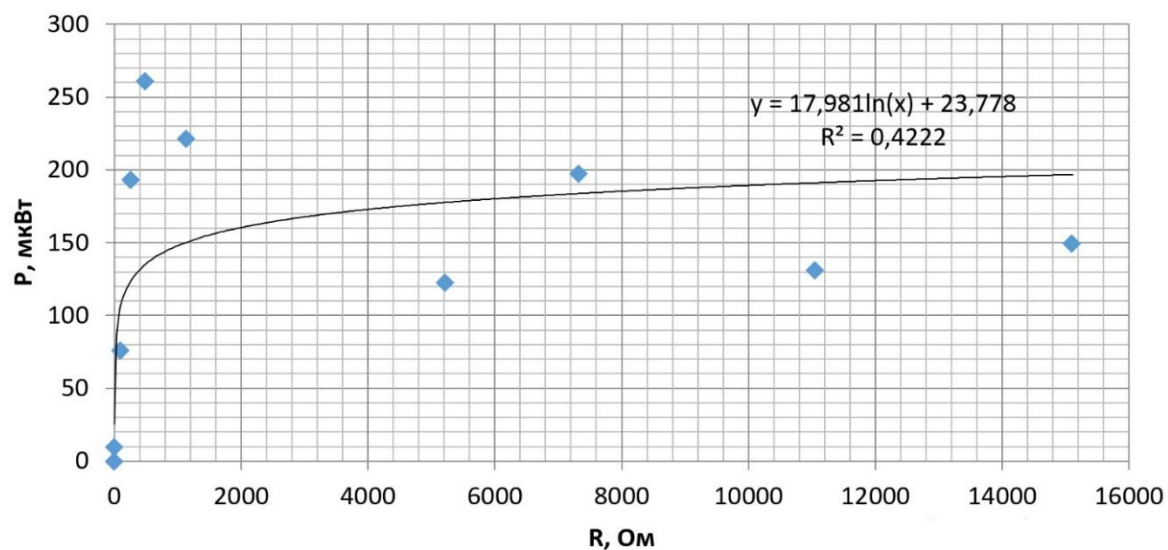


Рисунок 10 – Зависимость мощности на выходе датчика Виганда от сопротивления нагрузки
Figure 10 – Dependence of the output power of the Wiegand sensor on the load resistance

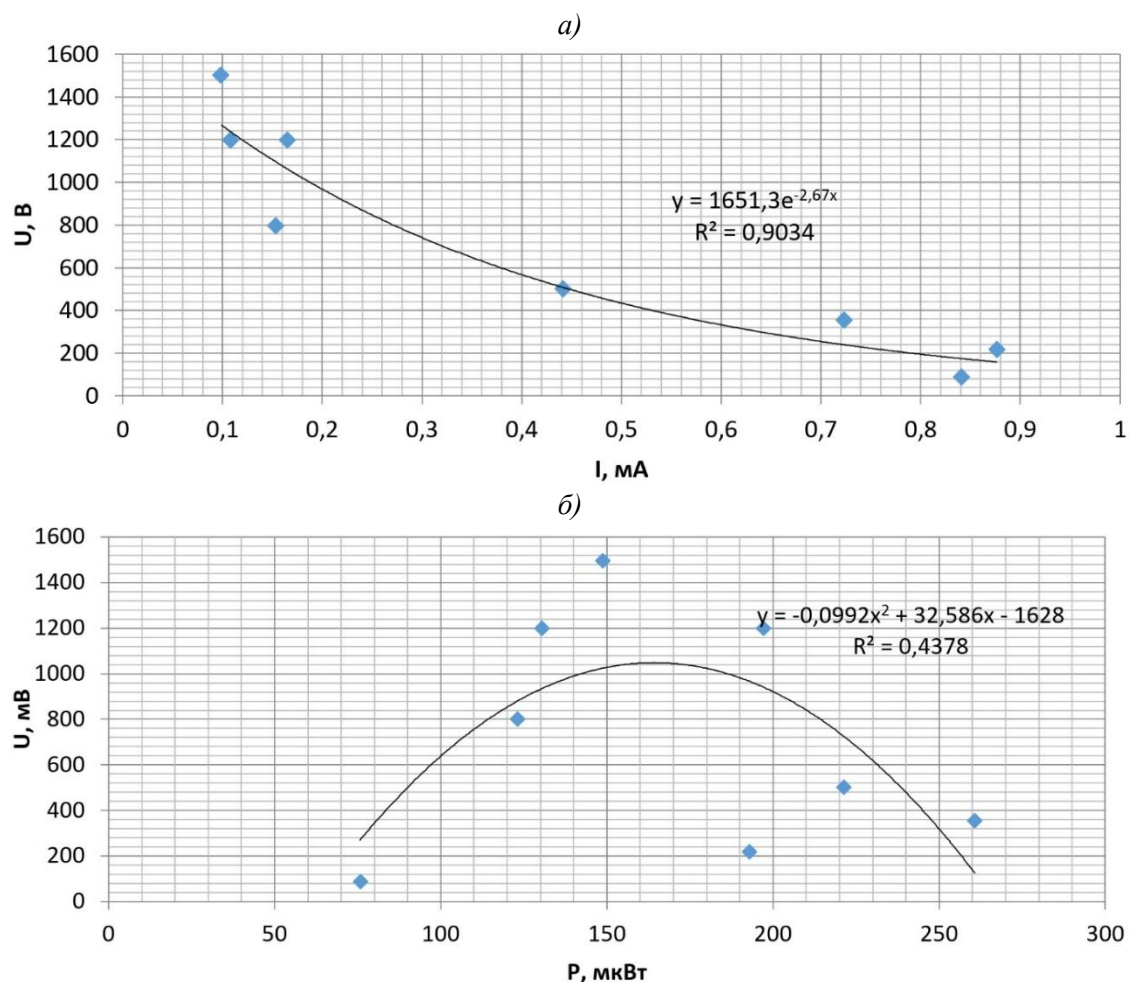


Рисунок 11 – Зависимость максимального значения напряжения импульса на выходе датчика Виганда: а – от максимального тока нагрузки; б – от мощности нагрузки
Figure 11 – Dependence of the maximum value of the pulse voltage at the output of the Wiegand sensor: а – on the maximum load current; б – on the load power



Результаты исследования

Исследование выполнялось следующим образом: к разъему схемы установки подключали резистор с измеренным заранее сопротивлением, затем включали преобразователь частоты и устанавливали с помощью панели управления частоту питающего напряжения. После этого снимали осциллограмму импульса напряжения на резисторе. Максимальное значение напряжения и длительность импульса заносили в таблицу. Далее изменяли задание частоты и фиксировали новые значения в таблице. После этого останавливали двигатель и подключали к разъему схемы экспериментальной установки резистор с другим сопротивлением и повторяли измерения.

Осциллограмма импульса при сопротивлении нагрузки 7,31 кОм представлена на рис. 9.

Для пересчета линейной скорости движения магнита в частоту питающего напряжения использовали следующую формулу:

$$f = \frac{v}{2\pi r} = \frac{1}{2\pi \cdot 0,073} v = 2,18v, \quad (1)$$

где $r = 0,073$ м – радиус окружности, на которой расположен центр магнита, v – линейная скорость магнита м/с, f – частота вращения ротора двигателя Гц для двигателя с числом пар полюсов $p = 1$ (на холостом ходу приблизительно равна частоте питающего напряжения).

Максимальную мощность импульса с выхода датчика Виганда рассчитывали по формуле:

$$P = \frac{U^2}{R}, \quad (2)$$

где U – максимальное значение напряжения, В; R – сопротивление резистора нагрузки, Ом.

Максимальное значение тока на выходе датчика Виганда рассчитывали по формуле:

$$I = \frac{U}{R}. \quad (3)$$

Результаты проведения серии опытов представлены в табл. 3 и на рис. 10, 11.

Выводы

Для работы большинства полупроводниковых приборов необходимо напряжение не менее 0,7 В. Из графиков на рис. 10, 11 видно, что максимальная мощность нагрузки при напряжении более 0,7 В достигается при сопротивлении 7310 Ом, что соответствует силе тока 164 мкА и максимальному напряжению 1,2 В. Максимальная мощность, которая достигается в этом случае, составляет 197 мкВт.

Длительность превышения напряжением на выходе датчика Виганда значения 0,7 В составляет менее 50 мкс, следовательно, время передачи сигналов должно быть менее 50 мкс. В некоторых случаях напряжение на выходе датчика Виганда в одних и тех же условиях меняется, что не позволяет гарантировать надежное питание устройств – то есть, при достаточной магнитной индукции от магнита, расположенного на ставе конвейера, датчик Виганда формирует на выходе импульс напряжения для кратковременного запитывания и работы схемы передатчика. При этом датчик Виганда выполняет функцию выключателя (геркона) и источника питания.

Однако исследования, проведенные на специальном стенде, показали, что вырабатываемой энергии недостаточно для срабатывания передатчика, что требует проведения дальнейших исследований.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

© 2025 Авторы. Издательство Кузбасского государственного технического университета имени Т.Ф. Горбачева. Эта статья доступна по лицензии Creative Commons «Attribution» («Атрибуция») 4.0 Всемирная (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)

Информация об авторах

Григорьев Александр Васильевич, канд. техн. наук, доцент,
e-mail: gav.eav@kuzstu.ru



Захаров Александр Юрьевич, доктор техн. наук, профессор,
e-mail: zaharovau@kuzstu.ru

Захарова Алла Геннадьевна, доктор техн. наук, профессор,
e-mail: zahrovaag@kuzstu.ru

Шаулев Андрей Альбертович, аспирант,
e-mail: shaulevaa@kuzstu.ru

Ецин Евгений Константинович, доктор техн. наук, профессор,
e-mail: eke@kuzstu.ru

Лебедев Геннадий Михайлович, докт. техн. наук, доцент
e-mail: lgm.egpp@kuzstu.ru

Кузбасский государственный технический университет им. Т.Ф. Горбачева
650000, Российская Федерация, г. Кемерово, ул. Весенняя, 28

Семыкина Ирина Юрьевна, доктор техн. наук, доцент, старший научный сотрудник лаборатории
цифровой трансформации предприятий минерально-сырьевого комплекса
e-mail: arinasemykina@gmail.com

Кузбасский государственный технический университет им. Т.Ф. Горбачева
650000, Российская Федерация, г. Кемерово, ул. Весенняя, 28
Севастопольский государственный университет
299053, Севастополь, ул. Университетская, 33

Шаулев Алексей Андреевич, студент
e-mail: shaulev@yandex.ru

Новосибирский государственный технический университет
630073, Россия, г. Новосибирск, проспект Карла Маркса, 20

Список литературы

1. Zakharov A., Gerike B., Grigoryev A., Zakharova A. Analysis of Devices to Detect Longitudinal Tear on Conveyor Belts // E3S Web of Conferences. Vth International Innovative Mining Symposium. – 2020. – Vol.174. – № 03006. – P.8. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202017403006>
2. Устройство контроля продольных разрывов ленты MESKOTEX KG. URL: <http://www.tecnosnab.com/documents/gurtlangsrisserrfass-rus.pdf> (дата обращения 19.12.2024).
3. Beltscan systems. Rip detections and condition monitoring. URL: <https://www.beltscan.com/products/belt-guard-10k-rip-detector-for-steel-cord-belts.html> (дата обращения: 25.02.2024).
4. Захарова А.Г., Захаров А. Ю., Лобур И. А., Шаулева Н. М. Устройство для обнаружения продольного порыва конвейерной ленты с использованием ультразвуковых датчиков // Горное оборудование и электромеханика, 2022. № 4 (162). С. 62-70.
5. Zhang M., Zhang Y., Zhou M. et all. Application of Lightweight Convolutional Neural Network for Damage Detection of Conveyor Belt // Applied sciences, 2021. № 11(16). P. 7282-1–7282-15.
6. Hou C., Qiao T., Zhang H., Pang Y., and Xiong X. Multispectral visual detection method for conveyor belt longitudinal tear // Measurement, 2019. Vol. 143. P. 246-257.
7. Xianguo L., Lifang S., Zixu M., Can Z., Hangqi J. Laser-based on-line machine vision detection for longitudinal rip of conveyor belt // Optik (Stuttg), 2018. Vol.168. P. 360-369.
8. Qiao T., Chen L., Pang Y., Yan G., and Miao C. Integrative binocular vision detection method based on infrared and visible light fusion for conveyor belts longitudinal tear // Measurement, 2017. Vol. 110. P. 192-201.
9. Yu B., Qiao T., Zhang H., Yan G. Dual band infrared detection method based on mid-infrared and long infrared vision for conveyor belts longitudinal tear // Meas. J. Int. Meas. Confed., 2018. Vol.120. P. 140-149.



10. Hou C., Qiao T., Qiao M., Xiong X., Yang Y., and Hhang H. Research on Audio-Visual Detection Method for Conveyor Belt Longitudinal Tear // IEEE Access, 2019. Vol.7. – P. 120202-120213.
11. Leo M., Medioni G., Trivedi M., Kanade T., Farinella G.M. Computer vision for assistive technologies // Comput. Vis. Image Underst., 2017. Vol.154. P. 1-15.
12. Blazej R., Jurdziak L., Kirjanow A. et all. Evaluation of the quality of steel cord belt splices based on belt examination using magnetic techniques // Diagnostyka, 2015. Vol. 16. №. 3. P. 59-64.
13. Becker. Mining systems. Belt management. URL: <https://www.becker-mining.com/en/products/%20mincos/belt-management> (дата обращения: 25.01.2024).
14. Rubex Group. Конвейерные ленты с контролем порыва. URL: <https://rubexgroup.ru/lenta-s-kontrolem-poryva/> (дата обращения: 21.03.2024).
15. Phoenix Conveyor Belts join Global Continental Branding for Conveying Solutions. URL: <https://www.continental-industry.com/en/solutions/conveyor-belt-systems> (дата обращения 25.01.2024).
16. Захаров А.Ю., Григорьев А.В., Захарова А.Г., Лобур И.А., Шайлева Н.М. Формирование структурной схемы устройства обнаружения продольного порыва конвейерной ленты с минимальным влиянием электромагнитных помех // Горное оборудование и электромеханика, 2023. №1(165). С. 11-17.
17. Бараночников М.Л. Микромагнитоэлектроника: Т.2. М.: ДМК Пресс, 2014. 888с.
18. Соколов Е.В., Захаров А.Ю. Возможности использования датчиков Виганда в системах автоматизации ленточных конвейеров // Материалы XI Всероссийской научно-практической конференции «Россия молодая». Кемерово. 2019. С. 10807-1 – 10807-4.
19. Кашкаров А.П. Микроэлектромеханические системы и элементы. М.: ДМК Пресс, 2018. - 114 с.

RESEARCH OF THE POSSIBILITY OF IMPLEMENTING THE TRANSMITTER'S INDUCTION POWER SUPPLY SCHEME OF LONGITUDINAL BREAKAGE DETECTION DEVICE ON A CONVEYOR BELT

Alexander V. Grigoriev¹, Alexander Y. Zakharov¹, Alla G. Zakharova¹,
Andrey A. Shaulev¹, Evgenij K. Eshchin¹, Irina Yu. Semykina^{1,2}, Alexey A. Shaulev³,
Gennady M. Lebedev¹

¹T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University

²Sevastopol State University

³Novosibirsk State Technical University



Article info

Received:

15 January 2025

Revised:

19 April 2025

Accepted:

19 May 2025

Keywords: belt conveyors;
conveyor belts; longitudinal tear;
longitudinal breakage detection
device, Wiegand sensor; pulse
transmitter; pulse receiver.

Abstract.

Longitudinal breakages of conveyor belts in modern coal mines can lead to significant economic costs due to downtime of mine equipment and expensive repairs. Currently, many longitudinal breakage detection devices on a conveyor belt (LBDD) are known. One of the promising directions for solving the problem of detecting a longitudinal breakage can be considered the transmission of energy in the form of electromagnetic fields along the cross-section of the conveyor belt. The disadvantages of this solution include difficulties in reading information by the receiver due to a large number of interferences in the loop built into the conveyor belt in mine conditions. In order to improve the reliability of the LBDD operation, the Departments of Mining Machines and Complexes and Electric Drive and Automation of the Kuzbass State Technical University named after T.F. Gorbachev (KuzSTU) have developed a device in which the transmitter and power source are located in the conveyor belt, several variants of the LBDD structural diagrams have been proposed, and the requirements for the transmitter and receiver have been determined. The conveyor belt longitudinal break sensor includes a transmitter, the parameters of which are determined at the design stage. The receiver is part of the logical block located on the conveyor frame. One of the promising schemes of conveyor



belt break sensors can be considered a scheme made using a Wiegand sensor, which, with sufficient magnetic induction from a magnet located on the conveyor frame, forms a voltage pulse at the output for short-term power supply and operation of the transmitter circuit. The purpose of the work is to study the possibility of using Wiegand sensors in the LBDD for minimizing the impact of electromagnetic interference, ensuring high sensitivity and reliability of the system when detecting a break in the conveyor belt, low probability of false alarm, low cost and energy consumption.

For citation Grigoriev A.V., Zakharov A.Y., Zakharova A.G., Shaulev An.A., Eshchin E.K., Semykina I.Yu., Shaulev Al.A., Lebedev G.M. Research of the possibility of implementing the transmitter's induction power supply scheme of longitudinal breakage detection device on a conveyor belt. *Journal of mining and geotechnical engineering*. 2025;2(29):84-99. DOI: 10.26730/2618-7434-2025-2-84-99, EDN: QJUMSE

References

1. Zakharov A., Gerike B., Grigoryev A., Zakharova A. Analysis of Devices to Detect Longitudinal Tear on Conveyor Belts // E3S Web of Conferences. Vth International Innovative Mining Symposium. – 2020. – V.174. – № 03006. – P.8.
2. Device for monitoring longitudinal breaks in the belt MESKOTEX KG. URL: <http://www.tecnosnab.com/documents/gurtlangsrissersfass-rus.pdf> (accessed: 19.12.2024).
3. Beltscan systems. Rip detections and condition monitoring. URL: <https://www.beltscan.com/products/belt-guard-10k-rip-detector-for-steel-cord-belts.html> (accessed: 25.02.2024).
4. Zakharova A.G., Zakharov A.Y., Lobur I.A., Shauleva N.M. Ultrasonic based device to detect longitudinal tears on conveyor belts. *Mining equipment and electromechanics*. 2022; 4(162):62-70.
5. Zhang M., Zhang Y., Zhou M. et al. Application of Lightweight Convolutional Neural Network for Damage Detection of Conveyor Belt // *Applied sciences*, 2021. № 11(16). P. 7282-1–7282-15.
6. Hou C., Qiao T., Zhang H., Pang Y., and Xiong X. Multispectral visual detection method for conveyor belt longitudinal tear // *Measurement*, 2019. Vol. 143. P. 246-257
7. Xianguo L., Lifang S., Zixu M., Can Z., Hangqi J. Laser-based on-line machine vision detection for longitudinal rip of conveyor belt // *Optik (Stuttg)*, 2018. Vol.168. P. 360-369.
8. Qiao T., Chen L., Pang Y., Yan G., and Miao C. Integrative binocular vision detection method based on infrared and visible light fusion for conveyor belts longitudinal tear // *Measurement*, 2017. Vol. 110. P. 192-201.
9. Yu B., Qiao T., Zhang H., Yan G. Dual band infrared detection method based on mid-infrared and long infrared vision for conveyor belts longitudinal tear // *Meas. J. Int. Meas. Confed.*, 2018. Vol.120. P. 140-149.
10. Hou C., Qiao T., Qiao M., Xiong X., Yang Y., and Hhang H. Research on Audio-Visual Detection Method for Conveyor Belt Longitudinal Tear // *IEEE Access*, 2019. Vol.7. – P. 120202-120213.
11. Leo M., Medioni G., Trivedi M., Kanade T., Farinella G.M. Computer vision for assistive technologies // *Comput. Vis. Image Underst.*, 2017. Vol.154. P. 1-15.
12. Blazej R., Jurdziak L., Kirjanow A. et al. Evaluation of the quality of steel cord belt splices based on belt examination using magnetic techniques // *Diagnostyka*, 2015. Vol. 16. №. 3. P. 59-64.
13. Becker. Mining systems. Belt management. URL: <https://www.becker-mining.com/en/products/%20mincos/belt-management> (accessed: 25.01.2024).
14. Rubex Group. Конвейерные ленты с контролем порыва. URL: <https://rubexgroup.ru/lenta-s-kontrolem-poryyva/> (accessed: 21.03.2024).
15. Phoenix Conveyor Belts join Global Continental Branding for Conveying Solutions. URL: <https://www.continental-industry.com/en/solutions/conveyor-belt-systems> (accessed: 25.01.2024).
16. Zakharov A.Yu., Grigoriev A.V., Zakharova A.G., Lobur I.A., Shaulova N.M. Formation of a structural diagram of a device for detecting longitudinal breaks in conveyor belts with minimal influence from electromagnetic interference // *Mining Equipment and Electromechanics*, 2023. No. 1 (165). Pp. 11-17.
17. Baranovichov M.L. *Micromagnetoelectronics*: Vol. 2. Moscow: DMK Press, 2014. 888 p.
18. Sokolov E.V., Zakharov A.Yu. Possibilities of using Vigand sensors in belt conveyor automation systems // *Proceedings of the XI All-Russian Scientific and Practical Conference “Young Russia.” Kemerovo*. 2019. pp. 10807-1–10807-4.
19. Kashkarov A.P. *Microelectromechanical systems and elements*. Moscow: DMK Press, 2018. - 114 p.



Conflicts of Interest

The authors declare no conflict of interest.

© 2025 The Authors. Published by T. F. Gorbachev Kuzbass State Technical University. This is an open access article under the CC BY license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

Information about the authors

Alexander V. Grigoriev, C.Sc. (Tech.), Associate Professor
e-mail: gav.eav@kuzstu.ru

Alexander Y. Zakharov, Dr.Sc. (Tech.), Professor
e-mail: zay@kuzstu.ru

Alla G. Zakharova, Dr.Sc. (Tech.), Professor
e-mail: zag.eav@kuzstu.ru

Andrey A. Shaulev, graduate student
e-mail: shaulevaa@kuzstu.ru

Evgenij K. Eshchin, Dr.Sc. (Tech.), Professor
e-mail: eke@kuzstu.ru

Gennady M. Lebedev, Dr.Sc. (Tech.), Associate Professor
e-mail: lgm.egpp@kuzstu.ru

T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University, 28 Vesennaya St., Kemerovo, 650000, Russian Federation

Irina Yu. Semykina, Dr.Sc. (Tech.), Associate Professor
e-mail: arinasemykina@gmail.com

T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University, 28 Vesennaya St., Kemerovo, 650000, Russian Federation
Sevastopol State University 33 Universitetskaya St., Sevastopol, 299053, Russian Federation

Alexey A. Shaulev, student
e-mail: shaulev@yandex.ru

Novosibirsk State Technical University, 20 Prospekt K. Marksa, Novosibirsk, 630073, Russian Federation

