



УДК 622.271.4:622.684

О ПРИМЕНЕНИИ ИНДУКЦИОННОГО ПИТАНИЯ НА ОСНОВЕ ЛИНЕЙНОГО ГЕНЕРАТОРА ДЛЯ ПЕРЕДАТЧИКА УСТРОЙСТВА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПРОДОЛЬНОГО ПОРЫВА КОНВЕЙЕРНОЙ ЛЕНТЫ

Григорьев А.В.¹, Захаров А.Ю.¹, Захарова А.Г.¹, Шаулев А.А.¹,
Хоменко А.Н.¹, Лебедев Г.М.¹, Семькина И.Ю.²

¹ Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева

² Севастопольский государственный университет

Аннотация.

Продольные порывы конвейерных лент в условиях современных высокопроизводительных шахт и разрезов приводят к критическим экономическим затратам, вызванным простоем оборудования и дорогостоящим ремонтом. В настоящее время известно множество устройств обнаружения продольного порыва конвейерных лент (УОПП). Самым многообещающим подходом к решению проблемы обнаружения продольного порыва можно считать использование метода передачи энергии через поперечное сечение конвейерной ленты посредством электромагнитных полей. К недостаткам этого решения следует отнести сложности при считывании информации приемником из-за большого количества наводок во встроенной в конвейерную ленту петле в условиях шахты. Для преодоления указанных проблем на кафедрах горных машин и комплексов и электропривода и автоматизации КузГТУ было разработано устройство, в котором передатчики расположены в конвейерной ленте и соединены проводом, проложенным перпендикулярно направлению движения ленты. Приемники размещаются на ставе конвейера. Если целостность соединительного (контрольного) провода сохраняется, постоянный магнит, установленный на ставе конвейера, активирует соответствующий датчик, и передатчик посылает сигнал на приемник, который входит в состав логического блока, анализирующего поступающую информацию. При возникновении продольного порыва лента повреждается, вследствие чего происходит нарушение целостности проводящих элементов и прекращается передача сигналов от передатчика. Логический блок регистрирует отсутствие ожидаемого сигнала и инициирует процедуру аварийного останова конвейера. Одной из перспективных схем датчиков разрыва ленты конвейера может рассматриваться схема, выполненная с применением индукционного питания передатчика на основе линейного генератора. Целью работы является исследование возможности реализации схемы индукционного питания передатчика УОПП конвейерной ленты, выполненного на основе линейного генератора, на предмет минимизации влияния электромагнитных помех, обеспечения высокой чувствительности и надежности срабатывания системы, низкой вероятности ложного срабатывания, невысоких стоимости и энергопотребления.



Информация о статье

Поступила:

15 октября 2025 г.

Рецензирование:

03 февраля 2026 г.

Принята к печати:

24 февраля 2026 г.

Ключевые слова:

ленточные конвейеры,
конвейерные ленты,
продольный порыв,
устройство обнаружения
продольного порыва,
линейный генератор,
передатчик импульсов,
приемник импульсов

Для цитирования: Григорьев А.В., Захаров А.Ю., Захарова А.Г., Шаулев А.А., Хоменко А.Н., Лебедев Г.М., Семькина И.Ю. О применении индукционного питания на основе линейного генератора для передатчика устройства определения продольного порыва конвейерной ленты // Техника и технология горного дела. – 2026. – №1(32). – С. 27-47. – DOI: 10.26730/2618-7434-2026-1-27-47, EDN: FLPFRN



Введение

Известно, что продольные порывы конвейерных лент в условиях современных высокопроизводительных шахт и разрезов приводят к критическим экономическим затратам, вызванным простоем оборудования и дорогостоящим ремонтом. В настоящее время существует множество устройств обнаружения продольного порыва конвейерных лент (УОПП). Это, например, устройство для фиксации транспортируемого груза, попавшего на порожнюю ветвь ленты через порыв [1, 2]. Непрерывный контроль ширины ленты может осуществляться с помощью механического устройства EMSYS фирмы MESKOTEX KG [3] и с помощью ультразвука [4], причем для повышения надежности срабатывания и снижения вероятности ложных срабатываний ультразвуковое устройство может контролировать одновременно ширину ленты и ее звукопроводимость [5].

Наиболее современные разработки [6–15] предполагают использование «машинного зрения» и имеют видеосистемы с обработкой изображений, включая лазерные лучи, инфракрасные и мультиспектральные методы. Известны устройства, основанные на применении рентгеновского излучения [1].

Аудио- и аудиовизуальные методы [6, 7, 9, 16, 17] анализируют звуковые сигналы или их сочетание с изображениями, что позволяет повысить надежность срабатывания в сложных условиях, где визуальные методы могут давать сбои.

Лазерные и структурированные световые системы используют лазерные лучи или структурированный свет для выделения дефектов на поверхности ленты [8, 11, 12, 18].

Получили распространение устройства на основе применения магнитного сканирования [19], а также устройства, в которых осуществляется регистрация индуктивных токов, генерируемых в петле, встроенной в конвейерную ленту, с помощью приемника, находящегося на ставе конвейера [20–22].

Самым многообещающим подходом к решению проблемы обнаружения продольного порыва можно считать использование метода передачи энергии через поперечное сечение конвейерной ленты посредством электромагнитных полей. Однако из-за особенностей условий эксплуатации шахт внутри замкнутых контуров ленточного конвейера возникают значительные помехи и паразитные сигналы, затрудняющие корректное считывание данных приемниками. Кроме этого, возникает необходимость обеспечения защиты передающего элемента от влияния приемника, что увеличивает сложность конструкции и требует тщательного инжиниринга.

С целью преодоления указанных проблем сотрудниками кафедры горных машин и комплексов совместно с кафедрой электропривода и автоматизации КузГТУ было предложено решение, основные особенности которого заключаются в следующем. Передатчик и автономный источник питания расположены непосредственно в самой конвейерной ленте, что позволяет значительно уменьшить влияние посторонних сигналов и повысить точность диагностики состояния полотна [23, 24]. Источник питания и передатчик соединены специальным проводом, проложенным перпендикулярно направлению движения ленты, и такой способ монтажа обеспечивает надежное отслеживание любых нарушений целостности полотна конвейерной ленты. На ставе конвейера в определенных местах размещаются приемники. Если целостность соединительного (контрольного) провода сохраняется, специальный постоянный магнит, установленный на ставе конвейера, активирует соответствующий датчик, и передатчик посылает сигнал на приемник, который принимает этот сигнал, логический блок анализирует поступающую информацию.

В ситуации возникновения продольного порыва лента повреждается, вследствие чего происходит нарушение целостности проводящих элементов и прекращается передача сигналов от передатчика. Логический блок немедленно регистрирует отсутствие ожидаемого сигнала и инициирует процедуру аварийного останова конвейера.

В качестве перспективных схем датчиков разрыва ленты конвейера, удовлетворяющих требованиям, были рассмотрены две схемы: первая – 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) [23, 24] и вторая – с применением индукционного питания передатчика на основе линейного генератора.

Целью работы является исследование возможности реализации схемы индукционного питания передатчика устройства обнаружения продольного порыва конвейерной ленты, выполненного на основе линейного генератора.

Методы исследования

Индукционное питание на основе линейного генератора

Для питания передатчика УОПП, кроме «гладкого» (то есть имеющего одно направление и постоянную величину) тока [24], исследовалась возможность использования импульсного переменного тока, получаемого при пересечении витков катушки переменным магнитным полем постоянного магнита, перемещающегося с определенной скоростью (Рис. 1, Таблица 1).

Принцип действия установки следующий. Закрепленный на массивной подставке асинхронный конденсаторный электродвигатель с редуктором 1 вращает немагнитное коромысло 3. На коромысле закреплен комплект из девяти магнитов 4 и противовес 7. Двигаясь по окружности, магниты в момент прохождения под исследуемой катушкой имитируют прямолинейное движение. Витки одной из исследуемых катушек 6, закрепленной в удерживающем устройстве 9, пересекаются магнитным полем постоянного магнита. Наведенная в них ЭДС индукции по проводу 5 подается на вход осциллографа для дальнейшего измерения и анализа. Штатив 2 и траверса 8 позволяют устанавливать катушку в любом необходимом пространственном положении.

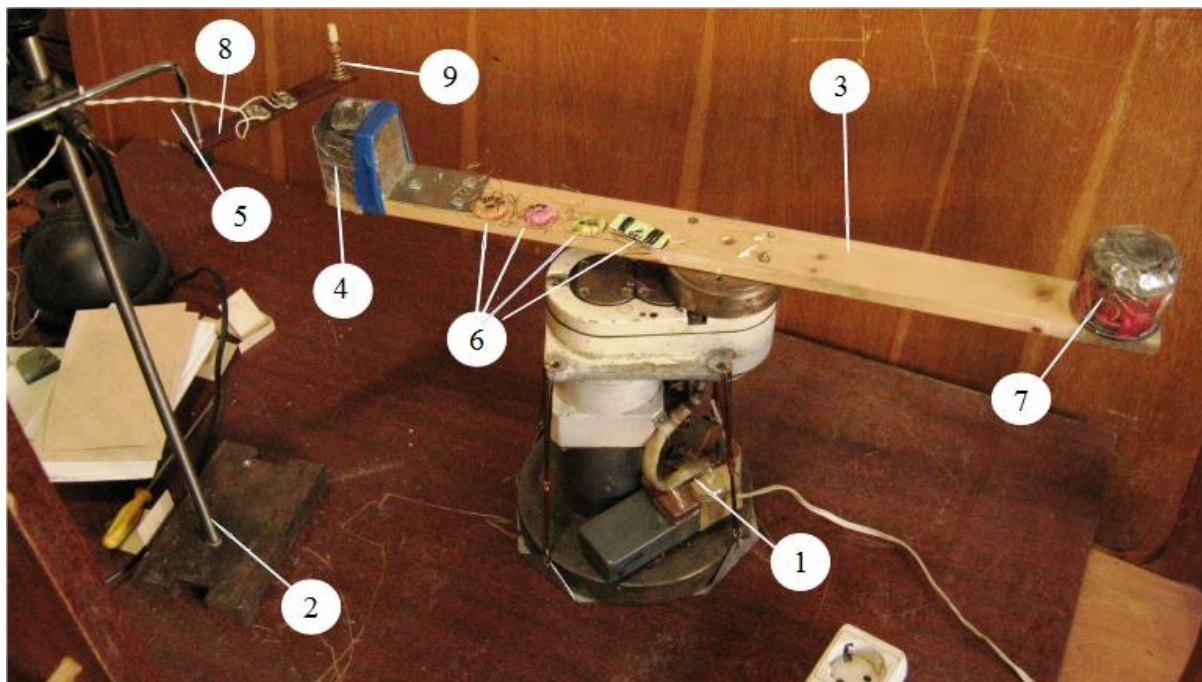


Рис. 1. Установка для исследования индукционного питания на основе линейного генератора: 1 – редукторный привод; 2 – штатив; 3 – коромысло; 4 – магнит; 5 – провод; 6 – рабочие катушки; 7 – противовес; 8 – немагнитная траверса; 9 – удерживающее устройство

Fig. 1. Induction power supply research setup based on a linear generator: 1 – gear drive; 2 – stand; 3 – rocker arm; 4 – magnet; 5 – wire; 6 – working coils; 7 – counterweight; 8 – non-magnetic crosshead; 9 – holding device

Исследовалась работоспособность передатчика при питании его одно- и двухполярным импульсным напряжением без накопления и с накоплением заряда в конденсаторе. Для



сравнения были сняты осциллограммы работы передатчика при питании его «гладким» током от одного и двух элементов $U_{ном.}=1,5$ В. Осциллограммы снимались с коллектора выходного транзистора усилителя высокой частоты передатчика.

Таблица 1. Спецификация оборудования
Table 1. Equipment specification

Название оборудования	Параметры	Назначение
Редукторный привод	Электродвигатель УАД-72ф и редуктор с передаточным отношением 6,7	Служит для вращения коромысла
Штатив	Высота 450 мм	Служит для установки испытательных катушек
Коромысло	Длина 500 мм	Служит для кругового вращения магнитов
Магнит (магниты 9 шт.) неодимовые	40 × 40 × 5 мм	Служат для создания магнитной индукции
Провод	Площадь сечения 0,25 мм ²	Служит для передачи измеряемого сигнала от катушки к осциллографу
Рабочие катушки	2000; 1000; 330; 150 витков	Участвуют в испытаниях
Противовес	Свинец	Служит для балансировки
Немагнитная траверса	Длина 100 мм	Служит для установки узла крепления катушки
Подпружиненное немагнитное устройство	Стержень диаметром 5 мм	Служит для установки сменных катушек

Работа передатчика на постоянном токе

На Рис. 2а, 3а показаны осциллограммы работы генератора передатчика при напряжениях питания 1,5 и 3 В при различных коэффициентах развертки ($K_{разв}$) и отклонения ($K_{откл}$). Периодичность запусков генератора не зависит от питающего напряжения и составляет примерно 33 микросекунды, что примерно равно 33 кГц.

При изменении напряжения изменяется амплитуда и частота работы генератора. При увеличении напряжения питания амплитуда увеличивается с 0,04 В до 0,3 В (Рис. 2б, 3б). Период колебаний уменьшается с 0,8 мс до 0,4 мс (Рис. 2в, 3в). Также увеличивается и длительность передачи сигнала с 0,8 мс до 1,2 мс соответственно. На Рис. 4 для сравнения показан сигнал, принятый приемником при «гладком» питании передатчика напряжением 3 В.

Результаты исследования

Работа передатчика на индукционном токе

Проведены испытания работы передатчика при его питании переменным импульсным напряжением, получаемым при движении магнита относительно катушки с обмоткой, расположенной перпендикулярно силовым линиям магнитного поля (Рис. 5).

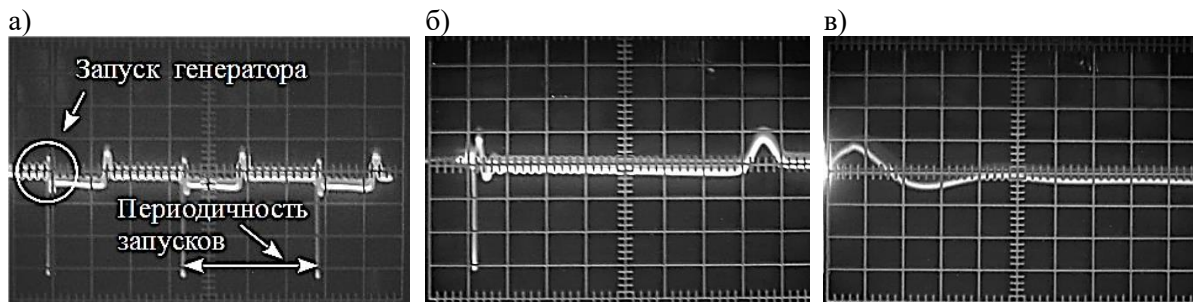


Рис. 2. Осциллограммы работы генератора передатчика при напряжениях питания 1,5В от одного элемента: а) $K_{разв} = 10$ мксек/дел, $K_{откл} = 0,01$ В/дел; б) $K_{разв} = 2$ мксек/дел, $K_{откл} = 0,01$ В/дел; в) $K_{разв} = 0,2$ мксек/дел, $K_{откл} = 0,01$ В/дел

Fig. 2. Oscillograms of the transmitter generator operation at supply voltages of 1.5 V from one element: а) $K_{разв} = 10 \mu\text{sec/div}$, $K_{откл} = 0.01 \text{ V/div}$; б) $K_{разв} = 2 \mu\text{sec/div}$, $K_{откл} = 0.01 \text{ V/div}$; в) $K_{разв} = 0.2 \mu\text{sec/div}$, $K_{откл} = 0.01 \text{ V/div}$



Рис. 3. Осциллограммы работы генератора передатчика при напряжениях питания 3В от двух элементов: а) $K_{разв} = 10$ мксек/дел, $K_{откл} = 0,05$ В/дел; б) $K_{разв} = 2$ мксек/дел, $K_{откл} = 0,05$ В/дел; в) $K_{разв} = 0,2$ мксек/дел, $K_{откл} = 0,05$ В/дел

Fig. 3. Oscillograms of the transmitter generator operation at supply voltages of 3 V from two elements: а) $K_{разв} = 10 \mu\text{sec/div}$, $K_{откл} = 0.05 \text{ V/div}$; б) $K_{разв} = 2 \mu\text{sec/div}$, $K_{откл} = 0.05 \text{ V/div}$; в) $K_{разв} = 0.2 \mu\text{sec/div}$, $K_{откл} = 0.05 \text{ V/div}$

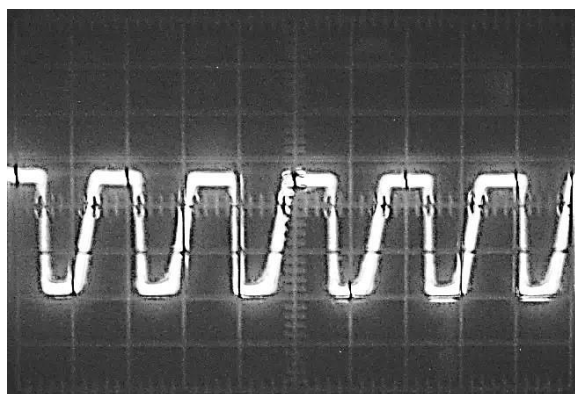


Рис. 4. Сигнал, принятый приемником при «гладком» питании передатчика напряжением 1,5 В: $K_{разв} = 10$ мс/дел; $K_{откл} = 0,2$ В/дел

Fig. 4. Signal received by the receiver with a “smooth” transmitter power supply of 1.5 V: $K_{разв} = 10 \text{ ms/div}$; $K_{откл} = 0.2 \text{ V/div}$

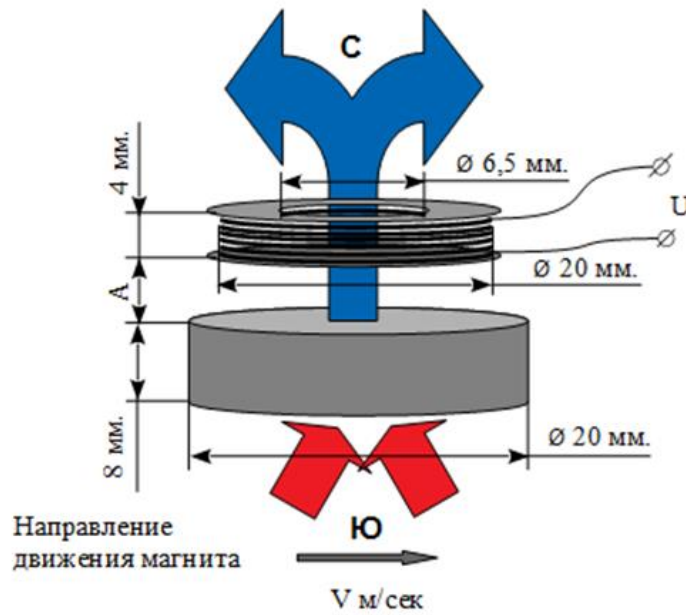


Рис. 5. Движение магнита относительно катушки с обмоткой, расположенной перпендикулярно силовым линиям магнитного поля
Fig. 5. The movement of a magnet relative to a coil with a winding located perpendicular to the magnetic field lines

На Рис. 6–15 представлены результаты испытаний катушки с числом витков 1000, диаметром провода 0,12 мм и сопротивлением 62 Ом. Питание передатчика осуществлялось однополярными и двухполярными импульсами выпрямления без накопительного конденсатора и с конденсатором емкостью 20 мкФ. Скорость перемещения магнита относительно катушки 3,8 м/с; зазор 4 мм.

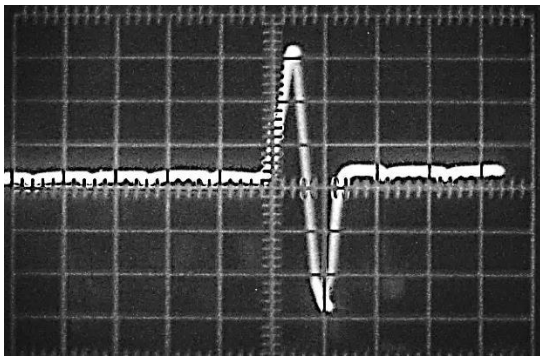


Рис. 6. ЭДС катушки: $K_{разв} = 10 \text{ мс/дел}$; $K_{откл} = 2 \text{ В/дел}$
Fig. 6. Coil EMF: $K_{разв} = 10 \text{ ms/div}$; $K_{откл} = 2 \text{ V/div}$

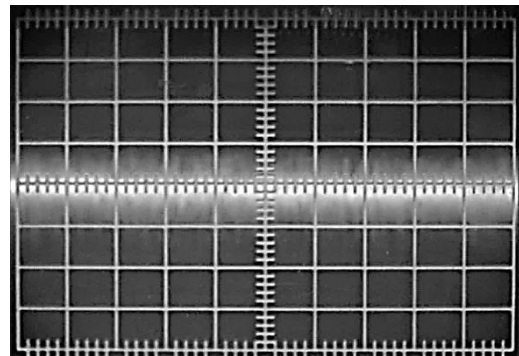


Рис. 7. Собственные шумы приемника (сигнал передатчика отсутствует): $K_{разв} = 0,5 \text{ мс/дел}$; $K_{откл} = 0,2 \text{ В/дел}$
Fig. 7. Receiver's own noise (there is no transmitter signal): $K_{разв} = 0.5 \text{ ms/div}$; $K_{откл} = 0.2 \text{ V/div}$

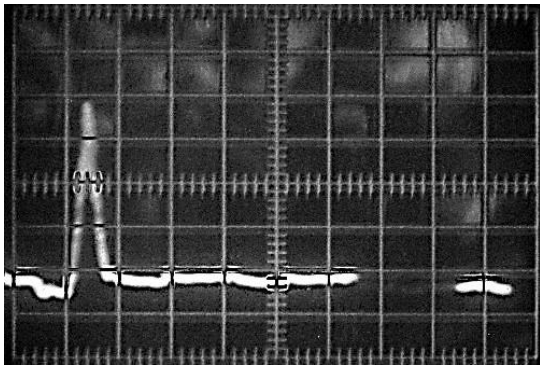


Рис. 8. ЭДС однополярного выпрямителя без накопительного конденсатора: $K_{разв} = 10$ мс/дел; $K_{откл} = 2$ В/дел
Fig. 8. EMF of a unipolar rectifier without a storage capacitor: $K_{разв} = 10$ ms/div.; $K_{откл} = 2$ V/div

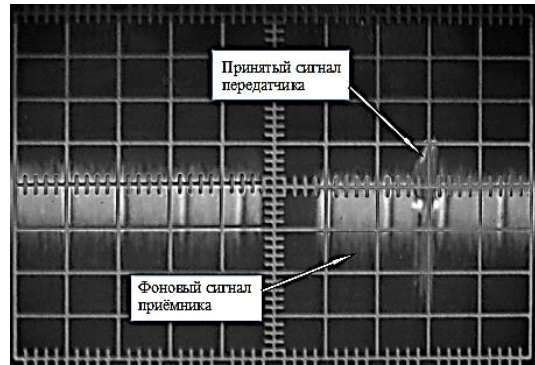


Рис. 9. Сигнал, принимаемый приемником при однополярном пиковом питании: $K_{разв} = 10$ мс/дел; $K_{откл} = 0,2$ В/дел
Fig. 9. Signal received by the receiver with single-polarity peak power supply: $K_{разв} = 10$ ms/div; $K_{откл} = 0.2$ V/div

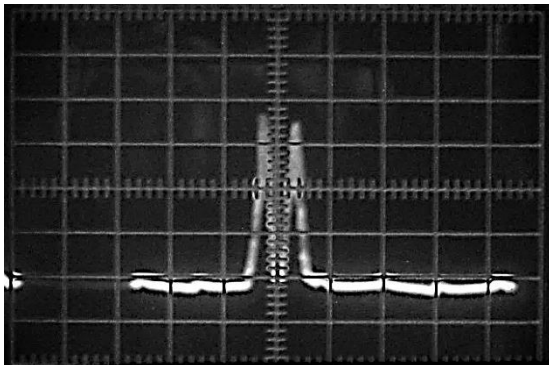


Рис. 10. ЭДС двуполярного выпрямителя без накопительного конденсатора: $K_{разв} = 10$ мс/дел; $K_{откл} = 2$ В/дел
Fig. 10. EMF of a bipolar rectifier without a storage capacitor: $K_{разв} = 10$ ms/div; $K_{откл} = 2$ V/div

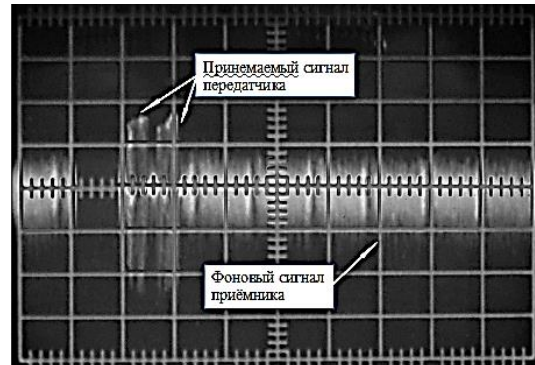


Рис. 11. Сигнал, принимаемый приемником при двухполупериодном пиковом питании: $K_{разв} = 10$ мс/дел; $K_{откл} = 0,2$ В/дел
Fig. 11. Signal received by the receiver with a full-wave peak power supply: $K_{разв} = 10$ ms/div; $K_{откл} = 0.2$ V/div

а)

б)

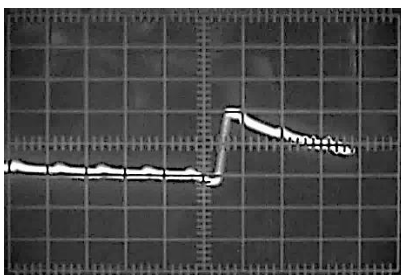


Рис. 12. ЭДС однополярного выпрямителя с накопительным конденсатором: $K_{разв} = 10$ мс/дел; $K_{откл} = 2$ В/дел
Fig. 12. EMF of a unipolar rectifier with a storage capacitor: $K_{разв} = 10$ ms/div; $K_{откл} = 2$ V/div

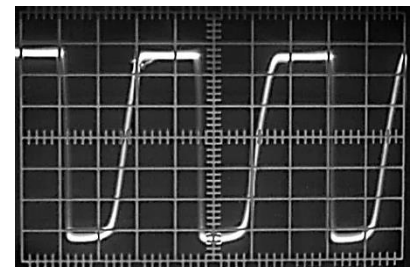
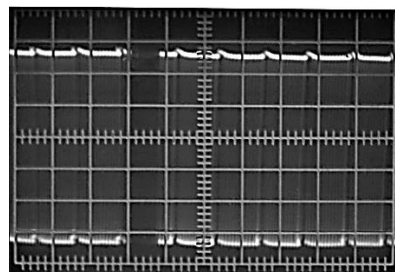


Рис. 13. Сигнал, принимаемый приемником при однополярном питании с накоплением: а) $K_{разв} = 10$ мс/дел; $K_{откл} = 0,2$ В/дел; б) $K_{разв} = 10$ мкс/дел; $K_{откл} = 0,2$ В/дел
Fig. 13. Signal received by the receiver with single-polarity power supply with accumulation: а) $K_{разв} = 10$ ms/div; $K_{откл} = 0.2$ V/div; б) $K_{разв} = 10$ μ s/div; $K_{откл} = 0.2$ V/div

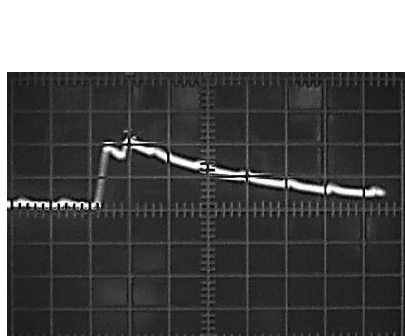


Рис. 14. ЭДС двухполярного выпрямителя с накопительным конденсатором: $K_{разв} = 10$ мс/дел; $K_{откл} = 2$ В/дел
Fig. 14. EMF of a bipolar rectifier with a storage capacitor: $K_{разв} = 10$ ms/div; $K_{откл} = 2$ V/div

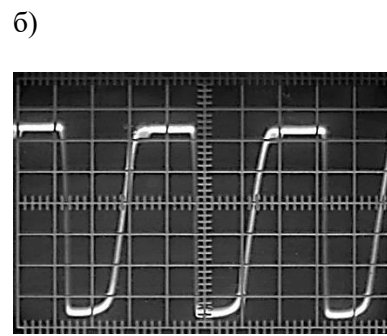
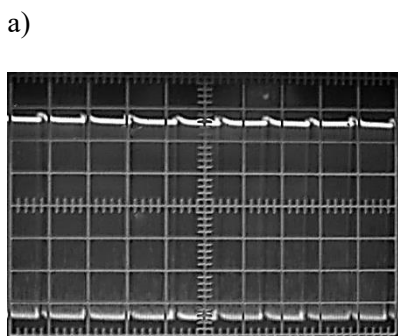


Рис. 15. Сигнал, принимаемый приемником при двухполярном питании с накоплением: а) $K_{разв} = 10$ мс/дел.; $K_{откл} = 0,2$ В/дел; б) $K_{разв} = 10$ мкс/дел; $K_{откл} = 0,2$ В/дел
Fig. 15. Signal received by the receiver with bipolar power supply with accumulation: а) $K_{разв} = 10$ ms/div; $K_{откл} = 0.2$ V/div; б) $K_{разв} = 10$ μ s/div; $K_{откл} = 0.2$ V/div

Из осциллограмм видно, что при питании передатчика «гладким» напряжением 1,5 В приемник воспроизводит устойчивый длительный сигнал (Рис. 4).

При питании передатчика импульсами переменного напряжения (Рис. 8, 10) приемник вырабатывает кратковременные пачки импульсов, зависящие от длительности импульсов питания передатчика (Рис. 9 и 11).

При накоплении энергии импульсов в конденсаторе (Рис. 12, 14) приемник вырабатывает продолжительные пачки импульсов (Рис. 13, 15), аналогичные высокочастотному сигналу (Рис. 4) при питании приемника «гладким» током. Из осциллограмм (Рис. 6, 12, 14) видно, что при питании передатчика импульсным напряжением с амплитудой 4–5 В и его последующим выпрямлением и накоплением заряда в конденсаторе можно получить устойчивую работу приемника, аналогичную при работе генератора на «гладком» токе (Рис. 4, 136, 156). При питании передатчика импульсным током приемник формирует короткие пачки импульсов длительностью 4 мс и амплитудой 0,6–0,7 В, которые при более сложной обработке также могут быть выделены и использованы в счетном устройстве. Для более надежного их выделения требуется более сильный принимаемый сигнал. Для питания передатчика достаточно напряжения 4–5 В. В данном случае оно получено в катушке со средним диаметром 13,25 мм, толщиной катушки 4 мм и средней площадью витков примерно 138 мм².

Измерения магнитной индукции магнитов

Были проведены замеры магнитной индукции неодимовых магнитов. Замеры производились тесламетром ЭМ4305 на различных удалениях от поверхности магнитов и от его краев. Результаты замеров представлены в Таблицах 2–5 и на Рис. 16–18.

На Рис. 16 дана схема, а в Таблице 2 результаты замера магнитной индукции цилиндрического магнита диаметром 25 мм и высотой 8 мм.

На Рис. 17 дана схема, а в Таблице 3 результаты замера магнитной индукции двух цилиндрических магнитов диаметром 25 и высотой 8 мм.

На Рис. 18 дана схема, а в Таблице 4 результаты замера магнитной индукции одного плоского магнита с параметрами 45×45×5 мм.



Таблица 2. Магнитная индукция одного цилиндрического магнита (мТл)
Table 2. Magnetic induction of a single cylindrical magnet (mT)

Вазор, мм	Положение щупа тесламетра				
	0	1/4	1/2	3/4	1
0	350	320	300	310	340
2	180	240	230	232	165
4	160	195	185	175	150
6	110	143	150	112	83
8	80	112	120	95	62
10	65	91	98	80	50
12	51	66	69	54	48
16	33	42	45	36	27
20	30	30	30	24	21
25	15	18	17	14	11
0	11	13	13	12	10
40	6	6,5	7	6,5	5
50	3,2	3,5	3,5	3,2	3

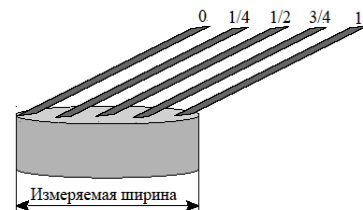


Рис. 16. Места измерения напряженности магнитного поля
Fig. 16. Magnetic field strength measurement locations

Таблица 3. Магнитная индукция двух цилиндрических магнитов, мТл
Table 3. Magnetic induction of two cylindrical magnets, mT

Вазор, мм	Положение щупа теслометра				
	0	1/4	1/2	3/4	1
0	490	510	520	460	490
2	300	370	375	350	240
4	210	290	305	300	190
6	180	230	240	220	170
8	120	170	180	170	115
10	93	118	120	114	84
12	89	116	117	115	82
16	67	75	78	63	49
20	41	51	52	47	37
25	30	31,5	32	27	21
30	20	22	22,5	19	17,5
40	10	10,5	11	10	7,5
50	6	6,5	7,2	7	5,5

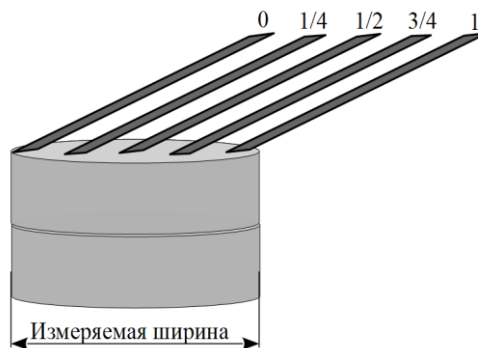


Рис. 17. Места измерения напряженности магнитного поля
Fig. 17. Locations for measuring magnetic field strength

Таблица 4. Магнитная индукция одного плоского магнита, мТл
Table 4. Magnetic induction of a single flat magnet, mT

Зазор, мм	Положение щупа теслометра				
	0	1/4	1/2	3/4	1
0	200	143	125	133	180
2	140	132	120	122	120
4	95	118	110	110	90
6	96	100	95	77	70
8	60	80	85	85	60
10	58	73	76	68	55
12	39	60	64	52	34
16	33	41	50	39	25
20	22	30	32	28	20
25	21	24,5	27	23	17
30	16,5	17,3	19,1	16,5	12,5
40	8,9	9,1	10	9	7
50	5,3	6	6,5	6,1	4,8

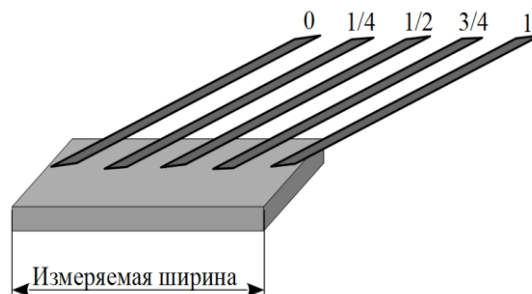


Рис. 18. Места измерения напряженности магнитного поля

Fig. 18. Magnetic field strength measurement locations

На Рис. 19 дана схема, а в Таблице 5 результаты замера магнитной индукции комплекта из девяти плоских магнитов с параметрами 45×45×5 мм.

Таблица 5. Магнитная индукция девяти плоских магнитов, мТл
Table 5. Magnetic induction of nine flat magnets, mT

Зазор, мм	Положение щупа теслометра				
	0	1/4	1/2	3/4	1
0	465	475	460	455	420
2	340	412	425	420	325
4	285	360	375	370	260
6	230	295	325	300	210
8	180	260	292	263	172
10	170	240	260	234	165
12	150	210	235	208	142
16	120	167	180	165	112
20	106	125	140	120	91
25	69	90	97	84	65
30	60	69	73	64	54
40	39	45	48	46	36
50	27	30	31	30	26

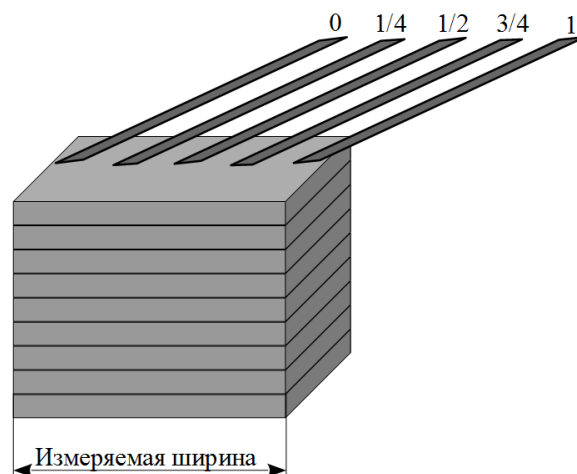


Рис. 19. Места измерения напряженности магнитного поля

Fig. 19. Locations for measuring magnetic field strength

На Рис. 20 в качестве примера показаны графики изменения магнитной индукции комплекта из девяти магнитов при различных зазорах.

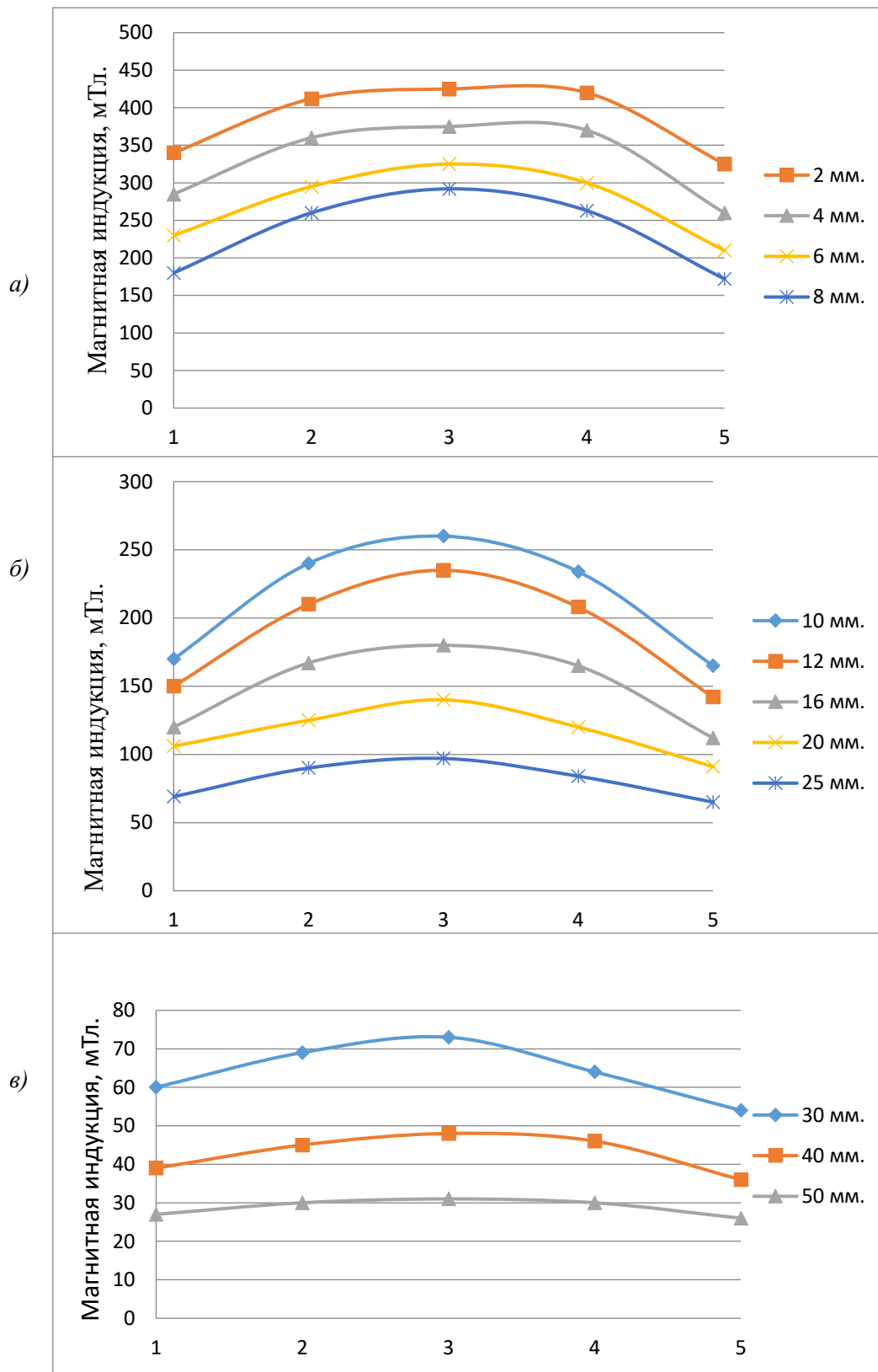


Рис. 20. Магнитная индукция комплекта из девяти магнитов с параметрами $40 \times 40 \times 5$ мм при зазорах: а) 2; 4; 6; 8 мм; б) 10; 12; 16; 20; 25 мм; в) 30; 40 и 50 мм

Fig. 20. Magnetic induction of a set of nine magnets with parameters $40 \times 40 \times 5$ mm with gaps: а) 2; 4; 6; 8 mm; б) 10; 12; 16; 20; 25 mm; в) 30; 40 and 50 mm



Исследование нагрузочных характеристик катушки

Исследованы нагрузочные характеристики катушки при различных воздушных зазорах и скоростях пересечения витков катушки магнитным полем. В качестве примера на Рис. 21, 22 представлены осциллограммы ЭДС (E) и напряжений (U) в катушке, которые были сняты при пересечении витков катушки магнитным полем неодимового цилиндрического магнита диаметром 25 мм и высотой 8 мм, при воздушных зазорах 8 мм и 2 мм и скоростях пересечения витков катушки магнитным полем 3,8 м/с и 1,56 м/с при различных сопротивлениях нагрузки R .

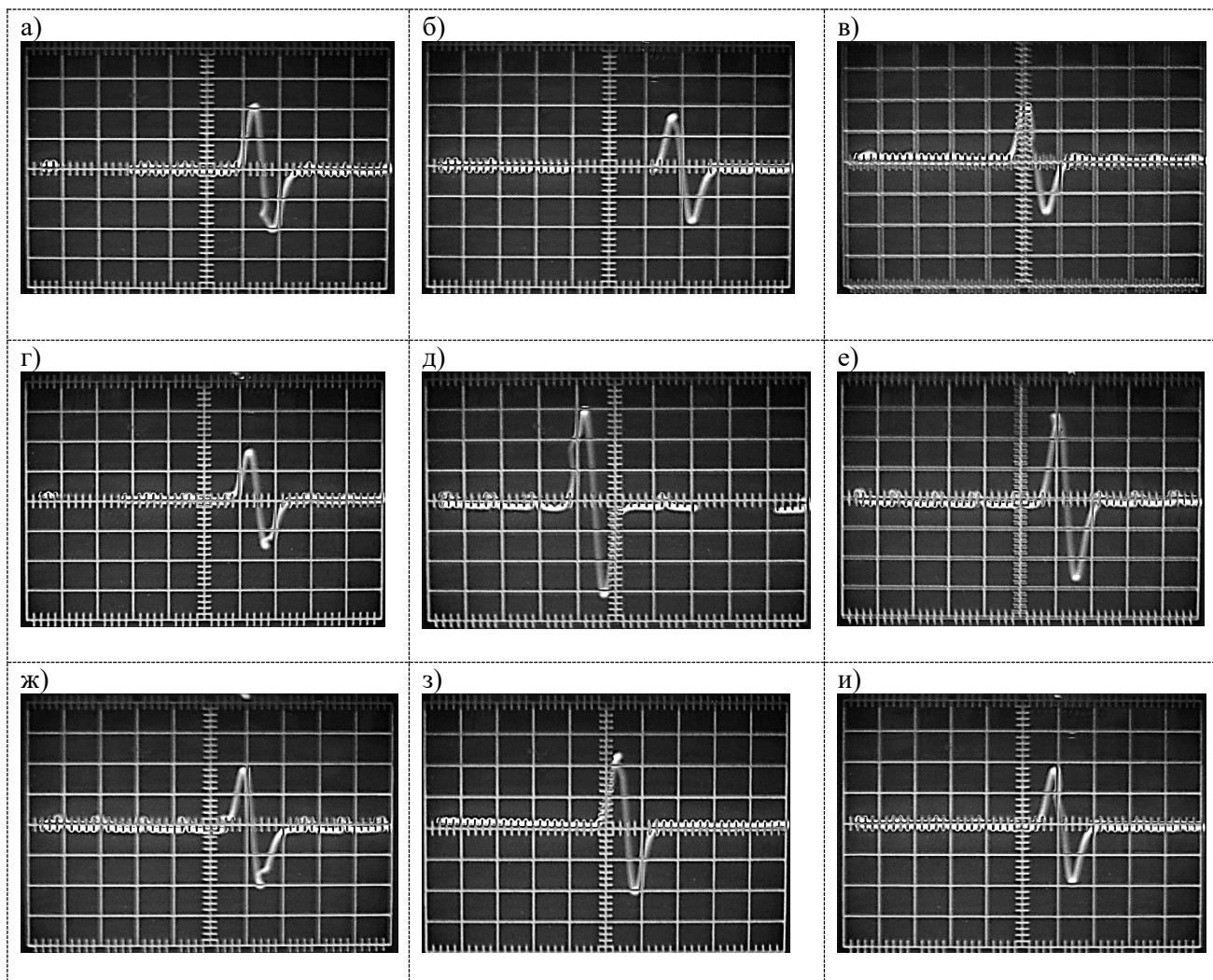


Рис. 21. Осциллограммы ЭДС и напряжения катушки, снятые при пересечении витков катушки магнитным полем неодимового цилиндрического магнита диаметром 25 мм и высотой 8 мм, при воздушном зазоре 8 мм и скорости пересечения витков катушки магнитным полем 3,8 м/с при различных сопротивлениях нагрузки: а) $K_{разв} = 10$ мс/дел; $K_{откл} = 2$ В/дел; Нагрузка – отсутствует; $E = 4$ В; б) $K_{разв} = 10$ мс/дел; $K_{откл} = 2$ В/дел; $R = 300$ Ом; $U = 3,4$ В; в) $K_{разв} = 10$ мс/дел; $K_{откл} = 2$ В/дел; $R = 250$ Ом; $U = 3,4$ В; г) $K_{разв} = 10$ мс/дел; $K_{откл} = 2$ В/дел; $R = 200$ Ом; $U = 3,3$ В; д) $K_{разв} = 10$ мс/дел; $K_{откл} = 1$ В/дел; $R = 150$ Ом; $U = 3$ В; е) $K_{разв} = 10$ мс/дел; $K_{откл} = 1$ В/дел; $R = 100$ Ом; $U = 2,7$ В; ж) $K_{разв} = 10$ мс/дел; $K_{откл} = 1$ В/дел; $R = 50$ Ом; $U = 1,6$ В; з) $K_{разв} = 10$ мс/дел; $K_{откл} = 0,5$ В/дел; $R = 20$ Ом; $U = 1,1$ В; и) $K_{разв} = 10$ мс/дел; $K_{откл} = 0,2$ В/дел; $R = 5$ Ом; $U = 0,4$ В

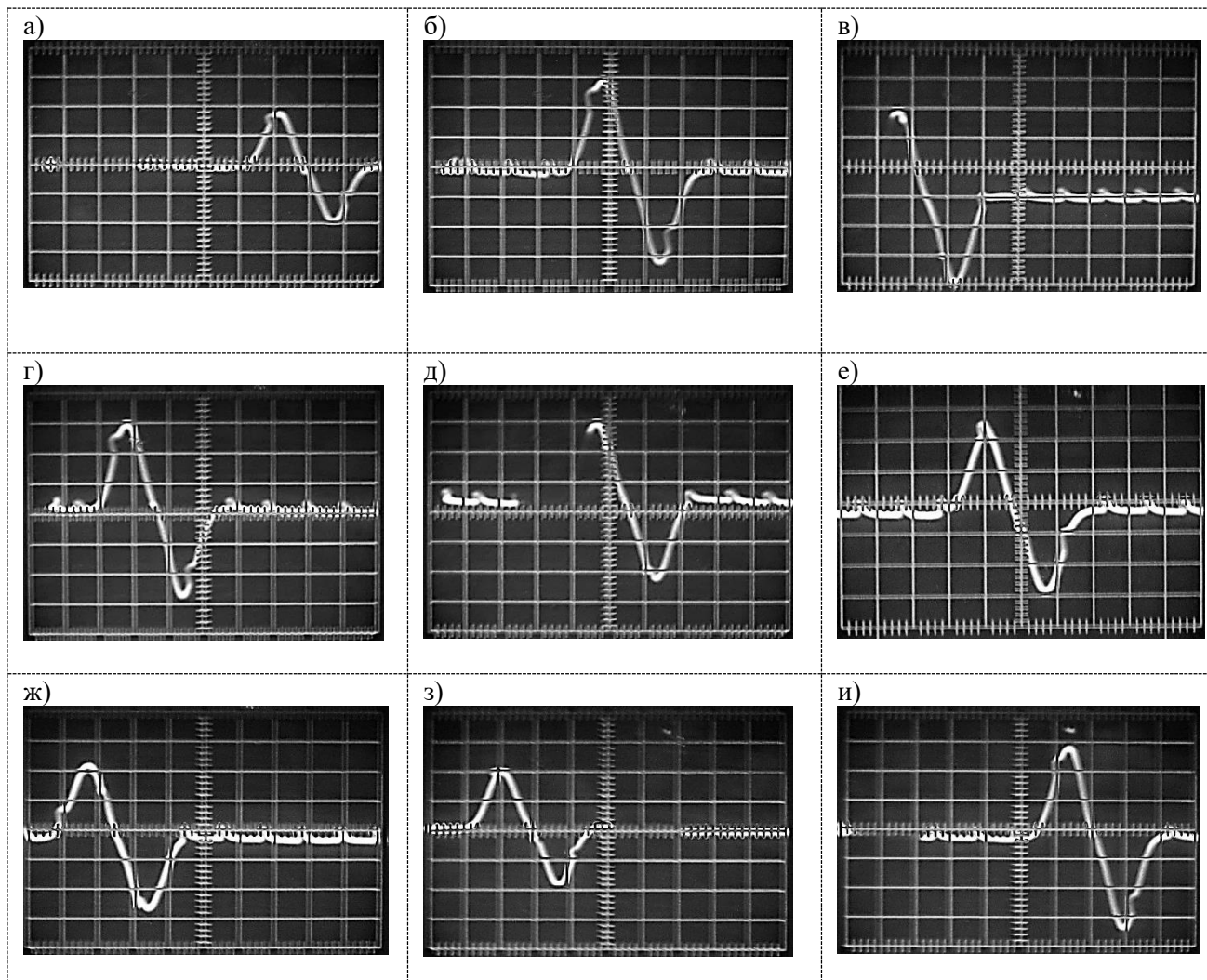


Рис. 22. Осциллограммы ЭДС и напряжения катушки, снятые при пересечении витков катушки магнитным полем неодимового цилиндрического магнита диаметром 25 мм и высотой 8 мм, при воздушном зазоре 2 мм и скорости пересечения витков катушки магнитным полем 1,56 м/с при различных сопротивлениях нагрузки: а) $K_{разв} = 10$ мс/дел; $K_{откл} = 2$ В/дел; Нагрузка – отсутствует; $E = 3,6$ В; б) $K_{разв} = 10$ мс/дел. $K_{откл} = 1$ В/дел; $R = 300$ Ом; $U = 3$ В; в) $K_{разв} = 10$ мс/дел. $K_{откл} = 1$ В/дел; $R = 250$ Ом; $U = 2,9$ В; г) $K_{разв} = 10$ мс/дел. $K_{откл} = 1$ В/дел; $R = 200$ Ом; $U = 2,8$ В; д) $K_{разв} = 10$ мс/дел. $K_{откл} = 1$ В/дел; $R = 150$ Ом; $U = 2,5$ В; е) $K_{разв} = 10$ мс/дел. $K_{откл} = 0,5$ В/дел; $R = 100$ Ом; $U = 1,35$ В; ж) $K_{разв} = 10$ мс/дел. $K_{откл} = 0,5$ В/дел; $R = 50$ Ом; $U = 1,2$ В; з) $K_{разв} = 10$ мс/дел. $K_{откл} = 0,5$ В/дел; $R = 20$ Ом; $U = 0,9$ В; и) $K_{разв} = 10$ мс/дел. $K_{откл} = 0,1$ В/дел; $R = 5$ Ом; $U = 0,3$ В

Fig. 22. Oscillograms of the EMF and coil voltage, recorded when the coil turns were crossed by the magnetic field of a neodymium cylindrical magnet with a diameter of 25 mm and a height of 8 mm, with an air gap of 2 mm and a velocity of intersection of the coil turns by the magnetic field of 1.56 m/s at different load resistances: а) $K_{разв} = 10$ ms/div; $K_{откл} = 2$ V/div; No load; $E = 3.6$ V; б) $K_{разв} = 10$ ms/div; $K_{откл} = 1$ V/div; $R = 300$ Ohm; $U = 3$ V; в) $K_{разв} = 10$ ms/div; $K_{откл} = 1$ V/div; $R = 250$ Ohm; $U = 2.9$ V; г) $K_{разв} = 10$ ms/div; $K_{откл} = 1$ V/div; $R = 200$ Ohm; $U = 2.8$ V; д) $K_{разв} = 10$ ms/div; $K_{откл} = 1$ V/div; $R = 150$ Ohm; $U = 2.5$ V; е) $K_{разв} = 10$ ms/div; $K_{откл} = 0.5$ V/div; $R = 100$ Ohm; $U = 1.35$ V; ж) $K_{разв} = 10$ ms/div; $K_{откл} = 0.5$ V/div; $R = 50$ Ohm; $U = 1.2$ V; з) $K_{разв} = 10$ ms/div; $K_{откл} = 0.5$ V/div; $R = 20$ Ohm; $U = 0.9$ V; и) $K_{разв} = 10$ ms/div; $K_{откл} = 0.1$ V/div; $R = 5$ Ohm; $U = 0.3$ V



В результате проведенных испытаний получены зависимости напряжения в катушке от величины зазора между магнитом при различных скоростях перемещения и различных сопротивлениях нагрузки, показанные на Рис. 23–25.

Из осциллограмм и построенных графиков можно заметить, что при скорости 3,8 м/с передатчик может сохранить свою работоспособность при воздушном зазоре не более 4 мм при условии, что сопротивление нагрузки будет не менее 300 Ом (Рис. 21а, 21б, 25). При скорости 1,56 м/с передатчик может сохранять свою работоспособность при воздушном зазоре около 2 мм (Рис. 22а, 22б).

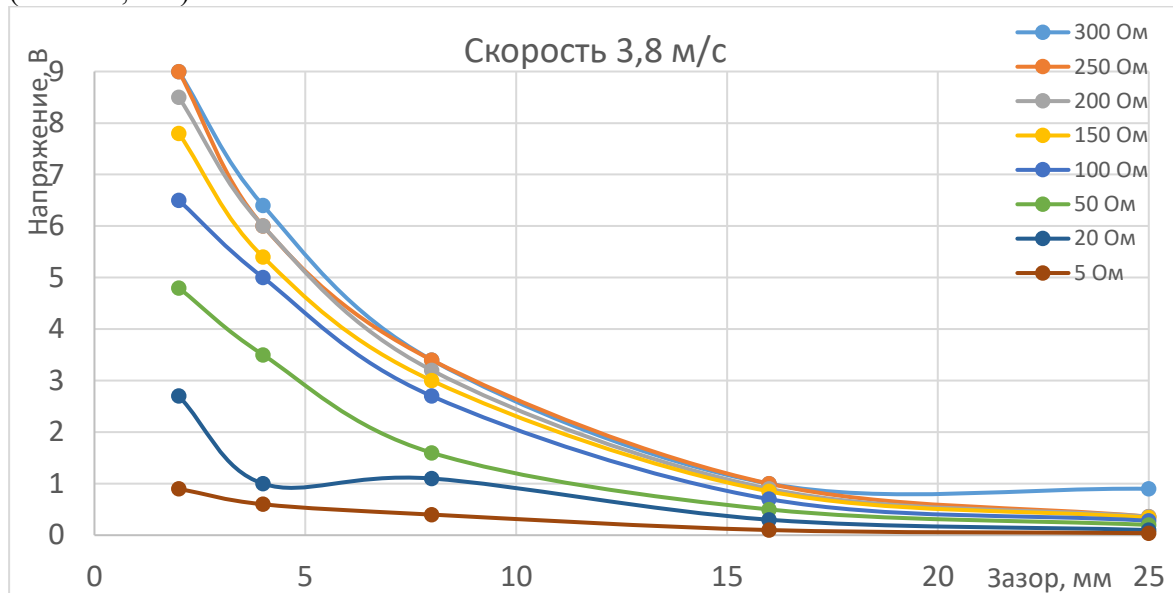


Рис. 23. Зависимость напряжения в катушке от величины зазора между магнитом при скорости перемещения 3,8 м/с при различных сопротивлениях нагрузки

Fig. 23. Dependence of the voltage in the coil on the gap size between the magnet at a movement speed of 3.8 m/s with different load resistances

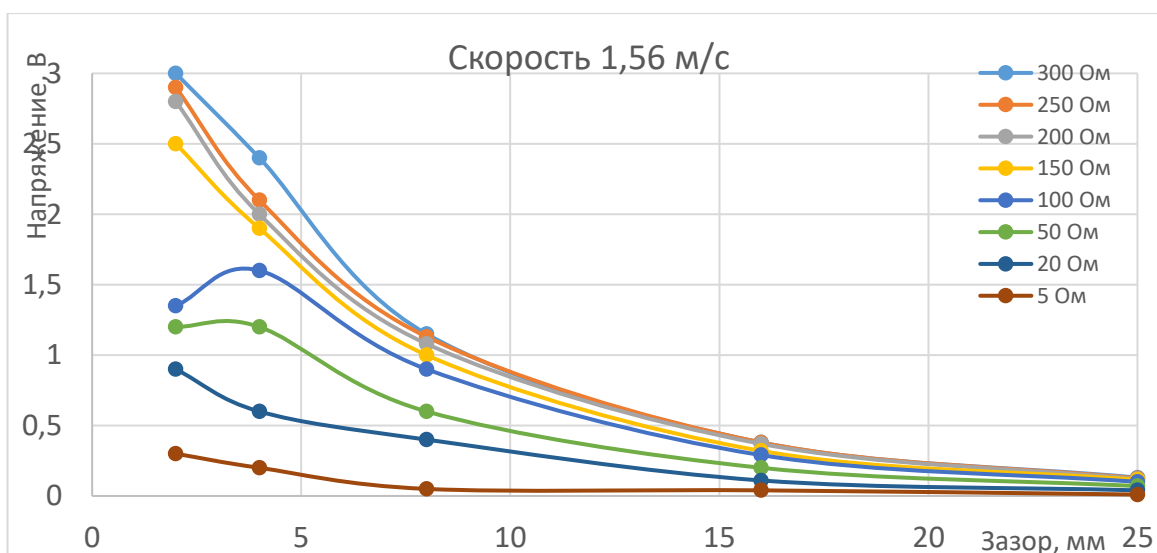


Рис. 24. Зависимость напряжения в катушке от величины зазора между магнитом при скорости перемещения 1,56 м/с при различных сопротивлениях нагрузки

Fig. 24. Dependence of the voltage in the coil on the gap size between the magnet at a movement speed of 1.56 m/s with different load resistances

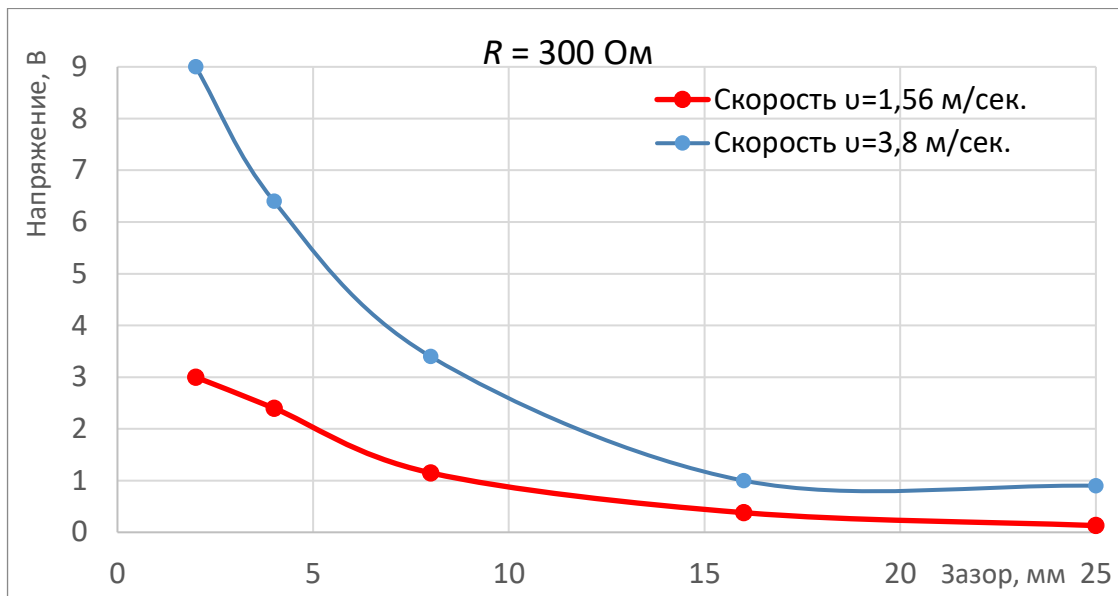


Рис. 25. Зависимость напряжения в катушке от величины зазора между магнитом при сопротивлении нагрузки 300 Ом и скоростях перемещения 3,8 м/с и 1,56 м/с

Fig. 25. Dependence of the voltage in the coil on the gap size between the magnet with a load resistance of 300 Ohm and movement speeds of 3.8 m/s and 1.56 m/s

Для получения требуемого напряжения питания при воздушном зазоре 30÷40 мм необходимо увеличить либо магнитную индукцию, либо размеры катушки, либо скорость изменения магнитного поля. На установке (Рис. 1) были получены результаты, которые показывают, что можно существенно увеличить ЭДС, изменив параметры катушек.

Исследование элементной базы передатчика с целью минимизации размеров и увеличения энергоэффективности передатчика

Принципиальная электрическая схема, выполненная на основании структурной схемы датчика разрыва ленты с одним герконом [25] (Рис. 26), использует дополнительно кодер информации, собранный на резисторах R7 – R11, R15, R16, конденсаторах C9, C10, C12, транзисторах VT4, VT5, VT7 – VT9. Задача кодера состоит в формировании двух импульсов, разнесенных по времени при целостности соединительных (контрольных) проводов, подключенных к разъему X4 и одного импульса при их обрыве. Далее передатчик, собранный на резисторах R12 – R14, конденсаторах C7, C8, C11 и транзисторе VT6, передает импульсы от кодера на приемник логического блока, который должен по наличию импульсов определить состояние ленты.

Выбор элементов печатной платы схемы на Рис. 26 выполнен на основании расчета мощности, рассеиваемой на каждом элементе [26, 27]. В цепях кодера, состоящего из резисторов R7– R11, R15, R16, конденсаторов C9, C10, C12, транзисторов VT4, VT5, VT8, протекает постоянный ток после переходного процесса длительностью 140 мкс, во время которого формируется два импульса при исправных соединительных проводах. Ввиду малого времени переходного процесса выполнен расчет потерь на основании токов схемы в установившемся режиме с инженерной точностью, далее исходя из этого расчета определены рассеиваемые мощности каждого элемента кодера.

Размеры корпусов конденсаторов зависят от напряжения и емкости, размеры корпусов резисторов – от рассеиваемой мощности, а размеры корпусов биполярных транзисторов – от напряжения «коллектор-эмиттер», тока коллектора, рассеиваемой мощности и частоты тока. Исходя из условий миниатюризации, для схемы передатчика выбран самый миниатюрный корпус RC0201 с размерами 0,6×0,3×0,23 мм и рассеиваемой мощностью 50000 мкВт.

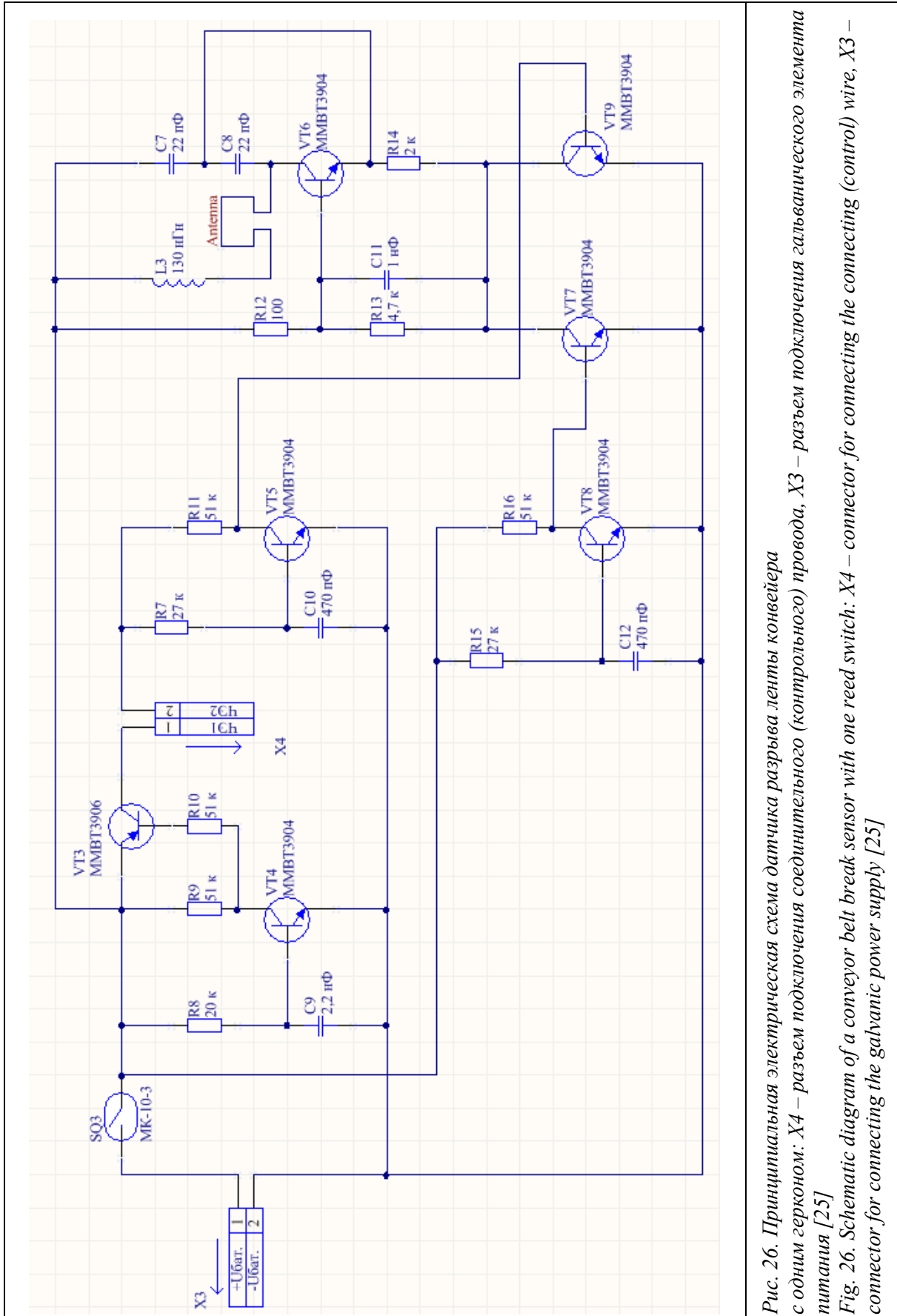


Рис. 26. Принципиальная электрическая схема датчика разрыва ленты конвейера с одним герконом: X4 – разъем подключения соединительного (контрольного) провода, X3 – разъем подключения гальванического элемента питания [25]
Fig. 26. Schematic diagram of a conveyor belt break sensor with one reed switch: X4 – connector for connecting the connecting (control) wire, X3 – connector for connecting the galvanic power supply [25]



Для реализации схемы передатчика можно использовать конденсаторы с максимальным напряжением 6,3 В и максимальной емкостью 10 нФ, и для биполярных транзисторов в качестве усилительных элементов EMG2DXV5T1G и BFR705L3RH подходят самые миниатюрные корпуса SOT-553/2 и TSLP-3-9/1.

Заключение

Были проведены исследования на специально разработанном стенде с целью определения возможности питания передатчика УОПП индукционным током от специальной катушки, встраиваемой в ленту и взаимодействующей с постоянным магнитом, расположенным на ставе конвейера. Результаты показали, что в случае выпрямления импульса и ограничения его по амплитуде такую систему можно использовать. Однако у нее есть недостаток – это то, что при запуске конвейера существует зона скоростей от 0 до 1,5 м/с, в которой индукционного тока будет не хватать для срабатывания передатчика. В связи с вводом кодирования энергоемкость передатчика увеличилась, поэтому желательно применять индукционное питание передатчика.

На основе проведенной минимизации было изготовлено четыре варианта плат передатчиков с двухсторонним монтажом с питанием 1,5В и 3В. Исследования показали, что уровень потребления энергии диодными и мостовыми платами в случае использования индукционного питания достаточно высок и требует дополнительных решений.

Предложенная конструкция существенно повышает надежность контроля за состоянием конвейерной ленты, минимизирует вероятность ложных срабатываний и снижает риск возникновения чрезвычайных ситуаций, связанных с эксплуатацией промышленных конвейеров.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

© 2026 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, кандидат техн. наук, доцент кафедры электропривода и автоматизации, e-mail: gav.eav@kuzstu.ru

Захаров Александр Юрьевич, доктор техн. наук, профессор кафедры горных машин и комплексов, e-mail: zaharovau@kuzstu.ru

Захарова Алла Геннадьевна, доктор техн. наук, профессор кафедры электропривода и автоматизации, e-mail: zaharovaag@kuzstu.ru

Шаулев Андрей Альбертович, ассистент кафедры электропривода и автоматизации, e-mail: shaulevaa@kuzstu.ru

Хоменко Александр Николаевич, старший учебный мастер, e-mail: han.egpp@kuzstu.ru

Лебедев Геннадий Михайлович, доктор техн. наук, профессор, профессор кафедры электроснабжения горных и промышленных предприятий, e-mail: lgm.egpp@kuzstu.ru

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

Семькина Ирина Юрьевна, доктор техн. наук, доцент
e-mail: arinasemykina@gmail.com

Севастопольский государственный университет
299053, Севастополь, ул. Университетская, 33



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. 2020;174(03006). DOI: 10.1051/e3sconf/202017403006
2. Liu W., Tao Q., Wang N., et al. YOLO-STOD: an industrial conveyor belt tear detection model based on YOLOv5 algorithm. Scientific Reports. 2025;15:1659. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-83619-6>
3. Устройство контроля продольных разрывов ленты MESKOTEX KG. URL: <http://www.tecnosnab.com/documents/gurtlangsrissersfass-rus.pdf> (дата обращения 19.09.2025).
4. 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: 19.09.2025).
5. Устройство для обнаружения продольного порыва конвейерной ленты с использованием ультразвуковых датчиков / А. Г. Захарова, А. Ю. Захаров, И. А. Лобур, Н. М. Шаулева // Горное оборудование и электромеханика. – 2022. – № 4(162). – С. 62-70. – DOI 10.26730/1816-4528-2022-4-62-70. – EDN YANHEE.
6. Wang Y., Du Y., Miao C., et al. Longitudinal Tear Detection of Conveyor Belt Based on Improved YOLOv7. IEEE Access. 2024;12:24453-24464. <https://doi.org/10.1109/access.2024.3364535>
7. Hou C., Qiao T., Zhang H., et al. Multispectral visual detection method for conveyor belt longitudinal tear. Measurement. 2019;143:246-247. <https://doi.org/10.1016/j.measurement.2019.05.010>
8. Sun Y., Liu X., Wang X., et al. Longitudinal tear detection of conveyor belt based on laserline assist template matching method. Fourteenth International Conference on Information Optics and Photonics (CIOP 2023). 2023;129352T-129352T-6. <https://doi.org/10.1117/12.3007687>
9. Miao D., Wang Y., Li S. Sound-Based Improved DenseNet Conveyor Belt Longitudinal Tear Detection. IEEE Access. 2022;10:123801-123808. <https://doi.org/10.1109/access.2022.3224430>
10. Wang Y., Du Y., Miao C., et al. Longitudinal tear detection method for conveyor belt based on multi-mode fusion. Wirel. Networks. 2024;30:2839-2854. <https://doi.org/10.1007/s11276-024-03693-6>
11. Lv Z., Zhang X., Hu J., & Lin K. Visual detection method based on line lasers for the detection of longitudinal tears in conveyor belts. Measurement. 2021;183:109800. DOI: 10.1016/j.measurement.2021.109800
12. You L., Luo M., Zhu X., & Zhou B. Deep encoder-decoder networks for belt longitudinal tear detection. Measurement and Control. 2024;58: 643-655. <https://doi.org/10.1177/00202940241270693>
13. Qiao T., Pang Y., Yang Y., et al. (2020). Infrared spectrum analysis method for detection and early warning of longitudinal tear of mine conveyor belt. Measurement. 2020;165: 107856. <https://doi.org/10.1016/j.measurement.2020.107856>
14. Qiao T., Chen L., Pang Y., et al. Integrative binocular vision detection method based on infrared and visible light fusion for conveyor belts longitudinal tear. Measurement. 2017;110:192-201. <https://doi.org/10.1016/j.measurement.2017.06.032>
15. Li F., Hu K., Zheng H. Real-time multidimensional detection of longitudinal tears in conveyor belts using FPGA-based parallel acceleration. Artificial Intelligence for Engineering Design, Analysis and Manufacturing. 2024;38:19. <https://doi.org/10.1017/s0890060424000210>
16. Jian C., Qiao T., Yang Y., et al. Longitudinal tear detection method of conveyor belt based on audio-visual fusion. Measurement. 2021;176:109152. <https://doi.org/10.1016/j.measurement.2021.109152>
17. Wang, Y., Miao, C., Liu, Y., & Meng, D. Research on a sound-based method for belt conveyor longitudinal tear detection. Measurement. 2022;190:110787. DOI: 10.1016/j.measurement.2022.110787
18. Li X., Shen L., Zixu M., et al. Laser-based on-line machine vision detection for longitudinal rip of conveyor belt. Optik. 2018;168:360-369. DOI:10.1016/j.ijleo.2018.04.053
19. Blazej R., Jurdzia L., Kirjanow A., et al. Evaluation of the quality of steel cord belt splices based on belt examination using magnetic techniques. Diagnostyka. 2015;16(3):59-64.
20. Becker. Mining systems. Belt management. URL: <https://www.becker-mining.com/en/products/%20mincos/belt-management> (дата обращения: 19.09.2025).
21. Rubex Group. Конвейерные ленты с контролем порыва. URL: <https://rubexgroup.ru/lenta-s-kontrolem-poryva/> (дата обращения: 19.09.2025).
22. Phoenix Conveyor Belts join Global Continental Branding for Conveying Solutions. URL: <https://www.continental-industry.com/en/solutions/conveyor-belt-systems> (дата обращения 19.09.2025).
23. Формирование структурной схемы устройства обнаружения продольного порыва конвейерной ленты с минимальным влиянием электромагнитных помех / А. Ю. Захаров, А. В. Григорьев, А. Г. Захарова [и др.] // Горное оборудование и электромеханика. – 2023. – № 1(165). – С. 11-17. – DOI 10.26730/1816-4528-2023-1-11-17. – EDN XCHZFU.



24. Исследование возможности реализации схемы индукционного питания передатчика устройства обнаружения продольного порыва конвейерной ленты / А. В. Григорьев, А. Ю. Захаров, А. Г. Захарова [и др.] // Техника и технология горного дела. – 2025. – № 2(29). – С. 84-99. – DOI 10.26730/2618-7434-2025-2-84-99. – EDN QJUMSE.

25. Обоснование конструкции передатчика и приемника импульсов устройства обнаружения продольного порыва конвейерной ленты / А. В. Григорьев, А. Ю. Захаров, А. Г. Захарова [и др.] // Техника и технология горного дела. – 2024. – № 2(25). – С. 4-23. – DOI 10.26730/2618-7434-2024-2-4-23. – EDN VYIJDN.

26. Баранчиков М.Л. Микромагнитоэлектроника: Т.2. – Москва: ДМК Пресс. – 2014. – 888 с.

27. Кашкаров А.П. Микроэлектромеханические системы и элементы. – Москва: ДМК Пресс. – 2017. 114 с.

UDC 622.271.4:622.684

ON THE USE OF INDUCTION POWER SUPPLY BASED ON A LINEAR GENERATOR FOR A TRANSMITTER OF A DEVICE FOR DETECTING LONGITUDINAL BREAKS IN A CONVEYOR BELT

Alexander V. Grigoryev¹, Alexander Yu. Zakharov¹, Alla G. Zakharova,
Andrew A. Shaulev¹, Alexander N. Khomenko¹, Gennady M. Lebedev¹, Irina Yu. Semykina²

¹T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University

²Sevastopol State University

Abstract.

Longitudinal tears in conveyor belts in modern high-performance mines and open-pit mines lead to critical economic costs caused by equipment downtime and expensive repairs. Currently, there are many known devices for detecting longitudinal tears in conveyor belts (DDLТ). The most promising approach to solving the problem of longitudinal tear detection is the use of a method of energy transfer through the cross-section of the conveyor belt by means of electromagnetic fields. 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.

To overcome these problems, the departments of mining machines and complexes and electric drive and automation at KuzSTU developed a device in which transmitters are located in the conveyor belt and connected by a wire laid perpendicular to the direction of belt movement. The receivers are located on the conveyor frame. If the integrity of the connecting (control) wire is maintained, a permanent magnet installed on the conveyor frame activates the corresponding sensor, and the transmitter sends a signal to the receiver, which is part of the logic block that analyzes the incoming information. When a longitudinal break occurs, the tape is damaged, resulting in a breach in the integrity of the conductive elements and the transmission of signals from the transmitter is interrupted. The logic unit registers the absence of the expected signal and initiates an emergency stop procedure for the conveyor. One promising design for conveyor belt break sensors is a circuit that uses an induction power supply for the transmitter based on a linear generator. The aim of this work is to investigate the possibility of implementing a scheme for the inductive power supply of a conveyor belt DDLТ transmitter based on a linear generator in order to minimize the influence of electromagnetic



Article info

Received:
15 October 2025

Revised:
03 February 2026

Accepted:
24 February 2026

Keywords: belt conveyors, conveyor belts, longitudinal tear, longitudinal breakage detection device, linear generator, pulse transmitter, pulse receiver



interference, ensure high sensitivity and reliability of the system, low probability of false triggering, low cost, and low power consumption.

For citation: Grigoryev A.V., Zakharov A.Yu., Zakharova A.G., Shaulev A.A., Khomenko A.N., Lebedev G.M., Semykina I.Yu. On the use of induction power supply based on a linear generator for a transmitter of a device for detecting longitudinal breaks in a conveyor belt. *Journal of mining and geotechnical engineering*. 2026;1(32):27-47. DOI: 10.26730/2618-7434-2026-1-27-47

References

1. Zakharov A., Gerike B., Grigoryev A., Zakharova A. Analysis of Devices to Detect Longitudinal Tear on Conveyor Belts. *E3S Web of Conferences*. 2020;174:03006. DOI: 10.1051/e3sconf/202017403006
2. Liu W., Tao Q., Wang N., et al. YOLO-STOD: an industrial conveyor belt tear detection model based on Yolov5 algorithm. *Scientific Reports*. 2025;15:1659. DOI: 10.1038/s41598-024-83619-6
3. MESKOTEX KG longitudinal belt tear detection device.
URL: <http://www.tecnosnab.com/documents/gurtlangsrisserruss.pdf> (accessed on 19.09.2025).
4. Beltscan systems. Rip detections and condition monitoring. URL: <https://www.beltscan.com/products/belt-guard-10k-rip-detector-for-steel-cord-belts.html> (accessed on 19.09.2025).
5. Zakharova A.G., Zakharov A.Yu., Lobur I.A., Shaulova N.M. Device for detecting longitudinal tears in conveyor belts using ultrasonic sensors. *Mining Equipment and Electromechanics*. 2022;4(162):62-70. [In Russ.].
6. Wang Y., Du Y., Miao C., et al. Longitudinal Tear Detection of Conveyor Belt Based on Improved YOLOv7. *IEEE Access*. 2024;12:24453-24464. DOI: 10.1109/access.2024.3364535
7. Hou C., Qiao T., Zhang H., et al. Multispectral visual detection method for conveyor belt longitudinal tear. *Measurement*. 2019;143:246-247. DOI: 10.1016/j.measurement.2019.05.010
8. Sun Y., Liu X., Wang X., et al. Longitudinal tear detection of conveyor belt based on laserline assist template matching method. *Fourteenth International Conference on Information Optics and Photonics (CIOP 2023)*. 2023;129352T-129352T-6. DOI: 10.1117/12.3007687
9. Miao D., Wang Y., Li S. Sound-Based Improved DenseNet Conveyor Belt Longitudinal Tear Detection. *IEEE Access*. 2022;10:123801-123808. DOI: 10.1109/access.2022.3224430
10. Wang Y., Du Y., Miao C., et al. Longitudinal tear detection method for conveyor belt based on multi-mode fusion. *Wirel. Networks*. 2024;30:2839-2854. DOI: 10.1007/s11276-024-03693-6
11. Lv Z., Zhang X., Hu J., & Lin K. Visual detection method based on line lasers for the detection of longitudinal tears in conveyor belts. *Measurement*. 2021;183:109800. DOI: 10.1016/j.measurement.2021.109800
12. You L., Luo M., Zhu X., & Zhou B. Deep encoder-decoder networks for belt longitudinal tear detection. *Measurement and Control*. 2024;58:643-655. DOI: 10.1177/00202940241270693
13. Qiao T., Pang Y., Yang Y., et al. Infrared spectrum analysis method for detection and earlywarning of longitudinal tear of mine conveyor belt. *Measurement*. 2020;165:107856. DOI: 10.1016/j.measurement.2020.107856
14. Qiao T., Chen L., Pang Y., et al. Integrative binocular vision detection method based on infrared and visible light fusion for conveyor belts longitudinal tear. *Measurement*. 2017;110:192-201. DOI: 10.1016/j.measurement.2017.06.032
15. Li F., Hu K., Zheng H. Real-time multidimensional detection of longitudinal tears in conveyor belts using FPGA-based parallel acceleration. *Artificial Intelligence for Engineering Design, Analysis and Manufacturing*. 2024;38:19. DOI: 10.1017/s0890060424000210
16. Jian C., Qiao T., Yang Y., et al. Longitudinal tear detection method of conveyor belt based on audio-visual fusion. *Measurement*. 2021;176:109152. DOI:10.1016/j.measurement.2021.109152
17. Wang Y., Miao C., Liu Y., & Meng, D. Research on a sound-based method for belt conveyor longitudinal tear detection. *Measurement*. 2022;190:110787. DOI: 10.1016/j.measurement.2022.110787
18. Li X., Shen L., Zixu M., et al. Laser-based on-line machine vision detection for longitudinal rip of conveyor belt. *Optik*. 2018;168:360-369. DOI:10.1016/j.ijleo.2018.04.053
19. Blazej R., Jurdzik L., Kirjanow A., et al. Evaluation of the quality of steel cord belt splices based on belt examination using magnetic techniques. *Diagnostyka*. 2015;16(3):59-64.
20. Becker. Mining systems. Belt management.
URL: <https://www.becker-mining.com/en/products/%20mincos/belt-management> (accessed: 19.09.2025).



21. Rubex Group. Conveyor belts with tear control. URL: <https://rubexgroup.ru/lenta-s-kontrolem-poryva/> (accessed: 19.09.2025).
22. Phoenix Conveyor Belts join Global Continental Branding for Conveying Solutions. URL: <https://www.continental-industry.com/en/solutions/conveyor-belt-systems> (accessed on 19.09.2025).
23. 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;1(165):11-17. DOI: 10.26730/1816-4528-2023-1-11-17. [In Russ.].
24. Grigoryev A.V., Zakharov A.Yu., Zakharova A.G., Shaulev An.Al, Eshchin E.K., Semykina I.Yu., Shaulov Al.An., Lebedev G.M. Investigation of the possibility of implementing an induction power supply circuit for a conveyor belt longitudinal tear detection device transmitter. *Journal of Mining and Geotechnical Engineering*. 2025;2(29):84-99. DOI: 10.26730/2618-7434-2025-2-84-99 [In Russ.].
25. Grigoryev A.V., Zakharov A.Yu., Zakharova A.G., Shaulev A.A., Shaulova N.M. Justification of the design of the transmitter and receiver of pulses for a conveyor belt longitudinal tear detection device. *Journal of Mining and Geotechnical Engineering*. 2024;2(25):4-23. DOI: 10.26730/2618-7434-2024-2-4-23. [In Russ.].
26. Baranochnikov M.L. Micromagneto-electronics: Vol. 2. Moscow: DMK Press; 2014. – 888 p. [In Russ.].
27. Kashkarov A.P. Microelectromechanical Systems and Elements. Moscow: DMK Press; 2017. – 114 p. [In Russ.].

Conflicts of Interest

The authors declare no conflict of interest.

© 2026 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. Grigoryev, PhD, Associate Professor
e-mail: gav.eav@kuzstu.ru

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

Alla G. Zakharova, Dr. Sc. (Engineering), Professor
e-mail: zaharovaag@kuzstu.ru

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

Alexander N. Khomenko, senior training master
e-mail: han.stm@kuzstu.ru

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

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

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

Sevastopol State University 33 Universitetskaya St., Sevastopol, 299053, Russian Federation

