

## Содержание

Введение.....	8
1 Эксплуатационная часть.....	10
1.1 Технология расформирования составов на сортировочных станциях.....	10
1.2 Предпосылки автоматизации производственного процесса на сортировочных горках.....	19
2 Техническая часть.....	32
2.1 Комплексная система автоматизированного управления сортировочным процессом (КСАУ СП).....	32
2.1.1 Структура КСАУ СП.....	33
2.1.2 Подсистема ГАЦ МН.....	36
2.1.3 Контроллер вершины горки.....	39
2.2 Напольные устройства.....	42
2.2.1 Горочные рельсовые цепи.....	43
2.2.2 Индуктивно-проводной датчик.....	45
2.2.3 Радиотехнический датчик.....	52
2.2.4 Устройство счета осей.....	55
2.2.5 Управление стрелочным электроприводом СПГБ-4Б.....	58
2.2.6 Горочные светофоры.....	65
2.2.7 Скоростимеры.....	66
2.2.8 Весомеры.....	68
2.2.9 Контроль заполнения путей.....	70
2.2.9.1 Контроль заполнения путей с использованием рельсовых цепей.....	71
2.2.9.2 Контроль заполнения путей с использованием бесстыковых высокочастотных рельсовых цепей.....	73
2.2.9.3 Бесстыковой контроль заполнения путей.....	74

2.2.9.4	Контроль заполнения путей методом импульсного зондирования.....	79
2.2.9.5	Контроль заполнения путей с использованием индуктивно-проводных датчиков.....	86
2.2.9.6	Радиолокационный метод контроля заполнения путей.....	89
2.2.10	Вагонные замедлители.....	92
2.3	Электропитание устройств ГАЦ.....	95
3	Экономическая часть.....	98
3.1	Характеристика проекта.....	98
3.2	Расчет капитальных затрат на внедрение горочного комплекса.....	100
3.3	Обоснование экономии эксплуатационных расходов .....	101
3.3.1	Сокращение времени задержки составов у входного сигнала из-за занятости горловины и парка приема.....	103
3.3.2	Сокращение времени на перестановку чужаков.....	104
3.3.3	Сокращение времени на ремонт вагонов.....	104
3.4	Экономия расходов на оплату труда оперативного персонала горки.....	105
3.5	Экономия расхода топлива на выполнение маневровой работы.....	108
3.6	Определение годовой экономии за счет сокращения количества повреждённых вагонов и порчи груза при внедрении горочного комплекса.....	109

3.7	Дополнительные затраты на электроснабжение устройств автоматики в год.....	110
3.8	Расчет амортизационных отчислений.....	110
3.9	Расчет срока окупаемости капитальных вложений.....	112
3.10	Вывод.....	113
4	Безопасность жизнедеятельности.....	114
4.1	Организация нормальных условий освещенности.....	114
4.2	Расчет освещенности помещений.....	115
4.3	Расчет искусственного освещения релейного помещения ГАЦ-МН.....	117
	Заключение.....	119

## Введение

Сеть железных дорог является одной из самых протяженных в мире. Миллионы вагонов ежедневно перевозят грузы и пассажиров в различных направлениях. С каждым годом грузооборот и скорость перевозок растет. Чтобы успевать за темпом развития требуются модернизации в различных сферах железнодорожного транспорта, в том числе и сортировочных станций, так как четверть времени в обороте вагонов занимает сортировочный процесс на горках.

По планам стратегического развития ОАО «РЖД» на период до 2030 года требуется резкое повышение производительности труда, сокращения эксплуатационных расходов, перехода на малолюдные технологии работы сортировочных станций с одновременным повышением безопасности технологических процессов по формированию и расформированию составов на сортировочных станциях.

В период с 2009 по 2016 год на цели комплексной реконструкции сортировочных станций было потрачено более 11 миллиардов рублей, при этом механизированы 3 сортировочные горки, на 9-ти проведена автоматизация процесса роспуска составов [1].

В развитие сортировочных станций включены так же комплексные инвестиционные проекты, которые в настоящее время уже реализуются в трех направлениях, это Дальний Восток, Азово-Черноморский бассейн и Северо-Запад. В список входят такие станции как Уссурийск, Хабаровск-2, Комсомольск-Сортировочный, Карымская, Тайшет, Белогорск, Тихорецкая и Им. Максима Горького.

Чтобы достичь поставленных целей к 2030 году в настоящее время нужен комплексный подход к решению проблемы. Он заключается во внедрении горочного комплекса (КСАУ СП).

Комплекс состоит из подсистем:

- микропроцессорная ГАЦ с ведением накопления вагонов в сортировочном парке (ГАЦ МН);
- автоматизированное регулирование скорости скатывания отцепов и управление прицельным торможением (АРС-УУПТ) с функцией контроля и диагностики процесса торможения (СКДТ);
- контрольно-диагностический комплекс станционных устройств горочной зоны (КДК СУ ГАЦ).

Все подсистемы включают в себя постовое и напольное оборудование. В напольное оборудование включаются устройства контроля процесса роспуска (рельсовые цепи, скоростемеры, счетчики осей, датчики свободы стрелочного участка, весомеры) и устройства управления движением отцепов (стрелочные переводы спускной части горки и вагонные замедлители).

Модернизация объектов и систем позволяет решить поставленные задачи, а также способствует развитию всей сети железных дорог России.

## 1 Эксплуатационная часть

### 1.1 Технология расформирования составов на сортировочных станциях

Различия сортировочных горок в России заключаются в том, что каждая сортировочная станция перерабатывает вагонопоток, соответствующей своей загруженности участка. Мощность горки выбирается в зависимости от среднесуточных объемов переработки.

Разновидности сортировочных горок:

- повышенной мощности (более 5500 вагонов в сутки);
- большой мощности (более 3500 вагонов в сутки);
- средней мощности (от 1500 до 3500 вагонов в сутки);
- малой мощности (от 250 до 1500 вагонов в сутки).

Сортировочная горка представляет собой искусственное земляное сооружение с возвышенности которого скатываются вагоны, надвигаемые локомотивом.

Сортировочная горка состоит двух частей: надвижная и спускная. Надвижная часть используется для подачи составов для расформирования, а спускная для направления вагонов по назначенным сортировочным путям. Вершиной горки является точка с наивысшей отметкой в том месте, где соединяется надвижная и спускная часть.

Локомотив, подталкивая вагоны для расформирования, переваливает отцепы через горб горки. Далее вагоны самопроизвольно скатываются по спускной части, используя подготовленный с помощью стрелочных переводов для них маршрут, на пути сортировочного парка.

Для снижения развитой отцепом скорости, применяются вагонные замедлители. Они снизят скорость до безопасной, тем самым минимизируя риск повреждения вагонов и грузов.

Большинство горок имеет от одного до трех путей надвига и спускных путей, но в исключительных случаях количество может быть увеличено. Применение нескольких путей, на горках повышенной и большой мощности, позволяет производить роспуск одновременно два состава при параллельном режиме.

В районе подвижной части горки располагается рабочее место составителя или приемщика составителя при расцеплении вагонов надвигаемом на горку составе. Автосцепка вагонов надежно расцепляется в тот момент, когда вагоны первоначально находятся в сжатом состоянии. Из-за этого подвижная часть имеет противоуклон перед вершиной горки.

Подвижная часть горки обеспечивает трогание с места тяжелого подвижного состава одним горочным локомотивом, когда первый вагон состава находится у вершины горки, так же предотвращает скатывание вагонов в случае срочного прекращения роспуска состава.

Перевальная часть часто называется горбом горки. Представлен в виде элемента, на котором происходит сопряжение с помощью вертикальных кривых противоуклона подвижной части и скоростного уклона спускной части. Граница двух смежных вертикальных кривых называется вершина горки.

Главная функция перевальной части - плавный переход вагона на спускную часть так, чтобы не допустить саморасцепку вагонов. Для исключения самостоятельного расцепа вагонов в пределах перевальной части, между смежными вертикальными кривыми, устанавливается горизонтальная площадка. Ее длина при расчете на восьмиосный вагон равен 19 метров. При наличии площадки горки считается начало сопряжения с кривой спускной части.

Спускная часть необходима для отрыва вагонов от состава и их быстрого перемещения с безопасными интервалами. При этом не

должна быть скорость выше допустимой при въезда отцепов на тормозные позиции. Для каждого типа замедлителей она является разной, обычно не превышает 8,5 м/с.

Высотой спускной части (горки) является расстояние по вертикали между вершиной горки и горизонтальной прямой, проведенной через расчетную точку. Проектная высота должна быть определена по условиям плохого бегуна в неблагоприятных условиях от вершины горки до расчетной точки.

На спускной части горки располагают тормозные позиции, на которых осуществляется торможение скатывающихся отцепов. Чтобы спускная часть горки выполняла свои функции, ей придается определенный профиль. В профиле спускной части выделяют две самостоятельные зоны.

Первой считается зона свободного движения на участке до I тормозной позиции, в пределах которого отцеп движется с положительным ускорением; несвободного движения от начала I тормозной позиции до расчетной точки. На этом участке в отдельных местах отцеп подвергается внешнему торможению.

Основное назначение первой зоны состоит в формировании пространственного интервала между отцепами и обеспечении ускоренного движения попутно следующих отцепов, не допуская их нагонов в районе первой разделительной стрелки.

Назначение второй зоны состоит в обеспечении требуемых интервалов между отцепами на всем протяжении оставшейся; спускной части горки.

Устройства для торможения вагонов и режимы их использования рассчитываются по условиям скатывания одиночного вагона с очень хорошими ходовыми свойствами, называемого очень хорошим бегуном.



Расчетная скорость роспуска состава определяется по условиям скатывания плохих и хороших бегунов.

Сортировочный парк расположен непосредственно за спускной частью горки. Он включает от 14 до 64 путей в зависимости от объемов перерабатываемых вагонов и числа формируемых поездов в сутки.

В «Правилах и нормах проектирования сортировочных устройств» введены четыре категории сортировочных горок (повышенной, большой, средней и малой мощности), различаемые в зависимости от требуемого объема переработки вагонов и количества путей в сортировочном парке. Категорийность определяет план, профиль горки, размещение и мощность тормозных средств.

Сортировочные горки большой мощности сооружают при переработке не менее 5500 вагонов в среднем в сутки, или если в подгорочном парке предусматривается от 30 до 40 сортировочных путей. Горки большой мощности проектируют с двумя, тремя или более путями надвига, с двумя, иногда с тремя спускными путями. Горбы горки устраиваются в одном уровне, соответствующем зимним условиям работы. Между парками приема и сортировки укладывают два соединительных (обходных) пути в обход горки.

Сортировочные горки повышенной мощности сооружают при переработке более 5500 вагонов в сутки при числе путей в сортировочном парке более 40. Такие горки проектируют с тремя путями надвига, и двумя-четырьмя путями роспуска.

К горкам средней мощности относятся горки, перерабатывающие 1500—3500 вагонов в сутки при числе путей в сортировочном парке, как правило, от 17 до 29. Их проектируют с двумя путями надвига и с одним или двумя спускными путями.

На горках большой и средней мощности операции формирования-расформирования составов механизированы и автоматизированы.

Горки малой мощности сооружают при числе путей в сортировочном парке до 16 включительно и переработке 250–1500 вагонов в среднем в сутки. Их проектируют, как правило, с одним путем надвига и одним спускным путем, с двумя тормозными позициями, из которых одна — на спускной части (перед пучками сортировочных путей), а другая — в подгорочном парке.

К сортировочным горкам предъявляются высокие требования к интенсивности, точности регулирования скорости скатывания, а так же бесперебойности их работы. Для решения поставленных задач одной из ключевых ролей играет состояние верхнего строения пути и земляного полотна.

Производится череда мероприятий:

- использование более мощных рельсов марок Р65 и Р75;
- применяется балласт высшего качества;
- вся горловина горки укладывается на щебень;
- используются шпалы первого типа и пропитанные;
- рельсы без дефектов и укреплены от угона;
- удаляется загрязненный балласт;
- вся территория горки и подгорочный парк защищается от затопления с помощью дренажа.

Заезд локомотива (маневрового горочного) за очередным составом в парк приема может начинаться после стоянки локомотива или окончания роспуска предыдущего состава, осаживания или окончания формирования состава (со стороны горки) на путях сортировочного парка.

Для того чтобы маршрут проезда локомотива не был враждебен маршрутам надвига и роспуска, в районе горки предусматривают специальные пути - обходные. Если такие пути отсутствуют, тогда движение от горки в направлении парка приема осуществляется по путям надвига. В самом парке приема для проезда локомотивов могут быть выделены специальные пути - ходовые.

С помощью путей надвига производится надвиг вагонов из парка приема на горку до горочного светофора. Движение осуществляется по сигналам маневровых и повторительных светофоров. В случае наличия двух и более путей надвига следующий состав может надвигаться параллельно с роспуском предыдущего состава по второму пути. Если имеются только одни пути надвига, в таком случае маршрут надвига в пределах предгорочной горловины и этого пути может быть разделен на секции для того чтобы организовать попутный надвига составов.

В результате использования параллельного и попутного надвига весомо сокращается время между окончанием роспуска одного состава и началом роспуска другого.

При параллельном построении парков приема и сортировочного вагоны перед надвигом вытягивают на вытяжной (расформирования ) путь за разделительную стрелку, после этого его надвигают на горку. В случае если два вытяжных пути находятся рядом, тогда возможен надвиг и роспуск используя один вытяжной путь, а по второму - параллельное вытягивание следующего состава.

Перед роспуском вагонов с горки дежурный производит проверку подготовленности сортировочного парка к роспуску, наличие проходов на сортировочные пути, уровень свободности их со стороны горки. При необходимости согласовывает операции по осаживанию или подтягиванию вагонов с дежурным по парку формирования (составителем поездов). Дежурный дает указание помощнику

составителя поездов и регулировщику скорости скатывания вагонов о выполнении этих операций.

В зависимости от технологии работы станции первичная корректировка сортировочного листка может производиться маневровым диспетчером на АРМе ДСЦ, адресованном к АСУ СС. При уровне автоматизации процесса, с помощью системы КСАУ СП, функции ДСПГ и ДСЦ будут объединены.

С помощью специализированной клавиатуры АРМ ДСПГ на горочном пульте осуществляется введение и осуществление команд деления / объединения отцепов, групповой / индивидуальной замены маршрутов, поворота сортировочного листка, а так же другие.

ДСПГ после подготовки программы роспуска производит процедуру задания маршрута надвига, при этом существует три варианта надвига состава:

- основной – при котором открывается горочный сигнал и надвиг переходит в роспуск без остановки;

- предварительный надвиг (подтягивание) – когда маршрут устанавливается до повторителя и возможна остановка состава или продление маршрута с переходом в основной надвиг;

- попутный надвиг - осуществляемый вслед надвигаемому составу и реализуемый на объектах с одним или двумя путями надвига.

Начало роспуска осуществляется дежурный по горке нажатием кнопки «Р» АРМ ДСПГ. В это же время контроллер вершины горки (КВГ) передает управляющие сигналы на горочный светофор Г и указатель количества вагонов (УКВ) в отцепе.

Задание маршрута надвига принимается УВК ГАЛС Р (управляющий вычислительный комплекс горочной автоматической локомотивной сигнализации). Он производит расчет:

- скоростного режима надвига учитывая сложности маршрута (сопротивление от кривых и противоуклон);

- мощности локомотива и веса состава с позиции минимизации времени доставки состава из парка прибытия, при этом осуществить плавный переход к скорости роспуска.

Так же выдает задания дежурному поста ЭЦ (МРЦ) на приготовление маршрута для заезда горочного локомотива на путь парка приема под состав, а после получения сообщения от машиниста локомотива о заезде – на приготовление маршрута надвига состава на горку.

ДСПГ уведомляет работников о начале роспуска в момент подхода состава к вершине горки (горочному светофору) и в процессе роспуска следит за движением отцепов, а так же контролирует работу системы. При необходимости корректирует работу устройств в зависимости от обстановки.

После осуществления подготовительных операций начинается роспуск или расформирование состава на вытяжном пути безгорочной станции. Состав делится на отцепы, которые расцепляются на скоростном участке горки и направляются на соответствующие пути.

Обслуживающий персонал, участвующий в роспуске, определяется ее техническим оснащением. Процессор роспуска вагонов руководит дежурный по горке (ДСПГ), а в случаях отсутствия его на станции – горочный составитель. В процессе роспуска составов участвуют составители поездов и их помощники. Работники производят расцепку вагонов, их осаживание, формирование поездов, отцепку вагонов, не подлежащих пропуску через горку, и другие маневровые операции.

На сортировочной горке, где механизированы тормозные позиции на спускной части, дополнительно в роспуске участвуют операторы исполнительных постов. Они управляют замедлителями и стрелками в

нижней (распределительной) зоне горки. Так же в работе задействованы регулировщики скорости движения во главе с регулировщиком, осуществляющие торможение отцепов на сортировочных путях.

После согласования с дежурным по станции или диспетчером дежурный по горке должен обеспечить своевременный пропуск горочного локомотива к составу в парк приема с тем, чтобы подача состава для роспуска была начата и закончена без потерь времени в работе горки.

До начала надвига состава дежурный по горке после согласования с дежурным (станции или станционным диспетчером) производит подготовку маршрута для следования надвигаемого состава на горку.

В автоматическом режиме или самим оператором распорядительного поста по распоряжению дежурного по горке происходит управление горочным светофором, а так же выдача указаний на надвиг состава на горку. С помощью радиосвязи машинист горочного локомотива получает распоряжения от дежурный по горке. Так же получает дополнительно информацию о начале и дальнейшем режиме надвига.

О начале производства надвига дежурный по горке объявляет по двусторонней парковой связи всех участвующие в роспуске состава работников горки. Они должны немедленно занять свои рабочие места, а машинист компрессорной станции получает сигнал о необходимости увеличения давления воздуха в пневмосистеме. Уведомление машинистов компрессорной станции может происходить в автоматическом режиме с помощью индикации показаний горочного светофора.

Во время роспуска дежурный по горке обязан:

- лично или через оператора распорядительного поста передавать необходимым работникам сведения о скатывающихся с горки отцепках;

- следить за соответствием отцепов данным сортировочного листка;

- следить за правильностью торможения скатывающихся вагонов операторами и регулировщиками скорости движения вагонов. Для этого необходимо передавать им необходимые указания об отдельных отцепках, требующих особого внимания;

- контролировать скорость надвига состава на горку, а так же во время роспуска в стрелочной зоне;

- стремиться к увеличению скорости роспуска, пока это приводит к увеличению перерабатывающей способности сортировочной горки, при этом не противоречит требованиям безопасности движения;

- вести контроль за движением подвижного состава, который запрещено спускать с горки без локомотива;

- следить за обеспечением безопасности движения при роспуске и немедленно принимать необходимые меры к предупреждению столкновения вагонов, внимательно следить за сигналами, подаваемыми машинистом и составителем из сортировочного парка.

По окончании роспуска состава дежурный по горке через операторов исполнительных постов (на механизированных горках) или через старших дежурных по стрелочному посту (на немеханизированных горках) должен проверить:

- на сколько выполнен намеченный план роспуска;

- установить, не было ли вагонов, направленных в сортировочный парк не по назначению;

- в зависимости от результатов проверки принять меры к восстановлению нарушенной специализации путей.

## 1.2 Предпосылки автоматизации производственного процесса на сортировочных горках

На механизированных горках используются устройства:

- вагонные замедлители горочные и парковые с управляющей аппаратурой;
- горочные стрелочные электроприводы;
- компрессорные установки с вспомогательным оборудованием и пневмосети;
- устройства закрепления вагонов в парках станции.

Основными функциями средств механизации являются:

- перевод стрелки;
- закрепление тележек (колес) вагонов;
- торможение отцепов (вагонов);
- компримирование (сжатие свободного воздуха) и подача воздуха к исполнительным пневматическим устройствам;
- механизация расцепки вагонов.

Однако эффективность использования механизированных сортировочных горок все еще не соответствует их возможностям. Совместная работа механизированных систем торможения с ручным торможением в подгорочном парке приводит к многочисленному штату башмачников, что в свою очередь ведет к удорожанию переработки вагонов. К тому же неточное торможение приводит к образованию «окон» между отцепами на подгорочных путях, это вызывает необходимость систематического осаживания вагонов в подгорочных парках. Все мероприятия приводят к снижению перерабатывающей способности горки и создают простои составов в парках прибытия.

Система команд надвига и роспуска на сортировочных горках формируется дежурным по станции (ДСП) по парку прибытия, дежурным



по горке – (ДСПГ) и машинистом горочного локомотива. Процедура получения согласия на надвиг осуществляется ДСП и ДСПГ. Маршрут надвига задаёт ДСП по выбранному ДСПГ пути надвига, для которого открывается соответствующий горочный сигнал. Показания горочного сигнала и его повторителей далеко не всегда видны машинисту горочного локомотива в силу организации движения вагонами вперёд, расположения парка прибытия и предгорочной горловины, а также погодных условий.

Традиционные системы горочной АЛС с кодированием «в хвост» не отражают в полной мере показании горочного светофора, который имеет 4 сигнальных показания, не говоря о режимах надвига, и действуют только в пределах путей парка прибытия.

В то же время обследование большого числа сортировочных станций показывает, что эффективное управление надвигом и роспуском требует изменения скорости состава с учётом контроля ситуации на вершине горки, местоположения головы состава, правильности расцепа, интервальной ситуации на вершине горки, наконец, сочетания длин и маршрутов следования отцепов. Такой поток информации передавать ДСПГ машинисту просто не может. Кроме того, несогласованность действий ДСП - ДСПГ- машиниста часто приводит к созданию нештатных ситуаций, чрезмерному повышению влияния «человеческого» фактора на безопасность роспуска.

В соответствии с изложенными выше факторами система управления надвигом и роспуском должна обеспечить безопасность технологических операций и эффективность управления горочным локомотивом, для чего применяется система ГАЛС Р.

В качестве дополнительной функции целесообразно рассматривать контроль технологии расформирования и формирования составов на сортировочной станции и формирование потока сообщений

о ходе технологического процесса, для информационно-планирующего уровня станции АСУ СС в целях оптимизации управления станцией.

Для повышения производительности труда, увеличения перерабатывающей способности сортировочных горок и снижения себестоимости переработки вагонов необходим переход к комплексной механизации и автоматизации горочной работы. Основными функциями средств автоматизации являются:

- управление скоростью надвига, роспуска и маневровых передвижений составов и групп вагонов;
- управление маршрутами движения отцепов;
- управление скоростью скатывания отцепов;
- мониторинг перемещения поездов, вагонов и локомотивов на подходах, путях и парках станции;
- управление компрессорной станцией и пневмосетью;
- управление закреплением/освобождением составов;
- контроль, диагностика состояния и обслуживание технических средств автоматизации и механизации сортировочной станции;
- информационный обмен с информационно-планирующей системой ИПУ СС;
- информационный обмен с системами железнодорожной автоматики и телемеханики.

Средства автоматизации сортировочных станций создаются на базе функциональных подсистем, используемых автономно или объединенных в комплексную систему. В систему автоматизации как ее составной элемент входит ГАЦ. Технические средства систем автоматизации подразделяются на путевые, постовые и локомотивные:

- путевые – устройства и датчики которые производят контроль, в том числе обнаружение транспортных средств, измерение необходимых параметров движения и характеристик подвижных единиц, диагностика

исполнительных устройств, механизмов и технологического оборудования горочной станции, которое применяется в процессе управления;

- постовые – оборудование, предназначенное для автоматизированного выполнения своих функций, а также оперативно-диспетчерское и контрольно-диагностическое оборудование, средства связи и электропитания;

- локомотивные – устройства автоматического управления локомотивом, связи их с постовыми устройствами, контроля бдительности машиниста, измерения скорости и направления движения локомотива.

Наличие на горке двух путей надвига и двух спускных путей, а также путей, соединяющих сортировочный и приемный парки в обход горки, снижает затрату вагоно- часов на сортировочную работу.

Время занятия горки одним или несколькими составами, интервал между роспуском двух смежных составов, зависит от путевого развития и технического оснащения горки. Наиболее приемлемым способом в определении времени занятия горки одним составом является графоаналитический, при котором на основании построенных для различных условий работы горки технологических графиков составляются соответствующие аналитические формулы для определения времени занятия горки.

Для оценки эффективности комплексной автоматизации сортировочной станции возьмем одностороннюю станцию, состоящую из парков приема, сортировочной горки, сортировочного парка и парка отправления.

Сортировочная горка станции характеризуется следующими показателями:

- количество стрелок – 31;
- количество пучков – 4;

- система торможения – трехпозиционная – 2 горочных ТП (12 замедлителей) и 1 парковая ТП (32 замедлителя);

- сортировочный парк- 32 пути.

При расчёте за основу были приняты следующие показатели работы такой сортировочной станции:

- вагон с переработкой (  $N_{пр}$  ) - 3300 ваг. в сутки;

- вагон без переработки (  $N_{бп}$  ) - 912 ваг. в сутки;

- всего (  $N$  ) - 4212 ваг. в сутки;

- отправление- 77 поездов с сутки;

- своего формирования (  $N_{сф}$  ) - 60 поездов в сутки;

- средняя длина поезда (  $N_{ваг}$  ) - 55 вагонов.

Горочный технологический цикл - время занятия горки всеми операциями роспуска нескольких составов между двумя осаживаниями вагонов в сортировочном парке. Если разделить технологический цикл горки на число составов, расформированных за этот цикл, то получится среднее время, затрачиваемое на один состав - горочный интервал.

Оптимизация системы управления надвигом и роспуском составов предполагает минимизацию горочного интервала, который характеризует производительность сортировочной горки и определяется выражением:

$$t_{\text{г}} = t_{\text{з}} + t_{\text{н}} + t_{\text{р}} + t_{\text{м}}, \quad (1.1)$$

где  $t_{\text{з}}$  – время заезда горочного локомотива под состав (этот параметр не учитывается, так как эта технологическая операция осуществляется параллельно с предшествующим роспуском);

$t_{\text{н}}$  – время надвига состава;

$t_{\text{р}}$  – время роспуска состава с сортировочной горки;

$t_{\text{м}}$  – время на совершение маневровых операций после роспуска.

Плановые показатели (индекс «п») горочного интервала для сортировочной горки составляют:

$$t_{zn} = 7 \text{ мин}; t_{nn} = 5 \text{ мин}; t_{pn} = 6 \text{ мин};$$

$$t_{zn} = t_{nn} + t_{pn} + t_{mn} = 5 + 6 + t_{mn} = 14,35 \text{ мин};$$

$$t_{mn} = t_{un} - t_{pn} - t_{nn} = 3,35 \text{ мин};$$

$$t_{zn} = t_{un} = 14,35 \text{ мин},$$

где  $t_u$  – интервал между моментами завершения смежных роспусков составов.

Фактические показатели (индекс «ф»), полученные путём анализа станционных процессов, составляют:

$$t_{zф} = 9 \text{ мин}; t_{нф} = 6 \text{ мин}; t_{рф} = 6,19 \text{ мин};$$

$$t_{zф} = t_{нф} + t_{рф} + t_{мф} = 6 + 6,19 + t_{мф} = 15 \text{ мин};$$

$$t_{мф} = t_{уф} - t_{рф} - t_{нф} = 2,81 \text{ мин};$$

$$t_{zф} = t_{уф} = 15 \text{ мин}.$$

Использование комплекса подсистем ГАЛС Р - ГПЗУ позволяет сократить горочный интервал на станции за счёт применения переменной скорости надвига и роспуска. Подсистема ГАЦ МН снижает время роспуска за счёт снижения количества остановок роспусков и запусков. Подсистема УУПТ вместе с КЗП позволяет улучшить величину наполняемости путей подгорочного парка, снизить повреждаемость вагонов и грузов и снизить объём маневровой работы по подготовке сортировочного парка к роспуску. Подсистема КДК позволяет снизить простои из-за отказов технических средств.

Интенсивность поступления поездов на станцию составляет:

$$\lambda = (N_{пр} + N_{бн}) / N_{ваг} / 24;$$

$$\lambda = (3300 + 912) / 55 / 24 = 3,19 \text{ состава в час.}$$

При этом длина состава в среднем составляет:

$$L_{\text{cost.}} = 14 \cdot 55 = 770 \text{ м.}$$

Согласно техническо - распорядительному акту станции скорость роспуска под разрешающее показание горочного светофора ( $V_{pф}$ ) составляет 8 км/ч - зелёный огонь светофора, 6 км/ч - зелено-жёлтый огонь и 4 км/ч - жёлтый. При этом фактическая средняя скорость роспуска составляет:

$$V_{pф} = L_{\text{cost.}} / t_{pф};$$

$$V_{pф} = 0,770 / 0,103 = 7,47 \text{ км/ч.}$$

Путь надвига ( $L_n$ ) складывается из расстояния от выходных поездных светофоров парка прибытия до горочного сигнала. Это расстояние составляет  $L_n = 570$  метров. В режиме подтягивания общий путь составляет около 150 метров (от повторителей горочного светофора до основного горочного светофора).

Таким образом, среднее время надвига до внедрения КСАУ СП состоит из циклов надвига, проведенного в благоприятных условиях (индекс «б») и циклов надвига, произведённого при неблагоприятных (индекс «н») условиях. Наблюдения за сортировочным процессом на выбранном объекте показали, что в 15% ( $P_n = 0,15$ ) на станции создаются неблагоприятные условия (плохая видимость). В этом случае применяется только режим основного надвига со скоростью роспуска, равной скорости надвига  $V_n = V_{pф} = 5 \text{ км/ч}$  (под жёлтый огонь светофора). В 85% случаях ( $1 - P_n$ ) условия для надвига и роспуска благоприятны. При этом применяются режимы подтягивания (индекс «пд») ( $P_{пд} = 1/3$ ) и основного надвига ( $1 - P_{пд} = 2/3$ ) (индекс «он»)

Таким образом, время надвига фактическое рассчитывается следующим образом, составляя при этом 6 минут:

$$t_{нф} = P_n \times t_{нн} + (1 - P_n) \times (P_{пд} \times t_{нбпд} + (1 - P_{пд}) \times t_{нбон}) = 6 \text{ мин.}$$

Скорость движения при подтягивании ( $V_{пд}$ ) может достигать значения  $V_{рф}$ , но на участке в 150 метров и при прицепленном составе эта скорость не достигается. Её значение составляет, в среднем,  $V_{пд}=3 \text{ км/ч}$ . В режиме подтягивания:

$$t_{н\bar{o}пд} = L_{пд} / V_{пд} ;$$

$$t_{н\bar{o}пд} = 0,150 / 3 = 0,05 \text{ ч} = 3 \text{ мин.}$$

В режиме основного надвига состав проходит путь от поездного светофора парка прибытия до горочного, равный  $L_{н}$ . Под зелено-желтый огонь светофора. Тогда:

$$t_{н\bar{o}он} = L_{н} / V_{н} ;$$

$$t_{н\bar{o}он} = 0,570 / 5,5 = 0,104 \text{ ч} = 6,22 \text{ мин.}$$

Значение времени надвига в неблагоприятных условиях составляет:

$$t_{нн} = L_{н} / V_{н} ;$$

$$t_{нн} = 0,57 / 5 = 0,114 \text{ ч} = 6,84 \text{ мин.}$$

Влияние внедрения КСАУ СП (индекс «а») состоит в:

- увеличении фактической скорости роспуска до плановой, скорость роспуска увеличивается на 10-15% и достигнет в среднем 9 км/ч.

$$V_{ра} = V_{рп} = 9 \text{ км/ч},$$

- увеличении скорости надвига до 12 км/ч:

$$V_{на} = 12 \text{ км/ч.}$$

Среднее время надвига при автоматизации в режиме основного надвига:

$$t_{наон} = L_{н} / V_{на} ;$$

$$t_{наон} = 0,57 / 12 = 0,0475 \text{ ч} = 2,85 \text{ мин.}$$

Среднее время надвига при автоматизации в режиме подтягивания:

$$t_{наод} = L_{нд} / V_{на};$$

$$t_{наод} = 0, \frac{150}{4,5} = 0,0333 \text{ ч} = 2,00 \text{ мин},$$

где скорость надвига ( $V_{на}$ ) достигает 4,5 км/ч при проходе повторителя горочного сигнала, преимущественно не останавливаясь.

Среднее время роспуска при автоматизации составит:

$$t_{ра} = L_{рост} / V_{ра};$$

$$t_{ра} = \frac{0,770}{9} = 0,009 \text{ ч} = 5,13 \text{ мин}.$$

Значение горочного технологического цикла равно:

- При благоприятных условиях до внедрения КСАУ СП время надвига состоит из времени надвига в режиме подтягивания (в 1/3 случаев) и времени надвига в режиме основного надвига (2/3 случаев): среднее

$$t_{нб} = P_{нд} \times t_{нбнд} + (1 - P_{нд}) \times (t_{наод});$$

Таким образом,  $t_{нб} = 5,14 \text{ мин}$ .

Тогда,

$$t_{зб} = t_{нб} + t_{рф} + t_{мф};$$

$$t_{зб} = 5,14 + 6,19 + 2,81 = 14,14 \text{ мин} = 0,24 \text{ ч}.$$

- При неблагоприятных условиях до внедрения КСАУ СП скорости роспуска минимальные и по данным станции составляют

$$V_{рн} = 5,5 \text{ км/ч}.$$

Таким образом,

$$t_{рн} = L_{рост} / V_{рн};$$



$$t_{pn} = \frac{0,770}{5,5} = 0,14 \text{ часов} = 8,4 \text{ мин.}$$

Горочный интервал при неблагоприятных условиях равен:

$$t_{zu} = t_{nn} + t_{pn} + t_m;$$

$$t_{zu} = 6,84 + 8,4 + 2,81 = 18,05 \text{ мин.}$$

- При автоматизации за счёт применения прицельного торможения (подсистемы УУПТ и КЗП) снижение маневровой работы по осаживанию в сортировочном парке со стороны горки составляет около 15-20%, таким образом значение времени маневровой работы в режиме автоматического управления будет:

$$t_{ma} = (1 - 0,15) \times t_{mf} = 2,39 \text{ мин.};$$

$$t_{na} = P n \delta \times t_{nan\delta} + (1 - P n \delta) \times (t_{naon}) = 2,57 \text{ мин.}$$

Значения средних времен надвига и роспуска в автоматическом режиме приведены выше. Таким образом, горочный технологический интервал при автоматизации равен:

$$t_{za} = t_{na} + t_{pa} + t_{ma};$$

$$t_{za} = 2,57 + 5,13 + 2,39 = 10,09 \text{ мин.}$$

Для того, чтобы определить продолжительность горочного цикла при благоприятных условиях до внедрения КСАУ СП, учитывая, что график работы механизированной горки с двумя путями надвига и двумя горочными локомотивами, необходимо:

$$T_y^M = t_{z\delta} \times N c;$$

где  $Nc$  - число составов, расформированных за  $T_y^M$ ,

$t_{z\delta}$  - горочный интервал механизированной горки при благоприятных условиях.

$$T_y^M = 14,14 \times 3 = 42 \text{ мин.};$$

А при автоматизации этот показатель будет равен:

$$T_y^a = t_{ca} \times N_c;$$

$$T_y^a = 10,09 \times 3 = 30 \text{ мин};$$

В результате горочный технологический цикл  $T_y^G$  сокращается. В первом случае (рисунок 1.1) горочный цикл равен 42 мин., а во втором (рисунок 1.2) – 30 мин. Очевидно, что производительность горки во втором случае выше.

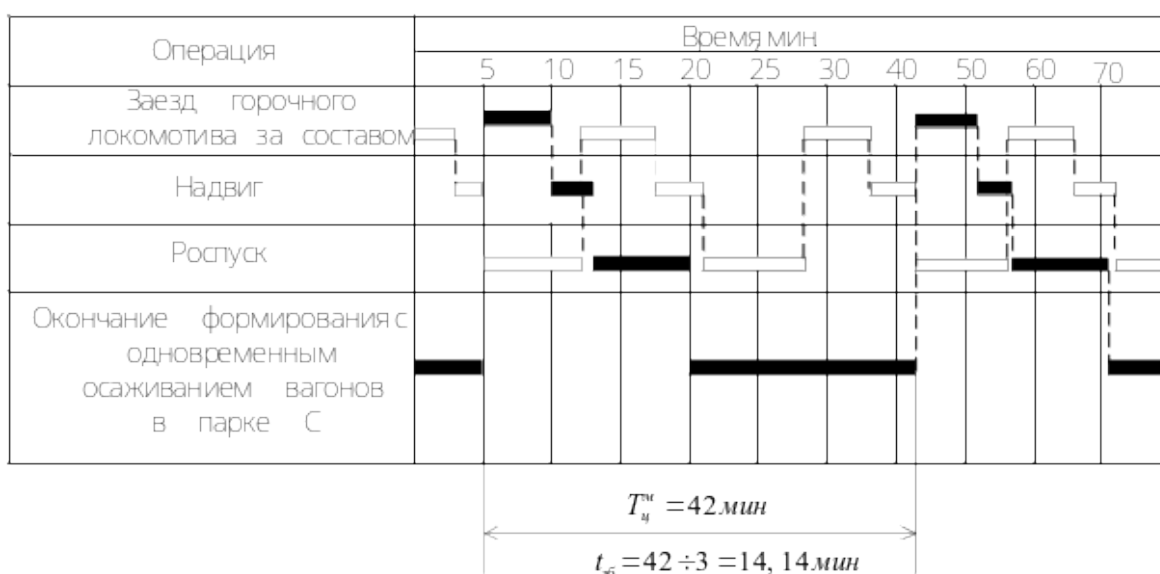


Рисунок 1.1 – Технологический график работы горки с двумя путями надвига и с двумя локомотивами

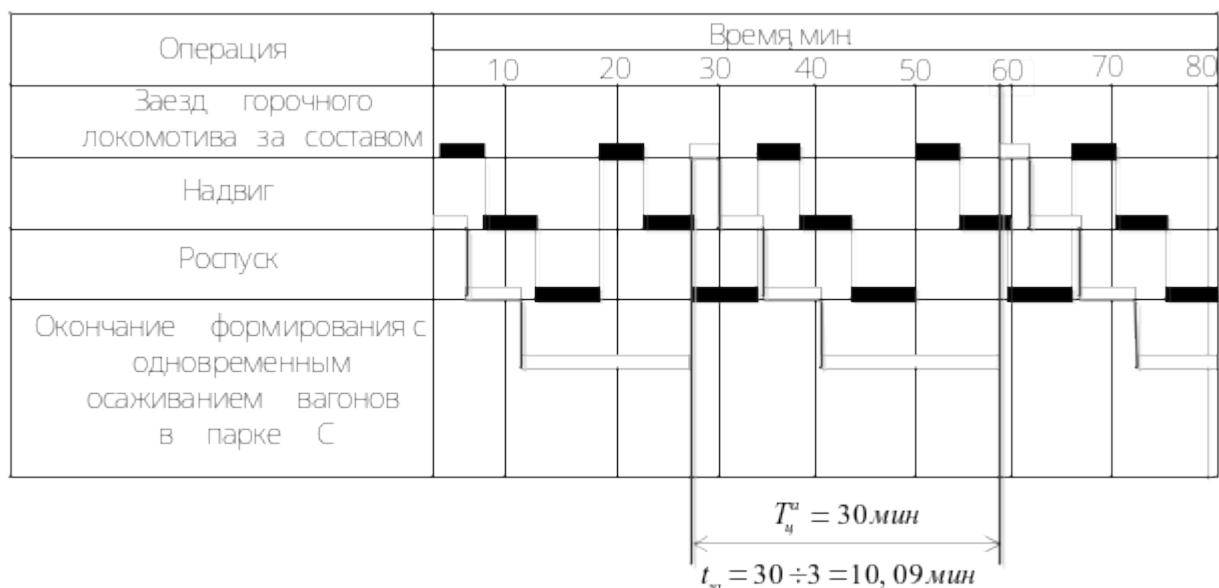


Рисунок 1.2 – График работы горки с двумя путями надвига и с двумя локомотивами, оснащенной КСАУ СП

Важным эксплуатационным показателем СС является перерабатывающая способность горки, которая определяется по формуле

$$N_r = \frac{1440 - \Sigma T_{n0}}{t_r} \cdot m + n_M,$$

где  $\Sigma T_{n0}$  – время занятия горки под технологические операции, не связанные с расформированием поездов,

$$\Sigma T_{n0} = 240 \text{ мин};$$

$t_r$  – горочный технологический интервал;

$m$  – среднее количество вагонов в расформировываемых составах,

$$m = 55 \text{ вагонов};$$

$n_M$  – количество вагонов местных, из вагонного депо, с путей ремонта и т.д., распускаемых за сутки,

$$n_M = 80 \text{ вагонов};$$

Перерабатывающая способность горки без оснащения КСАУ СП:

$$N_r = \frac{1440 - 240}{14,14} \cdot 55 + 80 = 4748 \text{ вагонов.}$$

Перерабатывающая способность горки, оснащенной КСАУ СП:

$$N_r = \frac{1440 - 240}{10,09} \cdot 55 + 80 = 6621 \text{ вагон.}$$

Из приведенных расчетов видно, что при внедрении на сортировочной горки устройств автоматизации процесса

расформирования, ее перерабатывающая способность увеличивается на 30-35%.

## 2 Техническая часть

### 2.1 Комплексная система автоматизированного управления сортировочным процессом (КСАУ СП)

Одной из важных направлений в работе отделений ОАО «РЖД», является стремление к повышению производительности труда, сокращению эксплуатационных расходов, использование малолюдных технологий с одновременным повышением безопасности технологического процесса.

Сортировочный процесс на станциях в данное время требует модернизации, так как грузопоток железнодорожных перевозок за последние десятилетия значительно вырос. Одновременно с этим появилась необходимость модернизации существующих сортировочных горок, чтобы их производительность соответствовала нагрузкам, возлагаемым на данные объекты.

Повышение производительности и снижение затрат на сортировочной станции способны обеспечить горочные устройства в составе комплексной системы автоматизированного управления сортировочным процессом (КСАУ СП), предназначенные для автоматизации управления технологическими процессами расформирования составов на сортировочных горках.

КСАУ СП решает задачи:

- повышение безопасности роспуска отцепов;
- сохранность вагонов и грузов от повреждений;
- снижение эксплуатационных расходов;
- увеличение качества обслуживания постовых и напольных устройств.

Система применяется для управления процессом расформирования составов на механизированных горках малой,

средней, большой и повышенной мощностей. Способна функционировать, как отдельная система, так и в комплексе с другими системами автоматизации сортировочной станции (СС). На сегодняшний день данная система уже внедрена на 19 сортировочных станциях России, среди которых горки повышенной и большой мощности, как Бекасово-Сортировочное и Орехово-Зуево Московской железной дороги, Инская, Московка и Входная Западно-Сибирской железной дороги, Челябинск-Главный Южно-Уральской железной дороги и другие.

Так же первой сортировочной станцией в дальнем зарубежье, оснащаемой системой КСАУ СП, стала станция Замын-Ууд Улан-Баторской железной дороги (Монголия). На объекте работы начинаются с нуля, что значительно проще и эффективнее, чем модернизация имеющегося оборудования.

### 2.1.1 Структура КСАУ СП

У системы КСАУ СП используется модульный принцип. Он включает в себя подсистемы управления надвигом и роспуском составов, маршрутами движения, скоростью скатывания вагонов, автоматизации компрессорных станций. Модульность позволяет не только найти оптимальный алгоритм автоматизации для конкретной сортировочной горки, но и дает возможность проводить реконструкцию горок поэтапно, последовательно наращивать возможности автоматики. Рабочие места дежурного по горке ДСПГ и горочных операторов модернизируются, производится замена новыми современными горочными пультами управления, на которых отображаются вся необходимая информация.

Структура КСАУ СП включает в себя ряд подсистем, которые функционируя совместно, производят работу по сортировке составов.

В состав входят средства и подсистемы горочной автоматизации:

- автоматизированная система управления сортировочной станцией (АСУ СС). На этом уровне сосредоточена информация о сортировочной станции, ее план, включая программу роспуска и маневров, о накоплении вагонов на путях, номера и направления вагонов и другие. На данном уровне происходит информационное управление работой сортировочной станцией;

- горочный комплекс, включает в себя горочное программно-задающее устройство (ГПЗУ), горочную автоматическую централизацию (ГАЦ МН) и устройства управления прицельным торможением (УУПТ). В данной подсистеме ведется расчет скорости роспуска отцепов, причем происходит это после предварительного моделирования скатывания отцепов с учетом их параметров, маршрутов и наполненностью сортировочного парка, производится управление стрелками в соответствии с маршрутами скатывания, ведется протоколирование роспуска составов, а так же прицельное торможение скатывающихся отцепов с помощью тормозных позиций;

- горочная автоматическая локомотивная сигнализация с передачей информации по радиоканалу (ГАЛС Р). Надвиг и роспуск в автоматическом режиме производится с помощью локомотивов, оборудованных этой системой. Она реализует 3 режима управления надвигом и роспуском: телеуправление, местное задание и «ручное» управление. Аппаратура, установленная на борту локомотива, способна контролировать и регулировать скорость движения состава;

- горочная автоматическая локомотивная сигнализация с телеуправлением локомотивами и передачей информации по радиоканалу (ГАЛС РМ). Маршруты надвига и роспуска дополняются

командами о показаниях горочного сигнала, расчетом значений скорости, виде маршрута (основной, предварительный или попутный надвиг, роспуск, осаживание), номере вершины горки. Вся эта информация выводится на монитор машинист в дополнении о текущих значениях скорости и расстояния до конца маршрута;

- контрольно-диагностический комплекс (КДК), регистрирует отказы и предотказные состояния оборудования и отказы программного обеспечения, способен производить непрерывное функционирование за счет реконфигурации систем при отказах. КДК делает доступным переход от регламентных к ремонтно-восстановительным методам обслуживания устройств;

- подсистема автоматизированного управления компрессорной станцией (КСАУ КС) обеспечивает поддержание необходимого давления в пневмосети. Используется минимально возможное количество компрессоров, при необходимости встроенная автоматика подключает дополнительные;

- комплекс технических средств оперативно-диспетчерского управления сортировочной горки (КТС ОДУ СГ) на базе микропроцессорной техники выполняет функции горочного пульта управления с отображением на мониторе технологического процесса. Обеспечивает подключение к исполнительным механизмам, позволяет объединить рабочие места и концентрировать управление процессами надвига, роспуска и осаживания вагонов;

- система контроля заполнения путей (КЗП) позволяет отслеживать движение каждого отцепа с момента выхода из парковой тормозной позиции до точки соударения с другими отцепами. Система позволяет определить свободную длину каждого пути и «окна» между отцепами находящимся на путях сортировочного парка;



- электрическая централизация парка прибытия (ЭЦ ПП) и парка отправления (ЭЦ ПО), необходимы для контроля подвижного состава требующих формирования и уже расформированных на сортировочной горке;

- индуктивно проводные датчики (ИПД) необходимы для защиты стрелок горочной автоматической централизации от ложной свободы при проходе длиннобазных вагонов;

- устройства динамического контроля дислокации и идентификации вагонов в парке отправления (УДК ПО) и районе формирования (УДК ПП);

- автоматизированные рабочие места (АРМ ГАЦ, АРМы УУПТ, АРМы ЭЦ), на них в реальном масштабе времени передается информация о прохождении процесса роспуска, основные параметры отцепов, скорости, маршруты движения, отказы оборудования и т.д. Так же происходит анализ работы горки за смену, сутки (период) для дальнейшего анализа руководства станции;

- пункты списывания в парке прибытия и парке отправления. В данной подсистеме происходит занесение вручную номеров вагонов в систему.

- автоматизированное рабочее место дежурного по горке АРМ ДСПГ. Является рабочим местом дежурного по горке и горочных операторов тормозных позиций. АРМы горочных операторов устанавливаются на пультах, по одному на пучок, на них выводится информация о маршруте, параметрах отцепов и т.д.

## 2.1.2 Подсистема ГАЦ МН

Горочная автоматическая централизация с ведением накопления вагонов в сортировочном парке разработана для применения на строящихся и действующих сортировочных горках взамен морально устаревших релейных систем горочной централизации. Внедрение системы позволяет экономить на эксплуатационных затратах за счет:

- уменьшения энергопотребления;
- сокращения объемов работ по обслуживанию в ремонтно-технологическом участке (РТУ);
- диагностирования и раннего выявления дефектов вагонов и горочного оборудования;
- снижение объемов маневровой работы, сокращение числа операторов- накопителей;
- сокращения простоев вагонов под накоплением;
- повышения безопасности роспуска и маневровых передвижений.

ГАЦ МН работает в автоматическом, программном и маршрутном режимах и предназначена для:

- слежения за перемещением подвижных единиц по спускной части горки;
- автоматического управления стрелочными переводами с индикацией маршрутов;
- установки стрелок в безопасное положение;
- составления протоколов о результатах роспуска;
- выполнения тестирования систем и сбор результатов;
- ведения протокола движения отцепов;
- диагностики УВК и напольных горочных устройств.

Оборудование ГАЦ МН состоит из постового и напольного оборудования. К постовому относятся:

- управляющий вычислительный комплекс (УВК ГАЦ). В его состав входят: промышленный компьютер, сервер-шлюз. УВК ГАЦ является мозговым центром системы;

- рабочие места дежурного по горке (АРМ ДСПГ) и горочных операторов тормозных позиций. На АРМ-ах отображается информация о маршрутах, параметрах отцепов, режиме управления стрелкой, текущем размещении отцепов на соответствующем пучке и диагностической информации об опасных отказах напольных и постовых устройств;

- контрольно-диагностический комплекс (КДК), необходимый для контроля и диагностики функционирования напольных и постовых устройств;

- контроллер вершины горки (КВГ), применяется для приема программы роспуска из ГАЦ МН, контроля расцепа вагонов на вершине горки исправного состояния устройств, расположенных в этой зоне, для управления горочным светофором, скоростью роспуска и указателем количества вагонов в отцепах;

В состав напольного оборудования включены устройства, размещенные непосредственно вдоль маршрута движения вагонов: горочные и маневровые светофоры, стрелочные приводы, датчики обнаружения вагонов на участках (горочные рельсовые цепи (ГРЦ), устройства счета осей (УСО), радиотехнические датчики (РТД-С), радиолокационные индикаторы скорости (РИС-ВЗМ), весомеры, вагонные замедлители, индуктивно путевые датчики (ИПД)). За счет информационной избыточности от напольного оборудования, обеспечивается надежность работы системы.

ГАЦ МН обеспечивает управление процессом роспуска составов на горках с дистанционным управлением стрелками в режимах:

- ручной - команды на перевод стрелок передаются с пультов операторов;

-автоматический - команды на перевод стрелок передаются от УВК. В таком режиме возможен маршрутный и программный роспуск. Маршрутный - при наборе маршрутных заданий кнопками пульта дежурного по горке. Программный - при автоматическом вводе данных сортировочного листа из АСУ СС в электронном виде в УВК ГАЦ МН.

### 2.1.3 Контроллер вершины горки

Контроллер вершины горки (КВГ) предназначен для:

- приема программы роспуска из ГАЦ МН;
- контроля расцепа вагонов на вершине горки;
- управления горочным светофором, скоростью роспуска и указателем количества вагонов в отцепах;
- контроля исправного состояния устройств зоны вершины горки.

Контроллер располагается в зоне вершины горки в специальном помещении и включает в себя:

- промышленный компьютер;
- монитор с клавиатурой;
- терминальные платы с модулями дискретного ввода/вывода сигналов;
- модем связи с УВК ГАЦ МН, который находится на горочном посту.

Синхронизация скорости надвигаемого состава с физическим скатыванием отцепов осуществляется с помощью КВГ по сигналам отделения отцепа от состава. Соответствие фактического количества вагонов в отцепе заданному проверяется на контрольном участке. Это производится с помощью счетчиков осей и радиотехнического датчика РТДС, который фиксирует отделение отцепов от состава.

Если расчетный интервал больше фактического или произошел неправильный расцеп, система управления может в автоматическом

режиме скорректировать скорость роспуска, тем самым создать условия для предотвращения повторной сцепки или остановки роспуска.

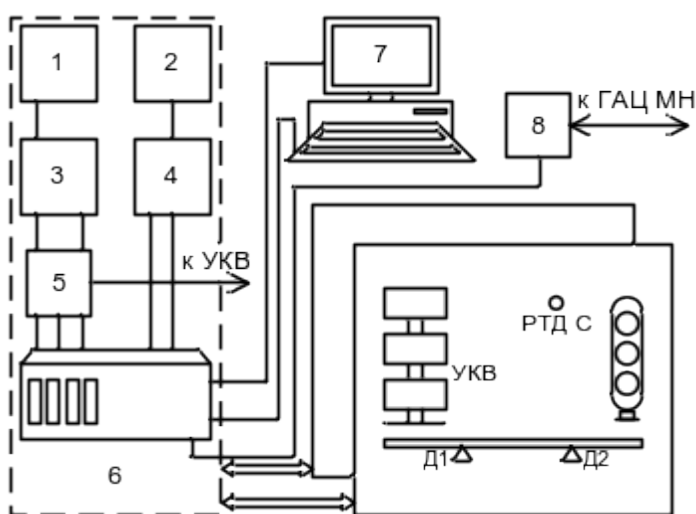


Рисунок 2.1 – Схема контроллера вершины горки

Перед началом роспуска состава контроллер вершины горки 6, по каналу передачи информации через модем 8, получает сведения сортировочного листа из УКВ ГАЦ МН, где указаны пути надвига и участок контроля расцепки. Затем КВГ передает информацию о числе вагонов в первых трех отцепках на указатель количества вагонов. Одновременно с этим контроллер на основании программы роспуска рассчитывает скоростной режим роспуска состава. При этом учитываются параметры отцепов и вагонов. Это происходит в результате расшифровки их инвентарных номеров, а так же учитываются маршруты движения, план и профиль сортировочной горки, наполненность путей сортировочного парка.

Чтобы повысить точность расчета, используются статистические результаты скатывания предыдущих отцепов, которые хранятся в памяти УКВ ГАЦ МН.

Быстродействие современных промышленных контроллеров позволяет рассчитывать скорость роспуска синхронно с его ходом, при наличии предварительного подготовленных исходных данных.

В процессе роспуска КВГ контролирует процесс надвига, расцепа и скатывания отцепов в момент их автономного движения на верхнем участке горки. Это происходит с помощью работы напольных устройств: радиолокационные датчики скорости (РИС ВЗМ), точечные индуктивные датчики счета осей (УСО) и радиотехнические датчики (РТД-С).

Вся поступающая информация от напольных устройств передается в терминальные платы контроллера (1-4) и по согласующему стыку (5) подается в КВГ (6). КВГ представлен в виде промышленного компьютера, оборудованный монитором и клавиатурой (7).

Момент расцепа вагонов контролируется различием скорости надвига состава и скорости отделившегося отцепа. При фиксации различия скоростей контроллер регистрирует это как момент расцепа вагонов.

Чтобы реализовать адресный маршрут движения, подтверждается правильность произведенного расцепа с помощью подсчета числа вагонов в отцепе и сравнения с данными сортировочного листа. Для этого на путях устанавливаются два комплекта датчиков счета осей Д1 и Д2, которые идентифицируют отцеп по количеству осей и вагонов, а так же с помощью РТД-С регистрируется отцеп как одна подвижная единица.

Зафиксированная информация в дальнейшем используется в УВК ГАЦ для контроля и отслеживания отцепа по заданному маршруту. После эта информация из оперативной памяти роспуска передается в протокол для документирования.

После прохода отцепом зоны контроля в КВГ сравниваются значения, полученные от РТД-С с сортировочным листом. При полной идентичности сведений КВГ отправляет команду на смену числа вагонов в очередном отцепе.

По завершении роспуска КВГ гасит показания указателя вагонов и перекрывается горочный светофор.

В случае нештатных ситуаций, связанных с неправильной расцепкой вагонов, контроллер КВГ передает информацию в УВК ГАЦ и роспуск останавливается.

При регистрации интервала между отцепами, который меньше допустимого или при появлении нештатного расцепа, система управления автоматически вносит коррективы в скорость роспуска, чтобы избежать остановки роспуска. При неправильном расцепе на указателе появляется мигающая индикация и одновременно передается информация на АРМ ДСПГ.

## 2.2 Напольные устройства

Современные системы автоматизации предъявляют высокие требования к напольному оборудованию и к устройствам обнаружения и мониторинга подвижных единиц в зоне контроля. Данные технические средства обязаны обеспечивать безопасный роспуск составов, иметь высочайшую эксплуатационную надежность, вести непрерывный мониторинг своей работоспособности.

К средствам обнаружения подвижных единиц и контроля путевых участков сортировочных горок относятся:

- горочные рельсовые цепи (ГРЦ);
- радиотехнические датчики (РТД-С);

- индуктивно-проводные датчики (ИПД);
- устройства счета осей колесных пар (УСО).

Применение современных средств мониторинга и контроля позволяет более качественно и безопасно осуществлять технологическую работу на сортировочной станции.

### 2.2.1 Горочные рельсовые цепи

Горочные рельсовые цепи (ГРЦ) имеют ряд основных особенностей. Таких как:

- относительно малая длина;
- наличие защитного участка;
- повышенная шунтовая чувствительность и быстродействие;
- уверенная работа при пониженном сопротивлении изоляции.

В системах ГАЦ с короткими РЦ предъявляют требования по быстродействию, что связано с работой стрелок в режиме автовозврата и недопустимости даже кратковременной потери шунта при проследовании ПС по контролируемому участку. Отцеп должен быть обнаружен независимо от состояния балласта и загрязнения контактных частей рельсов и колесных пар.

В настоящее время на механизированных и автоматизируемых станциях при любой виде тяги применяются нормально разомкнутые рельсовые цепи частотой 25 ГЦ.

При соблюдении требований и норм такие рельсовые цепи могут обеспечивать:

- надежное притяжение якоря путевого реле при наложении шунта сопротивлением 0,5 Ом, максимальном сопротивлении изоляции  $R_{и}=\infty$  и минимальном питающем напряжении 105В частотой 25 ГЦ;



- надежное отпускание якоря путевого реле при снятии шунта, минимальном сопротивлении  $R_{и}=3 \text{ Ом}$  и максимальном напряжении 115В;

- время с момента наложения шунта до размыкания фронтных контактов обратного повторителя путевого реле составляет не более 0,15с (при максимальном напряжении контрольной батареи 28В), а время с момента снятия шунта до размыкания фронтных контактов не более 0,35 с (при минимальном напряжении 22В).

Длину РЦ определяет интервал между скатывающимися отцепами, при этом, чем меньше длина, тем скорость может быть выше. Длина ГРЦ ( $L_{рц}$ ) состоит из участков:

- предстрелочного  $L_{пу}$  (от изостыков до начала остряков);
- от начала остряков до изостыков перед крестовиной стрелки ( $L_{ок}$ ).

Предстрелочный участок служит для обеспечения полного перевода стрелки до момента вступления отцепа на ее остряки. Длина участка зависит:

- от скорости движения отцепа  $V_{в}$ ;
- времени перевода стрелки  $t_{пс}$ ;
- времени реакции путевого реле  $t_{зам}$  на шунт.

$$L_{пу} = V_{в}(t_{пс} + t_{зам}). \quad (2.1)$$

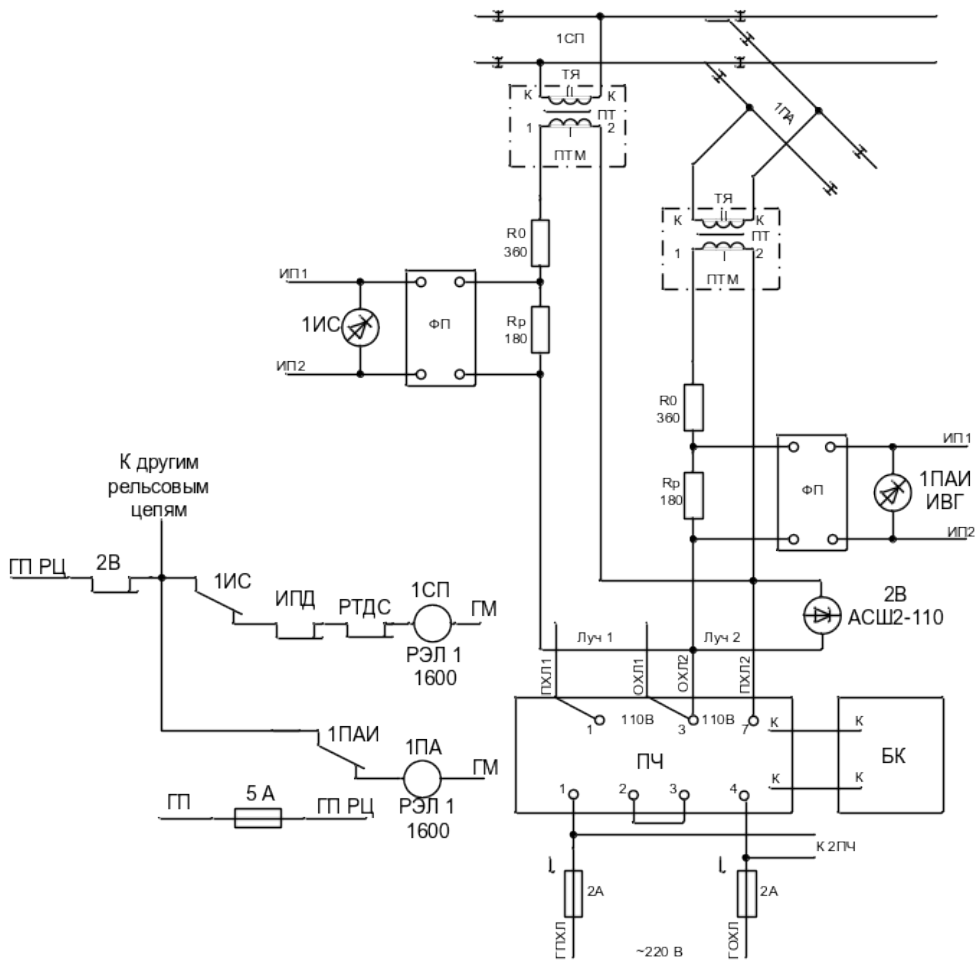


Рисунок 2.2 – Схема ГРЦ переменного тока 25Гц

При свободной РЦ вторичная обмотка ПТ нагружена на сопротивление изоляции. В контуре первичной обмотки устанавливается ток, которого недостаточно для срабатывания путевого реле ИС. В момент шунтирования ток в контуре вторичной обмотки возрастает, что приводит к увеличению тока в контуре первичной обмотки и срабатыванию путевого реле ИС. Резистор  $R_0$  ограничивает ток при малых сопротивлениях поездного шунта и соединительных проводов контура вторичной обмотки ПТ.

Фильтры ФП защищают реле РЦ от тягового тока на электрифицированных участках и на трех РЦ, примыкающих непосредственно к электрифицированным путям.

Необходимость обеспечения быстродействия горочной РЦ определяется условиями безопасности при максимальном темпе роспуска составов.

### 2.2.2 Индуктивно-проводной датчик

Индуктивно-проводной датчик ИПД относится к категории технических средств защиты стрелок ГАЦ от несанкционированного перевода под вагонами. Так же может быть использован в системах контроля заполнения путей как датчик обнаружения отцепов на сортировочных станциях.

ИПД служит для определения свободности или занятости подвижным составом контролируемого участка. На спускной части горки ИПД обеспечивает контроль как при остановившемся отцепе (статический режим), так и в процессе движения (динамический).

Основные требования к ИПД:

- снижение количества ошибок и непрерывный контроль перемещения вагонов;
- распознавание любых типов грузовых вагонов, как в статическом, так и динамическом режимах (до 40 км/ч);
- проведение постоянного тестирования и диагностики работоспособности с прогнозом предотказного состояния.

Датчик ИПД способен, не зависимо от погодных и эксплуатационных условий, определить подвижной состав в зоне укладки индуктивного шлейфа ИШ. ИШ укладываются в форме «прямоугольника» или «восьмерки», размеры выбираются в зависимости от размеров стрелочного участка.

Контроль наличия подвижного состава основан на оценке изменения частоты настройки автогенератора гармонических колебаний. ИШ является чувствительным элементом датчика, выполняющим роль колебательного контура автогенератора и изменяющим параметры под действием металлической массы вагона в зоне контроля.

При свободности участка контроля генератор гармонических колебаний выдает на вход порогового устройства сигнальную частоту синусоидальной формы. Далее пороговое устройство формирует сигнал управления выходным каскадом генератора и на выход ЭБ в нагрузку поступает сигнал постоянного тока напряжением 24 В на нагрузке 1440 Ом. При занятости контролируемого участка возможно уменьшение добротности колебательного контура датчика и амплитуды сигнала генератора или полное прекращение колебаний. В любом случае формируется сигнал управления выходным каскадом. В результате сигнал на нагрузке пропадает, это и фиксируется исполнительным элементом.

Начало контролируемого участка датчика соответствует «наезду» первой колесной пары отцепа на ИШ и срабатыванию датчика. Конец контрольного участка соответствует «съезду» последней колесной пары отцепа с изолирующих стыков стрелки и восстановлению работы датчика.

Любой датчик обнаружения подвижного состава, на сети железных дорог России, в частности на стрелочных участках, характеризуется инерционностью. Инерционность, при появлении в зоне контроля объекта, определяется временем:

- анализа, необходимого для регистрации факта обнаружения;
- принятия решения по результатам анализа;
- исполнения команды исполнительным элементом.

С целью исключения риска перевода стрелки под отцепом нужно определить эту инерционность и согласовать длины зон обнаружения датчика и контролируемого участка. Для ИПД эти длины согласуются с помощью смещения границ укладки индуктивного шлейфа относительно острия остряков стрелки.

С момента входа первой колесной пары отцепа на границу укладки шлейфа обнаружение происходит с запаздыванием по времени, потому что скорости движения отцепов на горках меняются в различном диапазоне. Момент обнаружения занятости стрелочного участка может находиться дальше границы защитного участка нормативной зоны контроля горочной стрелки. В результате стрелка способна перевестись под вагоном. Чтобы это исключить, нужно выбрать границы укладки шлейфа относительно границ стрелочного участка с учетом параметров, определяющих инерционные свойства ИПД.

Чувствительным элементом датчика является индуктивный шлейф. Он укладывается в пределах рельсовой колеи и изменяет свои параметры при наезде отцепа. Шлейф закреплен с помощью крепежных скоб к шейке рельсов внутри железнодорожной колеи в пределах контролируемого участка и содержит катушку индуктивности, образованную из 7 жильного кабеля КВВГ 7х1.5 (рисунок 2.3).

Для защиты от механических повреждений кабель помещен в резинотканевый рукав. На сортировочных станциях используют разную длину индуктивных шлейфов исходя из конкретной решаемой задачи.

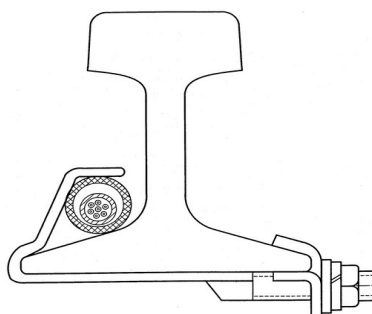


Рисунок 2.3 – Крепление шлейфа ИПД

Электронный модуль ИПД состоит из генератора гармонических колебаний, порогового устройства, контрольной схемы, схемы автоподстройки, выходного каскада. Схема автоподстройки необходима для стабилизации работы генератора гармонических колебаний.

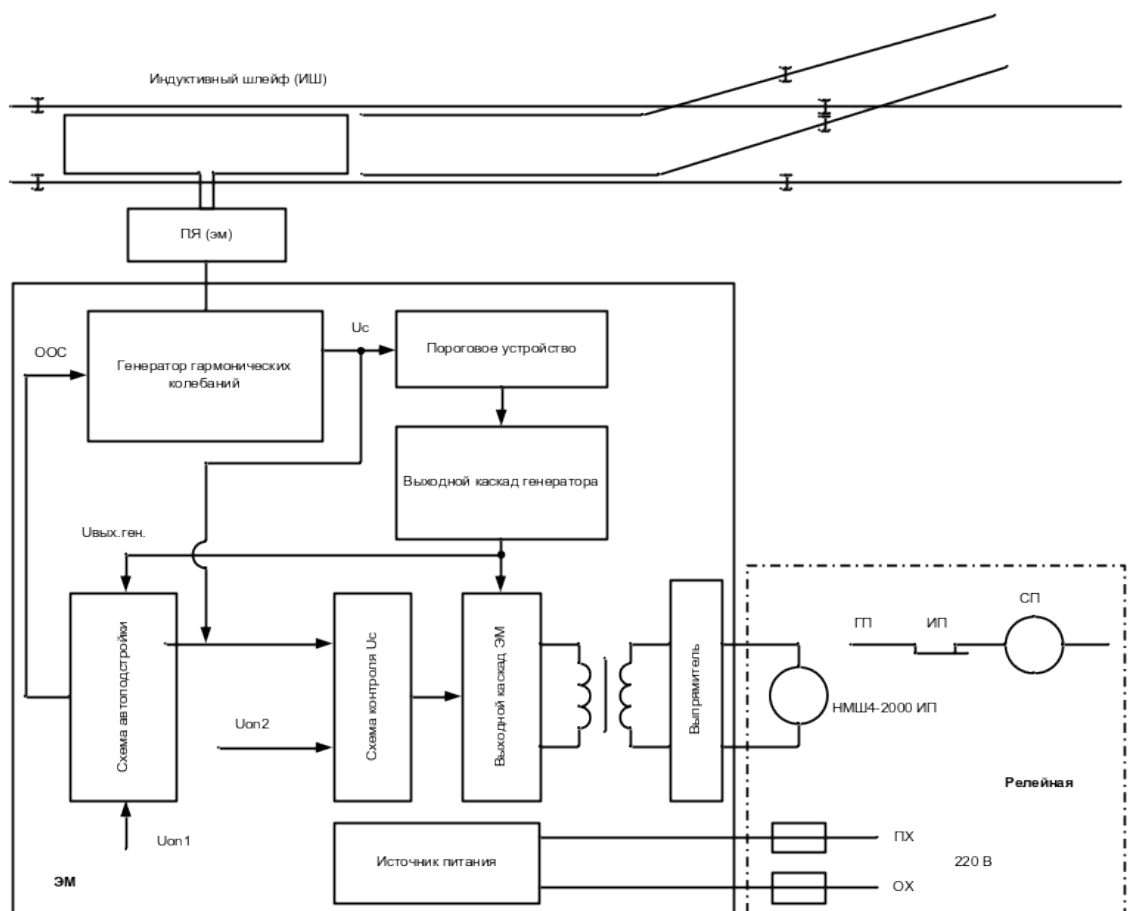


Рисунок 2.4 – Размещение аппаратуры ИПД

В реальных условиях на рамку ИШ действует не только металлическая масса вагона, но и климатические факторы (в частности, влажность). В результате амплитуда колебаний генератора датчика может изменяться, в то время как порог срабатывания датчика остается постоянным. Это может привести либо к «пропуску» базы вагона, либо к выдаче ложного сигнала занятости. Поэтому в преобразователе датчика

реализована схема стабилизации амплитуды колебаний генератора датчика. Эту функцию выполняет схема автоподстройки. Принцип ее действия основан на том, что в цепь ООС генератора введено регулирующее звено, которое изменяет глубину ООС в зависимости от изменения амплитуды колебаний в ИШ генератора датчика.

Регулирующее звено состоит из цифроаналогового преобразователя (ЦАП), работающего в следящем режиме.

Выходной сигнал генератора гармонических колебаний поступает на вход ЦАП и 3-й компаратор. На 2-ой компаратор подается опорное напряжение, которое и определяет величину выходного сигнала на выходе генератора. Если сигнал на входе компаратора выше опорного, то на его выходе формируется сигнал, дающий команду на вычитание числа в реверсивном счетчике. При этом сигнал с выхода ЦАП увеличит уровень ООС генератора и сигнал на его выходе уменьшится. Уменьшение сигнала будет происходить до тех пор, пока он не станет меньше  $U_{оп}^4$ . После этого на выходе компаратора формируется сигнал, дающий команду на сложение числа в реверсивном счетчике. В этом случае сигнал с выхода ЦАП уменьшает величину ООС генератора и сигнал на его выходе увеличивается.

Напряжение на входе компаратора возрастает на величину  $U_c J 2^n$ , где  $n$  – число разрядов ЦАП, и компаратор вновь даст команду на вычитание. С каждым следующим тактом компаратор будет выдавать команду либо на сложение, либо на вычитание, а величина выходного сигнала – синхронно изменяться.

Схема автоподстройки и контрольная схема с выходным каскадом расположены на модуле ЭМ2 электронного блока датчика.

Для контроля работоспособности ИПД электронный блок имеет контрольную схему, которая выдает сигнал об исправности, если

величина сигнала в контрольной точке КТ, определяющая работоспособность ИПД, не превышает заданной величины.

Для обеспечения условия безопасности работы ИПД контрольная схема ЭБ работает в импульсном режиме. Электронный блок выдает напряжение постоянного тока +24 В, которое питает исполнительное реле. Контроль работоспособности ИПД осуществляется визуально светодиодом «Выход».

Конструктивно-электронный блок представляет собой объемную конструкцию, внутри которой расположены две съемные печатные платы. На одной плате (модуль ЭМ1) — источник питания, генератор синусоидальных колебаний и генератор импульсов, а на второй (модуль ЭМ2) — элементы схемы автоподстройки контрольной схемы (схема выходного каскада). На верхних панелях помещены элементы настройки и индикации, вывод контрольной точки.

При выключении питания ИПД переходит в режим «Занятость» независимо от состояния контролируемого участка. Если питание прерывается на время не более 2 минут, то ИПД восстанавливает свою работоспособность. Если питание прерывается на время более 2 минут, то ИПД переходит в режим «Занятость». Для приведения ИПД в работоспособное состояние необходимо настроить ИПД в соответствии с требованием руководства по эксплуатации.

Инерционность ИПД с момента обнаружения отцепки при входе в зону укладки шлейфа до момента размыкания контактов исполнительного реле определяется следующими факторами:

- временем анализа, необходимым датчику для регистрации факта обнаружения вагона по реализуемому частотному критерию - 62,5 мс;
- временем, необходимым для формирования выходным каскадом сигнала управления реле - 20 мс и размыкания контактов



исполнительного реле НМШ2-4000 - 38 мс.

Таким образом, суммарное время инерционности ИПД при регистрации занятости участка и использовании реле этого типа составляет 120,5 мс.

При выходе последней колесной пары отцепа из зоны действия датчика также регистрируется факт освобождения участка с инерционностью. В этом случае инерционность ИПД определяется следующими факторами:

- временем анализа, необходимым датчику для регистрации факта завершения обнаружения по реализуемому частотному критерию - 187,25 мс;

- временем, необходимым для формирования выходным каскадом сигнала управления реле - 20 мс и временем замыкания контактов при срабатывании исполнительного реле НМШ2-4000 - 139 мс.

Суммарное время инерционности ИПД при регистрации свободности для этого реле составляет 346,5 мс.

На сети железных дорог датчик ИПД со шлейфом в форме «прямоугольника» эксплуатируется на стрелочных участках, оборудованных, как правило, нормально разомкнутой рельсовой цепью. Отцеп контролируется с момента входа на границу защитного участка, которая может совпадать с изолирующим стыком ИС1, и до выхода за последний изолирующий стык ИС2 рельсовой цепи. При этом индуктивный шлейф прокладывают лишь в зоне защитного участка и остряков, так как шлейф находится в зоне влияния вторичного контура, образованного рельсовой цепью до момента выхода последней оси отцепа за границу рельсовой цепи. В результате длина зоны обнаружения ИПД больше нормативной зоны контроля стрелочного участка и превышает геометрические размеры самого шлейфа.

### 2.2.3 Радиотехнический датчик

Горочные рельсовые цепи не могут исключить перевод стрелки под длиннобазным вагоном, у которого расстояние между осями внутренних колес превышает длину стрелочной рельсовой цепи. Это требует дополнения стрелочных рельсовых цепей радиотехническими датчиками.

Радиотехнические датчики (РТД) обеспечивают пространственный контакт с обнаруживаемыми транспортными средствами и могут работать в двух режимах обнаружения:

- прием отраженного сигнала;
- экранирование сигнала, излучаемого передатчиком.

Радиотехнический датчик контроля свободности стрелочных участков (РТД-С) предназначен для фиксации наличия отцепов на стрелочных участках сортировочных горок в системах ГАЦ.

РТД могут работать в двух режимах обнаружения:

- прием отраженного сигнала (канал отраженного сигнала КОС);
- экранирование сигнала подвижным составом (канал прямого сигнала КПС).

РТД-С состоит из передатчика и двух приемников. Для осуществления контроля в РТД-С используется радиоканал СВЧ диапазона. Это обосновано тем, что влияние запыленности, тумана, дождя, снега на волны этого диапазона тем меньше, чем больше неравенство  $A > r$  ( $A$  - длина волны излучаемого колебания,  $r$  - радиус частиц метеорологического происхождения).

РТД-С состоит из двух основных модулей - приемного и передающего. Модули устанавливаются на крепежные стойки, расположенные в зоне стрелочного участка (рисунок 2.5). Приемник,

крепится внизу стойки. Он является основным и используется для контроля всех типов вагонов с хребтовой балкой.

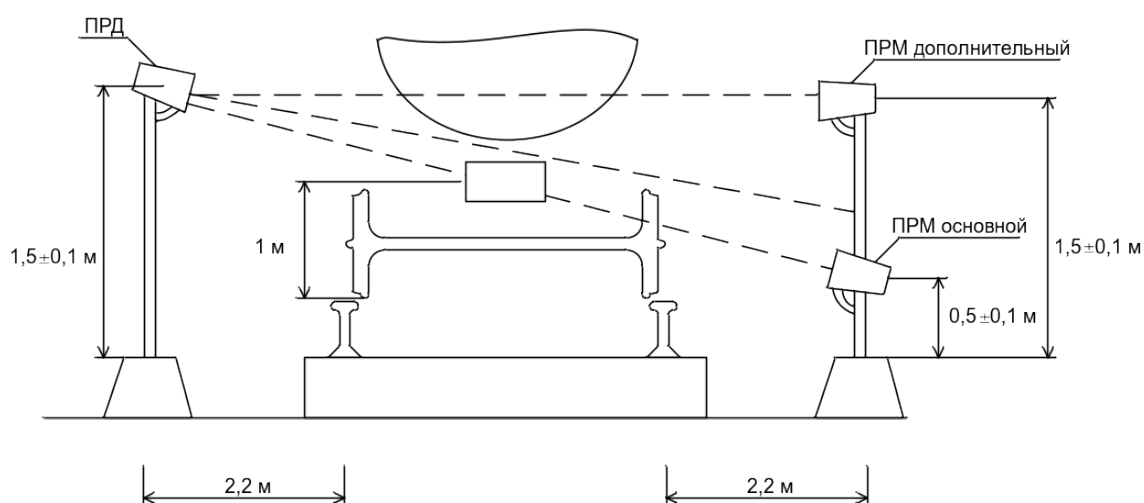
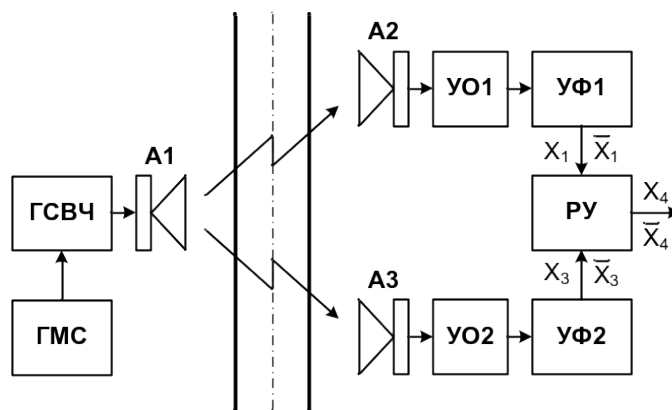


Рисунок 2.5 – Размещение РТД-С в зоне стрелочного участка

На сортировочных горках для сдвоенных стрелок есть возможность расположить три ПРМ на одной стойке, что приводит к улучшению характеристик для обнаружения подвижной единицы.

Схема РТД с двумя КПС предполагает размещение одного передающего и двух приемных модулей на противоположных сторонах участка.

При свободности участка вырабатываемый генератором сверхвысоких частот СВЧ- сигнал излучается передающей антенной А1 по КПС воспринимается антеннами А2 и А3 приемных модулей. РУ, обрабатывает полученные сигналы и формирует сигнал Х4. Этим регистрируется отсутствие транспортного средства. Полное или частичное экранирование подвижным составом приводит к отсутствию сигнала на приемных антеннах, что в свою очередь говорит о занятости участка.



Рисенок 2.6 – Структурная схема двухканального варианта РТД в режиме КПС

Выбор места расположения устройств на горочном плане для достоверного обнаружения отцепа в заданной границе контроля производится с учетом технических требований к РТД-С, длины стрелочного участка и реальных габаритов подвижного состава. Главными требованиями при выборе координат размещения стоек РТД-С на стрелочном участке:

- въезд первой оси колесной пары на границу предстрелочного защитного участка должен быть зарегистрирован как занятость стрелочного перевода;
- выезд последней оси колесной пары вагона за острия должен быть зарегистрирован как освобождение участка контроля.

#### 2.2.4 Устройство счета осей

Использование надежных, не требующих частой регулировки устройств счета осей УСО позволяет снизить трудозатраты на техническое обслуживание, а так же финансовые затраты.

УСО предназначено для распознавания осей вагонов и определения направления их движения, при этом производить контроль исправности элементов устройства.

Устройство считывания осей состоит из:

- индуктивного датчика ИД, располагаемого на путях;
- преобразователя сигналов, установленного в путевом ящике.

Индуктивный датчик представляет собой многоконтурный обнаружитель, который позволяет обнаруживать подвижной состав и фиксировать направление его движения.

ИД состоит из двух частей:

- первичного преобразователя датчика;
- преобразователя сигналов ПС (в напольном ящике).

Первичный преобразователь датчика представляет собой совокупность трех катушек индуктивности без сердечника КИ1, КИ2, КИ3, который прикрепляется к рельсу. Катушки КИ1 и КИ3 (рабочие), располагаются в корпусе горизонтально, их плоскости намотки параллельны рельсу, а третья, вспомогательная, располагается между ними и ее плоскость перпендикулярна плоскости других катушек индуктивности. В результате преобразователь сигнала датчика строится по трехканальной схеме.

Два канала ПС (рабочие), выполняют функции счетчиков осей движущегося вагона. Они симметричны и включают в себя:

- резонансные каскады РК1 и РК2;
- компараторы сигналов К1 и К2;
- дискретные делители частоты сигнала Д2 и Д4;
- каскады оптоэлектронной развязки ОР1 и ОР3;
- индикаторы состояния каналов И1 и И3;
- выходные цепи передачи сигналов на пост ЭЦ – ВЫХ.СЧ1 и ВЫХ.СЧ.2.

Третий канал имеет функции контроля работоспособности датчика и включает в себя те же функциональные узлы, что и основные каналы.

Ориентация индуктивности катушек датчика такова, что колесные пары вагона поочередно проезжают над катушкой КИ1, а затем над катушкой КИ3 в одном направлении, либо наоборот при обратном движении. В момент проезда колесной пары над соответствующей катушкой, регистрируется сигнал с соответствующего счетного выхода одного из каналов СЧ1, или СЧ2. Фиксация направления движения транспортного средства происходит в зависимости от очередности во времени появления счетных импульсов с выхода первой или второй катушек КИ1, КИ3.

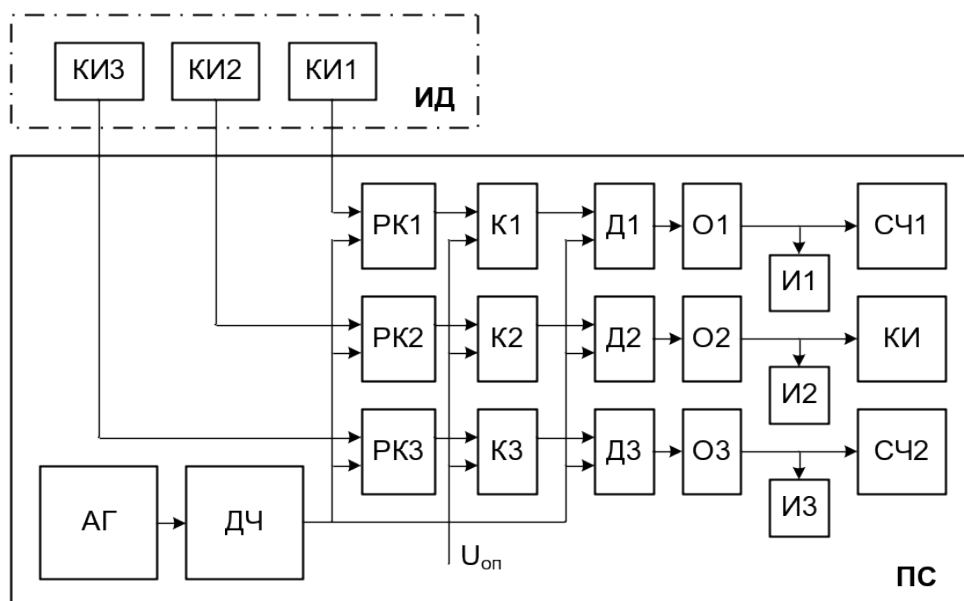


Рисунок 2.7 – Функциональная схема УСО-М

На посту ЭЦ в управляющем вычислительном комплексе ведется обработка поступающих с датчиков сигналов по алгоритму счета осей колесных пар, определению направления движения отцепа, занятости или свободы контролируемого участка.

Работа вспомогательного канала, который регистрирует исправное состояние датчика, не прекращается даже при въезде колесной пары в зону действия датчиков.

Преобразователь сигналов состоит из ячеек преобразования сигналов датчиков (18 штук), блока преобразователей ПС1, ячейки контроллера преобразователя сигналов КПС.

В блоке преобразователей ПС1 размещено следующее оборудование:

- ячейка контроллера преобразователя сигналов КПС, совмещенная с блоком питания преобразователей;
- ячейки преобразователя сигналов датчиков ПС50М1.

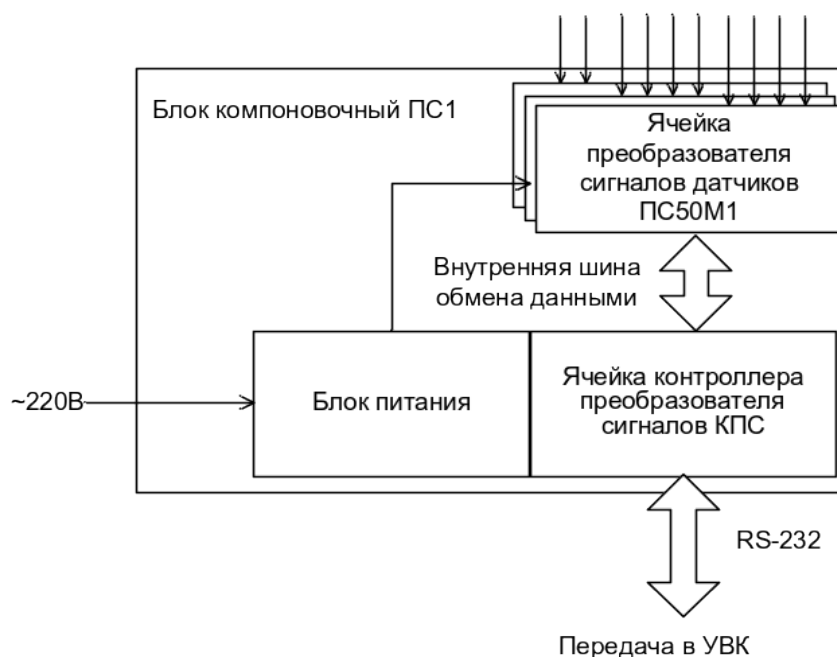


Рисунок 2.8 – Структурная схема преобразователя сигналов

## 2.2.5 Управление стрелочным электроприводом СПГБ-4Б

Стрелочные электроприводы необходимы для перевода, запираения и контроля положения стрелок электрической, диспетчерской

и горочной централизации. Электроприводы устанавливаются с правой или левой стороны стрелочных переводов на специальных гарнитурах.

Стрелочный перевод СПГБ предназначен для перевода централизованных стрелок в повторно-кратковременном режиме, запираения и контроля положения их в непрерывном режиме.

С июля 1995 года Брянским заводом был начат серийный выпуск бесконтактного горочного электропривода СПГБ-4Б, который пришел на смену СПГБ-4М.

СПГБ-4Б относится к электромеханическим, с внутренним запираением, быстродействующим, невзрезным, бесконтактным электроприводам. Высокое быстродействие достигается сочетанием максимального управляющего воздействия по напряжению с уменьшенным передаточным числом редуктора до 35,7 за счет уменьшения числа зубьев шестерен в первом каскаде редуктора [2].

В корпусе (1) электропривода расположены:

- электродвигатель (8);
- уравнивательная муфта (7);
- редуктор (6);
- зубчатое колесо с упором (5);
- блок главного вала с бесконтактным автопереключателем (4);
- контрольные линейки (3);
- шибер (2);
- блокировочное устройство (9).



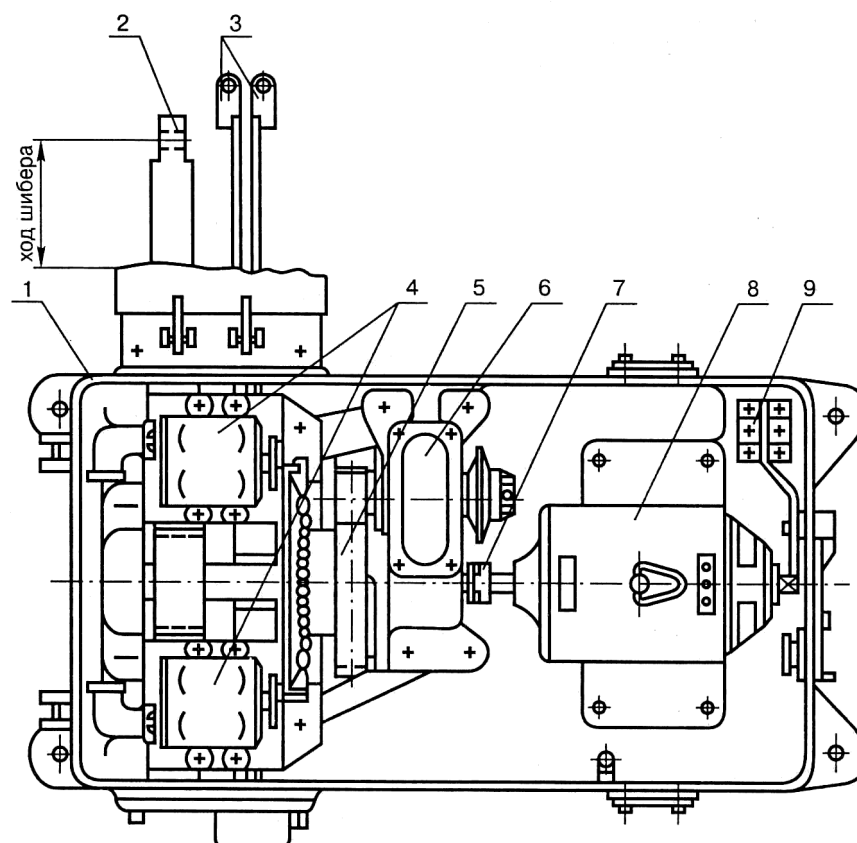


Рисунок 2.9 – Электропривод стрелочный бесконтактный типа СПГБ-4Б

Горючие электроприводы СПГБ имеют бесконтактные автопереключатели. Каждый датчик автопереключателя заключен в литой корпус, внутри которого находится трехполюсной статор (1) и ротор-сектор (2), который вращается за счет поводка.

На полюсах статора располагаются питающая (4) и компенсационная (5) обмотки (на них подается напряжение питания), а так же сигнальная (3), с которой снимается выходное напряжение.

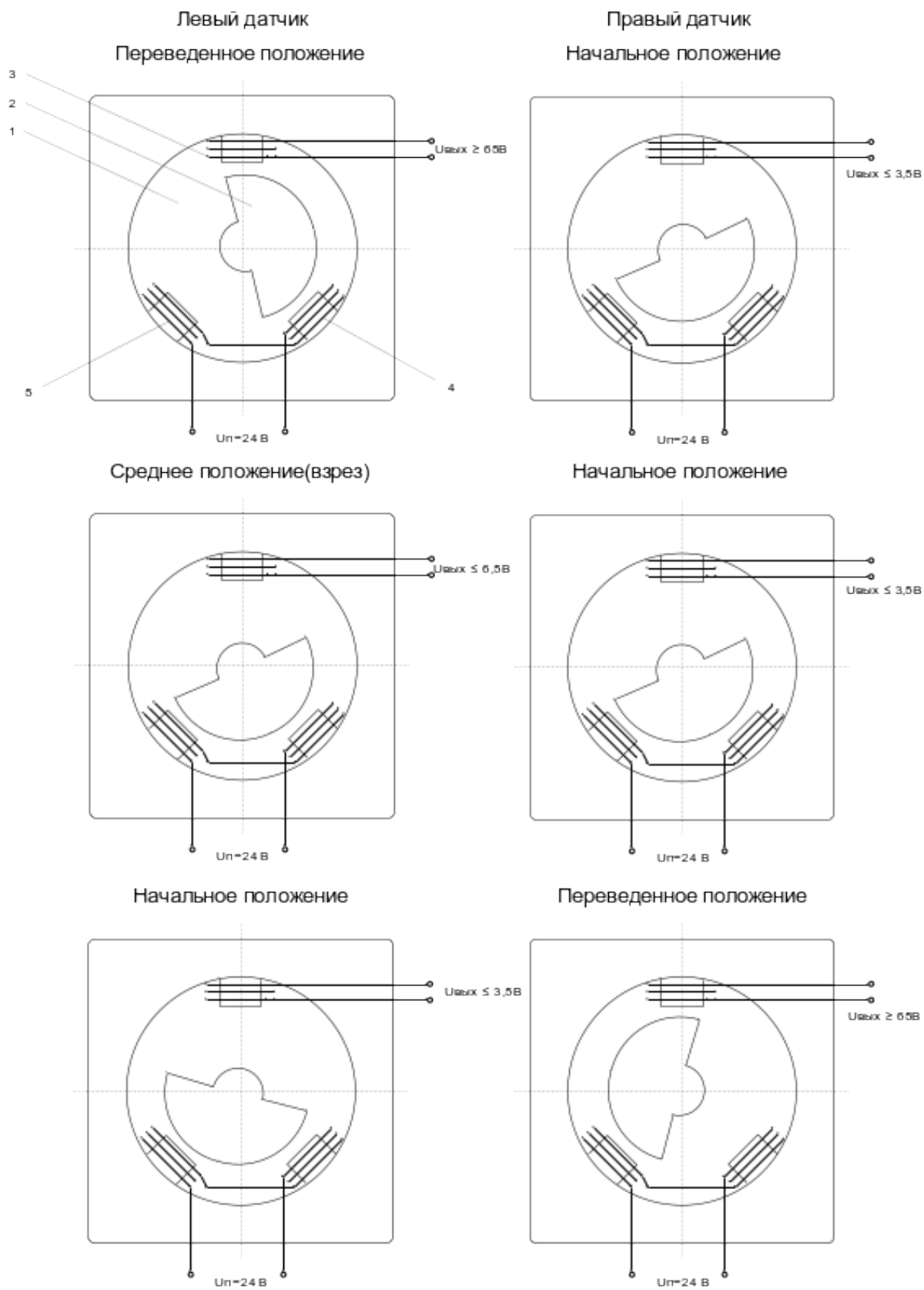


Рисунок 2.10 – Схема бесконтактных датчиков

Угол поворота ротора-сектора изменяется поводком, положение которого может быть проверено по шкале на крышке датчика. При втянутом положении шибера ротор-сектор левого датчика обеспечивает контроль переведенного положения (повернут на угол  $120^{\circ} \pm 5^{\circ}$ ), а ротор-сектор правого датчика – контроль начального положения (занимает исходное положение, угол  $0^{\circ} \pm 5^{\circ}$ ). При взрезе стрелочного перевода ротор-сектор повернут на угол  $60^{\circ} \pm 10^{\circ}$  и выполняет контроль среднего положения.

С помощью этих датчиков производится контроль положения стрелки и определение неисправности по причине взреза.

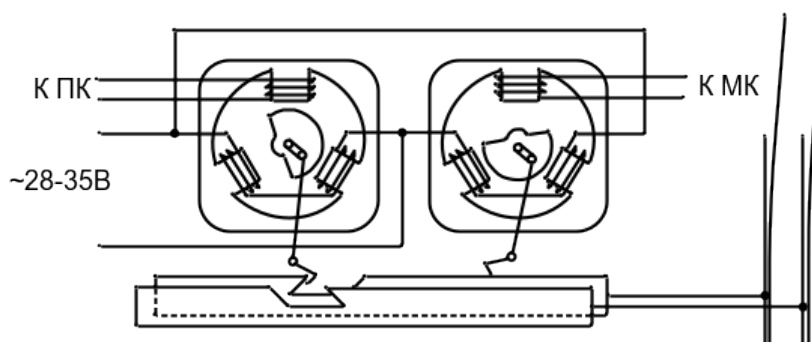


Рисунок 2.11 – Принципиальная схема бесконтактного автопереключателя

Выпускающийся в настоящее время электропривод СПГБ-4Б, согласно действующим техническим условиям, должен обеспечивать потерю контроля положения стрелки:

- при рассоединении одной из контрольных тяг с остряком, последовавшего после появления дефекта перевода стрелки и возвращения затем стрелки в исходное положение;
- при ходе линейки ближнего острия на 10 мм больше хода шибера;
- при изгибе контрольной тяги отжатого острия и частичном

вытягивании при этом линейки дальнего остряка из корпуса на величину более 25 мм;

- при переводе после этого стрелки в другое крайнее положение (шибер выдвинут) контроль положения стрелки должен отсутствовать, если предварительное вытягивание линейки дальнего остряка из корпуса не превышает 360 мм [2].

Электроприводы выпускаются в различных модификациях в зависимости от типа электродвигателя и варианта сборки (в зависимости от места расположения привода относительно пути).

Горочные бесконтактные электроприводы СПГБ-4Б оборудуются электродвигателем постоянного тока типа МСП-0,25. Номинальная мощность этого двигателя составляет 250 Вт, напряжение питания 100 В.

Для ускорения перевода стрелки, на сортировочных горках, на двигатель подается напряжение от 200 до 220 В, что увеличивает мощность электродвигателя до 740 Вт, но при этом приводит к увеличению износа коллектора. Применение такого режима работы на головных стрелках приводит к частому межремонтному обслуживанию этих двигателей. Каждые три месяца производится замена двигателей с дальнейшим их обслуживанием.

Проведение таких частых ремонтных работ приводит к экономическим и технологическим расходам, что противоречит планам стратегического развития ОАО «РЖД» до 2030 года.

Для достижения поставленных целей необходимо провести модернизацию стрелочных переводов с минимальными расходами. Это достижимо применением современного оборудования, а именно электродвигателя вентильно-индуктивного ЭМСУ.

ЭМСУ предназначен для работы в составе стрелочных электроприводов взамен существующих двигателей постоянного тока

серии ДСП (МСП) и асинхронных двигателей трехфазного переменного тока типа МСА (МСТ).

Двигатель имеет микропроцессорную систему управления, которая позволяет ему быть универсальным по питающему напряжению и частоте вращения. Частота вращения ротора настраивается в зависимости от типа стрелочного перевода, как на заводе, так и самостоятельно в условиях эксплуатации.

Работа ЭМСУ в стрелочных переводах осуществляется от серийных схем управления ЭЦ и не требует пересчета кабельных сетей [3].

Для эксплуатации на сортировочных горках существует модификация ЭМСУ-СПГ и ЭСМУ-ФГ. Данные двигатели способны полностью заменить МСП-0,25 и ДСП-0,55. Особенность замены этих двигателей заключается в снижении эксплуатационных затрат, конструкция ЭМСУ-СПГ позволяет иметь всего одну технологию обслуживания в условиях эксплуатации, независимо от типа питающего напряжения. Так же электродвигатель не требует технического обслуживания в РТУ дистанции в течение 7 лет и его ресурс составляет  $1,5 \cdot 10^6$  переводов.

Двигатели серии ЭМСУ-СПГ и ЭСМУ-ФГ выпускаются запрограммированными на  $3000 \pm 15\%$  об/мин. Его мощность составляет 925 Вт. КПД= не менее 75%.



Рисунок 2.12 – Внешний вид электродвигателя ЭМСУ

Таблица 2.1 - Сравнительная характеристика горочных электродвигателей

	МСП-0,25	ЭМСУ-СПГ
Число оборотов (об/мин)	1700/3600	3000±15%
Пиковая мощность (Вт)	740	925±15%
Вращающий момент (Н·м)	1,47	1,47±10%
Работа при температуре окружающей среды (°С)	от -40 до +45	От -60 до 65
Надежность (переводов)	1·10 <sup>6</sup>	1,5·10 <sup>6</sup>
Капитальный ремонт/ обслуживание	1 раз в 2-3 месяца	1 раз в 7 лет

### 2.2.6 Горочные светофоры

Горочные светофоры (Г1, Г2) располагаются в зоне вершины горки (ВГ) у каждого пути роспуска составов.

В зависимости от возможной скорости роспуска горочные светофоры Г подают сигналы:

- один зеленый огонь - разрешается роспуск состава с установленной скоростью;

- один желтый огонь – разрешает роспуск состава с уменьшенной скоростью;

- один желтый и зеленый огни – разрешается роспуск состава со скоростью, промежуточной - между установленной и уменьшенной.

Красный огонь требует остановки состава («Стой!»), а при дополнительном включении маршрутного указателя с буквой «Н» — осаживания состава от вершины горки [8].

Для маневровых передвижений на пути сортировочного парка светофоры дополняют лунно-белыми огнями. Передвижения из сортировочного парка к вершине горки регулируют маневровые светофоры (МГ1-МГ10), которые используют также для ограждения замедлителей при ремонтных работах.

Горочными светофорами управляют в автоматическом режиме или посредством группы заблокированных кнопок, при нажатии которых включаются реле сигнальных показаний Ж, З и Н.

Схема включения ламп светофоров Г1, Г2 обеспечивает, кроме включения указанных сигнальных показаний, сигнализацию желтым и красным огнями соответственно при перегорании лампы зеленого и желтого огня [4].

### 2.2.7 Скоростемеры

Скоростемер является стационарным техническим устройством радиолокационного принципа действия и необходим для измерения

скорости движения скатывающихся отцепов. Устройство монтируются на опорах сбоку от рельсового пути либо внутри колеи.

Радиолокационные индикаторы скорости типа РИС-ВЗМ используются для измерения скорости отцепов на автоматизированных железнодорожных сортировочных горках. Диапазон измеряемых скоростей составляет от 1,5 до 35 км/ч. Этот диапазон может быть расширен программным путём до 0,4 – 46 км/ч.

Работа скоростемера РИС-ВЗМ основывается на эффекте Доплера, его принцип состоит в том, что при перемещении наблюдателя относительно источника СВЧ колебаний и наоборот, частота колебаний в месте наблюдения отличается от частоты источника колебаний. При этом приращение частоты пропорционально радиальной составляющей скорости движения.

Эффект выражается формулой:

$$f_{\text{доп}} = f_0 \frac{2V}{c} \cos \alpha, \quad (2.2)$$

где  $f_{\text{доп}}$  – доплеровская частота;

$f_0$  – частота излучаемого сигнала;

$V$  – скорость движения подвижной единицы;

$c$  – скорость света;

$\alpha$  – угол между направлением излучения и вектором скорости объекта.

С помощью приемопередающего модуля моделируется СВЧ-сигнал, который излучается антенной в направления движущегося отцепка, после этой же антенной воспринимается отраженный от объекта сигнал. Доплеровская частота генерируется приемопередающим модулем в виде гармонических колебаний и поступает в блок обработки, где происходит его усиление, фильтрация, преобразование в цифровой вид, обработка в цифровом виде, а далее



снова преобразуется в аналоговый вид и уже в форме меандра поступает на выход РИС-ВЗМ.

Скоростемер РИС-ВЗМ основывается на алгоритме скользящего и быстрого преобразования Фурье (БДП). Это привело к тому, что максимальное время преобразования не превышает 10 мс. Спектральное преобразование доплеровского сигнала позволяет использовать максимальное количество полезной информации о сигнале и минимизировать действие помех. Зона действия скоростемера начинается на расстоянии 3-4 места до замедлителя, при подъезде отцепы к тормозным позициям уже имеется устойчивый сигнал в виде доплеровской частоты импульсной формы, соответствующей скорости объекта.

Контроль работоспособности РИС-ВЗМ ведётся непрерывно в реальном режиме времени. При штатном функционировании датчика, на его частотном выходе всегда присутствует переменный сигнал независимо от наличия отцепы в зоне его действия.

РИС-ВЗМ устойчиво работает в тяжелых вибрационных условиях (от 10 до 70 Гц с ускорением до 3,8 g), при этом сохраняет работоспособность в условиях дождя, тумана, инея и росы.

При соблюдении правил эксплуатации излучаемое СВЧ излучение не представляет опасности обслуживающему персоналу.

### 2.2.8 Весомеры

Весомер производит преобразование давления колеса вагона на рельс в электрический сигнал. Он обеспечивает выдачу результатов поколесного взвешивания отцепов.

Весомеры применяются в системах регулирования скорости скатывания отцепов для предварительного определения степени торможения отцепов, въезжающих на замедлители. Так как весомеры имеют низкую точность измерения веса вагонов, поэтому с их помощью определяется только весовая категория.

Весомеры размещаются на пути перед верхней тормозной позицией и распространены два типа:

- механический - представляющий собой рельсовую вставку длиной около 3,5 м, в средней части которой срезана часть головки рельса, а в полученном пазу установлен мостик — силоизмерительная пружина из закаленной рессорной стали.

На рельсовой вставке укреплена контактная коробка, в которой размещены шесть пар контактных пружин. Мост и контактный рычаг связаны между собой подвижным рычагом. При въезде колесной пары вагона на рельсовую вставку весомера мостик прогибается и приводит в действие нажимной рычаг, приводящий в движение контактный со связанными с ним контактами. Перемещаясь, рычаг последовательно включает контактные группы, каждая из которых откалибрована на соответствующую весовую категорию: Л (легкая), ЛС (легко-средняя), С (средняя) и СТ (средне-тяжелая), Т (тяжелая), ОТ (очень тяжелая). Замыканием одной или нескольких контактных групп выдается электрический сигнал о соответствующей весовой категории.

- тензометрический - датчик, устанавливаемый на специально подготовленной рельсовой вставке длиной 5—6 м, укладываемой на специальной металлической платформе, прикрепленной к шпалам.

Принцип действия основан на измерении упругой деформации шейки рельса под действием нагрузки от колес подвижного состава. Тензорезистор преобразует деформацию рельса в электрический сигнал.

Существенным недостатком тензовесомеров является то, что они отличаются невысокой точностью, погрешность составляет 5—10 %, а так же нет возможности в случае поломки произвести ремонт. Смена датчика требует замены рельсовой вставки с датчиком.

### 2.2.9 Контроль заполнения путей

Заполнение путей в подгорочном парке является неотъемлемой частью сортировочного процесса и напрямую влияет на производительность сортировочной станции. Это связано с проблемой контроля заполнения путей подгорочного парка. В настоящее время контроль осуществляется с помощью устройств контроля заполнения путей КЗП. Они выполняют функции определения длины свободного пробега отцепов от парковой тормозной позиции до стоящих на пути вагонов. Информация о наполненности путей позволяет корректировать сортировочный план роспуска отцепов.

КЗП основывается на напольных устройствах, к которым предъявляется череда требований:

- фиксировать присутствие вагонов на контролируемом участке в условиях пониженного сопротивления балласта (изоляции) независимо от сопротивления рельсовой линии и переходного сопротивления «колесо-рельс»;
- контролировать наличие вагонов на отдельном участке сортировочного пути независимо от наличия вагонов на смежных участках;
- использовать минимальное число жил кабеля (2-х проводные или 4-х проводные линии связи с центральным устройством);

- не препятствовать механической уборке снега, чистки пути и подбивке балласта;

- являться простой в обслуживании (не требуется высококвалифицированный персонал);

- проводить циклический опрос состояния всех контролируемых участков пути, при этом время обновления должно быть менее 1с, так же данные должны храниться и передаваться на центральный пост по последовательному каналу связи.

Все отечественные устройства КЗП по принципу работы разделяются на два типа:

- первый - для формирования сигнала использует рельсовые нити;

- второй - построен на основе независимых датчиков обнаружения подвижного состава.

#### 2.2.9.1 Контроль заполнения путей с использованием рельсовых цепей

Данный тип КЗП, для определения подвижного состава, использует короткие нормально разомкнутые рельсовые, путевые реле которых управляют измерительной линией. Зона протяженностью 300-375метров каждого подгорочного пути от третьей тормозной делится на 12-15 контрольных участков. Рельсовые цепи этих участков подключаются к питающей магистрали (220 В), которая проложена вдоль путей. К этой же магистрали подключены первичные обмотки измерительных трансформаторов ИТр, а их вторичные обмотки включены последовательно в измерительную цепь.

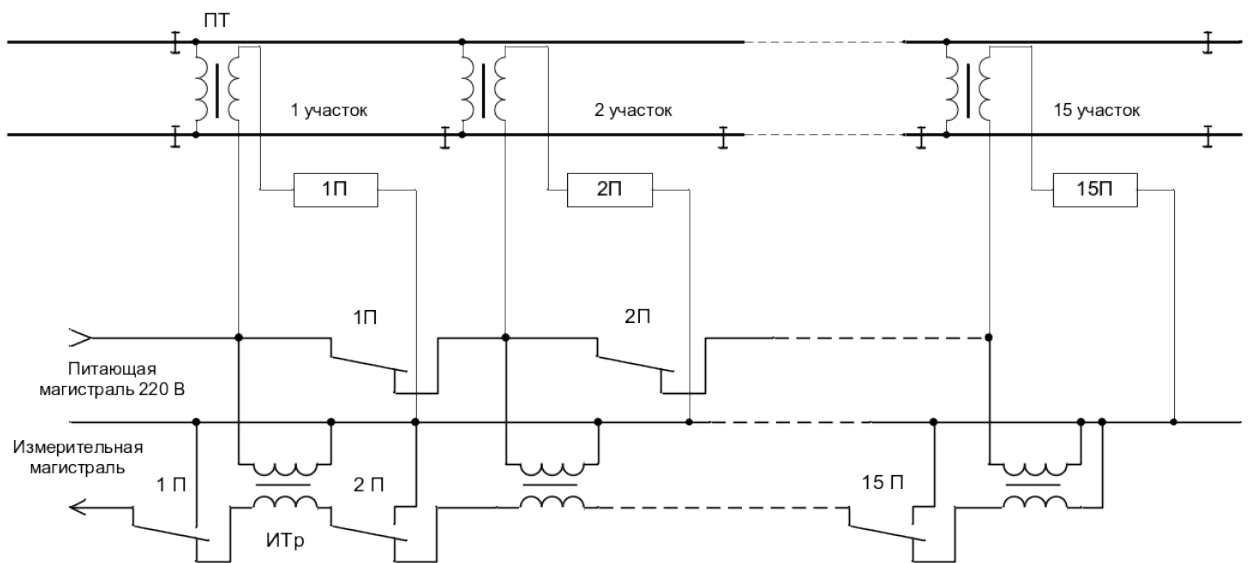


Рисунок 2.13 – Система КЗП на базе нормально- разомкнутых РЦ

В зависимости от места нахождения последнего вагона контакты путевого датчика изменяют параметры измерительной цепи, это приводит к тому что на ее выходе устанавливается суммарное напряжение, пропорциональное количеству свободных контрольных участков пути. Это напряжение подводится к переходному трансформатору и с его вторичной обмотки передается в преобразователь, где переводится в соответствующее дискретное число. Оно фиксируется с помощью реле (триггерах) статического контроля заполнения путей. Все приборы рельсовых цепей размещаются в трансформаторных ящиках в междупутье подгорочного парка. В одном ящике располагаются приборы для двух соседних путей (к четырем рельсовым цепям). Связь ящиков и поста осуществляется через пятижильный кабель. Точность производимых измерений свободной части пути составляет 25 метров.

Главным преимуществом данной схемы является то, что она не подразумевает большого расхода кабеля и является надежной, потому

что работает с нормально-разомкнутыми рельсовыми цепями. Но при этом наличие большого количество изолирующих стыков приводит к усложнению в обслуживании устройств, так же при уборке снега возникают затруднения по причине расположения в междупутье трансформаторных ящиков. Еще одним недостатком стоит отметить тот факт, что при использовании данной схемы нет возможности выявить свободные места между вагонами именно поэтому в дальнейшем разрабатывались схемы без изолирующих стыков и с меньшим количеством напольного оборудования.

#### 2.2.9.2 Контроль заполнения путей с использованием бесстыковых высокочастотных рельсовых цепей

Первый метод способен измерять только свободную часть пути. Весь путь делится на контролируемые участки, к началу подключены высокочастотные генераторы, а в конце - приемники частоты генератора (их концы закорочены). Включая по отдельной кодовой многопроходной линии связи последовательно приемники, фиксируется прием частоты генератора на приемном конце рельсовой линии.

Второй метод позволяет измерять свободные участки пути и отслеживать передвижение отцепов по занятым частям. В начале каждого второго участка к рельсовой линии подключаются два генератора с разной частотой. Они разделяются изолирующим стыком на одной из нитей. Таким же образом, устанавливаются приемники частотных сигналов, но стыками не разделяются. Это позволяет реализовать чередование частот в смежных участках.

Всем методам использующие рельсовые цепи присущи основные недостатки и надежность работы аппаратуры зависит от:

- исправности рельсовых соединителей;
- сопротивления балласта путей;
- качества электрических соединений кабелей к рельсу;
- сопротивления поездного шунта.

### 2.2.9.3 Бесстыковой контроль заполнения путей

В одном из видов бесстыкового КЗП применяется следующая схема построения. В начале пути контроля к рельсовым нитям подключается генератор Г, который вырабатывает переменный ток, частотой 1000 Гц с амплитудой 6 А. В конце этого участка устанавливается перемычка (шунт). Амплитуда тока постоянна, при этом не зависит от состояния балласта, свободности или занятости пути.

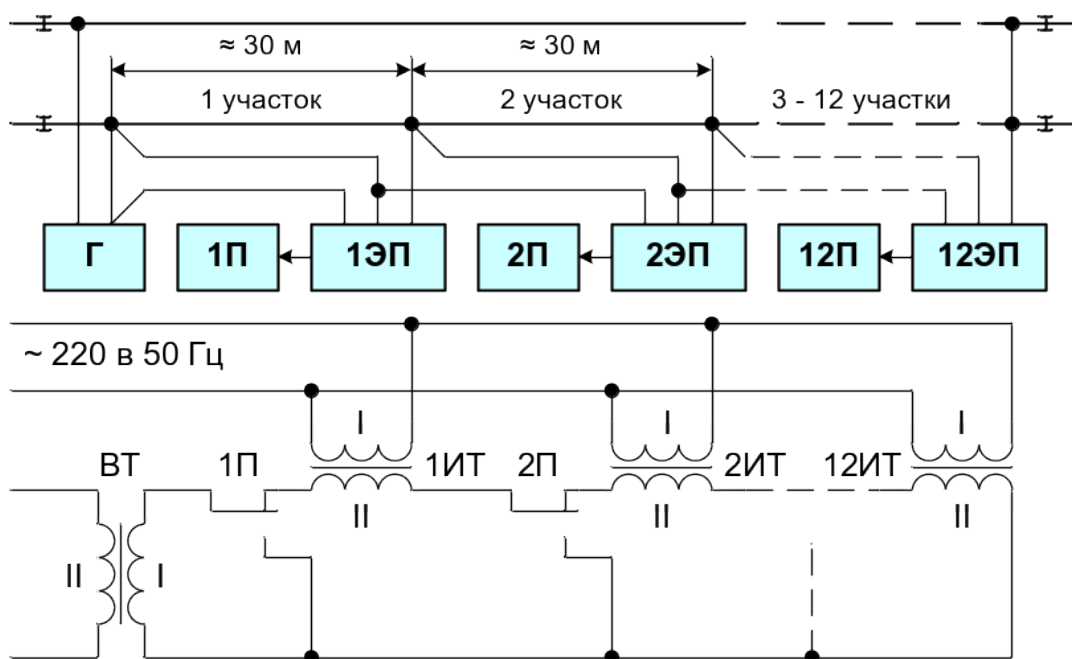


Рисунок 2.14 – Бесстыковой КЗП на основе сравнения напряжений

Одна из рельсовых нитей поделена на небольшие участки (длиной около 30 м), что равно двойной длине четырехосного вагона. Выбор число участков и их протяженности производится исходя из необходимой точности измерения длины свободного пробега отцепов.

С двух (смежных) участков рельса снимаются напряжения. Эти напряжения подаются на входы путевых приемников (1ЭП и 2ЭП, 2ЭП и 3ЭП, ..., 11ЭП и 12ЭП). При этом для одного из входов напряжение, передающееся с предыдущего участка, является запирающим, а для другого входа напряжение будет отпирающим. Запирающее напряжение на входе путевого приемника 1ЭП падает на участке от генератора Г к рельсу. На выходе каждого из ЭП включено соответствующее путевое реле 1П-12П, которое находится под током при свободности контролируемого участка.

С помощью понижающих измерительных трансформаторов 1ИТ-12ИТ происходит преобразование длины свободного участка пути в электрический сигнал. Вторичные обмотки трансформаторов включены последовательно с контактами путевых реле 1П-12П. Они создают в первичной обмотке выходного трансформатора ВТ суммарное напряжение.

Шунтирование отцепом второго участка приводит к отпусканию якоря реле 2П. Это происходит в результате более высокого запирающего напряжения свободного первого участка. Фронтным контактом реле 2П разрывается цепь вторичных обмоток ИТ (начиная с 2ИТ и далее по ходу движения отцепа). На выходе измерительной цепи появляется напряжение, которое пропорционально длине свободного участка. Это напряжение шунтируется и переводится в двоичный код. Таким же способом при движении отцепов работают путевые приемники и реле других участков.



Основным преимуществом такого КЗП является легкость построения, но при этом к недостаткам можно отнести: в зависимости от контактного сопротивления (рельсы - колесная пара) изменяется значение напряжения на путевых реле. Так же из-за есть зависимость напряжения на путевом реле от перемещения отцепа. Эти негативные аспекты, при неблагоприятных условиях и сильном загрязнении балласта, способны привести к фиксации ложной занятости участка.

При другом способе построения бесстыкового КЗП применяются индуктивные датчики ИД (ДИП-72). В конце зоны контроля рельсы двух соседних путей соединяют перемычкой (шунт) , при этом в начале к крайним рельсам подключают питающий трансформатор ПТ. Датчики ИД устанавливают на противоположных рельсовых нитях этих путей. Расстояние выбирается с учетом длины контрольного участка. При наличии тока в рельсе каждый датчик 1ДИП-пДИП через усилитель У включает соответствующее им контрольное реле П1-Пп.

Когда участок свободен обмотка ПТ замкнута с помощью внешних рельсовых нитей, а также с помощью перемычки в конце зоны контроля. В этих условиях сигнальный ток не может протекать по внутренней рельсовой нити, следовательно, в датчиках не наводится ЭДС. При появлении отцепа на контролируемом пути, сигнальный ток от трансформатора ПТ будет проходить по внутренней рельсовой нити через колесные пары. В зоне протекания тока ЭДС наводится во всех датчиках, в соответствии с этим притягивается якорь контрольного реле. Контакты контрольных реле внедряются в измерительную цепь. Она представлена в виде делителя напряжения и является аналогом длины свободной части контрольной зоны.

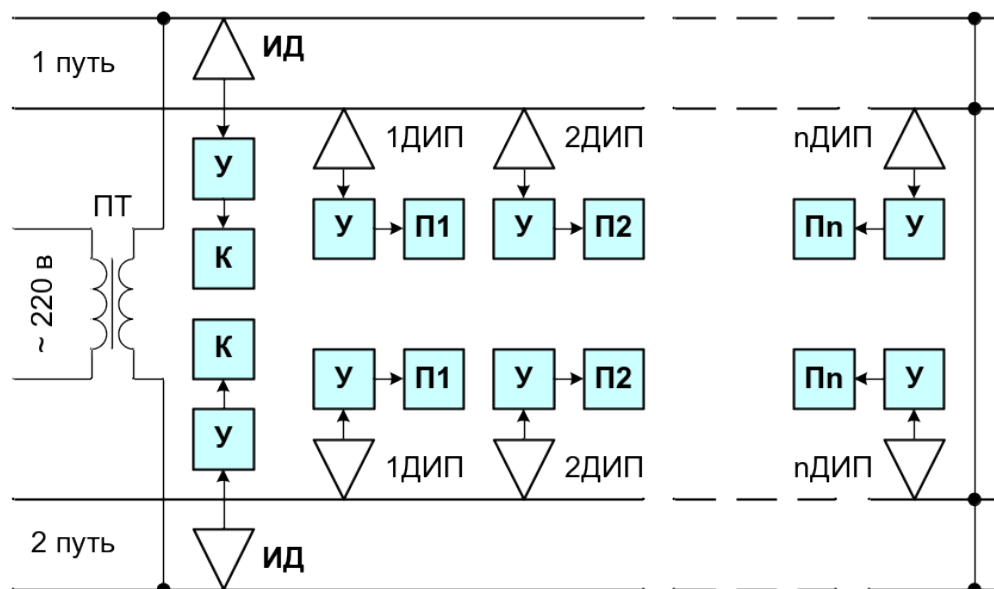


Рисунок 2.15 – Бесстыковой КЗП с применением датчиков типа ДИП-72

Контроль наличия питания устройств КЗП осуществляется с помощью контрольных датчиков ИД. Они размещаются на внешних рельсовых нитях в начале каждого пути. В момент нарушения питания ЭДС в ИД пропадает, что в свою очередь обесточивает реле К. Включается сигнализация, информирующая о занятости рельсовой линии.

Следующим примером использования рельсовой линии для передачи питающего напряжения является построение бесстыкового КЗП с применением ИД типа ДИПЗ-800. Все эти датчики (ИД1-ИД15) устанавливаются на одном из рельсов через каждые 30 м в пределах зоны контроля вдоль сортировочного. В начале этой зоны к рельсовой линии подсоединяется источник питания ИПР переменного тока ( $f=800$  Гц), а шунтирующая перемычка в конце этого участка. ИД преобразуют сигнальный ток в напряжения, которые в свою очередь поступают в преобразователь сигналов ПС на сравнивающие устройства СУ1-СУ15. Эти напряжения усиливаются, выпрямляются, а так же сравниваются между собой.

ИПР обеспечивает работу КЗП в режиме максимального сигнального тока в тот момент, когда свободные контрольные участки или колесная пара подвижной единицы находится на самом удаленном участке. На выходе всех ИД имеется равное напряжение и составляет не менее 200 мВ.

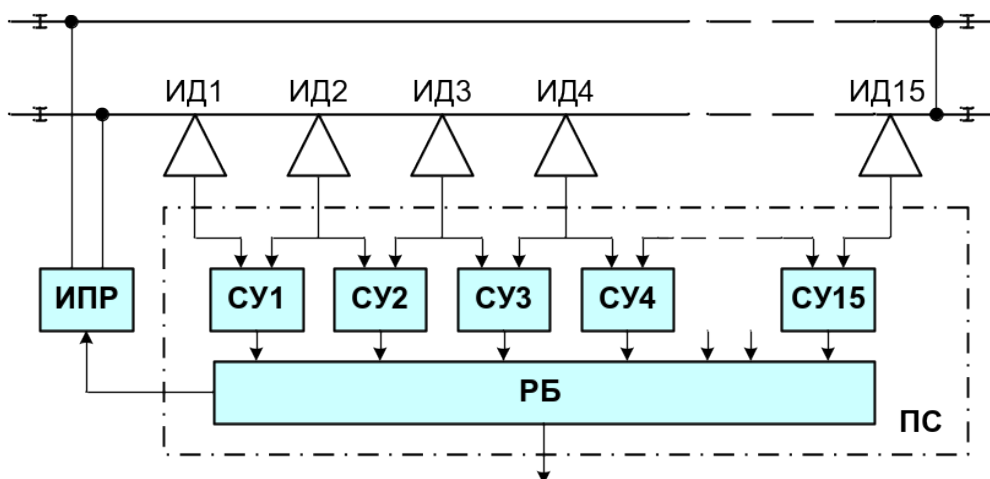


Рисунок 2.16 – Бесстыковой КЗП на основе датчиков ДИПЗ-800

В случае когда отцеп располагается в зоне действия двух соседних ИД при этом шунтируя рельсовую линию колесными парами, тогда напряжения на выходах этих ИД будет отличаться не менее чем на 50 мВ. На выходе общего для них СУ возникает сигнал высокого уровня. Он перерабатывается регистрирующим блоком РБ. В регистрирующем блоке формируются двоичный код, который соответствует номеру занятого участка, и аналоговый сигнал, пропорциональный длине не занятого участка. Эти сигналы (цифровой и аналоговый) отправляются на центральный пост для использования в системах горочной автоматики и отображения информации. Одновременно с этим по цепи обратной связи на вход ИПР поступает управляющий сигнал, что приводит к уменьшению тока питания

рельсовой линии до номинальной величины в случае, если отцеп находится в начале зоны контроля сортировочного пути.

Главным преимуществом КЗП данного типа является снижение энергопотребления, что возможно в результате регулирования источника питания. При этом эффективность регулирования сильно зависит от состояния балласта и контактного сопротивления (рельсы- колесная пара). Дополнительно, подключение напольных устройств требует не малых расходов на обустройство кабельной сети. Это приводит к увеличению стоимости всей системы [5].

#### 2.2.9.4 Контроль заполнения путей методом импульсного зондирования

Устройство для контроля заполнения путей методом импульсного зондирования КЗП-ИЗД представляет собой подсистему, входящую в АСУ СП и необходимо для определения расстояния от изолирующего стыка в начале контролируемого пути до ближайшей подвижной единицы. Аппаратура КЗП-ИЗ являлась первым поколением устройств, измеряющих свободную часть пути с применением импульсного зондирования.

Главная идея метода заключается в том, чтобы посылать в рельсовую линию импульс напряжения и по форме кривой переходного процесса рассчитывать длину свободной ее части. Отличительной чертой КЗИ-ИЗ от других КЗП заключается в том, что сортировочный путь не разделяется на элементарные участки, а измеряет расстояние до последнего вагона и по этой координате оценивает степень заполнения. Протяженность контролируемого участка пути может достигать 1000 метров.

Система состоит из путевых блоков импульсного зондирования БИЗП (по одному на каждый путь) и постового управляющего комплекса УК-КЗП.

В УК-КЗП входят:

- персональный компьютер ПК с необходимым программным обеспечением;
- блок связи БС – по одному на 4 пути.

Для определения свободности участка пути на его конце устанавливается дроссель ДТ с индуктивностью (эквивалентной 200-400 метрам рельсовой линии) являющийся нагрузкой.

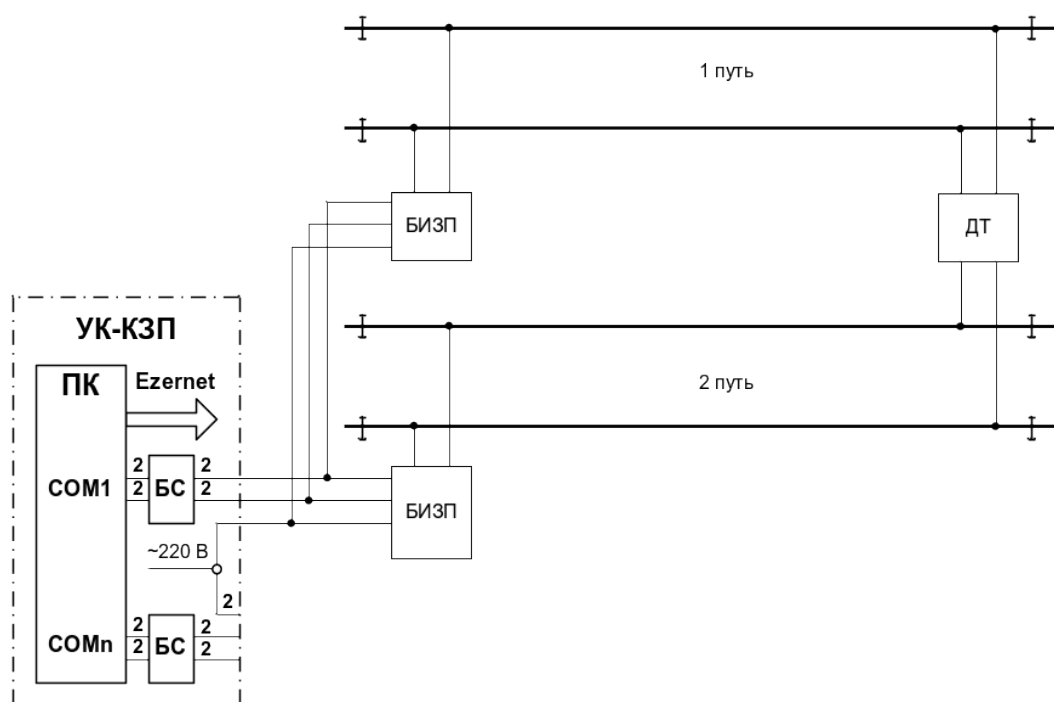


Рисунок 2.17 – Размещение напольного оборудования в системе КЗП-ИЗ

Персональный компьютер формирует команду запроса расстояния и через порт СОМ выдает ее на блок связи БС. С его выхода частотно-модулированный управляющий сигнал по кабельной ЛС поступает на вход БИЗП и получает команду на зондирование. БИЗП

генерирует и посылает в рельсовую линию пачку из 4 импульсов напряжения (по 2 импульса каждой полярности).

По форме кривых переходного процесса (тока и напряжения) микроконтроллер БИЗП рассчитывает длину свободного участка пути и результат передается по ЛС в УК-КЗП. После преобразования и обработки сигнал передается в управляющий вычислительный комплекс более высокого уровня. УК-КЗП архивирует данные и формирует изображение на мониторе о состоянии пути подгорочного парка.

В состав блока БИЗП входят:

- два сетевых фильтра;
- два питающих трансформатора;
- плата ПИЗП.

Сетевые фильтры обеспечивают фильтрацию помех, поступающих от питающей сети. Трансформаторы понижают напряжение питающей сети для подачи на плату ПИЗП. Один трансформатор обеспечивает питание силовой части платы, другой – управляющей части. Плата ПИЗП обеспечивает определение расстояния и обмен информацией.

В состав платы входят:

- выпрямители и стабилизаторы  $\pm 12\text{В}$  и  $+5\text{В}$  питания управляющей части;
- силовой выпрямитель;
- банка конденсаторов (емкость  $C$ );
- ключ заряда банки конденсаторов;
- ключ разряда банки конденсаторов;
- резисторы ограничения тока заряда и разряда банки конденсаторов ( $R$ );
- усилитель мощности для питания рельсовой цепи;
- коммутатор РЦ;
- резистор – датчик тока в РЦ ( $R_i$ );

- микроконтроллер (МК);
- аналого-цифровой преобразователь тока (АЦП I) и аналого-цифровой преобразователь напряжения (АЦП U);
- схемы контроля тока, мощности и температуры;
- усилитель напряжения РЦ и усилитель тока в РЦ;
- формирователь сигнала 50Гц;
- модем;
- схема сброса МК;
- адресные переключки P9-P13, P10-P14, P11-P15, P12-P16.

Плата работает под управлением программы, записанной в память микроконтроллера.

Микроконтроллер сбрасывается при появлении питания на плате схемы сброса. Кроме того сигнал сброса вырабатывается при отсутствии несущей в линии связи на входе модема. Таким образом при отсутствии несущей плата находится в состоянии ожидания (покоя). При наличии несущей МК поддерживает на банке конденсаторов начальное значение напряжения. Микроконтроллер контролирует напряжение на банке с помощью встроенного АЦП ( вход P101 порта P10 ) и, в случае если оно меньше заданного, тогда включает ключ заряда, если больше – ключ разряда. Резисторами R ограничивается ток заряда и разряда. При поступлении с линии связи команды запроса расстояния МК анализирует адрес, содержащийся в команде.

Если этот адрес совпадает с установленным на адресных переключках, то он выдает в линию связи расстояние, рассчитанное по предыдущей команде. Если нет, то продолжает поддерживать на банке начальное значение напряжения. В начальный момент времени после снятия сигнала сброса расстояние равно нулю. Затем МК, управляя усилителем мощности и коммутатором РЦ, выдает в рельсовую цепь пачку зондирующих импульсов разной полярности. Фаза импульсов

привязана к фазе питающей сети. Привязка осуществляется сигналом “50 Гц”, поступающим с формирователя на вход P84 порта P8 МК. Напряжение с входа рельсовой цепи через усилитель U PЦ поступает на АЦП U. При наличии импульсов в PЦ появляется ток. На датчике тока Ri возникает падение напряжения пропорциональное силе тока в PЦ. Это напряжение через усилитель I PЦ поступает на вход АЦП I и вход схемы контроля тока. Периодически запуская АЦП I и АЦП U на преобразование сигналом “STA” с выхода P106 порта P10, МК считывает с их выходов в порты P0-P3 коды, соответствующие току и напряжению в PЦ. Амплитуда импульсов в PЦ определяется напряжением на выходе усилителя мощности. На вход усилителя мощности поступает напряжение с выхода ЦАП МК (выход P93 порта P9). Если ток достигает максимального значения, то схема контроля тока закрывает коммутатор PЦ и импульс прекращается. МК таким образом устанавливает напряжение на выходе ЦАП, чтобы сила тока после окончания переходного процесса приближалась к максимальному значению но не достигала его.

Одновременно МК поддерживает на банке конденсаторов напряжение достаточное для нормальной работы усилителя мощности. Схема контроля мощности отслеживает разницу напряжений между выходом усилителя мощности и напряжением его питания. Если эта разница превысит максимально допустимое значение, то схема контроля мощности выключает ключ заряда независимо от микроконтроллера. Схема контроля температуры контролирует температуру силовых элементов платы. Если температура превысит максимально допустимое значение, то схема контроля температуры выключает ключ заряда независимо от МК. Для получения оптимального значения тока микроконтроллер в начале пачки выдает в PЦ пробные импульсы, а затем, после расчета оптимального напряжения на выходе



ЦАП – рабочие. Получив множество значений напряжения и тока в РЦ на нескольких импульсах, МК рассчитывает усредненные индуктивность, сопротивление РЦ и сопротивление балласта.

Если сопротивления находятся в пределах норм, то рассчитывается расстояние по индуктивности и удельной индуктивности. Полученное значение расстояния сохраняется. Если сопротивления выходят за пределы норм, то микроконтроллер формирует код ошибки. Код ошибки создается также при обнаружении неисправности аппаратуры. При получении следующей команды запроса с адресом, соответствующим установленному переключками, микроконтроллер выдает в линию связи код расстояния или код ошибки. При выдаче кода расстояния старшие 6 разрядов второго байта равны 0. При выдаче кода ошибки младший байт равен 0, а в старшем находится код ошибки [6].

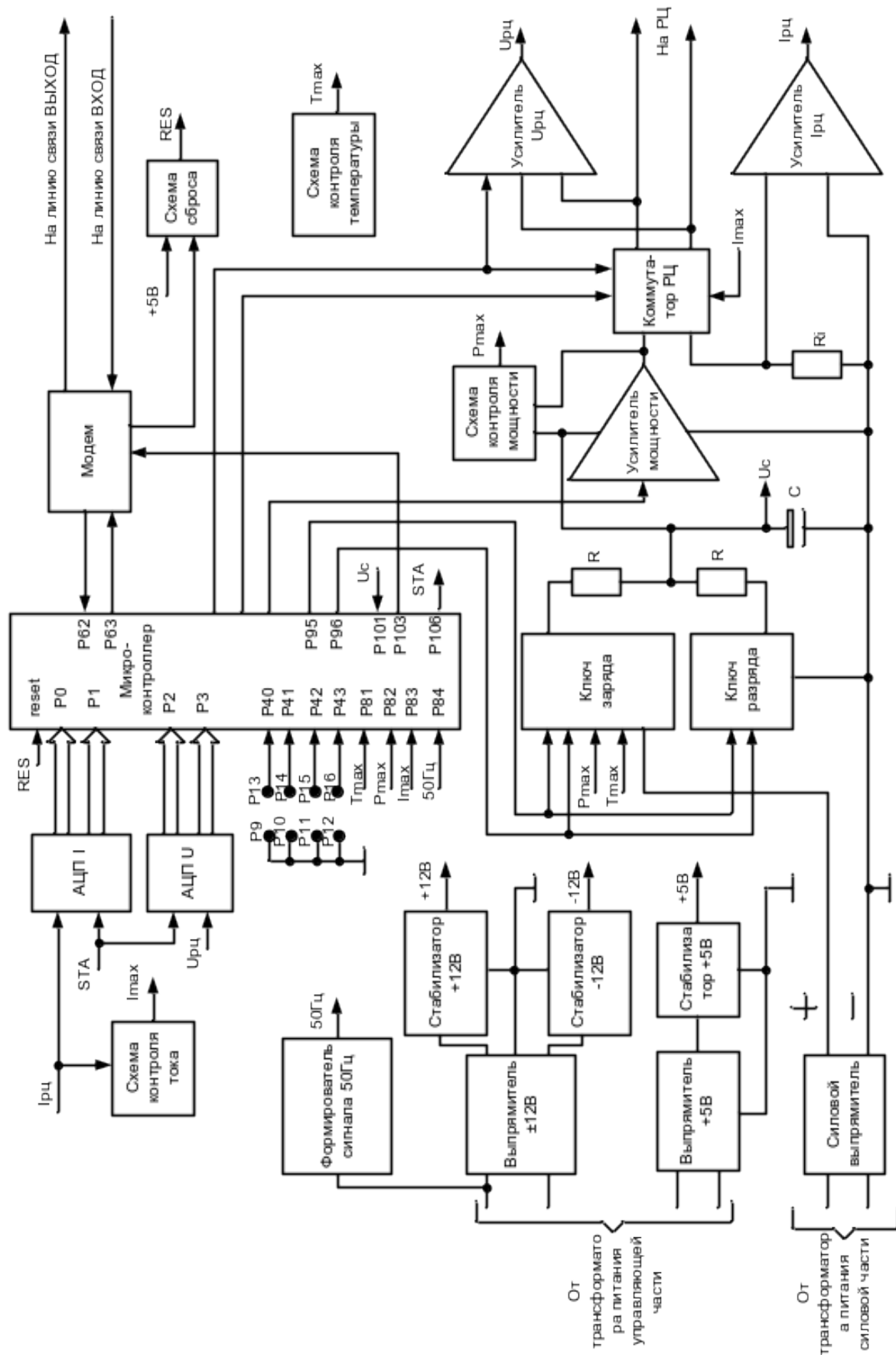


Рисунок 2.18 – Структурная схема платы ПИЗП

К преимуществам КЗП-ИЗ можно отнести:

- минимальный расход кабеля;
- небольшой вес и габариты аппаратуры;
- малое энергопотребление.

КЗП-ИЗ присущи их общие недостатки:

- зависимость точности измерения от сопротивления рельсовой линии, стыковых соединителей, балласта, клеммных соединений;
- неработоспособность при сильном загрязнении колес и поверхностей катания рельсов, а также чувствительность к состоянию изолирующих стыков;
- статический контроль местоположения только последнего вагона на пути;
- необходимость сезонных регулировок и большие эксплуатационные расходы на техническое содержание напольных устройств КЗП [5].

#### 2.2.9.5 Контроль заполнения путей с использованием индуктивно-проводных датчиков

Для контроля заполнения путей таким способом в системе КЗП ИД используются индуктивно-проводные датчики ИПД (генераторные датчики). В основе работы ИПД заложен эффект близости. Он характеризуется тем, что под действием массы тела изменяются параметры внешней среды, которые контролируются чувствительным датчиком.

При появлении вагона в зоне контроля происходит изменение магнитных свойств среды, что приводит к изменению реактивных составляющих полного сопротивления катушки датчика. В качестве приемной катушки используется индуктивный шлейф ИШ, выполненный с помощью

кабеля. Он укладывается на подошвы рельсов внутри колеи в виде прямоугольной рамки. Жилы кабеля соединяются последовательно друг с другом, образуя требуемое число витков индуктивного контура. Полученный контур является чувствительным элементом датчика.

Наличие вагона над ИШ приводит к срыву генерации и пропадания сигнала на выходе датчика.

Индуктивно-проводной датчик состоит из:

- путевого индуктивного шлейфа ИШ;
- электронного модуля ЭМ, устанавливаемого в электронный блок БЭ;
- линий связи.

Два ИПД располагаются в путевом блоке ПБ непосредственно у рельсового пути (Рисунок 2.19).

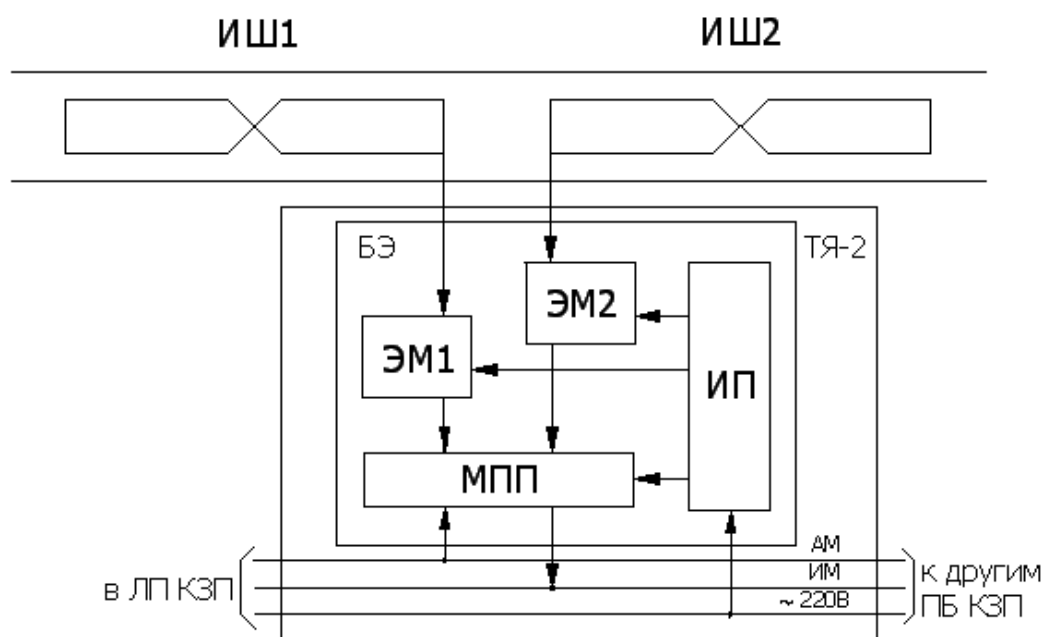


Рисунок 2.19 – Структурная схема ИПД

Электронный блок состоит из:

- задающего генератора (содержащего LC-контур);
- согласующего каскада;

- компаратора напряжения (является одновременно формирователем прямоугольных импульсов);

- выходных каскадов;

- разделительного трансформатора

- источника питания.

Путевые устройства ИПД так же содержат межрельсовые переходы для укладки кабеля петли и промежуточные концевые захваты для фиксации кабеля относительно рельса.

Контролируемый путь делится на участки с ИШ длиной 22 м, расстояния между участками 3 м. Два соседних участка контролируются одним ПД. Каждому путевой датчик имеет свой адрес. Нечетного пути присваиваются адреса с 1-го по 9-ый, а четного пути с 10-го по 18-ый. Отсчет ведется от парковой тормозной позиции. Входы путевых датчиков четного и нечетного путей подключены к одной адресной магистрали АМ. Выходы датчиков (контролирующих нечетные участки этих путей) подключены к нечетным информационным магистралям. Выходы датчиков (контролирующих четные участки двух путей) подключены к четным информационным магистралям.

Работа КЗП осуществляется следующим образом. На входы датчиков по АМ из формирователя информации ФИ линейного пункта КЗП поступает запрос в виде кодовой посылки, содержащей адрес датчика. Если адрес датчика совпадает с кодом запроса, то его выходы подключаются к соответствующим информационным магистралям (ИМ1 - ИМ24). Выходные сигналы одноименных датчиков, содержащие информацию о состоянии контрольных участков путей, по информационным магистралям передаются в ФИ линейного пункта КЗП. В линейном пункте КЗП формируется кодовая посылка, содержащая код адреса опрашиваемой группы одноименных датчиков и информацию о состоянии контролируемых ими участков. Кодовая посылка по

информационной магистрали ИМ в биполярном последовательном коде передается в центральный пост КЗП. В это время в ФИ формируется новый запрос с адресом датчика на единицу больше предыдущего и опрашивается следующая группа ПД. Информация от этих датчиков передается по информационным магистралям в ФИ линейного пункта КЗП, а оттуда на входы контроллера КЗП. После опроса датчиков с адресом «18» ФИ начинает новый цикл опроса с адреса «1». Время опроса всех датчиков КЗП составляет 1,3 с. На мониторе контроллера КЗП отражается информация о состоянии контролируемых участков сортировочных путей и осуществляется передача этой информации во внешние вычислительные устройства центрального поста КЗП.

Достоинства КЗП - ИПД:

- простота конструкции и низкая стоимость оборудования;
- независимость от погодных условий;
- отсутствие ограничений на размещение оборудования по условиям габарита;
- обеспечение требований СЦБ по условиям безопасности движения;
- непрерывность процесса контроля присутствия вагонов на контролируемом участке [7].

#### 2.2.9.6 Радиолокационный метод контроля заполнения путей

Система радиолокационного контроля заполнения путей в сортировочном парке РЛС КЗП является относительно новой разработкой. В структуре применяются радиолокационных станций малого радиуса действия. Используются высокоинформативные сверхширокополосные радиолокаторы, которые позволяют вести

периодический контроль за ограниченными участками наблюдаемой территории. Радиолокатор системы ведет наблюдение в зоне ограниченной шириной его диаграммы направленности. Зоны радиолокаторов пересекаются и образуют единую зону наблюдения, которая охватывает весь парк заполнения протяженностью до 1000 метров. Комплекты таких радиолокационных измерителей РИ выдают информацию в систему обработки и управления СОУ и образуют систему РЛС-КПЗ (рисунок 2.20).

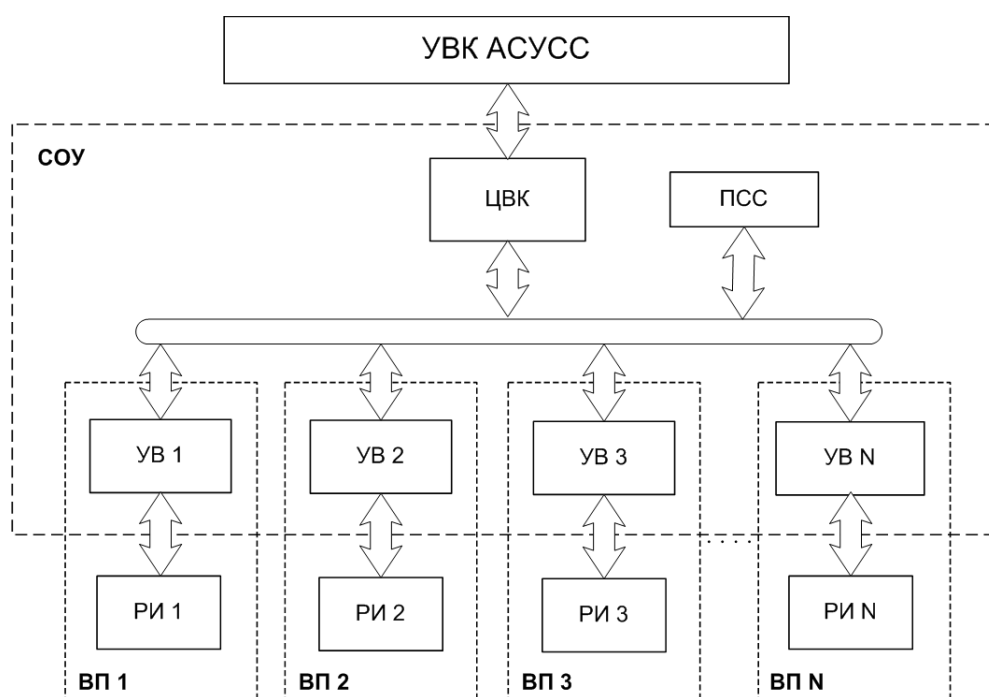


Рисунок 2.20 – Структурная схема РЛС КЗП

СОУ осуществляет основные вычислительные операции обработки информации и управления. Формирует:

- траекторию движения отцепов по пути сортировочного парка;
- информацию о положении точки прицеливания;
- информацию о месте остановки отцепа;
- информацию о длине свободного пробега до стоящего отцепа;

- информацию о суммарной длине промежутков между стоящими не сцепленными единицами подвижного состава.

СОУ производит взаимодействие с существующими системами и УВК АСУСС, а также формирует команды управления РИ и обрабатывает полученные результаты.

Система СОУ является многопроцессорной и территориально распределенной. Она включает в себя:

- центральный вычислительный комплекс ЦВК (в «пункте управления горкой»);
- удаленные вычислители УВ;
- подсистему связи и синхронизации ПСС.

Радиолокационные измерители являются основными элементами системы и организуют непосредственное наблюдение за контролируемой территорией. РИ по сигналам управления от СОУ обеспечивает обзор контролируемого пространства на задаваемой дальности и выдачу сигналов из строга с этой дальности в СОУ в цифровом виде для последующей обработки.

Количество радиолокационных измерителей задает размер зоны контроля, производительность (количество одновременно сопровождаемых отцепов) и точность системы.

Система функционирует независимо от:

- состояния путей сортировочного парка;
- состояния подвижного состава;
- погодных условий (дождя, тумана, снега).

К недостаткам можно отнести зависимость точности определения положения отцепов на малых скоростях (до 1,5км/ч), что определяется физическими возможностями используемых радиолокаторов.



## 2.2.10 Вагонные замедлители

Вагонный замедлитель представляет собой смонтированное на железнодорожном пути тормозное устройство, которое обеспечивает механизированное торможение движущихся отцепов, позволяет исключить на этой операции непроизводительный и опасный ручной труд. Замедлители устанавливаются на путях сортировочных горок и на наклонных железнодорожных подъездных путях предприятий.

Замедлитель вагонный клещевидный КЗ-5 представляет собой специальное балочное тормозное устройство для сортировочных горок, которое состоит из двух независимых тормозных нитей по пять звеньев, смонтированных на деревянных брусках. По принципу действия относится к нажимным тормозным устройствам с пневматическим приводом секций. Применяется в качестве тормозных устройств на первой и второй тормозных позициях.

К замедлителям КЗ-5 предъявлен ряд требований:

- обязаны вписываться в габарит приближения строений;
- должны тормозить вагоны с замедлением не более  $4 \text{ м/с}^2$ ;
- обязаны производить высокую точность работы;
- обязаны не разрушать при торможении колёсные пары;
- не должны производить сильного шума;

Таблица 2.1- Технические характеристики замедлителя КЗ-5

Показатели	КЗ-5
Допустимая скорость входа, м/с	8,5
Расчетная погашаемая энергетическая высота, м	1,5
Тормозная мощность (погашаемая энергетическая высота) для 92-тонного вагона, м	1,5
Время затормаживания, с	0,8
Время оттормаживания, с	0,7
Расход свободного воздуха на 1 срабатывание, м <sup>3</sup>	1,3
Удельная тормозная мощность, м эн в/м	0,12
Удельная металлоемкость, т/м эн в	18,6
Удельный расход воздуха, м <sup>3</sup> /мэв	0,9

На путях подгорочного парка (на III тормозной позиции) устанавливаются вагонные замедлители типа РНЗ. Их цель заключается в прицельном торможении вагонов, для исключения повреждения в результате соударения с другими уже стоящими на путях.

Замедлитель РНЗ-2М представляет собой специальное тормозное устройство, выполненное в виде однозвенной двухрельсовой балочно-нажимной конструкции с пневматическим приводом.

Таблица 2.2 - Основные технические данные и характеристики

### замедлителя вагонного РНЗ-2М

Наименование показателей	Величина
Тормозная мощность (погашаемая энергетическая высота) при торможении полногрузных 4-х осных вагонов (осевые нагрузки до 250 кН/ось) при давлении воздуха в силовом пневмоцилиндре 0,7 Мпа, м.эн.в.	0,45
Максимально допустимая скорость входа вагонов на заторможенный замедлитель, м/с	6,0
Давление воздуха в пневмоцилиндре, МПа	0,7±0,05
Время срабатывания замедлителя при переходе из отторможенного положения в заторможенное, С, не более	0,7
Время срабатывания замедлителя при оттормаживании (от подачи команды до полного снятия усилия), с, не более	0,6
Максимальное усилие нажатия на четвертой ступени торможения, тс	10±2
Ширина колеи в пределах замедлителя, мм	1520+6 -2
Масса замедлителя, кг:	
со сварными балками полная	8500±250
без шпал и ходовых рельсов	7300±200
с литыми балками полная	7300±250
без шпал и ходовых рельсов	6100±200
Расход свободного воздуха на одно затормаживание, м <sup>3</sup>	0,18
Номинальный радиус кривой, который можно устанавливать замедлитель, м	140

### 2.3 Электропитание устройств ГАЦ

Питающая установка поста ГАЦ комплектуется из типовых панелей питания ЭЦ крупных станций.

К потребителям I категории относятся:

- пост ГАЦ;
- компрессорная;
- наружное освещение вершины горки и путей надвига (в 80-100 м от вершины горки).

Электроснабжение устройств горочной автоматики осуществляется от двух независимых фидеров напряжением 380 В от источников питания не ниже первой категории.

Вводная панель ПВ-ЭЦК обеспечивает общую нагрузку до 80 кВА. В устройствах ГАЦ она используется для автоматического переключения электропитания с одного фидера на другой, защиты от перегрузок и распределения питания по другим панелям. Ее используют для непосредственного подключения трансформаторов контрольных цепей стрелок, контроля головной зоны и питания путевых датчиков. При подключении этих устройств необходимо соблюдать возможную равномерность загрузки фаз в системе в зависимости от остальных нагрузок питающей установки.

Изолирующие трансформаторы ТСЗ, устанавливаемые для обогрева воздухоборников замедлителей, подключают к выводам негарантированного освещения.

Распределительную панель ПР-ЭЦК применяют для питания светофоров, лампочек пультов, маршрутных указателей, преобразователей частоты питания РЦ, ревунов и освещения заградительных колонок.

Две выпрямительно-преобразовательные панели 1ПВП-ЭЦК и ПВП-ЦК устанавливают для питания реле ГАЦ (первая) и соленоидов ЭПК замедлителей (вторая). Эти панели работают в буферном режиме с батареями по 14 аккумуляторов. Они питают цепи контроля перегорания предохранителей, пневматической очистки стрелок и цепей внешних увязок.

Панель стрелочную ПСПН-ЭЦК применяют для безбатарейного питания рабочих цепей стрелочных электроприводов.

Конденсаторную панель ПК1-1 используют для доведения до крайнего положения тех стрелок, перевод которых начался до выключения обоих фидеров питания. Емкость конденсаторов панели ПК1-1 равна 36000 мкФ и рассчитана для довода трех стрелок.

Панель конденсаторов обеспечивает:

- автоматическое переключение нагрузки с основного на резервный выпрямитель в случае снижения напряжения на основном выпрямителе до  $185 \pm 5$  В и обратное переключение при восстановлении напряжения до 210 В;

- разряд конденсаторной батареи на резистор сопротивлением 28 Ом до напряжения 5 В за время не более 5 с;

- оптический контроль включенного и выключенного состояний обоих выпрямителей и конденсаторной батареи соответственно, если напряжение на них более 210 В или менее 190 В.

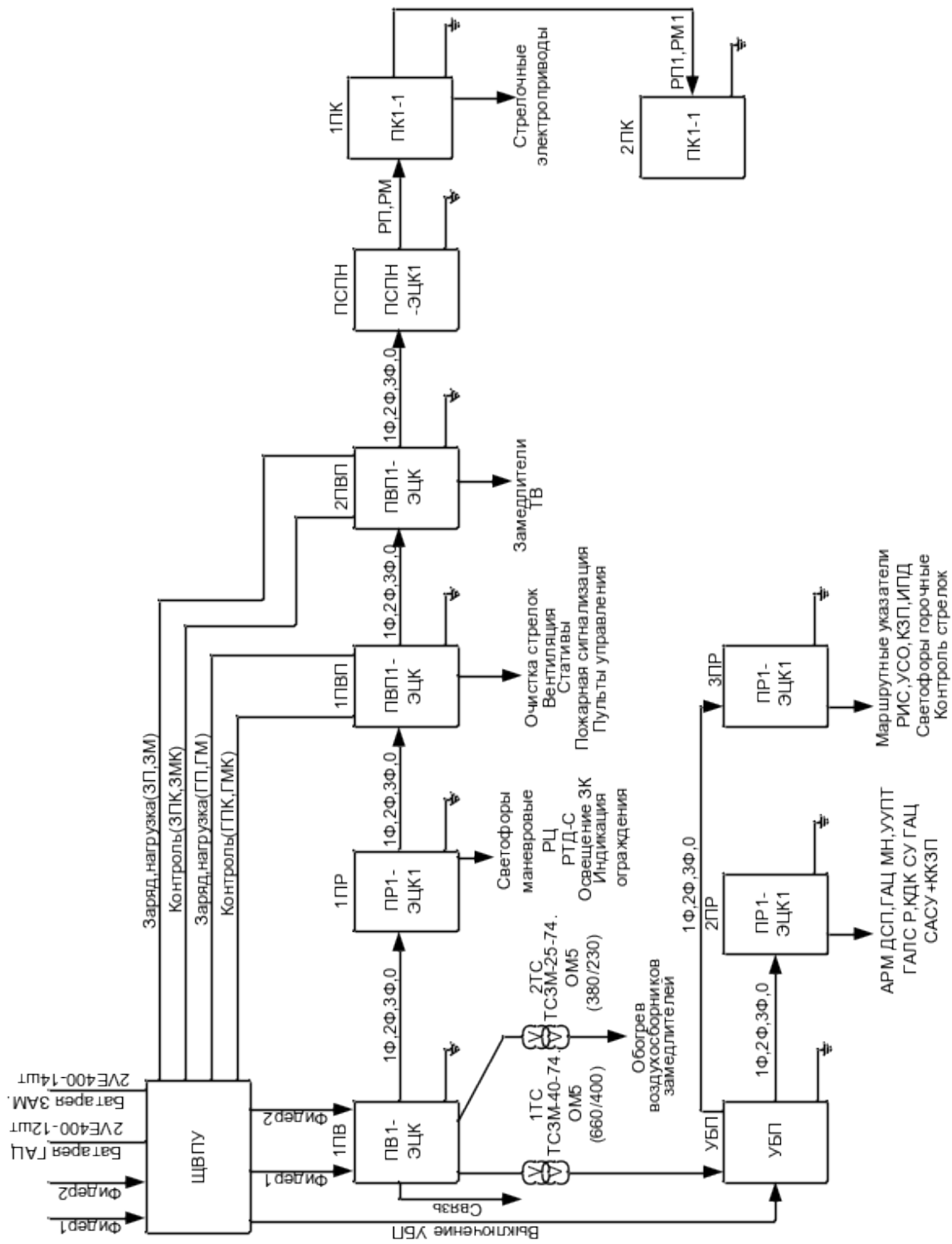


Рисунок 2.21 Схема электропитания устройств ГАЦ