

А.С. Иванов, А.Т. Мещерин, Ю.А. Мещерина, Е.В. Пугачев, Э.Е. Пугачева

Сибирский государственный индустриальный университет

ПРОГРАММИРУЕМЫЙ ЗАДАТЧИК ХОДА ШАХТНОЙ ПОДЪЕМНОЙ МАШИНЫ

Программируемый задатчик хода шахтной подъемной машины ПЗХ-2 предназначен для использования вместо устаревших устройств защиты, контроля параметров и отображения информации, применяемых на подъемных установках в соответствии с Федеральными нормами и правилами в области промышленной безопасности «Правила безопасности при ведении горных работ и переработке твердых полезных ископаемых».

Функциями аппарата ПЗХ-2 являются определение положения левого и правого сосудов, измерения мгновенного значения скорости и направления их движения, защиты подъемной установки от возможных инцидентов, связанных с превышением скорости, переподъемов скипов выше приемной площадки, застреванием скипов.

Рабочая диаграмма движения скипов и защитная диаграмма, реализуемая аппаратом ПЗХ-2, представлены на рис. 1.

Пересечение защитной и рабочей диаграмм свидетельствует о превышении скипами предельно допустимой скорости на участке. При этом срабатывает предохранительный тормоз (ТП). Диаграмма в зоне защитного замедления представляет собой параболу, которая задана функцией скорости от пути.

Своевременное уменьшение скорости скипов в зоне замедления осуществляется по командам, вырабатываемым аппаратом ПЗХ-2 («Основное замедление», «Подход»). По ко-

мандам аппарата ПЗХ-2 также контролируется переподъем скипов.

Расчет положения скипов в стволе и скорости барабана осуществляется посредством импульсов, получаемых от датчиков скорости. Сравнение расчетных положений скипов с их истинным положением происходит в контрольных точках – местах установки датчика точной остановки (ДТО).

Места установки датчиков прохождения скипами контрольных точек (точной остановки, подхода, основного замедления) представлены на рис. 2.

Функциональная структура взаимодействия датчиков скорости, аппаратов ПЗХ-2 и технологической автоматики представлена на рис. 3.

В системе управления предусмотрено дублирование датчиков скорости. Каждый датчик имеет два выходных канала (канал А, канал В), по которым передается последовательность путевых импульсов. Импульсы по каналам сдвинуты во времени для определения направления вращения.

Сигналы с датчиков скорости передаются в аппараты ПЗХ-2. По частоте следования импульсов определяется скорость вращения барабана, а также пути, пройденные левым и правым скипами.

Информация от датчиков точной остановки скипов необходима для вычисления скорости барабана и положения левого и правого скипов. В процессе работы подъемной машины

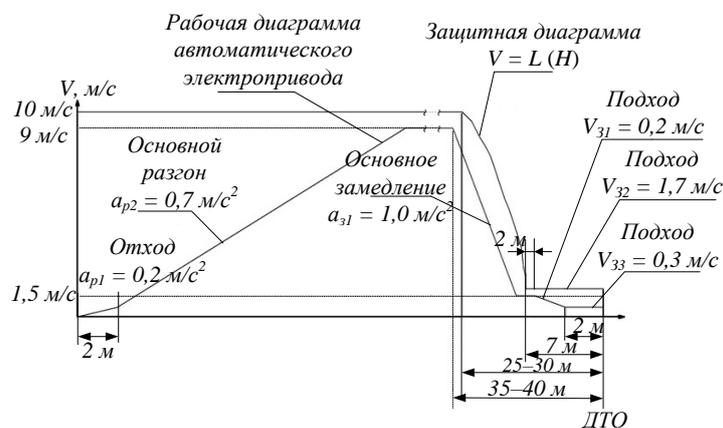


Рис. 1. Диаграмма движения и защиты подъемной установки

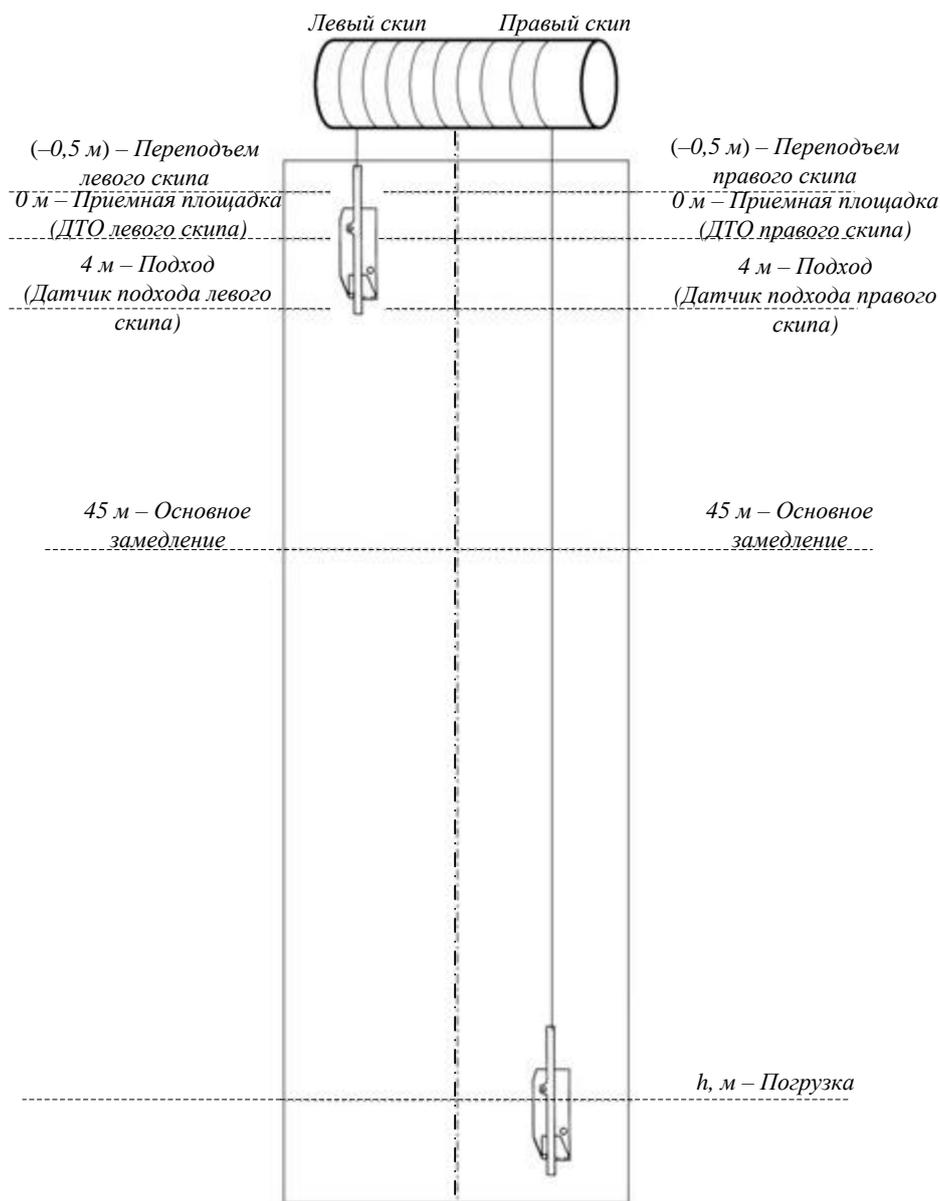


Рис. 2. Установка датчиков в стволе подъемной установки

расстояние h между точными остановками остается неизменным, однако вследствие вытягивания каната количество импульсов от датчиков скорости между точными остановками может измениться. Аппарат ПЗХ-2 распознает данную ситуацию и производит плавную автокоррекцию с программируемым шагом Δh при условии, что один из скипов находится на уровне точной остановки.

В случае, если ошибка вычисления аппаратом ПЗХ-2 расстояния между точными остановками превышает программируемую уставку, то при наезде одного из скипов на точную остановку вырабатывается команда «Сбой ПЗХ». При срабатывании датчиков точной остановки поступают команды «Основное замедление», «Подход скипа к разгрузочной

площадке». Информация от датчиков подхода левого и правого скипов используется для выработки команд: «Застревание левого скипа»; «Застревание правого скипа».

Застревание скипа обусловлено конструктивной особенностью направляющих и скипов. Датчики точной остановки расположены выше датчиков подхода левого или правого скипов. Застревание скипа в основном происходит при его движении вниз от точной остановки. При этом команды «Застревание левого скипа», «Застревание правого скипа» формируются при условии, что путь, рассчитанный аппаратом ПЗХ-2, при движении скипа вниз от точной остановки превышает на один метр уставку $h_{\text{подх}}$ и отсутствуют сигналы от датчиков подхода левого и правого скипов.

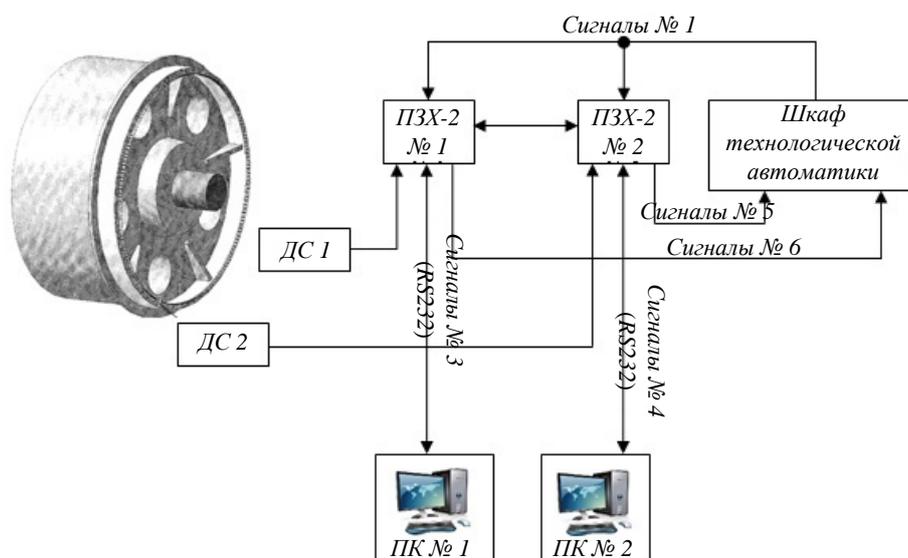


Рис. 3. Функциональная структура взаимодействия датчиков скорости, аппаратов ПЗХ и технологической автоматики

Команда «Основное замедление» формируется при прохождении левым и правым скипами заданного значения $h_{зам}$ при условии, что отсчет ведется относительно места установки датчиков точной остановки. Команда «Основное замедление» сохраняет активность до поступления сигнала с датчика точной остановки левого или правого скипов. Значение $h_{зам}$ задается при программировании ПЗХ-2.

Команда «Подход скипа к разгрузочной площадке» формируется при прохождении левым и правым скипами заданного значения $h_{подх}$ при условии, что отсчет ведется относительно места установки датчиков точной остановки. Команда «Подход скипа к разгрузочной площадке» сохраняет активность до поступления сигнала с датчика точной остановки левого или правого скипов. Значение $h_{подх}$ задается при программировании ПЗХ-2.

Команды «Переподъем левого скипа» и «Переподъем правого скипа» формируются при прохождении левым и правым скипами заданного значения $h_{пд}$ при условии, что отсчет ведется относительно места расположения датчиков точной остановки.

Команда «Переподъем левого скипа» сбрасывается сигналом «Заряд ТП» при условии наличия команды «Левый скип вниз». В случае, если после сброса команды «Переподъем левого скипа» скип находится в зоне переподъема, а команда «Левый скип вниз» исчезает, команда «Переподъем левого скипа» активируется вновь. Таким же образом отрабатывается сигнал «Переподъем правого скипа».

Если после заряда ТП скип находится в зоне переподъема, контроль направления съезда ПЗХ-2 не производит. Функция контроля

направления съезда отводится машинисту подъемной машины и шкафу технологических защит. Значение $h_{пд}$ задается при программировании ПЗХ-2.

Команды «Застревание левого скипа», «Застревание правого скипа» формируются при условии, что путь, рассчитанный аппаратом ПЗХ-2, при движении скипа вниз от точной остановки превышает на один метр уставку $h_{подх}$, и отсутствуют сигналы от датчиков подхода левого и правого скипов.

Команды «Застревание левого скипа» или «Застревание правого скипа» сохраняют активность до прихода импульсного сигнала «Заряд ТП». Значение $h_{подх}$ задается при программировании ПЗХ-2.

Формирование диаграммы защиты осуществляется с целью контроля скорости скипов при нахождении их в зоне подхода к разгрузочным кривым. Защитная диаграмма состоит из трех зон: разгона и движения с равномерной скоростью; защитного замедления; дотягивания.

В зоне разгона и движения с равномерной скоростью уставка $V_{защит}$ представляет собой постоянную величину, равную $1,15V_{max}$, где V_{max} – максимальная линейная скорость скипов. Зона разгона и движения с равномерной скоростью определяется от точной остановки до уставки $h_{нзд}$. Вид диаграммы в этой зоне параболический (рис. 1). Расчет указанной диаграммы скорости осуществляет аппарат ПЗХ-2 исходя из следующих программируемых значений: начало защитной диаграммы – $h_{нзд}$, м; окончание защитной диаграммы – $h_{озд}$, м; максимальная скорость – V_{max} .

Расчет диаграммы защит определяется следующими соотношениями:

расчет защитного замедления

$$2a_{\text{зам}}S_{\text{защ}} = (1,15V_{\text{max}})^2 - (1,15V_{\text{подх}})^2, \quad (1)$$

где $a_{\text{зам}}$ – защитное замедление; $S_{\text{защ}} = h_{\text{нзд}} - h_{\text{озд}}$ – зона защитного замедления; $V_{\text{подх}}$ – скорость подхода.

При этом из уравнения (1) вытекает соотношение

$$a_{\text{зам}} = \frac{(1,15V)^2 - V_{\text{подх}}^2}{2S_{\text{защ}}}. \quad (2)$$

Расчет ограничения скорости в заданной точке пути осуществляется по уравнению

$$2a_{\text{зам}}S_{\text{пути}} = (1,15V_{\text{max}})^2 - V_{\text{защ}}^2, \quad (3)$$

где $S_{\text{пути}} = h_{\text{нзд}} - h_{\text{тек}}$; $h_{\text{тек}}$ – текущее положение скипа.

Скорость скипов на диаграмме защиты определяется выражением

$$V_{\text{защ}} = \sqrt{(1,15V_{\text{max}})^2 - 2a_{\text{зам}}S_{\text{пути}}}. \quad (4)$$

На основании выражения (4) формируется диаграмма в зоне защитного замедления, представляющая собой зависимость $V_{\text{защ}}(S_{\text{пути}})$.

В зоне подхода скорость ограничена значением $V_{\text{защ}} = 1,15 V_{\text{подх}}$, м/с.

При срабатывании датчика точной остановки формирование диаграммы текущего цикла завершается и начинается новый цикл.

При превышении фактической скорости скипов значений скорости защитной диаграммы $V_{\text{защ}}$ формируется команда «Превышение скорости» с последующим сигналом «Заряд ТП».

В режиме «Ревизия» диаграмма защиты представляет собой прямую, определяемую уравнением $V_{\text{защ}} = 1,15V_{\text{рев}}$.

Значения заданных параметров $h_{\text{нзд}}$, $h_{\text{озд}}$, V_{max} , $V_{\text{подх}}$, $V_{\text{рев}}$ вводятся в аппарат программирования ПЗХ-2.

В режиме рабочего функционирования подъемной установки в зависимости от значений путевых импульсов, получаемых от датчиков скорости, с применением поправочного коэффициента, полученного в процессе калибровки, аппарат производит расчет положения обоих скипов в стволе и мгновенную скорость их движения.

Исходя из очередности получения импульсов от датчиков скорости по каналам А и В

(они сдвинуты по фазе) аппарат определяет направление движения скипов. Сравнение рассчитанного и истинного положений скипов осуществляется в контрольных точках (местах расположения датчиков точной остановки). Если рассчитанное положение не соответствует истинному, но ошибка определения положения не превышает заданного в уставках значения, аппарат производит автокоррекцию положения и последующий расчет. Если ошибка превышает заданное значение, то аппарат активирует команду «Сбой ПЗХ», а сообщение об этом сохраняется в архиве.

Для исключения ошибочного измерения скорости и направления движения скипов программируемый аппарат сравнивает рассчитанное и полученное от системы электропривода в виде аналогового сигнала значения. Если они не совпадают и (или) разница в значениях скорости превышает заданную величину, аппарат активирует команду «Сбой ПЗХ», и сообщение об этом также сохраняется в архиве.

В процессе функционирования системы автоматического управления подъемной установкой оба программируемых аппарата осуществляют независимый контроль движения скипов соответственно посредством прямого измерения скорости с последующим расчетом положения скипов и косвенного измерения и расчета.

При движении скипа вверх аппарат реализует алгоритм контроля изменения скорости. При движении вверх и достижении скипом заданной высоты, соответствующей значению «Основное замедление», аппарат активирует соответствующую команду, а при достижении высоты, соответствующей уставке «Начало защитной диаграммы», начинает расчет защитной диаграммы для области замедления и выполняет ее контроль.

Защитная диаграмма гарантирует, что на любом участке пути скорость скипа не превысит безопасное значение и, в случае применения экстренного торможения, скип успеет остановиться. Если на каком-либо участке движения фактическая скорость превысит значение, заданное защитной диаграммой, аппарат активирует команду «Превышение скорости».

При движении скипа вверх аппарат реализует алгоритм, позволяющий распознать переподъем относительно разгрузочной площадки. Если после достижения датчика точной остановки скип продолжает движение вверх и достигает значения высоты, заданное в уставке «Переподъем», аппарат активирует команду «Переподъем», за которой следуют сигналы «Заряд ТП» и «Левый (правый) скип вниз».

Таким образом, в процессе функционирования системы автоматического управления подъемной установки все аппараты системы постоянно обмениваются информацией, производят ее сравнение с заданием и в случае отклонения активируют команду «Сбой ПЗХ», сохраняя в архиве причину его возникновения. Команда «Сбой ПЗХ» также активируется при нарушении связи между аппаратами.

При получении информации с соседнего аппарата об активизации команд «Переподъем», «Застревание», «Сбой ПЗХ» эти команды также дублируются вторым аппаратом.

Активирование любой команды сопровождается соответствующей световой индикацией на главном экране.

При настройках системы допускается возможность отключения одного из аппаратов при активировании команды «Сбой ПЗХ» (при отсутствии связи между аппаратами или расхождении в значениях положения скипов). При этом система будет работать с одним аппаратом.

Система управления может работать в двух режимах ограничения скорости: «ревизия» и «груз», которые выбираются подачей соответствующей команды с пульта управления с отображением в верхней части экрана. Режим работы «груз» является основным, а режим работы «ревизия» отличается от режима «груз» характером диаграммы защиты, которая ограничивает соответствующую скорость движения скипов.

Выводы. Описана система автоматического управления подъемной установки, которая

внедрена на главной скиповой многоканатной установке рудника «Шерегеш» ОАО «Евраз-руда» и рекомендуется для расширенного внедрения на других производственных объектах.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Иванов А.С., Мещерин А.Т., Мещерина Ю.А., Пугачев Е.В., Валин Г.А., Ершов А.М., Сорокин А.А., Сухов М.В. Комплекс электрооборудования для плавного запуска мощных синхронных электродвигателей // Научные технологии разработки и использования минеральных ресурсов: Сб. науч. статей Междунар. науч.-практич. конф. / Под ред. В.Н. Фрянова. – Новокузнецк: изд. СибГИУ, 2012. С. 225 – 227.
2. Пугачев Е.В., Вавиловский В.И., Харитонов В.П. Выбор тиристорных роторного и статорного коммутатора для асинхронного двигателя тиристорного привода шахтной подъемной установки // Научные технологии разработки и использования минеральных ресурсов: Сб. науч. статей Междунар. науч.-практич. конф. / Под ред. В.Н. Фрянова. – Новокузнецк: изд. СибГИУ, 2010. С. 301 – 307.

© 2015 г. А.С. Иванов, А.Т. Мещерин, Ю.А. Мещерина, Е.В. Пугачев, Э.Е. Пугачева
Поступила 18 ноября 2015 г.