

Канд. техн. наук В.В. Говоруха,  
м.н.с. С.Л. Ладик,  
гл. констр. проекта Т.П. Собко,  
вед. инж. В.А. Красовский,  
м.н.с. А.В. Говоруха  
(ИГТМ НАН Украины)

## ПРИВОДЫ СТРЕЛОЧНЫХ ПЕРЕВОДОВ

У статті наведений огляд існуючих конструкцій приводів стрілочних переводів.

## DRIVES OF ARROW TRANSFERS

The review of existent constructions of drives of arrow transfers is resulted in the article.

### Принципы построения типовой схемы управления приводом стрелочного перевода

Схемы управления приводами стрелочных переводов весьма разнообразны, что зависит от области их применения (электрическая централизация станций, сортировочные горки, метрополитен и др.), а также рода электрического тока (постоянный, переменный) [1].

Типовая схема управления приводом стрелочного перевода реализует следующий алгоритм работы: при получении команды об изменении положения объекта включается двигатель привода; после достижения конечного положения объектом двигатель выключается с помощью контактов автопереключателя; по окончании перевода контактами автопереключателя включаются контрольные или другие исполнительные реле и приборы сигнализации. Аппаратура схемы управления приводом стрелочного перевода должна осуществлять пуск привода и слежение за перемещением острия стрелки и фиксацию окончания их перемещения, возврат в исходное положение и выключение привода в среднем положении при невозможности выполнения работы. Приборы схемы обеспечивают непрерывный контроль плюсового, минусового и среднего положения стрелки.

Применяют маршрутное и индивидуальное управление приводом стрелочного перевода с исключением индивидуального при использовании маршрутного или исключением маршрутного при использовании индивидуального. В работе схемы предусмотрена возможность перехода с центрального на местное управление стрелочным переводом и обратно, включение приборов автоматической очистки и автоматической защиты стрелки, защита от повреждения гарнитуры и привода при взрывах.

Схема управления приводом стрелочного перевода состоит из трех взаимосвязанных цепей: управляющей, рабочей и контрольной. Общим требованием к построению всех трех цепей является их защищенность от опасных отказов или свойство исключать появление недопустимых для безопасности движения поездов положений стрелки при повреждениях в схеме, а также под воздействием помех, т. е. высокая надежность.

Повреждения в контрольной цепи должны обнаруживаться немедленно, а управляющей и рабочей — при очередном срабатывании схемы. Если какая-либо цепь схемы не имеет соединений с линейными проводами (воздушными или кабельными), допускается однополюсное выключение постовых приборов. При наличии таких соединений предусматривают двухполюсное выключение постовых приборов.

Если команда на перевод стрелки не привела к включению электропривода, предпочтителен сброс команды во избежание его самопроизвольного пуска при восстановлении контакта.

Перед включением рабочей цепи обязательной является проверка срабатывания всех реле, участвующих в пуске и реверсировании электропривода, за исключением тех из них, отказ которых не приведет к остановке стрелки в среднем положении.

Рабочая цепь может иметь центральное, магистральное и местное питание электропривода, а при затянувшемся переводе необходимо предусмотреть его автоматическое выключение.

### **Приводы стрелочных переводов на подземном рельсовом транспорте**

Для подземного рельсового транспорта и сопряженного с ним поверхностного транспортного комплекса шахт и рудников автоматизация электровозной откатки в общей системе автоматизации подземного транспорта связана с автоматизацией погрузочных пунктов и автоматизацией разгрузочно-загрузочных устройств околоствольного двора [2, 3]. Автоматизация управления движением электровозов должна осуществляться с помощью системы автоматической сигнализации, централизации, блокировки и диспетчерской связи с машинистами электровозов.

В зависимости от производительности, расстояния транспортирования, сложности путевого развития в околоствольном дворе и числа работающих электровозов должна предусматриваться одна из двух систем сигнализации, централизации и блокировки (СЦБ) – аппаратура блокировки стрелок и сигналов (АБСС) или электрической централизации (ЭЦ).

Комплексы устройств АБСС содержат воздействующий, приемный, блокирующий и сигнальный элементы. Совокупность воздействующего (устанавливаемого на электровозе) и приемного (устанавливаемого на путях между рельсами или на стенке выработки) элементов представляет собой датчик, в функции которого входит обеспечение связи электровоза с системой устройств АБСС. Воздействующий элемент выдает постоянно действующий сигнал для производства блокировок вне зависимости от действия машиниста. Связь между воздействующим и приемным элементами при аккумуляторной откатке - бесконтактная; при контактной откатке - бесконтактная или контактная. В последнем случае при системе ЭЦ необходимо учитывать одновременную работу реле утечки и высокочастотной связи диспетчера с машинистом электровоза. Блокирующий элемент проверяет все зависимости, обеспечивающие безопасность движения, а также сигнализирует о регистрации команды запроса при занятом маршрутном участке. Сигнальный - подает

световую команду машинисту о движении состава или его остановке.

Стрелочные переводы, по которым производятся маневровые передвижения, в системах АБСС и ЭЦ требуют наличия устройства для возможности перемещения их острияков с движущегося электровоза, а также местное управление от кнопочного поста. Передачу управления на перевод любой централизованной стрелки выполняет диспетчер. Построение рудничной системы СЦБ осуществляется на основе применения малопроводных релейных схем, в которых переключение сигналов, перевод стрелок, замыкание маршрутов и блокировочные зависимости между отдельными элементами схемы выполняются при помощи различных типов реле.

Всякие включения и выключения электропитания не должны вызывать нарушения состояния элементов системы, в частности, появления разрешающего сигнала, когда движение недопустимо, и потери контроля принятого запроса. Системы ЭЦ предусматривают перевод системы на автоматическое действие для маршрутов с циклическим движением; системы СЦБ — опережающую сигнализацию «Берегись электровоза», которая загорается красным мигающим светом. Применяемая в системах СЦБ аппаратура имеет блочную компоновку; рассчитывается на напряжение питающей сети 127, 220, 380 и 660 В переменного тока или на 120, 160, 250, 550 В постоянного тока; исключает возможность ложных срабатываний от случайных воздействий; выдерживает вибрацию, возникающую на электровозе при его эксплуатации.

#### **Неврезные электроприводы стрелочных переводов**

Модификация электроприводов стрелочных переводов серии СП происходила в несколько этапов [1]. Привод типа СП-1 имел фрикционную муфту на валу электродвигателя. Ограничительное устройство располагалось на главном валу рядом с шиберной шестерней. Запирающий механизм выполнялся без масляной ванны. Контрольные линейки перемещались в общем пазу, без зазора между ними. В приводе СП-2 редуктор совмещен с фрикционом, размещенном на выходном валу редуктора. Следующие модификации электроприводов (СП-6, СП-8) уже отличались от СП-3 конструкцией отдельных узлов: изменилась конструкция редуктора, появился бесконтактный автопереключатель и т.д. При этом посадочные и присоединительные размеры отдельных узлов не изменялись.

Электроприводы стрелочных переводов, несмотря на различия, имеют следующие обязательные составляющие:

- 1) электродвигатель – источник механической энергии;
- 2) редуктор – усилитель вращающего момента электродвигателя и преобразователь его вращательного движения в поступательное перемещение переводных тяг;
- 3) фрикцион – тормоз, обеспечивающий защиту электродвигателя от перегрузок и торможение вращающихся частей привода в конце перевода стрелки;
- 4) автопереключатель, контролирующий положение стрелки.

Краткая техническая характеристика неврезных электроприводов стре-

лочных переводов приведена в табл. 1

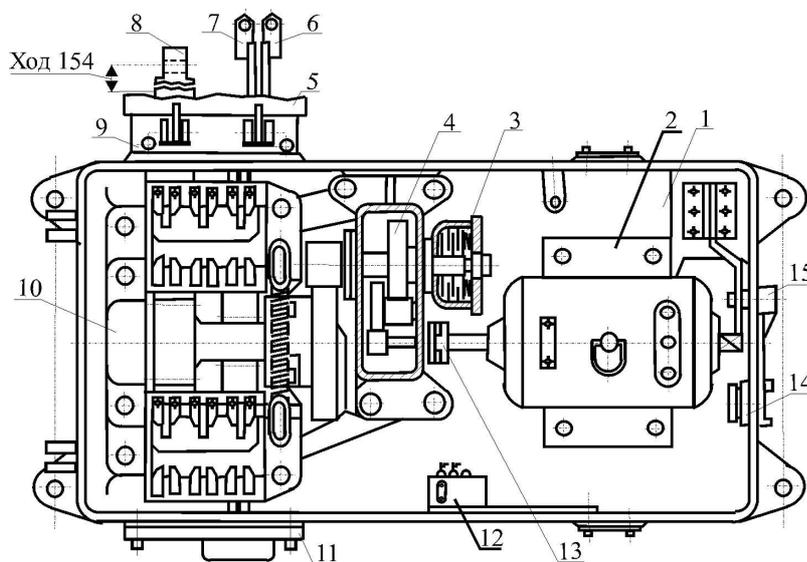
Таблица 1 - Номенклатура и краткая техническая характеристика неврезных электроприводов стрелочных переводов

Тип	Ход шибера, мм	Усилие на шибере, кН	Время движения, с	Взрезаемость
СП-3	150	6	7	Нет
СП-6				
СП-8				
СП-12	220	5		
СП-200	200			

Конструктивно электропривод СП-3 (рис. 1.5) состоит из трех блоков: электродвигателя 2, редуктора 4 с фрикционом 3, автопереключателя 10, устройства обогрева и освещения 12, расположенных в корпусе 1. Рациональное сопряжение элементов привода в блоки позволило число последних свести только к трем, что весьма важно с точки зрения напольных условий эксплуатации стрелочных электроприводов.

Внешний вид неврезного электропривода приведен на рис. 1.

Электродвигатель электропривода СП-3 соединен с редуктором уравни- тельной муфтой 13, а редуктор с автопереключателем и автопереключатель с шиберам 8 – через зубчатые зацепления. Кроме шибера, в корпусе 1 находят- ся контрольные линейки 6 и 7 и ряд других устройств. Корпус выполнен пря- моугольным, с дном и стенками, над которыми возвышаются обрабатывае- мые приливы, или набы, для установки и крепления элементов механизма привода.



1 – корпус; 2 – электродвигатель; 3 – фрикцион; 4 – редуктор; 5 – кожух; 6 и 7 – контрольные линейки; 8 – шибера; 9 – направляющая плита; 10 – автопереключатель; 11 – боковая крышка; 12 – устройство обогрева и освещения; 13 – уравни- тельная муфта; 14 – замок привода; 15 – блокировочное устройство

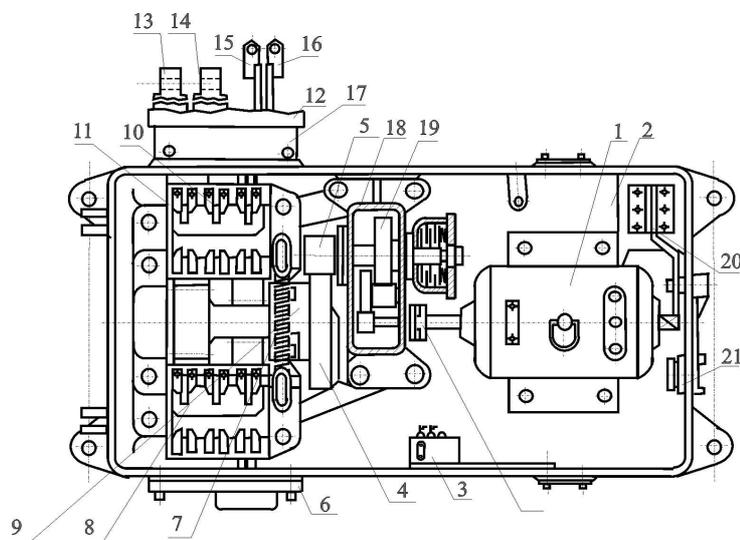
Рис. 1 – Электропривод стрелочного перевода типа СП-3 (вид сверху)

На боковых стенках корпуса расположены блокировочное устройство 15, замок привода 14, направляющая плита 9, кожух 5 и боковая крышка 11. Корпус закрывается съемной сварной крышкой.

В месте расположения шибера и контрольных линеек к корпусу привода прикреплена направляющая плита 9, к которой накладкой прижаты сальники. Чтобы исключить прямое попадание дождя, снега и посторонних предметов, шибер и линейки прикрыты защитным кожухом 5. При необходимости шибер и контрольные линейки могут быть переставлены для выхода в противоположную сторону через отверстие, закрываемое боковой крышкой 11.

### Врезные электроприводы стрелочных переводов

Конструктивное устройство врезных электроприводов стрелочных переводов рассмотрим на примере электропривода типа СПВ-6 (рис. 2) [4].



1 – электродвигатель; 2 – корпус; 3 – устройство обогрева и освещения; 4, 5 – зубчатая пара; 6 – боковая крышка; 7 – пружина растяжения; 8 – автопереключатель; 9 – врезное устройство; 10 – контактный блок; 11 – пружина растяжения; 12 – плита с накладкой; 13 и 14 – шиберы; 15 и 16 – контрольные линейки; 17 – кожух; 18 – корпус; 19 – редуктор с фрикционом; 20 – блокировочное устройство; 21 – замок привода

Рис. 2 – Стрелочный электропривод СПВ-6 (вид сверху)

Внутри корпуса 2 размещены: электродвигатель 1, редуктор с фрикционом 19, врезное устройство 9, шиберы 13 и 14, контрольные линейки 15 и 16, автопереключатель, устройство обогрева и освещения 3, пружины растяжения 7 и 11, контактный блок 10. На боковых стенках корпуса расположены: блокировочное устройство 20, замок привода 21, плита с накладкой для прижатия сальников 12, боковая крышка 6 и кожух 17.

Серия врезных электроприводов стрелочных переводов включает семь модификаций: СПВ, СПВ-2, СПВ-3, СПВ-3а, СПВ-4, СПВ-5, СПВ-6. Краткая техническая характеристика врезных электроприводов стрелочных переводов:

- ход шибера – 150 мм;
- усилие на шибере – 6 кН;

– время перемещения шибера – не более 7 с.

### **Быстродействующие горочные электроприводы**

Быстродействующие горочные электроприводы стрелочных переводов типов СПГ-3, СПГБ-3, СПГ-3М и СПГБ-4М конструктивно отличаются от приводов серии СП конструкцией редуктора [5]. В остальном они повторяют компоновку приводов серии СП.

Краткая техническая характеристика быстродействующих электроприводов стрелочных переводов:

- ход шибера – 150 мм;
- усилие на шибере – 2 кН;
- время перемещения шибера – 0,5-0,6 с.

### **Приводы стрелочных переводов с внешними замыкателями**

В настоящее время в отечественном железнодорожном транспорте в качестве приводов стрелочных переводов для стрелок с внешними замыкателями используется российский электропривод СП-12 с ходом шибера 220 мм и украинский СП-200 с ходом шибера 200 мм [6]. В обоих случаях увеличение хода шибера достигнуто за счет увеличения диаметра выходной шестерни редуктора с соответствующими изменениями самого шибера и автопереключателя. При этом усилие на шибере составляет 5 кН. Относительно остальных характеристик эти электроприводы не отличаются от электроприводов СП-6 или СП-8.

### **Приводы стрелочных переводов для колеи 900, 750 и 600 мм**

Такая ширина колеи характерна для подземного рельсового транспорта и сопряженного с ним рельсового транспорта комплекса поверхности шахт и рудников. Указанная сопряженность требует обеспечения для стрелочных приводов того или иного уровня взрывозащиты. На подземном рельсовом транспорте мало распространена электрическая централизация, поэтому практически все приводы для такой колеи выполняются взрезными.

Наиболее распространены электроприводы стрелочных переводов (электромагнитные и электромеханические), находят применение электрогидравлические и электропневматические приводы.

### **Электропневматические и электрогидравлические приводы стрелочных переводов**

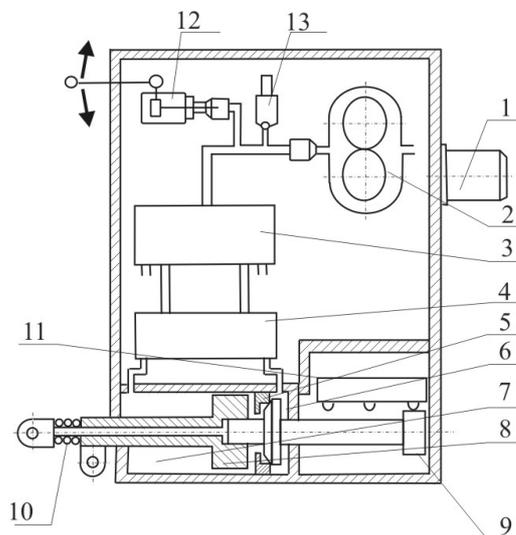
Устройство этих двух видов приводов весьма подобно, за исключением того, что источник гидравлической энергии – насос – располагается непосредственно в приводе, в то время, как источник пневматической энергии – компрессор – обычно на центральной компрессорной станции [6].

В качестве примера электрогидравлического привода рассмотрим привод типа ПСГ (рис. 3) [3].

Он состоит из электродвигателя 1, насоса 2 с обратным клапаном, гидропереключателя 3, гидрозамка 4, силового цилиндра 5 с камерами 6 и 7, поршня-штока, состоящего из двух частей 8 и 9, сжатых пружиной 10, и блока электрических переключателей 11. Для ручного перевода стрелки предусмотрен ручной насос 12. Давление в гидросистеме ограничивается предохранительным клапаном 13.

тельным клапаном 13.

При нормальном переводе стрелки давление рабочей жидкости передается через гидрпереключатель и гидрозамок в силовой цилиндр и перемещает поршень до тех пор, пока блок электрических переключателей не выключит электродвигатель. После этого гидрозамок запирает подводящие каналы силового цилиндра, запирая тем самым и стрелку.



1 – электродвигатель; 2 – насос с обратным клапаном; 3 – гидрпереключатель; 4 – гидрозамок; 5 – силовой гидроцилиндр; 6 и 7 – камеры силового гидроцилиндра; 8 и 9 – части поршня-штока; 10 – пружина; 11 – блок переключателей

Рис. 3 – Конструкция электрогидравлического привода типа ПСГ

Рассмотрим процесс взрезания стрелки. Пусть к части 8 штока-поршня приложено усилие, направленное влево. Вследствие этого в камере 7 создается избыточное давление, которое, сжимая пружину 10, перемещает одну часть 9 поршня-штока относительно другой 8, соединяя при этом камеры 6 и 7. В результате рабочая жидкость из камеры 7 перетекает в камеру 6, а обе части поршня-штока перемещаются влево.

При перемещении приблизительно на половину своей длины, правая часть 9 поршня-штока воздействует на блок электрических переключателей и включает электродвигатель. При этом открываются подводящие каналы силового цилиндра, камера 6 соединяется с насосом, а камера 7 – со сливом. Давление в камере 7 резко падает, части 8 и 9 поршня-штока под действием пружины перемещаются в исходное положение и разделяют камеры 6 и 7. Далее работа не отличается от работы в режиме нормального переключения стрелки.

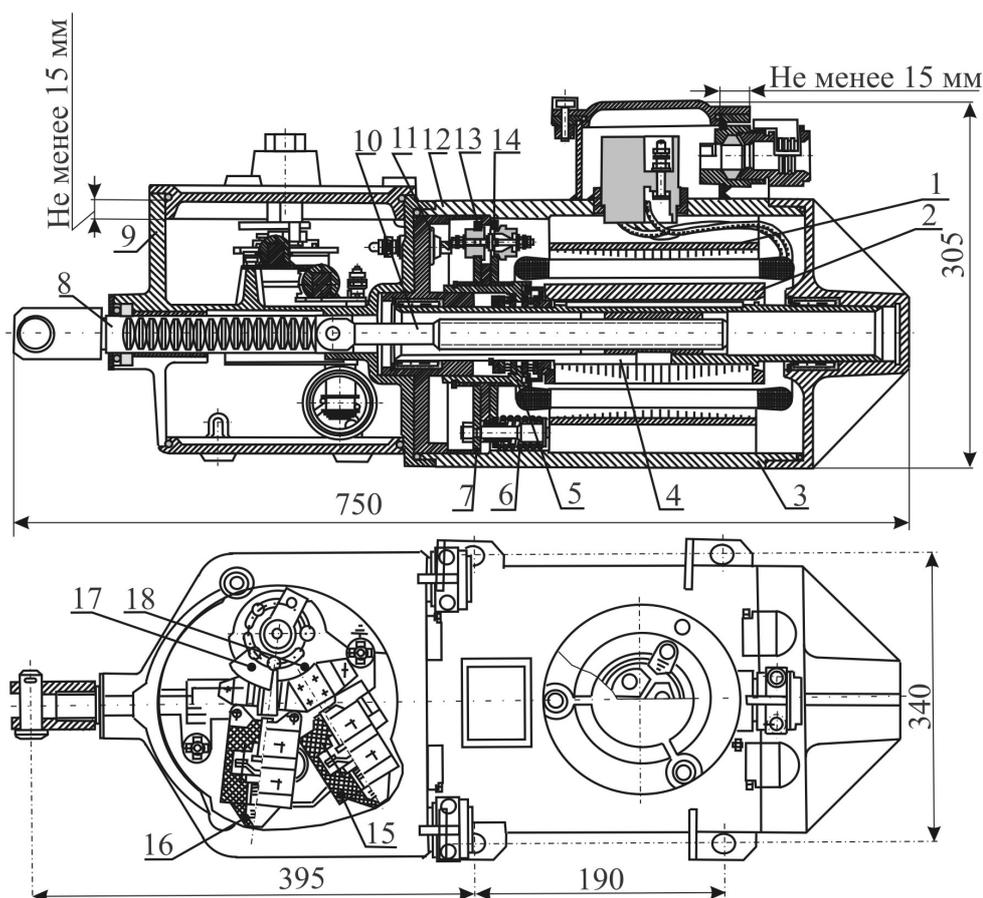
#### **Электромеханические приводы стрелочных переводов**

К электромеханическим приводам стрелочных переводов относятся моторные стрелочные приводы серии ПМС [3]. Электропривод стрелочного перевода типа ПМС-4 изображен на рис. 4.

Привод состоит из двух основных узлов: электродвигателя 1 с буфером 14

и фиксирующего устройства 9. Асинхронный короткозамкнутый электродвигатель с буфером вмонтирован в круглый корпус 3. С помощью дистанционного кольца 12 подвижная панель буфера разжата между упором на корпусе и фланцем 11. С обеих сторон неподвижной панели буфера имеются подвижные панели 7 с закрепленными на них контактами 13 выключателя.

Подвижные панели прижимаются к неподвижному диску восемью пружинами 6. Перемещение панелей производится стаканом 5. Полный вал ротора 2 снабжен трехзаходной гайкой 4 с прямоугольной резьбой. При вращении ротора гайка ввинчивает или вывинчивает винт 10. Вращение штока 8 предотвращается реечным зацеплением. Панель, сжимая пружины, отодвигается и размыкает контакт питания пускателя последовательно с выключателем 15 фиксирующего устройства. Контроль положения штока, усилие прижатия остряков и отключение электродвигателя осуществляется фиксирующим устройством, состоящим из пружинного фиксатора и двух ритцелей. Усилие пружинного фиксатора через ритцели передается на шток 8 с помощью реечного зацепления. На хвостовой части ритцеля закреплены копиры, воздействующие на выключатели 15 и 16 через толкатели 17 и 18.



1 – электродвигатель; 2 – полный вал ротора; 3 – корпус; 4 – трехзаходная гайка; 5 – стакан; 6 – пружина; 7 – подвижная панель; 8 – шток; 9 – фиксирующее устройство; 10 – винт; 11 – фланец; 12 – дистанционное кольцо; 13 – конечный выключатель; 14 – буфер; 15 – выключатель фиксирующего устройства; 16 – выключатель; 17 и 18 – толкатели

Рис. 4 – Привод моторный стрелочный типа ПМС-4

Разработанные ИГТМ НАН Украины стрелочные переводы из рельсов типа Р50 не позволяют использовать серийно выпускаемые приводы стрелочных переводов типа ПМС-5. Применение серийно выпускаемых приводов стрелочных переводов в этом случае приводит к тому, что приводы работают со значительной перегрузкой, время перемещения острия (а также и время нахождения приводов во включенном состоянии) увеличивается в 2–2,5 раза по сравнению с паспортными данными, что заметно ухудшает тепловой режим работы приводов и приводит к преждевременному выходу их из строя.

Сотрудниками ИГТМ НАН Украины разработан электродвигательный привод стрелочных переводов типа ПЭМС, способного работать со стрелочными переводами из рельсов типа Р50.

Этот привод имеет следующие характеристики:

- ход штока – 125 мм;
- усилие на штоке – не менее 3450 Н;
- время перемещения острия стрелочного перевода из одного крайнего положения в другое – 1,5 с;
- напряжение питания – 127 или 220 В;
- род тока – переменный;
- число фаз – 3;
- группа соединения обмоток двигателя –  $\Delta/Y$ ;
- часовая мощность, потребляемая от сети – не более 1,5 кВт;
- усилие прижатия острия к рамному рельсу в отключенном состоянии привода стрелочного перевода – не менее 580 Н.

Для данного привода создан встраиваемый электродвигатель типа АВ132L18 со следующими техническими показателями:

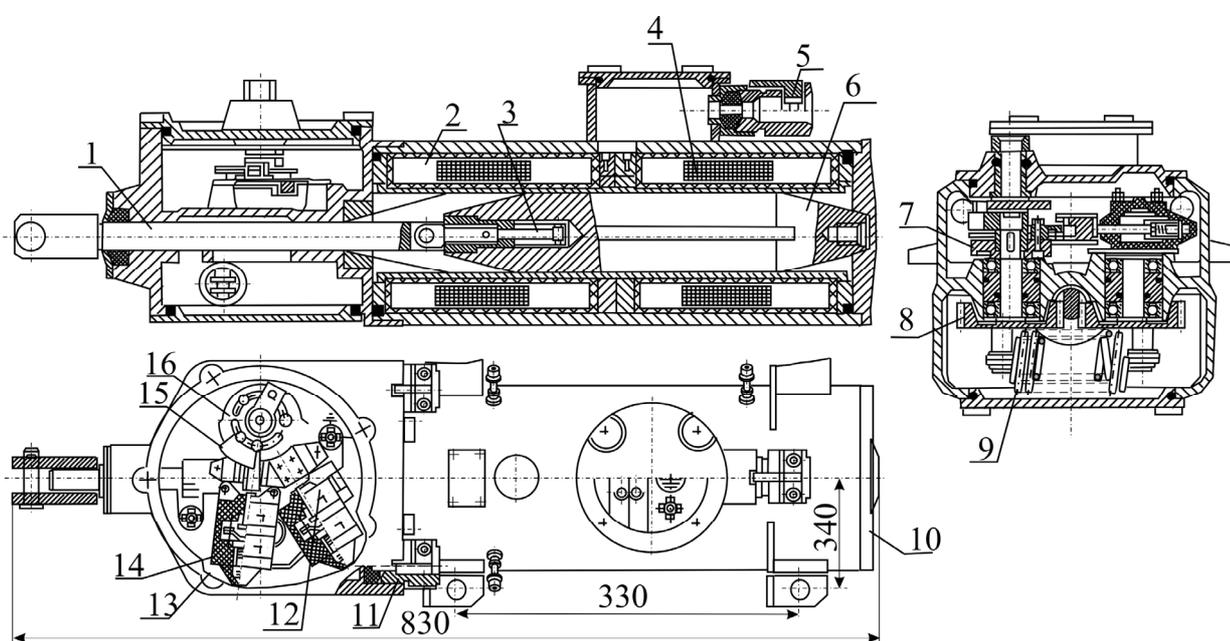
- мощность на валу – 1100 Вт;
- режим работы – S4;
- напряжение питания – 127/220 В;
- род тока – переменный;
- число фаз – 3;
- группа соединения обмоток двигателя –  $\Delta/Y$ ;
- линейный ток двигателя – 13,2 А;
- к.п.д. – не менее 52,8 %;
- коэффициент мощности – не менее 0,417;
- частота вращения ротора – 309 об/мин;
- номинальное скольжение – не более 7,2 %;
- кратность пускового тока – 2,0;
- кратность пускового момента – 1,5;
- кратность максимального момента – 1,95;
- номинальный момент на валу – не менее 34 Н м.

#### **Электромагнитные приводы стрелочных переводов**

Из всего разнообразия электромагнитов в электроприводах стрелочных переводов нашли применение соленоиды, так как для заданного тягового усилия они обладают наименьшими габаритными размерами (рис. 5) [3].

Электромагнитный привод имеет две основные части: электромагнит 10 и блок фиксирующего устройства 13. Электромагнит, состоящий из катушек 2 и 4, размещен в кожухе. Фиксирующее устройство электромагнитного привода конструктивно не отличается от фиксирующего устройства электромеханического привода и включает пружинный фиксатор 9 и ритцели 8, вращающиеся в гнездах корпуса.

Усилие от пружинного фиксатора через ритцели передается на шток 1, который связан с тягой 3. На хвостовой части ритцеля закреплены копиры 15 и 16, воздействующие на выключатели 12 и 14. Питание соленоидов осуществляется через ввод 5, а сигнальных цепей и цепей управления – через ввод 11. При подаче питания на какую-либо катушку сердечник 6 втягивается внутрь ее и перемещает шток 1. В остальном работа привода не отличается от работы электромеханического привода.



1 – шток; 2 и 4 - катушки, размещенные в кожухе; 3 – тяга; 5 - ввод питания; 6 – сердечник; 7 – блок электрических переключателей; 8 – ритцель; 9 - пружинный фиксатор; 10 – электромагнит; 11 - ввод цепей управления; 12 и 14 – выключатели; 13 - блок фиксирующего устройства; 15 и 16 – копиры

Рис. 5 – Привод соленоидный стрелочный типа ПСС-4

Следует отметить, что электромагнитный привод имеет два существенных недостатка: во-первых, время его перемещения из одного крайнего положения в другое не превышает 0,7 с, во-вторых, по мере втягивания сердечника внутрь катушки сила тяги возрастает. Сочетание двух этих факторов приводит к тому, что острия стрелки очень быстро разрушаются. Возникает необходимость разработки специальных станций управления таким приводом, с помощью которых время перемещения штока привода из одного крайнего положения в другое увеличивается до 1,5 с и более. Тем самым достигается снижение энергии движущихся частей стрелки и, следовательно, повышается

их долговечность.

В ИГТМ НАН Украины разработан электромагнитный привод стрелочных переводов, который рассчитан на эксплуатацию в условиях подземных рельсовых путей с троллейными электровозами.

Питание привода осуществляется напряжением +250 В от троллеи.

Электросоленоидные приводы со станцией управления на основе частотно-импульсного преобразователя были испытаны ИГТМ НАН Украины в условиях Гайского горно-обогатительного комбината (г. Гай Оренбургской области, Россия) и Криворожского железорудного бассейна с участием и активным содействием предприятия «Укрсвязьчермет».

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Резников Ю.М. Электроприводы железнодорожной автоматики и телемеханики. – М.: Транспорт, 1985. – 288 с.
2. Рудничный транспорт и механизация вспомогательных работ / Под общ. ред. Б. Ф. Братченко. – М.: Недра, 1978. – 423 с.
3. Справочник по шахтному транспорту. Под ред. Г. Я. Пейсаховича и И. П. Ремезова. М.: Недра, 1977. 624 с.
4. Резников Ю.М. Современные отечественные и зарубежные стрелочные приводы и анализ их технических характеристик / Ю.М. Резников, В.С. Сагайтис // Автоматика и связь. – М., 1972. – Вып. 7 (73). – 50 с.
5. Резников Ю.М. Стрелочные электроприводы электротехнической и горочной централизации. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Транспорт, 1975. – 152 с.
6. Говоруха В. В., Ладик С. Л. Создание автоматизированных систем управления стрелочными переводами рельсового транспорта: Монография. – Издательство ООО «Производственно-коммерческая фирма «Овантаж», 2005. - 230 с.

#### УДК 625.1

Канд. техн. наук В.В. Говоруха,  
инж. С.Ю. Семенов,  
инж. М.А. Ищук  
(ИГТМ НАН Украины)

#### ИССЛЕДОВАНИЕ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ РЕЛЬСОВОГО ПУТИ, С ПРИМЕНЕНИЕМ МЕТОДА КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

У статті розглянуто дослідження напружено-деформованого стану елементів рельсового шляху, застосовуючи МСЕ.

#### RESEARCH STRESS FIELD OF RAIL WAY ELEMENTS USING FINITE ELEMENTS METHOD

The question of calculating stress field with FEM is shown in the article.

Железобетонные шпалы являются промежуточным элементом верхнего строения пути между рельсами и балластным слоем. Поэтому нагрузки, действующие на шпалу можно разделить на составляющие: внешние силы, передаваемые от рельса к шпале, и силы реактивного отпора балластного основания, противодействующие внешней нагрузке.