

УДК 622:621.313

## **ЖЫШТЫКТЫ ЖӨНДӨМДӨӨЧҮ КЫЙМЫЛ КЕЛТИРГИЧТЕРИ БАР БУРГУЛОО МАШИНАНЫ БАШКАРУУ СИСТЕМАЛАРЫН ИШТЕП ЧЫГАРУУ**

### **РАЗРАБОТКА СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ БУРИЛЬНОЙ МАШИНЫ С ЧАСТОТНО- РЕГУЛИРУЕМЫМИ ПРИВОДАМИ**

### **DEVELOPMENT OF CONTROL SYSTEMS FOR DRILLING MACHINES WITH VARIABLE FREQUENCY DRIVES**

*А. В. Анохин, В. Б. Васильев*

*A. V. Anohin, V. B. Vasiliev*

*Бул иш электрлештирилген бургулоочу машиналардын жылдырып берүү механизмдерин жана бургу аспабынын айлануусун башкаруу системаларын иштеп чыгууга арналган. Айрыкча, жыштыктуу өзгөрткүчтөрү бар эки электр сөлөкөтү берилген - ар кандай кубаттуулуктагы беймашык электр машиналарын башкаруу үчүн бир жана үч фазалуу системалар. Бургулоо тестерин башкаруучу белгилүү түрдөгү сөлөкөтөрүнө салыштырмалуу алардын түзүлүшүнүн жана иштөө принцибинин сүрөттөлүшү келтирилген. Такталган мисалдардын негизинде ар түрдүү бургулоо жабдуулар үчүн башкаруу сөлөкөттөрүнүн үнөмдүү колдонуу боюнча сунуштар берилген. Жыштык менен башкарылуучу электр кыймылдаткычы бар бургулоо тестеринин иштөө шарттамдарын автоматтык башкаруунун иштөө принцибинин кыскача сүрөттөлүшү келтирилген. Иште ошондой эле белгиленген жүктөмдөрдөн ашкан учурда электр чынжырларында каралган коргоо каражаттары баяндалат. Башкаруу пультунун жалпы көрүнүшү жана анын электрдик сөлөкөтү бар фотографиялар келтирилген.*

*Данная работа посвящена разработке систем управления механизмами подачи и вращения бурового инструмента для электроприводных буровых машин. В частности, представлены две электрические схемы с частотными преобразователями – однофазная и трёхфазная для управления асинхронными электрическими машинами разной мощности. Приведено описание их устройства и принципа действия в сравнении с известными типовыми схемами управления буровыми станками. На конкретных примерах приведены рекомендации по рациональному применению схем управления для различного типа бурового*

оборудования. Кратко приводится описание принципа работы автоматического управления режимами работы бурильной машины с частотно-регулируемым электроприводом. В работе также описываются средства защиты, предусмотренные в электрических схемах, в случае превышения заданных нагрузок. Приведены фотографии с общим видом пульта управления и его электрическая схема.

*This work is devoted to the development of control systems for feeding and rotation mechanisms of drilling tools for electric drilling machines. In particular, two electrical circuits with frequency converters are presented – one-phase and three-phase for controlling asynchronous electric machines of different power. The description of their device and the principle of operation is given, in comparison with the known standard control schemes of drilling machines. Specific examples provide recommendations for the rational use of control schemes for various types of drilling equipment. A brief description of the principle of operation of automatic control of the operating modes of the drilling machine, with a frequency-controlled electric drive. The paper also describes the means of protection provided in electrical circuits in case of exceeding the specified loads. Photos with a general view of the control panel and its electrical diagram are given.*

**Түйүн сөздөр:** бургулоочу машина, жылдырып берүү механизми, жыштык өзгөрткүч, айлануу ылдамдыгы, электр кыймылдаткыч, башкаруу.

**Ключевые слова:** буровая машина, механизм подачи, преобразователь частоты тока, скорость вращения, электродвигатель, управление.

**Keywords:** drilling machine, feed mechanism, frequency converter, rotation speed, electric motor, control.

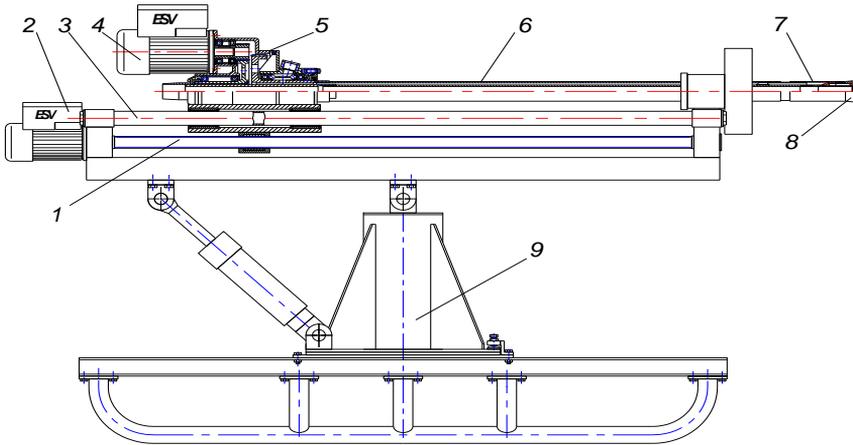
Электрификация процессов горного производства в значительной степени повышает их экономичность и улучшает санитарно-гигиенические условия труда рабочих. В связи с тем, что процесс бурения относится к наиболее дорогостоящим, трудоёмким и распространённым в горной промышленности, можно утверждать, что его электрификация является актуальной научной задачей.

Главной задачей в проведении работ по электрификации буровых машин является разработка электрических схем управления последними, чему посвящено достаточно большое количество научных работ.

Для управления электрическими исполнительными механизмами существуют два вида электрических систем – релейно-цифровая и аналоговая. Аналоговая электрическая система управления присутствует в любой буровой установке, в которой используется электрооборудование. Цифровая или микропроцессорная электрическая система управления успешно реализуется на буровых установках с индивидуальным электрическим приводом на электродвигателях постоянного тока и буровых установках с частотно-регулируемым электрическим приводом переменного тока. Такую систему управления имеют современные электрифицированные буровые установки. К элементам цепей электрической системы управления относятся: электрические провода и кабели, резисторы, катушки индуктивности, электрические конденсаторы, электронные преобразователи и пр. Исполнительными механизмами электрической системы управления являются различные реле и магнитные пускатели, тиристорные и транзисторные ключи, электропневматические вентили, силовые электромагниты, сельсин-приемники и множество других средств. В состав электрической системы управления относятся также подсистемы электрического питания, которые выполняются в виде отдельных блоков [1].

Для управления электрифицированными буровыми станками, разрабатываемыми в Институте машиноведения и автоматики НАН КР, спроектированы две релейно-цифровые электрические схемы с функцией автоматического изменения режимов работ исполнительных органов. Отличие этих схем заключается в количестве фаз питаемого тока преобразователя частоты – схемы для однофазной и трёхфазной сети.

Схема для трёхфазной сети применяется на буровых машинах, где устанавливается исполнительный механизм мощностью свыше 1,5 кВт, например, на станке горизонтального бурения КБ-76Э (рисунок 1). Ввиду того, что электрическая схема смонтирована в одном блоке с органами управления, то этот блок можно назвать пультом управления.



- 1 – винт подачи, 2 – регулируемый электропривод подающего механизма, 3 – рама из трубных направляющих, 4 – регулируемый электропривод бурильного механизма, 5 – бурильный механизм, 6 – двойная буровая колонна, 7 – головной снаряд, 8 – буровая коронка, 9 – установочное приспособление

Рисунок 1 – Бурильная машина с регулируемым электроприводом

Трёхфазная схема управления электроприводом состоит из преобразователя частоты тока *ПЧ*, предохранительного автомата *QF*, блока питания *БП*, сигнальной лампочки *ИЛ*, электромагнитных реле *K1, K2, K3, K4*, потенциометров *R1, R2, R3*, кнопок «ПУСК» *SB1, SB2, SB3, SB4*, кнопки «STOP» *SB5*, концевых выключателей *SB6, SB7*, клеммной колодки *X* (рисунок 2).

Работа в представленной схеме осуществляется по четырём уровням напряжения: однофазное 220 В переменного тока, 24 В постоянного тока, трёхфазное в 380 В переменного тока и 10 В постоянного тока. Питание постоянным током напряжением в 24 В подаётся на органы управления, чем обеспечиваются требования техники безопасности. Однофазный ток напряжением в 220 В осуществляет питание всех элементов в схеме за исключением электромагнитных реле *K1, K2, K3, K4*, органов управления и

преобразователя частоты тока. Трёхфазный ток напряжением в 380 В осуществляет питание преобразователя частоты тока, а также асинхронного электродвигателя 2 (рисунок 1), обеспечивающего подачу бурильного механизма 5. Постоянный ток напряжением в 10 В обеспечивает управление преобразователем частоты тока.

Электромагнитные реле *K1* и *K2* (рисунок 2) подключены с функцией поддержания питания пусковой катушки реле после отпущения пусковой кнопки. Указанные реле предназначены для перемещения бурильного механизма вперёд или назад и обеспечивают рабочие режимы бурения. Отключение рабочего режима происходит автоматически по завершении заданной глубины бурения, посредством концевых выключателей *SB6* и *SB7* или принудительно используя кнопку «STOP» - *SB5*.

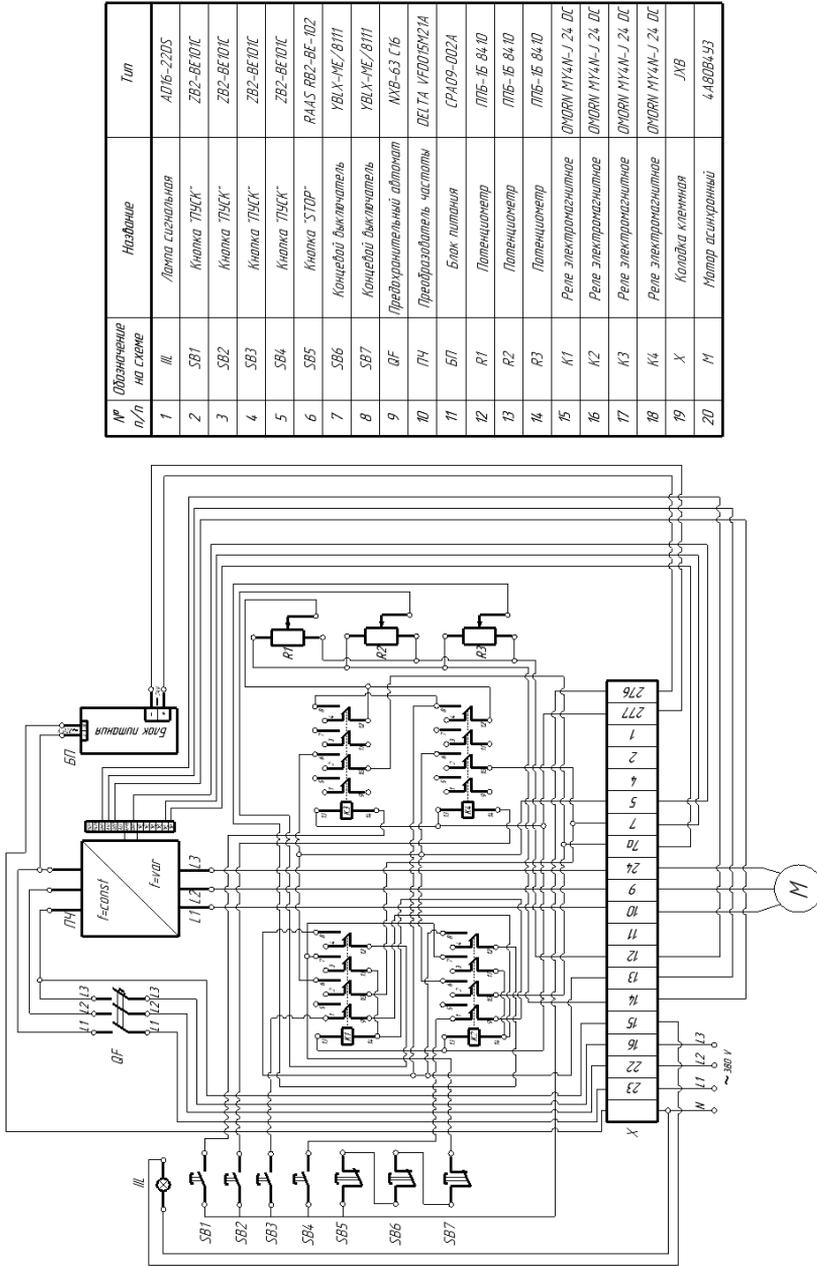
Необходимо отметить, что управляющая цепь реле *K1* и *K2* в электрической схеме построена с обеспечением защиты от одновременного нажатия двух кнопок «ПУСК».

Реле *K3* и *K4* служат для вспомогательных перемещений, они не обладают функцией непрерывного питания и обеспечивают кратковременное реверсное перемещение бурильного механизма, например, для ускоренного его подвода или отвода.

При работе электромагнитных реле *K1* и *K2* предусмотрена возможность регулирования скорости перемещения бурильного механизма посредством потенциометров *R2* и *R3*. Регулирование скорости вспомогательных, кратковременных перемещений осуществляется посредством потенциометра *R1*.

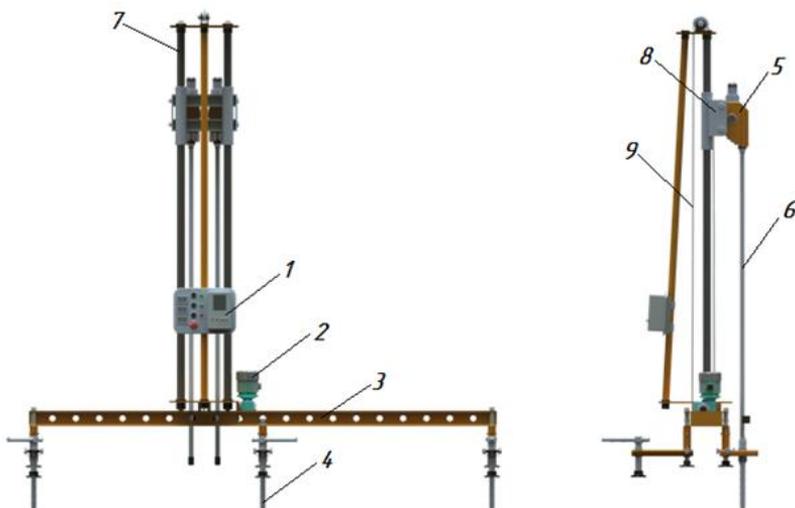
Схема для однофазной сети устанавливается на буровые станки с исполнительными механизмами мощностью до 1,5 кВт, например, станок строчечного бурения БС-32 (рисунок 3) [2].

Помимо ручного регулирования скорости перемещения бурильного механизма, в схеме управления предусмотрена возможность автоматического её изменения в процессе бурения, тем самым обеспечивая постоянное осевое усилие на буровом инструменте. Реализуется это посредством обратной связи по силе входящего тока электродвигателя.



№	Объяснение по/на схеме	Название	Тип
1	III	Лампа сигнальная	AD16-220S
2	SB1	Кнопка ПУСК	ZB2-BE101C
3	SB2	Кнопка ПУСК	ZB2-BE101C
4	SB3	Кнопка ПУСК	ZB2-BE101C
5	SB4	Кнопка ПУСК	ZB2-BE101C
6	SB5	Кнопка STOP	RA4S RB2-BE-102
7	SB6	Концевой выключатель	YBLX-ME/8111
8	SB7	Концевой выключатель	YBLX-ME/8111
9	OF	Предохранительный автомат	MB-63 C16
10	ПЧ	Преобразователь частоты	DELTA VFDD15M214
11	БП	Блок питания	CPA09-0024
12	R1	Потенциометр	ППБ-16 6410
13	R2	Потенциометр	ППБ-16 6410
14	R3	Потенциометр	ППБ-16 6410
15	K1	Реле электромагнитное	OMRON MY4N-J 24 DC
16	K2	Реле электромагнитное	OMRON MY4N-J 24 DC
17	K3	Реле электромагнитное	OMRON MY4N-J 24 DC
18	K4	Реле электромагнитное	OMRON MY4N-J 24 DC
19	X	Коллектор клеммная	ЛЖВ
20	M	Мотор асинхронный	4-AB08453

Рисунок 2 – Трёхфазная электрическая схема управления электроприводом механизма подачи буровой машины



1 – пульт управления; 2 – подающий механизм; 3 – рама станка; 4 – анкер;  
5 – перфоратор; 6 – штанга; 7 – направляющая буровой каретки;  
8 – буровая каретка; 9 – цепная передача.

Рисунок 3 – Общий вид бурового станка строчечного бурения БС 32

Клеммная колодка Х предназначена для соединения и ответвления соединительных проводов в электрической цепи.

Здесь механизм подачи бурового инструмента приводится в движение посредством асинхронного электродвигателя мощностью 0,75 кВт. Питание преобразователя частоты тока, управляющего этим двигателем, осуществляется однофазным переменным током, напряжением в 220 В, в то время как выходной ток с него преобразуется в трёхфазный, напряжением в 220 В на каждой фазе.

Электрическая схема однофазного пульта представлена на рисунке 4.

Все представленные элементы управления смонтированы на металлической монтажной пластине, которая закрепляется в пластиковом герметичном электрическом щите.

Общий вид пульта управления представлен на рисунке 5.

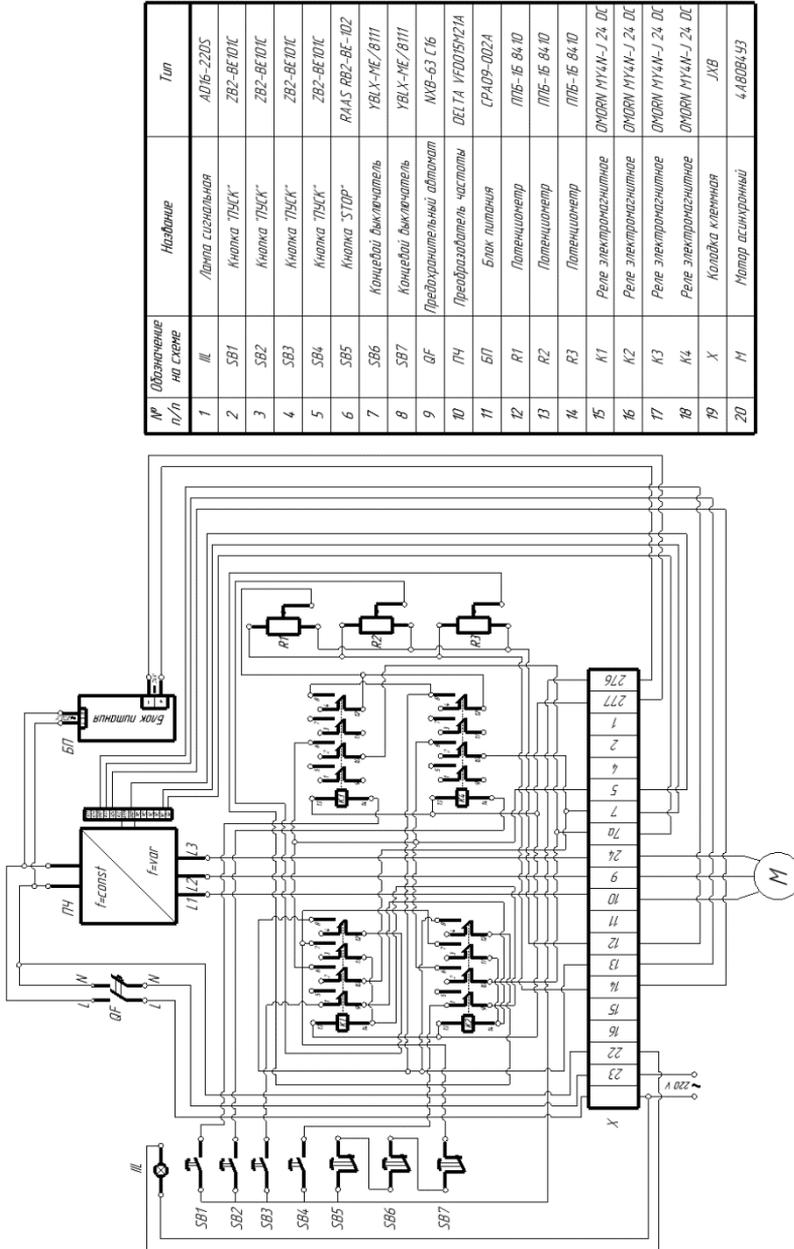


Рисунок 4 – Однофазная электрическая схема управления электроприводом механизма подачи буровой машины



Рисунок 5 – Общий вид пульта управления механизмом подачи инструмента буровой машины

Представленные пульты управления являются стационарными и монтируются непосредственно на буровой машине. В связи с этим возникает сложность в управлении буровой машины, т. к. инструмент находится на большом расстоянии от оператора, то для его обслуживания или контроля нужен помощник бурильщика.

Для обеспечения возможности обслуживания буровой машины одним оператором разработана система дополнительного пульта (джойстика) дистанционного управления стационарным пультом по каналу Bluetooth. Таким образом, посредством дистанционного джойстика буровая машина может обслуживаться одним человеком, который может, например, наращивать буровой став, включая вспомогательные движения механизмов машины дистанционно.

### **Выводы:**

Разработаны две схемы управления для электроприводных бурильных машин различной мощности. Представленные схемы являются релейно-цифровыми, обладают функцией автоматизации и могут быть применены для управления любой бурильной машины с частотно-регулируемым асинхронным электроприводом.

**Литература**

1. Самохвалов М. А. Монтаж и эксплуатация бурового оборудования [Текст] / М. А. Самохвалов // Учебное пособие. – Изд-во Томского политехнического университета, Томск, 2010. – 312 с.
2. Анохин А. В. Разработка станка строчечного бурения БС-32 для добычи блоков природного камня. [Текст] / В. Б. Васильев, Н. Н. Фадеева // Машиноведение. – Вып. 2(12). – Бишкек, 2020. – С. 29–40.