
УДК 621.315.231:622.33.012

О.А. ДЕМЧЕНКО, канд. техн. наук, и.о. директора, МакНИИ, г. Макеевка,
А.П. КОВАЛЕВ, д-р техн. наук, проф., ДонНТУ, Донецк,
В.Н. САВИЦКИЙ, канд. техн. наук, ст. науч. сотрудник, НИИВЭ, г. Донецк,
Л.А. МУФЕЛЬ, канд. техн. наук, ст. науч. сотрудник,
Р.А. ПАРХОМЕНКО, мл. науч. сотрудник; МакНИИ, г. Макеевка

НОВАЯ СХЕМА НИЗКОВОЛЬТНОГО ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ОЧИСТНЫХ И ПРОХОДЧЕСКИХ ЗАБОЕВ

Предлагаемая схема низковольтного электроснабжения очистных и проходческих забоев разработана для селективного отключения поврежденного участка. Впервые отходящее от пускателя присоединение выполнено так, что токи утечки не поступают в цепь заземления и, тем самым, исключена опасность открытого искрения и электропоражения людей в шахтах. Защитная изоляция на внутренней поверхности корпусов электрооборудования и защитное изолирование токоведущих частей позволяют режим замыкания фазы на корпус отнести к “непризнанному” виду повреждения. Вследствие этого выполнение защиты от замыкания фазы на корпус не требуется. Такой подход упрощает структуру схемы электроснабжения, повышает ее безопасные свойства и, как следствие, безопасность труда в очистных и проходческих забоях шахт.

Ключевые слова: схема, электроснабжение, повреждение, ток утечки, устройство защиты, трансформаторная подстанция, магнитный пускатель, экранная жила, жила заземления.

В настоящее время в угольных шахтах применяют магистральную схему электроснабжения (СЭ) (рис.1), в которой передвижная трансформаторная подстанция и все коммутационные аппараты (фидерные выключатели, пускатели) включены последовательно, а электроприемники подсоединены к магнитным пускателям. При построении СЭ необходимо, чтобы коммутационные аппараты обеспечивали защитное отключение при коротком замыкании (к.з.), особенно в протяженных участковых сетях. Вызвано это тем, что токи к.з. в удаленных точках сети могут оказаться соизмеримыми с рабочими токами, а при к.з. в точках сети мало удаленных от трансформаторной подстанции, могут достигать больших значений.

При этом следует учитывать то, что в шахтных участковых сетях рабочие токи в отходящем от трансформатора магистральном кабеле могут превышать аварийный ток при к.з. в отдельных ответвлениях сети.

В настоящее время блоки защиты от токов к.з. предусмотрены в авто-

матических выключателях, распределительном устройстве низкого напряжения (РУНН) трансформаторной подстанции и магнитных пускателях.

Автоматический выключатель является основным аппаратом защиты от токов к.з. в шахтных участковых сетях. Его предельная коммутационная способность обеспечивает надежное отключение максимально возможных в участковых сетях токов к.з. (до 20 кА). Магнитные пускатели имеют предельный ток отключения до 3,9 кА, поэтому, они не всегда отключают аварийные режимы.

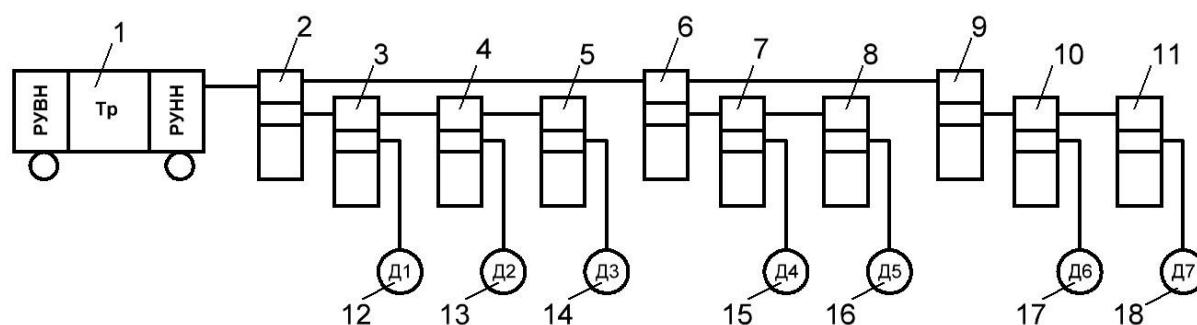


Рис. 1. Магистральная схема участковой сети с групповыми автоматическими выключателями:

1 – передвижная трансформаторная подстанция; РУВН – распределительное устройство высокого напряжения; Тр – понижающий трансформатор подстанции; РУНН – распределительное устройство низкого напряжения; 2, 6, 9 – автоматические выключатели; 3, 4, 5, 7, 8, 10, 11 – магнитные пускатели; 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18 – электродвигатели.

Отключение сети при переходе тока через нулевое значение позволит рассматривать пускатель как аппарат отключения в режиме к.з. Чтобы обеспечить надежную защиту от к.з. в схеме (см. рис.1) предусмотрено несколько групповых автоматических аппаратов, рассчитанных на токовую нагрузку подключенных электродвигателей.

В целом в СЭ с помощью автоматического выключателя и магнитного пускателя, согласно требованиям Правил безопасности [1], выполняются следующие виды электрических защит от: токов к.з.; токов перегрузки и перегрева; включения напряжения при сниженном сопротивлении изоляции относительно земли; опасных токов утечки на землю.

Особенность СЭ состоит в том, что в ней защиты от утечек тока и от поражения людей электрическим током выполняют с помощью местного заземления и специального устройства защиты от утечек тока. Данная защита является общесетевой, т.е. при возникновении утечки в любом месте происходит автоматическое отключение всей сети. Это является суще-

ственным недостатком, так как затруднено нахождение места повреждения, а это приводит к остановке всего технологического процесса при ведении горных работ. Поэтому, отсутствие селективности отключения является сдерживающим фактором в обеспечении бесперебойности электропитания.

Недостатком применяемой СЭ является также появление электрической связи силовой цепи и цепи заземления в аварийных режимах, что приводит к переходу токов утечки на землю. Это вытекает из конструкции силовых кабелей, в которых неизолированная жила заземления соприкасается с основными жилами через их токопроводящий экран. Согласно действующей концепции безопасности токи утечки протекают между сетью и землей по металлическим оболочкам электрооборудования, трубопроводу и металлической крепи, что является причиной появления открытого электрического искрения в выработках. Это вызывает воспламенение метано-воздушной смеси и электропоражение людей [2]. Ток утечки также создается в результате емкостной проводимости, формируемой емкостью каждой основной жилы относительно жилы заземления.

Чтобы кардинально решить вопросы безопасности при применении электрической энергии в шахтах, необходимо отказаться от действующей в отрасли концепции безопасности и традиционных решений при построении СЭ.

Целью работы является построение новой схемы низковольтного электропитания, реализующей селективное отключение поврежденного участка сети и изолирование токов утечки от цепи заземления, что повышает безопасность труда в шахтах.

Предлагаемая СЭ построена с учетом разработанной новой концепции безопасности применения электрической энергии в шахтах, основанной на гальваническом разделении трехфазной сети и сети заземления на таком уровне, при котором их взаимное электрическое влияние в аварийных режимах полностью устранено [2,3]. В предлагаемой СЭ в отходящем от пускателя присоединении между сетью заземления и трехфазной распределительной сетью отсутствуют цепи для протекания в аварийных режимах токов утечки по цепи заземления.

Для построения СЭ (рис. 2) в ее структуре и конструкции питающего кабеля впервые предусмотрена неизолированная экранная жила, которая контактирует с основными жилами в кабеле и является обратным проводом в цепи «силовые жилы – экранная жила» для токов утечки из силовой цепи. Экранная жила в кабеле электрически не соединена с жилой заземления, а при подключении кабеля к электрооборудованию ее изолируют от корпусов и жилы заземления. В качестве жилы заземления используется бронированная оболочка кабеля КГЭШУС-ПБ, соединенная с корпусами

всех электрических устройств, предусмотренных в СЭ. Вследствие того, что жила заземления на основе бронированной оболочки изолирована от основных жил посредством внутренней оболочки и удалена от них, она не образует цепи утечки вне рабочей сети.

В СЭ (см. рис.2), в отличие от известных решений, предусмотрено несколько устройств защиты от токов утечки. При этом одно, расположенное в передвижной трансформаторной подстанции, подсоединяют между силовыми жилами и жилой заземления, что позволяет выполнять селективное отключение при утечках в магистральной сети и замыкании фазы на корпус электрических устройств, входящих в структуру схемы.

Устройства защиты от утечек тока, впервые предусмотренные в магнитных пускателях, подсоединяют между силовыми жилами и экранной жилой. С помощью таких устройств осуществляют защитное отключение в случае повреждения изоляции только в отходящем от каждого пускателя присоединении. В связи с изолированием экранной жилы от корпусов электрических устройств, функция защиты при замыкании (утечки) фазы на корпуса возлагается на устройство защиты, размещенное в подстанции.

Из сказанного следует, что в СЭ предусмотрена комбинированная система защиты от утечек тока. При этом первое устройство защищает магистральную сеть питания всех коммутационных аппаратов и выполняет защиту при замыкании (утечки) фазы на корпус электрооборудования. Устройства защиты в пускателях контролируют в отходящем от пускателя присоединении утечки тока между фазами сети и экранной жилой.

Положительным решением новой СЭ при комбинированной системе защиты является устранение источника воспламенения (токов утечки) в наиболее опасных местах (очистные и подготовительные выработки). Известно, что в этих выработках имеется высокая вероятность загазирования и повреждения кабелей, как наиболее уязвимых элементов СЭ.

В отходящем от пускателя присоединении СЭ позволяет:

- исключить переход токов утечки на землю и, тем самым, устранить условия для воспламенения метановоздушной смеси и электропоражения людей;
- уменьшить емкость, образованную силовой жилой и жилой заземления, и таким образом снизить емкостной ток утечки до безопасного значения;
- исключить в кабеле условия для замыкания основной жилы с жилой заземления, что устраняет открытое искрение в этом режиме;
- разделить с помощью экранной жилы участковую сеть на отдельные электрически обособленные участки, что позволяет выполнить селективное отключение поврежденного участка;
- формировать цепь контроля и измерения сопротивления изоляции

посредством экранной жилы и основных жил трехфазной сети и, тем самым, исключить протекание тока утечки по жиле заземления и одновременно обеспечить возвращение его обратно в поврежденную трехфазную сеть, а не в цепь заземления, как это было ранее;

– выполнить электрические защиты, согласно Правилам безопасности [1], как в кабельной сети, так и непосредственно в коммутационных аппаратах и электроприёмниках.

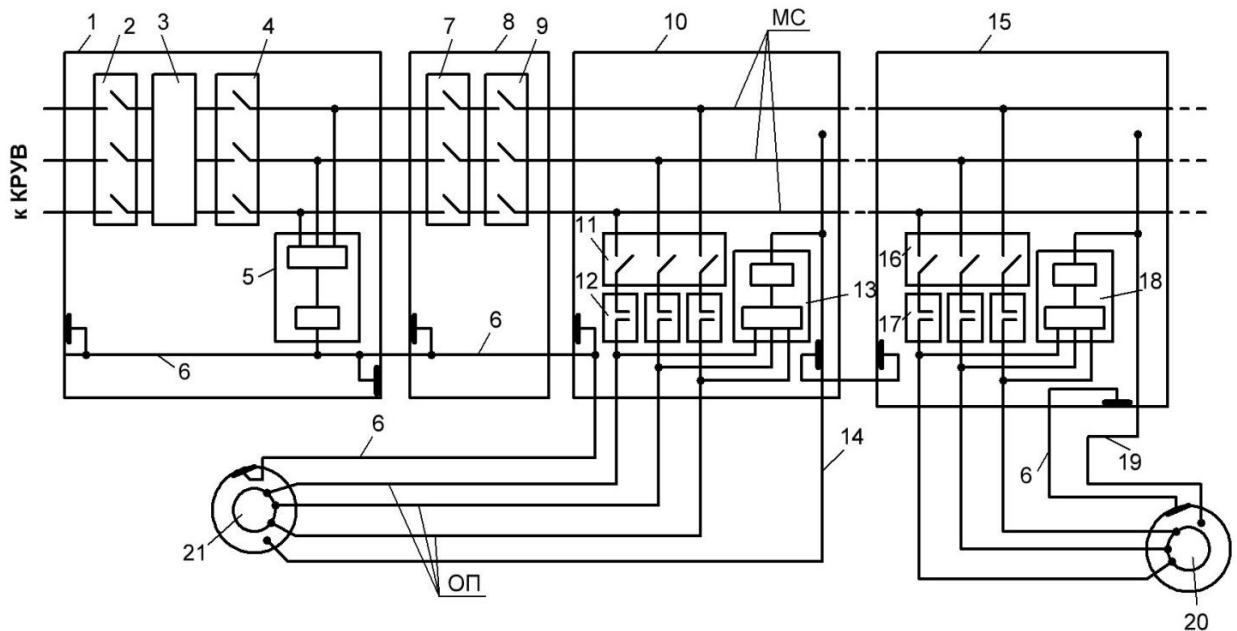


Рис. 2. СЭ очистных и проходческих забоев:

1 – передвижная трансформаторная подстанция; 2, 7, 11, 16 – ручные разъединители; 3 – понижающий трансформатор; 4, 9 – автоматический выключатель; 5, 13, 18 – устройство защиты от утечек тока; 6 – жила заземления; 8 – фидерный выключатель; 10, 15 – магнитные пускатели; 12, 17 – контакторы; 14, 19 – экранная жила 20, 21 – электродвигатели; КРУВ – комплектное распределительное устройство высоковольтное; МС – магистральная сеть; ОП – отходящее присоединение.

Кардинальное повышение безопасных свойств СЭ можно достичь, если устранить условия для возникновения режима замыкания фазы на корпус. В [3] показано, что для этого необходимо в электрооборудовании предусматривать защитную изоляцию и защитное изолирование. Защитную изоляцию накладывают на внутренние поверхности корпусов электрооборудования, нормально не находящиеся под напряжением. Защитное изолирование исключает соприкосновение человека с токоведущими частями и выполняется путем полного изолирования всех токоведущих частей, включая места контактных соединений.

В настоящее время имеются условия для реализации предложенных решений. Так, сейчас имеются изоляционные лаки, например, силиконовые и другие с пробивным напряжением от 48 до 140 кВ/см. Силиконовые лаки обладают изолирующими свойствами, превосходящими изолирующие свойства изоляционных материалов. Эти лаки практически огнестойкие, сохраняют гибкость и не трескаются. Тогда, режим замыкания фазы на корпус можно считать “непризнанным” видом повреждения, а защита для предотвращения такого режима не требуется.

Изложенные решения определяют новое направление, в котором построение СЭ очистных и проходческих забоев осуществляют на основе трехфазной сети с неизолированной экранной жилой, т.е. без использования жилы заземления. Учитывая, что возникновение режима однофазного замыкания на корпуса электрооборудования невозможно, построение магистральной схемы с селективным отключением можно также осуществить без применения жилы заземления.

Схема электроснабжения, в которой все участки сети (магистральная и отходящие присоединения) в нормальных и аварийных режимах электрически не связаны с корпусами электрооборудования, гарантировано обеспечивает безопасность применения электрической энергии в шахтах.

ВЫВОДЫ

Разработана новая низковольтная схема электроснабжения очистных и проходческих забоев, исключающая утечки тока на землю, в которой все участки сети выполнены с селективным отключением. Это обеспечивает взрывобезопасность и электробезопасность в шахтах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Правила безопасности в угольных шахтах: НПАОП 10.0-1.01-10. – Офиц. изд. – Киев: Редакция журнала “Охрана труда”, 2010. – 431 с.
2. Новая стратегия электро- и взрывобезопасности схем высоковольтного электроснабжения / [А.М. Брюханов, О.А. Демченко, Л.А. Муфель и др.] // Способы и средства создания безопасных и здоровых условий труда в угольных шахтах: сб. науч. тр. /МакНИИ. – Макеевка - МакНИИ. – № 1(33). – 2014. – С. 5-14.
3. Безопасная схема высоковольтного электроснабжения / [О.А. Демченко, Л.А. Муфель, В.Н. Стоян и др.] // Способы и средства создания безопасных и здоровых условий труда в угольных шахтах: сб. науч. тр. / МакНИИ. – Макеевка - МакНИИ. – № 2 (34). – 2014. – С. 5-13.

Получено: 10.07.17

NEW LOW VOLTAGE POWER SUPPLY SCHEME FOR WORKING AND DRIFTING FACES

The suggested low voltage power supply scheme for working and drifting faces has been developed for selective shutdown of a damaged area. For the first time the connection outgoing from the stator is designed in such a way which prevents the entry of leakage currents into earth circuit, therewith the danger of open sparking and electrical injury of mine workers are excluded. The protection insulation on the internal surface of the closure of electrical equipment and protection insulation of conductive parts allow to classify the phase-to-closure fault regime as “unrecognized” damage type. Therefore the protection against the phase-to-closure fault is not necessary. Such approach simplifies the structure of power supply scheme, increases its secure features and consequently labor safety in mine working and drifting faces.

Keywords: scheme, power supply, damage, leakage current, protection device, transforming sub-station, magnetic starter, screen conductor, earth conductor.