

УДК 658.26

*В.Л. Беляк, Л.А. Плащанский*

**УВЕЛИЧЕНИЕ НАПРЯЖЕНИЯ УЧАСТКОВЫХ  
СЕТЕЙ КАК СПОСОБ ПОВЫШЕНИЯ  
ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГОРНЫХ  
МАШИН В ВЫСОКОНАГРУЖЕННЫХ ЗАБОЯХ  
УГОЛЬНЫХ ШАХТ**

Семинар № 22

---

**В**опросы совершенствования энергоснабжения и повышения эффективности использования горных машин и комплексов в принципе могут решаться несколькими технически возможными путями, из которых основными являются:

1. Применение систем автоматического регулирования напряжения под нагрузкой. Этим путем возможно значительное повышение качества питания и эффективности использования забойных машин. Однако одним только применением систем автоматического регулирования напряжения нельзя полностью решить проблему электроснабжения высокопроизводительных горных машин.

2. Применение для забойных машин регулируемого привода: двигателей постоянного тока, гидроэлектропривода, асинхронных двигателей с частотным регулированием. Создание высокомоментных гидромоторов позволило значительно увеличить ресурс горных машин, испытывающих резкопеременные нагрузки. Применение регулируемого электропривода с частотным управлением для горных машин облегчает задачу их качественного питания, позволяет с большей эффективностью разрабатывать угли с высокой сопротивляемостью разрушению и высокогазоносные пла-

сты, но не решает вопросы электроснабжения мощных выемочных и проходческих машин угольных шахт будущего.

3. Дальнейшее повышение рабочего напряжения переменного тока участковых сетей, питающих мощные забойные машины.

Выбором соответствующего уровня напряжения можно в полном объеме и на длительный срок решить задачу качественного электроснабжения высокопроизводительных забойных машин с учетом перспективы роста мощности их электропривода. Этот путь в настоящее время является наиболее реальным и технически осуществимым.

Несмотря на большие научно-исследовательские работы, проводимые с целью создания более совершенного привода, асинхронный короткозамкнутый двигатель переменного тока, нашедший широкое применение благодаря своей простоте и надежности, несомненно будет оставаться одним из основных двигателей забойных машин. Поэтому определение оптимальной величины напряжения участковых сетей, питающих мощные забойные машины, следует проводить исходя из условий качественного питания асинхронного привода, на который отклонения напря-

жения от номинального уровня оказывают большое влияние.

Повышение напряжения участковых сетей создает условия для более эффективного использования не только мощного нерегулируемого электропривода (асинхронных двигателей), но и некоторых видов регулируемого привода, использующего асинхронные двигатели (гидроэлектроприводы, асинхронные двигатели с частотным регулированием).

Основным объектом технического перевооружения шахт являются очистные работы, трудоемкость которых составляет более 30 % общей трудоемкости добычи угля подземным способом и существенно влияет на ее уровень в целом по шахте. Нагрузка и число очистных забоев определяют производственные возможности угольного предприятия по горным факторам, содействуют концентрации горных работ и снижению трудоемкости в последующих звеньях производственного процесса.

Комплексная механизация и автоматизация горных работ позволяет повысить степень извлечения полезного ископаемого и снизить потери угля при подземном способе добычи, в первую очередь благодаря ликвидации целиков и ниш, проведению выработок в присечку к выработанному пространству, переходу на оптимальные длины забоев, повышению длины выемочных полей.

Совершенствование выемочного оборудования, осуществляемое в направлении повышения его энергооборуженности, позволяет решить проблему использования очистных машин для выемки более крепких углей и, как следствие, увеличить скорость подачи комбайна.

Во многих зарубежных угольных странах при увеличении еди-

ничной и суммарной мощности электродвигателей очистных комбайнов и забойных конвейеров и необходимости обеспечения их паспортной производительности осуществлен перевод на повышенный уровень номинального напряжения участковых электрических сетей с 950-1100 В до 3,3; 5 и 6 кВ (при частоте 50 Гц) и 2,3 и 4,16 кВ (при частоте 60 Гц).

Так, на угольных шахтах США электрооборужение более 85 % комплексно механизированных очистных забоев осуществляется при напряжении свыше 1000 В и энергооборуженности работающих в них очистных комбайнов порядка 1200 кВт, забойных конвейеров - 1800 кВт.

Постановка задачи повышения номинального напряжения, как одного из основных направлений улучшения показателей качества электроэнергии в подземной сети и повышения эффективности электропотребления на шахте, обусловлена невозможностью или значительными техническими трудностями и ограничениями:

- **передачи необходимой мощности по гибким кабельным линиям ограниченного сечения основных жил** (табл. 1);

- **обеспечения необходимых моментных характеристик электродвигателей в режимах перегрузки и пуска, определяющих их устойчивую мощность и нормальные пусковые условия, которые в "мягкой" шахтной сети сопровождаются большими потерями напряжения** (табл. 2). Такие сети требуют обязательной проверки по пуску очень мощных электродвигателей (очистных машин или забойных конвейеров), т.к. режим пуска может серьезно повлиять на изменение сечения

Таблица 1

Показатели	Номинальное напряжение сети $U_{ном}$ , В				
	1140	3000	3300	5000	6000
Максимальная мощность электродвигателей $P_{max}$ , кВт, присоединенных к кабелю сечением основных жил F					
35 мм <sup>2</sup>	265	700	770	1165	1400
50 мм <sup>2</sup>	315	830	915	1385	1660
70 мм <sup>2</sup>	395	1040	1140	1730	2075
95 мм <sup>2</sup>	460	1205	1325	2005	2410

Таблица 2

Показатели	Номинальное напряжение сети $U_{ном}$ , В				
	1140	3000	3300	5000	6000
Относительное значение потери электроэнергии в кабеле длиной 1 км $\Delta W_{к*}$ , %, при передаче мощности $P_{max}$ при сечении основных жил кабеля F					
35 мм <sup>2</sup>	17,5	6,6	6,0	4,0	3,3
50 мм <sup>2</sup>	14,2	5,4	4,9	3,2	2,7
70 мм <sup>2</sup>	13,3	5,1	4,6	3,0	2,5
95 мм <sup>2</sup>	11,1	4,2	3,9	2,5	2,1

кабелей, питающих двигатель, находящийся в режиме пуска.

Как следует из табл. 1 и 2, при повышении уровня номинального напряжения в шахтной участковой сети пропорционально увеличивается передаваемая по кабелю мощность при одновременном уменьшении относительного значения потери напряжения в питающем кабеле. При этом устойчивый момент двигателей привода исполнительных органов комбайна в сети с номинальным напряжением выше 1140 В увеличивается на 10-20 % по сравнению с их питанием от сети напряжением 1140 В. При напряжении более 1140 В, особенно при увеличении длины лавы до 250-300 м в перспективе, можно передать к двигателям суммарной мощностью 900-1300 кВт энергию с требуемыми показателями качества при сечении основных жил питающих кабелей не более 70-95 мм<sup>2</sup>; **конструирования высоконадежных взрывозащищенных аппаратов, коммутирующих номинальные токи более 320-400А, а пусковые токи – более 1200-1500А.**

В табл. 3 приведены данные энерговооруженности некоторых отечественных и зарубежных очистных комбайнов.

Выбор величины номинального напряжения в участковой сети обусловлен рядом ограничений, поскольку при повышении уровня номинального напряжения (относительно 1140 В):

- увеличиваются ток через тело человека при его случайном прикосновении к токоведущим частям и значения напряжения прикосновения на корпусах электрооборудования при однофазных замыканиях на землю;

- увеличиваются нормируемые ГОСТ Р 51330.20-99 расстояния путей утечки и электрических зазоров взрывозащищенного электрооборудования, что неизбежно увеличивает его габариты;

- необходимо гальваническое разделение участковой и распределительной шахтных сетей даже при одинаковом номинальном напряжении в этих сетях.

Для электроснабжения забойных машин на напряжение 3300 В в зарубежных странах (Великобритания, Германия, Франция, Польша и др.) создано

Таблица 3

Тип комбайна	Мощность разрабатываемых пластов, м	Установлен. мощность электродвигателей, кВт	Мощность электродвигателя исполго органа, кВт	Номинальное напряжение питания, В	Фирма и страна-изготовитель
1КШЭУ	2,0-4,6	454	200	1140	Ульяновский завод тяжелых и уникальных станков, Россия
2КШЭУ	2,2-5,0	691-821	315-350	1140	
К500	1,6-3,5	535-635	200 250	1140	Нижегородский машзавод, Россия
Кузбасс 500Ю	1,6-4,0	535	200	1140	Юргинский машзавод, Россия
2ГШ68Б	1,4-2,5	370	185	1140	Горловский машзавод, Украина
SL300	1,4-3,8	678-1018	300 - 420	1140; 3300	Айкхофф, Германия
SL500	2,0-6,0	1130-1540	500 - 620	1140; 3300	
4LS	1,4-3,9	665-970	285 - 410	1140; 3300	Джой, США
6LS3	1,8-4,9	1005-1115	410 - 450	3300	

необходимое взрывозащищенное электрооборудование и шахтные кабели, разработаны нормативные документы по безопасному применению такого напряжения в подземных горных выработках.

В России с учетом требований Правил безопасности в угольных шахтах (ПБ 05-618-03), регламентов безопасности Англии и Германии, устанавливающих дополнительные требования к сетям и оборудованию с номинальным напряжением свыше 1 кВ и до 6 кВ в очистных забоях, были разработаны нормативные документы Ростехнадзора «Временная инструкция по электроснабжению и применению электрооборудования напряжением 3000(3300) В в очистных и подготовительных выработках угольных шахт» (РД 05-386-00) и «Временная инструкция по выбору и проверке электрических аппаратов, кабелей и устройств релейной защиты в участковых сетях угольных шахт напряжением 3000(3300) В» (РД 05-387-00).

Повышение энерговооруженности и перевод питания забойных машин на

повышенное напряжение обеспечивает увеличение нагрузки на очистные забои и сокращение их числа по шахте при технологии: схемы «лава - шахта» или «лава - пласт», при реализации которых достигается концентрация горных работ и уменьшение числа подготовительных выработок, улучшение условий проветривания.

Для обеспечения эффективной эксплуатации зарубежных высоко энерговооруженных забойных машин на российских угольных шахтах, создания новой отечественной горной техники и электрооборудования на напряжение 3300В новыми «Правилами безопасности в угольных шахтах» (ПБ 05-618-03) допущено применение этого напряжения для передвижных электроприемников в забоях. Разработаны нормативные документы по безопасному электроснабжению и применению электрооборудования напряжением 3300 В в очистных и подготовительных выработках угольных шахт, выбору и проверке электрических аппаратов, кабелей и устройств релейной защиты в уча-

стковых сетях на это напряжение (РД 05-386-00 и РД 05-387-00).

Первой забойной машиной при напряжении питания 3300 В был очистной комбайн типа 6LS3 фирмы Джой с соответствующим взрывозащищенным электрооборудованием, который был допущен для проведения эксплуатационных испытаний на шахте “Распадская”. Позднее были также сертифицированы и допущены для проведения эксплуатационных испытаний очистные комбайны типа SL500 фирмы Айкхофф (шахты “Котинская” и “Вольная”).

Исходя из накопленного зарубежного опыта применения в забоях напряжения 3300 В, положительных результатов эксплуатации комбайна 6LS3 на шахте “Распадская” и комбайна SL500 на шахтах “Котинская” и “Вольная”, можно констатировать, что зарубежные очистные комбайны с напряжением питания 3300В и соответствующее взрывозащищенное электрооборудование на это напряжение, допущенные для применения

на российских угольных шахтах, отвечают требованиям российских нормативных документов по безопасности с учетом организационно-технических мероприятий, изложенных в руководствах по монтажу, эксплуатации и обслуживанию машин и электрооборудования.

Таким образом, применение высокоэнерговооруженных забойных машин с напряжением питания выше 1140 В позволит при повышении индекса общей безопасности обеспечить:

- концентрацию горных работ и увеличение нагрузок на очистные забои до 10-15 тыс. т в сутки и более при стремлении к технологии по схемам “лава-шахта” или “лава-пласт”;
- увеличение скорости проведения подготовительных выработок и сокращение их числа при одновременном улучшении условий их проветривания;
- сокращение числа подземных горнорабочих, занятых на опасных участках в шахте.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Субботин А.И., Беляк В.Л., Залогин А.С., Миновский Ю.П., Семерников Н.И. Безопасное применение забойных машин при напряжении питания 3300 В. Безопасность труда в промышленности, 2005.

2. Миновский Ю.П. Повышение уровня номинального напряжения для питания высоко-

энерговооруженных забойных машин. Горные машины и автоматика. 2001, № 8.

3. *Безопасность* электроустановок и электрооборудования угольных шахт: Серия 05. Выпуск 4. Сборник документов. Колл. авт. – М.: ГУП НТЦ “Промышленная безопасность”, 2003. **ГИАБ**

#### Коротко об авторах

*Беляк В.Л.* – аспирант кафедры ЭЭГП, главный специалист Управления государственного горного и металлургического надзора Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору,  
*Плацанский Л.А.* – профессор кафедры ЭЭГП, Московский государственный горный университет.

Доклад рекомендован к опубликованию семинаром № 22 симпозиума «Неделя горняка-2007».  
Рецензент д-р техн. наук, проф. *А.В. Ляхомский*.