

УДК 621.316

Ефременко В.М., канд. техн. наук, доцент,  
Семыкина И.Ю., доктор техн. наук, доцент,  
Скребнева Е.В., аспирант

## **СОЗДАНИЕ АВТОНОМНЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ДЛЯ ПИТАНИЯ «ОСОБОЙ ГРУППЫ» ПОТРЕБИТЕЛЕЙ УГОЛЬНЫХ ШАХТ**

Устойчивая работа угольной промышленности во многом определяется надежным и бесперебойным снабжением шахт электрической энергией. Опыт эксплуатации шахт показывает, что в настоящее время из-за отказов в системах электроснабжения теряется до 20% всех потерь добычи угля [1]. Кроме того, прекращение электроснабжения на длительное время приводит к созданию аварийных ситуаций, связанных с возможным затоплением или загазованием горных выработок до недопустимого по условиям безопасности предела.

Электропотребление на шахтах достигает десятков и даже сотен миллионов киловатт-часов и продолжает расти. Установленная мощность электроприемников превышает 50-70 тыс. кВА [2]. Это объясняется значительной степенью комплексной механизации и автоматизации технологических процессов добычи угля.

Основными и надежными источниками питания шахт электроэнергией является объединенная электрическая система, практически ни одна из шахт не имеет собственного автономного источника электроэнергии. В Кузбассе единственная шахта им. С.Кирова (СУЭК) использует автономный источник электроэнергии – автономную энергоустановку, работающую в режиме когенерации и использующую в качестве первичного топлива шахтный метан.

На угольных шахтах имеются электроприемники, относящиеся к первой категории по надежности электроснабжения, которые должны иметь два независимых источника электропитания. Кроме того, среди них необходимо выделить электроприемники «особой группы», для электроснабжения которых необходимо предусматривать третий независимый источник.

Прекращение электроснабжения шахты приводит к остановке не только технологического оборудования, но и к остановке вентиляторных установок и насосов водоотлива, что приводит к загазованию и затоплению горных выработок.

При определении приоритетности электроприемников «особой группы» на шахтах необходимо учитывать последствия их длительного отключения, а также необходимое время работы после наступления перерыва в

электроснабжении от основных источников питания. Например, сразу после начала перерыва в электроснабжении необходима работа клетьевых подъемных установок (на шахтах с вертикальными стволами) для эвакуации работающих на поверхность. В дальнейшем, в первую очередь необходимо обеспечить устойчивую работу водоотливных установок, так как последствия от затопления горных выработок значительно тяжелее, нежели от загазования [1, 3].

При этом, опыт восстановления шахт Донбасса, разрушенных в период Великой Отечественной Войны [4] показал:

- первоначально проветривания выработок осуществлялось за счет естественной тяги, в дальнейшем естественная тяга не обеспечивала требуемого проветривания и необходимо включать вентиляционные установки;

- после откачки горных выработок просиходило интенсивное их обрушение (при наличии воды в выработке – подпор, после откачки обрушение);

- затопленное оборудование, особенно электрооборудование, требовало восстановительного ремонта. Обмотки трансформаторов и двигателей сильно отсырели, их изоляция разрушалась под действием щелочей и кислот. Поэтому требовалась не только сушка, но и перемотка. Бронированные кабели имели повреждения джутового покрова и стальной брони, бумажная изоляция сильно разрушена на расстоянии 15 м от конца кабеля.

По данным, представленным Ростехнадзором, за 2010 год на шахтах Кузбасса произошло 509 загазований, из них:

- 351 загазование (в том числе 108 аварийных) произошло в подготовительных забоях;

- 116 загазований (в том числе 42 аварийных) произошло в очистных забоях;

- 42 загазования в прочих забоях;

- 101 загазование произошло по вине отсутствия электроэнергии;

- 286 загазований продолжались более 0,5 часа;

- 20 загазований продолжались более смены.

Верхний уровень воды в водосборнике, при котором включаются в работу насосные установки составляет  $0,75V_{в}$ , то есть практически всегда имеется резервная емкость, которая аккумулирует водоприток в случае отключения электроэнергии. Время допустимого отключения электроэнергии определяется свободным объемом водосборника и водопитоком на каждой конкретной шахте.

Сравнительный анализ допустимого времени перерыва электроснабжения водоотливных и вентиляторных установок показал [5], что водоотлив имеет меньшее допустимое время перерыва в электроснабжении, а последствия затопления горных выработок более разрушительны и трудоемки в восстановлении. Следовательно, при определении времени перехода

на аварийный источник электроснабжения, необходимо ориентироваться на критическое время допустимого простоя водоотлива.

Выбор экономичных источников электроснабжения шахт при авариях в энергосистемах представляет важную народно-хозяйственную задачу как в отношении подготовки предприятий к работе в новых условиях с минимальной затратой средств, так и сохранении людей при перерывах электроснабжения потребителей «особой группы» электроприемников.

Анализ отечественных и зарубежных источников позволяет заключить, что в России и за рубежом ведутся интенсивные работы по созданию аварийных источников электроснабжения. Следует отметить, что пока еще аварийные электростанции не нашли широкого применения, в том числе и в угольной промышленности. Вместе с тем, наличие у потребителей электроприемников, по совокупности признаков попадающих под определение «особой группы», для обеспечения безопасных условий труда под землей, предполагает необходимость [6] обеспечения угольных шахт третьим аварийным источником. Наиболее приемлемыми аварийными источниками для обеспечения шахт электроэнергией при крупных авариях в энергосистемах могут быть дизель-генераторные установки, энергопоезда, энергетические установки и передвижные электростанции с газотурбинными двигателями (ГТД), пиковые электростанции, сооружаемые для группы близ расположенных шахт.

Предпочтение следует отдать тому варианту, который является наиболее экономичным и эффективным для конкретных условий, а также обеспечит минимальное время переключения с основного на аварийный источник. При выборе первичного двигателя для автономных электростанций предпочтение следует отдать газотурбинным двигателям, имеющим в сравнении с другими, следующие преимущества:

- а) возможность автоматического или дистанционного пуска за малый промежуток времени (2-3 мин) с полной загрузкой;
- б) низкая удельная стоимость сооружения и эксплуатации;
- в) возможность выполнения станций с достаточно большой единичной мощностью;
- г) малые габариты и вес станции.

Следует отметить, что при малом числе часов использования агрегата, некоторое снижение тепловой характеристики газогенераторов компенсируется более существенным снижением удельных капиталовложений.

При сооружении автономных электростанций для электроснабжения шахт при длительных авариях в энергосистеме предпочтение следует отдать локальным электростанциям на промплощадке шахты, так как отпадает необходимость сооружения линий электропередачи (ЛЭП) от групповой (пиковой) электростанции. При этом не только снижаются затраты на сооружение, но повышается надежность электроснабжения за счет отсут-

ствия линий электропередачи, которые являются наиболее аварийным звеном в системе электроснабжения.

В общем объеме затрат на сооружение электрических станций на долю генераторов приходится более 13% всех затрат. В целях сокращения затрат интерес представляет возможность использования имеющихся на шахтах высоковольтных синхронных двигателей вентиляторных установок. Суммарная установленная мощность электродвигателей, с учетом резервных, составляет более 19% от общей установленной мощности электроприемников шахты. Единичная мощность двигателей достигает 2000 кВт. Для сооружения автономной электростанции возможно использование как одного, так и обоих двигателей (рабочего и резервного). Мощность приводного ГТД при этом складывается из мощности на вращение синхронной машины в генераторном режиме и мощности на вращение вентилятора. К преимуществам данного варианта можно отнести:

- небольшие первоначальные затраты (в основном на приобретение ГТД);

- легкость автоматизации запуска и работы под нагрузкой, простота обслуживания;

- малый промежуток времени между моментом отключения электроэнергии и моментом полного набора нагрузки;

- легкость переключения синхронного двигателя в генераторный режим;

- возможность использования существующих РП, ЛЭП и КЛ для канализации электроэнергии внутри шахты;

- снижение необходимой электрической мощности автономного источника на величину мощности используемого в генераторном режиме двигателя привода вентилятора.

Другой вариант автономной электроустановки: синхронная машина (СД) с приводом от ГТД, работающая в режиме компенсации реактивной мощности при электроснабжении шахты от энергосистемы. Так как мощность, требующаяся для вращения ГТД на холостом ходу не превышает 2...2,5% от номинальной, то приводной двигатель может не отключаться от синхронной машины. В этом случае быстрдействие системы автономного питания увеличивается, так как переход в режим генерации может быть осуществлен практически мгновенно. Синхронный компенсатор отключается от сети и на выбеге производится запуск ГТД, а затем после выхода его на номинальный режим ( $t < 120$  с) переводится в генераторный режим. Источник аварийного электроснабжения готов к работе [5].

Привод системы вентилятор-синхронный двигатель от ГТД может быть осуществлен по одной из следующих схем:

- приводной ГТД размещается параллельно синхронному двигателю. Механический момент от ГТД к системе СД-вентилятор через специаль-

ный редуктор или открытую механическую передачу и муфту, которая в нормальном режиме эксплуатации отсоединяет систему от ГТД (рис. 1а);

- приводной двигатель устанавливается перпендикулярно системе СД-вентилятор. Механическая связь через конический редуктор и муфту (рис. 1б);

- ГТД на специальных стойках установлен сверху СД. Привод через редуктор и муфту (рис. 1в).

Достоинством данной установки является также возможность использования горячих газов ГТД для подогрева воздуха, подаваемого в шахту в зимний период либо прямой подачей газа в калорифер или с использованием котла-утилизатора.

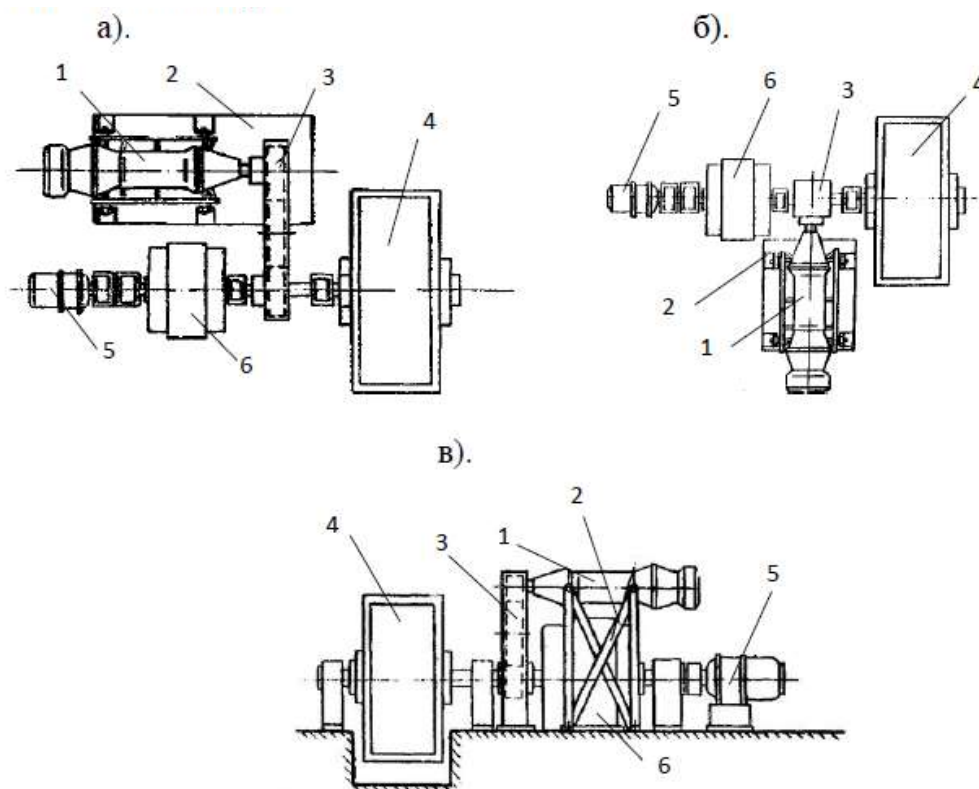


Рис 1 Схема автономного источника электроэнергии на базе СД вентиляторной установки с приводом от ГТД:

- 1 – газотурбинный двигатель;
- 2 – рама крепления ГТД;
- 3 – редуктор;
- 4 – вентилятор;
- 5 – электромашинный возбуждатель СД (при наличии);
- 6 – синхронный двигатель вентиляторной установки.

В качестве первичного топлива для работы ГТД возможно использовать газ, образующийся при газификации угля. Установки по газификации

угля были разработаны институтом теплофизики им. С. Кутателадзе СО РАН (г. Новосибирск), также Всероссийским теплотехническим институтом (г. Москва) специально для Кузнецких углей [7].

Таким образом, существуют эффективные решения, позволяющие без значительных капитальных затрат обеспечить наличие альтернативного источника электроэнергии для эффективной работы электроприемников, попадающих под определение «особой группы», и обеспечить их надежное функционирование в случаях аварийного прекращения электроснабжения шахты.

#### Список литературы:

1. Крохалев Б.Г., Челноков Н.Б. Из практики ликвидации затоплений в шахтах. «Безопасность труда в промышленности», № 7, 1972.
2. Плащанский Л.А. Основы электроснабжения горных предприятий: Учебник для вузов. – М. Издательство Московского государственного горного университета, 2005. – 499 с.: ил.
3. Линденау Н.И., Медяник С.Д. К вопросу экономической оценки последствий подземных аварий. «Безопасность труда в промышленности», № 6, 1974.
4. Восстановление угольной промышленности Донецкого бассейна. Углетехиздат, М., 1957.
5. Ефременко В.М. Исследование средств и способов аварийного электроснабжения шахт Кузбасса. Автореферат диссертации на соискание ученой степени канд. техн. наук - Кемерово, Кузбасс, политехи, ин-т – 1975, ДСП.
6. Постановление Правительства РФ от 27.12.2004 N 861 (ред. от 04.09.2015) "Об утверждении Правил недискриминационного доступа к услугам по передаче электрической энергии и оказания этих услуг, Правил недискриминационного доступа к услугам по оперативно-диспетчерскому управлению в электроэнергетике и оказания этих услуг, Правил недискриминационного доступа к услугам администратора торговой системы оптового рынка и оказания этих услуг и Правил технологического присоединения энергопринимающих устройств потребителей электрической энергии, объектов по производству электрической энергии, а также объектов электросетевого хозяйства, принадлежащих сетевым организациям и иным лицам, к электрическим сетям"
7. Кособокова Э.М., Березинец П.А., Рябов Г.А., Сучков С.И. Возможные пути использования вторичных энергоресурсов на энергоемких предприятиях для комбинированной выработки электрической и тепловой энергии с применением современных энергетических технологий. Ж-л «Промышленная энергетика», № 9, 2006 г.