

1. В настоящее время, в связи с отсутствием действующих нормативных документов определяющих предельные соотношения потребления активной и реактивной мощности по каждой точке присоединения, потребовать убытки можно только в судебном порядке, согласно положениям Гражданского процессуального кодекса Российской Федерации.

2. В договоре оказания услуг по передаче электроэнергии следует указывать предельные значения соотношения активной и реактивной мощности по каждой точке присоединения, кото-

рые потребитель будет обязан соблюдать, а также обеспечить установление органом исполнительной власти субъекта Российской Федерации тарифа на оказание услуг по компенсации реактивной мощности для потребителя.

3. Снижение потерь электрической энергии возможно за счет изменения режима работы трансформаторов: включение либо отключение одного трансформатора в режиме малых нагрузок в тех случаях, когда обеспечивается требуемый уровень надежности электроснабжения потребителей.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Порядок расчета значений соотношения потребления активной и реактивной мощности для отдельных энергопринимающих устройств (групп энергопринимающих устройств) потребителей электрической энергии, применяемых для определения обязательств сторон в договорах об оказании услуг по передаче электрической энергии (договоры энергоснабжения), утв. Приказом М-ва промышленности и энергетики Рос. Федерации №49 от 22.02.2007 г.: введ. в действие с 20.04.2007.

2. Правила определения стоимости электрической энергии (мощности), поставляемой на розничном рынке по регулируемым ценам (тарифам), оплаты отклонений фактических объемов потребления от договорных, а также возмещения расходов в связи с изменениями договорного объема потребления электрической энергии, утв. Приказом ФСТ Рос. Федерации №166-э/1 от 21.08.2007 г. (ред. от 03.07.2008 г.): введ. в действие с 21.09.2007 г.

□ Автор статьи:

Храмцов  
Роман Анатольевич  
– канд. техн. наук, ст. преп. каф.  
электроснабжения горных и про-  
мышленных предприятий КузГТУ  
khramcovra@rsk.kuzbassenergo.ru

УДК 622.621.31-213.34:622.86

**Г.И. Разгильдеев, В.М. Друй**

## **МЕТОД РАСЧЕТА ДЛИТЕЛЬНОСТИ БЕЗОПАСНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ РУДНИЧНОГО ВЗРЫВОЗАЩИЩЕННОГО ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ ДО ПРОВЕДЕНИЯ РЕВИЗИИ СРЕДСТВ ВЗРЫВОЗАЩИТЫ**

В угольных шахтах, опасных по газу и пыли, основой электрификации производственных процессов служит рудничное взрывобезопасное электрооборудование (РВЗЭО).

В соответствии с ГОСТ Р 51330.0 взрывобезопасное электрооборудование - это взрывозащищенное электрооборудование, в котором взрывозащита обеспечивается как при нормальном режиме работы, так и при признанных вероятных повреждениях, определяемых условиями эксплуатации, кроме повреждений средств взрывозащиты. Из определения этого стандарта видно, что основным условием безопасного применения РВЗЭО является безопасное состояние средств взрывозащиты (СВЗ).

Для сохранения свойств безопасности РВЗЭО в процессе эксплуатации нормативными документами (НД) предусмотрено проведение технического обслуживания в виде осмотров с регламентиро-

ванной периодичностью:

- лицами, работающими на машинах и механизмах и дежурными электрослесарями - еженедельно;

- механиком участка или его заместителем - еженедельно с занесением результатов в оперативный журнал участка;

- главным энергетиком (главным механиком) шахты или назначенным им лицом - не реже одного раза в три месяца с занесением результатов в «Книгу регистрации состояния электрооборудования и заземления»;

- специальной группой электрослесарей шахты под контролем главного энергетика (главного механика) шахты или лица, им назначенного, по графику, утвержденному техническим руководителем шахты [1].

Перед спуском в шахту электрооборудование (ЭО) должно подвергаться ревизии и проверке его

Таблица 1. Показатели надежности технологической функции (ТФ) ВЗЭО

Наименование показателей	Обозначение и вид показателей	Характеризуемые свойства
Вероятность безотказной работы	$P(t)$ единичный	безотказность
Наработка на отказ	$T_o$ , единичный	безотказность
Среднее время восстановления	$T_b$ , единичный	ремонтпригодность
Интенсивность отказов (параметр потока отказов)	$\lambda(t)$ , $[\omega(t)]$ единичные	безотказность
Вероятность простоя	$P_z$ , комплексный	работоспособность
Вероятность работоспособного состояния (коэффициент готовности)	$P_t(K_i)$ , комплексный	работоспособность

взрывобезопасности в порядке, установленном Госгортехнадзором России и отраженным в «Инструкции по осмотру и ревизии взрывозащищенного электрооборудования» [2].

Опыт и выполненные исследования, в том числе НЦ ВостНИИ и в ГУ КузГТУ, свидетельствуют о том, что действующая система осмотров не исключает эксплуатации РВЗЭО с поврежденными СВЗ, то есть в опасном для окружающей взрывоопасной среды состоянии.

Исследования, выполненные в 2006 - 2008 гг. ГУ КузГТУ на шахтах Кузбасса [3], показали, что повреждения СВЗ при эксплуатации РВЗЭО являются следствием нескольких причин, основными из которых являются:

- ошибочные или преднамеренные действия персонала при выполнении демонтажно-монтажных работ, при первичном монтаже и при переносе ЭО на новое место установки вслед за подвиганием горных работ;
- ошибочные или преднамеренные действия персонала при ремонте в случае отказов ЭО в порядке текущей эксплуатации;
- коррозия (ржавчина) на взрывозащитных поверхностях РВЗЭО из-за отсутствия антикоррозийных покрытий и низкой эффективности применяемых средств ее предотвращения.

Из числа приведенных выше периодических осмотров выявить повреждения СВЗ, вызванные ошибочными или преднамеренными действиями персонала, можно при еженедельных осмотрах механиком участка или его заместителем при условии вскрытия оболочек и кабельных вводов ЭО, которое оказалось под воздействием оперативного или оперативно-ремонтного персонала, то есть то ЭО, оболочки или кабельные вводы которого этот персонал вскрывал по разным причинам.

Если механик участка или его заместитель не смогли по разным причинам выявить поврежденные СВЗ, то ЭО будет эксплуатироваться в опасном состоянии либо до новой проверки через неделю, либо до ревизии, которую проводят либо один раз в три месяца, либо по графику.

Повреждения СВЗ в силу медленных коррозионных процессов могут быть выявлены при централизованных ревизиях РВЗЭО.

Таким образом, действующая периодичность осмотров РВЗЭО с целью проверки исправности СВЗ не привязана к воздействиям, вызванным подвижным характером горных работ и объективными процессами, приводящими к отказам ЭО, и требует корректировки. Это позволит повысить уровень его безопасной эксплуатации.

В настоящее время методов расчета периодичности проведения осмотров и ревизий РВЗЭО нет.

В [4] было показано, что РВЗЭО в отличие от ЭО общего исполнения обладает функциональной избыточностью, то есть в процессе эксплуатации оно выполняет две функции - технологическую (ТФ) и функцию безопасности (ФБ). Технологическая функция характеризуется отказными признаками, а действующие показатели надежности по ГОСТ 27.002 количественно выражают все ее свойства.

Методика их получения и применения хорошо отработана и не представляет трудностей [4].

Функция безопасности (ФБ) отказными признаками не обладает и поэтому требует для количественной оценки иного подхода.

В [4] было предложено несколько показателей функции безопасности РВЗЭО, которые в систематизированном виде приведены в табл. 2.

С помощью этих показателей можно оценить безопасные свойства любого взрывозащищенного электрооборудования или безопасность их применения.

Вероятности исправного состояния  $R_{ис}$  средств взрывозащиты (СВЗ) и опасного состояния  $R_{ос}$  для любого вида РВЗЭО могут быть получены расчетным путем, если известны вероятности повреждений СВЗ каждого вида. Определяются они путем статистической обработки результатов ревизий РВЗЭО [5].

Вероятность повреждения одного вида СВЗ при монтажных и демонтажно-монтажных работах  $P_{1m}$  также может быть получена расчетным путем.

Среднее время восстановления исправного состояния СВЗ  $T_{es}$  (среднее время ремонта) можно получить статистическим путем для каждого вида СВЗ на ремонтных предприятиях.

Таблица 2. Показатели свойств безопасности РВЗЭО

Наименование показателя	Обозначение	Характеризуемое свойство
Вероятность опасного состояния	$R_{oc}$ комплексный	Опасное для эксплуатации состояние
Вероятность исправного состояния	$R_{ис}$ комплексный	Безопасное (исправное) состояние
Вероятность повреждения СОБП (СВЗ) (вероятность нарушения БФ)	$T_{BS}$ единичный	Событие, состоящее в повреждении СОБП (нарушение БФ)
Среднее время восстановления исправного состояния СВЗ	$T_{OS}$ единичный	Ремонтопригодность РВЗЭО и СВЗ
Вероятность восстановления исправного состояния СВЗ	$G_R$ единичный	Ремонтопригодность СОБП, квалификация персонала и качество выполняемой им работы при ТО РВЗЭО
Длительность пребывания РВЗЭО с неисправным средством взрывозащиты	$T_{oc}$ единичный	Ремонтопригодность СОБП, квалификация персонала и качество выполняемой им работы при ТО РВЗЭО

\*СОБП - средство обеспечения безопасного применения РВЗЭО или СВЗ - средство взрывозащиты.

Повреждение даже одной единицы СВЗ РВЗЭО переводит его в опасное состояние. Зная вероятность повреждения каждого вида СВЗ для различного РВЗЭО, по теореме умножения вероятностей можно определить вероятность исправного и неисправного состояния вида электрооборудования в целом.

Состояние СВЗ РВЗЭО может быть оценено при экспертизе промышленной безопасности, когда требуется дать заключение о возможности продления срока безопасной эксплуатации [6]. При этом вероятностными методами может быть оценено время его безопасной эксплуатации  $T_{бэ}$ .

Для вывода аналитической зависимости  $T_{бэ}$  и его количественного определения введем следующие обозначения критериев обследования РВЗЭО:

-  $P_u$  - вероятность, что РВЗЭО (объект обследования), признанный по результатам обследования исправным, действительно исправен (не имеет поврежденных СВЗ) т.е. это вероятность правильного диагностирования исправного состояния;

-  $P_p$  - вероятность исправного состояния РВЗЭО непосредственно в процессе эксплуатации.

Тогда фактическая вероятность исправного состояния (по теореме умножения вероятностей независимых событий) равна:

Введем допущение о том, что в процессе эксплуатации повреждения СВЗ возможны, как указано ранее:

- при переносках РВЗЭО на новое место установки (производятся демонтно-монтажные работы со вскрытием взрывонепроницаемых оболочек или их частей) за счет ошибочных или преднамеренных действий ремонтного персонала;

- при восстановлении работоспособности отказавшего РВЗЭО в порядке текущей эксплуатации, когда при отказах вскрываются взрывонепроницаемые оболочки и повреждения СВЗ возможны также за счет ошибочных или преднамеренных действий персонала. Обозначив через  $\lambda_1$  и  $\lambda_2$  потоки указанных выше воздействий (потоки

повреждений СВЗ), получим вероятность исправного состояния РВЗЭО в процессе эксплуатации (при экспоненциальном законе распределения наработок на повреждение СВЗ):

$$P_p = \exp[-(\lambda_1 + \lambda_2) t] \quad (2)$$

После подстановки (2) в (1) получаем

$$P_{\phi} = P_u \exp[-(\lambda_1 + \lambda_2) t] \quad (3)$$

С помощью соотношения (3) можно получить среднее время исправной работы РВЗЭО (среднее время эксплуатации без повреждений СВЗ), то есть прогнозируемое время  $T_{бэ}$  работы без повреждений СВЗ:

$$T_{бэ} = \int_0^t P_u \cdot P_p(t) dt = \frac{P_u}{\lambda_1 + \lambda_2} [1 - e^{-(\lambda_1 + \lambda_2)t}] \quad (4)$$

где  $t$  - ожидаемое время эксплуатации объекта (РВЗЭО).

Если заключение экспертизы о безопасной эксплуатации РВЗЭО выдается сроком на три года, то  $t$  равно утроенному количеству часов в год  $3 \cdot 8760 = 26280$  час .

Статистические значения  $\lambda_1$  и  $\lambda_2$  для различного РВЗЭО приведены в [3]. Для магнитных пускателей конвейеров они равны соответственно:  $0.765 \cdot 10^{-4}$  и  $0.0765 \cdot 10^{-4}$ . Подставляя значения  $\lambda_1$  и  $\lambda_2$  в (4) при  $t = 26280$  получим  $T_{бэ} = 10600 P_u$

Метод определения вероятности исправного состояния СВЗ магнитного пускателя  $P_u$  и его расчет показаны в [5].

Значение ее равно  $R_{ис} = P_u = 0.65$  и прогнозируемое время безопасной эксплуатации магнитного пускателя составит  $T_{бэ} = 10600 \cdot 0.65 = 6890$ .

Выводы

1. При планировании осмотров РВЗЭО с целью контроля исправного состояния его СВЗ целесообразно исходить из факта действий ремонтного и оперативно-ремонтного персонала, вызванных переноской ЭО на новое место установки или ремонтом в случае отказов в порядке текущей эксплуатации.

2. Периодичность осмотров по графикам, утвержденным техническим руководителем шахты, может быть рассчитана по прилагаемой методике.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Правила безопасности в угольных шахтах (ПБ 05-618-03). Серия 05. Выпуск 11 / Кол. авт. - М.: Федеральное государственное унитарное предприятие «Научно-технический центр по безопасности в промышленности Госгортехнадзора России». 2003.-296 с.
2. Правила безопасности в угольных шахтах. Инструкции. Кн. 2 / Постановление Госгортехнадзора России от 30.12.94 г., №67. - М.: Недра, 1996. - 254 с.
3. Разработка руководящего документа, определяющего порядок освидетельствования состояния средств взрывозащиты рудничного взрывозащищенного электрооборудования и устанавливающего сроки и условия его дальнейшей безопасной эксплуатации. Отчет о НИР. Государственный контракт от 22 февраля 2007 г. № 26 - ОП-07. Научн. руковод. д-р техн. наук, профессор Г.И. Разгильдеев. - Кемерово, 2007.
4. Разгильдеев Г. И. Безопасность и надежность взрывозащищенного электрооборудования // Разгильдеев Г. И., Серов В. И. – М. : Недра, 1992- 207 с.
5. Разгильдеев Г. И., Друй В. М. Метод определения вероятности опасного состояния рудничного взрывозащищенного электрооборудования. Вестн. Кузбасского гос. тех. унив., 2008, № 4. С. 49-52.
6. Положение о порядке продления срока безопасной эксплуатации технических устройств на опасных производственных объектах (РД03-484-02). Серия оЗ. Выпуск 21 / Кол. авт. - М.: 2005. - 16 с.

□ Авторы статьи:

Разгильдеев Геннадий Иннокентьевич - докт. техн. наук, проф. каф. электроснабжения промышленных предприятий КузГТУ, тел. 3842-58-07-16	Друй Владислав Михайлович - ст. преп. каф. электроснабжения промышленных предприятий КузГТУ, тел. 3842-58-07-16
--	---

УДК 622.6 – 83

В.М. Завьялов, А.П. Носков, В.С. Городнянский, А.Н. Гаргаев

СИСТЕМА МОНИТОРИНГА ДИНАМИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ КАРЬЕРНЫХ ЭКСКАВАТОРОВ

На сегодняшний день, как на отечественных, так и на зарубежных разрезах, большинство скальных и полускальных пород разрабатываются одноковшовыми экскаваторами-мехлопатами с предварительной буровзрывной подготовкой мас-

сива к выемке.

Электрооборудование одноковшовых экскаваторов работает в сложных природно-климатических и эксплуатационных условиях. Основной особенностью рабочего режима меха-

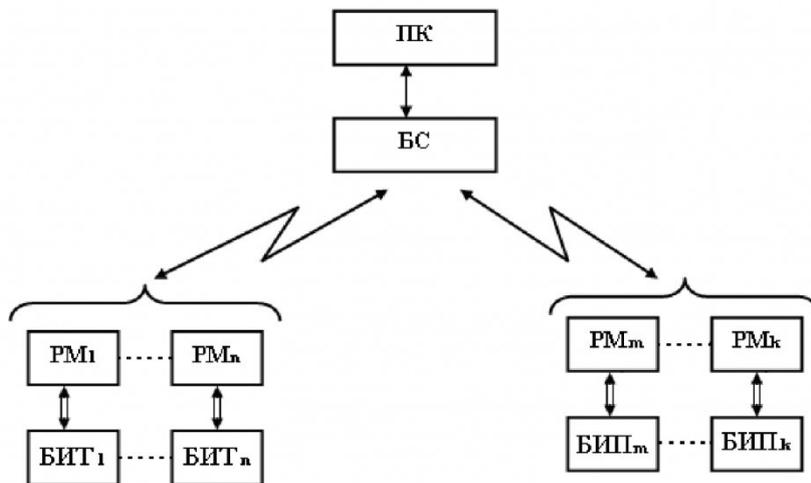


Рис. 1. Структурная схема системы мониторинга состояния электроприводов