

УДК 622:621.316.9

А.М. БРЮХАНОВ, *д-р. техн. наук, директор, МакНИИ, г. Макеевка*

## ПУТИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ РУДНИЧНОЙ КОММУТАЦИОННОЙ И ЗАЩИТНОЙ АППАРАТУРЫ

*Описано использование электрогидравлического эффекта для создания сверхбыстродействующего коммутационного защитного аппарата, обеспечивающего безопасного применения электроэнергии в шахтных кабельных сетях, различных классов напряжения.*

**Ключевые слова:** защита, безопасность, условия, уровень срабатывания, разряд.

Развитие современных шахт характеризуется ростом энерговооруженности труда, повышением единичной мощности угледобывающих машин и механизмов, резким увеличением нагрузки на забой и интенсификацией процессов угледобычи. Все это требует создания более мощных и более качественных систем электроснабжения шахт.

Следует отметить, что электрификация шахт сейчас стоит на пороге новых существенных изменений по повышению эффективности использования подземного электрооборудования. Это - повышение эксплуатационной надежности электрооборудования, улучшение параметров как всей системы электроснабжения (включая повышение напряжения и мощности короткого замыкания), так и её отдельных звеньев. В свою очередь дальнейшее повышение надежности электрооборудования зависит не только от его конструктивных изменений, но и от разработки и внедрения принципиально новой системы обслуживания и ремонта шахтного электрооборудования в подземных условиях на основе непрерывного контроля её технического состояния. Проблема технического диагностирования и безремонтного обслуживания электрооборудования приобретает особую актуальность с перспективой безлюдной выемки угля в шахтах.

С другой стороны, специфические условия применения электроэнергии в шахтах обуславливают повышенную опасность взрывов, пожаров и поражений электрическим током и требуют создания безопасных систем электроснабжения, которые определяются не только параметрами защитной и коммутационной аппаратуры, но и тесно связаны с эксплуатационной надежностью всего электрооборудования.

Целью работы является создание быстродействующей коммутационной и защитной аппаратуры, обеспечивающей в случае применения ее на шахте, опасной по газу или пыли, уровень взрывозащиты не ниже «РО».

Используя быстродействующие коммутационные, защитные и блокировочные устройства, а также увеличивая надежность электрооборудования, можно существенно повысить безопасность применения электроэнергии в шахтах, включая шахты особо опасные по внезапным выбросам. Применение быстродействующей системы защитного отключения в шахтах, разрабатывающих крутые пласты, позволяет отказаться от пневматической энергии, что резко повышает технико-экономические показатели угледобычи.

Необходимо отметить, что быстродействующая система защитного отключения является в настоящее время единственным реальным средством обеспечения взрывобезопасности силовых кабельных сетей при канализации электрической энергии практически любой мощности. Эта система открывает также принципиально новые возможности при конструировании взрывобезопасных электрических аппаратов. Так, ограничение энергии в системе электроснабжения за счет быстрого отключения поврежденного элемента позволяет уменьшить вес, а при некоторых условиях и полностью отказаться от взрывобезопасных оболочек электроаппаратуры без снижения достигнутого уровня безопасности. Уменьшение веса и габаритов электрооборудования, кроме экономии цветных и черных металлов, обеспечит удобство его транспортировки и монтажа в условиях ограниченного пространства выработок шахт.

С учетом высказанных выше положений, в предыдущие годы рядом отечественных ученых были созданы сверхбыстродействующие фидерные автоматы с полным временем срабатывания до 3 мс и быстродействующие трехфазные короткители, обеспечивающие закорачивание цепей питания защищенного объекта за 1,2 - 1,5 мс [1]. Однако работа этих устройств в шахтных электрических сетях оставалась нестабильной, а режим инициирования в сети коротких замыканий нес в себе дополнительную опасность для горного производства. Поэтому в дальнейшем продолжались попытки создания сверхбыстродействующей коммутационной и защитной электроаппаратуры, основанной на реализации новых принципов, в частности взрывных. Взрывные технологии позволили отключать аварийные элементы за микросекундный период, однако характеризовались перенапряжениями особо высокого уровня и требовали постоянного контроля во время эксплуатации в связи с наличием взрывчатых веществ, например, тротила [2].

Применение в качестве активной основы в этих устройствах медленно горящих пиротехнических составов позволило в полной мере освободиться

от второй, обозначенной выше проблемы (охраны устройства в период его эксплуатации), но получение стабильной работы коммутирующего устройства с данным активным элементом также оказалось невозможным [3].

Поэтому наиболее успешным оказался следующий виток развития рудничной коммутационной и защитной аппаратуры, связанный с созданием сверхбыстродействующего коммутационного аппарата на электрогидравлической основе, позволяющего производить отключение аварийных элементов сети за 100 мкс [4]. Разработанное устройство (рис. 1) обладает высокой технологичностью и может быть реализовано для защиты шахтных электрических сетей различного напряжения как в виде отдельного аппарата (автоматического выключателя), так и в виде магнитной станции, в совокупности с коммутационными устройствами традиционных типов (воздушные или вакуумные).

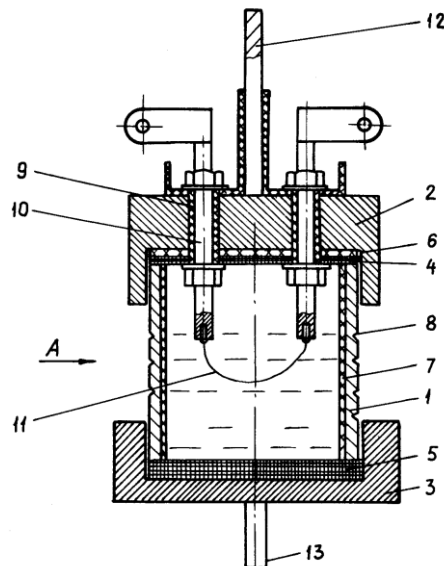


Рис. 1. Электровзрывной предохранитель, 1140 В (разрез):

1 - корпус, 2 - верхняя крышка, 3 - нижняя крышка, 4 - верхняя изоляционная прокладка, 5 - нижняя изоляционная прокладка, 6 - изоляционная прокладка, 7 - внутренний изоляционный экран, 8 - кольцевые и радиальные ослабляющие канавки, 9 - проходной изолятор, 10 - вывод, 11 - перемычка, 12, 13 - выводы силовые.

Блочная схема такой магнитной станции показана на рис. 2, где  $A_1$  и  $A_2$  - коммутационные аппараты, базирующиеся на использовании электрогидравлических быстродействующих устройств. В качестве  $A_3$  используется пускатель традиционного типа, например воздушный, применяемый непосредственно для управления нагрузками в распределительной сети. В качестве  $A_n$  могут применяться любые, в зависимости от управляемых на-

грузок участка, коммутационные или защитные устройства - электро-взрывные или воздушные (автоматические выключатели, контакторы). Создаваемая для этой цели магнитная станция, посредством расположенных под задней крышкой переключек (табл. 1) может быть легко трансформирована в зависимости от конфигурации контактной сети.

Обеспечение стабильно действующей системы безопасности в любой, достаточно сложно организованной и опасной в техническом отношении отрасли, в частности в угольной промышленности, в настоящее время, как на это указывает уже имеющийся зарубежный опыт, неразрывно связано с принципами замкнутой системной методики оценки рисков [5] при различных условиях эксплуатации, определяемых подготовкой производственного персонала, оборудования, а также состоянием окружающей среды [6].

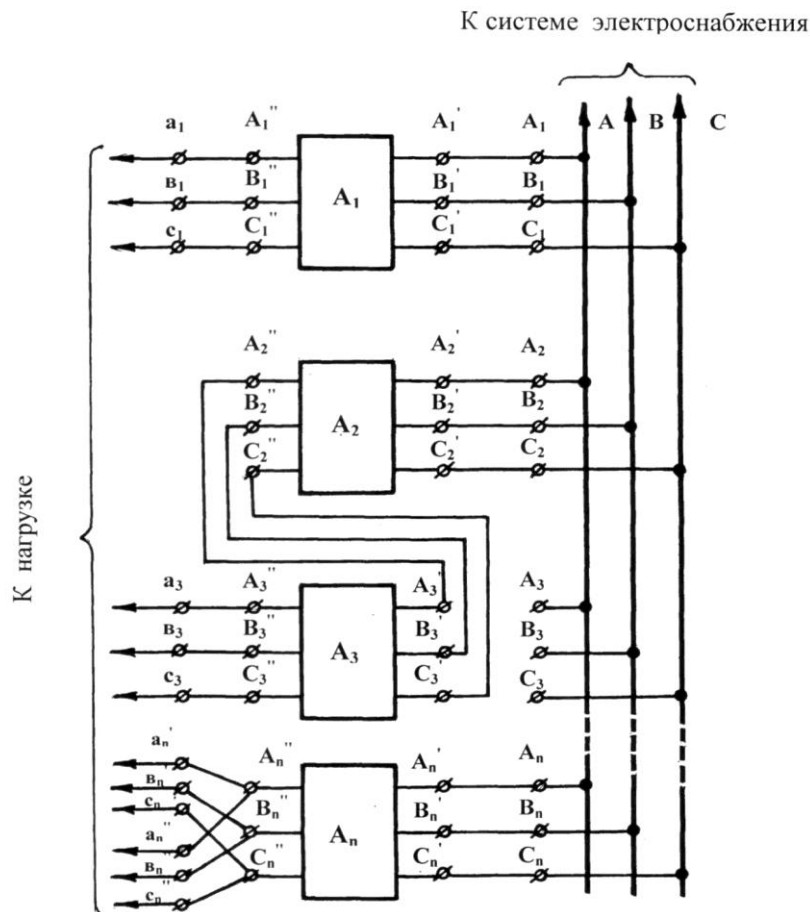


Рис. 2. Блочная схема универсальной магнитной станции

Таблица 1

Точки подключения и переключки в корпусе  
магнитной станции управления

Наименование	Аппарат	Обозначения точек и переключек в фазе:		
		<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>
Точки подключения коммутационного устройства	$A_1$	$A_1$	$B_1$	$C_1$
	$A_2$	$A_2$	$B_2$	$C_2$
	$A_3$	$A_3$	$B_3$	$C_3$
	...	...	...	...
	$A_n$	$A_n$	$B_n$	$C_n$
Точки ввода коммутационного аппарата	$A_1$	$A_1'$	$B_1'$	$C_1'$
	$A_2$	$A_2'$	$B_2'$	$C_2'$
	$A_3$	$A_3'$	$B_3'$	$C_3'$
	...	...	...	...
	$A_n$	$A_n'$	$B_n'$	$C_n'$
Точки ввода коммутационного аппарата	$A_1$	$A_1''$	$B_1''$	$C_1''$
	$A_2$	$A_2''$	$B_2''$	$C_2''$
	$A_3$	$A_3''$	$B_3''$	$C_3''$
	...	...	...	...
	$A_n$	$A_n''$	$B_n''$	$C_n''$
Точки подключения нагрузки	$A_1$	$a_1$	$B_1$	$c_1$
	$A_2$	-	-	-
	$A_3$	$a_3$	$B_3$	$c_3$
	...	...	...	...
	$A_n$	$a_n'$ $a_n''$	$B_n'$ $B_n''$	$c_n'$ $c_n''$
Переключки съемные	$A_1$	$A_1' - A_1$ $a_1 - A_1''$	$B_1' - B_1$ $B_1 - B_1''$	$C_1' - C_1$ $c_1 - C_1''$
	$A_2$	$A_2' - A_2$	$B_2' - B_2$	$C_2' - C_2$
	$A_2 - A_3$	$A_2'' - A_3$	$B_2'' - B_3$	$C_2'' - C_3$
	$A_3$	$a_3 - A_3''$	$B_3 - B_3''$	$c_3 - C_3''$
	...	...	...	...
	$A_n$	$a_n' - A_n''$ $a_n'' - A_n''$	$B_n' - B_n''$ $B_n'' - B_n''$	$c_n' - C_n''$ $c_n'' - C_n''$

Оценка риска сложных производств, в конечном счете, опирается на эргатическую систему типа «человек-машина-среда». Человеческий фактор обязательно влияет на уровень риска и его необходимо учитывать при выполнении соответствующих оценок. Сюда входят:

- взаимодействие человека с машиной;
- взаимосвязь между людьми;

- психологические аспекты;
- эргономические аспекты;
- способность к осознанию опасности в конкретной ситуации, которая зависит от образования, опыта и способностей.

Для оценки же профессиональной подготовки лиц, подвергающихся опасности, необходимо учитывать: естественные способности или приобретенные навыки к выполнению поставленных задач; осведомленность об опасности; степень доверия относительно выполнения поставленных задач без преднамеренных и непреднамеренных отклонений; побуждение к отклонению от установленной и необходимой безопасной технологии.

Образование, опыт и навыки могут влиять на уровень риска, но ни один из этих факторов не может быть основой для отказа от устранения опасности или снижения уровня риска с помощью конструктивных или защитных мероприятий, если их можно осуществить.

Занимаясь налаживанием производств и нормированием допустимых рисков, особенно применительно к угольной промышленности, необходимо учитывать, что определенные средства защиты можно вывести из строя или работать, не используя их. Необходимо также принимать во внимание возможные побудительные мотивы для этого, например, если:

- защитные мероприятия снижают производительность или препятствуют любым действиям, которым отдает предпочтение оператор;
- защитное оборудование трудно использовать;
- в процессе задействованы лица, не относящиеся к обслуживающему персоналу;
- персонал не одобряет меры безопасности или считает, что они не выполняют свою функцию.

Применение программируемых электронных систем дает дополнительные возможности для вывода их из строя или неиспользования, если доступ в программы, связанные с безопасностью не запрограммирован должным образом и этот доступ не контролируется. При определении риска нужно установить, где функции безопасности не отделены от других функций оборудования и в каком объеме возможен доступ к ним.

Вторым фактором, как это уже указывалось ранее, оказывающим непосредственное влияние на безопасность труда работников угольной промышленности, являются различные машины и механизмы, т.е. оборудование, посредством которого и осуществляется производственный процесс. Поскольку к настоящему времени труд подземного горнорабочего в значительной степени механизирован, причем доля пневмоэнергии, как энергетического источника в угольных шахтах, в том числе и опасных по газу или пыли, относительно невелика, то основным элементом, посредством которого распределяется и реализуется энергия в шахте, являются элек-

трические сети высокого и низкого напряжения, и соответственно электрооборудование различного назначения.

Следует отметить, что несмотря на такой вид энергообеспечения, с одной стороны весьма совершенного и экологически чистого, оно обладает значительной поджигающей способностью, что может в случае аварии привести к неминуемому воспламенению окружающей среды с последующим взрывом, сопровождающимся тяжелыми последствиями. Такие техногенные аварии связаны со значительными материальными потерями и угнетающе действуют на общество.

Ранее было установлено, что с учетом срабатывания максимальной токовой защиты время отключения тока короткого замыкания не должно превышать 300 мкс. Такое быстрое действие (с соответствующим коэффициентом запаса) и позволяет осуществить эксплуатацию горного электрооборудования, включая не только аппаратуру, но и кабели, фактически при уровне взрывозащиты вида «РО».

Анализируя вопросы, связанные с повышением безопасности применения электроэнергии на угольных шахтах, следует повторно коснуться такого понятия, как оценка риска, определяемого как:

Риск = вероятность  $\times$  ущерб.

Таким образом, оценка риска должна содержать следующее: идентификация опасности; определение вероятности проявления опасности; определение категории допустимости риска; определение ущерба, вызванного проявлением опасности; расчет риска; определение метода снижения риска; определение затрат на профилактику; анализ «затраты - польза».

Вероятность безотказной работы всей системы подземного электрооборудования  $P_{Б\Sigma}$  может быть определена как:

$$P_{Б\Sigma} = \prod_{n=1}^{P_n} P_{\sigma} ,$$

где  $P_{\sigma}$  - вероятность безотказной работы на 1000 часов всех типов оборудования полностью по шахте, равная  $1,674 \cdot 10^{-13}$  [7].

Из полученного выражения следует, что при допустимой для общества вероятности аварийности не более  $10^{-6}$  возможно считать, что в шахте имеются непрерывно искрящие элементы ( $P_{и} = 1$ ) и вероятность аварии в данном случае будет определяться лишь длительностью загазирования горных выработок.

Информация по длительности загазирования определялась на основании данных, которые охватывают только некоторую часть горных выработок. На основе экспертной оценки эта часть обычно не превышает 25÷33 %. Поэтому среднее, в том числе и прогнозное по региону время загазирования выработок, с учетом указанного допущения, должно быть увеличено в 3÷4 раза.

Тогда для определения вероятности события аварии, связанной с загазированием выработок, следует принять значение  $0,0089 \times (3 \div 4)$  или  $0,0267 \div 0,0356$ .

Вероятность же наибольшего ущерба принимается равной 0,0356. Тогда величина риска, равная произведению вероятности на ущерб составляет:

$$P_{\text{риск}} = 0,0356 \times 29,0 \text{ млн.} = 1,0324 \text{ млн. грн.}$$

Поскольку разработанный аппарат сверхбыстродействующего защитного отключения предназначен для исключения возможности поджигания шахтной метановоздушной среды электрическим источником, для оценки эффективности такого защитного устройства необходимо, естественно, решить изначально две задачи: определить частоту и впоследствии длительность загазирования выработок угольных шахт, опасных по газу, а также установить частоту повреждений различных элементов системы подземного электроснабжения, приводящих к возникновению в рудничной атмосфере открытой электрической дуги.

Частота и длительность загазирования шахт Донецкого региона определялись на основании данных, приведенных в «Книгах замера метана и учета загазирования», представленных ВГСЧ по Донецкой области и МакНИИ. Исходные данные и результаты предварительной обработки этих материалов, представлены в таблице 2.

Анализируя как средние значения рассматриваемых факторов, так и их прогнозные значения, можно установить, что на конец текущего года следует ожидать среднее число загазирования по шахте  $n = 471,2$  шт/год и среднее общее время загазирования  $T_{\Sigma} = 78$  час 04 мин (0,0083 о.е.).

Эти значения можно принять в качестве исходных расчетных данных, но при этом следует иметь ввиду, что на некоторых шахтах, вследствие специфичности их горно-геологических условий, объема добычи и методов организации рабочего процесса, указанные значения, уже на сегодняшний день могут достигать  $n = 2846$  шт/год (ш. Северная),  $T_{\Sigma} = 225$  час. 11 мин (0,0257 о.е. по ш. Краснолиманская).



Таблица 2

## Частота и длительность загазирования выработок шахт Донецкого региона

Шахта	Время наблюдения, $T$	Количество загазований, $n$	Общее время загазирования, $T_{\Sigma}$		Длительность загазирования		
			час, мин	приведенное, о.е.	$T_{\max}$	$T_{\min}$	$T_{\text{ср}}$
ГП Краснолиманская	01.01-31.12 2006	210	112 час.11 мин	0,0128	7 час. 20 мин	1 мин	1 час. 50 мин
	01.01-31.12 2007	169	225 час.11 мин	0,0257	92 час. 01 мин	2 мин	1 час. 20 мин
	01.01-31.12 2008	116	85 час.50 мин	0,0098	40 час	1 мин	44 мин
	01.01-30.06 2009	91	57 час.27 мин	0,0132	7 час	1 мин	38 мин
Южнодонбасская №3 ГП «ДУЭК»	01.01-31.12. 2006	7	3 час.37 мин	0,0004	38 мин	24 мин	31 мин
	01.01-31.12 2007	15	5 час.49 мин	0,0007	32 мин	4 мин	26 мин
	01.01-31.12 2008	74	35 час.10 мин	0,0040	49 мин	2 мин	12 мин
	01.01-30.06 2009	61	38 час	0,0086	1 час. 05 мин	1 мин	14 мин
Холодная Балка ГП «Макеев-уголь»	01.01-31.12. 2006	4	3 час	0,0003	1 час. 40 мин	10 мин	43 мин
	01.01-31.12 2007	8	3 час.40 мин	0,0004	3 час. 30 мин	1 мин	28 мин
	01.01-31.12 2008	9	5 час.40 мин	0,0006	54 мин	3 мин	36 мин
	01.01-30.06 2009	2	50 мин	0,0002	40 мин	10 мин	25 мин
Северная ГП «Дзержинскуголь»	01.07-31.12 2007	1537	79 час.46 мин	0,0091	1 час. 30 мин	0,5 мин	3 мин
	01.01-30.06 2008	2846	72 час.37 мин	0,0083	2 час. 56 мин	0,5 мин	1,5 мин
	01.01-30.06 2009	1552	40 час.35 мин	0,0046	4 час. 20 мин	0,5 мин	1,5 мин
Челюскинцев ГП «ДУЭК»	01.01-31.12 2007	956	21 час.07 мин	0,0024	2 час. 16 мин	0,5 мин	1,3 мин
	01.01-31.12 2008	855	14 час.41 мин	0,0017	39 мин	0,5 мин	1,0 мин
	01.01-30.06 2009	585	18 час.45 мин	0,0021	1 час. 06 мин	0,5 мин	2,0 мин
Иловайская ГП «Шахтерск-антрацит»	01.01-31.12 2007	1172	139 час.42 мин	0,0159	16 час. 50 мин	0,5 мин	3,6 мин
	01.01-31.12 2008	2736	259 час.07 мин	0,0296	8 час. 04 мин	0,5 мин	2,0 мин
	01.01-30.06 2009	1649	53 час.44 мин	0,0061	2 час. 24 мин	0,5 мин	2,3 мин
Калиновская-Восточная ГП «Макеев-уголь»	01.01-31.12 2008	253	9 час.46 мин	0,0011	1 час. 16 мин	0,5 мин	2,3 мин
	01.01-30.06 2009	1210	63 час.55 мин	0,0073	2 час. 55 мин	0,5 мин	3,1 мин
Средние значения по региону за 2006-2009	01.01-31.12 2006	74	39 час.30 мин	0,0045	3 час. 13 мин	11,7 мин	1 час. 01 мин
	01.01-31.12 2007	642	79 час.12 мин	0,0090	19 час. 26 мин	1,4 мин	24 мин
	01.01-31.12 2008	984	68 час.59 мин	0,0079	26 час. 03 мин	1,1 мин	14,1 мин
	01.01-30.06 2009	736	39 час.02 мин	0,0045	2 час. 40 мин	2,0 мин	12,3 мин
Прогнозные значения по региону на 2009 г.	01.01-31.12 2009	1472	78 час.04 мин	0,0089	-	-	-

Далее, анализируя схему подземного электроснабжения типичной, достаточно крупной шахты, например, шахты В.М. Бажанова, мы можем отметить, что здесь находятся в работе до 55 КТП различных модификаций, протяженность гибких кабелей типа КГЭШ сечением 3x50 и 3x35 в лавах составляет 5201 м, гибкие кабели стационарной прокладки имеют протяженность 3451 м и гибкий кабель для питания сверла - 140 м. Таким образом, на шахте одновременно эксплуатируется 8792 м гибкого кабеля.

Пользуясь данными, приведенными в работе [8], можно определить, что наработка на отказ (этого изделия составляет 177 час на 1000 м, причем при использовании аппаратов традиционного типа, каждое замыкание в нем с повреждением оболочки может явиться источником воспламенения окружающей взрывоопасной среды и последующей аварии с тяжелыми последствиями. Таким образом, в течение одного года гибкий кабель, работающий в лавах шахт, даже при половинной загрузке по времени ( $K_3 = 0,5$ ) дает  $8760 / 177 \times 0,5 = 24,75$  отказов на километр кабеля, каждый из которых при наличии загазирования на участке может привести к аварии с тяжелыми последствиями. При общей длине кабеля, равной 8792 м, мы имеем на шахте только по причине повреждения кабеля  $24,75 \text{ шт/км} \times 8,792 \text{ км} = 217,602$  отказа в год.

Для средних длительностей загазирования при общем приведенном времени 0,0089 на шахту, мы получаем  $0,0089 \times 217,602 = 1,94$  взрыва (поджигания среды) за год, и это в том случае, если не были нарушены правила эксплуатации всего прочего взрывобезопасного электрооборудования: закрыты крышки взрывобезопасных корпусов и исправна взрывозащита, исправна максимальная токовая защита, нормально уплотнены кабельные вводы и др.

При более тяжелых условиях эксплуатации (ш. Краснолиманская) число взрывов за год может достигать  $0,0257 \times 217,602 = 5,59$  штук. Исходя из того, что стоимость тяжелой аварии в угольной промышленности оценивается, как 1,2-29,0 млн. грн., то общие годовые затраты -  $Z_A$  на ликвидацию возникшей аварийности на достаточно крупной шахте по причине несовместимости традиционной взрывозащиты и реальной газовой обстановки на шахте, будут находиться в пределах  $1,2 \text{ млн. грн.} \times 1,94 \text{ взрыва} < Z_A < 29 \text{ млн. грн.} \times 5,59 \text{ взрывов}$ .

Таким образом,  $2,33 \text{ млн. грн.} < Z_A < 162,11 \text{ млн. грн.}$  Исходя из того, что рудничный автоматический выключатель стоит примерно 20 тыс. грн., а сверхбыстродействующее защитное устройство, выполненное на базе электрогидравлических технологий будет стоить не более 40 тыс. грн., то ежегодные дополнительные затраты при двадцатилетнем сроке эксплуатации аппарата нового поколения будут составлять:

$$Z_D = \frac{C_{Э.Г.} - C_A}{T_{СЗ}},$$

где  $C_{Э.Г.}$  - цена электрогидравлического защитного устройства;  
 $C_A$  - цена автоматического выключателя традиционного типа;  
 $T_{СЗ}$  - срок эксплуатации устройств защиты.

$$\text{Тогда } Z_D = \frac{40000 - 20000}{20} = 1000 \text{ грн./год.}$$

Далее, учитывая, что при наличии на достаточно крупной шахте до 55 подстанций, в отходящие сети которых для обеспечения безопасного применения электроэнергии, с учетом возможного загазования горных выработок, потребуются установка соответствующего количества средств сверхбыстродействующего отключения на электрогидравлической основе, дополнительные ежегодные затраты по шахте составят 55 тыс. грн. Ежегодный экономический эффект от внедрения новых сверхбыстродействующих средств защиты за счет сокращения расходов на ликвидацию последствий аварий, возникающих по причине поджога взрывоопасной среды электрическим источником до его отключения, будет находиться в пределах от 2,275 млн. грн. до 162,055 млн. грн., причем последняя цифра относится к наиболее неблагоприятной обстановке по шахте как в части срока её загазования, так характера развития аварии.

## ВЫВОДЫ

Таким образом, одним из основных путей повышения безопасности систем электроснабжения угольных шахт, опасных по газу или пыли, является повсеместное внедрение сверхбыстродействующей защитной аппаратуры с одновременным контролем уровня риска подземного производства.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шишкин Н. Ф. Некоторые вопросы электробезопасности в шахтах и взрывобезопасных помещениях / Н. Ф. Шишкин. – М.: ИГД им. А.А. Скочинского, 1960. – 96 с.
2. Корольков В. Л. Использование взрывного коммутатора для токоограничения / Т. Л. Корольков, В. А. Дацько, Г. Я. Жимкевич // Промышленная энергетика. – 1979 г. – №7. – С. 33-35.

3. А.с. № 1660523, СССР. Устройство для защиты шахтных электрических сетей от токов короткого замыкания / А. Г. Мнухин, В. П. Колосюк, А. И. Пархоменко, А. Г. Белов, Э.П. Москалев.

4. Технологии XXI века: Том I. Электрогидравлика / [Мнухин А. Г., Брюханов А. М., Иорданов И. В. и др.]. – Макеевка-Донецк: ВИК, 2012. – 432 с.

5. Хенли Э. Д. Надежность технических систем и оценка риска / Э. Д. Хенли, Х. Кумамото. - М.:Машиностроение, 1984. – 528 с.

6. Расследование и предотвращение аварий на угольных шахтах: в 3 т. / [Брюханов А.М., Бережинский В. И., Бусыгин К.К. и др.]. – Донецк: Норд-Пресс, 2004. – Т. 2. – 2004. – 635 с.

7. Певзнер Л. Д. Надежность горного электрооборудования и технологических средств шахтной автоматики / Певзнер Л. Д. – М.: Недра, 1983. – 198 с.

8. Лейбов Р. М. Надежность шахтного электрооборудования и систем электроснабжения / Р. М. Лейбов // Экспресс-информация. – М.: ЦНИЭИуголь, 1974.

Получено: 23.09.2013

*Описано використання електрогідрравлічного ефекту для створення надшвидкодійного комутаційного захисного апарату, що забезпечує безпечно використання електроенергії в шахтних кабельних мережах, різних класів напруги.*

**Ключові слова:** захист, безпека, умови, рівень спрацьовування, розряд.

*The use of electrohydraulic effect for creation of the superfast protecting switching device is described, which guarantees safe application of electrical power in mine cablings of different voltage classes.*

**Keywords:** protection, safety, conditions, action level, discharge.