© А.В. Пичуев, 2007

УДК 622.862.7.012.3

А.В. Пичуев

СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПРИЧИН АВАРИЙНЫХ ОТКЛЮЧЕНИЙ В КАРЬЕРНЫХ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЯХ АЛМАЗОДОБЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Семинар № 21

Наиболее эффективными техническими средствами, обеспечивающими высокий уровень надежной и безопасной эксплуатации электроустановок в процессе разработки месторождений полезных ископаемых открытым способом, являются: применение быстродействующих систем релейной защиты, автоматического контроля параметров изоляции электрооборудования сетей и устройств защитного заземления (включая эффективный контроль сети заземления). При этом необходимый уровень может быть достигнут только при комплексном использовании указанных выше средств, а также решении ряда организационных мероприятий, направленных на совершенствование системы управления энергохозяйством.

Цель анализа аварийных отключений заключается в том, чтобы на основании математической обработки статистических данных классифицировать причины их возникновения и установить взаимосвязь между факторами, оказывающими влияние на надежность и безопасность эксплуатации электроустановок. Анализ аварийных отключений необходим для обоснования структуры системы контроля параметров и режимов работы электротехнических установок и комплексов, определения путей совершенствования системы управления эксплуатацией, а также разработки новых средств технического обеспечения такой системы.

Для карьерных распределительных сетей напряжением 6-10 кВ характерны следующие особенности:

- широкий диапазон изменения протяженности воздушных линий, что оказывает существенное влияние на величину емкости изоляции фаз сети относительно земли на величину собственного емкостного тока линий;
- диапазон изменения установившегося тока однофазного замыкания на землю находится в пределах от 0,15 до 20 А (и выше);
- большое количество подключаемых электроприемников (экскаваторы, буровые станки, мачтовые прожекторные установки) и их частое перемещение мере продвижения фронта горных работ;
- значительная (до 2500 кВт) единичная установленная мощность двигателей приводов горных машин и тяжелые режимы работы (пиковые нагрузки в режимах экскавации и т. д.);
- подверженность электрооборудования и установок механическим воздействиям (при ведении взрывных работ, передвижке воздушных и кабельных линий, обрыве проводов ковшом экскаватора, кузовом автомобиля, стрелой крана, при переезде кабеля транс-

портными средствами, повреждении кабеля при падении руды и т. д.);

- влияние климатических факторов, приводящих к обрыву проводов, схлестыванию фаз, пробою или перекрытию изоляторов и т. д.

Питание потребителей карьера, как правило, осуществляется по магистральным линиям большой протяженности, оборудованным устройствами максимальной токовой защиты и защиты от однофазных замыканий на землю (О33) с выдержкой времени 0,5 - 0,7 сек. на срабатывание.

Распределение электроэнергии по отдельным электроустановкам осуществляется по радиальным линиям, по этому релейная защита выполняется двухступенчатой с минимальной выдержкой времени на срабатывание реле, устанавливаемых на первой ступени.

На КРП-6 кВ и РП-6 кВ установлены комплекты релейной защиты, в состав которых входят реле ЗЗП-1М (производство ЧЭАЗ). Для повышения эффективности срабатывания защиты от 033 в нейтраль силового трансформатора вводится высокоомное сопротивление. В качестве примера приведем некоторые статистические данные по аварийным отключениям в электрических сетях карьеров Удачнинского и Айхальского ГОКов в период 2001-2003 гг. (табл. 1).

В результате проведенного анализа причины аварийных отключений можно классифицировать по виду и месту возникновения аварийной ситуации следующим образом.

1. Горные машины и оборудование – запуск сетевого двигателя экскаватора ЭКГ; неисправность верхнего или нижнего кольцевого токоприемника ЭКГ; сгорание перемычки, обрыв тросовых растяжек ЭКГ; неисправность сетевого двигателя ЭКГ; неисправность двигателей насосов во-доотлива ЦНС; неисправность электродвигателей приводов конвейеров.

2. Кабельные линии (КЛ) – пробой кабельных разделок в приключательных пунктах и на вводах в ЭКГ; пробой экскаваторного кабеля при механических повреждениях и токовых перегрузках; пробой кабелей, питающих двигатели насосных станций, осветительных установок, буровых стан-ков, конвейеров.

3. Приключательные пункты, трансформаторные подстанции, распределительные устройства – при включении ЯКНО; неисправность автоматических выключателей (и их приводов) в ячейках КРУ, в шкафах ЯКНО и на вводах ЭКГ; неисправность разъединителей, предохранителей и изоляторов в комплектных распределительных подстанциях и приключательных пунктах; пожары в ЯКНО и на КТП.

4. Воздушные линии (ВЛ) – обрыв (перегорание) заземляющего, одного или нескольких фазных проводов; схлестывание проводов, ослабление натяжки проводов и тросов; обрыв воздушного ввода в ЯКНО, КТП; пробой изоляторов на опорах ВЛ; касание высоковольтного и низковольтного проводов между собой на пересечениях воздушных линий; пожар опоры; удар молнии в опору; включение ВЛ под нагрузку и отключение ВЛ в нормальных эксплуатационных режимах; касание проводов ВЛ ковшом экскаватора, стрелой крана, кузовом машины; наезд автотранспорта на опоры.

5. Прочие – несимметрия фазных напряжений; настройка (приработка) устройств релейной защиты; отказ устройств релейной защиты; снижение напряжения ниже допустимого уровня; повреждение электроустановок при ведении взрывных работ.

Таблица 1

Распределение аварийных отключений по причинам повреждений

№№	Причина отключения	Число срабатываний защиты				Итого	Итого %
		КПР-4	ПС «Фабрика»	ПС «Дальняя»	ПС «Алмаз»		
1	Отключения во время грозы	10	3	-	-	13	0.9
2	Схлестывание проводов ВЛ	39	59	9	23	130	9.2
3	Неисправность элементов ВЛ	29	19	11	8	67	4.7
4	Неисправность кабельных линий	79	56	32	1	168	11.8
5	Неисправность КТП, КРУ, КНО	10	24	12	1	47	3.3
6	Неисправность горных машин и оборудования	38	36	13	-	87	6.1
7	Пусковые режимы	27	19	9	3	58	4.1
8	Отключения при ОЗЗ на смежных линиях	121	70	1	-	192	13.5
9	Отказы в работе реле защиты	4	9	1	-	14	1
10	Повреждения линий горными машинами	26	14	4	1	45	3.2
11	Взрывные работы	19	10	-	-	29	2.1
12	Неустановленные причины	345	196	19	8	568	40.1
Число отключений		747	515	111	45	1418	100

Анализ статистических данных показал, что в процессе эксплуатации количество не выявленных причин срабатывания устройств релейной защиты составляет 40,1 %, а для КРП-4 – 46 %. Такие высокие показатели свидетельствуют о том, что оперативное установление причин отключений является сложной задачей. Это обусловлено тем, что значительное количество возникающих в электроустановках однофазных замыканий на землю является самоустраняющимися и при последующем включении линий под нагрузку вновь не возникают.

Анализ выявленных причин аварийных отключений показал следующее распределение: воздушные линии КРС – 29 %; кабельные линии – 26,5 %; горные машины и оборудование – 21,3 %; КТПН, ЯКНО -7,7 %; повреждения линий транспортными средствами – 7 %; повреждение линий при ведении взрывных работ – 3,7 %; отказы защит – 3 %: удары молнии – 1,3 %.

Наибольшее число аварийных отключений приходится на воздушные линии карьера, высоковольтные кабельные линии (59,2 %) и на горные машины и оборудование (21,3 %).

Таблица 2

Распределение срабатываний защиты от однофазных замыканий на землю по числу кратных отключений

№№	Причина отключения	Кратность отключений					Общее число отключений
		1	2	3	4	5	
1	Аварийные отключения во время грозы	8	1	1	-	-	13
2	Схлестывание проводов	77	15	5	2	-	130
3	Неисправность воздушных линий	42	6	3	-1	-	67
4	Неисправность кабельных линий	105	27	3	-	-	168
5	Неисправность КТП, ячеек КРУ, ЯКНО	31	8	-	-	-	47
6	Неисправность горных машин	37	16	6	-	-	87
7	Пусковые режимы	35	5	3	1	-	58
8	Отключения при ОЗЗ на смежных линиях	152	14	4	-	-	192
9	Отказы реле защиты	8	3	-	-	-	14
10	Повреждения линий горными машинами	37	4	-	-	-	45
11	Взрывные работы	27	1	-	-	-	29
12	Неустановленные причины	411	50	9	5	2	568
	Сумма кратностей	970	150	34	9	2	
	Число отключений	970	300	102	36	10	1418

При этом следует обратить внимание на то, что из причин аварийных отключений воздушных линий 60 % составляют схлестывания проводов, 30 % - обрывы земляного, одного или нескольких фазных проводов. 10 % - прочие неисправности опор, изоляторов и арматуры.

Из причин аварийных отключений кабельных линий 45 % приходится на пробой изоляции кабельных разделок, 53 % - на короткие замыкания в кабелях, 3 % - прочие.

Распределение причин аварийных отключений горных машин и оборудования выглядит следующим образом: 37 % - запуск сетевых двигателей экскаваторов; 13 % - неисправности систем приводов механизмов поворота и подъема; 18 % - короткие замыкания в кольцевых токоприемниках; 8 % - прочие.

Отключения при однофазных замыканиях на смежных линиях для сложноразветвленных сетей составляют до 30 %, что свидетельствует о низкой селективности защит на базе реле ЗЗП-1М, при этом более 70% таких отключений происходит на транзитных магистральных линиях, оборудованных реле, составляющих вторую ступень защиты с выдержкой времени на срабатывание.

Отказов в работе реле защиты, вызванных неисправностью самих реле, происходит не более 2 на 100 срабатываний, что находится в пределах нормы (5 отказов на 100 срабатываний).

В процессе анализа аварийных отключений были выявлены факты много-

кратных срабатываний защиты, свидетельствующие о том, что изначальные причины их возникновения не были устранены. Распределение числа таких отключений, в зависимости от причин их возникновения, приведены в табл. 2.

При этом следует отметить, что общее число отключений получается при перемножении кратности отключений на их количество и последующее суммирование.

Характерной особенностью кратных отключений является то, что они происходят с интервалами времени 2–5 минут при однофазных замыканиях в воздушных и кабельных линиях, с интервалом 5–15 минут при неселективных срабатываниях релейной защиты, с интервалом 5–30 минут при запуске электродвигателей или вследствие неисправности горных машин. При этом особо следует отметить, что до 42 % кратных отключений происходит по не выявленным причинам.

Результаты статистического анализа причин аварийных отключений показывают, что в основе их возникновения положен целый комплекс факторов: технических, технологических, организационных, природно-климати-ческих, эксплуатационных и т.д. В связи с этим необходимо проведение дальнейших исследований в области установления закономерностей развития таких ситуаций, их анализа и последующей разработки комплекса мероприятий, направленных на снижение аварийности в процессе эксплуатации электроустановок на горных предприятиях.

Коротко об авторах

Пичуев А.В. – Московский государственный горный университет.

Д И С С Е Р Т А Ц И И

ТЕКУЩАЯ ИНФОРМАЦИЯ О ЗАЩИТАХ ДИССЕРТАЦИЙ ПО ГОРНОМУ ДЕЛУ И СМЕЖНЫМ ВОПРОСАМ

Автор	*Название работы*	*Специальность*	*Ученая степень*
ИНСТИТУТ ИНЖЕНЕРНОЙ И СОЦИАЛЬНОЙ ЭКОЛОГИИ ДВГТУ			
СВЕТЛОВ Игорь Борисович	Научной обоснование развития топливно-энергетического комплекса как природно-технической системы (на примере Дальневосточного региона)	25.00.36	д.т.н.