© А.В. Пичуев, 2007

УДК 622.862.7.012.3

А.В. Пичуев

ВОССТАНОВЛЕНИЕ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ГОРНЫХ МАШИН И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ УСТАНОВОК КАРЬЕРА ПОСЛЕ СРАБАТЫВАНИЯ СИСТЕМЫ РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЫ

Семинар № 22

Для анализа надежности работы карьерных электроустановок необходимо комплексное исследование режимов их работы в специфических условиях горного производства. В основу таких исследований положены статистические данные об имевших за период эксплуатации случаев отказов в работе электрооборудования, возникновения и развития аварий, повлекших за собой срабатывание устройств релейной защиты, и других случаев, зафиксированных диспетчерскими службами карьерных подстанций и распределительных пунктов.

Данные службы, наряду с функциями оперативного управления электроснабжением, выполняют и функции контроля, но при этом у них практически отсутствует система анализа фиксируемых отказов и аварийных отключений, что в целом не дает возможности принятия оперативных решений или более полной реализации комплекса мероприятий, направленных на повышение устойчивости работы сетей и надежности работы электрооборудования.

Одним из аспектов определения показателей надежности работы электроустановок является установление законов распределения для времени восстановления электроснабжения после срабатывания устройств релейной защиты.

Для определения числовых характеристик случайных величин времени восстановления использовались данные диспетчерского учета срабатывания устройств релейной защиты в карьерных распределительных сетях напряжением 6 кВ Удачнинского и Айхальского ГОКов. При этом все зафиксированные случаи отключений фидеров были предварительно сгруппированы и проанализированы по видам срабатывания защиты (максимальная токовая МТЗ, защита от замыканий на землю ЗНЗ, комбинированное срабатывание защит МТЗ+ЗНЗ), по кратности срабатывания защит на различных ступенях, по видам повреждений электроустановок и причинам срабатывания защит и продолжительности простоя электрооборудования [1, 2].

В табл. 1. представлены основные расчетные статистические показатели, необходимые для установления законов распределения для времени восстановления по общему числу срабатывания защит при повреждениях в воздушных (ВЛ) и кабельных (КЛ) линий электропередач, на передвижных комплектных трансформаторных подстанциях (КТП) и ячейках комплектных распределительных устройств (КРУ), при повреждениях электрооборудования горных машин (ГМО), а также в случаях, когда причины срабатывания защит не выявлены (НП).

Таблица 1

Статистические показатели для установления законов распределения времени восстановления электроснабжения

Показаталь	Усл. обзн.	ВЛ	КЛ	КТП, КРУ	ГМО	НП	Средние показатели по группам
Объем выборки количества срабатываний защит	N	100	90	57	44	79	5
Математическое ожидание времени восстановления (мин)	M	26,1	38,6	34,8	25,7	23,9	29,8
Дисперсия	D	592	314	367	325	410	34
Среднеквадратическое отклонение	σ	22,3	17,7	19,2	18,11	20,3	5,9
Дисперсия несмещенная	D_0	524,9	317,6	373,2	332,1	415,3	42,8
Асимметрия	A	1,19	0,22	0,41	0,83	1,09	0,46
Эксцесс	E	0,62	-0,25	-0,51	-0,81	0,48	-1,52

Анализ статистических показателей позволяет сделать вывод о том, что для представительной выборки числа срабатываний устройств релейной защиты математическое ожидание времени восстановления электроснабжения для различных групп электроприемников лежит в пределах 23,9÷38,6 минут. Такой широкий диапазон ожидаемой средней величины времени восстановления ($t_{вп}$) обусловлен сложностью установления причин, повлекших отключение электроприемника, а также временем, необходимым для обнаружения места повреждения и устранения аварии.

Численные значения статистических показателей свидетельствуют о возможности установления законов распределения времени восстановления для отдельных групп электроприемников. При этом для кабельных линий высока вероятность описания процесса восстановления нормальным законом распределения, а для прочих электроустановок – экспоненциальным законом или частными функциями, характерными для распределения Вейбулла [4].

В результате последующего анализа были получены законы распределения и, соответствующие им функции плотности распределения времени восстановления электроснабжения потребителей карьера, представленные в табл. 2.

Приведенные функции плотности распределения времени восстановления в интегрированном виде достаточно точно вписываются в область действительных значений, описываемых в целом для электроустановок горного предприятия (ЭУ ГП) логарифмически нормальным законом.

Достоверность принятых законов распределения подтверждается в соответствии с критериями Пирсона и Колмгорова.

Сравнительный анализ результатов аналогичных исследований [3, 4], а также предварительный анализ данных по аварийным отключениям на железорудных карьерах [5], указывает на общий характер законов распределения времени восстановления электроснабжения для принятой их дифференциации по видам электроустановок на горных предприятиях вне зависимости от спе-

Таблица 2

Законы распределения и функции плотности распределения времени восстановления электроснабжения потребителей карьера

Объект отключения	Закон распределения	Функция плотности распределения	Среднее время восстанов-ления $t_{ВП.СР}$, мин.
ВЛ	Экспоненциальный	$f = 0{,}342\, e^{(-0{,}035 t_{вп})}$	30
КЛ	Нормальный	$f = 0{,}225\, e^{-\frac{(t_{вп}-38{,}6)^2}{626{,}6}}$	50
ГМО	Эрланга	$f = 0{,}055\, t_{вп} e^{(-0{,}08 t_{вп})}$	22
КТП, КРУ	Эрланга	$f = 0{,}029\, t_{вп} e^{(-0{,}05 t_{вп})}$	23
НП	Экспоненциальный	$f = 0{,}394\, e^{(-0038 t_{вп})}$	40
ЭУ ГП	Логарифмически нормальный	$f = 0{,}205\, e^{(-0{,}02 t_{вп})^2}$	30

цифики их работы. Такой вывод очень важен тем, что в этом случае продолжительность простоя оборудования может быть оценена объективными факторами, параметры которых рассчитываются по соответствующим критериям. Это в свою очередь позволяет не только обосновать нормативные показатели восстановления питания электроустановок, но и оценить эффективность проведения профилактических мероприятий по предотвращению развития аварий, качеству ведения ремонтных работ, эффективности работы диспетчерского и оперативно-техни-ческого персоналов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Щуцкий В.И., Пичуев А.В.* Управление электробезопасностью на открытых горных работах. «Электробезопасность», №.4, 1998.
2. *Пичуев А.В.* Статистический анализ причин аварийных отключений в карьерных распределительных сетях алмазодобывающих предприятий. «Горный информационно-аналитический бюллетень», №3. – М.: МГГУ, 2007.
3. *Муравьев В.П., Разгильдеев Г.И.* Надежность систем электроснабжения и электрооборудования подземных разработок шахт. – М.: Недра, 1970.
4. *Щуцкий В.И., Сидоров А.И., Ситчихин Ю.В., Бендяк Н.А.* Электробезопасность на открытых горных работах. – М.: Недра, 1996.
5. *Пичуев А.В.* Динамика аварийных отключений в карьерных распределительных сетях железорудных предприятий. Горный информационно-аналити-ческий бюллетень», №6. – М.: МГГУ, 2006. ГИАБ

Коротко об авторах

Пичуев А.В. – кандидат технических наук, доцент, Московский государственный горный университет.