

УДК 635.232

Ю. А. Масаев, В. П. Доманов

ЭЛЕКТРОДЕТОНАТОРЫ С ЭЛЕКТРОННЫМ ЗАМЕДЛЕНИЕМ (ОПЫТ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРИМЕНЕНИЯ)

Преимущества короткозамедленного взрываания при разрушении породных массивов доказаны уже давно. В нашей стране короткозамедленное взрывание впервые было применено инж. К. А. Берлинным для получения требуемого навала взорванной породы при проходке вертикальных стволов шахт. Затем его стали применять для снижения сейсмического действия, а позже – для улучшения качества дробления разрушающей горной породы. Доказано, что уменьшение интервала замедления между сериями способствует улучшению показателей взрыва. Нашей промышленностью на протяжении многих лет выпускаются электродетонаторы короткозамедленного действия с интервалами замедления через 15 и 25 мс. Были попытки перейти на изготовление ЭДКЗ с интервалом замедления через 10 мс, но практическое использование их не дало положительных результатов. Причина состояла в применении специальных замедляющих составов, точность срабатывания которых составляла примерно $\pm 10\%$ от времени замедления.

Создать равномерно горящие составы практически невозможно, поэтому разработчики и производители ограничились гарантией того, что не произойдет взаимного наложения времен срабатывания соседних серий замедления.

Качественно новое решение состояло в отказе от замедляющих составов и использовании вместо них микропроцессора (рис. 1). Это позволило создать новый класс электродетонаторов – с электронным замедлением (ЭДЭЗ), которые позволя-

ют программировать время срабатывания при минимальном шаге КЗВ 1 мс с точностью до 1 мс в диапазоне от 0 до 12 с. Кроме того, в отличие от ЭДКЗ с пиротехническим замедлением, электрический ток в ЭДЭЗ, обусловливающий срабатывание мостика накаливания и зажигание воспламеняющегося состава, формируется при разряде конденсатора, размещенного в гильзе детонатора (в обычном ЭДКЗ конденсатор располагается во взрывной машинке и подсоединен к мостику накаливания магистральной двухпроводной линией). Наличие микропроцессора даёт возможность ещё в процессе производства ЭДЭЗ присваивать каждому из них индивидуальный идентификационный номер. Благодаря этому номеру взрывник может обращаться к тому или иному детонатору независимо от остальных, включённых в линию, а в случае хищения позволяет проследить пути их миграции.

Следует отметить ещё одну немаловажную особенность. ЭДЭЗ имеет мощную встроенную защиту от блуждающих токов и бытовых источников как постоянного, так и переменного токов (батареи, аккумуляторы, сеть 220 в). Если подключить такой детонатор к розетке 220В, то он не только не взорвется, но и не выйдет из строя. Чтобы взорвать такой детонатор, необходимо подать на его вход особую, хорошо защищенную (в информационном смысле) кодовую последовательность. Такая последовательность из шумов и помех сформироваться не может. Это исключает

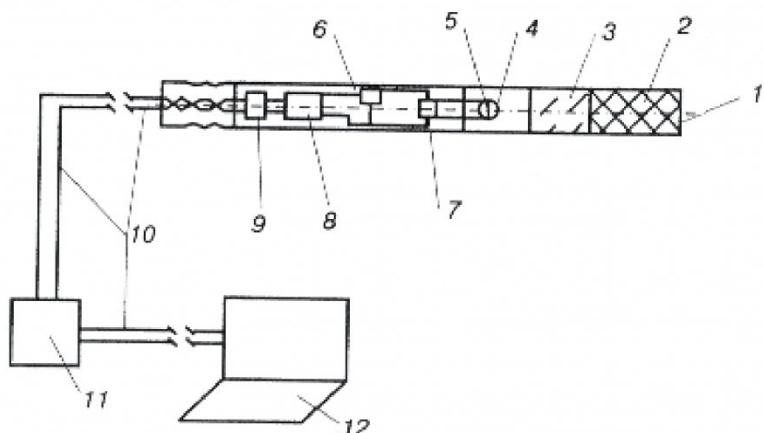


Рис. 1. Схема КЗВ с использованием ЭДЭЗ

1 – гильза, 2 – заряд бризантного ВВ, 3 – колпачок с зарядом инициирующего ВВ, 4 – воспламенительный состав, 5 – мостик накаливания, 6 – транзисторный ключ, 7 – конденсатор, 8 – микропроцессор, 9 – логическая цепь заряда и управления, 10 – двухпроводная линия связи для передачи импульсных сигналов, 11 – согласующее устройство, 12 – управляющий компьютер

возможность несанкционированного их применения.

Во время монтажа взрывной сети до 500 шт. ЭДЭЗ с помощью двухпроводной взрывной линии длиной до 3000 м могут соединяться через согласующий адаптер с портативным управляющим компьютером. Линия используется для подачи питания к ЭДЭЗ и для передачи кодированных команд детонаторам и получения ответной информации от них.

Для подготовки массового взрыва используется специальное программное обеспечение. Первое, что необходимо сделать проектировщику взрыва – составить план рабочей площадки, на которой будет производиться взрыв. На плане должны быть обозначены скважины с их номерами, границы верхней и нижней бровок. Для составления плана разработан соответствующий инструментарий, позволяющий сделать это одним из трёх способов: 1) проектировщик взрыва в рабочем окне может с помощью мышки и клавиатуры нарисовать план рабочей площадки и размещения скважин; 2) тот же план можно создать, занеся в специальную таблицу маркшейдерские крошки. В этом случае план будет нарисован автоматически. В случае необходимости проектировщик может отредактировать этот план; 3) его также можно создать, отсканировав рисунок, который обычно составляют маркшейдеры.

Составив план, с помощью программного обеспечения можно рассчитать объем выработки, линии наименьшего сопротивления, сопротивление по подошве. После составления плана проектировщик задает конструкцию заряда в скважине, указывает типы и объемы ВВ, наличие промежутков, забойки, типы боевиков, используемых детонаторов и сопутствующих материалов. Программа автоматически составит ведомость расходных материалов на весь массовый взрыв.

При получении отклика об исправности взрывной цепи в целом и каждого детонатора в отдельности проектировщик задаёт время срабатывания каждого детонатора индивидуально в соответствии со схемой взрывания, который прописывается на плане рабочей площадки в виде цифры рядом с номером скважины. Проектировщик может проверить правильность установленной последовательности времен срабатывания детонаторов с помощью мультиплексационного клипа, который симулирует процесс массового взрыва. Тем самым работа проектировщика завершена.

При работе в поле программа предоставляет взрывнику так называемый «пульт взрывника».

По завершении программирования и монтажа взрывной сети оператор-взрывник с помощью компьютера тестирует ЭДЭЗ путём запуска команды проверки, для чего взрывник должен нажать на своём пульте кнопку «Проверка». При этом проверяется готовность и соответствие времени сраба-

тывания каждого детонатора. В случае неуспешной проверки программа выдает взрывнику номер откликавшегося детонатора и указывает его положение на плане.

Успешное завершение проверки означает готовность ЭДЭЗ к срабатыванию в заданной последовательности. Получив положительный отклик, оператор даёт команду ответственному за взрыв на подачу боевого сигнала. По окончании звучания сирены он нажимает кнопку «Подрыв» на пульте взрывника.

С этого момента ЭДЭЗ переходят в режим автономного питания, отсчитывают запрограммированное время и срабатывают даже в случае разрушения взрывной сети.

В отличие от обычных детонаторов с пиротехническим замедлением, ЭДЭЗ при разлёте не дают тлеющих осколков, что делает их безопасными при применении в шахтах, опасных по газу и пыли. Особенности, присущие ЭДЭЗ, затрудняют их использование в диверсионно-террористической деятельности. Для успешного проведения теракта, кроме самих детонаторов, необходимо иметь управляющий компьютер, согласующий адаптер, специальное программное обеспечение и достаточный уровень подготовки личного состава.

Применение ЭДЭЗ возможно по двум технологическим схемам, различающимся местом их установки: вне – и внутри скважин. Началось с того, что в августе 2004 г. Госгортехнадзором России было выдано разрешение на постоянное применение ЭДЭЗ 6 (рис. 2-а) с их установкой вне скважин 5. По этой схеме предусмотрено инициирование боевиков 2 с помощью СИНВ-Ш-0 (с нулевым замедлением). Ведущую к СИНВам ударно-волновую трубку (УВТ) 4 фиксируют на земной поверхности перед устьем скважины 5. К магистральной линии 7 через клипсы-соединители параллельно подключают ЭДЭЗ 6, одновременно каждый ЭДЭЗ соединяли через блок-соединитель с УВТ СИНВ 4. С целью исключения возможного подбоя УВТ при взрыве соседних скважин, УВТ вместе с ЭДЭЗ в соединительном блоке заглубляли в устье взываемой скважины (на рис. 2-а не показано). Далее устанавливали соответствие номера ЭДЭЗ и времени замедления и выполняли прочие технологические операции, перечень которых приведен выше.

Вариант использования ЭДЭЗ в сочетании с СИНВ-Ш-0 обеспечивает точность взрывания зарядов в соответствии с заданными интервалами времени. Он позволяет реализовать встречное инициирование скважинных зарядов ВВ, не сопровождающееся частичным выгоранием колонки заряда, что имело место при обычном взрывании с использованием детонирующего шнура (давно известно, что при встречном инициировании существенно снижается сейсмическое воздействие на взываемый массив и повышается дробление породы). Од-

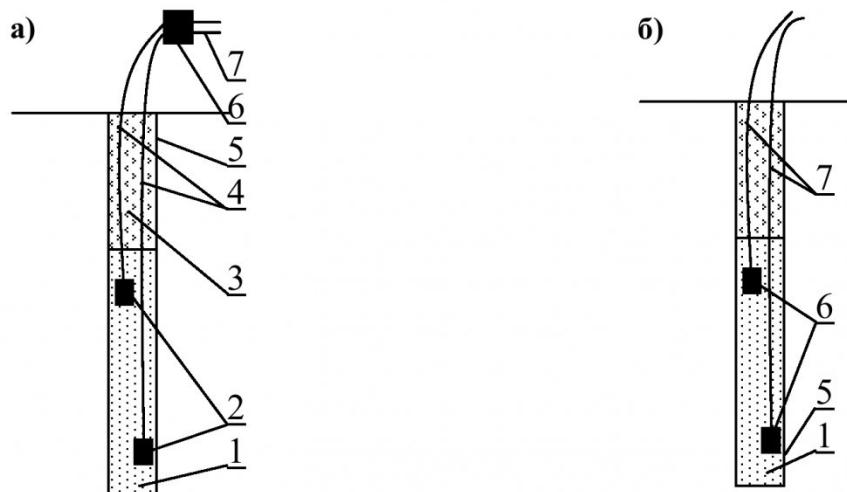


Рис. 2. Конструкция заряда с применением ЭДЭЗ: а) вне скважины; б) внутри скважины

1 – заряд BB; 2 – боевыеики (промежуточные детонаторы) из шашек ТТП-850 с установленными в них СИНВ-Ш-0; 3 – забойка; 4 – ударно-волновая трубка СИНВ (УВТ СИНВ);
5 – скважина; 6 – ЭДЭЗ и блок-соединитель; 7 – электропровод магистральной линии

нако из-за отсутствия внутристкважинного замедления остаётся риск образования отказавших зарядов.

По этой причине начиная с 2005 г. в производственных условиях ОАО «Новосибирсквзрывпром» ведутся предварительные испытания ЭДЭЗ с их размещением внутри скважин (рис. 2-б). Всего на карьерах, разрабатывающих известняки (крепость по М. М. Протодьяконову $f=10$) и гранодиориты ($f=16$) с использованием поверхностных ЭДЭЗ было произведено 5 массовых взрывов, и 2 — с применением внутристкважинных ЭДЭЗ.

Для объективного сравнения электронной и незелектрической систем взрывания (СИНВ) и выявления преимуществ и недостатков данных сис-

тем, устанавливались одинаковые интервалы замедления между скважинами в ряду (42 мс) и между рядами скважин (67 мс). Экспертная оценка показала, что качество дробления взываемых пород при использовании электронной системы взрывания заметно улучшается, а сейсмическое воздействие на охраняемые объекты понижается. Отмечено увеличение компактности развода взорванной горной массы.

Полученные результаты свидетельствуют в пользу расширения применения ЭДЭЗ с целью получения предприятиями большей прибыли за счёт улучшения качества взрывных работ. С научной точки зрения возникла необходимость в



Рис. 3. Электронный детонатор *i-kon*[™]

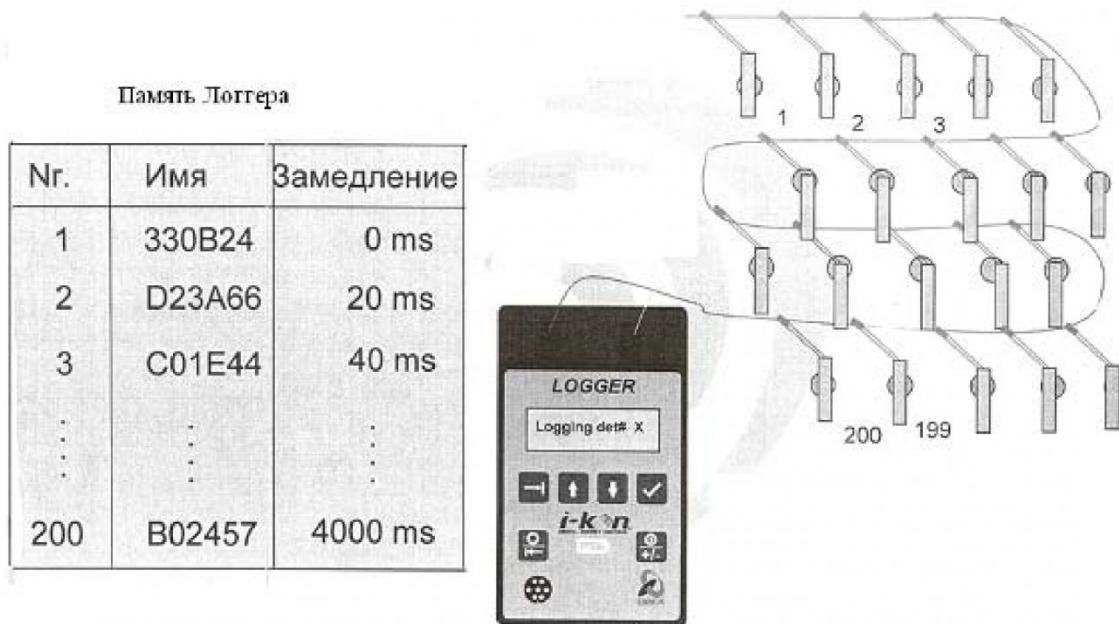


Рис. 4. Логгер и его функциональные возможности

накоплении информации для разработки методики расчёта интервалов замедления при КЗВ и снижения сейсмического воздействия на охраняемые объекты.

Разработчик электронных детонаторов ФГУП НМЗ «Искра» в комплект поставки включает: ноутбук с программным обеспечением, адаптер, соединяющий компьютер со взрывной линией, электронные детонаторы не менее 100000 штук на один комплект программно-аппаратного обеспечения, взрывной провод (по необходимости), соединительные клипсы по 2 шт. на каждый детонатор. В соответствии с такой поставкой ФГУП НПЗ «Искра» обеспечивает обучение взрывперсонала и проведение входного контроля системы практическим взрыванием, что является завершающим этапом в программе обучения.

В зарубежной практике применяется система электронного инициирования i-konTM, которая включает: i-konTM детонатор; LOGGER; BLASTER; систему дистанционного управления i-kon дистанционный бластер.

Электронный детонатор i-konTM (рис. 3) состоит из гильзы, внутри которой помещена печатная микросхема, через которую компьютерная программа задает необходимое замедление. Импульс тока через электропроводники передается на головку зажигания, сообщающей импульс детонации первичному, а затем вторичному инициирующему ВВ. Электронная схема детонатора имеет прямую и ответную связь, позволяющую осуществлять проверку функциональности. Каждый детонатор имеет свое уникальное имя и программируется в любые временные интервалы замедления до 15000 мс, время разброса может составлять ±0,01 % от запрограммированного времени, что

обеспечивает гибкость в создании проекта взрыва. Проект взрыва документирует i-потребление детонаторов. Детонатор может быть инициирован только i-konTM бластерами.

BLASTER предназначен для программирования и тестирования детонаторов через систему логгеров осуществляя самотестирование прибора и всей системы.

Детонатор имеет высокотехнологичный коннектор, соединяющий его с магистральным проводом.

Для магистральной линии могут быть использованы любые провода.

LOGGER (рис. 4) осуществляет самотестирование прибора и программы. Производит программирование до 200 детонаторов в различных модусах: авто; по нумерации; ручная; SHOTPius[®]-i. В функции LOGGЕRа входит изменение и запоминание времени замедления, величина которого зависит от модификации (имени) логгера. Тестирование отдельных детонаторов или всех соединенных в сеть детонаторов осуществляется импульсом тока в 0,05 А и одновременно производится контроль за утечкой тока. Логгер предназначен для введения и передачи проекта взрыва, при этом детонаторы программируются только в связке с Бластером.

Бластер снабжен специальным контрольным ключом, исключающим пользование им посторонним лицом. Взрывная сеть монтируется в следующем порядке. Проводники электронных детонаторов, выходящие из шпуров через коннекторы подсоединяют к магистральным проводам. Магистральные провода затем подсоединяют к соответствующим Логгерам, а Логгеры, соответственно, подсоединяются к магистральным проводам, идущим от Бластера (рис. 5).

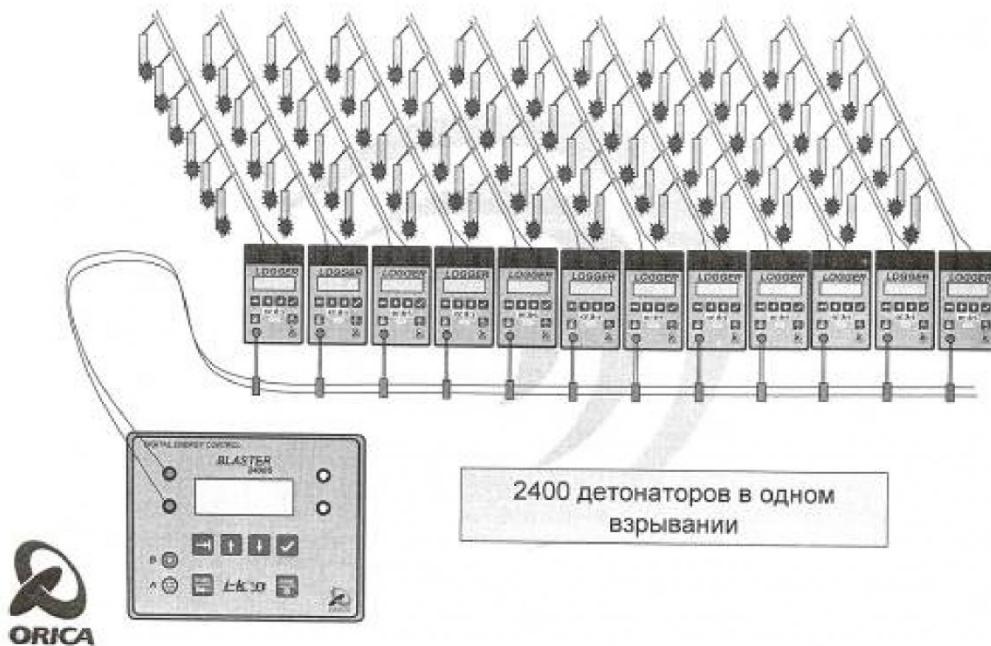


Рис. 5. Схема монтажа взрывной сети с использованием Логгеров и Бластера

Бластер осуществляет нахождение и взрывание детонаторов через подсоединеные Логгеры, одновременно может контролироваться от 2 до 12 Логгеров, позволяющих произвести одновременное инициирование до 2400 детонаторов. Через Бластер выдаются распечатки ошибок монтажа взрывной сети и распечатка данных после взрываия.

По утверждению авторов, применение данной системы взрывания обеспечивает улучшение качества дробления горной массы при взрывании большого числа шпуровых или скважинных зарядов ВВ, обеспечивает качественное оконтуривание и позволяет контролировать сейсмическое действие взрыва.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Масаев, Ю. А. Новые средства инициирования промышленных зарядов ВВ / Ю. А. Масаев, В. А. Карасев, В. В. Саяпин. / VIII Международная научно-практическая конференция. Безопасность жизнедеятельности предприятий в промышленно-развитых регионах. Т. 1. Материалы конференции. Кемерово, 2009. – с. 173–175.

□ Авторы статьи:

Масаев
Юрий Алексеевич
- канд. техн. наук, проф. каф. строительства подземных сооружений и шахт КузГТУ.
Тел. 384-2-39-63-78.

Доманов
Виктор Петрович
- канд. техн. наук, зав. лаб.
НЦ ВостНИИ,
тел. 64-25-85.

УДК 621.316.016.25

В.М. Ефременко, Р.В. Беляевский

О РАСЧЕТНЫХ СТОИМОСТНЫХ ПОКАЗАТЕЛЯХ СТАТИЧЕСКИХ ТИРИСТОРНЫХ КОМПЕНСАТОРОВ

Увеличение количества и повышение установленной мощности приемников электроэнергии с нелинейным характером нагрузки сделали несинусоидальные режимы характерной и неотъемлемой чертой современных систем электроснабжения. К таким электроприемникам относятся вентильные преобразователи, дуговые сталеплавиль-

ные печи, тиристорные приводы прокатных станов и др. Помимо того, что указанные электроприемники являются источниками высших гармоник в сети, они также относятся к числу крупных потребителей реактивной мощности, на долю которых приходится около 20 % реактивной мощности, потребляемой в промышленных электрических