

Ograniczona precyzja zapalników nieelektrycznych a projektowanie robót strzałowych w odkrywkowych zakładach górniczych

Limited precision of non-electric detonators and the designing of blasting works on quarries

Sebastian Prędko

ORICA Poland Sp. z o.o., ul. Kielbaśnicza 24, 50-110 Wrocław, PL

***Streszczenie:** W artykule przedstawiono podstawowe ograniczenia konstrukcyjne zapalników nieelektrycznych, ze szczególnym uwzględnieniem limitowanej precyzji projektowanych opóźnień milisekundowych. Ograniczenia te nie zawsze są uwzględniane w trakcie projektowania robót strzałowych, co może skutkować brakiem rzeczywistej kontroli nad prawidłowością ich wykonania. Sposobem na przeciwdziałanie tak zdefiniowanej problematyce wykonywania robót strzałowych może być zastosowanie elektronicznych systemów inicjacji, produkowanych m.in. przez firmę ORICA, światowego lidera w dziedzinie materiałów wybuchowych. Dla robót strzałowych prowadzonych w odkrywkowych zakładach górniczych firma ORICA rekomenduje stosowanie trzech systemów inicjacji, ze szczególnym uwzględnieniem produktu flagowego, w postaci systemu i-kon.*

***Słowa kluczowe:** zapalniki nieelektryczne, zapalniki elektroniczne.*

***Keywords:** non-electric detonators, electronic detonators.*

1. Wprowadzenie

Zastosowanie środków strzałowych w górnictwie obejmuje szereg zagadnień, związanych zarówno z wykorzystaniem środków inicjujących, jak i materiałów wybuchowych (MW) o określonych parametrach, których użycie ma na celu bezpieczne oraz technologicznie i ekonomicznie uzasadnione urabianie złóż. Postęp w dziedzinie produkcji i używania środków strzałowych jest efektem okresowo zmieniających się - czyli de facto rosnących - wymagań w zakresie efektywnego odpalania ładunków MW z wykorzystaniem środków inicjujących. Obecnie w Polsce można mówić o trzecim już etapie wdrażania nowoczesnych środków strzałowych w górnictwie. Pierwsze dwa etapy, wzajemnie się przenikające, związane były z zastosowaniem nieelektrycznych systemów inicjacji oraz MW luzem, przede wszystkim emulsyjnych, sporządzanych w miejscu wykonywania robót strzałowych. Zarówno pierwsza, jak i druga grupa tych środków bardzo szybko zyskała pozytywną opinię użytkowników, dzięki czemu masowe strzelania w polskim górnictwie prowadzone są dzisiaj głównie pod znakiem mechanicznego ładunku i nieelektrycznej inicjacji MW.

Systemy nieelektryczne stosowane są na świecie od pierwszej połowy lat 70-tych ubiegłego wieku i stały się przyczynkiem do poprawy nie tylko bezpieczeństwa, ale także szeroko pojętej efektywności urabiania złóż. Lata doświadczeń i miliony przestrelonych zapalników nieelektrycznych z jednej strony potwierdziły ich wyższość nad zapalnikami elektrycznymi, z drugiej jednak strony uwypukliły ewidentne techniczne ograniczenia, które siłą rzeczy charakteryzują wszystkie zapalniki pirotechniczne, zarówno elektryczne, jak i nieelektryczne. Ograniczenia te wynikają bezpośrednio z konstrukcji oraz idei działania zapalników pirotechnicznych i mogą być zniwelowane tylko i wyłącznie dzięki zastosowaniu środków strzałowych z grupy systemów elektronicznej inicjacji MW. Systemy te stanowią obecnie trzeci etap wdrażania nowoczesnych środków strzałowych w polskim górnictwie odkrywkowym.

2. Ograniczenia konstrukcyjne zapalników nieelektrycznych

Wdrożenie zapalników nieelektrycznych było bez wątpienia przeskokiem technologicznym w dziedzinie projektowania robót strzałowych. Porównanie zapalnika elektrycznego z zapalnikiem nieelektrycznym nie pozostawało bowiem złudzeń, co do możliwości poprawy efektywności robót wiertniczo-strzałowych, głównie za sprawą szerokiej gamy opóźnień milisekundowych, innym – niż w systemach elektrycznych – sposobem przenoszenia impulsu od zapalarki do zapalnika a także poprawy stopnia bezpieczeństwa ich używania (poprzez eliminację zagrożeń od prądów błądzących czy elektryczności statycznej). Są to zalety niepodważalne, dzięki którym systemy nieelektryczne to podstawowe środki strzałowe, od których inżynierowie strzałowi rozpoczynają obecnie projektowanie robót strzałowych.

Systemy nieelektryczne to jednak nie tylko szeroko rozumiana poprawa efektywności i bezpieczeństwa prowadzenia robót wiertniczo-strzałowych. To także ograniczenia, których należy być w pełni świadomym, aby – nieco przekornie mówiąc - w pełni wykorzystać oferowane zalety zapalników nieelektrycznych. Do podstawowych ograniczeń zaliczyć należy: brak kontroli nad prawidłowością działania systemu jako całości oraz ograniczoną precyzję zapalników.

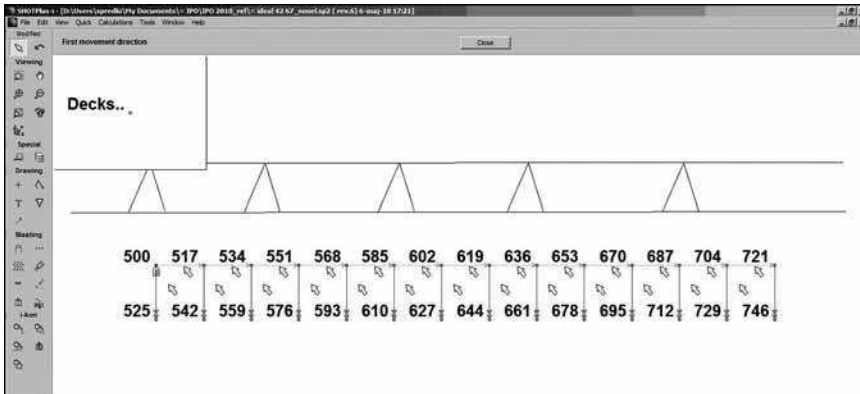
Oparcie konstrukcji systemu nieelektrycznego na przeniesieniu impulsu za pomocą nasyconej w rurce detonującej odpowiednio skomponowanej mieszanki wybuchowej, nie pozwala na jakąkolwiek kontrolę prawidłowości działania systemu, którą rozumieć tu należy jako pewność przenoszenia impulsu. Osoba wykonująca roboty strzałowe jest bowiem w stanie sprawdzić jedynie wizualnie oraz manualnie poprawność wykonania sieci strzałowej, natomiast jakość stosowanych zapalników oraz ciągłość ścieżki MW w rurce detonującej są tak naprawdę nieznanne aż do chwili odpalenia serii otworów strzałowych. Dlatego, pomimo prowadzonej i stojącej na bardzo wysokim poziomie kontroli jakości produkcji, należy zawsze uwzględniać możliwość powstania potencjalnych niewypałów, którym przeciwdziałać można np. poprzez stosowanie dwóch nabojuw udarowych w pojedynczym członie ładunku MW.

Równie niepożądanym zjawiskiem jest możliwość niekontrolowanego, samoistnego przeprojektowania siatki strzałowej na skutek istnienia ograniczonej precyzji zapalników nieelektrycznych. Są to bowiem zapalniki pirotechniczne, w których wykorzystuje się substancje o określonym czasie spalania, dzięki czemu – stosując ścieżkę o odpowiedniej recepturze i długości – teoretycznie uzyskuje się zakładane czasy opóźnień. Precyzja tak produkowanych zapalników szacowana jest na poziomie $\pm 1\%$. W praktyce – na skutek np. zbyt długiego okresu składowania lub działania innych niekorzystnych czynników zewnętrznych – zaburzenie precyzji może wynieść nawet $\pm 5\%$. Fakt ten, w przypadku jego zaistnienia, może nieść ze sobą poważne zagrożenia dla bezpieczeństwa oraz efektywności robót strzałowych w szczególności tam, gdzie prowadzi się strzelania wieloszeregowe. O ile 5-cio procentowe zaburzenie precyzji może mieć jedynie charakter marginalny, o tyle precyzja $\pm 1\%$ jest traktowana jako standard, stąd nie może być pomijana już na etapie projektowania robót strzałowych.

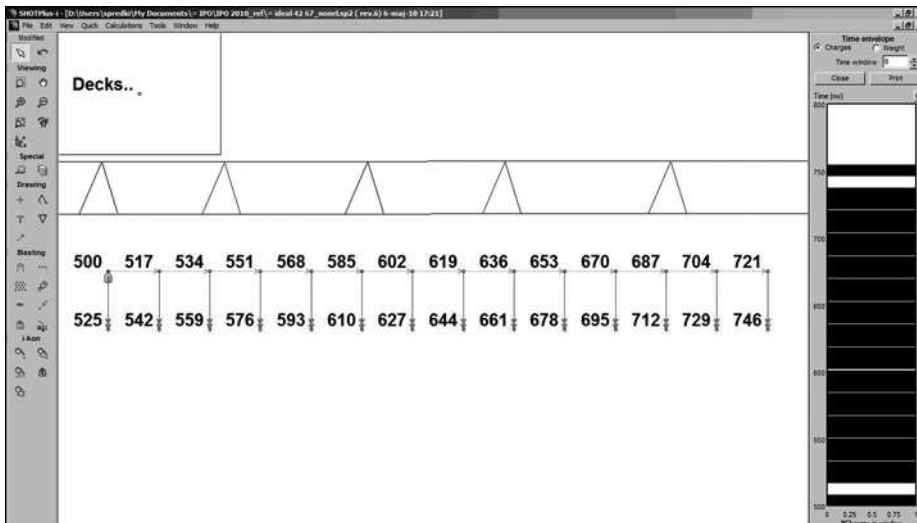
3. Strzelania wieloszeregowe

Projektowanie strzelań wieloszeregowych nie jest rzeczą łatwą i wymaga od inżyniera strzałowego nie tylko wiedzy teoretycznej, ale przede wszystkim doświadczenia i przysłowiowego „nosa”. Fakt ten nabiera szczególnego znaczenia w przypadku strzelań wieloszeregowych z włodem środkowym, nie wspominając o coraz częściej stosowanej konstrukcji tzw. ładunku dzielonego. Stosując system nieelektryczny częstokroć trzeba wręcz uciekać się do swoistego rodzaju wybiegów polegających np. na stosowaniu dwóch konektorów powierzchniowych przypisanych do pojedynczego otworu strzałowego czy stosowania różno- lub jednoimiennych zapalników w poszczególnych częściach otworu podłączonych do jednego lub dwóch konektorów powierzchniowych. Istnieją także inne metody nadrobienia braku pośrednich czasów opóźnień zarówno w przypadku zapalników wewnątrzotworowych, jak i powierzchniowych, niemniej jednak działania te zawsze mają na celu zaprojektowanie takiej siatki strzałowej, która spełnia wymogi niepisanej, ale funkcjonującej w świadomości inżynierów strzałowych „reguły 8 ms”. Polega ona na odpalaniu poszczególnych ładunków w interwale nie mniejszym niż wspomniane 8 ms. Ograniczona do $\pm 1\%$ precyzja zapalników

nielektrycznych tego zadania w żadnym wypadku nie ułatwia. Jej istnienie oznacza bowiem możliwość nie tylko nakładania się opóźnień, ale również niekontrolowanego, samoistnego przeprojektowania się siatki strzałowej. Na rys. 1 przedstawiono przykładowy schemat sieci strzałowej z zachowaniem reguły „8 ms”, opartej na nielektrycznych zapalnikach typu Nonel Unidet wraz z planowanym kierunkiem przemieszczania mas skalnych, zamieszczonym na rys. 2.

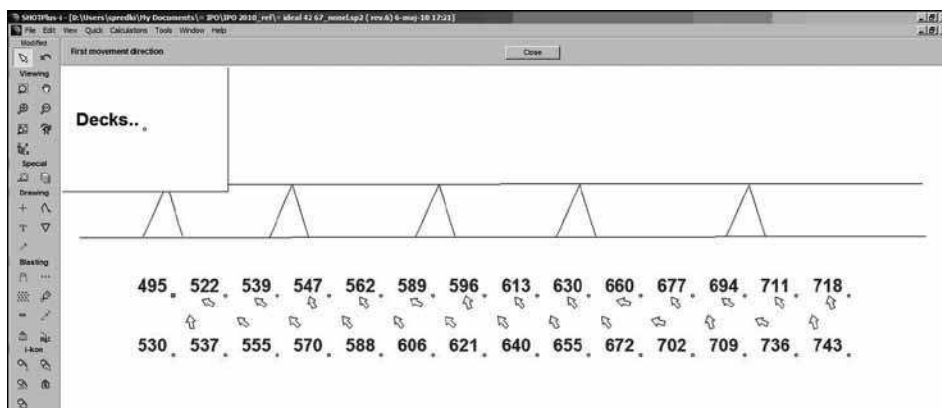


Rys. 1. Schemat opóźnień z zachowaniem reguły 8 ms (kierunek przemieszczania mas).

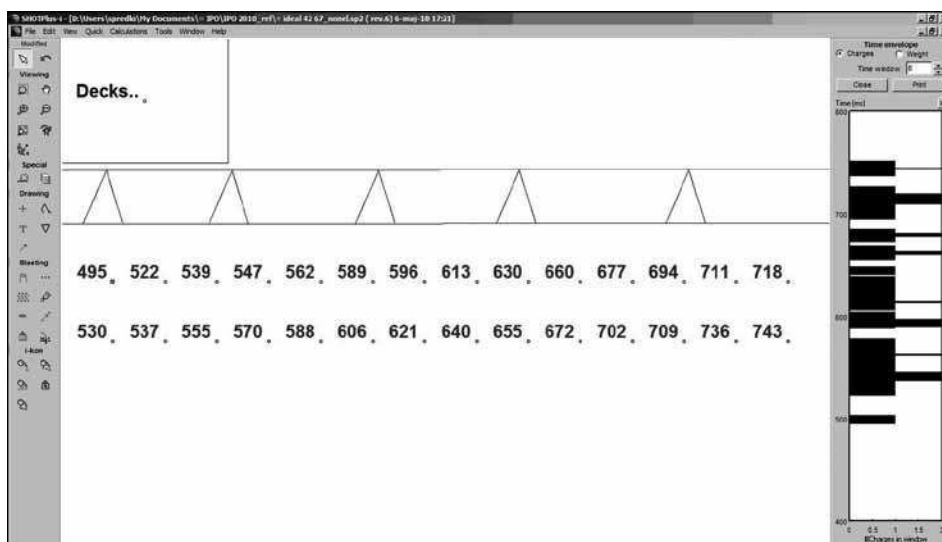


Rys. 2. Koperta czasowa dla schematu przedstawionego na rys. 1.

Dla porównania na rys. 2 i rys. 3 przedstawiono jeden z potencjalnych scenariuszy samoistnie przeprojektowanej sieci strzałowej oraz bezpośredni wpływ zaistnienia tegoż faktu zarówno na „regułę 8 ms”, jak i kierunkowość przemieszczania mas, bazując tylko i wyłącznie na 1% odchyleniu precyzji pojedynczego zapalnika od jego nominalnego czasu odpalania. W tab. 1 zestawiono natomiast rzeczywiste czasy opóźnień w odniesieniu do wartości projektowanych.



Rys. 3. Schemat opóźnień z zachowaniem reguły 8 ms (kierunek przemieszczania mas).



Rys. 4. Koperta czasowa dla schematu przedstawionego na rys. 3.

Przedstawione schematy dotyczą tylko i wyłącznie standardowego, niejako opuszczającego linię produkcyjną, zapalnika. Rzeczywista precyzja zapalników pirotechnicznych na skutek różnych czynników, w tym zbyt długiego czasu składowania może jednak sięgać nawet $\pm(3 \div 5)\%$. Oznacza to, że w skrajnych przypadkach może wręcz dojść do tak dalece posuniętego przeprojektowania sieci strzałowej, iż bardzo prawdopodobnym staje się scenariusz odpalenia wybranych otworów szeregu drugiego przed otworami szeregu pierwszego na danym odcinku ściany (czy szeregu trzeciego przed szeregiem drugim itd.).

Przytoczone tu niedoskonałości systemu nieelektrycznego przy strzelaniu wieloszeregowym, ale nie tylko, w pełni niwelują systemy elektroniczne, w szczególności system elektroniczny typu i-kon produkcji firmy ORICA, którego precyzja gwarantuje poprawność odpalania pojedynczych ładunków w zaprojektowanych czasach. Dodatkowo, system ten znacząco poszerza zakres możliwości doboru opóźnień milisekundowych, dzięki programowalności pojedynczego zapalnika w interwale 1 ms oraz umożliwia kontrolę nad prawidłowością działania poszczególnych elementów systemu, a to za sprawą pełnej komunikacji dwukierunkowej pomiędzy zapalnikiem elektronicznym a urządzeniami peryferyjnymi wykorzystywanymi w robotach strzałowych z użyciem systemu i-kon. Nie jest to jednak jedyny system firmy ORICA, który z powodzeniem może być wykorzystany przy projektowaniu robót strzałowych w zakładach odkrywkowych. Firma rekomenduje stosowanie trzech systemów z grupy EBS (*electronic blasting systems*), które opisano w dalszej części artykułu.

Tab. 1. Potencjalny scenariusz wpływu precyzji zapalnika na sekwencję odpalania.

Opóźnienie projektowane	Sekwencja projektowana	Opóźnienie wtórne	Sekwencja wtórna	Odchylenie czasu
500	---	495	---	1.0%
517	17	522	27	-1.0%
525	8	530	8	-1.0%
534	9	537	6	-0.5%
542	8	539	3	0.5%
551	9	547	7	0.8%
559	8	555	8	0.8%
568	9	562	8	1.0%
576	8	570	8	1.0%
585	9	588	17	-0.4%
593	8	589	2	0.6%
602	9	596	7	1.0%
610	8	606	10	0.6%
619	9	613	7	1.0%
627	8	621	8	0.9%
636	9	630	8	1.0%
644	8	640	11	0.6%
653	9	655	14	-0.3%
661	8	660	5	0.2%
670	9	672	12	-0.3%
678	8	677	5	0.2%
687	9	694	17	-1.0%
695	8	702	8	-1.0%
704	9	709	7	-0.7%
712	8	711	2	0.1%
721	9	718	7	0.4%
729	8	736	18	-1.0%
746	17	743	7	0.3%

4. System i-kon

System i-kon jest obecnie flagowym produktem firmy ORICA. Opiera się on na trzech podstawowych elementach, którymi są: zapalnik i-kon, urządzenie logujące Logger i zapalarka Blaster. Sercem systemu jest w pełni programowalny zapalnik (rys. 5.a), któremu można nadawać opóźnienia w zakresie ($0 \div 15000$) ms, w interwale 1 ms. Cechą charakterystyczną zapalnika elektronicznego jest nieosiągalna w zapalnikach pirotechnicznych dokładność, która w zakresie opóźnień od ($0 \div 500$) ms zawiera się w przedziale $\pm 0,05$ ms, natomiast w przedziale powyżej 500 ms dokładność ta określana jest na poziomie $\pm 0,01\%$.



a)



b)



c)

Rys. 5. Elementy systemu i-kon (opis w tekście).

Zapalnik elektroniczny typu i-kon posiada unikalny kod identyfikacyjny, który jest rozpoznawany przez urządzenie logujące Logger (rys. 5.b). Urządzenie to umożliwia edycję (logowanie) zapalnika, przechowywanie w pamięci przypisanego danemu zapalnikowi opóźnienia oraz – w miarę potrzeb – swobodną jego reedycję. Logger sam w sobie nie posiada wbudowanej funkcji uzbrajania zapalnika, czy jego odpalania. Jest jedynie pośrednikiem w tej operacji, za którą odpowiada zapalarka typu Blaster (rys. 5.c). Odpalenie zapalnika elektronicznego typu i-kon jest możliwe tylko i wyłącznie dzięki dostarczeniu do zapalnika odpowiednio wygenerowanego sygnału cyfrowego (tzw. kodu aktywacyjnego) i prądu odpalającego.

Oba urządzenia, zarówno Logger, jak i Blaster, posiadają funkcję stałego monitorowania obwodu, w celu zapewnienia bezpiecznych i efektywnych warunków odpalania. Najprostsza wersja zapalarki (Blaster 400) umożliwia odpalenie do 400 zapalników, przyłączonych do dwóch Loggerów, gdzie każdym z Loggerów można załogować do 200 zapalników. Najbardziej rozbudowana wersja systemu umożliwia z kolei odpalenie 2400 zapalników. Nie jest to jednak wszystko na co stać system i-kon, gdyż łącząc równolegle dwie zapalarki Blaster 2400 można odpalić nawet do 4800 zapalników.

System i-kon, z uwagi na zastosowane zabezpieczenia, precyzję uzyskiwanych opóźnień oraz możliwość programowania zapalników w interwale co 1 ms, jest obecnie nie tylko najbardziej zaawansowanym na rynku, ale i najprostszym w obsłudze systemem inicjacji z grupy EBS. Sporządzanie sieci strzałowej odbywa się bowiem za pomocą tzw. przewodu obwodowego, do którego wpina się konektory zapalników, łącząc je zarówno w otworze, jak i pomiędzy otworami równolegle. Pomiędzy Loggerem a zapalnikami w sieci strzałowej rozciąga się tylko jeden przewód obwodowy, dzięki czemu siatka strzałowa jest naprawdę przejrzysta. Można uznać, że użytkownik jest wręcz prowadzony - jak po sznurku - od otworu do otworu. Obsługując Logger, może wykonać tylko jedną operację w jednym czasie, dzięki czemu nie ma możliwości popełnienia jakiegokolwiek błędu, np. poprzez pominięcie jakkolwiek operacji.

Celem maksymalnego uproszczenia projektowania robót strzałowych z wykorzystaniem systemu i-kon, producent niejako w pakiecie oferuje użytkownikowi możliwość wykorzystania oprogramowania wspomagającego z rodziny ShotPlus-i. Z jego pomocą inżynier strzałowy ma możliwość prostego i szybkiego projektowania całości robót strzałowych, począwszy od rozmieszczenia otworów strzałowych, poprzez określenie konstrukcji ładunku w otworze, przypisanie opóźnień milisekundowych, symulację odstrzału aż po pełną dokumentację robót strzałowych. Dodatkowo, wychodząc naprzeciw potrzebie projektowania bardzo skomplikowanych sieci strzałowych z wykorzystaniem zapalników i-kon, producent uczynił urządzenie Logger kompatybilnym z oprogramowaniem ShotPlus-i. Dzięki temu inżynier strzałowy ma możliwość swobodnego zaprojektowania sieci strzałowej jeszcze w biurze, a następnie szybkiego przesłania danych do Loggera. W trakcie sporządzania sieci strzałowej opóźnienia przypisywane są zapalnikom automatycznie, bez możliwości popełnienia prostego błędu (rys. 6).



Rys. 6. Transfer danych do (z) Loggera.

5. System i-kon VS

Wprowadzenie bardzo precyzyjnych zapalników elektronicznych typu i-kon, pozwalających na dobór opóźnień międzystrzałowych w interwale 1 ms, spowodowało rewolucję w sposobie projektowania i wykonywania

robót strzałowych. Niemniej jednak okazało się, że w określonej ilości przypadków możliwość stosowania tak krótkich, jednostkowych interwałów na poziomie 1 ms, 2 ms czy nawet 3 ms nie jest wykorzystywane. Firma ORICA, wsłuchując się w głosy klientów, a przede wszystkim wychodząc naprzeciw ich oczekiwaniom, wprowadziła na rynek modyfikację systemu o nazwie i-kon VS.

System i-kon VS w założeniach nie różni się niczym od swego bardziej zaawansowanego poprzednika. Użytkownik otrzymuje do ręki zapalnik o identycznej precyzji i zakresie programowania. Jedyną różnicą polega na ograniczeniu dostępnych interwałów do dwóch podstawowych wartości: 4 ms i 5 ms. Doświadczenia i obliczenia teoretyczne wykazały bowiem, że w przypadku rezygnacji z interwałów 1 ms (czyli rezygnacji ze standardowego systemu i-kon), to właśnie interwały 4 ms i 5 ms gwarantują łatwe i efektywne projektowanie robót strzałowych przy jednoczesnym uzyskaniu wymaganej sekwencji opóźnień międzysrzalowych.

Urządzenie do logowania zapalników typu VS, czyli Logger VS, ma identyczną zasadę działania jak standardowy Logger. Celem ułatwienia identyfikacji, do którego z systemów należy dane urządzenie logujące typu Logger, producent zróżnicował kolorystykę obudowy, która w przypadku Loggera VS ma barwę żółtą (rys. 7.a). Podobnie postąpiono w przypadku samych zapalników typu VS, których przewody - w odróżnieniu od standardowych zapalników i-kon koloru żółtego – mają z kolei kolor czerwony (rys. 7.b). Elementem systemu i-kon VS, który zamiennie może być stosowany zarówno w przypadku jednego, jak i drugiego systemu jest natomiast zapalarka Blaster (rys. 5.c).



a)



b)

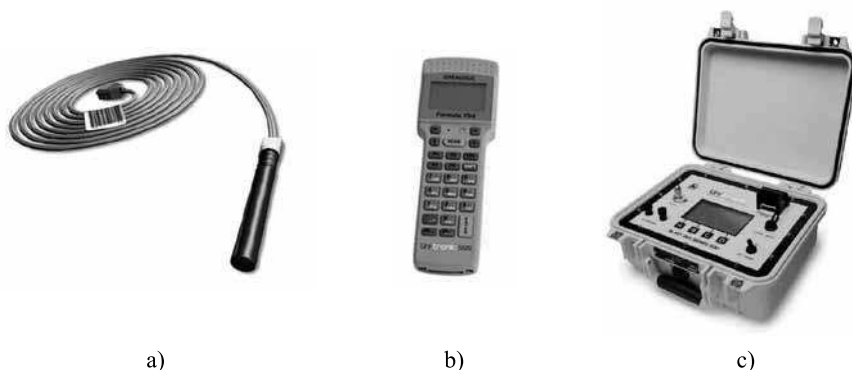
Rys. 7. Elementy systemu i-kon VS (opis w tekście).

4. System UniTronic

Trzecim systemem elektronicznej inicjacji produkcji ORICA jest system UniTronic. Jest to system charakteryzujący się równie wysoką precyzją uzyskiwanych opóźnień, natomiast zupełnie odmienna, w stosunku do systemu i-kon, jest zasada jego używania.

Podobnie jak system i-kon, także system UniTronic składa się z w pełni programowalnych zapalników elektronicznych oraz urządzeń peryferyjnych, służących do ich identyfikacji, testowania, programowania oraz odpalania. W przeciwieństwie do systemu i-kon, opierającego się na dwóch urządzeniach peryferyjnych takich jak Logger i Blaster, system UniTronic wykorzystuje o jedno urządzenie więcej, co w praktyce polega na rozdzieleniu funkcji logowania i testowania sieci (lub pojedynczych zapalników).

Pojedynczy zapalnik UniTronic może być programowany w zakresie $(0 \div 10000)$ ms w interwale 1 ms i podobnie jak zapalnik i-kon, posiada unikatowy kod identyfikacyjny, zapisany w jego pamięci, a uwidoczniiony na etykietce umieszczonej tuż przy konektorze (rys. 8.a).



Rys. 8. Elementy systemu UniTronic (opis w tekście).

W systemie UniTronic etykieta ta jest skanowana za pomocą ręcznego skanera (rys. 8.b), czego efektem jest zapisanie numeru identyfikacyjnego zapalnika w pamięci skanera oraz przypisanie konkretnego opóźnienia milisekundowego danemu zapalnikowi, poprzez wpisanie danych z poziomu klawiatury skanera.

Łączenie sieci strzałowej polega na podłączeniu wszystkich zapalników do przewodu obwodowego za pomocą poszczególnych konektorów. Kontrola prawidłowości wykonanych połączeń oraz integralności układu sprawdzana jest przy użyciu kolejnego urządzenia peryferyjnego, tzw. Testera Sieci, pozwalającego na pełną dwukierunkową komunikację z poszczególnymi zapalnikami. Samo odpalenie sieci strzałowej odbywać się musi w miejscu bezpiecznym dla użytkownika i jest realizowane w oparciu o zapalarkę Blast Box (rys. 8.c), połączoną bezpośrednio z linią strzałową. Skaner ręczny, w którym przechowywane są kody identyfikacyjne zapalników wraz z przypisanymi opóźnieniami milisekundowymi umieszcza się w specjalnym porcie urządzenia Blast Box, co powoduje naładowanie i zaprogramowanie zapalników w żądanej sekwencji czasowej.

Do uruchomienia zapalarki wymagane jest uzyskanie potwierdzenia prawidłowości wykonania obu operacji, czyli naładowania i zaprogramowania. W najprostszej wersji system pozwala na odpalenie do 500 zapalników typu UniTronic (w przypadku systemu i-kon za pomocą jednego Loggera można załogować do 200 zapalników).

5. Podsumowanie

Zapalniki nieelektryczne wciąż są najpopularniejszym systemem inicjowania MW w odkrywkowych zakładach górniczych. W wielu przypadkach wręcz umożliwiają zakładom górniczym prowadzenie bezpiecznej i efektywnej eksploatacji złóż. Z drugiej strony posiadają one jednak jasno zdefiniowane ograniczenia, które – pominięte na etapie projektowania robót strzałowych, mogą wręcz zagrozić bezpieczeństwu ich prowadzenia. Fakt ten szczególnego znaczenia nabiera w przypadku strzelań wieloszeregowych, w tym strzelań z włodem środkowym. Podobnie jest w przypadku konieczności odpalania otworów strzałowych z konstrukcją ładunku dzielonego. Ograniczona precyzja zapalników pirotechnicznych w skrajnych przypadkach grozi bowiem samoistnym przeprojektowaniem siatki strzałowej.

Jedynym słusznym kierunkiem przeciwdziałania temu zjawisku jest zastosowanie zapalników z rodziny elektronicznych, oferujących z możliwością bardzo precyzyjnego programowania zapalników, a tym samym swobodne projektowanie naprawdę skomplikowanych sieci strzałowych.

Systemy elektronicznej inicjacji MW zyskują sobie coraz szersze uznanie służb strzałowych na całym świecie. Należy wspomnieć, że chociaż tak naprawdę jedynym powodem wprowadzenia zapalników elektronicznych była konieczność odpalania ładunków MW z bardzo precyzyjnym opóźnieniem, gwarantującym bezpieczną, ale i ekonomicznie uzasadnioną eksploatację złóż w pobliżu obiektów chronionych, to jednak lata doświadczeń pokazały, że korzyści płynące z zastosowania bardzo precyzyjnych zapalników dalece wykroczyły poza wstępne założenia, dla których zostały wdrożone. Systemy elektroniczne wpłynęły na poprawę efektywności robót strzałowych w każdym aspekcie ich prowadzenia, począwszy od fragmentacji urobku, poprzez sterowanie

wysokością usypu, zmniejszeniem jednostkowego zużycia MW a skończywszy na korzystnym rachunku ekonomicznym i poprawie szeroko rozumianego bezpieczeństwa.

Polskie górnictwo jest na początku drogi związanej z wdrażaniem systemów EBS, jednak już pierwsze zastosowania zapalników elektronicznych przyniosły na tyle wymierne efekty, że śmiało można założyć, iż najbliższe dziesięciolecie będzie okresem intensywnego stosowania takich systemów jak i-kon czy UniTronic. Historia lubi się powtarzać i podobnie jak to miało miejsce w przypadku systemów nieelektrycznych, tym razem to systemy elektroniczne mogą stać się podstawowym środkiem strzałowym, od którego już wkrótce inżynierowie strzałowi będą rozpoczynać projektowanie robót strzałowych.

Literatura

- [1] S. Prędko, *Pierwsze próby zastosowania zapalników elektronicznych w Polsce*, Prace naukowe GiG, Wydanie specjalne Nr V/2008, Katowice 2008.
- [2] S. Prędko, *Projektowanie robót strzałowych z zastosowaniem elektronicznego systemu inicjowania typu i-kon oraz oprogramowania wspomagającego ShotPlus*, Prace Naukowe Instytutu Górnictwa Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 2009.
- [3] *I-kon Digital Energy System*, Materiały reklamowe firmy Orica.
- [4] *Unitronic system*, Materiały reklamowe firmy Orica.