

Elektroniczne systemy inicjacji w robotach podziemnych

Electronic initiation systems in underground works

Marcin Szumny

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

Streszczenie: *W artykule przedstawiono przykłady zastosowań nowoczesnych systemów inicjacji elektronicznej firmy Orica w robotach podziemnych. Przedstawione systemy obejmują zarówno wykorzystanie zapalników elektronicznych oraz kompletnych systemów inicjacji wraz w oprogramowaniem wspomagającym serii Shotplus. Na podstawie przedstawionych przykładów pokazano możliwości zastosowania elektronicznych systemów inicjacji w różnych typach robót podziemnych. Prezentowane przykłady pokazują również systemy inicjacji elektronicznej w aspekcie bezpieczeństwa wykonywania robót strzałowych jak i ekonomiki przedsięwzięcia.*

Słowa kluczowe: *I-kon, Shotplus, System Inicjacji Elektronicznej, zapalniki elektroniczne.*

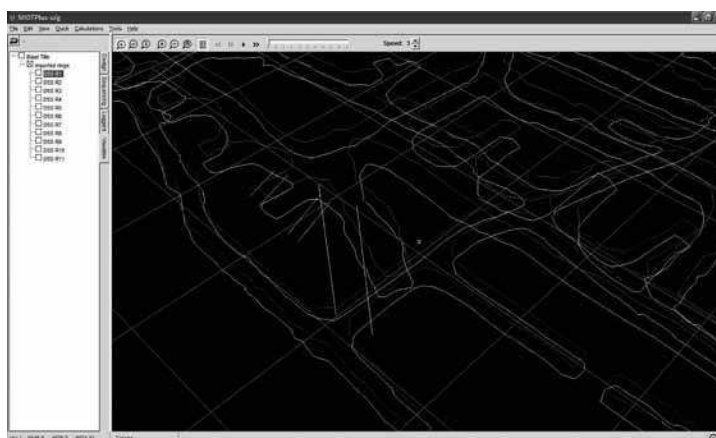
Keywords: *I-kon, Shotplus, Electronic Blasting System, electronic detonators.*

1. Wstęp

Systemy inicjacji elektronicznej, które są oparte na zapalnikach elektronicznych, znalazły już dość szerokie zastosowanie w robotach podziemnych i to zarówno w pracach eksploatacyjnych jak również w robotach tunelowych. Szereg tych prac byłby bardzo trudny lub wręcz niemożliwy do wykonania przy zastosowaniu tradycyjnych metod inicjacji tj. systemów nieelektrycznych jak również zapalników elektrycznych. Trudność może wynikać zarówno w stopniu skomplikowania układu, ze względu na bezpieczeństwo, jak również z samej cechy zapalników dotyczącej ich dokładności i dostępnych czasów opóźnień.

Systemy inicjacji elektronicznej umożliwiają jednocześnie korzystanie z szeregu dodatkowych elementów, które mogą wchodzić w skład takiego systemu. Są to między innymi, system zdalnego odpalania podziemnego (CEBS), zapalniki elektroniczne i-kon oraz eDev, oprogramowanie Shotplus-i Underground lub Shotplus-T. Dodatkową zaletą systemu jest możliwość współpracy z kopalnianymi systemami orientacji przestrzennej, które mogą być importowane do systemu, gdzie odbywa się dalsze projektowanie sieci strzałowej.

Przykładem zastosowania systemu inicjacji elektronicznej jest odstrzał dokonany w kopalni miedzi w Australii [1], gdzie przy projektowaniu wykorzystano dane z kopalnianej sieci geograficznej (rys. 1).

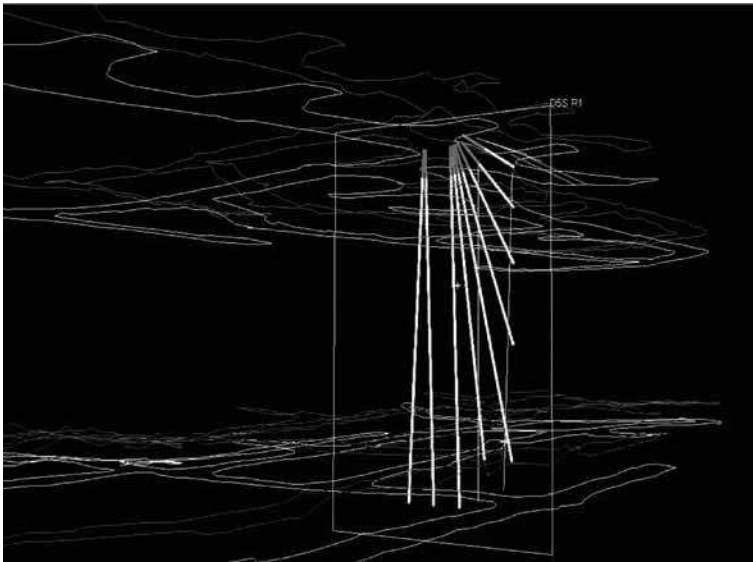


Rys. 1. Przykład sieci kopalnianej. [1]

2. Projektowanie sieci strzałowej

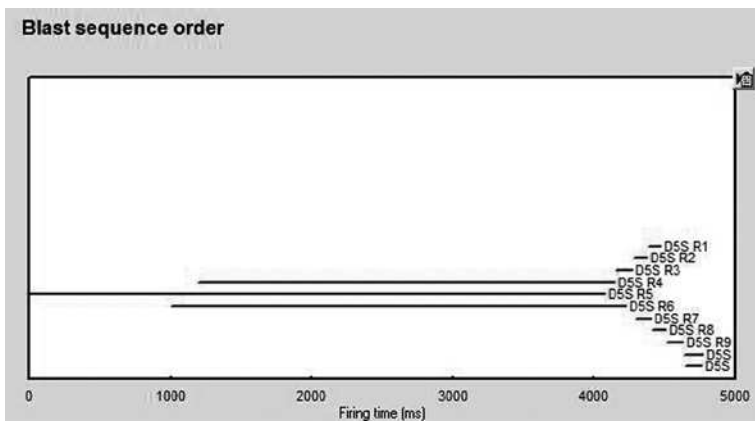
Do projektowania można wykorzystać również dane numeryczne otworów strzałowych. Po zebraniu dostępnych na danej kopalni danych i ich zobrazowaniu za pomocą oprogramowania możemy uzyskać obraz pełnej sytuacji sieci strzałowej (rys. 2) [1]. Na rys. 2 jest zobrazowana tylko sekcja 1 otworów (aby nie zaciemniać schematu) (w tym przypadku wszystkich sekcji jest 11). Podstawowe dane przedstawiają się następująco [1]:

- 11 sekcji,
- 101 otworów o średnicy 89 mm,
- 101 zapalników i-kon (przewody długości $(6 \div 40)$ m),
- Całkowita długość otworów 2800 m,
- Masa materiału wybuchowego (MW) ok. 17 500 kg.



Rys. 2. Schemat sekcji 1. [1]

System elektronicznej inicjacji umożliwił dokładne zaprogramowanie zapalników, dostosowane do panujących warunków geologicznych. Sekwencja odpalania otworów przedstawiała się następująco (rys. 3):



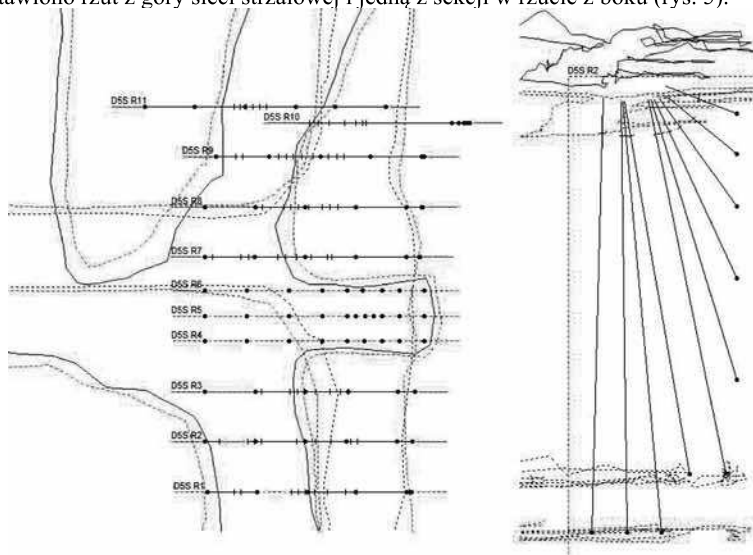
Rys. 3. Sekwencja czasowa odpalania sieci strzałowej. [1]

Sekwencja czasowa poszczególnych zapalników zaprojektowana przy zastosowaniu oprogramowania Shotplus-i UG została przetransferowana do Logger'a. Po załadowaniu otworów i połączeniu sieci strzałowej wg tej sekwencji zostały zaprogramowane zapalniki elektroniczne. W czasie logowania (przyporządkowywania poszczególnym zapalnikom odpowiednich czasów opóźnień) zostają czytane unikalne numery ID poszczególnych zapalników. Po zakończeniu robót możliwy jest transfer danych z Loggera do komputera. W tabeli poniżej pokazano dane poszczególnych zapalników.

Logger 1 data		#Connected dets 101			Download	Preview	<input checked="" type="radio"/> Download mode	<input type="radio"/> Upload mode
Ring	Hole	#Dets	Delay	Offset				
D5S R1	A	1	4485	25				
D5S R1	B	1	4435	25				
D5S R1	C	1	4415	25				
D5S R1	D	1	4395	25				
D5S R1	E	1	4385	25				
D5S R1	F	1	4405	25				
D5S R1	G	1	4425	25				
D5S R1	H	1	4445	25				
D5S R1	I	1	4475	25				
D5S R10	A	1	4640	25				

Rys. 4. Tabela zawierająca dane transferowe do Loggera. [1]

Poniżej przedstawiono rzut z góry sieci strzałowej i jedną z sekcji w rzucie z boku (rys. 5).

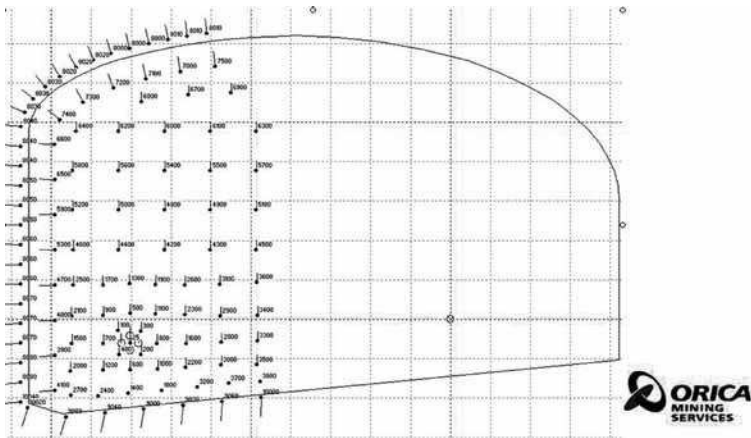


Rys. 5. Schemat rozmieszczenia sekcji w całym układzie oraz schemat sekcji 2 w rzucie z boku. [1]

Niewątpliwą zaletą systemu inicjacji elektronicznej jest nie tylko wysoka dokładność działania zapalników elektronicznych, ale również możliwość sprawdzenia i weryfikacji sieci strzałowej. System i-kon ma taką możliwość dzięki komunikacji dwukierunkowej – od loggera do zapalnika oraz od zapalnika do loggera – podczas tego procesu zapamiętywany jest unikalny kod ID każdego zapalnika. Zaleta ta jest szczególnie istotna w skomplikowanych sieciach strzałowych gdzie niezawodność systemu musi być zachowana. W prezentowanym przykładzie możemy zaobserwować, niedostępne dla innych systemów, wykorzystanie cyfrowych informacji przestrzennych dostępnych na kopalni do projektowania na ich bazie sieci strzałowej. Powyżej został przedstawiony system inicjacji elektronicznej wykorzystany w pracach eksploatacyjnych. System inicjacji elektronicznej może być szeroko stosowany w robotach tunelowych. Zapalniki elektroniczne i-kon wraz z oprogramowaniem Shotplus-T zostały z powodzeniem wykorzystane przy drążeniu tunelu w Sztokholmie (Norra Länken) [2]:

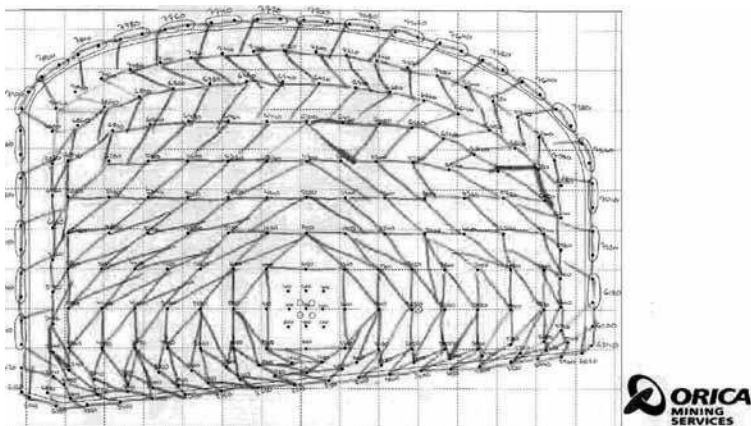
- Długość tunelu: 600 m,
- Długość strefy ze znacznie ograniczoną emisją drgań: 200 m,
- Wysokość: 9,5 m; szerokość: 15 m,
- Powierzchnia przodka: ok. 125 m²,
- Średnica otworów: 48 mm; w tym średnica otworów prowadzących: 110 mm.

Ze względu na duże restrykcje związane z poziomem emitowanych drgań podczas robót strzałowych planowano podzielić tunel na 2 lub 3 sekcje strzelane osobno o postępie 3 m na jeden cykl. Jedno z pierwszych strzelań z wykorzystaniem zapalników i-kon, zostało wykonane wg schematu z rys. 6.



Rys. 6. Schemat sieci strzałowej. 94 otwory długości 5 m. [2]

Pomiary poziomu wibracji ze strzelań testowych pokazały możliwość przeprojektowania pierwotnego modelu. Finalnie wykonawca tunelu mimo dużych restrykcji związanych z poziomem emitowanych drgań miał możliwość wykonywania robót strzałowych całym przekrojem przodka i postępowaniem ok. 5 m na jeden cykl (patrz rys. 7), co znacząco wpłynęło na prędkość wykonywania prac jak również na ekonomiczny aspekt przedsięwzięcia.

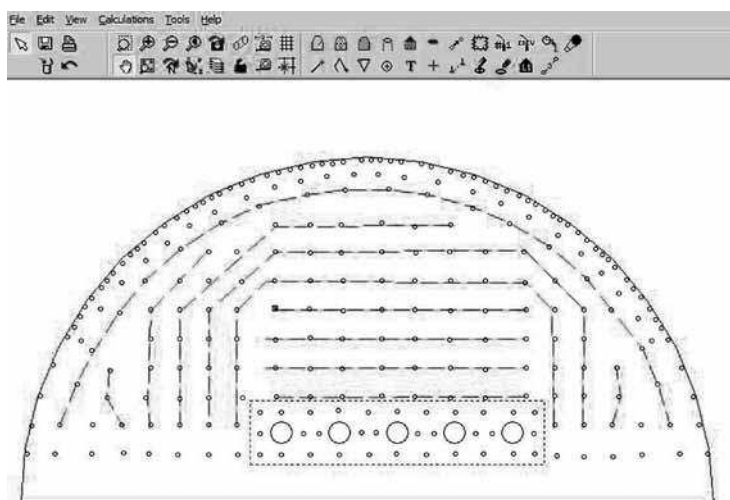


Rys. 7. Schemat rozmieszczenia otworów w przodku. 249 otworów (5,0 ÷ 5,7) m. [2]

Przykład ten ilustruje potencjalne możliwości, jakie niesie ze sobą wykorzystanie systemu nieelektrycznego w robotach podziemnych. Szeroki zakres zastosowań elektronicznego systemu inicjacji, jak również analiza przeprowadzonych strzelań, wpływa na ciągłe ulepszanie i rozwijanie programów komputerowych wspomagających proces projektowania i analizy prowadzonych robót strzelniczych.

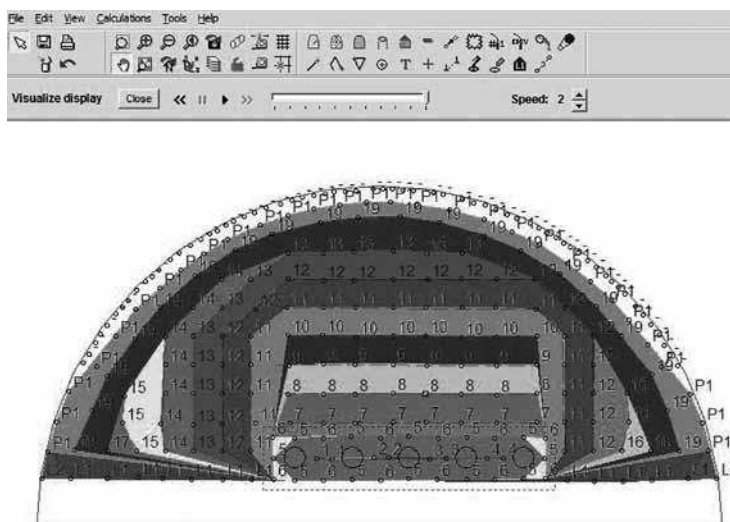
Początkowo do komputerowego wspomagania podziemnych robót strzałowych był wykorzystywany program podstawowy Shotplus-i, jednak wraz z coraz szerszym zastosowaniem zapalników elektronicznych w robotach podziemnych pojawiła się potrzeba uwzględnienia specyficznych wymagań, które uwzględniają technologię robót podziemnych. W kolejnym etapie rozwijania i udoskonalania oprogramowania pojawiła się wersja przeznaczona dla robót podziemnych Shotplus UG. Program ten, został przeznaczony do przygotowywania sekwencji odpalania zapalników elektronicznych. W kolejnym etapie rozwoju oprogramowania przeznaczonego dla robót podziemnych stała się potrzeba projektowania robót tunelowych. Odpowiedzią na to zapotrzebowanie stało się powstanie programu SHOTplus-T, przeznaczonego do wspomagania projektowania tego typu robót wraz z narzędziami odpowiednimi do tego typu robót.

Oprogramowanie to znalazło już zastosowanie w procesie projektowania i realizacji robót tunelowych między innymi w Korei. Przykładową sieć strzałową projektowaną przy pomocy oprogramowania serii SHOTplus-T pokazano na rys. 8.



Rys. 8. Przykładowa siatka wierceń. [3]

Na rys. 9 pokazano schematycznie sekwencję odpalania poszczególnych otworów.



Rys. 9. Schemat sekwencji odpalania. [3]

3. Wnioski

Zamieszczone przykłady zastosowań nowoczesnych systemów inicjacji elektronicznej pokazują bardzo szeroki zakres możliwych zastosowań, które wraz z elementami pomocniczymi systemu (systemy zdalnego odpalania podziemnego, programy serii Shotplus) stanowią kompletny i dopasowany do potrzeb system. Dodatkowym atutem jest ciągła praca projektantów systemu wraz z użytkownikami nad modyfikacjami, które poprawiają jego funkcjonalność.

Systemy inicjacji elektronicznej wprowadzają nową, jakość zarówno w zakresie bezpieczeństwa i ekonomiki przedsięwzięcia, na co dowodem jest coraz szersze zainteresowanie jego stosowaniem.

Literatura

- [1] Rysunki od 1 do 5 zostały wygenerowane za pomocą programu ShotPlus – UG, firmy Orica, wersja 1.42.
- [2] S. Nikolov, *Orica Mining Services*. Prezentacja z dnia 16.12.2009.
- [3] Rysunki 8 i 9 zostały wygenerowane za pomocą programu ShotPlus – T, firmy Orica, wersja 1.11.