

**MIKRO-IŞLEMCI DESTEKLİ ZAMAN SIRALI PATLATMA
UYGULAMALARI**

Time Sequenced Firing **Applications with Using** of Micro Processors

Cengiz KUZU (*)

Anahtar Sözcükler: Patlatma, Zaman Sıralı Ateşleme Cihazı, Elektronik Kapsül, Kontrollü Ateşleme.

ÖZET

Günümüzdeki teknolojik gelişmeler, mikro elektroniğin hemen hemen tüm endüstriyel uygulamaların içine girmesi sonucunu doğurmuştur. Patlatma çalışmalarında da, bu yönde örnekler görmek mümkündür. Patlatma uygulamalarındaki mikro işlemcilerin bulunduğu yerler, klasik elektrikli gecikmeli kapsüller veya elektronik kapsüller kullanılmasına göre farklılıklar göstermektedir. Bunlardan ilkinde, mikro işlemciler patlatma devresi elemanlarına ve ikincisinde, kapsüllerin içine ve patlatma devresi elemanlarına entegre edilirler. Böylece, elektronik ortamın sağladığı tanımlanabilir zamanlama sayesinde, patlatma uygulamalarında bir çok ateşleme devresinin, mili saniye mertebesinde olmak üzere, hassas olarak parlatılması mümkün olmaktadır. Ayrıca, kullanılan donanım ile zaman sırası ayarı yapılabilmesi, yani programlanabilmesi mümkündür. Bu ise, patlatma işi ile uğraşan teknik adama ateşleme düzeni tasarımında, esneklik açısından büyük kolaylıklar sağlar. Ayrıca iyi bir ufulanma derecesi, pasa hareketi kontrolü, titreşimlerin ve hava şokunun azaltılması gibi faydalan da beraberinde getirmektedir. Bu çalışmada, klasik elektrikli ve elektronik kapsüllere ait uygulama örnekleri sunulmakta ve kullanılan donanımlar incelenmektedir.

ABSTRACT

Micro electronics started playing an important role in industrial applications as a result of technological developments of the last few years. Similar applications of micro electronics in blasting operations are also in use these days. There are some differences in the application of microprocessors in blasting operations depending on whether it is conventional electric detonator or electronic detonator. Microprocessor is integrated to the periphery of blasting circuit itself in the first application, but, it is integrated both the blasting circuit and detonator in the case of electronic detonator. Since the use of microprocessors provides an electronic environment it is possible to define the timing so that blasting operations can be performed in millisecond interval as this optimises the blasting works. It is also possible to program the timing of the sequences in such equipment which helps to make flexible blasting designs to the engineer. This application also provides to decrease the air shock and vibration and control the fragmentation and movement of blasted material. In this paper, some examples to the application of conventional and electronic detonators are given and the equipment used is detailed.

1. GİRİŞ

Açık ocaklardaki patlatma çalışmaları, gürültü ve yer sarsıntısı gibi iki önemli çevre zararına neden olmaktadır. Bu konu, ülkemiz madenciliğinde de, patlatma çalışmalarının yapıldığı civarda oturanlar ile işletme arasında anlaşmazlıkların doğmasına neden olmaktadır. Yeraltı madenciliği ve tünelticilikte ise bu sorun, genellikle yer sarsıntıları şeklinde gündeme gelmektedir. Sorunun çözümü için, aynı anda ateşlenen patlayıcı madde miktarının azaltılması yegane yol olarak ortaya çıkmaktadır.

Diğer bir ifadeyle, bir atımda kullanılan toplam patlayıcı miktarının farklı zaman aralıklarında patlatılması ve planlanan deliklere bölüştürülmesi gerekmektedir. Bazan bir delik içinde de, farklı ateşleme sırası gerekebilmektedir. Ancak, genellikle uygulanmakta olan seri ateşleme yönteminde, mevcut elektrikli kapsüllerin zaman aralıkları sayısının yeterli olmaması nedeniyle, atımların büyüklüğü sınırlı kalmaktadır. Bu güçlüğün giderilmesi için, klasik elektrikli kapsüllerle kullanılan mikro işlemcili sıralı ateşleme cihazı ve elektronik kapsüller ile kullanılan mikro işlemcili ateşleme sistemlerinden faydalanmak mümkündür.

2. KLASİKELEKTRİKLİ-GEÇİKMELİ KAPSÜLLER İLE PATLATMA UYGULAMALARI

Klasik elektrikli-geçikmeli kapsüller bilindiği gibi piro-teknik esaslı gecikme elemanına sahiptirler. 1950 li yıllardan başlayarak kaydedilen gelişmelerle, günümüzde milisaniye mertebesinde gecikmeler uygulanabilmektedir. Bu kapsüllerden, ülkemizde üretilenlerinin gecikme aralıkları;

kısa zamanlılarda 30 ms (gecikme zaman sayısı 1-16) ve

uzun zamanlılarda 500 ms (gecikme zaman sayısı 1-10) değerindedir (MKE, 1991).

Yurt dışında ise;

- kısa zamanlı olarak 20-25-30 ms (gecikme zaman sayısı 1-18) ve
- uzun zamanlılarda 100-250 ms (gecikme zaman sayısı 21) gibi çeşitli kapsüller üretilmektedir (Wild, 1994).

Klasik gecikmeli-elektrikli kapsüllerin genel bir değerlendirmesi Çizelge 1' de sunulmaktadır. (Wild, 1994).

Çizelge 1. Klasik Elektrikli Kapsüller ile Ateşlemenin Değerlendirilmesi (Wild, 1994)

Avantajları:

Kontrollü ateşleme sırası

Ateşleme devresi, ölçü tekniği açısından test

Edilebilir ve nümerik olarak hesaplanabilir

Patlama zamanı hassas olarak belirlenebilir

Kesin patlama zamanı

Delik şarjlarının farklı zamanlarda patlatılabilir

Büyük sayıda delik şarjı patlatılabilir

Grizu güvenliği sağlamak mümkün

İşçiliği kolay

Milisaneye özelliğinden yararlanmak mümkün

Dezavantajları:

Yabancı enerjiye karşı hassastır

Ateşleme cihazının kapasitesi ateşleme yapılacak

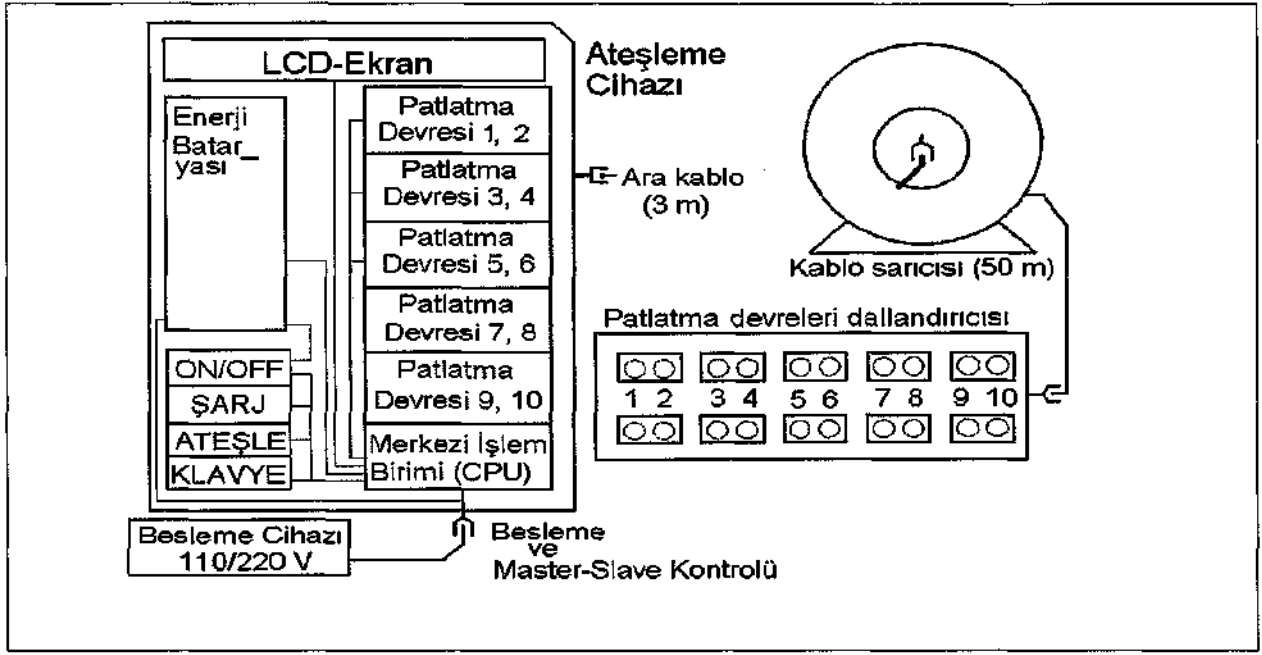
kapsül sayısını sınırlar

Kısa devre tehlikesine karşı komplike devre şekilleri gereklidir

Patlatma tekniği açısından iyi bir eğitim gerekir

2.1. Zaman Sıralı Ateşleme Cihazı

Bölüm 1' de de işaret edildiği gibi mevcut elektrikli kapsüllerin zaman aralıkları sayısının yeterli olmaması nedeniyle, atımların büyüklüğünün sınırlı kalması sorununun çözümü için "Zaman Sıralı Ateşleme Cihazı" olarak adlandırılan bir cihaz geliştirilmiştir. Burada, örnek olarak, ZEB/SEQ cihazı ile yapılan atımlar üzerinde durulacağından bu cihaza ait özellikler sunulacaktır (Şekil 1). Diğer bir cihaz, yurdumuzda da kullanılmakta olan ve REO markası ile tanınan "Zaman Sıralı Ateşleme Cihazı" dır (Konya, 1990; Jimeno vd., 1995; Atlas, 1987; Frölich, 1994). Genelde, farklı firmaların ürettiği, "Zaman Sıralı Ateşleme Cihazı" özellikleri birbirine benzerlik göstermektedir.



Şekil 1. Sıralı ateşleme cihazı (Frölich, 1994)

Cihaz, modüler bir yapıya sahip olup, arazi şartlarında kullanım için gerekli tasarıma sahiptir. Cihazla, herbiri maksimum 100 Q olan 10 patlatma devresi ve direnci 2,85 Q kapsüllerden yaklaşık 350 kapsül bir defada patlatılabilir. Cihazın sunduğu diğer bir kolaylık, master-slave uygulaması ile sistem genişletme olanağı olup, bu şekilde ateşleme devresi sayısını 19' a ve kapsül sayısını 670' e çıkarmak mümkündür. Her bir devreye ait gecikme zamanları 0 ile 999 ms arasında 1 ms' lik adımlarla ayarlanabilir. Cihaz, patlatma devrelerinin ateşleme öncesi kontrollerini yapabilmektedir. Cihazın bütün fonksiyonları, bir mikro işlemci tarafından kontrol edildiğinden dolayı, özellikle gecikme zamanı açısından herhangi bir yanılma söz konusu olmayıp, gecikme zamanları 1 ms' lik adımlarla 0-999 ms arasında ayarlanabilir niteliktedir.

2.2. Zaman Sıralı Ateşleme Cihazı Uygulama Örnekleri

Sıralı ateşleme programları, mevcut ateşleme cihazına bağlı bütün devrelere, elektrik enerjisini yollamak için gerekli olan süre ile

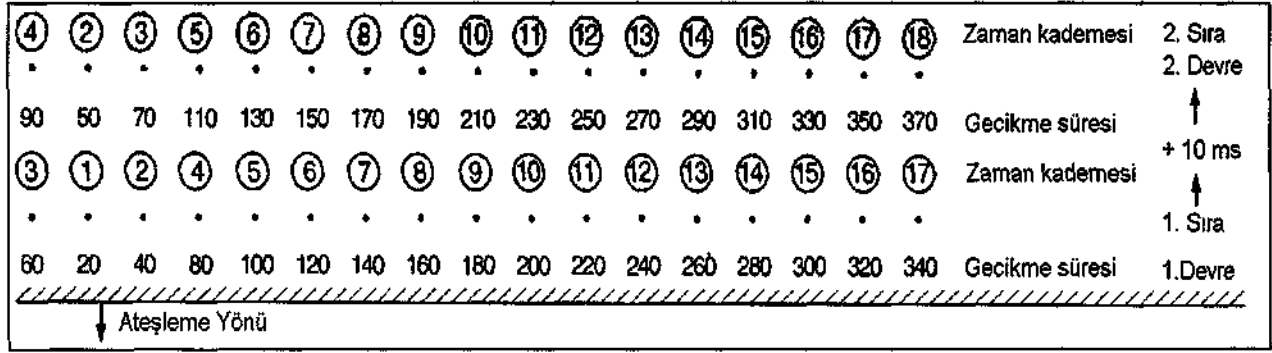
ilk deliğin patlatılma zamanı arasındaki ilişkiye göre sınıflandırılırlar (Atlas, 1987).

Eğer, hiçbir delik patlamadan önce, bütün devreler (dolayısı ile kapsüller) enerjilendirilir ise, "tam olarak aktive edilmiş sıralı zamanlama" (FAST, Fully Activated Sequential Timing) söz konusudur. Bu husus, elektrikli kapsül kullanımında, emniyet açısından, sıralı ateşleme cihazının kullanılmadığı klasik uygulamalarda da dikkat edilen önemli bir noktadır. Eğer sıralı ateşleme cihazına bağlı tüm devrelerin enerjilendirilmesi bitmeden önce, bir deliğin patlatılması yapılır ise "kısmen aktive edilmiş sıralı ateşleme" (PAST, Partially Activated Sequential Timing) söz konusudur (Frölich, 1994).

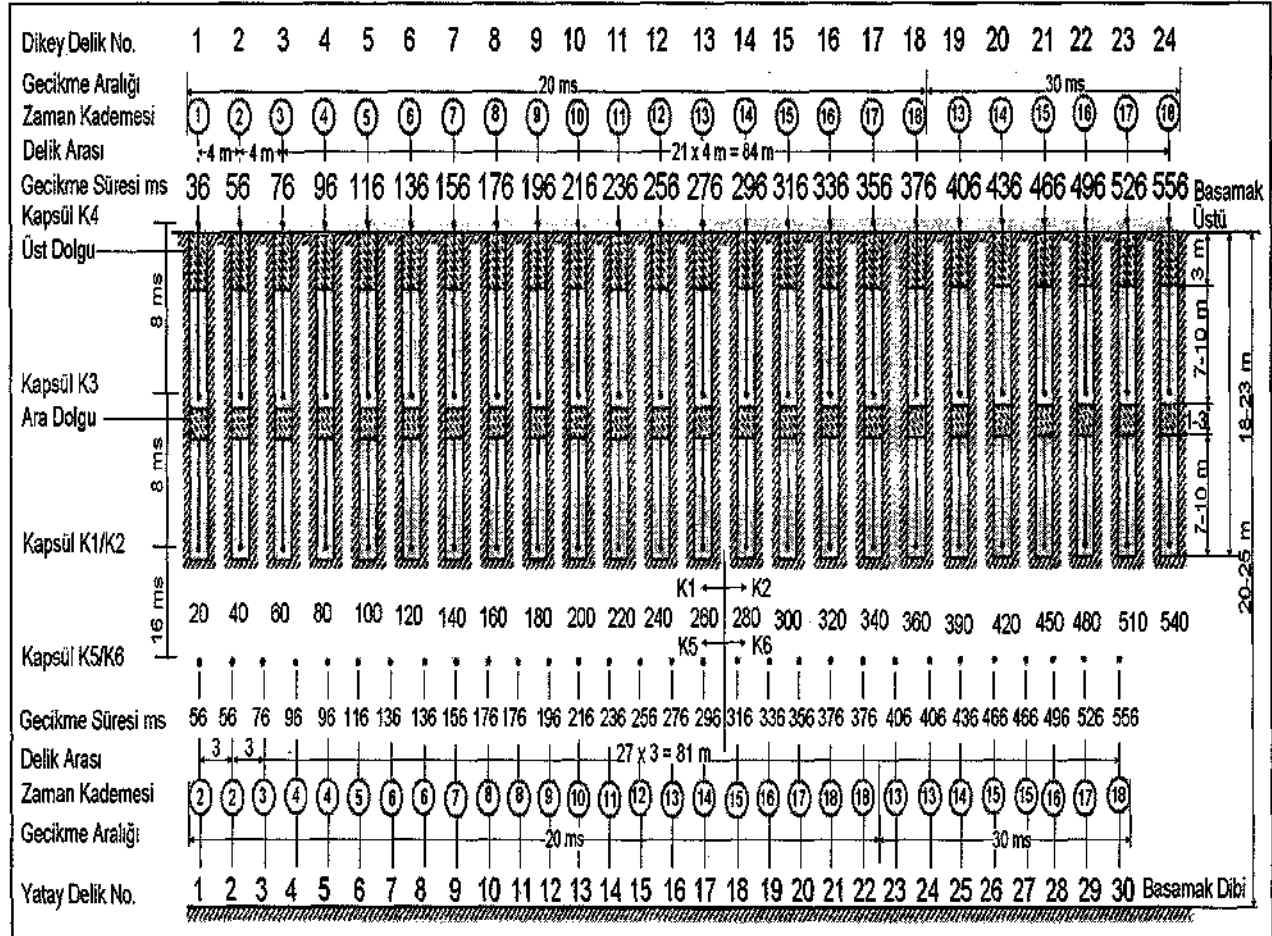
2.2.1. FAST

Önceki bölümde de kısaca açıklandığı gibi, Şekil 2' de verilen örnek FAST ateşleme düzeninde;

- İlk patlatma devresi, ayrıca bir gecikmeye gerek duyulmaksızın enerjilendirilmekte ve bu devrede ilk olarak 20 ms sonra, ilk delik patlamaktadır.



Şekil 2. FAST örnek ateşleme devresi (Frölich, 1994)



Şekil 3. FAST uygulama örneği (Frölich, 1994)

İkinci patlatma devresi, birinciye nazaran 10 ms lik gecikme ile enerjilendirilmekte ve bu devrede ilk patlama, 50 ms sonra (10 ms sıralar arası gecikme ve 40 ms ikinci sıradaki ilk patlayan deliğin gecikmesi toplamı kadar) meydana gelmektedir.

Burada, Şekil 3' de görüldüğü gibi düzenlenen, "Zaman Sıralı Ateşleme Cihazı" ile yapılan ve ayrıntıları ise Çizelge 2' de sunulan gerçek bir atım incelenecektir. Söz konusu taş ocağında, atımlar sonucu yakın yerleşim alanlarında meydana gelen sarsıntıların neden olduğu

Zaman Kademesi	18	16	14	18	16	14	18	16	14	18	16	14	18	16	14	18	16	14	
2. Sıra Gecikme Süresi	960	920	880	840	800	760	720	680	640	600	560	520	480	440	400	360	320	280	
Zaman Kademesi	17	15	13	17	15	13	17	15	13	17	15	13	17	15	13	17	15	13	
1. Sıra Gecikme Süresi	940	900	860	820	780	740	700	660	620	580	540	500	460	420	380	340	300	260	
	6. Devre			5. Devre			4. Devre			3. Devre			2. Devre			1. Devre			Ateşleme Yönü
	+120 ms			+120 ms			+120 ms			+120 ms			+120 ms						

Şekil 5. PAST örnek ateşleme devresi (Frölich, 1994)

Bu şekilde yapılan atımlar, paşanın boyutu ve yüklenmesi açısından tatmin edicidir. Diğer yandan, 800-200 m mesafede alman sarsıntı kayıtlarında, parçacık hızı değerleri, DİN 4150 normundaki binalarda hasar oluşmama şartla rım büyük bir tolerans ile sağlamış bulunmaktadır. Örneğin, 400 m mesafede bina temelinde, 27 Hz' de 0,47 mm/s' lik ve çatıda 29 Hz'de 1,03 mm/s' lik parçacık hızları kaydedilmiştir.

2.2.2. PAST

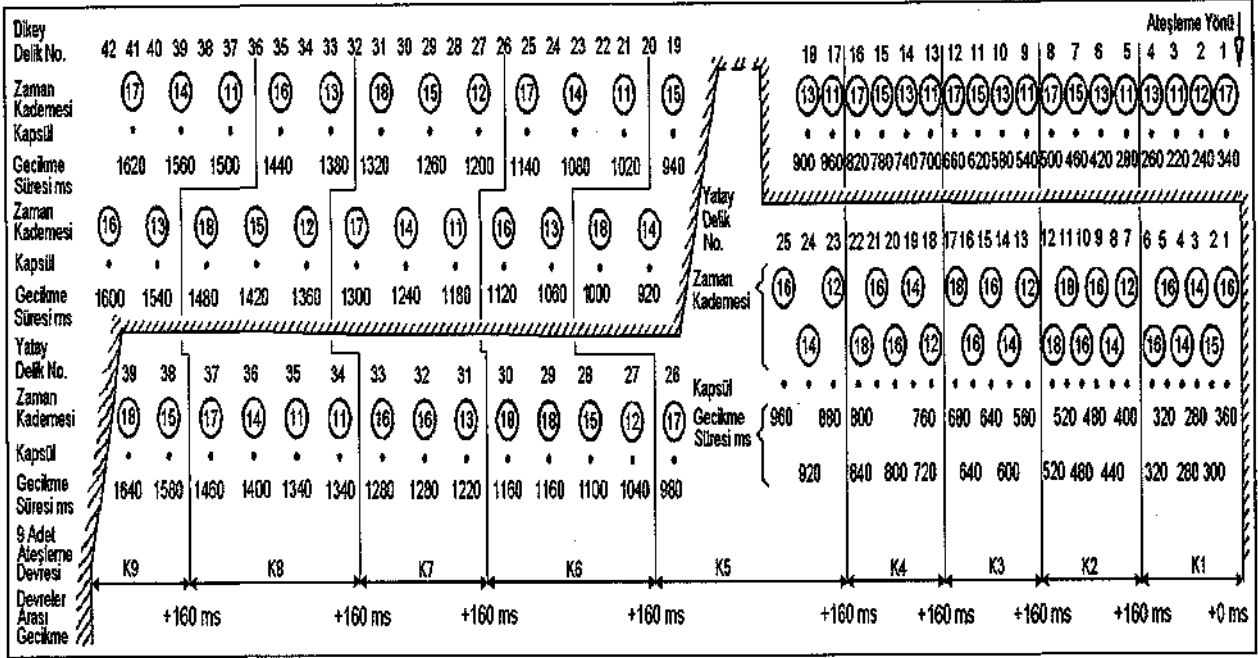
Bölüm 2.2' de kısaca açıklandığı gibi, Şekil 5' deki örnek PAST ateşleme düzeninde;

- Altı adet patlatma devresinden ilk olarak, birinci devredeki ilk delik patladığında, diğer devrelerin enerjilendirilmeleri henüz devam etmektedir.
- Diğer devreler, zamansal olarak "Zaman Sıralı Ateşleme Cihazı" nda belirlenmiş bir sıraya göre enerjilendirilmektedir.
- Ateşleme sırasının zamansal ayarında en önemli husus; birinci devredeki patlayan İlk deliğinin lokasyonunun diğer devrelere olan- uzaklığının yeterli büyüklükte olması ve ilk patlatılan kapsülün gecikmesinin, komşu devre ile olan gecikmeden yeteri kadar büyük olmasıdır.
- Örnekte; ilk devre gecikme olmaksızın enerj ilendirildikten 120 ms sonra ikinci devre enerj ilendirilmekte, 240 ms sonra ise üçüncü delik enerjilendirilmekte ve ancak 260. milisaniyede birinci devredeki ilk delik patlamaktadır. Bu anda, ikinci ve üçüncü devreler enerj ilendirilmiş olduğundan, bu devrelerdeki deliklerin etkilenme tehlikesi ortadan kalkmış olmaktadır.

- 600. milisaniyede tüm devre ve kapsüller enerj ilendirilmiş olup, bu esnada 3. ateşleme devresindeki 18 zaman kademeli delik patlamaktadır.

Burada, Şekil 6' da görüldüğü gibi düzenlenen, "Zaman Sıralı Ateşleme Cihazı" ile yapılan ve ayrıntıları Çizelge 4' de sunulan gerçek bir atım incelenecektir. Söz konusu taş ocağında, atımlarda 40 adet düşey (16 ve 17 no. lu delikler, oluşan göçük sonucu kullanılamamıştır) ve 39 adet yatay delik kullanılmıştır. Düşey deliklerden 16 adedi tek sıralı, 24 adedi çift sıralı düzende delinmiştir. Tüm delikler 9 adet ateşleme devresine dağıtılmıştır. Ateşleme devreleri arası 160 ms gecikme verilmekte olup, deliklerde kullanılan kapsüller 20 ms gecikme aralıklı kapsüllerdir. Birinci patlatma devresinde, 220. milisaniyede ilk delik patlamakta, bu esnada ikinci patlatma devresi kapsülleri de enerj ilendirilmiş olmaktadır. Üçüncü patlatma devresi ise ikinci 160 ms' lik gecikme süresi ile enerjilendirilmektedir. Bu ise birinci ateşleme devresinin enerjilendirilmesinden 320 ms sonraki zamandır, ki bu anda, birinci ateşleme devresinin son kapsülü patlamaktadır. Devreler arası gecikmelerin ve bir atım süresinin özeti Çizelge 5' de sunulmuştur.

Sonuçta; "Zaman Sıralı Ateşleme Cihazı" olmadan, ancak karmaşık ateşleme devreleri ile gerçekleştirilecek ateşleme devreleri, daha güvenilir ve hassas bir şekilde gerçekleştirilmiş olup, titreşim yönünden de alman neticeler, FAST örneğindeki gibi düşük seviyededir.



Şekil 6. PAST uygulama örneği (Frölich, 1994)

Çizelge 4. PAST Uygulaması Parametreleri

Toplam patlayıcı madde (kg)	4119,5
Dikey delikler top. patlayıcı madde miktarı (kg)	3300
Yatay delikler top. patlayıcı madde miktarı (kg)	819,5
Atıma konu hacim (m ³)	14100
Pasa miktarı (t)	37000
Özgül şarj (g/m ³)	292
Gecikme başına düşen azami patlayıcı (kg)	107,5

Çizelge 5. Ateşleme Devreleri Gecikmeleri

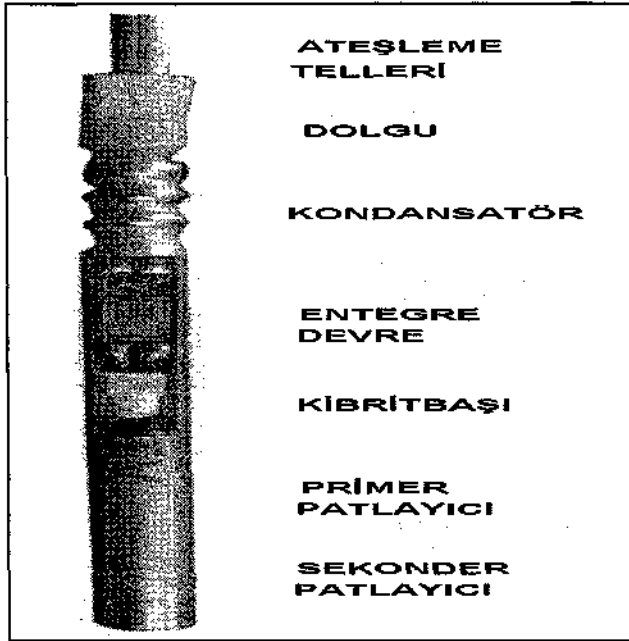
AD		ADAG	S ADAG
ZSAC	1. AD	= 0 ms	= 0ms
1. AD	2. AD	= 160ms	= 160 ms
2. AD	3. AD	= 160 ms	= 320 ms
3. AD	4. AD	= 160 ms	= 480 ms
4. AD	5. AD	= 160 ms	= 640 ms
5. AD	6. AD	= 160ms	= 800 ms
6. AD	7. AD	= 160ms	= 960 ms
7. AD	8. AD	= 160 ms	= 1120 ms
8. AD	9. AD	= 160 ms	= 1280 ms
2 AD AG			1280 ms
9. Patlatma devresi patlama süresi			360 ms
Toplam patlama süresi			1640 ms
ZSAC: Zaman Sıralı Ateşleme Cihazı; AD: Ateşleme Devresi; ADAG: Ateşleme Devreleri Arası Gecikme			

3. ELEKTRONİK KAPSÜLLERLE PATLATMA UYGULAMALARI

Bilindiği gibi elektrikli kapsüllerde, kapsülün patlama zamanı toleransı olarak, birkaç ms mertebesindeki piro-teknik elemanlar kullanılmaktadır. Özellikle, büyük gecikme zaman numaralı kapsüllerde, patlama, olması gereken zamandan 10 ms' ye varan sapmalarla gerçekleşebilmektedir. Bu ise; örneğin, 3 m boyundaki 3000 m/s' lik detonasyon hızlı bir şarjml ms' lik bir zamanda çoktan ve tamamen dõtone olduğu düşünöldüğünde, patlama zamanı hassasiyetinin önemini ortaya koymaktadır. Bir patlatma işleminde özellikle birbirine yardımcı olması gereken deliklerin işlevlerini tam olarak yerine getirebilmeleri açısından 1 ms altındaki patlatma tolerans değerleri çok önemlidir ve günümüzde elektronik kapsüllerle bu değere ulaşılmış bulunmaktadır. Elektronik kapsüllerde, gecikmeli-elektrikli kapsüllerdeki piro-teknik gecikme elemanının yerini bir mikroçip (entegre devre) almış bulunmaktadır ve bu mikroçip dış enerji kaynağı ile kapsül içine yerleştirilmiş bulunan bir kondansatör

üzerinden beslenmektedir. Bu enerji, ancak gecikme zamanının dolmasından sonra kibrit başına iletilmektedir. Bundan sonra, kapsülün ateşlenmesi ile ilgili olarak diğer aşamalar gecikmeli-elektrikli kapsüllerde olduğu gibi gerçekleşmektedir (Şekil 7, Şekil 8)

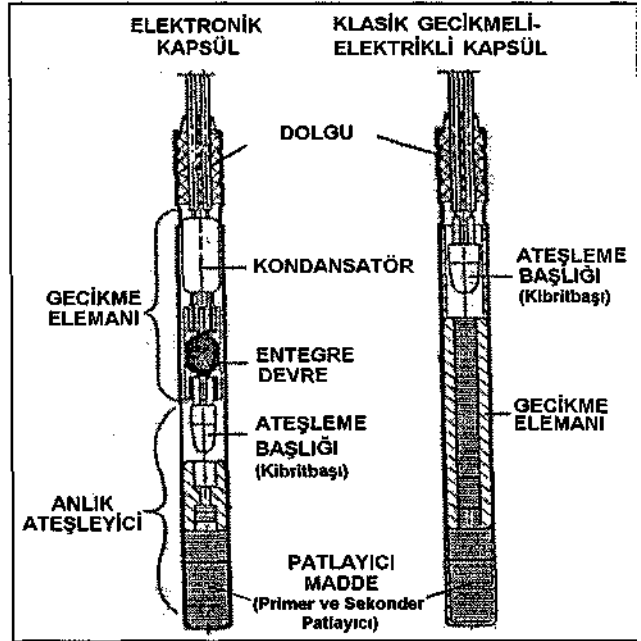
Elektronik kapsüllerle, saniyenin binde birinden daha iyi bir gecikme zamanı hassasiyeti elde edilebilmekte olup, gecikme aralığı üreticiden bağımsız olarak kullanıcı tarafından 1-100 ms arası olmak üzere programlanabilmektedir. Kullanıcı; böylece,



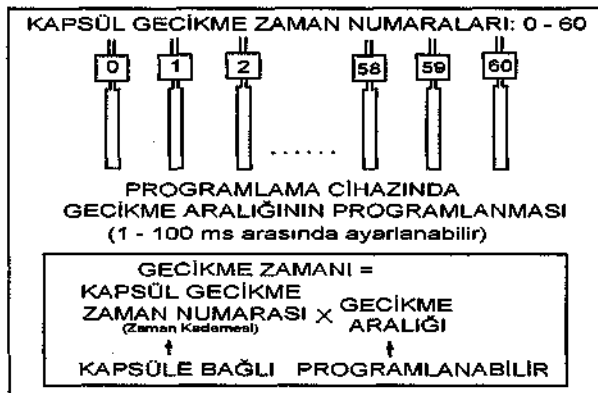
Şekil 7. Elektronik kapsül iç yapısı (Petzold, 1996)

61 farklı gecikme zaman sayısı (6 saniye maksimal gecikme zamanı) ile çalışma olanağına sahip olabilmektedir. (Petzold, 1996).

Çizelge 6' dan da anlaşılacağı gibi, birbirini takip eden iki kapsül gecikme zamanı arasında, 2 ile 100 ms' lik bir gecikme zamanı, ateşlemeden önce programlama cihazı ile serbestçe programlanabilmektedir. "Gecikme zamanı" ise elektrikli kapsüllerde olduğu gibi "Kapsül gecikme zamanı numarası (zaman kademesi)" ile "gecikme aralığının" çarpımına



Şekil 8. Elektronik ve klasik elektrikli gecikmeli kapsüllerin karşılaştırılması (Heinemeyer vd., 1998)

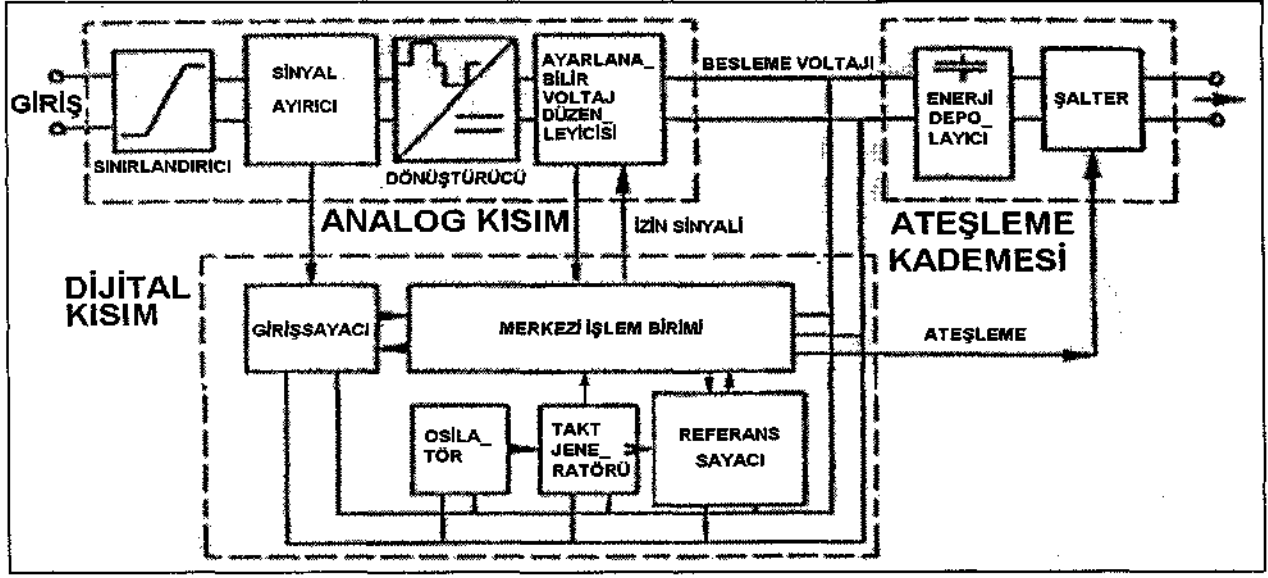


Şekil 9. Elektronik kapsüllerde gecikme ayarı

Çizelge 6. Elektronik Kapsüllerle Elde Edilebilecek Gecikme Aralıkları ve Zamanları

KGZ No.	0	1	2	...	58	59	60
GA [ms]	GZ [ms]	GZ [ms]	GZ [ms]	...	GZ [ms]	GZ [ms]	GZ [ms]
1	0	1	2	...	58	59	60
10	0	10	20	...	580	590	600
20	0	20	40	...	1160	1180	1200
50	0	50	100	...	2900	2950	3000
100	0	100	200	...	5800	5900	6000

KGZ No. Kapsül gecikme zaman numarası
GA Gecikme aralığı [ms] GZ Gecikme zamanı [ms]



Şekil 10. Elektronik kapsül entegre devresinin şematik görünümü (Heinemeyer vd., 1988)

eşit olmaktadır (Şekil 9).

Bu şekilde toplam 6000 farklı gecikme zamanı elde etmek mümkündür. Örneğin, 100 ms' lik gecikme; 50 gecikme zaman numaralı kapsülle 2 ms' lik gecikme aralığı ile veya 25 gecikme zaman numaralı kapsülle 4 ms gecikme aralığı ile elde edilebilmektedir (Çizelge 6). Yine basit bir hesaplama ile, kapsül gecikme zaman numarası 50 olan bir elektronik kapsülle, 100 ile 5000 ms arasında gecikme zamanları elde edilebileceği Çizelge 6' dan izlenebilmektedir (Heinemeyer vd., 1988). Elektronik kapsüllerin genel bir değerlendirmesi ise Çizelge 7' de sunulmaktadır (Wild, 1994).

Çizelge 7. Elektronik Kapsüllerle Yapılan Ateşlemenin Değerlendirilmesi (Wild, 1994)

Avantajları:
- Çok çeşitli gecikme aralığı kullanmak mümkündür
- Gecikme aralıklarının çok hassas olarak belirlenmesi (programlanması) mümkündür
- Jeolojik şartlara ve kazı yeri özelliklerine uyum sağlamada kolaylık sağlar
- Atım sonucu oluşan yığınin optimal kontrolü
Dezavantajları:
- Henüz pahalı
- Patlatma tekniği açısından iyi bir eğitimi gerektirir

3.1. Kullanım

Kullanım açısından piro-tekniğe gecikme elemanlı kapsüller kadar basit bir işçilik gerektirmektedir. Paralel ve seri ya da diğer tür devreler oluşturmak mümkündür. Şekil 11' de gösterilen örnek konfigürasyondan da görüldüğü gibi, kapsüller ile Kontrol-Programlama cihazı iki damarlı iletkenle bağlanarak devre tamamlanır. Kontrol-Programlama cihazı üzerinden, gecikme aralığının verilmesinden sonra, cihaz, kendisine bağlı devreyi test eder ve kapsüllerdeki kondansatör vasıtası ile kapsüllerin entegre devreleri, çalışma gerilimleri ile beslenirler. Bu gerilim seviyesi, ancak entegre devrenin çalışmasına yetecek kadardır ve kibrit başı için çok düşük bir enerji seviyesidir.

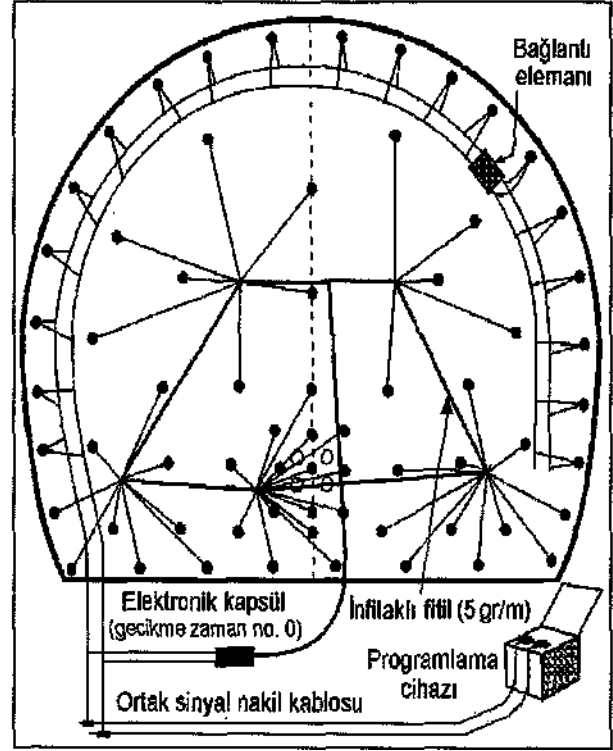
Ancak, entegre devrede kod çözme ve zamanın geri sayma işlemi tamamlandıktan sonra, kibritbaşına enerji beslemesi yapılır. Burada gecikme zaman aralığı Şekil 10' da da gösterilen osilatörün frekansına bağlı olup gerçekleştirilecek en uzun gecikme aralığı olan Çizelge 6' daki 6000 ms (6 s)' lik gecikme için % 0,1' den daha iyi hassas ölçülmüş bulunmaktadır (Heinemeyer vd., 1988).

3.2. Elektronik Kapsüller Uygulama Örneği

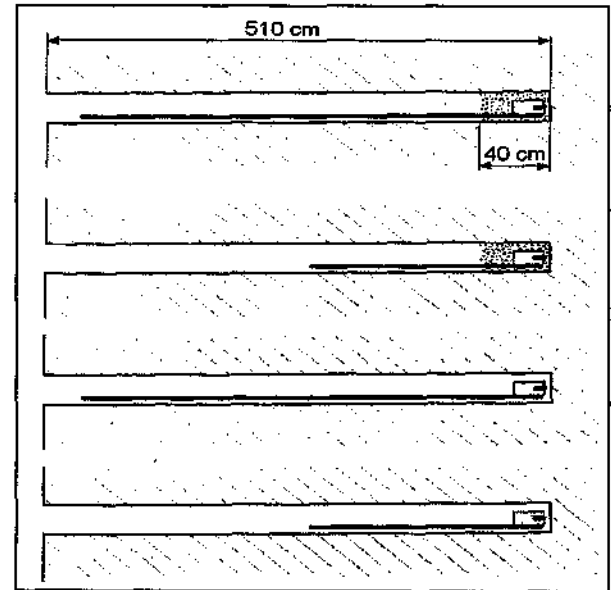
Elektronik kapsüller, yeraltı ve yerüstü atımlarında tek başına kullanılabildikleri gibi, diğer cins kapsüllerle de beraber kullanılabilmektedirler (Petzold, 1996; Wild, 1994). Burada, elektronik kapsüllerin kullanımı ile ilgili, 1995 yılında, Norveç' teki Neset-Tüneli açımı deneme atımlarına ait Şekil 11' de örneği görülen bir uygulama incelenecektir. Bu uygulama, elektronik kapsüllerin diğer kapsüllerle (elektriksiz / non-electric) de birlikte kullanılabileceğini göstermesi açısından özellikle seçilmiştir. Çevre (profil) deliklerinde elektronik kapsüller kullanılırken, tarama, orta çekme ve taban deliklerinde elektriksiz kapsül yerleştirilmiş ve elektriksiz kapsüllerin ateşlenmesinde 5 gr/m' lik infilaklı fitil kullanılmıştır. Atımlarda kullanılan delik boyu 5,1 m, delik çapı 45 mm, dolu delik sayısı 70-73 adet, boş delik sayısı 4 adet olup (paralel orta çekmede için delinmişlerdir), tam kesit patlatma yapılarak atım başına kaydedilen ilerleme ortalama 4,95 m olmuştur (%97 verim). Tünel kesiti ise 62,85 m² dir. Patlayıcı maddelerin deliklere göre dağılımı Çizelge 8' de sunulmaktadır. Çizelge 8' den izleneceği gibi, çevre deliklerde az miktarda patlayıcı kullanılmış olup, daha iyi bir kesim için ayrıca 80 gr/m' lik infilaklı fitil kullanılmıştır (delik başına sırasıyla 2-4-2-4....er metre). Burada kullanılan az miktardaki ANFO' nun sadece patlayıcı özelliğinden faydalanılmakla kalınmamış, her hangi bir nedenle dinamit ve kapsülün kablo vasıtasıyla delik dışına vakitsiz hareketini önlemek için ANFO' nun bir sıkılama maddesi olarak çalışması planlanmıştır (Şekil 12)

Çizelge 8. Patlayıcıların Deliklere Dağılımı

Delikler	Delik sayısı	Delik başına patlayıcı
Orta çekme	9 dolu + 4 boş	Jelatin tipi: 0,34 (kg) ANFO: 12,2 (kg)
Tarama	34	Jelatin tipi: 0,34 (kg) ANFO: 7,8 (kg)
Taban	8	Jelatin tipi: 0,34 (kg) ANFO: 12,2 (kg)
Çevre	19	Jelatin tipi: 0,34 (kg) İnfilaklı fitil: 62 m (kg) ANFO: 0,8 (kg)



Şekil 11. Elektronik kapsüllerin elektriksiz kapsüllerle birlikte kullanımı (Fauske, 1996)



Şekil 12. Profil deliklerinin doldurulması (Fauske, 1996)

Sonuçta; Çizelge 7' deki genel değerlendirmeye uygun şekilde, burada,

elektronik kapsüllerle yapılan çalışmalarda, halen fiyatının elektrikli kapsüllere göre pahalı olması dezavantajı bir yana bırakılacak olursa, şu yararların sağlanabileceği izlenmiştir:

- İstenilen profile uygun profil eldesi ve fazla paşanın önlenmesi,
- Arazi kontrolünün kolaylaşarak, püskürtme beton, ankraj, vb. ihtiyacın en aza inmesi,
- Patlatma sonucu oluşan titreşimlerin daha iyi kontrol edilebilmesi (100 m mesafede sürekli olarak alınan sismik kayıtlarda maksimum parçacık hızı 1,9 mm/s, frekanslar ise 21 ile 45 Hz arası olarak bulunmuştur).

4. SONUÇ

Bu yazıda sunulan, her iki mikro işlemci destekli uygulamanın beraberinde getirebileceği yararların, patlatma çalışmalarının özelliklerine göre gerçekleştirilebileceği vurgulanmak istenmiştir. Esasen, patlatma işinin doğası gereği, çok farklı dizaynların söz konusu olabileceği, teknik elemanların tecrübeleri ile bildikleri bir konudur ve Bölüm 3.2' de de sunulduğu gibi ve burada değinilemeyen diğer uygulamalarda çeşitli kombinezonların her zaman için uygulamaya alınması söz konusu olabilmektedir.

KAYNAKLAR

Atlas Powder Company, "Explosives and Rock Blasting", 1987 Dallas.

Busch, J., 1994; "Reduction of Blasting Induced Vibrations by Appropriate Drilling and Blasting Technique", Nobel Hefte, Heft 1, s. 14-21.

Fauske, A., 1996; "Einsatz Elektronischer Zünder im Forschungsprojekt Nešet in Norwegen", Nobel Hefte, Heft 3, s. 103-112.

Frölich, D., 1994; "Erfahrungen Mit der Mehrkreis-Zündmaschine ZEB/SEQ bei Großbohrlochsprengungen in der Steinbruchindustrie", Nobel Hefte, Heft 1, s. 36-46.

Heinemeyer, F., Röh, P. ve Steiner, U., 1988; "Aufbau und Wirkungsweise des Elektronischen Zündsystems der Dynamit Nobel AG", Nobel Hefte, Heft 2/3, s. 103-108.

Jimeno, C. L. ve Jimeno, E. L. ve Carcedo, A. J. F., 1995; "Drilling and Blasting of Rocks", A. A. Balkema/Rotterdam.

Konya, J. C. ve Walter., J. E., 1990; "Surface Blast Design", Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey.

MKE Katalogu, 1991; "İnfilak Kapsülleri", Tıpar Reklamcılık.

Petzold, J., 1996; "Sprengstoffe und Zündmittel für die Anforderungen des Tunnelbaus von heute", Nobel Hefte, Heft 1/2, s. 3-13.

Stratmann, M., 1996; "Heading of Mitholz Tunnel by Modern Drilling and Blasting Methods", Nobel Hefte, Heft 1/2, s. 31-39.

Wild, H. W., 1994; "Elektrische und Nichtelektrische Zündsysteme", Glückauf, 130 Nr.6, s.381-387.