

KIRIKKALE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ELEKTRİK ELEKTRONİK ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ

MÜHİMMATLAR İÇİN ELEKTRONİK ZAMAN AYARLI ATEŞLEYİCİ
SİSTEM TASARIMI

FARUK ULAMIŞ

ARALIK 2012

Elektrik Elektronik Anabilim Dalında Faruk ULAMIŞ tarafından hazırlanan MÜHİMMATLAR İÇİN ELEKTRONİK ZAMAN AYARLI ATEŞLEYİCİ SİSTEM TASARIMI adlı Yüksek Lisans Tezinin Anabilim Dalı standartlarına uygun olduğunu onaylarım.

Doç. Dr. Ediz POLAT
Anabilim Dalı Başkanı

Bu tezi okuduğumu ve tezin **Yüksek Lisans Tezi** olarak bütün gereklilikleri yerine getirdiğini onaylarım.

Doç. Dr. Ediz POLAT
Danışman

Jüri Üyeleri

Başkan : Yrd. Doç. Dr. Eyüp TUNA _____
Üye (Danışman) : Doç. Dr. Ediz POLAT _____
Üye : Yrd. Doç. Dr. Fikret YALÇINKAYA _____

...../...../.....

Bu tez ile Kırıkkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu Yüksek Lisans derecesini onaylamıştır.

Doç. Dr. Erdem Kamil YILDIRIM

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

ÖZET

MÜHİMMATLAR İÇİN ELEKTRONİK ZAMAN AYARLI ATEŞLEYİCİ SİSTEM TASARIMI

ULAMIŞ, Faruk

Kırıkkale Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Elektrik Elektronik Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi

Danışman: Doç. Dr. Ediz POLAT

Aralık 2012, 125 sayfa

Bu çalışmada, tapan içerisindeki fiziksel alana sığabilecek boyutlarda elektronik zaman devresi ve başlatma devresi içeren mikrokontrolör tabanlı elektronik sistem tasarlanmıştır. Daha sonra, bu sisteme istenilen zaman bilgisini gönderen ikinci bir elektronik sistem eklenmiştir. Elde edilen sistemin tapan entegrasyonunu sağlamak için tapanın mekanik tasarımı üzerinde değişiklikler yapılmıştır.

Tasarlanan elektronik sistemin çalışmaya başlaması için gerekli sinyal, ivme algılayıcı bir sensör aracılığıyla sağlanmıştır. Sistemin; elektrikli kapsülü, girilen sürenin sonunda paralandığı hem simülasyon programıyla hem de laboratuvar ortamında gözlemlenmiştir. Bütün bu tasarım işlemleri, tapanın askeri standartlarda belirtilen testlere gireceği düşünülerek yapılmıştır.

Çalışma esnasında Kırıkkale Üniversitesindeki ARGE ve elektronik altyapısı ile Makine Kimya Endüstrisi Kurumu'nun mekanik üretim kabiliyetleri birlikte kullanılmıştır. Elde edilen sistemin ileriki süreçte daha da geliştirilerek kalifiye edilmiş ürün haline getirilmesi, milli savunma teknolojilerinin gelişimine büyük fayda sağlayacaktır.

Anahtar Kelimeler: Elektronik zaman tapanı, elektronik tapan, başlatıcı sistemler, tapan çevresel testleri, tapan çeşitleri

ABSTRACT

DESIGN OF AN ELECTRONICALLY SETTABLE INITIATION SYSTEM FOR AMMUNITIONS

ULAMIŞ, Faruk

Kırıkkale University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Electrical and Electronics Eng., M. Sc. Thesis

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Ediz POLAT

December 2012, 125 pages

In this study, a microcontroller based electronic system containing electronic time circuit and initiator circuit, which can fit into the available space in the fuze, was designed. Afterwards, second electronic system to send desired time value to the aforementioned system was supplemented. To integrate the two developed systems into the fuze, some modifications were done on the mechanical design of the fuze parts.

A signal required to initiate the electronic system was obtained by means of an inertial switch. Detonation of electrical primer by system at the end of the sent time value was also observed both simulations programs and laboratory conditions. The whole design process was carried out by taking into consideration that the fuze system is to be tested according to the related military standards.

In this study, the R&D and electronics capability of Kirikkale University was utilized in conjunction with the mechanical production capabilities of MKEK. The current system can be improved in forthcoming studies and finalized as a full-scale qualified product, which shall greatly aid in the development of national defense technologies.

Key Words: Electronic time fuze, electronic fuzing, initiator systems, environmental test for fuzes, fuze types

TEŞEKKÜR

Tezimin hazırlanması esnasında bilgisini ve desteğini paylaşmaktan çekinmeyen danıőmanım Doç. Dr. Ediz POLAT' a katkılarından dolayı teşekkür ederim.

Tez savunmam sırasında görüőlerini belirterek yardımcı olan jüri üyeleri Yrd. Doç. Dr. Fikret YALÇINKAYA ve Yrd. Doç. Dr. Eyüp TUNA' ya teőekkürlerimi sunarım.

Tapa konusunda tez yapmak için beni destekleyen MKEK Mühimmat Fabrikası Müdürü Sait ALTINTAŐ' a, sağladığı imkânlardan dolayı ARGE Baőmühendisi Çağatay ÖNCEL' e ve yardımlarından dolayı Rafet Murat KIRÇIN' a teşekkür ederim

Bütün eğitim hayatım boyunca bana destek olan annem Emine ULAMIŞ ve babam őemsettin ULAMIŞ' a, tez çalışmam esnasında bana sabırla destek olan eőim Hafize ULAMIŞ' a, kızlarım Ayőe ULAMIŞ ve Zehra ULAMIŞ' a teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
ÖZET	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR	iii
İÇİNDEKİLER DİZİNİ	iv
ŞEKİLLER DİZİNİ	x
ÇİZELGELER DİZİNİ	xiv
SİMGELER DİZİNİ	xv
1. GİRİŞ	1
1.1. Tapanın Tanımı	1
1.2. Tapanın Fonksiyonları	2
1.2.1. Güvenlik.....	2
1.2.2. Kurma.....	2
1.2.3. Ateşleme.....	3
1.2.4. Zor Çalışma Koşullarına Dayanım	4
1.3. Tapaların Sınıflandırılması.....	5
1.3.1. Fonksiyonlarına Göre Tapalar	5
1.3.1.1. Çarpmalı Tapalar.....	6
1.3.1.1.1. Baştan Ateşlemeli Tapalar (Point Detonating Fuzes)	6
1.3.1.1.1.1. Çarpmalı Hassas Tapalar (Point Detonating Super Quick Fuzes).....	6
1.3.1.1.1.2. Çarpmalı Gecikmeli Tapalar (Point Detonating Delay Fuzes)7	7
1.3.1.1.2. Dipten Ateşlemeli Tapalar (Base Detonating Fuzes)	8
1.3.1.1.3. Baştan Algılamalı Dipten Ateşlemeli Tapalar (Point Initiating-Base	8
Detonating Fuzes).....	8
1.3.1.1.4. Ertelemeli Tapalar (Delay Fuzes).....	8
1.3.1.1.5. Satış Tapalar (Graze Fuzes)	9
1.3.1.2. Zaman Tapaları	9
1.3.1.2.1. Barut Zincirli Zaman Tapaları.....	9

1.3.1.2.2. Mekanik Zaman Tapaları	10
1.3.1.2.3. Elektronik Zaman Tapaları.....	11
1.3.1.3. Yaklaşım Tapaları	12
1.3.1.4. Kumanda Edilebilir Tapalar	13
1.3.1.5. Kombinasyonlu Tapalar	16
1.3.2. Mekanizmasının Türüne Göre Tapalar	17
1.3.3. Taktiksel Uygulama Alanına Göre Tapalar	18
1.3.4. Kullanılma Amacına Göre Tapalar	18
1.3.5. Kullanıldığı Mühimmatının Çeşidine Göre Tapalar	18
1.4. Tapa Bileşenleri	19
1.4.1. Güvenlik Mekanizması	19
1.4.2. Kurma Mekanizması	21
1.4.3. Patlayıcı Zinciri.....	22
1.4.4. Ateşleme Mekanizması	24
1.5. Elektronik Tapa Bileşenleri ve Tasarımı.....	26
1.5.1. Mekanik Donanım ve Tasarım.....	28
1.5.1.1. Tapa Bloğu (Balistik Form)	29
1.5.1.2. Tapa Atış Tespit Mekanizması (Mekanik).....	30
1.5.1.3. Güvenlik ve Kurma Mekanizması (Mekanik).....	31
1.5.1.4. Hedef Algılama (Mekanik)	34
1.5.1.4.1. Temas İle Algılama	34
1.5.1.4.2. Önceden Ayarlanmış Zaman Algılama	35
1.5.1.4.3. İntihar Mekanizması ile Algılama	35
1.5.1.5. Patlayıcı Aktivasyonu (Mekanik)	35
1.5.1.5.1. Delme ile Patlayıcı Aktivasyonu	36
1.5.1.5.2. Darbe ile Patlayıcı Aktivasyonu.....	37
1.5.1.5.3. Sıkıştırma ile Patlayıcı Aktivasyonu	37
1.5.1.5.4. Sürtünme ile Patlayıcı Aktivasyonu	38
1.5.1.6. Isıl ve Şok Dayanım Analizleri	38
1.5.2. Elektronik Donanım ve Tasarım	39
1.5.2.1. Analog Bölüm Tasarımı.....	39
1.5.2.1.1. Güç Besleme.....	40
1.5.2.1.1.1. Bakımlı Güç Besleme Ünitesi	41

1.5.2.1.1.2. Bakımsız Güç Besleme Ünitesi	42
1.5.2.1.1.2.1. Cam Tüp İçeren Çok Hücreli Güç Besleme Ünitesi	42
1.5.2.1.1.2.2. Türbin Tip Güç Besleme Ünitesi	43
1.5.2.1.1.2.3. Isıl Güç Besleme Ünitesi.....	44
1.5.2.1.2. Patlayıcı Aktivasyonu.....	46
1.5.2.1.3. Dijital Bölüm Tasarımı.....	47
1.5.2.1.4. Tapa Atış Tespit (Elektronik).....	48
1.5.2.1.4.1. İvme Algılama Anahtarları	48
1.5.2.1.4.2. MEMS Sensörlerle Atış Algılama	49
1.5.2.1.5. Güvenlik ve Kurma Mekanizması (Elektronik)	50
1.5.2.1.5.1. Payroteknik Güvenlik ve Kurma Mekanizması.....	50
1.5.2.1.5.2. Step Motor Güvenlik ve Kurma Mekanizması	51
1.5.2.1.5.3. Elektronik Güvenlik ve Kurma Mekanizması	51
1.5.2.1.5.4. MEMS Güvenlik ve Kurma Mekanizması	52
1.5.2.1.6. Elektronik Tapa Çeşitleri ve Hedef Algılama Yöntemleri (Elektronik).....	56
1.5.2.1.6.1 Elektronik Çarpma Tapaları.....	57
1.5.2.1.6.2. Elektronik Zaman Tapaları	58
1.5.2.1.6.3. Yaklaşım Tapaları.....	60
1.5.2.1.6.4. Çok Fonksiyonlu Tapalar	62
1.5.2.1.7. Patlayıcı Aktivasyonu (Elektronik)	63
1.5.2.1.8. Tapa Ayar Cihazı ve Tasarımı.....	63
1.5.3. Yakınlık Algılama Sistemi Tasarımı.....	64
1.5.3.1. RF Sistem Tasarımı.....	67
1.5.3.1.1. Göndermeç Katı Tasarımı	67
1.5.3.1.2. Anten Tasarımı	67
1.5.3.1.3. Alıcı Katı Tasarımı.....	68
1.5.3.1.4. RF Filtre Grubu Tasarımı	68
1.5.3.2. Elektromanyetik Ekranlama Tasarımı.....	68
1.5.3.3. Radom Analizi	68
1.5.4. Patlayıcı Donanım ve Tasarım.....	69
1.5.4.1. Patlayıcı Zinciri Elemanları	69
1.5.4.1.1. Başlatıcı Eleman (Primer ve Detonatör).....	70

1.5.4.1.2. Buster.....	70
1.5.4.2. Diğer Patlayıcı Elemanları	71
1.5.4.2.1. Geciktirme Elemanları.....	71
1.5.4.2.2. Aktarma Elemanları.....	72
1.5.4.2.3. Yemleme Elemanları	72
2. ELEKTRONİK TAPALAR.....	74
2.1. Elektronik Tapaların Avantajları.....	74
2.2. Elektronik Tapaların Dezavantajları	75
2.3. Elektronik Zaman Tapası Tasarımı.....	75
2.3.1. Mekanik Tasarım	76
2.3.1.1. Tapa Bloğu Tasarımı.....	76
2.3.1.2. Güvenlik ve Kurma Mekanizması Tasarımı	77
2.3.2. Elektronik Tasarım.....	80
2.3.2.1. Analog Bölüm Tasarımı.....	81
2.3.2.1.1. Güç Besleme Ünitesi	81
2.3.2.1.2. Patlayıcı Aktivasyonu.....	82
2.3.2.2. Dijital Bölüm Tasarımı	83
2.3.2.2.1. Tapa Atış Algılama	84
2.3.2.2.2. Elektronik Zaman Devresi Tasarımı	85
2.3.2.3. Elektronik Zaman Ayar Devresi Tasarımı	88
2.3.3. Patlayıcı Tasarımı	91
3. TAPAYA UYGULANACAK TESTLER VE SONUÇLARI.....	93
3.1. Tapa Testleri.....	93
3.1.1. Tasarım Geliştirme Testleri	93
3.1.2. Alt Bileşen Doğrulama Testleri	93
3.1.2.1. Patlayıcı Testleri	94
3.1.2.2. Mekanik Parça Testleri	94
3.1.2.3. Güç Kaynağı İçin Testler	95
3.1.3. Güvenlik Testleri.....	95
3.1.4. Denetim Testleri.....	96
3.2. Tasarım Kalifikasyon Testleri.....	96
3.2.1. A Grubu Mekanik Şok Testleri	97
3.2.1.1. Darbe Testi (Jolt)	97

3.2.1.2. Sarsıntı Testi (Jumble)	99
3.2.1.3. 12 Metre Düşürme Testi.....	100
3.2.1.4. 1 (Bir) ve 1,5 (Bir buçuk) Metre Düşürme Testi	100
3.2.1.5. Serbest Taşıma Testi	101
3.2.2. B Grubu Vibrasyon Testleri	101
3.2.2.1. Lojistik Titreşimi Testi.....	101
3.2.2.2. Taktik Titreşim Testi.....	102
3.2.3. C Grubu Klimatik Testler	102
3.2.3.1. Sıcaklık/Nem Testi.....	102
3.2.3.2. Vakum/ Buhar/ Basınç Testi	103
3.2.3.3. Tuz Sisi Testi	104
3.2.3.4. Su Geçirmezlik Testi.....	105
3.2.3.5. Mantar Testi	105
3.2.3.6. Aşırı Sıcaklık Testi.....	106
3.2.3.7. Isıl Şok Testi	106
3.2.3.8. Sızıntı Belirleme Testi	107
3.2.3.9. Toz Testi	108
3.2.3.10. Solar Radyasyon Testi	108
3.2.4. D Grubu Güvenlik, Kurma ve Fonksiyon Testleri.....	109
3.2.4.1. Primer Patlayıcı Bileşeni Emniyeti	109
3.2.4.2. Tapa Kurma Mesafesi Testi	110
3.2.4.3. Paralanma Zamanı Testi.....	110
3.2.4.4. Patlayıcı Etkinliği Testi.....	111
3.2.4.5. Yağmur Etkisi Testi	111
3.2.4.6. Hafif Temasta Patlamama Testi	111
3.2.4.7. Havan Mühimmatı Tapası Çift Yükleme Testi.....	112
3.2.4.8. Aşamalı Kurma Testi	112
3.2.5. E Grubu Hava Mühimmatı Testleri	112
3.2.5.1. Paraşütle Bırakma Testi	113
3.2.6. F Grubu Elektrik Ve Manyetik Etki Testleri	113
3.2.6.1. Elektrostatik Boşalma Testi	113
3.2.6.2. Yüksek İrtifa Elektromanyetik Testi.....	114
3.2.6.3. Elektromanyetik Radyasyon Zararları Testi	115

3.2.6.4. Elektromanyetik Radyasyon (Operasyonel Hazırlık) Testi	116
4. SONUÇ	117
KAYNAKLAR	120

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
Şekil 1.1. Çarpmalı hassas tapa kullanım alanları.....	7
Şekil 1.2. Çarpmalı gecikmeli tapa kullanım alanları	7
Şekil 1.3. PI-BD uçak mühimmatı tapası.....	8
Şekil 1.4. Barut zincirli zaman tapası İngiltere yapımı 80 Mk V tapası	10
Şekil 1.5. Junghans firması DM 93 model mekanik zaman tapası	11
Şekil 1.6. Junghans firması DM 52 A1 model elektronik zaman tapası	12
Şekil 1.7. Junghans firması DM 74 model yaklaşımli tapa.....	13
Şekil 1.8. Reutech Fuchs firması tapa ayar cihazı	13
Şekil 1.9. Kumanda edilebilir tapa.....	14
Şekil 1.10. Junghans firması yapımı ECF marka kumanda edilebilir tapa	14
Şekil 1.11. Kumanda edilebilir tapanın çalışma aşamaları	15
Şekil 1.12. Junghans firması yapımı Spacido marka tapa ve saçılım grafiği.....	15
Şekil 1.13. Junghans firması yapımı DM 84 çok maksatlı tapası	16
Şekil 1.14. Çok maksatlı tapa fonksiyonları	17
Şekil 1.15. Güvenli halde ve kurulmuş halde güvenlik mekanizması	20
Şekil 1.16. Mühimmatın konumuna göre güvenlik mekanizmasının pozisyonu	21
Şekil 1.17. Kurulma öncesi ve işlemi sonrası iğne- detonatör pozisyonları	22
Şekil 1.18. Kesintili patlayıcı zinciri.....	23
Şekil 1.19. Tapanın kurulma blok diyagramı.....	24
Şekil 1.20. Tapanın kurulma-fonksiyon gösterme blok diyagramı.....	25
Şekil 1.21. Tapa Tasarım Aşamaları Şematik Gösterimi.....	27
Şekil 1.22. Elektronik tapa fonksiyonel blok şeması	28
Şekil 1.23. İlgili askeri standarda göre tapa bloğu boyutları.....	30
Şekil 1.24. Geleneksel tapalarda kullanılan atış tespit mekanizması (atalet ve dönü). 31	
Şekil 1.25. Güvenlik ve kurma mekanizmasının tapa üzerindeki yeri.....	32
Şekil 1.26. Güvenlik ve kurma mekanizması şekli	33
Şekil 1.27. 1 ve 2 numaralı dişlilerin hareketi	33
Şekil 1.28. Delme ile patlayıcı aktivasyonu.....	36
Şekil 1.29. Delme ile patlayıcı aktivasyonu.....	36

Şekil 1.30. Darbe ile patlayıcı aktivasyonu.....	37
Şekil 1.31. Sıkıştırma ile patlayıcı aktivasyonu.....	38
Şekil 1.32. Sürtünme ile patlayıcı aktivasyonu.....	38
Şekil 1.33. Yaklaşım tapası güç-zaman göre grafiği.....	40
Şekil 1.34. Bakımsız güç besleme sistemi	41
Şekil 1.35. Deihl&Eager Picher firması yapımı lityum tionil klorür pil.....	42
Şekil 1.36. Lityum tionil klorür pilin aktivasyona geçiş aşamaları.....	43
Şekil 1.37. M 734 Tapası türbin tip güç besleme ünitesi.....	44
Şekil 1.38. Isıl pil bileşenleri	45
Şekil 1.39. Isıl pil kesit görüntüsü.....	45
Şekil 1.40. TÜBİTAK-SAGE'nin ürettiği ısıl piller.....	46
Şekil 1.41. Elektrikli kapsül	46
Şekil 1.42. Kimyasal ve elektronik gecikme modüllü kapsül.....	47
Şekil 1.43. İvme algılama anahtarı.....	49
Şekil 1.44. Dairesel ivmeyi algılayan anahtar.....	49
Şekil 1.45. Doğrusal ivmeyi algılayan anahtar	49
Şekil 1.46. MEMS ivme sensörü	50
Şekil 1.47. Kurma için kullanılan körük piston	51
Şekil 1.48. Elektronik güvenlik ve kurma mekanizması çalışma akış diyagramı.....	52
Şekil 1.49. Silikon tabanlı başlatıcı yonga	53
Şekil 1.50. Mikro başlatıcı/Mikro aktüatör	53
Şekil 1.51. On-Off Anahtar	54
Şekil 1.52. Off-On anahtar	55
Şekil 1.53. Silikon tabanlı başlatıcı yonga bitmiş resmi	55
Şekil 1.54. MEMS güvenlik ve kurma mekanizması.....	56
Şekil 1.55. MEMS Güvenlik Ve Kurma Mekanizmasının çalışma adımları.....	56
Şekil 1.56. Elektronik tapa çeşitleri	57
Şekil 1.57. Elektronik çarpma tapası çalışma akış şeması.....	58
Şekil 1.58. Elektronik zaman tapası çalışma akış şeması	59
Şekil 1.59. Yaklaşım özelliği bulunan kombinasyon tapası	60
Şekil 1.60. Yaklaşım tapası çalışma akış şeması	61
Şekil 1.61. Çok maksatlı tapanın çalışma akış şeması	62
Şekil 1.62. Patlayıcı aktivasyon devresi.....	63

Şekil 1.63. Yaklaşım algılama yöntemleri	65
Şekil 1.64. Frekans modüleli sürekli dalga çalışması blok diyagramı.....	66
Şekil 1.65. Junghans firması yaklaşım sistemi tasarımı aşamaları	66
Şekil 1.66. Primer ve detonatör.....	70
Şekil 1.67. Geciktirme elemanının primere eklenmiş hali.....	71
Şekil 1.68. Aktarma elemanı.....	72
Şekil 1.69. Kurulmamış ve kurulmuş hallerdeki patlayıcı zinciri.....	73
Şekil 2.1. İlgili askeri standarda uygun tapa boyutu	77
Şekil 2.2. Güvenlik ve kurma mekanizmasının tapa üzerindeki yeri.....	78
Şekil 2.3. Güvenlik ve kurma mekanizması alt bileşenleri.....	79
Şekil 2.4.a. Kurulmamış pozisyonda güvenlik ve kurma mekanizması	79
Şekil 2.4.b. Kurulmuş pozisyonda güvenlik ve kurma mekanizması	79
Şekil 2.5. Elektronik zaman tapası akış şeması	80
Şekil 2.6. Tasarlanan elektronik zaman tapasının fonksiyonel blok diyagramı.....	81
Şekil 2.7. Güç besleme ünitesinin tapa içerisindeki yeri	82
Şekil 2.8. Patlayıcı aktivasyon devresi.....	83
Şekil 2.9. İvme algılayıcı sensör	85
Şekil 2.10. Dönü ve ivme algılayıcı sensör.....	85
Şekil 2.11. Elektronik zaman devresi blok diyagramı	86
Şekil 2.12. Elektronik zaman devresi PCB (baskı devre çizimi) görünümü.....	87
Şekil 2.13. Mikrokontrolör devresi bağlantıları.....	87
Şekil 2.14.: 4x4 tuş takımı	88
Şekil 2.15. 4x4 display bağlantı şeması	89
Şekil 2.16. 74C922 ve tuş takımı bağlantı şeması	89
Şekil 2.17. Elektronik zaman ayar devre şeması.....	90
Şekil 2.18. Elektronik zaman ayar devresi PCB çizimi	90
Şekil 2.19. Paralanma devresi ve kondansatör boşalma grafiği.....	91
Şekil 2.20. Elektrikli kapsül, detonatör ve busterin tapa üzerindeki yeri	92
Şekil 3.1. Yüksek ivme test ekipmanı.....	95
Şekil 3.2. İlgili standartta belirtilen darbe testi ekipmanı	98
Şekil 3.3. Darbe test ekipmanı	98
Şekil 3.4. İlgili standartta belirtilen sarsıntı testi ekipmanı.....	99
Şekil 3.5. Sarsıntı test ekipmanı.....	99

Şekil 3.6. Düşürme testi test ekipmanı.....	100
Şekil 3.7. Vakum- buhar- basınç test ekipmanı	103
Şekil 3.8. Tuz sisi testi için ilgili standardın tariflediği şekil.....	104
Şekil 3.9. Tuz sisi testi test ekipmanı.....	105
Şekil 3.10. Isıl şok testi test ekipmanı.....	107
Şekil 3.11. Toz testi test ekipmanı	108
Şekil 3.12. Solar radyasyon test ekipmanı	109
Şekil 3.13. Primer patlayıcı bileşeni testi için ilgili standart tarafından tariflenen şekil ...	110
Şekil 3.14. Elektrostatik boşalma testi için ilgili standardın tariflediği şekil.....	114
Şekil 3.15. Yüksek irtifa elektromanyetik testi için ilgili standardın tariflediği şekil.....	115
Şekil 3.16. Elektromanyetik radyasyon testi için ilgili standardın tariflediği şekil	116
Şekil 4.1.a. 2.2 saniye sonunda paralanma	118
Şekil 4.1.b. 2.4 saniye sonunda paralanma	118
Şekil 4.2.a. 2.6 saniye sonunda paralanma	118
Şekil 4.2.b. 10 saniye sonunda paralanma	118
Şekil 4.3.a. 15 saniye sonunda paralanma.....	119
Şekil 4.3.b. 20 saniye sonunda paralanma	119
Şekil 4.4.a. 30 saniye sonunda paralanma.....	119
Şekil 4.4.b. 60 saniye sonunda paralanma	119

ÇİZELGELER DİZİNİ

<u>Çizelge</u>	<u>Sayfa</u>
1.1. NATO Tapa&Başlatma Sistemleri STANAG' ları.....	4
1.2. NATO Tapa&Başlatma Sistemleri AOP' leri.....	5
1.3. Tapa Güvenlik Sistemi Sayısına göre Güvenlik ve Güvenilirlik Değerleri.....	26

SİMGELER DİZİNİ

SİMGELER

P	Adım sayısı
T	Diş Sayısı
ω	Açısal Hız
i	Çevirme Oranı (Sabit)
n	Devir Sayısı
d	Bölüm Dairesi Çapı (Dişin dibi ile dişin ucu arasındaki ortalama çap)

KISALTMALAR

NATO	North Atlantic Treaty Organization
STANAG	Standardization Agreement
AOP	Allied Ordnance Publications
PD	Point Detonating
PDSQ	Point Detonating Super Quick
PDD	Point Detonating Delay
BD	Base Detonating
PI-BD	Point Initiating-Base Detonating
RFID	Radio Frequency Identification
GPS	Global Positioning System
APERS	Antipersonal
AP	Armor-Piercing
HE	Blast or High Explosive
CP	Concrete-Piercing
HEAT	High Explosive Anti-Tank
RF	Radio Frequency

MEMS	Micro Electromechanical Systems
IF	Intermediate Frequency
FFT	Fast Fourier Transform
FPGA	Field Programmable Gate Array
VT	Variable Time
FM/CW	Frequency Modulated Continuous Wave
CW	Continuous Wave
PETN	Pentaerythrol Tetranitrate
RDX	Royal Demolition Explosive (CyclotrimethyleneTrinitramine)
TNT	Trinitrotoluen
PCB	Printed Circuit Board

1. GİRİŞ

1.1. Tapanın Tanımı

Modern bir ordunun sahip olduğu roketler, bombalar, el bombaları ve çeşitli mühimmatlar o ordunun sahip olduğu gücü gösterir. Bu gücün gerçek manada güç olabilmesi için ise bu mühimmatların kullanma, saklanma ve fırlatılma esnasında çeşitli güvenlik seviyelerine sahip olması gerekmektedir. Bu durum, mühimmatların içerisinde bazı güvenlik mekanizmalarının (elektronik, mekanik veya kimyasal) kullanılmasını ve çok zor şartlarda bile bu mekanizmaların düzgün bir şekilde çalışmalarını zorunlu kılmaktadır.

Bunların yanı sıra, bir mühimmatın etkinliğinin olması için, atışı yapıldıktan sonra istenilen durum ve şartları sağladığında fonksiyon göstermesi beklenir. Böylece mühimmatın atıldığı hedef üzerindeki amacı ve tahribatı istenildiği gibi olacaktır. Bunun için ise mühimmatın atıldığı ortamın ve fonksiyon gösterme tipinin belirlenmesi, bazı mekanizmalara sahip olması gerekmektedir.

Bütün bu gereksinimleri sağlayan sisteme tapan denir. Daha geniş bir tanım yapmak gerekirse;

Tapan, mühimmatın atış anından önce ve atış anından infilak anına kadar olan sevk sürecinde güvenliğini sağlayan, içerisinde elektronik, mekanik ve kimyasal alt bileşenler içeren ve en önemlisi bir mühimmatın hangi şartlar altında fonksiyon göstereceğine karar veren mekanizmaya verilen ada denir. Bu fonksiyon gösterme, önceden girilmiş bir zaman bilgisiyle, tapanın fiziki olarak bir yere temasıyla veya mühimmatın zemine göre belli bir mesafe yüksekliğe ulaşmasıyla olabileceği gibi bunlardan farklı bir yöntemle de olabilir.

Bu tanım doğrultusunda, bir tapanın gerçekleştirilmesi gereken beş temel işlevi;

- Mühimmatı güvenli halde tutmak
- Mühimmatı paralanmaya hazır hale getirmek
- Hedefi tanımlamak veya belirlemek

- Mühimmatın paralanma işlevini başlatmak ve
- Patlama yönünü belirlemek (sadece bazı özel tapalarda) [1] olarak sıralanabilir.

1.2. Tapanın Fonksiyonları

Bir tapanın dört tane fonksiyonu yerine getirmesi gereklidir. Bunlar; tapanın güvenliği, patlayıcı zincirinin kurulması, istenilen nokta veya istenilen zamanda fonksiyon göstermesi ve bu gereksinimlerin en zor şartlarda bile bu fonksiyonlarını problemsiz bir şekilde yerine getirmesidir.

1.2.1. Güvenlik

Tapalar, patlayıcı ihtiva ettikleri için depolama, elle veya araçla taşıma ve mühimmatın atışının yapılması esnasında güvenli olmalıdır. Herhangi bir yanlış kullanım olması durumunda, personel veya bulunduğu ortama zarar vermeyecek şekilde tasarlanması gerekmektedir. Kabul edilebilir tehlike seviyesi 1×10^{-6} olarak belirlenmiştir [2].

1.2.2. Kurma

Mühimmatların atışı esnasındaki ortam koşullarının (şok, dönü, ısı, basınç etkisi gibi) algılanıp, patlayıcı zincirinin aynı eksen üzerine gelmesinin sağlanması, elektronik anahtarların kapatılması ve bundan sonra mühimmatın ateşlenmeye hazır hale getirilmesi için gerekli şartların sağlanması durumudur. Tapanın kurulması, atış esnasındaki ve sonrasında oluşacak kuvvetler vasıtasıyla ve birbirini takip eden adımlar şeklinde olmalıdır [4].

Tapa içerisindeki kurma fonksiyonu, tapanın kullanılacağı mühimmatın çeşidine göre değişiklik gösterir. Bu yüzden tapa tasarımı yapılırken, tapanın kullanılacağı mühimmatın atışı esnasında oluşacak kuvvetlerin net bir şekilde bilinmesi gereklidir.

Kurulmayı kontrol eden tapa sistem öğeleri, özellikleri, güvenlik mantık parçaları da dahil olmak üzere sadece kurulmayı kontrol etmeye adanmış olmalıdır. Başka bir işlem için kullanılmamalı ve sadece kurma işlemini yapmak üzere tasarlanmalıdır [4].

Tapanın kurma mekanizmasının yanlışlıkla fonksiyon göstermesi durumu bir milyonda bir ihtimalden fazla olmamalıdır [5]. Kurma mekanizmasının barındırdığı güvenlik sistemlerinin sağlamlığı, analizleri, testleri ve kontrolleri tapa sistemleri üzerinde otorite sahibi kişi veya kurumlar tarafından yapılabilir [4].

1.2.3. Ateşleme

Bir mühimmatın, önceden belirlenmiş bir zamanda veya istenilen bir noktada fonksiyon göstermesinin sağlanması gerekmektedir. Ateşleme fonksiyonu, ateşleme enerjisini (elektriksel, mekanik veya optik) patlayıcı zincirinin tutuşması işlemine veya paralanma dalgasına çeviren bileşen veya bileşenlerdir. Ateşleme sistemleri için en önemli gereksinim, patlayıcı zincirini harekete geçirecek enerjinin, kazara başlamayacak kadar güvenli bir seviyede olması gerekliliğidir.

Sistem için elektrikli ateşleme başlatma sistemi kullanılmış ise, tapanın tasarımı; tapanın kullanım ömrü dolduktan sonra veya herhangi bir şekilde tapanın arızalanması durumunda, ateşleme enerjisini boşaltacak, tüketecek, azaltarak azaltarak bitirecek bir güvenlik önlemi tasarımı bulunmalıdır [4].

İki tip ateşleyici başlatıcı sistemi vardır. Bunlardan ilki düşük voltaj ya da düşük enerji ateşleme başlatıcıları, diğeri ise yüksek voltaj ya da yüksek enerji ateşleme başlatıcılarıdır [2].

1.2.4. Zor Çalışma Koşullarına Dayanım

Yukarıda sıralanmış güvenlik, kurma ve ateşleme gibi işlevsel gereksinimler, tapanın en zor koşullardaki atışında bile fonksiyonunu eksiksiz olarak yerine getirmelidir. Bunun sonucu olarak, bir tapa tasarımı yapılırken karşılaşılabilecek muhtemel operasyonel ortamlar düşünülerek tasarımın yapılması gerekmektedir. Bu şartlar askeri standartlarla belirlenmekte olup, bunların dışına çıkılarak yapılan veya tasarlanan tapalar son ürün olarak değer kazanamaz.

Tapa için belirtilen bütün bu askeri standartlar, NATO (North Atlantic Treaty Organization) bünyesindeki AC326 adı verilen, tüm NATO üyesi ülkelerden katılan temsilciler tarafından belirlenir ve güncellenir. NATO Tapa ve Başlatma Sistemleri için hazırlanan STANAG (Standardization Agreement) ve AOP' ler (Allied Ordnance Publications) çizelge 1.1 ve çizelge 1.2' de görüldüğü gibidir.

Çizelge 1.1. NATO Tapa&Başlatma Sistemleri STANAG' ları

NATO Tapa&Başlatma Sistemleri STANAG' ları	
STANAG Numarası	STANAG İsmi
2916	Nose Fuze Contours and Matching Projectile Cavities for Artillery and Mortar Projectiles
4157	Fuzing Systems: Test Requirements for the Assessment of Safety and Suitability for Service
4187	Fuzing Systems: Safety Design Requirements
4326	NATO Fuze Characteristic Data (AOP8)
4363	Fuzing Systems- Development Testing for the Assessment of Lead and Booster Explosive Components
4369	Design Requirements For Inductive Setting Of Medium Caliber Electronic Projectile Fuzes
4560	Electro-Explosive Device, Assessment and Test Methods For Characterization

Çizelge 1.2. NATO Tapa&Başlatma Sistemleri AOP' leri

NATO Tapa&Başlatma Sistemleri AOP' leri	
AOP Numarası	AOP İsmi
8	NATO Fuze Characteristics Catalogue
16	Fuzing Systems- Design Guidelines for STANAG 4187
20	Manual of Tests for the Safety Qualification of Fuzing Systems
21	Fuzing Systems: Manual of Development Characterization and Safety Test Methods and Procedures for Lead and Booster Explosive Components
22	Design Criteria and Test Methods for Inductive Setting of Electronic Projectile Fuzes
43	Electro- Explosive Devices: Test Methods for Characterization: Guidelines for STANAG 4560

1.3. Tapaların Sınıflandırılması

Tapaları; kullandıkları mühimmatın tipine, atış anındaki taktik uygulamaya, işlevine, içerdiği alt bileşenlerin türüne ve atıldığı ortama bağlı olarak çeşitli kategoriler altında sınıflandırmak mümkündür. Çok farklı kullanma çeşidi olduğu için bu kategorilerde kendi içerisinde alt kategorilere ayrılabilir.

1.3.1. Fonksiyonlarına Göre Tapalar

Tapaları gösterdikleri fonksiyonunun çeşidine göre de sınıflandırmak mümkündür. Operasyon ilkesine bağlı olarak tapalar;

1.3.1.1. Çarpmalı Tapalar

Bu tip tapalarda genel amaç, mühimmat havadayken veya atıştan belli bir süre sonra değil, herhangi bir yere temas etmesinden sonra fonksiyon göstermesinin sağlanmasıdır. Çarpmalı tapalarda çarpma fonksiyonu iki farklı şekilde algılanabilir.

1. Mekanik çarpma algılama: Bu şekilde algılama genellikle tapanın uç kısmına yerleştirilmiş bir iğne ve bu iğnenin arkasında yerleştirilmiş bir patlayıcı ile sağlanmaktadır.
2. Elektronik çarpma algılama: Çarpma anında oluşacak çok yüksek negatif ivmeyi algılayarak mühimmatın çarptığına kanaat getiren elektronik sensör veya entegre bütünü ve bu algılama sonrasında elektrikli kapsülün fonksiyon göstermesini sağlayacak gerekli akım değerini ortaya çıkartan elektronik modülden oluşur.

Çarpmalı tapaları 4 farklı şekilde incelemek mümkündür.

1.3.1.1.1. Baştan Ateşlemeli Tapalar (Point Detonating Fuzes)

Mühimmatın uç kısmına yerleştirilen bu tapalar, hedefe çarpma anında oluşan kuvvetle paralanma işlemini başlatan tip tapalardır. Baştan ateşlemeli tapalar, patlayıcı zinciri harekete geçtikten sonraki paralanma hızına göre iki farklı şekilde incelenir.

1.3.1.1.1.1. Çarpmalı Hassas Tapalar (Point Detonating Super Quick Fuzes)

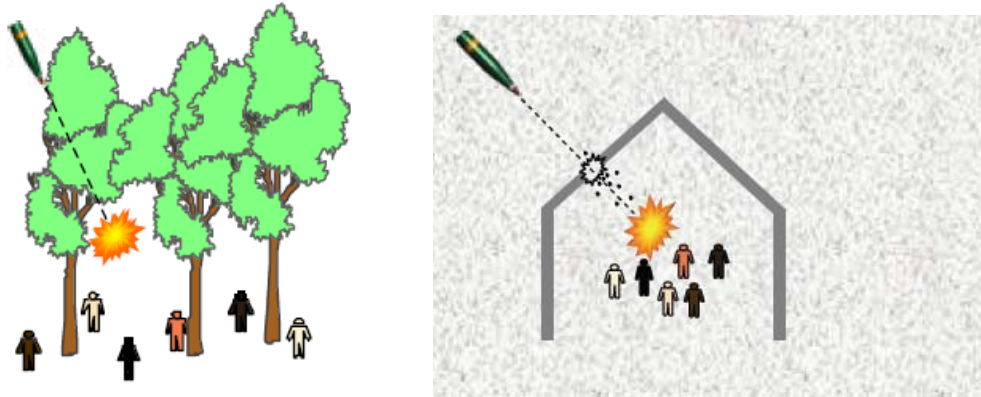
Çarpma işlemi gerçekleşip, patlayıcı zinciri fonksiyona geçtikten sonra paralanma işleminin çok hızlı bir şekilde olduğu tapalardır. Paralanma hızı genellikle tapanın içindeki patlayıcının paralanma hızıyla alakalıdır. Operasyonel olarak, bir tank veya ateşleyici mekanizmaya sahip hedeflere ve personele zarar vermek için kullanılan tip tapalardır.



Şekil 1.1. Çarpmalı hassas tapa kullanım alanları [10]

1.3.1.1.1.2. Çarpmalı Gecikmeli Tapalar (Point Detonating Delay Fuzes)

Çarpma işlemi gerçekleşip, patlayıcı zinciri fonksiyon gösterdikten sonra paralanma işleminin belli bir süre gecikmeyle olmasını sağlayan tip tapalardır. Bu gecikme topçu tapalarında genellikle 5-6 milisaniye kadardır. Gecikme mekanizması yeni nesil tapalarda elektronik olarak yapılırsa da, genellikle kimyasal olarak gecikmeli paralanan patlayıcıların kullanılmasıyla yapılır. Operasyonel olarak bu tip tapalar lojistik önemi olan bir yola zarar vermek, bir binanın önüne atılmak suretiyle binayı yıkmak veya bir binanın veya bir sistemin içinde bulunan personele- donanıma zarar vermek için kullanılır.



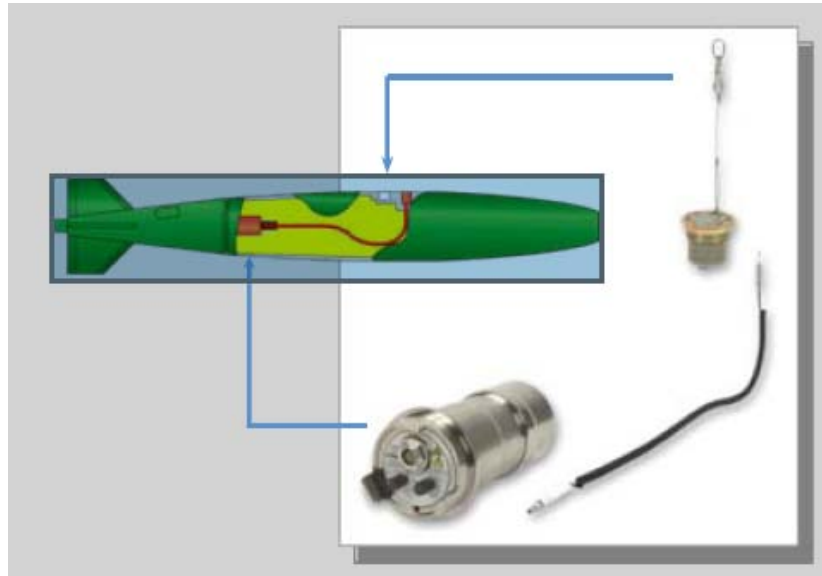
Şekil 1.2. Çarpmalı gecikmeli tapa kullanım alanları [10]

1.3.1.1.2. Dipten Ateşlemeli Tapalar (Base Detonating Fuzes)

Mühimmatın alt kısmına yerleştirilmiş olan bu tapalar, mühimmatın uç kısmında oluşan çarpma etkisinden hemen sonra çarpmanın algılanarak fonksiyon göstermesini sağlayan tip tapalardır.

1.3.1.1.3. Baştan Algılamalı Dipten Ateşlemeli Tapalar (Point Initiating-Base Detonating Fuzes)

Baştan algılamalı dipten ateşlemeli tapalarda, tapanın uç kısmında bulunan mekanizma hedefi algılar ve paralanma işlemi için gerekli sinyali mühimmatın alt kısmında bulunan paralanma birimine gönderir. Bu tip tapalar genellikle havadan karaya atılan mühimmatlarda kullanılır.



Şekil 1.3. PI-BD uçak mühimmatı tapası [11]

1.3.1.1.4. Ertelemeli Tapalar (Delay Fuzes)

Ertelemeli tapalar, mühimmatın atılması işleminden sonra, içerisinde bulunan mekanik, elektronik veya kimyasal bileşenler sayesinde istenilen süre sonunda

fonksiyon gösteren tapalardır. Erteleme süresi birkaç dakika olabileceği gibi günler sonrasında da olabilir. Operasyonel olarak bir alanın mühimmatlarla kirletilmesi durumunda kullanılır. Genellikle su altı mayınlarında ve bombalarda kullanılırlar.

1.3.1.1.5. Satih Tapalar (Graze Fuzes)

Atışı yapılan bir mühimmat hedefe genellikle 90 dereceden daha az bir açıyla çarpar. Hatta bazen bu çarpma açısı 10-15 derece seviyelerinde olabilir. Ayrıca atılan mühimmatın düştüğü yer her zaman sert bir zemin olmayıp, bataklık veya kumluk alanlar olabilir. Böyle durumlarda, tapa üzerindeki çarpmayı algılayan mekanizmalar için uygun ivme kuvveti oluşmaz. Böyle bir durumda tapanın fonksiyon göstermemesi riski oluşur.

Bu gibi durumlarda kullanılmak üzere satih tapalar tasarlanmıştır. Eğer mühimmatın hızı veya dönüşü hissedilir bir şekilde azalmışsa, tapa içerisindeki mekanizma harekete geçer ve herhangi bir çarpmaya gerek kalmadan tapa fonksiyon gösterir.

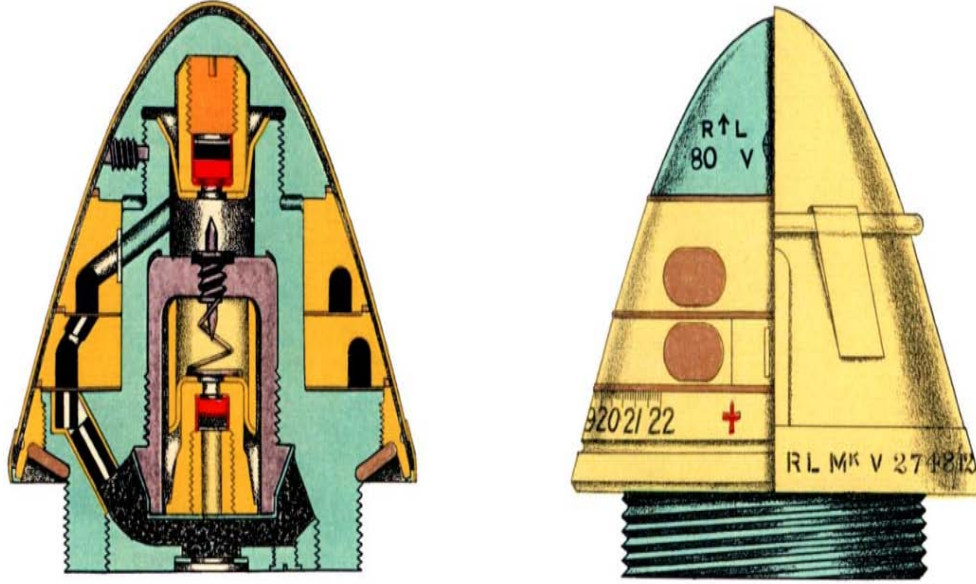
1.3.1.2. Zaman Tapaları

Zaman tapaları, mühimmatın atıldığı andan itibaren veya kurulma işleminin başlamasından sonra geçen belirli bir sürenin sonunda fonksiyon gösteren tapalardır. Operasyonel olarak zaman tapaları çoğunlukla aydınlatma mühimmatlarında ve sis mühimmatlarında kullanılır. Zaman tapaları, zamanı ölçme mekanizmasının cinsine göre alt sınıflara ayrılırlar. Bunlar;

1.3.1.2.1. Barut Zincirli Zaman Tapaları

Tapa içerisinde, yanma hızı bilinen patlayıcıdan oluşan bir yolu olan ve bu yolun uzatılması veya kısaltılması vasıtasıyla zaman bilgisinin tapaya yüklendiği tapa çeşididir. Zaman bilgisi bir ayar vidası veya tapanın dış formunun çevrilmesi

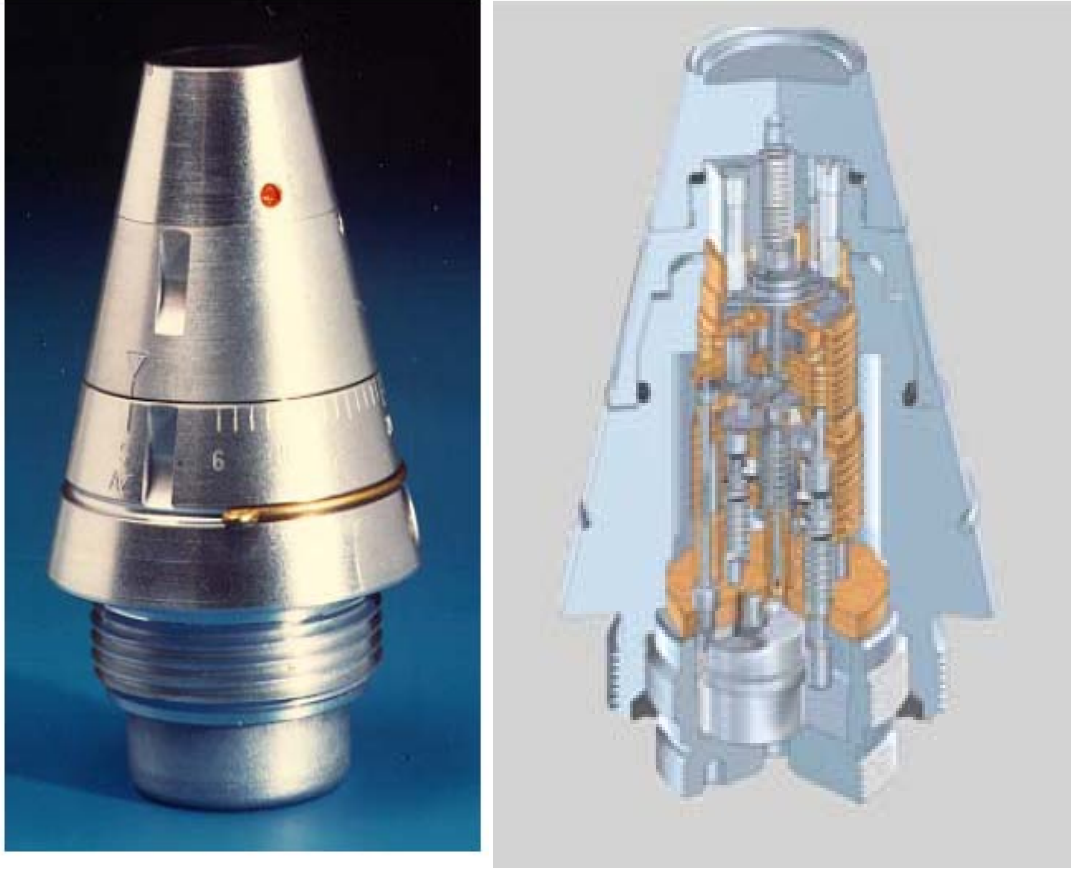
şeklinde tapaya girilir. Birinci dünya savaşında kullanılan zaman tapalarının büyük bir çoğunluğu barut zincirli zaman tapasıdır.



Şekil 1.4. Barut zincirli zaman tapası İngiltere yapımı 80 Mk V tapası [12]

1.3.1.2.2. Mekanik Zaman Tapaları

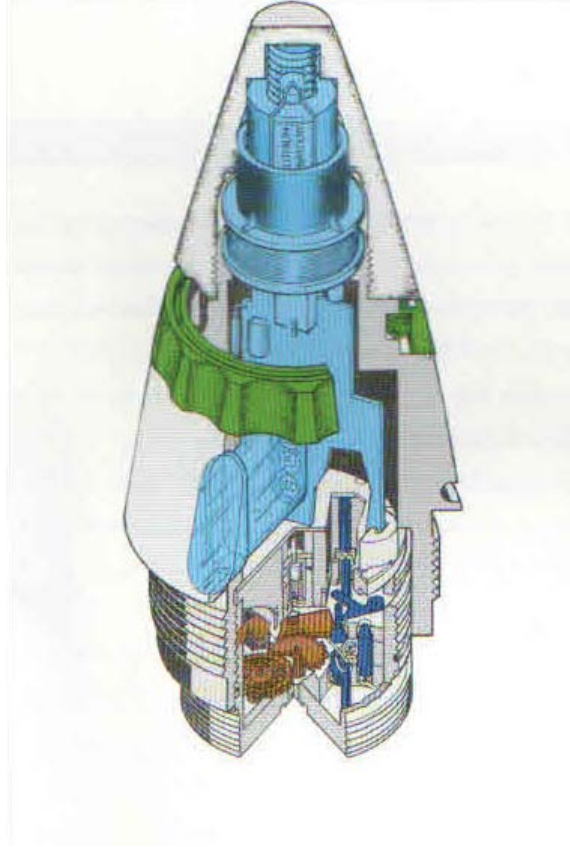
Tapa içerisinde, mekanik saatlerin içerisinde bulunan dişli ve çark grubu gibi mekanizmalar sayesinde zaman ayar bilgisinin aktarıldığı tapa cinsidir. Zaman bilgisi tapaya, “tapa ayar anahtarı” aracılığıyla veya tapa üzerinde bulunan “tapa zaman ayar bileziği” vasıtasıyla girilebilir. Girilen zaman süresi dolduktan sonra dişli mekanizması, yay ile sıkıştırılmış haldeki iğneyi serbest bırakarak tapanın fonksiyona geçmesini sağlar.



Şekil 1.5. Junghans firması DM 93 model mekanik zaman tapası [13]

1.3.1.2.3. Elektronik Zaman Tapaları

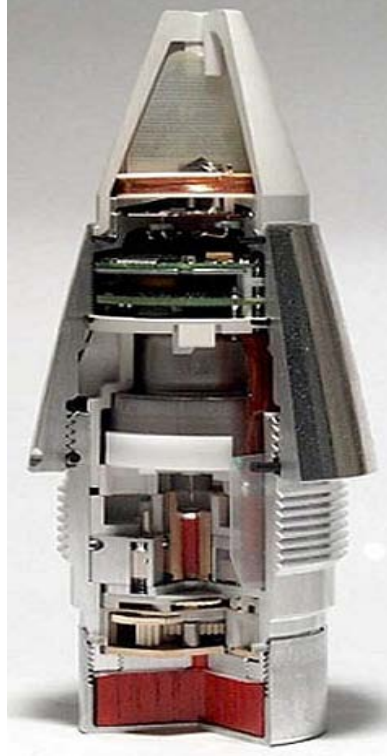
Tapa içerisine yerleştirilmiş olan elektronik birime zaman bilgisinin girilmesi ve bu elektronik birimin istenilen zaman sonunda elektrikli kapsülün fonksiyon göstermesi için gerekli akım/gerilim değerini vermesi prensibine göre çalışır. Zaman bilgisinin girilmesi, tapa üzerindeki “tapa zaman ayar bileziği” veya RFID (radyo frekansıyla tanıma teknolojisi) (Radio Frequency Identification) kullanılarak elektromanyetik olarak yapılır.



Şekil 1.6. Junghans firması DM 52 A1 model elektronik zaman tapası [14]

1.3.1.3. Yaklaşım Tapaları

II. Dünya Savaşı esnasında tasarlanıp kullanılan yaklaşım tapaları, mühimmatın hedefe çarpmadan önce, yaklaşım sensöründen aldığı mesafe bilgisi ile belirli bir mesafe yakınlaştığı zaman fonksiyon gösteren tapalardır. Operasyonel olarak genellikle personel, uçak ve gemi güvertelerine zarar vermek amaçlı tasarlanmışlardır. İçerisinde bulunan yaklaşım sensörü için çeşitli seçenekler söz konusu olsa da en yaygın kullanılan doppler prensibiyle çalışan yaklaşım sensörüdür. Paralanma mesafesi tapaya, radyo frekansı ile tanıma teknolojisi kullanılarak elektromanyetik olarak yüklenir. Bu yöntemle yapılabilmesi için tapa ayar cihazına ihtiyaç vardır. Tapa ayar cihazıyla ilgili istenen şartlar askeri standartla belirlenmiştir [7]. Yaklaşım tapaları ve alt bileşenleri hakkında detay bilgi daha sonra verilecektir.



Şekil 1.7. Junghans firması DM 74 model yaklaşımli tapa

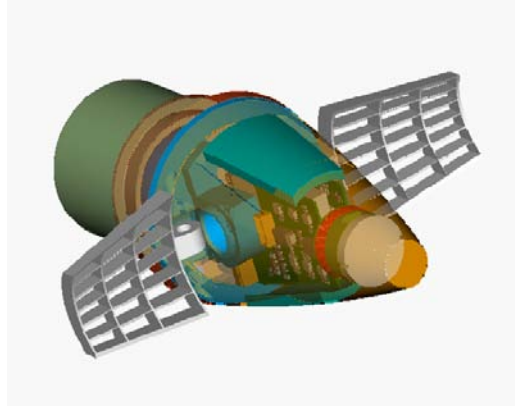


Şekil 1.8. Reutech Fuchs firması tapa ayar cihazı [15]

1.3.1.4. Kumanda Edilebilir Tapalar

Kumanda edilebilir tapalar, mühimmat atışı yapıldıktan sonra, mühimmat henüz yere düşmemişken tapanın kontrol edilerek istenildiği şekilde fonksiyon göstermesi

sağlanan tapalardır. Tapalarla uzak bir noktadan, elektriksel veya optiksel olarak iletişime geçirilmesi şeklinde çalışılsa da en çok kullanılan yöntem küresel pozisyonlama sistemi (GPS) ile tapaya hedef koordinatlarının verilmesi şekliyle olur.



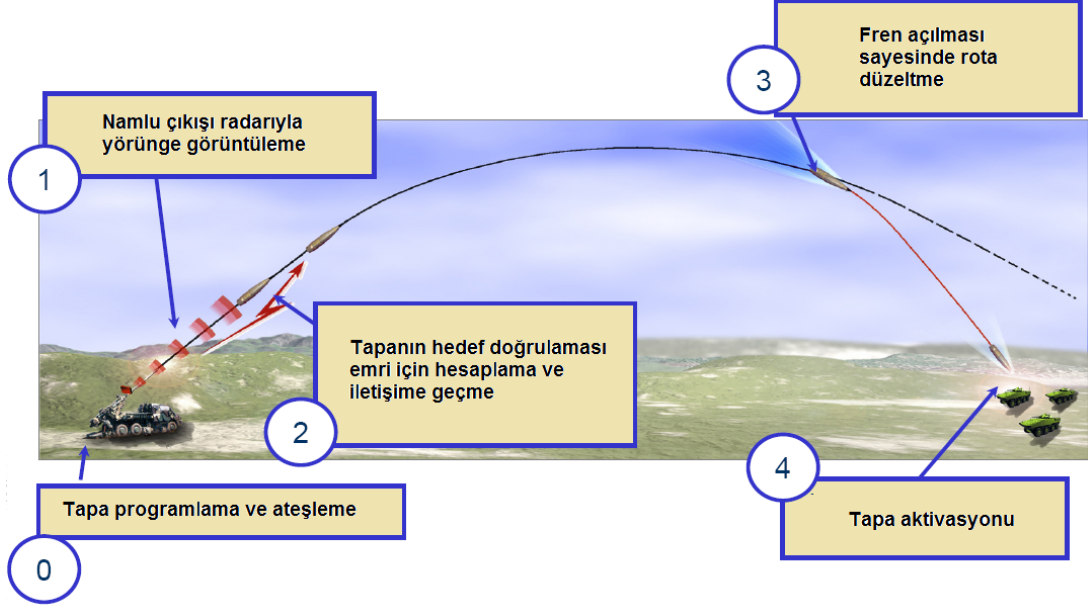
Şekil 1.9. Kumanda edilebilir tapa [16]



Şekil 1.10. Junghans firması yapımı ECF marka kumanda edilebilir tapa [17]

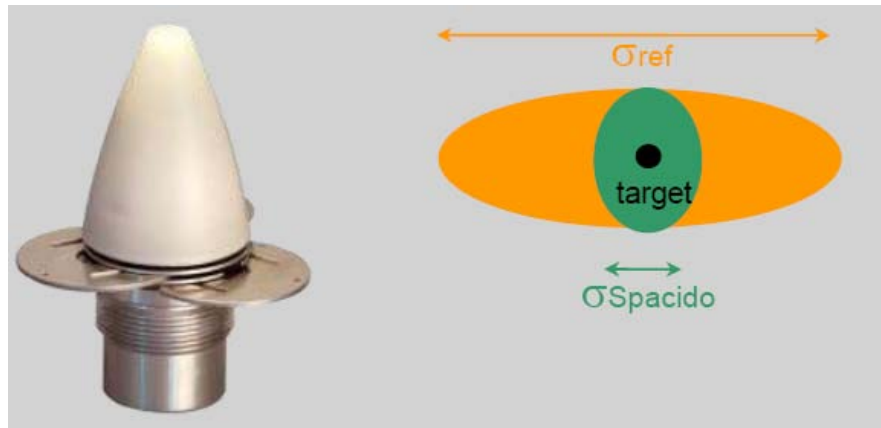
Kumanda edilebilir tapalar, güdümlü mühimmatlardan farklı bir yapıya sahiptir. Güdümlü mühimmatlarda, mühimmat üzerinde açılan kanatçıklar vasıtasıyla mühimmatın yönü bütün eksenlerde değiştirilebilirken kumanda edilebilir tapalarda fren görevi gören paletler açılarak mühimmatın tek eksen üzerinde düşeceği yere müdahale edilir. Bu sebeple Şekil 1.10' da görüldüğü gibi kumanda edilebilir

tapalarla atış yapılırken her zaman hedeften daha uzak bir noktaya nişan alınır. Kumanda edilebilir bir tapanın atışı esnasında izlenen yol şekil 1.11’ de gösterildiği gibidir.



Şekil 1.11. Kumanda edilebilir tapanın çalışma aşamaları [8]

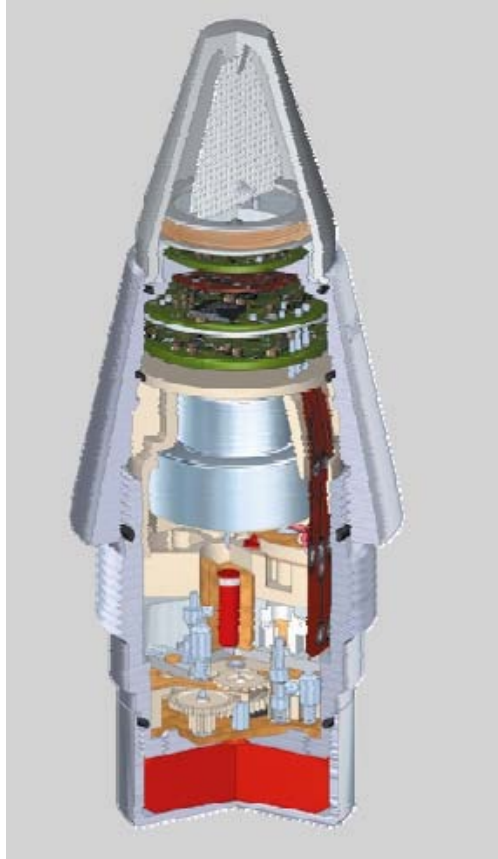
Şekil 1.12 de JUNGHANS firması yapımı SPACIDO marka kumanda edilebilir tapa görülmektedir. “ σ_{ref} ” ile gösterilen saçılım normal bir tapa ile atışı yapılan mühimmatın saçılım aralığı, “ $\sigma_{Spacido}$ ” ile gösterilen saçılım ise SPACIDO marka tapayla atışı yapılmış mühimmatın saçılım aralığıdır.



Şekil 1.12. Junghans firması yapımı Spacido marka tapa ve saçılım grafiği [17]

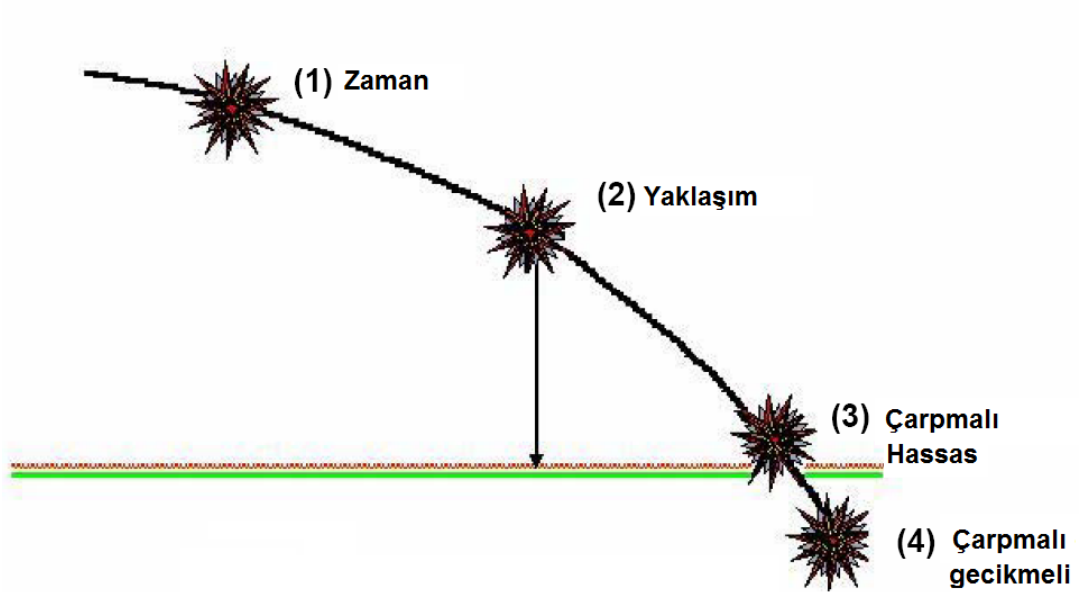
1.3.1.5. Kombinasyonlu Tapalar

Şu ana kadar anlatılan tapaların özelliklerinden birden fazlasını içinde barındıran tapa çeşidine kombinasyonlu tapalar denir. Bu tapaların çoklu seçenekleri vardır. Yapılacak atışın öncelikli moduna birincil mod, eğer birincil mod fonksiyon göstermezse harekete geçecek moda ikincil mod denir. Böylece tek bir mühimmat atışı farklı taktik uygulamalarına hizmet eder. Yeni nesil tapaların büyük bir çoğunluğu kombinasyon tapası olup, en modern çok maksatlı tapalardır. Çok maksatlı tapalar içerisinde elektronik çarpma, çarpmalı gecikme, elektronik zaman ve yaklaşım fonksiyonlarını içerir. Bu tapalar, atış öncesinde tapa ayar cihazı ile elektronik çarpma, zaman veya yaklaşım özelliklerinden birisi seçilip istenilen değer girilerek kurulur. Eğer herhangi bir kurma işlemi yapmadan atış yapılırsa otomatik olarak çarpmalı gecikmeli fonksiyonuna göre fonksiyon gerçekleştirir.



Şekil 1.13. Junghans firması yapımı DM 84 çok maksatlı tapası [18]

Çok maksatlı tapa konseptinden beklenen özellikler Şekil 1.14' de gösterildiği gibidir. Mühimmat atışı yapacak kişi, o andaki iklimsel ve çevresel şartlara göre uygun olan fonksiyonu tercih eder ve atışı yapar.



Şekil 1.14. Çok maksatlı tapa fonksiyonları [39]

1.3.2. Mekanizmasının Türüne Göre Tapalar

Tapalar içerisinde bulunan güvenlik, kurma ve ateşleme gibi çeşitli mekanizmalar, mekanik bağlantılar veya elektrik/elektronik bağlantılar kullanılarak tasarlanabilir. Tapalar, içinde bulunan bu alt mekanizmaların cinsine göre dört şekilde incelenebilir. Bunlar;

1. Mekanik Tapalar
2. Elektronik Tapalar
3. Optik Tapalar
4. Kimyasal Tapalar

Bu tapalardan, Elektronik Tapalar hakkında ilerleyen bölümlerde detaylı bilgi verilecektir.

1.3.3. Taktiksel Uygulama Alanına Göre Tapalar

Taktiksel uygulama alanına göre tapalar dört başlıkta incelenir. Bunlar;

1. Havadan- Havaya atılan tapalar
2. Havadan- Karaya Atılan tapalar
3. Karadan- Havaya Atılan tapalar
4. Karadan- Karaya Atılan tapalar

1.3.4. Kullanılma Amacına Göre Tapalar

Tapanın amacına ya da hedefin çeşidine göre tapalar altı kısımda incelenir. Bunlar;

1. Antipersonel Mühimmat Tapaları (APERS)
2. Zırh Delici Mühimmat Tapaları (Armor-Piercing) (AP)
3. Tahrip Edici veya Yüksek Patlayıcılı Mühimmat Tapası (Blast or High Explosive) (HE)
4. Beton Delici Mühimmatı Tapaları (Concrete-Piercing) (CP)
5. Yüksek Patlayıcılı Tanksavar Mühimmatı Tapaları (High Explosive Anti-Tank) (HEAT)
6. Aydınlatma Mühimmatı Tapaları (Illumination)

1.3.5. Kullanıldığı Mühimmatının Çeşidine Göre Tapalar

Tapanın kullanıldığı mühimmatın çeşidine göre tapalar yedi kısımda incelenir. Bunlar;

1. El bombası tapaları
2. Maden Tapaları
3. Bomba tapaları
4. Gdümlü füze tapaları
5. Havan mühimmatı tapaları

6. Topçu tapaları
7. Roket tapaları

1.4. Tapa Bileşenleri

Tapaların çok geniş ve çeşitli kullanım alanı olduğu için birbirinden çok farklı şekilde alt bileşenler içerir. Bu bileşenler belli bir amacı gerçekleştirmek için kullanılmakta olup, mekanik, elektronik veya kimyasal sistemlerden oluşabilir. Tapa üreticileri, tapaların bu özel işlevlerini yıllar içerisinde en doğru şekilde çalışacak, en modüler olacak ve en az yer kaplayacak şekilde geliştirmeye çalışmışlardır.

Genel olarak tapa alt bileşenlerini elektronik, mekanik ve kimyasal olarak üç kısım altında incelemek doğru olacaktır. Tapa bileşenleri dört başlık altında incelenir;

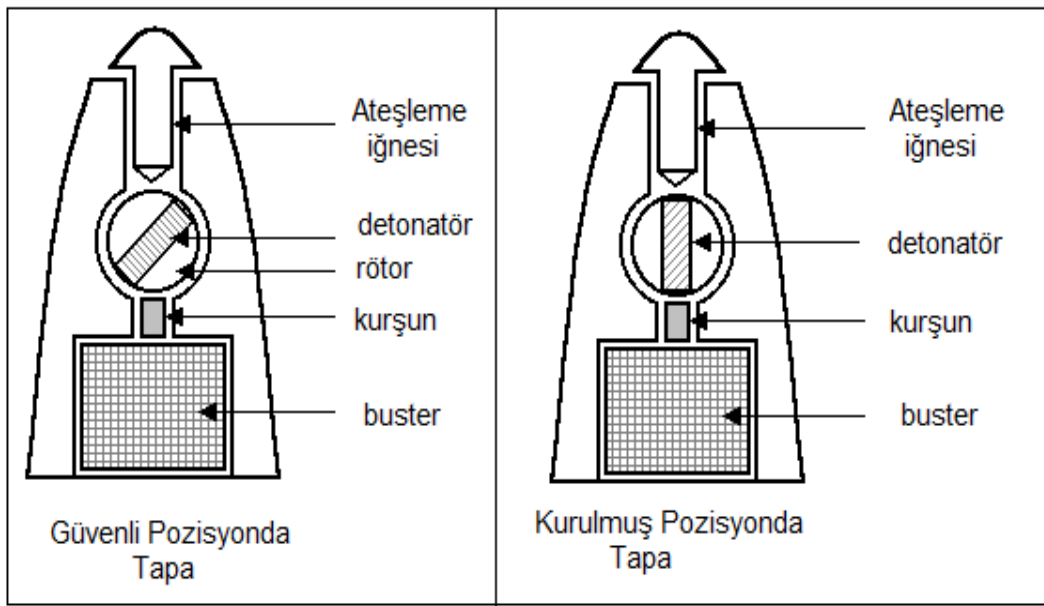
1. Güvenlik Mekanizması
2. Kurma Mekanizması
3. Patlayıcı Zinciri
4. Ateşleme Mekanizması

1.4.1. Güvenlik Mekanizması

Tapalar, atılma anından önce, atılma anında ve atılma anından paralanma anına kadar olan süre boyunca güvenli olmalıdır. Güvenlik mekanizması, tapanın taşınma, depolanma ve nakliyesi esnasında kurulmamış olmasını sağlayan mekanizmadır [2]. Bu güvenlik, tapa tasarım aşamasında doğrulanmalıdır. Mevcut tapa tasarım ölçütüne göre, tapanın birbirinden bağımsız en az iki tane güvenlik önleminin olması gerekmektedir. Bu bağımsız güvenlik önlemlerinden herhangi birisi istenmeyen bir paralanma durumu tek başına önleyecek kapasitede olmalıdır. Ayrıca, bu iki güvenlik önleminin eş zamanlı olarak çalışma esnasında hata verme ihtimali çok düşük olmalıdır [4].

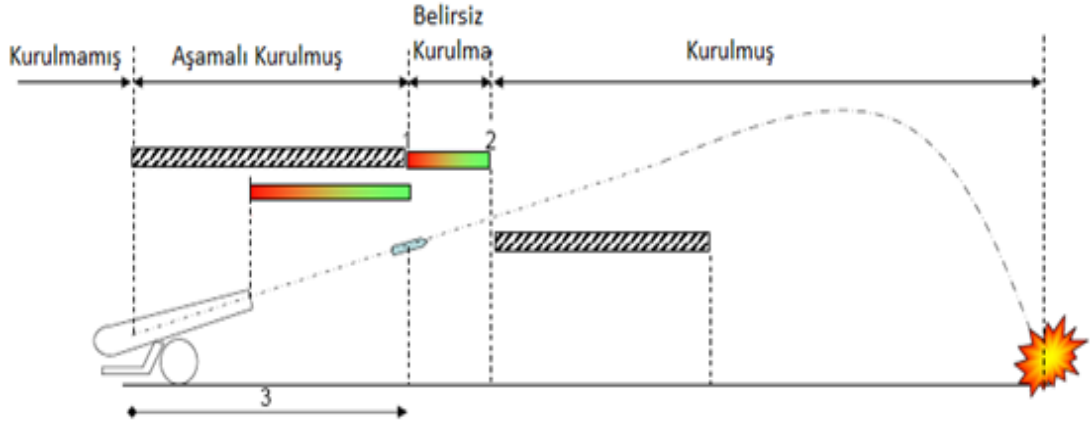
Birbirinden bağımsız olarak tasarlanan bu güvenlik sistemleri, tapanın belirlenen raf ömrü boyunca maruz kalabileceği çevresel koşullara ve taşıma esnasındaki ortama karşı dayanıklı olmalıdır [4].

Tapalarda herhangi bir anda detonatör fonksiyon gösterse bile, atış şartları sağlanmadığı takdirde bu fonksiyon diğer patlayıcılara sirayet etmemelidir [4]. Bu durumun başarılması için primer, detonatör ve buster patlayıcılarının birbirlerinden ayrı eksenlerde olması gerekmektedir. Güvenlikli haldeki tapa görünümü ve kurulmuş haldeki tapa görünümü aşağıdaki gibidir.



Şekil 1.15. Güvenli halde ve kurulmuş halde güvenlik mekanizması

Ayrıca, tapa içerisindeki primer, detonatör ve busterden oluşan patlayıcı zincirinin belli bir gecikme ile aynı eksen üzerine gelmesi gerekmektedir [3]. Bu ise atışı yapılan mühimmatın, atışın hemen sonrasında namlu önündeki belirli bir mesafe içerisinde bir engele çarpması durumunda fonksiyon göstermesini engeller. Bu şekilde güvenlik mekanizması atışı yapan personelin güvenliği sağlar. Bir tapanın bulunduğu yere göre güvenlik ve kurma mekanizmasının durumu Şekil 1.16' da görüldüğü gibidir.



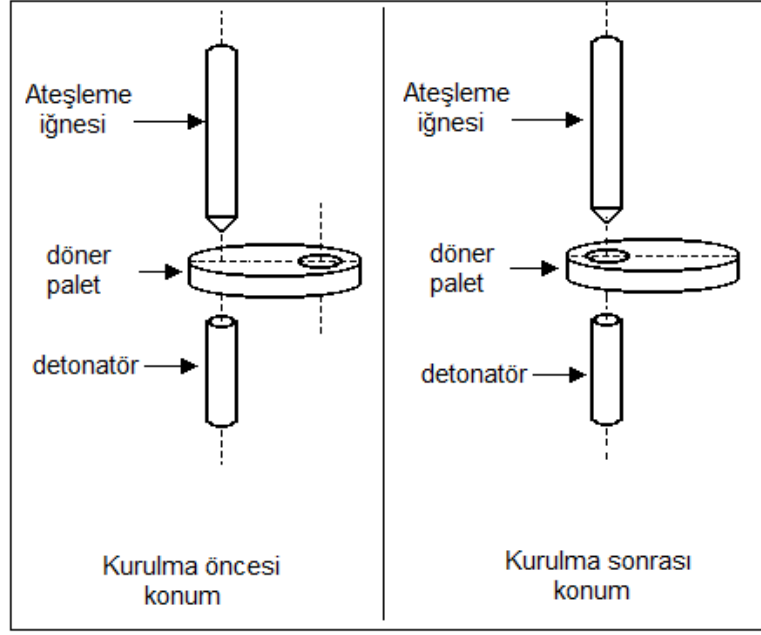
1. Kurulmamış mesafe
2. Kesin kurulma mesafesi
3. Namlu önü emniyeti

Şekil 1.16. Mühimmatın konumuna göre güvenlik mekanizmasının pozisyonu

1.4.2. Kurma Mekanizması

Bir mühimmatın atışı yapıldıktan sonra, patlayıcı zinciri elemanlarının birbiri arkasına getirilmesi, patlayıcı zinciri arasındaki bir bariyerin kaldırılması veya elektronik/mekanik anahtarların kapatılarak ateşleme devresinin çalışmaya hazır duruma getirilmesi işlemini yapan sisteme kurma mekanizması denir. Tapanın kurma mekanizmasının yanlışlıkla fonksiyon göstermesi durumu bir milyonda bir ihtimalden daha az olmalıdır [5].

Primer, detonatör ve buster patlayıcılarını birbiri ardına sıralamak ve hareket zamanını kontrol için gerekli enerji fırlatma ve uçuş esnasında elde edilen kuvvetlerden ya da herhangi bir dış kaynaktan elde edilmelidir ve kurulma işlemi sıralı bir şekilde gerçekleşmelidir [4]. Kurulma işlemi öncesi ve kurulma işlemi sonrası Şekil 1.17' de gösterildiği gibidir.



Şekil 1.17. Kurulma öncesi ve işlemi sonrası iğne- detonatör pozisyonları

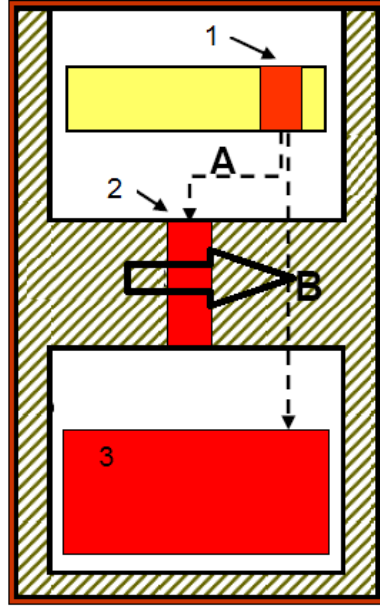
1.4.3. Patlayıcı Zinciri

Patlayıcı zinciri; primer, detonatör ve buster patlayıcılarından oluşur. Patlayıcı zinciri iki farklı şekilde incelenir. Birinci çeşit, kesintisiz patlayıcı zinciri olup patlayıcılar arasında herhangi bir bariyer veya patlayıcıları birbirinden ayıran sistem yoktur. İkinci çeşidi ise kesintili patlayıcı zinciri olup, patlayıcılar atış anında aynı eksen üzerinde olmayıp, atış sonrası aynı eksen üzerine gelir [2]. Tapa sistemlerinin büyük bir çoğunluğunda, kesintili patlayıcı zinciri kullanılır.

Patlayıcı zinciri üzerindeki ilk patlayıcı olan primer patlayıcı, patlama hassasiyeti en yüksek olmasına rağmen patlama şiddeti az olan patlayıcıdır. Bu yüzden primer patlayıcı tek başına busteri veya ana imla maddesini paralamaya gücü yetmezken, kendisinden sonraki zincirin halkasını paralamaya yetecek enerjiyi oluşturur. Detonatör ise, primerin paralanmasıyla oluşan enerjiyle fonksiyon gösterip busterin paralanmasını sağlayacak enerjiyi açığa çıkartan patlayıcı zinciri halkasıdır. Genellikle kurma mekanizması veya kesme devresi üzerinde bulunur. Buster ise, ana imlayı paralamaya yetecek kadar enerjiye sahip, patlayıcı zincirinin paralanması en zor fakat paralandığı zaman ortaya çıkan enerjisi en fazla olan halkasıdır.

Ayrıca patlayıcı zincirinin birbiri arkasına paralanması olayı belirli bir hızda olmak zorundadır.

Sistem için elektrikli ateşleme başlatma sistemi kullanılmış ise; tapan tasarımı; tapanın kullanım ömrü dolduktan sonra veya herhangi bir şekilde tapanın arızalanması durumunda, ateşleme enerjisini boşaltacak, tüketecek, azalta azalta bitirecek bir güvenlik önlemi tasarımı bulunmalıdır [4].



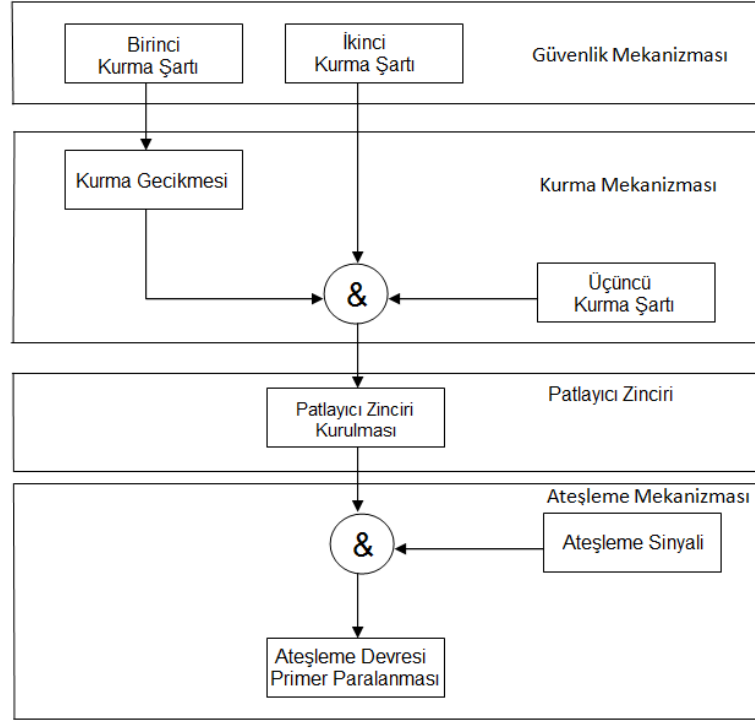
Şekil 1.18. Kesintili patlayıcı zinciri [19]

Şekil 1.18' de; 1 ile gösterilen patlayıcı primer, 2 ile gösterilen patlayıcı detonatör ve 3 ile gösterilen patlayıcı ise buster kısmıdır. Tapanın atışı yapılmadan önce 1, 2 ve 3 ile gösterilen patlayıcı donanımlar Şekil 1.18' de görüldüğü gibi farklı eksenlerde olup, primer patlayıcının herhangi bir şekilde fonksiyon göstermesi durumunda bile bu paralanma olayı detonatöre ve dolayısıyla da bustere sirayet etmeyecektir. Patlayıcı zinciri, tapanın atışı yapıldıktan sonra, atış esnasında oluşan enerjiyle veya başka bir enerjiyle aynı eksen üzerine gelerek tapanı fonksiyon göstermeye hazır hale getirir.

1.4.4. Ateşleme Mekanizması

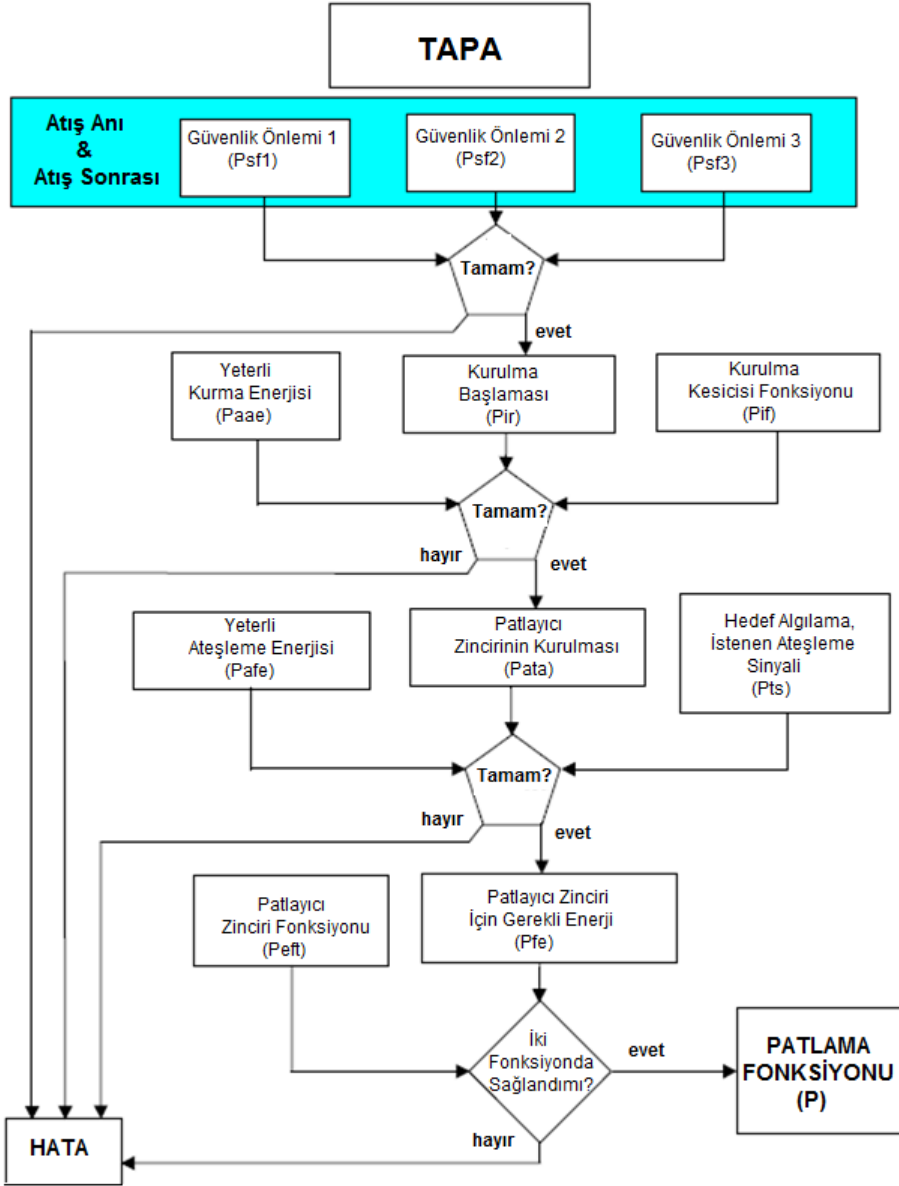
Tapalar, mühimmat atışı yapıldıktan sonra kurulur ve patlayıcı zinciri aynı eksen üzerine gelir. Bu işlemden sonra tapaların ateşlenmesi herhangi bir yere çarpma ile olabileceği gibi, belirli bir zaman geçtikten sonra veya hedefe belirli bir mesafe kaldığı zaman da olabilir. Bu ise tapanın operasyonel kullanımına göre değişir. Ateşleme mekanizması geleneksel metotlarda iğnenin bir patlayıcıya temasıyla olurken, modern metotlarda çarpma algılama sensörleri veya elektrikli kapsül aracılığıyla olmaktadır. Eğer paralanma başlatıcı sistem olarak elektrikli kapsül kullanılıyorsa, elektronik patlayıcı sistemi maksimum ateşlenmeme akımının %15' inden fazla akım vermemelidir [9].

Bu dört mekanizmanın işlem sırası Şekil 1.19' da gösterilmiştir. Bu dört temel fonksiyon sırasıyla işlevlerini yerine getirmeli ve bu işlevleri yerine getirmesi belli bir güvenlik ve güvenilirlikten daha fazla olması gerekmektedir. Eğer Şekil 1.19' da gösterilen sistemin güvenilirliği %99' dan daha az güvenilirlik sağlanırsa, tapanın kalifikasyon işlemi sağlanamaz ve tapanın ürün değeri kazanamaz.



Şekil 1.19. Tapanın kurulma blok diyagramı [20]

Şekil 1.20’ de gösterilen birinci kurma şartı ve ikinci kurma şartı ilgili askeri standardın [4] belirttiği bağımsız iki güvenlik önlemidir. Üçüncü kurma şartı ise sistemin atıldığını algılayan sistemdir.



Şekil 1.20. Tapanın kurulma-fonksiyon gösterme blok diyagramı [21]

$$\begin{aligned}
 P &= (P_f) \times (P_{eft}) \\
 &= ((P_{ata}) \times (P_{afe}) \times (P_{ts})) \times (P_{eft}) \\
 &= (((P_{ir}) \times (P_{aac}) \times (P_{if})) \times (P_{afe}) \times (P_{ts})) \times (P_{eft}) \\
 &= (((P_{sf1}) \times (P_{sf2}) \times (P_{sfn})) \times (P_{aac}) \times (P_{if})) \times (P_{afe}) \times (P_{ts})) \times (P_{eft})
 \end{aligned}$$

Gerekli Güvenilirlik Değeri; $P \geq \%99$

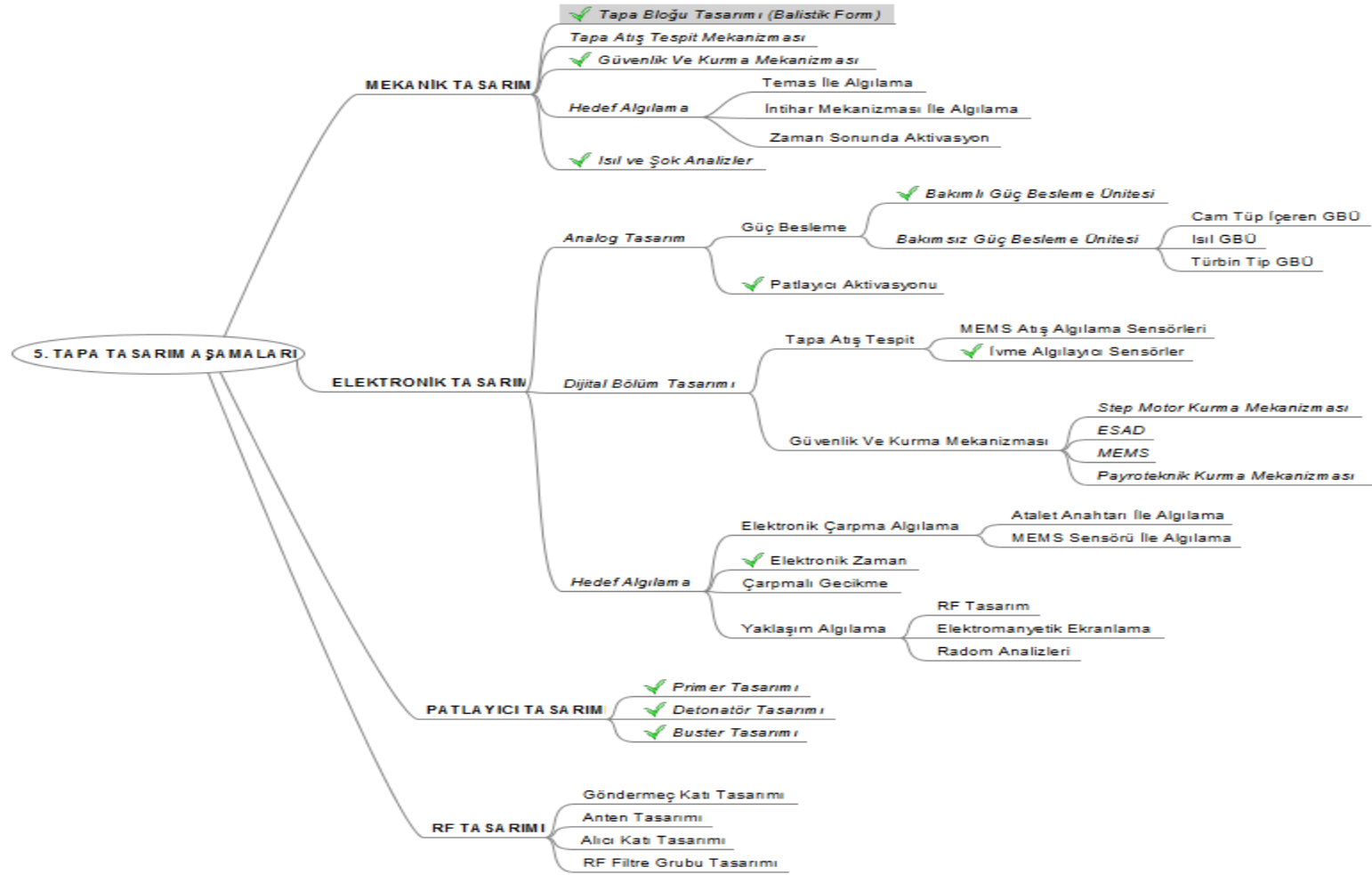
Tapalarda kullanılan güvenlik sistemi sayısına göre tapanın olması gereken güvenilirlik seviyesi çizelge 1.3' da gösterildiği gibidir.

Çizelge 1.3. Tapa güvenlik sistemi sayısına göre güvenlik ve güvenilirlik değerleri
[21]

Tapa Güvenlik Sistemi Sayısı	Her bir Güvenlik Sistemi için Fonksiyonel Güvenilirlik		Her bir Güvenlik Sistemi İçin Güvenlik ilişkili Güvenilirlik	
	Tek Tapa	İkili Tapa	Tek Tapa	İkili Tapa
1	0.99	0.9	0.999999	0.999995
2	0.994987437	0.9486833	0.999	0.9992929
3	0.996655493	0.9654894	0.99	0.992063
4	0.99749057	0.9740037	0.968377223	0.9734085
5	0.997991952	0.9791484	0.936904266	0.945072

1.5. Elektronik Tapa Bileşenleri ve Tasarımı

Tapaların temel işlevleri; taşıma ve nakil süreci içerisinde güvenli olması, kurulma mekanizmasının tapa atışından sonra aktif olması, hedefi algılaması ve istenilen şartlar oluştuğu zaman ateşleme mekanizmasının çalışmasıdır. Bu temel işlevler mekanik tapalarda daha az güvenilirlikte olan mekanizmalarla yerine getirilirken, elektronik tapalarda bu işlemler daha yüksek güvenilirlik seviyelerinde olur. Elektronik tapalar bu işlemlerin birçoğunu elektronik sensör ve çeşitli donanımlarla yaparken, mekanik donanımların elektronik sistemle birleşmesi ile tapa bütünü elde edilir. Özellikle güvenlik ve kurma mekanizması işlevleri elektronik ve mekanik sistemlerin birlikte kullanılması şeklinde yapılır.

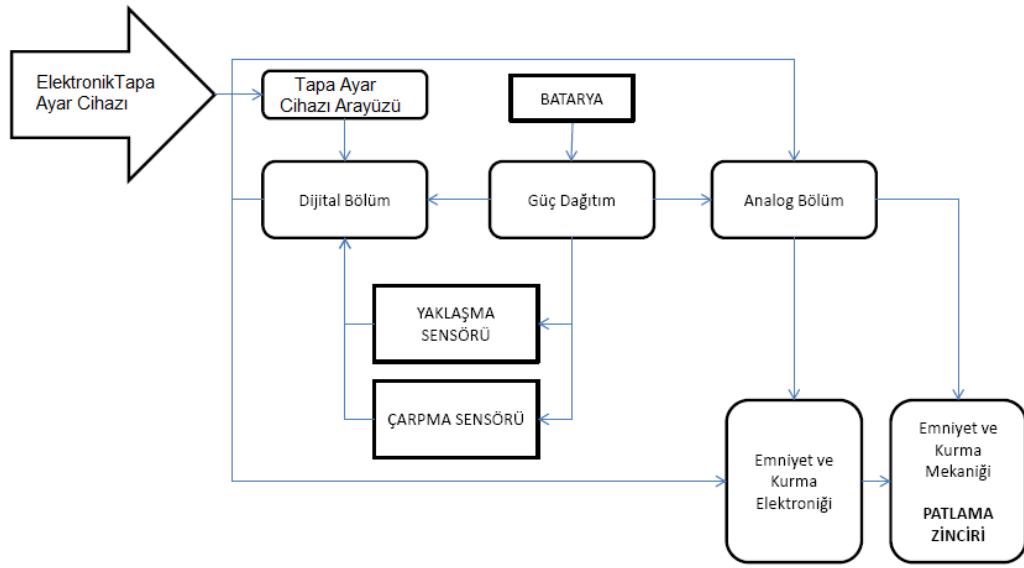


Şekil 1.21. Tapa Tasarım Aşamaları Şematik Gösterimi

Elektronik tapa tasarımını dört ana bölüm altında inceleyebiliriz. Bunlar;

1. Mekanik Donanım ve Tasarımı
2. Elektronik Donanım ve Tasarım
3. RF Donanım ve Tasarımı
4. Patlayıcı Donanım ve Tasarımı

Elektronik bir tapanın fonksiyonel blok şeması Şekil 1.21' de görüldüğü gibidir.



Şekil 1.22. Elektronik tapa fonksiyonel blok şeması

Tapa tasarımını içeren bu dört bölüm ve bölümün içeriği sırasıyla açıklanacaktır.

1.5.1. Mekanik Donanım ve Tasarım

Tapalar, ilk üretilmeye başladıkları zamanlarda tamamıyla mekanik bir yapı içeriyorken, günümüzde elektronik sistemlerin gelişmesi ve daha yüksek hassasiyet yüzdeleri beklentisi gibi sebeplerden dolayı tapa içerisindeki mekanik alt birim sayıları azalmıştır. Mekanizma sayısı azalsa bile, özellikle elektronik tapalarda sinyal karıştırılması ihtimali olduğundan mekanik sistemler tercih edilebilir. Bir tapanın mekanik donanım kısmının en önemli aşamaları aşağıdaki gibidir;

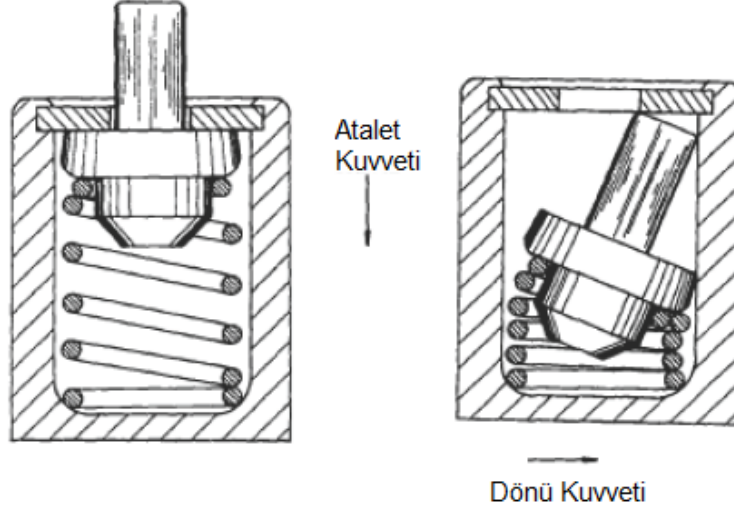
1.5.1.1. Tapa Bloğu (Balistik Form)

Tapa balistik formu olarak da adlandırılan tapa bloğu, tüm RF, elektronik ve mekanik birimleri içerisinde barındıran tapanın dış gövdesine verilen isimdir. Topçu tapalarının boyutları, ilgili askeri standartla [43] belirlenir ve bu boyutlar Şekil 1.22' de görüldüğü gibidir.

Tapanın balistik formu, mühimmatın uçuşu esnasında en düzgün ve en uygun şekilde hedefine ulaşmasını sağlayacak şekilde olmalıdır. Ayrıca balistik form ve bu balistik formda kullanılacak malzemeler seçilirken, tapanın maruz kalacağı hız, dönü ve sürtünme sonucu oluşacak sıcaklık değerlerine karşı dayanıklı olmalıdır. Özellikle yaklaşımli tapalarda, tapanın burun kısmında oluşan bu etkenler radom analizini zorunlu kılar. Tapa balistik formu tasarlanırken radom analizinin yapılmasının 3 temel sebebi vardır. Bunlar;

1. Tapanın burun kısmında oluşacak, yüksek hız ve dönü kaynaklı ısının tapanın uç kısmının ısınmasına sebep olarak malzemenin yapısını değiştirmesi, oluşacak yeni yapının da elektromanyetik uyumluluğunun dikkate alınma gerekliliği
2. Tapanın içinde bulunan antenin, RF sinyallerini gönderirken balistik formun bu sinyallerin gücünü azaltması
3. Anten tarafından gönderilen RF sinyallerin, zayıflamış olarak dönerken tapa balistik form içerisinde bir kere daha geçip daha da zayıflaması

Bu üç temel sebepten dolayı, tapanın balistik formu tasarlanmadan önce, bu formda kullanılacak malzemenin tipinin belirlenmesi için radom analizi yapılması gereklidir.

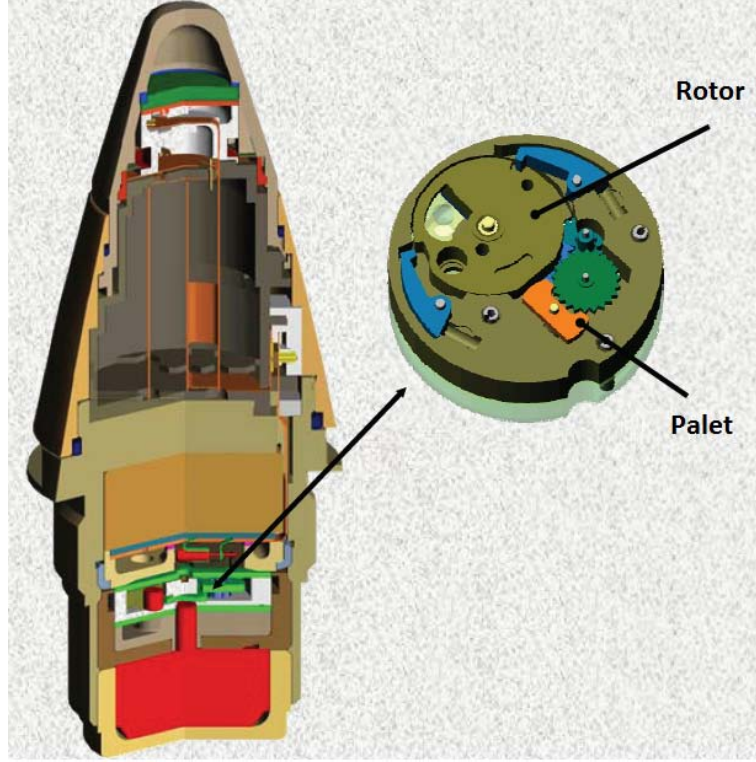


Şekil 1.24. Geleneksel tapalarda kullanılan atış tespit mekanizması (atalet ve dönü)

1.5.1.3. Güvenlik ve Kurma Mekanizması (Mekanik)

Mühimmatın atış koşullarının oluşmasıyla birlikte, mühimmatın namludan belli bir mesafeye gelene kadarki sürede patlayıcı zincirini aynı eksen üzerine getiren mekanizmaya güvenlik ve kurma mekanizması denir. Güvenlik ve kurma mekanizması, istenilmeyen durumlarda (mühimmatın atış koşullarının oluşmadığı durumlar) patlayıcı zincirinin tamamlanmasını engelleyerek “güvenlik”, mühimmatın normal olarak fırlatılması işlemi sonucunda da patlayıcı zincirini belirli bir sürede tamamlayarak “kurulma” fonksiyonlarını gerçekleştirir. Klasik bir topçu tapasındaki mekanik olarak tasarlanmış güvenlik ve kurma mekanizmasının yeri Şekil 1.24’ de görüldüğü gibidir.

Kurulmayı kontrol eden tapa sistem öğeleri, güvenlik mantık parçaları da dahil olmak üzere, kurulmayı kontrol etmeye adanmış olmalıdır. Kurulma haricinde ikinci bir fonksiyon için kullanılmamalı ve kullanılmamak üzere tasarlanmalıdır [4].



Şekil 1.25. Güvenlik ve kurma mekanizmasının tapa üzerindeki yeri [22]

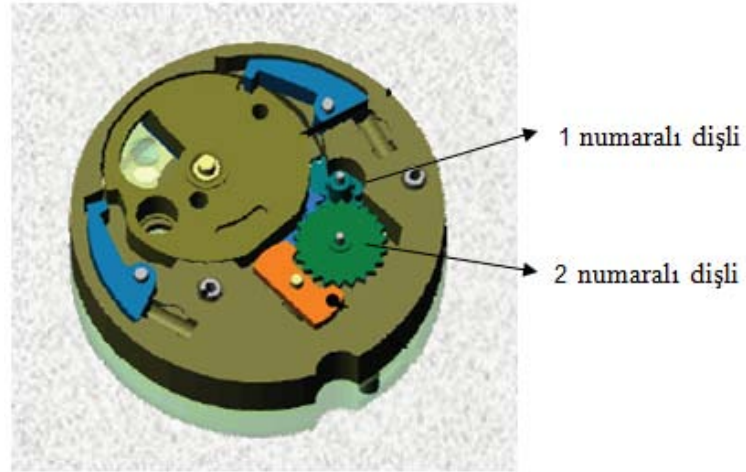
Güvenlik ve kurma mekanizması için çeşitli seçenekler söz konusu olsa da, geleneksel yöntemlerde en çok kullanılan çeşidi;

1. Tapa atışı esnasında, atış yönüne zıt istikamette oluşan atalet kuvvetiyle kurulmayı sağlayan güvenlik ve kurma mekanizması
2. Hem atalet hem de dönü ile oluşacak kuvvetlerin ikisinin etkisiyle kurulan güvenlik ve kurma mekanizması

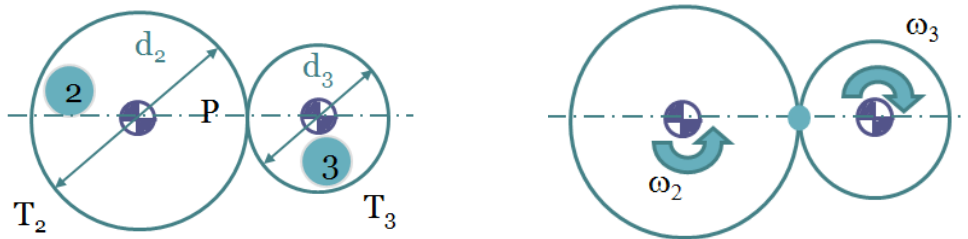
Tapanın güvenlik ve kurma mekanizmasının herhangi bir dış etkiyle veya kendi kendine yanlış fonksiyon gösterip kurulma ihtimali bir milyonda birden az olmalıdır [5]. Bütün topçu mühimmatları düşünüldüğünde, atalet kuvvetiyle kurulması için gerekli değer en az 3.000 G olması gerekmektedir. Tapa en fazla 30.000G ile harekete başlayacak olup [56] bu ivmeyle ilk kurulmayı sağlayacaktır. Ancak ilk kurulma ile ilgili güvenlik standardı [4] gereği bağımsız en az iki fiziksel etken ile oluşması gerekliliğinden, tek başına atalet kurma mekanizması emniyetli olmayacaktır ve buna ek olarak bir kurma mekanizması daha eklenmelidir.

Bütün topçu mühimmatları düşünülüğünde, tapanın minimum 3.600 devir/dakika ile aktivasyona geçmesi gerekmektedir. Tapanın ilk çıkış anında oluşan dönü kuvveti mühimmatın çeşidine göre 10.000-30.000 devir/dakika arasında olacaktır [56]. Dolayısıyla, hem atalet hem de dönü kuvvetlerinin ikisinin birden kullanıldığı sistemlerde, yaklaşık olarak 3600 devir/dakika ve 3000 G atalet kuvvetiyle sistemin kurulması gerekmektedir.

Güvenlik ve kurma mekanizmasının bir diğer önemli görevi ise, patlayıcı zincirini aynı eksen üzerine getirme işini belirli bir süre içerisinde yapması gerekliliğidir. Bu süre, mühimmatın namludan çıkış hızı dikkate alındığı zaman, herhangi bir şekilde tapanın fonksiyon göstermesi durumunda, mühimmat atışını yapan personele zarar vermesini önlemek içindir.



Şekil 1.26. Güvenlik ve kurma mekanizması şekli [6]



Şekil 1.27. 1 ve 2 numaralı dişlilerin hareketi

$$\frac{\omega_2}{\omega_3} = \frac{d_3}{d_2} = \frac{r_3}{r_2} \quad (1.1)$$

$$P = \frac{T_2}{d_2} = \frac{T_3}{d_3} \quad (1.2)$$

$$\frac{T_2}{T_3} = \frac{d_3}{d_2} = \frac{r_3}{r_2} \quad (1.3)$$

$$\frac{\omega_2}{\omega_3} = \frac{d_3}{d_2} = \frac{r_3}{r_2} = \frac{T_2}{T_3} = \frac{n_2}{n_3} \quad (1.4)$$

P= adım sayısı

T= diş sayısı

ω = açısal hız

i= çevirme oranı (Sabit)

n= devir sayısı

d= bölüm dairesi çapı (dişin dibi ile dişin ucu arasındaki ortalama çap) [44]

1.5.1.4. Hedef Algılama (Mekanik)

Hedef algılama, mühimmatın taktiksel atılış amacına göre değişir. İstenilen amaca göre mühimmatın paralanması, farklı durum ve ortama göre değişiklik gösterir. Mühimmatın bazen çarpma ile anında fonksiyon göstermesi istenirken, bazen hedefi delip geçtikten sonra, bazen belli bir süre sonunda ve bazen de hedefe belirli bir mesafe kaldığı durumda paralanmanın gerçekleşmesi istenir. Bu durumu tapanın tasarım amacı belirler. Mekanik çarpma algılama çeşitleri;

1.5.1.4.1. Temas İle Algılama

Bu algılama çeşidi, tapanın herhangi bir yere teması ile ters yönde oluşacak bir atalet kuvvetinin algılanıp, tapanın fonksiyon göstermeye başlaması şeklinde olur. Bu algılama mekanizmasına eklenecek basit bir sistemle, hedefe temastan sonra bir

müddet gecikmede sağlanabilir. Bu tarz tapaların fonksiyon göstermesi, ateşleme iğnesinin hareketi veya mekanik bir anahtarın kapanması gibi mekanik bir hareketin sonucu başlar.

1.5.1.4.2. Önceden Ayarlanmış Zaman Algılama

Bu tarz hedef algılama çeşidi, zaman tapalarında kullanılır. Tapa, mühimmatın atışı yapıldıktan belli bir süre sonra, önceden ayarlanmış bir değerde paralanma işlemini başlatır. Genellikle bir mekanik zaman düzeneği, atıştan sonra süreyi saymaya başlar ve istenilen zaman değerine ulaşıldığı anda paralanma meydana gelir.

Mekanik tapalarda kullanılan saat düzeneği, elektronik zaman tapalarına nazaran sınırlı zaman aralığına müsaade eder.

1.5.1.4.3. İntihar Mekanizması ile Algılama

Bu algılama çeşidi genellikle karadan havadaki hedeflere atılan mühimmat tapalarında kullanılan algılama çeşididir. Atışı yapılan mühimmatın havadaki hedefe isabet etmemesi durumunda, mühimmatın yere düşerek dost güçlere zarar vermesini engellemek temel amaçtır. İntihar mekanizması, atış yapıldıktan sonra yüksek hız ve dönü kuvvetiyle namludan çıkan mühimmatın hızının ve dönüşünün belli bir değer altına düşmesi ile çalışır ve böylelikle mühimmatın yere düşmeden paralanması sağlanır.

1.5.1.5. Patlayıcı Aktivasyonu (Mekanik)

Tapalarda hedef algılama (temas ile algılama, önceden ayarlanmış zaman algılama ve intihar mekanizması ile algılama) son olarak bir iğnenin bir patlayıcıya temasına sebep olan bir mekanik harekete dönüşür. Bu hareket ile patlayıcı zinciri üzerindeki

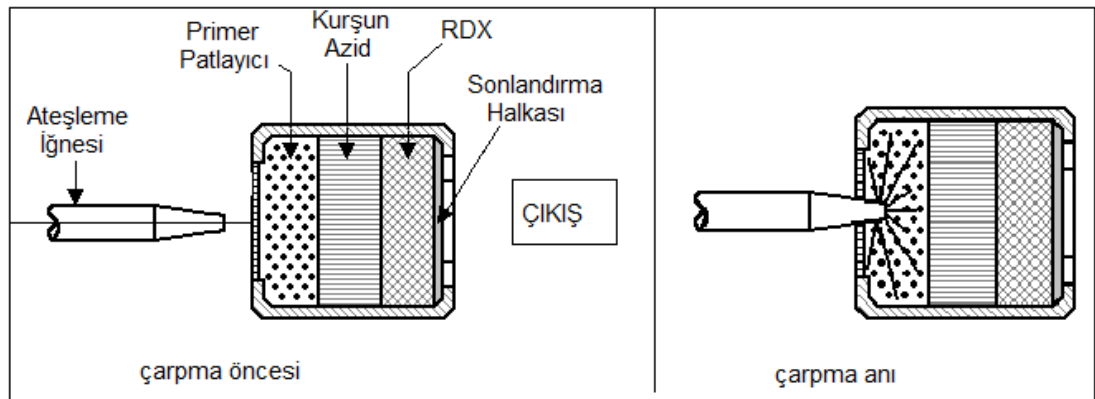
ilk patlayıcı olan primer paralanır ve sırasıyla diğer patlayıcılar paralanır. Tapa içerisindeki primerin paralanması çeşitli şekillerde olur. Bunlar;

1.5.1.5.1. Delme ile Patlayıcı Aktivasyonu

Delme ile patlayıcı aktivasyonu, genellikle bir çelik veya alüminyum alaşımdan yapılmış iğnenin, çarpma anında oluşan kuvvetin etkisiyle primer patlayıcıya temasıyla paralanmayı sağlaması şeklinde olur. Çarpma etkisiyle oluşan mekanik delme işlemi, primer sayesinde paralanma işlemine dönüşür.



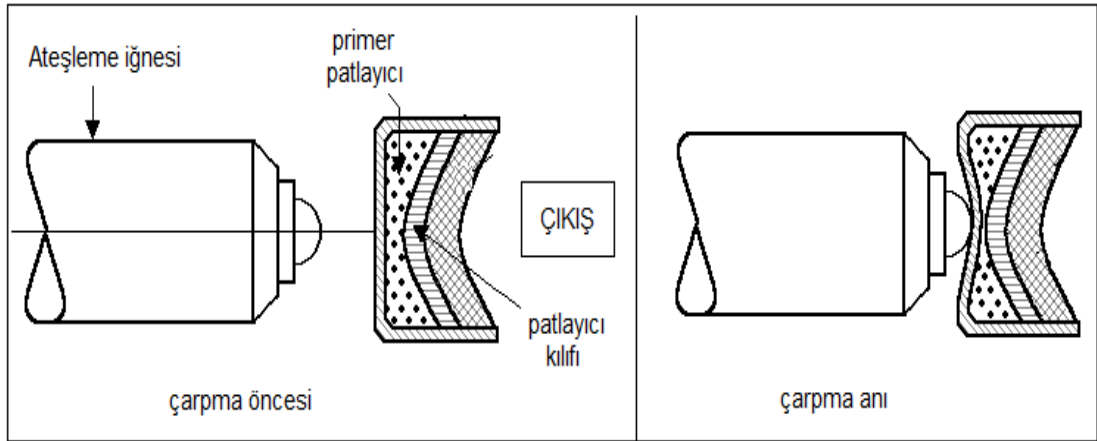
Şekil 1.28. Delme ile patlayıcı aktivasyonu [23]



Şekil 1.29. Delme ile patlayıcı aktivasyonu

1.5.1.5.2. Darbe ile Patlayıcı Aktivasyonu

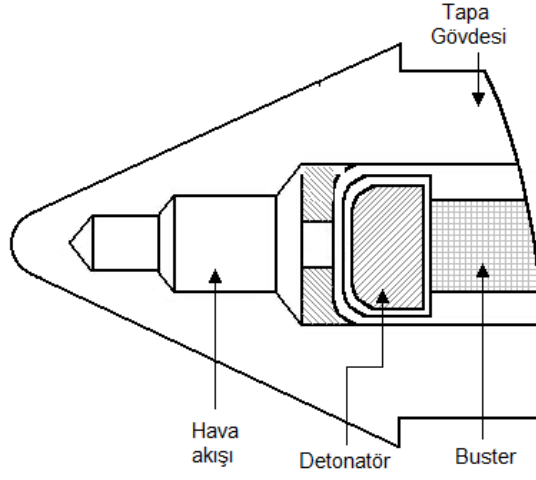
Delme ile patlayıcı aktivasyonunun aksine, darbe ile patlayıcı aktivasyonu işleminde primer paralanması, bir iğnenin primeri sıkıştırması suretiyle olur. Patlayıcı kılıf ile ateşleme iğnesinin arasına sıkışan patlayıcı granürün çatlaklı yapısını sıkıştırır ve paralanma dalgasını başlatır. Buradaki iğnenin ucu sivri olmayıp yarımküre şeklindedir.



Şekil 1.30. Darbe ile patlayıcı aktivasyonu

1.5.1.5.3. Sıkıştırma ile Patlayıcı Aktivasyonu

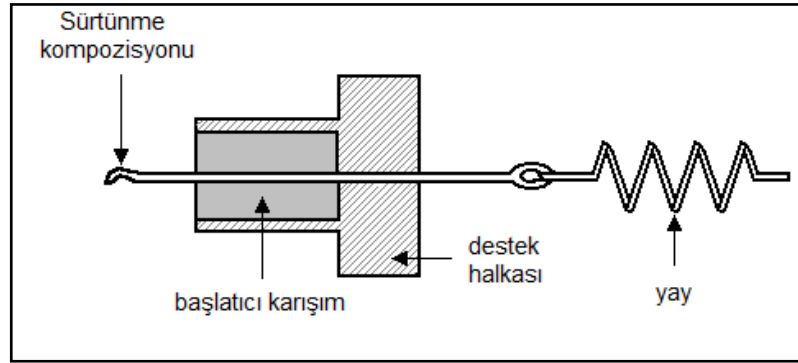
Bu tarz patlayıcı aktivasyonu çeşidinde herhangi bir çarpma iğnesi bulunmaz. Sıkıştırma ile patlayıcı aktivasyonunda, tapanın hedefe teması esnasında tapa içinde oluşan hava dalgası ısı oluşmasına sebep olur. Isı geçirmez malzeme sayesinde tapa iç ısı artar ve ısınan ortam tapa içerisindeki patlayıcının paralanmasına sebep olur. Çok basit yapısına rağmen düşük hızlı tapalarda ve yumuşak hedefe çarpma durumlarında hassasiyeti iyi olmadığı için nadiren kullanılırlar.



Şekil 1.31. Sıkıştırma ile patlayıcı aktivasyonu

1.5.1.5.4. Sürtünme ile Patlayıcı Aktivasyonu

Tapanın hedefle teması esnasında, tapa içerisine yerleştirilmiş sürtünme kompozisyonu ile başlatıcı karışımının birbirleriyle sürtünmesi sonucu açığa çıkan ısı enerjisinin, tapanın primer patlayıcısını paralaması prensibine dayalı patlayıcı aktivasyonu şeklindedir.



Şekil 1.32. Sürtünme ile patlayıcı aktivasyonu

1.5.1.6. Isıl ve Şok Dayanım Analizleri

Tapanın ilk atışında oluşan kuvvetlerin sebep olduğu sıcaklık, basınç, sürtünme ve şok gibi etkiler, tapanın bütün alt sistemlerini etkileyeceği için, tapanın bütün

donanımlarının oluşacak bu etkilere karşı dayanması gerekmektedir. 155 mm' lik topçu mühimmatı maksimum yüklemeye atışı esnasında, 16 milisaniye süresince 16.000 G değerinde ivme kuvveti oluşur. Mühimmat namı içerisnde ilerlerken bu değer 30.000 G seviyelerine ulaşır. 120 mm' lik tank mühimmatında 60.000 G değeri görülürken, 40 mm' lik mühimmatta bu değer 100.000 G seviyelerine çıkabilir [45].

Tapanın hedefe çarpması esnasında, hedefin tipine göre -300 G ile -80.000 G arasında bir değerde bir kuvvet oluşur. Çok yüksek negatif ivmeler, tapanın çok yoğun güçlendirilmiş betona çarpması durumunda ortaya çıkacaktır. Dolayısıyla hedef tipleri, hedefe çarptıktan sonra öngörülen paralanma gecikmesi süresi ve ortaya çıkacak negatif ivme değerlerine göre tapanın dayanım kıstasları belirlenmelidir.

1.5.2. Elektronik Donanım ve Tasarım

Elektronik sistemlerin her geçen gün gelişmekte olması, bu sistemlerin tapan içerisinde kullanılmasını zorunlu hale getirmiştir. Özellikle akıllı mühimmat konseptindeki mühimmatları (güdümlü, yaklaşımli v.b.), elektronik sistemlerin haricinde yapabilmek imkânsızdır.

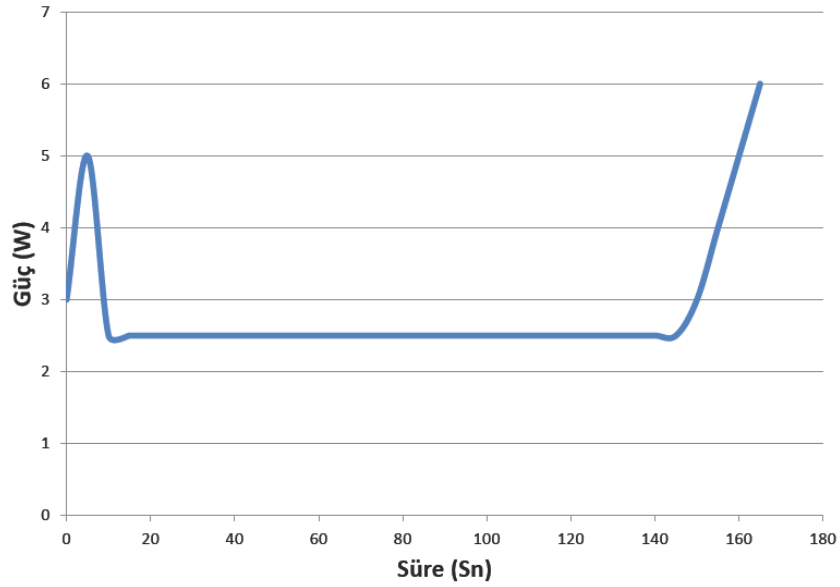
Elektronik donanım ve tasarım, özellikle elektronik tapalarda elektronik kartların, mikrokontrolör devresinin, güç dağıtımının ve çeşitli sensörlerin tasarlandığı kısımdır.

1.5.2.1. Analog Bölüm Tasarımı

Analog bölüm tasarımı; güç besleme, sistem güç dağılımı ve patlayıcı aktivasyonu kısımlarından oluşur.

1.5.2.1.1. Güç Besleme

Elektronik tapalardaki enerji ihtiyacının, bir güç besleme ünitesi aracılığıyla karşılanması gereklidir. Güç besleme ünitesi sadece elektronik kartı beslemekle kalmayıp, çeşitli sensörleri de besleyebilir. Ayrıca, tapanın uçuşu esnasında ihtiyaç duyduğu enerji gereksinimi de her koşulda aynı değildir. Enerji gereksinimi tapanın çeşidine göre değişmekte olup, içinde barındırdığı alt sistemin çeşidine göre de bu gereksinim değişebilir. Mesela içerisinde MEMS (mikro elektromekanik sistemler) güvenlik ve kurma mekanizması, MEMS çarpma sensörleri kullanılmış bir yaklaşım tapasıyla, geleneksel güvenlik ve kurma mekanizması, geleneksel çarpma sensörü kullanılmış bir tapanın enerji ihtiyacı farklı olacaktır. Bir yaklaşım tapasının ortalama güç- zaman grafiği Şekil 1.32' de görüldüğü gibidir.



Şekil 1.33. Yaklaşım tapası güç-zaman göre grafiği

Tapa içinde bulunan bir güç besleme ünitesinden beklenen beş temel gereksinim;

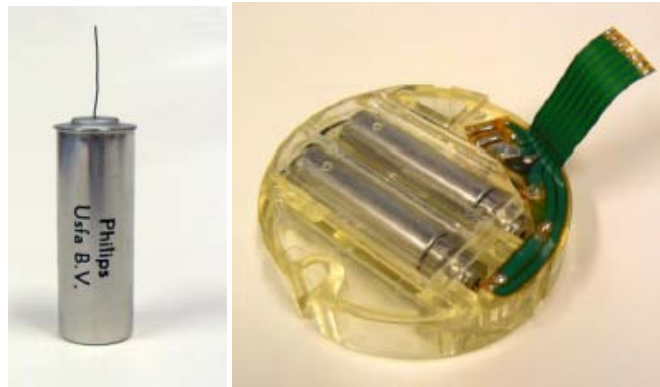
- Güç besleme ünitesi, istenilen gerilim ve akım karakteristiğini istenilen süre boyunca verebilmelidir
- Güç besleme üniteleri tapa içerisinde küçük bir alana sığmalı ve ağırlığı belirlenen limitler içerisinde olmalıdır.

- Depolama, taşıma ve kullanma sırasında maruz kalacağı şok, sarsıntı, ortam basıncı ve sıcaklık gibi çevresel etkenlerden zarar görmeyecek şekilde tasarlanmalıdır.
- Bir güç besleme ünitesinin en önemli özelliklerinde birisi de raf ömrüdür. Raf ömrü mümkün olduğunca uzun olmalıdır.
- Kullanımı esnasında doğru bir şekilde çalışması için güvenilirlik seviyesi %100 olmalıdır [3].

Elektronik tapalarda güç besleme ünitesi, kullanım sekline göre ikiye ayrılır. Bunlar, bakımlı güç besleme ünitesi ve bakımsız güç besleme ünitesidir.

1.5.2.1.1.1. Bakımlı Güç Besleme Ünitesi

Tapanın üretimi yapıp depolanmasının üzerinden belirli bir zaman geçtikten sonra tapanın içinin açılması suretiyle güç besleme ünitesinin değiştirilmesine veya akım-gerilim değerlerinin kontrol edilmesine müsaade eden güç besleme ünitesi tipidir. Bu güç besleme çeşidinin kullanılabilmesi için tapanın içinin açılır/kapanır olması gerekmektedir. Bu ise ilgili askeri standarttaki [46] testlerden geçmesi için ekstra önlemlerin alınmasını gerektirmektedir. Ayrıca bu güç besleme ünitelerinin atış anından önce sisteme sürekli enerji vermesinden kaynaklanan güvenlik zafiyeti oluşturma ihtimali olması ve kullanım ömürlerinin 5-10 yıl gibi nispeten kısa süreler olmasından dolayı tercih edilen bir sistem değildir. Topçu tapalarında kullanılan bakımlı güç besleme ünitesi örneği Şekil 1.33' de görüldüğü gibidir.



Şekil 1.34. Bakımsız güç besleme sistemi [24]

1.5.2.1.1.2. Bakımsız Güç Besleme Ünitesi

Mühimmatın atışı anında oluşan ivme, dönü, ısı ve basınç gibi çevresel kuvvetleri kullanarak aktif hale geçen güç besleme ünitesi çeşididir. Besleme ünitesi, atış öncesinde kesinlikle aktif olmadığı için, tapa güvenliği için gerekli ilgili standarda [4] ek bir güvenlik sağlanmış olur. Aynı zamanda, sadece atıştan sonra aktif olan güç sistemi olduğu için kullanım ömürleri 20 yıla kadar çıkmaktadır. Bakımsız piller atış anında aktif hale geçtiği için, aktivasyona geçme süresi tapa için önem arz etmektedir. Bu sürelerin belirli değerler aralığında kalması, tapanın operasyonel kullanımını etkileyeceği için çok önemlidir. Elektronik tapa sistemlerinde en çok tercih edilen güç besleme ünitesi çeşididir.

Bakımsız güç dağıtım ünitesini kullanım sıklığına bağlı olarak üç farklı kısımda inceleyebiliriz.

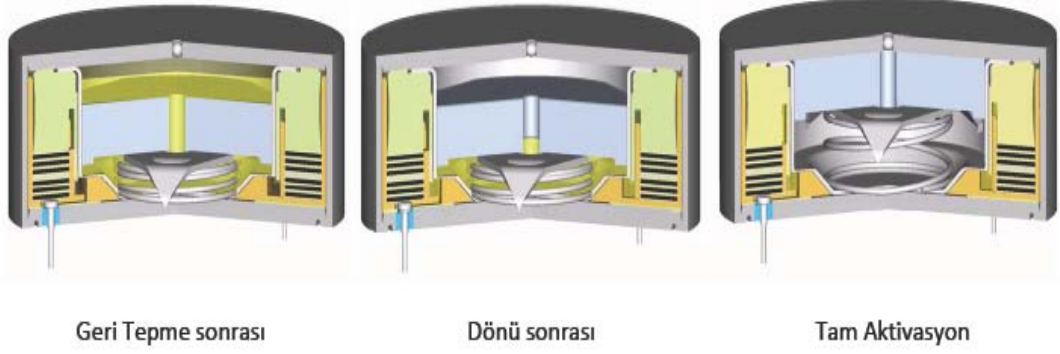
1.5.2.1.1.2.1. Cam Tüp İçeren Çok Hücreli Güç Besleme Ünitesi

Bu güç besleme ünitesi çeşidi, içinde kimyasal madde içeren bir cam tüpün mühimmatın namludan çıkışı esnasında maruz kaldığı kuvvetlerle kırılması ve tüp içindeki kimyasalın diğer kimyasallarla karışarak enerji açığa çıkarması prensibine göre çalışır. Kullanılan kimyasalın türüne göre farklı tipleri vardır. En yoğun kullanılan çeşidi lityum tioni klorür besleme ünitesidir.



Şekil 1.35. Deihl&Eager Picher firması yapımı lityum tioni klorür pil [25]

Deihl&Eager Picher firmasının üretmiş olduğu Lityum tionil klorür besleme ünitesi için atış anında maruz kaldığı dönü ve atalet kuvvetleriyle aktivasyona geçişi aşağıdaki Şekil 1.35' de görüldüğü gibidir.

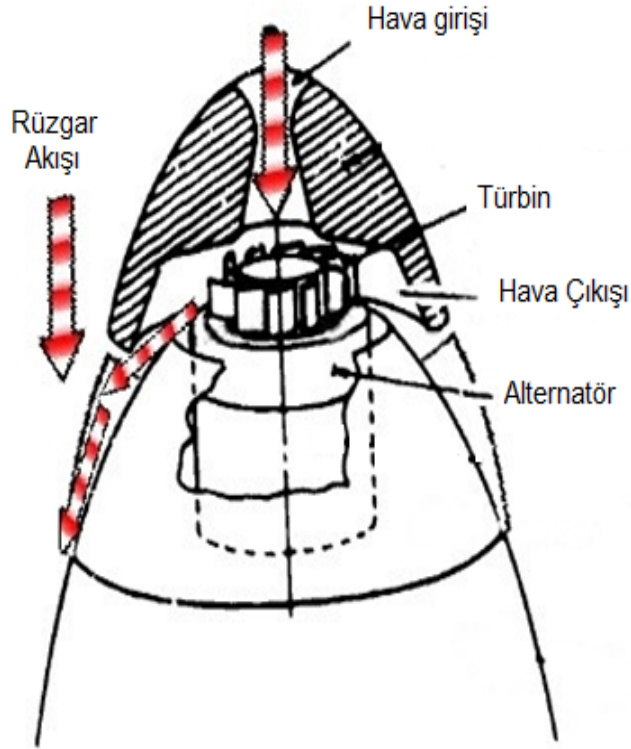


Şekil 1.36. Lityum tionil klorür pilin aktivasyona geçiş aşamaları [26]

1.5.2.1.1.2.2. Türbin Tip Güç Besleme Ünitesi

Türbin tip güç besleme ünitesi, mühimmatın yüksek hızlarda uçuşu esnasında oluşan hava akımından faydalanılarak elektrik enerjisinin üretilmesi amacıyla tapanın içerisine yerleştirilen alternatörden oluşmaktadır. Yüksek hızlı uçuş esnasında alternatörün dönü hızı alternatörde oluşacak alternatif akımın frekansını ve voltajın tepe değerini etkileyecek olup bu sayede tapanın belli bir hızın üstünde hareket edip etmediği de kontrol edilebilmektedir. Böylelikle tapanın hareketi de ayrı bir emniyet parametresi olarak kullanılabilir.

Türbin tip güç besleme ünitesinde hava girişi, tapa hareket eksenini üzerinde olmalıdır. Aksi takdirde oluşacak hava akımları pozitif basınç yerine negatif basınç oluşturarak türbinin beklenen dönüyü gerçekleştirememesine sebep olacaktır.

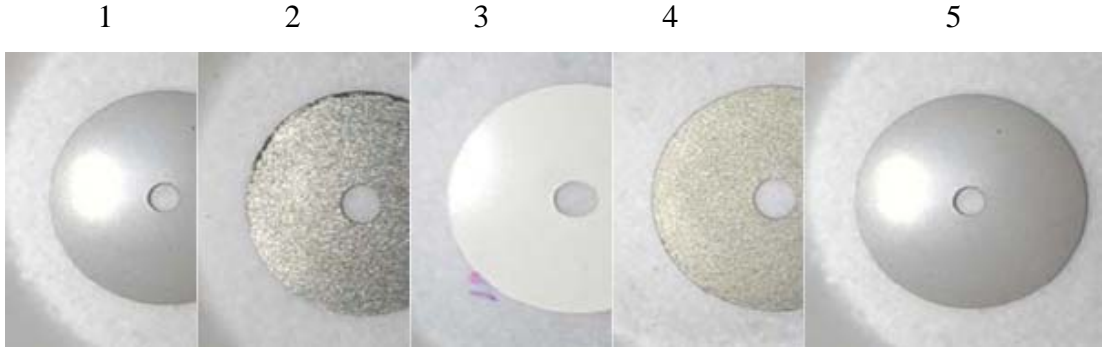


Şekil 1.37. M 734 Tapası türbin tip güç besleme ünitesi [27]

Türbin tip güç besleme ünitesi, hava girişi için deliklere ihtiyaç duyduğu için özellikle yaklaşımli tapalarda, tapanın uç kısmında anten bulundurması yüzünden kullanılması tercih edilmeyen bir güç besleme ünitesi tipidir.

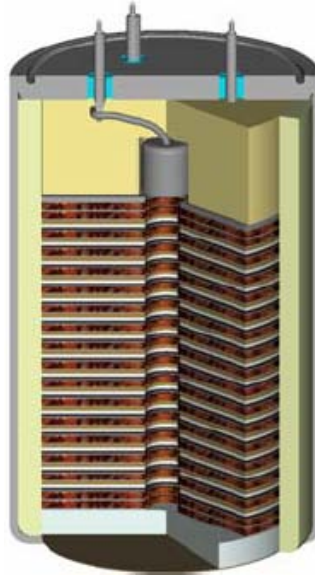
1.5.2.1.1.2.3. Isıl Güç Besleme Ünitesi

Anot, katot ve elektrolitten oluşan üç katmanın oluşturduğu hücrelerin, farklı bir eleman vasıtasıyla yanmaya başlaması ve enerji açığa çıkartması prensibine göre çalışır. Topçu tapaları için iki önemli dezavantajı vardır. Bunlardan ilki yanma esnasında yaklaşık 600°C ısı açığa çıkması ve bu ısının yalıtımı için işlem yapma gereksinimi ile topçu tapaları için gerekli boyutlara ulaşamaması, istenen boyutlara ulaşılsa bile sistem için gerekli enerji ihtiyacının karşılanmasının zorluğudur.



Şekil 1.38. Isıl pil bileşenleri [28]

1. Paslanmaz Çelik Elektrot
2. Lityum alaşımlı Anot
3. Elektrolit
4. Demir desülfüt katot
5. Payroteknik ısı kaynağı

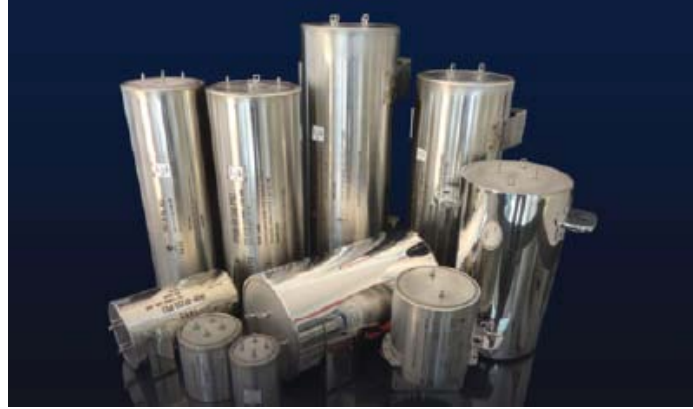


Şekil 1.39. Isıl pil kesit görüntüsü [28]

Şekil 1.37' de görülen anot, katot ve ayırıcı paletler üst üste yerleştirilerek ısıl güç ünitesi oluşturulur.

Isıl pil, diğer pil çeşitlerine göre çok daha fazla enerji açığa çıkartır. Bu özelliğinden dolayı çok daha fazla enerji ihtiyacı olan durumlarda sıklıkla kullanılır. Özellikle akıllı mühimmatlarda, mühimmata yön vermek için gerekli kanatçık hareketi gibi fazla enerji gerektiren durumlar, ısıl pil vasıtasıyla yapılır.

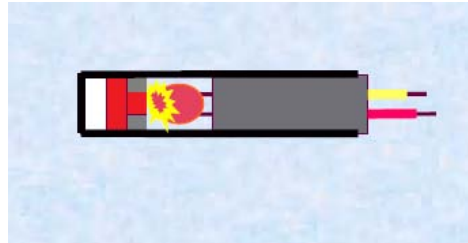
Türkiye’ de, TÜBİTAK-SAGE firmasının ısıl pil altyapısı vardır.



Şekil 1.40. TÜBİTAK-SAGE’nin ürettiği ısıl piller [47]

1.5.2.1.2. Patlayıcı Aktivasyonu

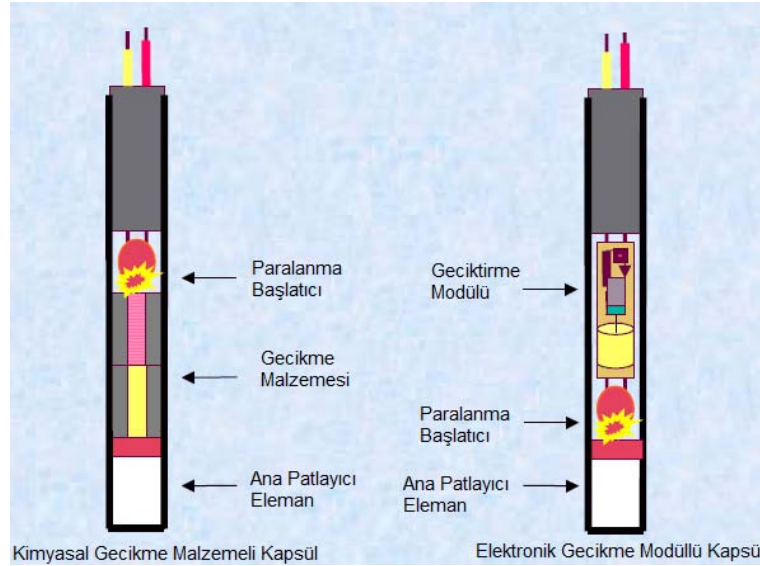
Elektronik tapalarda patlayıcı aktivasyonu, elektrikli kapsül aracılığıyla olur. İçerisinden belirli bir akım geçtiğinde oluşacak etkiyle paralanmayı sağlayan bir patlayıcıdan oluşur. Kullanılan tapanın çeşidine göre elektrikli kapsülün paralanma akımı ve voltajı değişir. Şekil 1.40’ da bir elektronik kapsül görülmektedir.



Şekil 1.41. Elektrikli kapsül

Elektrikli kapsül, elektronik patlayıcı sistemi maksimum ateşlenmeme akımının %15’ inden fazla akım vermemelidir [9]. Ayrıca elektrikli kapsül için en önemli

noktalardan biriside paralanma süresidir ve bu sürenin çok kısa olması gereklidir. Bu süre mikro saniyeler seviyesindedir. Çarpmalı gecikmeli tapa çeşidindeki gecikme süresi, elektrikli kapsül aracılığıyla yapılabilir. Gecikme zamanı ise patlayıcı zinciri üzerine kimyasal reaksiyon hızı düşük bir patlayıcı vasıtasıyla veya elektronik bir gecikme modülü aracılığıyla yapılabilir [48].



Şekil 1.42. Kimyasal ve elektronik gecikme modüllü kapsül [48]

1.5.2.1.3. Dijital Bölüm Tasarımı

Dijital bölüm tapanın temel fonksiyonlarının kontrolü, sensörlerden gelen bilgilerin işlenmesi ve diğer karar mekanizmaları için gerekli işlemleri yapan kısımdır. Elektronik tapanın tipine bağlı olarak kullanılan sinyal işleme birimi değişiklik gösterir. Örneğin yüksek hassasiyette paralanma mesafesi istenen bir, çok fonksiyonlu tapada FPGA (Field Programmable Gate Array) sinyal işleme ünitesi kullanılır. Çünkü FPGA kullanımı ile tek bir entegre üzerinde birçok fonksiyonun (en önemlilerinden bir tanesi RF sinyal işleme) aynı anda paralel olarak çalışması gerçekleştirilmektedir. Çok fonksiyonlu tapada dijital bölümün yapacağı işlemler;

- RF Sinyal Analiz ve Değerlendirmesi
Yaklaşma sensöründen gelen IF (Intermediate Frequency) bandındaki sinyallerin FFT (Fast Fourier Transform) dijital filtreleme gibi işlemleri

gerçeklenecektir. RF katında elektronik bölüme gelen IF sinyal, dijital bölüm içerisinde analiz edilerek yükseklik hesaplaması yapılır [50].

- **Sensör Bilgilerinin Değerlendirilmesi**
Tapa içerisinde kullanılacak elektromekanik sensör ve anahtarlardan gelen bilgilerin işlenmesi ve gereken komutların üretilmesi bu kısımda yapılacaktır.
- **Tapa Parametrelerinin Ayarlanması**
Tapanın atış öncesinde ayarlanması gereken (kurulma süresi, paralanma yüksekliği, paralanma gecikmesi gibi) parametrelerin tapa ayar cihazı kullanılarak yapılması ve bu ayarlara göre tapanın fonksiyon göstermesi bu kısım tarafından sağlanacaktır.

Dijital bölüm çalışmalarında oluşturulacak algoritma ilgili askeri standarda [4] uygun olmalıdır.

1.5.2.1.4. Tapa Atış Tespit (Elektronik)

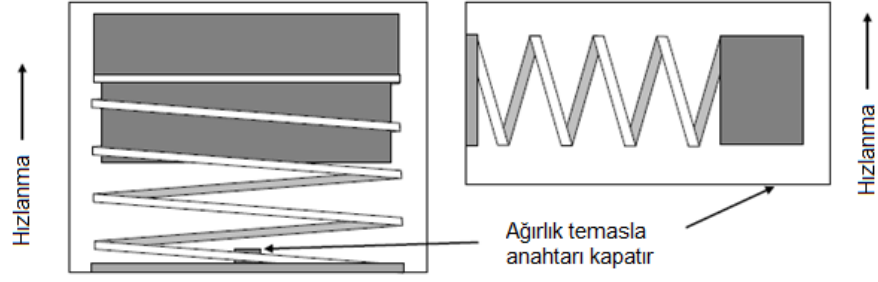
Elektronik tapanın fonksiyonlarına başlaması için, mühimmatın atışının yapıldığı bilgisinin dijital olarak elektronik işlem birimine ulaşması gereklidir.

Tapa atış tespit mekanizması tasarlanırken gireceği testler göz önüne alınarak (12 metre düşürme testi gibi) oluşabilecek kuvvetlerin iyi hesaplanıp, bu değerlerin üzerinde bir değerde aktivasyonu olacak şekilde seçilmelidir.

Bu işlemin algılanması ise ivme algılayıcı anahtarlar veya tapa atışının anlaşılması için tasarlanmış MEMS sensörler tarafından yapılabilir.

1.5.2.1.4.1. İvme Algılama Anahtarları

Şekil 1.42' de görüldüğü gibi yay ve yayın ucunda bulunan bir kütleden oluşan ivme algılama anahtarı, mühimmatın ilk atış anındaki kuvvetle esner ve iki ucu arasındaki anahtarı kapatarak sisteme atış yapıldı bilgisini gönderir.

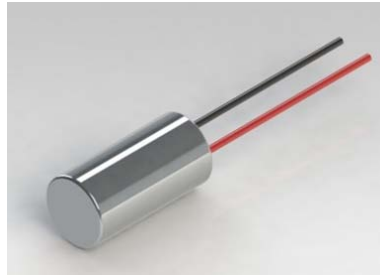


Şekil 1.43. İvme algılama anahtarı [29]

İvme algılama anahtarları, dairesel ivmeyi algılayan ve doğrusal ivmeyi algılayan anahtarlar olarak iki kısımda incelenir.



Şekil 1.44. Dairesel ivmeyi algılayan anahtar

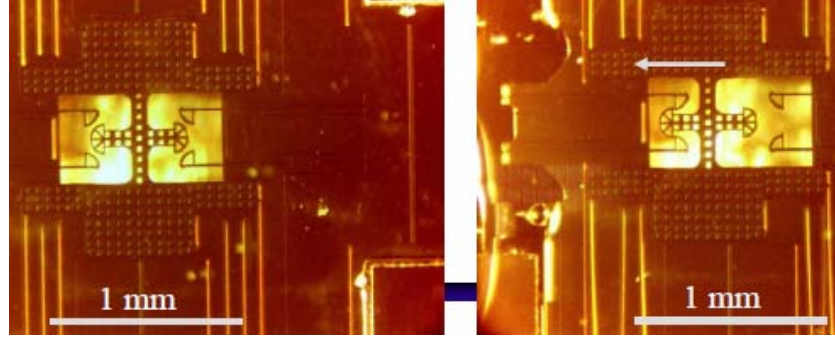


Şekil 1.45. Doğrusal ivmeyi algılayan anahtar

1.5.2.1.4.2. MEMS Sensörlerle Atış Algılama

Tapa içerisine yerleştirilecek MEMS sensörlerden gelen bilgilerin elektronik olarak değerlendirilmesiyle mühimmatın atıldığı tespit edilir. Bu amaçla hem MEMS ivme

hem de MEMS dönü ölçer kullanılarak tapanın atışının yapıldığı anlaşılabilir. MEMS sensörlerin çalışması için gerekli enerjinin az olmasından dolayı, tapan ayar cihazından endüklenen enerji ile bu sensörler çalışabilir ve tapanın güç besleme ünitesine ihtiyaç duymadan çalışmış olur.



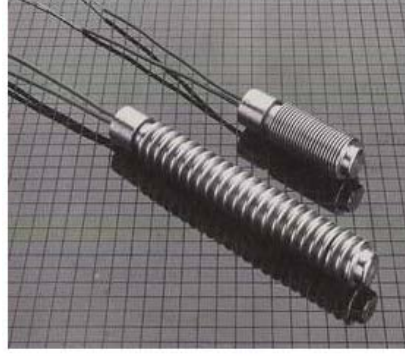
Şekil 1.46. MEMS ivme sensörü [30]

1.5.2.1.5. Güvenlik ve Kurma Mekanizması (Elektronik)

Mühimmat atışının algılandıktan sonra, patlayıcı zincirini aynı eksen üzerine getirme işlemi, elektronik işlemler veya elektromekanik işlemler sayesinde gerçekleştirilebilir. Güvenlik ve kurma mekanizması, dişli ve çark sistemleri haricinde aşağıdaki şekillerde de yapılabilir.

1.5.2.1.5.1. Payroteknik Güvenlik ve Kurma Mekanizması

Payroteknik körükler ile hareketli kurma mekanizmalarının hareket ettirerek patlayıcı zincirinin aynı eksen üzerine getirilmesi prensibine göre çalışır. Payroteknik kurulma mekanizmasında hareketi engelleyerek emniyeti sağlayacak kırılabilir pimler ilave amaçlı kullanılabilir. Payroteknik patlayıcılar ile oluşturulacak basıncın, pimleri kırabilmesi ve küçük boyutlu olması gerekmektedir.



Şekil 1.47. Kurma için kullanılan körük piston

Bu sistemin dezavantajı, yeteri kadar küçük payroteknik patlayıcının üretim zorluğu ve payroteknik patlayıcıların paralanması esnasında tapan uçuş balistiğinin etkilenmesi ihtimalidir.

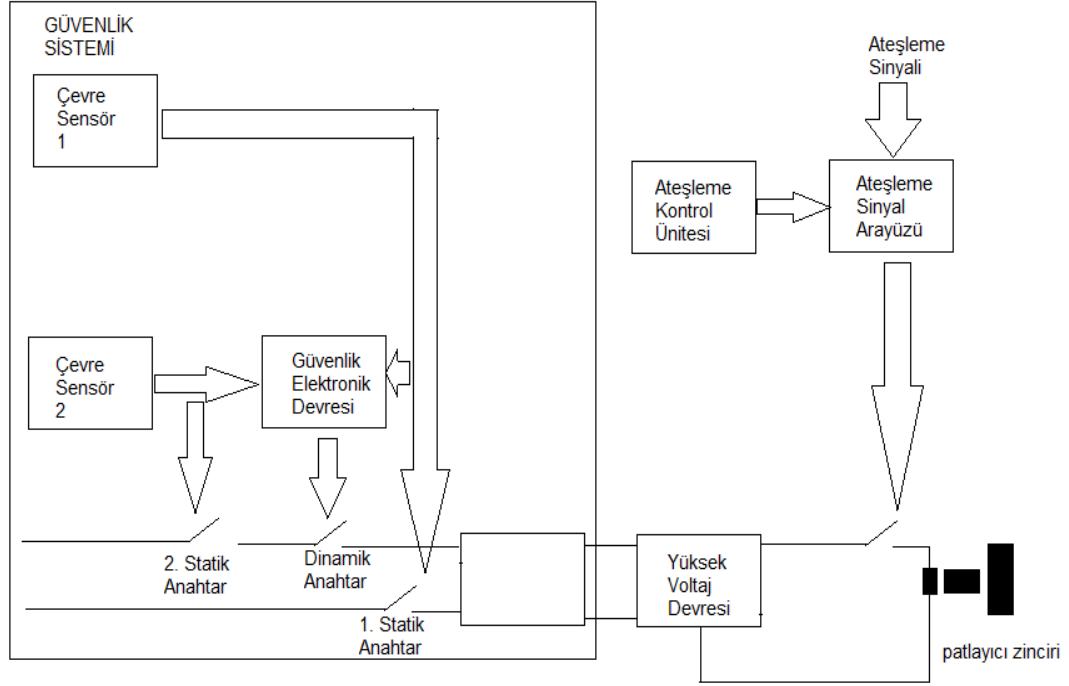
1.5.2.1.5.2. Step Motor Güvenlik ve Kurma Mekanizması

Hareketli kurma mekanizmalarının minyatür bir step motor vasıtasıyla aynı eksen üzerine getirilmesi prensibine göre çalışır [50].

Step motor, bir mekanizmayı hareket ettireceği için çok fazla enerjiye ihtiyaç duymasından dolayı pek tercih edilmeyen bir sistemdir.

1.5.2.1.5.3. Elektronik Güvenlik ve Kurma Mekanizması

Bu tip tasarımlarda hareketli bir kurma mekanizması olmayıp patlayıcı zinciri aynı eksen üzerindedir. Bütün güvenlik sistemleri tapanın sensörler sayesinde algıladığı verilere dayanır ve bu veriler bir güvenlik elektronik işlem birimi tarafından değerlendirilerek tapanın atıldığını algılar [2]. Bu bilgi farklı bir sistem tarafından kontrol edildikten sonra tapanın kurulma işlemi sağlanır. Sistemin mantıksal şekli aşağıdaki gibidir.

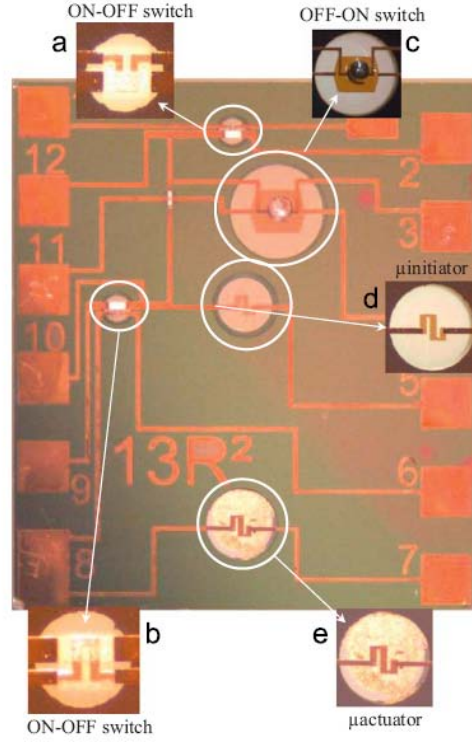


Şekil 1.48. Elektronik güvenlik ve kurma mekanizması çalışma akış diyagramı [2]

1.5.2.1.5.4. MEMS Güvenlik ve Kurma Mekanizması

Mikro elektromekanik sistemler, silikon bir taban üzerinde inşa edilen hareketli sistemin, kurma mekanizmasını hareket ettirmesiyle patlayıcı zincirini aynı eksene getirmesi prensibine göre çalışır. MEMS yapılar elektronik yapılarla birlikte çalışırlar. Böylece algılanan büyüklük, elektriksel veriye anında dönüştürülerek işlenebilir.

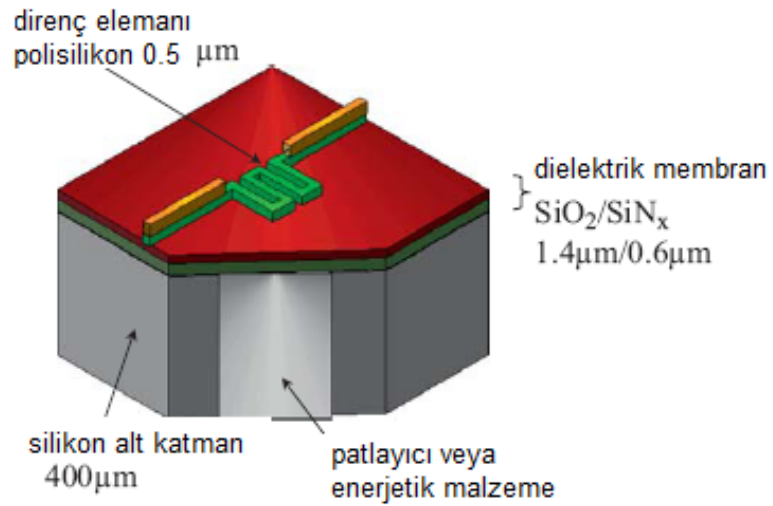
MEMS güvenlik ve kurma mekanizması temelinde silikon tabanlı başlatıcı yonga bulunur. Silikon tabanlı başlatıcı yonga Şekil 1.48’ de görüldüğü gibidir [41].



Şekil 1.49. Silikon tabanlı başlatıcı yonga [41]

Sekil 1.48' da görüldüğü gibi silikon tabanlı başlatıcı yonga; on-off anahtar, off-on anahtar, mikro başlatıcı ve mikro aktüatör kısımlarından oluşur.

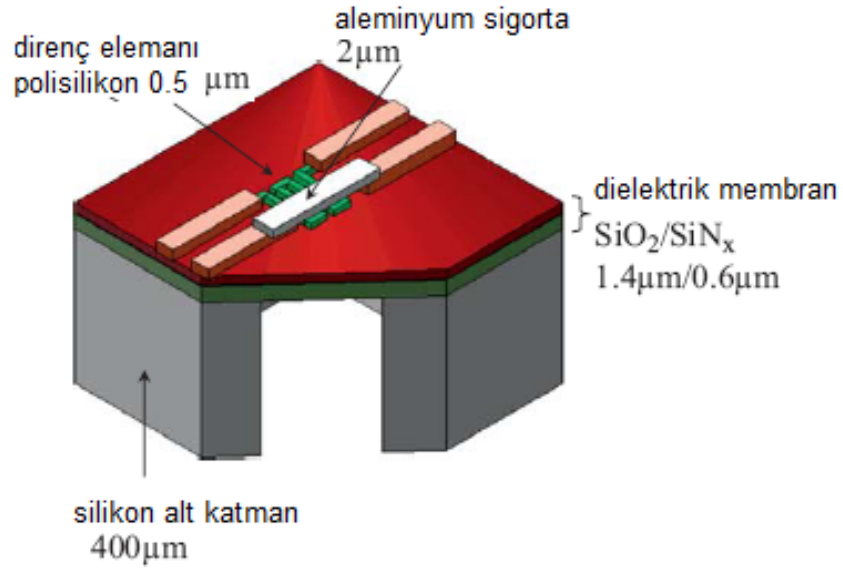
- Mikro Başlatıcı/ Mikro Aktüatör:



Şekil 1.50. Mikro başlatıcı/Mikro aktüatör [41]

Her ikisi de, 1mm çapında bir dielektrik membran üzerinde bulunan bir ısıtma direncinden oluşur. Membranın altında mikro aktüatörün gaz üretmesi ve mikro başlatıcının da ikincil patlayıcıyı paralaması için gerekli olan bir enerjetik malzeme bulunur. Yüksek enerjetik özelliği olan bu malzeme mikro başlatıcının boşluğuna doldurulur. Sistemin ısıtma direnci ise 120 ohm' dur.

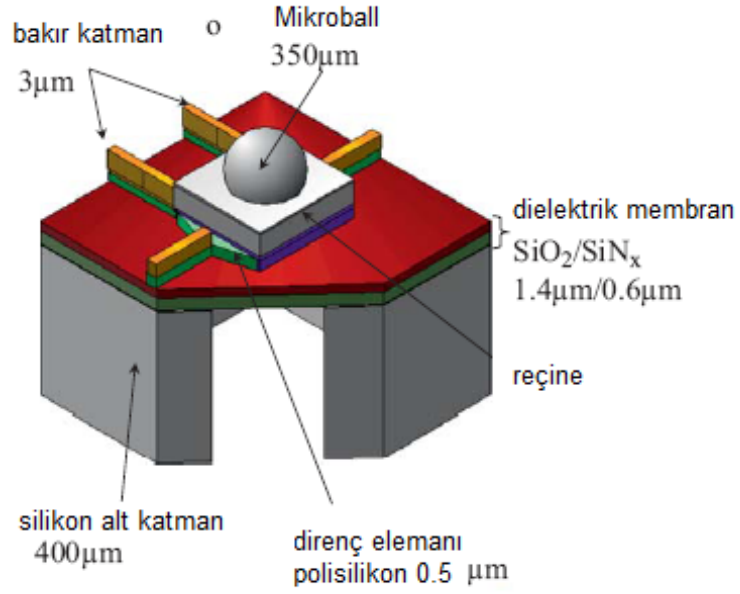
- On-Off Anahtar:



Şekil 1.51. On-Off Anahtar [41]

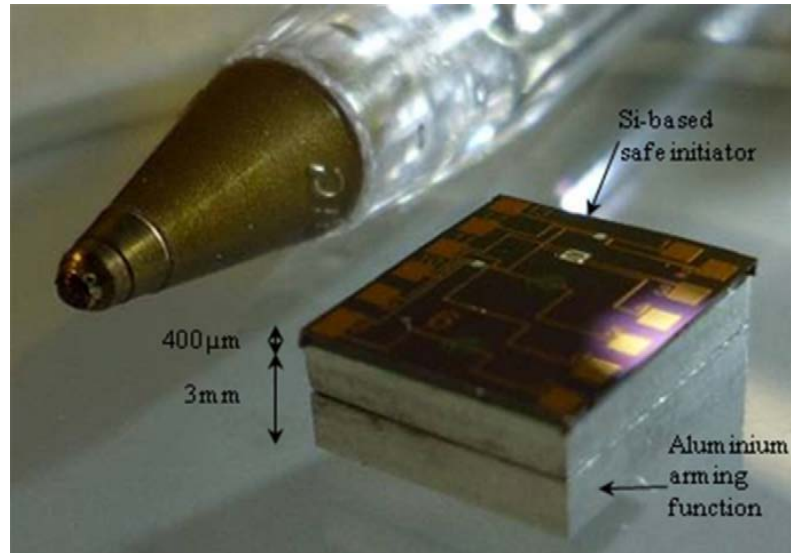
Bu sistem, on-off anahtarlama ihtiyacı duyulduğu anda, alüminyumdan yapılmış bir malzemenin elektriksel bağlantıyı kesmesi prensibine dayanır. Bu ise, dielektrik membran üzerine konumlanmış direnç elemanı sayesinde alüminyum malzemenin buharlaşması şeklinde sağlanır. Membran üzerindeki ısıtma direnci 140 ohm değerindedir.

- Off-On Anahtar:

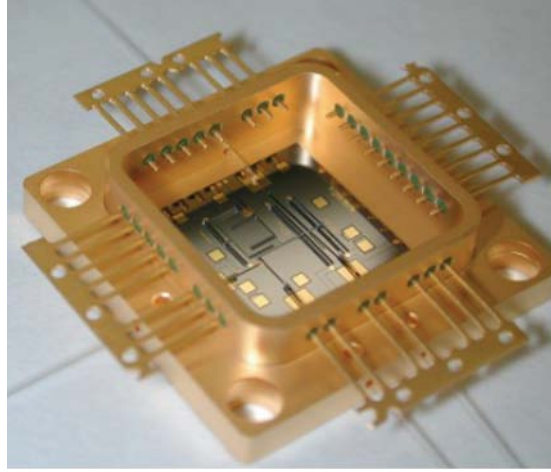


Şekil 1.52. Off-On anahtar [41]

Off-On anahtar, On-Off anahtarın tamamlayıcısı niteliğindedir. Bu anahtarın çalışma prensibi, iki bakır bağlantı arasında bulunan bir mikroboll' un lokal olarak 183°C' ye ısıtılması şeklinde olur. Anahtarın yapısal özellikleri on-off anahtar ile aynı olup 1.5mm çapındaki dielektrik membran üzerinde 50 ohm' luk direnç elemanından oluşur.

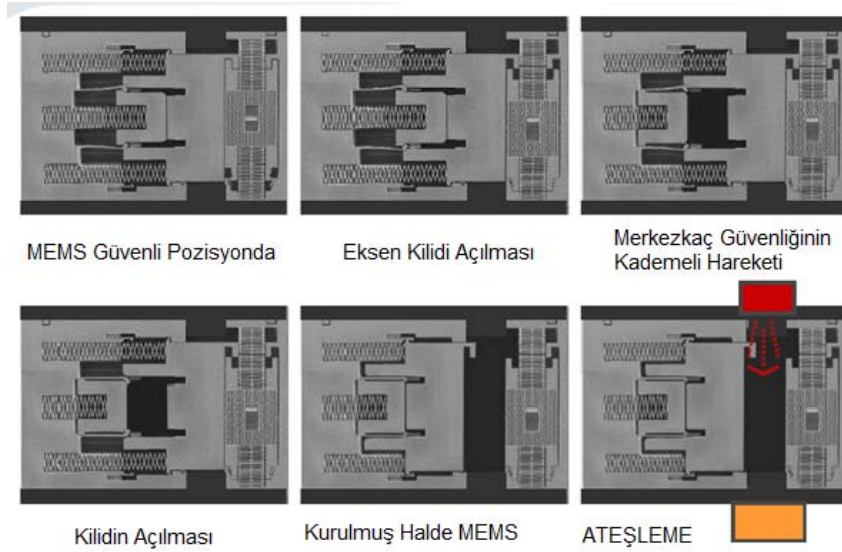


Şekil 1.53. Silikon tabanlı başlatıcı yonga bitmiş resmi [42]



Şekil 1.54. MEMS güvenlik ve kurma mekanizması [31]

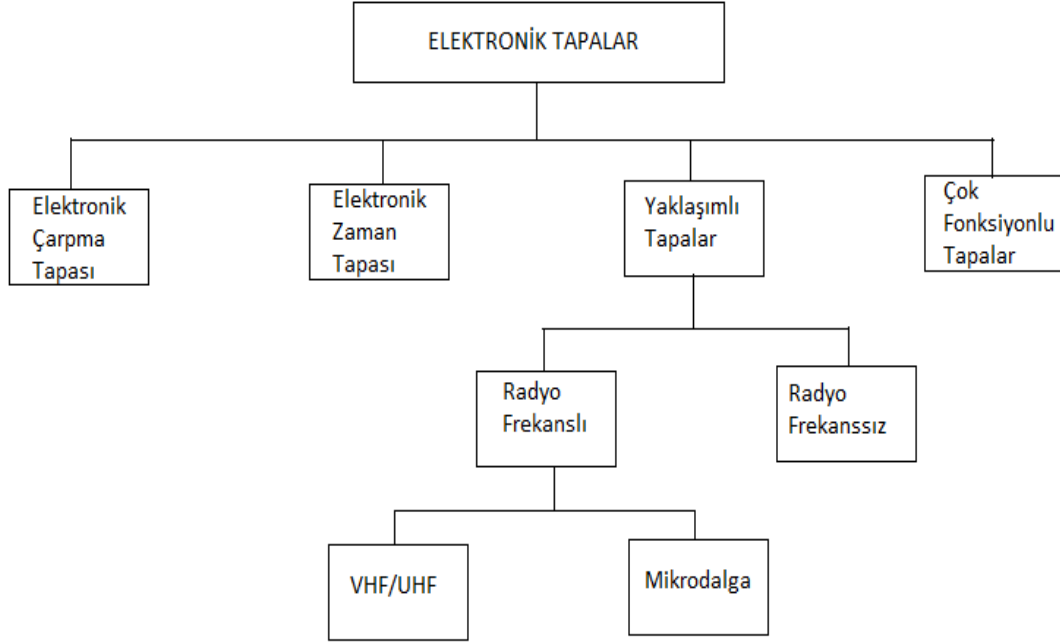
MEMS güvenlik ve kurma mekanizmasının çalışması Şekil 1.54’ de görüldüğü gibidir.



Şekil 1.55. MEMS Güvenlik Ve Kurma Mekanizmasının çalışma adımları [31]

1.5.2.1.6. Elektronik Tapa Çeşitleri ve Hedef Algılama Yöntemleri (Elektronik)

Hedef algılama, elektronik tapaların her birinde, birbirinden tamamen farklı şekillerde olur. Elektronik tapaları dört ana başlık altında incelediğimiz için, hedef algılama çeşitlerini de dört başlık altında inceleyebiliriz [51].



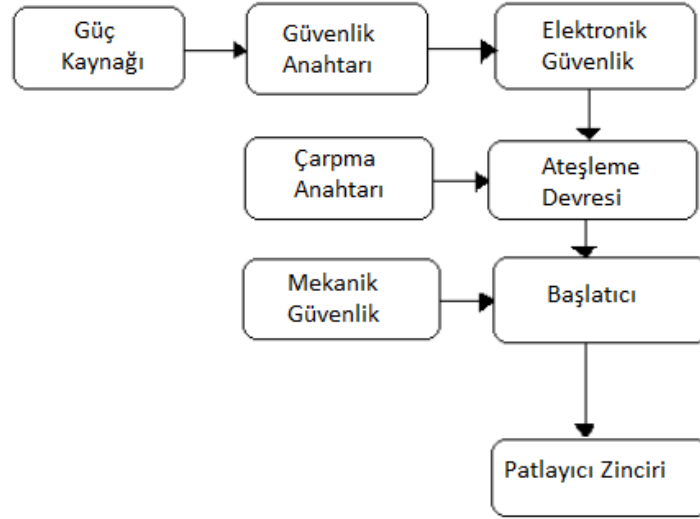
Şekil 1.56. Elektronik tapa çeşitleri

1.5.2.1.6.1 Elektronik Çarpma Tapaları

Elektronik çarpma tapaları, en basit elektronik tapa çeşididir. Tapa herhangi bir nesneye çarptığı anda oluşan negatif ivme, çarpmayı algılayan çarpma anahtarı veya MEMS sensörünün kapanarak mühimmatın paralanmasını sağlayacaktır. Elektronik çarpma tapaları genel olarak tek başlarına kullanılmayıp, kombinasyonlu tapalarda herhangi bir mod çalışmazsa (yaklaşım modu veya zaman modu gibi) çarparak paralanmanın sağlanması için kullanılır.

- Temel İçerikler

Elektronik çarpma tapaları içerisinde çarpma anahtarı, güç kaynağı, ateşleme devresi, elektronik güvenlik devresi ve diğer mekanik alt üniteler bulunur.



Şekil 1.57. Elektronik çarpma tapası çalışma akış şeması

- Çalışma Prensibi

Elektronik çarpma tapaları diğer elektronik tapalara nazaran çok az elektronik bileşen içerir. Elektronik devreler sadece ateşleme elektronik devresi ve güvenlik elektronik devresidir. Güç besleme ünitesi, mühimmat atışı yapıldıktan sonra oluşan kuvvetlerle aktive olur ve elektronik kartlar için gerekli enerjiyi verir. Elektronik güvenlik devresi, tapanın atılmasından sonra zaman saymaya başlar. Bu zaman saymanın sebebi, olası bir tapanın yanlış fonksiyon göstermesi durumunda personele zarar verilmesinin engellenmesinin istenmesidir. Zaman sayımı işleminin bitmesinin ardından elektronik güvenlik devresi, ateşleme devresi için gerekli kondansatörün şarj için güç kaynağına komut verir. Kondansatör dolduktan sonra, güvenlik ve kurma mekanizması kurulu vaziyette olduğu için çarpma sensöründen gelecek sinyalle tapanın fonksiyon göstermesini sağlar.

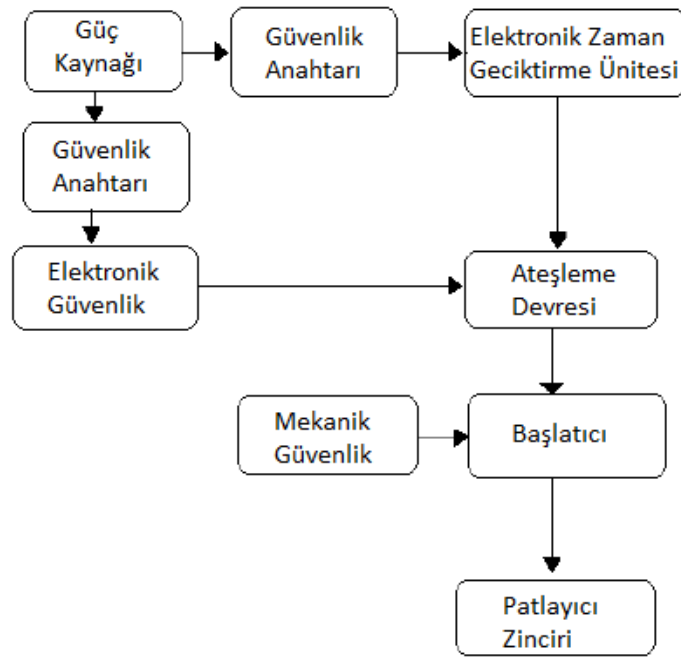
1.5.2.1.6.2. Elektronik Zaman Tapaları

Elektronik zaman geciktirme devreleri, mühimmatın ateşlenmesi ve paralanmalarını sağlamak için kullanılır. Başka bir deyişle, tapa atıldıktan sonra istenilen zamana

ulaşıldığında fonksiyon gösteren tapalardır. Elektronik zaman tapaları, hedefin menzilinin bilindiği durumlarda, genellikle aydınlatma ve sis mühimmatlarında kullanılır.

- Temel İçerikler

Elektronik zaman tapaları temel olarak elektronik zaman geciktirme devresi, elektronik güvenlik devresi, güç kaynağı, ateşleme devresi ve diğer alt bileşenlerden oluşur.



Şekil 1.58. Elektronik zaman tapası çalışma akış şeması

- Çalışma Prensipleri

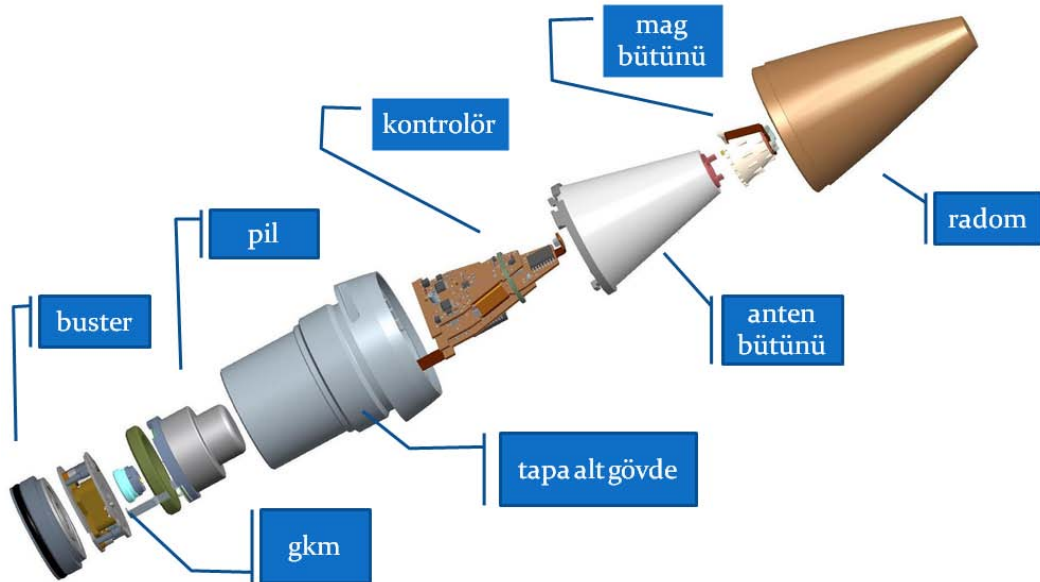
Güç besleme ünitesi, mühimmat atışı yapıldıktan sonra oluşan kuvvetlerle aktive olur ve elektronik kartlar için gerekli enerjiyi verir. Güvenlik anahtarı, elektronik zaman gecikme ünitesi ve elektronik güvenlik devresinin enerjilenmesini engeller. Atış anında oluşan kuvvetlerle güvenlik anahtarı aktive olur. Güvenlik anahtarının aktive olmasıyla eş zamanlı olarak elektronik gecikme devresi ve elektronik güvenlik devresi enerjilenir. Elektronik zaman gecikme devresinin iki ana görevi vardır. Bunlardan ilki

zaman kurması için belirlenen “güvenlik zamanını” saymak diğeri ise; atış öncesi tapanın fonksiyon göstermesinin istendiği “uygulama zamanını” saymaktır. Elektronik güvenlik devresi ise, belirlenen sürede şarj olmak üzere ateşleme devresinin ateşleme kondansatörünü şarj eder. Tapa atışı öncesinde belirlenen zaman geldiği anda ise ateşleme komutu verilir ve ateşleme kondansatörü elektrikli kapsül üzerinden enerjisini boşaltır.

1.5.2.1.6.3. Yaklaşım Tapaları

Yaklaşım tapaları, operasyon zamanları hedefin menziline göre değişkenlik gösterdiği için “değişken zamanlı tapalar” (Variable Time, VT) olarak da adlandırılır. Yaklaşımli tapalar hedefi algılaması, tapanın uç kısmında bulunan bir antenin gönderip tekrar aldığı sinyalin bir mikrokontrolör devresi tarafından değerlendirilerek mesafe ölçülmesi şeklinde olur [52].

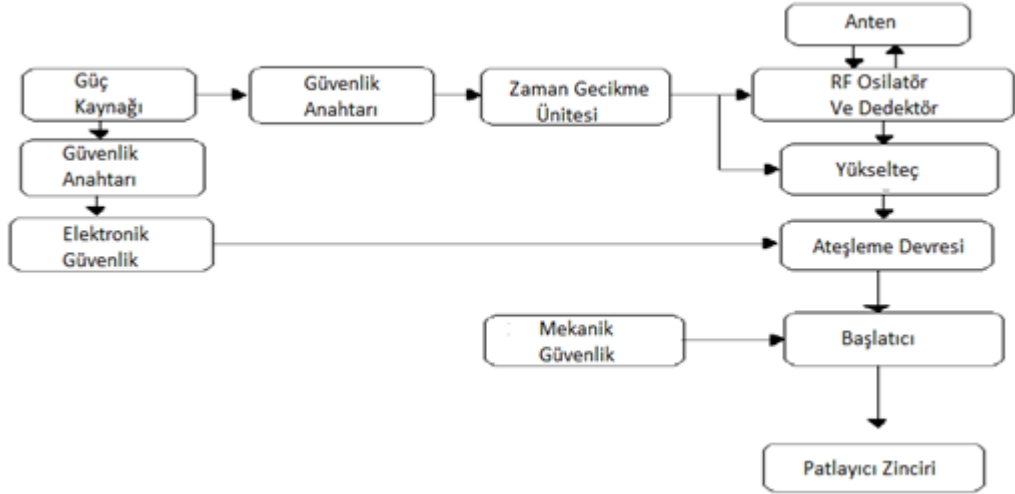
Temel olarak bir yaklaşımli tapanın bileşenleri Şekil 1.58’ de görüldüğü gibidir.



Şekil 1.59. Yaklaşım özelliği bulunan kombinasyon tapası [33]

- Temel İçerikler

Anten, osilatör, frekans yükseltici, elektronik güvenlik devresi, güç besleme ünitesi, ateşleme devresi ve diğer alt bileşenler bir yaklaşımlı tapayı oluşturan sistemlerdir [53]. Yaklaşımlı tapanın blok diyagramı Şekil 1.59’ da görüldüğü gibidir.



Şekil 1.60. Yaklaşım tapası çalışma akış şeması

- Çalışma Prensipleri

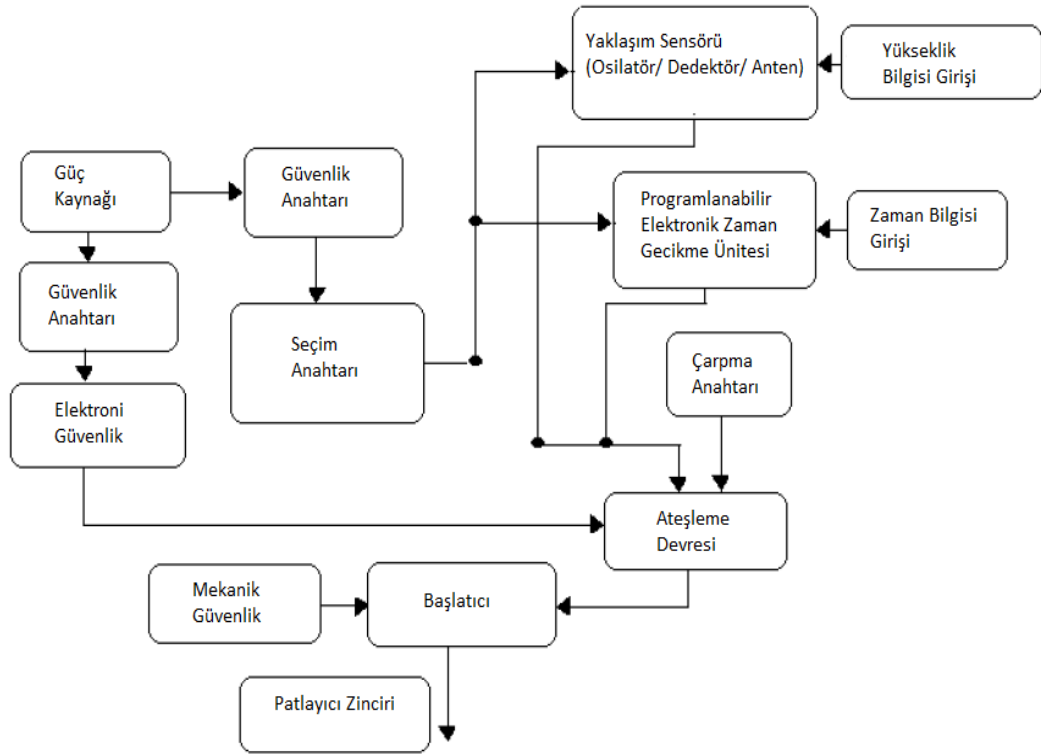
Yaklaşım tapalarının mesafe algılaması için birçok yöntem bulunsa da, günümüzde en yoğun olarak kullanılan çeşidi “Doppler Etkisi” prensibiyle çalışanlardır. Doppler etkisine göre eğer iki nesne arasında göreceli bir hareket varsa, o zaman yansıtılan dalgaların frekansı yayılan dalgalarınkinden farklı olacaktır. Eğer iki nesne birbirlerine yaklaşıyorlarsa, bu durumda yansıtılan dalgaların frekansı yayılan dalgaların frekansından daha büyük olacaktır. Frekanslarda oluşan bu farklılık hedefin mesafesini algılamakta kullanılabilir. Yaklaşım tapalarının çalışması ise;

Mühimmatın atılması ile oluşan kuvvetlerle güç besleme ünitesi aktif hale gelir. Güvenlik anahtarı, güç besleme ünitesinden aldığı enerjiyle elektronik devreleri çalıştırır. RF osilatör ünitesi, tapanın uçuş zamanı içerisinde son üç saniye içinde çalışmaya başlar. Bunun sebebi tapanın sinyal karıştırıcılar tarafından çözülüp, istenilenden farklı bir şekilde fonksiyon göstermesinin engellenmesidir. RF osilatör daha sonra anten tarafından yayılan, istenen

frekans değerindeki RF dalgalarını oluşturur. Bu frekans dalgaları boşlukta ışık hızıyla yol alarak yayılır ve çeşitli nesnelere çarpıp yansır. Detektör, anten vasıtasıyla bu yansıyan dalgaları alır ve yükseltici devresinden geçirir. Yükseltici devresinden geçirilen sinyal bir mikrokontrolör tarafından işlenir ve mesafe algılanır. İstenilen mesafeye geldiği zaman ateşleme devresi çalışır ve tapanın fonksiyon göstermiş olur.

1.5.2.1.6.4. Çok Fonksiyonlu Tapalar

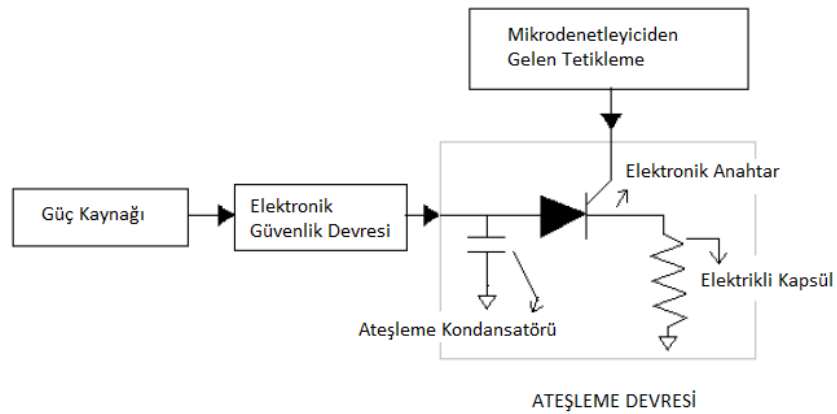
Çok fonksiyonlu tapalar, tek bir tapanın içinde elektronik çarpma, zaman ve yaklaşım özelliklerinin hepsini birden içeren ve atış öncesi tapan ayar cihazı ile istenen parametrenin girildiği tapalardır. Tapanın içeriği diğer tapalarla aynı olup aşağıdaki blok şemasında görüldüğü gibi çalışır.



şekil 1.61. Çok maksatlı tapanın çalışma akış şeması

1.5.2.1.7. Patlayıcı Aktivasyonu (Elektronik)

Elektronik tapalarda patlayıcı aktivasyonu bir ateşleme devresi tarafından yapılır. Ateşleme devresi; ateşleme kondansatörü, elektronik anahtarlama elemanı (tristör, MOSFET veya tiratron) ve elektrikli kapsülden oluşur. Elektrikli kapsül, köprü kablo elemanıdır ve küçük metal kablolardan veya toplam direnci 700 ile 15.000 ohm değerleri aralığında olan ince şerit karbon filminden oluşur.



Şekil 1.62. Patlayıcı aktivasyon devresi

Patlayıcı aktivasyonu, çarpma anındaki oluşan kuvvetlerle çarpma anahtarı kapanır ve mikrokontrolörden gelen tetik elektronik anahtarlama elemanını ilettime geçirir. İletime geçen elektronik anahtarlama elemanı, elektronik güvenlik devresi tarafından şarj edilmiş pozisyondaki ateşleme kondansatörünün elektrikli kapsül üzerinden deşarj olmasını sağlar. Üzerinden yüksek akım geçen elektrikli kapsül paralanır ve tapanın paralanması sağlanır. Elektrikli kapsül, ateşleme harici durumlarda elektrikli patlayıcı sistemine maksimum ateşlenmeme akımının %15' inden fazla akım vermemelidir [9].

1.5.2.1.8. Tapa Ayar Cihazı ve Tasarımı

Kombinasyonlu tapalarda (özellikle çok fonksiyonlu tapalarda) birden fazla hedef algılama yöntemi bulunmaktadır. Üretim amacı, atış anındaki ortam şartlarına göre

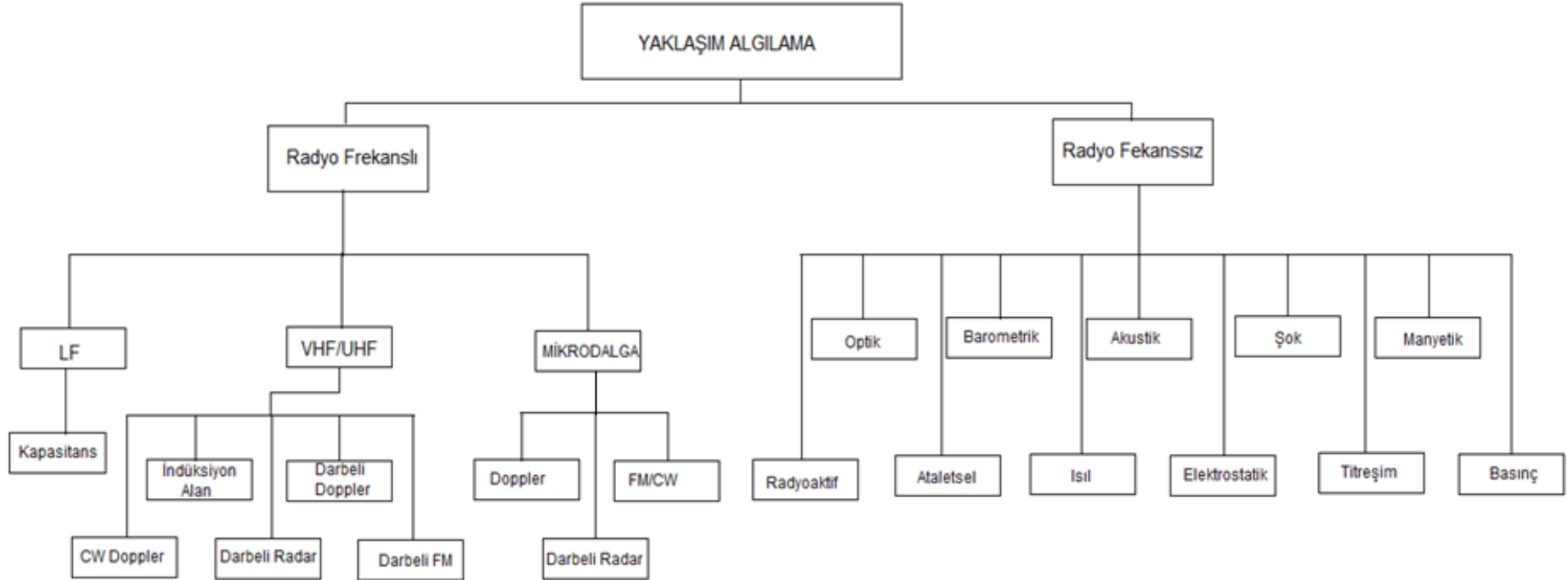
uygun modu seçerek mühimmat atışının yapılması olan çok fonksiyonlu tapalarda, istenilen parametre değerinde atış yapılması, tapa ayar cihazı vasıtasıyla sağlanır. Tapanın parametrelerinin ayarlanması için gerekli ayar cihazı tasarımı, ilgili askeri standarda [7] göre yapılır.

En yaygın olarak kullanılan tapa ayar cihazı endüktif tip tapa ayar cihazı olup, RFID yöntemi kullanarak tapa içerisindeki bobine endüktif olarak bilgi gönderilmesi şeklinde çalışır. Tapa ayar cihazları için çeşitli seçenekler mevcuttur. Bu seçenekler;

- Kablo ile ayarlama
- Elektromanyetik olarak ayarlama
- Endüktif olarak ayarlama
- Nokta teması ile ayarlama
- Komütatör ile doğrudan ayarlama

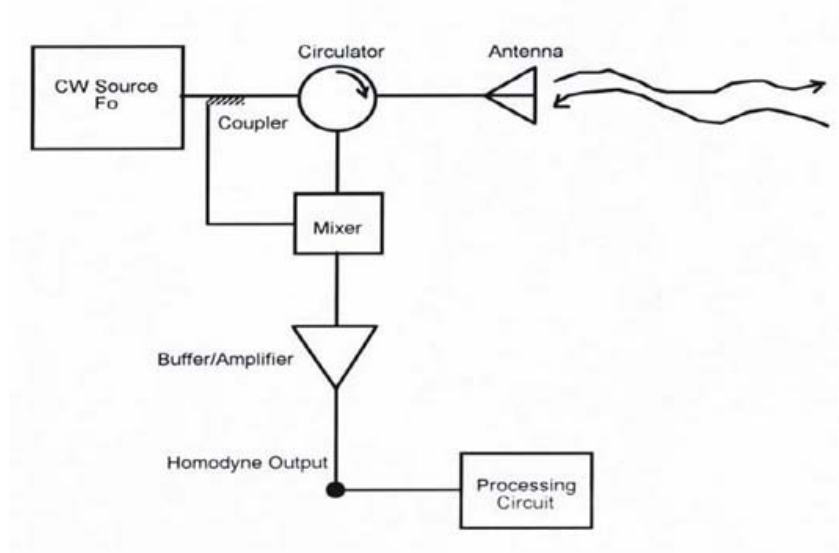
1.5.3.Yakınlık Algılama Sistemi Tasarımı

Yaklaşım tapalarında kullanılan yakınlık algılama sistemleri, radyo frekansı ile yakınlık algılama ve radyo frekanssız yakınlık algılama olacak şekilde iki kısımda incelenir. Bu algılama çeşitleri ise Şekil 1.62' de görüldüğü gibi sınıflara ayrılır [51].

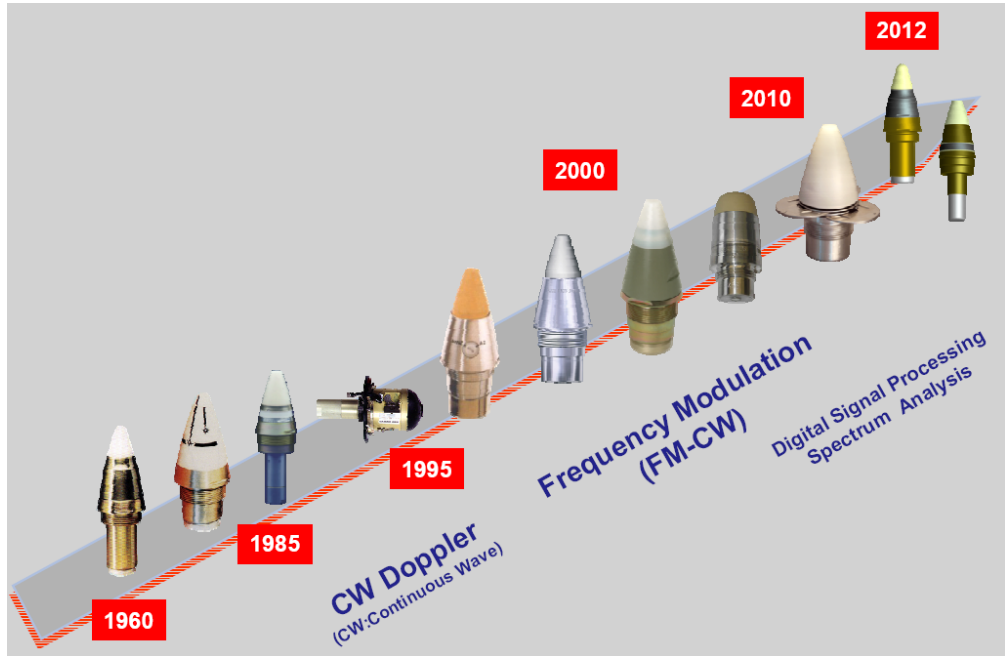


Şekil 1.63. Yaklaşım algılama yöntemleri [51]

Tasarlanan yakınlık algılama sistemleri 1980' li yıllarda "Sürekli Dalga Doppler Yöntemi" (Continuous Wave Doppler, CW Doppler) ile yapılırken, günümüzde Frekans Modüleri Sürekli Dalga (Frequency Modulated Continuous Wave, FM/CW) yönteminin dijital sinyal işleme ve spektrum analizleri ile daha net mesafe algılamasının sağlandığı işlemlerle yapılır.



Şekil 1.64. Frekans modüleri sürekli dalga çalışması blok diyagramı [40]



Şekil 1.65. Junghans firması yaklaşım sistemi tasarımı aşamaları [34]

Bu bölümde, yakınlık algılama sistemlerinin tasarımı ile ilgili sadece radyo frekanslı yakınlık algılama sistemlerinden bahsedilecektir.

1.5.3.1. RF Sistem Tasarımı

RF yakınlık algılama sensörü tasarlanırken, ilk önce sinyal- gürültü güç seviyeleri belirlenir ve arzu edilen yaklaşma sensörü hassasiyetini elde edebilmek için her bir RF alt sisteminin sahip olması gereken parametreler hesaplanır. Sistem tasarımı yapıldıktan sonra, sistemin performansı laboratuvar ortamında test edilir. Her bir alt modülün performansı doğrulandıktan sonra ise modüller birleştirilir ve sistem seviyesi uyumluluklarına bakılır. RF sistemi, dört farklı alt sistem başlığında incelenebilir.

1.5.3.1.1. Göndermeç Katı Tasarımı

Göndermeç katı, RF sinyalin oluşturulduğu ve oluşturulan RF sinyalin güçlendirilerek yüksek verim alınmasının sağlandığı işlem birimidir.

Bir osilatör devresi, anten aracılığı ile iletilecek olan gerekli frekanstaki RF dalgaları oluşturmak için kullanılır. Bu dalgaların etkileşimi ses frekansının ripple darbelerini üretir.

1.5.3.1.2. Anten Tasarımı

RF sinyallerin gönderilmesi ve gönderilen RF sinyallerin zayıflamış yansılarının alınması için anten katı gereklidir. Tapalarda, fiziki alanın küçük olması gerekli anten tasarımını zorlayan bir koşuldur.

Tap sistemlerinde kullanılan antenler, genellikle RF osilatöründen alınan RF dalgalarını saçmak için kullanılan halka tipinde antenlerdir. Tapanın gövdesi antenin bir parçasını oluşturur ve RF dalgaların yayılmasına yardımcı olur.

1.5.3.1.3. Alıcı Katı Tasarımı

Göndermeç katından gönderilen RF sinyallerin zayıflamış yansılarının algılandığı kısımdır. Bu devre, genellikle bir frekans ses yükseltici devresidir.

Bu kısımda, gönderilen RF sinyallerinin zayıf yansılarını alır ve bir yükselteçten geçirilir. Alınan düşük dalgaların yükseltildiği yer olduğu için sinyal işleyici ünitesi de denir.

1.5.3.1.4. RF Filtre Grubu Tasarımı

Gönderme ve alma katlarından gönderilen ve alınan RF sinyallerin, hangi yansının hangi gönderilen sinyale ait olduğunu algılayan kısmı, RF filtre kısmıdır.

1.5.3.2. Elektromanyetik Ekranlama Tasarımı

RF bölüm ile elektronik bölümün birbirlerinden olumsuz olarak etkilenmemesi amacıyla elektromanyetik ve elektriksel olarak birbirinden ayrılması gerekir. Bu kısmın tasarımı esnasında elektromanyetik ekranlama teknikleri kullanılarak elektromanyetik olarak elektronik bölüm ile RF bölüm performanslarının olumsuz etkilenmemesi sağlanmalıdır.

1.5.3.3. Radom Analizi

RF sistem tasarlandıktan sonra, elektromanyetik yayının en uygun şartlarda olacağını doğrulamak için radom analizlerinin yapılması gereklidir. Elektromanyetik dalgaların radomdan yansması için gereken fiziksel şartlar ve radomun malzemesinin dielektrik katsayıları belirlenmelidir.

1.5.4. Patlayıcı Donanım ve Tasarım

Patlayıcı materyaller, yüksek miktarda enerji ve ısının açığa çıktığı yüksek hızlı reaksiyonları oluşturan kimyasal karışımlardır. Bu karışımlar yüksek kalorifik değerlere sahiptirler.

Patlayıcılar, düşük hızlı patlayıcılar ve yüksek hızlı patlayıcılar olarak iki kısımda incelenir. Düşük hızlı patlayıcılar, ses hızından düşük tepkime hızına sahip, karıştırılmamış malzemelerdir. Düşük hızlı patlayıcılar, patlamadan ziyade yanar veya tutuşur. Bu tip patlayıcılar düşük hızlı tepkime sürelerinden dolayı tapaların patlayıcı sistemlerinde kullanılmazlar.

Yüksek hızlı patlayıcılar ise, ses hızını aşan hızlarda kimyasal tepkimeye giren patlayıcılardır. Yüksek hızlı tepkime sürelerinden dolayı tapa sistemlerinde tercih edilen patlayıcı tipidir. Yüksek hızlı patlayıcılar primer yüksek hızlı ve sekonder yüksek hızlı patlayıcı olarak iki kısma ayrılır.

Primer yüksek hızlı patlayıcı, sıcaklık ve şok etkisiyle hassas bir şekilde paralanmış patlayıcıdır. Bu özelliklerinden dolayı patlayıcı zincirinin ilk halkası olarak kullanılırlar. Bu patlayıcı türüne örnek olarak; kurşun azid ve hekzanitromannite verilebilir.

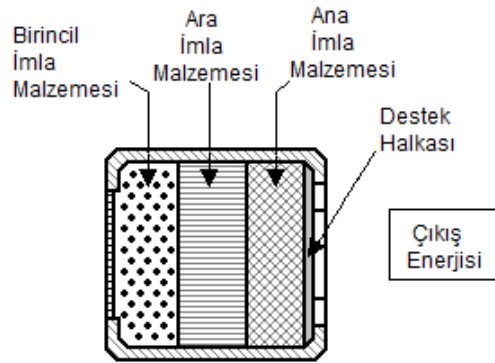
Sekonder yüksek hızlı patlayıcı, primer yüksek hızlı patlayıcıya oranla daha yüksek sıcaklık ve şok etkisiyle paralanmış malzemelerdir. Bunlar tapalarda geciktirme elemanı, detonatör ve buster olarak kullanılır. Bu tip patlayıcılara örnek olarak; PETN, RDX, tetril, TNT ve picatrol verilebilir.

1.5.4.1. Patlayıcı Zinciri Elemanları

Patlayıcı zinciri, zayıf paralanma etkisine sahip ve güçlü paralanma etkisine sahip olan patlayıcı elemanları içerir. Bu patlayıcı elemanları primer, detonatör gibi patlayıcılardır ve bunların ikisine birden başlatıcı (initiator) patlayıcı donanım da denilebilir.

1.5.4.1.1. Başlatıcı Eleman (Primer ve Detonatör)

Tipik olarak başlatıcı elemanlar üç farklı malzemedен oluşur. Bunlar; birincil imla malzemesi, ara imla malzemesi ve ana imla malzemesidir. Birincil imla malzemesi primere benzer ve genellikle kurşun azid veya kurşun styphnate' den oluşur. Ara imla malzemesi genellikle kurşun aziddir ve ana imla malzemesi ise genellikle kurşun azid, PETN, tetril veya RDX gibi patlayıcılardan seçilir.



Şekil 1.66. Primer ve detonatör

Mekanik başlatma sistemli tapalarda, ateşleme başlatma işlemi Şekil 1.65' de görülen patlayıcının primer imla malzemesine iğne veya benzeri bir sistemin teması ile olur. Elektronik başlatma sistemli tapalarda ise, birincil imla malzemesinin paralanmasını sağlayacak bir akım veya gerilim değeriyle paralanma başlatılır.

1.5.4.1.2. Buster

Patlayıcı zincirinin en sonunda bulunan ve en çok patlayıcı içeren kısımdır. Kendisinden önce gelen detonatörün paralanması etkisiyle aktive olur. Detonatörden gelen bu paralanma dalgasının şiddetini artırarak, mühimmat içerisindeki imla maddesine iletir.

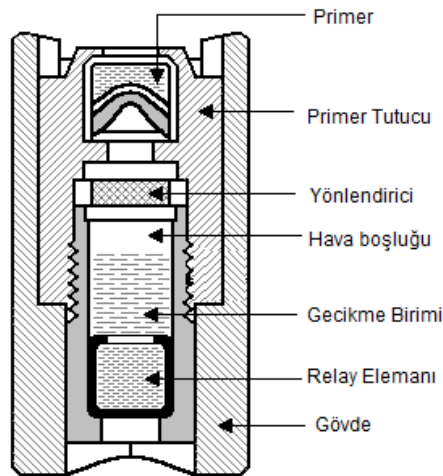
Buster olarak sıklıkla kullanılan patlayıcılar; tetril, RDX, tanecikli TNT, RDX-balmumu karışımı ve PETN patlayıcılarıdır.

1.5.4.2. Diğer Patlayıcı Elemanları

Patlayıcı zinciri elemanları haricinde başka patlayıcılarda kullanılabilir. Bu malzemelerin kullanılmasının sebebi, başlatıcı elemanın gücünü artırmak veya patlayıcı zincirinin paralanma hızını düşürme ihtiyacından kaynaklanabilir. Patlayıcı zinciri haricindeki elemanlar aşağıdaki gibidir.

1.5.4.2.1. Geciktirme Elemanları

Tapalar, bazı taktiksel kullanımlarında, hedefe temas ettikten sonra belirli bir gecikme ile paralanması istenir. Bu gecikme sayesinde hedefin içine nüfuz eden mühimmat daha fazla tahribata sebep olabilir. Bu tip tapalarda gecikme elektronik olarak veya paralanma hızı düşük patlayıcı aracılığıyla yapılır. Yeni nesil tapalarda bu gecikme elektronik olarak yapılsa da, geleneksel tapaların büyük bir çoğunluğunda bu gecikme, gecikme birimi sayesinde yapılmaktadır.

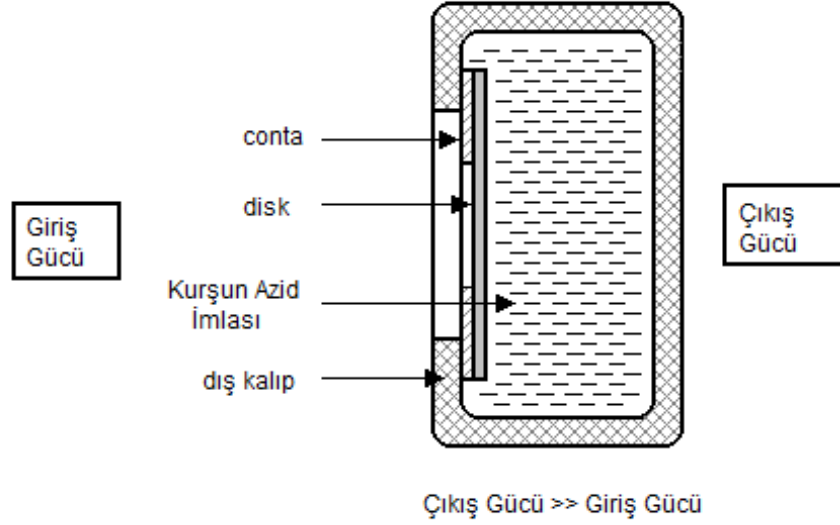


Şekil 1.67. Geciktirme elemanının primere eklenmiş hali

Geciktirme elemanının, patlayıcı zincirinin primer halkasına eklenmiş hali Şekil 1.66' da görüldüğü gibidir.

1.5.4.2.2. Aktarma Elemanları

Aktarma elemanları, başlatıcı eleman veya geciktirici elemanın zayıf paralama etkisini güçlendiren ve kendinden sonraki patlayıcıya iletilmesini sağlayan küçük patlayıcı elemanlardır. Hemen hemen bütün aktarma elemanları kurşun azidden yapılır. Aktarma eleman Şekil 1.67' de görüldüğü gibidir.

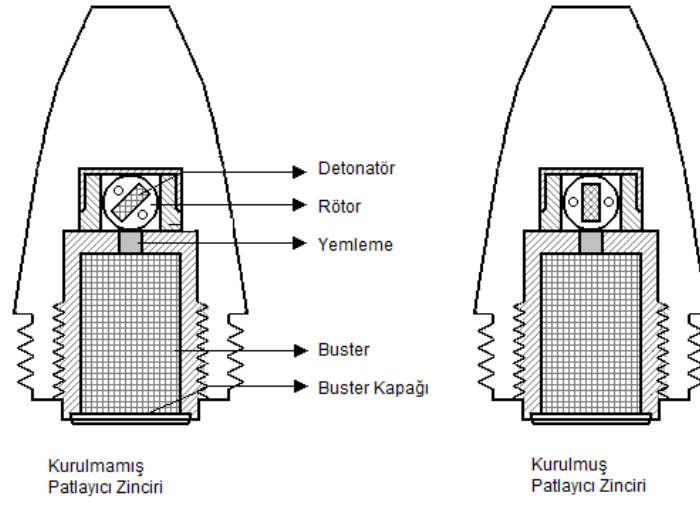


Şekil 1.68. Aktarma elemanı

1.5.4.2.3. Yemleme Elemanları

Yemleme elemanının amacı, paralama dalgasını detonatörden bustere iletilmesinin sağlanmasıdır. Yemleme elemanı olarak sıklıkla tetril veya RDX gibi patlayıcılar kullanılır. Yemlemenin etkinliğini patlayıcının yoğunluğu ve kalınlığı belirler.

Detonatör, yemleme ve busterden oluşan en basit patlayıcı zinciri Şekil 1.68' de görüldüğü gibidir.



Şekil 1.69. Kurulmamış ve kurulmuş hallerdeki patlayıcı zinciri

2. ELEKTRONİK TAPALAR

2.1. Elektronik Tapaların Avantajları

Elektronik tapalara olan ihtiyacın temel sebebi, mekanik tapa sistemlerinin bazı konulardaki yetersizlikleri ve kısıtlamalarından kaynaklanmaktadır. Klasik mekanik tapalar işlevlerini yerine getirmek için gerekli bütün alt sistemlere sahiptir; fakat elektronik tapaların sahip olduğu “karar mekanizması” mekanik tapalarda yoktur.

Elektronik sistemlerin tapaya ilave edilmesiyle, sistem için gerekli olan karar mekanizması eklenmiş olur ve sistemin istenen fonksiyon gösterme tiplerini daha başarılı bir şekilde gerçekleştirmesi sağlanır.

Elektronik tapaların avantajları sıralanacak olursa;

- Yaklaşmalı tapa sistemleri, sadece elektronik tapalarda mümkündür. Bu tip tapalarda, mühimmat atışı yapacak kişi sadece istenilen yükseklik bilgisini tapaya girer ve başka bir işlem yapmasına gerek kalmaz. Herhangi bir çatışma anında bu çok büyük bir avantaj sağlamaktadır çünkü yaklaşım tapasıyla bu kadar kolay yapılabilen bu atışı, mekanik bir zaman tapasıyla yapılması imkânsıza yakındır.
- Elektronik zaman tapaları, mekanik zaman tapalarına oranla çok daha geniş bir zaman aralığında ve çok daha net bir zaman bilgisiyle işlem yapabilir. Mekanik zaman tapalarında, belli bir süreden daha fazla işlem yapabilmesi tapanın büyümesi demektir. Bu durum ise tapalarda istenmeyen bir durumdur.
- Çok fonksiyonlu tapalarda kullanıcı, atış anındaki duruma göre tapa içerisinde bulunan istediği fonksiyonu seçebilir ve bu sayede kullanması gereken birçok doküman kullanılmadan daha iyi atışlar yapılabilir.
- Elektronik tapalar, klasik mekanik tapalara kıyasla hem daha hafif hem de kullanımı ise daha kolaydır.
- Elektronik güvenlik devreleri, tapaların mekanik güvenlik sistemlerine ek olarak getirilmiş güvenlik sistemleridir. Bu sayede tapa, mekanik

sistemlerdeki güvenlikleri içerisinde barındırırken aynı zamanda fazladan güvenlik sistemini de içerisinde barındırır.

- Özellikle kumanda edilebilir elektronik tapalarda, tapa atışı yapıldıktan sonra, mühimmat uçuşu devam ederken tapaya müdahale edilebilir ve fonksiyon gösterme şekli değiştirilebilir.

2.2. Elektronik Tapaların Dezavantajları

Elektronik tapaların bütün bu kullanım avantajlarına rağmen bir takım dezavantajları da vardır. Bunlar ise;

- Özellikle yaklaşım tapalarında, RF osilatörünün çalışma frekansının çözülmesi durumunda tapanın istenilmeyen şekilde fonksiyon göstermesi sağlanabilir.
- Elektronik tapalarda, elektronik sistemin güç beslemesi ayrı bir problemdir. Çeşitli güç besleme üniteleri geliştirilmiş olsa da, bu ünitelerin tapa içine yerleştirilmeleri bile problem oluşturabilecek bir işlemdir.
- Tapa içerisindeki elektronik sistemlerin, elektromanyetik kirlilik seviyelerinden etkilenebilir olması en önemli dezavantajlarından birisidir.
- Mühimmat atışı yapıldıktan sonra, mühimmatın maruz kalacağı iklimsel etkiler tapa içerisindeki elektronik devrelere zarar verebilir.

2.3. Elektronik Zaman Tapası Tasarımı

Önceki bölümlerde anlatıldığı gibi bir elektronik tapanın tasarım aşamalarını dört kısımda inceleyebiliriz. Bu kısımlar;

- Mekanik Tasarım
- Elektronik Tasarım
- RF Tasarımı
- Patlayıcı Tasarımı

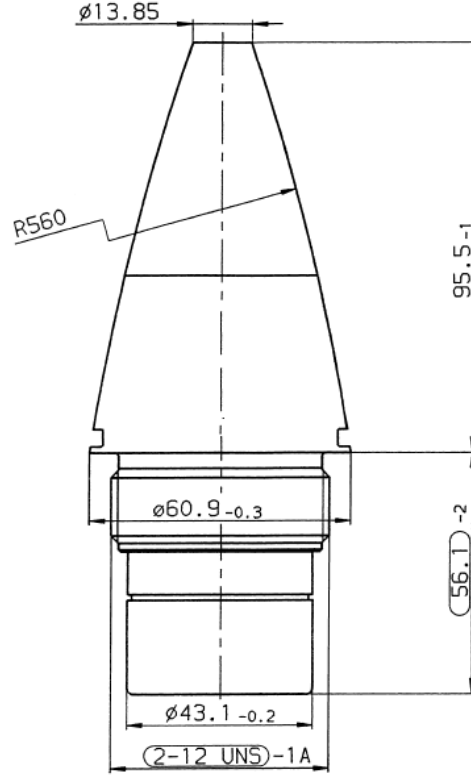
Bu çalışma esnasında üzerinde durulan temel bölümler, zaman sayma işlemini gerçekleştiren elektronik devre tasarımı ve tasarlanan elektronik devrenin tapa içerisine entegrasyonunu sağlamak için gerekli mekanik tasarımıdır. Çalışma esnasında herhangi bir yaklaşım sensörü veya yaklaşım aktivasyon sistemleri kullanılmayacağı için RF tasarım kısmı olmayacaktır. Patlayıcı tasarım kısmında ise primer olarak MKEK Kayaş Kapsül Fabrikası bünyesinde üretilen ve “kibrit başı” diye tanımlanan elektrikli kapsül kullanılmış, detonatör ve buster ise kibrit başı elektrikli kapsülünün paralanma enerjisine göre seçilen patlayıcılardan oluşmaktadır.

2.3.1. Mekanik Tasarım

Çalışma kapsamında yapılacak mekanik tasarımlar, tapa bloğunu ve tapanın güvenlik ve kurma mekanizmasını kapsamaktadır.

2.3.1.1. Tapa Bloğu Tasarımı

Bu çalışma esnasında kullanılacak tapa bloğu, ilgili askeri standarda [43] uygun şekilde yapılmıştır. Bu tasarım esnasındaki boyutlar Şekil 2.1’ de görüldüğü gibi olup, mevcut üretimi MKEK Mühimmat Fabrikası bünyesinde yapılmıştır.



Şekil 2.1. İlgili askeri standarda uygun tapa boyutu

Tasarım esnasında oluşturulan sistemin içerisine elektronik devre yerleştirilmesi ve yerleştirilecek bu devre için alan ihtiyacı gerekliliği ortaya çıkmıştır. Gerekli alanın oluşturulması esnasında mühimmatın uçuş balistiğinin bozulmaması için tapanın ağırlık merkezinin değişmeyecek şekilde tasarımı yapılmıştır.

Ayrıca, tapanın harici bir ayar cihazı ile zaman bilgisinin girilmesi gerekliliğinden dolayı, tapa üzerinden elektronik zaman devresine ulaşmak için bir iletişim alanının açılması gerekliliği doğmuştur. Açılacak bu alandan, USB portu sayesinde tapaya bağlanılacak ve gerekli verilerin girilmesi sağlanacaktır.

2.3.1.2. Güvenlik ve Kurma Mekanizması Tasarımı

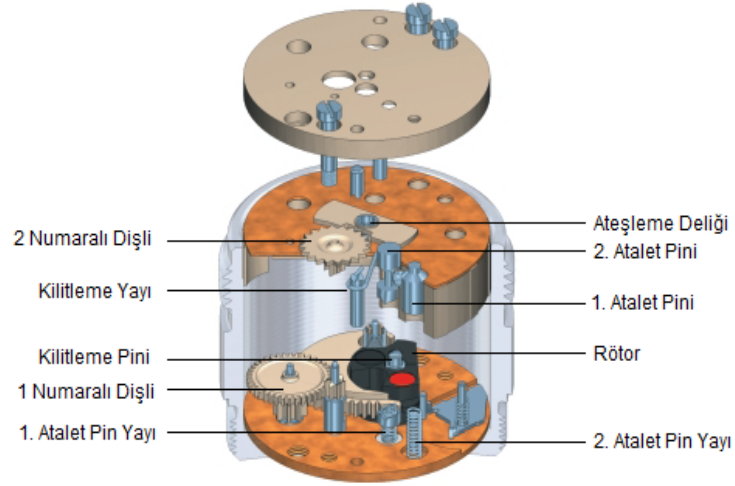
Çalışma esnasında kullanılacak tapanın güvenlik ve kurma mekanizması için, mekanik güvenlik ve kurma mekanizması düşünülmüştür. Elektronik zaman tapasının en çok kullanılacağı mühimmatın 120 mm' lik aydınlatma mühimmatı olduğu düşünülürse, bu mühimmatın atışı esnasında oluşan dönü ve atalet

kuvvetlerinin bu mekanizmayı aktive etmesi gerekecektir. Mevcut tapa üzerinde kullanılan güvenlik ve kurma mekanizmasının aktivasyonu için gerekli olan minimum dönü kuvveti 2900 devir/dakika ve minimum ivme kuvveti ise 1000 G seviyesindedir. Bu değerler, 120 mm' lik aydınlatma mühimmatı için yeterli değerlerdir. Tasarlanan elektronik zaman tapasının güvenlik ve kurma mekanizmasının tapa bütünü üzerindeki yeri aşağıdaki Şekil 2.2' de görüldüğü gibidir.



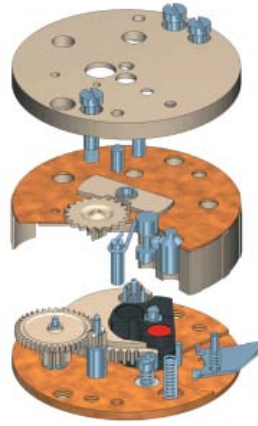
Şekil 2.2. Güvenlik ve kurma mekanizmasının tapa üzerindeki yeri

Güvenlik ve kurma mekanizmasının içerdiği alt bileşenler ve mekanizmanın bütünü ise aşağıdaki Şekil 2.3' de görüldüğü gibidir.

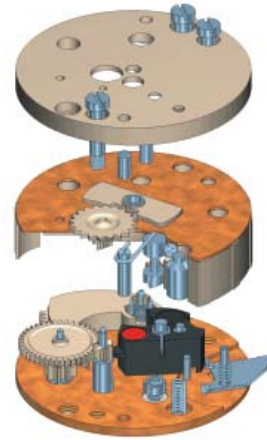


Şekil 2.3. Güvenlik ve kurma mekanizması alt bileşenleri

Güvenlik ve kurma mekanizmasının kurulmuş hali ve kurulmamış hali ise Şekil 2.4.a ve Şekil 2.4.b' de görüldüğü gibidir;



Şekil 2.4.a. Kurulmamış pozisyonda güvenlik ve kurma mekanizması

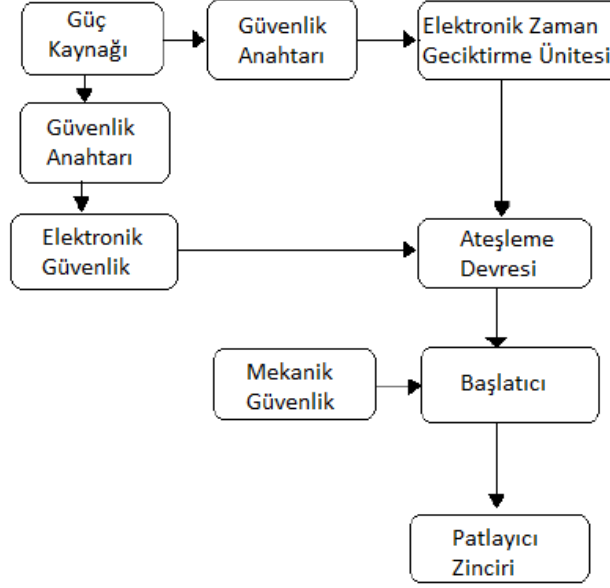


Şekil 2.4.b. Kurulmuş pozisyonda güvenlik ve kurma mekanizması

Güvenlik ve kurma mekanizmasının hem kurulmuş hem de kurulmamış hali yukarıda gösterilen bu tapada sistemin kurulmasına sebep olan kuvvetler ise 1000 G değerindeki atalet kuvveti ile 2900 devir/dakika değerindeki dönü kuvvetidir.

2.3.2. Elektronik Tasarım

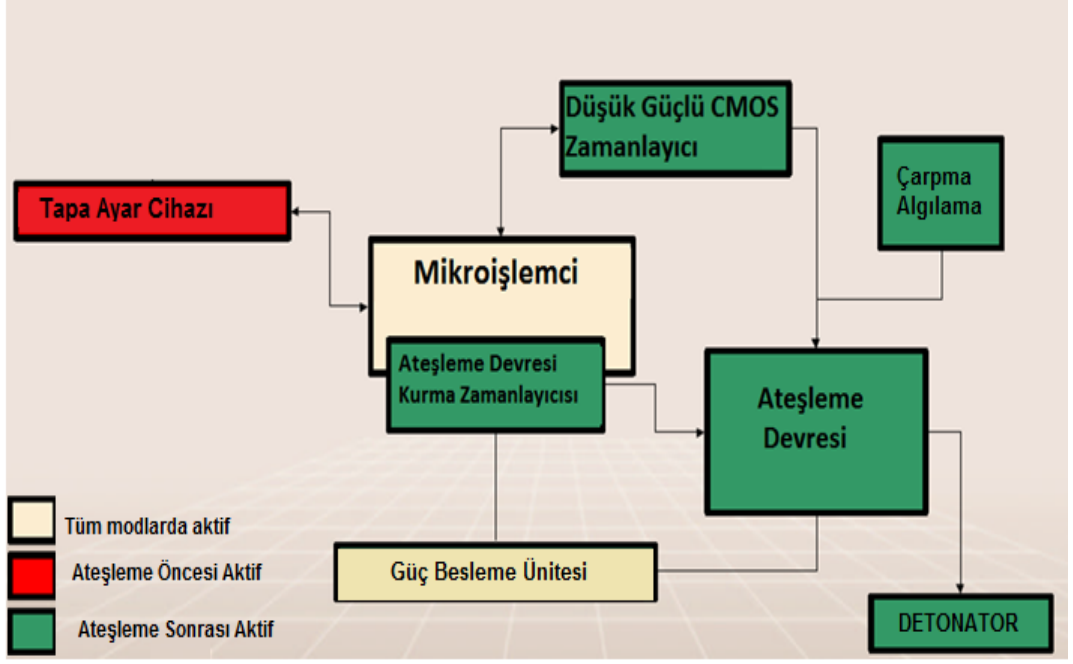
Elektronik zaman tapasının, elektronik sistem tasarımı; analog bölüm tasarımı ve dijital bölüm tasarımı olmak üzere iki kısımdan oluşur. Tapanın çalışması için gerekli akış şeması Şekil 2.5' de görüldüğü gibidir.



Şekil 2.5. Elektronik zaman tapası akış şeması

Bu şekilden de anlaşılacağı gibi, bir güç kaynağı tarafından beslemesi yapılan elektronik zaman geciktirme ünitesi, güvenlik anahtarından gelen atış yapıldı sinyalinde sonra zaman sayma işlemine başlar. Bu işlemler yapılırken aynı zamanda bir elektronik güvenlik bölümü de tapanın ateşleme devresinin herhangi bir yanlışlıkla paralanmayı başlatmasını engeller. Elektronik zaman ünitesi ve elektronik güvenlik ünitesinden gelen paralanma için uygunluk bilgisi başlatıcıyı aktive eder. Başlatıcının aktive olmasının bir anlam ifade etmesi için mekanik güvenliklerinde fonksiyon göstermesi gereklidir. Buradaki mekanik güvenlikten kasıt güvenlik ve kurma mekanizmasıdır. Atış anında oluşan kuvvetlerin, güvenlik ve kurma mekanizmasını kurmasıyla patlayıcı zinciri aynı eksen üzerine gelir ve elektronik kısımdan gelen paralanma emri ile tapanın fonksiyon göstermesi sağlanır.

Tapanın fonksiyonel blok diyagramı ise Şekil 2.6' da görüldüğü gibidir.



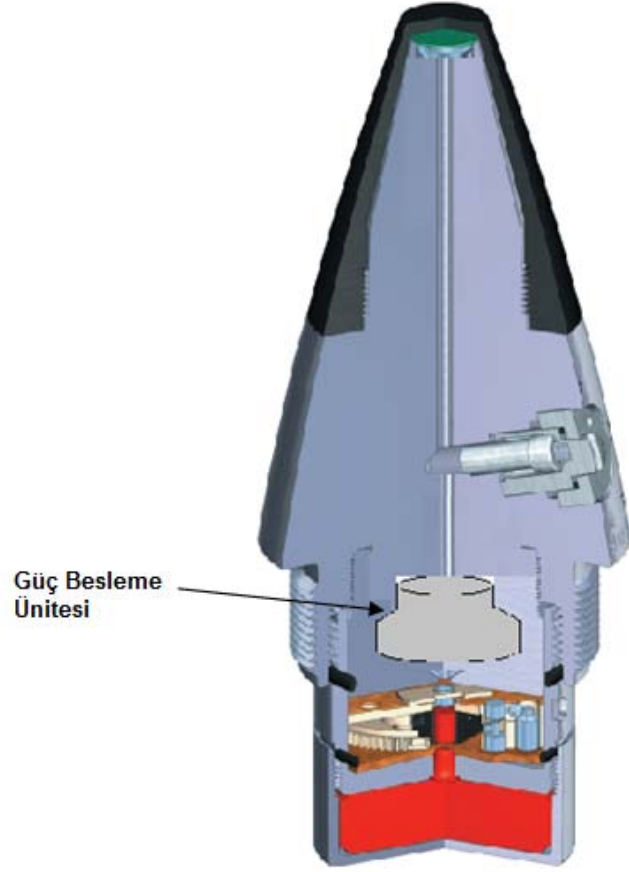
Şekil 2.6. Tasarlanan elektronik zaman tapasının fonksiyonel blok diyagramı

2.3.2.1. Analog Bölüm Tasarımı

Bir elektronik zaman tapasının analog bölüm tasarımı, güç besleme ünitesi ve patlayıcı aktivasyon devresi tasarımlarından oluşur.

2.3.2.1.1. Güç Besleme Ünitesi

Elektronik zaman tapası çalışmasında kullanılacak güç besleme ünitesi için, bakımlı güç besleme ünitesi düşünülmüştür. Kullanılacak güç besleme ünitesi, tapanın içinde bulunan kısıtlı alana sığması gerekmektedir ve bunu gerçekleştirmek için tapanın iç kısmının tasarımında değişiklik yapılmıştır.

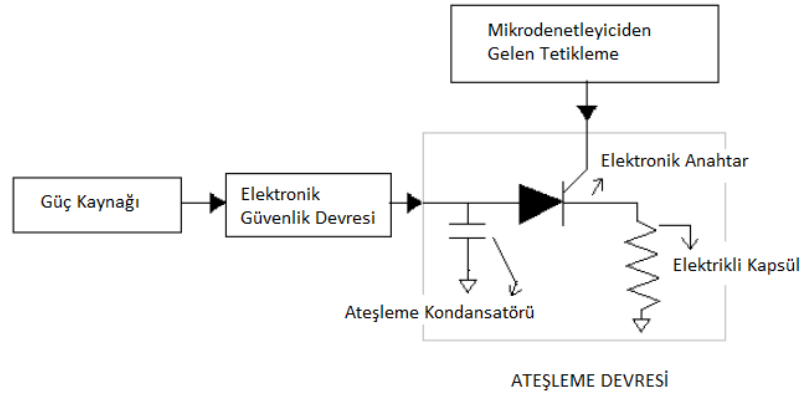


Şekil 2.7. Güç besleme ünitesinin tapa içerisindeki yeri

Çalışmada güç besleme ünitesi olarak 3 voltluk GP Lityum CR2450 pillerden üç adet seri bağlanarak kullanılmıştır.

2.3.2.1.2. Patlayıcı Aktivasyonu

Elektronik zaman tapası çalışmasında kullanılan elektrikli kapsülün aktivasyonu için kullanılacak sistem Şekil 2.8' de görüldüğü gibidir.



Şekil 2.8. Patlayıcı aktivasyon devresi

Bir güç besleme ünitesi tarafından beslenen elektronik güvenlik devresi, sistemin aktivasyon için uygun hale geldiğini algılar ve ateşleme kondansatörünü şarj etmeye başlar. Kondansatörün şarj olmaya başlaması durumu, elektronik zaman tapasına girilen zaman bilgisinden beş saniye öncedir. Yani sisteme girilen paralanma süresine beş saniye kala kondansatör şarj olmaya başlayacaktır ve bu da tapa için fazladan bir güvenlik önlemi olacaktır. Daha sonra süre bilgisini sayan mikrokontrolör elektronik bir anahtarlama elemanını tetikleyerek ilettime geçirecek ve şarj olan ateşleme kondansatörü elektrikli kapsül üzerinden boşalacaktır.

Bu çalışmada, anahtarlama elemanı olarak tristör kullanılmıştır.

Sistemde kullanılan elektrikli kapsül için 0,2 saniye boyunca 800 mA değerinde bir akım verilmesi gerekmektedir.

2.3.2.2. Dijital Bölüm Tasarımı

Dijital bölüm tapanın temel fonksiyonlarının kontrolü, sensörlerden gelen bilgilerin işlenmesi ve diğer karar mekanizmaları için gerekli işlemleri yapan kısımdır. Tasarımı yapılan elektronik zaman tapasında dijital bölümün yapacağı işlemler;

- Tapanın Fonksiyonunun Sağlanması

Elektronik zaman tapasının paralanmasının istenildiği süre sonunda patlayıcı aktivasyonu devresine gerekli sinyalleri göndererek, tapanın fonksiyon göstermesinin sağlanmasıdır.

- Sensör Bilgilerinin Değerlendirilmesi

Tapa içerisinde kullanılacak elektromekanik sensör ve anahtarlardan gelen bilgilerin işlenmesi ve gereken komutların üretilmesi bu kısımda yapılacaktır.

- Tapa Parametrelerinin Ayarlanması

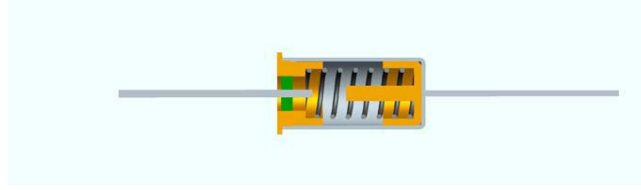
Tapanın atış öncesinde ayarlanması gereken kurulma süresi gibi parametrelerin, tapa ayar cihazı kullanılarak yapılması ve bu ayarlara göre tapanın fonksiyon göstermesi bu kısım tarafından sağlanacaktır.

Dijital bölüm çalışmalarında oluşturulacak algoritma, ilgili askeri standarda [4] uygun olacak şekilde yapılmıştır.

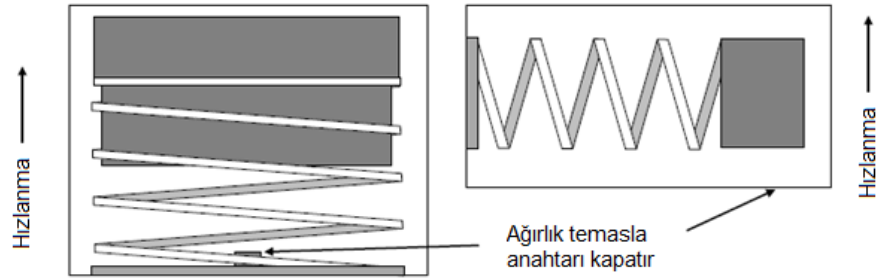
Dijital bölüm tasarımı; tapa atış algılama sistemi, elektronik zaman sayma devresi tasarımı ve elektronik zaman ayar devresi tasarımı kısımlarının içermektedir. Tapa atış algılama sistemi olarak ivme algılayıcı anahtarlarının kullanılması uygun görülmüş olup, elektronik zaman sayma devresi tasarımı ve elektronik zaman ayar devresi tasarımı kısmı detaylı olarak anlatılacaktır.

2.3.2.2.1. Tapa Atış Algılama

Bu çalışmada, tapa atış algılama elemanı olarak atalet anahtarı kullanılmıştır. Atalet anahtarları, MEMS sensörlerinin aksine herhangi bir güce ihtiyaç duymaz. Tapanın elektronik sisteminin atışın yapıldığını algılayıp sayma işlemine başlaması, atalet anahtarı vasıtasıyla olmaktadır. Kullanılacak atalet anahtarını belirleme safhasında çeşitli atalet anahtarları incelenmiştir. Bazı anahtarlar atış anında oluşan ivmeyi algılamakta bazı anahtarlar dairesel ivmeyi algılamaktadır. Çalışmada kullanılacak atalet anahtarı için Şekil 2.9' da görülen anahtar çeşidi seçilmiştir.



Şekil 2.9. İvme algılayıcı sensör [35]



Şekil 2.10. Dönü ve ivme algılayıcı sensör [29]

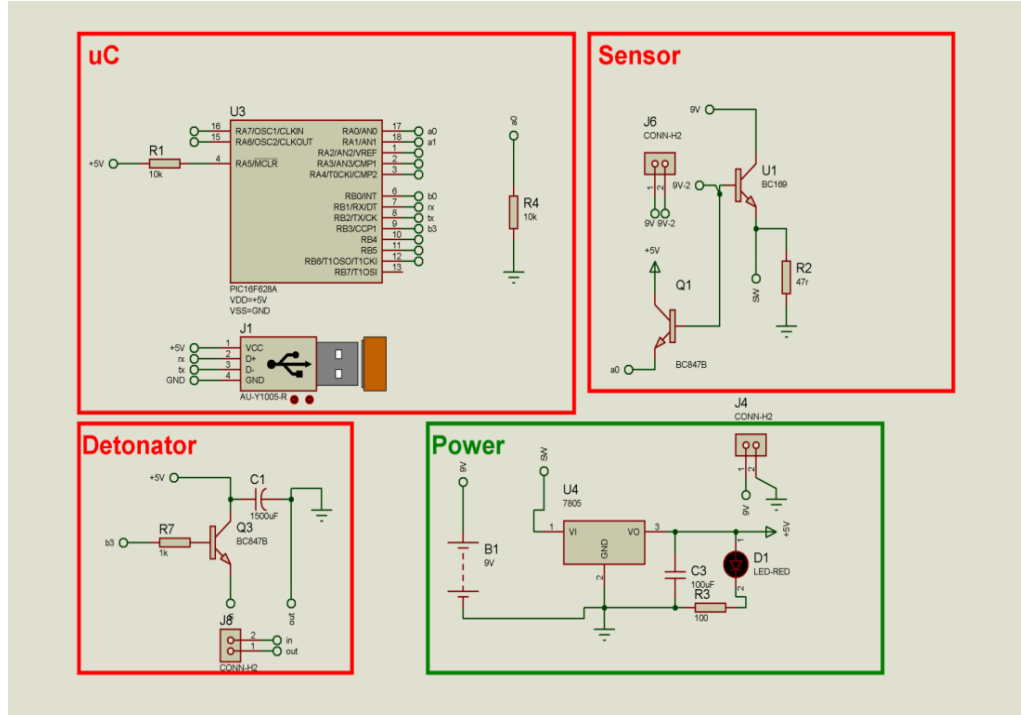
2.3.2.2.2. Elektronik Zaman Devresi Tasarımı

Tasarlanan elektronik zaman sayma devresi her ne kadar temel tasarım devresi olsa da tapaya içerisinde yerleştirilecek elektronik sistemin askeri standartlar haricinde bazı çalışma şartlarına uyması gerekmektedir. Bu şartlar öncelikle güvenlik daha sonra ise fonksiyonellik açısından gerekli şartlardır. Bunlardan bazıları şöyledir;

- Sistemde bakımlı güç dağıtım sistemi kullanıldığı için, sistemin mümkün olduğu kadar az enerji harcaması gereklidir.
- Sistemin sayma işlemine başlaması, ivme algılayıcı anahtarlar sayesinde olacaktır.
- Mikrokontrolör içerisinde girilecek süre hassasiyeti 0.1 saniye olacaktır.
- Mikrokontrolöre girilecek minimum süre 2 saniye olacaktır. Bu sayede mühimmat belirli bir mesafeye gitmeden önce paralanma fonksiyonu gerçekleşmesi önlenecektir.
- Mikrokontrolöre girilecek maksimum süre 199.9 saniye olacaktır.
- Süre bilgisi girildikten sonra 20 dakika boyunca mühimmat atışı gerçekleşmezse, 20 dakika sonunda tapaya girilen süre bilgisi silinecektir. Bu

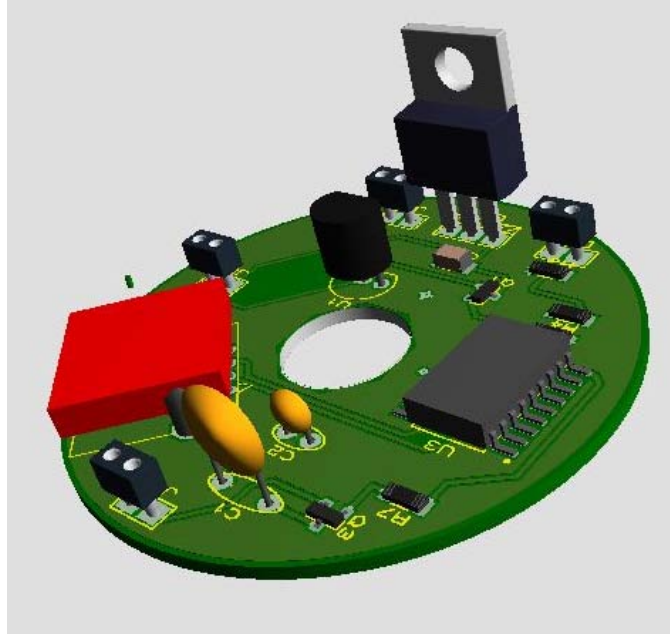
işlemin sağlanması ise, süre bilgisi girildikten sonra ivme algılayıcı anahtarın sinyal gönderip göndermediğine bakılarak anlaşılacaktır.

Tasarlanan elektronik zaman devresi blok diyagramı Şekil 2.11’ de görüldüğü gibidir;



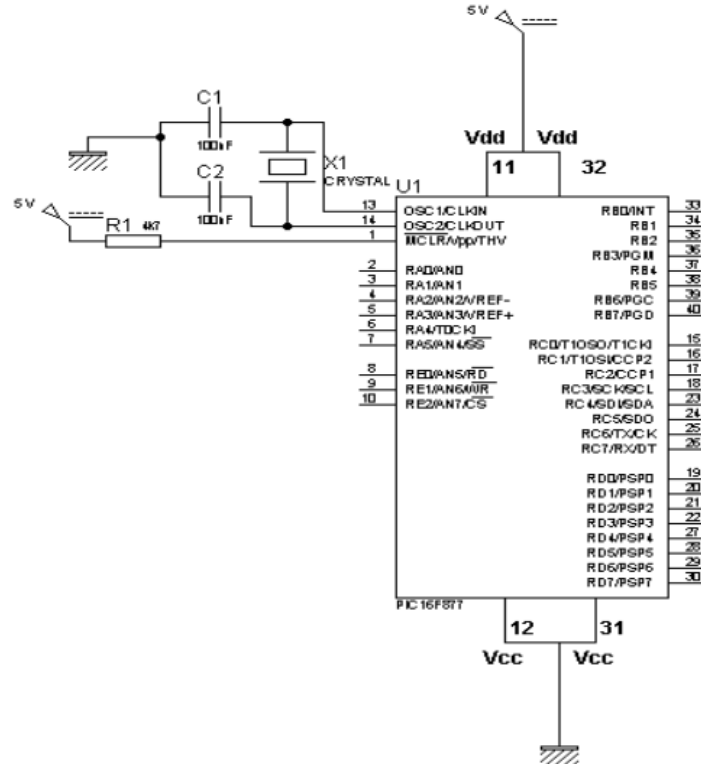
Şekil 2.11. Elektronik zaman devresi blok diyagramı

İvme algılayıcı anahtar, sistemin ilk atışı esnasında oluşan ivmeyi algılayacak ve devreye sinyal gönderecektir. Fakat mühimmatın uçuşu esnasında, bu kuvvetler azalacaktır ve ivme algılayıcı anahtarın kapanması için gerekli olan kuvveti sağlayamayacaktır. Bu durumda oluşabilecek bir hatayı önlemek için tristörler kullanılmış ve ivme algılama anahtarının bir kere sinyali göndermesiyle, sistemin sürekli enerjili kalması sağlanmıştır.



Şekil 2.12. Elektronik zaman devresi PCB (baskı devre çizimi) görünümü

Mikrokontrolör devresinin bağlantı şeması Şekil 2.13’ de görüldüğü gibidir.



Şekil 2.13. Mikrokontrolör devresi bağlantıları

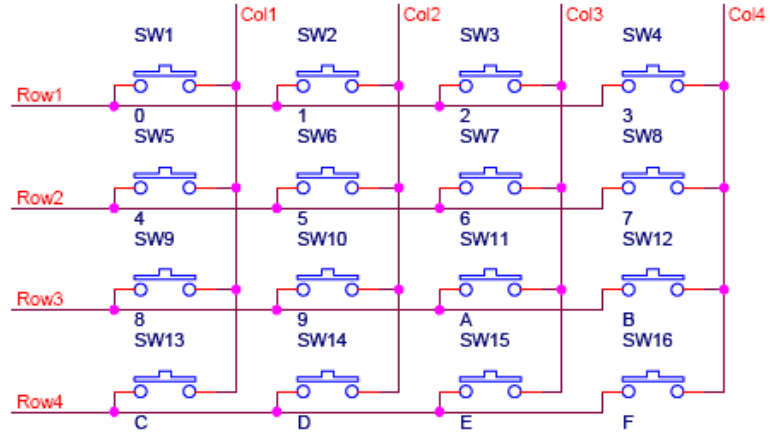
2.3.2.3. Elektronik Zaman Ayar Devresi Tasarımı

Elektronik zaman ayar devresi, tapa içerisindeki zaman devresini programlamak için kullanılacak kontrol devresidir. Elektronik zaman ayar devresi, içerisinde tapadaki sistemden bağımsız bir güç besleme ünitesine sahiptir. Ayrıca tapa içerisindeki devreye bağlandığı anda, kendi üzerindeki enerji kaynağı ile tapa içerisinde bulunan devreyi de beslemektedir. Tasarım üzerinde dört adet 7 segment display bulunmaktadır ve bu sayede kullanıcı tapa içerisindeki devrenin programlanması gereken süreyi, bağlantının başarılı bir şekilde gerçekleştirilip gerçekleştirilemediğini ve bağlantının sonlandırılıp sonlandırılmadığını görebilmektedir. Kontrol ve ayar ünitesi olarak 4x4 keypad kullanılarak yapılmış ve bu sayede tüm sistemdeki karmaşık butonlarla uğraşmaktan kaçınılmıştır.



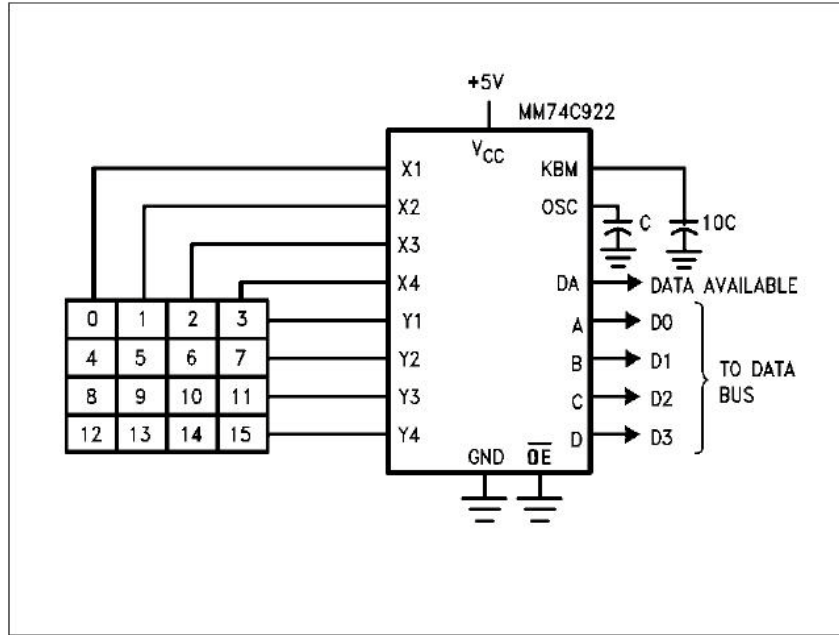
Şekil 2.14. 4x4 tuş takımı

Şekil 2.15' de 4x4 bir display' in iç bağlantı şekli görülmektedir.



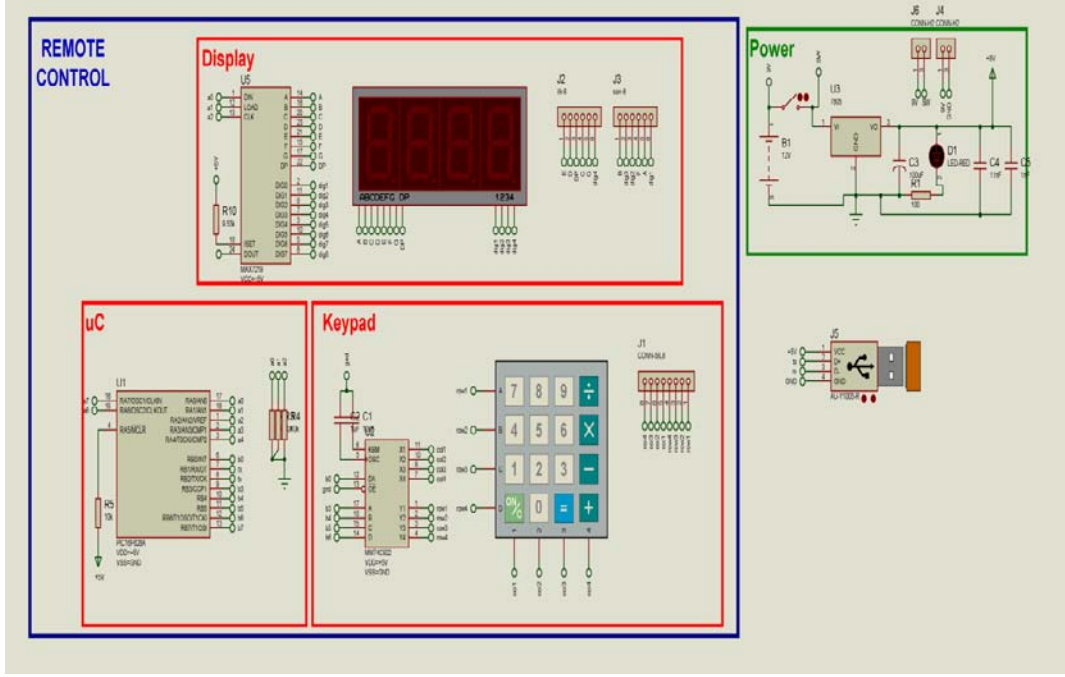
Şekil 2.15. 4x4 display bağlantı şeması

Şekil 2.16' dan anlaşılacağı gibi, 16 adet 4x4 display sayesinde 16 giriş elemanı kullanmak yerine 74C922 entegresi kullanılarak dört bitlik bir bilgiye dönüştürülmüş ve gereksiz yere işlemci biriminin yorulması engellenmiştir.



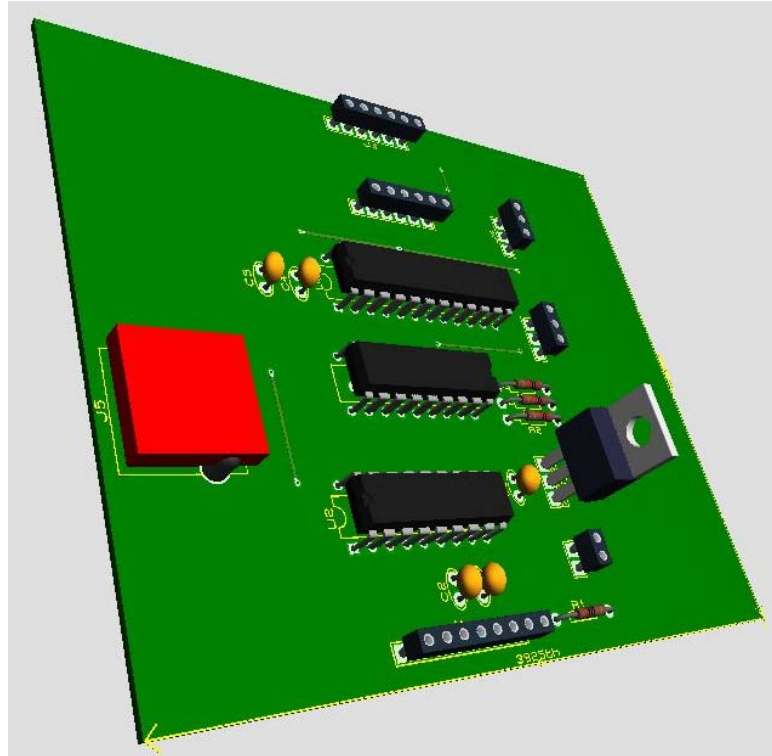
Şekil 2.16. 74C922 ve tuş takımı bağlantı şeması

Bu işlemler sonucu oluşan elektronik zaman ayar devre şeması Şekil 2.17' de görüldüğü gibi olmuştur.

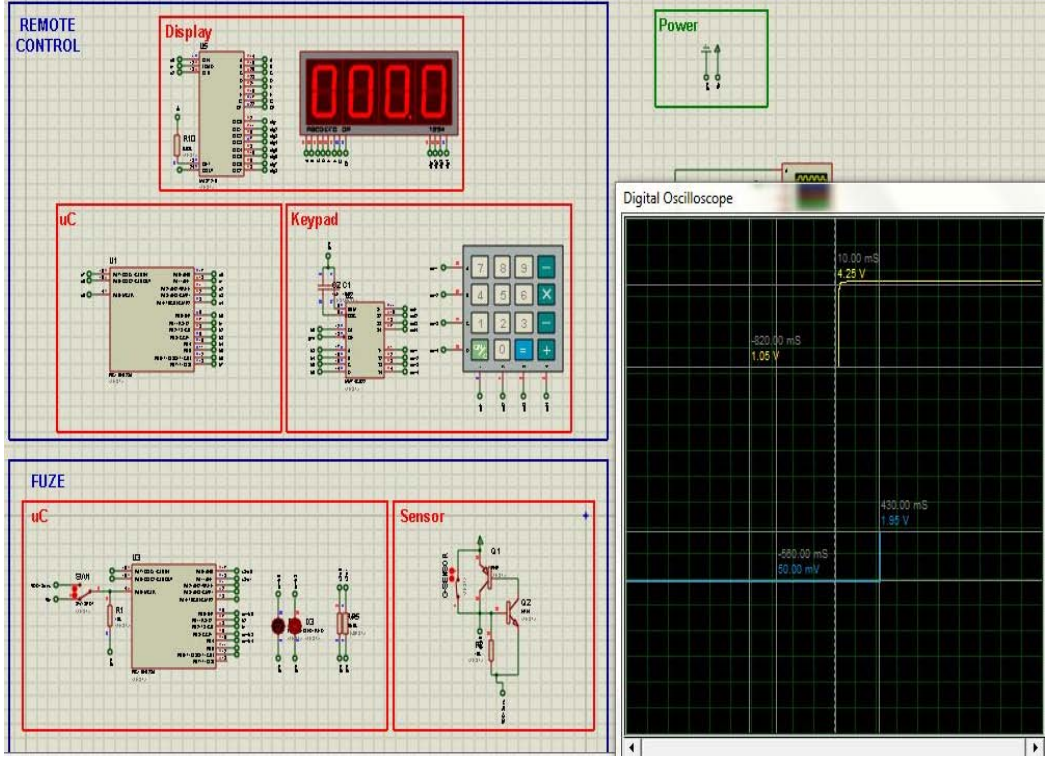


Şekil 2.17. Elektronik zaman ayar devre şeması

Elektronik zaman ayar devresinin PCB çizimi ise Şekil 2.18’ de görüldüğü gibidir.



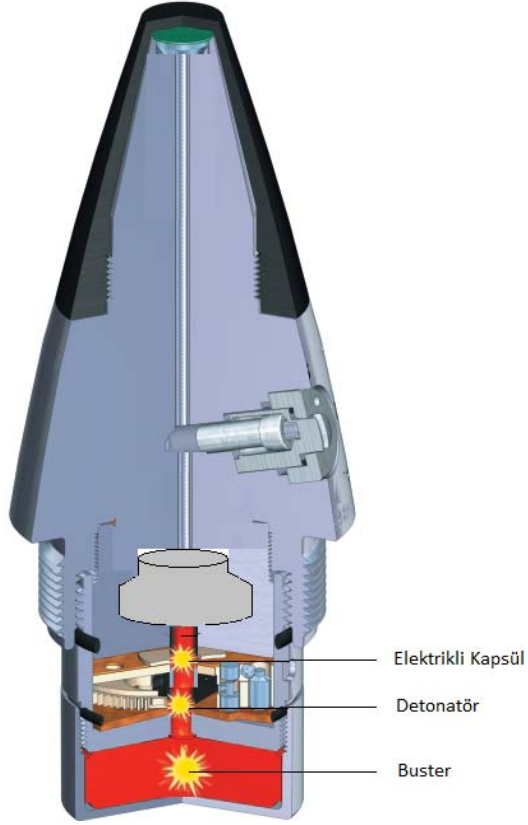
Şekil 2.18. Elektronik zaman ayar devresi PCB çizimi



Şekil 2.19. Paralanma devresi ve kondansatör boşalma grafiği

2.3.3. Patlayıcı Tasarımı

Bu çalışmada kullanılacak patlayıcılar elektrikli kapsülden oluşan bir primer, kurma mekanizması üzerine gömülmüş bir detonatör ve tapanın dip kısmına konulan busterden oluşmaktadır.



Şekil 2.20. Elektrikli kapsül, detonatör ve busterin tapa üzerindeki yeri

Primer patlayıcı olarak Makine ve Kimya Endüstrisi Kayaş Kapsül Fabrikasında üretimi yapılan kibrit başı elektrikli kapsülü kullanılmıştır. Kibrit başı elektrikli kapsülü için gerekli paralanma enerjisi 0,8 Joule değerindedir ve gerekli olan bu enerjiyi elektronik patlayıcı aktivasyonu devresi sağlar.

Detonatör ve buster üzerinde herhangi bir değişiklik yapılmamış olup Mühimmat fabrikası bünyesindeki gerekli patlayıcı elemanlar kullanılmıştır.

3. TAPAYA UYGULANACAK TESTLER VE SONUÇLARI

3.1. Tapa Testleri

Kullanım esnasında herhangi bir tapanın yanlış fonksiyon göstermesi, sadece para ve insan kaybına değil aynı zamanda silahlı kuvvetlerin kendisine olan güvenini kaybetmesine de yol açar. Bu şekilde oluşacak durum, bir çatışmanın veya savaşın akışını değiştirecek bir olay olabilir. Böyle bir durumu engellemek için, tapanın başına gelebilecek bütün kötü senaryolarının düşünülmesi ve en zor şartlarda bile tapaların düzgün fonksiyon göstermesini sağlamak gerekmektedir. Bu yüzden tapalar tasarımı yapılırken, seri üretim esnasında ve üretim sonunda çeşitli testlere tabi tutulurlar.

Tapalara uygulanacak testler; tasarım geliştirme testleri, alt bileşen doğrulama testleri, güvenlik testleri ve denetim testleri olarak dört kısımda incelenir [3].

3.1.1. Tasarım Geliştirme Testleri

Tasarım geliştirme testleri, yapılan tapa tasarımının istenilen bütün gereksinimleri sağlayıp sağlamadığını ve aynı zamanda tasarımın bir modifikasyona ihtiyaç duyup duymadığının kontrol edildiği test çeşididir.

Tasarım geliştirme testleri, tapa parçalarının birleştirilmeye başlaması işlemiyle başlar ve nihai ürün ortaya çıkana kadar bu testler devam eder. Bu testler tasarımcı tarafından belirlenen testler olup, son ürün haline gelmiş olan tapaya uygulanabileceği gibi, tapanın alt bileşenlerine de ayrı ayrı uygulanabilir.

3.1.2. Alt Bileşen Doğrulama Testleri

Tapanın her bir parçasının güvenlik, güvenilirlik ve performans karakteristiklerinin kontrolü için uygulanan testlerdir. Bu testler üç grup altında incelenir.

3.1.2.1. Patlayıcı Testleri

Tapa bütünü içerisinde bulunan primer, detonatör ve buster gibi patlayıcıların tek tek ve patlayıcı zinciri halindeyken uygulanan testlerdir. Bu testlerde önemli üç aşama vardır. Bunlar; primeri parçalayan enerji, busterin çıkışında oluşan enerji ve patlayıcı zincirinin sürekliliğidir. Tapa içerisindeki patlayıcıların tasarımı ilgili askeri standartla [55] doğrulanır.

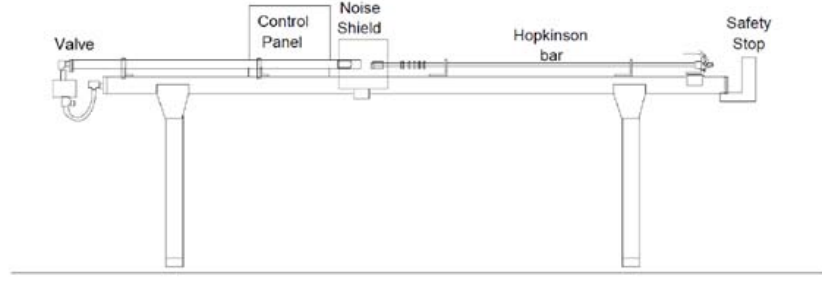
3.1.2.2. Mekanik Parça Testleri

Mühimmatın atışı yapıldıktan sonra oluşan yüksek dönü ve atalet kuvvetlerine maruz kalan tapanın mekanik parçalarının, bu yüksek kuvvetlere karşı gösterdiği dayanıklılık ve performansın kontrol edildiği testlerdir. Bu kuvvetler merkezkaç oluşturma aleti, dönü oluşturma makinesi ve çeşitli aletlerle laboratuvar ortamında oluşturulur.

Merkezkaç kuvveti aleti, mühimmat atışı esnasında oluşan merkezkaç kuvvetlerinin benzetiminin yapılması için kullanılır. Dönü oluşturma makinesi ise mühimmatın atışından hedefine ulaşması anına kadar olan süreç içerisindeki dönü kuvvetinin benzetimi için kullanılır. Mühimmatın atışı anında oluşan atalet kuvvetinin benzetimi ise düşürme testleriyle veya Şekil 3.1' deki gibi bir düzenele gerçekleştirilebilir.

Bu testlerin yapılmasının bir diğer sebebi ise, bu kuvvetlerle aktivasyona geçen güvenlik ve kurma mekanizması, atış algılama anahtarları ve çeşitli sensörlerin doğruluğunun kontrol edilmesidir.

Mühimmat atışı esnasında oluşacak atalet kuvvetinin benzetiminin yapıldığı test düzeneği örneği Şekil 3.1' de görüldüğü gibidir.



Şekil 3.1. Yüksek ivme test ekipmanı [37]

3.1.2.3. Güç Kaynağı İçin Testler

Bu testler, tapa içerisinde kullanılan güç kaynaklarının performansının değerlendirilmesi için çok sık olmasa da yapılan testlerdir. Eğer güç kaynağı yay ve rotordan oluşan tipte ise test mekanik parçalar için yapılan testler gibi yapılır. Eğer güç kaynağı elektriksel ise; elektronik devre tahtası üzerinde (breadboard) geleneksel yöntemlerle yapılır.

3.1.3. Güvenlik Testleri

Güvenlik testleri; elde taşıma, nakliye ve benzeri durumlarda tapanın güvenli olup olmadığının kontrolü için yapılan test çeşididir. Güvenlik testleri, test sonunda atışı yapılmayan güvenlik testleri ve test sonunda atışı yapılan güvenlik testleri olmak üzere iki kısımda incelenir. Test sonunda atışı yapılmayan güvenlik testleri; darbe, sarsıntı ve 12 metre düşürme gibi testlerdir. Bu testler esnasında tapa fonksiyon göstermese de, maruz kaldıkları kuvvetlerden dolayı atışının yapılması riskli olacaktır. Test sonunda atışı yapılabilen testler ise daha çok patlayıcı malzemelerin hassasiyetinin ölçüldüğü paraşütle düşürme testi ve titreşim testi gibi testlerdir.

3.1.4. Denetim Testleri

Bu testler; mühimmat, tapa ve patlayıcılar için altı ayda bir yapılan, depolama, servis edilebilirlik gibi durumların incelendiği testlerdir.

Tapalar, depolandığı yerin atmosferik koşullarına göre metal korozyonu, kimyasal çürüme, yüksek sıcaklıklara maruz kalma gibi durumlarla karşı karşıya kalabilir. Bu problemlerin çoğu hava yalıtımı yapılmış kutular sayesinde ve nem geçirmez koruyucu kaplamalar vasıtasıyla engellenir.

Tapanın geliştirme aşamasında, tapanın maruz kalacağı depolama ve uzun vadeli çevresel değişkenlerin öngörülmesi, tapa tasarımcısı için mümkün değildir. Bu problemin çözümü için tapa çok zor durumların benzetiminin yapıldığı testlere tabi tutulur. Bunlar tuz sisi, çok yüksek sıcaklık, vakum-buhar-basınç, su geçirmezlik ve yağmur etkisi gibi testlerdir. Tasarım kalifikasyon testleri olarak da adlandırılan bu testlerde, tapaların karşı karşıya kalabilecekleri zorlu çevresel koşulların benzetimi yapılır.

3.2. Tasarım Kalifikasyon Testleri

Tasarım kalifikasyon testleri, tasarım faaliyetleri sonucunda ortaya çıkan nihai ürünün fonksiyonlarının, kullanılan malzeme ve üretim metotlarının amaçlanan kullanım ve belirtilmiş uygulama şartlarını karşılayacak yeterlilikte olmasını sağlamak, ilgili askeri standartlara uygunluğunu tespit etmek ve elde edilen verilere göre geliştirme faaliyetlerini sürdürmek için yapılan testlerdir. Tasarım esnasında tapanın tasarım kriterleri, fonksiyonel özellikleri, depolama, taşıma ve kullanım koşulları dikkate alınmaktadır.

Tasarım kalifikasyon testleri ilgili askeri standarda göre [46] yapılır. Tapa tasarımında özellikle emniyet ön planda olup, testlerin usulüne uygun olarak yapılması tasarlanan tapanın emniyetli olduğunun gösterilmesi amacıyla oldukça önem arz etmektedir.

Askeri standarda göre kalifikasyon testleri, tasarım ve üretim aşamasında yapılmalarına göre ikiye ayrılabilir. Bazı testler sadece tasarım aşamasında yapılırken, bazı testler hem tasarım hem de üretim aşamasında yapılır.

İlgili askeri standarda [46] göre tapaya uygulanacak testler altı başlık altında toplanır.

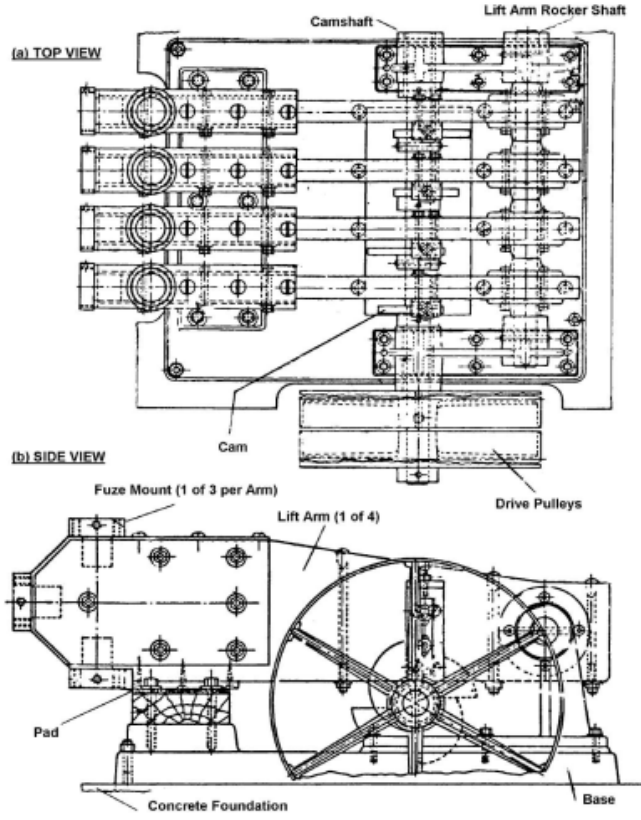
3.2.1. A Grubu Mekanik Şok Testleri

Bu grup altında gerçekleşen testlerde tapalar genellikle lojistik veya operasyonel çevrimler sırasında oluşabilecek olumsuz durumların benzetiminin yapıldığı tek ya da tekrarlı darbelere maruz bırakılır.

3.2.1.1. Darbe Testi (Jolt)

Bu test, yerde taşıma sırasında ortaya çıkabilecek durumların benzetiminin yapıldığı bir emniyet testidir. Tapanın testi başarı ile tamamlaması için, test sırasında enerjilenmemesi ve hiçbir patlayıcısının aktif hale gelmemesi gerekmektedir. Tapa, belirli doğrultu ve büyüklükteki bir dizi darbeye dayanmak zorundadır. Test gerçekleştirilirken her bir tapa, her üç ekseninde 1750 darbeye maruz bırakılır.

Darbe testi hem seri üretim hem de geliştirme aşamalarında uygulanan bir test olup Mühimmat Fabrikası altyapısı dâhilinde yapılabilen bir testtir.



Şekil 3.2. İlgili standartta belirtilen darbe testi ekipmanı [46]

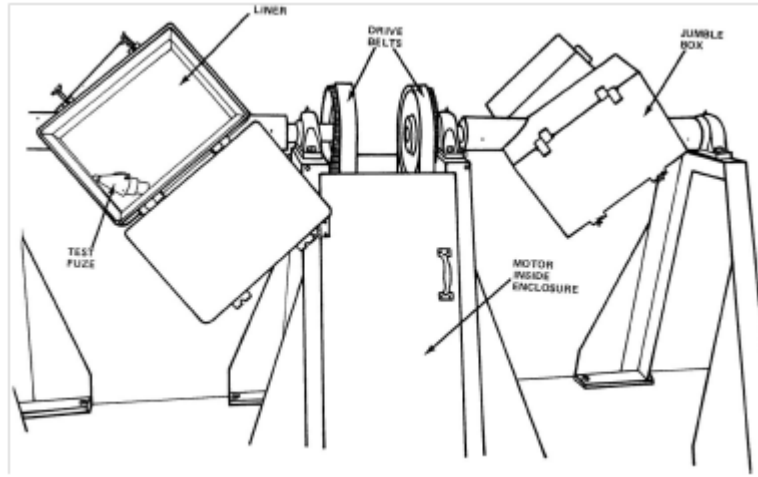


Şekil 3.3. Darbe test ekipmanı [38]

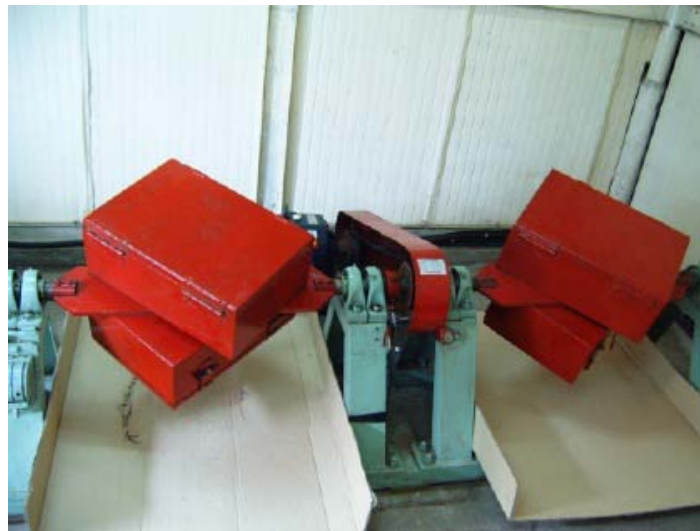
3.2.1.2. Sarsıntı Testi (Jumble)

Bu test A1 darbe testiyle aynı şartlara sahiptir. Tapa, dönen kutu içindeki serbest düşme neticesinde oluşan rastgele darbelere dayanmalıdır. Test sırasında içinde serbest halde tapa bırakılan test kutusu 30 ± 2 devir/dakika hızında döndürülerek toplam 3600 ± 10 adet dönme yapması sağlanır ve dönme sırasında tapa, kutunun iç yüzeylerine serbestçe çarpar.

Sarsıntı testi hem seri üretim hem de geliştirme aşamalarında uygulanan bir test olup Mühimmat Fabrikası altyapısı dâhilinde yapılabilen bir testtir.



Şekil 3.4. İlgili standartta belirtilen sarsıntı testi ekipmanı [46]



Şekil 3.5. Sarsıntı test ekipmanı [38]

3.2.1.3. 12 Metre Düşürme Testi

Tasarımı yapılmış olan tapa 12 metreden düşmeye karşı dayanıklı olmalıdır. Her bir tapa, 12 metre yükseklikten çelik bir plaka üzerine bırakılmaktadır. Teste giren her tapa bir kez düşmeye bırakılır. Bu test, gemiye yükleme ve gemiden boşaltma esnasında olabilecek bir olumsuzluğun benzetimi için kullanılan emniyet testidir. Tapanın testi başarı ile tamamlaması için, test sırasında enerjilenmemesi ve hiçbir patlayıcısının aktif hale gelmemesi gerekmektedir.

12 metre düşürme testi hem seri üretim hem de geliştirme aşamalarında uygulanan bir test olup Mühimmat Fabrikası altyapısı dâhilinde yapılabilen bir testtir.



Şekil 3.6. Düşürme testi test ekipmanı [38]

3.2.1.4. 1 (Bir) ve 1,5 (Bir buçuk) Metre Düşürme Testi

Tapa 1 ve 1,5 metreden çelik plaka üzerine serbest düşme ile düşürülür. Test, beş adet farklı düşme açısıyla düşmeden oluşur. Teste giren her tapa bir kez düşmeye

bırakılır. Tapanın testi başarı ile tamamlaması için, test sırasında enerjilenmemesi ve hiçbir patlayıcısının aktif hale gelmemesi gerekmektedir.

1 ve 1,5 metre düşürme testi hem seri üretim hem de geliştirme aşamalarında uygulanan bir test olup Mühimmat Fabrikası altyapısı dâhilinde yapılabilen bir testtir.

3.2.1.5. Serbest Taşıma Testi

A5 Taşıma testi, paketlenmiş tapaların olumsuz taşıma koşullarında maruz kalabileceği etkilerin benzetiminin yapıldığı bir güvenlik testidir.

Tapalar serbest taşıma simülatörü üzerinde 300 devir/dakika hızında 20 dakika boyunca teste tabi tutulur.

Serbest taşıma testi hem seri üretim hem de geliştirme aşamalarında uygulanan bir test olup Mühimmat Fabrikası altyapısı dâhilinde yapılabilen bir testtir.

3.2.2. B Grubu Vibrasyon Testleri

Titreşim testleri taşıma sırasında ve rastgele oluşabilecek titreşimlerin tapa üzerinde emniyetsiz bir durum oluşturmadığını göstermek için yapılır. Tapaların taşıma ve taktik kullanım sırasında öngörülen şartların benzetimini yapan belirli frekans ve genlik değerindeki titreşim profilleri belirli süreler boyunca tapalara uygulanır.

3.2.2.1. Lojistik Titreşimi Testi

Tapalar, üç eksen boyunca 5 ile 500 Hz arasında ve her taraması 15 dakika ve her ekseninde 2 saat olmak üzere toplam 8 tarama şeklinde titreşime tabi tutulurlar. Sinüsoidal titreşimin genliği ve frekansı zamana bağlı olarak detaylı bir şekilde standart içinde tanımlanmıştır. Tapanın testi başarı ile tamamlaması için, test

sırasında enerjilenmemesi ve hiçbir patlayıcısının aktif hale gelmemesi gerekmektedir.

Lojistik titreşim testleri hem seri üretim hem de geliştirme aşamalarında uygulanan bir test olup Mühimmat Fabrikası altyapısı dâhilinde yapılabilen bir testtir.

3.2.2.2. Taktik Titreşim Testi

Tapalar, üç eksen boyunca 20 ile 200 Hz arasında ve her eksen yarım saat olmak üzere rastgele titreşime tabi tutulur. Tapanın testi başarı ile tamamlaması için, test sırasında enerjilenmemesi ve hiçbir patlayıcısının aktif hale gelmemesi gerekmektedir. Titreşim testleri sonrası, tapaların fonksiyon gösterebilir halde olması gerekmektedir.

Taktiksel titreşim testi hem seri üretim hem de geliştirme aşamalarında uygulanan bir test olup Mühimmat Fabrikası altyapısı dâhilinde yapılabilen bir testtir.

3.2.3. C Grubu Klimatik Testler

Bu grup altında gerçekleştirilen testlerde, test tapaları belirli zaman periyotlarında uç noktadaki iklim koşullarına maruz bırakılır.

3.2.3.1. Sıcaklık/Nem Testi

Depolama koşullarının benzetiminin yapıldığı güvenlik ve güvenilirlik testidir. Tapa düzenli olarak tekrar eden aşırı sıcaklık ve nem çevrimlerine korunmasız olarak dayanmalıdır. 14 günlük iki çevrim halinde toplam 28 gün +71 °C ve -54°C' deki sıcaklıklara maruz bırakılırlar. +71°C' lik çevrim süresince test odasında %95 bağıl nem olmalıdır. Çevrim esnasındaki sıcaklık ve nem değerleri zamana bağlı olarak detaylı bir şekilde ilgili standart içinde tanımlanmıştır.

Sıcaklık/nem testi hem seri üretim hem de geliştirme aşamalarında uygulanan bir test olup Mühimmat Fabrikası altyapısı dâhilinde yapılabilen bir testtir.

3.2.3.2. Vakum/ Buhar/ Basınç Testi

Bu laboratuvar testi, depolama ve kullanıma hazır olma koşullarının benzetimine dayalı bir güvenlik ve güvenilirlik testidir. Tapalar ardışık olarak 1000 kez 15 dakikalık vakum-buhar-basınç ortamına tabi tutulur. Yaklaşık olarak 10 gün süren test, temel olarak tuz yüklü atmosfere sahip bir test kabini içinde, basınç döngüsünün üzerine bindirilmiş sıcaklık-nem döngüsünden oluşmaktadır. C2 vakum-buhar-basınç testi kapsamında teste giren tapalara 1000 kez 15 dakikalık vakumlama, buhar uygulama, basınç düzenlenmesi ve havalandırma çevrimi uygulanır.

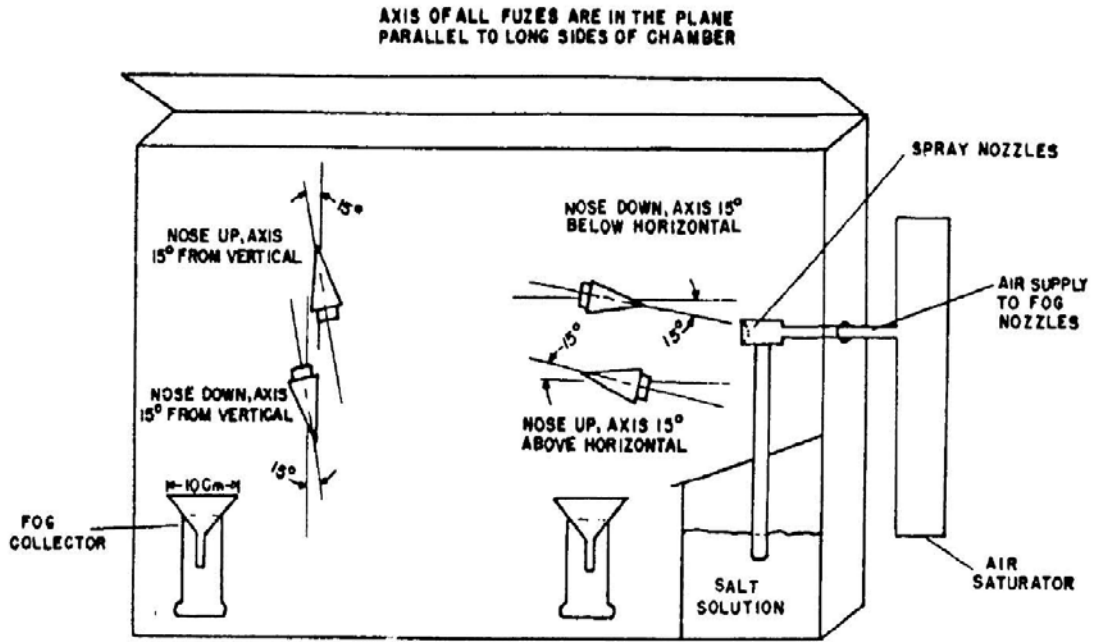
Vakum-buhar-basınç testi sadece geliştirme aşamasında yapılan bir test olup, mühimmat fabrikası altyapısı dâhilinde olmayan bir testtir.



Şekil 3.7. Vakum- buhar- basınç test ekipmanı

3.2.3.3. Tuz Sisi Testi

Bu laboratuvar testi, tapanın nemli ve tuzlu atmosfere maruz kalma koşullarının benzetimine dayalı bir güvenlik ve güvenilirlik testidir. En az 8 adet tapa tuz sisi atmosferine maruz bırakılırlar. 48 saat teste tabi tutulan tapalar güvenlik ve fonksiyonellik bakımından, 96 saat teste tabi tutulan tapalar ise sadece güvenlik bakımından değerlendirilir.



Şekil 3.8. Tuz sisi testi için ilgili standardın tariflediği şekil [46]

Tuz sisi testi sadece geliştirme aşamasında yapılan bir test olup, mühimmat fabrikası altyapısı dâhilinde olan bir testtir.



Şekil 3.9. Tuz sisi testi test ekipmanı [54]

3.2.3.4. Su Geçirmezlik Testi

Tapaların su altında kalması durumunda, su geçirip geçirmeyeceğinin benzetiminin yapıldığı güvenlik ve güvenilirlik testidir. Test esnasında tapalar 1 saat süresince 1 bar basınç altında Florasan Disodyum tuzlu su içersine batırılır ve test sonrası tapaların herhangi bir yerinden sızıntı ile içersine sıvı girişinin olmadığı görülmelidir. Ayrıca sıvı girişinin olup olmadığının kontrolü için tapalar parçalarına ayrılarak ultraviyole ışık altında incelenirler.

Su geçirmezlik testi hem seri üretim hem de geliştirme aşamalarında uygulanan bir test olup, Mühimmat Fabrikası altyapısı dâhilinde olmayan bir testtir.

3.2.3.5. Mantar Testi

Bu laboratuvar testi, tapaların elverişsiz depolama koşullarında kalması durumunun benzetiminin yapıldığı güvenlik ve güvenilirlik testidir. Tapa, mantar oluşumunun etkilerine dayanmak durumundadır. Mantar aşılana tapalar, mantarın gelişmesine

uygun sıcaklıkta ve nemli bir ortamda 28 günlük bir kuluçka dönemine maruz bırakılacaktır.

Mantar testi sadece geliştirme aşamasında uygulanan bir test olup, mühimmat fabrikası altyapısı dâhilinde olmayan bir testtir.

3.2.3.6. Aşırı Sıcaklık Testi

Tapaların, depolama sırasında maruz kalabilecekleri aşırı sıcaklık etkilerinin benzetiminin yapıldığı güvenlik ve güvenilirlik testidir. Tapalar 28 gün boyunca (-54°C) ve devamında 28 günde (+71°C)' ye maruz bırakılarak test gerçekleştirilir. Ayrıca, testten çıkan tapaların fonksiyonel olması gerekmektedir.

Aşırı sıcaklık testi hem seri üretim hem de geliştirme aşamalarında uygulanan bir test olup, mühimmat fabrikası altyapısı dâhilinde yapılabilen bir testtir.

3.2.3.7. Isıl Şok Testi

Tapaların depolama ve taktik kullanım aşamalarında karşı karşıya kalabileceği ani sıcaklık değişimlerinin benzetiminin yapıldığı bir güvenlik ve güvenilirlik testidir. Tapalar, 4 saat boyunca -54°C ve devamında 4 saat boyunca +71°C'ye maruz kalırlar. Bu çevrim üç kez tekrarlanarak 24 saatlik sürede test tamamlanır. Testten çıkan tapaların fonksiyonel olması gerekmektedir.

Isıl şok testi hem seri üretim hem de geliştirme aşamalarında uygulanan bir test olup, mühimmat fabrikası altyapısı dâhilinde yapılabilen bir testtir.



Şekil 3.10. Isıl şok testi test ekipmanı

3.2.3.8. Sızıntı Belirleme Testi

Bu test, sızıntı oranını belirlemeye yönelik bir performans testidir. Tapa için hiçbir sızdırma oranı belirtilmediği için, dakikada 1×10^{-6} atmosfer santimetreküp' ten fazla olan sızıntıların tespiti için kullanılan Halojen ve Helyum testi yapılacaktır. Eğer 1×10^{-4} atmosfer santimetreküp' ten fazla sızıntı bekleniyorsa kabarcık testi yapılacaktır. Halojen ve Helyum testi hassas, kabarcık testi ise büyük sızıntı testi için kullanılmaktadır.

Sızıntı belirleme testi hem seri üretimde hem de geliştirme aşamasında uygulanan bir test olup, Mühimmat Fabrikası altyapısı dâhilinde olmayan bir testtir.

3.2.3.9. Toz Testi

Bu laboratuvar testi, elverişsiz depolama, taşıma, ulaşım ve taktik koşulların benzetimine dayalı bir laboratuvar testidir. Tapa, tozlu ortama maruz bırakıldıktan sonra fonksiyonelliğini korumak durumundadır. Bu test kapsamında en az 4 tapa, en az 12 saat süreyle belirli bir sıcaklık ve nemde türbülanslı bir toz atmosferine maruz bırakılacaktır.

Toz testi, sadece geliştirme aşamasında uygulanan bir test olup, mühimmat fabrikası altyapısı dâhilinde olmayan bir testtir.



Şekil 3.11. Toz testi test ekipmanı

3.2.3.10. Solar Radyasyon Testi

Tapaların operasyonel kullanımları ya da açıkta depolama sırasında maruz kalabilecekleri güneş ışığının benzetiminin yapıldığı bir güvenlik ve güvenilirlik testidir. Tapalar bir kabin içerisinde, yüksek sıcaklıkta solar radyasyona maruz bırakılır.

Solar radyasyon testi sadece geliştirme aşamasında uygulanan bir test olup, mühimmat fabrikası altyapısı dâhilinde olmayan bir testtir.



Şekil 3.12. Solar radyasyon test ekipmanı

3.2.4. D Grubu Güvenlik, Kurma ve Fonksiyon Testleri

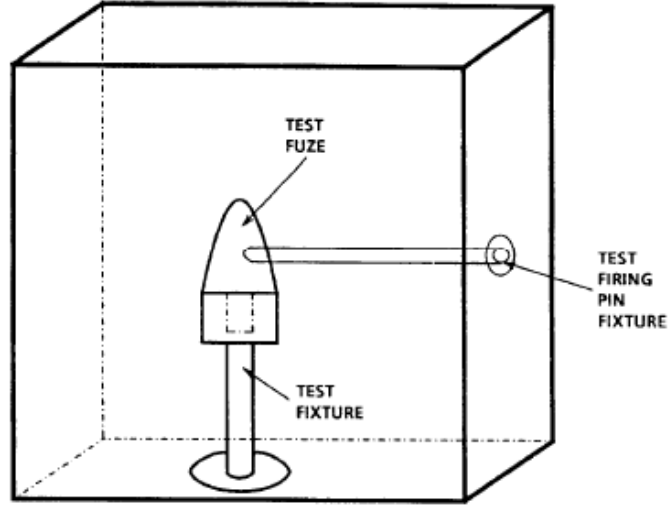
Bu grup altında yapılan testlerde, tapaların içerisinde üç aşamalı olarak bulunan primer, detonatör ve buster patlayıcılarının patlama güvenliği, kurulma mesafesi ve kurulma zamanı gibi performans karakteristikleri ölçülür.

3.2.4.1. Primer Patlayıcı Bileşeni Emniyeti

Bu laboratuvar testi, patlayıcı dizin ayrı iken kazara birincil patlayıcının ateşlenmesi durumunun benzetimi için yapılan bir emniyet testidir.

Bu test iki aşamada yapılır. Birinci aşama primer patlayıcının emniyetini tespit etmeye yöneliktir. İkinci aşamada ise patlayıcı zincirinin dizgisini kesen sistemin etkinliği için sayısal değer belirlenir.

Primer patlayıcı bileşeni emniyeti testi hem seri üretimde hem de geliştirme aşamalarında uygulanan bir test olup, mühimmat fabrikası dâhilinde yapılabilen bir testtir. Test donanımı aşağıdaki gibidir.



Şekil 3.13. Primer patlayıcı bileşeni testi için ilgili standart tarafından tariflenen şekil [46]

3.2.4.2. Tapa Kurma Mesafesi Testi

Tapanın kurulma ve kurulmama mesafelerini belirlemeye yönelik yapılan bir performans testidir.

Tapa kurulma mesafesi testi hem seri üretim hem de geliştirme aşamalarında uygulanan bir test olup, mühimmat fabrikası altyapısı dâhilinde yapılabilen bir testtir.

3.2.4.3. Paralanma Zamanı Testi

Paralanma zamanı testi, elektronik ve mekanik zaman tapanlarının fonksiyonel doğruluğunu belirlemek amacıyla gerçekleştirilen bir saha performans testidir. Önceden belirlenmiş bir zaman için kurulmuş tapanın yerleştirilmiş olduğu mühimmat tanımlanmış test menziline ateşlenir. Ateşleme ve fonksiyonun tespiti

arasındaki zaman aralığı ölçülür. Veriler tek bir tapanın limitlerini belirlemede veya grup veri dağılımını tespit etmede kullanılabilir.

Paralanma zamanı testi, hem seri üretim hem de geliştirme aşamalarında uygulanan bir test olup, mühimmat fabrikası altyapısı dâhilinde olmayan bir testtir.

3.2.4.4. Patlayıcı Etkinliği Testi

Tapanın içindeki patlayıcının etkinliğini belirlemeye yönelik bir performans testidir. Detonatörün busteri patlatması için gerekli şoku oluşturup oluşturmadığını gözlemlenmek için gerçekleştirilir. Detonatörün önüne konan 7 mm' lik kurşun levhanın, detonatörün paralanmasıyla delinmesi gerekmektedir.

Patlayıcı etkinliği testi, hem seri üretim hem de geliştirme aşamalarında uygulanan bir test olup, mühimmat fabrikası altyapısı dâhilinde yapılabilen bir testtir.

3.2.4.5. Yağmur Etkisi Testi

Yağmur etkisi testi, yağmur damlacıklarının tapan üzerindeki etkilerinin gözlemlendiği güvenlik ve performans testidir. Tapanın yağmur altında çarpma etkileriyle fonksiyon yapmadığının ve hedefte fonksiyon yaptığının gösterildiği testtir.

Yağmur etkisi testi sadece geliştirme aşamasında uygulanan bir test olup, mühimmat fabrikasının altyapısı dâhilinde olmayan bir testtir.

3.2.4.6. Hafif Temasta Patlamama Testi

Özellikle zırh delici mühimmatlar için tapanın hedefe varmadan karşılaşılabileceği hafif temaslarda fonksiyon yapmadığının gösterilmesi için yapılan bir performans testidir.

Hafif temasta patlamama testi sadece geliştirme aşamasında uygulanan bir test olup, mühimmat fabrikası altyapısı dâhilinde olmayan bir testtir.

3.2.4.7. Havan Mühimmatı Tapası Çift Yükleme Testi

Bu test doğrudan tapaları ilgilendiren bir test olup, çift yükleme durumunda hem alttaki mühimmatın burun tapasının hem de üstteki mühimmatın kuyruk tapasının emniyetli olduğunun gösterilmesi için yapılan bir güvenlik testidir. STANAG 4225 içinde tanımlanan mühimmatın çift yüklenmesi durumundan farklı olup STANAG 4225 mühimmatı ilgilendirirken bu test tapayı ilgilendirmektedir. Bu test patlayıcısız tapa ile yapılır ve tapaların sadece çarpma fonksiyonunda olması gerekmektedir.

Havan mühimmatı tapası çift yükleme testi sadece geliştirme aşamasında yapılan bir test olup, mühimmat fabrikası altyapısı dâhilinde yapılabilen bir test değildir.

3.2.4.8. Aşamalı Kurma Testi

Tapanın kurulma aşamalarının hangi safhasında primer patlayıcının çıkış gücünün, detonatöre transfer edildiğinin ölçüldüğü testtir. Primer, emniyetli bir pozisyonda, patlayıcı zincirinin oluşturulduğu pozisyona doğru kademe kademe ilerletilir ve her kademedede patlatılır. Bu şekilde hangi noktadan sonra primer paralanırsa detonatörü paralayacağı tespit edilir.

Aşamalı kurma testi sadece geliştirme aşamasında uygulanan bir test olup, mühimmat fabrikası dâhilinde yapılamayan bir testtir.

3.2.5. E Grubu Hava Mühimmatı Testleri

Bu grup altında gerçekleştirilen testler, havadan karaya atılan mühimmatlara uygulanan testlerdir. Topçu sınıfı tapaların, karadan karaya atılan tapaları

İlgilendirmesinden dolayı, bu gruptan sadece topçu tapaların ulaştırılması durumlarından paraşütle bırakma benzetimi testi açıklanmıştır.

3.2.5.1. Paraşütle Bırakma Testi

Paraşütle bırakma testi, tapaların nakliye uçakları ile taşınırken paraşüt aracılığıyla lojistik bölgesine bırakılmasını benzetmek için gerçekleştirilmektedir.

Paraşütle bırakma testi sadece geliştirme aşamasında yapılan bir test olup mühimmat fabrikası altyapısı dâhilinde olmayan bir testtir.

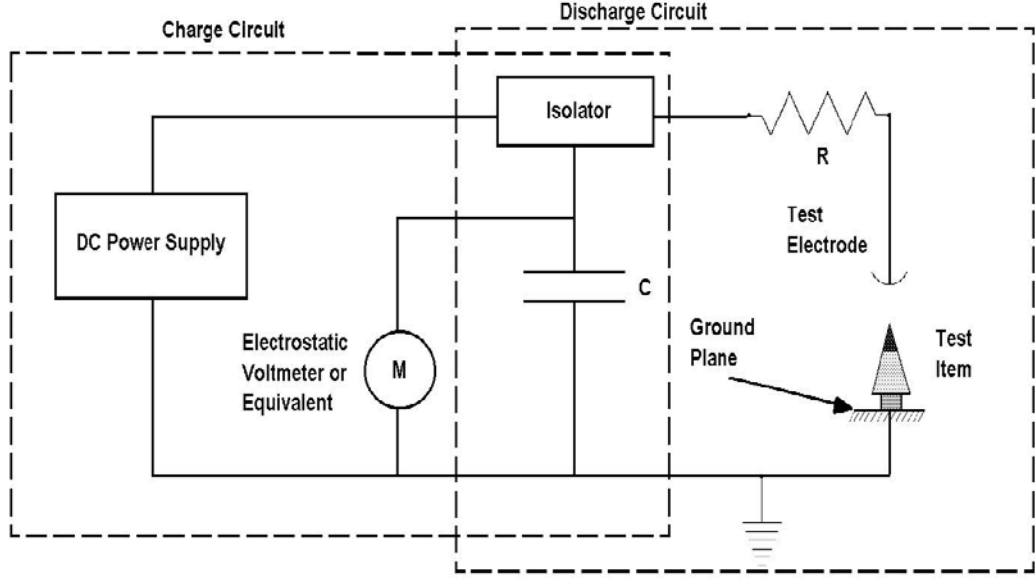
3.2.6. F Grubu Elektrik Ve Manyetik Etki Testleri

Bu grup altında gerçekleştirilen testlerde tapalar elektrostatik boşalma, elektromanyetik darbe ve elektromanyetik radyasyon gibi çeşitli durumlara maruz bırakılır.

3.2.6.1. Elektrostatik Boşalma Testi

Tapaların taşıma ve nakliye durumlarında maruz kalabileceği yüksek potansiyelli elektrostatik boşalma etkilerinin benzetimini yapan bir güvenlik testidir. Bu test, 500 pF iç kapasitans ve 5000 ohm iç dirence sahip test cihazı ile tapaya 25 kV gerilimin atılmasıyla gerçekleştirilecektir. Test sırasında tapanın enerjilenmemesi ve fonksiyonel kalması gerekmektedir.

Elektrostatik boşalma testi hem seri üretim hem de geliştirme aşamalarında uygulanan bir test olup, mühimmat fabrikasının altyapısı dâhilinde olmayan bir testtir. Elektrostatik boşalma testinin elektriksel şeması Şekil 3.14' de görüldüğü gibidir.

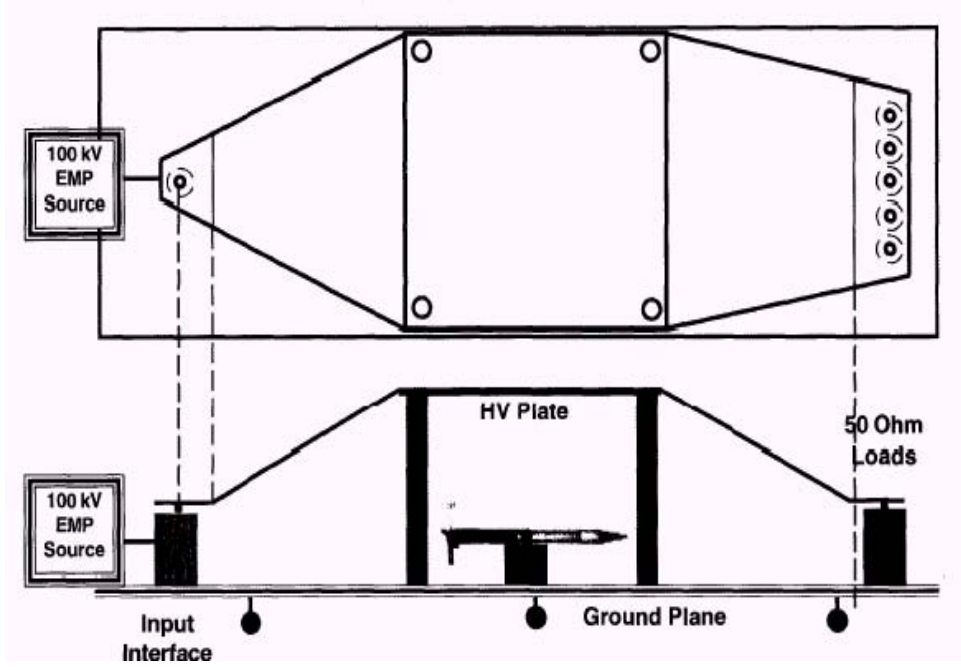


Şekil 3.14. Elektrostatik boşalma testi için ilgili standardın tariflediği şekil [46]

3.2.6.2. Yüksek İrtifa Elektromanyetik Testi

Bu test, tapaların nükleer bir bomba sonrası oluşacak herhangi bir Elektromanyetik darbe (EMP)' ye karşı dayanımının ölçüldüğü bir güvenlik testidir. Bu test aktiflenmiş ve aktiflenmemiş olmak üzere iki farklı konfigürasyonda tapaların GTEM hücresi ile test kabinine yerleştirilerek üzerinde 1000 kV/m' lik elektrik alanının oluşması ile 1 dakika arayla 10'ar adet EMP darbesi gönderilerek gerçekleştirilecektir.

Yüksek irtifa elektromanyetik testi sadece geliştirme aşamasında uygulanan bir test olup, mühimmat fabrikası altyapısı dâhilinde olmayan bir testtir. Bu test için gerekli altyapı TÜBİTAK-UEKAE' de bulunmaktadır. Test donanımı şekli aşağıdaki gibidir.



Şekil 3.15. Yüksek irtifa elektromanyetik testi için ilgili standardın tariflediği şekil [46]

3.2.6.3. Elektromanyetik Radyasyon Zararları Testi

Elektromanyetik radyasyon zararları testi, tapanın depolama, taşıma, nakliye, yükleme ve boşaltma işlemleri boyunca maruz kalabileceği elektromanyetik radyasyon etkilerinin benzetiminin yapıldığı bir güvenlik testidir. Elektromanyetik dalgaların tapalardaki patlayıcılar üzerindeki etkisinin test edildiği bu testte, test esnasında tapalara elektromanyetik dalga uygulanmakta ve patlayıcıların üzerine ve kritik noktalara konan sensörlerden gelen veriler (ısı ve akım) değerlendirilir. Bu test esnasında tapaların fonksiyon göstermemesi ve kritik ısınma/ endüktif akımların görülmesi gibi durumların olmaması gerekmektedir.

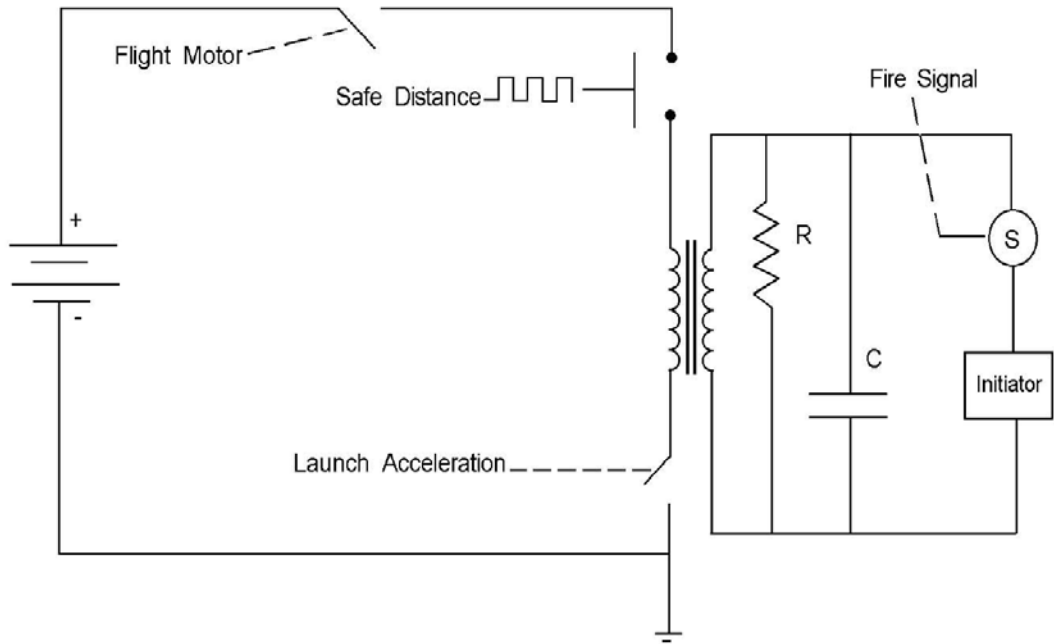
Elektromanyetik radyasyon zararları testi sadece geliştirme aşamasında uygulanan bir test olup, mühimmat fabrikası altyapısı dâhilinde olmayan bir testtir. Bu test için gerekli altyapı TÜBİTAK-UEKAE' de bulunmaktadır.

3.2.6.4. Elektromanyetik Radyasyon (Operasyonel Hazırlık) Testi

Tapalara uygulanan Elektromanyetik radyasyon zararları testine ek olarak tapaların hedefe doğru izlediği yol boyunca maruz kalabileceği elektromanyetik radyasyon etkilerinin benzetiminin yapıldığı bir güvenlik, güvenilirlik ve performans testidir. Test esnasında tapalara elektromanyetik dalga uygulanmakta ve patlayıcıların üzerine ve kritik noktalara konan sensörlerden gelen veriler (ısı ve akım) değerlendirilmektedir. Bu test esnasında tapaların fonksiyon göstermemesi ve kritik ısınma/ endüktif akımların görülmesi gibi durumların olmaması gerekmektedir.

Elektromanyetik radyasyon testi sadece geliştirme aşamasında uygulanan bir test olup, mühimmat fabrikası altyapısı dâhilinde olmayan bir testtir.

Kesintisiz patlayıcı zincirli tapaya uygulanacak elektromanyetik radyasyon testi donanımının şekli Şekil 3.16' da görüldüğü gibidir.



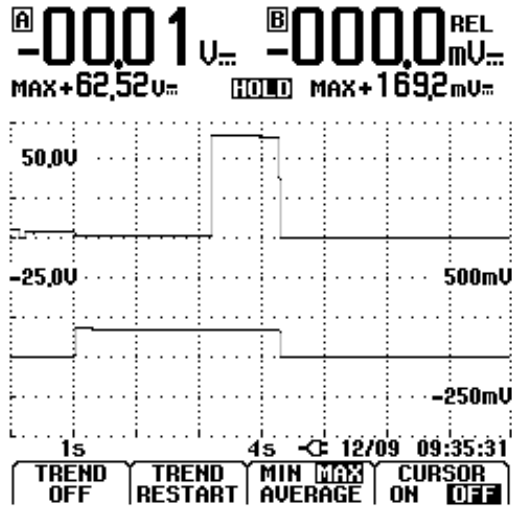
Şekil 3.16. Elektromanyetik radyasyon testi için ilgili standardın tariflediği şekil [46]

4. SONUÇ

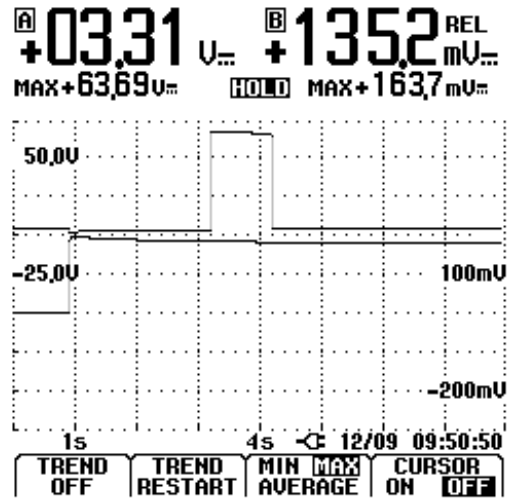
Bu çalışma, Makina Kimya Endüstrisi Kurumu ve Kırıkkale Üniversitesi arasında imzalanmış AR-GE işbirliği kapsamı altında yapılmıştır. Ülkemizde mevcut milli imkânlarla yapılmış bir elektronik zaman tapası olmaması bağlamında yapılan tez çok önem arz etmektedir. Bu tapanın ileriki süreçte daha da geliştirilmesi, ürün haline dönüştürülerek Milli Savunma Bakanlığı envanterine kazandırılması ülke adına büyük kazanç olacaktır. Çalışma esnasında Makina Kimya Endüstrisi Kurumunun seri üretim ve mekanik üretim kabiliyetlerinin, Kırıkkale Üniversitesindeki ARGE ve elektronik altyapısı birleştirilerek yapılmış olması ayrıca önemli olup, mevcut kaynakların optimum kullanılması adına örnek teşkil edecek bir durumdur. Son dönemlerde ülkemizde başlatılan, kamu kurumları ve üniversitelerin ortak çalışmalarını sağlama konusuna da katkı sağladığı şüphesizdir.

Topçu sınıfı mühimmatlar için mikrokontrolör tabanlı elektronik zaman devresi ve elektronik başlatma devresi, bu çalışma esnasında tasarlanmış ve çalıştırılmıştır. Çalışan tasarım, tapa içindeki boyutlara sığacak ölçülere getirilmiş, kibrit başı elektrikli kapsülünü paraladığı görülmüştür.

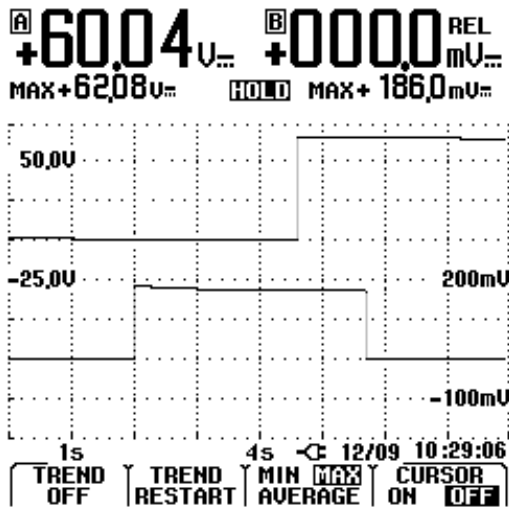
Elektronik zaman devresinin çalışmaya başlamasını sağlayan ivme algılayıcı sensörden gelen atış yapıldı bilgisi ve elektronik başlatma devresinin sonundaki kondansatörün deşarjının çeşitli süre değerleri için osiloskop çıktıları Şekil 4.1, Şekil 4.2, Şekil 4.3 ve Şekil 4.4' de görüldüğü gibi elde edilmiştir. Ölçümler için FLUKE 125 marka osiloskop kullanılmış ve ekran görüntülerini bilgisayara aktarmak için “Flukeview” programından yararlanılmıştır. Osiloskopun A kanalı kondansatör çıkışını, B kanalı ise ivme algılama sensörü çıkışını göstermektedir.



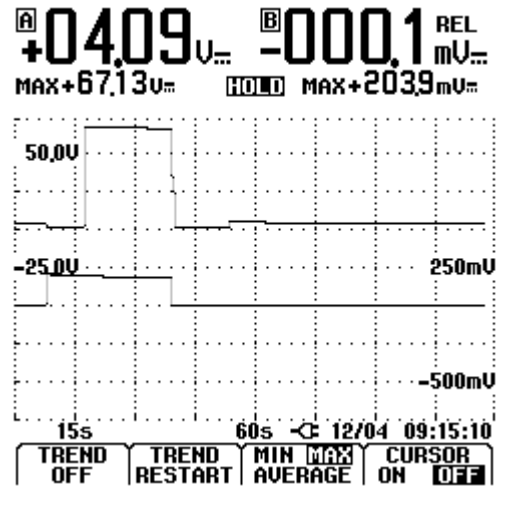
Şekil 4.1.a. 2.2 saniye sonunda paralanma



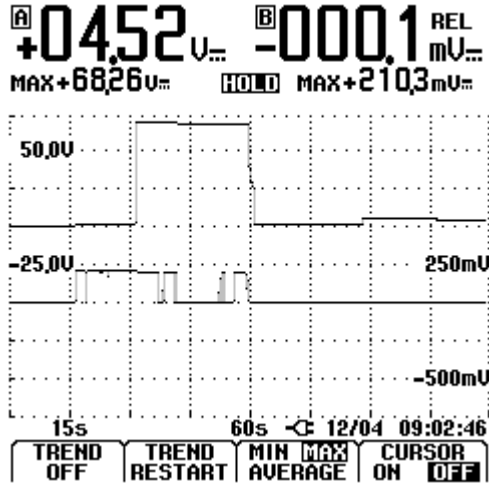
Şekil 4.1.b. 2.4 saniye sonunda paralanma



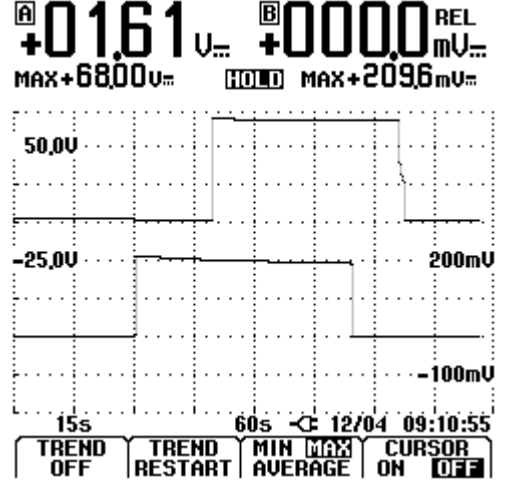
Şekil 4.2.a. 2.6 saniye sonunda paralanma



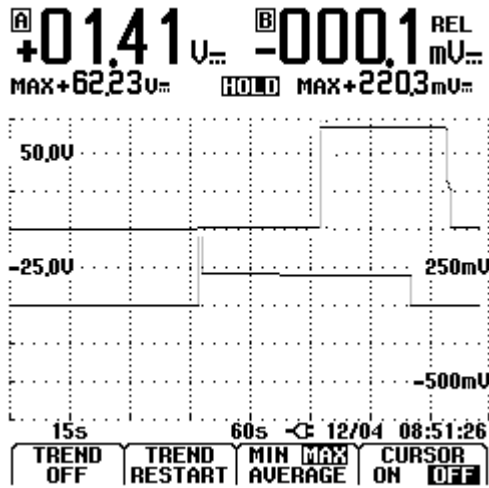
Şekil 4.2.b. 10 saniye sonunda paralanma



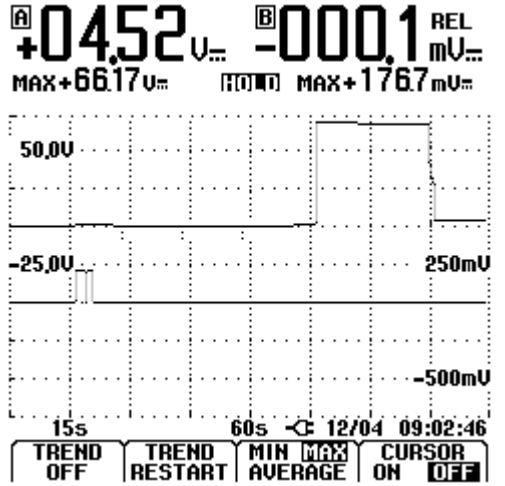
Şekil 4.3.a. 15 saniye sonunda paralanma



Şekil 4.3.b. 20 saniye sonunda paralanma



Şekil 4.4.a. 30 saniye sonunda paralanma



Şekil 4.4.b. 60 saniye sonunda paralanma

KAYNAKLAR

- [1] Fundamentals of Naval Weapons Systems, Chapter 14 Fuzing, Weapons and Systems Engineering Department, United States Naval Academy, <http://www.fas.org/man/dod-101/navy/docs/fun/part14.htm> (Erisim tarihi:12.10.2011)
- [2] Fowler S. E., Safety and Arming Device Design Principles, Naval Air Warfare Center Weapons Division, China Lake, CA, 1999
- [3] Fuzes- Proximity- Electrical, Engineering Design Handbook Ammunition Series, Part Five, Headquarters United States Army Materiel Command, Washington, 1963
- [4] Mil- Std- 1316E, Design Criteria Standard Fuze Design, Safety Criteria For, Department of Defense, United States of America, 1998
- [5] STANAG 4187 Fuzing System- Safety Design Requirements, NATO Standardization Agency (NSA), 2001
- [6] Pomeroy S., Navy Energetics Enterprise, 48th Annual NDIA Fuze Conference, Charlotte, North Carolina, 2004
- [7] STANAG 4369, Design Criteria and Test Methods for Inductive Setting of Electronic Projectile Fuzes, NATO Standardization Agency (NSA), 1992
- [8] Campion B., Nexter Munition, 51st Annual NDIA Fuze Conference, Nashville, 2007
- [9] Mil- Std- 464C, Interface Standard: Electromagnetic Environmental Effects, Requirements For Systems, Department Of Defense, United States of America, 2010

- [10] Hendershot J., Navy Fuze S&T and Acquisition Strategy (NAVSEA), 56th Annual NDIA Fuze Conference, Baltimore,2012
- [11] Perrin M., JUNGHANS Microtec, 52nd Annual NDIA Fuze Conference, Sparks, NV, 2008
- [12] <http://en.wikipedia.org/wiki/File:No80FuzeMkVL.jpg> (Erişim tarihi: 21.11.2012)
- [13] Kienzler F., Kautzsch K., JUNGHANS Microtec, 53rd Annual NDIA Fuze Conference, Lake Buena Vista, FL, 2009
- [14] JUNGHANS Microtec, DM52A1 Electronic Time Fuze, Temmuz 2008 tarihli firma broşurü
- [15] Tucker M., Fuchs Electronics South Africa, 47th NDIA Annual Fuze Conference, New Orleans, LA, 2003
- [16] Worrell W., NAVSEA, 53th NDIA Annual Fuze Conference, Lake Buena Vista, FL, 2009
- [17] Perrin M., "Fuzing's Evolving Role in Smart Weapons", JUNGHANS Microtec, 55th Annual NDIA Fuze Conference, Salt Lake City, UT, 2011
- [18] Wagner J., JUNGHANS Feinwerktechnik GmbH & Co. KG, 50th Annual NDIA Fuze Conference, Norfolk, VA, 2006
- [19] Will B., Naval Surface Warfare Center, Dahlgren Division NAVSEA, 52nd NDIA Fuze Conference, 2008
- [20] Kautzsch K., JUNGHANS Microtech, 52nd NDIA Fuze Conference, Sparks, NV, 2008

- [21] Kunstmann J., NAVY Energetics, 50th Annual NDIA Fuze Conference, Norfolk, VA, 2006
- [22] Will B., Naval Surface Warfare Center (NAVSEA), 51st NDIA Fuze Conference, Nashville, Tennessee, 2007
- [23] Mehta N., RDECOM, 50th Annual NDIA Fuze Conference, Norfolk, VA, 2006
- [24] CLESCA O., “Next Generation Fuzing for Next Generation Weapons” Thales Cryogenics, 56th Annual NDIA Fuze Conference, Baltimore, 2012
- [25] Wich H., Diehl & Eagle Picher, 56th NDIA Fuze Conference, Baltimore, 2012
- [26] Schisselbauer P. F., ATK Ordnance and Ground Systems, LLC Power Sources Center, 48th Annual NDIA Fuze Conference, Charlotte, NC, 2004
- [27] http://en.wikipedia.org/wiki/M734_fuze (Erisim tarihi:21.11.2012)
- [28] Schisselbauer P. F., Bostwick J., ATK Ordnance and Ground Systems, 50th Annual NDIA Fuze Conference, Norfolk, VA, 2006
- [29] Frankman D., L-3 Fuzing & Ordnance Systems, 54th Annual NDIA Fuze Conference, Kansas City, MO, 2010
- [30] Jean D., Naval Surface Warfare Center Indian Head, 48th Annual NDIA Fuze Conference, Charlotte, North Carolina, 2004
- [31] Mitchell S., Naval Energetics Enterprise, 50th Annual NDIA Fuze Conference, Norfolk, VA, 2006
- [32] Lafont R., NEXTER Munitions, 55th Annual NDIA Fuze Conference, Salt Lake City, UT, 2011
- [33] Ring J., ATK Propulsion & Controls, 55th Annual NDIA Fuze Conference, Salt Lake City, UT, 2011

- [34] Perrin M., JUNGHANS Microtec, "Next Generation Fuzing for Next Generation Weapons", 56th Annual NDIA Fuze Conference, Baltimore, MD, 2012
- [35] Jean D., NSWC Indian Head/Ryan Knight, ARDEC, 54th Annual NDIA Fuze Conference, Kansas City, MO, 2010
- [36] Baginski T. A., Thomas K. A., Alamos National Laboratories, 52nd Annual NDIA Fuze Conference, Sparks, NV, 2008
- [37] Letterneau J., Meggitt Sensing Systems, 56th Annual NDIA Fuze Conference, Baltimore, MD, 2012
- [38] Kim S. H., Fuze Group, Agency for Defense Development Republic of Korea, 53rd Annual NDIA Fuze Conference, Lake Buena Vista, FL, 2009
- [39] Kautzsch K. B., JUNGHANS Feinwerktechnik GmbH & Co. KG, 51st Annual Fuze Conference, Nashville, TN, 2007
- [40] Nickel J. I., Tank-automotive & Armaments Command, 47th Annual NDIA Fuze Conference, New Orleans, La, 2003
- [41] Pezous H., Rossi C., Sanchez M., Mathieu F., Dollat X., Charlot S., Conédéra V., Fabrication, assembly and tests of a MEMS-based safe, arm and fire device *Journal of Physics and Chemistry of Solids*. 71(2): 75–79, 2010
- [42] Pezous H., Rossi C., Sanchez M., Mathieu F., Dollat X., Charlot S., Salvagnac L., Conédéra V., "Integration of a MEMS based safe, arm and fire device", *Sensors and Actuators A: Physical*. A 159: 157- 167, 2010
- [43] STANAG 2916, Nose Fuze Contours And Matching Projectile Cavities For Artillery And Mortar Projectiles, NATO Standardization Agency (NSA), 1989

- [44] <http://www1.gantep.edu.tr/~kapucu/tm304/tm304.html> (Erişim tarihi: 30.11.2012)
- [45] AN-761 Electronic Fuzing Texas Instrument Incorporated
<http://www.ti.com/general/docs/lit/getliterature.tsp?literatureNumber=snoa217&fileType=pdf> (Erişim tarihi: 30.11.2012)
- [46] AOP 20, Manual Of Tests For The Safety Qualification Of Fuzing Systems, NATO Standardization Agency (NSA), 2002
- [47] <http://www.sage.tubitak.gov.tr/home.do?ot=1&sid=570> (Erişim tarihi: 24.11.2012)
- [48] Watson J. T., Development with Electronic Detonators, Institute of Makers of Explosives
- [49] Kurt S., Range resolution improvement of FMCW radars, Yüksek Lisans Tezi. Ortadoğu Teknik Üniversitesi, Ankara, 2007
- [50] Lenko D. S., Frederick T. P., serial number 07/853,221, Filling date 16 march 1992, Patent
- [51] Fuzes- Proximity- Electrical, Engineering Design Handbook Ammunition Series, Part One, Headquarters United States Army Materiel Command, Washington, 1963
- [52] Hussey G. F., VT Fuzes for projectiles and spin-stabilized rockets, A bureau or ordnance publication, U. S. Navy, Chief of the Bureau of Ordnance, 1946
- [53] Arora V. K., Proximity fuzes theory and techniques, Defence scientific Information and documentation centre defence research& Development organisation ministry of defence, India, 2010

[54] Adair C., Kerrigan R., Ashley S., Raytheon Company, 51st NDIA Fuze Conference, Nashville, Tennessee, 2007

[55] Fuzing Systems: Manual of Development Characterization and Safety Test Methods and Procedures for Lead and Booster Explosive Components

[56] <http://www.atk.com/products-services/m782-multi-option-fuze-for-artillery-mofa/> ATK firması (Erişim tarihi 26.11.2012)