

T.C.
KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ
ELEKTRİK-ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ



BİTİRME ÇALIŞMASI

Hazırlayanlar:

Yusuf KILIÇ

164015

Tez Danışmanı: Yrd. Doç. Dr. Haydar KAYA

BAHAR 2011

TRABZON

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖNSÖZ.....	II
İÇİNDEKİLER.....	III
ÖZET.....	VI
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	V
SEMBOLLER DİZİNİ.....	VII
1. GİRİŞ.....	1
2. Elektromanyetik İndüksiyonlu Bobin Silahının Çalışma Prensibi	2
3. Kullanım Alanları	3
4. Bobinli Fırlatıcı Tasarımına Etki Eden Faktörler	4
4.1. Dış Demir	4
4.1.1 Rondelâ ve Boru Eklemek	4
4.1.2 Manyetik Alan Çizgileri	5
4.2. Rondelalar	5
4.2.1 Boru Ve Rondelada Relüktansı Hesaplama	6
4.3. Direnç (R) Etkisi	6
4.3.1 Akımı Sınırlayan Direnç Eklemek	6
4.3.2 Korumucu Direnç Eklemek.....	8
4.3.3. Şarj Direnci Eklemek	8
4.4. İndüktans Etkisi	9
4.5. Kapasitör Etkisi	9
4.6. Merminin Başlangıç Pozisyonu	10
5. Çember Eksenindeki Manyetik Alan.....	10
6. Kullanılan Malzemeler	12
6.1. Tristör (SCR).....	12
6.2. Köprü Tipi Tam Dalga Doğrultucu	15
6.3. Varyak	16
6.4. Kapasitör	17
7. Tasarımın Gerçekleştirilmesi	18
8. Merminin Tasarımı	20
9. Sonuçlar.....	22

10.	Öneriler.....	23
11.	Kaynaklar.....	24
12.	Özgeçmiş.....	25

ÖZET

Bu çalışmada ‘Coil Gun’ olarak bilinen Elektromanyetik İndüksiyonlu bobin silahının çalışma prensibi, silahı oluşturan unsurlar ve silahın yapım aşamasında karşılaşılabilecek sorunlara çözüm getirmesi üzerinde durulmuştur.

Elektromanyetik fırlatıcıların çalışmasının temel prensipleri elektromanyetik teoriye dayanır. Değişen ya da hareket eden güçlü bir elektromanyetik alan oluşturarak, merminin bu elektromanyetik alanı takip etmesini sağlamaktadır. Elektromanyetik alanın hareket etme hızında bir sınır olmadığı için, fırlatılan malzeme için de bir hız limiti yoktur. Bu tip uygulamaları bu denli cazip kılan özellik de burada yatmaktadır.

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa No
Şekil 1. İndüksiyon bobin silahı elektrik eşdeğer devresi.....	3
Şekil 2. Bobine Boru ve Rondela Ekleme	4
Şekil 3. Sır Manyetik Akı	5
Şekil 4. Bobin Üzerindeki Relüktanslar	6
Şekil 5. Akım Sınırlayıcı Direnç.....	7
Şekil 6. Koruyucu Direnç	8
Şekil 7. Şarj Direnci	8
Şekil 8. Tristörün Görünümü	12
Şekil 9. Tristörün Bağlantı Şekli	13
Şekil 10. Tristörün Gate Ucunun Karakteristik Eğrisi	13
Şekil 11. Tristörün Datasheeti.....	14
Şekil 12. Doğrultma İşleminin Gösterimi	15
Şekil 13. Varyak	16
Şekil 14. Kondansatör	17
Şekil 15. Varyak ve Doğrultucunun Gösterimi	18
Şekil 16. Devre Şeması	19
Şekil 17. Tasarımın Gerçekleşmiş Hali.....	20
Şekil 18. Çelik Mermi	21

SEMBOLLER DİZİNİ

A	: Amper
V	: Volt
DC	: Doğru Akım
AC	: Alternatif Akım
VDC	: Doğru Akım Gerilimi
VAC	: Alternatif Akım Gerilimi
F	: Kuvvet
B	: Manyetik İndüksiyon
R	: Direnç
L	: Endüktans
C	: Kapasitans
f	: Frekans
N	: Bobin Sarım Sayısı
Q	: Elektrik Yüğü
SCR	: Tristör
F	: Farad
H	: Henri
u	: Mikro
Ω	: Ohm
t	: zaman (saniye)

1. GİRİŞ

Gelişen teknoloji günümüzde, askerî alanda da inanılmaz boyutlara ulaşmaktadır. Yeni tip silâhlar geliştirilmesinin yanında, var olan silâhların geliştirilmesi ve etkinliklerinin artırılması üzerinde çalışmalar devam etmektedir.

İletişim alanında başarılı uygulamalarını gördüğümüz ve uygulamaları sadece bir yüzyıllık geçmişe sahip elektromanyetik (EM) dalgalar, farklı bir şekilde daha karşımıza çıkıyor. Elektrik ve manyetik alanlar, teknolojinin de yeterli olgunluğa ulaşması ile birlikte günümüzde gittikçe artan uygulama alanları mevcuttur.

Elektromanyetik fırlatıcıların çalışmasının temel prensipleri elektromanyetik teoriye dayanır. Elde edilmeye çalışılan, değişen ya da hareket eden güçlü bir elektromanyetik alan oluşturarak, hareket ettirilecek manyetik iletken malzemenin (merminin) bu elektromanyetik alanı takip etmesini sağlamaktadır.

Bobin silâhında (coil gun), mermiyi hareket ettiren güç, manyetik akımdır. Bobin (solenoid) teli üzerinden çok kısa süreli akan bu akım, manyetik yalıtkan olarak seçilmiş namlunun üzerine sarılı bobin çevresinde bir manyetik alan ve akı oluşturacaktır. Bu oluşan manyetik alanın oluşturduğu F kuvveti, namlunun ucuna yerleştirmiş olduğumuz, manyetik geçirgenliği yüksek olarak seçilmiş mermimizi fırlatacaktır.

2. ELEKTROMANYETİK İNDÜKSİYONLU BOBİN SİLAHININ ÇALIŞMA PRENSİBİ

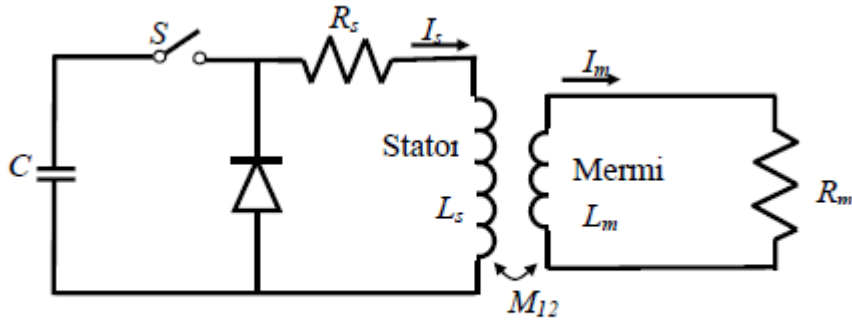
Elektromanyetik fırlatıcıların çalışmasının temel prensipleri elektromanyetik teoriye dayanır. Elde edilmeye çalışılan, değişen ya da hareket eden güçlü bir elektromanyetik alan oluşturarak, hareket ettirilecek manyetik iletken malzemenin (merminin) bu elektromanyetik alanı takip etmesini sağlamaktadır. Elektromanyetik alanın hareket etme hızında bir sınır olmadığı için, fırlatılan malzeme için de bir hız limiti yoktur. Bu tip uygulamaları bu denli cazip kılan özellik de burada yatmaktadır. [1]

Bobin silâhında (coil gun), mermiyi hareket ettiren güç, manyetik akımdır. Bobin (solenoid) teli üzerinden çok kısa süreli akan bu akım, manyetik yalıtkan olarak seçilmiş namlunun üzerine sarılı bobin çevresinde bir manyetik alan ve akı oluşturacaktır. Bu oluşan manyetik alanın oluşturduğu F kuvveti, namlunun ucuna yerleştirmiş olduğumuz, manyetik geçirgenliği yüksek olarak seçilmiş mermimizi fırlatacaktır. Bu manyetik F kuvvetinin büyük olması bobin üzerinden geçen akıma da bağlıdır.

Bu nedenle elektrik devrelerinde akıma karşı koyucu güç olarak tanımlanabilecek direncin manyetik devredeki karşılığı olan relüktans birçok noktada minimize edilmelidir. Bu maksatla bobin çevresine manyetik geçirgenliği yüksek malzemeler yerleştirilmelidir.

Hareket eden elektromanyetik alan ile nesnelere hareket ettirmek prensibi etrafında, farklı tipte uygulamalar yapmak mümkündür. Aslında bu prensip yeni değildir; günlük hayatta sık sık uygulamalarından yararlandığımız elektrik motorları bunun çok genel uygulamalarıdır.

Bu silahın elektrik eş değeri temelde bir anahtar üzerinden paralel olarak bağlanmış bir bobin ve bir kapasitörden ibarettir. (Şekil 1)



Şekil 1. İndüksiyon bobin silahı elektrik eşdeğer devresi

Şekil 1'deki devre oldukça sade olup, bobinden tekrar kapasitöre akacak ters (negatif) akım, aynı devreden birden fazla bağlanması durumunda ateşleme zamanının ayarlanması gibi ihtiyaçlardan dolayı devreye bazı ilave elemanların da bağlanması zorunludur. [5]

3. KULLANIM ALANLARI

- Uçak gemilerinden uçakların fırlatılması,
- Gülümlü silah sistemlerine karşı koruma sağlanması,
- Çeşitli askeri elektromanyetik zırh koruma sistemlerinin geliştirilmesi,
- Denizaltı ve gemilerden torpido fırlatılması,
- Zırhlı sistemlerin zırhlarının tahrip edilmesi,
- Uzun menzilli güdümlü füzelerin fırlatılması.

Coil gun askeri uygulama alanıdır diyebiliriz. Savaş gemilerinde, uçakların havalanabilmesi için belirli bir hıza ulaşması gerekmektedir ve bunu sınırlı bir yol boyunca yapması istenilmektedir. Kısa bir zamanda yüksek bir hıza ulaşabilmesi için aynı mantıkla çalışan bir düzenekle bu işlemi gerçekleştirmek mümkündür. Bunun yanında çok yüksek hızlarda fırlatılma işlemi gerçekleştirilebileceği için zırh delici, uzun menzilli füzelerin, denizaltı ve gemilerden torpidoların fırlatılmasında kullanmak da mümkündür. [1]

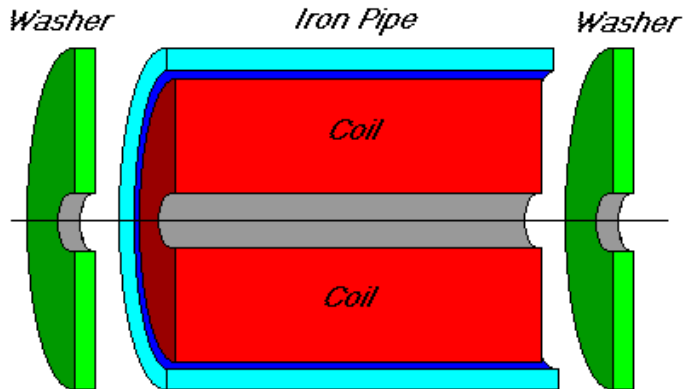
4. BOBİNLİ FIRLATICI TASARIMINA ETKİ EDEN FAKTÖRLER

4.1 DIŞ DEMİR

4.1.1 Rondelâ ve Boru Ekleme

Bobinin çevresindeki akı geri dönüş yoluna demir eklemek, toplam manyetik akıyı artırır. Ayrıca demir, akının namluya doğru gitmesini sağlar. [2]

Sadece iki uca düz rondelâ eklemek ve bobini bir demir boru ile çevrelemek yeterlidir. Şekil 2’de bir kesit görüntü verilmiştir. Burada manyetik kayıpları azaltmak içindir.

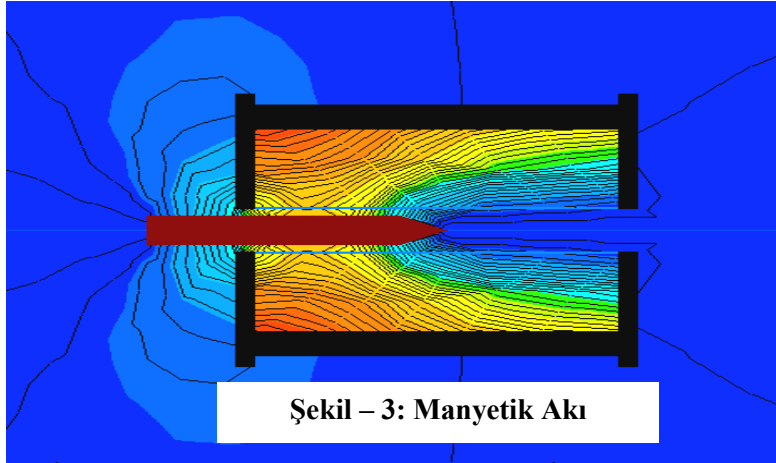


Şekil 2: Bobine Boru ve Rondela Ekleme

4.1.2 Manyetik Alan izgileri

Şekil - 3'de simüle edilmiş manyetik akı diyagramı verilmiştir. Şekil incelendiğinde dış alanın oldukça zayıf olduğu görülür. Çünkü manyetik akının büyük kısmını demir boru ve rondelalar taŐımaktadır.

Şekil - 3, bu demir tarafından sarılmıŐ bir bobinin kesit görünüŐüdür. Ortadaki koyu renkli kısım mermidir. DıŐtaki koyu hatlar ise demir aksamı göstermektedir. Merminin u kısımları incelendiğinde mekanik gerilme görülecektir ki hareketi sağlayan da bu gerilmedir. [2]



4.2 RONDELALAR

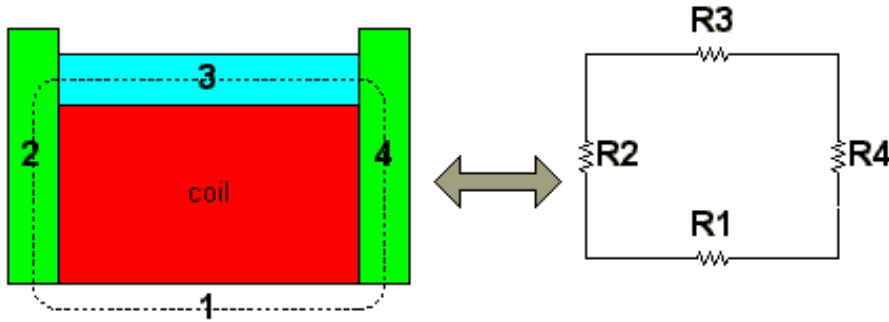
Rondelalar bobinin saÇ ve sol uçlarındaki siyah kısımlardır. Rondelaların boruya olabildiğince sıkı temas etmeleri gerekmektedir. Çünkü burada en büyük kayıp hava boŐluĐundadır.

4.2.1 Boru Ve Rondelada Relüktansı Hesaplama

Bobin çevresine yerleştirilen boru ve rondelalar bir manyetik devre olarak modellenebilir. Manyetik devre elektrik devresine oldukça benzer.

Direncin eşiti, relüktans; akımın eşiti, akı; voltajın eşiti, mmk (manyeto motor kuvvet) olarak ifade edilebilir. [6]

**Elektrik devreler için akım = voltaj / direnç,
Manyetik devreler için akı = mmk / relüktans dır.**



Şekil 4: Bobin Üzerindeki Relüktanslar

4.3 DİRENÇ (R) ETKİSİ

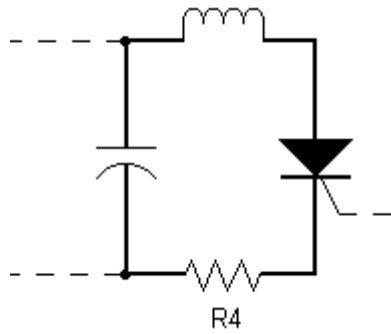
4.3.1 Akımı Sınırlayan Direnç Eklemek

Paralel bir RL (R: Direnç, L: Endüktans) devresinde direnç son derece önemlidir. Bobinin yapımında kullanmış olduğumuz iletkenin direncinin yanında (bobinimizin direnci 57 mΩ olarak ölçülmüştür) kapasitemizden boşalan akımı sınırlamak için ufak değerli bir

direnç koymak gerekmektedir. Direncin büyük olması kapasitörün yavaşça boşalmasına neden olacaktır.

Seçilecek direncin değeri belirlenirken, tristörün maximum üzerinden akıtılabileceği akım göz önüne alınmalıdır (Tristörün datasheet'inden özelliklerini incelemek gerekir). Bobin üzerinden akıtılan akımın büyük olmasıyla, oluşacak manyetik alanın da büyük olacağı bu da fırlatıcı F kuvvetini arttırarak hızlı bir şekilde mermimizi hareket ettireceği unutulmamalıdır.

Direnç büyüklük değerinin yanında, bu direncin gücü de önem arz etmektedir. Üzerinden çok yüksek akım geçeceğinden dolayı (çok kısa süreli olsa dahi), bu direnç üzerinde bir ısınmaya sebep olacaktır. Devredeki direnç küçüldükçe kapasitör yükünü olabildiğince hızlı bir biçimde bobin üzerine boşaltabilecektir. Ancak direncin aşırı biçimde küçülmesi de ayrı bir probleme neden olacaktır. Çünkü bu durumda devre osilasyona girecek ve enerji kapasitör-bobin arasında gidip gelecektir. Fırlatılacak mermi, bobin enerjisinin çoğunu absorbe ederek, osilasyona neden olacak enerjiyi kayda alınmayacak kadar küçük bir seviyeye düşürecektir, bundan dolayı burada osilasyondan korkmaya gerek yoktur.

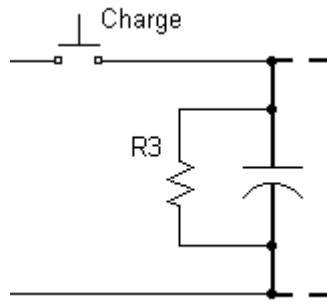


Şekil 5: Akım Sınırlayıcı Direnç

Tasarım yapılırken diğer bir amaç ise doğru zamanlamadır. Bobin akımı çok kısa süreli olursa mermi akımdan sonra hareket edecektir. Yani mermi bobin boyunca hareket ederken, hareket esnasında bobinde akmakta olan bir akımdan söz edilemeyecektir. Eğer akım çok uzun süreli olursa da bu sefer mermi bobinin orta noktasını geçtikten sonra tekrar geri çekilecektir. Mermi ve bobin kombinasyonu için doğru zamanlamanın yapılması şarttır.

4.3.2 Koruyucu Direnç Ekleme

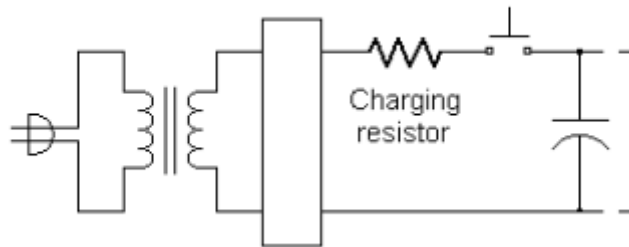
Kapasitemize eklenecek yüksek değerli bir paralel direnç, tetikleme işleminin gerçekleşmemesi durumunda kapasitemizin bu direnç üzerinden boşalmasına sebep olacaktır. Bu direncin düşük değerli seçilmesi durumunda kapasitemiz kısa sürede koruyucu olarak koymuş olduğumuz bu direnç üzerinden boşalabilir ki bu istenmeyen bir durumdur.



Şekil 6: Koruyucu Direnç

4.3.3 Şarj Direnci Ekleme

Eklenmesi gerekli bu direnç, doğrultulmuş DC gerilimle akımı sınırlayarak kapasitenin dolmasını sağlamak için kullanılır.



Şekil 7: Şarj Direnci

4.4 İNDÜKTANS ETKİSİ

Bir LC devresinde osilasyon frekansı LC'nin (C: Kapasitans) kare köküyle orantılıdır.

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \quad (1)$$

Yukarıdaki eşitlikten faydalanılarak, kapasitör-bobin arasındaki enerji aktarım hızı hesaplanabilir. L veya C'den birini veya her ikisini büyülterek rezonans frekansı küçültmek mümkündür. Yukarıdaki eşitlik LC devresi için geçerlidir.

Bobin silahında, L indüktansı sabit değerlidir (bobinimizin değeri (81,55 uH olarak ölçülmüştür), fakat merminin yerleştirildiği konum ile değişir. Bobine akan yarı sinüs dalgası biçimindeki akımın fazı da bobindeki bu değişimden ciddi bir biçimde etkilenecektir. Merminin yerleştirildiği pozisyon manyetik akımın yönü üzerinde de etkili olacaktır.

Bobinin sarın sayısı N'yi artırmamızda,

Bobini sarmış olduğumuz telin kesitini artırdığımızda,

Sarılan bobinin sarımlarının sık, daha kısa bir makara üzerinde daha kalın et kalınlığı oluşturulması durumunda (sarımlar üst üste gelirse), bobinin endüktans L değeri artar.

Bobin telin üzerindeki nüve manyetik özellikte olmaması halinde manyetik alan daha fazla olur.

4.5 KAPASİTÖR ETKİSİ

Kapasitör devrede, plakalarında şarj edilmiş gerilimi tutar. Bir kapasitöre şarj edilecek gerilim ile kapasitesi arasındaki bağıntı; $Q = C \times V$ dir. Burada;

Q: Elektrik yükü (Coloumb)

C: Kapasite (Farad)

V: Voltaj (Volt)

Kapasite seçiminde bağlayıcı olan sadece gerilim değildir. LC devresinde rezonans frekansına olan etkisi de unutulmamalıdır. Bunlara ilave olarak, yüksek gerilim değerleri için uygun değerde kapasite de seçilmelidir. Bu seçim yapılırken devrenin çok yüksek gerilim değerleri için manyetik doyuma girebileceği de unutulmamalıdır.

4.6 MERMİNİN BAŞLANGIÇ POZİSYONU

Bobin silahının tasarımında önemli aşamalardan birisi de merminin başlangıçtaki konumudur. Başlangıçta mermi, başlangıç konumu durumuna göre faz uyumsuzlukları nedeni ile kuvvet ters yönde indüklenerek, merminin geriye doğru fırlatılmasına (geri tepme etkisi) sebep olabilmektedir. Merminin başlangıç pozisyonun değiştirilmesi ile bu durumun etkisinin azaltılması mümkün olabilmektedir. Böylece mermi çıkış hızını artırmak mümkündür.

Yapılan denemeler sonunda görüldü ki; mermi bobinin başlangıç kısmına yerleştirildiğinde en hızlı şekilde fırlatılmaktadır. Bobinin başlangıcından ileri doğru götürülmesi durumunda, mermiye (manyetik malzeme) etki eden manyetik alan B kısa süreli olacağından hızı azalmaktadır.

5. ÇEMBER EKSENİNDEKİ MANYETİK ALAN

Z eksenindeki alanı Biot-Savart kurallarını kullanarak elde edelim.

Bunun için sadece dB nin z bileşenini bulmak bizim için yeterli olacaktır. Çünkü bu eksenindeki toplam alan “z” yönünde bir noktada olmalıdır.

$$dB = \frac{I}{c r^2} \cos \Phi = \frac{I}{c r^2} \times \frac{b}{r} \quad \text{dir.} \quad (2)$$

Burada;

b: Sargı yarıçapıdır.

Yarıçap boyunca dB nin integrali alınarak toplam alan B bulunur.

$$B = \int_0^{2\pi} dB = \int_0^{2\pi} \frac{I}{c r^2} \times \frac{b}{r} = \frac{I b}{c r^3} \int_0^{2\pi} dl \quad (3)$$

İntegral bölümü çemberdeki telin halka uzunluğunu göstermektedir. Herhangi bir noktada eksen üzerindeki alan ise; burada ("r" nin b ve Z 'nin fonksiyonudur)

$$B = \frac{2\pi b^2 I}{c r^3} \quad \text{dir.} \quad (4)$$

Burada;

"r" , Z den çembere olan uzaklıktır.

Pisagor teoremini hatırlayın. $r^2 = z^2 + b^2$ Sonuç olarak B alanı için aşağıdaki eşitlik yazılabilir;

$$B = \frac{2\pi b^2 I}{c(z^2 + b^2)^{3/2}} \quad (5)$$

Bu eşitlik z eksenindeki herhangi bir noktadan b yarıçapındaki çembere doğru olan manyetik alanı verir. Eğer çember içine demir gibi herhangi bir cisim sokulacak olursa bu alanın değişeceği de unutulmamalıdır. [2]

6. KULLANILAN MALZEMELER

6.1 Tristör (SCR)

Kontrollü yarı iletken bir anahtarlama elemanıdır. SCR olarak da bilinirler. SCR silikon kontrollü doğrultucu anlamına gelmektedir. Tristörler çok hızlı açma ve kapama özelliğine sahiptirler. Dört katlı bir yarı iletken den meydana gelen tristörler (P-N-P-N) kapı (*gate*) ucu ile iletken yapılabilmektedir. Doğru akımda çalışırlar. Yani tek yönlü akım geçirirler. Anot, katot ve *gate* olmak üzere üç bağlantı ucu mevcuttur.

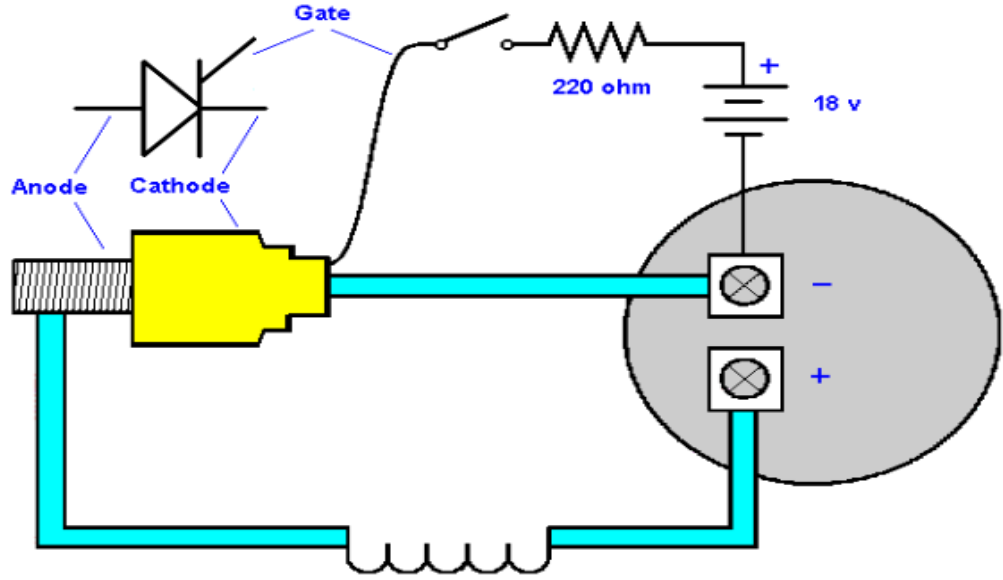
Yüksek güçlü tristörlerde (devremizde kullandığımız gibi) anot geniş bir taban üzerine tespit edilir (şekil 5 de görüldüğü gibi). Bu tristörün hem kolay soğutulmasını hem de kolay monte edilmesini sağlar. Katot kalın bir kablo ile *gate* ucu ince bir bükülebilir kablo ile çıkartılmıştır. Tristörler bir kere iletken oldu mu (eğer besleme voltajı kesilmezse) devamlı iletimde kalır.

Tasarım esnasında kullanılan tristör, çok yüksek akımları üzerinden akıtmaya elverişlidir. Tetikleme için *gate* ucuna verilmesi gereken akım ve gerilim değerleri şekil 7 de gösterilmiştir (datasheet'ten).



Şekil 8: Tristörün Görünüm

Tristörün bağlantı şeması şekil 6 da gösterilmiştir;



Şekil 9: Tristörün Bağlantı Şekli

TN195P

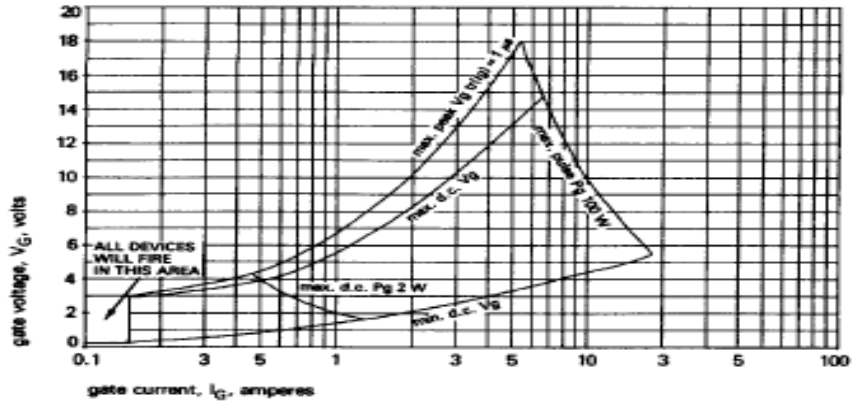


Figure 5 Gate characteristic at 25°C junction temperature

Şekil 10: Tristörün Gate Ucunun Karakteristik Eğrisi

Kullanılmış olduğumuz tristörün datasheet' i şekil 8 de verilmiştir;



WESTCODE

SEMICONDUCTORS

Technical
Publication
TN195P
Issue 2
October 1985

Converter Grade Stud-Base Thyristor Type N195P

226 amperes average: up to 1500 volts V_{RRM}

Ratings (Maximum values at 125°C T_J unless stated otherwise)

RATING	CONDITIONS	SYMBOL	
Average on-state current	Half sine wave, 85°C case temperature	$I_T (AV)$	226A
R.M.S on-state current		$I_T (RMS)$	355A
Continuous on-state current		I_T	355A
Peak one-cycle surge (non-repetitive) on-state current	10ms duration, 60% V_{RRM} re-applied	$I_{TSM (1)}$	4650A
	10ms duration, $V_R \leq 10$ volts	$I_{TSM (2)}$	5120A
Maximum permissible surge energy	10ms duration, $V_R \leq 10$ volts	$I^2t (1)$	131000A ² s
	3ms duration, $V_R \leq 10$ volts	$I^2t (2)$	97350A ² s
Peak forward gate current	Anode positive with respect to cathode	I_{FGM}	20A
Peak forward gate voltage	Anode positive with respect to cathode	V_{FGM}	18V
Peak reverse gate voltage		V_{RGM}	5V
Average gate power		P_G	2W
Peak gate power	100μs pulse width	P_{GM}	100W
Rate of rise of off-state voltage	To 80% V_{DRM} , gate open-circuit	dv/dt	*200V/μs
Rate of rise of on-state current (repetitive)	Gate drive 20 volts, 20 ohms with $t_r \leq 1 \mu s$ Anode voltage $\leq 80\% V_{DRM}$	$di/dt (1)$	500A/μs
Rate of rise on on-state current (non-repetitive)		$di/dt (2)$	1000A/μs
Operating temperature range		T_{case}	- 40 + 125°C
Storage temperature range		T_{stg}	- 40 + 150°C

Characteristics (Maximum values at 125°C T_J unless stated otherwise)

CHARACTERISTIC	CONDITIONS	SYMBOL	
Peak on-state voltage	At 710 A, I_{TM}	V_{TM}	1.62V
Forward conduction threshold voltage		V_O	0.92V
Forward conduction slope resistance		r	0.99mΩ
Repetitive peak off-state current	At V_{DRM}	I_{DRM}	20mA
Repetitive peak reverse current	At V_{RRM}	I_{RRM}	20mA
Maximum gate current required to fire all devices	$V_A = 6V, I_A = 2A$ at 25°C T _J	I_{GT}	150mA
Maximum gate voltage required to fire all devices		V_{GT}	3V
Maximum holding current		I_H	600mA
Maximum gate voltage which will not trigger any device		V_{GD}	0.25V
Thermal resistance, junction to case for a device with a maximum forward volt drop characteristic	DC and 180° sine wave	$R_{th(j-c)}$	0.12°C/W
	120° rectangular wave		0.14°C/W
Thermal resistance case to heatsink		$R_{th(c-hs)}$	0.04°C/W

Şekil 11: Tristörün Datasheeti

6.2 Köprü Tipi Tam Dalga Doğrultucu

Köprü tipi veya dört diyotlu tam dalga doğrultmalarda, köprü şeklinde kurulmuş dört diyottan yararlanılmaktadır.

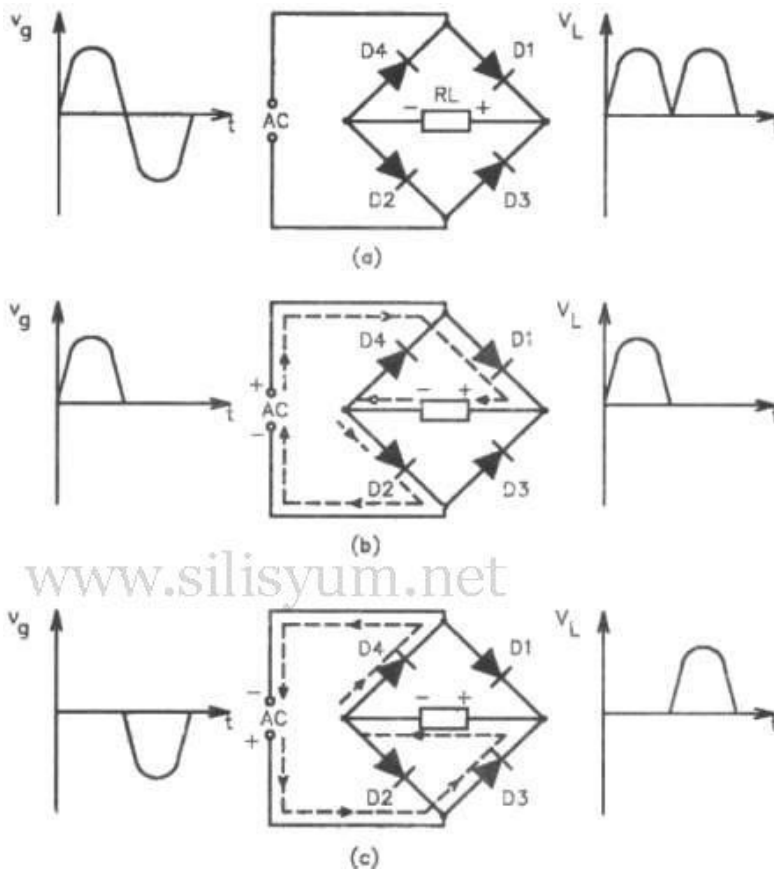
Bu tür doğrultucularda AC gerilim transformatör sekonderinin iki ucundan alınmaktadır.

Devre, bir alternansta, D_1 , R_L ve D_2 üzerinden, diğer alternansta ise, D_3 , R_L , D_4 üzerinden tamamlanmaktadır.

Böylece R_L yük direncinden her iki alternansta da aynı yönde (+ 'dan - 'ye doğru) akım akmaktadır. Bu akım Şekil (a) 'da görüldüğü gibi darbeli bir akımdır.

R_L üzerindeki V_L gerilim düşümü ve I_L yük akımı, iki diyotlu doğrultuculardaki gibidir.

Köprü diyotlara ait bilgiler genellikle üzerinde yazar.



Şekil 12: Doğrultma İşleminin Gösterimi

6.3 Varyak

Varyak; AC gerilim kaynağından değişken AC gerilim kaynağı elde etmek için kullanılır. Tasarımımızda kullanmış olduğumuz varyak, farklı gerilim ve akım değerlerinde bobin silahında oluşan manyetik alanla birlikte merminin hızını gözetlemek amaçlı kullanılmıştır.



şekil 13: Varyak

6.4 Kapasitör

Elektronların kutuplanarak elektriksel yükü elektriksel alanın içerisinde depolayabilme özelliklerinden faydalanılarak, bir yalıtkan malzemenin iki metal tabaka arasına yerleştirilmesiyle oluşturulan temel elektrik ve elektronik devre elemanlarıdır. Piyasada kapasite, kapasitör, sığaç gibi isimlerle anılan kondansatörler, elektrik yükü depolama, reaktif güç kontrolü, bilgi kaybı engelleme, AC/DC arasında dönüşüm yapmada kullanılırlar ve tüm entegre elektronik devrelerin vazgeçilmez elemanlarıdır.

Kondansatörlerin karakteristikleri olarak;

- plakalar arasında kullanılan yalıtkanın cinsi,
- çalışma ve dayanma gerilimleri,
- depolayabildikleri yük miktarı

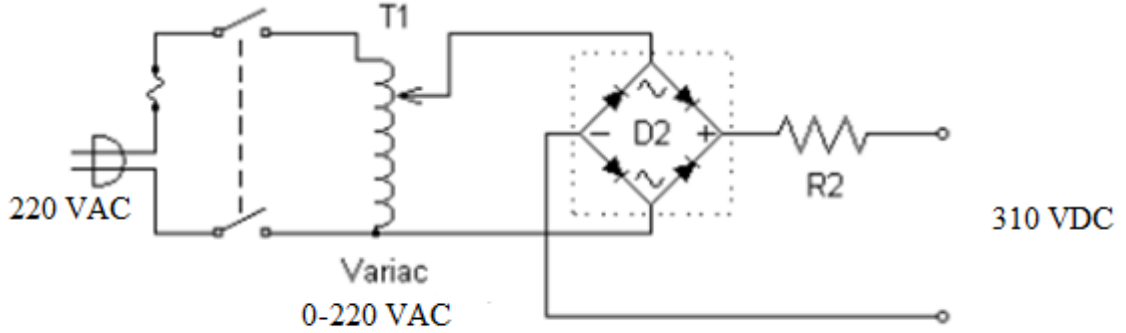
sayılabilir. Bu kriterler göz önünde bulundurulduktan sonra gereksinime uygun olan kondansatör tercih edilir. Kondansatörlerin fiziksel büyüklükleri, çalışma gerilimleri ve depolayabilecekleri yük miktarına bağlıdır. Tasarım açısından ise çeşitlilik boldur, hemen hemen her boyut ve şekilde kondansatör temin edilebilir.



Şekil 14: Kondansatör

7. TASARIMIN GERÇEKLEŞTİRİLMESİ

Tasarımın yapım aşamasında, düşük değerli gerilimlerden başlamak adına varyak kullanılarak çalışma gerilimi istenilen değerlerde değiştirilmiştir. Böylece birçok gerilim değerinde mermi hızını gözlemek mümkün olmuştur. Öncelikle gerekli olan DC gerilimi, şebeke geriliminden (AC) tam dalga köprü diyot doğrultucu kullanılarak doğrultma işlemi yapıldı. Böylelikle herhangi bir DC kaynağa ihtiyaç kalmadan kapasitemizi dolduracak gerilimi elde ederiz.



Şekil 15: Varyak ve Doğrultucunun Gösterimi

Devre 220 VAC şebeke gerilimi ile beslendi, bu değer AC değerimizin efektif değeri olduğundan, doğrultma işlemi sonunda gerilim değerimiz tepe değerine yani;

$$\text{tepe değer: } \sqrt{2} * \text{effektif değer} \quad (6)$$

310 VDC' ye ulaşacaktır.

R2 direnci 330 Ω ve 50 W seçildi. Kapasitenin dolması;

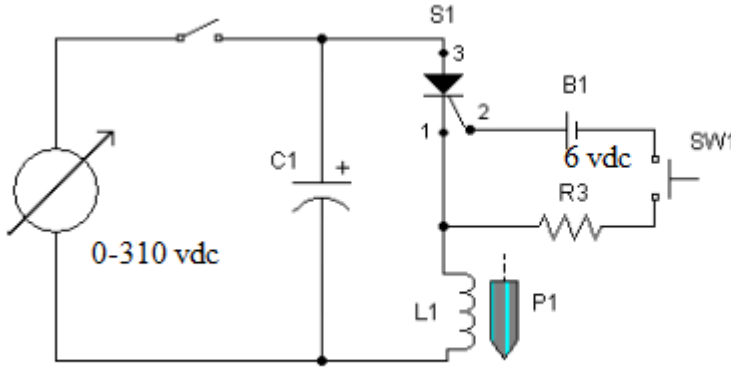
$$E: V. (1 - e^{-\frac{t}{RC}}) \quad (7)$$

R: 330 Ω , 50 W

C: 8800 uF, 350 V

Kapasitemizin 250 Volt'a ulaşması birkaç saniye olarak gözlenmiştir. Burada çok uzun süre kapasitenin tam olarak dolmasını beklemek, direncimizin çok fazla ısınmasına sebep olacaktır.

Doğrultulmuş gerilimle kapasiteyi doldurduğumuzda devremizin birinci kısmını tamamlamış olduk. Devrenin ikinci kısmı dolu olan kapasitemizi çok kısa bir sürede tristörü tetikleyerek, bobin üzerinden yüksek akım geçirmek sureti ile namlu içinde yüksek bir manyetik alan oluşturup mermiyi fırlatma işlemini gerçekleştirmektedir.



Şekil 16: Devre Şeması

Tristörümüzün gate ucunu tetiklemek için bir DC kaynak kullanıldı. Kaynak uçlarından alınan 6 VDC, tristörün gate ucunda 3 VDC oluşturmuştur. Kaynaktan çekilen akım 0.2 A civarlarında ölçülmüştür. Tristörümüzün datasheetine bakıldığında bu değerler artık tetikleme işlemi yapmak için yeterli değerlerdir.

Devremiz artık iki anahtarlamalı iki farklı devrenin birleştirilmesi olarak düşünülebilir. Birinci anahtarımızı kapadığımızda kapasitenin dolma işlemi gerçekleşiyor ve ikinci anahtarı kapadığımızda kapasitede yeterince depolanmış olan gerilim, çok düşük dirençlerle sınırlandırılmış olan (yaklaşık 1Ω dolaylarında çalışmak mümkündür) bobin üzerinden çok yüksek akım akıtarak selonoid içerisinde manyetik alanın oluşturacağı bir manyetik itme kuvvetiyle namlu içerisindeki manyetik özellikteki mermiyi fırlatacaktır.



Şekil 17: Tasarımın Gerçekleşmiş Hali

8. MERMİNİN TASARIMI

Mermi tasarımı yapılırken dikkate alınması gereken en önemli özellik kullanılan malzemenin manyetik yalıtkan mı, iyi bir manyetik iletken mi olduğudur.

Bilindiği gibi bir cismin manyetik alanda hareket edebilmesi için manyetik iletken olması gereklidir. Bunun yanında kullanılacak malzemenin ağırlığı da önem arz etmektedir. Fırlatılan malzeme ağır ise, tetikleme işlemi sonunda namludan çıktıktan sonra yerçekimine karşı çok fazla karşı koyamayıp kısa zamanda yere düşecektir.

Merminin uç kısmını sivirtmek havayı delip daha hızlı gitmesi adına yapılabilecek iyileştirmelerden bir diğeridir.



Şekil 18: Çelik Mermi

9. SONUÇLAR

Bu çalışmanın sonucu olarak aşağıdaki tespitler yapılmıştır;

Daha verimli bir sonuç için; bobin endüktansı, kondansatör kapasitesi, çalışma gerilimi ve akımı sınırlayan direnç değerleri en uygun değerlerde seçilmelidir.

Bobin sahip olacağı endüktans ile mermi bobin içinde olduğu sürece enerji olması, ancak bobin terk edilirken manyetik alan ortadan kalkması dikkate alınması gereken bir durumdur.

Hava boşluğu, dolayısı ile manyetik relüktans olabildiğince azaltılmalıdır.

Hava boşluğunu en aza indirmek için namlu et kalınlığı olabildiğince az olmalıdır.

Manyetik kaybı azaltmak için kullanılan boru ve rondelanın paketlenmiş ve manyetik geçirgenliği yüksek (bire yüzü yalıtkan) saç levhalardan olması son derece faydalıdır.

Mermi boyu, yüksek bir hız için manyetik kuvvetin etkisinde en fazla süreyle etkilenmesi gerektiğinden, bobin boyuna eşit olmalıdır.

Enerji kaybını önlemek için namlu olarak seçilen malzeme manyetik yalıtkan olmalıdır.

Sarılacak bobinin Q (kalite faktörü) değeri yüksek olmalıdır. Bunun için olabildiğince sıkı sarılmalı ve sargılar vernik gibi tutucu özelliği olan bir yapıştırıcı ile sabitlenmelidir.

10. ÖNERİLER

1. Kullanılacak kondansatörün gerilim değeri, güvenlik amaçlı, kondansatörü beslemeyi düşündüğümüz maksimum DC geriliminden yüksek olması gereklidir.
2. Tristörün üzerinden geçirebileceği maksimum anlık akım değeri, datasheetinden kontrol edilerek, farklı denemeler için yüksek seçilmesi gereklidir.
3. Direnç değerlerinin yanında, kullanılan dirençlerin güçlerinin yüksek olması ısınmaya sebebiyet vermemek adına gereklidir.
4. Mermi olarak seçilen malzemenin iyi bir manyetik iletken olması daha verimli olur.

11. KAYNAKLAR

- [1] LEVİ, E., HE, J. L., ZABAR, Z. “Guidelines For The Design Of Synchronouse-Type Coil-Guns” Polytechnic Universty, 333 Jay Street, Brooklyn, New York.
- [2] ANDREWS J. A. and DEVİNE J. R.; “Armature Design For Coaxial Induction Launchers”, Center for Electromechanics. The University of Texas at Austin 10100 Burnet Road, Bldg. 133 Austin. TX 78758-4497
- [3] T. L. Gilbert, ‘A phenomenological theory of damping in ferromagnetic materials,’ IEEE Trans. Magnetics, vol. 40, no. 6, Nov. 2004, pp. 3443-3448
- [4] B. Slade, ‘numerical modeling of a single stage ‘sucking coil’ mass accelerator,’ <http://users.skynet.be/Billspage/MassAccel2.pdf>.
- [5] Kaye, R.J., “ Design and Performance of Sandia’s contactless coilgun for 50 mm projectiles,” *IEEE Trans. on Mag.*, 29: 680-685 (1993).
- [6] Williamson, S., Horne C.D. and Haugh D.C., “Design of Pulsed Coil-Guns”, *IEEE Trans. on Mag.*, 31(1): 516-521 (1995).

12. ÖZGEÇMİŞ

Yusuf KILIÇ 1987’de Gebze’de doğdu. İlk ve orta öğrenimini Gebze’de Diler Demir ilköğretim Okulu’nda, lise öğrenimini yine Gebze’de Sarkuysan Lisesi’nde tamamladı. 2005 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü’nde Lisans Programı’na başladı. Yabancı dil olarak iyi derecede İngilizce bilmektedir.