



T.C.

KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ

Mühendislik Fakültesi

Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü

ELEKTRİKLİ BİSİKLET

Ersin ÖZLER

Semih ŞAHİN

Tahsin DENİZ

Burak KARAKAŞ

Öğr. Gör. Dr. Emre ÖZKOP

Mayıs 2013

TRABZON



T.C.

KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ

Mühendislik Fakültesi

Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü

ELEKTRİKLİ BİSİKLET

Ersin ÖZLER

Semih ŞAHİN

Tahsin DENİZ

Burak KARAKAŞ

Öğr. Gör. Dr. Emre ÖZKOP

Mayıs 2013

TRABZON

LİSANS BİTİRME PROJESİ ONAY FORMU

Ersin ÖZLER, Semih ŞAHİN, Tahsin DENİZ, Burak KARAKAŞ tarafından Öğr. Gör. Dr. Emre ÖZKOP yönetiminde hazırlanan “Elektrikli Bisiklet” başlıklı lisans bitirme projesi tarafımızdan incelenmiş, kapsamı ve niteliği açısından bir Lisans Bitirme Projesi olarak kabul edilmiştir.

Danışman : Öğr. Gör. Dr. Emre ÖZKOP

Jüri Üyesi 1 : Prof. Dr. İsmail H. ALTAŞ

Jüri Üyesi 2 : Prof. Dr. Cemil GÜRÜNLÜ

Bölüm Başkanı : Prof. Dr. İsmail H. ALTAŞ

ÖNSÖZ

Bu proje, KTÜ Mühendislik Fakültesi Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü'nde Bitirme Projesi kapsamında hazırlanmıştır. Bu çalışma, ulaşımda kullanılan taşıtların enerji ihtiyaçlarının farklı kaynaklardan teminini sağlamak amacıyla yapılmıştır.

Projenin gerçekleştirilme aşamasında ve izlenecek yollar konusunda bizden desteklerini esirgemeyen Sayın Öğr. Gör. Dr. Emre ÖZKOP'a, Öğr. Gör. Oğuzhan ÇAKIR'a ve Sayın Teknisyen Yüksel SALMAN'a sonsuz şükranlarımızı sunarız. Proje kapsamında yaptığımız deneysel çalışmalarda malzeme ve laboratuvar ihtiyacımızı karşılayan KTÜ Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölüm Başkanlığına, Mühendislik Fakültesi Dekanlığına ve KTÜ Rektörlüğüne teşekkürlerimizi sunarız. Ayrıca gerek lisans eğitimi süresince gerekse bitirme projesi aşamasında bizden maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen ailelerimize minnet duyarız.

Ersin ÖZLER

Semih ŞAHİN

Tahsin DENİZ

Burak KARAKAŞ

Trabzon, 2013

İÇİNDEKİLER

LİSANS BİTİRME PROJESİ ONAY FORMU	iii
ÖNSÖZ	iv
İÇİNDEKİLER	v
ÖZET	vii
SEMBOLLER VE KISALTMALAR.....	viii
ŞEKİLLER DİZİNİ	ix
ÇİZELGELER DİZİNİ	x
1. GİRİŞ.....	1
1.1. Elektrikli Araçlar.....	1
1.2. Elektrikli Bisiklet	2
2. PROJEDE KULLANILAN ELEMANLAR.....	4
2.1. Fırçasız Doğru Akım Motoru.....	4
2.1.1. Fırçasız Doğru Akım Motorunun Çalışma Esasları	5
2.1.2. Fırçasız Doğru Akım Motorlarının Yapısı	5
2.2. Kuru Tip Akümülatör.....	6
2.3. Sürücü ve Kontrol Devresi Elemanları	7
2.3.1. Güç Transistörleri	7
2.3.2. ML4425 Entegresi	9
2.3.3. OP-AMP	10
3. PROJE TASARIM ÇALIŞMALARI	11
3.1. Koruma Devreleri.....	11
3.1.1. Akım Koruma Devresi	11
3.1.2. Gerilim Koruma Devresi	11
3.2. Sürücü Devresi	12
3.3. Kontrol Devresi.....	13
3.4. Bisiklet Montaj Aşamaları	14
4. DENEYSEL ÇALIŞMALAR VE SONUÇLARI.....	17
4.1. Koruma Devreleri Deneyleleri.....	17
4.1.1. Akım Koruma Devresi Deneyi.....	17

4.1.2. Hız Geri Besleme Ayarı Devresi	18
4.1.3. Gerilim Koruma Devresi Deneyi.....	20
4.2. Sürücü Devresi Deneyi	21
4.3. Kontrol Devresi Deneyi	25
5. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRMELER	27
KAYNAKLAR	28
STANDART VE KISITLAR FORMU	29
EKLER.....	30
ÖZGEÇMİŞ	44

ÖZET

Konveksiyonel kaynakların sınırlı olması ve maliyetlerinin gün geçtikçe artmasından dolayı ulaşım için yeni çözümler üretilmeye başlanmıştır. Elektrik enerjisi hem üretilmesinin kolay olması hem de maliyetinin ucuz olmasından dolayı çağımızda ulaşım sektöründe alternatif bir kaynak olmuştur.

Elektrikli araç teknolojisi son yıllarda bu sektörde faaliyet gösteren kuruluşların araştırma ve geliştirme birimlerinden atölyelere doğru hareketini tamamlamıştır. Artık bu kuruluşlar elektrikli araçları tüketicinin ihtiyaçları doğrultusunda tasarlamaya başlamışlardır. Elektrikli bisiklet teknolojisi de bu kapsamda piyasaya sunulan elektrikli araçlar içerisinde kullanımı en hızlı yaygınlaşan teknolojidir.

Elektrikli bisiklet; elektrik motoru gücü ile hareket eden bir ulaşım aracıdır. Elektrik motoru, akümülatörden aldığı elektrik enerjisini mekanik enerjiye dönüştürerek bisiklete hareket kabiliyeti sağlar. Tasarladığımız proje de bu döngüde hazırlanmış olup sürücü ve kontrol devresi yardımıyla hareketi ve hızı isteklerimiz doğrultusunda denetlenebilmiştir.

SEMBOLLER VE KISALTMALAR

FDAM	Fırçasız Doğru Akım Motoru
DA	Doğru Akım
LPG	Sıvılaştırılmış Petrol Gazı
V	Gerilim
A	Akım
BJT	Çift kutuplu Jonksiyon Transistör
IGBT	Kapısı İzole Edilmiş Çift Kutuplu Transistör
MOSFET	Metal Oksit Yarı İletkenli Alan Etkili Transistör
KHz	Kilo Hertz
D	Kanal
S	Kaynak
PWM	Darbe Genlik Modülasyonu
OP-AMP	İşlemsel Yükselteç
+V _{cc}	Besleme Gerilimi
Kg	Kilogram
m	Mili
M	Mega
Km/s	Kilometre/saat

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1. Fırçasız doğru akım motorunun modeli.....	4
Şekil 2. IGBT ve MOSFET karşılaştırma grafiği [6].	8
Şekil 3. ML4425 entegresinin bacak diyagramı [7].	10
Şekil 4. Akım koruma devresi benzetimi.....	11
Şekil 5. Gerilim koruma devresi benzetimi	12
Şekil 6. Tek faz sürücü devresi benzetimi	13
Şekil 7. Kontrol devresi çizimi	14
Şekil 8. Bisiklet boyama aşamaları-1	15
Şekil 9. Bisiklet boyama aşamaları-2	16
Şekil 10. Bisikletin boyanmış hali	16
Şekil 11. Akım koruma devresi	17
Şekil 12. Hız geri besleme ayarı devresi.....	18
Şekil 13. Gerilim koruma devresi	20
Şekil 14. Sürücü devresi	21
Şekil 15. ML4425 entegresinin 2 numaralı bacağıının osiloskop görüntüsü.....	22
Şekil 16. ML4425 entegresinin 9 numaralı bacağıının osiloskop görüntüsü.....	22
Şekil 17. IR2181 entegresinin 2 numaralı bacağıının osiloskop görüntüsü.....	23
Şekil 18. IR2181 entegresinin 7 numaralı bacağıının osiloskop görüntüsü.....	23
Şekil 19. IR2181 entegresinin 1 numaralı bacağıının osiloskop görüntüsü.....	24
Şekil 20. IR2181 entegresinin 6 numaralı bacağıının osiloskop görüntüsü.....	24
Şekil 21. Kontrol devresi	25
Şekil 22. Kare dalga girişinin osiloskop görüntüsü	26
Şekil 23. V_{CO} bacağıının osiloskop görüntüsü	26

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 1. Çalışma takvimi	3
Çizelge 2. MOSFET ve IGBT karşılaştırması	8
Çizelge 3. Akım koruma devresi deneyi sonuçları	18
Çizelge 4. Hız geri besleme ayarı devresi deneyi sonuçları	19
Çizelge 5. Gerilim koruma devresi deneyi sonuçları.....	21

1. GİRİŞ

Dünyada enerji tüketimi sürekli olarak artmaktadır. Bazı enerji kaynaklarının giderek tükenmekte olması ve bunun sonucunda ortaya çıkan olumsuzluklar insanların yaşam kalitesini etkilemeye başlamıştır. Ya yeni enerji kaynakları bulunmalı ya da kullanılan enerji kaynaklarının tüketiminin azaltılması çözüm yolu olabilir. Enerji kaynaklarının düşüncesizce kullanılması; hava kirliliğinin artmasına, enerji fiyatlarının yükselmesine, savaşların çıkmasına ve dünya nüfusunun az bir kısmının enerjinin çoğunu tüketmesine sebep olmuştur.

Avrupa nüfusunun %70'inden fazlası kentsel alanlarda yaşamaktadır. Ulaşımdan kaynaklanan kirlilik, trafik gürültüsü gibi etkenler insan sağlığı açısından ciddi sorunlar oluşturmaktadır. Amerika ve Avrupa'da yapılan araştırmalara göre atmosfere salınan azot oksit ve karbon monoksit gazlarının insan sağlığına büyük zararlarının olduğu görülmüştür [1]. Artan taşıt sayısına bağlı olarak en basitinden bu sebep bile ulaşım ihtiyaçlarının farklı yollarla sağlanması için insanları araştırmaya sevk etmektedir.

1.1. Elektrikli Araçlar

Dünyada kullanılan enerjinin %80'inden fazlası fosil yakıtlardan(petrol, doğalgaz ve kömür) karşılanmaktadır. 2035 yılına kadar bu talebin %30 oranında artacağı tahmin edilmektedir. Bu bakımdan enerjinin, milletlerin stratejik gelişimi ve ülkelerin sahip olduğu jeopolitik durumları geliştirmesi sebebiyle önemi çok büyüktür. Bu sebeple sahip olunan enerji kaynaklarının yanında farklı temin yolları da elde edebilmek için yenilenebilir enerji kaynaklarının önemi her geçen gün artmaktadır [2].

Yenilenebilir enerji kullanımının örneklerini son zamanlarda taşıt teknolojilerinde sıkça görmekteyiz. Yakıt türlerinden bazıları; doğalgaz, LPG, biyogaz, etanol ve metanol, batarya, dimetil eter ve hidrojen olarak karşımıza çıkmaktadır.

Elektrikli araçların tarihi, içten yanmalı motorlu araçlara göre daha eskiye dayanır. 1830'lu yıllarda bulunan Faraday Kanunları ve DA motorunun keşfi elektrikli araçların başlangıcı olarak sayılabilir [1]. İçten yanmalı motorun 1885 yılındaki icadına kadar

elektrikli araçlardaki gelişim hızlı bir şekilde devam etmiştir [3]. Yalnız elektrikli araçların sahip olduğu üstünlüklerin sonucu olarak 1800'lü yılların sonu ve 1900'lü yılların başında da elektrikli araçlar sıkça üretilmeye ve kullanılmaya devam etmiştir. 1920'li yıllara kadar devam eden bu gelişim ve üretim süreci, bu yıllarda benzin fiyatlarının düşmesi sonucu tamamen durma noktasına gelmiştir [1]. O zamanki şartlarda belki de en az düşünülen sorunun çevre kirliliği sorunu olmasından dolayı benzinli araçlar dünyanın her yerinde tercih edilmiş ve kullanılmaya başlanmıştır. Elektrikli araçların kenara çekilme süresi soğuk savaş döneminde patlak veren enerji krizine kadar sürmüştür. Bu krizden sonra elektrikli araçlara olan ilgi tekrar açığa çıkmıştır.

Elektrikli araçlar; üç farklı türde karşımıza çıkmaktadır. Bunlar; hibrit, fişli hibrit ve tümüyle elektrikli(bataryalı) araçlardır [3]. Bataryalı elektrikli araçlar sadece şarj edilebilir bir bataryayı enerji kaynağı olarak kullanabilir. Güç aktarımı depolanan elektrik enerjisinin hareket enerjisine dönüştürülmesi ilkesine dayanır. Temeli elektrik enerjisinin üretilmesine dayanan bu araçlar hava kirliliği ve ulaşım sorunları gibi modern yaşamı tehdit eden unsurlar için bir kurtuluş reçetesi olabilmektedir. Bu araçların bakım gereksinimlerinin az olması, güvenilirliğinin yüksek olması ve yakıt maliyetinin diğer araçlara göre düşük olması gibi sebeplerden dolayı kullanım alanı genişlemektedir.

1.2. Elektrikli Bisiklet

Bataryalı elektrikli araçlardan biri elektrikli bisiklettir. Bisiklette bulunan elektrikli motor kullanıcıya ulaşım ihtiyacını gidermesi açısından cesaret verir. Normal bir bisikletle yapılan seyahatlerde büyük bir engel olarak görülen yokuş çıkma elektrikli bisikletle belli bir noktaya kadar indirilebilmesinden dolayı elektrikli bisikletle yapılan yolculukların süresi ve mesafesi de artmaktadır. Fiziksel olarak normal bir bisiklet kullanmaya elverişli olmadığını hisseden kişiler elektrikli bisikletin sağlamış olduğu avantajlardan dolayı elektrikli bisiklet kullanımına doğru yönelmektedir. Kalabalık ve ulaşım sorunlarının yaşandığı şehirlerde elektrikli bisiklet kullanmak, trafik sıkışıklığı, gürültü ve hava kirliliği gibi sorunları da bir nebze olsun aşağılara çekecektir. Elektrikli bisiklet kullanmanın amaçlarından bazıları; yerel hava kalitesini artırmak, gürültüyü azaltmak, sera gazı salınımını düşürmek ve erişebilirliği kolaylaştırmaktır [2]. Projemizi

hazırlarken izlemiş olduğumuz yol haritası ve zaman planlaması Çizelge 1' de belirtilmiştir.

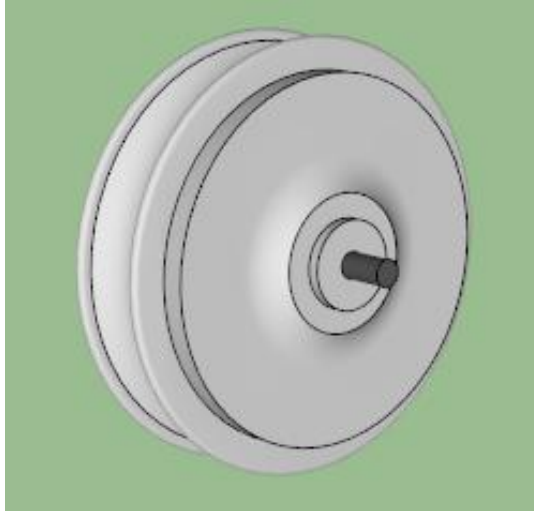
Çizelge 1. Çalışma takvimi

YAPILAN İŞLER	ŞUBAT 2013				MART 2013				NİSAN 2013				MAYIS 2013			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Literatür taraması ve gerekli konuların araştırılması																
Zaman planlaması ve alınacak malzemelerin tespiti																
Eksik malzemelerin siparişinin verilmesi																
Proje devrelerinin kurulması																
Proje deneylerinin yapılması																
Deney sonuçlarının değerlendirilmesi																
Montaj işlemlerinin tamamlanması																
Tez yazımı, kontrolü ve tezin teslimi																

2. PROJEDE KULLANILAN ELEMANLAR

2.1. Fırçasız Doğru Akım Motoru

Fırçasız doğru akım motorları; doğru akım servo motorlarına yakın bir performansa ulaşılabilmesi için fırça ve komütatör takımının mekanik sınırlamalarını yok etmek düşüncesiyle komütasyon görevini elektronik olarak yapabilmesi prensibine uygun olarak tasarlanmaktadır [4]. Projemizde kullanılan fırçasız doğru akım motorunun modeli Şekil 1’de verilmiştir.



Şekil 1. Fırçasız doğru akım motorunun modeli

Avantajları:

- ❖ Yüksek verime sahiptir.
- ❖ Yüksek moment/hacim oranı vardır.
- ❖ Doğrusal moment/hız ilişkisi vardır.
- ❖ Daha az bakım gerektirir.
- ❖ Ömrü oldukça uzundur.
- ❖ Elektriksel gürültüsü düşüktür [4].

Dezavantajları:

- ❖ Rotor mıknatısları maliyeti arttırır.
- ❖ Harici güç elektroniği devresi gerektirir.
- ❖ Rotor konum bilgisinin algılanması gerekmektedir.
- ❖ Kurulum maliyeti yüksektir.
- ❖ Denetimleri karışık ve pahalıdır [4].

2.1.1. Fırçasız Doğru Akım Motorunun Çalışma Esasları

Fırçasız doğru akım motorlarının çalışma esaslarının anlaşılması bir sürücü devresi yardımıyla daha kolay olmaktadır. Sürücü devresinde kullanılan 6 adet transistör yardımı ile motorun farklı fazları enerjilendirilip motorun sürülmesi sağlanmaktadır. Motor çalışır vaziyette iken 6 transistörden biri yüksek biri düşük taraf transistörü olur ve yalnızca bu ikisi aynı anda aktif olurlar.

2.1.2. Fırçasız Doğru Akım Motorlarının Yapısı

Fırçasız doğru akım motorları klasik doğru akım motorlarının performansına yakındırlar. Yapılarında; stator, rotor, sürücü devresi ve rotor konum algılayıcı düzenek bulunur. Sürücü ve konum algılayıcı devreler motorun üzerinde bulunmayabilir. Ancak motor bu devreler olmadan doğru akım güç kaynağından beslenip çalıştırılmaz.

2.1.2.1. Stator

Stator; makinenin sabit kısmıdır. Paketlenmiş saç nüvelerden ve bu saç nüvelere sarılan sargılardan oluşmaktadır.

2.1.2.1.1. Saçlar

Saçlar, diğer makinelerde oluşu gibi birer yüzeyi silisli olup oluklu yapıdadırlar. Saçların kalınlığı; kayıplara, maliyete ve gerilimin frekansına bağlıdır. Paketlenen saçların uzunluğu makinenin boyutunu belirleyen önemli bir konudur [4].

2.1.2.1.2. Sargılar

Sargılar genellikle çift katmanlı ve paralel sarım iken tek katmanlı toplu sarım da uygulamalarda karşılaşılan bir türdür. Sargılar öncelikle tek tek kendi aralarında bağlanıp bir faz grubu oluştururlar. Bu faz grupları da kendi aralarında seri ya da paralel bağlanarak yıldız, üçgen, zikzak, iki faz veya tek faz sargılarını oluştururlar. Sargılar, faz oyukları ve faz grupların harici bölgelerde yalıtım işlemine tabii tutulurlar. Yalıtımın daha sağlam olması için oyuklardaki teller verniklenip fırınlanır.

Fırçasız doğru akım motorunda sargıların statörde bulunmasının sebepleri vardır. Öncelikli sebep, sargılarda oluşacak olan ısınmanın stator gövdesinden dışarıyla temas yoluyla azaltılmasını sağlayarak motorun soğumasının kolaylaştırılmasıdır. Böylece hem makinenin ömrü artmış olur hem de yüksek hızlarda mekanik sorunlarla karşılaşılması durumundan kurtulmuş olunur [4].

2.1.2.2. Rotor

Motorun uyarım akısını rotorda bulunan kalıcı mıknatıslar oluşturmaktadır. Kalıcı mıknatısın mıknatısiyet özelliğinin yanında, giderici kuvvet özelliğinin de bulunması gerekmektedir.

2.1.2.3. Hava Aralığı

Stator ve rotor arsında kalan kısım hava aralığı olarak isimlendirilir. Elektrik makinelerinde önemli bir etkidir. Hava aralığının makine üzerine etkileri mevcuttur.

2.2. Kuru Tip Akümülatör

DA elektrik enerjisini, kimyasal enerjiye dönüştürerek depolayan ve daha sonra ihtiyaç duyulduğunda tekrar bu kimyasal enerjiyi elektrik enerjisine dönüştüren elemana akümülatör denir. Farklı tiplerde akümülatör çeşitleri mevcuttur. Projemizde kullandığımız akümülatör tipi kuru tiptir. Bunun nedeni Lityum iyon ve jel tip akülere göre maliyetinin düşük olmasıdır. Motorumuzu besleyebilmek için 12 V 17 Amper-saatlik 2 adet kuru tip akümülatör kullanılmıştır.

Kuru tip akümülatörler içerlerinde su ve asit gibi sıvılar barındırmayan akümülatör tipleridir. Bu tip akümülatörler sabit elektrolite sahip olduklarından dolayı delinme veya kırılmaya maruz kalmalarında bile sızıntıya sebep olmadıkları için güvenilirlerdir.

2.3. Sürücü ve Kontrol Devresi Elemanları

2.3.1. Güç Transistörleri

Güç transistörleri; yarı iletken devre elemanlarıdır. Güç transistörleri kontrol ve kumanda devrelerinin en önemli elemanlarıdır. Diğer devre elemanlarına göre daha pahalıdır. Farklı çeşitlerde güç transistörleri vardır. Bunlar; IGBT, BJT ve MOSFET'tir. Projemizde bu güç transistörlerinden BJT ve MOSFET kullanılmıştır.

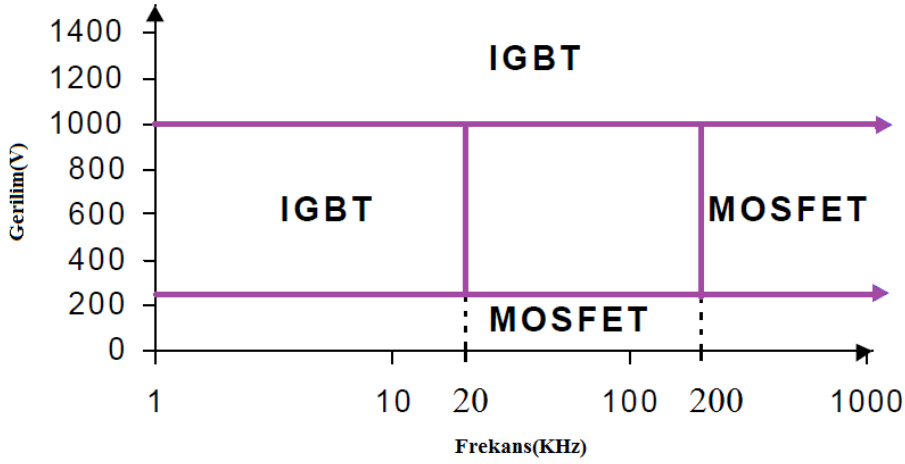
2.3.1.1. MOSFET

Metal oksit yarı iletken alan etkili transistör, MOSFET adıyla adlandırılır. 3 terminali vardır. Bunlar; kapı(Gate), kanal(Drain) ve kaynak(Source) uçlarıdır. Bu transistörlerde bir elektrik alan yardımı ile akım kontrol edilir. D-S arası akımı kapı voltajı ile kontrol edilir.

MOSFET aşağıdaki durumlar söz konusu olduğunda tercih edilir:

- Yüksek frekans uygulamaları (>200 KHz)
- Düşük voltaj uygulamaları (<250 V)
- 500 W'dan küçük çıkış gücü[5].

Şekil 2 ve Çizelge 2'deki IGBT – MOSFET karşılaştırmaları ve fiyat analizleri sonuçlarına dayanarak anahtarlama elemanı olarak MOSFET tercih edilmiştir.



Şekil 2. IGBT ve MOSFET karşılaştırma grafiği[6].

Çizelge 2. MOSFET ve IGBT karşılaştırması[6].

MAKSİMUM DEĞERLERİ	MOSFET	IGBT
GERİLİM	1000V	4500V
AKIM	150A	1200A
ANAHTARLAMA FREKANSI	200Hz	20 KHz
KAPI KONTROLÜ	Gerilim	Gerilim

2.3.1.2. BJT

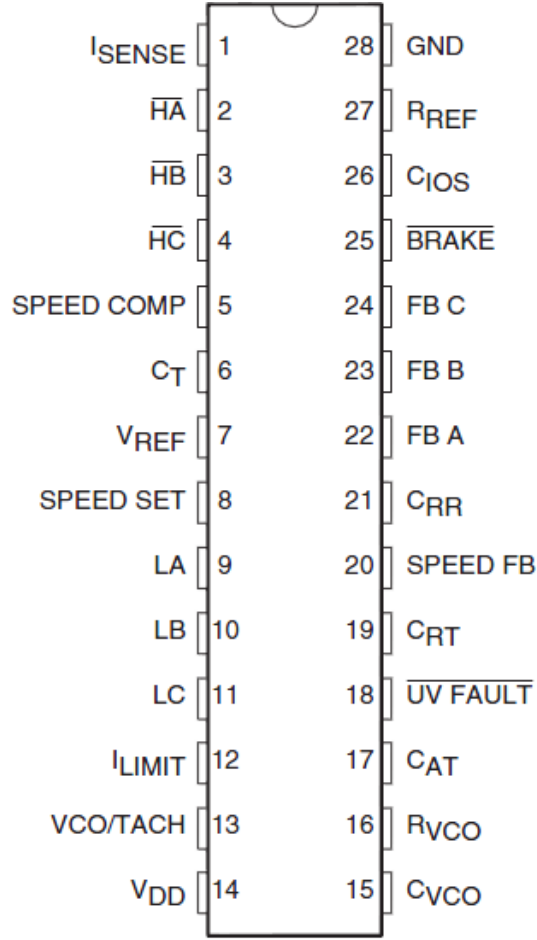
Bipolar jonksiyon transistör, BJT olarak adlandırılır. Transistörler girişine uygulanan sinyalle gerilim ve akım kazancı sağlayan, bazı devrelerde ise anahtarlama elemanı olarak kullanılan bir devre elemanıdır. 2 farklı yapıda transistör çeşidi vardır. Bunlar PNP ve NPN'dir. Transistör 3 terminalli bir devre elemanıdır. Bu terminaller baz, kollektör ve emiter uçlarıdır. Aktif, doyum ve kesim modları vardır. Baz gerilimin tetiklenmesiyle ilettime geçer.

2.3.2. ML4425 Entegresi

ML4425 entegresi; fırçasız doğru akım motoruyla tasarlanan devrelerde motor hız kontrolünü yapmaya yarayan bir entegredir. ML4425; yıldız veya üçgen bağlı Hall sensörü bulunmayan FDAM(Fırçasız doğru akım motoru)'ların yol vermesinde ve hız kontrollerinde PWM destekli kontrolü sağlayan entegredir. Bu entegre PWM kontrol çevriminin zaman sabitini kullanarak akım sınırlar. Hız çevrimi kontrolü entegre içine yerleşik bir OP-AMP'lı yükselteç tarafından sağlanır. 28 bacağı olan bu entegre şu özelliklere sahiptir:

- ❖ Bağımsız çalışma
- ❖ Motor çalıştırma ve durdurma
- ❖ 3 çalışma durumu (hızlı, rampa ve hız ayarı modları)
- ❖ Maksimum verimlilikte PWM kontrolü [5].

ML4425 entegresinin bacak yerleşimi Şekil 3'te gösterildiği gibidir.



Şekil 3. ML4425 entegresinin bacak diyagramı [7].

ML4425 entegresinin bacaklarının görevleri EK 2’de verilmiştir.

2.3.3. OP-AMP

OP-AMP kazancı çok yüksek olan bir DA yükselteç çeşididir. İki giriş ucu, bir çıkış ucu ve iki gerilim besleme ucu bulunan bir entegre olarak düşünülebilir. En önemli özellikleri; kazancının çok yüksek olması, giriş empedansının çok büyük olması, çıkış empedansının çok küçük olması ve bant genişliğinin büyük olmasıdır.

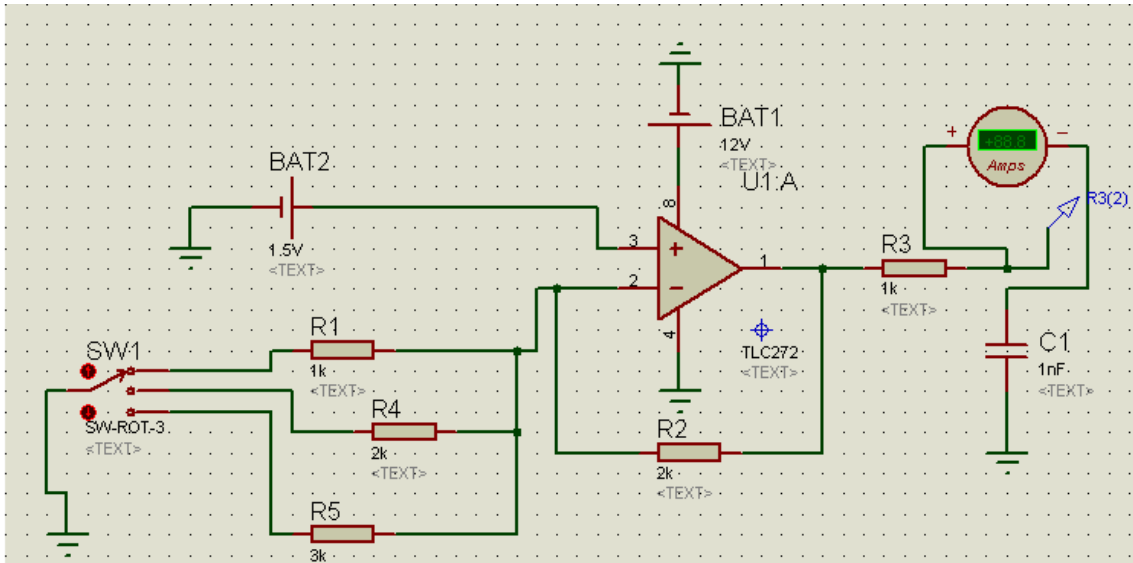
Devremizde TLC272 entegresi kullanılmıştır. Bu entegrede tek kaynak girişi mevcuttur. Gürültüsü düşüktür. Çıkış gerilim aralığı negatif aralığı içerir [8].

3. PROJE TASARIM ÇALIŞMALARI

3.1. Koruma Devreleri

3.1.1. Akım Koruma Devresi

Akım sınırlama devresinde giriş gerilimi değiştirilerek TLC272 entegresinin çıkışındaki akım gerilim cinsinden okunur. Akım sınırlama devresinin çıkışı ML4425 entegresinin I_{LIMIT} bacağına bağlanır. TLC272 entegresinin çıkışında en fazla görülebilecek gerilim değeri $+V_{CC}$ olacağından motorun aşırı akım çekmesi önlenir. Böylelikle akım sınırlanarak motor hız kontrolü sağlanmış olur. Akım sınırlama devresine ait benzetim Şekil 4’de verilmiştir.

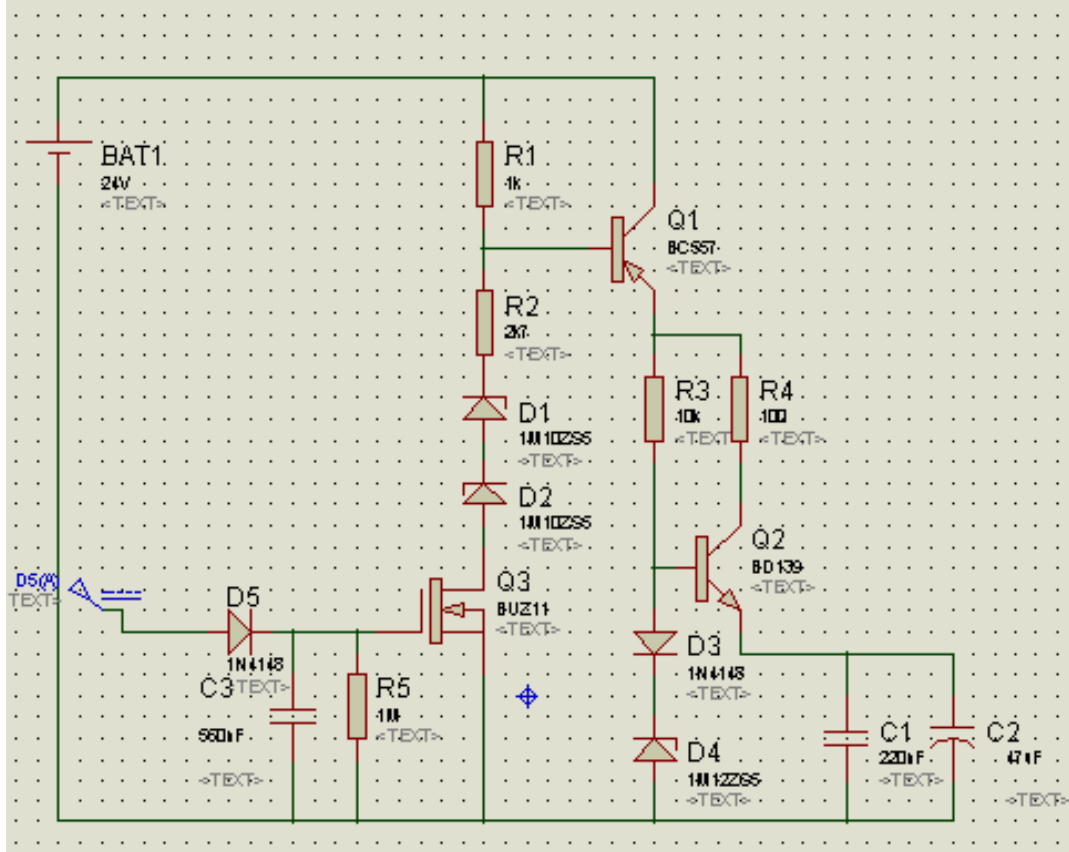


Şekil 4. Akım koruma devresi benzetimi

3.1.2. Gerilim Koruma Devresi

Gerilim koruma devresi; aşırı gerilim ve düşük gerilimlere karşı projeyi korumak için tasarlanan devredir. Giriş gerilimi transistörü ilettime sokamayacak kadar küçük

olduğunda devrenin transistör bulunan kısmı açık devre olur ve çalışmaz. Bu durumda devre, R_1 direnci, R_2 direnci ve Q_3 MOSFET'i üzerinden tamamlanır. Bunun sonucunda çıkışta gerilim gözlenmez. Aşırı bir gerilim gelmesi durumunda ise devrede bulunan zener diyotlar sayesinde gerilim iki kademeli olarak 12 V'ye düşürülür ve sabitlenir. Gerilim koruma devresine ait benzetim Şekil 5'te verilmiştir.

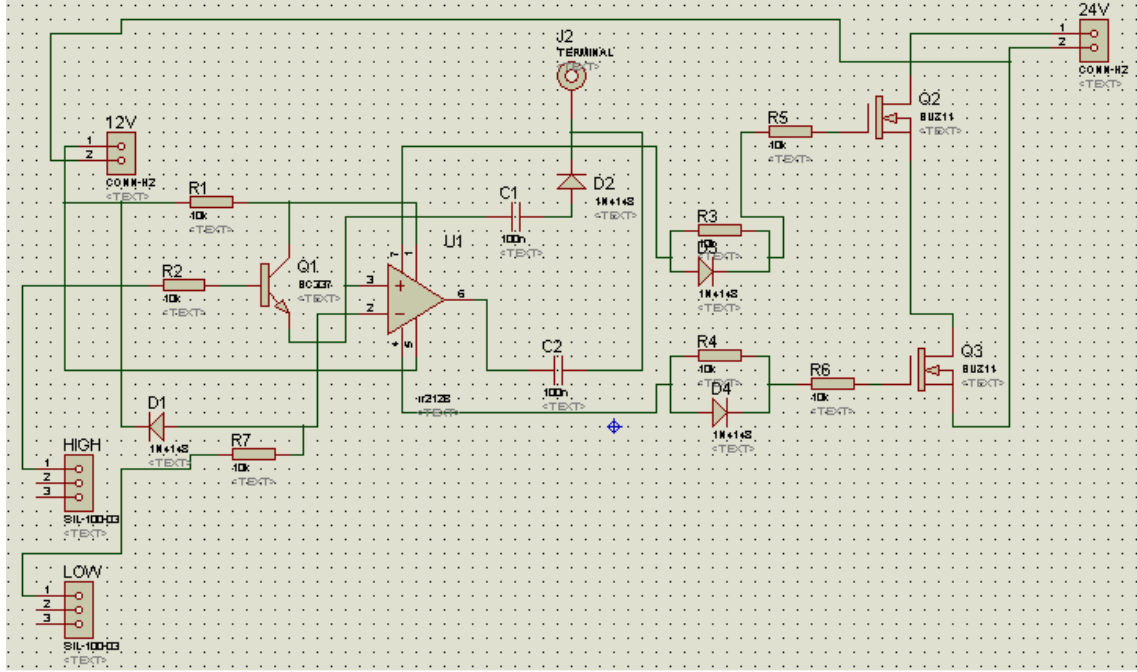


Şekil 5. Gerilim koruma devresi benzetimi

3.2. Sürücü Devresi

ML4425 entegresinin yüksek bacağından gelen kare dalga sinyali ile Q1 transistörü tetiklenir. IR2181 MOSFET kapı sürücüsü entegresi ile de Q2 ve Q3 MOSFET'lerinin kapı girişleri tetiklenir. Böylece fazın enerjilenmesi için gerekli sinyal elde edilmiş olur.

Devrede 3 ayrı faz bulunmaktadır. Bu fazlar arasında 120 derece faz farkı mevcuttur. Bu devre sadece tek faz için çizilmiştir. Diğer iki faz için de aynı koşullar geçerlidir. Tek faz sürücü devresine ait benzetim Şekil 6'da verilmiştir.



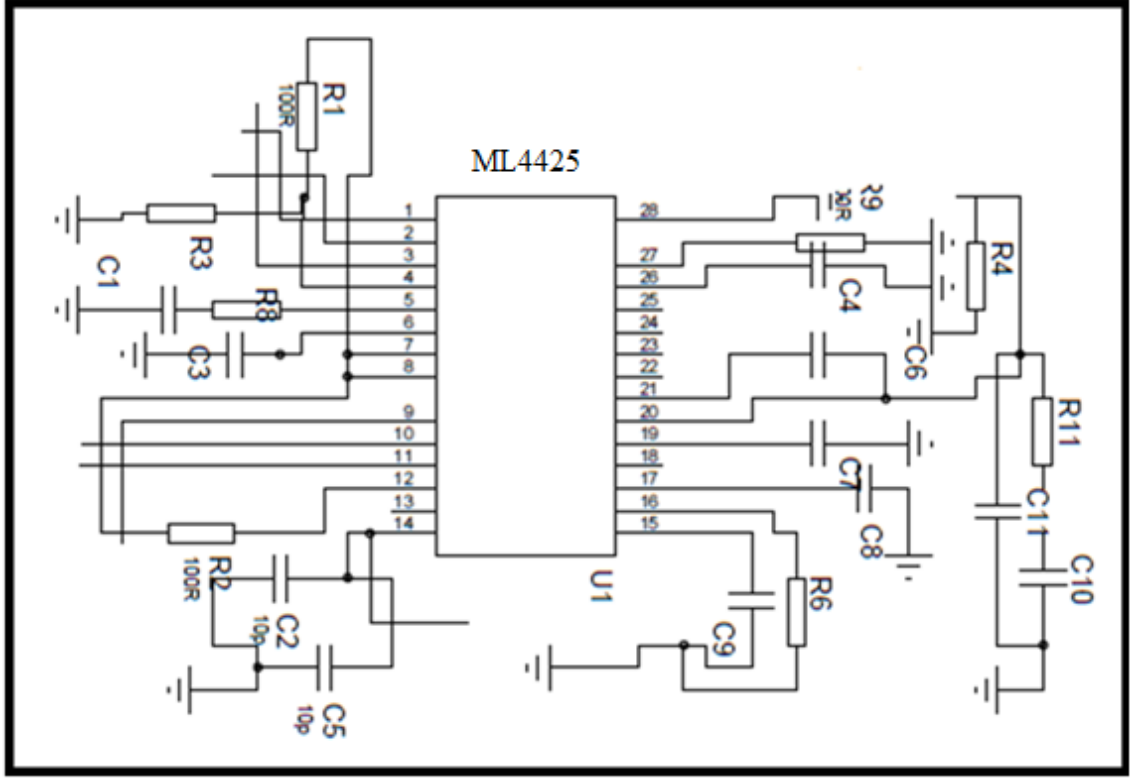
Şekil 6. Tek faz sürücü devresi benzetimi

3.3. Kontrol Devresi

Projede kontrolü sağlayan entegre ML4425 entegresidir. 28 bacaklı olan bu entegre 3 düşük, 3 yüksek çıkış ve 3 geri besleme girişine sahiptir. FDAM'dan alınan geri besleme ML4425 entegresinin geri besleme bacaklarına(22, 23, 24 numaralı bacaklar) gelerek motorun frekansını ve konumunu algılamasını sağlar. ML4425 entegresi böylece motorun konumunu algılar ve devreye girer. Entegrenin devreye girmesiyle motor yol almaya başlar ve yavaş yavaş hızlanır. Daha sonra 2, 3, 4 numaralı bacaklar olan yüksek çıkışlar ve 9, 10, 11 numaralı düşük çıkışlar aktif hale gelir. Bu bacaklardan çıkan kare dalga sinyali sürücü katında bulunan MOSFET sürücüsü IR2181 entegresinin bacaklarına gider. Böylelikle sürücü kısmı da aktif hale gelir.

Motor frenlemesi; entegrenin **BRAKE**(25 numaralı bacak) ucundan sağlanır. Motor aşırı hızlanmaya karşı ani frenleme yapmak için enerjisiz bırakılır.

Kontrol devresine ait çizim Şekil 7'de verilmiştir.



Şekil 7. Kontrol devresi çizimi

Kontrol ve sürücü devresinin tamamı yukarıda ayrı ayrı verilen devrelerin birleştirilmesiyle elde edilmiştir. Tüm devrenin çizimi EK 3'te verilmiştir.

3.4. Bisiklet Montaj Aşamaları

Projede kullanılan bisikletin seçimi en az diğer elemanların seçimi kadar önemlidir. Kullanılan bisikletin projeye uygun olması kadar, tasarıma da açık olması seçim aşamasında göz önünde bulundurulmuştur.

Kullanılan bisikletin alınmasından sonra üzerinde bazı çalışmalar yapılmıştır. İlk olarak FDAM'ın bisikletin arka tekerleğinin çarkına montajı için jant tellerinin motorun montajına uygunluğu kontrol edildi. Bu kontrol sonucunda çelik jant teli kullanımının uygun olduğu görüldü ve mevcut jant telleri çelik jant telleri ile değiştirildi. Bu süreçte jant telleri motorla jant arasına denk gelecek ölçüde kesilip ayarlandı. Sonra tek tek teller janta dizilip sıkıştırılma işlemi bittikten sonra akort işlemi yapıldı. Akort işlemi tamamlandıktan sonra bisiklete binilmeden yüksüz durumda motorun karakteristiklerinin daha iyi incelenebilmesi için arka tekerleri havada tutabilecek bir kasnak yaptırıldı.

Bisiklet üzerinde yüksüz durumda yapılan testler bittikten sonra yapılan elektrikli bisikletin daha dikkat çekici olması maksadıyla görsellik açısından dikkat çekici renk tercihleri yapılarak bisiklet boyandı. Boyama işlemi aşamaları Şekil 8 ve Şekil 9’da gösterilmiştir. Bisikletin tamamen boyanmış hali ise Şekil 10’da gösterilmiştir.



Şekil 8. Bisiklet boyama aşamaları-1



Şekil 9. Bisiklet boyama aşamaları-2

Test sürüşleri yapıldıktan sonra bisikletin arkasına sepet takılarak bu sepetin üzerine 2 adet akümülatör ve kontrol devresinin yerleştirilmesi için bir düzenek yapıldı.

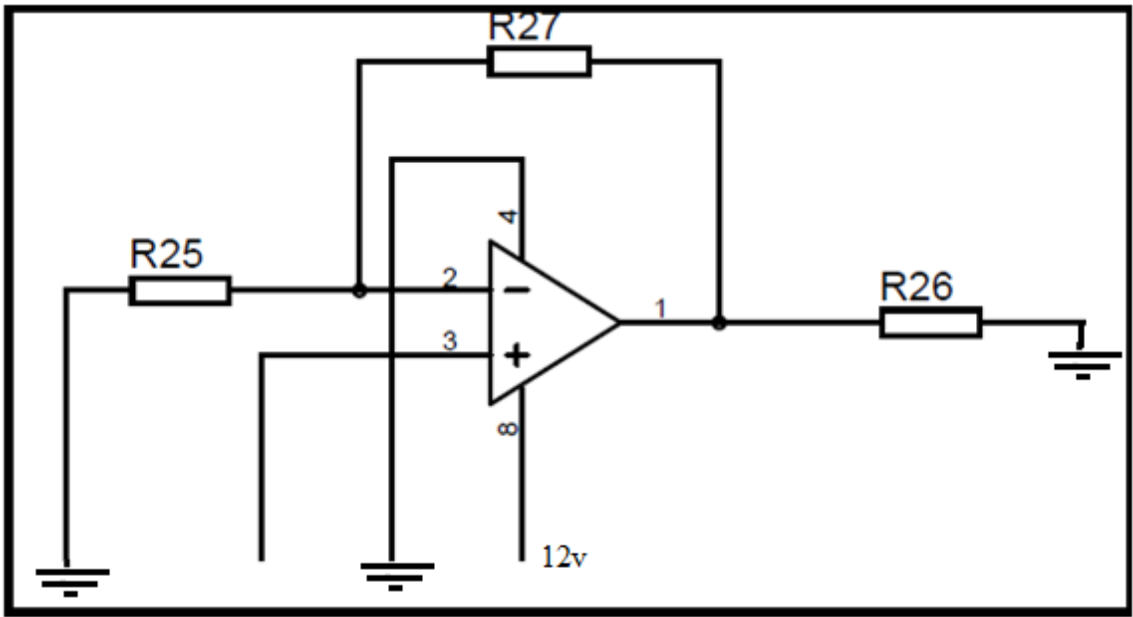


Şekil 10. Bisikletin boyanmış hali

4. DENEYSEL ÇALIŞMALAR VE SONUÇLARI

4.1. Koruma Devreleri Deneyleri

4.1.1. Akım Koruma Devresi Deneyi



Şekil 11. Akım koruma devresi

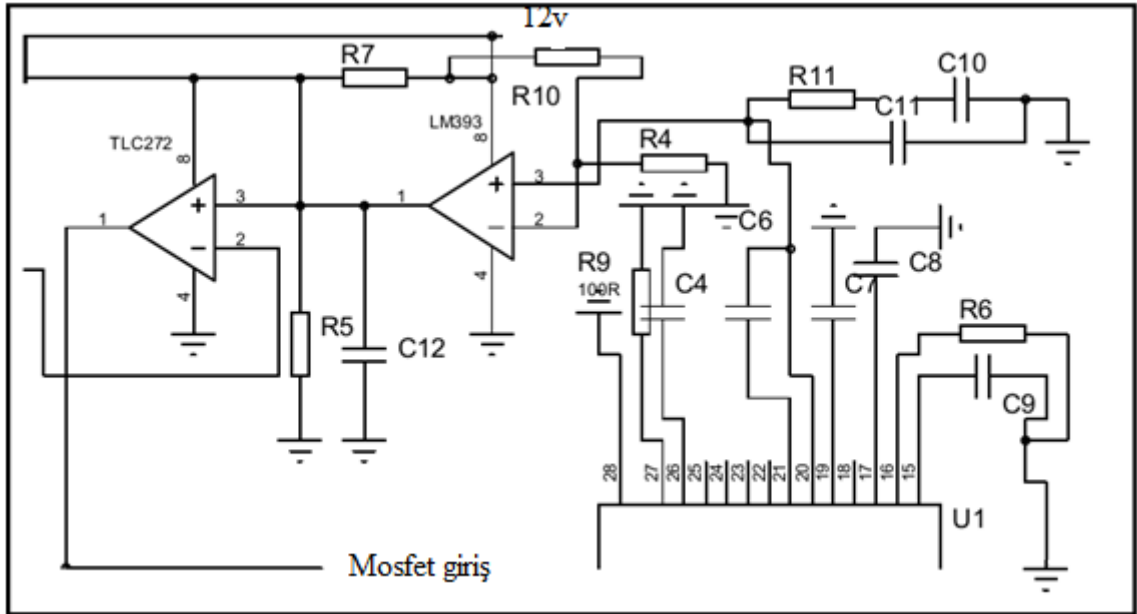
Şekil 11'deki akım koruma devresinin 2 numaralı bacağı toprağa çekilir. 3 numaralı bacağı fazdan direnç ile birlikte bağlantı yapılır. Elde edilen gerilim değeri işlemsel yükselteç ile yükseltilerek Şekil 12'deki hız geri besleme devresine gider. Böylelikle eğer fazdan fazla bir akım çekilecek olursa Şekil 12'deki hız geri besleme devresinin 2 numaralı bacağı yükselerek çıkışı düşük seviyeye çeker ve devreyi kapatır.

Şekil 11'deki akım koruma devresinde giriş gerilimi değiştirilerek çıkış gerilim değerinin bu değere orantılı bir şekilde değişip değişmediği gözlemlendi ve Çizelge 3'e kaydedildi.

Çizelge 3. Akım koruma devresi deneyi sonuçları

GERİLİM-GERİLİM KARŞILAŞTIRMA			AKIM-GERİLİM KARŞILAŞTIRMA	
Giriş Gerilimi	Çıkış Gerilimi	Yükseltme Oranı	Akım	Çıkış Gerilimi
2 V	3.9 V	2 KAT	1 A	23 mV
3 V	5.87 V	2 KAT	2 A	46 mV
7 V	11.15 V	2 KAT	0.5 A	11.5 mV

4.1.2. Hız Geri Besleme Ayarı Devresi



Şekil 12. Hız geri besleme ayarı devresi

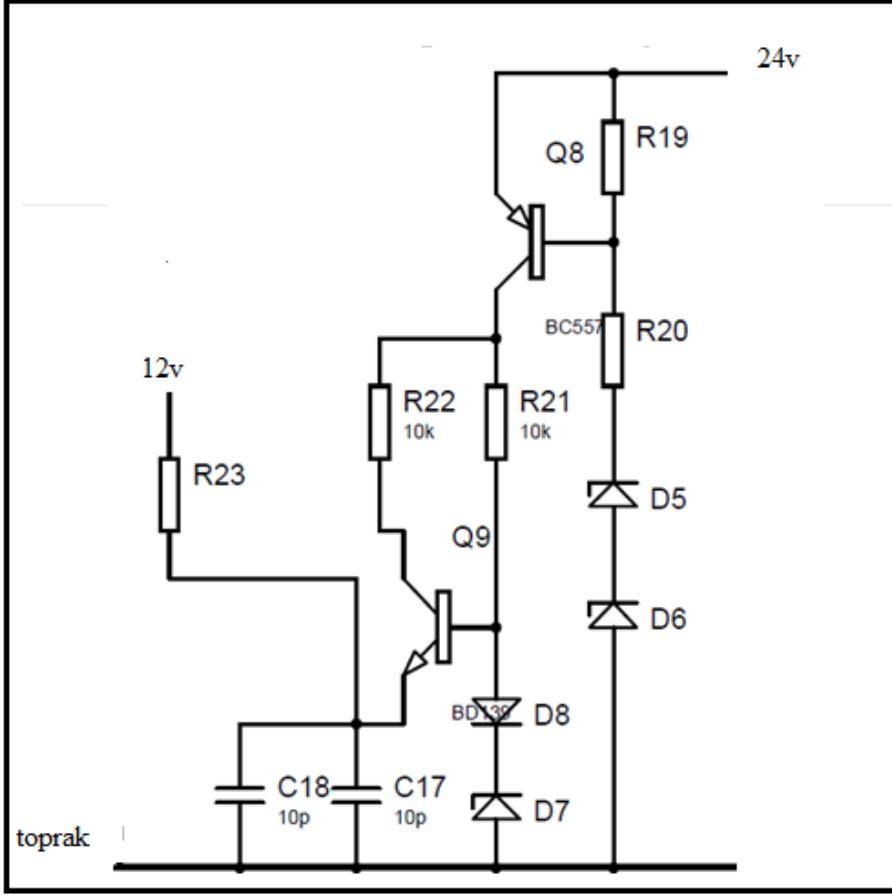
ML4425 entegresinin kalkış anında yaşanan gürültüden dolayı rotor konumlarını takip etmesi zorlaşmaktadır. Kendimiz motora biraz dönme verdikten sonra ML4425 entegresinin rotor konumlarını algılaması daha kolaylaşır. Bu yüzden Şekil 12'deki hız geri besleme ayar devresi kurulmuştur. Hız geri besleme gerilimimiz rotor pozisyonunu takip edecek seviyeye geldiği zaman Şekil 12'deki hız geri besleme devresi çıkışını aktif seviye yapar ve MOSFET'leri tetikleyerek ML4425 entegresinin motorun rotor konumunu algılamasını sağlar. Algılama işleminden sonra motorun ve devrenin frekansı birbirini yakalar. Bu işlemlerle motora yol verilmiş olur.

Şekil 12'deki hız geri besleme ayarı devresinde 2 numaralı bacak 3 numaralı bacadan yüksek seviyede iken OP-AMP çıkışının düşük seviye, 3 numaralı bacak 2 numaralı bacadan büyükken ise çıkışın yüksek seviye olup olmadığına bakıldı ve bu gözlemlerin sonucu Çizelge 4'e kaydedildi.

Çizelge 4. Hız geri besleme ayarı devresi deneyi sonuçları

2 NUMARALI BACAK	3 NUMARALI BACAK	1 NUMARALI BACAK
5 V	8V	11.2 V
4 V	2 V	2.1 V

4.1.3. Gerilim Koruma Devresi Deneyi



Şekil 13. Gerilim koruma devresi

Devre 2 adet 12 V'lık seri olarak bağlanmış akümülatörler tarafından beslenmektedir. Devrenin zayıf akım katlarında besleme gerilimi olarak 12 V'lık gerilime ihtiyaç vardır. Bu gerilim değeri Şekil 13'te gösterilen gerilim koruma devresinden sağlanır. Ayrıca devreye gelen gerilimin değeri istenen değerden düşük olması durumunda transistörler iletme geçmez ve ana devre beslenemez. Böylelikle devre düşük gerilimden korunmuş olur. Yüksek bir gerilim değeri geldiğinde ise 12 V'lık zener diyotlar sayesinde devre çıkışı 12 V'lık besleme gerilimine sabitlenmiş olur. Böylece yüksek gerilimden de koruma sağlanmış olur.

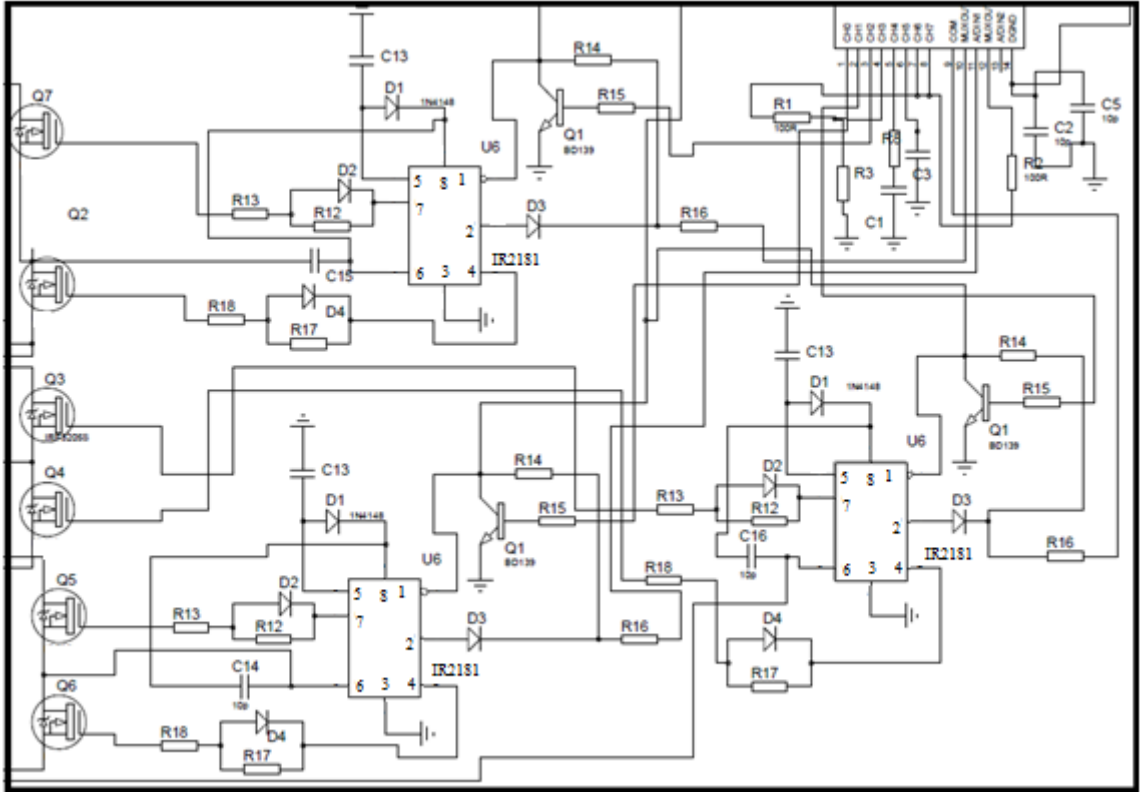
Şekil 13'te gösterilen gerilim koruma devresinde giriş gerilim değeri değiştirilerek çıkış gerilim değerini gözlemlendi. Ayrıca 24 V'den yüksek bir giriş gerilimi verildiğinde

çıkışın 12 V’de sabitlenip sabitlenmediği kontrol edildi. Girişe düşük bir gerilim değeri uygulandığında çıkışın düşük seviyede bir gerilim değerine sahip olup olmadığına bakıldı ve bu sonuçlar Çizelge 5’e kaydedildi.

Çizelge 5. Gerilim koruma devresi deneyi sonuçları

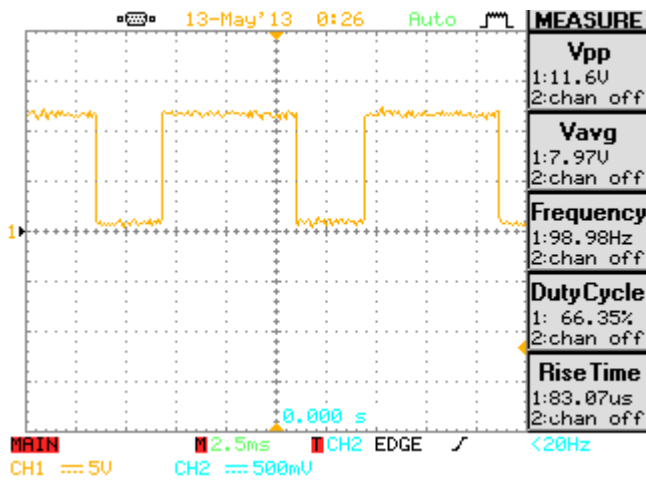
	GİRİŞ GERİLİMİ	ÇIKIŞ GERİLİMİ
1	24 V	12.2 V
2	30 V	12.6 V
3	10 V	4.2 V

4.2. Sürücü Devresi Deneyi

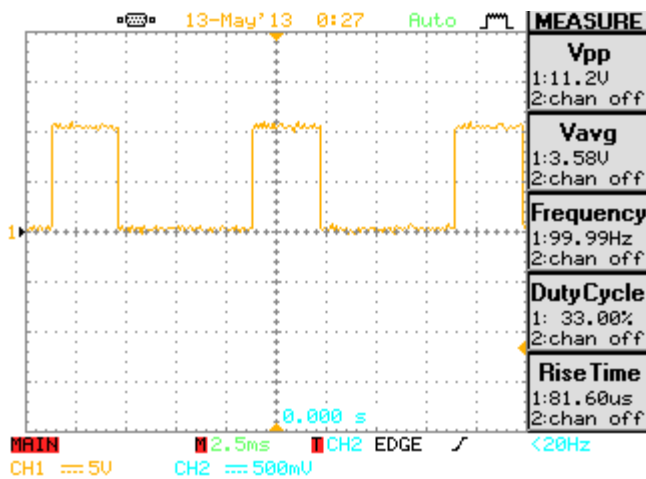


Şekil 14. Sürücü devresi

Hız geri besleme devresinin çıkışı aktif olduğu zaman Şekil 14’teki sürücü devresi Q1 transistörünü ilettime geçirir ve IR2181 MOSFET kapı sürücüsü entegresi MOSFET’leri tetiklemeye başlar. Bu MOSFET’ler ayrı ayrı ilettime geçerek motorun fazlarını enerjilendirir ve motora dönme hareketi sağlar. Sürücü devresinin çalışabilmesi için ML4425 entegresinin 2, 3, 4 numaralı yüksek bacakları ve 9, 10, 11 numaralı düşük bacakları aktif halde olmalıdır. Bu bacaklara ait osiloskop görüntüleri Şekil 15 ve Şekil 16’da verilmiştir.



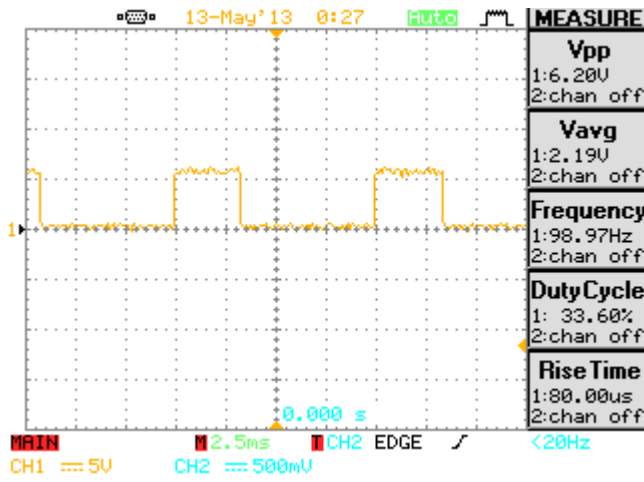
Şekil 15. ML4425 entegresinin 2 numaralı bacağına ait osiloskop görüntüsü



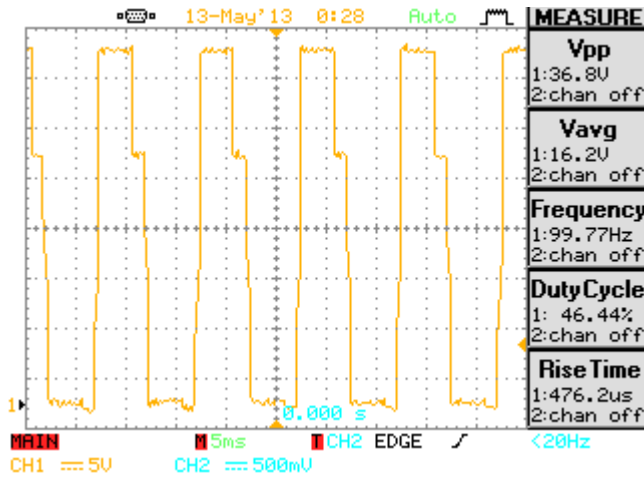
Şekil 16. ML4425 entegresinin 9 numaralı bacağına ait osiloskop görüntüsü

Şekil 15 ve Şekil 16’da verilen osiloskop görüntülerinden ML4425 entegresinin yüksek ve düşük bacalarına kare dalga sinyali geldiği gözlemlenmiştir. Bu gözlemler tek faz için yapılmıştır. Diğer yüksek ve düşük bacalarda da aynı sinyaller mevcuttur.

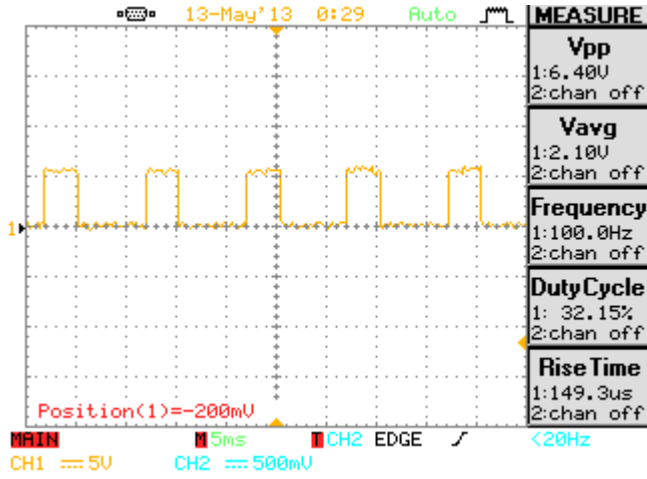
Sürücü katına giden sinyaller yardımıyla aktif hale gelen Şekil 14’teki sürücü devresinde IR2181 entegresinin bacalarında da kare dalga sinyali gözlemlenmiştir. Bu gözlemler sonucu elde edilen osiloskop görüntüleri Şekil 17, Şekil 18, Şekil 19 ve Şekil 20’de verilmiştir.



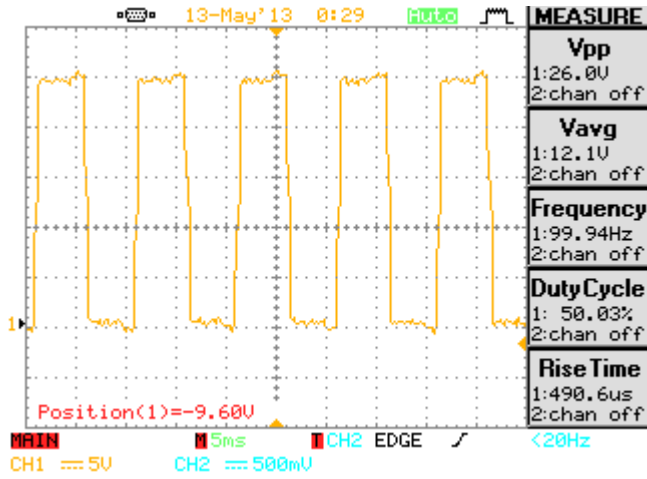
Şekil 17. IR2181 entegresinin 2 numaralı bacağına osiloskop görüntüsü



Şekil 18. IR2181 entegresinin 7 numaralı bacağına osiloskop görüntüsü

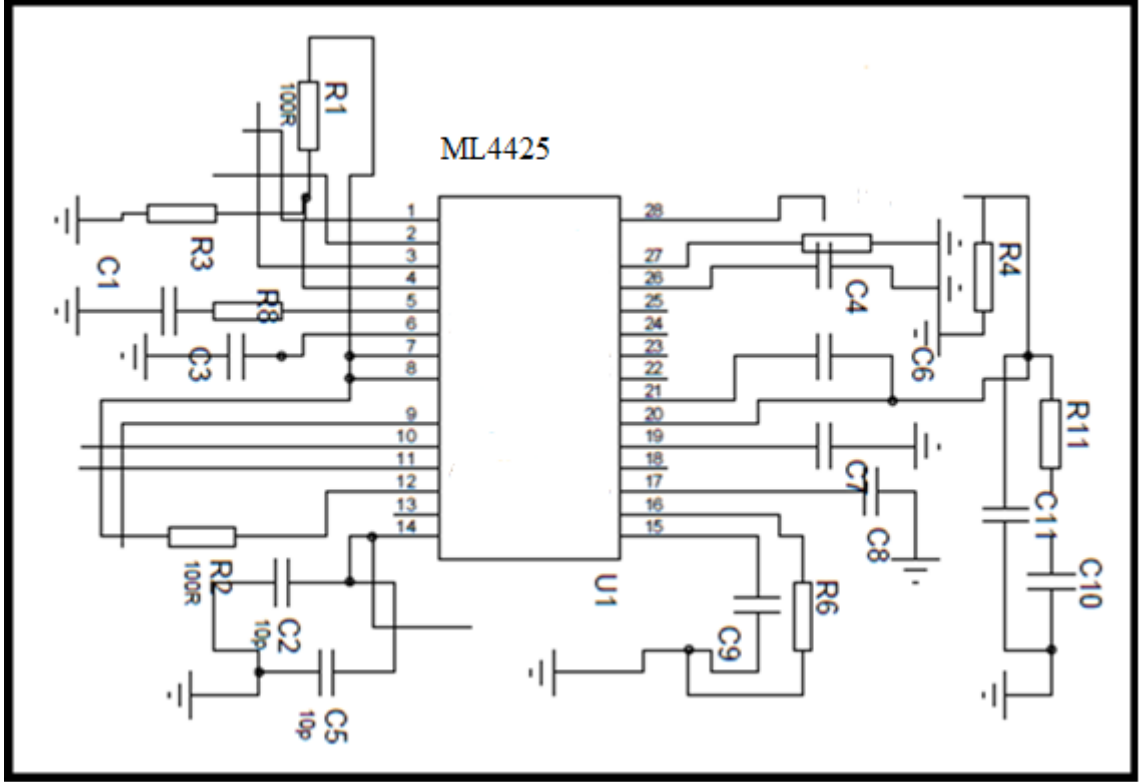


Şekil 19. IR2181 entegresinin 1 numaralı bacağıının osiloskop görüntüsü



Şekil 20. IR2181 entegresinin 6 numaralı bacağıının osiloskop görüntüsü

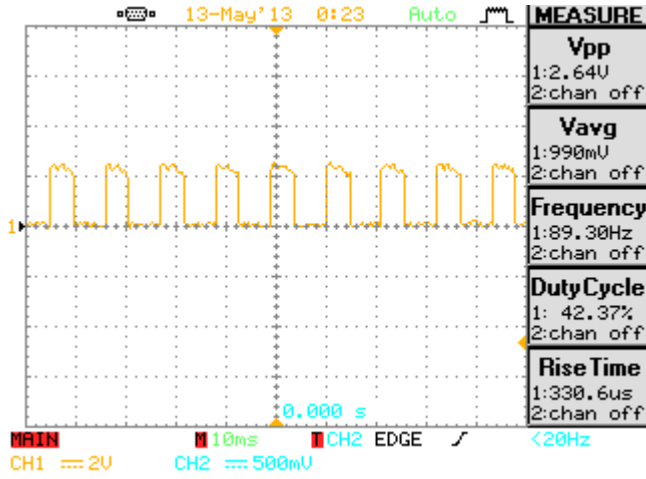
4.3. Kontrol Devresi Deneyi



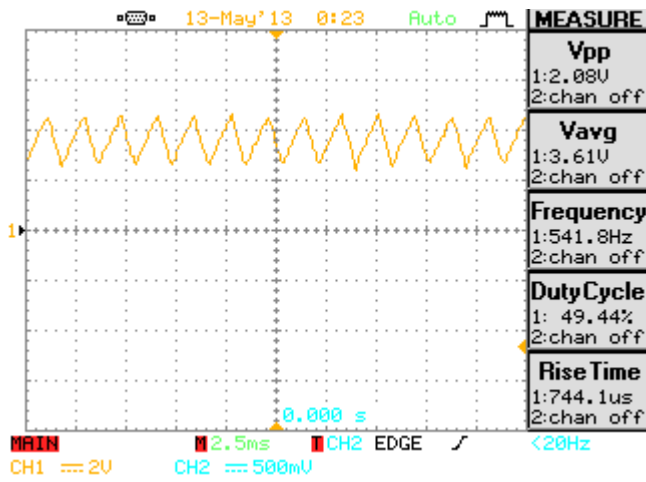
Şekil 21. Kontrol devresi

Şekil 21’de verilen kontrol devresi kuruldu. Devrenin deneyleri yapılırken ilk olarak geri besleme ayrı bir devre tarafından ML4425 entegresinin geri besleme uçlarına verildi. Bu uçlara gelen kare dalga girişin osiloskop görüntüsü Şekil 22’de verilmiştir. Ayrıca ML4425 entegresinin C_{VCO} bacağına ait osiloskop görüntüsü de Şekil 23’de verilmiştir.

Son olarak I_{LIMIT} bacağı referans değerine çekildi. Hız geri besleme bacağı 230 mV olarak ayarlandı.



Şekil 22. Kare dalga girişinin osiloskop görüntüsü



Şekil 23. V_{CO} bacağının osiloskop görüntüsü

5. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRMELER

ML4425 entegresinin yapısı incelendiğinde çalışma durumuna geçmesi için motorun rotor konumunun entegre tarafından algılanması gerekmektedir. Bu algılama işlemi motorun kalkış anındaki gürültüden dolayı sağlıklı olmamaktadır. Bu sebepten dolayı motorun yol almasını sağlamak için uyarma dışarıdan hareket enerjisi ile verilir. Böylece entegre motorun rotor konumunu algılamış olur. Bu durumu gerçekleyebilmek için motorun hız geri besleme bacağına bir referans gerilim değerini aşması sağlandı. Hız geri besleme bacağı referans gerilim değerini geçtiğinde MOSFET katı devreye girdi ve ML4425 entegresi çalışma durumuna geçerek, motorun rotor konumuna kilitleti.

Çıkılabilecek en yüksek hız değerinin ML4425 entegresinin I_{LIMIT} bacağına verilecek olan gerilim değerine bağlı olduğu gözlemlendi. Böylece I_{LIMIT} bacağı referans gerilimine ayarlanarak 27 km/s'lik hıza ulaşıldı.

Motorun çekebileceği yüksek akımın ML4425 entegresine zarar vermemesi için geri besleme bacaklarına 10 K Ω 'luk dirençler bağlandı.

Tüm devreyi yüksek gerilim ve düşük gerilim değerlerinden korumak maksadıyla transistörlü gerilim koruma devresi kuruldu. Bunun sonucunda 12 V'lik sabit gerilim elde edildi. Böylelikle düşük gerilim değerlerinde devrenin enerjisiz kalması sağlanmış oldu.

Akım koruma devresi için terslemeyen OP-AMP'lı yükselteç devresi kuruldu. Yükseltme oranı 15 kat olacak şekilde ayarlanarak 15 A'lık akım değerinden sonra devrenin enerjisiz kalması sağlandı.

MOSFET katı kurularak bu MOSFET'lerin 120 derecelik faz farkı oluşturması sağlandı. Bunun sonucunda ML4425 entegresinin tetiklenmesi sağlanmış oldu.

Projede hedeflenen amaç yüksek verim, az maliyettir. Bu amaca erişmek için bir maliyet analizi yapıldı. Maliyet analizi 1 proje, 100 proje ve 1000 proje için ayrı ayrı oluşturuldu. Yapılan bu maliyet analizi EK 4'te verilmiştir.

KAYNAKLAR

- [1]. N. Ünlü, Ş. Karahan, O. Tür ve H. Uçarol, *Elektrikli Araçlar*, Tübitak Marmara Araştırma Merkezi Enerji Sistemleri ve Çevre Araştırma Enstitüsü, Kocaeli, Türkiye, 2003.
- [2]. *3E Electrotech Dergisi*, Türkiye, 304-306, Nisan. 2013.
- [3]. I. Husain, *Electric and Hybrid Vehicles Design Fundamentals*, CRC Press, USA, 2003.
- [4]. G. Bal, *Özel Elektrik Makinaları*, Seçkin Yayıncılık, Türkiye, 2004.
- [5]. C. Blake and C. Bull, *IGBT or MOSFET*, International Rectifier.
- [6]. O. Gürdal, *Güç Elektroniği*, Nobel Yayın Dağıtım, Ankara, 2000.
- [7]. "ML4425 data sheet," ABD.
- [8]. "TLC272 data sheet," ABD.

STANDART VE KISITLAR FORMU

Standart ve kısıtlar formu EK 1’de verilmiştir.

EKLER

EK 1

STANDART VE KISITLAR FORMU

Bitirme Projesinin hazırlanmasında Standart ve Kısıtlarla ilgili olarak, aşağıdaki soruları cevaplayınız.

1. Projenizin tasarım boyutu nedir? Açıklayınız.

Elektrikli bisiklet; motor, akümülatörler, sürücü ve kontrol devreleri yardımıyla yüksek verimde çalışabilmesi için tarafımızdan tasarlanmıştır. Projemiz boş bisiklet üzerine monteli fırçasız doğru akım motoru, 2 adet akümülatör ve kontrol ünitesinden oluşmaktadır. Toplam yaklaşık ağırlığı 32 kg'dir. Bisikletimiz 26 inch jant boyutuna sahiptir.

2. Projenizde bir mühendislik problemini kendiniz formüle edip, çözdünüz mü?

Projemizi aşırı akım ve aşırı gerilimden korumak için akım koruma ve gerilim koruma devreleri tasarlanmıştır. Ayrıca ML4425 entegresinin rotor konumunu daha iyi algılayabilmesi için entegrenin geri besleme bacağına OP-AMP'lı karşılaştırıcı devre tasarlanmıştır.

3. Önceki derslerde edindiğiniz hangi bilgi ve becerileri kullandınız?

Elektrik Makineleri-1 ve Özel Elektrik Makineleri derslerinden edinilen elektrik motorları bilgileri, Güç Elektroniği Devreleri dersinden öğrenilen devre tasarımı bilgileri, Malzeme Bilgisi dersinden öğrenilen uygun malzeme seçimi ve kullanımı, Sayısal Analog Elektronik dersinden öğrenilen elektronik anahtarlama bilgileri ve genel olarak lisans eğitimi süresince alınan derslerden projemizin tasarımında kullanılabilecek edinimler kullanılmıştır.

4. Kullandığınız veya dikkate aldığımız mühendislik standartları nelerdir?

Motorun beslemesinde kullanılan 24 V DA standartları ve her türlü bağlantıda kullanılan TSE kablo standartları, ayrıca motor sürücülerinde ise EMC (Elektro Magnetic Compliant) standartlarına uygun olarak üretilen sürücüler kullanılmıştır.

5. Kullandığınız veya dikkate aldığımız gerçekçi kısıtlar nelerdir?

a) Ekonomi

Tasarladığımız projede en yüksek maliyeti doğru akım motoru almaktadır. Ayrıca akümülatörler, bisiklet ve kontrol devresi elemanları da maliyetli elemanlardır.

b) Çevre sorunları:

Projemiz tamamen çevre dostu bir projedir. Ayrıca karbon salınımını azalttığı için yapılmasına teşvik edilen bir projedir.

c) Sürdürülebilirlik:

Projemiz her yerde rahatlıkla tasarlanabilen ve kullanılabilen bir projedir.

d) Üretilebilirlik:

Üretimi rahatlıkla yapılabilir.

e) Etik:

Proje etik olarak bir kısıt bulundurmamaktadır ve etik değerlere uyularak tasarlanmıştır.

f) Sağlık:

Güç elektroniği elemanlarının patlaması sonucu sağlığa zarar verebilir. Bu sebepten dolayı kontrol ünitesi elemanları kaliteli seçilmelidir ve dikkatli monte edilmelidir.

g) Güvenlik:

Elektrikle çalışan aygıtlardaki güvenlik tedbirleri burada da uygulanmalıdır.

h) Sosyal ve politik sorunlar:

Sosyal ve politik yönden sistemimiz bir sıkıntı yaratmamaktadır. Aksine ulaşımda sosyal hayatta avantajlar sağlamaktadır. Trafik yoğunluğunu azaltması, ulaşım maliyetlerini düşürmesi ve çevre dostu bir proje olmasından dolayı sosyal hayat üzerinde olumlu etkileri vardır.

Projenin Adı	ELEKTRİKLİ BİSİKLET
Projedeki Öğrencilerin Adları	Burak KARAKAŞ Ersin ÖZLER Semih ŞAHİN Tahsin DENİZ
Tarih ve İmzalar	24.05.2013

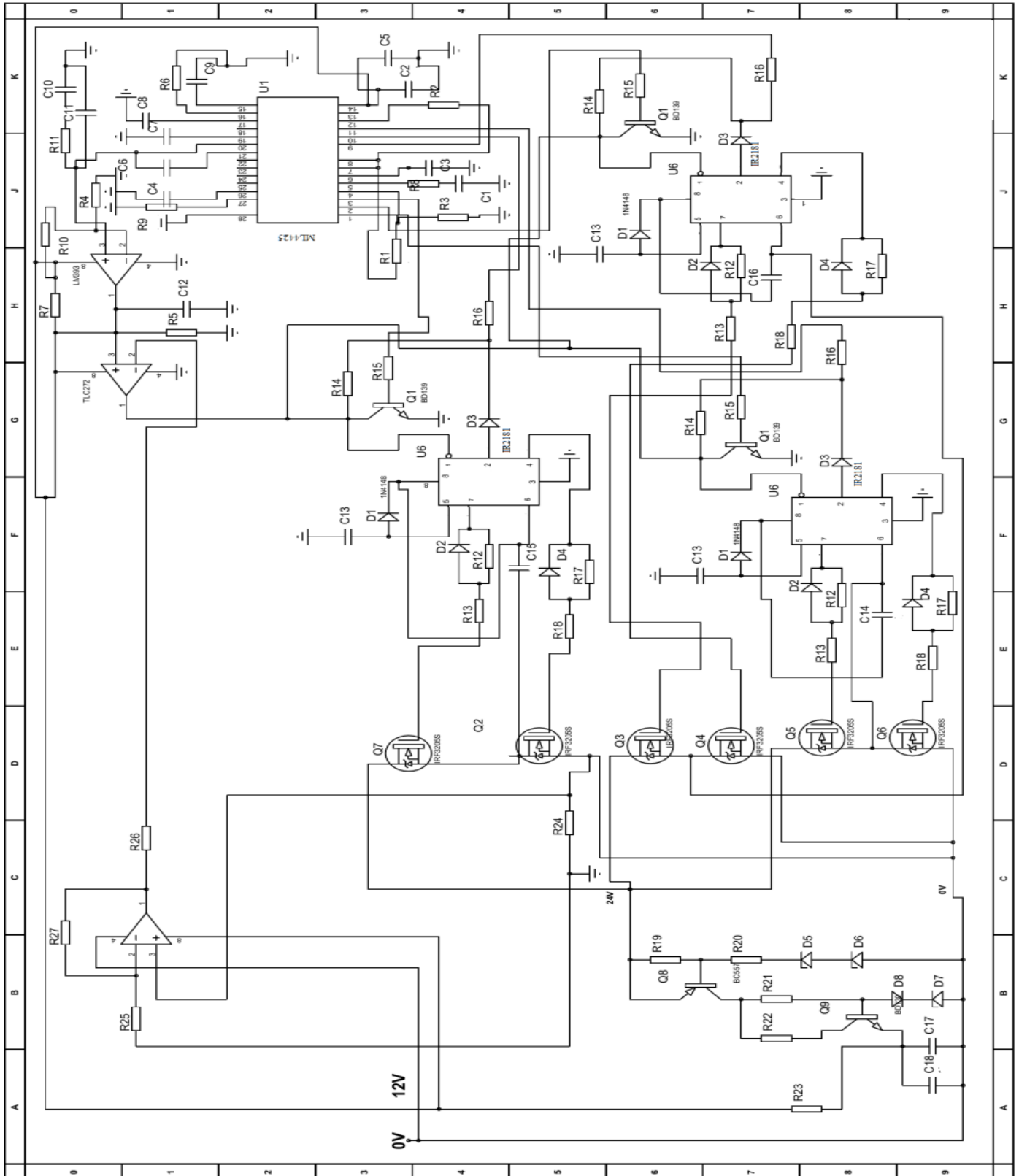
EK 2

Çizelge E1. ML4425 entegresinin bacaklarının görevleri

<i>No</i>	<i>İsim</i>	<i>Görev</i>
1	I _{SENSE}	Motor akım duyarlılık girişi
2	HA	A fazındaki yüksek anahtarlama taraf için aktif düşük çıkış sürücüsü
3	HB	B fazındaki yüksek anahtarlama taraf için aktif düşük çıkış sürücüsü
4	HC	C fazındaki yüksek anahtarlama taraf için aktif düşük çıkış sürücüsü
5	SPEED COMP	Hız kontrol çevrimi kompanzasyonu
6	C _T	Bir kapasitör yardımıyla PWM osilatör frekansı ayarı
7	V _{REF}	Referans gerilim çıkışı
8	SPEED SET	Durgun vaziyet ile maksimum hız arasındaki hız ayarı
9	LA	A fazındaki düşük anahtarlama taraf için aktif yüksek çıkış sürücüsü
10	LB	B fazındaki düşük anahtarlama taraf için aktif yüksek çıkış sürücüsü
11	LC	C fazındaki düşük anahtarlama taraf için aktif yüksek çıkış sürücüsü
12	I _{LIMIT}	Akım sınırlama bacağı
13	VCO	Frekans ayar bacağı
14	V _{DD}	12 V güç kaynağı girişi
15	C _{VCO}	VCO'nun gerilim-frekans oranını ayarlayan kapasitör
16	R _{VCO}	VCO'nun giriş gerilimini akıma oranlayan direnç
17	C _{AT}	Hızlı moda kalma süresini ayarlayan kapasitör
18	UV FAULT	Hata
19	C _{RT}	Rampa moda kalma süresini ayarlayan kapasitör
20	SPEED FB	Hız geri besleme bacağı
21	C _{RR}	Rampa modundayken ivmeyi ayarlayan kapasitör
22	FB A	A fazındaki motor geri besleme gerilimi
23	FB B	B fazındaki motor geri besleme gerilimi
24	FB C	C fazındaki motor geri besleme gerilimi
25	BRAKE	Frenleme
26	C _{IOS}	Osilasyon
27	R _{REF}	Akımla V _{REF} arasındaki oranı ayarlayan direnç
28	GND	Sinyal ve güç toprağı

EK 3

TAM DEVRENİN ÇİZİMİ



EK 4

Çizelge E2. 1 adet proje için maliyet analizi

Ürün Adı	Referans	Marka	Ürün Vasfı	Değer	Firma	Sipariş Kodu	Birim Fiyatı (TL)
HBS24R	Motor	Golden Motor	FDAM	250W 24V	Adabis	-	450
NP17-12I-Battery	Akü-1	Yuasa	Akümülatör	12V 17AH	Tr Farnell	627057	197.6
NP17-12I-Battery	Akü-2	Yuasa	Akümülatör	12V 17AH	Tr Farnell	627057	197.6
26 inch	Bisiklet	-	Bisiklet	-	Kendi imkanımız	-	200
MFP1-12KJI	R1	WELWYN	Direnç	12K Ω	Tr Farnell	1565342	0.812
MFP2-4K7JI	R2	WELWYN	Direnç	4K7 Ω	Tr Farnell	1565475	1.11
MFP2-1K5JI	R3	WELWYN	Direnç	1K5 Ω	Tr Farnell	1565437	1.14
MFP1-47KJI	R4	WELWYN	Direnç	47K Ω	Tr Farnell	1565392	0.6
MFP1-330KJI	R5	WELWYN	Direnç	330K Ω	Tr Farnell	1565377	0.6
CB1H104M2 ACB	C1	Multicomp	Kapasite	100nF 50V	Tr Farnell	1870000	2
MFP1-82KJI	R6	WELWYN	Direnç	82K Ω	Tr Farnell	1565413	0.324
MFP1-1MJI	R7	WELWYN	Direnç	1M Ω	Tr Farnell	1565358	0.23
MFP1-10KJI	R8	WELWYN	Direnç	10K Ω	Tr Farnell	1565338	0.6
MFP1-82KJI	R9	WELWYN	Direnç	82K Ω	Tr Farnell	1565413	0.324
MFP1-1MJI	R10	WELWYN	Direnç	1M Ω	Tr Farnell	1565358	0.23
CB1H104M2 ACB	C2	Multicomp	Kapasite	100nF 50V	Tr Farnell	1870000	2
B32021A310 2M	C3	EPCOS	Kapasite	1nF 300V	Tr Farnell	1609513	2.07
FKP2D00470 1D00JSSD	C4	WIMA	Kapasite	470pF	Tr Farnell	1005998	1.14
2N2218A	Q1	Multicomp	Transistör	40V	Tr Farnell	1653596	1.54
2S54017	Q2	Toshiba	MOSFET	60V	Tr Farnell	1714350	1.76
2N2218A	Q1	Multicomp	Transistör	40V	Tr Farnell	1653596	1.54
1N4001	D1	Spc	Diyot	35V 1A	Tr Farnell	1651089	0.164
1N4001	D1	Spc	Diyot	35V 1A	Tr Farnell	1651089	0.164
1N4001	D1	Spc	Diyot	35V	Tr Farnell	1651089	0.164
1N4001	D2	Spc	Diyot	35V 1A	Tr Farnell	1651089	0.164
1N4001	D2	Spc	Diyot	35V 1A	Tr Farnell	1651089	0.164
1N4001	D2	Spc	Diyot	35V 1A	Tr Farnell	1651089	0.164
1N4001	D3	Spc	Diyot	35V 1A	Tr Farnell	1651089	0.164
1N4001	D3	Spc	Diyot	35V 1A	Tr Farnell	1651089	0.164

1N4001	D3	Spç	Diyot	35V 1A	Tr Farnell	1651089	0.164
1N4001	D4	Spç	Diyot	35V 1A	Tr Farnell	1651089	0.164
1N4001	D4	Spç	Diyot	35V 1A	Tr Farnell	1651089	0.164
1N4001	D4	Spç	Diyot	35V 1A	Tr Farnell	1651089	0.164
1N472A	D5	Fairchild	Zener Diyot	12V	Tr Farnell	1700902	0.471
1N472A	D6	Fairchild	Zener Diyot	12V	Tr Farnell	1700902	0.471
1N472A	D7	Fairchild	Zener Diyot	12V	Tr Farnell	1700902	0.471
1N4001	D8	Spç	Diyot	35V 1A	Tr Farnell	1651089	0.164
2N2218A	Q1	Multicomp	Transistör	40V	Tr Farnell	1653596	1.54
2S54017	Q3	Toshiba	MOSFET	60V	Tr Farnell	1714350	1.76
2S54017	Q4	Toshiba	MOSFET	60V	Tr Farnell	1714350	1.76
2S54017	Q5	Toshiba	MOSFET	60V	Tr Farnell	1714350	1.76
2S54017	Q6	Toshiba	MOSFET	60V	Tr Farnell	1714350	1.76
2S54017	Q7	Toshiba	MOSFET	60V	Tr Farnell	1714350	1.76
TLC272ACP	TLC272	Texas Instrument	Op-Amp	-	Tr Farnell	1564977	1.452
TLC272ACP	TLC272	Texas Instrument	Op-Amp	-	Tr Farnell	1564977	1.452
TLC272ACP	TLC272	Texas Instrument	Op-Amp	-	Tr Farnell	1564977	1.452
MFP1-10KJI	R11	WELWYN	Direnç	10KΩ	Tr Farnell	1565338	0.6
MFP1-10KJI	R12	WELWYN	Direnç	10KΩ	Tr Farnell	1565338	0.6
MFP1-10KJI	R12	WELWYN	Direnç	10KΩ	Tr Farnell	1565338	0.6
MFP1-10KJI	R12	WELWYN	Direnç	10KΩ	Tr Farnell	1565338	0.6
MCF	R13	Multicomp	Direnç	2K2	Tr Farnell	9339302	0.06
MCF	R13	Multicomp	Direnç	2K2	Tr Farnell	9339302	0.06
MCF	R13	Multicom	Direnç	2K2	Tr Farnell	9339302	0.06
MFP1-10KJI	R14	WELWYN	Direnç	10KΩ	Tr Farnell	1565338	0.6
MFP1-10KJI	R14	WELWYN	Direnç	10KΩ	Tr Farnell	1565338	0.6
MFP1-10KJI	R14	WELWYN	Direnç	10KΩ	Tr Farnell	1565338	0.6
YR1B280KC C	R15	Connectivity	Direnç	280K	Tr Farnell	1083519	1.45
YR1B280KC C	R15	Connectivity	Direnç	280K	Tr Farnell	1083519	1.45
YR1B280KC C	R15	Connectivity	Direnç	280K	Tr Farnell	1083519	1.45
MCF	R16	Multicomp	Direnç	2K2	Tr Farnell	9339302	0.06
MCF	R16	Multicomp	Direnç	2K2	Tr Farnell	9339302	0.06
MCF	R16	Multicomp	Direnç	2K2	Tr Farnell	9339302	0.06
MFP1-10KJI	R17	WELWYN	Direnç	10KΩ	Tr Farnell	1565338	0.6
MFP1-10KJI	R17	WELWYN	Direnç	10KΩ	Tr Farnell	1565338	0.6
MFP1-10KJI	R17	WELWYN	Direnç	10KΩ	Tr Farnell	1565338	0.6
MCF	R18	Multicomp	Direnç	2K2	Tr Farnell	9339302	0.06
MCF	R18	Multicomp	Direnç	2K2	Tr Farnell	9339302	0.06
MCF	R18	Multicomp	Direnç	2K2	Tr Farnell	9339302	0.06
MFP1-1KJI	R19	WELWYN	Direnç	1K	Tr Farnell	1565353	0.6
MCMF0W4 DF1691A50	R20	Multicomp	Direnç	1K69	Tr Farnell	1563132	0.164
MFP1-10KJI	R21	WELWYN	Direnç	10KΩ	Tr Farnell	1565338	0.6

CBT50J100R	R22	Connectivit	Direnç	100Ω	Tr Farnell	1265111	0.361
MCKP02SJ0 47KA10	R24	Multicomp	Direnç	0.47 Ω 2W	Tr Farnell	1903761	0.287
MFP1-1KJI	R25	WELWYN	Direnç	1K	Tr Farnell	1565353	0.6
MFP1-1KJI	R26	WELWYN	Direnç	1K	Tr Farnell	1565353	0.6
MFR4 2K	R27	WELWYN	Direnç	2K	Tr Farnell	1099901	0.147
489D105X00 35B6	C5	Vishay	Kapasite	1uF	Tr Farnell	1753994	1.26
489D105X00 35B6	C6	Vishay	Kapasite	1uF	Tr Farnell	1753994	1.26
489D106X00 25D6VE3	C7	Vishay	Kapasite	10uF	Tr Farnell	1753992	2.1
CB1H104M2 ACB	C8	Multicomp	Kapasite	100nF 50V	Tr Farnell	1870000	2
C320C562K1 G5TA	C9	Kemet	Kapasite	5.6nF	Tr Farnell	1185647	1.68
489D105X00 35B6	C10	Vishay	Kapasite	1uF	Tr Farnell	1753994	1.26
B32021A310 2M	C11	EPCOS	Kapasite	1nF 300V	Tr Farnell	1609513	2.07
SA305E474 MARC	C12	Avx	Kapasite	470nF 50V	Tr Farnell	110419	1.35
CB1H104M2 ACB	C13	Multicomp	Kapasite	100nF 50V	Tr Farnell	1870000	2
CB1H104M2 ACB	C13	Multicomp	Kapasite	100nF 50V	Tr Farnell	1870000	2
CB1H104M2 ACB	C13	Multicomp	Kapasite	100nF 50V	Tr Farnell	1870000	2
MR065C474 KTA	C14	Avx	Kapasite	470nF 50V	Tr Farnell	570941	3.4
MR065C474 KTA	C15	Avx	Kapasite	470nF 50V	Tr Farnell	570941	3.4
MR065C474 KTA	C16	Avx	Kapasite	470nF 50V	Tr Farnell	570941	3.4
489D224X00 35A6VE3	C17	Vishay	Kapasite	220nF 35V	Tr Farnell	1753993	1.02
CB1H104M2 ACB	C18	Multicomp	Kapasite	100nF 50V	Tr Farnell	1870000	2
IR2181PBF	IR2181	Internationa l Rectifier	Entegre	-	Tr Farnell	1023243	6.71
IR2181PBF	IR2181	Internationa l Rectifier	Entegre	-	Tr Farnell	1023243	6.71
IR2181PBF	IR2181	Internationa l Rectifier	Entegre	-	Tr Farnell	1023243	6.71
ML4425	ML4425	Texas Instrument	Entegre	-	Ebay	-	10
Toplam Adet	96					Toplam Fiyat	1156.22

Çizelge E3. 100 adet proje için maliyet analizi

Ürün Adı	Referans	Marka	Ürün Vasfı	Değer	Firma	Sipariş Kodu	100 Adet İçin Birim Fiyatı (TL)
HBS24R	Motor	Golden Motor	FDAM	250W 24V	Adabis	-	425
NP17-12I-Battery	Akü-1	Yuasa	Akümülatör	12V 17AH	Tr Farnell	627057	180
NP17-12I-Battery	Akü-2	Yuasa	Akümülatör	12V 17AH	Tr Farnell	627057	180
26 inch	Bisiklet	-	Bisiklet	-	Kendi imkanımız	-	175
MFP1-12KJI	R1	WELWYN	Direnç	12K Ω	Tr Farnell	1565342	0.262
MFP2-4K7JI	R2	WELWYN	Direnç	4K7 Ω	Tr Farnell	1565475	0.69
MFP2-1K5JI	R3	WELWYN	Direnç	1K5 Ω	Tr Farnell	1565437	0.69
MFP1-47KJI	R4	WELWYN	Direnç	47K Ω	Tr Farnell	1565392	0.297
MFP1-330KJI	R5	WELWYN	Direnç	330K Ω	Tr Farnell	1565377	0.297
CB1H104M2 ACB	C1	Multicomp	Kapasite	100nF 50V	Tr Farnell	1870000	1,486
MFP1-82KJI	R6	WELWYN	Direnç	82K Ω	Tr Farnell	1565413	0.123
MFP1-1MJI	R7	WELWYN	Direnç	1M Ω	Tr Farnell	1565358	0.123
MFP1-10KJI	R8	WELWYN	Direnç	10K Ω	Tr Farnell	1565338	0.319
MFP1-82KJI	R9	WELWYN	Direnç	82K Ω	Tr Farnell	1565413	0.155
MFP1-1MJI	R10	WELWYN	Direnç	1M Ω	Tr Farnell	1565358	0.123
CB1H104M2 ACB	C2	Multicomp	Kapasite	100nF 50V	Tr Farnell	1870000	1.486
B32021A310 2M	C3	EPCOS	Kapasite	1nF 300V	Tr Farnell	1609513	1.45
FKP2D00470 1D00JSSD	C4	WIMA	Kapasite	470pF	Tr Farnell	1005998	0.59
2N2218A	Q1	Multicomp	Transistör	40V	Tr Farnell	1653596	1.11
2S54017	Q2	Toshiba	MOSFET	60V	Tr Farnell	1714350	1.09
2N2218A	Q1	Multicomp	Transistör	40V	Tr Farnell	1653596	1.11
1N4001	D1	Spc	Diyot	35V 1A	Tr Farnell	1651089	0.123
1N4001	D1	Spc	Diyot	35V 1A	Tr Farnell	1651089	0.123
1N4001	D1	Spc	Diyot	35V	Tr Farnell	1651089	0.123
1N4001	D2	Spc	Diyot	35V 1A	Tr Farnell	1651089	0.123
1N4001	D2	Spc	Diyot	35V 1A	Tr Farnell	1651089	0.123
1N4001	D2	Spc	Diyot	35V 1A	Tr Farnell	1651089	0.123
1N4001	D3	Spc	Diyot	35V 1A	Tr Farnell	1651089	0.123
1N4001	D3	Spc	Diyot	35V 1A	Tr Farnell	1651089	0.123

1N4001	D3	Spç	Diyot	35V 1A	Tr Farnell	1651089	0.123
1N4001	D4	Spç	Diyot	35V 1A	Tr Farnell	1651089	0.123
1N4001	D4	Spç	Diyot	35V 1A	Tr Farnell	1651089	0.123
1N4001	D4	Spç	Diyot	35V 1A	Tr Farnell	1651089	0.123
1N472A	D5	Fairchild	Zener Diyot	12V	Tr Farnell	1700902	0.264
1N472A	D6	Fairchild	Zener Diyot	12V	Tr Farnell	1700902	0.264
1N472A	D7	Fairchild	Zener Diyot	12V	Tr Farnell	1700902	0.264
1N4001	D8	Spç	Diyot	35V 1A	Tr Farnell	1651089	0.123
2N2218A	Q1	Multicomp	Transistör	40V	Tr Farnell	1653596	1.11
2S54017	Q3	Toshiba	MOSFET	60V	Tr Farnell	1714350	1.09
2S54017	Q4	Toshiba	MOSFET	60V	Tr Farnell	1714350	1.09
2S54017	Q5	Toshiba	MOSFET	60V	Tr Farnell	1714350	1.09
2S54017	Q6	Toshiba	MOSFET	60V	Tr Farnell	1714350	1.09
2S54017	Q7	Toshiba	MOSFET	60V	Tr Farnell	1714350	1.09
TLC272ACP	TLC272	Texas Instrument	Op-Amp	-	Tr Farnell	1564977	1.09
TLC272ACP	TLC272	Texas Instrument	Op-Amp	-	Tr Farnell	1564977	1.09
TLC272ACP	TLC272	Texas Instrument	Op-Amp	-	Tr Farnell	1564977	1.09
MFP1-10KJI	R11	WELWYN	Direnç	10KΩ	Tr Farnell	1565338	0.319
MFP1-10KJI	R12	WELWYN	Direnç	10KΩ	Tr Farnell	1565338	0.319
MFP1-10KJI	R12	WELWYN	Direnç	10KΩ	Tr Farnell	1565338	0.319
MFP1-10KJI	R12	WELWYN	Direnç	10KΩ	Tr Farnell	1565338	0.319
MCF	R13	Multicomp	Direnç	2K2	Tr Farnell	9339302	0.06
MCF	R13	Multicomp	Direnç	2K2	Tr Farnell	9339302	0.06
MCF	R13	Multicom	Direnç	2K2	Tr Farnell	9339302	0.06
MFP1-10KJI	R14	WELWYN	Direnç	10KΩ	Tr Farnell	1565338	0.319
MFP1-10KJI	R14	WELWYN	Direnç	10KΩ	Tr Farnell	1565338	0.319
MFP1-10KJI	R14	WELWYN	Direnç	10KΩ	Tr Farnell	1565338	0.319
YR1B280KC C	R15	Connectivity	Direnç	280K	Tr Farnell	1083519	1.02
YR1B280KC C	R15	Connectivity	Direnç	280K	Tr Farnell	1083519	1.02
YR1B280KC C	R15	Connectivity	Direnç	280K	Tr Farnell	1083519	1.02
MCF	R16	Multicomp	Direnç	2K2	Tr Farnell	9339302	0.06
MCF	R16	Multicomp	Direnç	2K2	Tr Farnell	9339302	0.06
MCF	R16	Multicomp	Direnç	2K2	Tr Farnell	9339302	0.06
MFP1-10KJI	R17	WELWYN	Direnç	10KΩ	Tr Farnell	1565338	0.319
MFP1-10KJI	R17	WELWYN	Direnç	10KΩ	Tr Farnell	1565338	0.319
MFP1-10KJI	R17	WELWYN	Direnç	10KΩ	Tr Farnell	1565338	0.319
MCF	R18	Multicomp	Direnç	2K2	Tr Farnell	9339302	0.06
MCF	R18	Multicomp	Direnç	2K2	Tr Farnell	9339302	0.06
MCF	R18	Multicomp	Direnç	2K2	Tr Farnell	9339302	0.06
MFP1-1KJI	R19	WELWYN	Direnç	1K	Tr Farnell	1565353	0.318
MCMF0W4 DF1691A50	R20	Multicomp	Direnç	1K69	Tr Farnell	1563132	0.126
MFP1-10KJI	R21	WELWYN	Direnç	10KΩ	Tr Farnell	1565338	0.319

CBT50J100R	R22	Connectivity	Direnç	100Ω	Tr Farnell	1265111	0.321
MCKP02SJ	R24	Multicomp	Direnç	0.47 Ω	Tr Farnell	1903761	0.176
MFP1-1KJI	R25	WELWYN	Direnç	1K	Tr Farnell	1565353	0.318
MFP1-1KJI	R26	WELWYN	Direnç	1K	Tr Farnell	1565353	0.318
MFR4 2K	R27	WELWYN	Direnç	2K	Tr Farnell	1099901	0.147
489D105	C5	Vishay	Kapasite	1uF	Tr Farnell	1753994	1.02
489D105X00 35B6	C6	Vishay	Kapasite	1uF	Tr Farnell	1753994	1.02
489D106X00 25D6VE3	C7	Vishay	Kapasite	10uF	Tr Farnell	1753992	1.64
CB1H104M2 ACB	C8	Multicomp	Kapasite	100nF 50V	Tr Farnell	1870000	1.486
C320C562K1 G5TA	C9	Kemet	Kapasite	5.6nF	Tr Farnell	1185647	1.02
489D105X00 35B6	C10	Vishay	Kapasite	1uF	Tr Farnell	1753994	1.02
B32021A310 2M	C11	EPCOS	Kapasite	1nF 300V	Tr Farnell	1609513	1.45
SA305E474 MARC	C12	Avx	Kapasite	470nF 50V	Tr Farnell	110419	0.8
CB1H104M2 ACB	C13	Multicomp	Kapasite	100nF 50V	Tr Farnell	1870000	1.48
CB1H104M2 ACB	C13	Multicomp	Kapasite	100nF 50V	Tr Farnell	1870000	1.48
CB1H104M2 ACB	C13	Multicomp	Kapasite	100nF 50V	Tr Farnell	1870000	1.48
MR065C474 KTA	C14	Avx	Kapasite	470nF 50V	Tr Farnell	570941	2.18
MR065C474 KTA	C15	Avx	Kapasite	470nF 50V	Tr Farnell	570941	2.18
MR065C474 KTA	C16	Avx	Kapasite	470nF 50V	Tr Farnell	570941	2.18
489D224X00 35A6VE3	C17	Vishay	Kapasite	220nF 35V	Tr Farnell	1753993	0.714
CB1H104M2 ACB	C18	Multicomp	Kapasite	100nF 50V	Tr Farnell	1870000	1.48
IR2181PBF	IR2181	International Rectifier	Entegre	-	Tr Farnell	1023243	4.14
IR2181PBF	IR2181	International Rectifier	Entegre	-	Tr Farnell	1023243	4.14
IR2181PBF	IR2181	International Rectifier	Entegre	-	Tr Farnell	1023243	4.14
ML4425	ML4425	Texas Instrument	Entegre	-	Ebay	-	7.5
Toplam Adet	96					Toplam Fiyat	1034.95
100 Adet İçin	9600					100 Adet İçin	103495

Çizelge E4. 1000 adet proje için maliyet analizi

Ürün Adı	Referans	Marka	Ürün Vasfı	Değer	Firma	Sipariş Kodu	1000 Adet İçin Birim Fiyatı (TL)
HBS24R	Motor	Golden Motor	FDAM	250W 24V	Adabis	-	400
NP17-12I-Battery	Akü-1	Yuasa	Akümülatör	12V 17AH	Tr Farnell	627057	175
NP17-12I-Battery	Akü-2	Yuasa	Akümülatör	12V 17AH	Tr Farnell	627057	175
26 inch	Bisiklet	-	Bisiklet	-	Kendi imkanımız	-	150
MFP1-12KJI	R1	WELWYN	Direnç	12K Ω	Tr Farnell	1565342	0.178
MFP2-4K7JI	R2	WELWYN	Direnç	4K7 Ω	Tr Farnell	1565475	0.442
MFP2-1K5JI	R3	WELWYN	Direnç	1K5 Ω	Tr Farnell	1565437	0.45
MFP1-47KJI	R4	WELWYN	Direnç	47K Ω	Tr Farnell	1565392	0.16
MFP1-330KJI	R5	WELWYN	Direnç	330K Ω	Tr Farnell	1565377	0.16
CB1H104M2 ACB	C1	Multicomp	Kapasite	100nF 50V	Tr Farnell	1870000	0.904
MFP1-82KJI	R6	WELWYN	Direnç	82K Ω	Tr Farnell	1565413	0.1
MFP1-1MJI	R7	WELWYN	Direnç	1M Ω	Tr Farnell	1565358	0.1
MFP1-10KJI	R8	WELWYN	Direnç	10K Ω	Tr Farnell	1565338	0.188
MFP1-82KJI	R9	WELWYN	Direnç	82K Ω	Tr Farnell	1565413	0.123
MFP1-1MJI	R10	WELWYN	Direnç	1M Ω	Tr Farnell	1565358	0.1
CB1H104M2 ACB	C2	Multicomp	Kapasite	100nF 50V	Tr Farnell	1870000	0.904
B32021A310 2M	C3	EPCOS	Kapasite	1nF 300V	Tr Farnell	1609513	0.85
FKP2D00470 1D00JSSD	C4	WIMA	Kapasite	470pF	Tr Farnell	1005998	0.411
2N2218A	Q1	Multicomp	Transistör	40V	Tr Farnell	1653596	1.08
2S54017	Q2	Toshiba	MOSFET	60V	Tr Farnell	1714350	0.85
2N2218A	Q1	Multicomp	Transistör	40V	Tr Farnell	1653596	1.08
1N4001	D1	Spc	Diyot	35V 1A	Tr Farnell	1651089	0.114
1N4001	D1	Spc	Diyot	35V 1A	Tr Farnell	1651089	0.114
1N4001	D1	Spc	Diyot	35V	Tr Farnell	1651089	0.114
1N4001	D2	Spc	Diyot	35V 1A	Tr Farnell	1651089	0.114
1N4001	D2	Spc	Diyot	35V 1A	Tr Farnell	1651089	0.114
1N4001	D2	Spc	Diyot	35V 1A	Tr Farnell	1651089	0.114
1N4001	D3	Spc	Diyot	35V 1A	Tr Farnell	1651089	0.114
1N4001	D3	Spc	Diyot	35V 1A	Tr Farnell	1651089	0.114

1N4001	D3	Spç	Diyot	35V 1A	Tr Farnell	1651089	0.114
1N4001	D4	Spç	Diyot	35V 1A	Tr Farnell	1651089	0.114
1N4001	D4	Spç	Diyot	35V 1A	Tr Farnell	1651089	0.114
1N4001	D4	Spç	Diyot	35V 1A	Tr Farnell	1651089	0.114
1N472A	D5	Fairchild	Zener Diyot	12V	Tr Farnell	1700902	0.264
1N472A	D6	Fairchild	Zener Diyot	12V	Tr Farnell	1700902	0.264
1N472A	D7	Fairchild	Zener Diyot	12V	Tr Farnell	1700902	0.264
1N4001	D8	Spç	Diyot	35V 1A	Tr Farnell	1651089	0.114
2N2218A	Q1	Multicomp	Transistör	40V	Tr Farnell	1653596	1.08
2S54017	Q3	Toshiba	MOSFET	60V	Tr Farnell	1714350	0.85
2S54017	Q4	Toshiba	MOSFET	60V	Tr Farnell	1714350	0.85
2S54017	Q5	Toshiba	MOSFET	60V	Tr Farnell	1714350	0.85
2S54017	Q6	Toshiba	MOSFET	60V	Tr Farnell	1714350	0.85
2S54017	Q7	Toshiba	MOSFET	60V	Tr Farnell	1714350	0.85
TLC272ACP	TLC272	Texas Instrument	Op-Amp	-	Tr Farnell	1564977	0.99
TLC272ACP	TLC272	Texas Instrument	Op-Amp	-	Tr Farnell	1564977	0.99
TLC272ACP	TLC272	Texas Instrument	Op-Amp	-	Tr Farnell	1564977	0.99
MFP1-10KJI	R11	WELWYN	Direnç	10KΩ	Tr Farnell	1565338	0.188
MFP1-10KJI	R12	WELWYN	Direnç	10KΩ	Tr Farnell	1565338	0.188
MFP1-10KJI	R12	WELWYN	Direnç	10KΩ	Tr Farnell	1565338	0.188
MFP1-10KJI	R12	WELWYN	Direnç	10KΩ	Tr Farnell	1565338	0.188
MCF	R13	Multicomp	Direnç	2K2	Tr Farnell	9339302	0.021
MCF	R13	Multicomp	Direnç	2K2	Tr Farnell	9339302	0.021
MCF	R13	Multicom	Direnç	2K2	Tr Farnell	9339302	0.021
MFP1-10KJI	R14	WELWYN	Direnç	10KΩ	Tr Farnell	1565338	0.188
MFP1-10KJI	R14	WELWYN	Direnç	10KΩ	Tr Farnell	1565338	0.188
MFP1-10KJI	R14	WELWYN	Direnç	10KΩ	Tr Farnell	1565338	0.188
YR1B280KC C	R15	Connectivity	Direnç	280K	Tr Farnell	1083519	0.78
YR1B280KC C	R15	Connectivity	Direnç	280K	Tr Farnell	1083519	0.78
YR1B280KC C	R15	Connectivity	Direnç	280K	Tr Farnell	1083519	0.78
MCF	R16	Multicomp	Direnç	2K2	Tr Farnell	9339302	0.021
MCF	R16	Multicomp	Direnç	2K2	Tr Farnell	9339302	0.021
MCF	R16	Multicomp	Direnç	2K2	Tr Farnell	9339302	0.021
MFP1-10KJI	R17	WELWYN	Direnç	10KΩ	Tr Farnell	1565338	0.188
MFP1-10KJI	R17	WELWYN	Direnç	10KΩ	Tr Farnell	1565338	0.188
MFP1-10KJI	R17	WELWYN	Direnç	10KΩ	Tr Farnell	1565338	0.188
MCF	R18	Multicomp	Direnç	2K2	Tr Farnell	9339302	0.021
MCF	R18	Multicomp	Direnç	2K2	Tr Farnell	9339302	0.021
MCF	R18	Multicomp	Direnç	2K2	Tr Farnell	9339302	0.021
MFP1-1KJI	R19	WELWYN	Direnç	1K	Tr Farnell	1565353	0.188
MCMF0W4 DF1691A50	R20	Multicomp	Direnç	1K69	Tr Farnell	1563132	0.104
MFP1-10KJI	R21	WELWYN	Direnç	10KΩ	Tr Farnell	1565338	0.388

CBT50J100R	R22	Connectivity	Direnç	100Ω	Tr Farnell	1265111	0.278
MCKP02SJ0	R24	Multicomp	Direnç	0.47 Ω	Tr Farnell	1903761	0.133
MFP1-1KJI	R25	WELWYN	Direnç	1K	Tr Farnell	1565353	0.188
MFP1-1KJI	R26	WELWYN	Direnç	1K	Tr Farnell	1565353	0.188
MFR4 2K	R27	WELWYN	Direnç	2K	Tr Farnell	1099901	0.109
489D105	C5	Vishay	Kapasite	1uF	Tr Farnell	1753994	0.85
489D105X00 35B6	C6	Vishay	Kapasite	1uF	Tr Farnell	1753994	0.85
489D106X00 25D6VE3	C7	Vishay	Kapasite	10uF	Tr Farnell	1753992	1.4
CB1H104M2 ACB	C8	Multicomp	Kapasite	100nF 50V	Tr Farnell	1870000	0.904
C320C562K1 G5TA	C9	Kemet	Kapasite	5.6nF	Tr Farnell	1185647	0.78
489D105X00 35B6	C10	Vishay	Kapasite	1uF	Tr Farnell	1753994	0.85
B32021A310 2M	C11	EPCOS	Kapasite	1nF 300V	Tr Farnell	1609513	0.85
SA305E474 MARC	C12	Avx	Kapasite	470nF 50V	Tr Farnell	110419	0.52
CB1H104M2 ACB	C13	Multicomp	Kapasite	100nF 50V	Tr Farnell	1870000	0.9
CB1H104M2 ACB	C13	Multicomp	Kapasite	100nF 50V	Tr Farnell	1870000	0.9
CB1H104M2 ACB	C13	Multicomp	Kapasite	100nF 50V	Tr Farnell	1870000	0.9
MR065C474 KTA	C14	Avx	Kapasite	470nF 50V	Tr Farnell	570941	1.78
MR065C474 KTA	C15	Avx	Kapasite	470nF 50V	Tr Farnell	570941	1.78
MR065C474 KTA	C16	Avx	Kapasite	470nF 50V	Tr Farnell	570941	1.78
489D224X00 35A6VE3	C17	Vishay	Kapasite	220nF 35V	Tr Farnell	1753993	0.59
CB1H104M2 ACB	C18	Multicomp	Kapasite	100nF 50V	Tr Farnell	1870000	0.9
IR2181PBF	IR2181	International Rectifier	Entegre	-	Tr Farnell	1023243	2.38
IR2181PBF	IR2181	International Rectifier	Entegre	-	Tr Farnell	1023243	2.38
IR2181PBF	IR2181	International Rectifier	Entegre	-	Tr Farnell	1023243	2.38
ML4425	ML4425	Texas Instrument	Entegre	-	Ebay	-	5
Toplam Adet	96					Toplam Fiyat	952.341
1000 Adet İçin	96000					1000 Adet İçin	952341

ÖZGEÇMİŞ

1989 yılında Artvin ilinde doğdu. İlköğretim eğitimini Ardanuç İlköğretim Okulu'nda (2003), lise eğitimini Artvin Anadolu Öğretmen Lisesi'nde (2007) tamamladı. Lisans eğitimine Karadeniz Teknik Üniversitesi Elektrik-Elektronik Mühendisliği bölümünde son sınıf öğrencisi olarak devam etmektedir.

Semih ŞAHİN

1985 yılında Malatya ilinde doğdu. İlkokul eğitimini Rahime Akıncı İlkokulu'nda (1996), ortaokul eğitimini Malatya Anadolu Lisesi'nde (2000), lise eğitimini Kuleli Askeri Lisesi'nde (2004), lisans eğitimini Kara Harp Okulu'nda (2008) tamamlamıştır. İkinci lisans eğitimine Karadeniz Teknik Üniversitesi Elektrik-Elektronik Mühendisliği bölümünde son sınıf öğrencisi olarak devam etmektedir.

Burak KARAKAŞ

1989 yılında Erzurum ilinde doğdu. İlköğretim eğitimini Sabancı İlköğretim Okulu'nda (2003), lise eğitimini Merkez Anadolu Lisesi'nde (2007) tamamladı. Lisans eğitimine Karadeniz Teknik Üniversitesi Elektrik-Elektronik Mühendisliği bölümünde son sınıf öğrencisi olarak devam etmektedir.

Ersin ÖZLER

1989 yılında Trabzon ilinde doğdu. İlköğretim eğitimini Merkez İlköğretim Okulu'nda (2003), lise eğitimini Akçaabat Anadolu Lisesi'nde (2007) tamamladı. Lisans eğitimine Karadeniz Teknik Üniversitesi Elektrik-Elektronik Mühendisliği bölümünde son sınıf öğrencisi olarak devam etmektedir.

Tahsin DENİZ