

**GÜNEŞ PANELİNDEN BESLENEN
BİR DA MOTORUN
ÇALIŞTIRILMASI**

Dilek AKMEŞE

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
ELEKTRİK- ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**MAYIS 2006
ANKARA**

**GÜNEŞ PANELİNDEN BESLENEN
BİR DA MOTORUN
ÇALIŞTIRILMASI
(Yüksek Lisans Tezi)**

Dilek AKMEŞE

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
Mayıs 2006**

ÖZET

Petrol gibi enerji kaynaklarının sınırlı olup zamanla azalması ve nükleer enerjiye olan güven probleminden dolayı temiz enerjisi olarak adlandırılan güneş ve rüzgar enerjisine olan talep artmaktadır. Bu çalışmada, güneş enerjisini ev veya sanayide kullanmak için bir dönüştürücü tasarlanmıştır. Güneş panelinin çıkış gerilimi 20 volt civarındadır. Dönüştürücü yardımıyla güneş panelinin gerilimi 220 volta yükseltilip ve bir denetleyici yardımıyla bu seviyede sabit tutulmaktadır. Elde edilen gerilim seri bir D.A. motoruna uygulanmaktadır. Motorun hız denetimi bir PIC mikrodenetleyici tarafından sağlanmaktadır. Devrenin simülasyon çalışmaları SIMPLORER 6.0 programında yapıp elde edilen sonuçlar deneysel sonuçlarla karşılaştırılmıştır.

Bilim Kodu : 905
Anahtar Kelimeler : Güneş paneli, DA motor, push-pull dönüştürücü, hız kontrol
Sayfa Adedi : 99
Tez Yöneticisi : Yrd. Doç. Dr. İres İSKENDER

**DC MOTOR DRIVING SUPPLIED WITH
PHOTOVOLTAIC CELL**

(M. Sc. Thesis)

Dilek AKMEŞE

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY**

May 2006

ABSTRACT

Due to limited capacity and decreasing of energy sources like petrol and considering the safety problems of nuclear energy the demand for solar and wind energies which are called as clean energy is increasing. In this study, a converter has been designed to use solar energy in house or industry. The output voltage of a solar panel is about 20 volt. The solar panel voltage is increased to 220 V and kept constant at this value using a controller. This voltage is applied to a series dc motor. The speed of dc motor is controlled using a PIC controller. The simulation of the circuit is performed by SIMPLORER 6.0 program and the obtained results are compared with the experimental results.

Science Code : 905

Key Words : Solar panel, DC motor, push-pull converter, speed control

Page Number: 99

Adviser : Asistant Prof. İres İSKENDER

TEŞEKKÜR

Bu tezin hazırlanması sırasında bana her konuda yardımcı olan, değerli yardım ve katkılarıyla beni yönlendiren, değerli hocam ve danışmanım Yrd. Doç. Dr. İres İSKENDER' e ve yardımlarından dolayı Arş. Gör. Naci GENÇ'e ve arkadaşım Cem ÇEVİK'e sonsuz teşekkürlerimi sunarım. Ayrıca, tez çalışmam süresince, büyük bir sabır ve incelikle bana destek olan aileme sonsuz sevgilerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	iv
ABSTRACT	v
TEŞEKKÜR.....	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....	ix
ŞEKİLLERİN LİSTESİ	x
RESİMLERİN LİSTESİ	xiv
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xv
1. GİRİŞ	1
2.GÜNEŞ ENERJİSİ	4
2.1. Isıl Güneş Teknolojileri.....	4
2.1.1. Düşük sıcaklık sistemleri	4
2.1.2. Yoğunlaştırıcı sistemler	7
2.2. Güneş Pilleri (Fotovoltaik Piller).....	9
2.2.1. Bir PV modülünün özellikleri	9
2.3. Güneş Pili Sistemleri ve Kullanım Alanları.....	13
3. DOĞRU AKIM (DA) MOTORUNUN YAPISI VE MODELLENMESİ.....	19
3.1. DA Motorun Yapısı	19
3.1.1. Stator	20
3.1.2. Kutuplar	20
3.1.3. Rotor.....	21

	Sayfa
3.1.4. Kollektör	21
3.1.5. Fırçalar ve fırça taşıyıcısı	22
3.2. DA Motorun Modellenmesi ve Çalışma Prensibi	22
3.2.1 Çalışma prensibi.....	22
3.2.2. DA motor modeli ve çeşitleri.....	23
3.2.3. DA motor hız kontrol yöntemleri.....	42
4. DEVRENİN ANALİZİ	47
4.1. PUSH-PULL Dönüştürücü	48
4.1.1. Trafo tasarımı ve seçimi.....	51
4.2. Tam Dalga Doğrultucu.....	54
4.3. DA Seri Motor	57
4.4. PIC Mikrodenetleyici	60
5. SİMÜLASYON VE DENEYSEL ÇALIŞMALAR	67
6. SONUÇ VE ÖNERİLER	81
KAYNAKLAR	82
EKLER.....	83
EK-1 Motor hız kontrol kaynak kodu	84
EK-2 Motor özellikleri.....	98
ÖZGEÇMİŞ	99

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 4.1. PIC 16F628'in genel özellikleri.....	64

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 2.1. PV sistemlerin eşdeğer devresi	10
Şekil 2.2. Güneş pilinin maksimum güç noktası.....	10
Şekil 2.3. Güneş pilinin I-V, P-V karakteristiği.....	11
Şekil 2.4. Genel olarak bir fotovoltaiik sistemin I-V karakteristiği	11
Şekil 2.5. Güneş pilinin P-I, P-V karakteristiği	12
Şekil 2.6. Güneş pili sistemi.....	14
Şekil 2.7. Dünyada güneş pili satışları	16
Şekil 2.8. Dünyada kurulu güneş pilinin kullanım alanlarına göre dağılımı	16
Şekil 3.1. a) Rotor b) Sargıları sarıli rotor	21
Şekil 3.2. Doğru akım makinasının prensip şeması	23
Şekil 3.3. Bir DA motorun endüvi devresi modeli.....	24
Şekil 3.4. Bir DA motorda uyartım devresi modeli	25
Şekil 3.5. Doğru akım seri motor devresi modeli	27
Şekil 3.6. DA seri motor endüvisinde üretilen gücün endüvi akımı ile değişimi	29
Şekil 3.7. DA seri motor endüvi momenti-akımı ilişkisi;	30
Şekil 3.8. Seri motorun moment-hız eğrisi	31
Şekil 3.9. DA şönt motor devresi	32
Şekil 3.10. Bir DA şönt motorda endüvi gücü-akımı ilişkisi.....	34
Şekil 3.11. Bir DA şönt motorda endüvi momentinin endüvi akımı ile değişimi.....	35

Şekil	Sayfa
Şekil 3.12. DA şönt motor devir sayısının endüvi akımı (veya momenti) ile değişimi.....	37
Şekil 3.13. Uzun şönt kompant DA motor devresi	38
Şekil 3.14. Değişik bağlantılı DA motorlar için hız-endüvi akımı karakteristiklerinin karşılaştırılması.....	41
Şekil 3.15. Bir fazlı DA dönüştürücülü sürücü.....	43
Şekil 3.16. Kıyıcı devresi ile hız kontrol devresi.....	44
Şekil 3.17. Kıyıcı devresi gerilim-zaman eğrisi.....	45
Şekil 3.18. Darbe genişlik modülasyonu devrenin blok gösterimi	46
Şekil 3.19. Anahtarlar kapılarına uygulanan sinyaller	47
Şekil 4.1. Yapılan devrenin şekli	49
Şekil 4.2. Klasik Boost-dönüştürücü devresi	49
Şekil 4.3. Tek fazlı push-pull dönüştürücü	52
Şekil 4.4. Tek fazlı tam dalga doğrultucu devresi.....	55
Şekil 4.5. Tam-dalga doğrultucuya uygulana giriş gerilimi (sinüzoidal).....	56
Şekil 4.6. Tam-dalga doğrultucunun çıkış gerilimi (sinüzoidal).....	56
Şekil 4.7. Tam-dalga doğrultucuya uygulana giriş gerilimi (karesel).....	57
Şekil 4.8. Tam-dalga doğrultucunun çıkış gerilimi (karesel).....	57
Şekil 4.9. Seri motor eşdeğer devresi.....	58
Şekil 4.10. Seri motor tork-hız karakteristiği.....	61
Şekil 4.11. Bir mikrodnetleyici sistemin temel bileşenlerinin blok diyagramı	62
Şekil 4.12. PIC 16F628' in iç yapısının blok şeması.....	65
Şekil 4.13. PIC 16F628' in genel dış görünüşü	67
Şekil 5.1. Devrenin simülasyon modeli	68

Şekil	Sayfa
Şekil 5.2. Trafonun 1. primer sargısında düşen voltaj (23.5V a.a)	69
Şekil 5.3. Trafonun 2. primer sargısında düşen voltaj (23.5V a.a)	69
Şekil 5.4. Push-pull dönüştürücü çıkış voltajı (Doğrultucuya uygulanan giriş voltajı) (225V a.a).....	70
Şekil 5.5. Tam-dalga doğrultucu çıkış voltajı (210V d.a).....	70
Şekil 5.6. Motor hızı (rpm) ve referans hız (750 rpm) grafiği ($T_L=5Nm$).	71
Şekil 5.7. 5 Nm lik yük momenti ve 750 rpm hızda motorun çektiği akım.....	72
Şekil 5.8. 5Nm lik yük momenti ve 750rpm hızda doğrultucudan çekilen akım.....	72
Şekil 5.9. 5 Nm lik yük momenti ve 750 rpm hızda FWD diyotdan çekilen akım....	73
Şekil 5.10. 5 Nm yük momenti ve 750 rpm hızda motor terminal uçlarına düşen gerilim ($V_{t(ort.)}=179V$).....	73
Şekil 5.11. Motor hızı (rpm) ve referans hız (500 rpm) grafiği ($T_L=5Nm$).	74
Şekil 5.12. 5Nm lik yük momenti ve 500rpm hızda motorun çektiği akım.....	75
Şekil 5.13. 5Nm lik yük momenti ve 500rpm hızda doğrultucudan çekilen akım.....	75
Şekil 5.14. 5 Nm lik yük momenti ve 500 rpm hızda FWD diyotdan çekilen akım..	76
Şekil 5.15. 5 Nm yük momenti ve 500 rpm hızda motor terminal uçlarına düşen gerilim ($V_{t(ort.)}=120V$).....	76
Şekil 5.16. Motor hızı (rpm) ve referans hız (500-750 rpm) grafiği ($T_L=5Nm$).	77
Şekil 5.17. 5Nm lik yük momenti ve 500-750rpm hızda motorun çektiği akım	78
Şekil 5.18. 5Nm lik yük momenti ve 500-750rpm hızda doğrultucudan çekilen akım.....	77
Şekil 5.19. 5 Nm lik yük momenti ve 500-750 rpm hızda FWD diyotdan çekilen akım.....	78
Şekil 5.20. 5 Nm yük momenti ve 500-750 rpm hızda motor terminal uçlarına düşen gerilim.....	78

Şekil	Sayfa
Şekil 5.21. Trafonun 1. primer sargısında düşen voltaj (23V a.a) (Osc. skalası=x10).....	79
Şekil 5.22. Trafonun 2. primer sargısında düşen voltaj (24V a.a) (Osc. skalası=x10).....	79
Şekil 5.23. Push-pull dönüştürücü çıkış voltajı (Doğrultucuya uygulanan giriş voltajı) (210V a.a) (Osc. skalası=x10).....	80
Şekil 5.24. Yüksüz durumda 800 rpm hızda motor terminal uç gerilimi.....	81

RESİMLERİN LİSTESİ

Resim	Sayfa
Resim 2.1. Güneş kollektörleri	5
Resim 2.2. Güneş ocakları	6
Resim 2.3. Parabolik oluk kollektörleri	7
Resim 2.4. 350 MW gücünde parabolik oluk güneş santralı-Kaliforniya.....	8
Resim 2.5. Parabolik çanak güneş ısı elektrık santralı (İspanya).....	8
Resim 2.6. Solar I merkezi alıcı güneş ısı elektrık santralı (İspanya).....	9
Resim 2.7. Güneş pili modülü.....	13
Resim 2.8. çatısı güneş pili kaplı ev.....	17
Resim 2.9. Güneş pilleri ile sokak aydınlatması	17
Resim 2.10. Güneş pilleri ile bahçe aydınlatması	18
Resim 2.11. Şebekeye elektrık veren güneş pili (PV) sistemi	18
Resim 4.1. Yapılan devrenin resmi	48

SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış bazı simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler	Açıklama
B_m	Viskoz sürtünme katsayısı
d	Görev saykılı
e	Hata değeri
L_a	Armatür endüktansı
I_a	Armatür akımı
J_m	Motor eylemsizliği
K_b	Zıt elektromotor sabiti
K_I	İntegral kazanç
K_i	Moment sabiti
K_p	Oransal kazanç
P	Mekanik güç
R_a	Armatür direnci
T	Periyod
t_i	İletim süresi
t_k	Kesim süresi
T_L	Yük momenti
T_M	Motor momenti
Φ	Hava aralığı akısı
ω_m	Rotor açısal hız
Φ_m	Rotorun açısal konumu
α	Tetikleme açısı

Kısaltmalar**Açıklama****AA**

Alternatif Akım

DA

Doğru Akım

DGM

Darbe Genişlik Modülasyonu

R

Direnç

RAM

Rasgele Erişimli Bellek

ROM

Sadece okunabilen bellek

C

Kondansatör

1. GİRİŞ

Güneş enerjisi güneşten ısıma yoluyla yayılarak, dünyaya ısı ve ışık formunda ulaşan enerjidir. Merkezinde 15.000.000 °K sıcaklık bulunan bu yıldız doğal bir nükleer füzyon reaktörü olarak çalışır ve bu füzyon reaktöründe her saniyede 564 milyon ton hidrojen 560 milyon ton helyuma dönüşür. Bu dönüşümde kaybolan 4 milyon ton kütleinin karşılığı olarak $3,86 \times 10^{26}$ jule enerji açığa çıkar. Toplam enerji rezervi $1,785 \times 10^{47}$ joule olan bu yıldız daha milyonlarca yıl ısımasını sürdüreceğinden dünya için sonsuz bir enerji kaynağıdır. Bu enerjinin güç olarak karşılığı $3,86 \times 10^{20}$ MW'tır. Tüm uzaya yayılan bu muazzam gücün dünyaya ulaşan kısmı ise yaklaşık olarak 178 trilyon kW'tır. Bir fikir vermesi için, bu büyüklüğün, halen yeryüzünde kurulu olan elektrik santrallerinin toplam gücünün (2,9 TW) 60 bin katından fazla olduğunu hatırlatalım. Bu rakamlar kaynağın büyüklüğü hakkında yeterli bir fikir vermektedir.

Enerji, termodinamik yasaları uyarınca, uğradığı her biçim değişikliğiyle birlikte miktarından kaybeder. Yani tüm enerji kaynaklarında olduğu gibi güneş enerjisi de, ancak bir miktar tenzilatla, elektriğe dönüştürülebilir. Dolayısıyla yukarıda ancak ham enerji olarak verilen miktar, bu temel kısıtlama ve elbette başka diğer teknik ve pratik kısıtlamalarla birlikte indirime uğrar. Dolayısıyla bu ham kaynağın hangi verimle ehlileştirilerek dönüştürüleceği ve bunun için hangi teknolojik biçimlerin kullanılacağı çok önemlidir. İleride detaylı bir şekilde ele alınacak olan bu kaynağın verimi ne denli düşük olursa olsun, fazlasıyla tatminkâr olduğu aşîkardır.

Fakat bolluğu bir yana, güneş enerjisinin asıl erdemi, onun çevresel açıdan temiz bir kaynak oluşudur. Güneş enerjisi, tamamen ısıma biçiminde olduğu için, fosil kaynaklı enerji ve nükleer fisyon enerjisindeki aksine herhangi bir yakıt kullanımını içermez. Dolayısıyla onun herhangi türden bir atık sorunu yoktur. Hatta güneş enerjisi, fotovoltaik güneş pilleri söz konusu olduğunda herhangi bir ısı çevrim dahi gerekmez doğrudan elektriğe dönüştürülebilmektedir. Bu da, özellikle elektrik üreten enerji sistemlerinin çok büyük bir kısmını oluşturan mekanik aksamdan önemli ölçüde tasarruf edilmesi anlamına gelmektedir.

DA motorlar günümüz teknolojisinde birçok alanda kullanılmaktadırlar. Bu motorlar çok farklı büyüklük ve güçlerde üretilmektedirler. Teyp, CD-ROM bilgisayar teknolojisi, gerilim regülatörleri ve elektrikli trenler başlıca kullanıldığı alanlardır. Son yıllarda medikal alanlarda da kullanılmaya başlanmıştır. Asenkron motorlara rağmen daha pahalı olmalarına rağmen hız kontrol sistemlerinin ucuz ve basit olması DA motorların tercih edilmesini sağlamaktadır. DA motorlar özellikle hız kontrolünün önemli olduğu alanlarda kullanılır. Gelişen yarı iletken ve mikrodenetleyici teknolojisiyle DA motorun hız kontrolü için çeşitli ve ekonomik yöntemler geliştirilmektedir.

Günümüzde tüm sistemler için mikrodenetleyicili kontrol yöntemleri tercih edilmektedir. Teknik ve ekonomik açıdan kullanıcıya getirdiği faydaların çok olması mikrodenetleyici ile kontrol edilen sistemlerin yaygınlaşmasını sağlamıştır.

Bu çalışmanın amacı, bir güneş panelinden elde edilen enerjiyi uygun bir şekilde dönüştürerek, bir DA motorun çalıştırılması için gerekli forma sokmaktır. Günümüzde bir güneş panelinden elde edilen gerilim seviyesi genellikle 10-25V arasında değiştiğinden, bu voltaj seviyesi uygun bir dönüştürücü kullanılarak, motor için gerekli 200-230V seviyesi elde edilmiştir. Bu amaç için push-pull dönüştürücü kullanılmıştır.

Bu çalışmanın birinci bölümünde ‘giriş’ başlığı adı altında, yapılan çalışmanın amacını kapsayacak şekilde bölümlerde neler yapıldığı kısaca açıklanmaktadır.

Bu çalışmanın ikinci bölümünde, güneş enerjisine dair genel bir bilgi verilmektedir.

Çalışmanın üçüncü bölümünde, DA motorun genel yapısı, eşdeğer devresi, matematiksel modeli, DA motor çeşitleri, çalışma prensipleri, DA motor hız-moment eşitlikleri, genel olarak DA motorun hız kontrol yöntemleri ve DGM yöntemi ile bir DA motor kontrolünün nasıl gerçekleştiği anlatılmaktadır.

Çalışmanın dördüncü bölümde, üzerinde çalıştığımız devrenin analizi yapılmaktadır.

Burada kullanılan dönüştürücü (push-pull), doğrultucu, seri motor ve pic mikrodenetleyici yer almaktadır.

Beşinci bölümde ise, yapılan simülasyon (Simplorer 6.0 paket programı kullanılarak) çalışması ve deneysel çalışma sonuçlarına yer verilmektedir. Simülasyonda kullanılan devre modeli ve simülasyon sonuçları ile uygulaması yapılan devrenin resmi ve elde edilen deneysel çalışma sonuçları grafikler halinde bu bölümde yer almaktadır.

Çalışmanın son bölümü ise, elde edilen sonuçlar karşılaştırılarak, çalışma hakkında sonuç ve önerileri içermektedir.

2.GÜNEŞ ENERJİSİ

Güneş enerjisi teknolojileri yöntem, malzeme ve teknolojik düzey açısından çok çeşitlilik göstermekle birlikte ısı güneş teknolojileri ve güneş pilleri olarak iki ana gruba ayrılabilir.

2.1. Isıl Güneş Teknolojileri

Bu sistemlerde öncelikle güneş enerjisinden ısı elde edilir. Bu ısı doğrudan kullanılabileceği gibi elektrik üretiminde de kullanılabilir.

2.1.1. Düşük sıcaklık sistemleri

a) Düzlemsel güneş kolektörleri: Güneş enerjisini toplayan ve bir akışkana ısı olarak aktaran çeşitli biçimlerdeki aygıtlardır. En çok evlerde sıcak su ısıtma amacıyla kullanılmaktadır. Ulaştıkları sıcaklık 70°C civarındadır. Düzlemsel güneş kolektörleri, üstten alta doğru, camdan yapılan üst örtü, cam ile absorban plaka arasında yeterince boşluk, metal veya plastik absorban plaka, arka ve yan yalıtım ve bu bölümleri içine alan bir kasadan oluşmuştur. Absorban plakanın yüzeyi genellikle koyu renkte olup bazen seçiciliği artıran bir madde ile kaplanır. Kolektörler, yörenin enlemine bağlı olarak güneşi maksimum alacak şekilde, sabit bir açıyla yerleştirilirler. Güneş kolektörlü sistemler tabii dolaşimli ve pompalı olmak üzere ikiye ayrılır. Bu sistemler evlerin yanında, yüzme havuzları ve sanayi tesisleri için de sıcak su sağlanmasında kullanılır. Bu konudaki Ar-Ge çalışmaları sürmekle birlikte, bu sistemler tamamen ticari ortama girmiş durumdadırlar. Dünya genelinde kurulu bulunan güneş kolektörü alanı 30 milyon m²'nin üzerindedir. En fazla güneş kolektörü bulunan ülkeler arasında ABD, Japonya, Avustralya İsrail ve Yunanistan yer almaktadır. Türkiye, 7,5 milyon m² kurulu kolektör alanı ile dünyanın önde gelen ülkelerinden biri konumundadır.



Resim 2.1. Güneş kollektörleri

b) Vakumlu güneş kollektörleri: Bu sistemlerde, vakumlu cam borular ve gerekirse absorban yüzeyine gelen enerjiyi artırmak için Resim 2.1. de görüleceği gibi metal ya da cam yansıtıcılar kullanılır. Bunların çıkışları daha yüksek sıcaklıkta olduğu için ($100-120^{\circ}\text{C}$), düzlemsel kollektörlerin kullanıldığı yerlerde ve ayrıca yiyecek dondurma, bina soğutma gibi daha geniş bir yelpazede kullanılabilirler.

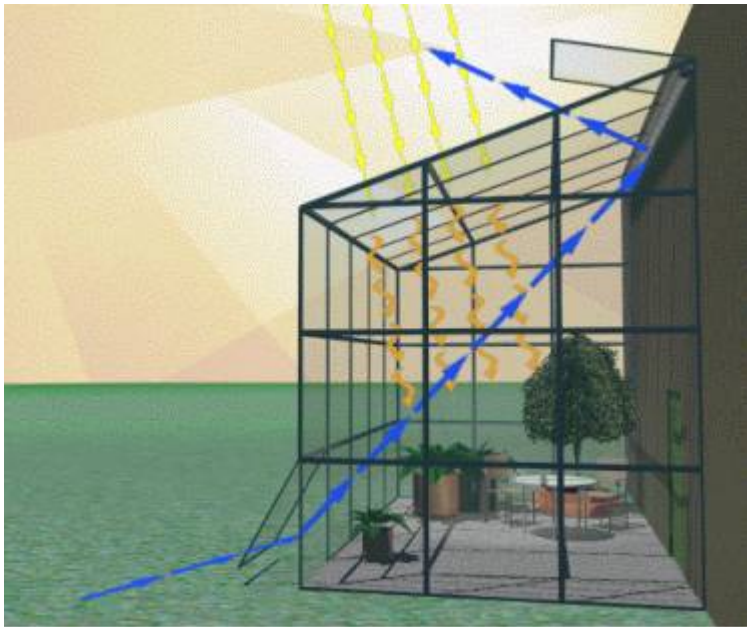
c) Güneş havuzları: Yaklaşık 5-6 metre derinlikteki suyla kaplı havuzun siyah renkli zemini, güneş ışınımını yakalayarak 90°C sıcaklıkta sıcak su eldesinde kullanılır. Havuzdaki ısının dağılımı suya eklenen tuz konsantrasyonu ile düzenlenir, tuz konsantrasyonu en üstten alta doğru artar. Böylece en üstte soğuk su yüzeyi bulunsa bile havuzun alt kısmında doymuş tuz konsantrasyonu bulunan bölgede sıcaklık yüksek olur. Bu sıcak su bir eşanjöre pompalanarak ısı olarak yararlanılabileceği gibi Rankin çevrimi ile elektrik üretiminde de kullanılabilir.

d) Güneş mimarisi: Bina yapı ve tasarımında yapılan değişikliklerle ısıtma, aydınlatma ve soğutma gerçekleştirilir. Pasif olarak doğal ısı transfer mekanizmasıyla güneş enerjisi toplanır, depolanır ve dağıtılır. Ayrıca güneş kollektörleri, güneş pilleri vb. aktif ekipmanlar da yararlanılabilir.

e) Ürün kurutma ve seralar: Güneş enerjisinin tarım alanındaki uygulamalarıdır. Bu tür sistemler ilkel pasif yapıda olabileceği gibi, hava hareketini sağlayan aktif bileşenler de içerebilir. Bu sistemler dünyada kırsal yörelerde sınırlı bir biçimde kullanılmaktadırlar.

f) Güneş bacaları: Bu yöntemde güneşin ısı etkisinden dolayı oluşan hava hareketinden yararlanılarak elektrik üretilir. Güneşe maruz bırakılan şeffaf malzemeyle kaplı bir yapının içindeki toprak ve hava, çevre sıcaklığından daha çok ısınacaktır. Isınan hava yükseleceği için, çatı eğimli yapıp, hava akışı çok yüksek bir bacaya yönlendirilirse baca içinde 15 m/sn hızda hava akışı-rüzgar oluşacaktır. Baca girişine yerleştirilecek yatay rüzgar türbini bu rüzgarı elektriğe çevirecektir. Bir tesisin gücü 30-100 MW arasında olabilir. Deneysel bir kaç sistem dışında uygulaması yoktur.

g) Su arıtma sistemleri: Bu sistemler esas olarak sığ bir havuzdan ibarettir. Havuzun üzerine eğimli şeffaf-cam yüzeyler kapatılır. Havuzda buharlaşan su bu kapaklar üzerinde yoğunlaşarak toplanırlar. Bu tür sistemler, temiz su kaynağının bulunmadığı bazı yerleşim yerlerinde kullanılmaktadır.



Resim 2.2. Güneş ocakları

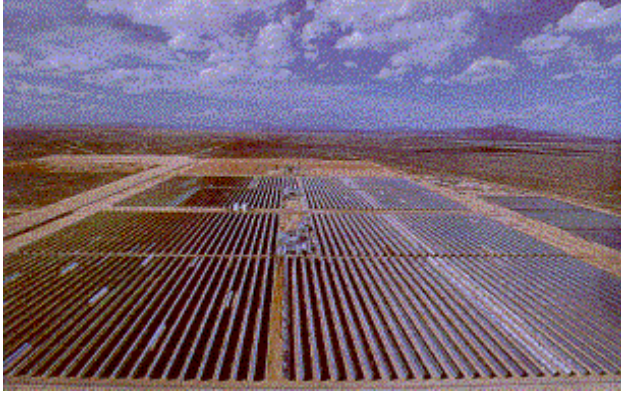
h) Güneş ocakları: Resim 2.2 de gösterildiği gibi çanak şeklinde ya da kutu şeklinde, içi yansıtıcı maddelerle kaplanmış güneş ocaklarında odakta ısı toplanarak yemek pişirmede kullanılır.

2.1.2. Yoğunlaştırıcı sistemler

a) Parabolik oluk kolektörler: Doğrusal yoğunlaştırıcı termal sistemlerin en yaygınıdır. Resim 2.3 ve Resim 2.4 de görüleceği gibi kolektörler, kesiti parabolik olan yoğunlaştırıcı dizilerden oluşur. Kolektörün iç kısmındaki yansıtıcı yüzeyler, güneş enerjisini, kolektörün odağında yer alan ve boydan boya uzanan siyah bir absorban boruya odaklarlar. Kolektörler genellikle, güneşin doğudan batıya hareketini izleyen tek eksenli bir izleme sistemi üzerine yerleştirilirler. Enerjiyi toplamak için absorban boruda bir sıvı dolaştırılır. Toplanan ısı, elektrik üretimi için enerji santraline gönderilir. Bu sistemler yoğunlaştırma yaptıkları için daha yüksek sıcaklığa ulaşabilirler. (350-400°C) Doğrusal yoğunlaştırıcı termal sistemler ticari ortama girmiş olup, bu sistemlerin en büyük ve en tanınmış olanı 350 MW gücündeki şimdiki Kramer&Junction eski Luz International santralleridir.



Resim 2.3. Parabolik oluk kolektörleri



Resim 2.4. 350 MW gücünde parabolik oluk güneş santrali-Kaliforniya

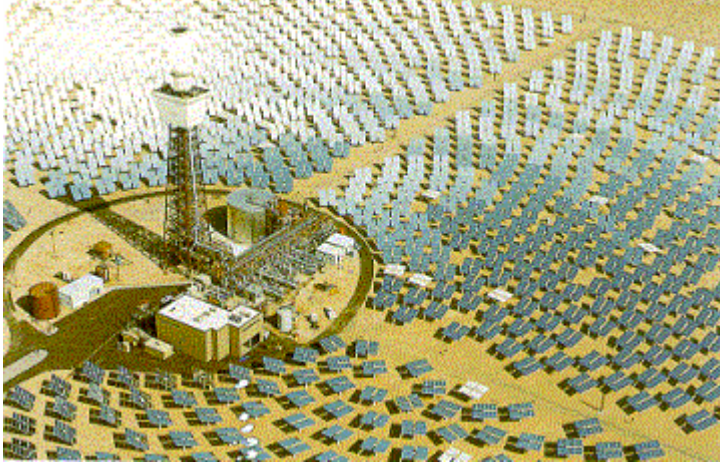
b) Parabolik çanak sistemler: İki eksenle güneşi takip ederek, sürekli olarak güneşi odaklama bölgesine yoğunlaştırırlar (Resim 2.5). Termal enerji, odaklama bölgesinden uygun bir çalışma sıvısı ile alınarak, termodinamik bir dolaşıma gönderilebilir ya da odak bölgesine monte edilen bir Stirling makine yardımı ile elektrik enerjisine çevrilebilir. Çanak-Stirling bileşimiyle güneş enerjisinin elektriğe dönüştürülmesinde % 30 civarında verim elde edilmiştir.



Resim 2.5. Parabolik çanak güneş ısı elektrik santrali (İspanya)

c) Merkezi alıcı sistemler: Tek tek odaklama yapan ve heliostat adı verilen aynalardan oluşan bir alan olup, güneş enerjisini alıcı denilen bir kule üzerine monte edilmiş ısı eşanjörüne yansıtır ve yoğunlaştırır (Resim 2.6). Alıcıda bulunan ve içinden akışkan geçen boru yumağı, güneş enerjisini üç boyutta hacimsel olarak absorbe eder. Bu sıvı, Rankine makineye pompalanarak elektrik üretilir. Bu

sistemlerde ısı aktarım akışkanı olarak hava da kullanılabilir, bu durumda sıcaklık 800°C'ye çıkar. Heliostatlar bilgisayar tarafından sürekli kontrol edilerek, alıcının sürekli güneş alması sağlanır. Bu sistemlerin kapasite ve sıcaklıkları, sanayi ile kıyaslanabilir düzeyde olup Ar-Ge çalışmaları devam etmektedir [7].



Resim 2.6. Solar I merkezi alıcı güneş ısı elektrik santrali (İspanya)

2.2. Güneş Pilleri (Fotovoltaik Piller)

Fotovoltaik (PV) sistemler, güneş enerjisini elektrik enerjisine çeviren sistemler olarak tanımlanır. Bu nedenle “güneş pilleri” olarak da adlandırılmaktadırlar. PV sistemler bir veya daha fazla PV modüllerden oluşmaktadırlar.

2.2.1. Bir PV modülünün özellikleri

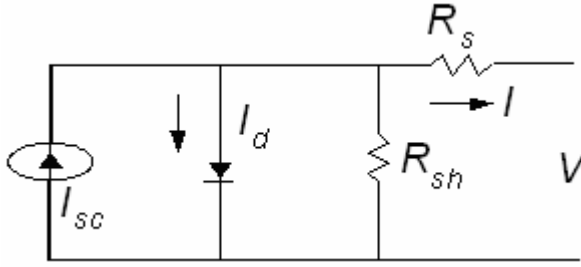
Bir PV modülünün özellikleri Standart Test Şartlarına (Standard Test Conditions-STC) göre belirlenmektedir. Bu koşullar:

- 1000W/m² ışınım,
- 25 °C Hücre sıcaklığı,
- AM 1.5 koşulu,
- Yatay ile 0° lik açı.'dır.

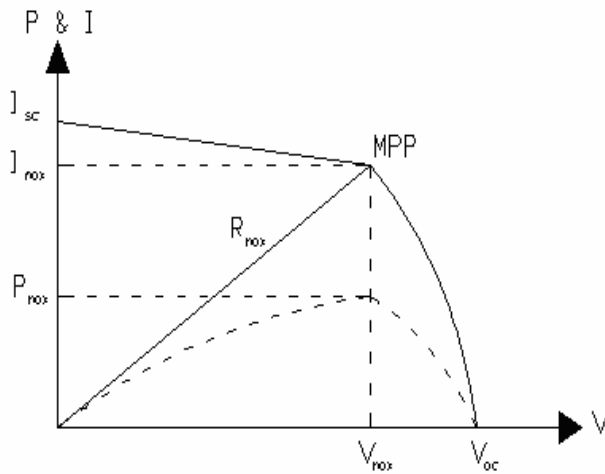
Bu koşullar altında elde edilen modül performansları:

- Açık Devre Voltajı
- Kısa Devre Akımı
- Maksimum Gücü
- Maksimum Güç Voltajı
- Maksimum Güç Akımı
- Fill Factor

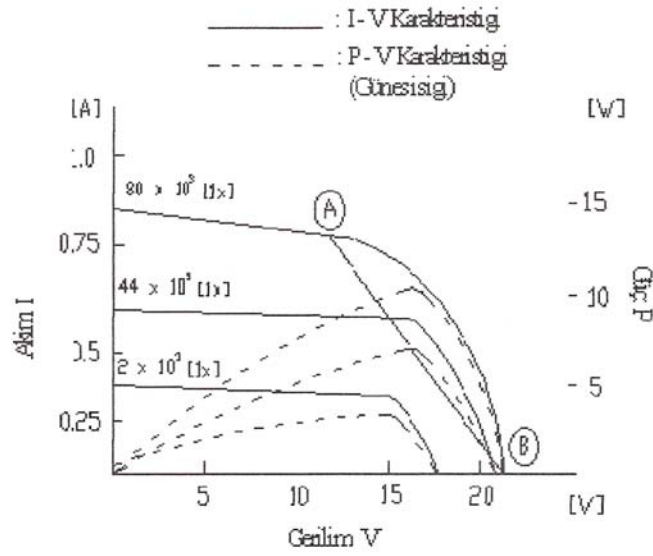
değerleri ile verilmektedir. Güneş pilleri ile ilgili, eşdeğer devre ve güç-akım-voltaj grafikleri aşağıda ilgili şekillerde verilmiştir.



Şekil 2.1. PV sistemlerin eşdeğer devresi

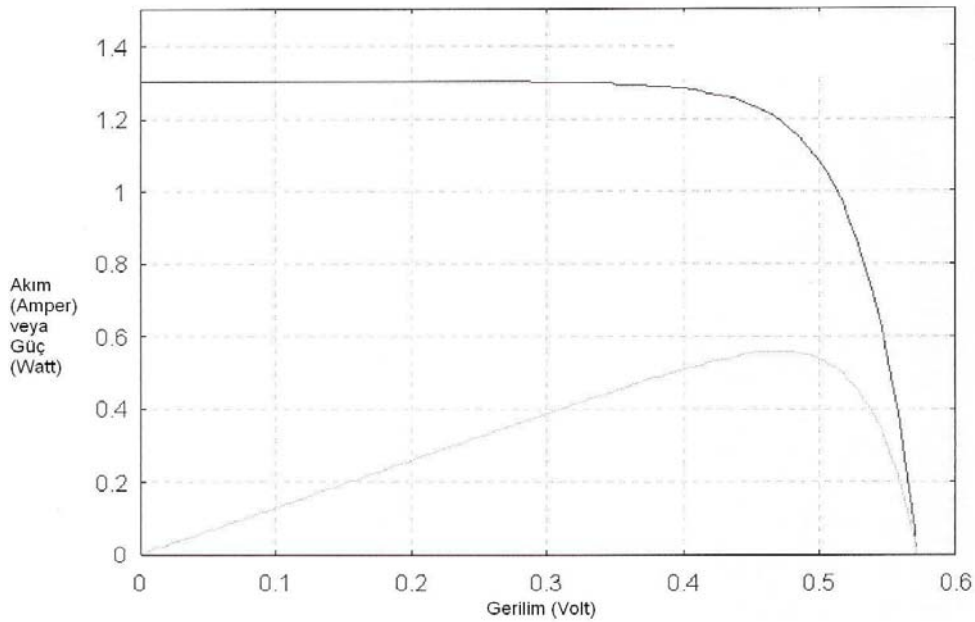


Şekil 2.2. Güneş pilinin maksimum güç noktası



Şekil 2.3. Güneş pilinin I-V, P-V karakteristiği

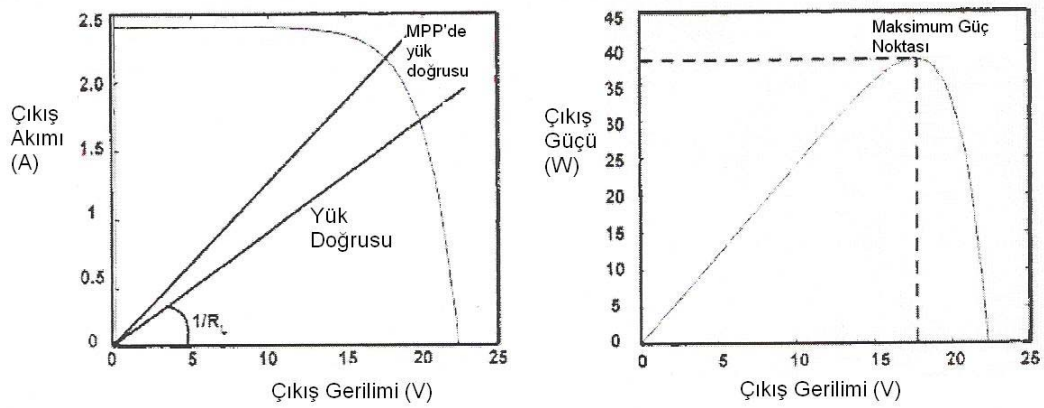
Güneş pili değişken çıkış gerilimi değerine göre değişen DA bir akım kaynağı olarak düşünülebilir.



Şekil 2.4. Genel olarak bir fotovoltaiik sistemin I-V karakteristiği

- Güneş ışığı şiddeti güneş pili tarafından üretilen I_{sc} ile doğru orantılıdır.
- Çıkış gerilimi ise aynı çıkış akımı için artan ışık şiddetiyle daha düşük oranda artar.

- Sıcaklık değişimiyle üretilen akımda az bir artış olur. üretilen gerilimde ise azalma meydana gelir
- Maksimum güç noktasında çalışmak için güneş pilinin gördüğü empedans değiştirilmelidir.
- Maksimum güç noktasına karşılık gelen akım ve gerilimde çalışan yük kullanılarak güneş pilinden maksimum güç çekilir.



Şekil 2.5. Güneş pilinin P-I, P-V karakteristiği

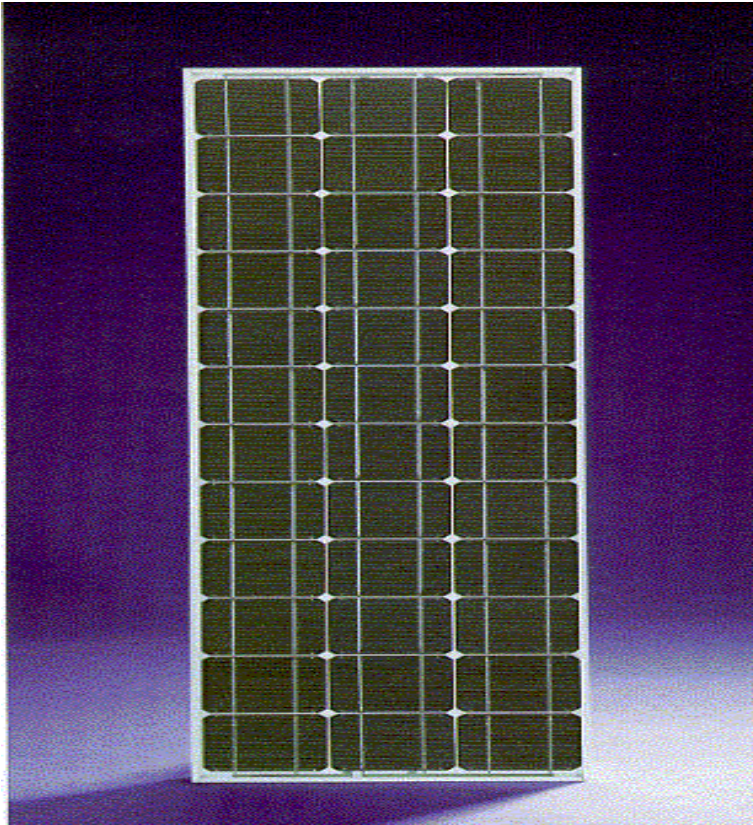
$$R_L = \frac{V}{I}$$

Güneş pilleri (fotovoltaik piller), yüzeylerine gelen güneş ışığını doğrudan elektrik enerjisine dönüştüren yarıiletken maddelerdir. Yüzeyleri kare, dikdörtgen, daire şeklinde biçimlendirilen güneş pillerinin alanları genellikle 100 cm² civarında, kalınlıkları ise 0,2-0,4 mm arasındadır.

Güneş pilleri fotovoltaik ilkeye dayalı olarak çalışırlar, yani üzerlerine ışık düştüğü zaman uçlarında elektrik gerilimi oluşur. Pilin verdiği elektrik enerjisinin kaynağı, yüzeyine gelen güneş enerjisidir.

Güneş enerjisi, güneş pilinin yapısına bağlı olarak % 5 ile % 20 arasında bir verimle elektrik enerjisine çevrilebilir.

Güç çıkışını artırmak amacıyla çok sayıda güneş pili birbirine paralel ya da seri bağlanarak bir yüzey üzerine monte edilir, bu yapıya güneş pili modülü ya da fotovoltaiik modül adı verilir. Güç talebine bağlı olarak modüller birbirlerine seri ya da paralel bağlanarak bir kaç Watt'tan megaWatt'lara kadar sistem oluşturulur.

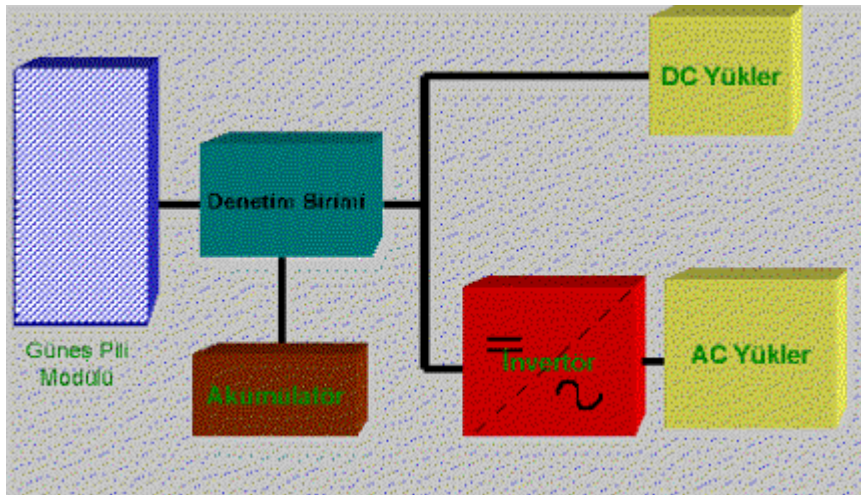


Resim 2.7. Güneş pili modülü

2.3. Güneş Pili Sistemleri ve Kullanım Alanları

Güneş pilleri, elektrik enerjisinin gerekli olduğu her uygulamada kullanılabilir. Güneş pili modülleri uygulamaya bağlı olarak, akümülatörler, dönüştürücüler, akü şarj denetim aygıtları ve çeşitli elektronik destek devreleri ile birlikte kullanılarak bir güneş pili sistemi (fotovoltaik sistem) oluştururlar. Bu sistemler, özellikle yerleşim yerlerinden uzak, elektrik şebekesi olmayan yörelerde, jeneratöre yakıt taşımanın zor ve pahalı olduğu durumlarda kullanılırlar. Bunun dışında dizel jeneratörler ya da başka güç sistemleri ile birlikte karma olarak kullanılmaları da mümkündür.

Bu sistemlerde yeterli sayıda güneş pili modülü, enerji kaynağı olarak kullanılır. Güneşin yetersiz olduğu zamanlarda ya da özellikle gece süresince kullanılmak üzere genellikle sistemde akümülatör bulundurulur. Güneş pili modülleri gün boyunca elektrik enerjisi üreterek bunu akümülatörde depolar, yüke gerekli olan enerji akümülatörden alınır. Akünün aşırı şarj ve deşarj olarak zarar görmesini engellemek için kullanılan denetim birimi ise akünün durumuna göre, ya güneş pillerinden gelen akımı ya da yükün çektiği akımı keser. Şebeke uyumlu alternatif akım elektriğinin gerekli olduğu uygulamalarda, sisteme bir dönüştürücü eklenerek akümülatördeki DA gerilim, 220 V, 50 Hz.lik sinüs dalgasına dönüştürülür (Şekil 2.6). Benzer şekilde, uygulamanın şekline göre çeşitli destek elektronik devreler sisteme katılabilir. Bazı sistemlerde, güneş pillerinin maksimum güç noktasında çalışmasını sağlayan maksimum güç noktası izleyici cihazı bulunur. Aşağıda şebekeden bağımsız bir güneş pili enerji sisteminin şeması verilmektedir.



Şekil 2.6. Güneş pili sistemi

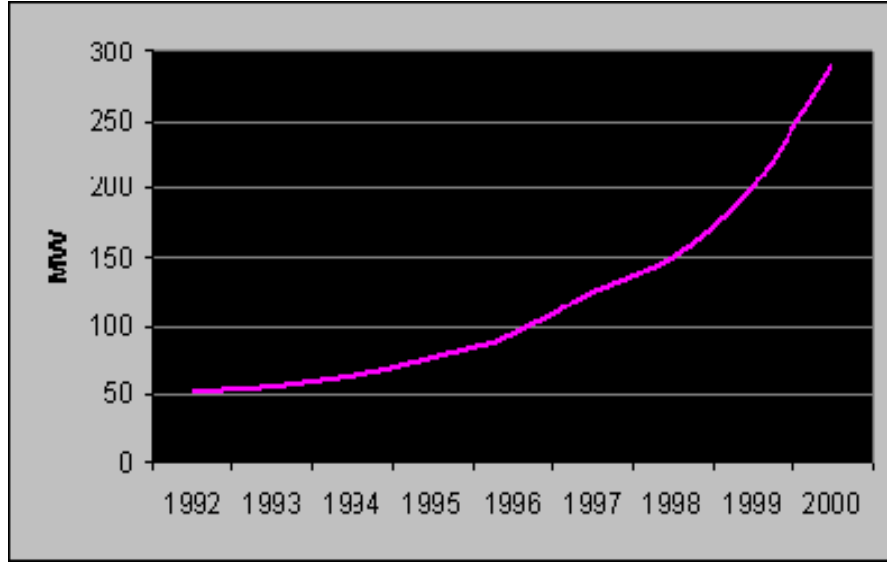
Şebeke bağlantılı güneş pili sistemleri yüksek güçte-santral boyutunda sistemler şeklinde olabileceği gibi daha çok görülen uygulaması binalarda küçük güçlü kullanım şeklindedir. Bu sistemlerde örneğin bir konutun elektrik gereksinimi karşılanırken, üretilen fazla enerji elektrik şebekesine satılır, yeterli enerjinin üretilmediği durumlarda ise şebekeden enerji alınır. Böyle bir sistemde enerji

depolaması yapmaya gerek yoktur, yalnızca üretilen DC elektriğin, AC elektriğe çevrilmesi ve şebeke uyumlu olması yeterlidir.

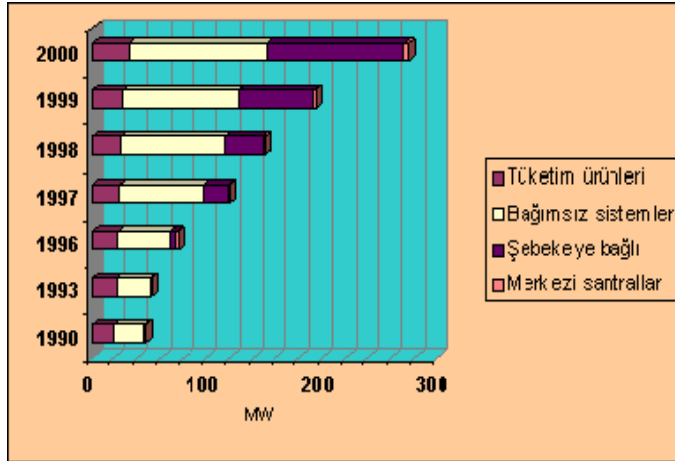
Güneş pili sistemlerinin kullanım alanları ve şebekeden bağımsız (stand-alone) olarak kullanıldığı tipik uygulama alanları hakkındaki aşağıda sunulmuştur.

- Haberleşme istasyonları, kırsal radyo, telsiz ve telefon sistemleri
- Petrol boru hatlarının katodik koruması
- Metal yapıların (köprüler, kuleler vb) korozyondan koruması
- Elektrik ve su dağıtım sistemlerinde yapılan telemetrik ölçümler, hava gözlem istasyonları
- Bina içi ya da dışı aydınlatma
- Dağ evleri ya da yerleşim yerlerinden uzaktaki evlerde TV, radyo, buzdolabı gibi elektrikli aygıtların çalıştırılması
- Tarımsal sulama ya da ev kullanımı amacıyla su pompajı
- Orman gözetleme kuleleri
- Deniz fenerleri
- İlk yardım, alarm ve güvenlik sistemleri
- İlaç ve aşı soğutma

Güneş pili sistemlerinin kullanım alanları ve uygulama örnekleri ile ilgili bazı şekil ve resimler aşağıda verilmiştir.



Şekil 2.7. Dünyada güneş pili satışları



Şekil 2.8. Dünyada kurulu güneş pilinin kullanım alanlarına göre dağılımı



Resim 2.8. çatısı güneş pili kaplı ev



Resim 2.9. Güneş pilleri ile sokak aydınlatması



Resim 2.10. Güneş pilleri ile bahçe aydınlatması



Resim 2.11. Şebekeye elektrik veren güneş pili (PV) sistemi

3. DOĞRU AKIM (DA) MOTORUNUN YAPISI VE MODELLENMESİ

3.1. DA Motorun Yapısı

DA motorlar genellikle üretim alanında, çeşitli uygulama mekanizmalarını çalıştırmak için kullanılan birinci tip enerji dönüştürücülerinden biridir. DA motorlar doğru akım enerjisini, mekanik enerjiye çeviren elektrik makinalarıdır. Bir DA motor stator, rotor, kollektör, fırçalar ve fırça taşıyıcılarından meydana gelir. Stator (endüktör) sargıları, doğru akımla uyarılır ve meydana getirdiği manyetik akı, rotoru (endüvi) keserek kapalı devre meydana getirir. Endüvideki kollektör ve fırça düzenekleri, endüvi iletkenlerinden akım geçmesini sağlar. Endüviden geçen akımın meydana getirmiş olduğu manyetik alanı ile endüktör sargılarının yarattığı manyetik alanın etkileşmesinden rotor döner.

DA motorları endüktör sargısının endüviye olan bağlantısına göre isim alır. Endüvi sargıları endüktör sargılarına seri bağlanmışsa seri motor, paralel bağlanmışsa paralel (şönt) motor, hem seri hem de paralel bağlantı varsa kompunt motor adını alır.

DA motorları doğru akımla çalıştırılabilirdiği gibi alternatif akımın diyotlu doğrultma devreleri, faz kontrollü doğrultucular (AA – DA dönüştürücü) ile doğru akıma dönüştürülmesiyle de çalıştırılabilir. Ayrıca sabit doğru gerilimi ayarlanabilir doğru gerilime çeviren DA – DA dönüştürücülerle de çalıştırılabilir.

Endüstride hız kontrolünün önemli olduğu yerlerde doğru akım motoru tercih edilir. Çünkü motoru değişik hızlarda çalıştırmak için kullanılan hız ayarlama yöntemleri, alternatif akım motorlarına göre daha basit ve ucuzdur. Genellikle sabit gerilimle beslenmelerine rağmen değişik hızlarda çalıştırılması için sadece motorun manyetik alanı değiştirilir.

Bir DA motoru oluşturan parçalar aşağıda ayrı ayrı incelenmiştir.

3.1.1. Stator

Stator, makinenin esas ve yardımcı kutupları ve bunların üzerindeki kutup sargılarından oluşur. Kutuplar karkasa vidalarla sabitlenmiştir. Karkas aynı zamanda kutuplarda indüklenen kuvvet çizgilerinin taşıyıcısıdır. Bu kuvvet çizgileri zamana bağlı olarak değişmediğinden karkasta demir kaybı söz konusu değildir. Motorun gücüne ve kullanıldığı yere göre, karkas dökme demir, dökme çelik veya silisli saclardan yapılır.

Durumu bakımından karkasa makinenin dış kabuğu demek doğru olur. Dış etkilere karşı duyarlı olan karkas uyarma bobinini ve endüvi sargılarını koruyacak şekilde örter. Küçük makinelerde karkas tek bir parçadan yapılırken, büyük makinelerde sırf imal ve taşınma güçlüklerinden ötürü iki veya daha fazla parçadan yapılır.

3.1.2. Kutuplar

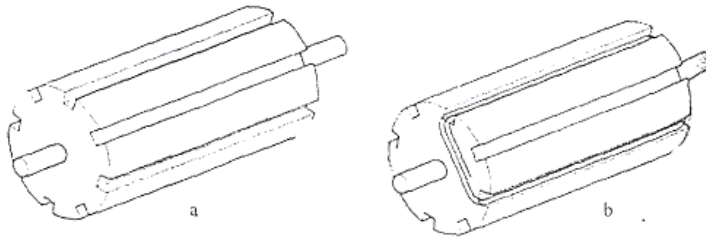
Kutuplar karkasa vidalar ile sabitlenmiştir. Kutupların alt kısımları üst kısımlarına göre daha geniş olup, buralara kutup ayaklan denir. Kutup ayağı ile karkas arasında kalan kısma kutup çekirdeği denir ve bu kısma uyarma bobini yerleştirilir. Uyarma bobininden geçen akımın doğru akım olması nedeniyle kutuplarda indüklenen manyetik akı da zamana bağlı değişmeyen doğru bir akıdır. Kutuplar ya silisli saclardan veya kutup çekirdeği dökme çelik ve alt kısmı da silisli sac paketinden yapılır. Kutup çekirdeğinin karkasa oturacak yüzeyi gayet temiz işlenmelidir, aksi takdirde pislik ve kötü işçilik sonucu arada kalacak boşluklardan ötürü paralel kollar simetrik olmaz. Yüzeyi gayet iyi işlenmeli ve sonra kutuplar kuvvetli vidalarla karkasa sıkı sıkıya oturtulmalıdır.

Uyarma bobini, iyice yalıtılmış olarak bu kutupların üzerine yerleştirilir. Uyarma şekline göre, uyarma bobinleri ince iletkenli ve çok sarımlı (şönt veya paralel uyarma) veya kalın iletkenli ve az sarımlı (seri uyarma) olur. Bazı doğru akım makinelerinde yukarıda söz konusu edilen bobin çeşitlerinin her ikisi de aynı zamanda bulunur (şönt ve seri uyarmalı kompunt makineler).

3.1.3. Rotor

Doğru akım makinelerinde rotora, üzerinde gerilim indüklenen sargıyı taşıdığından endüvi de denir. Şekil 3.3 a 'da üzerine sargıları henüz yerleştirilmemiş bir doğru akım makinesi endüvisi ve Şekil 3.3.b'de tamamlanmış bir endüvi görülmektedir.

Endüvi üzerindeki oluklara endüvi sargısı yerleştirilir. Sarılma işleminin daha kolay yapılabilmesini sağlamak için bu oluklar, tercihen açık olarak imal edilir. Endüvi sargısı bobinleri oluklara yerleştirdikten sonra oluk ağızları prespan veya tahta lamalarla kapanır. İletkenlerin yalıtılmasında mikanit, asbest ve çeşitli emayeli tel kullanılmaya başlanmıştır. Emayeli tellerden imal edilmiş sargıların ucuz olması nedeniyle bir çok fabrika, küçük ve orta güçteki makine sargılarında emayeli tel kullanmayı tercih etmektedir. İletken demetinin demir gövdeye karşı yalıtılmasında prespan veya mikanit kullanılır.



Şekil 3.1. a) Rotor b) Sargıları sarılı rotor

3.1.4. Kollektör

Bir doğru akım kollektörü lamellerden oluşmuştur. Bu lameller kırlangıç kuyruğu şeklinde olup, aralarında yapıştırıcı bir madde bulunan mikanit ile sıkı sıkıya izole edilirler. Endüvi sargısı bayrakçılar yardımı ile kollektör lamellerine sabitlenir. Bu levhacıklar (lameller) yalıtılmak suretiyle bir demir gövde üzerine monte edilir. Kollektör lamellerini taşıyan demir gövde ya küçük makinelerde olduğu gibi doğrudan doğruya mile veya orta ve büyük güçlerde olduğu gibi kollektör yıldızı denilen ikinci bir demir gövdeye geçirilir. Mile yerleştirilmiş bir kama kollektörün sağa veya sola kaymasını önler. Kollektör lamelleri sabitlenmiş oldukları demir

gövdeden mikanit izolasyon ile yalıtılırlar.

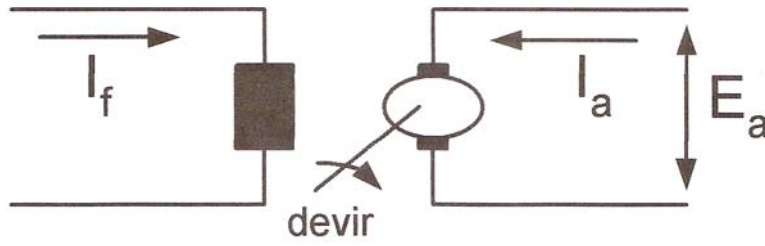
3.1.5. Fırçalar ve fırça taşıyıcısı

Akım kollektör yüzeyine temas etmekte olan fırçalar yardımı ile endüviye iletilir. Fırçalar fırça tutucularına ve fırça tutucuları da fırça taşıyıcısına bağlanır. Fırçalar makinenin akım şiddeti ve devir sayısına göre, sert, orta ve yumuşak olur. Akım şiddeti büyük ve gerilimi küçük olan makinelerde içinde bakır tozu bulunan grafit fırçalar kullanılır. Fırçalar ile kollektör yüzey arasındaki geçiş direncinin mümkün olduğu kadar küçük olması için fırça tutucusuna bağlanmış olan yay çalışma sırasında fırçaların belirli bir basınçla ($\sim 0,2 \text{ kg cm}^2$) kollektör yüzeyine oturmalarını sağlar. Geçiş direncinden ötürü fırçalarda bir gerilim düşüşü meydana gelir. Bu gerilim düşüşü normal kömür fırçalarda (+) ve (-) fırçaların her ikisinde birden 1,5-2 volt, madeni fırçalarda ise 0,6-1,0 volt kadardır. Fırçaların kollektör ile olan temas yüzeyi, buradaki akım yoğunluğunun belirli bir sınır içerisinde olması haline ($6-10 \text{ A/cm}^2$) göre seçilir.

3.2. DA Motorun Modellenmesi ve Çalışma Prensibi

3.2.1. Çalışma prensibi

Doğru akım makinesine ait devre şeması Şekil 3.4'te verilmiştir. Endüvi dönerken, endüvi üzerindeki iletkenler de manyetik alan içerisinde döndüklerinden onlarda bir endüksiyon elektromotor kuvveti indüklenir. Sargılarda indüklenen bu gerilim, makinenin motor ya da dinamo olarak çalışmasına göre endüvi uç geriliminden farklıdır. Eğer makine motor olarak çalıştırılırsa endüvi gerilimi, endüvide gerilim düşümünden dolayı, endüviye uygulanan uç geriliminden daha küçüktür.



Şekil 3.2. Doğru akım makinasının prensip şeması

Şekil 3.4'teki devre şeması, makinenin motor olarak çalışma durumuna göre çizilmiştir. Eğer makine dinamo olarak çalıştırılırsa tork yön değiştirir. Doğru akım makinesi kullanım amacına göre dinamo ya da motor olarak çalıştırılabilir. Bu formlardan birisinde çalışma, makinede herhangi bir değişikliği gerektirmez. Burada önemli olan endüvi akımının meydana getiriliş biçimidir.

Manyetik alan içerisinde hareket halinde bulunan iletken bir elektromotor kuvveti indüklenir. Bu kuvvet iletkenin alana dik olma durumuna, iletkenin boyuna, manyetik akı yoğunluğuna ve hareketin hızına bağlıdır. İletkenin uçları bir yüke bağlanarak kapalı devre meydana getirilirse yük endüksiyon elektromotor kuvveti tarafından beslenerek bir akımı çeker.

Etkin uzunluğu " L " ve içerisinde " I " akımı geçen bir iletken B akı yoğunluğu olan bir alan içerisinde kalırsa, iletken manyetik alan tarafından itilir. İletkenin alana dik olma durumunda meydana gelen itme kuvvetinin büyüklüğü "Newton" olarak;

$$F = B \cdot I \cdot L \quad (3.1)$$

olur. Alan tarafından iletken üzerinde oluşturulan itme kuvvetinin yönü iletkenin taşıdığı akımın yönüne bağlıdır. İletkende itme kuvveti olduğu sürece iletken bir hareket veya dönme olayı meydana gelir [10].

3.2.2. DA motor modeli ve çeşitleri

Endüvi devresi modeli

DA motorun endüvi devresi Şekil 3.3 'deki model ile temsil edilir. Endüviye uygulanan gerilim (V_a), zıt emk (E_c), endüvi sargısı direnci (R_a) ile temsil edilir. Kapalı devre gerilim eşitliği;

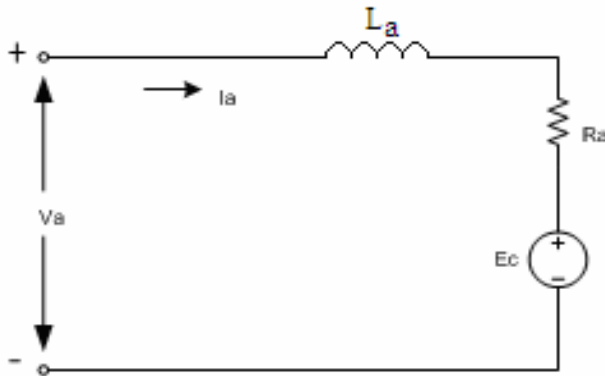
$$V_a = E_c + I_a R_a \quad (3.2)$$

kullanılarak endüvi akımı hesaplanır. Zıt emk; alan akısı ve endüvi açısal hızı ω veya devir sayısı n ile değişir.

$$E_c = K_1 \phi_f \omega \quad (3.3)$$

K_1 sabiti; endüvideki iletken sayısı, kutup sayısı gibi makine parametrelerine bağlıdır.

Motor dururken, motor devir sayısının $\omega = 0$ ve böylece yol alma başlangıcında motor zıt emk'nın $E_c = 0$ olduğu görülür.



Şekil 3.3. Bir DA motorun endüvi devresi modeli

Endüvide üretilen güç P_a ;

$$P_a = E_c I_a \quad (3.4)$$

Net çıkış gücü (P_o) ise endüvi gücünden döner kayıpların (P_{rot}) çıkarılması sonucu elde edilir.

$$P_o = P_a - P_{rot} \omega \quad (3.5)$$

Net çıkış gücü motor milinden elde edilen güçtür. Newton metre (Nm) olarak çıkış moment;

$$T_o = \frac{P_o}{\omega} \quad (3.6)$$

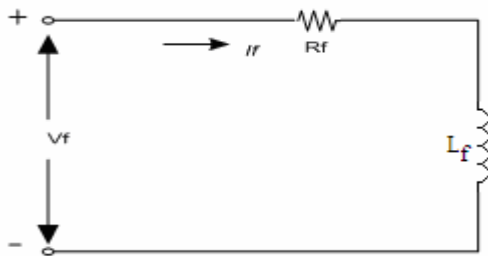
denkleminde hesaplanır. Burada ω açısal hız olup, birimi rad/s 'dir.

Uyartım devresi modeli

Doğru akım motorlarında tam bir performans analizi yapabilmek için uyartım devresinin endüvi devresine bağlantı şeklinin bilinmesi gerekmektedir. Şekil 3.4' de bir uyartım devresi modeli görülmektedir.

V_f : Uyartım devresi bir DA kaynağı

R_f : Alan sargısını temsil eden direnç



Şekil 3.4. Bir DA motorda uyartım devresi modeli

Eş. 3.4' de verilen zıt emk uyartım akısına bağlıdır. Elektrik makinalarında

kullanılan manyetik malzemelerin mıknastıslama karaktersitiği DA motorların uyarım kutupları için de geçerlidir. Kutupların hem doğrusal hem de doyum bölgeleri vardır. Ancak, alan akısının uyarım akımı ile doğru orantılı değiştiğini kabul etmek yaygın bir uygulamadır.

$$\phi_f = K_2 I_f \quad (3.7)$$

I_f : uyarım akımı

ϕ_f : Kutup akısı

Zıt elektromotor kuvvet;

$$E_c = K_1 K_2 I_f \omega \quad (3.8)$$

olarak tanımlanır.

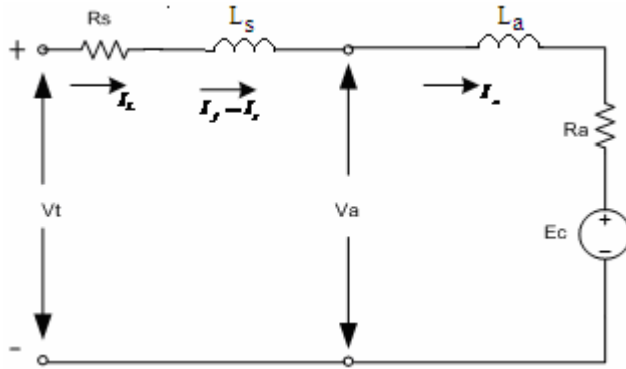
Doğru akım seri motorlarında alan sargısı endüvi sargısına seri bağlanmıştır. Şönt motorlarda ise alan sargısı endüvi sargısına paralel bağlanır. Bu iki bağlantının kombinasyonundan DA kompunt motor elde edilir.

DA seri motorlar

Doğru akım seri motorlarında alan sargısı endüvi sargısına seri bağlıdır.

R_s : Alan sargısı direnci

Şekil 3.5' den de görüldüğü gibi endüvi akımı, uyarım (alan) akımı ve yük akımı aynıdır. Uç gerilimi (V_T) ise endüvi uç gerilimi ile uyarım direncinde düşen gerilimlerin toplamına eşittir.



Şekil 3.5. Doğru akım seri motor devresi modeli

$$I_L = I_a = I_s = I_f \quad (3.9)$$

$$V_T = V_a + I_a R_s \quad (3.10)$$

$$V_T = E_c + I_a (R_a + R_s) \quad (3.11)$$

burada Eş. 3.8'den,

$$E_c = K_1 K_2 I_a \omega \quad (3.12)$$

olarak yazılabilir.

Endüvide üretilen güç;

$$P_a = E_c I_a \quad (3.13)$$

olarak verilir. Eşitlikte E_c yerine konulursa ;

$$P_a = [V_T - I_a (R_a + R_s)] I_a \quad (3.14)$$

elde edilir. Belirli terminal geriliminde ve makine parametrelerinde endüvide üretilen güç akımı ile ikinci dereceden bir parabolik olarak değişir. Verilen P_a gücüne göre Eş. 3.14 yeniden düzenlenerek;

$$(R_a + R_s)I_a^2 - V_T I_a + P_a = 0 \quad (3.15)$$

haline getirilir. I_a 'nın çözümü için;

$$I_a = \frac{V_T \pm \sqrt{V_T^2 - 4P_a(R_a + R_s)}}{2(R_a + R_s)} \quad (3.16)$$

elde edilir. Bu eşitlikte P_a 'nın sadece bir değerinde I_a 'nın bir çözümü vardır. Bu şartlar karekök içindeki terimlerin sıfır olmasını gerektirir.

$$V_T^2 - 4P_a(R_a + R_s) = 0 \quad (3.17)$$

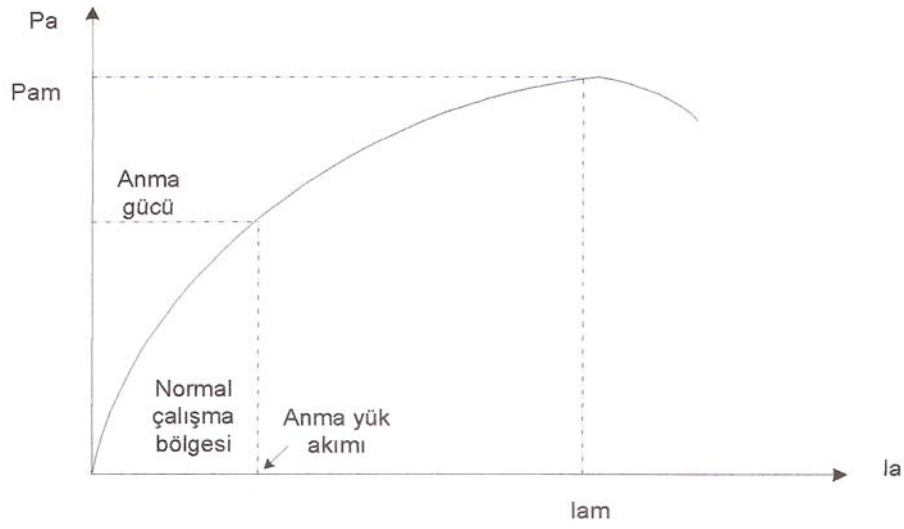
Bunun sonucunda motor tarafından sağlanabilecek en yüksek güç;

$$P_{am} = \frac{V_T^2}{4(R_a + R_s)} \quad (3.18)$$

olur ve bu güce karşılık endüvi akımı;

$$I_{am} = \frac{V_T}{2(R_a + R_s)} \quad (3.19)$$

DA motorun çalışma aralığı maksimum endüvi gücünden oldukça aşağıdadır.



Şekil 3.6. DA seri motor endüvisinde üretilen gücün endüvi akımı ile değişimi

Eş. 3.14’de endüvi ve seri alan dirençleri ihmal edilirse, I_a akımının yaklaşık bir değeri;

$$I_a \cong \frac{P_a}{V_T} \quad (3.20)$$

olarak hesaplanır. Motorun çıkış veya mil gücü endüvide üretilen güçten döner kayıpların çıkarılması ile elde edilir.

DA Seri motorun moment-hız karakteristiği

Endüvide üretilen moment;

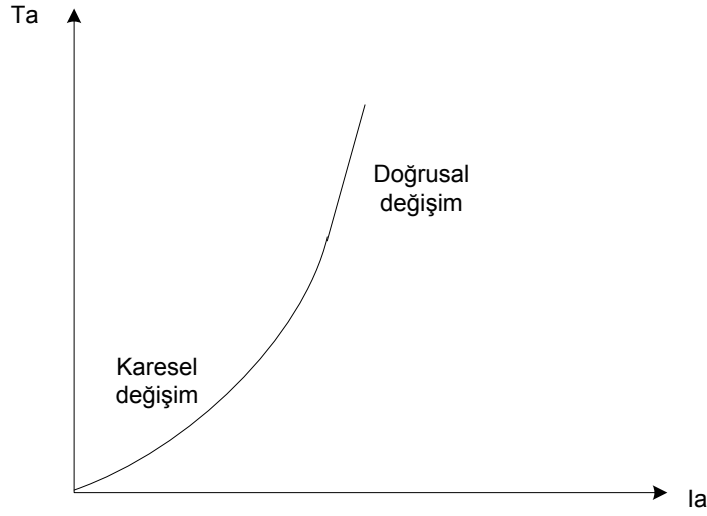
$$T_a = \frac{P_a}{\omega} \quad (3.21)$$

Eş. 3.12 ve Eş. 3.13 kullanılarak;

$$T_a = K_1 K_2 I_a^2 \quad (3.22)$$

elde edilir. Şekil 3.7’ de görüldüğü gibi nüvenin doymadığı bölgede moment endüvi akımının karesi ile değişirken doyum bölgesinde ise moment akımla doğrusal olarak artar. Eş. 3.11 ve Eş. 3.12’ nin kullanılmasıyla gerilim eşitliğinden E_c yok edilebilir.

$$V_T = K_1 K_2 I_a \omega + I_a (R_a + R_s) \quad (3.23)$$



Şekil 3.7. DA seri motor endüvi moment-i-akımı ilişkisi

Endüvi akımı terimleriyle açısal hız;

$$\omega = \frac{V_T}{K_1 K_2 I_a} - \frac{R_a + R_s}{K_1 K_2} \quad (3.24)$$

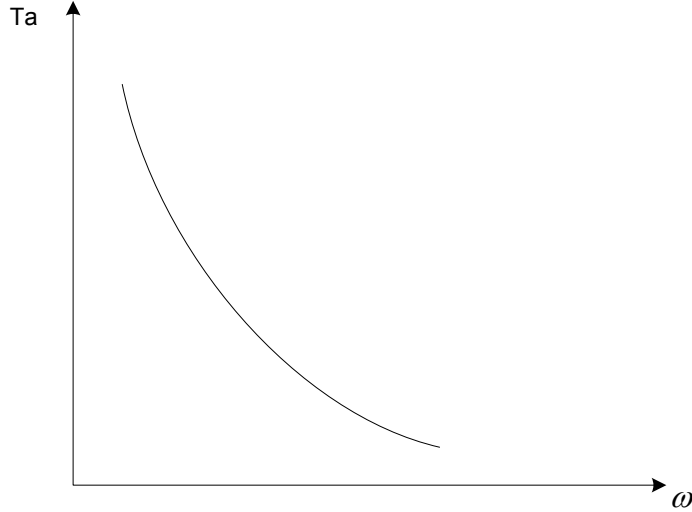
olarak ifade edilebilir. Eş. 3.24, endüvi akımının küçük bir değerinde bile motorun çok yüksek devir yapabildiğini gösterir. Bu sebepten motor yüksüz iken çalıştırılırsa motor devir sayısı çok aşırı yükselir ve tehlikeli durumlar meydana gelebilir. Bu duruma sebebiyet vermemek için DA seri motorlar hep motor miline yükün bağlı olduğu uygulamalarda kullanılır. Örnek olarak yük asansörü, vinç, tren motorları verilebilir. Eş. 3.24’ den endüvi akımı, açısal hız ile tanımlanabilir.

$$I_a = \frac{V_T}{K_1 K_2 \omega + (R_a + R_s)} \quad (3.25)$$

Eş. 3.25, Eş. 3.22' de yerine konulursa;

$$T_a = \frac{K_1 K_2 V_T^2}{[K_1 K_2 \omega + (R_a + R_s)]^2} \quad (3.26)$$

elde edilen Eş. 3.26, DA seri motorun moment-hız karakteristiğini verir ve Şekil 3.8' de gösterilmiştir.

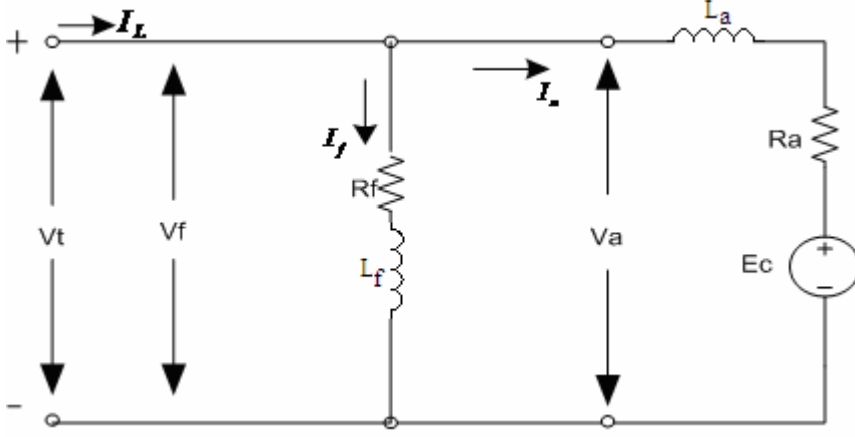


Şekil 3.8. Seri motorun moment-hız eğrisi

Doğru akım şönt motorlar

Şekil 3.9 da gösterildiği gibi şönt motorda alan sargısı ile endüvi sargısı birbirine paralel bağlıdır.

R_f veya R_{sh} : Uyartım sargısı direnci



Şekil 3.9. DA şönt motor devresi

V_a : Endüvi uç gerilimi

V_f : uyartım gerilimi

V_T : Terminal gerilimi veya uygulanan kaynak gerilimi

$$V_T = V_a = V_f \quad (3.27)$$

I_L = Hat akımı veya yük akımı

I_a = Endüvi akımı

I_{sh}, I_f = uyartım akımı

$$I_L = I_a + I_f \quad (3.28)$$

Uyartım akımı;

$$I_f = \frac{V_T}{R_f} \quad (3.29)$$

olur. Şekil 3.9 ‘dan devrenin gerilimi;

$$V_T = V_a = E_c + I_a R_a \quad (3.30)$$

ve Eş. 3.8' de yerine konulursa;

$$E_c = K_1 K_2 \frac{V_T}{R_f} \omega \quad (3.31)$$

olarak yazılabilir.

Bu eşitlikte sabit kaynak gerilimi ve alan direnci şartında zıt emk değerinin endüvi hızı ω ile orantılı değiştiği görülür.

Doğru akım şönt motorların endüvi güç-akım karakteristiği

Endüvide üretilen güç;

$$P_a = E_c I_a \quad (3.32)$$

yerine, Eş. 3.30 kullanılarak;

$$P_a = (V_T - I_a R_a) I_a \quad (3.33)$$

yazılabilir. Seri motor endüvi güç eşitliğinde $R_s=0$ yapılırsa, şönt motor endüvi güç eşitliğine eşit olur.

$$I_a = \frac{V_T \pm \sqrt{V_T^2 - 4P_a R_a}}{2R_a} \quad (3.34)$$

Endüvide üretilen gücün maksimum değeri;

$$P_{am} = \frac{V_T^2}{4R_a} \quad (3.35)$$

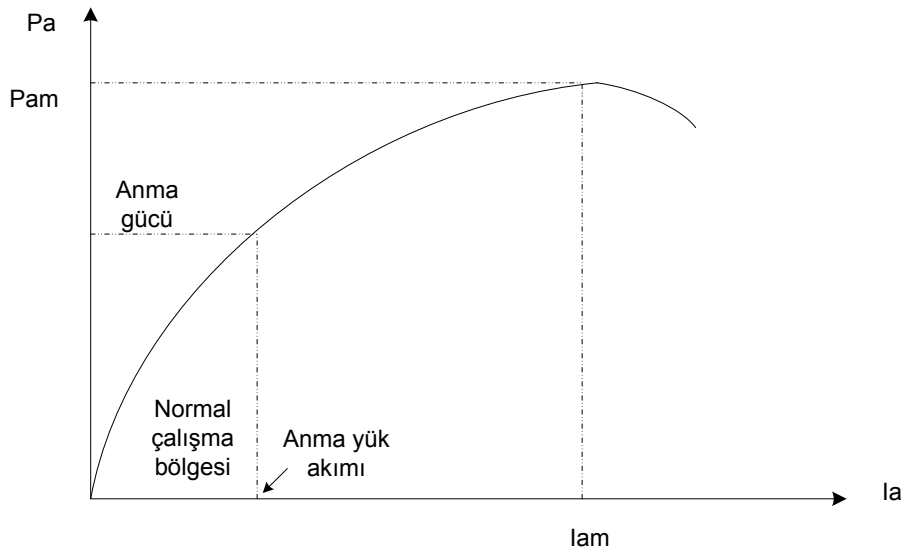
Bunu sağlayan akım değeri;

$$I_a = \frac{V_T^2}{2R_a} \quad (3.36)$$

Eş. 3.34' de $I_a R_a$ ihmal edilirse endüvi akımının yaklaşık değeri;

$$I_a \cong \frac{P_a}{V_T} \quad (3.37)$$

eşitliğiyle hesaplanır. Bu eşitliğe göre kaynak gerilimi sabitken endüvi akımının endüvide üretilen güç ile yaklaşık olarak orantılı değiştiği görülebilir. DA şönt motorun tipik P_a - I_a eğrisi şekilde verilmiştir.



Şekil 3.10. Bir DA şönt motorda endüvi gücü-akımı ilişkisi

Doğru akım şönt motorların moment-hız karakteristiği

Endüvide üretilen moment,

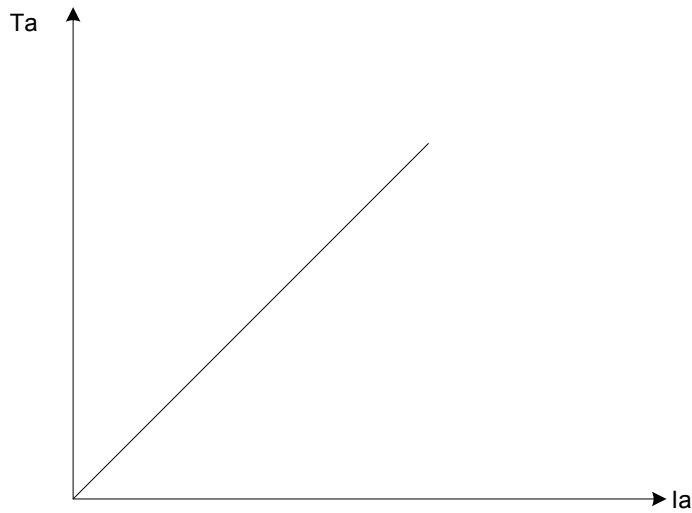
$$T_a = \frac{P_a}{\omega} \quad (3.38)$$

endüvi gücünün açısal hızla oranlanmasıyla bulunur.

$$T_a = K_{sh} I_a \quad (3.39)$$

Bu eşitliğe göre DA şönt motorda endüvi iç momentinin endüvi akımı ile doğru orantılı olarak değiştiği Şekil 3.11' de gösterildiği gibi çok açıktır.

$$\omega = \frac{V_T - I_a R_a}{K_{sh}} \quad (3.40)$$



Şekil 3.11. Bir DA şönt motorda endüvi momentinin endüvi akımı ile değişimi

Yüksüz durumda, $I_a = 0$ olduğundan açısal hız;

$$\omega_o = \frac{V_T}{K_{sh}} \quad (3.41)$$

olur. Eş. 3.40 ve Eş. 3.41' den;

$$\omega = \omega_o - \frac{R_a}{K_{sh}} I_a \quad (3.42)$$

elde edilir. Burada $\frac{R_a}{K_{sh}}$ değeri genellikle çok küçüktür, ihmal edilebilir. Bundan dolayı pratikte DA motorlar genellikle sabit devirli motorlar olarak kabul edilirler. Hızın endüvi akımı ile değişim eğrisi Şekil 3.12 'de verilmiştir. Moment-hız değişimi ise Eş. 3.39 ve Eş. 3.40' dan,

$$T_a = \frac{K_{sh}}{R_a} (V_T - K_{sh} \omega) \quad (3.43)$$

ve Eş. 3.41 kullanılarak endüvi momenti;

$$T_a = \frac{K_{sh}^2}{R_a} (\omega_o - \omega) \quad (3.44)$$

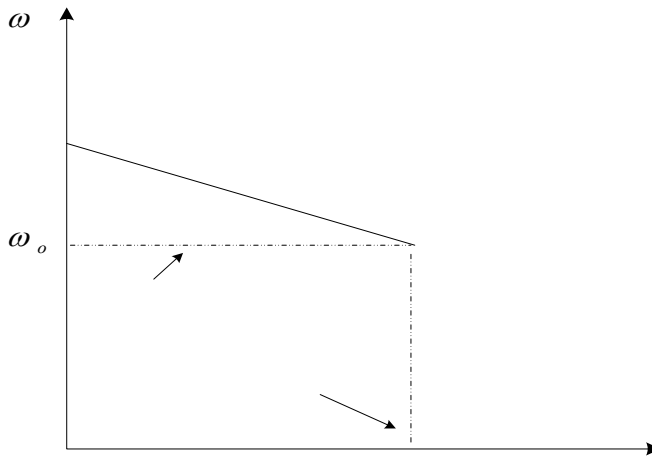
elde edilir. Burada ω_o motorun yüksüz durumdaki hızıdır. Motorun hızının moment ile değişimi ise ;

$$\omega = \frac{V_T}{K_{sh}} - \frac{T_a R_a}{K_{sh}^2} \quad (3.45)$$

veya

$$\omega = \omega_o - \frac{T_a R_a}{K_{sh}^2} \quad (3.46)$$

olur. Moment-hız eğrisi, endüvi akım-hız eğrisinin aynısıdır. Ve böylece Şekil 3.12’de her iki değişken aynı yatay ekseninde gösterilmiştir.

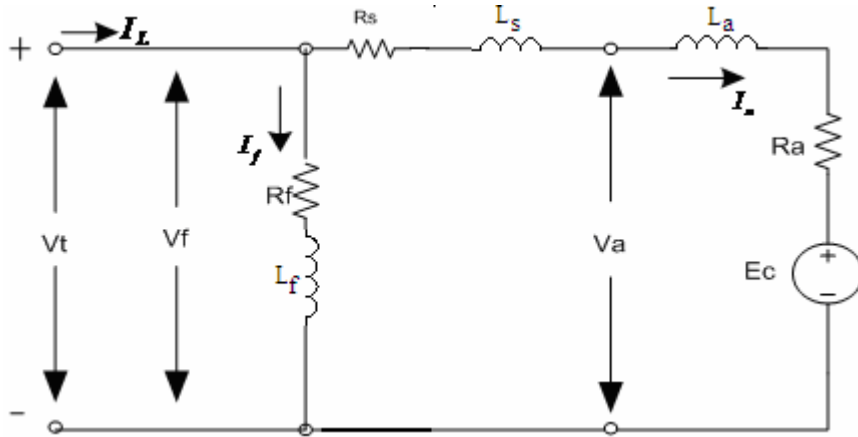


Şekil 3.12. DA şönt motor devir sayısının endüvi akımı (veya moment) ile değişimi

Doğru akım kompunt motorlar

DA kompunt motorlarda hem seri hem de alan sargıları kullanılır. İki sargının birleşik etkisi ile toplam akı meydana gelir. Şönt alanın etkisi seri alana göre çok yüksektir. Seri alan şönt alanı kuvvetlendirirse makine “artmalı veya eklamalı kompunt”, seri alan şönt alanı zayıflatacak yönde ise makine “azaltmalı veya çıkarmalı kompunt” olarak adlandırılmaktadır.

Seri alan sargısının endüvi sargısı ile seri bağlı ve şönt sargının kaynağa paralel bağlandığı şekle “uzun şönt kompunt” motor denir. Seri sargının kaynağa seri bağlı ve şönt sargının endüvi uçlarına paralel bağlandığı şekle ise “kısa şönt kompunt” motor denir. Buradaki analizlerde “uzun şönt kompunt” motor kullanılacaktır.



Şekil 3.13. Uzun şönt kompunt DA motor devresi

Artırmalı DA kompunt motorlarda alan akısı;

$$\phi_f = K_3 I_{sh} + K_4 I_a \quad (3.47)$$

K_3 ve K_4 sabitleri şönt ve seri sargı parametrelerini temsil ederler. Azaltmalı kompunt motorlarda alan akısı;

$$\phi_f = K_3 I_{sh} - K_4 I_a \quad (3.48)$$

Şekil 3.13' deki devreden gerilim, yük akımı, uyarım akımı, endüvi gücü ve moment eşitlikleri yazılabilir.

$$V_T = E_c + I_a (R_a + R_s) \quad (3.49)$$

$$I_{sh} = \frac{V_T}{R_f} \quad (3.50)$$

Endüvi gücü;

$$P_a = E_c I_a \quad (3.51)$$

Endüvi momentİ;

$$T_a = \frac{P_a}{\omega} \quad (3.52)$$

ve zıt emk;

$$E_c = K_1 \phi \omega \quad (3.53)$$

olarak ifade edilir. Eş. 3.49 ve Eş. 3.51 ‘den zıt emk;

$$E_c = K_1 (K_3 I_s \pm K_4 I_a) \omega \quad (3.54)$$

olarak elde edilir. Bu zıt emk eşitliğinde $\pm$ yerine pozitif işaret artırmalı kompunt, negatif işaret ise azaltmalı kompunt için kullanılır. Elde edilen bu eşitlikler ile kompunt motorun performans analizi kolayca yapılabilir. Eş. 3.49 ve Eş. 3.51 ‘den $I_a - P_a$ ilişkisi elde edilir.

$$P_a = [V_T - I_a (R_a + R_s)] I_a \quad (3.55)$$

Bu eşitlik, seri motor eşitliğinin aynısıdır. Şönt motor eşitliğinde, $R_s = 0$ kabul edilirse, yine aynı sonucu verir. Eş. 3.51 ve Eş. 3.53 kullanılarak;

$$T_a = K_1 \phi_f I_a \quad (3.56)$$

elde edilir.

Eş.3.47 ve Eş. 3.48 ‘de tanımlanan ϕ_f değeri Eş. 3.56 ‘da yerine konulursa, kompunt motorun ürettiği moment ifadesine ulaşılır.

$$T_a = K_1 (K_3 I_{sh} \pm K_4 I_a) I_a \quad (3.57)$$

Artırmalı bir kompunt motor aynı endüvi akımında şönt motordan daha yüksek moment üretmektedir. Azaltmalı bir kompunt motor ise aynı endüvi akımında şönt motordan daha düşük moment üretmektedir.

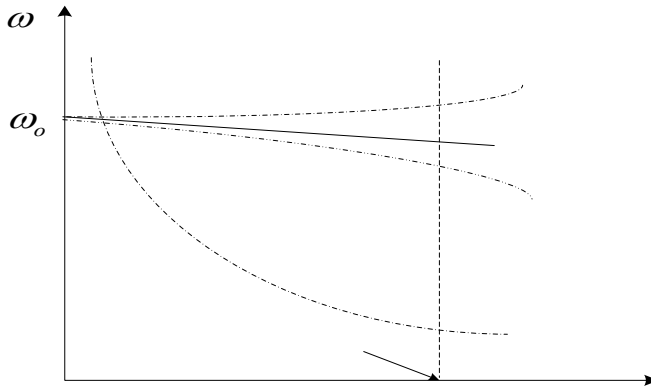
Eş. 3.49 ve Eş. 3.54 kullanılarak, motor açısal hızı endüvi akımı ile ifade edilebilir.

$$\omega = \frac{V_T - I_a (R_a + R_s)}{K_1 (K_3 I_{sh} \pm K_4 I_a)} \quad (3.58)$$

Eş. 3.58 ' de verilen kompunt motor hız eşitliğinde $\pm$ yerine $+$ işareti konulursa artırmalı kompunt motor hız eşitliği;

$$\omega = \frac{V_T - I_a (R_a + R_s)}{K_1 (K_3 I_{sh} + K_4 I_a)} \quad (3.59)$$

elde edilir. Bu eşitlikte endüvi akımı artarsa yani motor yükü artarsa pay azalırken payda artar ve motor hızı azalır. Şekil 3.14' e dikkat edilirse artırmalı kompunt motorda hız düşmesi oranı şönt motora göre daha fazladır.



Şekil 3.14. Değişik bağlantılı DA motorlar için hız-endüvi akımı karakteristiklerinin karşılaştırılması

Azaltmalı kompunt motor için ise Eş. 3.58 ‘de $\pm$ yerine $-$ işareti kullanılmalıdır.

$$\omega = \frac{V_T - I_a(R_a + R_s)}{K_1(K_3I_{sh} - K_4I_a)} \quad (3.60)$$

Azaltmalı kompunt motorda yük arttıkça payda azalır, devir sayısı artar. Eğer $(K_3I_{sh} - K_4I_a)$ değeri sıfıra yaklaşırsa, motor devir sayısı çok tehlikeli bir şekilde artar ve motor kontrolü kaybedilir. Azaltmalı kompunt motor yapısından kaynaklanan kararsızlık nedeniyle paratikte çok nadir kullanılır [2].

Doğru akım kompunt motorların moment-hız karakteristiği

Kompunt motorun moment-hız karakteristiği seri ve şönt motorların karakteristiklerinden elde edilebilir. Eş. 3.57 ‘den;

$$T_a = T_{sh} + T_s \quad (3.61)$$

yazılır.Burada;

$$T_{sh} = K_1K_3I_{sh}I_a \quad (3.62)$$

$$T_s = K_1K_4I_a^2 \quad (3.63)$$

Hızın bir fonksiyonu olarak Eş. 3.58 ‘ den elde edilen endüvi akımı;

$$I_a = \frac{V_T - K_1K_3I_{sh}\omega}{R_a + R_s + K_1K_4\omega} \quad (3.64)$$

Eş. 3.57 ‘ de yerine konulursa, sonuçta kompunt motorun moment eşitliği elde edilir.

$$T_a = K_1 \left[K_3 I_{sh} \frac{V_T - K_1 K_3 I_{sh} \omega}{R_a + R_s + K_1 K_4 \omega} + K_4 \frac{(V_T - K_1 K_3 I_{sh} \omega)^2}{(R_a + R_s + K_1 K_4 \omega)^2} \right] \quad (3.65)$$

Bu moment eşitliğinden kompunt motorun şönt ve seri alanların katkısıyla oluşan iki moment bileşenine sahip olduğu görülür.

3.2.3. DA motor hız kontrol yöntemleri

Doğru akım motorları, değişken kolay hız değiştirme özelliklerine sahip olduğundan hızın kontrol edilmesi istenen yerlerde kullanılırlar. Yüksek yol alma momenti sağladığından, hız kontrolü geniş aralıklarda yapılır. Hız kontrolü alternatif akım motorlarına göre daha kolay ve daha ucuzdur. Kontrollü doğrultucular, sabit AA gerilimden değişken DA gerilimi elde ederken, kıyıcılar ise sabit DA gerilimi değişken DA gerilime çevirir. DA motorun hızı aşağıdaki yöntemlerle ayarlanabilir.

- a- Endüvi devresi direncini (R_a) değiştirerek
- b- Uyarma akımını (I_a) değiştirerek
- c- Motor terminal geriliminin değiştirilmesi ile hız kontrolü

Endüvi devresi direncinin değiştirilmesi ile hız kontrolü

Endüvi devresi direncinin değiştirilmesi için endüvi devresine seri dirençler bağlanır ve böylece motorun hızı ayarlanabilir. Bu metod en çok DA motorlara kademeli olarak yol vermek için kullanılır. Bu uygulamada kullanılan seri dirençler sürekli olarak kullanımda kalırlarsa dirençler üzerinde önemli ölçüde güç kaybı meydana gelecektir. Bu nedenle endüvi direncinin değiştirilmesi, sürekli hız değişimi gerektiren yerlerde tercih edilmez.

Uyarma akımının değiştirilmesi ile hız kontrolü

Uyarma akımının değiştirilmesi ile hız kontrolü seri ve paralel uyarımlı DA

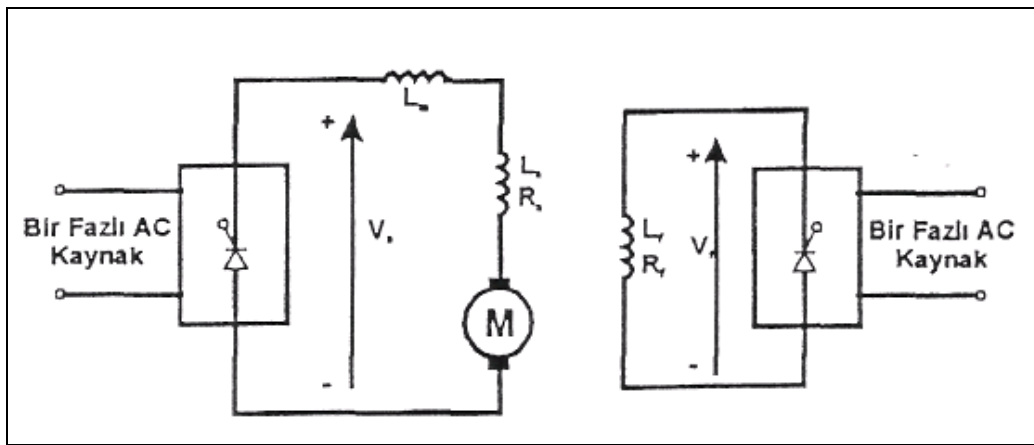
motorlarda tercih edilen bir yöntemdir. Bu yöntemde endüvi uç gerilimi değişmemektedir. Motorun paralel uçlarına bağlanan ayarlı bir direnç yardımıyla uyarma akımı değiştirilir. Uyarma akımının değişimi manyetik akının değişmesine neden olacak ve hızın değişimi gerçekleşecektir. Bu yöntemde paralel uyarma devresinden geçen uyarma akımı, endüvi devresi akımına göre çok küçük olduğu için Yarıiletkenlerle kontrol devreleri üç grupta toplanır. manyetik alan ayar direnci üzerinde oluşan enerji kaybı az olacaktır.

Motor terminal geriliminin değiştirilmesi ile hız kontrolü

- a- Tek fazlı kontrol
- b- Kıyıcı (Chopper) sürücüler
- c- Darbe Genişlik Modülasyonu (DGM) ile hız kontrolü

Bir fazlı sürücülerle hız kontrolü

DA motorun endüvi devresindeki giriş gerilimi, tristör ya da diyot kullanılarak tek fazlı bir alternatif geriliminden elde edilmektedir. Motor uçlarındaki gerilim, tristörün tetikleme açısı (α) değiştirilerek ayarlanır. Uygulanan gerilimin yarısı kullanılarak motor beslendiğinden verim oldukça düşüktür.



Şekil 3.15. Bir fazlı DA dönüştürücülü sürücü

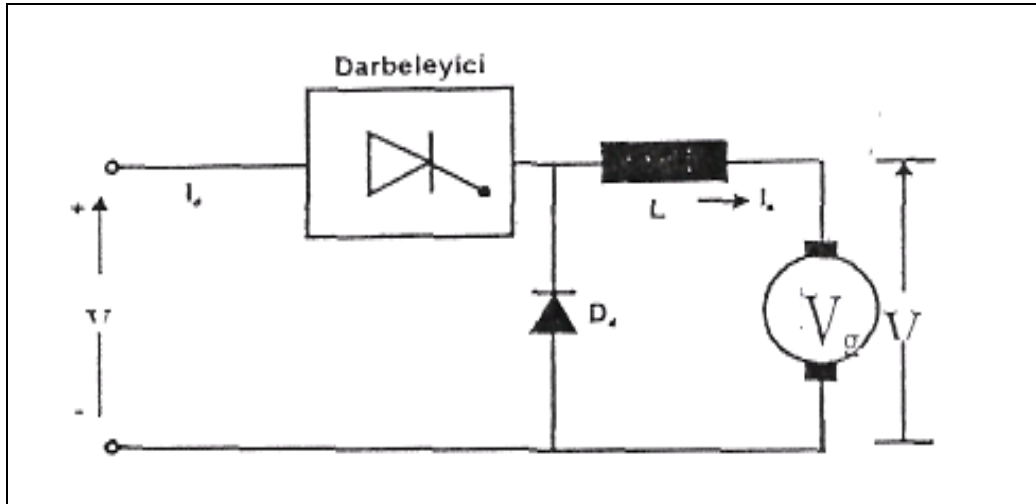
Şekil 3.15' te gösterilen bir fazlı yarım dalga sürücü kullanılarak bir DA motor kontrol edildiğinde, endüvi geriliminin değeri, α tetikleme açısı 0 ile π arasında değiştirilmek suretiyle,

$$V_a = \frac{V_m}{\pi} (1 + \cos \alpha_a) \quad (3.66)$$

olarak hesaplanır. Burada V_m , AA kaynak geriliminin maksimum değeridir. Kontrol işlemini tam dalga olarak da gerçekleştirmek mümkündür.

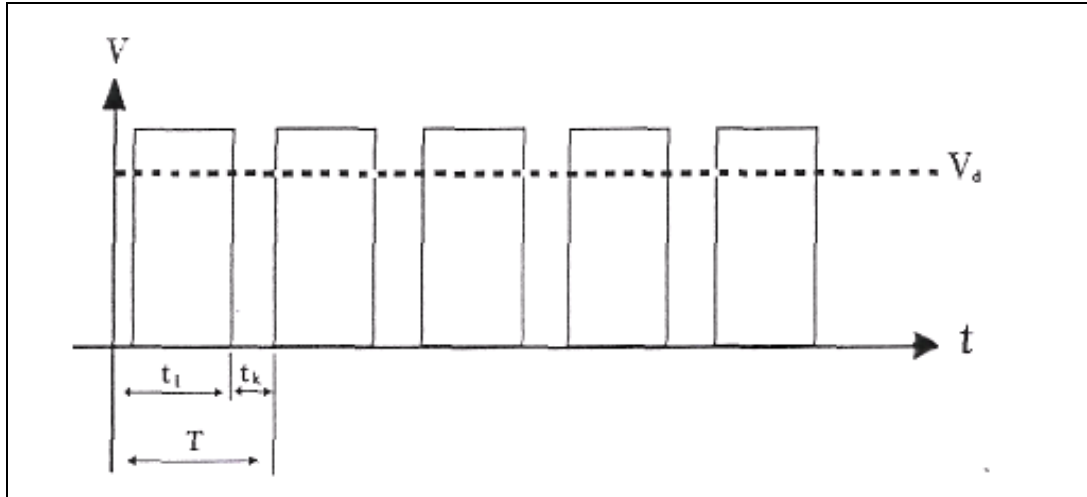
Kıyıcı (Chopper) sürücüler

Endüvi gerilimini değiştirmek için bir DA kıyıcı, sabit gerilimli bir DA kaynak ile DA motorun arasına bağlanır. Kıyıcılar motor endüvi devresi ile güç kaynağı arasındaki bağlantıda devre kesici yardımıyla saniyede yüzlerce kez açılıp kapanma esasına göre çalışırlar. Kıyıcı tipi sürücülerde verim oldukça yüksek olup, hızın kontrolü sürekli olarak değiştirilebilir ve motor gerekli durumlarda bir jeneratör olarak frenlenebilir.



Şekil 3.16. Kıyıcı devresi ile hız kontrol devresi

Şekil 3.16' da görülen kıyıcı devre ile hız kontrol devresi, endüstriyel tahrik sistemlerinde, trolley, elektrik ile çalışan frenlerlerde tercih edilen sistemdir [2].



Şekil 3.17. Kıyıcı devresi gerilim-zaman eğrisi

Kıyıcı devresindeki tristör, kesici görevi yapar ve endüvi devresi gerilimini saniyede yüzlerce kez açıp kapatır. Şekil 3.17' de kıyıcı devrenin gerilim zaman ilişkisi görülmektedir. Endüvi devresinin iletim süresi t_i (t_{on}), kesim süresi t_k (t_{off}) istenildiği gibi azaltılıp çoğaltılarak motora uygulanan gerilimin V_m etkin değeri ve dolayısıyla motor dönüş yönü ve hızı istenildiği gibi ayarlanabilir. Bu durumda yük uçlarında oluşan gerilim;

$$V_y = V \frac{t_i}{t_i + t_k} \quad (3.67)$$

olarak hesaplanır [10].

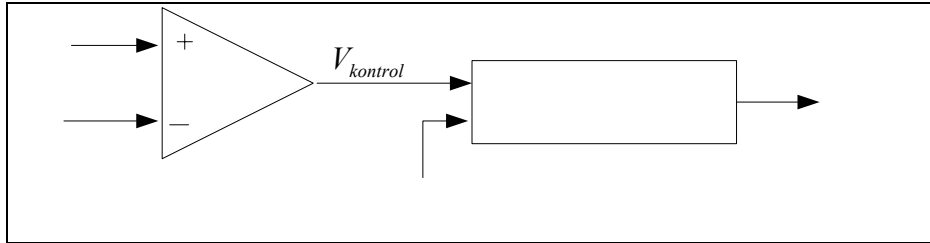
Darbe genişlik modülasyonu (DGM) ile hız kontrolü

Motorun hızı onun terminalına uygulanan gerilimin ayarlanmasıyla denetlenir. Motora uygulanan gerilimin seviyesini ayarlamak için dönüştürücünün anahtarlarına uygulanan sinyallerin genişliği ayarlanır. Kontrol gerilim işareti, gerçek çıkış

gerilimiyle istenen çıkış gerilimi arasındaki farkın (hatanın) kuvvetlendirilmesiyle elde edilir (Şekil 3.18). Testere dişi şeklinde gösterilen ve tepe değeri sabit olan peryodik dalganın frekansı, anahtarlama frekansını oluşturur. DGM ile kontrolde bu frekans sabit tutularak birkaç kilohertz ile birkaç yüz kilohertz arasındaki bir değere ayarlanabilir. Anahtarlama zamanı ile karşılaştırıldığında oldukça yavaş değişen kuvvetlendirilmiş hata işareti, testeredişi dalga şeklinden büyük olduğu zaman, anahtar kontrol işareti üretilerek anahtarı ilettime başlatır ve anahtarın ilettime geçmesini sağlar. Aksi durumda anahtar kesimdedir.

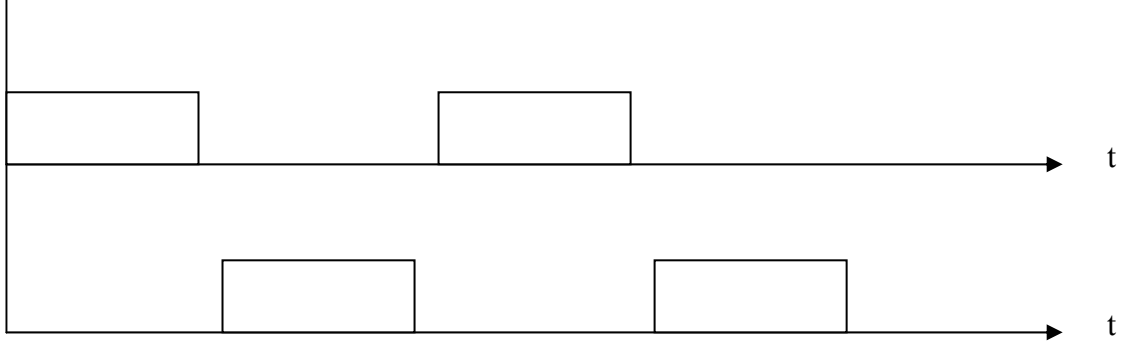
$$D = \frac{t_{on}}{T_s} \quad (3.68)$$

Şekil 3.19 anahtarların kapılarına uygulanan sinyallerin dalga şekillerini göstermektedir. Üsteki dalga birinci anahtarın kapısına ve diğeri dönüştürücünün ikinci anahtarının kapısına uygulanmaktadır. ($T_s = t_i + t_k$) [8].



Şekil 3.18. Darbe genişlik modülasyonu devrenin blok gösterimi

Kapılara uygulanan sinyaller



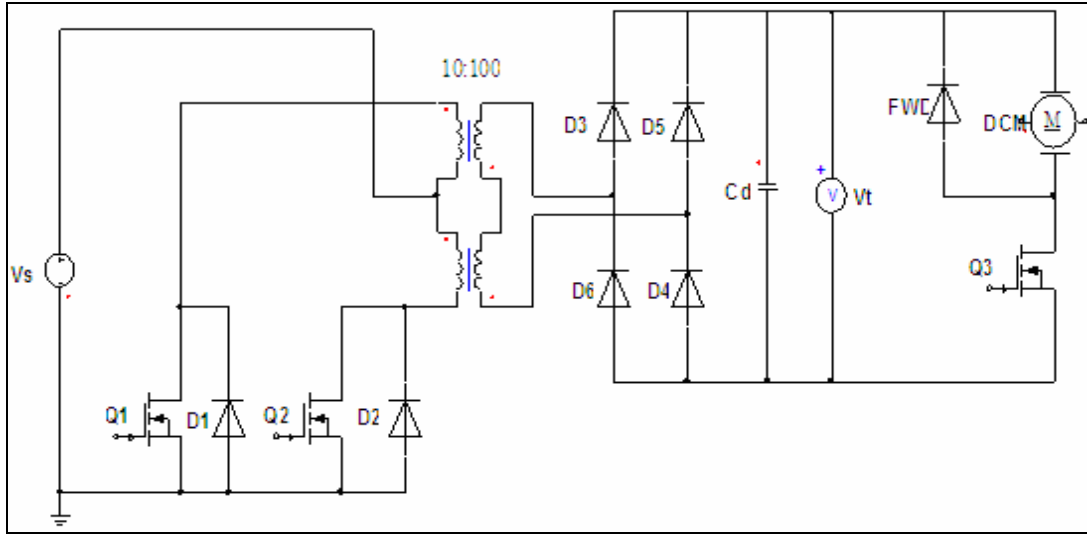
Şekil 3.19. Anahtarlar kapılarına uygulanan sinyaller

4. DEVRENİN ANALİZİ

Bu bölümde Şekil 4.1 de verilen ve bu çalışmayı oluşturan tüm devrenin analizi yapılmıştır. Çalışmada, PV çıkış voltajı sabit 24V kabul edilerek, PV sistemi sabit bir DA kaynağı olarak kabul edilmiştir.



Resim 4.1. Yapılan devrenin resmi

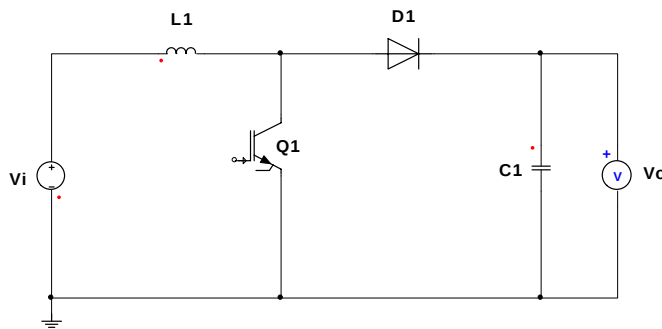


Şekil 4.1. Yapılan devrenin şekli

Şekil 4.1' e bakıldığında, tüm devre sırasıyla push-pull dönüştürücü, tam-dalga doğrultucu devresi ve DA seri motor ile bu motorun hız kontrolü için kullanılan $Q3$ anahtarını içermektedir.

4.1. PUSH-PULL Dönüştürücü

Çalışmanın temel amacı, bir PV sistemi çıkışından alınan düşük seviyeli DA voltajını (yaklaşık olarak 12-25V) uygun bir şekilde yükseltilecek (200-230V seviyesine kadar) bir DA motorunun sürülmesidir. Bu durumda, bu voltaj seviyesini elde etmek için akla gelen ilk yöntem Şekil 4.2 de görülen klasik 'Boost-Konverter' (voltaj yükseltici) devresinin kullanılmasıdır.



Şekil 4.2. Klasik Boost-dönüştürücü devresi

Şekil 4.2 deki devre $Q1$ anahtarının on-off yapılması esasına göre çalışıp, çıkış gerilim değeri,

$$V_o = \frac{V_i}{1-d} \quad (4.1)$$

olarak ifade edilir. Burada, d , görev faktörü (duty-cycle) olup, $d = \frac{t_{on}}{t_{on} + t_{off}}$ şeklinde

$Q1$ anahtarının açık-kapalı olmasına bağlıdır.

Bu devreyi kullanarak 24V seviyesini 200-240V seviyesine çıkarmak teorik olarak mümkün olsa da, pratikte bu devrenin sahip olduğu çok ciddi dezavantajlar vardır.

Bu dezavantajlar;

a-) Eş. 4.1' den de anlaşılacağı gibi, d parametresi 0.9 olarak ayarlanırsa giriş geriliminin 10 katı seviyesinde çıkış voltajı elde edilebilir. Fakat d faktörünün 0.9 olması demek kullanılacak anahtarın %90 oranında on olması demektir. Bu da, anahtar üzerinde ciddi akım stresleri ve kayıplara yol açarak devrenin verimini düşürür.

b-) Devreden de anlaşılacağı gibi, d parametresinin uzun süreli açık olması L_1 üzerinde ciddi voltaj düşümüne yol açarak verimi düşürür. Ayrıca, L_1 den geçecek akımın dalgacık oranını (ripple) düşürmek için yüksek değerde bir endüktans kullanılmalıdır. Bu da hem devrenin boyutunu hem de maliyetini arttırır.

Boost-dönüştürücü için yukarıda bahsedilen dezavantajları gidermek ve şebeke ile yük arasında izolasyon sağlamak (trafo vasıtasıyla) için push-pull dönüştürücü tercih edilmiştir. Şekil 4.3 'de görüldüğü gibi bir push-pull dönüştürücüde, primer tarafında orta ucu bulunan bir transformatöre ihtiyaç vardır. Çıkış akımı i_o 'nun sürekli aktığını varsayılırsa, T_1 anahtarı iletim konumuna getirildiğinde (on) (ve T_2 anahtarı açıldığında), T_1 , i_o pozitif olduğu sürece, D_1 ise i_o negatif olduğu sürece iletimde

kalacaktır. Bu nedenle. i_o 'nun yönünden bağımsız olarak, $V_o = V_d/n$ olur. Burada n , Şekil 4.3' de de görüldüğü gibi transformatörün primer ve sekonder sargıları arasındaki dönüştürme oranıdır. Benzer olarak, T_2 anahtarı kapatıldığında (on) (ve T_1 anahtarı açıldığında), $V_o = -V_d/n$ olur.

Sonuç olarak, push-pull dönüştürücüye uygulanan sabit DA gerilimi, trafo sarım oranı cinsinden çıkışta AA (alternatif akım) gerilim dalga şeklinde elde edilir ve;

$$\hat{V}_{o1} = \frac{V_d}{n} \quad (4.2)$$

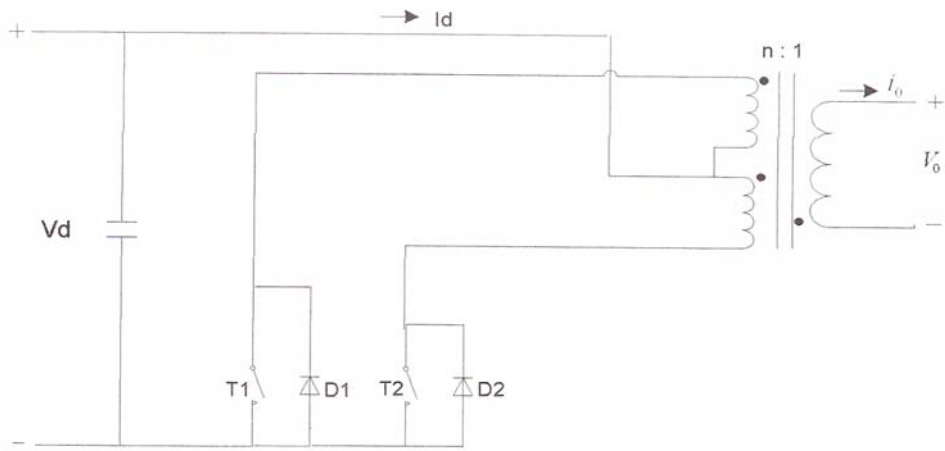
olarak ifade edilir.

Bir push-pull dönüştürücüde, anahtar gerilim ve akımlarının tepe değerleri,

$$V_T = 2V_d \quad I_T = i_{0,peak} / n \quad (4.3)$$

olarak ifade edilir.

Bu devrenin ana üstünlüğü, herhangi bir zamanda seri anahtarlardan sadece birinin iletmesidir. Bu durum, çeviricinin d.a girişinin pil gibi düşük gerilim kaynağından oluştuğu durumlarda, seri iki anahtarın üzerinde oluşacak gerilim düşümünün enerji verimliliğini çok düşüreceği uygulamalarda önemli olabilir. Ayrıca iki anahtarın kontrol sürücüleri ortak bir toprağa sahiptirler. Yine de Push-Pull transformatörün da bileşeni nedeniyle doymasını önlemek zordur [8].



Şekil 4.3. Tek fazlı push-pull dönüştürücü

$$V_o = \frac{V_d}{1/n} = V_d n$$

$$n = \frac{N_2}{N_1} = \frac{100}{10} = 10 \quad (4.4)$$

Transformatörün sekonder akımı olan çıkış akımı, temel çıkış frekansında yavaş değişen bir akımdır. Bu akım anahtarlama süresi boyunca sabit kabul edilebilir. Anahtarlama oluştuğunda, akım primer sargının bir yarısından diğer yarısına geçer. Bu sırada, iki primer sargı arasındaki kaçak endüktansta birikecek enerjiyi en aza indirmek gerekir. Bunun için, iki yarı sargı arasında çok iyi manyetik bağlantıya ihtiyaç vardır. Bu enerji, anahtarlarda ya da anahtarları korumak için kullanılan söndürücü devrelerinde dağıtılır. Bu sorun, sargıların birindeki akımın her anahtarlama sırasında sıfıra gittiği tüm yalıtımlı çeviricilerle (ya da eviricilerle) bağlantılı genel bir olgudur. Bu tür çeviricilerin tasarımında bu olgu oldukça önemlidir.

4.1.1. Trafo tasarımı ve seçimi

Şekil 4.3 de görüldüğü gibi, push-pull dönüştürücü devresinin temel yapısı bir trafo esasına dayanmaktadır. Bu nedenle, trafo tasarımı ve seçimi istenen voltaj seviyesinin elde edilmesinde oldukça önemli bir rol oynar.

Trafolar genellikle gerilim yükseltici ve gerilim düşürücü, endüktanslar ise enerji depolayıp ve bu enerjiyi transfer etmek için kullanılırlar. Sinüsoidal bir gerilim için ($e = \sqrt{2}E \sin(\omega t)$) manyetik akı, bu gerilime bağlı olarak $\phi = \phi_m \sin(\omega t)$ şeklinde sinüsoidal olarak ifade edilir. Faraday kanununa göre anlık primer gerilimi;

$$e = N \frac{d\phi}{dt} = -N\phi_m \omega \cos(\omega t) = N\phi_m \omega \sin(\omega t - 90^\circ) \quad (4.5)$$

şeklinde ifade edilir. Burada maksimum ve rms gerilim değerleri sırasıyla,

$$E_m = N\phi_m \omega \quad (4.6)$$

$$E = \frac{E_m}{\sqrt{2}} = \frac{2\pi f N \phi_m}{\sqrt{2}} = 4.44 f N \phi_m \quad (4.7)$$

şeklinde ifade edilir.

Bir trafonun görünür gücü, P_t , trafonun giriş ve çıkış gücünün toplamına eşittir. Trafonun verimi dikkate alındığında;

$$P_t = P_i + P_o = \frac{P_o}{\eta} + P_o = \left(1 + \frac{1}{\eta}\right) P_o \quad (4.8)$$

bir önceki formül kullanılarak trafonun primer gerilimi aşağıdaki şekilde ifade edilebilir.

$$V_t = K_t f N_1 \phi_m \quad (4.9)$$

burada K_t bir sabit olup, sinüsoidal gerilimler için 4.44 ve karesel gerilimler için 4 olarak alınır. Trafonun görünür gücü P_t , farklı devreler için formülize edilmiştir [9].

Bu çalışmada dönüştürücü olarak Push-Pull dönüştürücü kullanıldığı için belirtilen kaynakta görünür güç, aşağıdaki şekilde ifade edilir.

$$P_t = P_o(\sqrt{2} + 1) \quad (\text{idealde}) \quad (4.10)$$

$$P_t = P_o\left(\frac{\sqrt{2}}{\eta} + 1\right) \quad (\text{pratikte}) \quad (4.11)$$

Belirtilen formülü giriş gerilimi ve akım cinsinden yazarsak,

$$P_t = VI = K_t f N \phi_m I = K_t f B_m A_c N I \quad (4.12)$$

Burada A_c manyetik yolunun alanı, B_m ise maksimum akı yoğunluğudur.

Deneylerde kullanılan motorun gücü 60 W olarak verilmektedir. Buna göre:

$$P_o = V_o I_o = 220 I_o$$

$$I_o = 0.273 \text{ A}$$

$$V_2 = K_t f B_m A_c N_2 \quad (4.13)$$

Eş. 4.13 kullanılarak, $K_t = 4$, $f = 50 \text{ kHz}$, $B_m = 0.1$ (Ferrite nüvelerde 0.2 Teslanin üzerinde doyum olayı meydana gelir.)

Sekonder sarım sayısını 100 alırsak;

$$220 = 4 \times 50000 \times 0.1 \times A_c \times 100$$

$$A_c = 0.00011 \text{ m}^2 = 1.1 \text{ cm}^2$$

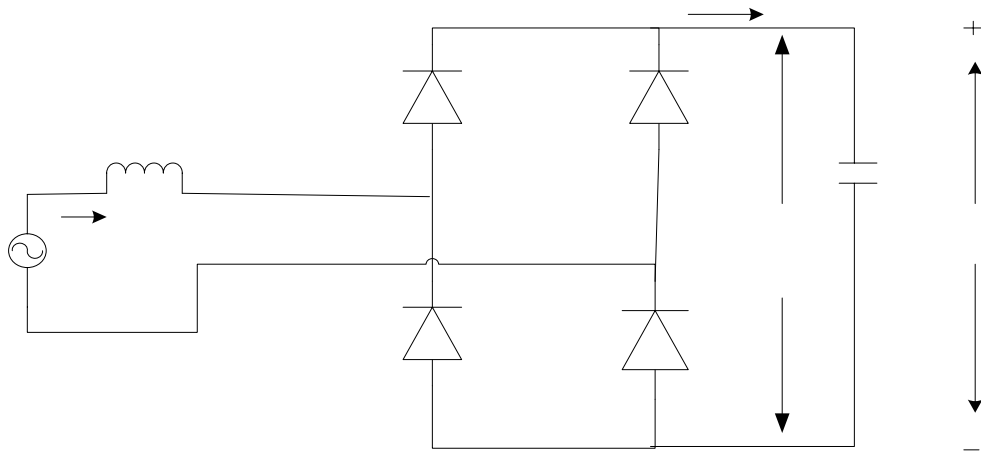
Kullanılacak nüvenin kesit alanı 1.1 cm^2 daha yüksek olması gerekmektedir. Bu koşulu EC 52/24/14 nüvesi sağlamaktadır. Bu nüvenin A_c si 1.35 cm^2 ve pencere alanı 291 mm^2 dir. Sekonder ve primer sargılarının tel kesitleri 0.5 ve 1.5 mm^2 seçilirse;

Minimum pencere alanı = $(100 \times 0.5 + 10 \times 1.5 + 10 \times 1.5) / 0.4 = 200 \text{ mm}^2$. $200 \text{ mm}^2 < 291 \text{ mm}^2$ olduğuna göre seçilen Ferrite nüve yükü beslemek için gereken koşulları sağlamaktadır.

4.2. Tam Dalga Doğrultucu

Şekil 4.4 de verildiği gibi, tam-dalga doğrultucularda alternatif akım ve gerilimlerin doğrultulması diyotlar sayesinde gerçekleştirilir. Giderek artan eğilim, diyotlu ucuz doğrultucular kullanılarak A.A girişini kontrolsüz bir biçimde D.A ya çevirmektedir. Bu tür diyotlu doğrultucularda güç akışı A.A tarafından D.A tarafına doğru olur. Bir doğrultucunun çıkış doğru gerilimi olabildiğince salınımsız olmalıdır. Bu nedenle, D.A tarafına filtre olarak büyük bir kondansatör bağlanmalıdır. Bu kondansatör girişteki alternatif geriliminin tepe değerine çok yakın bir değere kadar doldurulur (şarj edilir).

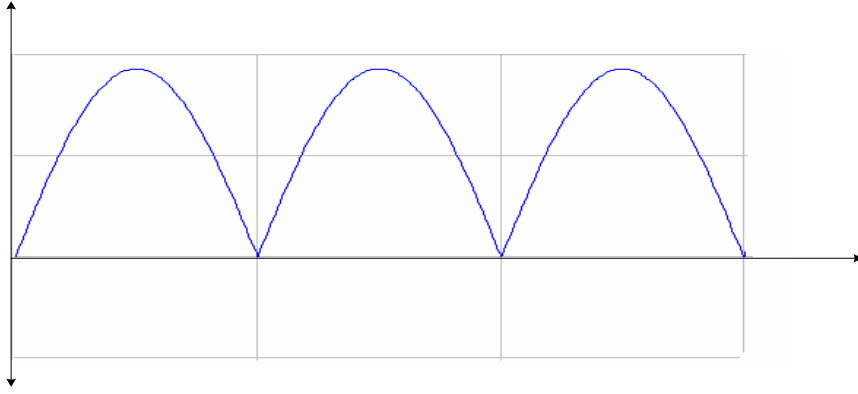
Doğrultucu devreler yarım dalga, tam dalga ve çoklayıcı olarak faz sayısı ve kullanılan filtre tipi ile sınıflandırılır. Doğrultucu devreler ile üretilen DA gerilim harmonik bakımından önemli miktarda dalgacık gerilimleri içerirler. Filtre devreleri ise bu gerilimin kabul edilebilecek bir seviyeye düşürülmesinde kullanılır. Sinüs dalgalı giriş gerilimi için çıkartılmış doğrultucu eşitlikleri bir modifikasyonla kare dalgalı gerilimlere uydurulabilir [6].



Şekil 4.4. Tek fazlı tam dalga doğrultucu devresi



Şekil 4.5. Tam-dalga doğrultucuya uygulana giriş gerilimi (sinüzoidal)

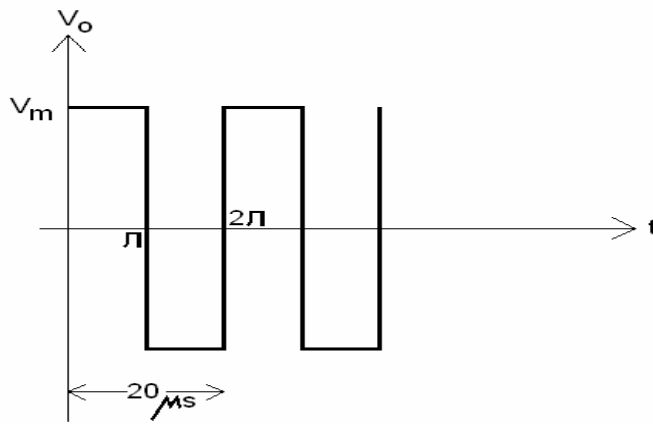


Şekil 4.6. Tam-dalga doğrultucunun çıkış gerilimi (sinüzoidal)

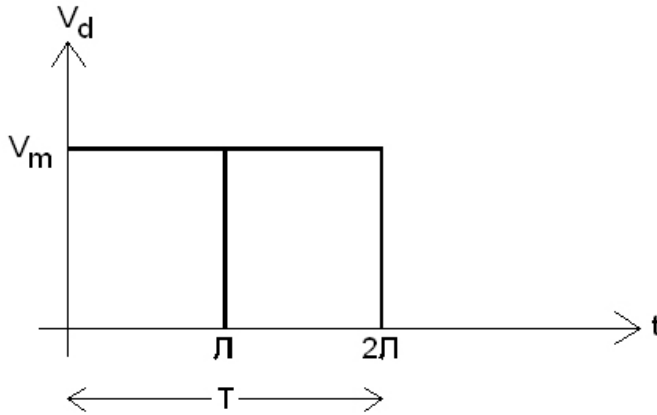
Şekil 4.6 kullanılarak çıkış gerilimi;

$$V_d = \frac{1}{T} \int_0^T V_m \sin(\omega t) d(\omega t) = \frac{2}{2\pi} V_m (t)_0^\pi = \frac{2V_m}{\pi} \quad (4.14)$$

olarak ifade edilir (burada, V_m sinüs dalga şeklinin maximum değeridir).



Şekil 4.7. Tam-dalga doğrultucuya uygulana giriş gerilimi (karesel).



Şekil 4.8. Tam-dalga doğrultucunun çıkış gerilimi (karesel)

Şekil 4.8 kullanılarak çıkış gerilimi;

$$V_d = \frac{1}{T} \int_0^T V_m dt = \frac{2}{2\pi} V_m (t)_0^\pi = \frac{V_m}{\pi} \pi = V_m \quad (4.15)$$

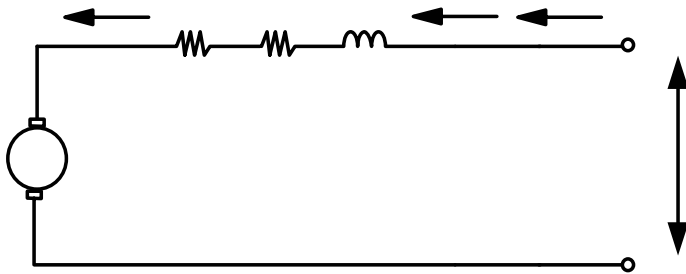
olarak ifade edilir.

Bu çalışmada kullanılan push-pull dönüştürücünün çıkış gerilim şekli karesel olduğu için, kullanılan tam dalga doğrultucunun çıkış gerilimi push-pull dönüştürücünün çıkış geriliminin maksimum değerine eşit olur.

4.3. DA Seri Motor

Bu çalışmada PV sisteminden alınan düşük seviyeli voltaj değeri (24V) push-pull dönüştürücü ve tam dalga doğrultucu vasıtasıyla uygun gerilim seviyesine dönüştürülerek (200-220V) 60W 'lık bir DA seri motoru sürülmektedir.

DA seri motorda, alan sargıları armatür devresine seri bağlıdır. Seri motorun eşdeğer devresi Şekil 4.9 da görülmektedir. DA seri motorda, armatür akımı (I_a), uyartım akımı (I_s) ve hat akımı hepsi aynıdır.



Şekil 4.9. Seri motor eşdeğer devresi

Seri motor için Kirchhoff gerilim yasasına göre;

$$V_T = E_A + I_A (R_A + R_S) \quad (4.16)$$

$$I_A = I_s = I_L \quad (4.17)$$

olarak ifade edilir. Seri Motorun terminal karakteristiği şönt motorunkinden oldukça farklıdır. Seri motorun temel özelliği; saturasyona gidene kadar, akının armatür

akımıyla doğru orantılı olmasıdır. Seri motorun yükü artığında akıda artar. Akı artığında motorun hızı azalır. Sonuç olarak; seri motorun keskin şekilde azalan tork – hız karakteristiği vardır.

Seri motorda endüklenen tork ve akı;

$$\tau_{ind} = K\phi I_A \quad (4.18)$$

$$\phi = cI_A \quad (4.19)$$

şeklindedir, c ise sabit bir sayıdır. Eş. 4.18 ve Eş. 4.19 kullanılarak endüklenen tork,

$$\tau_{ind} = K\phi I_A = KcI_A^2 \quad (4.20)$$

şeklinde yeniden ifade edilebilir. Başka bir deyişle; seri motorda tork, armatür akımının karesi ile doğru orantılıdır. Sonuç olarak seri motor, diğer D.A motorlardan amper başına düşen tork daha fazladır. Bu yüzden, fazla tork gereken uygulamalarda kullanılmaktadır. Eş. 4.20 tekrar düzenlenirse;

$$I_A = \sqrt{\frac{\tau_{ind}}{Kc}} \quad (4.21)$$

$$E_A = K \Phi \omega$$

ifadesi Eş. 4.14' de yerine konursa;

$$V_T = K\phi\omega + \sqrt{\frac{\tau_{ind}}{Kc}}(R_A + R_S) \quad (4.22)$$

ifadesinde akıyı elimine etmek için;

$$I_A = \frac{\phi}{c} \quad (4.23)$$

endüklenen tork eşitliği tekrar yazıldığında,

$$\tau_{ind} = \frac{K}{c} \phi^2 \quad (4.24)$$

buradan motordaki akı;

$$\phi = \sqrt{\frac{c}{K}} \sqrt{\tau_{ind}} \quad (4.25)$$

yeniden ifade edilir. Eş. 4.25, Eş. 4.22' de yerine konulursa;

$$V_T = K \sqrt{\frac{c}{K}} \sqrt{\tau_{ind}} w + \sqrt{\frac{\tau_{ind}}{Kc}} (R_A + R_S) \quad (4.26)$$

$$\sqrt{Kc} \sqrt{\tau_{ind}} w = V_T - \frac{R_A + R_S}{\sqrt{Kc}} \sqrt{\tau_{ind}} \quad (4.27)$$

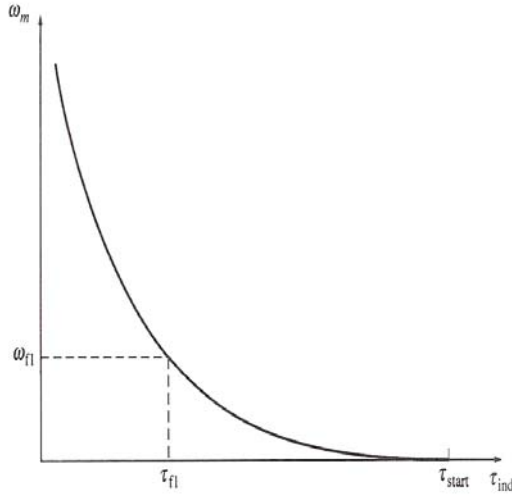
$$w = \frac{V_T}{\sqrt{Kc} \sqrt{\tau_{ind}}} - \frac{R_A + R_S}{Kc} \quad (4.28)$$

ifadeleri elde edilir. Sonuç olarak hız – tork ilişkisi;

$$w = \frac{V_T}{\sqrt{Kc}} \frac{1}{\sqrt{\tau_{ind}}} - \frac{R_A + R_S}{Kc} \quad (4.29)$$

biçiminde ifade edilir. Görüldüğü gibi satürasyona girmemiş seri motorun hızı, torkun kareköküyle ters orantılıdır. Bu pek karşılaşılmayan bir durumdur. İdeal tork – hız karakteristiği Şekil 4.10 da verilmiştir. Bu seri motorların dezavantajı eşitlikten görülebilir. Motor torku sıfıra düştüğünde, hızı sonsuza gitmektedir. Pratikte mekanik, demir ve diğer kayıpların üstesinden gelmesi gerektiğinden; tork kesinlikle tamamen sıfıra gidemez. Bununla birlikte motora hiçbir yük bağlanmadığında, ciddi olarak zarar görür. Bundan ötürü asla seri motor yüksüz çalıştırılmaz ve asla

kırılabilir bir mekanizmaya bağlanmaz. Eğer motor boşta çalıştırılırsa kötü sonuçlara sebep olabilirler [3].

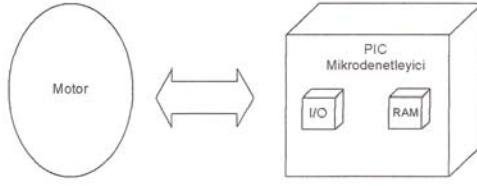


Şekil 4.10. Seri motor tork-hız karakteristiği

Çalışmamızda kullandığımız doğru akım seri motorun $R_a=5.6\Omega$, $R_f=2.2\Omega$, $L_a=0.0214H$, $L_f=0.146$ olarak verilmektedir. Çalışmada kullanılan da seri motora dair geniş bilgi eklerde de verilmektedir.

4.4. PIC Mikrodenetleyici

Şekil 4.11 de gösterilen bir mikrodenetleyici, bir bilgisayar içerisinde bulunması gereken temel bileşenlerden RAM, 1/0 ünitesinin tek bir chip içerisinde üretilmiş biçimidir. Bilgisayar teknolojisi gerektiren uygulamalarda kullanılmak üzere tasarlanmış olan mikrodenetleyiciler, mikroişlemcilere göre çok daha basit ve ucuzdur. Günümüz mikrodenetleyicileri otomobillerde, kameralarda, cep telefonlarında, fax-modem cihazlarında, fotokopi, radyo, TV, bazı oyuncaklar gibi sayılamayacak kadar pek çok alanda kullanılmaktadır [5].



Şekil 4.11. Bir mikrodeneleyici sistemin temel bileşenlerinin blok diyagramı

Bu çalışmada kullanılan PIC 16F628' in seçilmesindeki nedenler, yaygın olarak kullanılan ve benzer yapıdaki PIC 16F84 ile karşılaştırılarak aşağıda sıralanmıştır.

PIC 16F84 en fazla 10MHz hızında çalışabilirken PIC 16F628 en fazla 20MHz hızında çalışabilmektedir. Bu, PIC16F628'in işlemleri iki kat hızlı yapabilmesine olanak sağlamaktadır. Bu, özellikle işlem yükü fazla olan uygulamalarda avantaj sağlamaktadır.

PIC 16F84'ün program belleği 1k iken PIC 16F628' in program belleği 2k' dır. Gelişmiş uygulamalarda program kodunun uzun olması daha geniş bellek alanı gerektirebilir. 2k program belleği ile PIC 16F628 daha avantajlıdır. Ayrıca PIC 16F628' in RAM belleği ve EEPROM veri belleği PIC 16F84' ün iki katından daha fazladır.

PIC 16F84, 13 giriş/çıkış (I/O) ucuna sahipken, PIC 16F628' de 16 giriş/çıkış ucu vardır. PIC 16F628 daha fazla I/O uç sayısına ihtiyaç olan uygulamalarda PIC 16F84 'ün yerine kullanılabilir.

PIC 16F628 sahip olduğu 37kHz/4MHz'lik dahili osilatör ile, PIC 16F84'ün çalışması için gerekli olan harici osilatöre olan ihtiyaç ortadan kaldırılmıştır. Böylece fazladan 2 I/O ucu kullanılabilir. Ayrıca MCLR ucu isteğe bağlı olarak giriş ucu olarak da kullanılabilir.

PIC 16F84' de sadece 8-bitlik bir zamanlayıcı (TIMER) varken PIC 16F628' de iki adet 8-bitlik ve bir adet 16-bitlik zamanlayıcı bulunmaktadır.

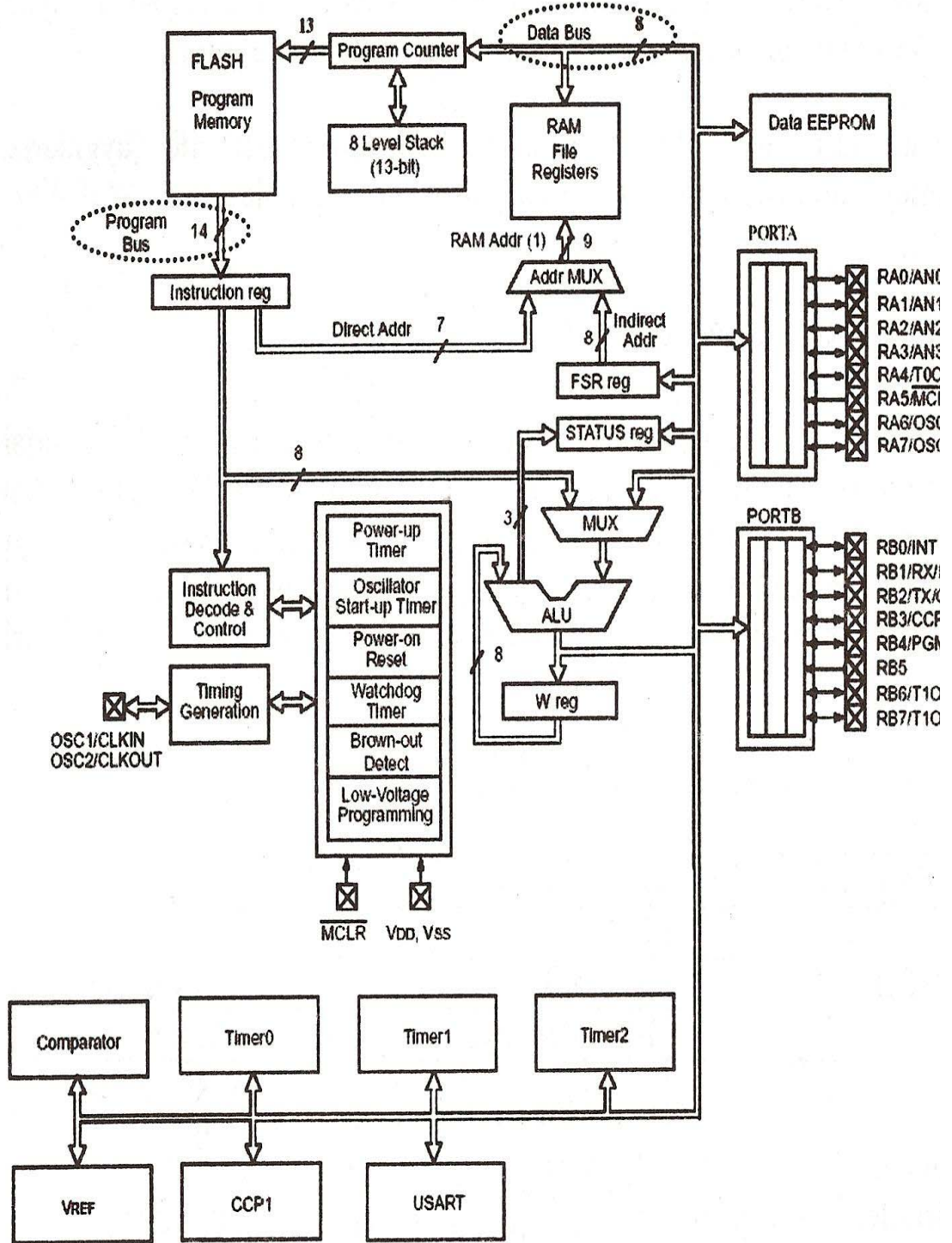
PIC16F628'de , PIC16F84'de bulunmayan analog karşılaştırıcı modülü, PWM modülü ve seri haberleşmeye donanımsal olarak olanak sağlayan USART/SCI (Universal Synchronous/Asynchronous Receiver/Transmitter) modülü bulunmaktadır.

PIC16F628, diğer PIC 'ler gibi RISC yapı Üzerine kurulu Harvard mimarisi ile üretilmiştir ve Flash program belleğine sahip PIC16CXX ailesinden 8-bitlik bir mikrodenetleyicidir. PIC 16F628' in mimari yapısından dolayı program ve veri bellekleri fiziksel olarak ayrı birimlerdedir ve bunlara farklı veri yolları ile erişilmektedir. Çizelge 4.1 'de PIC 16F628' in genel özellikleri verilmektedir [11].

Çizelge 4.1. PIC 16F628'in genel özellikleri

Saat Frekansı	En yüksek çalışma frekansı	20 MHz
Bellek	Flash Program Belleği	2k
	RAM Belleği	224 byte
	EEPROM Belleği	128 byte
Çevresel Birimleri	Zamanlama (TIMER) Modülleri	TMR0, TMR1, TMR2
	Analog Karşılaştırıcı	2
	Yakala/Karşılaştır/PWM Modülü	1
	Seri Haberleşme	USART
Diğer Özellikler	Kesme Kaynağı	10
	Giriş/Çıkış Uç Sayısı	16
	Çalışma Gerilimi Aralığı	3-5.5 V
	Brown-out Algılama	Var
	Kılıf Biçimi	18-pin DIP, SOIC 20 pin SSOP

Şekil 4.12 de PIC 16F628' in iç yapısının blok şeması görülmektedir. PIC16F628'de her bir komutun (operation code - brcode) uzunluğu 14-bit, işlenecek verinin (operand) uzunluğu ise 8-bittir. Aşağıdaki blok şemada komut saklayıcısının (instruction reg.) veri yolunun 14-bit, veri yolu (data bus) uzunluğunun ise 8-bit olduğu görülmektedir [1].



Şekil 4.12. PIC 16F628' in iç yapısının blok şeması

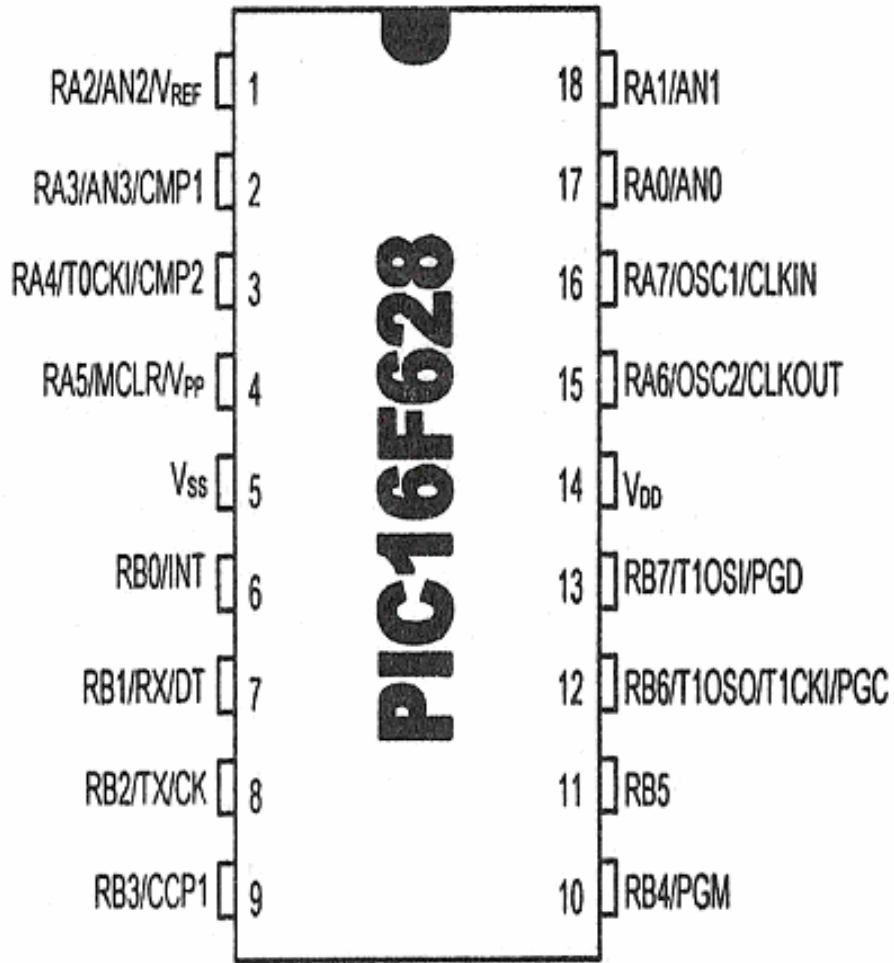
PIC 16F628' de program sayacının 13 -bit olması ve bu uzunluktaki program sayacı ile $2^{13} = 8192$ byte= 8k program belleği adreslenebilmesine rağmen 2k'lık program belleği bulunmaktadır. PIC 16F628' de 8 seviyeli yığın² (stack) bulunmaktadır. 8 seviyeli yığın ile en fazla iç içe 8 alt programa dallanılabilir.

PIC16F628'in RAM bölgesi (RAM file registers) 4 parçaya (bank) ayrılmıştır. Bu 4 RAM bölgesinde genel amaçlı saklayıcılar (GPR - General Purpose Registers) ve özel amaçlı saklayıcılar (SFR - Special Function Registers) bulunmaktadır. Genel amaçlı saklayıcılar program yazarken kullanılacak değişkenleri tutmak için kullanılırken, özel amaçlı saklayıcılar PIC' in istenilen işlemleri yapması için gerekli olan bilgileri tutmaktadır.

PIC 16F628, 8-bitlik bir aritmetik mantık birimine (Arithmetic and Logical Unit - ALU) sahiptir. ALU, W saklayıcısı (Working register) ve genel amaçlı saklayıcıları kullanarak 8-bitlik veriler için toplama, çıkarma, kaydırma ve mantıksal işlemleri gerçekleştiren birimdir.

PIC 16F628' in 128 byte uzunluğundaki EEPROM veri belleği, kullanıcıların -enerji kesildiği zaman kaybolmasını istemeyeceği çeşitli verileri saklamaya olanak sağlamaktadır. Örneğin radyolarda sık kullanılan kanal bilgilerinin kaydı bu tip bir bellekte tutulmalıdır.

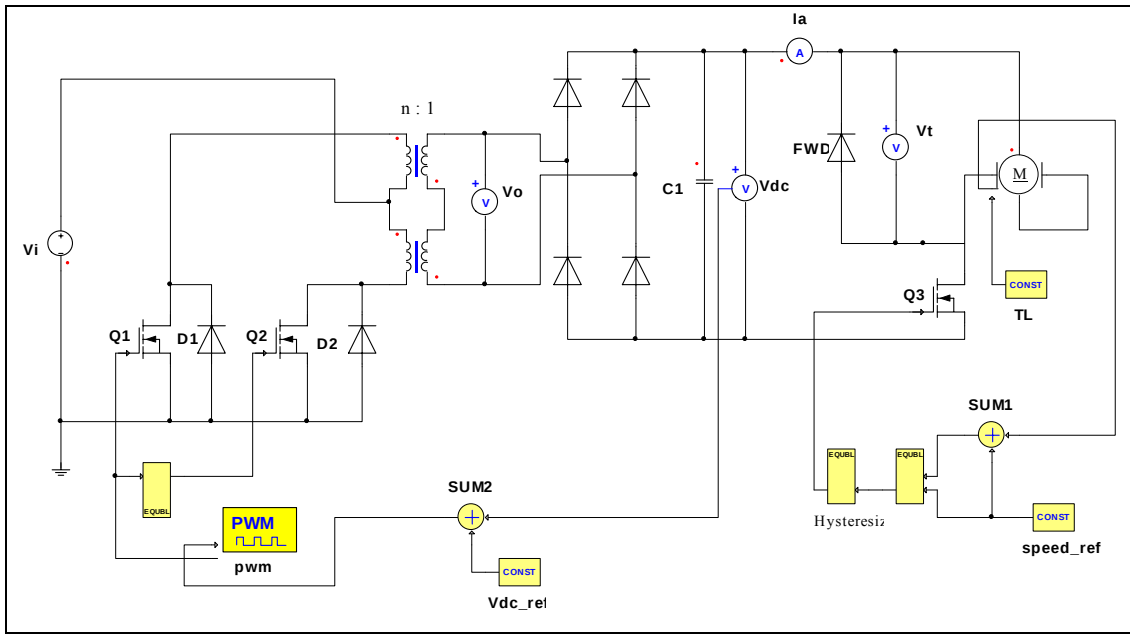
PIC 16F628' in DIP (Dual Inline Package) kılıfının uçlarının genel görünüşü Şekil 4.13 de verilmiştir. Bu şekilde görüldüğü gibi PIC 16F628, A portu ve B portu olmak üzere 8 uçlu iki porta sahiptir. B portunun her biri ucu ayrı ayrı giriş/çıkış olarak ayarlanabilirken, A portunun RAS/ MCLR ucu hariç diğer uçları ayrı ayrı giriş/çıkış olarak ayarlanabilmektedir. Diğer PIC' lerde olduğu gibi, az sayıdaki uçların etkin kullanımı için bazı uçların birden fazla kullanım özelliği vardır. Böylece fazladan uç kullanımına gerek kalmadan birçok özellik kullanılabilmektedir [4].



Şekil 4.13. PIC 16F628' in genel dış görünüşü

5. SİMÜLASYON VE DENEYSEL ÇALIŞMALAR

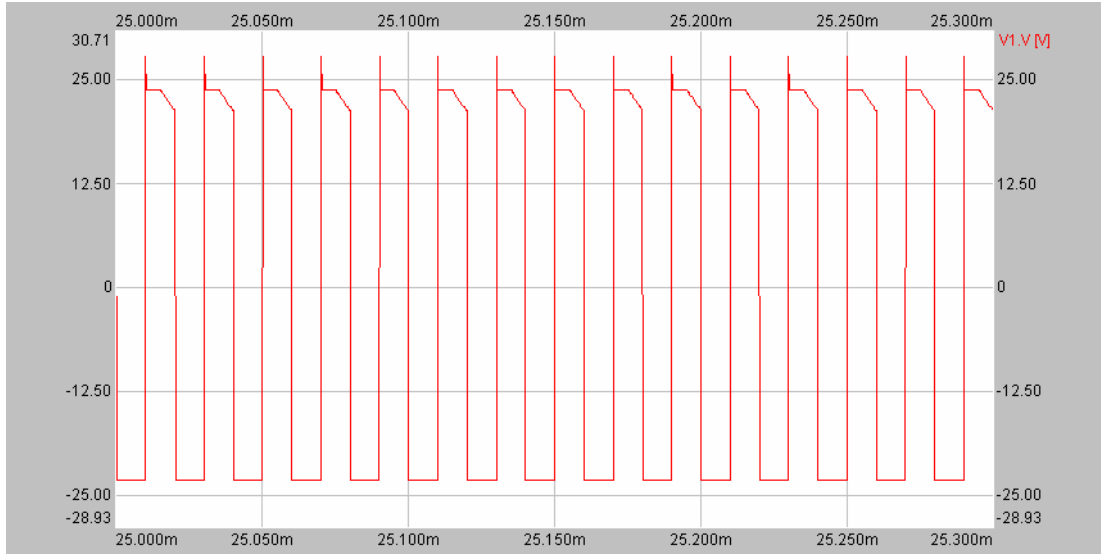
Bu çalışmanın simülasyonu SIMPLORER 6.0 paket programı kullanılarak yapılmıştır. Devrenin simülasyon modeli Şekil 5.1 de verilmiştir. Simülasyonda kullanılan parametreler, dverenin deneysel uygulamasında kullanılan değerlerden alınmıştır.



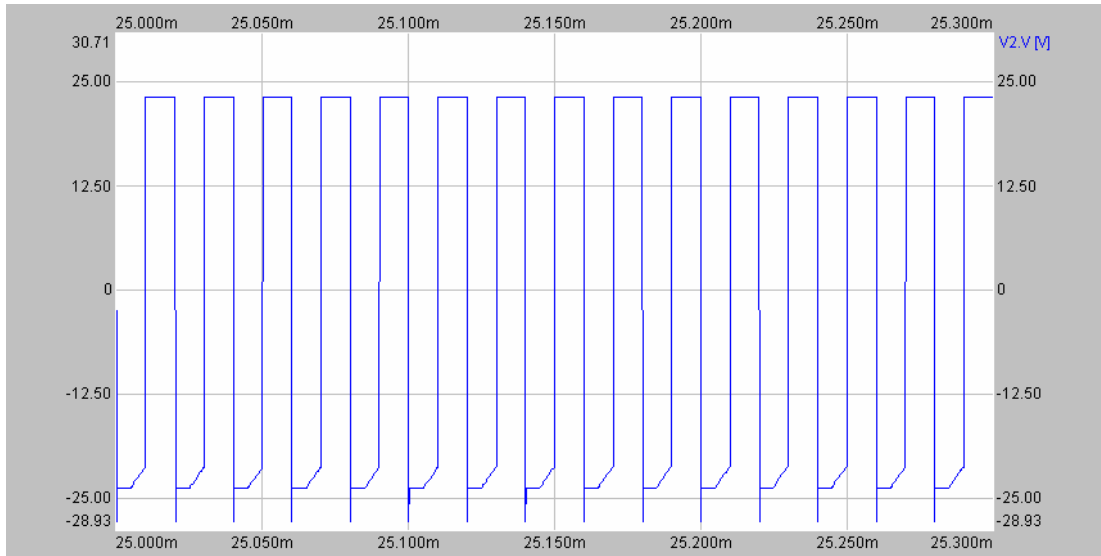
Şekil 5.1. Devrenin simülasyon modeli

Simülasyon çalışmasında da, deneysel çalışmada olduğu gibi, tam-dalga doğrultucu çıkış gerilimini istediğimiz değerde elde etmek için push-pull dönüştürücü DGM (PWM) yöntemi ile kontrol edilmektedir. DA seri motor hız kontrolü ise, $Q3$ anahtarı kullanılarak, istenilen referans hızı elde etmek için ‘Histerisis kontrol yöntemi’ kullanılmıştır. Burada, $Q3$ anahtarı vasıtasıyla motora uygulanan gerilim chop edilir, böylece motorun hız kontrolünde ‘motor terminal-voltajı yöntemi’ kullanılmış olur.

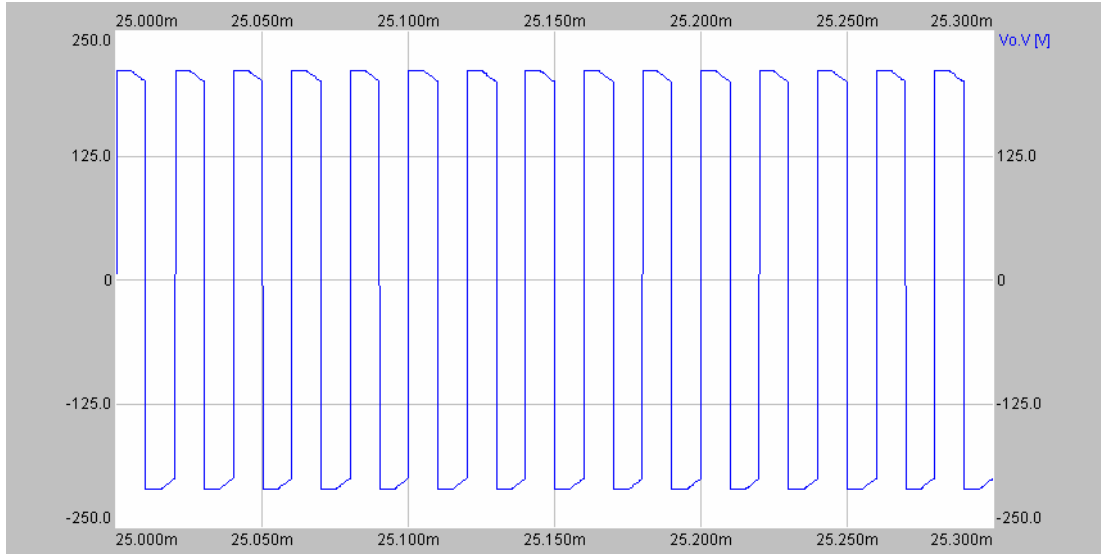
Simülasyon modeli farklı hız ve T_L değerleri için çalıştırılarak, sonuçlar aşağıda verilmiştir.



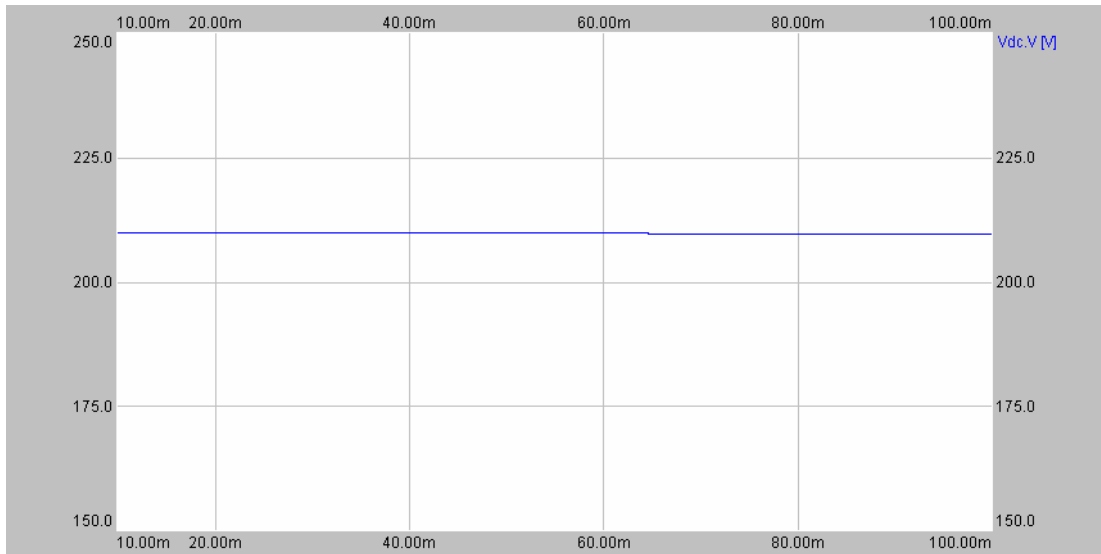
Şekil 5.2. Trafonun 1. primer sargısında düşen voltaj (23.5V a.a)



Şekil 5.3. Trafonun 2. primer sargısında düşen voltaj (23.5V a.a)

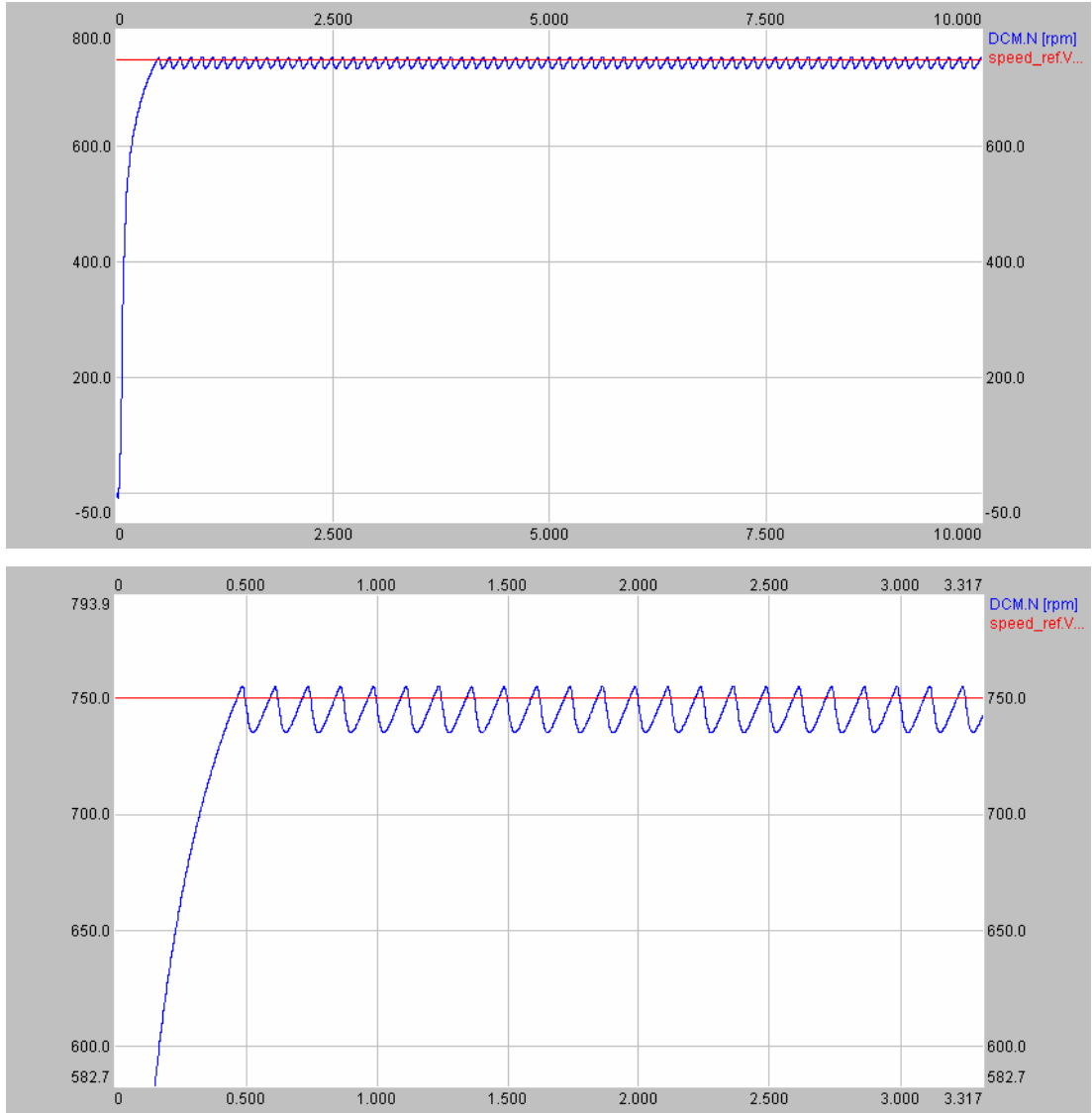


Şekil 5.4. Push-pull dönüştürücü çıkış voltajı (Doğrultucuya uygulanan giriş voltajı) (225V a.a)

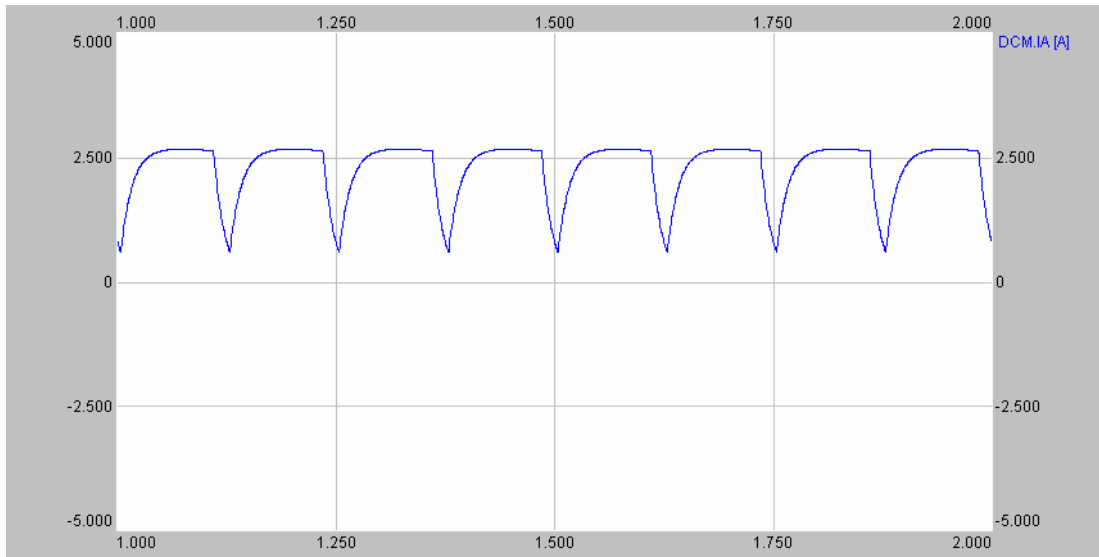


Şekil 5.5. Tam-dalga doğrultucu çıkış voltajı (210V d.a)

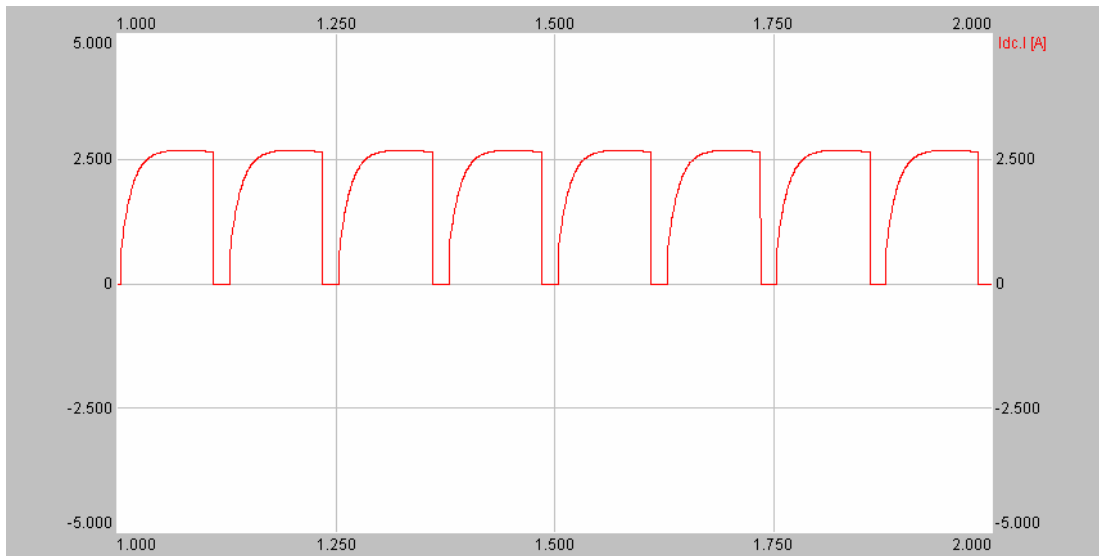
Tam dalga doğrultucuya 225V (peak-peak) karesel gerilim uygulanmasına rağmen 210V d.a elde edilmesinin nedeni, doğrultucu diyotları üzerinde oluşan gerilim düşümüdür.



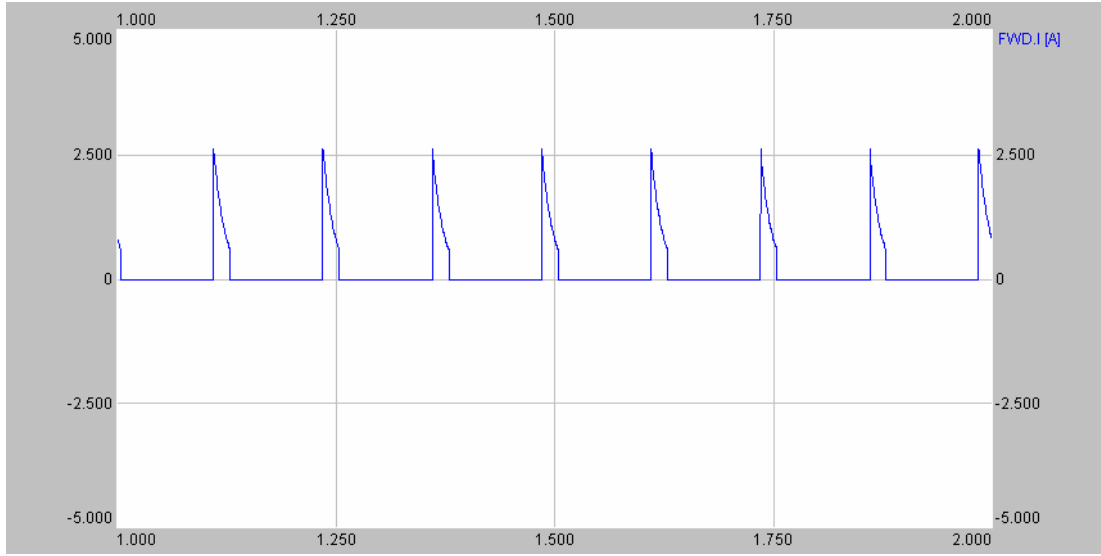
Şekil 5.6. Motor hızı (rpm) ve referans hız (750 rpm) grafiği ($T_L=5\text{Nm}$)



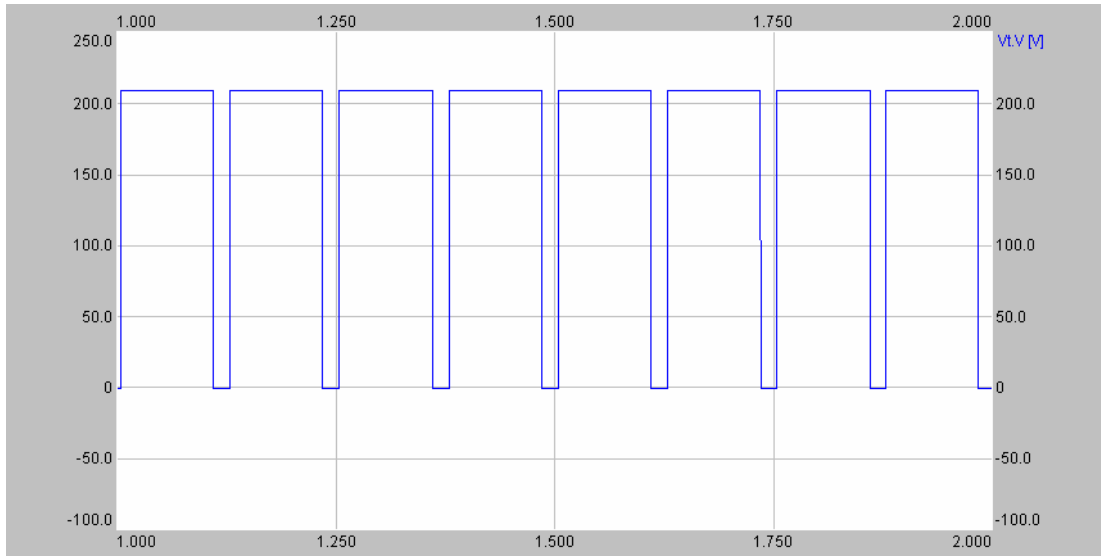
Şekil 5.7. 5 Nm lik yük momentli ve 750 rpm hızda motorun çektiği akım



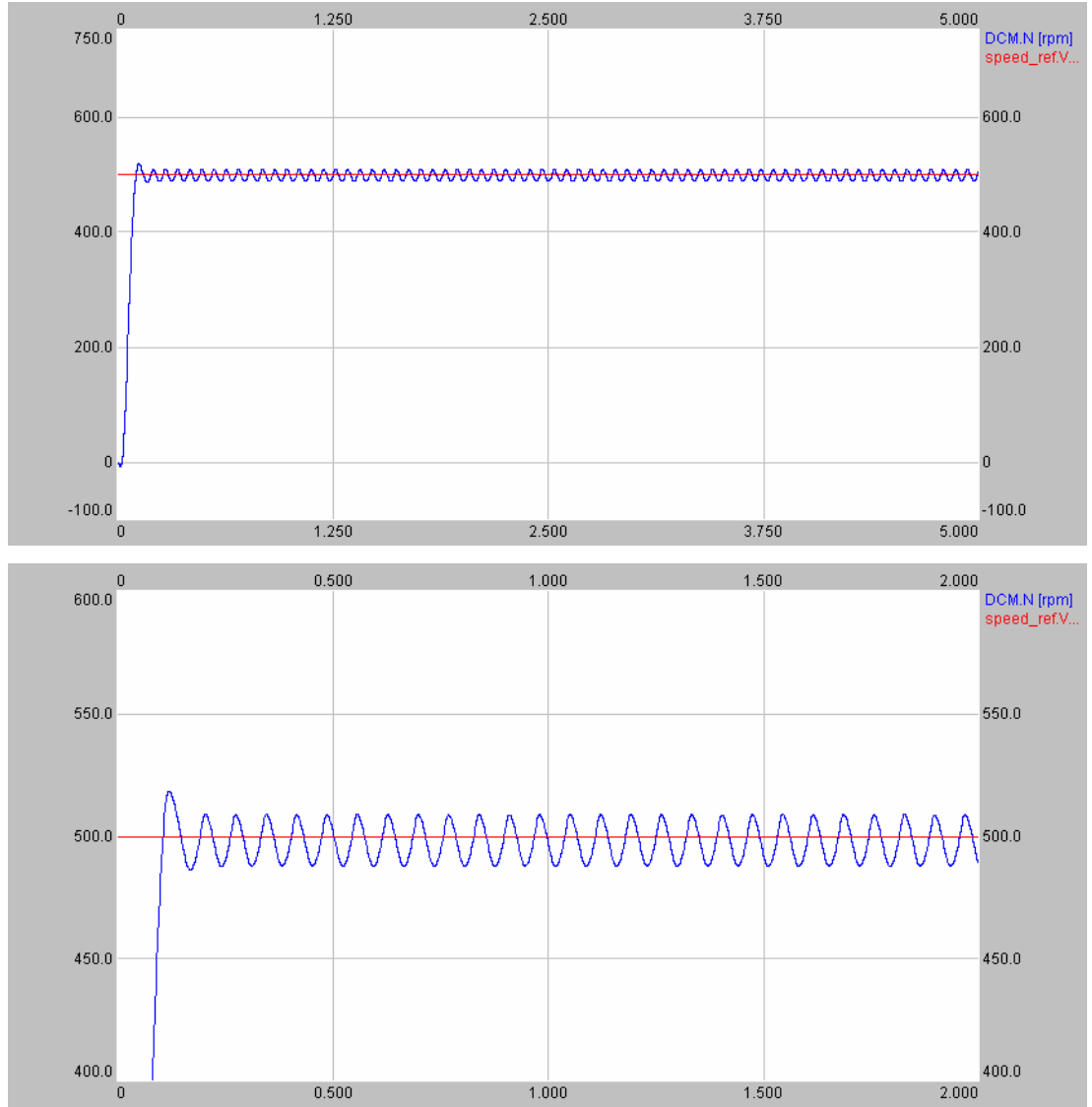
Şekil 5.8. 5Nm lik yük momentli ve 750rpm hızda doğrultucudan çekilen akım



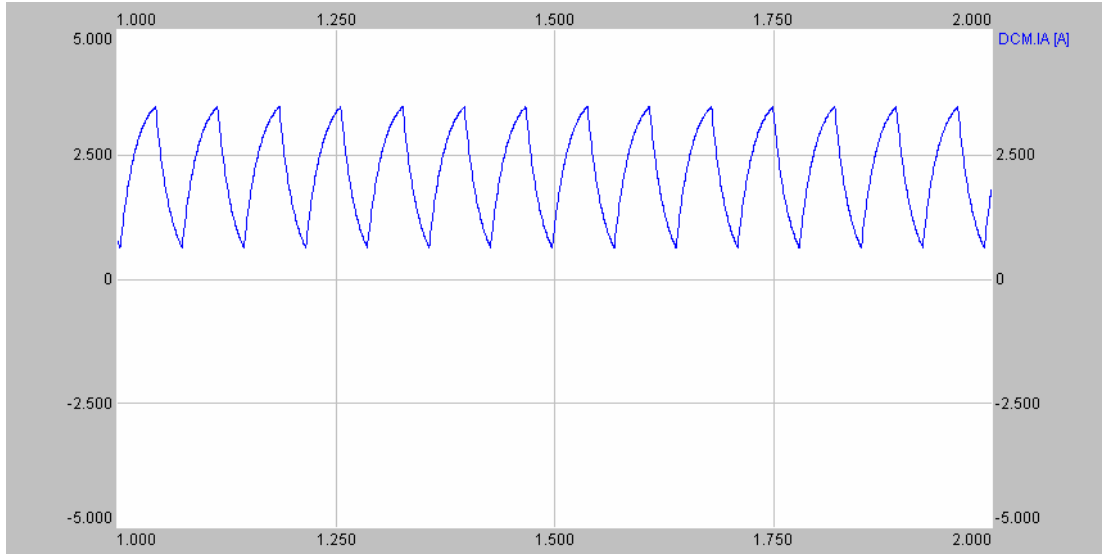
Şekil 5.9. 5 Nm lik yük momentli ve 750 rpm hızda FWD diyotdan çekilen akım



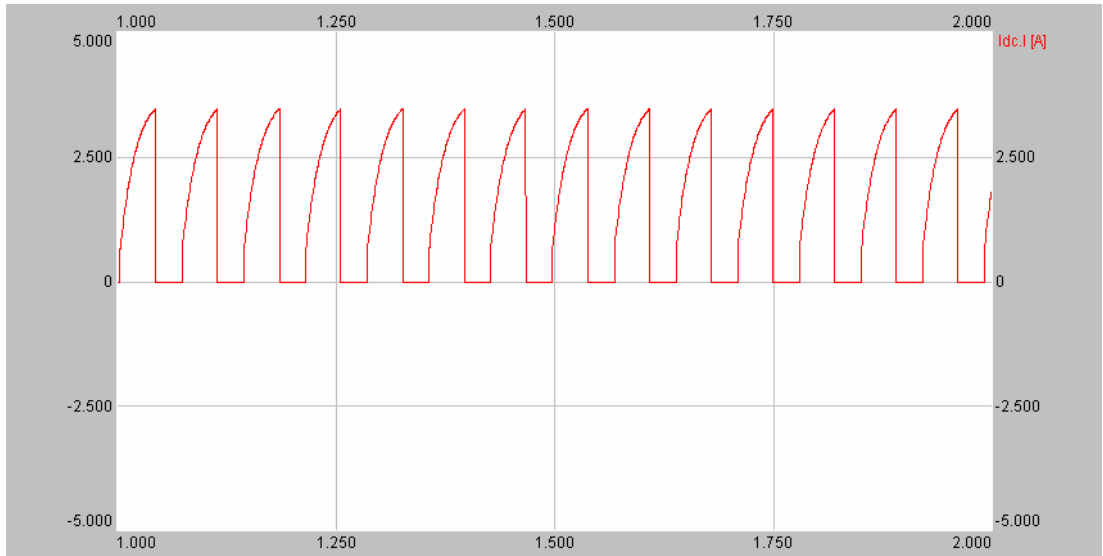
Şekil 5.10. 5 Nm lik yük momentli ve 750 rpm hızda motor terminal uçlarına düşen gerilim ($V_t(\text{ort.})=179.2\text{V}$)



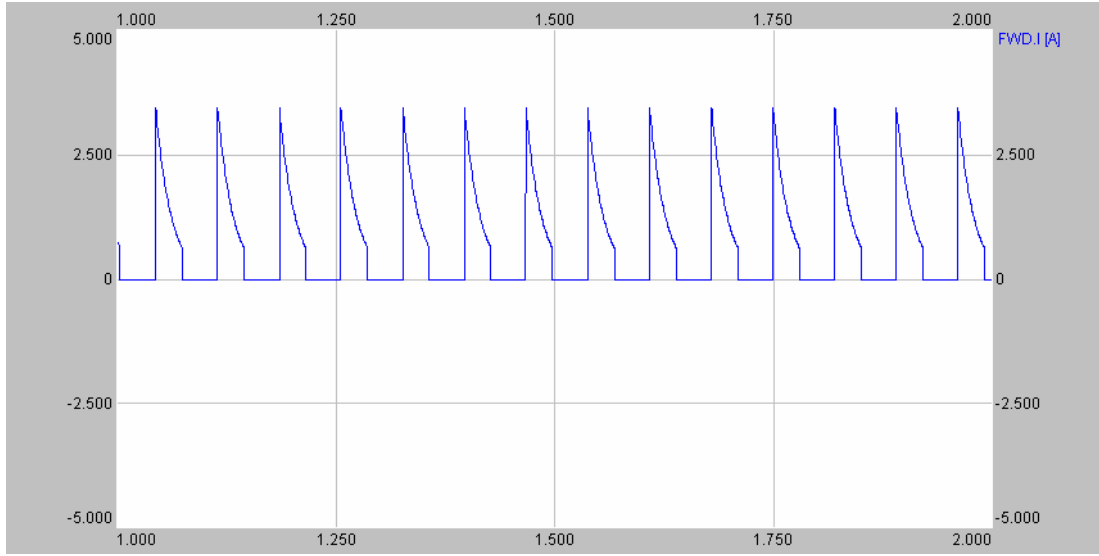
Şekil 5.11. Motor hızı (rpm) ve referans hız (500 rpm) grafiği ($T_L=5\text{Nm}$)



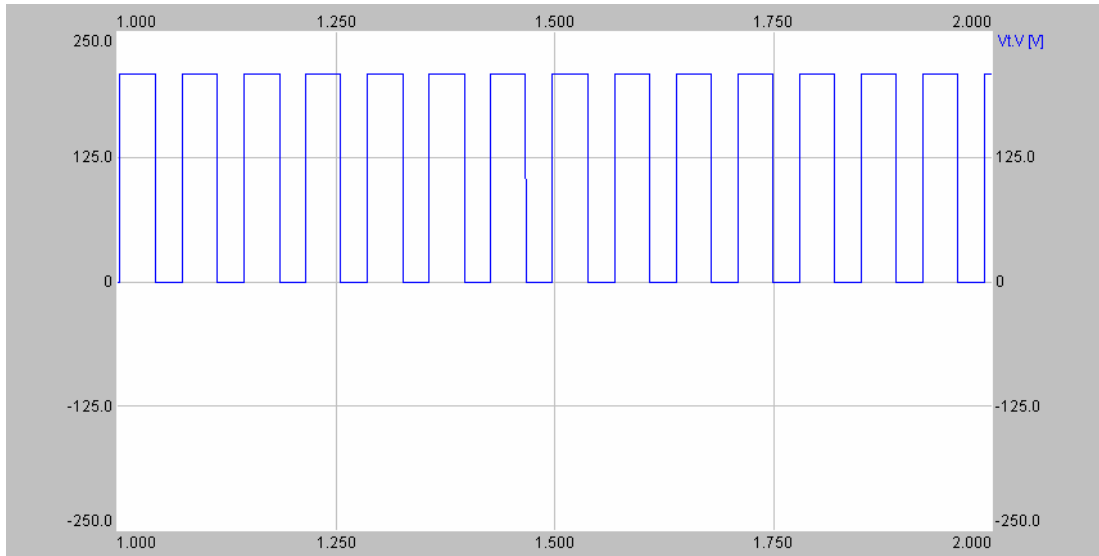
Şekil 5.12. 5Nm lik yük momenti ve 500rpm hızda motorun çektiği akım



Şekil 5.13. 5Nm lik yük momenti ve 500rpm hızda doğrultucudan çekilen akım

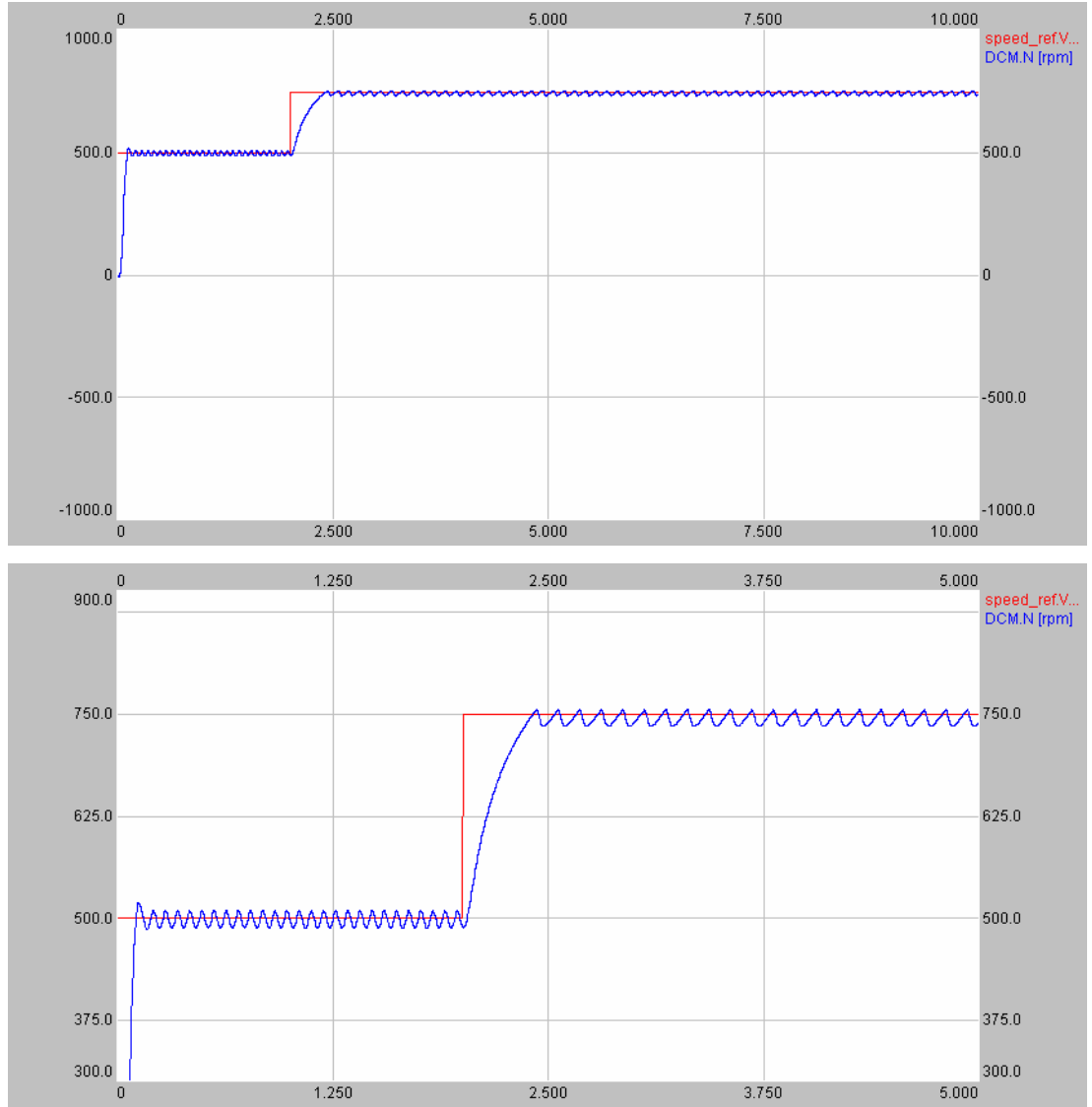


Şekil 5.14. 5 Nm lik yük momentli ve 500 rpm hızda FWD diyotdan çekilen akım

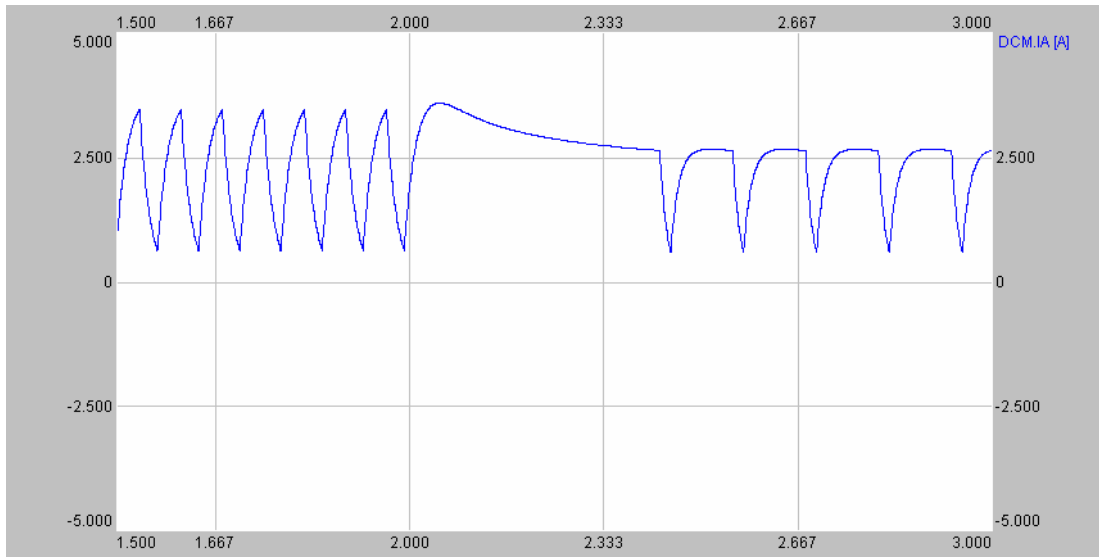


Şekil 5.15. 5 Nm lik yük momentli ve 500 rpm hızda motor terminal uçlarına düşen gerilim ($V_{t(ort.)}=120V$)

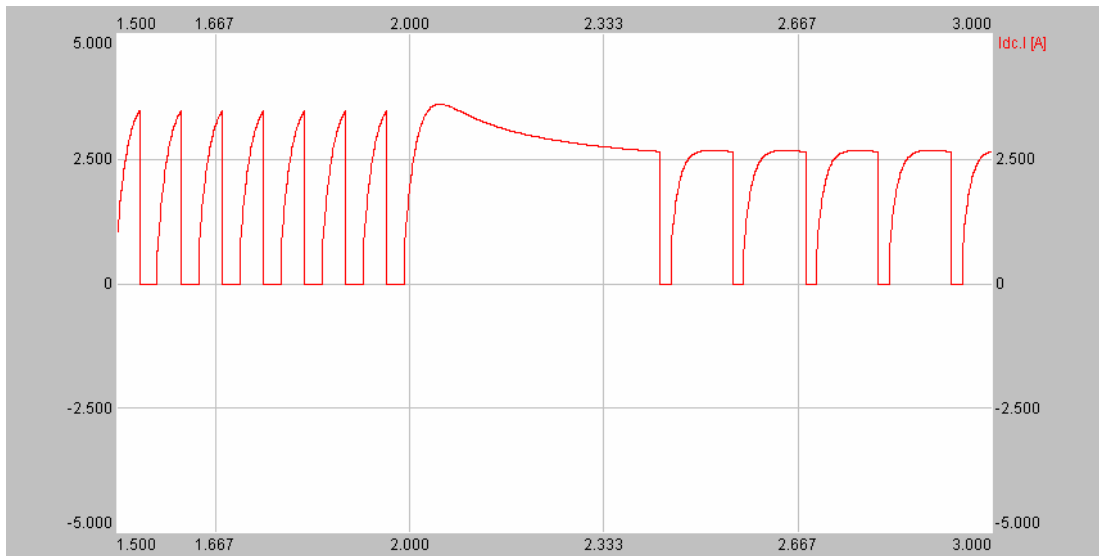
Aşağıda verilen grafikler, motorun 500 rpm den 750 rpm e çıkarılarak elde edilmiştir.



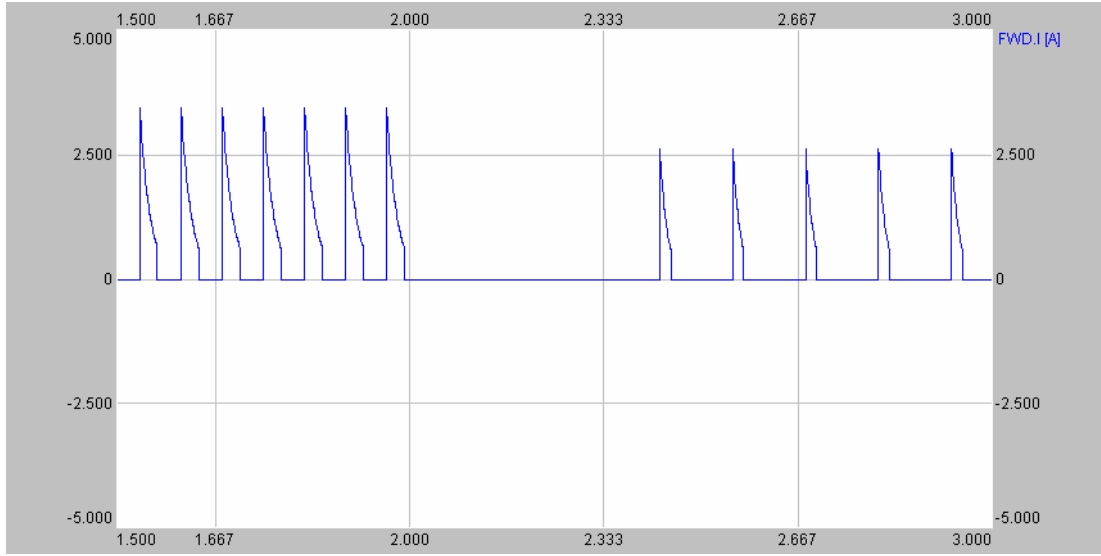
Şekil 5.16. Motor hızı (rpm) ve referans hız (500-750 rpm) grafiği ($T_L=5\text{Nm}$)



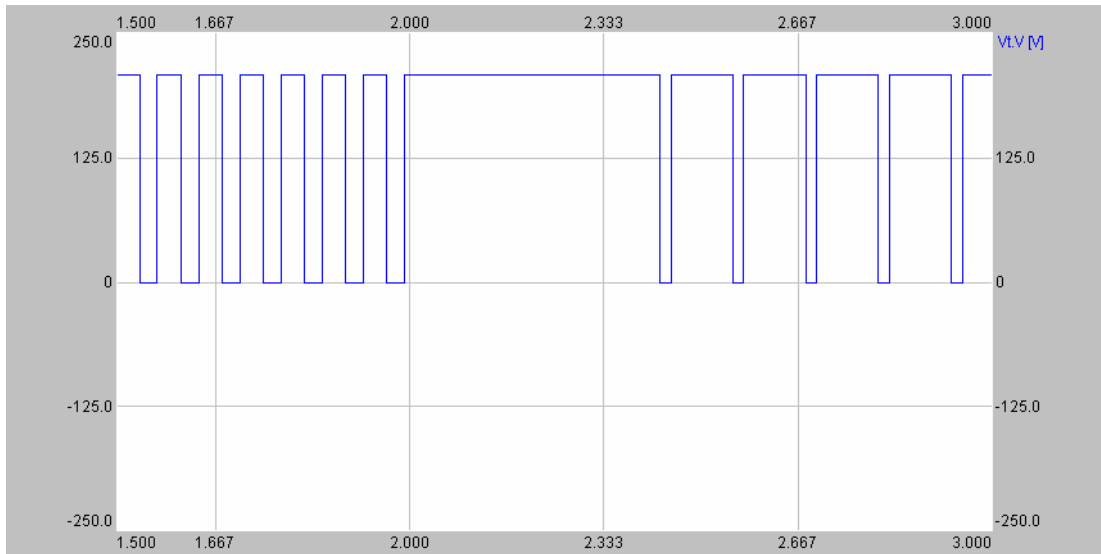
Şekil 5.17. 5Nm lik yük momenti ve 500-750rpm hızda motorun çektiği akım



Şekil 5.18. 5Nm lik yük momenti ve 500-750rpm hızda doğrultucudan çekilen akım

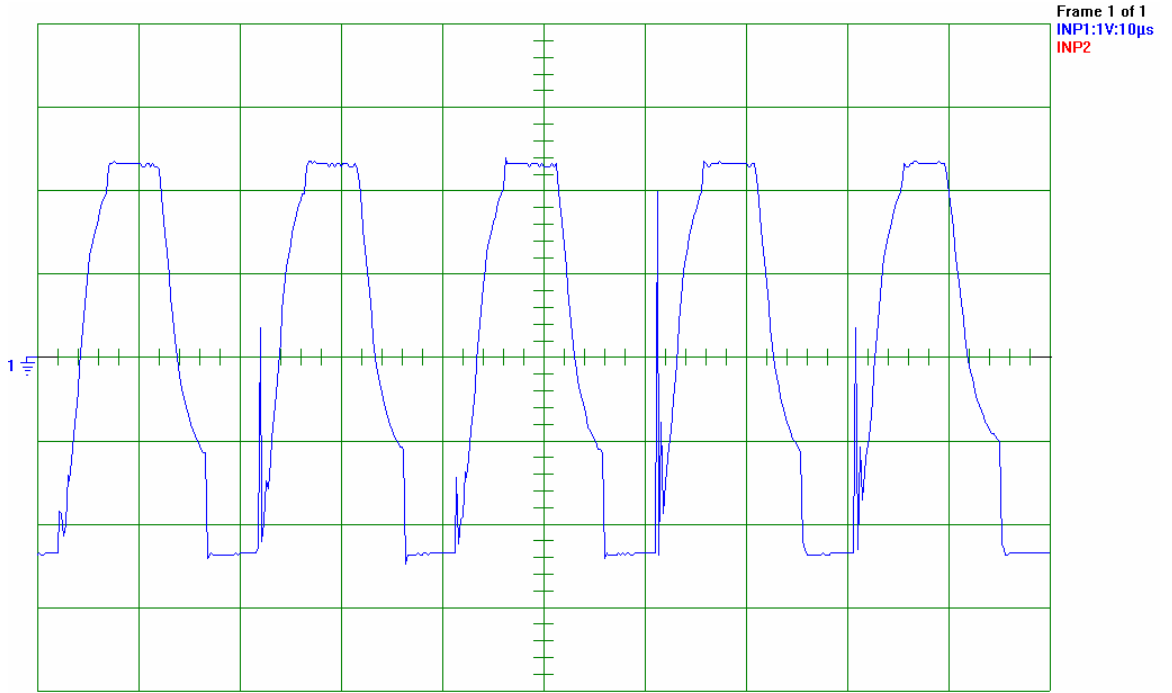


Şekil 5.19. 5 Nm lik yük momenti ve 500-750 rpm hızda FWD diyotdan çekilen akım

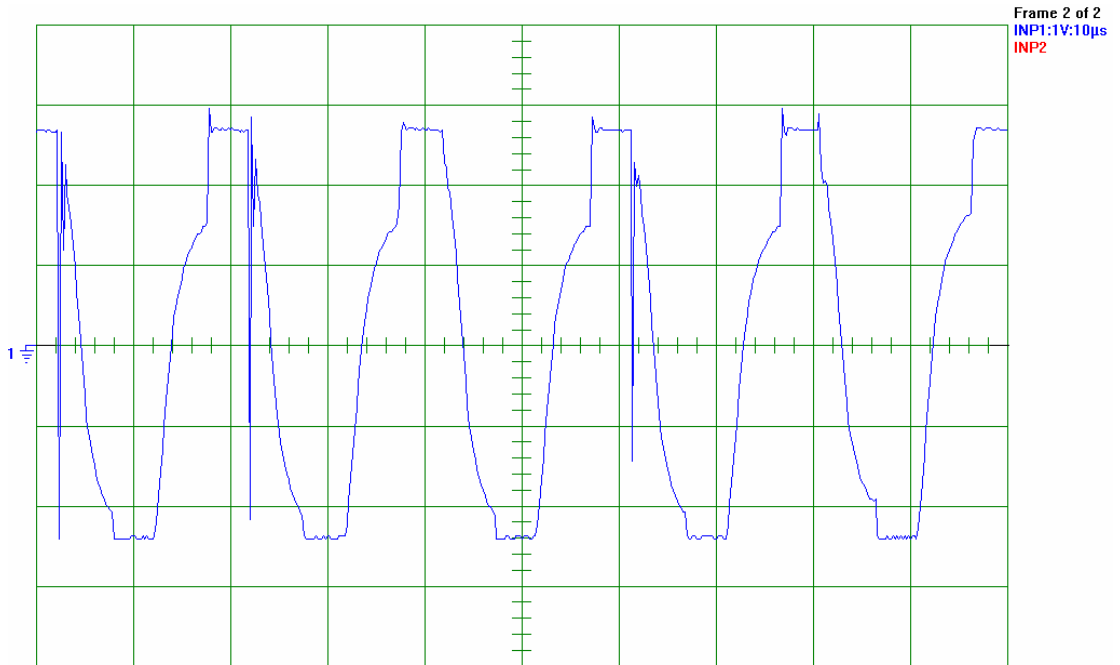


Şekil 5.20. 5 Nm lik yük momenti ve 500-750 rpm hızda motor terminal uçlarına düşen gerilim

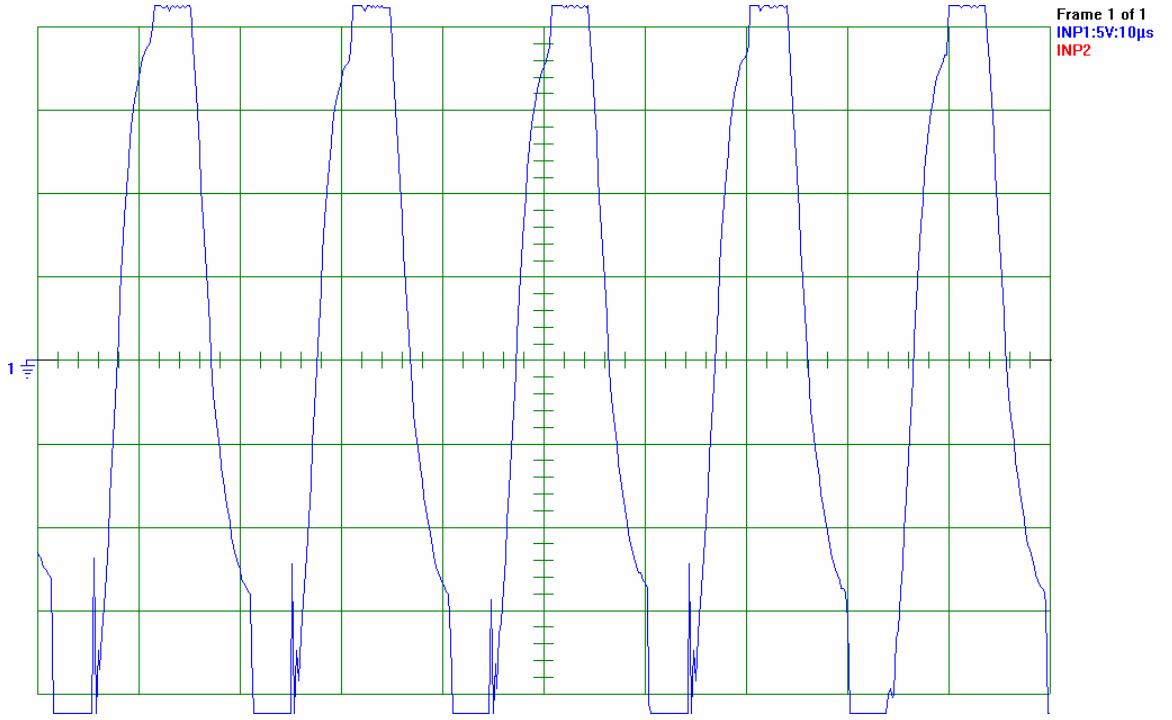
Simülasyon sonuçları verilen çalışmanın deneysel çalışma sonuçları ise eldeki imkanlar ölçüsünde alınarak aşağıda aktarılmıştır.



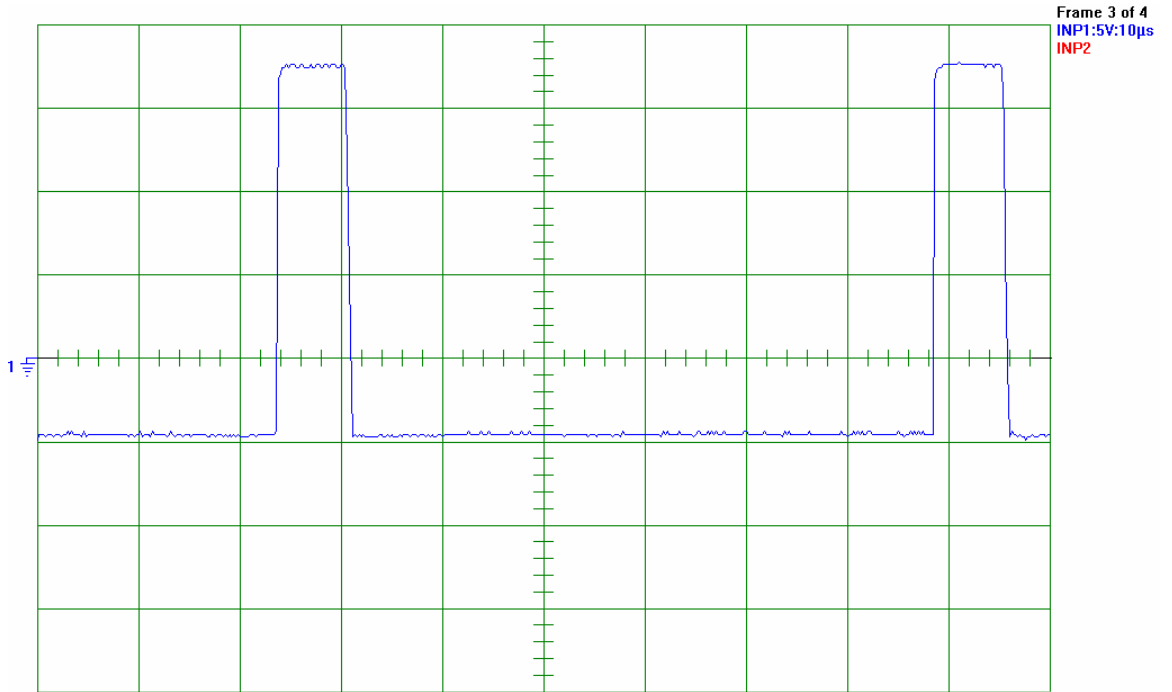
Şekil 5.21. Trafonun 1. primer sargısında düşen voltaj (23V a.a)
(Osc. skalası=x10)



Şekil 5.22. Trafonun 2. primer sargısında düşen voltaj (24V a.a)
(Osc. skalası=x10)



Şekil 5.23. Push-pull dönüştürücü çıkış voltajı (Doğrultucuya uygulanan giriş voltajı) (210V a.a) (Osc. skalası=x10)



Şekil 5.24. Yüksüz durumda 800 rpm hızda motor terminal uçlarına düşen gerilim

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışma 24 volt çıkışlı fotovoltaiik sistemden elde edilen enerjinin bir DA motoru çalıştırması için tasarlanmıştır. Güneş paneli çıkış gerilimi düşük olduğu için bu enerjinin kullanılabilmesi için gerilimin yükseltilmesi gerekmektedir. Bu çalışmada kullanılan DA motoru için gerekli 200-230V u elde etmek için boost (DA-DA) dönüştürücü kullanıldığı takdirde, teorik olarak bu gerilim seviyesi elde edilmesine rağmen, daha önce bahsedilen pratikteki dezavantajlarından dolayı bu doğrultucu tercih edilmemiştir. Bu nedenle gerekli gerilim seviyesini elde edebilmek için uygun trafo sarımlı Push-Pull dönüştürücü ve doğrultucu kullanılmıştır.

Pratik çalışmaya geçilmeden önce SIMPLORER 6.0 paket programı kullanılarak sistem simülasyonu sonuçları elde edilmiştir. Daha sonra aynı tasarımın deneysel çalışması yapılarak sonuçlar karşılaştırılmıştır. Simülasyon ve deneysel sonuçlar arasındaki küçük farklılıklar dizayn hassasiyeti ve trafo sarımlarındaki hatalardan kaynaklanmaktadır.

Hem simülasyon çalışmasında hem de deneysel çalışmada, uygun doğrultucu gerilimi elde etmek için push-pull dönüştürücüde DGM kontrol yöntemi ve DA motor hızında ise histerisiz kontrol yöntemi kullanılmıştır.

Sonuç olarak, bir fotovoltaiik sistemin çıkışı uygun bir şekilde dönüştürüldüğü zaman günlük yaşamımızda kullandığımız birçok elektriksel ihtiyacımızı karşılayabileceğini görmekteyiz.

Sonraki çalışmalarda, farklı denetim yöntemleri üzerinde çalışmalar yapıp dönüştürücünün verimi incelenebilir.

KAYNAKLAR

1. Altınbaşak, O., “Mikrodenetleyiciler PIC Programlama”, *Altaş Yayıncılık*, İstanbul, 11-14 (2000).
2. Bal, G., “Doğru Akım Makinaları ve Sürücüler”, *Seçkin Yayıncılık*, Ankara, 111-136 (2001).
3. Chapman, S.J., “Electric Machinery Fundamentals”, *McGraw-Hill International Editions*, New York, 562-568 (1999).
4. Dinçer, G., “PIC Microcontroller Uygulama Devreleri”, *Bilişim Yayıncılık*, İstanbul, 20-51 (1999).
5. Gardner, N., “PIC Programlama El Kitabı”, *Bileşim Yayıncılık*, İstanbul, 67-73 (1997).
6. Gürdal, O., “Elektrik Makinalarının Tasarımı”, *Atlas Yayıncılık*, İstanbul, 75-103 (2001).
7. İnternet: Güneş Enerjisi ve Teknolojileri, Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü. <http://www.eie.gov.tr/turkce/gunes/gunes.html> (2005).
8. Mohan, N., Undeland, T.M., Robbins, W.P., “Power Electronics”, *John Wiley and Sons, Inc.*, United States of America, 221-225 (2003).
9. Rashid, M.H., “Power Electronics”, *Prentice Hall International Editions*, United States of America, 630-634 (1993).
10. Şahin, A., DC Machine , “Doğru ve Alternatif Akım Motorlarında Hız Kontrolü”, *SEGEM Yayınları*, Ankara, 23-76 (1989).
11. Urhan, O., Güllü, M.K., “Her Yönüyle PIC 16F628”, *Birsen Yayıncılık*, İstanbul 4-22 (2004).

EKLER

EK-1 Motor hız kontrol kaynak kodu

```

/*
 *      motor.c  -
 */

#include    <pic.h>
#include    "Main.h"
#include    "Hardware.h"

//      ** Main Definitions **

#define      True  1
#define      False 0
#define      Input 1
#define      Output 0
#define      PwmON      0x0F;
#define      PwmOFF     0x00;
#define bKey1 0x11
#define bKey2 0x12
#define bKey3 0x13
#define MinReferansHiz 15
#define MaxReferansHiz 85

// GLOBAL VARIABLE DEFINITIONS
//      unsigned char LcdBuffer1[64];
//bank1      unsigned char LcdBuffer2[64];
//unsigned char      *Pin;
//unsigned char      *Pout;
//unsigned char      DDAdres;

```

EK-1 (Devam) Motor hız kontrol kaynak kodu

```

        int                AyarlananHiz= MinReferansHiz;
        int                ReferansHiz  = 0;
        int                OlculenHiz   = 0;
        int                MotorGerilimi = 0;
        int                OncekiHataSinyali = 0;
        int                HataSinyali = 0;
        unsigned char Counter0          = 0;
        unsigned char VTimer01Cntr      = 0;
        unsigned char VTimer02Cntr      = 0;
        unsigned char VTimer03Cntr      = 0;
        unsigned char VTimer04Cntr      = 0;
        unsigned char VTimer05Cntr      = 0;
bit    TimerTick    = 0;
bit    VTimer01     = 0;
bit    VTimer02     = 0;
bit    VTimer03     = 0;
bit    VTimer04     = 0;
bit    VTimer05     = 0;
bit    FlashMask;
bit    MotorRun_Stop = 0;

static bit bKeyIn1;
static bit bKeyIn2;
static bit bKeyIn3;

static bit bKeyDebounce1;
static bit bKeyDebounce2;
static bit bKeyDebounce3;

```

EK-1 (Devam) Motor hız kontrol kaynak kodu

```

// Read Key Procedure
extern void InitKeypad(void);
extern void KeypadRead(void);
extern void KeyPressed(unsigned char byte);
extern void KeyReleased(unsigned char byte);
// Read Key Procedure

void          Delay(unsigned char);
//void        ONOFFKontrol(void);
//void        HizAtama(void);
void          TimerKontrol(void);
void          MotorKontrol(void);
void          MotorKontrolDongu(void);
//void        TestLed(void);

unsigned char zzDeneme;
bit           DenemeBit;

//__CONFIG( LVPDIS & PROTECT & PWRTEN & WDTDIS  & BORDIS & HS
& DP & WRTEN &DEBUGDIS );
__CONFIG( INTIO  & LVPDIS & PROTECT & PWRTDIS & WDTEN  & BOREN
& MCLRDIS & CPD );
__IDLOC(0512);

main(void)
{
// PWM Ayarlari .....
    CCP1CON = PwmOFF;    T2CKPS1 = 0;
    T2CKPS0 = 0;
    TMR2ON  = 1;

```

EK-1 (Devam) Motor hız kontrol kaynak kodu

```

PR2      = 0x3F;          // 8 bit calisma
CCPR1L = 10;

// Timer0 Ayarlari .....
T0CS  = 0;  // set as Timer, not counter.
PSA    = 0;  // Prescalar assigned to Timer0.
PS2    = 0;
PS1    = 1;
PS0    = 0;
T0IF   = 0;  // Timer0 Interrupt Flag.
T0IE   = 1;  // Timer0 Interrupt Enabled.

// Timer0 Ayarlari .....
// Timer1 Ayarlari .....
TMR1CS  = 1;  // Counter Mode
T1OSCEN = 0;  // Oscillator shut-off
TMR1ON  = 1;  // Timer1 ON

// Timer1 Ayarlari .....
PORTA    = 0xFF;
TRISA = 0xFF;
PORTB    = 0xF2;
TRISB = 0xF2;
PEIE = True;
GIE = True;
// GIE = False;
// Delay(2);
InitKeypad();
Delay(250);
VTimer01  = 1;
VTimer02  = 1;
// VTimer03  = 1;

```

EK-1 (Devam) Motor hız kontrol kaynak kodu

```

//      VTimer04      = 1;
        VTimer05      = 1;
        for(;;)
        {
            asm("clrwdt");
            KeypadRead();
            MotorKontrol();
            TimerKontrol();
//      TestLed();
        }
    }

static void interrupt isr(void)
{
//      GIE = 0;      // Otomatik disable oluyor. Cikinca tekrar Enable oluyor.

    T0IF = 0;
    ++Counter0;
    if(Counter0 == 10)
    {
        Counter0 = 0;
        TimerTick = 1;
    }
}

// Timer Kontrol Proseduru
void TimerKontrol(void)    // 20 msn.de bir defa girilir.
{
    if(TimerTick)
    {
        TimerTick = 0;
    }
}

```

EK-1 (Devam) Motor hız kontrol kaynak kodu

```

    if(Test1)      Test1 = 0;
    else          Test1 = 1;
    // -----
    if(VTimer01)
    {
        ++VTimer01Cntr;
        if(VTimer01Cntr >= 1)
        {
            VTimer01Cntr = 0;
            if(CCPR1L != MotorGerilimi)
            {
                CCPR1L = MotorGerilimi / 4;
                CCP1X = ((MotorGerilimi & 0x02) == 0x02);
                CCP1Y = (MotorGerilimi & 0x01);
            }
        }
    }
    else VTimer01Cntr = 0;
    // -----
    // -----
    if(VTimer02)
    {
        ++VTimer02Cntr;
        if(VTimer02Cntr >= 4)
        {
            VTimer02Cntr = 0;
            MotorKontrolDongu();
        }
    }
    else VTimer02Cntr = 0;

```

EK-1 (Devam) Motor hız kontrol kaynak kodu

```

// -----
// -----
if(VTimer03)
{
    ++VTimer03Cntr;
    if(VTimer03Cntr >= 25)
    {
        VTimer03Cntr = 0;
        VTimer03 = 0;
        VTimer04 = 1;
    }
}
else VTimer03Cntr = 0;
// -----
// -----
if(VTimer04)
{
    ++VTimer04Cntr;
    if(VTimer04Cntr >= 3)
    {
        VTimer04Cntr = 0;
        if(!pKeyIn2) ++ReferansHiz;
        if(!pKeyIn3) --ReferansHiz;
        if(ReferansHiz <= MinReferansHiz) ReferansHiz =
MinReferansHiz;
        if(ReferansHiz >= MaxReferansHiz) ReferansHiz =
MaxReferansHiz;
    }
}
else VTimer04Cntr = 0;

```

EK-1 (Devam) Motor hız kontrol kaynak kodu

```

// -----
// -----
if(VTimer05)
{
    ++VTimer05Cntr;
    if(VTimer05Cntr >= 2)
    {
        VTimer05Cntr = 0;
        OlculenHiz    = TMR1L;
        TMR1L          = 0;
        TMR1H          = 0;
        MotorKontrolDongu();
    }
}
else VTimer05Cntr = 0;
// -----
}

}

// ----- Genel Fonksiyonlar -----
void Delay(unsigned char c)
{
    int i;
    for(i = 0; i <= c; ++i) asm("nop");
}

// ----- Genel Fonksiyonlar -----
// Read Keys

void InitKeypad(void)
{

```

EK-1 (Devam) Motor hız kontrol kaynak kodu

```

    bKeyIn1 = 1;
    bKeyIn2 = 1;
    bKeyIn3 = 1;

    bKeyDebounce1 = 0;
    bKeyDebounce2 = 0;
    bKeyDebounce3 = 0;
}

void KeypadRead(void)
{
    if(pKeyIn1 != bKeyIn1)
    {
        if(bKeyDebounce1)
        {
            bKeyDebounce1 = 0;
            if(bKeyIn1) KeyPressed(bKey1);
            else      KeyReleased(bKey1);
            bKeyIn1 = !bKeyIn1;
        }
        bKeyDebounce1 = 1;
    }
    else bKeyDebounce1 = 0;

    if(pKeyIn2 != bKeyIn2)
    {
        if(bKeyDebounce2)
        {
            bKeyDebounce2 = 0;
            if(bKeyIn2) KeyPressed(bKey2);

```

EK-1 (Devam) Motor hız kontrol kaynak kodu

```

        else      KeyReleased(bKey2);
        bKeyIn2 = !bKeyIn2;
    }
    bKeyDebounce2 = 1;
}
else bKeyDebounce2 = 0;

if(pKeyIn3 != bKeyIn3)
{
    if(bKeyDebounce3)
    {

        bKeyDebounce3 = 0;
        if(bKeyIn3) KeyPressed(bKey3);
        else      KeyReleased(bKey3);
        bKeyIn3 = !bKeyIn3;
    }
    bKeyDebounce3 = 1;
}
else bKeyDebounce3 = 0;
}

// .....
void KeyPressed(unsigned char byte)
{
    if(byte==bKey1)    // Start/Stop
    {
        if(MotorRun_Stop)
        {
            LedStart      = 0;

```

EK-1 (Devam) Motor hız kontrol kaynak kodu

```

        MotorRun_Stop      = 0;
        AyarlananHiz = ReferansHiz;
        ReferansHiz        = 0;
    }
    else
    {
        LedStart            = 1;
        MotorRun_Stop      = 1;
        MotorGerilimi= 0;
        ReferansHiz        = AyarlananHiz;
    }
}

if(byte==bKey2) // Artir
{
    if(MotorRun_Stop)
    {
        ++ReferansHiz;
        if(ReferansHiz  >=  MaxReferansHiz)  ReferansHiz  =
MaxReferansHiz;
        VTimer03 = 1;
    }
}

if(byte==bKey3) // Azalt
{
    if(MotorRun_Stop)
    {
        --ReferansHiz;

```

EK-1 (Devam) Motor hız kontrol kaynak kodu

```

        if(ReferansHiz <= MinReferansHiz) ReferansHiz =
MinReferansHiz;
        VTimer03 = 1;
    }
}
void KeyReleased(unsigned char byte)
{
    if(byte==bKey1)
    {
    }

    if(byte==bKey2)
    {
        VTimer03 = 0;
        VTimer04 = 0;
    }

    if(byte==bKey3)
    {
        VTimer03 = 0;
        VTimer04 = 0;
    }
}

void MotorKontrol(void)
{
    if(MotorRun_Stop)
    {
        CCP1CON = PwmON;
    }
}

```

EK-1 (Devam) Motor hız kontrol kaynak kodu

```

    }
    else
    {
        CCP1CON          = PwmOFF;
        PwmOut           = 0;
    }
}

void MotorKontrolDongu(void)
{
    // Bu procedur surekli calismali.
    // ReferansHiz ve OlculenHiz'a gore MotorGerilimi'ni hesaplamali.

    int    HataFarki;
    int    GerilimFarki;

    HataSinyali = ReferansHiz - OlculenHiz;
    if(HataSinyali >= 50) HataSinyali = 50;           // Sadece artim yonunde
sinirlendirir.
    HataFarki    = OncekiHataSinyali - HataSinyali;

    GerilimFarki = 1 * ((1 * HataSinyali) - ((* (ReferansHiz / 2) +*/ 10) *
HataFarki));
    if(GerilimFarki >= 10) GerilimFarki = 10; // Sadece artim yonunde
sinirlendirir.

    MotorGerilimi = MotorGerilimi + GerilimFarki;
    if(MotorGerilimi >= 255) MotorGerilimi = 255;
    if(MotorGerilimi < 0) MotorGerilimi = 0;

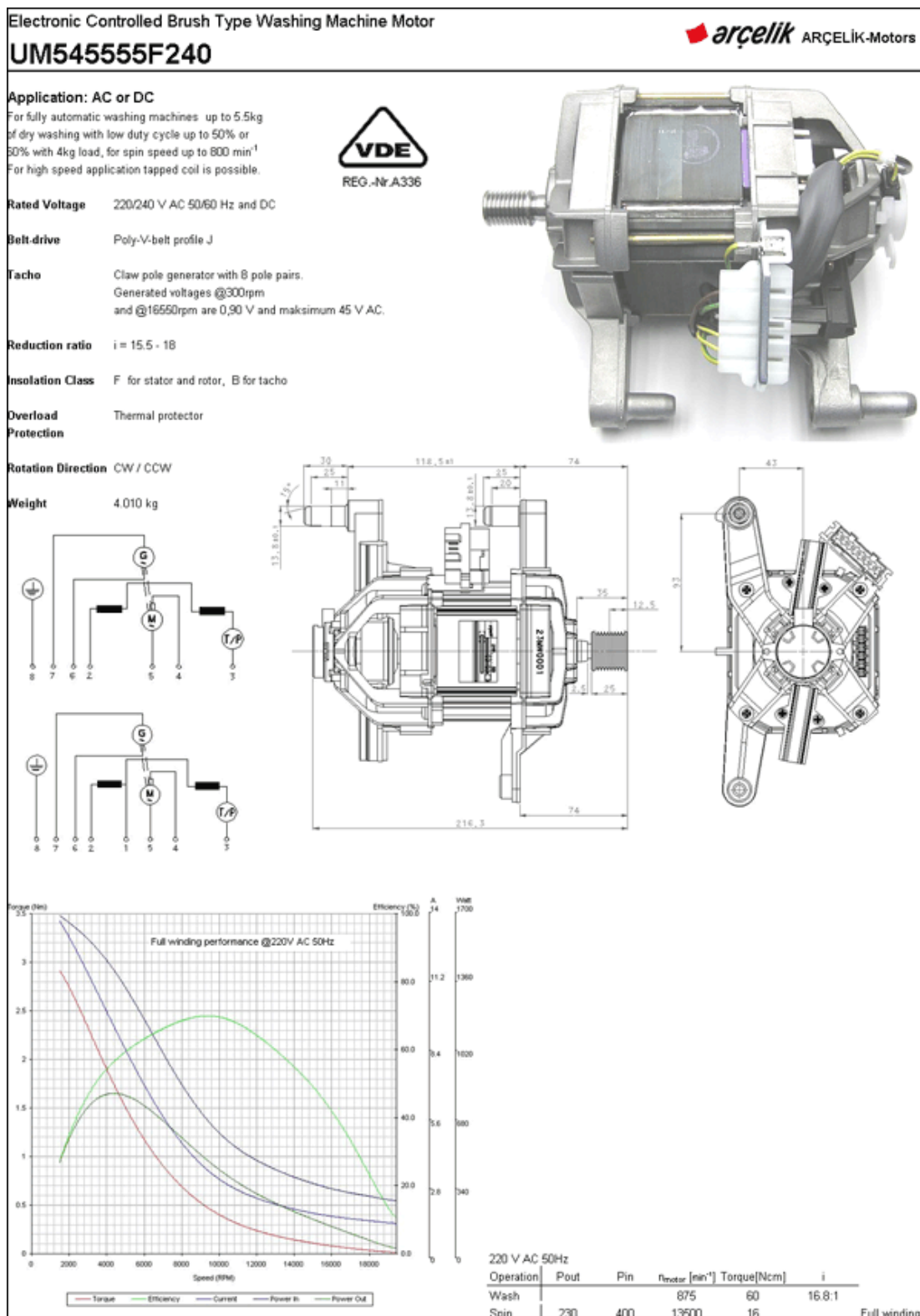
    OncekiHataSinyali = HataSinyali;

```

EK-1 (Devam) Motor hız kontrol kaynak kodu

```
}void TestLed(void)
/*    TestLed3 = ((ReferansHiz & 0x40) == 0x40);
    TestLed2 = ((ReferansHiz & 0x20) == 0x20);
    TestLed1 = ((ReferansHiz & 0x10) == 0x10);
    TestLed0 = ((ReferansHiz & 0x08) == 0x08);
    TestLedx = ((ReferansHiz & 0x04) == 0x04);
*/
}
```

EK-2 Motor özellikleri



ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : AKMEŞE, Dilek
Uyruğu : T.C.
Doğum tarihi ve yeri : 13.11.1976 / Almanya
e-mail : dileka@gmail.com

Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Yıl
Lisans	Niğde Üniversitesi/ Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü	2002
Lise	Özel Arı Fen Lisesi	1995

İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
2005-2006	Eser Müh. Müş.	Proje Mühendisi

Yabancı Dil

İngilizce
Almanca

Hobi

Kitap okumak, yüzmek, kayak, scuba diving, müzik dinlemek.