

**PENÇE TİPİ ALTERNATÖR İLE SABİT
MIKNATISLI ALTERNATÖR
PERFORMANSLARININ
KARŞILAŞTIRILMASI**

**2010
YÜKSEK LİSANS TEZİ
MAKİNE EĞİTİMİ**

Metin KAYNAKLI

**PENÇE TİPİ ALTERNATÖR İLE SABİT MIKNATISLI ALTERNATÖR
PERFORMANSLARININ KARŞILAŞTIRILMASI**

Metin KAYNAKLI

**Karabük Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Makine Eğitimi Anabilim Dalında
Yüksek Lisans Tezi
Olarak Hazırlanmıştır**

**KARABÜK
Haziran 2010**

Metin KAYNAKLI tarafından hazırlanan “PENÇE TİPİ ALTERNATÖR İLE SABİT MIKNATISLI ALTERNATÖR PERFORMANSLARININ KARŞILAŞTIRILMASI” başlıklı bu tezin Yüksek Lisans Tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Doç. Dr. Raif BAYIR



Tez Danışmanı, Elektronik ve Bilgisayar Eğitimi Anabilim Dalı

Bu çalışma, jürimiz tarafından oy birliği ile Makine Eğitimi Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir. 21/04/2010

Ünvanı, Adı SOYADI (Kurumu)

İmzası

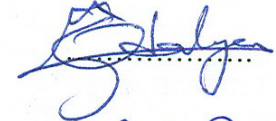
Başkan : Doç. Dr. M. Bahattin ÇELİK (KBÜ)



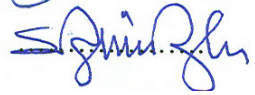
Üye : Doç. Dr. Raif BAYIR (KBÜ)



Üye : Yrd. Doç. Dr. Bülent ÖZDALYAN (KBÜ)



Üye : Yrd. Doç. Dr. Salih GÖRGÜNOĞLU (KBÜ)



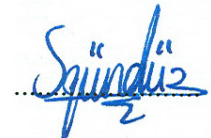
Üye : Yrd. Doç. Dr. Baha ŞEN (KBÜ)



24.04.2010

KBÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu, bu tez ile, Yüksek Lisans derecesini onamıştır.

Doç. Dr. Süleyman GÜNDÜZ



Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

“Bu tezdeki tüm bilgilerin akademik kurallara ve etik ilkelere uygun olarak elde edildiğini ve sunulduğunu; ayrıca bu kuralların ve ilkelerin gerektirdiği şekilde, bu çalışmadan kaynaklanmayan bütün atıfları yaptığımı beyan ederim.”

Metin KAYNAKLI



ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

PENÇE TİPİ ALTERNATÖR İLE SABİT MIKNATISLI ALTERNATÖR PERFORMANSLARININ KARŞILAŞTIRILMASI

Metin KAYNAKLI

**Karabük Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Makine Eğitimi Anabilim Dalı**

Tez Danışmanı:

Doç. Dr. Raif BAYIR

Haziran 2010, 118 sayfa

Pençe tipi alternatörler (PTA) günümüzde taşıtların giderek artan elektrik ihtiyaçlarını karşılamakta yetersiz kalmaktadır. Alternatör üreticileri artan talep karşısında alternatörün çıkış gücünü ve verimini artırmak için değişik yöntemler geliştirmektedirler. Bu yöntemler; alternatörün dönüş hızını artırmak, üretilen elektriği verimli kullanmak için güç elektroniğinden faydalanmak, alternatörün kayıplarını azaltmak, vb. Hatta günümüz de alternatör olarak farklı elektrik makineleri ve hibrid sistemler üzerinde çalışmalar yapılmaktadır. Mevcut kullanılan alternatörlerin verimleri ve performansları düşüktür. Belirli bir hızın altında gerilim üretememektedirler. Bu sakıncaları azaltmak ve ortadan kaldırmak için daha düşük hızlarda ve daha az mekanik enerji harcayarak daha fazla çıkış gücü ve verim sağlayabilen sabit mıknatıslı alternatörlerin (SMA) içten yanmalı motorlarda (İYM) kullanılabilirliği test edilmektedir.

Bu çalışmada SMA ile pençe tipi alternatörün içten yanmalı motor (İYM) üzerinde üç farklı deney koşulunda yüksüz, yüklü ve şarj esnasında göstermiş oldukları performans değerleri yedi ayrı parametre ile ölçülmektedir. Bu ölçümlerde alternatörlere ait akım, gerilim, devir, sıcaklık değerleri ile yüklü deneylerde devreye bağlanan elektrik yüklerinin akü üzerinden çekmiş oldukları akım, gerilim değerleri ve alternatörlerin İYM'nin çalışması esnasında tüketmiş olduğu yakıt miktarına olan etkileri ölçülerek her iki alternatörün İYM üzerindeki çalışma performansları karşılaştırılmıştır. Ölçümlerden elde edilen sonuçlarda SMA'nın yük altındaki performans ve veriminin pençe tipi alternatöre göre iyi olduğu tespit edilmiştir. Ancak SMA'ların yüksüz ve şarj esnasındaki verimlerinin iyi olmadığı ve çalışmalarını esnasında daha fazla ısındığı görülmektedir.

Anahtar Sözcükler : Sabit mıknatıslı alternatör, pençe tipi alternatörler, elektrik üretimi, senkron alternatör.

Bilim Kodu : 626.10.01

ABSTRACT

M.Sc. Thesis

PERFORMANCE COMPARISION OF PERMANENT MAGNET ALTERNATOR AND CLAW POLE ALTERNATOR

Metin KAYNAKLI

Karabük University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Mechanical Education

Thesis Advisor:

Assoc. Prof. Dr. Raif BAYIR

June 2010, 118 pages

Claw pole alternators get insufficient to meet the increasing electrical needs of the vehicles. Alternator manufacturers develop different methods to improve output power and efficiency against increasing demand. These methods include increasing the speed of the alternator, make use of power electronics to use produced electricity efficiently, reducing the losses of the alternator, etc. Moreover, today, studies on different electrical machines and hybrid systems as an alternator are made. Efficiency and performance of the alternators used presently are low. They can not generate electricity below a certain speed. To eliminate and reduce these disadvantages, permanent magnet alternators with higher output power and efficiency at lower speeds and consuming less mechanical energy are being tested in internal combustion engines.

In this study, permanent magnet alternator's and claw pole alternator's performances in internal combustion engines by loaded, non-loaded and charging conditions are tested with seven (7) different parameters. In this measurements, current, voltage, rpm, temperature values are measured, on the other hand, in loaded conditions experiments, current, voltage values of electrical loads which are connected to circuit, supplied from battery and effects of alternators to internal combustion engines about fuel consumption are measured and both of two types of alternators performances are compared. Results from experiments show that, performance and efficiency value of permanent magnet alternator is better respect to claw pole alternator in loaded conditions. But it is clearly seen that, permanent magnet alternators values are not very good in non-loaded and charging conditions. Besides this, permanent magnet alternators were getting warmed while operating.

Key Words : Permanent magnet alternator, claw pole alternator, generation of electricity, synchronous alternator

Science Code : 626.10.01

TEŞEKKÜR

Bu tez çalışmasının gerçekleştirilmesinde ilgi ve desteğini esirgemeyen, bilgi ve tecrübelerinden yararlandığım, yönlendirme ve bilgilendirmeleriyle çalışmamı bilimsel temeller ışığında şekillendiren sayın tez danışmanım Doç. Dr. Raif BAYIR'a teşekkürlerimi sunarım.

Sevgili aileme manevi hiçbir yardımı esirgmeden yanımda oldukları için teşekkür ederim.

Bu çalışmanın deney ölçüm düzeneğinin hazırlanmasında ve yapılan deneysel ölçümlerin sonuçlandırılmasında ilgi ve desteğini esirgemeyen Ali UYSAL'a, Ahmet ALBAYRAK'a, tezin hazırlanması ve değerlendirilmesinde bilgi ve tecrübeleriyle yardımcı olan Mehmet ŞİMŞİR ve Emel KOÇAK'a teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca bu çalışma Karabük Üniversitesi bünyesinde Elektro Efor Endüstriyel Tasarım Sanayi Ticaret firması ile birlikte Doç. Dr. Raif BAYIR tarafından yürütülen Sanayi ve Ticaret Bakanlığının SANTEZ Ar-Ge destek programı kapsamında 00290.STZ.2008-2 kodlu "Otomobiller ve Rüzgar Enerjisi için Sabit Mıknatıslı Alternatör Üretimi" projesi kapsamında desteklenmektedir. Bu desteklerinden dolayı Sanayi ve Ticaret Bakanlığına ve Elektro Efor Endüstriyel Tasarım Sanayi Ticaret firmasına teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
KABUL	ii
ÖZET	iv
ABSTRACT	vi
TEŞEKKÜR	viii
İÇİNDEKİLER	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ	xiii
ÇİZELGELER DİZİNİ	xvii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	xviii
BÖLÜM 1	1
GİRİŞ	1
BÖLÜM 2	4
TAŞITLARDA KULLANILAN ŞARJ SİSTEMLERİ	4
2.1. ŞARJ DİNAMOLARI	5
2.2. ALTERNATÖRLER	6
2.2.1. Rotor.....	8
2.2.2. Stator	8
2.2.3. Diyotlar.....	9
2.3. ALTERNATÖRÜN ÇALIŞMA PRENSİBİ	10
2.4. ELEKTROMANYETİK ALAN TANIMI VE ÖZELLİKLERİ.....	11
2.5. FARADAY'IN ELEKTRİK ÜRETME PRENSİBİ	11
2.6. ALTERNATİF AKIM JENERATÖRLERİ	12
2.7. ELEKTROMOTOR KUVVET YÖNÜNÜN BULUNMASI	13
2.8. ELEKTROMOTOR KUVVET MİKTARI	13
2.8.1. Üç Fazlı Alternatif Akım.....	16
2.8.2. Yıldız Bağlantı	18
2.8.3. Üçgen Bağlantı	19

Sayfa

2.9. ALTERNATİF AKIM GERİLİMİNİN DOĞRULTULMASI.....	19
2.10. ALTERNATÖRLERİN TASARIM KRİTERLERİ	21
2.11. ALTERNATÖR ÇEŞİTLERİ	22
2.12. KOLLEKTÖR BİLEZİKLİ PENÇE TİPİ ALTERNATÖRLER	23
2.13. KOMPAKT ALTERNATÖR	24
2.14. KOMPAKT ALTERNATÖR TASARIM ÇEŞİTLERİ.....	26
2.15. SABİT MIKNATISLI ALTERNATÖRLER.....	33
2.15.1. Rotor.....	35
2.15.2. Stator	36
2.16. SABİT MIKNATISLARLAR VE ÖZELLİKLERİ	36
BÖLÜM 3	39
ALTERNATÖRLERDE GERİLİM REGÜLASYONU	39
3.1. GERİLİM REGÜLASYONU	39
3.2. ELEKTROMANYETİK GERİLİM REGÜLATÖRLERİ	40
3.3. ELEKTRONİK GERİLİM REGÜLATÖRLERİ.....	41
3.4. AŞIRI GERİLİMDEN KORUMA	43
3.5. SMA'NIN GERİLİM REGÜLASYONU.....	44
3.6. SMA'DA KULLANILAN REGÜLATÖRLER	44
3.7. SMA REGÜLASYONUNUN ÇALIŞMA ÖZELLİKLERİ	47
BÖLÜM 4	48
ALTERNATÖRLERİN PERFORMANS KRİTERLERİ	48
4.1. ALTERNATÖRLERİN SOĞUTULMASI	48
4.2. ALTERNATÖRLERDE GÜRÜLTÜ.....	51
4.3. ALTERNATÖRLERDE GÜÇ KAYIPLARI	52
4.3.1. Verim.....	52
4.3.2. Güç Kaybının Kaynakları.....	54
4.4. SABİT MIKNATISLI ALTERNATÖRLERİN ÜSTÜNLÜKLERİ	57
4.4.1. Yüksek Güç Üretimi	57
4.4.2. SMA'nın Yüksek Makine Verimine Katkı Yapan Faktörleri.	57
4.4.3. Düşük Rotor Ataleti ve Sessiz Çalışma.....	58

	<u>Sayfa</u>
4.5. ALTERNATÖR PERFORMANS EĞRİLERİ	58
4.6. SMA'NIN TASARIM ÖZELLİKLERİ	60
4.7. ŞARJ SİSTEMİ PROBLEMLERİ VE ÇÖZÜMLERİ.....	64
4.8. ŞARJ AYARININ GERÇEKLEŞTİRİLMESİ.....	66
4.9. ARAÇLARIN ELEKTRİKSEL YÜKLERİ	67
BÖLÜM 5	68
DENEYSEL ÇALIŞMALAR	68
5.1. İYM ÜZERİNDE PTA İLE SMA PERFORMANSLARININ KARŞILAŞTIRILMASI İÇİN HAZIRLANAN DENEY DÜZENİĞİ VE DENEYLERİN YAPILIŞI	68
5.2. DENEYSEL ÇALIŞMALARDA KULLANILAN ALGILAYICI VE ÖLÇÜM CİHAZLARI	72
5.2.1. Termokupul ile Alternatör Sıcaklığının Ölçülmesi.....	72
5.2.2. Yük Hücresi ile Yakıt Tüketiminin Ölçülmesi	74
5.2.3. Endüktif Temassız Algılayıcı ile Devir Ölçümü	76
5.2.4. Deneysel Ölçümlerde Kullanılan Veri Alış-Veriş Kartı	77
5.2.5. Veri Alış-Veriş Kartının Matlab'a Bağlanması.....	79
BÖLÜM 6	82
DENEYSEL SONUÇLAR VE TARTIŞMA.....	82
6.1. PTA'NIN YÜKSÜZ PERFORMANS ÖLÇÜMLERİ	83
6.2. PTA'NIN YÜKLÜ PERFORMANS ÖLÇÜMLERİ	86
6.3. PTA'NIN ŞARJ ESNASINDAKİ PERFORMANS ÖLÇÜMLERİ.....	91
6.4. SMA'NIN YÜKSÜZ PERFORMANS ÖLÇÜMLERİ	94
6.5. SMA'NIN YÜKLÜ PERFORMANS ÖLÇÜMLERİ	98
6.6. SMA'NIN ŞARJ ESNASINDAKİ PERFORMANS ÖLÇÜMLERİ.....	102
6.7. PENÇE TİPİ ALTERNATÖR İLE SABİT MİKNATISLI ALTERNATÖR DENEY SONUÇLARININ KARŞILAŞTIRILMASI.....	105
BÖLÜM 7	109
SONUÇ VE ÖNERİLER	109
KAYNAKLAR.....	111

	<u>Sayfa</u>
EK AÇIKLAMALAR A. SABİT MIKNATISLI ALTERNATÖRÜN TEKNİK ÇİZİMİ VE PARÇALARI	114
EK AÇIKLAMALAR B. ARAÇ SİSTEMLERİNDE KULLANILAN GÜÇ GEREKSİNİMLERİ.....	116
ÖZGEÇMİŞ.....	118

ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
Şekil 2.1. Şarj sisteminin motordaki yeri.....	4
Şekil 2.2. Şarj dinamosunun dış görünüşü ve kesiti	6
Şekil 2.3. Klasik tip alternatör	7
Şekil 2.4. Klasik tip alternatörün yapısı.....	7
Şekil 2.5. Rotorun yapısı.....	8
Şekil 2.6. Statorun yapısı ve stator sargıları.....	9
Şekil 2.7. Diyotların gösterimi	9
Şekil 2.8. Kollektörün çalışma prensibi	10
Şekil 2.9. Elektrik üretme prensibi	11
Şekil 2.10. Alternatif akım jeneratörlerinde EMK'nın oluşumu	12
Şekil 2.11. Fleming'in sağ el kuralı	13
Şekil 2.12. Bir halkada EMK'nın üretilmesi.....	14
Şekil 2.13. N Sarıma sahip, manyetik alan içinde ω açısal hızıyla dönen iletken	15
Şekil 2.14. Elektro mıknatısın döndürülmesi ile oluşan üç fazlı sinüzoidal gerilim..	16
Şekil 2.15. Bobin mıknatıs ilişkisi ve bobin içinde üretilen akım.....	17
Şekil 2.16. Yıldız bağlantı vektör diyagramı	18
Şekil 2.17. Üçgen bağlantı	19
Şekil 2.18. Üç fazlı alternatif akımın doğrultulması.....	19
Şekil 2.19. Yıldız bağlı üç fazlı altı adet köprü diyotları ile çıkış gerilimleri.....	20
Şekil 2.20 Kollektör bilezikli pençe tipi alternatörün temel tasarımı	23
Şekil 2.21. Kompakt alternatörün temel yapısı	24
Şekil 2.22. Kompakt diyot takımlı alternatörler	26
Şekil 2.23. DT1 Tipi kompakt diyot takımlı alternatör	28
Şekil 2.24. B Tipi Kompakt Alternatörler.....	29
Şekil 2.25. Bileziksiz kollektörlü ve bobinsiz rotorlu alternatör.....	30
Şekil 2.26. Az sipirli rotor.....	31
Şekil 2.27. Sıvı soğutmalı bobinsiz rotorlu kompakt alternatör	32

Şekil 2.28. U2 tipi çıkık kutuplu kollektör bilezikli alternatör	33
Şekil 2.29. Sabit mıknatıslı alternatör.....	34
Şekil 2.30. Sabit mıknatıslı alternatör regülasyonu.....	34
Şekil 2.31. Sabit mıknatıslı alternatör rotoru	36
Şekil 2.32. İki fazlı stator	36
Şekil 2.33. SMA’da kullanılan neodyum mıknatıslar.....	38
Şekil 3.1. Tek elementte, çift kontak regülatör devresi	40
Şekil 3.2. Tek elementli, çifte kontaklı regülatör devresi	41
Şekil 3.3. Akünün şarj edilmesi ve AA regülatörleri için blok diyagramı.....	44
Şekil 3.4. Regülatörlerinin farklı ısı ve şarj ortamlarında tipik tutumları.....	45
Şekil 3.5. Batarya şarj uyarı ışığı.....	46
Şekil 3.6. W terminali açık devre gerilimi	46
Şekil 4.1. Taze hava girişi ile soğutma	49
Şekil 4.2. Saat yönünde dönen bir fana sahip bir G1 alternatörünü gösterir	49
Şekil 4.3. Çift akımlı soğutma.....	50
Şekil 4.4. Sesi azaltmak için oluşturulan tırnaklı oluklar.....	51
Şekil 4.5. Kompakt diyot takımlı alternatör (K1 ve N1) verim eğrileri	52
Şekil 4.6. PTA’nın eşdeğer devresi	53
Şekil 4.7. Alternatörlerde oluşan güç kayıpları.....	55
Şekil 4.8. Alternatörlerde meydana gelen kayıplar	55
Şekil 4.9. Tipik bir alternatör karakteristik eğrisi.....	58
Şekil 4.10. Pençe tipi alternatörün performans grafiği	60
Şekil 4.11. SMA’nın eşdeğer devresi	61
Şekil 4.12. Alternatörlerin yüksüz çalışma kayıpları.....	62
Şekil 4.13. Alternatörün rotoruna mıknatıs ilavesi yapıldığında alternatörün performansı	63
Şekil 4.14. Sabit mıknatıslı alternatör performansı	63
Şekil 4.15. Bataryanın çeşitli durumlardaki şarj edilme durumları.....	64
Şekil 4.16. Alternatör talebine artan ilginin yıllara göre değişimi	67
Şekil 5.1. Deney düzeneği blok diyagramı	68
Şekil 5.2. Araçlardaki elektrik sistemi	69
Şekil 5.3. Deney düzeneğinin genel görünümü.....	69

Sayfa

Şekil 5.4. Pençe tipi alternatör.....	71
Şekil 5.5. Deneyde kullanılan sabit mıknatıslı alternatör	72
Şekil 5.6. Seneca K109TC termokupul yükselteci	73
Şekil 5.7. Hassas yakıt kabı.....	74
Şekil 5.8. Deneyde kullanılan yük hücresi.....	75
Şekil 5.9. Seneca Z-SG sinyal dönüştürücü	76
Şekil 5.10. Endüktif temassız algılayıcı.....	77
Şekil 5.11. Seneca Z111 gerilim dönüştürücü.....	77
Şekil 5.12. Deneyde kullanılan veri alış-veriş kartı ile bağlantı terminali.....	78
Şekil 5.13. Analog giriş nesnesi	80
Şekil 5.14. Matlab ölçüm modeli.....	80
Şekil 6.1. İYM üzerine monte edilen alternatörün çalışması	82
Şekil 6.2. PTA'nın gerilim-zaman grafiği.....	83
Şekil 6.3. PTA'nın akım-zaman grafiği.	84
Şekil 6.4. Elektrik alıcılarının gerilim-zaman grafiği	84
Şekil 6.5. Elektrik alıcılarının akım-zaman grafiği.	85
Şekil 6.6. PTA'nın devir-zaman grafiği.....	85
Şekil 6.7. İYM'nin birim zamanda tüketmiş olduğu yakıt miktarı-zaman grafiği..	86
Şekil 6.8. PTA'nın sıcaklık-zaman grafiği.....	86
Şekil 6.9. PTA'nın yük altında gerilim-zaman grafiği.	87
Şekil 6.10. PTA'nın yük altında akım-zaman grafiği.....	88
Şekil 6.11. Elektrik alıcılarının gerilim-zaman grafiği.	88
Şekil 6.12. Elektrik alıcılarının akım-zaman grafiği	89
Şekil 6.13. PTA'nın devir-zaman grafiği.....	89
Şekil 6.14. İYM'nin birim zamanda tüketmiş olduğu yakıt miktarı-zaman grafiği..	90
Şekil 6.15. PTA'nın sıcaklık-zaman grafiği.....	90
Şekil 6.16. PTA'nın gerilim-zaman grafiği.....	91
Şekil 6.17. PTA'nın akım-zaman grafiği	91
Şekil 6.18. Elektrik alıcılarının gerilim-zaman grafiği	92
Şekil 6.19. Elektrik alıcılarının akım-zaman grafiği	92
Şekil 6.20. PTA'nın devir-zaman grafiği.....	93
Şekil 6.21. İYM'nin birim zamanda tüketmiş olduğu yakıt miktarı-zaman grafiği..	93

Sayfa

Şekil 6.22. PTA'nın sıcaklık-zaman grafiği.....	94
Şekil 6.23. SMA'nın gerilim-zaman grafiği.....	94
Şekil 6.24. SMA'nın akım-zaman grafiği.....	95
Şekil 6.25. Elektrik alıcılarının gerilim-zaman grafiği	95
Şekil 6.26. Elektrik alıcılarının akım-zaman grafiği	96
Şekil 6.27. SMA'nın devir-zaman grafiği.....	96
Şekil 6.28. İYM'nin birim zamanda tüketmiş olduğu yakıt miktarı-zaman grafiği. ...	97
Şekil 6.29. SMA'nın sıcaklık-zaman grafiği.....	97
Şekil 6.30. SMA'nın gerilim-zaman grafiği.....	98
Şekil 6.31. SMA'nın akım-zaman grafiği.....	99
Şekil 6.32. Elektrik alıcılarının gerilim-zaman grafiği	99
Şekil 6.33. Elektrik alıcılarının akım-zaman grafiği	100
Şekil 6.34. SMA'nın devir-zaman grafiği.....	100
Şekil 6.35. İYM'nin birim zamanda tüketmiş olduğu yakıt miktarı grafiği.	101
Şekil 6.36. SMA'nın sıcaklık-zaman grafiği.....	101
Şekil 6.37. SMA'nın gerilim-zaman grafiği.....	102
Şekil 6.38. SMA'nın akım-zaman grafiği.....	103
Şekil 6.39. Elektrik alıcılarının gerilim-zaman grafiği	103
Şekil 6.40. Elektrik alıcılarının akım-zaman grafiği	104
Şekil 6.41. SMA'nın devir-zaman grafiği.....	104
Şekil 6.42. İYM'nin birim zamanda tüketmiş olduğu yakıt miktarı grafiği.	105
Şekil 6.43. SMA'nın sıcaklık-zaman grafiği.....	105
Şekil 6.44. PTA ile SMA'nın yüksüz performanslarının karşılaştırılması	106
Şekil 6.45. PTA ile SMA'nın yüklü performanslarının karşılaştırılması	107
Şekil 6.46. PTA ile SMA'nın şarj performanslarının karşılaştırılması.....	108
Şekil A.1. Sabit mıknatıslı alternatörün teknik çizimi ve parçaları.....	115

ÇİZELGELER DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
Çizelge 2.1. Farklı alternatör tipleri için kodlama ve uygulama alanları.....	22
Çizelge 2.2. Kompakt diyot takımlı alternatörlerde standart aralık	27
Çizelge 2.3. Neodyum mıknatısların termal özellikleri	38
Çizelge 2.4. Neodyum mıknatısların fiziksel özellikleri	38
Çizelge 5.1. İYM üzerinde ve alternatörlerde ölçülecek parametreler	70
Çizelge 5.2. Deneysel çalışmada kullanılan İYM'nin teknik özellikleri	71
Çizelge 5.3. Deneyde kullanılan PTA'nın özellikleri.....	71
Çizelge 5.4. Deneyde kullanılan SMA'nın özellikleri.....	72
Çizelge 5.5. Termokupul ölçüm sıcaklıkları	73
Çizelge 5.6. Termokupul aralığı ve çözünürlükleri	74
Çizelge 5.7. Yük hücresinin teknik özellikler	75
Çizelge 5.8. Deneysel çalışmada kullanılan endüktif temassız algılayıcının teknik özellikler	76
Çizelge 6.1. PTA ile SMA'nın yüksüz performans ölçüm sonuçları	106
Çizelge 6.2. PTA ile SMA'nın yüklü performans ölçüm sonuçları	107
Çizelge 6.3. PTA ile SMA'nın şarj performans ölçüm sonuçları.....	108
Çizelge B.1. Taşıt elektrik sisteminde kullanılan yükler	117

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

SİMGELER

N	: Miknatısın Kuzey Kutbu
S	: Miknatısın Güney Kutbu
ϕ_m	: Manyetik Akı
B	: Manyetik Akı Yoğunluğu
L	: Manyetik Alan İçindeki İletkenin Boyu (m)
v	: İletkenin Hızı (m/sn)
E	: İndüklenen Gerilim (Volt)
θ	: Manyetik Alan İle Halka Düzleminin Normali Arasındaki Açık
ω	: Açısal Hız
f	: Frekans
t	: Zaman
Y	: Yıldız Bağlantı
Δ	: Üçgen Bağlantı
R	: Direnç
I	: Akım
V	: Volt
A	: Amper
W	: Watt
rpm	: Revolution Per Minute (Dakikadaki Devir Sayısı)
$^{\circ}\text{C}$: Santigrat Derece
η	: Verim
k	: Makine Sabiti
i_f	: Faz Akımı
V _o	: Sabit Gerilim
V _s	: Ters emk Değeri
w	: Elektriksel Frekans

L_s	: Kaçak Endüktans
P_1	: Güç Girişi
P_2	: Güç Çıkışı
P_{mech}	: Mekanik Kayıp
P_{Cu}	: Stator Bakır Kaybı
P_{Fe}	: Demir ve Ek Kayıplar
P_{Di}	: Diyot Kayıpları
P_{fric}	: Sürtünme Gücü Kaybı
$T_{fric}\omega$: Sürtünme Torku
$V_{Cu\ field}$: Çıkış Kayıpları
P_{Be}	: Rulman Kayıpları
P_{Ve}	: Fan Kayıpları
k_D	: Diyotların İlave Anahtarlama Kayıpları
$P_{Fe,S}$: Statordaki Demir Kayıpları
$P_{Fe,R}$: Rotordaki Demir Kayıpları
P_{rec}	: Doğrultmaç Kaybı
P_m	: Toplam Manyetik Kayıp
I	: Akım karakteristik Eğrisi
n_L	: Motor Boşta Çalışırken Alternatörün Hızı
I_L	: Motor Boşta Çalışırken Alternatörün Akımı
I_N	: Anma Akımı
n_N	: Anma Akımında Alternatörün Hızı
n_{max}	: Maksimum Hız
I_{max}	: Maksimum Akım
n_A	: Karşılıklı Kestirme Hızı
I_g	: Çıkış Akımı
U_1	: Efektif Gerilim
k_i	: Diyot Köprülerinin Etkisi ile Akım İçin Düzeltme Faktörü
k_u	: Diyot Köprülerinin Etkisi ile Gerilim İçin Düzeltme Faktörü
$\cos\phi$: Güç Faktörü
U_B	: Akü Gerilimi
R_B	: Toplam Direnç
U_T	: Diyotun Eşik Gerilimi

p	: Kutup Sayısı
J	: Joule
m ³	: Metre Küp
m ²	: Metre Kare
Br	: Kalıcı Akı Yoğunluğu
HcB	: İç Koersif Kuvvet
Bsat	: Doyma Manyetizasyonu
BH	: Enerji Yoğunluğu
SmCo	: Samaryum-Cobalt
AlNiCo	: Alüminyum-Nikel-Cobalt
NdFeB	: Neodyum -Demir-Bor

KISALTMALAR

AA	: Alternatif Akım
AB	: Ateşleme Bobini
DA	: Doğru Akım
DRA	: Distiribütör Anahtarı
EMK	: Elektro Motor Kuvveti
FA	: Fan Anahtarı
FM	: Fan Motoru
IC	: Entegre Devre
İYM	: İçten Yanmalı Motor
KF	: Kısa Far
KFA	: Kısa Far Anahtarı
LIC	: Kompakt Alternatör
LIC-B	: Kompakt Alternatör B Aralığı
LIC-E	: Kompakt Alternatör E Aralığı
LIC-L	: Kompakt Alternatör L Aralığı
LIC-P	: Kompakt Alternatör P Aralığı
LIC-X	: Kompakt Alternatör X Aralığı
PMA	: Pençe Tipi Alternatör
SA	: Sinyal Anahtarı
SCA	: Silecek Anahtarı
SCR	: Silecek Rölesi
SEM	: Sonlu Elementler Metodu
SL	: Sinyal Lambası
SM	: Silecek Motoru
SMA	: Sabit Miknatıslı Alternatör
SR	: Sinyal Rölesi
UF	: Uzun Far
UFA	: Uzun Far Anahtarı

BÖLÜM 1

GİRİŞ

Günümüz otomotiv teknolojisinin hızla ilerlemesi ile birlikte artan enerji ihtiyacının az bir güçle karşılanabilmesi ve bununla beraber yakıt tasarrufunun artırılması gibi yenilikler otomotiv teknolojisini yeni arayışlara yöneltmektedir. Otomotiv endüstrisinde yaşanan gelişmeler ve teknolojik yenilikler insan güvenliğini ve konforunu daha da ön plana çıkartmıştır.

Taşıtların içerisindeki alt sistemler içerisinde elektrik sistemleri taşıtların önemli sistemlerinden biridir. Bu sistemin amacı, elektrik alıcılarına (far, sinyal, cam sileceği, radyo v.b) akım vererek beslemek ve araç bataryasını devamlı şarjda tutmaktır. Elektrik sisteminin çalışmaması sürüş kalitesi ve güvenliği için tehlike yaratabilir. Şarj sisteminin ana elemanlarından biri olan batarya kapasitesiyle sınırlıdır ve devamlı olarak otomobilin tüm elektriksel güç ihtiyacını karşılayamaz. Her elektrik alıcısına gerektiği zaman ve gerektiği miktarda elektriği sağlamak için, bataryanın daima tam şarjlı kalmasını sağlamak gerekir. Bunun için taşıtlarda elektrik üretmek ve bataryayı tam şarjda tutmak için bir şarj sistemine ihtiyaç duyulmaktadır. Araç motoru çalışmadığı zamanda kullanılan bütün alıcılar batarya tarafından beslenir. İYM çalıştıktan sonra bu görevi şarj sistemi yapar.

Araç motoru düşük devirlerde çalışırken şarj sisteminin vereceği akım alıcıları beslemeye yetmez. Bu durumda alıcıların beslenmesini alternatör, batarya ile birlikte yapar. Araç motoru yüksek devirlerde çalışırken şarj sisteminin vereceği akım, elektrik alıcılarının harcadığından fazla olabilir. Bu durumda sistemin ürettiği akımın bir kısmı alıcılara giderken, diğer bir kısmı da bataryanın şarj edilmesini sağlar [1]. Şarj sistemlerinde çoğunlukla kullanılan PTA'lar fiyat bakımından uygunluğu, eşsiz makine yapısına sahip olması ve sabit verimli olmaları nedeniyle PTA'larda gelişmeler hızlı olmamıştır [2,3].

Ancak araçlarda kullanılan elektronik donanımların çoğalması, araçlarda emniyet ve konforun artmasından dolayı elektrik ihtiyacı giderek artmaktadır. Bu talebi karşılamak için alternatör üreticileri ve bilim adamları teknolojik gelişmeleri kullanarak alternatörlerin çıkış gücünü, performanslarını ve verimlerini artırmak için çalışmalar yapmaktadırlar [2,4]. Bu çalışmalar; dördüncü dereceden harmonikleri bastırma diyotu ilave etmek, mıknatıs ilavesi yapmak, ikiz rotor kullanmak ve çıkış gerilimlerini güç elektroniği teknikleri ile hassas kontrollerini sağlamak vb. olarak verilebilir [5].

Elektrik tüketiminin artması düşük motor devirlerinde daha yüksek elektrik üretimi ihtiyacı taşıt üreticilerini yeni yöntemlere doğru itmektedir. Bunlardan bir tanesi de elektrik üretiminde sabit mıknatıslı alternatör kullanımındır [6,7]. Bu alternatörler; yüksek verim, yüksek güç ve düşük atalet ve daha basit yapıda oluşları en büyük üstünlükleridir [3].

Yakıt ekonomisi sağlamak alternatörlerde aranan özelliklerden bir tanesidir. Ancak pençe tip alternatörlerde istenilen akımı temin etmek için mekanik güç tüketimi artmaktadır. İYM'ye kayışla bağlı olduklarından yakıt tüketimini artırmaktadırlar [5]. SMA'larda ise mekanik güç harcamalarının minimuma indirilmesi İYM'de yakıt tasarrufuna imkân vermektedir.

Bu çalışmanın amacı, İYM'lerde kullanılan PTA'lar ile rotoru sabit mıknatıslı olarak tasarlanan SMA alternatörlerin İYM üzerinde üç farklı koşullarda yüksüz, yüklü ve şarj esnasında göstermiş oldukları performanslarının ölçülmesidir. Bu ölçümler; alternatör gerilimi ve akımı, yük gerilimi ve akımı, devir ve sıcaklık değişimleri ile alternatörlerin İYM'nin çalışması esnasında tüketmiş olduğu yakıt miktarına olan etkileridir.

Hazırlanan bu çalışma, genel itibarıyla literatür taraması ve deneysel çalışmalar olmak üzere iki kısımdan oluşmaktadır. Literatür taraması ve deneysel çalışmalar kendi içinde yedi konu başlığı altında oluşturulmaya çalışılmıştır. Çalışmanın giriş bölümünde çalışmanın kısa özeti ve genel literatür taraması verilmektedir. İkinci bölümde, taşıtlarda kullanılan şarj sistemleri ve çalışma prensipleri ile alternatörlerin

tasarım kriterleri ve çeşitleri ile SMA tanıtılmaktadır. Üçüncü bölümde alternatörlerin gerilim regülasyonu tanıtılmaktadır. Dördüncü bölümde alternatörlerin performanslarını belirleyen parametreler ile alternatör karakteristikleri verilmektedir. Beşinci bölümde ise deneysel çalışmalar ve deney düzeneği anlatılmaktadır.

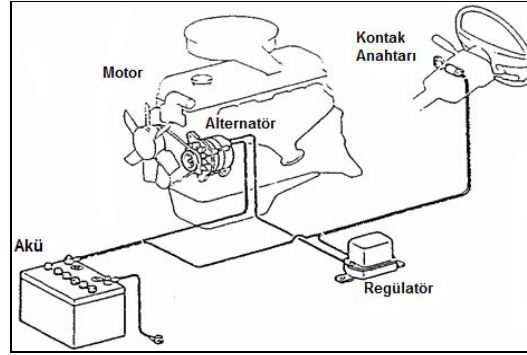
Altıncı bölümde, PTA ile SMA'nın İYM üzerinde üç ayrı deney koşullarında yapılan yüksüz, yüklü ve şarj esnasındaki performans verileri ölçülerek elde edilen verilerin kolay değerlendirilebilmesi için tablo ve grafikler hazırlanarak elde edilen veriler değerlendirilmiştir.

Yedinci ve son bölümde, deneysel çalışmalar sonucunda elde edilen veriler yorumlanarak bu konuda bundan sonra yapılacak çalışmalar hakkında öneriler sunulmaktadır.

BÖLÜM 2

TAŞITLARDA KULLANILAN ŞARJ SİSTEMLERİ

Şarj sistemi, otomobilin motoru çalışırken gereken elektrik miktarını elektrik alıcılarını beslemek ve aküyü tekrar şarj etmek için elektrik üretir. Elektrik güç üretim verimi ve devamlılığı açısından, doğru akım dinamolarından daha iyi olduğu için, birçok otomobil alternatif akım alternatörleriyle donanmıştır. Otomobillerde doğru akım kullanıldığından, alternatörün ürettiği alternatif akım sisteme çıkmadan önce doğrultulur [8]. Şekil 2.1’de şarj sisteminin motordaki yeri gösterilmektedir.



Şekil 2.1. Şarj sisteminin motordaki yeri [8].

Otomobil aküsünün görevi, marş motoru, farlar ve silecekler gibi otomobilin elektrikle çalışan elemanlarına, yeterli miktarda elektrik beslemektir. Bununla beraber akü, kapasitesiyle sınırlıdır ve devamlı olarak otomobilin tüm güç ihtiyacını karşılayabilecek kapasiteyi sağlayamaz. Böylece, her elektrik alıcılarına gerektiği zaman ve miktarda elektrik beslemesini sağlamak için, akünün daima tam şarjlı kalmasını sağlamak gereklidir. Sonuç olarak otomobiller, elektrik üretmek ve aküyü dolu tutmak için bir şarj sistemine ihtiyaç duyarlar [9].

Şarj sistemi İYM çalışırken belli kriterleri sağlamalıdır. Bunlar; tüm yüklerin talep ettiği akımı karşılamak, bataryanın talep ettiği şarj akımını karşılamak, yetersiz hızda

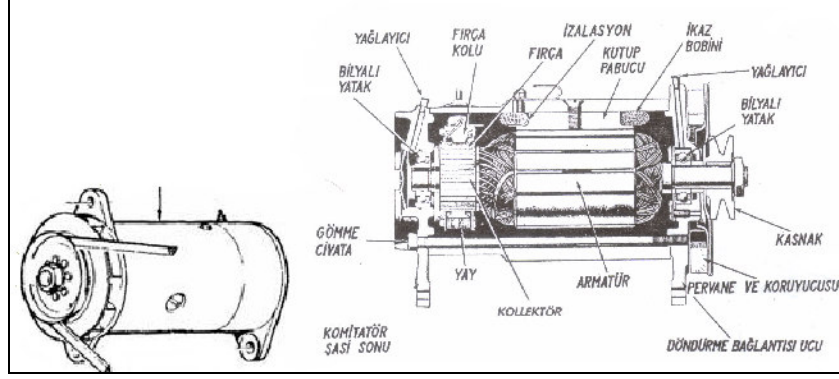
çalışabilmek, tüm şartlarda sabit gerilim verebilmek, verimli güç/ağırlık oranına sahip olmak, güvenilir, sessiz, kirliliğe karşı dirençli olmak, az bakım gerektirmek, düzgün çalışmaktır şeklinde sıralanabilir [10].

2.1. ŞARJ DİNAMOLARI

Elektrik ile ilk keşfi yapan İngiliz bilim adamı Michael Faraday 19.uncu yüzyılın ilk yarısında yaptığı deney ve çalışmalar sonucunda manyetik enerjiden elektrik akımı elde edilebileceğini keşfetmiş ve ilk elektrik dinamosunu yapmıştır. O zamandan bu güne kadar çeşitli aşamalardan geçen dinamolar, otomobilin icat edilmesiyle otomobile de şarj sistemi olarak yerleşmiştir. Otomobille birlikte gelişen şarj sisteminde önce üç fırçalı dinamolar ve daha sonrada iki fırçalı şönt dinamolar kullanılmıştır [9].

İkaz sargıları sabit manyetik alanı oluşturmak için düzenlenir. Pabuçların kutupları hafifçe mıknatıslanmıştır. Dinamo endüvisinde akım meydana gelmesi için endüvi sargılarının manyetik alana ait kuvvet hatlarını kesmesi gerekir. Bu manyetik alan, kutuplarda var olan kalıcı mıknatıslık tarafından sağlanır. Dönmekte olan endüvi zayıf kuvvet hatlarını kesince endüvi sargıları üzerinde bir akım indüklenir. Akımın endüviden, kömürler üzerine kollektöre ve ikaz sargılarına geçmesi sağlanır. Akımın geçmesi, endüvideki manyetik kuvvet hatlarını kuvvetlendirir. Böylece endüvide daha yüksek bir akım meydana gelir. Kollektör ve fırçalar endüvi sargılarına gerilimin tek yönde akmasını sağlar. Dinamolar dış devreye doğru akım verirler [9].

Dinamolar “sabit bir manyetik alan içerisinde hareket ettirilen bir iletkende akım indüklenir” prensibiyle çalışır. Dinamonun verimi; manyetik alanın kuvvetine, iletkenin manyetik kuvvet hatlarını kesme hızına, endüvinin her bobindeki iletken sayısına bağlıdır. İYM’ler çok daha yüksek devirli olup, araçlarda elektrikli cihaz sayıları da artmıştır. Ayrıca motorlu araç sayısının artması ile şehir içi trafiğine yavaşlattığından dinamolar düşük hızlarda alıcıları besleyemez duruma gelmişlerdir. Bundan dolayı günümüzde dinamolar yerine alternatörlü şarj sistemleri kullanılmaktadır [9]. Şekil 2.2’de şarj dinamosunun dış görünüşü ve kesiti gösterilmektedir.



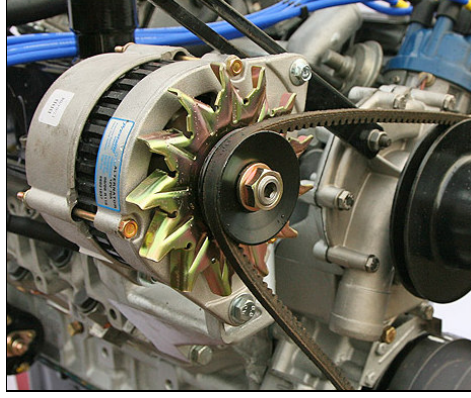
Şekil 2.2. Şarj dinamosunun dış görünüşü ve kesiti [8].

Alternatörlü şarj sistemlerinde kontak açıldığında bataryadan gelen akım regülatörden geçtikten sonra alternatörün uyarım sargılarına gelir ve oradan da şasiye gider. Bu nedenle daha başlangıçta güçlü bir manyetik alan olduğundan alternatörler, dinamolardan daha düşük devirlerde akım üretirler. Bundan başka alternatörler, yüksek devirlerde dinamolardan daha dayanıklı ve hafif olduklarından dolayı kasnak çapları küçük yapılarak devirleri arttırılmıştır. Bu, alternatörün düşük motor devirlerinde yüksek akım vermesinde önemli rol oynamaktadır [9].

2.2. ALTERNATÖRLER

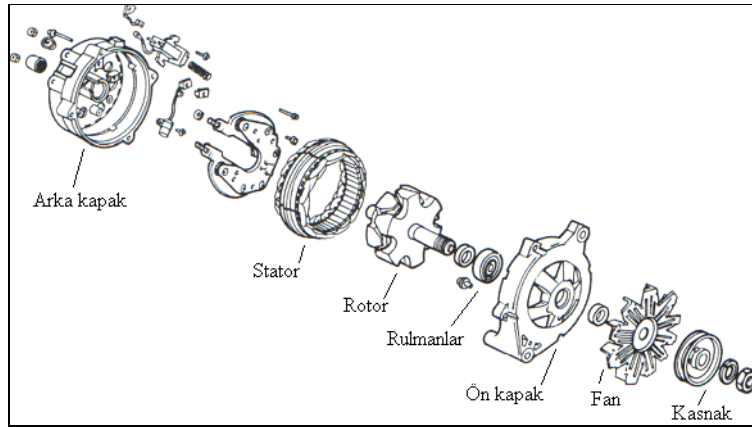
Alternatörler, eski tip üç fazlı senkron makinelerin özel bir türüdür. İlk olarak 1981 yılında Almanya'nın Lauffen kentinden Frankfurt arasındaki üç fazlı elektrik hattında kullanıldılar. Sonra jeneratörlerin çoğunluğu çıkıntılı veya turbo olarak üretildiği için pençe tip alternatörler ortadan kayboldu. 1960 yılların başında alternatörler tekrar gün yüzüne çıkarak taşıtlarda ve özellikle otomobillerde elektrik üretimi ve gücünü sağlamak için yeniden kullanılmaya başlandı [11].

Alternatör motordan gelen mekanik enerjiyi elektrik enerjisine çevirir. Mekanik enerji motordan bir kasnak vasıtasıyla alınır ve rotor döndürülerek, stator sargılarında alternatif akım üretilmesi sağlanır. Bu alternatif akım diyotlar tarafından doğru akıma çevrilerek bataryaya gönderilir. Şekil 2.3'de klasik tip alternatör gösterilmektedir.



Şekil 2.3. Klasik tip alternatör

Alternatörün temel parçaları elektro mıknatıslanmayı oluşturan rotor, elektrik akımını üreten stator ve akımı doğrultan diyotlardır. Bunlara ek olarak, aynı zamanda manyetik alanın oluşturulması için rotora akım geçiren fırçalar, rotorun yumuşak bir şekilde dönmesini sağlayan rulmanlar ve rotoru, statoru ve diyotları soğutmak için bir fan bulunmaktadır. Tüm bu parçalar ön ve arka kapak tarafından birleştirilir (Şekil 2.4) [9].

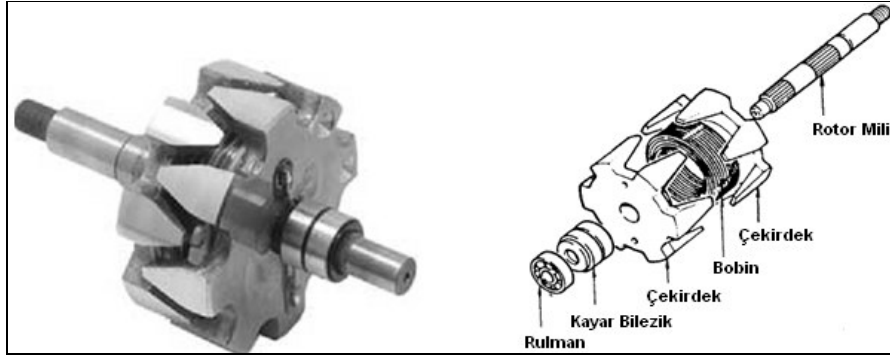


Şekil 2.4. Klasik tip alternatörün yapısı [9].

Marş motoru, kontak ve yakıt enjeksiyon sistemleri, elektronik teçhizatını kontrol eden elektronik kontrol birimleri, aydınlatma ve emniyet için gerekli olan akımı sağlamak için, motorlu taşıtlar, yüksek verimli, güvenilir ve gece veya gündüz herhangi bir zamanda daima mevcut olması gereken bir enerji kaynağı olarak alternatöre ihtiyaç duyarlar [12].

2.2.1. Rotor

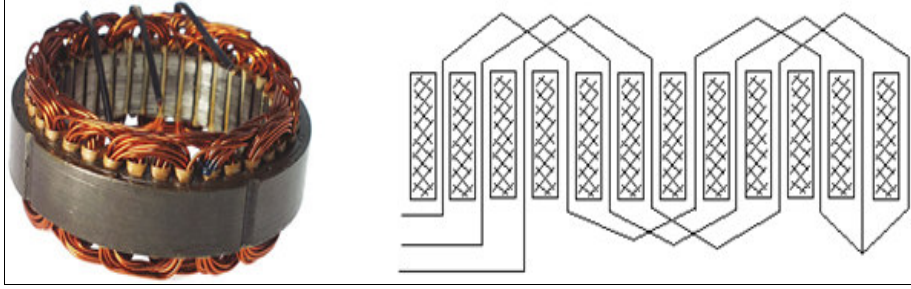
Rotor, kutup çekirdekleri (manyetik kutuplar) bir manyetik alan bobini (rotor) kayar bilezikler ve bir rotor milinden meydana gelmektedir (Şekil 2.5). Manyetik alan bobini, dönme yönüyle aynı yönde sarılmıştır ve bobinin her iki ucu bir kayar bileziğe bağlanmıştır. Bobinin her iki ucuna manyetik alan bobinini kuşatacak şekilde kutup çekirdeği bağlanmıştır. Manyetik alan, akımın bobin üzerinden geçmesiyle ve kutuplardan birinin N kutbu, diğerinin S kutbu olmasıyla oluşturulmaktadır. Kayar bilezikler, kömür temas yüzeyleri yüksek kalitede işlenmiş, paslanmaz çelik gibi metallere yapılır. Bunlar rotor milinden yalıtılmaktadır [9].



Şekil 2.5. Rotorun yapısı [9].

2.2.2. Stator

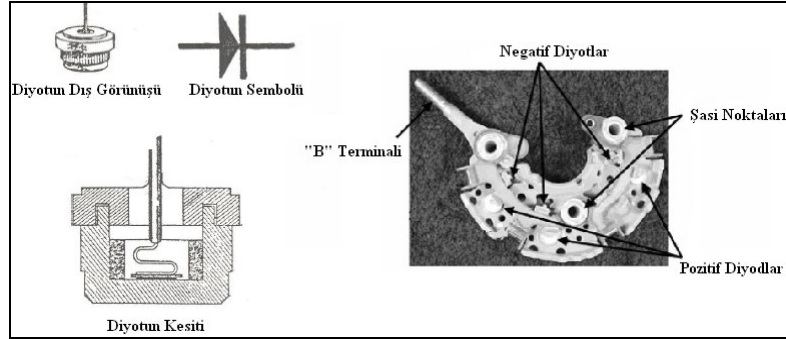
Stator, stator çekirdekleri ve stator bobinlerinden meydana gelmiştir ve ön ve arka kapaklara tutturulmaktadır. Stator çekirdeği, çelik kaplanmış ince plakalardan meydana gelir. Şekil 2.6'da statorun yapısı gösterilmektedir. Statorun yapısında çok uzun iletkeni bobin haline getirmek için kanallar kullanılır. Statordaki bu kanallar Şekil 2.6'da görüldüğü gibi, rotordaki N-S kutup çifti, adedine bağlı olarak her kutup çifti için üç dilime bölünmüştür. Sargı tekniğine uygun olarak iletken tel üçer grup atlayarak seri şekilde bağlanmıştır. Diğer iki sargı da aynı şekilde bağlanarak bunların en son uçları bir birine bağlanır ve yıldız bağlantı oluştururlar. Her bir sargıda oluşan gerilim alternatörün ürettiği fazlar arası gerilimin $1/\sqrt{3}$ ' ü kadardır [8].



Şekil 2.6. Statorun yapısı ve stator sargıları [8].

2.2.3. Diyotlar

Diyotlar, yalnızca bir yönde akım geçiren devre elemanlarıdır. Diyotun uçları pozitif (+) ve negatif (-) işaretleri ile belirlenir. "+" ucu anot, "-" uca katot denir. Diyotun anoduna, gerilim kaynağının pozitif (+) kutbu, katoduna kaynağın negatif (-) kutbu gelecek şekilde gerilim uygulandığında diyot iletme geçer. Diyotlardan, elektrik alanında redresör (doğrultucu), elektronikte ise; doğrultucu, detektör, modülatör, limitör, anahtar olarak çeşitli amaçlar için yararlanılmaktadır Şekil 2.7'de Diyotların gösterimi verilmektedir.

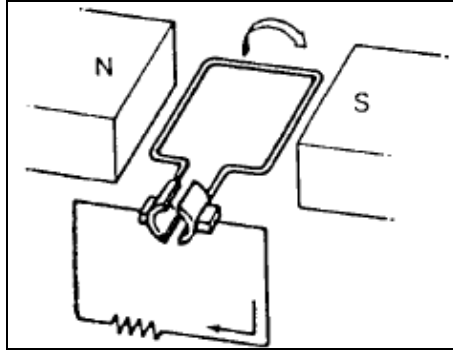


Şekil 2.7. Diyotların gösterimi [13].

Diyotlar başlıca lamba diyotlar, metal diyotlar, yarı iletken diyotlar olmak üzere üç ana gruba ayrılır. Alternatörlerde eş yüklü diyot tablaları içinde, üç adet pozitif ve üç adet negatif diyot bulunur. Alternatör tarafından üretilen akım, uç kapaklardan yalıtılmış pozitif yönlü diyot tablalarından verilir. Doğrultma sırasında diyotlar ısınırlar, diyot tablaları bu ısıyı yayacak ve diyotların aşırı ısınmasını önleyecek şekilde tasarlanabilirler [8].

2.3. ALTERNATÖRÜN ÇALIŞMA PRENSİBİ

Alternatörler doğru akım üreteçleriyle aynı mantıkla çalışırlar. Bir iletkenin etrafındaki manyetik alan değişince iletkende bir akım oluşur. Modern tipik bir alternatörde rotor denilen mıknatıslar demir cevherine sarılmış olan stator denilen sabit iletken sargıların etrafında dönerler. Mekanik enerjinin rotoru döndürmesiyle iletkenler etrafındaki manyetik alan değişir ve elektrik akımı üretilmiş olur. Bobin, bir manyetik alan içerisinde döndürüldüğünde elektrik üretir. Bu elektrik akımının tipi, akımın yönünü sabit bir şekilde değiştiği alternatif akımdır. Bu akımın doğru akıma çevrilmesi için bir kollektör ve kömürlerin kullanılmasına gerek vardır [9]. Şekil 2.8’de kollektörün çalışma prensibi gösterilmektedir.



Şekil 2.8. Kollektörün çalışma prensibi [9].

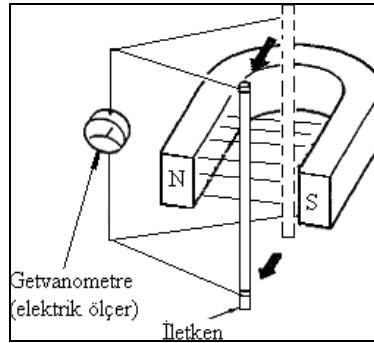
Yani, her stator bobininde üretilen elektrikten doğru akımı elde etmek için kollektörü olan bir endüvi, bobinlerin içinde döndürülmelidir. Bununla birlikte, endüvinin yapısı karmaşık olacak ve yüksek hızlarda döndürülemeyecektir. Akımın kollektör ve kömürlerin üzerinden geçmesinden dolayı bir diğer dezavantajı daha olacaktır. Stator, bobinde üretilen alternatif akım dışarı çıkmadan önce bir doğrultucuyla doğru akıma çevrilirse ve stator bobini döndürülmesi yerine, mıknatıs bobin içinde döndürülecek olursa, aynı şekilde bobin de elektrik üretebilir. Bobinde daha fazla elektrik üretilirse, geçen akıma bağlı olarak, daha fazla ısı açığa çıkmasına neden olacaktır. Bu nedenle, eğer stator sargıları çevrede tutulup rotor sargıları içinde dönecek şekilde yapılırsa, daha iyi soğutma sağlanır. Böylece, otomobiller için kullanılan tüm alternatörler, rotor sargıları ile stator sargılarından meydana gelir [9].

2.4. ELEKTROMANYETİK ALAN TANIMI VE ÖZELLİKLERİ

Bir demir nüve üzerine sarılmış bobinden akım geçirildiğinde demir nüve mıknatıslanır. Bu tip mıknatıslara elektro mıknatıs denir. Elektro mıknatıslar devresinden akım geçtiği süre içinde mıknatıs olarak görev yapar, akım kesildiğinde mıknatıs özelliğini kaybeder. Bir elektro mıknatıs, içinde demir nüve ve bobinden meydana gelir. Bobin sargılarından elektrik akımı geçirildiğinde manyetik alan meydana gelir. Demir nüve bobinin meydana getirdiği manyetik kuvvet hatlarının dağılmasını önleyerek şiddetli bir manyetik alan oluşmasını sağlar. Bobin sargılarından akım geçmesi durduğunda mıknatıs özelliği kaybolur. Marş motorları, alternatörler, göstergeler, röleler, elektrikli yakıt pompaları ve benzeri pek çok parçanın çalışmasında, doğru akım ile çalışan elektro mıknatıslar kullanılır [8].

2.5. FARADAY'IN ELEKTRİK ÜRETME PRENSİBİ

Bir manyetik alan içersinde hareket eden bir iletken, manyetik kuvvet hatlarını kestiği zaman iletken üzerinde elektromotor kuvveti (indüksiyon gerilimi) oluşur ve iletken devrenin bir elemanı durumunda ise üzerinden bir akım geçer (Şekil 2.9).



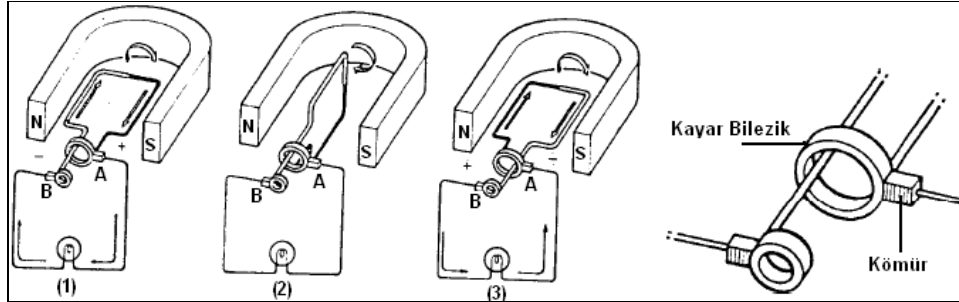
Şekil 2.9. Elektrik üretme prensibi [8].

Şekil 2.9’da görüldüğü gibi çok az bir akımla bile hareket edebilen bir ampermetre olan galvanometrenin ibresi, mıknatısın kuzey (N) ve güney (S) kutupları arasında bir iletkenin ileri-geri hareket ettirilmesiyle doğan elektromotor kuvvetine bağlı olarak hareket eder. Eğer herhangi bir nedenle iletken manyetik alan içinden geçmeye zorlanırsa, iletkende bir kuvvet oluşacaktır. Bu özelliğe “elektromanyetik

indüksiyon” adı verilir. Jeneratör, elektro motor kuvvetini elektro manyetik indüksiyon yardımıyla üretir ve bunu elektrik gücüne çevirir. Her ne kadar, tek bir iletken bir manyetik alan içinde döndürüldüğünde elektromotor kuvveti üretilse de, gerçekte üretilen kuvvet çok düşüktür. Eğer iki iletken uç uca birleştirilecek olursa, her ikisinde de elektromotor kuvveti üretilecek ve iki katı şiddetinde olacaktır. Böylece manyetik alan içinde daha çok sayıda iletkenin döndürülmesiyle, daha fazla elektromotor kuvveti üretilecektir. Eğer iletken bir bobin şeklinde ise üretilen elektromotor kuvvetinin toplam değeri, üretilen elektrik miktarı kadar büyük olacaktır. Jeneratör, bir manyetik alan içinde bir bobinin döndürülmesiyle elektrik üretir [9].

2.6. ALTERNATİF AKIM JENERATÖRLERİ

Elektrik, kayar bilezik ve kömürler üzerinden beslenen bir bobin tarafından üretildiği zaman lambadan geçen akım miktarı ve aynı zamanda akımın yönü de değişecektir. Bobinin dönmesiyle, ilk yarım turda üretilen akım, “A” tarafındaki kömürden verilecek, lambadan geçecek ve “B” tarafındaki kömüre dönecektir. Diğer yarım turda ise, akım “B” tarafından verilip “A” tarafına geri dönecektir [9]. Şekil 2.10’da alternatif akım jeneratörlerinde elektro motor kuvvetinin oluşumu verilmektedir.



Şekil 2.10. Alternatif akım jeneratörlerinde EMK'nın oluşumu [9].

Bu yöntemle alternatif akım jeneratörü, bir manyetik alan içindeki bobin tarafından üretilen akımı yaratır. Bir otomobilin şarj sisteminde kullanılan alternatör, şarj sistemine akımı vermeden hemen önce akımı doğrultmak için diyotlar kullanılır [9].

2.7. ELEKTROMOTOR KUVVET YÖNÜNÜN BULUNMASI

Manyetik alan içindeki bir iletkende üretilen elektromotor kuvvetinin yönü, manyetik akının yönündeki değişme ile birlikte değişecektir. Eğer bir iletken manyetik kuzey (N) ve güney (S) kutupları arasında (Bkz. Şekil 2.8)' da ki gibi okla gösterilen yönde hareket ederse, EMK sağdan sola doğru akar. (Manyetik akının yönü N den S kutbuna doğru olur) [9]. Şekil 2.11'de Fleming'in sağ el başparmak kuralı gösterilmektedir.

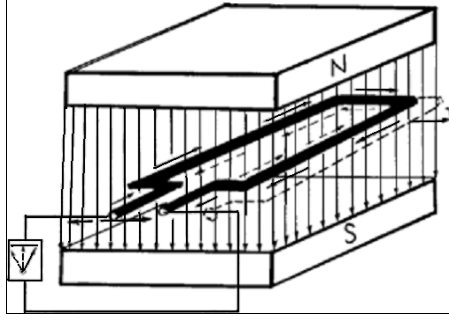


Şekil 2.11. Fleming'in sağ el başparmak kuralı [8].

Sağ elin başparmağı, işaret parmağı ve orta parmağını bir birine dik olacak şekilde açılması ile işaret parmağı manyetik akışın yönünü, başparmak hareket yönünü ve orta parmak ise EMK'nın yönünü gösterir [9].

2.8. ELEKTROMOTOR KUVVET MİKTARI

Şekil 2.12'de görüldüğü gibi N ve S kutuplarından meydana gelen homojen manyetik alanın içinde bulunan iletken, kuvvet çizgilerine dik kesecek şekilde hareket ettirildiğinde, iletkende bir EMK indüklenir. Ölçü aletinin ibresi sapar. İletken ters yönde hareket ettirildiğinde ölçü aletinin ibresi ters sapar. İndüklenen EMK in yönü değişir. İletken manyetik kuvvet çizgilerine paralel olarak iki kutup arasında hareket ettirildiğinde ölçü aletinin ibresi sapmaz yani iletkende bir EMK indüklenmez.



Şekil 2.12. Bir halkada EMK'nın üretilmesi [9].

Manyetik alan; N ve S kutuplarının oluşturduğu N den S'e doğru olan kuvvet hatlarının etki ettiği alandır. Manyetik akı (Φ_m); Bir yüzeyden geçen (tel, levha v.b.) manyetik alan çizgilerinin bir ölçüsüdür [9].

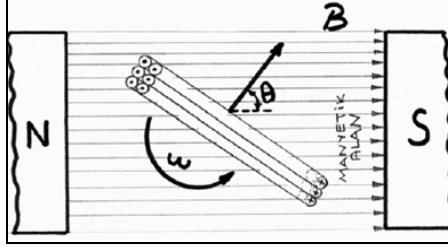
Manyetik akı yoğunluğu (B); Birim alana düşen manyetik alan çizgisi miktarıdır. Birimi "Weber/m²= Tesla(T)" dir [9]. Düzgün bir manyetik alan içerisinde ileri geri hareket eden tel halkada indüklenen EMK'nın değeri; manyetik akı yoğunluğu, manyetik alan içinde kalan iletkenin boyu, iletkenin hareket halindeki hızı ile tanımlanır. İletkenin birim saniyede tarayacağı alan, eşitlik (2.1) ile tanımlanır. Burada; A: Taranan alan (m²) L: Manyetik alan içinden iletkenin boyu (m) V: İletkenin hızı (m/sn).

$$A = (L.V) \quad (2.1)$$

İletkende indüklenen EMK ise eşitlik (2.2)'de verilmektedir. Eşitlikte E: İndüklenen gerilimi (Volt) B: Manyetik akı yoğunluğunu (W/m²) vermektedir.

$$E = B.L.V \quad (2.2)$$

Şekil 2.13 'de görüldüğü gibi A alanına ve N sarıma sahip, manyetik alan içinde ω sabit açısal hızıyla dönen bir halka görülmektedir. Manyetik alan ile halka düzleminin normalini arasındaki açı θ ise, herhangi bir (t) anında halkadan geçen manyetik akı Φ_m ; eşitliği ile verilir ve ω açısal hız olmak üzere $f =$ Frekans böylece (2.3) eşitliği (2.6) şeklinde yazılır [9].



Şekil 2.13. N Sarıma sahip, manyetik alan içinde ω açısal hızıyla dönen iletken [9].

$$\phi_m = B.A.\cos \theta \quad (2.3)$$

$$\theta = \omega.t \quad (2.4)$$

$$\omega = 2\pi f \quad (2.5)$$

$$\phi_m = B.A.\cos\omega.t \quad (2.6)$$

$t = 0$ anında $\theta = 0$ olacak şekilde belirli bir zaman sonunda halkada oluşan indüksiyon gerilimi eşitlik (2.7) deki formül ile ifade edilebilir. Bu formülde ϕ_m değeri yerine yazılarak eşitlik (2.8) deki şeklini alır. $\frac{d(\cos\omega t)}{d_t}$ İfadesinin integrali alınırsa (2.8) eşitliği sonuçta (2.9) eşitliğine dönüşür. EMK'nin maksimum değeri ise eşitlik (2.10) daki gibi yazılır $\omega t=90^\circ$ veya $\omega t=270^\circ$ olduğu anda E_{\max} maksimum değerini alır ve $\omega t=0^\circ$ veya $\omega t=180^\circ$ olduğunda B'nin halka düzlemine dik ve akının zamanla değişim hızının sıfır olduğu anda EMK sıfır olur [9].

$$E = -\frac{N.d\phi_m}{d_t} \quad (2.7)$$

$$E = -\frac{N.A.B.d(\cos\omega t)}{d_t} \quad (2.8)$$

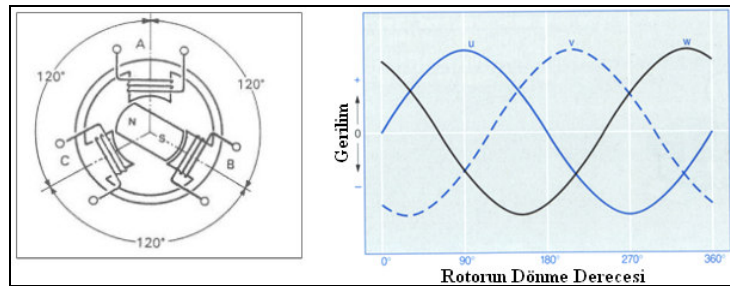
$$E = N.A.B.\sin\omega t \quad (2.9)$$

$$E_{max} = N.A.B.\omega$$

$$(2.10)$$

2.8.1. Üç Fazlı Alternatif Akım

Üç fazlı alternatif akım tek fazlı alternatif akımda olduğu gibi manyetik alanda rotorla oluşturulur. Üç fazlı alternatif akımın avantajlarından biri de elektrikli jeneratör potansiyelinin çok daha yüksek olmasıdır. Üç fazlı alternatif akım için olan jeneratör, “alternatör” olarak isimlendirilmiştir ve endüksiyon bobini birbirlerinden 120° ’ye kadar kaymış olan üç özdeş bobinden oluşur. Üç bobinin başlangıç noktası, genellikle “u, v, w” olarak; uç noktalarıysa “x, y, z” olarak isimlendirilir. İndüksiyon kurallarına uygun olarak, rotor manyetik alanda çevrildiğinde, üç bobinin her birinde sinüzoidal gerilim oluşur. Bu gerilimler özdeş boyut ve sıklığa sahiptirler; tek fark, 120° ’lik ofsetlerinin indüklenmiş gerilim oluşturmalarıdır. Bu yüzden rotor çevrilmesiyle alternatör, sürekli olarak kendini tekrar eden üç fazlı gerilim üretir [12]. Şekil 2.14’de rotorun manyetik alanda döndürülmesi ile üç bobinin her birinde oluşan 120° ’lik sinüzoidal gerilim eğrisi gösterilmektedir.

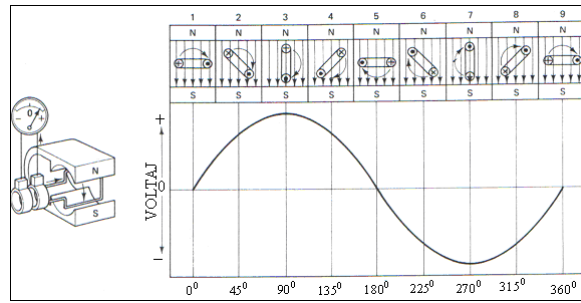


Şekil 2.14. Elektromıknatısın döndürülmesi ile oluşan üç fazlı sinüzoidal gerilim [12].

Normalde, bağlanmamış bobinlerle alternatörün ürettiği elektrik enerjisini dışa vermesi için 6 kablo gerekirken; üçlü elektrik devresini birleştirerek kablo sayısı 6’dan 3’e düşürülebilir. Bu kondüktörlerin beraber kullanılması yıldız veya üçgen bağlantısıyla sağlanır. Yıldız bağlantısı durumunda, üç bobin fazının uçları bir yıldız şekli oluşturacak şekilde bağlanır. Nötr bir kondüktör olmadan, üç akımın toplamı daima sıfırdır. Otomotiv alternatörleri içinse, üç fazlı bobin sistemi statordadır. Uyarma bobiniyle birlikte, mıknatısın uçları da rotorda bulunur. Rotorun manyetik

alanı, akım uyarma bobinlerinde arttıkça büyür. Rotor çevrildiğinde, manyetik alanı, alternatör yüklendiğinde üç fazlı bir akım sağlayan stator sargısında üç fazlı bir alternatif gerilim indüklenir [12].

Mıknatısın N ve S kutupları bobine en yakın konumda olduklarında en fazla akımı üretirler. Bununla beraber, yarım dalga boyu oluşturan akım tek fazlı alternatif akım olarak isimlendirilir. Grafikteki 360° değişiklik bir çevrim olarak alınır ve bir saniyedeki değişim sayısı frekans olarak adlandırılır [8]. Otomobil alternatörlerinde daha verimli şekilde elektrik üretmek için, üç bobin A, B ve C, 120° lik aralıklarla dizilirler. Mıknatıs bunların arasında döndüğü zaman her bobinde alternatif akım üretilir. Bunun gibi üç alternatif akıma sahip elektrik üç fazlı alternatif akım olarak ifade edilir [9]. Şekil 2.15’de bobin içinde üretilen akım ve mıknatısın konumu arasındaki ilişki gösterilmektedir.



Şekil 2.15. Bobin mıknatıs ilişkisi ve bobin içinde üretilen akım [8].

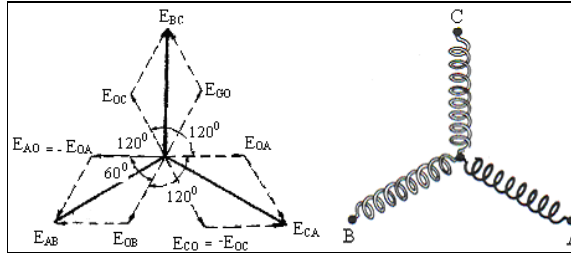
Otomobil alternatörleri üç fazlı akım üretirler, I. Faz sargısında oluşan gerilim şekilde görüldüğü gibidir. II. Faz sargısı 1. Faz sargısından 120° sonra yerleştirilmiştir. I. Faz sargısındaki maksimum gerilim oluştuğu noktadan 120° sonra II. Faz sargısında tepe gerilimi oluşacaktır. Aynı durum II. Faz sargısı ile III. Faz sargısı için de geçerlidir. II. Faz sargısında maksimum tepe gerilimi oluşuktan 120° sonra III. Faz sargısında tepe gerilimi oluşur. Böylece alternatörün çıkış gerilimi daha kararlı olmaktadır. Üç faz akımı ayrı ayrı kullanılabilirdiği gibi istenirse aralarında müşterek bağ kurularak ek avantajlar da elde edilir Bunlar yıldız (Y) ve üçgen (Δ) bağlantılardır [9].

2.8.2. Yıldız Bağlantı

AB faz hatları arasındaki E_{AB} gerilimi, E_{AO} ve E_{OB} faz gerilimlerinin vektörel toplamına eşittir (Şekil 2.16).

$$E_{AB} = E_{AO} + E_{OB} \quad (2.11)$$

E_{AB} , E_{BC} ve E_{CA} fazlar arası gerilimler (hat gerilimlerini) arasında 120°'şer derecelik faz farkı vardır. E_{AB} vektörünün mutlak değeri şekildeki vektör diyagramından hesaplanabilir. Faz gerilimleri birbirine eşit olduğu için fazlar arası gerilimlerde birbirine eşittir. $E_{AB} = E_{BC} = E_{CA} = E$ Fazlara arası gerilim faz geriliminin $\sqrt{3}$ katına eşittir [8].



Şekil 2.16. Yıldız bağlantı vektör diyagramı [8].

$$|E_{AB}| = 2 \cdot |E_{OB}| \cdot \cos 30^\circ = 2 \cdot |E_{OB}| \quad (2.12)$$

$$|E_{AB}| = \sqrt{3} \cdot |E_{OB}| \quad (2.13)$$

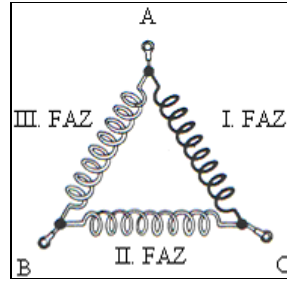
Bağlantıların omik dirençleri birbirine eşit olacağından ($R_1 = R_2 = R_3$) her fazdan çekilen I_{OA} , I_{OB} ve I_{OC} faz akımları birbirine eşittir (eşitlik 2.14). Yük omik olduğu için her faz akımı kendi fazının EMK'sı ile aynı fazdadır. Faz EMK'leri 120°'şer derece faz farklı olduklarına göre, faz akımları arasında 120°'şer derece faz farkı vardır [8].

$$|I_{OA}| = |I_{OB}| = |I_{OC}| = |I_F| \quad (2.14)$$

$$I_{\text{hat}} = I_{\text{faz}} \quad (2.15)$$

2.8.3. Üçgen Bağlantı

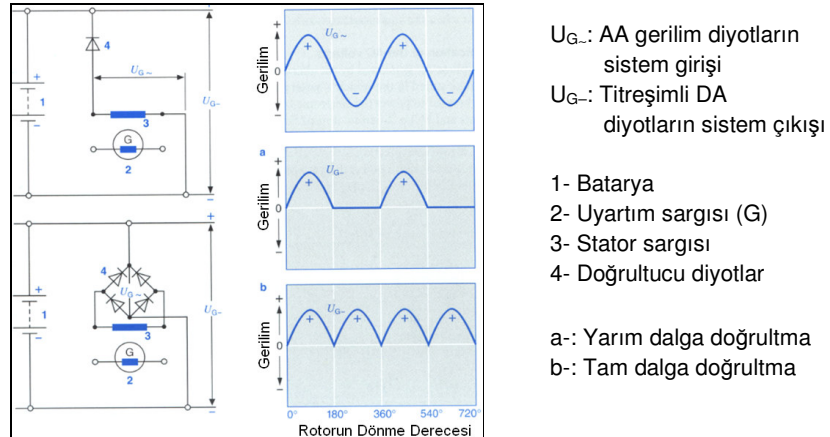
Bu bağlantı şeklinde toplam akım faz akımının $\sqrt{3}$ katıdır. Toplam gerilimde bir değişiklik meydana gelmez. 100 Amper'den büyük akım kapasiteli alternatörde uygulanan bağlantı şekli üçgen bağlantıdır. Toplam gerilim faz gerilimine eşittir. [8]. Şekil 2.17'de sargıların üçgen şeklinde bağlanmasıyla elde edilen üçgen bağlantı gösterilmektedir.



Şekil 2.17. Üçgen bağlantı [8].

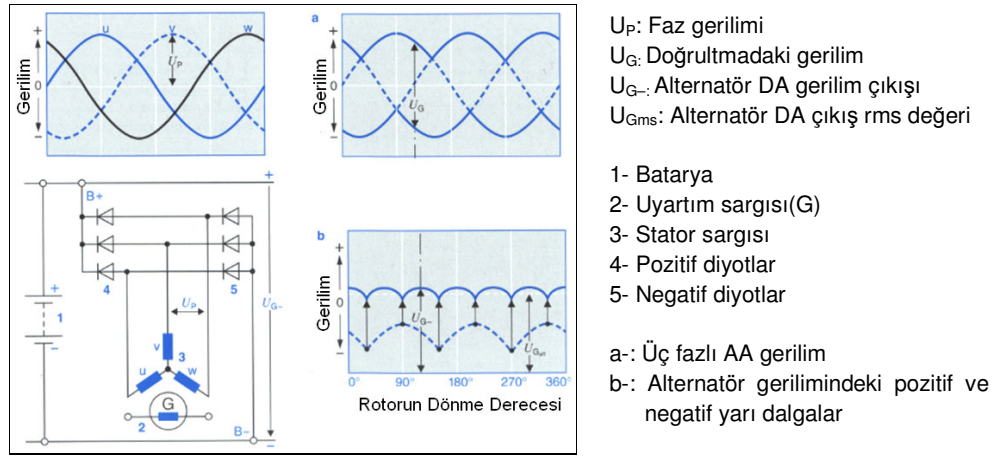
2.9. ALTERNATİF AKIM GERİLİMİNİN DOĞRULTULMASI

Alternatör tarafından oluşturulan üç fazlı alternatif akım, taşıtın aküsünde depolanamaz; ayrıca elektronik parçaların ve elektronik kontrol birimlerine güç sağlamada da kullanılamaz. Bunu yapmak için, önce akım doğru akıma çevrilmelidir (Şekil 2.18) [12].



Şekil 2.18. Üç fazlı alternatif akımın doğrultulması [12].

Bu çevrilme için gerekli ön koşullardan biri, geniş bir sıcaklık aralığında verimli bir şekilde çalışabilen yüksek performanslı güç diyotlarının olmasıdır. Doğrultucu diyotlar, ters ve ileri yönlere sahiptir. Doğrultucu diyotlar, negatif yarı dalgaları geçirmez sadece pozitif olanların geçmesine izin verir. Tam dalgalı doğrultma, negatif ve pozitif kısımların geçirilmesi ile elde edilir [12]. Şekil 2.19’da alternatörün üçlü bobininde oluşturulan alternatif akım, 6 diyot kullanılarak alternatif akımın doğrultulması gösterilmektedir.



Şekil 2.19. Alternatörün yıldız bağlı üç fazlı altı adet köprü diyotları ile çıkış gösterimi [12].

Burada 3 fazlı AA gerilimi ve alternatör gerilimindeki pozitif ve negatif yarı dalgaları verilmektedir. İki güç diyotu bir diyot pozitif uca olmak üzere her bir faza bağlanır. 6 güç diyotu, tam dalga doğrultma devresi oluşturmak için bağlanır. Pozitif yarı dalgalar, diyotların pozitif taraflarından, negatif dalgalar ise negatif taraflarından geçer ve doğrultma gerçekleşir. Köprü devresi kullanılan tam dalga doğrultmalarıyla pozitif ve negatif yarı dalga kılıfları, hafif dalgalanmalı çevrilmiş bir alternatör gerilimi oluşturmak için eklenir [12].

Bu, taşıt elektrik sistemini karşılamak için B(+) ve B(-) uçlarındaki alternatörden alınan doğru akımın düzgün olmadığı anlamına gelir. Bu dalgalanma, alternatöre paralel bağlanmış olan akü ve taşıt elektrik sistemindeki herhangi bir kondansatör tarafından düzeltiler. Uyarma alanının uçlarını mıknatıslayan uyarma akımı, stator sargısından çıkarılmıştır ve tam dalgalı köprü doğrultucusuyla da çevrilmiştir.

Alternatörün daha eski çeşitleri üç adet uyarıcı diyota sahiptir. D(+) ucundaki bu üç uyarıcı diyotu ve B(-) ucundaki üç güç diyotu, uyarma akımı için köprü devresini oluşturur. Yüksek bir hızda (dakikadaki devir sayısı 3 000 den yüksek hızlarda) güç çıkışını arttırmak amacıyla, alternatör geriliminin harmonik bileşeninden yararlanmak için yardımcı diyotlar, yıldız bağlantısıyla kullanılabilir. Alternatördeki doğrultucu diyotlar, sadece alternatör ve uyarma gerilimini çevirmezler, hem de statordaki üç fazlı sargı boyunca akünün şarjının bitmesini engeller. Durdurulmuş veya kendi uyarımı için çok yavaş çalışan motorla (örneğin marş esnasında), diyotlar olmadan, akü akım yönü, stator sargısına doğru olabilir. Akü akımı bakımından diyotlar, ters yönlerde kutuplandırılmışlardır ki böylece düşük marş devir akımının oluşması imkânsızdır. İşleyişleri açısından, artı ve eksi yöndeki güç diyotları özdeşdir. Aralarındaki tek fark, alternatördeki doğrultucular olarak özel tasarımlarıyla ilgilidir. Pozitif ve negatif diyotlar olarak isimlendirilirler ve bir durumda, diyotların tırtıklı metal yuvaları, katot olarak; diğer durumdaysa, anot olarak iş yapar. Pozitif diyotların metal yuvaları, pozitif tabakaya yerleştirilir ve katot olarak işlev görür. Akünün pozitif ucuna bağlanır ve B(+) (pozitif akü) ye doğru iletir. Negatif diyotun metal yuvasıysa, negatif tabakaya yerleştirilir ve anot olarak işlev görür. Topraklı kısma B(-) bağlanır. Kablo bağlantı uçları, stator sargının uçlarına bağlanır Pozitif ve negatif tabakalar da, diyotları soğutmak için, soğutma plakası olarak işlev görür [12].

2.10. ALTERNATÖRLERİN TASARIM KRİTERLERİ

Alternatör tasarımı için; taşıt tipi ve buna bağlı işleyiş koşulları, alternatörün uygun olan İYM hız aralığı, taşıt elektrik sisteminin akü gerilimi, bağlanılarak yüklerin güç gereksinimleri, alternatörde yararlanılarak çevresel yüklemeler (sıcaklık, kir, nemlilik gibi), belirtilen hizmet ömrü, mevcut kurulum bölge ve boyutları belirtilir. Bir alternatör tarafından karşılanarak olan gereksinimler yukarıda belirtilen kriter ve uygulamalara bağlı olarak büyük oranda değişir. Ekonomik verimlilik düşünüldüğünde, uygulama alanlarıyla birlikte kriterler de değişir. Bu yüzden, tüm gereksinimleri karşılayan çok amaçlı alternatörler tasarlamak imkânsızdır. Farklı uygulama alanları ve taşıt cinsleri ve ilgili motorların güç aralıkları, pek çok temel modelin gelişmesine sebep olmaktadır [12].

2.11. ALTERNATÖR ÇEŞİTLERİ

Taşıt ebadı, gerekli olan alternatör çıkış gücünü belirlemede belirleyici değildir. Bu sadece taşıtta kurulu olan yüklerin görevidir. Doğru alternatör seçiminde dikkat edilmesi gereken özellikler ise; alternatör gerilimini (14V/28V) ve döner hız aralığı boyunca akım ve gerilimin bir ürünü olarak güç çıkışını temin etmektir. Bu elektriksel verilerle elektriksel planı ve böylece alternatör ebadını belirlemek mümkündür. Bir başka önemli bir özellik de, rotor sistemidir (örneğin; kompakt alternatör olarak PTA ya da kompakt diyot takımlı alternatör veya çıkık kutuplu veya kablosuz rotor gibi). Çizelge 3.1’de farklı alternatör tipleri için kodlama ve uygulama alanları verilmektedir [12].

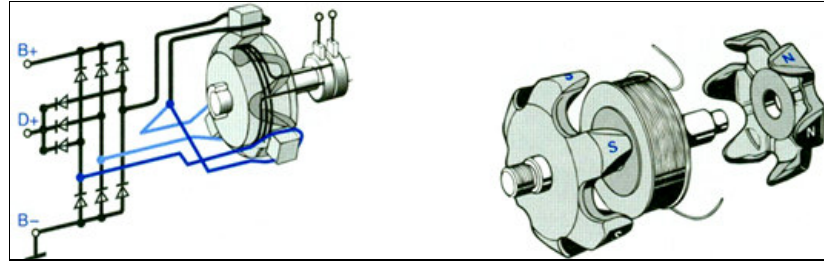
Çizelge 2.1. Farklı alternatör tipleri için kodlama ve uygulama alanları

Tür Aralığı	Büyükük	Kutup Sayıları	Uygulama
Kompakt Diyot Takımlı Alternatör	G1	12	Motosikletler
	K1, N1	12	Yolcu taşıtları, Ticari taşıtlar, Traktörler
	N3 T1	12 16	Uzun mesafe kamyonları, İnşaat makineleri, Otobüsler
Kompakt Alternatör (LIC)	GC, KC, NC	12	Yolcu taşıtları, Ticari taşıtlar, Traktörler, Motosikletler
Kompakt Alternatör, B aralığı (LIC-B)	GCB1, GCB2, KCB1 KCB2, NCB1, NCB2	12	Yolcu taşıtları, Ticari taşıtlar, Traktörler, Uzun mesafe kamyonları
Kompakt Alternatör, E ve P aralığı (LI-E ve LI-P)	E4, E6, E8, E10 P4, P6, P8, P10	12	Yolcu taşıtları, Ticari taşıtlar, Uzun mesafe kamyonları
Kompakt Alternatör, L aralığı (LI-L)	NCB2	12	Uzun mesafe kamyonları, İnşaat makineleri
Kompakt Alternatör, X aralığı (LI-X)	C, M, H	16	Yolcu taşıtları, Ticari taşıtlar
Özel sürümleri	T3	14	Özel amaçlı araçlar
	U2	4, 6	Özel amaçlı ve araçlar. Deniz uygulamaları

Çeşitli alternatör tipleri için, yolcu arabalarında alternatör veya rotor sistemlerini belirlemek için alfabetik sayısal bir kod kullanılır (örneğin; GC, KC, NC, G1, K1, N1). Montaj tipi, fan şekli, palanga ve elektrik bağlantıları düşünüldüğünde, daha başka çeşitler de mümkündür. Alternatör ebadı alfabetik sırayla birlikte artar [12].

2.12. KOLLEKTÖR BİLEZİKLİ PENÇE TİPİ ALTERNATÖRLER

Kollektör bilezikli PTA'lar, oldukça avantajlı güç özellikli ve düşük ağırlıkta kompakt yapımda önemli rol oynar. Buna bağlı olarak, geniş uygulama alanlarına olanak sağlar. Sağlam tasarımları sayesinde, bu alternatörler, özellikle motora ara parça için uygundur. Otomotiv uygulamaları için PTA'lar, üç fazlı senkron jeneratörler olarak tasarlanmışlardır. Çap uzunluk oranı, materyallerde düşük bir giderle beraber maksimum güç garantilemek için dikkatli bir şekilde seçilir. Şekil 2.20'de kollektör bilezikli PTA'nın temel tasarımı ve rotor yapısı gösterilmektedir [12].



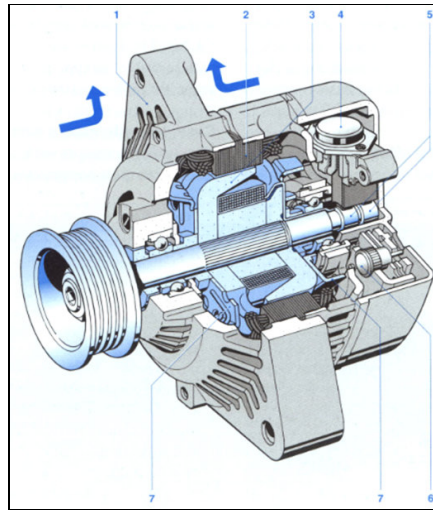
Şekil 2.20. Kollektör bilezikli, PTA'nın temel tasarımı ve rotor yapısı [12].

Otomotiv uygulamaları için PTA'lar, üç fazlı senkron jeneratörler olarak tasarlanmışlardır. Çap uzunluk oranı, materyallerde düşük bir giderle beraber maksimum güç garantilemek için dikkatli bir şekilde seçilir. Bu tip alternatörlerin tipik bir özelliği olan kısa boyut ve geniş çaplı kompakt bir şekle sebep olur. Buna ek olarak; yüksek sıcaklıklardaki ısı çıkışına olanak sağlar. PTA'ların tasarımı, alternatörün manyetik uçlarının şeklinden elde edilmiştir. İki ters yönde kutuplanmış uç yarımları, rotor şaftına bağlanır ve pençe tipi şeklindeki kutup uçları, birbirleriyle kutup kısmında halka şeklindeki uyarım bobinlerini kaplayan alternatif kuzey ve güney kutup uçları biçiminde kaynaşır. Pratikte yapılan kutup uçlarının sayısı sınırlıdır. Az sayıda kutup ucu düşük oranda makine verimliliği sağlarken; diğer taraftan, kutup uçları fazlalaştıkça, manyetik akım da o derece yüksek olur. Bu sebepten, bu tip alternatörler, güç aralığına bağlı olarak, 12 veya 16 kutup uçlu makineler olarak tasarlanırlar. Manyetik akışı sağa dönen kutup ucundan geri kutup kısımlarına doğru olan güzergâhından, stator bobinli durağan, katmanlı stator

çekirdeğine olan hava boşluğu boyunca, kutup kısımları, sola dönen kutup uçları ve tırnakları boyunca olur ve manyetik devresini tamamlar. Rotor çalıştığında, bu kuvvet alanı, durağan stator sargısının üç fazından geçer ve toplam 360° 'lik bir devir sırasında, her fazda toplam 6 sinüzoidal dalga oluşturur. Oluşan akım, primer ve uyarma akımı olmak üzere ayrılır. Doğrultmadan sonra, primer akım, B(+) ucu aralığıyla akü ve yüklere doğru bir işleyen bir akım haline gelir [12].

2.13. KOMPAKT ALTERNATÖR

Kompakt alternatörler kendilerine özgü uygulamalarına göre belirli detaylarda birbirlerinden farklıdırlar. Kompakt diyot takımına sahip PTA, çoğu araçlarda sıklıkla kullanımdadır. Fakat kompakt alternatörler, çok daha ön plana gelmektedir. Bu iki alternatör tipi arasındaki en büyük tasarım farkları, kompakt alternatörün içten takılmış fanları, daha ufak kollektör bilezikleri ve kollektör bileziğinin zırhının dışında kalan doğrultucunun konumudur. Şekil 2.21'de kompakt alternatörün temel yapısı gösterilmiştir [12].



- 1- Muhafaza (Dış gövde)
- 2- Stator
- 3- Rotor
- 4- Fırça tutucu ile transistor gerilim regülatörü
- 5- Kollektör halkaları
- 6- Isı azaltıcı doğrultucular
- 7- Fan

Şekil 2.21. Kompakt alternatörün temel yapısı [12]

IC (Entegre devre) regülatörlü bir kompakt alternatör, standart büyüklükteki bir alternatörden %17 daha küçük ve %26 daha hafiftir [9]. Bu alternatörlerin klasik birimlerden %20-70 daha güçlü olmaları, %15-35 daha iyi güç/ağırlık oranı, en fazla

20 000 rpm hız oranı, iki dâhili soğutma fanı, azaltılmış gürültü ve 70A, 90A ve 170A'e kadar ulaşılabilen sürümleri bulunmaktadır. Kompakt alternatör pençe kutuplu tasarıma sahiptir. Rotor ve statorun manyetik devresine birçok geliştirmeler yapılmıştır. Bu modern alan hesaplama programlarıyla başarılmıştır [10].

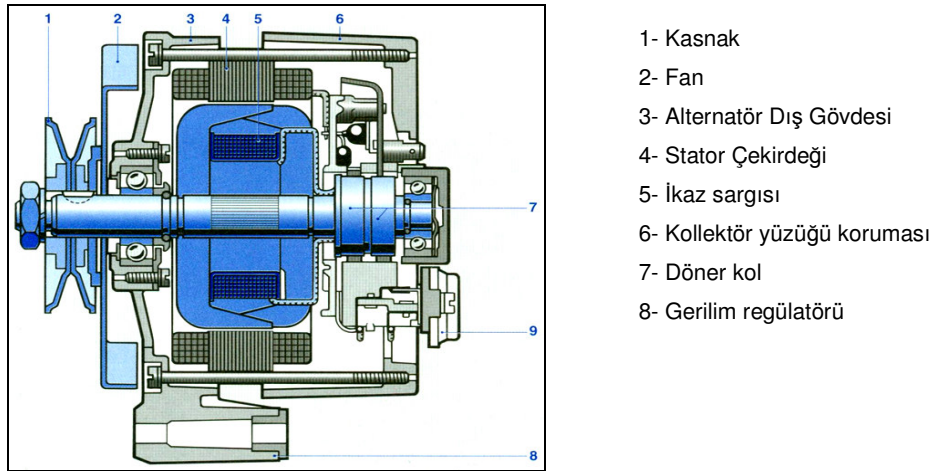
Optimizasyon demir kayıplarını azaltır ve dolayısıyla verimi artırır. Yeni tek parça regülatör devresi kullanılır ve bu ana güç transistöründeki gerilim düşümünü 1.2V'tan 0.6V'a düşürür. Bu daha fazla alan akımına izin verir ve yine verimi artırır. Alternatörün maksimum hızı önemlidir ve bu motor ile alternatör arasındaki makara çapı oranını belirler. Artırılmış hızdaki ana bileşenler rulmanlar ve kayan bileziklerdir. Yataklar klasik metal tip yerine plastik kafes kullanan bir tipe değiştirilmiştir. Ayrıca yüksek kaynama noktasına sahip gres yağı da kullanılmıştır. Şimdi kayan bilezikler iki yatak dışına monte edilmiştir ve bu yüzden çap shaft çapından dolayı kısıtlanmamıştır. Daha küçük çaplı kayan bilezikler çok daha düşük çevresel hız verirler ve bu yüzden daha büyük shaft hızı tolere edilebilir. Artırılmış hız sıcaklık artışıyla sonuçlanır ve bu yüzden daha iyi soğutma sistemi gerektirir. Makine, havayı merkezi yuvalardan öne ve arkaya çeken ve dışarıya iten ikili dâhili asimetrik soğutma fanı kullanmaktadır [10].

Stator, karşılıklı yalıtkanlı, sağlam katmanlı bir çekirdek oluşturmak için iç içe geçirilmiş oluklu levha kaplamalardan oluşur. Stator bobinlerinin sargıları, conta kanallarının içine gömülmüştür. Uyarma sargısı, iki fan, bilyeli rulmanlar ve iki kollektör bileziği. Uyarma bobinleri, tırnaklı yarımlarla çevrelenmiş, halka şeklinde tek bir bobinden oluşur. Makaslar aralığıyla kollektör bileziklerine yüklenen karbon fırçaları tarafından oldukça ufak bir uyarma akımı sağlanır. Kayışla çalıştırma için olan palanga da rotor shaftına monte edilir. Alternatör rotorları, herhangi bir yönde döndürülebilir. Fan tasarımı da saat yönüne veya saat yönünün tersine uygun olarak değiştirilebilir. Stator, kollektör bileziği uç zırhı ve uyarım uç zırhı arasına sıkıştırılmıştır. Rotor shaftı, her bir uç zırhındaki mil yataklarında işler. Üç fazlı alternatif akımın doğrultulması için en az 6 güç diyotu soğutucu bloğun içine yerleştirilir. Fırçalarla beraber, karbon fırça dayanakları, uyarma akımı akış yönü, karbon fırçalar ve kollektör bileziklerinden döner uyarma bobinlerine doğrudur. Alternatör montajı için, fırça dayanıklı bir birim oluşturur. Kaporta üzerine montaj

için elektronik regülatör gösterilmemiştir Monteli alternatörlere bir alternatif olarak ticari araçlarda nadiren kullanılır. Kaporta üzerinde korunmalı bir yere monte edilmiş bu regülatör fişli bağlantıyla, elektrik kuvveti kullanılarak, fırça dayanağına bağlanmıştır. Çapın artması numunenin yüzey alanı ve hacmini artırır. Yüzeyin artması yorulmanın genellikle yüzeyden başlaması ve yüzey kusurlarının bulunma olasılığının artması nedeniyle yorulmayı etkiler [12].

2.14. KOMPAKT ALTERNATÖR TASARIM ÇEŞİTLERİ

Kompakt Diyot Takımlı Alternatörler; Şekil 2.22’de gösterilen bu alternatörler, 1960’lar dan beri seri üretim halindedirler. Çanak şeklindeki alternatör haznesi ve palanga arasına yerleştirilmiş geniş fanları sayesinde, kolaylıkla ayırt edilirler. Harici fan (maksimum hızı: 12 000-18 000), soğutma havasını hazne aralığıyla tek geçişli soğutma eksensel olarak çeker.



Şekil 2.22. Kompakt diyot takımlı alternatörler [12].

Stator laminasyon grubu uyarım tarafı gövde zırhı ve kollektör bilezik gövde zırhı arasına sıkıştırılır ve rotor haznenin her bir yarısındaki masuralı yataklarda çalışır. Fan ve palanga, rotor şaftının tahrik kısmında montelidir. Uyarma akımı, karbon fırçalar vasıtasıyla uyarma bobinlerine ulaşır. Bunlar kollektör bilezik gövde zırhlarında montelidir ve makaslarla kollektör bileziklerine bağlanırlar. Alternatör geriliminin doğrultulması için gerekli olan altı güç diyotu, kollektör bilezikleri gövde

zırhına preslenmiştir. Çoğu sürümde, elektronik gerilim düzenleyicisi, karbon fırça dayanaklarıyla birlikte, bir birim oluşturur. Özel uygulamalar için, bazı özelliklere sahip, kompakt diyot takımlı alternatörler vardır. Bu özellikler; çevredeki yüksek sıcaklıklar durumunda, soğuk hava, hortum bağlantı adaptörleri ve hava giriş hortumu vasıtasıyla, dışarıdan çekilebilme özelliği vardır. Maksimum alternatör hızının dakikada 18 000 rpm çıkarılabilme özelliği vardır [12].

Özel pas koruma önlemleri, özellikle verimsiz kurulum koşulları için uygulanabilir ve Z güç diyotları, ani yük kesilimi sebebiyle oluşan aşırı gerilime karşı duyarlı olan parçaları koruma özellikleri vardır. Kompakt diyot takımlı alternatörlerde G1, K1, ve N1 standart aralık kapsamlı program, yolcu ve ticari taşıtlarda 1990'lara kadar kurulmuştur. Aralık, ortalama 14 ve 28V' a sahip, beş ölçüden oluşmuştur (Çizelge 2.2). 1990'dan itibaren, kompakt alternatör, yeni taşıt ve motor jeneratörlerinde, kompakt diyot takımlı alternatörün yerini almıştır [12].

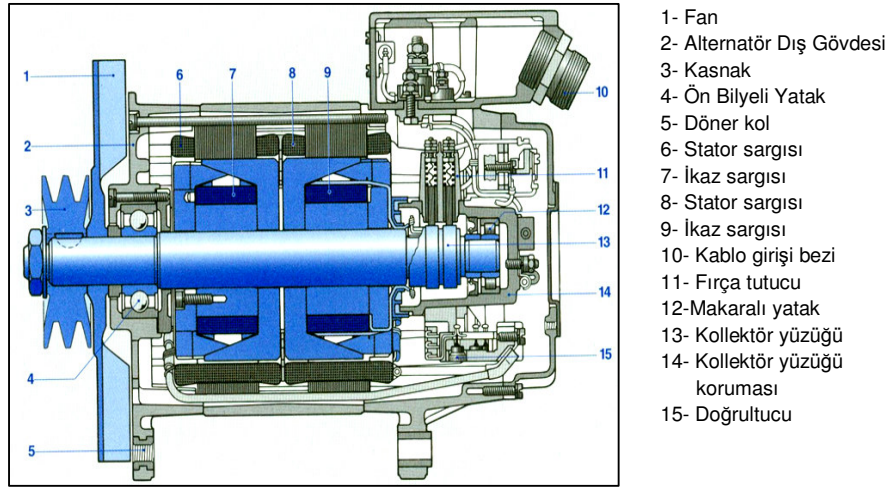
Çizelge 2.2. Kompakt diyot takımlı alternatörlerde standart aralık

Tür Aralığı	Büyükük	Anma Akımı	
		1 800 rpm (devir) A	6 000 rpm (devir) A
LIC	GC	37	70
	KC	50	90
	NC (*104 mm)	70	120
	NC (*112 mm)	90	150
LIC-B	GCB1	22	55
	GCB2	37	70
	KCB1	50	90
	KCB2	60	105
	NCB1	70	120
	NCB2	90	160
LI-E	E4	50	110
	E6	65	120
	E8	80	150
	E10	90	200
LI-P	P4	55	95
	P6	70	110
	P8	80	130
	P10	110	180
LI-X	C	95	150
	M	115	180
	H	135	220

T1 Tipi Kompakt Diyot Takımlı Alternatörler; Bu alternatörler, yüksek güç tüketimli, bilhassa otobüsler için amaçlanmıştır. T1 alternatörleri, birleşik düzenleyici diyotları ve kapsüllü kollektör bilezikli, tek geçişli havalandırılmış, kendinden uyarımlı, 16 kutup uçlu alternatörlerdir. Çok uzun süre bakım gerektirmez hizmet ömrü, gres yağ kaplı geniş rulmanlı yatakları sayesinde. Özel

pas koruma önlemleri, alternatörleri çamur ve tuzlu suya karşı korur. Çok fazla bakım gerektiren uygulamalarda, tozsuz, kuru hava, hava giriş hortumu ve adaptörü aralığıyla sağlanır [12].

DT1 Tipi Kompakt Diyot Takımlı Alternatörler; Şekil 2.23’de DT1 Tipi kompakt diyot takımlı alternatör gösterilmektedir. T1 alternatörü (DT1), otobüs alternatör sistemlerinde daha fazla konfor talebinin bir sonucu olarak devamlı artan güç taleplerine uygundur. Temelde, ortak bir haznede bulunan, iki çift elektrikli ve mekanik T1 alternatöründen oluşur. Elektronik gerilim düzenleyicisi, alternatörün iç kısmında kurulmuştur. Karbon fırçaları ve kollektör bilezikleri de, tozdan korunmalı kollektör bilezik haznesinin içindedir. D(+) ve D(-) uçları arasındaki 100W’luk bir direnç, bir açık devre alanı oluşmuş olabilir diye şarj-gösterge lambasının yanmasına sebep olur [12].

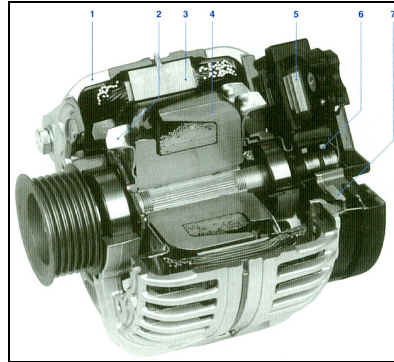


Şekil 2.23. DT1 Tipi kompakt diyot takımlı alternatör [12].

LIC Tipi Kompakt Alternatörler; Bosch bu tip alternatörlerin seri üretimine 1990’da başladı. Bunlar, rotora oturtulan haznenin içindeki biri palanga ucunda, diğeri kollektör bilezik ucunda olmak üzere, iki küçük fanla karakterize edilmişlerdir. Her bir fan havayı alternatörün ayrı ayrı uçlarından alır ve ılık havayı radyal olarak sıkıştırır. Bu iki küçük fan, kompakt diyot takımlı alternatördeki tek fana oranla çok daha az gürültü çıkarır. Bununla birlikte, daha yüksek hızlar (maksimum 18 000-22 000) için tasarlanmışlardır. Bu iki özel özellik, krank mili ve

alternatör arasında yüksek bir hız dönüştürücü oranına olanak sağlar ve bu aynı hız ve ebatla kompakt alternatörlerin %25 daha fazla güç üretebileceğini gösterir. Normal işleyiş koşulları varsayılırsa, fırça/kollektör bileziği sistemi, yenilemeye gerek duyulmadan yolcu taşıtlarının ömrünün uzun olması için tasarlanmıştır. Bu, kompakt diyot takımlı alternatörde olandan daha yüksek bir hızda olmasına rağmen, uygulanır. Küçük kollektör bilezikleri, rotor şaftının dış ucuna yerleştirilir ve bunlarla birlikte karbon fırçaları, 250 000 km'den (154 000 mil) fazla hizmet ömrüne sahiptirler [12].

LIC-B Tipi Kompakt Alternatörler; Bu alternatör, LIC kompakt alternatörün ilk yeniliklerinin başka bir gelişmesidir. Daha küçük ve ufak olmasına ek olarak, daha iyi bir soğutma sistemine sahiptir. Aynı zamanda güç çıkışı da artırılmıştır. Yaklaşık 14V gerilimli B tipi alternatörün 6 boyutu, ortalama 28V gerilimin ise iki boyutu vardır. Çıkışların yakın mesafesi, gerekli olan güce ve taşıt motor kompartımanında mevcut yere en uygun adaptasyona olanak sağlar. B tipi kompakt alternatörün temel tasarımı, bu alternatörün ilk jenerasyonu ile aynıdır. Şekil 2.24'de B Tipi (LIC-B) kompakt alternatör verilmektedir.



- 1- Çift havalandırılmalı gövde
- 2- İçten takımlı fan
- 3- Stator
- 4- Rotor
- 5- Gerilim regülatörü
- 6- Dıştan kollektör halkaları
- 7- Dıştan doğrultucu

Şekil 2.24. B Tipi Kompakt Alternatörler [12].

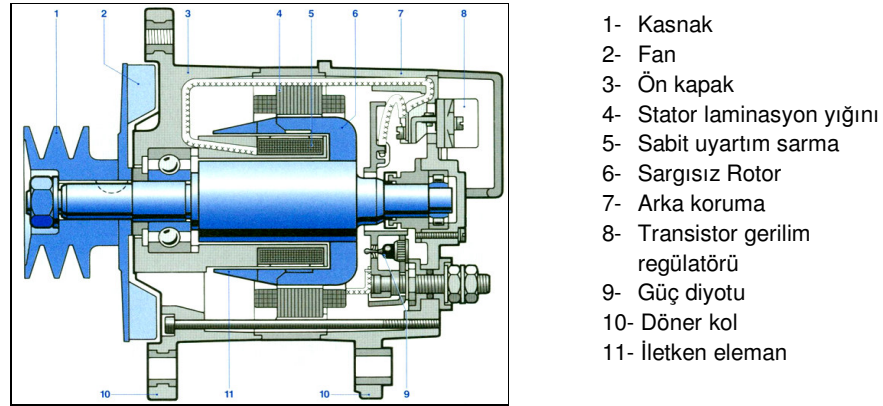
Düzenleyici takımının başka bir gelişimi, artırılmış hava olanağı sağlar ki böylece soğutma işlemi gelişir. Bütün çevre uzunlukları etrafında, stator laminasyon takımının merkezdeki üç laminasyonu, uç kalkanları arasında sıkıştırılmış ve ortalanmıştır. Kompakt alternatörlerin ilk yeniliklerinin aksine; bu tipler, alternatörün titreşime olan direncini ve stator çekirdeğinden uç kalkanlara doğru olan sıcaklık

geçişini geliştirir. B tipi kompakt alternatörler, çok fonksiyonlu gerilim düzenleyicileriyle teçhiz atlandırılmışlardır [12].

LI-E ve LI-P Tipi Kompakt Alternatörler; Bu alternatörler, B aralığına dayanır. Her biri dört ebatlı oluşur. B aralığındaki aynı ebatlarda olduğu gibi, yeni stator teli sarma teknikleri sayesinde, verimlilik yaklaşık %10, güç çıkışı yaklaşık %25 arttırılmıştır. Artan verimlilik, 100 km başına 0,51'e kadar yakıt tasarrufu sağlar. E tipi alternatörlerin tasarımı verimlilik; P tipi alternatörlerin ise daha düşük hız aralığında güç çıkışı üzerine odaklanmıştır [12].

LI-X Tipi Kompakt Alternatörler; Bu tip alternatörler üç C, M, ve H ebatlarını içerir. Bu esnek, modüle edilebilir sistem diğerlerine ek olarak, bobinler, diyotlar ve çeşitli oranlarda gerilimler için gerilim düzenleyicilerinden oluşur. Ortalama 14, 28 ve 42V'luk gerilimler için bütün üç ebatın tümünün yapımını sağlar. Stator üretim tekniklerinde temel değişiklikler ve parça soğutma gelişimi sayesinde, E ve P tiplerine oranla güç çıkışını daha da fazla arttırmak mümkün olmuştur [12].

Bileziksiz Kollektör ve Bobinsiz-Rotor Alternatörleri; Şekil 2.25'de Bileziksiz kollektörlü ve bobinsiz rotorlu alternatör gösterilmektedir

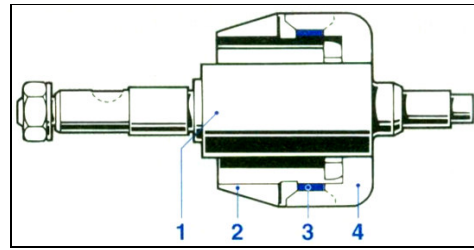


Şekil 2.25. Bileziksiz kollektörlü ve bobinsiz rotorlu alternatör [12].

Bunlar kendinden uyarımlıdır. Uyarım, iç kutba montelenmiş sabit uyarım sargıları aralığıyla sağlanır. Uyarma alanı, döner sargısız rotorun alternatif kutup uçlarını mıknatıslar ve sırayla bu kutbun döner manyetik alanı da stator sargısına üç

fazlı alternatif bir akım indükler. Bu süreçte, manyetik akış, döner rotorun kutup çekirdeğinden durağan iç kutupları vasıtasıyla sargısız rotora doğrudur. Manyetik devre, ters yönde kutuplanmış tırnak yarımları aralığıyla rotorun kutup çekirdeğini sarar. Kollektör bileziği rotorunun aksine, manyetik akış, döner kutup çarkı ve durağan haldeki iç kutup arasındaki iki ilave hava boşluğunu geçmelidir [12].

Stator laminasyon takımlı hazne, güç diyotlu soğutma tertibatı, bağlanmış transistorlu gerilim düzenleyicisi ve uyarma bobinli iç kutuplarının alternatörün durağan parçasına ait olması, bu tip alternatörün tipik özelliğidir. Döner parça, sadece kutup çarklı rotordan ve iletken elementten oluşur. Aynı kutupsallığın 6 uç tırnakları, tek bir kuzey veya güney uçların sırt bölgesini oluşturur. İki sırt bölgesi, tırnaklı yarım bölümleri oluşturur ve karşılıklı devreye giren kutup uçlarında bulunan manyetik olmayan bilezikler tarafından tutulur (Şekil 2.26) [12].



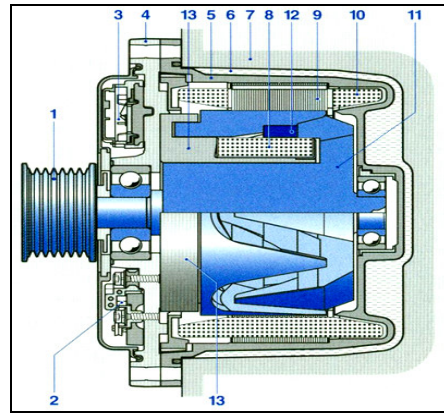
- 1- Kutup çekirdeklili rotor mili
- 2- İletken eleman
- 3- Manyetik olmayan halka
- 4- Mıknatıs kutuplu bölüm

Şekil 2.26. Az sipirli rotor [12].

N3 Tipi Kompakt Diyot Takımlı Alternatörler; Bobinsiz rotolarla ve yüksek istikrarlı uç yataklarına sahip, fırçasız N3 alternatörlerinde, tek aşınma parçaları, yataklardır. Bu alternatörler, çok uzun hizmet ömrünün kesin bir öneme sahip olduğu uygulamalarda (yani, yapım makinelerinde, uzun verimli kamyonlarda ve ağır hizmete uygun özel amaçlı taşıtlarda) kullanılır. Göze çarpan özellikleri, oldukça zor koşullarda son derece yüksek kilometre performansı göstermeleridir. Tasarım kavramları, alternatörün verimli hizmet ömrünü arttırmak için, aşınma parça sayılarını en aza indirmeye dayanır. Bu alternatör, hemen hemen hiç bakım gerektirmez [12].

Sıvı Soğutmalı Bobinsiz Rotor Kompakt Alternatörü; Hava soğutmalı alternatörler halinde, esas olarak hava akış sesinden sorumlu olan soğutma fanıdır.

Yüksek akım çıkışlarında, belirgin bir ses düşmesi, motorun soğutma devresindeki soğutucuyu kullanarak sadece sıvı soğutmalı alternatörlerle sağlanabilir Orta ölçüde, modern ve lüks arabalarda, sıvı soğutmalı, tam kapsüllü alternatörlerin kullanımı, genellikle taşıt gürültüsünde belirgin bir düşüş sağlamak için tek yoldur. Bir karbon fırça/kollektör bileziği sistemi, yüksek sıcaklıkta kapsüllü bir alternatörün içerisinde kalamayacağı için, tam kapsüllü alternatör kollektör bileziksiz, bobinsiz bir rotora sahiptir. Bu alternatör, özel soğutucu haznesine yerleştirmek için, tahrik ucu üzerinde bulunan özel bir bağlantıyla sağlanan silindirik biçimde alüminyum bir hazneye sahiptir. Alternatör ve soğutma haznesi arasındaki soğutucu bölge (soğutma suyu ceketi), motorun soğutma devresine bağlanmıştır. Isı kaybının bütün önemli kaynakları (stator, diyotlar, gerilim düzenleyicisi ve durağan uyarım bobinleri), alternatör haznesine ısıları soğutucuya uygun bir şekilde geçirilecek bir biçimde bağlıdır. Elektrik bağlantıları, alternatörün palanga ucundadır [12]. Şekil 2.27’de sıvı soğutmalı bobinsiz rotorlu kompakt alternatör gösterilmektedir.

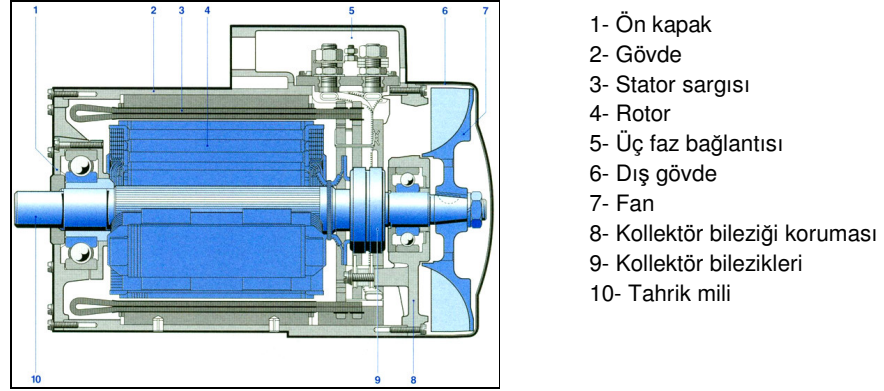


- 1- Kasnak
- 2- Doğrultucu diyot
- 3- Gerilim regülatörü
- 4- Ön Kapak
- 5- Alternatör Muhafazası
- 6- Soğutucu
- 7- Gövde soğutucu
- 8- Sabit Uyarım Sargısı
- 9- Stator laminasyon yığını
- 10- Stator sargısı
- 11- Sargısız rotor
- 12- Manyetik olmayan orta halkası
- 13- İletken eleman

Şekil 2.27. Sıvı soğutmalı bobinsiz rotorlu kompakt alternatör [12].

U2 Tipi Çıkık Kutuplu Kollektör Bilezikli Alternatörler; Bu tip alternatörler, esas olarak yüksek güç talepli (> 100A) geniş araçlarda ve 28V taşıt elektrik sistemlerinde kullanılır. Bu birimler, bu yüzden raylı taşıtlarda, özel amaçlı taşıtlarda ve denizle ilgili uygulamalarda kullanım için idealdir. Her bir dönüşte, rotor, her devrede dört yarım dalgayla beraber dört kutuptan geçer. Üç fazlı işleyişte, bu, her tam dönüşte, $4 \times 3 = 12$ yarım dalgaya eşittir. Üç fazlı stator sargının konumu ve akım akış yönü, PTA'ya benzer. Fakat bu ana alternatör sürümünün rotoru pençe tipi

versiyonlarından farklıdır Yani pençe tipi rotor, tüm kutupları için merkezi uyarım sargısına sahipken; çıkık kutuplu rotor, her biri kutuplar üstünde kendi uyarım sargısını taşıyan 4 ya da 6 ayrı kutba sahiptir. Çıkık kutuplu alternatörün ince, uzun, silindirik şekli, rotorun karakteristik şeklinden gelir. Şekil 2.28’de U2 tipi çıkık kutuplu kollektör bilezikli alternatör gösterilmektedir [12].

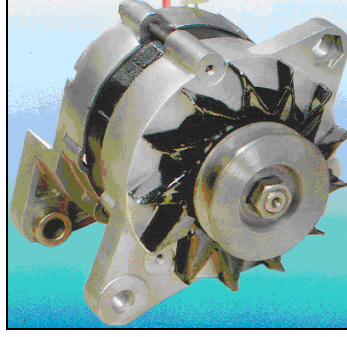


Şekil 2.28. U2 tipi çıkık kutuplu kollektör bilezikli alternatör [12].

Üç fazlı sargıya sahip stator, tahrik ucu ve kollektör bilezik zırları tarafından uçlara yaklaştırılan alternatör haznesinde kurulmuştur. Uyarım sargısı, uç zırlarındaki yataklarda çalışan çıkık kutuplu rotor üzerindedir. Uyarım akımı da kollektör bilezikleri ve karbon fırçalar aralığıyla dağıtılır. Doğrultucu ve gerilim ayarlayıcısı, alternatörden uzak, motor ısısına, rutubet ve kire karşı korunmalı bir yerde kurulur. Alternatör ve düzenleyici, altı linyelli kablo donanımıyla elektriksel olarak bağlanır. Alternatörün bu kapsüllü kollektör bilezikleri ve ekstra geniş yağ çemberi, ona yüksek kilometre performansı sağlar [12].

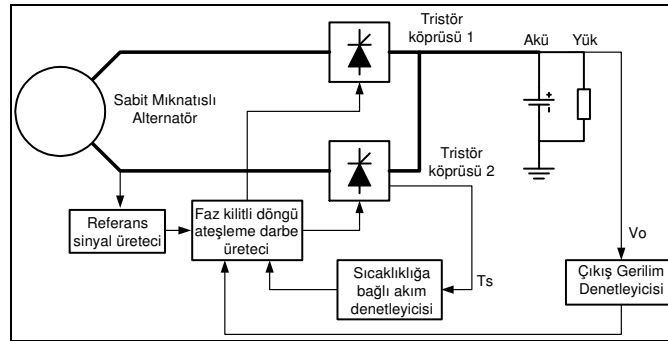
2.15. SABİT MIKNATISLI ALTERNATÖRLER

Elektrik tüketiminin artması düşük motor devirlerinde daha yüksek elektrik üretimi taşıt üreticilerini yeni yöntemlere doğru itmektedir [3]. Bunlardan bir tanesi de elektrik üretiminde sabit mıknatıslı alternatör kullanımındır [6,7]. Şekil 2.29’da sabit mıknatıslı alternatör gösterilmektedir.



Şekil 2.29. Sabit mıknatıslı alternatör.

Bu alternatörler yüksek verim, yüksek güç ve düşük atalet ve daha basit yapıda olmaları en büyük avantajlarıdır. Bu tip alternatörlerin dezavantajları ise çıkış geriliminin yük değişimine ve hıza bağlı olarak regülasyonun kompanse edilme zorluğudur. Otomobillerde kullanılmasındaki en büyük engellerden bir tanesi budur. Bilinen elektrik gerilim regülasyon sistemleri yüksek elektrik üretimini 14V'a düşürmektedir. Bu durum sabit mıknatıslı alternatörlerde büyük avantaj sağlar. Stator sargılarında geçecek manyetik akıyı kontrol etmek için değişik mekanik sistemler kullanan çalışmalar mevcuttur (Şekil 2.30) [14].



Şekil 2.30. Sabit mıknatıslı alternatör regülasyonu.

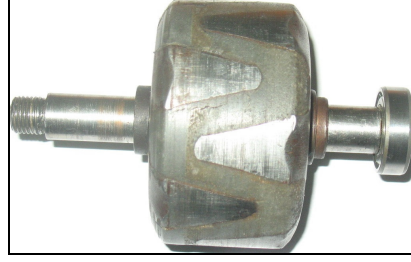
Alternatörün çıkış gücü hıza bağlı olarak değişmekte ve ters EMK kuvvetinin gerilim değeri çıkış gerilim değerinden büyük olduğunda en yüksek değerine ulaşmaktadır. Alternatörlerde ters EMK gerilimi 80V ulaşmasına rağmen çıkışta istenilen 14V sabit gerilim istenildiğinden sadece yüksek devirlerde istenilen akımı üretir. Ancak rotor kaçak reaktansı alternatörün çıkış gücü kapasitesini sınırlar. Bu makineden akım

çekildiği zaman karakteristiklerden elde edilen sonuçlara göre kaçak reaktanslar üzerinde hatırı sayılır bir gerilim düşümü olur. Bu düşen gerilimin değeri hıza ve akıma bağlı olarak artmakta ve akım arttığında alternatör çıkış geriliminin değerinde de gözle görülür bir düşme olmaktadır [5]. Sabit mıknatıslı alternatörlerde çıkış direnci sabit olduğundan bu direnç üzerinde gerilim düşümleri olmaktadır. Ancak bu kayıplar daha düşük olmaktadır. Geleneksel alternatörlerin verimi göreceli olarak oldukça zayıftır. Tipik verim değerleri %40-%60 olmakla birlikte çalışma noktasına da bağlıdır [1,15,16]. Düşük ve orta hızlarda kayıpların çoğunluğu stator bakır kayıplarında olmaktadır. Demir kayıpları sadece yüksek hızlarda baskın olmaktadır. Sabit mıknatıslı alternatörlerin verimleri ise %60-80 civarındadır. Bu verimi de 500-2 000 devir arasında temin edebilmektedirler [3].

Alternatörün üç fazda ürettikleri gerilim çıkışı diyotlarla doğrultularak şarj sistemine uygulanır. Aynı zamanda bu çıkış regülatöre uygulanarak rotor sargısına uygulanacak gerilime karar verilir. Rotor sargısında ki akımın değişmesi yaklaşık 100 ms ve daha fazla zaman almakta ve yüksek stator kayıplarına neden olmaktadır bu durum alternatörün verimini ve çıkış gücüne etki etmektedir. Kayıpla içten yanmalı motor tarafından sürülen alternatörlerden yüksek güç elde etmek için 10:1 oranında bir oranla sürülürler. Yüksek devirlerde dönmek onların ömürlerini kısaltmaktadır. Bu oranları 3:1 veya 4:1'e düşürerek ömürleri artırılmaya çalışılmaktadır. 12 kutuplu bir alternatörün mekanik çalışma hız aralığı 1 800-18 000 rpm dir. Bu hız aralığı mekanik bir sistem için çok yüksektir. Sabit mıknatıslı alternatörlerde ise bu hem yapısal nedenlerden hem de çıkış gücünün yüksek olması yüzünden çalışma hız aralığı daha düşük olmaktadır [5].

2.15.1. Rotor

Sabit mıknatıslı alternatörün rotor kısmı normal PTA'nın rotorundan farklı olarak iç kısmında elektro bobin yerine üstün manyetik özelliklere ve yüksek enerji verimliliğine sahip neodyum 35 tipi sabit mıknatısı yerleştirilmiştir. Rotorun iç kısmındaki boşluklar polimer dolgu maddesi ile doldurularak SMA'nın yüksek devirlerdeki dönme hareketi esnasında rotordaki boşluklar nedeniyle meydana gelebilecek gürültüler önlenmiş olmaktadır. Şekil 2.31'de SMA'nın rotor kısmı görülmektedir.



Şekil 2.31. Sabit mıknatıslı alternatör rotoru.

2.15.2. Stator

Sabit mıknatıslı alternatörde manyetik alanın oluştuğu stator normal bir alternatörde bulunan statordan farklı olarak sarım sayısı ve buna paralel olarak faz sayısının azaltılması ile iki fazlı stator olarak meydana gelmiştir. Statordaki sarım sayısının artırılması ve bununla beraber faz sayısının da artırılması ile alternatörde meydana gelen akım ve gerilim değerlerinin artması düşünülmektedir. Şekil 2.32’de iki fazlı stator gösterilmektedir. Şekil A.1’de SMA’nın teknik çizimi ve parçaları gösterilmektedir.



Şekil 2.32. İki fazlı stator.

2.16. SABİT MIKNATISLARLAR VE ÖZELLİKLERİ

Sabit mıknatıs, uyarma ihtiyacı olmadan manyetik alan üreten malzemelere denir. Sabit mıknatıslar normalde demir, nikel ve kobalt gibi elementlerin alaşımlarından oluşurlar yüksek kalıcı akı yoğunluğu (B_r) ve yüksek mıknatıslanmayı giderici kuvvete (H_cB) sahiptirler. Kalıcı akı yoğunluğunun yüksek olması mıknatısın, manyetik devrenin hava aralığından daha yüksek bir manyetik alanı desteklemesini

sağlar. İlk geliştirilen ticari mıknatıs Al-Ni-Co mıknatıslardır. Bu mıknatıslar 1935’li yıllarda üretilmiştir. 1960’lı yıllarda Ferrit mıknatıslar, 1975’lerde de SmCo üretilmiştir. En son geliştirilen Neodyum-Demir-Bor (NdFeB)’ dur. Bu mıknatıs bütün ticari mıknatıslar içerisinde en yüksek enerji yoğunluğuna sahiptir. Sabit mıknatıstan beklenen özellikler genel olarak; yüksek iç koersif kuvvet (HcB), yüksek doyma manyetizasyonu (Bsat), yüksek kalıcı akı yoğunluğu (Br), yüksek enerji yoğunluğu (BH)max gibi belli başlı özelliklerdir. Sabit mıknatıs çeşitleri genel olarak dört çeşitten oluşmaktadır bunlar; AlNiCo mıknatıslar, ferrit mıknatıslar, polimer mıknatıslar ve toprak mıknatıslardan oluşmaktadır. Toprak mıknatıslar da kobalta dayalı toprak mıknatıslar (SmCo) ve demire dayalı toprak mıknatıslar (NdFeB) olarak kendi aralarında çeşitlendirilir [17]. Şekil 2.33’de SMA’da kullanılan neodyum mıknatıslar verilmektedir.



Şekil 2.33. SMA’da kullanılan neodyum mıknatıslar [17].

Sabit mıknatısların gelişim sürecinde farklı özelliklerde ve farklı malzemelerden birçok çeşit mıknatıs yapılmıştır. Yapılan bu mıknatısları çeşitli özelliklerine göre sınıflandırmak mümkündür. Sabit mıknatıslar yapıldıkları malzemelere göre sınıflandırılırlarsa; metal sabit mıknatıslar, seramik sabit mıknatıslar ve nadir toprak mıknatısları olmak üzere üç ana sınıfa ayrılırlar. Çelik sabit mıknatıslar ilk yapılan metal mıknatıslardandır. Daha sonra değişik alaşımlarla Bakır-Nikel, Olatin-Kobalt, Demir-Kobalt-Vanadyum mıknatıslar yapılmıştır. Bu sınıf mıknatıslar genelde Alüminyum, Nikel ve Kobalt’ın alaşımları ile yapılırlar. Bugün metal mıknatıslar içerisinde en uygun mıknatıslar AlNiCo mıknatıslardır NdFeB tipi sabit mıknatıslar en yaygın olarak kullanılan mıknatıs çeşididir. NdFeB mıknatıslar üretim yöntemlerine göre üç şekilde sınıflandırılabilir. Bunlar; sinterleme, polimer bağlama ve ısı deformasyonudur. Sinterlenmiş NdFeB mıknatıslar, üstün manyetik özelliklere, yüksek enerji verimliliğine ve iyi maliyet performansına sahiptir. Neodyum

mıknatısın fiziksel özellikleri Çizelge 2.3’de ve termal özellikleri de Çizelge 2.4’de verilmektedir [17].

Çizelge 2.3. Neodyum mıknatısların fiziksel özellikleri [18].

Neodyum’un Fiziksel Özellikleri			
Sıcaklık Katsayısı (Br)	-0.11%/°C	Sıcaklık Katsayısı (Hc)	-0.60 % /°C
Yoğunluk	7.3 –7.5g/cm ³	Elektrik Direnci	114μΩ.cm
Vickers Sertliği	600Hv	Eğilme Mukavemeti	25kg/mm
Çekme Dayanımı	8.0kg/mm ²	Termal Genişleme	4×10 ⁻⁶ /°C
Özgül Isı	0.12 kCal/(kg.°C)	Termal İletkenlik	7.7kcal/(m.h. °C)
Young Katsayısı	1.6×10 ¹¹ N/m ²	Katılık	0.64N/m ²
Poisson Oranı	0.24	Sıkıştırılabilir	9.8×10 ⁻¹² m ² /N
Curie Sıcaklığı	310-340°C		

Çizelge 2.4 Neodyum mıknatısların termal özellikleri [18].

Termal özellikleri				
Neodyum Madde Tipi	Sıcaklık Katsayısı (abr)	Max. Çalışma Sıcaklığı	Küri Sıcaklığı	Termal iletkenlik
	% / °C	°C (°F)	°C (°F)	kcal/m-h-°C
N	-0.12	800 (1760)	310 (590)	7.7
NM	-0.12	1000 (2120)	340 (644)	7.7
NH	-0.11	1200 (2480)	340 (644)	7.7
NSH	-0.10	1500 (3020)	340 (644)	7.7
NUH	-0.10	1800 (3560)	350 (662)	7.7
NEH	-0.10	2000 (3920)	350 (662)	7.7
NZ	-0.10	2000 (3920)	350 (662)	7.7

Nd₂Fe₁₄B mıknatısın maksimum enerji yoğunluğunun teorik değeri 512kJ/m³’dür. Böylece 400 kJ/m³’ü aşkın enerji üretimi sağlanabilmektedir. Polimer bağlı mıknatıslar ortalama 80 ila 145 kJ/m³ enerji üretimine sahiptirler. Isı deformeli mıknatıslar 120-370 kJ/m³ enerji üretimine sahiptirler. Ancak sinterlenmiş NdFeB mıknatıslar termal ve çevresel kararlılık açısından bazı dezavantajlara da sahiptir. NdFeB alaşımının Curie sıcaklığı yaklaşık 310°C’dir. Sıcaklık değişimiyle akı yoğunluğunda fark edilir bir değişim vardır. Aşırı yüksek sıcaklıkta sürekli mıknatıslar manyetik özelliklerini kaybederler. Sonuç olarak motor ve jeneratör tasarımlarında son zamanlarda artan oranda kullanılan mıknatıs teknolojisinin gelişimi Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesi’nin 1998 Enerji Raporu’nda belirtilen “Tüm enerji kaynaklarında mümkün olduğu oranda talebin bölgesel üretim imkanları ile karşılanması ve enerji üretimi, iletimi, dağıtımı ve tüketiminin her aşamasında kayıpların en aza indirilmesi, verimliliğin artırılması ve israfın önlenmesi amacıyla enerji tasarrufu programının uygulanması” ilkesine büyük katkı yapacaktır [17].

BÖLÜM 3

ALTERNATÖRLERDE GERİLİM REGÜLASYONU

3.1. GERİLİM REGÜLASYONU

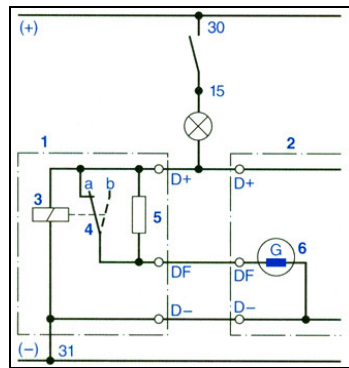
Akım düzenleyicisinin alternatör gerilimini, bu yüzden motorun hız aralığındaki sabit bir seviyede, yük ve motor hızından bağımsız olarak taşıt sistem gerilimini koruma görevi vardır. Sabit uyarma akımı varsayılırsa, alternatör gerilimi, yüksek seviyede alternatör hız ve yüklemelerine bağımlı olur. Bu devamlı değişen işleyiş koşullarına rağmen, alternatör gerilimi belirtilen seviyede kalmalıdır. Bu gerilim ayarı, elektrikli donanımları aşırı gerilime karşı korur ve akünün fazla yüklenmesini önler. Buna ek olarak; akünün elektrokimyasal özellikleri, akü şarjı sırasında hesaba katılmalıdır. Bu, akünün düşük sıcaklıklarda daha zor şarj edildiği gerçeğini telafi etmek için, yükleme geriliminin soğuk havalarda, daha yüksek olduğunu gösterir. Alternatör tarafından oluşturulan gerilim, alternatör hızı ve uyarma akımıyla beraber artar. Aküye bağlanmamış ve şarj edilmemiş, tam uyarımlı bir alternatör dikkate alındığında, ayarsız gerilim, dakikada 10 000 rpm'de yaklaşık 140V'a ulaşana kadar, alternatör hızıyla doğrusal olarak artar [12].

Gerilim düzenleyicisi, rotorun manyetik alanının gücüyle beraber, alternatör tarafından oluşturulan gerilimin bir görevi olarak, alternatör uyarım akımının seviyesini kontrol eder. 12V akü gerilimli taşıt elektrik sistemleri için gerilim-ayar toleransı yaklaşık 14V'dur ve 24V akü gerilimli sistemler içinse, 28V civarındadır. Düzenleyici, alternatör gerilimi düzenleyici tepki geriliminin altında kaldığı sürece, devre dışı kalır. Tolerans aralığı dâhilinde, eğer gerilim belirtilen üst seviyeyi geçerse, düzenleyici uyarma akımını keser. Uyarım daha güçsüz hale gelir ve sonuçta alternatör gerilimi düşer. Gerilim belirtilen alt seviyenin altına iner inmez, düzenleyici uyarma akımını tekrar keser, uyarımla birlikte alternatör gerilimi da artar. Gerilim belirtilen üst seviyeyi tekrar geçerse, kontrol döngüsü tekrarlanır.

Bu kontrol döngüleri hep milisaniyeler içerisinde olduğu için, alternatör gerilimi, öngörülen özelliklere uygun olarak ayarlanır. Çeşitli dönüş hızlarına karşı son derece değişken bir uyum otomatiktir ve uyarım akımının devre içi ve devre dışı zamanları arasındaki ilişki, uyarım akımının seviyesi için kesindir. Düşük dönüş hızında, devrede olduğu dönem, oldukça uzun; devre dışı periyodu ise kısadır. Uyarım akımı, sadece kısa bir süreliğine kesilir ve ortalama bir değer taşır. Diğer taraftan; yüksek dönüş hızında, devre içi süre kısa, devre dışı süre uzundur. Sadece düşük bir uyarım akımı oluşur [12].

3.2. ELEKTROMANYETİK GERİLİM REGÜLATÖRLERİ

Uyarım akımı, uyarım akım devresindeki oynar bir kontağı açma ve kapamayla değiştirilir. Bu oynar kontak, bir makasla sabit bir kontakta preslenir ve ortalama gerilim aşıldığında, elektromıknatıs tarafından kaldırılır. Alternatör uygulamaları için uygun olan kontak regülatörleri, tek parça tipine sahiptir. Yani, elektromıknatıs içeren gerilim regülatör elemanına, elektrik donanımına, ve bir ayarlama kontakına sahip düzenleyicilerdir. Tek elementte, çift kontak regülatörü kontak aşağıdaki gibi açılır ve kapanır: manyetik kuvvet ve süspansiyonun yay tansiyonu ve makasları ayarlama rotoruna uygulanır [12]. Şekil 3.1’de tek elementte, çift kontak regülatör devresi verilmektedir

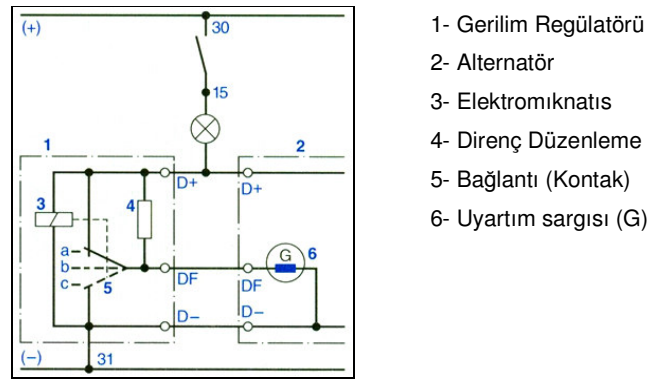


- 1- Gerilim Regülatörü
- 2- Alternatör
- 3- Elektromıknatıs
- 4- Bağlantı (Kontak)
- 5- Direnç Düzenleme
- 6- Uyarım sargısı (G)

Şekil 3.1. Tek elementte, çift kontak regülatör devresi [12].

Alternatör gerilimi ayar değerini aşar aşmaz, elektromıknatıslar elektrik donanımına girer ve kontak açar ("b" pozisyonu). Bu direnci de uyarım akımıyla beraber

alternatör gerilimini da azaltan uyarma akımına geçirir. Alternatör gerilimi ayar değerinin altına indiğinde, manyetik kuvvet de azalır ve böylece yay tansiyonu ağır gelir ve kontağı kapatır (“a” pozisyonu). Bu açma ve kapama döngüleri devamlı olarak tekrarlanır. Tek elementli, çifte kontaklı regülatör (Şekil 3.2), üç açma pozisyonu sağlayan kontakların ikinci çiftleriyle çalışır. Ayar direnci, “a” pozisyonunda kısa devrelidir ve yüksek bir uyarma akımı oluşur. “b” pozisyonundaysa, direnç ve uyarma sargıları seri halinde bağlanır ve uyarma akımı azalır. “c” pozisyonunda, uyarma sargıları kısa devrelidir ve uyarma akımı sıfıra iner (zaman sabiti uyarma sargılarının endüktans ve reaktansından bağımsızdır). Ebat ve özelliklerinden dolayı, bu alternatör sadece kaporta üzeri montajı için uygundur [12].



Şekil 3.2. Tek elementli, çifte kontaklı regülatör devresi [12].

3.3. ELEKTRONİK GERİLİM REGÜLATÖRLERİ

Elektronik regülatörler sadece alternatörlerle kullanılır. Kompakt boyutları, düşük ağırlığı, titreşim ve şoka karşı dayanıklı olması sayesinde, bu regülatör alternatöre direk birleştirilebilir. İlk transistor regülatörleri ayrıık bileşenlerden oluşurken, günümüz çeşitleri karma ve tek parçalı devreler kullanır. Transistor regülatörlerinin ana avantajları şunlardır; daha yakın kontrol toleranslarına olanak sağlayan daha kısa açma süreleri, sıfır aşınma (0 = sıfır bakım), yüksek açma akımları, kıvılcım çıkarmadan açma radyo girişimini sağlaması, şoka, titreşime ve iklimsel etkilere karşı dayanıklı olma, elektronik sıcaklık kompanzasyonu da daha yakın kontrol toleransı sağlaması ve kompakt olmasından dolayı boyuta bakmadan alternatörlere direk montaj imkanı vermektedir [12].

Hibrid Regülatörler; Hibrid teknolojiyi kullanan transistörlü regülatörler, hava geçirmez bir şekilde kapsüllenmiş kutuları oluşturur ki; bu kutuların içinde de seramik alt katmanlar, koruyucu kalın filmli dirençler, ve tüm kontrol fonksiyonlarını bünyesinde barındıran yapışık entegre edilmiş olan devreler bulunur. Sürücü katının güç parçaları (Darlington transistörleri ve serbest diyotlar) direkt olarak uygun ısı çıkışını sağlamak için metal soketin üzerine lehimlenir. Elektrik bağlantıları cam yalıtkanlı metal uçlarla sağlanır. Regülatör özel fırça yuvasına monte edilmiştir ve direkt olarak kablosuz alternatöre bağlanır. Güç katındaki Darlington devresi sayesinde, akım akış yönünde yaklaşık 1,5V'luk bir gerilim düşüşü olur. Hibrid regülatörün üstünlükleri aşağıdaki gibi özetlenebilir: kompakt yapım, düşük ağırlık, az parçalar, az bağlantılar ve otomotiv uygulamalarında karşılaşılan olağanüstü çalışma koşullarında yüksek güvenilirlik. Normalde, alışılmış diyotları kullanan karma regülatörler, kompakt diyot takımlı alternatörlerde kullanılırlar [12].

Tek Parçalı Regülatörler; Bu regülatörler, Hibrid regülatörlerden geliştirilmişlerdir. Hibrid regülatörün entegre edilmiş devresinin, güç katının ve serbest diyotun fonksiyonları tek bir çipte bulunur. Tek parçalı regülatör, iki kutuplu teknikleri kullanır. Daha az parça ve bağlantıyla kompakt tasarımı, güvenilirliğinin daha da fazla olmasını sağlar. Çıkış katı basit güç katı biçiminde olduğu için, akım akış yönündeki gerilim düşüşü sadece 0,5V'dur. Z diyotu düzelticileriyle uyumlu olan tek parçalı regülatörler kompakt alternatörlerde kullanılır [12].

Çok Fonksiyonlu Gerilim Regülatörleri; Gerilim ayarlamalarına ek olarak, çok fonksiyonlu regülatör, gerilim düşüşünü v kayışının kopmasını ya da uyarım acık devresini göstermek için, bozulma göstergesine ek olarak şarj gösterge lambasının yerine (ışık yayan diyot) LED göstergesini ateşler. Bu alternatör, uyarma diyotları olmadan çalışır. "Motor çalışıyor" sinyali, L ucundan alınır. W ucu, motor hızıyla orantılı olan bir sinyal sağlar. Gerçek akım değeri de alternatördeki B+ ucundan alınır. B tipi kompakt alternatörün standart versiyonu, daha fazla mevcut avantaja sahiptir. Taşıt elektrik sistemindeki yük açıldığında, alternatörün uyarımı bir rampayı izler. Bu, alternatörün kayışla çalıştırılmasındaki tork çaplarını engeller [12].

3.4. AŞIRI GERİLİMDEN KORUMA

Genellikle akünün doğru bağlanması ve normal sürüş koşulları altında, aracın elektronik parçaları için ek bir koruma sağlamak gerekli değildir. Akünün düşük dâhili rezistansı aracın elektronik sisteminde oluşan yoğun gerilimi bastırır. Ancak, olağandışı kullanım zamanlarında önlem olarak aşırı gerilim koruyucuyu monte etmek sıklıkla önerilir. aracın elektrik sistemindeki hatalar halinde aracın elektrik tertibatında meydana gelebilecek aşırı gerilimin nedenleri; akım düzenleyici (regülatör) de bozulma, ateşleme sisteminden kaynaklanan etkiler, ağır basan endüktif yüklemeye cihazların kapanması, serbest kontaklar, kablo kopukluklarıdır. Bu gibi aşırı gerilimler, yalnızca birkaç milisaniye süren kısa gerilim artışları halini alır, maksimum 350V'a erişir ve ateşleme bobininden çıkar. Aşırı gerilim, akü ve alternatör arasındaki hata çalışan motorla açık devreliyse (bu harici akü açık marş destek sistemi olarak kullanıldığında olur) ya da tam yükler kapatıldığında olur. Bu nedenle, normal şartlar altında, alternatör akü bağlanmadan çalıştırılmamalıdır. Yine de belli şartlar altında, kısa süreli ya da acil işlemlerde batarya kullanılmaması hoş görülebilir. Çekici araçları ile zirai traktörlerde de aküyü bağlamadan işlemden kaçınmak her zaman mümkün değildir. Bu aşırı gerilimden korunma cihazı, ekstra devre gerektirmesine karşın, aşırı gerilimlerin işlemden olumsuz etki yaratmayacağını taahhüt eder [12].

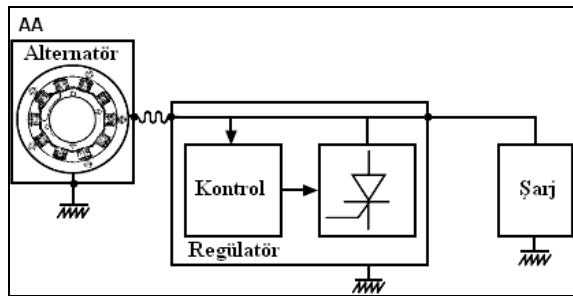
Zener Diyot Koruması; Zener diyotları, düzeltici güç diyotlarının yerine kullanılabilir. Bunlar yüksek enerjili gerilim çıkışlarını alternatöre ve regülatöre zararsız olarak şekilde sınırlar. Buna ek olarak, Z diyotları, taşıt elektrik sistemindeki gerilime duyarlı yüklerin kalması için aşırı gerilimden merkezi koruma olarak işlev görür. Zener diyotlarıyla donatılmış düzenleyicinin sınırlayıcı gerilimi 14V'luk alternatör gerilimi için 25-30V, 28V'luk bir alternatör gerilimi içinse 50-55V'dur. Kompakt alternatörler daima zener diyotlarıyla donatılır [12].

Serbest Diyot; Serbest diyot parazit giderici ya da dalgalanmaya karşı olan diyot olarak da bilinir. Regülatör kapalı durumuna geçtiğinde, uyarım akımının kesilmesi üzerine, özindüklemelerinden dolayı tepe gerilimi uyarım bobinlerine indüklenir. Eğer gerekli önlemler alınmazsa, hassas yarı iletken parçalar zarar görebilir. Serbest

diyot regülatörde alternatörün uyarım bobinlerine paralel bağlanır. Uyarım bobininin kesilmesi üzerine, serbest diyot, uyarım akımını devralır ve akımın azalmasını sağlar ki böylece tehlikeli tepe gerilimlerinin oluşumunu engeller [12].

3.5. SMA’NIN GERİLİM REGÜLASYONU

Regülatör, gerilimi izleyerek, sistem ihtiyaçlarına göre enerji kaynağını kontrol eder. Regülatör içerisinde, tüm bu fonksiyonların yapılmasından sorumlu yarı iletken tristördür. Regülatör, tristör girişinde bulunan ve cihaz içerisindeki akımı denetleyen bir kontrol sinyali oluşturur. Bu tip belirgin çalışma özellikleri, bir dizi durumu hesaba katmamıza sebep olur. Bunlar; alternatör bağlantı uçları genellikle alternatörün tipine ve çalışma moduna 100V’tan daha yüksek bir gerilim sağlama ihtimaline bağlıdır, anahtar bağlantı uçlarını LL(+) açtığımız zamanki gerilim aküdeki gerilimle uyum sağlamalıdır. Eğer yanlış kontak ya da bağlantı yüzünden her iki uçta bir gerilim düşümü varsa, aküde aşırı gerilim yaratacak uygunsuz bir regülasyon oluşacaktır, eğer regülatör toprak izolasyonlu bir kutuyla monte edilmişse, uygun bir kesitli telle bağlantı gereklidir. Şu da belirtilmelidir ki; negatif bağlantı ucundaki akımla pozitif alan arasındaki akım aynıdır; bu yüzden her iki ucun tel kesitleri uygun olmalıdır [19]. Şekil 3.3’de Akünün şarj edilmesi ve AA regülatörleri için blok diyagramı gösterilmektedir.

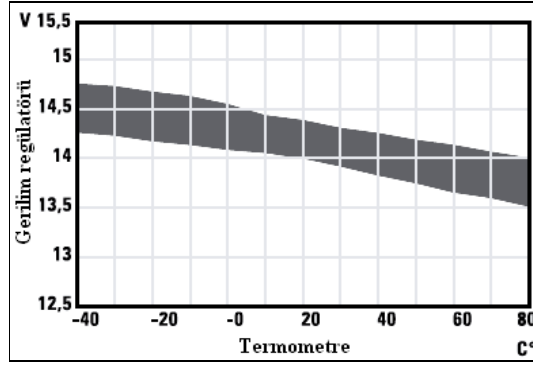


Şekil 3.3. Akünün şarj edilmesi ve AA regülatörleri için blok diyagramı [19].

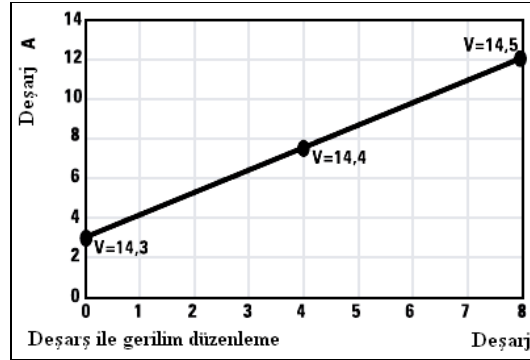
3.6. SMA’DA KULLANILAN REGÜLATÖRLER

Önceki şekillerde gösterildiği gibi, eğer anahtar bağlantı uçlarındaki LL(+) gerilim değeri tristörler açıkken ki dayanak geriliminden daha düşükse, alternatörden aküye

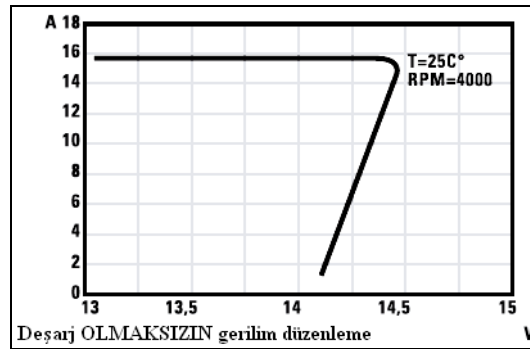
doğru bir elektrik akısı oluşur. Bu dayanak gerilimine tristörler kapalıyken ulaşırsa, akım durdurulur [19]. Şekil 3.4’de Regülatörlerinin farklı ısı ve şarj ortamlarında tipik tutumları gösterilmektedir.



a) Regülatörün sıcaklık değişiminde göstermiş olduğu gerilim değişimi



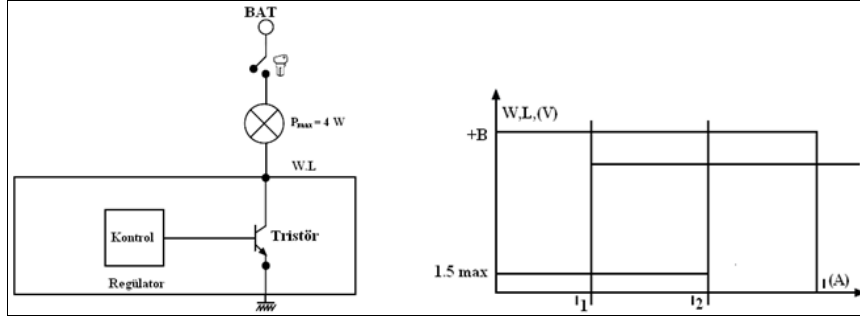
b) Regülatörün deşarj değişiminde göstermiş olduğu gerilim değişimi



c) Regülatörün deşarj olmaksızın göstermiş olduğu gerilim değişimi [19].

Şekil 3.4. Regülatörlerinin farklı ısı ve şarj ortamlarındaki performansları.

Batarya Şarj Uyarı Işığı; Bu regülatörler alternatör şarj uyarı ışığı seçeneğini içerir [19]. Şekil 3.5’de devrenin sinyal verdiği görülmektedir.

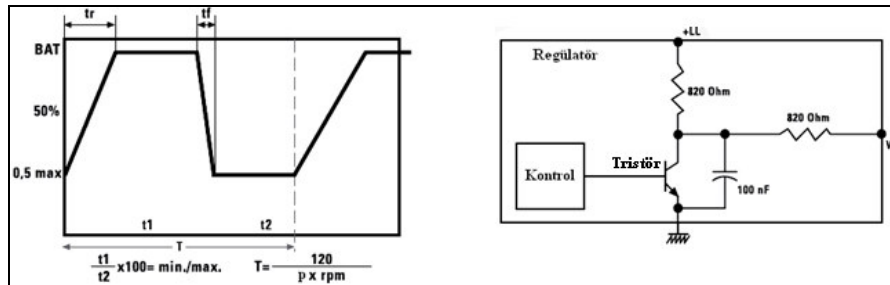


- a) Regülatör devrenin sinyal vermesi b) Tristörün açık konuma getirilmesi

Şekil 3.5. Batarya Şarj Uyarı Işığı [19].

Bataryaya, şarj edilen akımın değeri referans değerinden daha düşükken transistör bir kontrol devresiyle açık konuma getirilir. Şekil 3.5.b’deki çizim, şarj akımına karşılık devrenin cevabını ifade etmektedir. Burada, çizimin alternatör modeline ve bataryanın şarj seviyesine bağlı olduğu dikkate alınmalıdır [19].

Regülatör W Terminali; Bu regülatörlerin bir başka avantajı ise takometre veya otomatik sürmek için frekans sinyal terminali olmasıdır (W). Sinyal frekansı, motor hızıyla orantılıdır, burada ‘n’ kutup sayısı, ve ‘rpm’ motor hızıdır. Şekil 3.6’da W terminali açık devre yapılırsa, gerilim dalga şekli ve gerilim sinyali üretmek için kullanılan devre gösterilmektedir [19].



- a) W terminali açık devre gerilim dalga şekli b) Gerilim sinyali üretmek için kullanılan devre

Şekil 3.6.W terminali açık devre gerilimi [19].

3.7. SMA REGÜLASYONUNUN ÇALIŞMA ÖZELLİKLERİ

Bu tip belirgin çalışma özellikleri, bir dizi durumu hesaba katmamıza sebep olur. Bunlar; alternatör bağlantı uçları genellikle alternatörün tipine ve çalışma moduna 100 volttan daha yüksek bir gerilim sağlama ihtimaline bağlıdır, anahtar bağlantı uçlarını (+LL) açtığımız zamanki gerilim aküdeki gerilimle uyum sağlamalıdır. Eğer yanlış kontak ya da bağlantı yüzünden her iki uçta bir gerilim düşümü varsa, aküde aşırı gerilim yaratarak uygunsuz bir regülasyon oluşacaktır, eğer regülatör toprak izolasyonlu bir kutuyla monte edilmişse, uygun bir kesitli telle bağlantı gereklidir. Şu da belirtilmelidir ki; negatif bağlantı ucundaki akımla pozitif olan arasındaki akım aynıdır; bu yüzden her iki ucun tel kesitleri uygun olmalıdır [19].

BÖLÜM 4

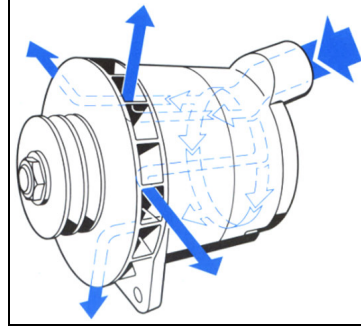
ALTERNATÖRLERİN PERFORMANS KRİTERLERİ

4.1. ALTERNATÖRLERİN SOĞUTULMASI

Mekanik güç elektrik gücüne çevrildiğinde, alternatör tarafından ortaya çıkan ısı ve motor bölümündeki ısı etkileri sebebiyle, alternatör parçalarının sıcaklığında önemli ölçüde artışlar olur ve motor bölümü ses geçirmez amaçlı kapsülendiğinde, sıcaklık daha da yükselir. İşlevsel güvenilirlik, hizmet ömrü ve yeterlilik yararına, bu sıcaklığı tamamen dağıtmak mecburidir. Alternatör sürümüne bağlı olarak, müsaade edilen maksimum çevre sıcaklığı 800–1200°C ile sınırlıdır ve ileriki zamandaki sıcaklıkların da 1350°C ye ulaşması beklenir. Soğutma, günlük çalışmada karşılaşılan kaporta altı koşullarında bile, parça sıcaklıklarının belirlenmiş sınırlarda (en kötü durum düşünülür) kalmasını garantiler [12].

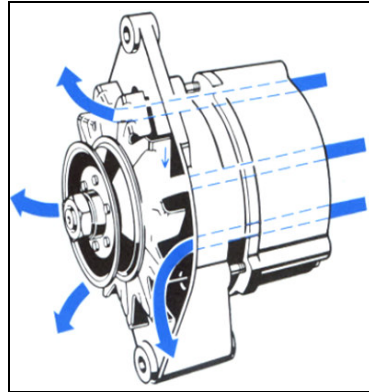
Taze Hava Girişi Olmadan ve Taze Hava Girişiyle Soğutma; Normal çalışma koşulları için, akıntıyla soğutma otomotiv alternatörlerde uygulanan en bilindik soğutma metodudur. Devirin bir ya da her iki yönü için radyal fanlar kullanılır. Hem fan hem de alternatör şaftı çalıştırılacağı için, hızla birlikte soğutma havası da artar. Bu, alternatör yüklemelerini hesaba katmadan yeterli soğutmayı sağlar. Belirli hızlarda oluşabilecek gürültü uğuldamalarını engellemek için, bazı alternatör tiplerindeki radyatör pervane kanatları asimetrik olarak ayarlanır. Taze hava soğutma amaçlı kullanıldığında, hava alım bağlantısı hava alım ağzı yerine sağlanır. Motor bölümünün dışından serin, tozsuz hava alımı için bir hortum kullanılır. Örneğin; T1 alternatörleriyle, soğutma havası hava alım bağlantısına girer, alternatöre doğru gider ve tekrar tahrik uçlarındaki ağızlardan dışarı çıkar. Yine bu tip alternatörlerle, soğutma havası, fan aralığıyla alternatörden geçer. Taze hava alımlı metodu kullanmak, motor bölümündeki sıcaklıklar 800°C dereceye çıktığında ve yüksek güç alternatörleri kullanıldığında, özellikle önerilir. Kompakt alternatörlerle, taze hava

metodu düzenleyici ve regülatörü soğutmada kullanılabilir. Şekil 4.1’de taze hava girişi ile soğutma gösterilmiştir [12].



Şekil 4.1. Taze hava girişi ile soğutma [12].

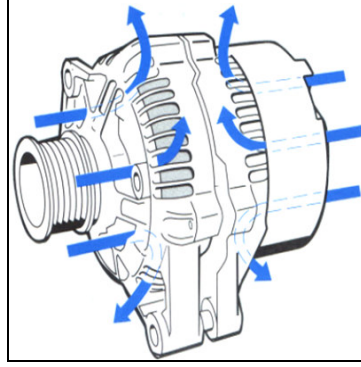
Tek Akımlı Soğutma; Kompakt diyot takımlı alternatörler tek akımlı soğutmayı kullanır. Harici fan alternatör şaftının tahrik ucuna bağlanır. Şekil 4.2’de saat yönünde dönen bir fana sahip bir G1 alternatörünü gösterir. Hava, kollektör bileziklerinde ya da düzeltici ucundaki fan tarafından çekilir, alternatörü geçer ve tahrik ucu zırhındaki ağızlardan çıkar [12].



Şekil 4.2. Saat yönünde dönen bir fana sahip bir G1 alternatörü [12].

Çift Akımlı Soğutma; Yüksek özel güç çıkışları sayesinde, kompakt alternatörler çift akımlı soğutmalardan faydalanır (Şekil 4.3). Kompakt alternatörün iki fanı, rotorun aktif gözlerinin sağ ve soluna doğru, tahrik milinin üzerinde alternatörün içerisine monte edilir. Bu iki hava akımı tahrik ve kollektör uçlarındaki ağızlardan doğru fanlar aralığıyla eksensel olarak oluşur ve tekrar alternatörün çevresindeki

ağızlar aralığıyla dışarı çıkar. Bir önemli avantaj da daha küçük fanların kullanımında yatar [12].



Şekil 4.3. Çift akımlı soğutma [12].

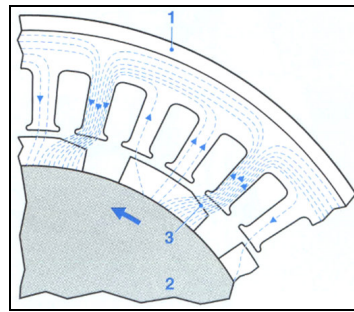
Sıvı Soğutmalı Alternatörler; Valeo motor soğutucusunu alternatör boyunca çalıştırarak yeni bir teknik kullanmaktadır. 120-190A lik çıkış aralığına ulaşılmıştır. Klasik hava soğutmalı alternatörlerle karşılaştırıldığında bu yeni makinelerin aşağıdaki şu yeni özellikleri vardır; iyileştirilmiş verim (%10-25%), artırılmış motor boşta hızı, gürültü azaltımı (fanın çıkartılmasından dolayı 10-20db), korozyona karşı direnç (makine eklenmiştir), yüksek sıcaklığa karşı direnç (>130°C). Ek olarak soğuk havalarda sistemi iyi başlatabilmek için alternatöre ısıtma donanımları eklenebilir. Bu daha az kirlilik ve daha fazla konfor sağlar. Valeo aynı zamanda kendi kendine başlayan bir regülatör geliştirmiştir. Bu ikaz lambası ve diğer kabloların elimine edilebilmesinden dolayı bağımsız bir güç merkezi olarak düşünülebilir. Bu üretici maliyetinden tasarruf sağlar ve aynı zamanda boş hızda iyi bir çıkış sağlar [10].

Diyot Soğutma; Yarı iletken diyotlardaki ısı seviyeleri, belirli sınırları aşmamalıdır. Bu yüzden, güç ve uyarım diyotlarının termal kayıp olarak oluşturduğu ısıyı dağıtmak için önlemler alınmalıdır. Soğutma için, diyotlar, geniş yüzey ve yüksek termal iletkenlikleriyle ısıyı soğutucu hava akımına ya da soğutucu bölmeye ileten ısı dağıtma tertibatına preslenir. Alternatörler, genellikle güç diyotları için, çift yönlü ısı dağıtma tertibat sistemini kullanır. Diyotların üçünün katot uçları, akünün B4 ucuna bağlı olan tek yönlü ısı dağıtma tertibatına gömülür. Kalan diyotlar, anot uçlarıyla B(-) ucuna bağlı ısı dağıtma tertibatına yerleştirilir. Stator bobinleri ve D(+) ucu

arasında bulunan uyarım diyotları, ya ısı dağıtma tertibatı olmadan ayrıştırılır; ya da kendilerinin üçüncü bir ısı dağıtma tertibatı (örneğin, ticari araçlardaki alternatörlere) içerisine yerleştirilir [12].

4.2. ALTERNATÖRLERDE GÜRÜLTÜ

Sessiz çalışan araçların üzerine daha fazla vurgu yapıldıkça, alternatör sesinin azalımı da o kadar önemli hale gelir. Alternatör sesi, iki ana parçadan oluşur: havanın hareketleriyle ilgili ses ve manyetik olarak indüklenmiş sestir. Havanın hareketleriyle ilgili olan ses, yüksek fan hızında, ağızlardan soğutucu hava geçişiyle oluşturulabilir. Bu, soğutucu havanın dikkatli bir şekilde gönderimi ve asimetrik olarak ayarlanmış kapaklı daha küçük fanların kullanımıyla sınırlandırılabilir. Manyetik olarak indüklenmiş seslerse, güçlü yerel manyetik alanlara ve stator ve yük altındaki rotor arasında ortaya çıkan dinamik etkilere verilebilir. Manyetik gürültüyü sınırlamak için alınabilecek pek çok önlem vardır. Bunlar, hava boşluğu artışları ve daha sıkı üretim toleransları gibi şeyleri içerir. Radyal ışın biçiminde gönderilmiş sesi azaltmak için en etkili önlemlerden biri, “tırnaklı oluklardır”. Burada, tırnakların dış kenarları olukludur (Şekil 4.4).



- 1- Stator
- 2- Rotor
- 3- Pençe kutuplu kanal

Şekil 4.4. Sesi azaltmak için oluşturulan tırnaklı oluklar [12].

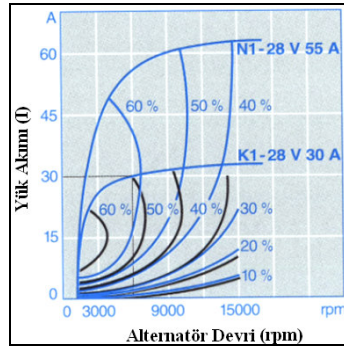
Bu önlem, stator akımının oluşturduğu endüvi tepkisinin etkilerini azaltır. Alternatör elektrik gücüyle yüklendiğinde, sırayla ses oluşumuna sebep olan hava boşluğunda belirgin bir alan sahasına neden olur. Haznenin ses yayan yüzeylerinin azalımı ile birleştirilen tırnaklı oluk metodunu en uygun şekilde getirme, ayrı ayrı ses algılarında yaklaşık %50 gibi bir sayı olan 10 desibele kadar ses azalımıyla sonuçlanır.

Alternatörün motor üzerindeki pozisyonunun etkileri de göze alınmalıdır. Yapı kaynaklı ses, bağlantıyı kuran alternatörü uyarır ve alternatörün titreşimli özelliğini ve ses oluşumunu etkiler. Esnek alternatör kurulumu, bu sürekli bağlantıyı tamamen engelleyebilir. Ayrı durumlarda, sertleştirilmiş makine yağının rutubet çıkışının etkileriyle birlikte bilyeli yataklar mekanik sese sebep olur. Burada çözüm, kaynaklıklarını düşük sıcaklıklarda bile koruyan makine yağlarıyla birlikte iyi contalanmış bilyeli yatakları kullanmaktır. Sesi azaltmak için alınan önlemler, parça sıcaklıkları ve alternatör üretim maliyetleriyle birlikte, alternatörün güç çıkışı üzerinde de bir etkiye sahiptir. Sorun, bu zıt faktörler arasında en uygun uzlaşmayı bulmaktır. Bu, en gelişmiş benzeşimi belirtilen ölçüm tekniklerini kullanmayı zorunlu kılar bunlar; titreşimli hareketleri ve mekanik gücü en uygun şekilde getirmek için Sonlu Elementler Metodu (SEM), ses hesaplamaları için yazılım, akış ve sıcaklık benzeşimi, ses ve akış ölçümleri için test yeri [12].

4.3. ALTERNATÖRLERDE GÜÇ KAYIPLARI

4.3.1. Verim

Mekanik enerji elektrik enerjisine çevrildiğinde, kayıplar, zorunlu yan üründür. Verim, dönüşüm birimine doğru olan güç girişi ile oradan alınan güç arasındaki oran olarak tanımlanır (Şekil 4.5) [12].



$$I = 30 \text{ A}$$

$$U = 28 \text{ V}$$

$$n = 6000 \text{ rpm}$$

$$\eta_{K1} = 50\% \text{ (5 kg)}$$

$$\eta_{N1} = 62\% \text{ (6,115kg)}$$

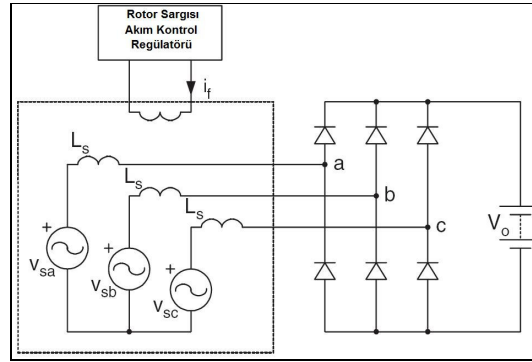
Şekil 4.5. Kompakt diyot takımlı alternatör (K1 ve N1) verim eğrileri [12].

Hava soğutmalı bir alternatörün maksimum verimliliği, hız arttığında hızlıca düşen bir sayı olan yaklaşık %65'dir. Normal sürüş koşulları altında, bir alternatör

genellikle kısmi yük aralığında çalışır. Ortalama bir verimlilik %55-60 arasındadır. Aynı yükleme düşünüldüğünde, daha ağır ve geniş bir alternatör kullanımı, işleyişin daha uygun verimlilik çizgilerinde olacağını gösterir [12].

Geniş alternatörlerde artırılmış verimli yakıt tüketimindeki artış sebebiyle dengeli olabilir. Hesaba katılması gereken, rotoru hızlandırmak için daha yüksek bir enerji girişiyle sonuçlanan artırılmış devinimsizliktir. Alternatör, kalıcı bir şekilde çalışan taşıt takımları için tipiktir. Mekanik kayıplar, rotorun ve fanın rüzgarlama kayıplarıyla birlikte, rulmanlı yataklarda ve kollektör bilezik kontaklarındaki sürtünme kayıplarını içerir Daha yüksek hızlarda, fan kayıpları büyük ölçüde artar [12].

Şekil 4.6.'da PTA'nın eşdeğer devresi gösterilmektedir. Alternatörün stator sargıları Y yıldız bağlantıdaki kaçak endüktanslar L_s , ters emk gerilimleri de V_{sa} , V_{sb} ve V_{sc} ile gösterilmektedir. Kutup çifti sayısına bağlı olarak ortaya çıkan temel elektriksel frekans w ve mekanik hızda w_m ile ifade edilmektedir. Ters emk geriliminin değeri, elektriksel frekansa ve alan sargısında geçen akım değeri ile orantılı olarak değişmektedir. Üretilen sinüs sinyali için alternatörün tek bir çıkış hattı ile toprak arasındaki ters emk değeri eşitlik (4.1) ile hesaplanabilir.



Şekil 4.6. PTA'nın eşdeğer devresi

Eşitlik (4.1) deki k makine sabiti ve i_f sargı akımını gösterir. Diyot köprüsü akü ve diğer yükleri sabit bir gerilim V_o ile besler. Bu basit model PTA'larla ilgili çok önemli karakteristiklerin elde edilmesini sağlar.

$$V_s = k\omega\phi \quad (4.1)$$

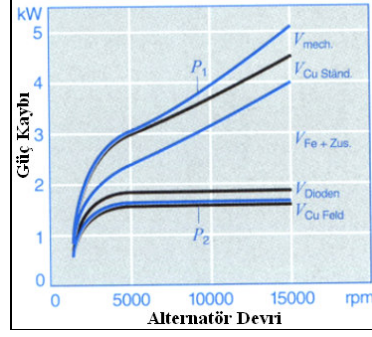
Diğer etkiler örneğin stator direnci, karşılıklı kublaj, manyetik doyum ve üretilen sinyallerdeki harmoniklerin elde edilmesi de eklenirse bu modelin basitliği bozulacaktır. Sabit akü yükünün olması yüzünden alternatörlerin analizi, diğer diyot doğrultucuları ve akım kaynaklı güçlerin analizinden farklı kılmalıdır. Ancak kabul edilebilir yaklaşımlar sistemin analitik davranışının yaklaşık ifadesi eşitlik (4.2) ile gösterilebilir [11]. Alternatörün çalıştığı noktadaki çıkış gücü aşağıdaki eşitlikle hesaplanabilir.

$$P_0 = \frac{3.V_0 \sqrt{V_s^2 - (4.V_0^2 / \pi^2)}}{\pi.\omega.L_s} \quad (4.2)$$

Formülde V_0 çıkış gerilimini, V_s ters emk değerini, ω elektriksel frekansı ve L_s de armatüre kaçak endüktansını göstermektedir. Eşitlik (4.2) de görüldüğü gibi alternatörün çıkış gücü hıza bağlı olarak değişmekte ve ters emk kuvvetinin gerilim değeri çıkış gerilim değerinden büyük olduğunda en yüksek değerine ulaşmaktadır. Ancak eşitlikten de görüldüğü gibi armatür kaçak reaktansı alternatörün çıkış gücü kapasitesini sınırlar. Bu makineden akım çekildiği zaman karakteristiklerden elde edilen sonuçlara göre kaçak reaktanslar üzerinde bir gerilim düşümü olur. Bu düşen gerilimin değeri hıza ve akıma bağlı olarak artmakta ve akım arttığında alternatör çıkış geriliminin değerinde gözle görülür bir düşme olmaktadır [5].

4.3.2. Güç Kaybının Kaynakları

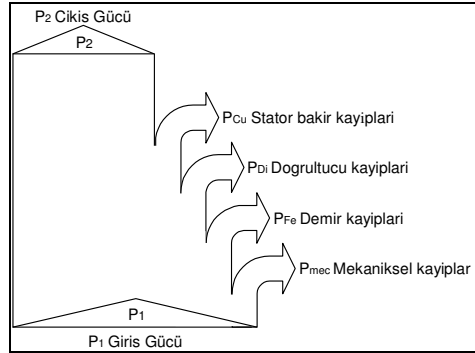
Alternatör üretiminde ilgilenilen iki önemli özellikte alternatörde meydana gelen kayıplar ve verimdir. Mevcut alternatörler yaklaşık 1 000 rpm altında gerilim üretememektedirler. Aynı zamanda devire bağlı akım ve güçleri artarken verimleri kayıplar yüzünden düşmektedir [5]. Şekil 4.7’de alternatörlerde güç kayıpları gösterilmektedir. Alternatörlerde oluşan bu kayıpları doğru bir şekilde ayırmak mümkündür. Bu kayıplar mekanik kayıplar, stator kayıpları sargılarında bakır kayıpları, doğrultma diyotlarında ki kayıplar ve stator ve rotordaki demir kayıplarıdır.



- P_1 = Güç Girişi
- P_2 = Güç Çıkışı
- V_{mech} = Mekanik Kayıp
- $V_{Cu\ Stator}$ = Stator Bakır Kaybı
- V_{Fe+add} = Demir ve Ek Kayıplar
- V_{dioden} = Diyot Kayıpları
- $V_{Cu\ field}$ = Çıkış Kayıpları

Şekil 4.7. Alternatörlerde oluşan güç kayıpları [12].

Mekanik kayıplar, rotorun ve fanın rüzgârlama kayıplarıyla birlikte, rulmanlı yataklarda ve kollektör bilezik kontaklarındaki sürtünme kayıplarını içerir. Daha yüksek hızlarda, fan kayıpları büyük ölçüde artar. Mekanik kayıplar, rotorun ve fanın rüzgârlama kayıplarıyla birlikte, rulmanlı yataklarda ve kollektör bilezik kontaklarındaki sürtünme kayıplarını içerir. Daha yüksek hızlarda, fan kayıpları büyük ölçüde artar [12]. Şekil 4.8'de giriş gücü ile üretilen güç meydana gelene kadar ortaya çıkan kayıplar şekilsel olarak gösterilmektedir.



Şekil 4.8. Alternatörlerde meydana gelen kayıplar

Mekanik kayıplar rotor sargılarına gerilim uygulanmadan ölçülmektedir. Mekanik kayıplar eşitlik (4.3) te verildiği gibi iki kısımdan oluşur. Bunlardan birincisi rulmanların (P_{Be}) neden olduğu kayıpları diğeri ise fanın (P_{Ve}) neden olduğu kayıpları gösterir. Stator bakır kayıpları ve doğrultma diyotu kayıpları eşitlik (3.6) ve eşitlik (4.5) ile kolayca hesaplanabilir. k_D faktörü ise ($k_D=1,44$) diyotların ilave anahtarlama kayıpları için kullanılmaktadır.

$$P_{mec} = P_{Be} \left(\frac{n}{n_0} \right)^{1,5} + P_{Ve} \left(\frac{n}{n_0} \right)^3 \quad (4.3)$$

$$P_{Cu} = 3.R_1.I_1^2 \quad (4.4)$$

$$P_{Di} = 3.k_D (U_T + R_B.I_1).I_1 \quad (4.5)$$

Demir kayıpları, rotor veya statordaki manyetik devre üzerinde oluşan elektromanyetik alanda üretilen eddy akımları yüzünden oluşur. Onlar oransız olarak sıklıkla artar. Yani; dönme hızı ve manyetik indüklemeye. Pençe tipi kutuplarda demir kayıplarını tespit etmek zordur. Pençe çıkıntıları arasındaki hava boşluğunda eddy akımları harmonikler üretmektedir [12].

Bu akımlar zamana bağlı adım adım hesaplanmalıdır. Ancak bu hesaplama çok kısa zaman aralıklarında yapılmalıdır. Hesapsal zorluktan ötürü ve uzun zaman alması nedeniyle eddy akımlarını hesaplamak için basit bir model geliştirilmiştir. Demir kayıpları (rotor ve stator) için 2:1 oranı bulunmuştur. Bakır kayıpları, stator sargısındaki direnç gösteren kayıplardır. Büyüklükleri, güç ağırlık oranıyla orantılıdır [12].

$$P_{Fe,R} = P_1 - P_2 - P_{Cu} - P_{Di} - P_{Fe,S} - P_{mec} \quad (4.6)$$

$$\eta \approx \frac{P_2}{P_2 + P_{Cu} + P_{Di} + P_{mec} + 3P_{Fe,S}} \quad (4.7)$$

Alternatördeki çıkış akımı, statordaki bakır kayıpları, diyot kayıpları ve statordaki demir kayıpları $P_{Fe,S}$ hesaplanabilmektedir. Mekanik kayıplar ve mekanik olarak harcanan güçlerde ölçülebilmektedir. Böylece eşitlik (4.6) ile rotorda meydana gelen kayıpları $P_{Fe,R}$ bulunabilir. Böylece yaklaşık doğru verim değeri eşitlik (4.7) de verilmektedir.

4.4. SABİT MIKNATISLI ALTERNATÖRLERİN ÜSTÜNLÜKLERİ

4.4.1. Yüksek Güç Üretimi

- 1- Normal alternatörlere göre aynı hız da daha çok güç üretirler. Sabit mıknatıslı alternatörlerin dönmeye karşı dirençleri diğerlerine göre daha azdır. Normal alternatörlerde güç üretiminin artırabilmesi için manyetik akının artırılması gerekmekte buda dönmeyi zorlaştırırken kayışta da kaymaya neden olmaktadır.
- 2- Optimum akı yoğunluğu için bırakılması gereken hava boşluğu yaklaşık 5-7mm mesafede mıknatıslar boşluğa yerleştirilmektedir. Bu ise rotoru hafif yapmaktadır.
- 3- Normal alternatörlerde aynı yoğunlukta akıya ulaşmak amper-tur için rotor sargısından daha çok akım geçirmek gerekir. Ancak rotora yerleştirilebilen iletken sayısı sınırlıdır. Bu aynı zamanda ısıya neden olmakta ve soğutmayı zorunlu kılmaktadır.
- 4- Her kutuptan yayılan manyetik akı yolunu radyal düzlem içerisinde tamamlar. Normal alternatörlerde bunu sağlamak ve manyetik akıyı bütün kutuplara taşımak için demir şaft ve çekirdek kullanılır.
- 5- Mıknatıslı alternatörlerde rotor sargısı, gerilim taşıma halkaları, fırçalar kullanılmaktadır. Böylece alternatörün ağırlığı azaldığı daha dayanıklı ve az arızalanan bir makine elde edilmektedir. Ancak sabit mıknatıslı makinenin karmaşık denetleyicisini alternatöre entegre hale getirmek büyüklük avantajını elimine etmektedir.

4.4.2. SMA'nın Yüksek Makine Verimine Katkı Yapan Faktörleri.

- 1- SMA de manyetik alan mıknatıs yardımıyla üretildiğinden diğer alternatörlerdeki alan sargısından kaynaklanan rotor bakır kayıpları olmaz.
- 2- SMA alternatörlerde rotor yüzeyi düz olduğu için dönme esnasında kayıpları pençe tip alternatörlere (çıkıntılı kutupları olduğundan) göre çok düşüktür.
- 3- Normal alternatörlerde kullanılan çelik kutup yüzeyinde geçirgenliği düşük manyetik materyal yüzünden meydana gelen kayıplar, SMA alternatörlerde daha düşüktür.
- 4- SMA alternatörlerde manyetik akısı yüksek mıknatıslar kullanılarak Stator

sargısındaki tel sayısı azaltılarak istenilen gerilim ve güç elde edilebilmektedir. Bu sayede de stator sargısı bakır kayıplarında azaltılmaktadır.

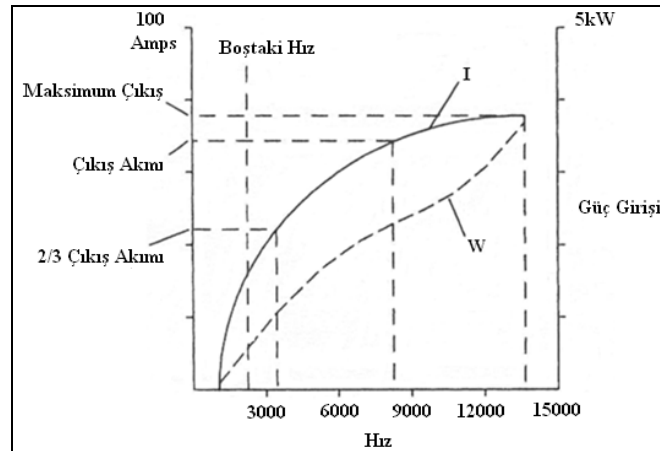
- 5- Normal alternatörlerin aksine SMA alternatörler verimi artırmak için boy ve çap olarak istenilen tasarım esnekliği sağlarlar. Bir başka deyişle makinenin (çapı) monte edileceği yer için yeteri boşluk yoksa boyu uzatarak aynı verimlilikte makine üretilebilir.

4.4.3. Düşük Rotor Ataleti ve Sessiz Çalışma

Oyuklu basit rotor çekirdeği yapısı ile normal alternatörlerden çok daha düşük rotor ataletine sahiptirler. Alternatör yüksek rotor ataleti ürettiklerinde İYM'nin hızlanması sırasında kayışın kaymasına neden olurlar. Buda kayışın ömrünü kısaltır ve garanti maliyetlerini artırır. Düz rotor yüzeyi sayesinde diğer alternatörlere göre daha düşük gürültü ile çalışmaktadır. Hatta düşük manyetik geçirgenlik yüzünden özellikle yük altında oluşan manyetik gürültü düşük olmaktadır.

4.5. ALTERNATÖR PERFORMANS EĞRİLERİ

Alternatör üreticileri alternatörleri için karakteristik eğrileri vermektedir. Bunlar farklı şartlarda alternatörlerin özelliklerini gösterirler. Eğriler (gerilim dengede iken) alternatörün devir/dakika ve giriş gücü (devir/dakika) ile çıkış akımı şeklinde çizilmiştir [10]. Şekil 4.9'da tipik bir alternatör karakteristik eğrisi görülmektedir.

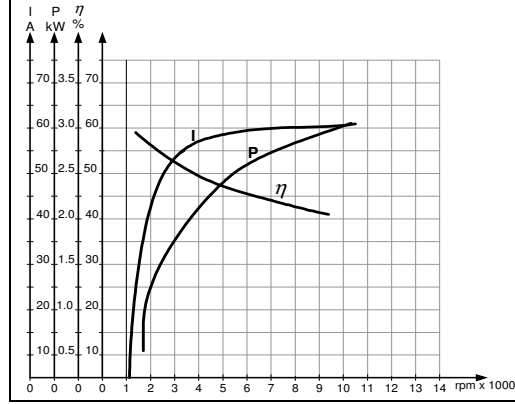


Şekil 4.9. Tipik bir alternatör karakteristik eğrisi [10].

Grafikler doğrultulmuş gerilimin sabit bir gerilim ve sabit bir sıcaklıkta olduğu (genellikle 27°C kullanılır) özel şartlarda çizilmiştir. Grafikler genellikle özel uygulamalar için nasıl bir alternatör gerektiğini saptamada kullanılmaktadır. Güç eğrisi güç ya da torku alternatöre aktaran sürücü kayışının tipini hesaplarken kullanılır. Hepsi bir kenara, güç eğrisi ve akım eğrisi birlikte alternatörün verimini hesaplarken kullanılır. Bu figürler üretim işlem süresince ne kadar güç kaybedildiğini göstermektedir. Verimsizlik temel olarak demir kayıpları, bakır kayıpları, hava sürtünmesi ve mekanik sürtünmeye bağlıdır. Enerji ısı şeklinde kaybedilir [10].

Mekanik ve Dış Faktörler; Çoğu hafif araç alternatörleri benzer yollarla monte edilmektedir. Bu sabit bir montajdır ve motor tarafında altta ya da üstte sürücü kayış gerginliğini ayarlamak için bir ayarlayıcı bulunur. Günümüzde direk motor shaft makarasından sürülen çoklu V kayışlarının kullanılması pratiklik sağlamaktadır. Bu tip kayışlar klasik V kayışlarına göre daha büyük torku aktarabilirler ve daha küçük çaplı makaralarla ya da gergin köşelerle çalışabilirler. Krank makarası ile alternatör makarası arasındaki sürücü oranı çok önemlidir. Tipik oran 2.5:1'dir. Basit terimlerle ifade etmek gerekirse alternatör döndürülebildiği kadar hızlı sürülmelidir bununla birlikte maksimum motor hızında maksimum hız sınırını aşmamalıdır. Maksimum oran, maksimum alternatör hızı/maksimum motor hızı olacak şekilde hesaplanır. Tasarım aşamasında alternatör motor bölümünde ulaşılabilir bir yere yerleştirilir. Ancak şu noktalara dikkat edilmelidir; yeterli soğutma, kirlenmeden korunma, servis ve ayar için ulaşılabilirlik, mümkün olduğu kadar az titreşim, tavsiye edilen kayış gerginliği [10].

Güç Girişinin Karakteristik Eğrisi; Güç girişini karakteristik eğrisi, tahrik kayışı hesaplamalarında belirleyicidir. Alternatörü belirli bir hızda çalıştırmak için motordan alınan maksimum güçle alakalı bu eğriden bilgi alınabilir. Buna ek olarak, güç giriş ve çıkışı da alternatörün verimliliğini hesaplamada kullanılabilir. Alternatör üreticileri genellikle alternatörün yüklü ve yüksüz karakteristikleri ile ilgilenmektedir. Bu parametreler alternatörün devire bağlı akım grafiği kullanılarak elde edilir. Şekil 4.10'da alternatörün devire bağlı akım, güç ve verim grafiği verilmektedir [12].



Şekil 4.10. PTA'nın performans grafiği

Alternatörün DA çıkış akımı I_g ve üç fazlı stator sargıları tarafından alınan efektif gerilim U_1 ve akım I_1 kullanılarak hesaplanabilmektedir eşitlik (4.8) ve eşitlik (4.9). Diyot köprülerinin etkisi ile akım için (k_i) ve gerilim için (k_u) iki tane düzeltme faktörü elde edilir [11].

$$k_i = \frac{I_g}{I_1} = \frac{3}{\pi} \sqrt{2} \cos \varphi \approx 1,35 \cos \varphi \quad (4.8)$$

$$k_u = \frac{U_B}{U_1} = \frac{1}{\frac{\sqrt{2}}{\pi} + k_D \frac{U_T + R_B I_1}{U_B \cos \varphi_1}} \quad (4.9)$$

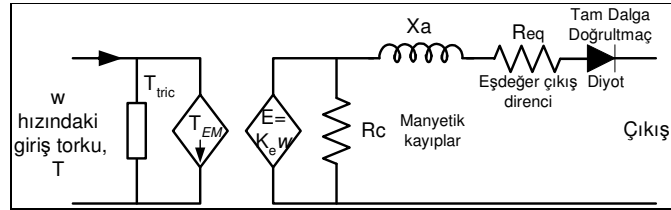
Eşitlik (4.8) ve eşitlik (4.9)'daki U_1 ve I_1 temel akım ve gerilim değerleridir. $\cos \varphi$ güç faktörü, $U_B = 13,5V$ akü gerilimi, k_D düzeltme faktörü, $R_B = 4,3m\Omega$ toplam direnç, $U_T = 0,6 V$ diyotun eşik gerilimini verir. Bu formüller kullanılarak üretilen makinenin testlerinde elde edilen değerlerle bu değerlerin yaklaşık aynı çıkması gerekir.

4.6. SMA'NIN TASARIM ÖZELLİKLERİ

SMA alternatörler yüksek güç ve verim sağladığı için tercih edilmiştir. Özellikle üretilebilirliği ve paketlenme kolaylığı taşıtlarda rahatlıkla kullanılacak olması da tercih nedenidir [12].

Elektrik üretiminde yüksek akı yoğunluğu önemlidir. Kullanılan sabit mıknatısın akı yoğunluğuna bağlı olarakta makinenin çapı azalacaktır. Sabit mıknatıslı alternatörler rotorlarına sabit mıknatıs eklenen üç fazlı stator sargısından oluşmaktadır. Çıkışta tam dalga doğrultmaç ile DA gerilim elde edilir. Sabit mıknatıslı alternatörler yenilenebilir enerji üretimi için çevirme veriminin yüksek olmasından dolayı çok caziptir. Özellikle çalışmak için enerjiye ihtiyaç göstermezler. Buna ilave olarak mekanik sürtünmeleri diğer makinelerle karşılaştırıldığında oldukça düşüktür. Çünkü fırçalar ve taşıma halkaları yoktur. Basit tasarımları sağlam ve güvenilirdir. En büyük dezavantajı sabit mıknatısların pahalı olmasıdır. Yüksek verim sağlayan mıknatıslar fiyatları verime bağlı olarak artmaktadır. Bir başka dezavantajda sabit mıknatıslı alternatörlerin çıkış gerilimi hızla orantılı olarak artmaktadır. Rüzgar enerjisinden elektrik üretiminde ve araçlarda hız değişkendir. Bu durum bu tip alternatörlerde çözülmesi gereken en önemli problemlerdendir.

SMA alternatörlerin performanslarını etkileyen en önemeli etken kayıplar bu kayıplar sürtünme, manyetik kayıpları, bakır kayıpları ve doğrultucu kayıplarıdır. Bu kayıpları ve alternatörün çalışmasını sonuçlarını elde etmek için eşdeğer devresi elde edilmiştir (Şekil 4.11). Bu eşdeğer devre ile SMA'nın rahatça benzetimi yapılabilir. Eşlenik devrede mekanik ve elektriksel değişkenler kullanılarak verilmiştir [20].

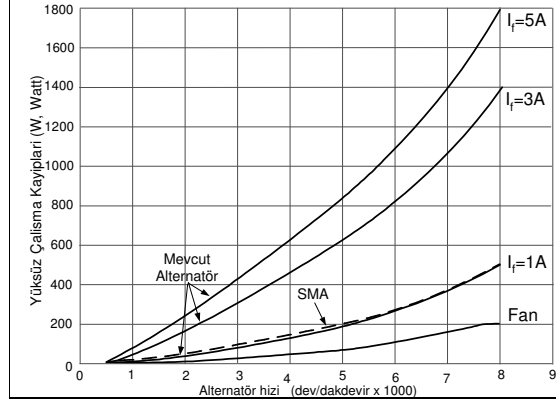


Şekil 4.11. Sabit mıknatıslı alternatörün eşdeğer devresi

SMA larda fırçalardan kaynaklanan kayıplar olmasa da rulmanlardan kaynaklanan kayıplar mevcuttur. Rulmanlar bütün elektrik makinelerinde vardır ve bunlardan kaynaklanan kayıplar da;

$$P_{fric} = T_{fric} \cdot \omega \quad (4.10)$$

eşitlik (4.10) da T_{fric} sürtünme torkudur. Bu tork düşük hızlarda ölçülebilir. Ancak makinenin içersindeki mevcut soğutma fanında kaynaklanan sürtünme kayıpları ihmal edilebilir. Şekil 4.12’de alternatörlerin yüksüz çalışma kayıpları gösterilmektedir.



Şekil 4.12. Alternatörlerin yüksüz çalışma kayıpları

Manyetik materyallerdeki eddy akımları ve histerezis kayıpları manyetik kayıplardır. Bu kayıplar eksensel akı yorgunluğuna göre değişmekle birlikte eşitlik (4.11) deki formülle hesaplanabilir.

$$P_e + P_h = K_e \cdot f^2 \cdot B_{max}^2 + K_h \cdot f \cdot B_{max}^x \quad (4.11)$$

Denklemdaki x sabit 1.5-2.5 arasında değişen sabit bir değerdir. Yüksüz çalışan sabit mıknatıslı makinede kayıpların ölçümünde çok dikkat edilmelidir. Çünkü manyetik kayıplar ters EMK'nın karesi ile orantılı olarak değişmektedir. Toplam manyetik kayıplar eşitlik (4.12) de ifade edilebilir.

$$P_m = K_m \cdot \omega^2 \quad (4.12)$$

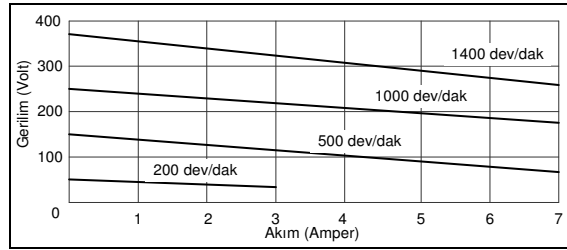
Bakır kayıpları dirence bağlı kayıplar eşitlik (4.13) de ifade edilebilir.

$$P_{Cu} = I_{dc}^2 \cdot R_{eq} \quad (4.13)$$

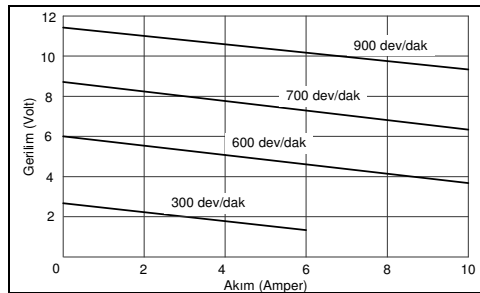
Doğrultmaç kayıpları ise tam dalga doğrultmaç diyotları üzerinde düşen gerilimlerdir. Bu ise eşitlik (4.14)'de verilmektedir.

$$P_{rec} = 1.4.I_{dc} \quad (4.14)$$

Yüklü SMA'da stator sargıları alternatif akım taşır ve bu kaçak akının yük akımı yüzünden senkron reaktansın artmasına neden olur. Şekil 4.13 ve Şekil 4.14'de iki farklı tasarımlı SMA'ya ait ölçülmüş çıkış karakteristikleri verilmektedir. Tasarımlarındaki birinci fark mıknatısların yerleşimidir. Şekil 4.13'de gerilime bağlı akımın artığında devirin düşmesi çıkış eşdeğer empedansın sabit olmasından kaynaklanır. SMA alternatörler bataryaların şarjı için çok uygundur. Alternatör akımı hızla ilişkilidir ve batarya gerilimi ve alternatörün çıkış empedansına bağlıdır. Bunun anlamı maksimum güç transferi için alternatörün dönmesini gereken uygun hız sınırlaması yoktur. Alternatör her hızda gerilim üretebilmek için DA/DA konvektörler kullanılır. SMA'lar yüksek verim ve basit yapıları ile mekanik enerjiden elektrik üretimi ve üretilen enerjiden bataryaları şarj etmeye çok uygundur [20].



Şekil 4.13. Alternatörün rotoruna mıknatıs ilavesi yapıldığında alternatörün performansı.

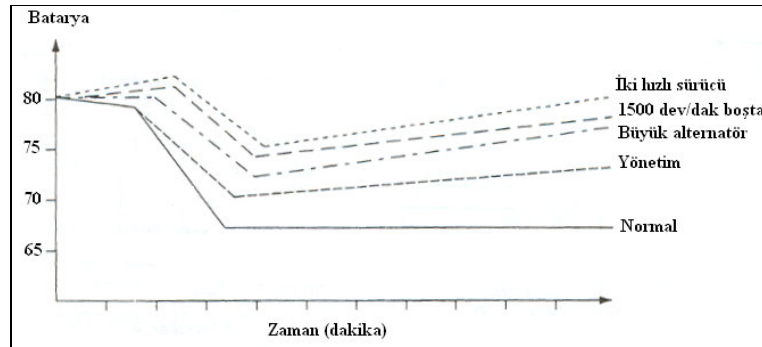


Şekil 4.14. Sabit mıknatıslı alternatör performansı.

4.7. ŞARJ SİSTEMİ PROBLEMLERİ VE ÇÖZÜMLERİ

Bir araçtaki şarj sistemi çok çeşitli şartlarla başa çıkmak zorundadır. Gereken çıkışı üretmenin zorlaştığı karşılaşılabilecek iki işlem şartına bakılabilir. Bunlardan ilki soğuk bir gecede, yağmurda trafik yoğunluğudur. Bu durum motorun boşa olduğu uzun periyotlar içerebilir fakat neredeyse tüm elektriksel birimlerin de kullanılması gerekmektedir. İkinci senaryoda ise araba buzlu bir gecede açık olarak park edilmiştir. Motor çalıştırılır, koltuk ısıtıcıları, arka cam ısıtıcıları ve üfleyici fan açılır hepsi birkaç dakika açık bırakılır. Tüm ışıklar ve silecekler açık iken kalabalık trafikte yarım saat kadar yolculuk yapılır. Koltuk ısıtıcıları, arka cam ısıtıcıları yaklaşık 15 dakika sonra otomatik olarak kapanacaktır [10].

Bunun gibi birçok test ve benzetimi yapılmıştır. İlk durumun sonunda batarya durumu yaklaşık %35 olacak ve orijinalinden az olacaktır, ikinci durumda batarya şarjı yaklaşık %10'dan az olacaktır. Bu durumlar en kötü durumlardır fakat bununla beraber olabilme ihtimalleri de vardır. Eğer durumlar bu şekilde devam ederse batarya motoru çalıştıramamaya kadar gidecektir. Bu problem diğer güç talepleriyle birleştirildiğinde araç alternatörünün bu problemi çözmesi daha da zorlaşacaktır. Aracın park halindeyken, alarmin küçük fakat dikkate değer bir azalma yapması gibi durumlarda, bataryanın tam doluluğunu geçici bellekle algılamak giderek daha önemli hale gelmektedir. Şekil 4.15'de daha güçlü bir alternatör bulma, güç yönetim sistemi, iki durumlu alternatör sürücü mekanizması ya da artırılmış alternatör hızı, artırılmış motor boşa hızı ve çift gerilim sistemi ait değişikliklerdeki bazı seçenekler grafiksel olarak verilmiştir [10].



Şekil 4.15. Bataryanın çeşitli durumlardaki şarj edilme durumları [10].

Teknik ve ekonomik faktörlere göre bunlardan herhangi biri tercih edilebilir. Fakat daha yüksek hızda çalışan, daha güçlü bununla birlikte daha yüksek ya da çift gerilim sistemine sahip bir birleşim alternatör de olabilir. Maddi duruma göre ihtiyaca uygun teknik özelliklere sahip çeşitli alternatörlere ulaşılabilir. Daha fazla güç talebine en kolay çözüm daha büyük alternatördür. Hatırlanmalıdır ki alternatör tarafından sağlanan güç boşa değildir. Alternatör tarafından üretilen, 1,5 ve 2W arasındaki elektriksel gücün her bir Watt'ı enerji çevrim işlemi etkisizliğinden dolayı motor tarafından alınır. Alternatör kapasitesindeki artış aynı zamanda makara, kayış boyutları gibi birçok şey içerir [10].

Akıllı güç denetim sistemi elektronik bileşenlerin giderek ucuzlaşması nedeniyle daha çok dikkat çekmektedir. Bu teknik araç hareket etmezken tüm farların ve sis lambalarının kapatılmasıyla çalışır. Sistemin fiyatı alternatör boyutunu büyütmeyle daha ucuz olabilir. Röleleri tetiklemek için elektronik işlemci yoluyla hız algılayıcıları kullanılır. Röleler seçilen ışık devrelerini açmada kullanılabilir. Sistemdeki müstesna durumlar için, rölelerle birlikte anahtar da kullanılması tavsiye edilir. Çift hız sürücü tekniği motor hızı 1 200 devir/dakika'dan az olanlar için 5:1 oranını ve daha yüksek hızlarda genellikle 2,5:1 oranı kullanılır. İkincisi daha uygun gözükse de sistemi sürmek için ilave birçok birleşim gerektirmektedir. Tasarımdaki iyileştirmelere bağlı olarak modern alternatörler dakikada 20 000 devir gibi hızlara ulaşabilmektedirler. Eğer maksimum motor hızının 6 000 devir/dakika olduğu farz edilirse 3,3:1 makara oranı kullanılabilir. Böyle bir durumda motor 700 devirdeyken alternatör hızı 2 300 devire ulaşacaktır [10].

Yakıt emisyonundaki potansiyel artış artırılmış motor hızını pratik yapmamaktadır. Ama yine de dizel motorlu araçlarda uygun bir seçenektir. Bazı sistemler güç gereksinimi arttığında alternatöre sinyal gönderen motor yönetim sistemi içerirler. Motor yönetim sistemiyle daha iyi alternatör çıkışı elde etmek için motor hızı artırılabilir. Çift gerilimli elektriksel sistemler üzerine olan araştırmalar devam etmektedir. Uzun zamandan beri bilindiği gibi 24V'luk sistem daha büyük araçlar için daha iyidir. Temelde bunun nedeni daha fazla uzunlukta kablo kullanılmasıdır. Gerilimi ikiye katlamak akımın yarısında aynı güç transfer edilebilir [10].

4.8. ŞARJ AYARININ GERÇEKLEŞTİRİLMESİ

Alternatörün tüm talepleri karşılarken aynı zamanda bataryayı şarj edebilmesi için şarj sisteminin şarj ayarı ya da enerji ayarı yapılır. Aşağıdaki aşamalar gereken alternatörün boyutunu hesaplamak ya da bir alternatörün bir araca uygun olup olmadığını bulmada kullanılır. Çizelge B.1'deki veriler kullanılarak bir örnek yapılmıştır. Hesaplamalar 12V elektriksel sisteme sahip araç kullanıldığı farz edilmiştir. Sürekli ve aralıklı olarak kullanılan tüm yüklerin gücü toplanır (P_1)=440W ve 14V ta akım eşitlik (4.15) deki formülle hesaplanır (31,5A). Aralıklı güç belirlenir. (0,1 faktör) (P_2)=170W ve toplam güç (P_1+P_2)=610W ve toplam akım= $610/4=44A$ bulunur [10].

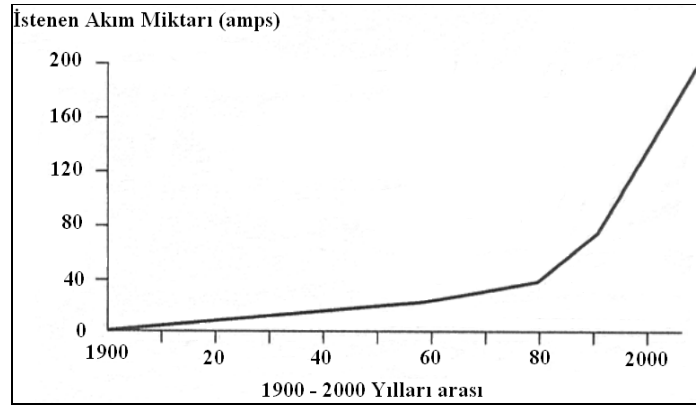
$$I=W/V \quad (4.15)$$

Elektriksel eleman üreticileri gereken alternatörü belirleyebilmek için toplam güç talebi ve batarya boyutuna göre belirlenmiş tablolar verirler. Ancak, 12V araçlarda çıkış akımı talebin 1,5 katı olmalıdır. (örnek: $44 \times 1,5=66A$). Üreticiler standart boyutlarda 70A'lik alternatör üretirler. Daha büyük bataryaya ve startere sahip araçlar daha büyük alternatör gerektirebilirler. Alternatörün yeterli olup olmadığını saptamak için son kontrol olarak alternatör çıkışının tüm sürekli ve aralıklı yükler (P_1) için yeterlimi aynı zamanda bataryayı şarj edip edemediğine bakılır. Yine 1,5 faktörü kabul edilebilir. Bu örnekte motor boşayken alternatör ($31,5 \times 1,5$) = 47A sağlayabilmelidir. Normal sistemlerde bu 2 000 rpm alternatör hızına ya da daha azına karşılık gelmektedir. Gereken devir alternatörün karakteristik eğrilerine bakılarak hesaplanabilir [10].

Daha fazla uzunluktaki kablolardaki daha yüksek dirence bağlı olarak bu durum daha az gerilim düşümüne neden olur. Müşteri araçlarındaki kablo korumaları artmaktadır ve ağırlaşmış ulaşamaz hale gelmektedir. Eğer daha yüksek kaynak gerilimi kullanılmışsa, individual kablo kesitleri az veya hiç etkisiz şekilde ikiye bölünebilir. Büyük araçlardaki elektriğin uzun süredir 24V olmasından dolayı, çoğu bileşen (lambalar vs.) değiştirme durumunda zaten ulaşılabilir [10].

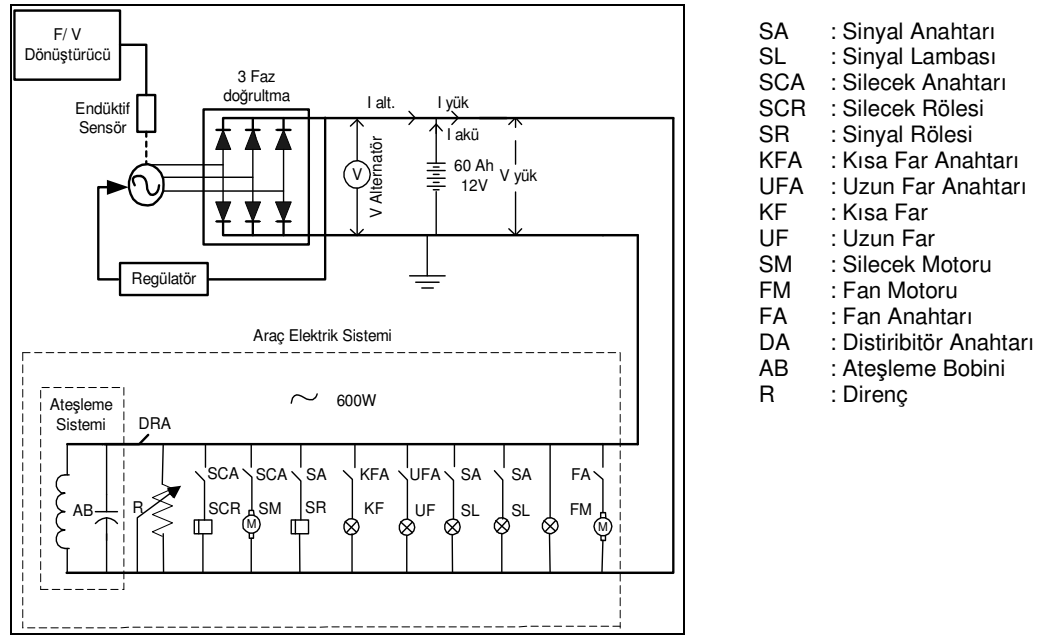
4.9. ARAÇLARIN ELEKTRİKSEL YÜKLERİ

Alternatörde bulunan yükler üç ayrı başlık altında incelenebilir: sürekli, uzun süreli ve kesintili. Modern araçlardaki şarj sistemleri çok çeşitli şartlarda yüksek taleplere cevap verebilmelidir. Alternatörün vermesi gereken çıkış hesaplanırken her parça tarafından kullanılan güçlerin toplamına bataryayı şarj etmek için gereken güç eklenir. Aralıklarla meydana gelen yükler nadiren kullanılır ve arka cam ısıtıcıları ve koltuk ısıtıcıları genellikle zaman röleleri ile donatılmıştır. Bu yüzden toplam aralıklarla meydana gelen yük miktarı için başka hesaplamalar amacıyla 0,1 faktörü uygulanır. Bu faktör bulunurken aracın normal koşullarda çalıştırıldığı farz edilmiştir. Alternatörden talep edilen, tüketilen güç; sabit yüklerin, uzun süreli yüklerin, kesintili yüklerin toplamıdır (faktör uygulandığında). Şarj sistemindeki talepler genişletilebilir. Bu yük bataryayı yeniden şarj etmek için gereken akım gereksinimiyle toplanır. Şekil 4.16'da alternatör talebine artan ilginin yıllara nasıl bir artış gösterdiği gelecekte nasıl bir artış göstereceği tahminiyle birlikte verilmiştir [10].



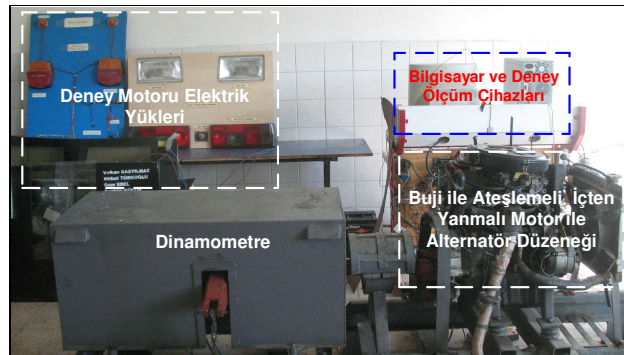
Şekil 4.16. Alternatör talebine artan ilginin yıllara göre değişimi [10].

gücü temin etmekle beraber üretmiş olduğu akım değeriyle de araç motoru üzerinde bulunan aküyü de besleyerek akünün devamlı şarjda kalmasını sağlamaktadır. Araçlarda kullanılan elektrik sistemlerinin hem araç kullanıcılarının hem de araç motorlarının performanslarında çok önemli etkiye sahiptirler. Şekil 5.2’de araçlarda kullanılan elektrik sistemleri gösterilmektedir.



Şekil 5.2. Araçlardaki elektrik sistemi

Deneyler Karabük Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Otomotiv Anabilim Dalı Laboratuvarında yapılmıştır. Deney motorunun ve tesisatının genel görünümü Şekil 5.3’de verilmektedir.



Şekil 5.3. Deney düzeneğinin genel görünümü.

Deney düzeneği; deney standı alt ve üst şasisi, deney motoru, elektrik alıcıları (far ve arka ışık tesisatı, yan ve arka sinyal tesisatı, ön cam silecek motor tesisatı, elektrikli cam motor tesisatı) bulunmaktadır. Hassas yakıt kabı tesisatı ve yükselteci, sıcaklık ölçer termokupul ve yükselteci, devir ölçer manyetik sensör ve yükselteci, akım ve gerilim ölçü aletleri, sistem PCLD-8710 terminal bordu, PCL-1716L veri alış-veriş kartı ve masa üstü bilgisayardan oluşmaktadır. Deney düzeneğinde ölçülebilen parametreler ve ölçülme gerekçeleri Çizelge 5.1’de verilmektedir.

Çizelge 5.1. İYM üzerinde ve alternatörlerde ölçülecek parametreler ve ölçülme gerekçeleri

Ölçülen Büyüklük	Açıklama
Alternatör Gerilimi (V)	İYM üzerinde montajı yapılmış alternatörlerin yüklü, yüksüz ve şarj esnasındaki üretmiş oldukları gerilim değerleri gerçek zamanlı olarak ölçülerek alternatörler arasında performans karşılaştırmaları yapılacaktır.
Alternatör Akımı (A)	İYM üzerinde montajı yapılmış alternatörlerin yüklü, yüksüz ve şarj esnasındaki üretmiş oldukları akım değerleri gerçek zamanlı olarak ölçülerek alternatörler arasındaki performans karşılaştırmaları yapılacaktır.
Yük Gerilimi (V)	İYM üzerinde montajı yapılmış alternatörlerin yüklü, yüksüz ve şarj esnasındaki üretmiş oldukları gerilim ile aküyü beslemeleri esnasında elektrik yüklerinin aküye bağlanarak alternatörlerin yük altında üretmiş oldukları yük gerilim değerleri gerçek zamanlı olarak ölçülerek alternatörler arasındaki performans karşılaştırmaları yapılacaktır.
Yük Akımı (A)	İYM üzerinde montajı yapılmış alternatörlerin yüklü, yüksüz ve şarj esnasındaki üretmiş oldukları akım ile aküyü beslemeleri esnasında elektrik yüklerinin aküye bağlanarak alternatörlerin yük altında üretmiş oldukları yük akım değerleri gerçek zamanlı olarak ölçülerek alternatörler arasındaki performans karşılaştırmaları yapılacaktır.
Alternatör Devri (n)	İYM üzerinde montajı yapılmış alternatörlerin deney esnasında sabit motor devrindeki çalışma devir aralıkları gerçek zamanlı olarak ölçülecektir.
Alternatör Sıcaklığı (°C)	İYM üzerinde montajı yapılmış alternatörlerin yüklü, yüksüz ve şarj esnasındaki üretmiş oldukları akım ve gerilim değerleri esnasında alternatörler üzerinde oluşan sıcaklık değişimlerinin gerçek zamanlı olarak ölçülerek alternatörler arasındaki performans karşılaştırmaları yapılacaktır.
İYM'nin Birim Zamanda Tüketmiş Olduğu Yakıt Miktarı (Ltd)	İYM üzerinde montajı yapılmış alternatörlerin yüklü, yüksüz ve şarj esnasındaki çalışmalarının İYM'nin çalışması sırasındaki sabit motor devrinde oluşan değişimlerden dolayı İYM'nin harcamış olduğu birim zamandaki yakıt miktarı değişimlerinin gerçek zamanlı olarak ölçülerek alternatörlerin İYM'nin çalışması esnasındaki tüketmiş olduğu yakıt miktarına olan etkilerinin karşılaştırmaları yapılacaktır.

Deney standı alt şasisi; deneylerde kullanılacak olan içten yanmalı deney motoru ve dinamometrenin sabitlendiği kısımdır. Deney sırasında oluşabilecek titreşim ve sarsıntıları sönmüleyebilmek için, özel olarak ağır malzemeden imal edilmiştir. Bu titreşimleri önleyebilmek için ise bağlantı yapılırken lastik takozlar kullanılmıştır. Deneyde Fiat 1.6L buji ile ateşlemeli bir motor kullanılmıştır. Deneyde kullanılan içten yanmalı Fiat 1.6L motorunun teknik özellikleri Çizelge 5.2’de verilmektedir.

Çizelge 5.2. Deney motorunun teknik özellikleri [21].

Marka	Fiat 1.6 L
Tipi	4 zamanlı
Silindir sayısı	4 silindirli
Silindir çapı	86 mm
Kurs	67 mm
Sıkıştırma oranı	9.2/1 pount
Güç	62 kW/5750 d/dk
Yakıt tipi	Benzin (Karbüratörlü)
Ateşleme Sistemi	Elektronik Ateşlemeli

Deney düzeneğinde kullanılan alternatör MAKO firmasının üretmiş olduğu ve piyasada 12V AA125R-14V-45A özelliklerindeki pençe tip bir alternatördür. Şekil 5.4’de pençe tipi alternatör verilmektedir.



Şekil 5.4. Pençe tipi alternatör

AA125R-14V-45A özelliğindeki PTA’ya ait özellikler Çizelge 5.3’de verilmektedir.

Çizelge 5.3. Deneyde kullanılan PTA’nın özellikleri [22]

Genel Özellikler	Teknik Değerler
Dâhili elektronik gerilim regülatörü	Çalışma gerilimi (V) : 14
9 diyotlu redresör	Çalışma akımı (A) : 45
Harici soğutmalı	Maksimum sürekli çalışma devri (dv/dk) : 14 000
Dönüş yönü, pervane kanatçık eğimine göre saat yönünde veya yönünün tersine dönmesi, gibi özellikleri barındırmaktadır.	Maksimum geçici çalışma devri 15dak. (dv/dk) : 15 000
	Şarj başlangıcı (20°C) (dv/dk) : 900±50

Deneyde düzeneğinde kullanılan bir diğer alternatör ise Efor Endüstriyel Tasarım Sanayi Ticaret firmasının üretmiş olduğu iki fazlı sabit mıknatıslı alternatördür. Şekil 5.5’de SMA gösterilmektedir.



Şekil 5.5. Deneyde kullanılan sabit mıknatıslı alternatör.

Efor Endüstriyel Tasarım Sanayi Ticaret firmasının üretmiş olduğu iki fazlı sabit mıknatıslı alternatöre ait özellikler Çizelge 5.4’de verilmektedir.

Çizelge 5.4. Deneyde kullanılan SMA’nın özellikleri

Genel Özellikler	Teknik Değerler
Dahili elektronik gerilim regülatörü	Çalışma gerilimi (V) : 14
Harici soğutmalı	Çalışma akımı (A) : 40
Dönüş yönü, pervane kanatçık eğimine göre saat yönünde veya yönünün tersine dönmesi, gibi özellikleri barındırmaktadır.	Maksimum sürekli çalışma devri (dv/dk) : 14 000
	Maksimum geçici çalışma devri 15dak. (dv/dk) : 15 000
	Şarj başlangıcı (20°C) (dv/dk) : 900±50

Deney esnasında İYM üzerinde montajı yapılmış alternatörlerin üç farklı deney koşullarında (yükli, yüksüz ve şarj) alternatörler test edilmiştir. Alternatörlerin üç farklı deney koşullarında üretmiş oldukları alternatör gerilimi ve akımı, yük gerilimi ve akımı, devir ve sıcaklık değişimleri ile İYM’nin çalışması esnasında harcamış olduğu yakıt miktarındaki değişimlerin gerçek zamanlı olarak ölçülmesi gerçekleştirilmiştir.

5.2. DENEYSEL ÇALIŞMALARDA KULLANILAN ALGILAYICI VE ÖLÇÜM CİHAZLARI

5.2.1. Termokupul ile Alternatör Sıcaklığının Ölçülmesi

Termokupul birbirinden farklı alaşımlara sahip iki metalin birer uçlarının kaynak edilmesi sonucu ortaya çıkan sıcaklık hissedicisidir. Kaynak edilen noktanın

sıcaklığına bağlı olarak serbest uçlar arasında metal çiftinin özelliğine denk düşen mili voltlar düzeyinde gerilim oluşur. Bu özellikten yararlanılarak sıcaklık ölçme düzeni gerçekleştirilir. Kaynak noktası sıcak bağlantı noktası (hot junction), serbest olup daha sonra klemens kutusuna veya ölçü aletine bağlanacak olan uçlar ise soğuk bağlantı noktası (cold junction) olarak adlandırılmaktadır. Çizelge 5.5’de termokupul ölçüm sıcaklıklarına ait değerler verilmektedir. Termokupul’a ölçülen alternatör üzerindeki sıcaklık değişikliklerinin veri alış-veriş kartı ile bilgisayar ortamında matlab da gerçek zamanlı olarak ölçülebilmesi için termokupul’ın ölçmüş olduğu değerler seneca K109TC yükselteci ile yükseltilecek veri alış-veriş kartına bağlantısı gerçekleştirilmiştir.

Çizelge 5.5. Termokupul ölçüm sıcaklık aralıkları [23].

Fe – Const	(J Tipi)	-200°C	+800°C
NiCr – Ni	(K Tipi)	-200°C	+1200°C
Kromel- Alumel	(K Tipi)	-200°C	+1200°C
Pt%10Rh – Pt	(S Tipi)	0°C	+1600°C
Pt%13Rh – Pt	(R Tipi)	0°C	+1700°C
Pt%30Rh - Pt%6Rh	(B Tipi)	0°C	+1800°C
Cu – Const	(T Tipi)	-200°C	+300°C
Pt100	(PT Tipi)	-200 °C	+350°C

Seneca K109TC standart termokupul sıcaklık değeri olarak analog çıkış verebilir. Analog çıkış ise 0-10V veya 0-5V seçilebilir. Aynı zamanda 0-20mA çıkış da seçilebilmektedir. Deneyde K tipi termokupul kullanıldığından bu yükselteçle sensörün çıkışı okunabilir hale getirilerek 0-10V kademesi ayarlanmıştır. 14 Bit çözünürlükte yükseltme işlemi yapmaktadır. Şekil 5.6’da deney düzeneğinde kullanılan seneca K109TC termokupul görülmektedir. Çizelge 5.6’da termokupul ölçüm aralığı ve çözünürlükleri verilmektedir.



Şekil 5.6. Seneca K109TC termokupul yükselteci [23].

Çizelge 5.6. Termokupul kabul aralığı ve çözünürlükleri [23].

Termokupul	Kabul Aralığı (°C)	Hata Ortalama(% + °C)	Çözünürlük (°C)
J	210-1200	0.025 + 0,29	0,12
K	200-1372	0.025 + 0,4	0,17
E	200-1000	0.025 + 0,2	0,92
N	200-1300	0.025 + 0,42	0,19
S	-50-1,768	0.025 + 1,34	0,66
R	-50-1,768	0.025 + 1,19	0,59
B	250-1820	0.025 + 1,87	0,9
T	-200-400	0.025 + 0,31	0,13

5.2.2. Yük Hücresi ile Yakıt Tüketiminin Ölçülmesi

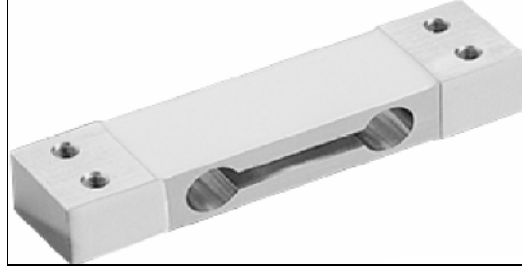
Deney düzeneğinde kullanılan hassas yakıt kabı 10 litrelik şeffaf bir kaptan ve bu kabın altında hassas bir şekilde monte edilmiş 30 kg kapasiteli 0,2 gr hassasiyetinde bir yük hücresi (loadcell), den oluşmaktadır. Şekil 5.7’de deney düzeneğinde kullanılan hassas yakıt kabı verilmektedir.



Şekil 5.7. Hassas yakıt kabı

Deney süresi boyunca İYM’nin sabit çalışma devrinde birim zamanda tüketmiş olduğu yakıt miktarı hassas bir şekilde gerçek zamanlı olarak ölçülmektedir. En basit tanımı ile yük hücresi, üzerine uygulanan fiziksel kuvveti elektrik sinyali olarak çıkımlayan sistemlerdir. Yapı yay elemanı olarak adlandırılan, özel olarak seçilmiş ve şekil verilmiş metal şase ile strain gauge’lerle kurulmuş bir wheatstone köprüsünden oluşur. Yay elemanı üzerine bir fiziksel kuvvet uygulandığında bu bir deformasyona sebep olur, yay elemanında meydana gelen bu deformasyon wheatstone köprüsü üzerinden bir elektrik sinyali olarak çıkılanır. Elde edilen bu sinyal mikroişlemci

tabanlı bir göstergede işlenerek, kuvvet ya da ağırlık bilgisi olarak gösterilir. Şekil 5.8.'de deneyde kullanılan yük hücresinin görünümü verilmektedir.



Şekil 5.8. Deneyde kullanılan yük hücresi [24].

Yük hücresi den alınan elektrik sinyalleri çok küçük değerlerde olduğundan veri kartı tarafından okunabilmesi için yükseltilmesi gerekmektedir. Bu amaçla Seneca Z-SG yükselticisi kullanılmaktadır. Çizelge 5.7'de yük hücresine ait teknik özellikler verilmektedir.

Çizelge 5.7. Yük hücresinin teknik özellikler [24].

Kapasite	Kg	3/6/10/20/35
Çıkış hassasiyeti	mV/V	2,0±0,2
Sıfırda Sıcaklık etkisi	%FS/10°C	≤ 0,02
Hassasiyetine Sıcaklık etkisi	%FS/10°C	≤ 0,01
Kombine hata	%FS	≤ 0,03
Deformasyon	%FS	≤ 0,02
Giriş direnci	Ω	409±6
Çıkış direnci	Ω	350±3
İzolasyon direnci	MΩ	≥5000
Sıfır dengesi	%FS	≤ 2
Sıcaklık, işletim	°C	-20...+50
Önerilen uyarım	V	5-10 (DA)
Maksimum uyarım	V	15 (DA)
Güvenli aşırı yük	%FS	150
En üst düzey aşırı yük	%FS	300
Yapım malzemesi		Alüminyum
Çevre koruma		IP65
Kablo		Length 0.45 m, diameter 4 mm

Seneca Z-SG Strain Gauge Converter yük hücresi, giriş sinyali bir 6 tel ile alınmıştır. Alınan elektrik sinyali standart bir analog sinyal (mA/V) çıkışına dönüştürülür. Seneca Z-SG sinyal dönüştürücüsünün girişi 4-6 telli köprü bağlantı (minimum değeri 87W) ile gerçekleştirilir. Yük hücresinden ölçülen frekans değerine karşılık analog çıkış üretmektedir. Bu analog çıkış 0-20, 4-20 mA veya 0-10, 0-5 VDA aralıklarında seçilebilmektedir. Güç kaynağı olarak 10-40V DA ve 19-28V AA

aralıklarında seçilebilmektedir. Şekil 5.9’da deneyde kullanılan seneca Z-SG sinyal dönüştürücüsü gösterilmektedir [25].



Şekil 5.9. Seneca Z-SG sinyal dönüştürücü [25].

5.2.3. Endüktif Temassız Algılayıcı ile Devir Ölçümü

İYM üzerine monte edilen alternatörlerin çalışmaları esnasındaki devir hareketlerinin ölçülebilmesi için endüktif temassız algılayıcı kullanılmaktadır. Teknik özellikleri Çizelge 5.8’de verilmektedir [26].

Çizelge 5.8. Deneysel çalışmada kullanılan endüktif temassız algılayıcının teknik özellikleri [26].

Hissetme Mesafesi (Sn)	2-4mm
Çalışma Gerilimi (V)	10-30V DA
Anahtarlama Akımı (Ia)	200mA
Anahtarlama Frekansı (f)	2mm için 1000 Hz 4mm için 800 Hz
Kalıntı Gerilimi (V _k)	<2,5V DA max
Akım Sistemi	<5mA, 24V DA
Histerzis (S _n %) mm	<%10
Durum Göstergesi (LED)	Kırmızı
Korunmalar	Ters bağlantı, Aşırı Yük ve Kısa Devreye Karşı Korunmalı
Çalışma Sıcaklığı	-25+70°C
Koruma Sınıfı	IP67
Gövde Malzemesi	Pirinç Nikel Kaplama
Bağlantı	2m PVC Kablo ile M12 Soket

Alternatörlerin kayış kasnaklarına endüktif sensörün algılayabilmesi için metal bir parça yerleştirilerek alternatörün dönme hareketiyle birlikte endüktif temassız algılayıcının metal parçayı algılaması sağlanmıştır. Şekil 5.10’da endüktif temassız algılayıcı gösterilmektedir [26].



Şekil 5.10. Endüktif temassız algılayıcı [26].

Alternatörün dönme hareketini algılamaya başlayan endüktif temassız algılayıcıdan gelen sinyaller Seneca Z111 frekans dönüştürücüsüne gönderilerek gelen frekanslar uygun değer aralıklarına dönüştürülür ve buradan da veri alış-veriş kartına gönderilerek alternatör devri ölçülmüş olmaktadır. Frekans Dönüştürücü olan Z111, girişine endüktif temassız algılayıcı bağlanarak alternatörün devrinin ölçülmesi amaçlanmıştır. Z111 endüktif temassız algılayıcıdan ölçülen frekans değerine karşılık analog çıkış üretmektedir. Bu analog çıkış 0-20/0-24 mA akım, voltaj 0-5/1-5/0-10/2-10V aralıklarında, %0,1 çözünürlüğünde, %0,3 doğruluk oranında ve 1Hz-10KHz frekans çevrim aralığında ölçüm yapılabilmektedir. Şekil 5.11’de deneyde kullanılan Seneca Z111 frekans dönüştürücüsü gösterilmektedir.

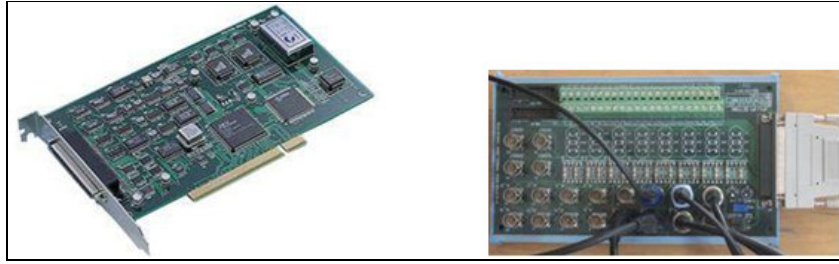


Şekil 5.11. Seneca Z111 frekans dönüştürücü [27].

5.2.4. Deneysel Ölçümlerde Kullanılan Veri Alış-Veriş Kartı

Yapılan deney sonuçlarının yorumlanması ve bilgisayar ortamında değerlendirilebilmesi için masa tipi bir bilgisayar kullanılmıştır. Ölçülen ve izlenen bütün parametrelerin bilgisayara aktarılabilmesi için bir veri alış-veriş kartı kullanılarak İYM üzerine monte edilen alternatörlerin gerçek zamanlı olarak performanslarının izlenmesi amaçlanmıştır. Deney düzeneğinin fiziksel özelliklerini

ve çalışma ortamı parametrelerini, bilgisayar ortamına aktarmak için advantech firmasının üretmiş olduğu PCI-1716L yüksek güçlü-PCI bağlantılı çok işlevli veri alış-veriş kartı kullanılmaktadır. Deneyde ölçülen alternatör akımı ve gerilimi, yük akımı ve gerilimi, alternatör devri, alternatör sıcaklığı ve İYM'nin çalışması esnasında tüketmiş olduğu yakıt miktarı ölçüm değerlerinin çıkışlarını bilgisayar ortamına almak için veri alış-veriş kartı üzerinde yedi adet analog giriş kullanılmıştır. Bilgisayara PCL slot üzerinden bağlanan kart, sürücü dosyalarının yüklenmesiyle Matlab/Simulink tarafından da otomatik olarak tanınmaktadır. Şekil 5.12'de deneyde kullanılan PCI-1716L veri alış-veriş kartı ile bağlantılarını sağlayan PCLD-8710 bağlantı terminalinin görünümü verilmektedir.



a) PCI-1716L veri alış-veriş kartı

b) PCLD-8710 bağlantı terminali

Şekil 5.12. Deneyde kullanılan veri alış-veriş kartı ve bağlantı terminali [28].

PCI-1716L veri alış-veriş kartı 16 adet analog giriş ve 2 adet analog çıkış kanalı olmak üzere toplam 18 adet analog giriş-çıkış kanalı yanında 16 adet de dijital giriş ve çıkış kanalına sahiptir. Kartın 250 kHz örnekleme hızı ile 16 bit A/D çevirici özelliği yanında Onboard FIFO bellek (1024 örnekleri), otomatik kalibrasyon, PCI-Bus mastering veri aktarımı ve Onboard programlanabilir sayacı özellikleri bulunmaktadır. Sayısal giriş okuma hızı ise bilgisayardaki programın çalışma hızına bağlıdır. Şekil 5.12 b)'de görülen bağlantı terminali üzerinde giriş ve çıkış yuvaları bulunmaktadır. Burada analog giriş-çıkış veya dijital giriş-çıkış bağlantıları vardır. Kullanılmak istenen seçeneğe göre bağlantı terminali üzerine yerleştirilir. Böylece bağlantı terminaline gelen veriler PCI 1716L kartına gönderilerek veri alış-veriş kartı tarafından okunur.

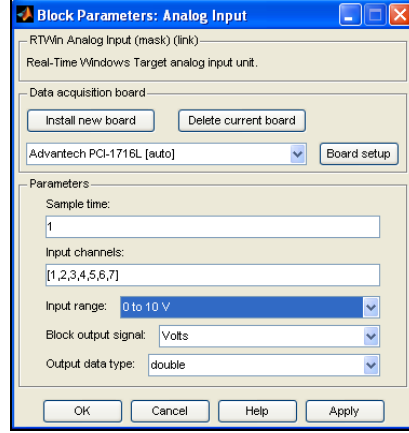
5.2.5. Veri Alış-Veriş Kartının Matlab'a Bağlanması

Matlab yüksek seviyeli bir teknik programlama dili olmasının yanında algoritma geliştirme, verilerin görselleştirilmesi, veri analizi ve sayısal hesaplamalar için etkileşimli bir yazılım paketidir. Matlab yazılımının birçok alanda uygulamaları vardır. İçerdiği "toolbox" adı verilen paketler aralığıyla sayısal işaret işleme, kontrol sistemleri tasarımı-benzetimi, test ve ölçüm, finansal modelleme ve analiz, haberleşme gibi birçok alanda kullanılabilir.

Matlab genel olarak, teknik hesaplamalar için yüksek seviyeli bir dil olmasının yanında kodların, dosyaların ve verilerin düzenlenmesi için bir geliştirme ortamı sağlamaktadır. İnteraktif tasarım ve problem çözme yöntemleri için interaktif araçlar sunmanın yanında lineer cebir, istatistik, Fourier analizi, filtreleme, optimizasyon ve sayısal integrasyon için matematik fonksiyonları ve verilerin görselleştirilmesi için 2 ve 3 boyutlu grafik araçlarının yanında grafik ara yüzler tasarlamak için araçlar sunmaktadır.

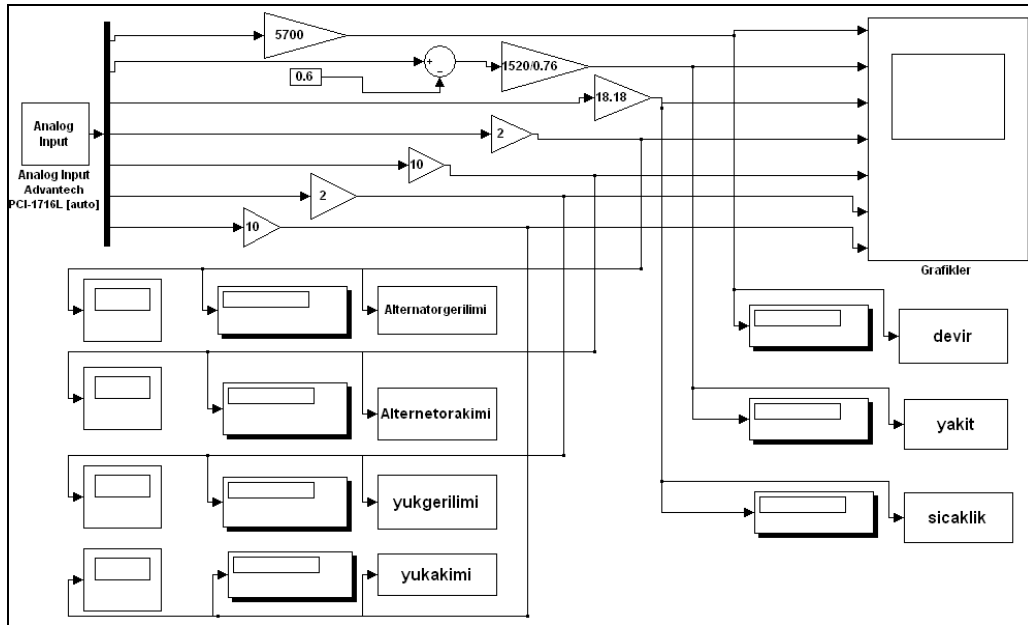
Matlab da simülasyon ve model tabanlı tasarım olarak kullanılan simulink, çok alanlı simülasyon ve model tabanlı dinamik sistem tasarımı platformudur. Etkileşimli grafiksel ortamı ve gelişmiş blok kütüphaneleri sayesinde çok çeşitli uygulamalar yapılabilmektedir. Simulink kütüphanelerinden biri olan Real-Time Windows Target gerçek zamanlı olarak verilerin alınmasına (okunmasına) imkan vermektedir. Matlab da gerçek zamanlı olarak ölçüm yapılabilmesi için Real-Time Windows Target kütüphanesinin aktif edilmesi gerekmektedir. Bunun için matlab Komut satırına >> rtwintgt -install komutu yazılarak matlab in gerçek zamanlı çalışması sağlanır. Bu ifadeden sonra onay için kod satırına "y" yazarak gerçek zaman kütüphanesi yüklenmiş olur.

Böylece Real Time Windows Target Toolbox'ı kullanılır. Matlab'da ölçüm modelinin oluşturulması için matlab Komut satırına >>simulink yazılarak simulink ortamına geçilir. Burada boş bir model dosyası açılır. Veri alış-veriş kartı üzerinden analog bilgiler okunacağı için analog input nesnesi model dosyasına eklenir. Şekil 5.13'de analog input nesnesi verilmektedir.



Şekil 5.13. Analog input nesnesi.

Install New Board butonuna tıklayarak açılan pencereden deneyde kullanılan Advantech PCI1716L kartı seçilir. Kart seçildikten sonra karta ait özellikler listelenir. Girişimizi 0-10V olarak ayarladığımız için Input Range 0 to 10V seçilmiştir. Input Channels ise yedi adet veri girişimiz olduğu için yedi kanal seçilmiştir. Matlab da ölçüm için gerekli ayarlamalar yapıldıktan sonra Şekil 5.14’de görüldüğü gibi Matlab ölçüm modeli oluşturularak deney esansındaki gelen verilerin gerçek zamanlı okunarak ölçümlerin grafiksel olarak takip edilmesi amaçlanmıştır.



Şekil 5.14. Matlab ölçüm modeli.

Birinci kanaldan gelen veri endüktif temassız algılayıcı tarafından okunan alternatörün devir değeridir. Devir değeri Seneca Z111 frekans dönüştürücüsünden alınmaktadır. Çıkış voltajı olarak 0-10V seçilmiştir. Karttan okunan ve Matlab ortamına gelen voltaj değerinin devir değerine dönüştürebilmek için Gain 5700 katsayısıyla çarpılarak gerçek devir değeri elde edilmiştir. İkinci kanaldan okunan yakıt miktarı değeri yük hücresi çıkışının Seneca Z-SG yükseltecine bağlanmasıyla elde edilmiştir. Seneca Z-SG çıkışı 0-10V kademesine ayarlanmıştır. Alınan gerilim değeri kart ile okunduktan sonra Matlab simulink ortamındaki modelde okunur. Gelen veri burada Gain 1520/0,76 değeri ile çarpılıp gerçek yakıt miktarı hesaplanır. Üçüncü kanaldan okunan sıcaklık değeri termokupul çıkışının Seneca K109-TC' ye bağlanması ile yükseltilerek elde edilmektedir. Seneca K109-TC çıkışı 0-10V olarak seçilmiştir. Gerçek sıcaklık değerini elde etmek için Gain 18,18 katsayısıyla gelen veri çarpılmaktadır.

Dördüncü kanaldan okunan alternatör gerilimi yapılan deneylerde yüksek voltajlara kadar çıkabileceğinden prob ile ölçülen değer kartın girişine gelmeden 10K lık bir potansiyometre ile gerilim yarıya düşürülmüştür. Daha sonra karttan modele alınan değer 2 katsayısı ile çarpılarak gerçek gerilim değeri elde edilmiştir. Beşinci kanaldan okunan yük gerilimi için de aynı işlem tekrarlanmıştır. Altıncı kanaldan okunan alternatör akımı pens ampermetre ile ölçülmektedir. Pens ampermetre 1mV/10mA seviyesinde ölçüm yapmıştır. Pens ampermetre ile ölçülen akım değeri sonucu üretilen gerilim 10 katsayısı ile çarpılarak gerçek akım değerine ulaşılmaktadır. Yedinci kanaldan okunan yük akımı için de aynı işlemler tekrarlanmıştır. Okunan değerler To workspace modeli ile workspace ortamına alınarak kaydedilmektedir.

BÖLÜM 6

DENEYSEL SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Alternatörlerin performans ölçüm deneylerine başlamadan önce deneyde kullanılacak alternatörlerin İYM üzerine montajı yapılarak deney ölçüm cihazları ve bilgisayar bağlantıları deney düzeneği için uygun bir şekilde hazırlanır. Şekil 6.1’de İYM üzerine monte edilen alternatörün çalışması gösterilmektedir.



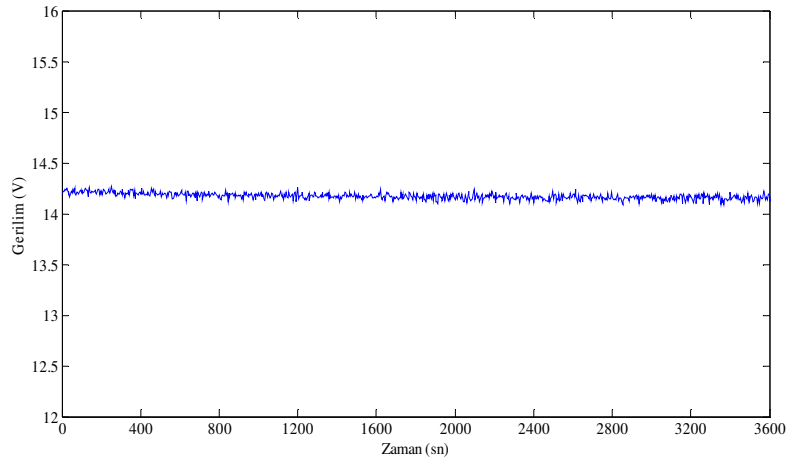
Şekil 6.1. İYM üzerine monte edilen alternatörün çalışması.

Deneylerde PTA ile SMA üzerinde üç farklı deney ölçüm koşulları uygulanmaktadır. Bunlar; yüksüz performans ölçümleri, yüklü performans ölçümleri, şarj esnasındaki performans ölçümleridir. Deneyler sırasında İYM kontrollü bir şekilde çalıştırılarak deneyler başlatılır. Deneylerde ilk olarak alternatörler üzerinde yüksüz performans ölçümleri yapılmaktadır. Yüksüz performans ölçümlerinde İYM’nin sabit 2000-2100 rpm motor devrinde çalıştırılarak alternatörlerin sabit 4000-4200 rpm devir aralığında bir saat süre ile sabit devirde çalışmaları esnasında devreye hiçbir elektrik alıcısının bağlanmadan alternatörlerin sabit devirde sağlamış oldukları performans verileri ölçülmektedir. Bu ölçümler alternatör akımı ve gerilimi, yük akımı ve gerilimi, alternatörlerin sabit motor devrinde çalışmaları sırasındaki meydana gelen devir ve sıcaklık değişimleri ile alternatörlerin İYM’nin çalışması sırasında tüketmiş olduğu yakıt miktarına olan etkileri ölçülmektedir. Bu ölçümler hassas ölçü aletleri ve veri alış-veriş kartı vasıtasıyla Matlab’da oluşturulan ölçüm modelinde gerçek zamanlı olarak ölçülmektedir.

Alternatörler üzerine uygulanan ikinci ölçüm deneyi olan yüklü ölçüm deneyinde alternatörlerin yüksüz ölçüm deneyindeki çalışma koşulları aynen yüklü ölçüm deneyinde de sağlanmıştır. Yüklü performans ölçüm deneylerinde alternatörlerin çalışmaları sırasında elektrik alıcıları (fan, farlar, sinyaller, silecek motorları ve direnç) devreye onar dakikalık çalışma aralıklarında devreye bağlanarak alternatörlerin yük altında göstermiş oldukları performans verileri ölçülmektedir. Bu ölçümlerde yüksüz performans ölçümlerinde ölçülen parametrelerin yük altındaki değişimleri ölçülmektedir. Alternatörler üzerinde yapılan son ölçüm ise şarj esnasındaki performans ölçümleridir. Bu ölçümlerde de alternatörlerin yüksüz ve yüklü deney şartlarındaki çalışma koşulları aynen sağlanmıştır. Bu ölçümde alternatörlerin hiçbir elektrik alıcısı bağlanmadan sabit motor devrinde şarjsız bir akünün şarjı esnasındaki göstermiş oldukları performans değerleri ölçülmüştür Bu ölçümler yüksüz ve yüklü deneylerde ölçülen parametrelerin şarj esnasındaki değişimleri ölçülmektedir.

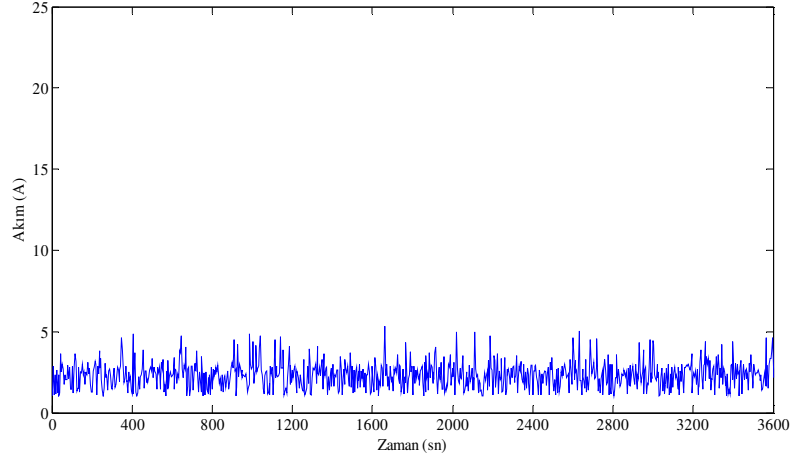
6.1. PTA’NIN YÜKSÜZ PERFORMANS ÖLÇÜMLERİ

Şekil 6.2.’deki grafikte PTA’nın sabit 4 000-4 200 rpm devir aralığında bir saat çalışma süresi boyunca 14,2–14,3V sabit gerilim ürettiği görülmektedir. PTA’nın ürettiği gerilim belirtilen sınıra (örneğin 13,5 V gibi) üstünde kaldığı görülmektedir.



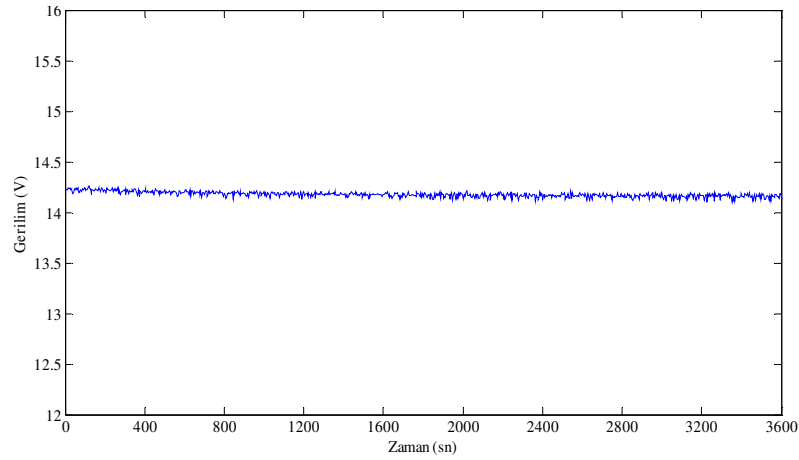
Şekil 6.2. PTA'nın gerilim-zaman grafiği.

Şekil 6.3’de PTA’nın yüksüz iken üretmiş olduğu akım-zaman grafiği verilmektedir. Grafikte motor üzerindeki akünün şarjlı olması ve hiçbir elektrik alıcısının bağlanmamasından dolayı PTA’nın üretmiş olduğu akım aralığı 0–5A arasında olmaktadır.



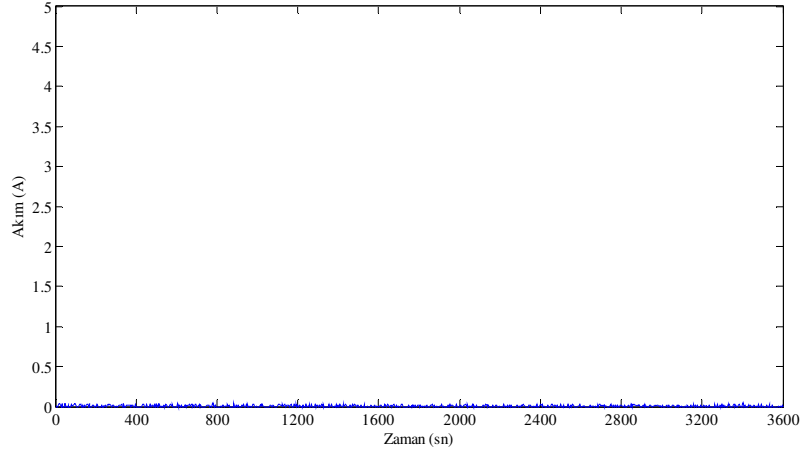
Şekil 6.3. PTA’nın akım-zaman grafiği.

Şekil 6.4’de sabit motor ve alternatör devrinde hiçbir elektrik alıcısının bağlanmamasından dolayı akü üzerinde ölçülen gerilim-zaman grafiği verilmektedir. Grafikte PTA’nın yüksüz iken aküyü beslediği gerilim değeri 14,2V seviyesinde olduğu görülmektedir.



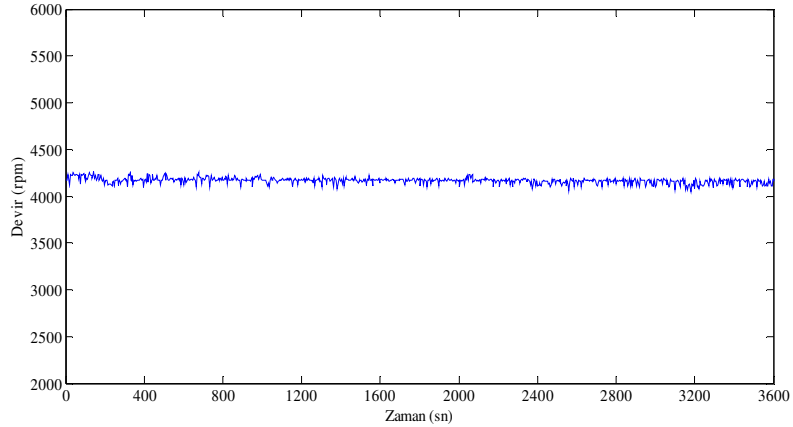
Şekil 6.4. Elektrik alıcılarının gerilim-zaman grafiği.

Şekil 6.5’de sabit motor ve alternatör devrinde PTA’nın yüksüz yük akım-zaman grafiği verilmektedir. Bu grafikte PTA’ya hiçbir elektrik alıcısının bağlanmamasından dolayı yük akımı 0A civarında kalmaktadır.



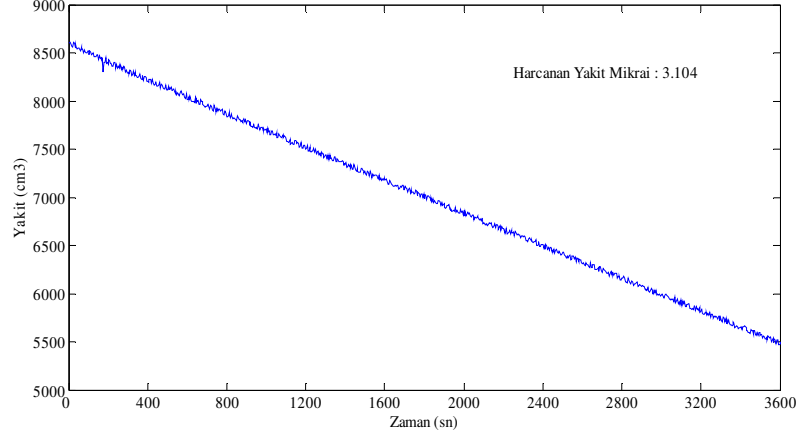
Şekil 6.5. Elektrik alıcılarının yük akım-zaman grafiği.

Şekil 6.6’da verilen grafikte 4000–4200 rpm sabit alternatör devrinin bir saat süreyle çalışması esnasındaki değişim grafiği gösterilmektedir.



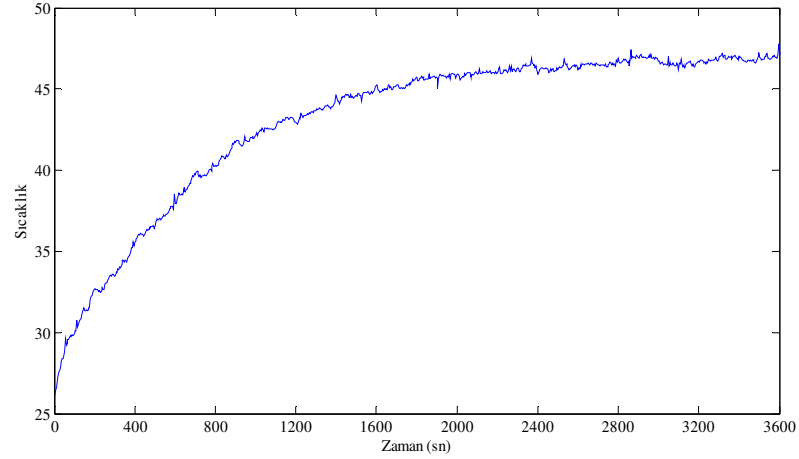
Şekil 6.6. PTA'nın devir-zaman grafiği.

Şekil 6.7’de sabit motor ve alternatör devrinde İYM’nin tüketmiş olduğu birim zamanda ki yakıt miktarı verilmektedir. Bu ölçümde İYM’nin bir saat çalışması sırasında 3,104 lt. yakıt tüketimi lineer olarak gerçekleşmektedir.



Şekil 6.7. İYM'nin birim zamanda tüketmiş olduğu yakıt miktarı-zaman grafiği.

Şekil 6.8'de PTA'nın çalışması esnasındaki yüksüz alternatör sıcaklık-zaman grafiği verilmektedir. Grafikte alternatörün sabit devirde çalışması esnasında hiçbir elektrik alıcısı bağlanmadan yüksüz iken üretmiş olduğu akımın az olması ve alternatörün İYM üzerine montaj edilmesinden dolayı İYM'nin çalışması esnasında oluşan ısının alternatör üzerine etki etmesinden dolayı alternatör üzerindeki sıcaklık artışı yaklaşık 47,8°C olarak görülmektedir.

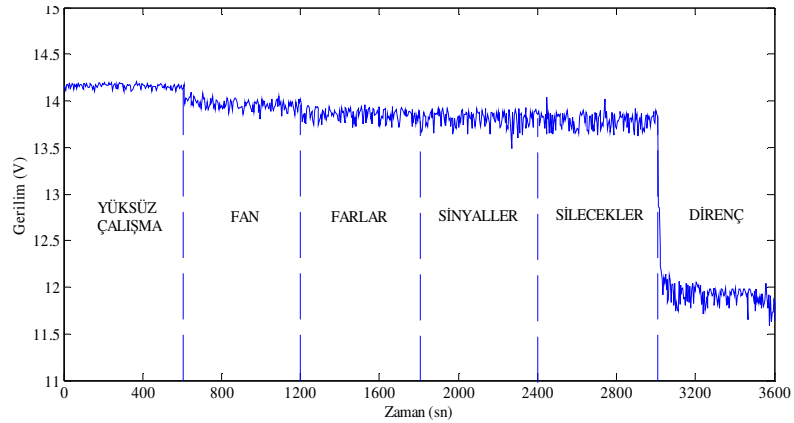


Şekil 6.8. PTA'nın sıcaklık-zaman grafiği.

6.2. PTA'NIN YÜKLÜ PERFORMANS ÖLÇÜMLERİ

Şekil 6.9.'da PTA'nın yük altında üretmiş olduğu gerilim-zaman grafiği verilmektedir. PTA'nın yüksüz çalışması sırasında yük gerilimi değerindeki

değişmeler öncelikle ilk 10 dakikalık çalışmada devreye hiç bir elektrik yükü bağlanmadığından PTA'nın gerilimi 14,2V seviyesinde seyretmektedir. Onar dakikalık zaman aralıklarında elektrik yüklerinin devreye sırasıyla bağlanması ile birlikte PTA'nın ürettiği gerilim 14–13,5V seviyesine düşerek gerilim sabitlenmiştir. En son olarak aküye düşük güçte bir direnç bağlanarak akünün kısa devre olması sağlanmıştır ve PTA'nın yük altındaki gerilimi hızlı bir şekilde düşerek 12–11,5V seviyesine düştüğü görülmektedir.

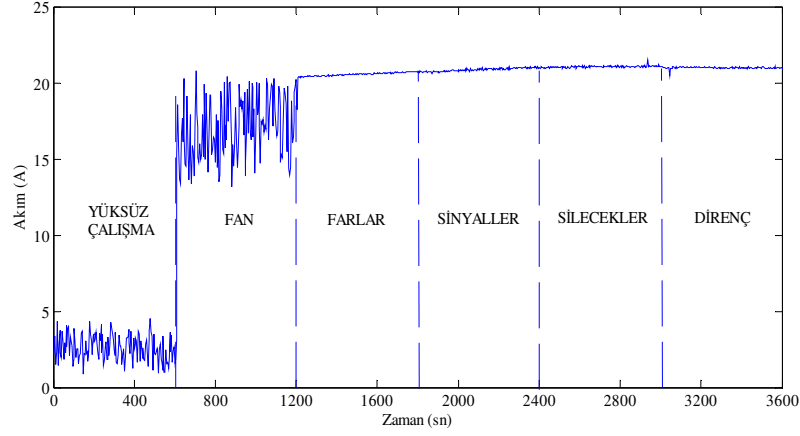


Şekil 6.9. PTA'nın gerilim-zaman grafiği.

Bu durumda, alternatörün ürettiği akım doğrudan yük olarak kullanılan elektrik alıcılarını beslemek için harcanır, böylece akım ve gerilimin sabit kalma zamanı uzar, sargıların manyetik doygunluğu ulaşması alternatör belirli devre ulaştığında gerçekleşmektedir. Alternatörün ürettiği akım ve gerilim miktarı bazı faktörlere bağlı olarak değişebilmektedir. Bu faktörler; stator sargılarının boyu ve kesiti, alternatör rotorunun dönüş hızı, rotor sargılarının oluşturduğu manyetik alan şiddeti ve sargıları manyetik akı geçirgenliğidir. Alternatör rotoru belirli bir devre ulaştığında rotor sargılarının boyu ve kapasitesinden oluşan manyetik alanın büyüklüğü, belirli bir değerden sonra maksimuma ulaşacak ve bundan sonra artış göstermeyerek stator sargılarının ürettiği akım da sabitleşecektir. Bundan dolayı devir artsa bile alternatör çıkış akımı artma göstermeyerek sabit kalacaktır [9].

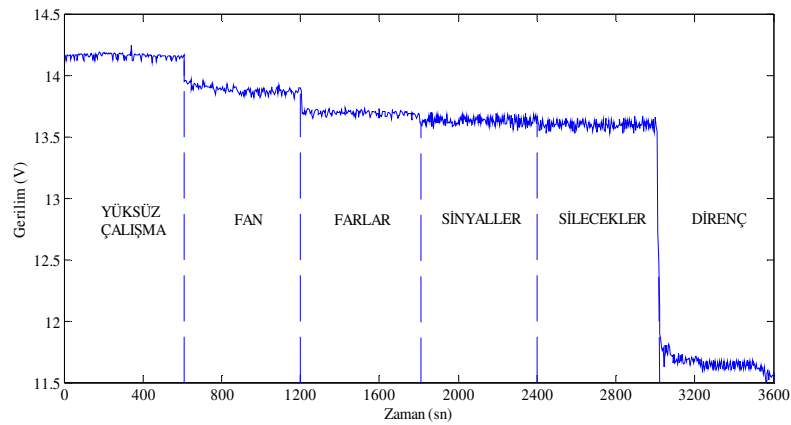
Şekil 6.10'da sabit motor ve alternatör devrinde PTA'nın yük altında ürettiği akım-zaman grafiği verilmektedir PTA'nın yük altındaki gerilim ölçümlerinde

olduğu gibi yüklerin sırasıyla bağlanmasıyla PTA'nın üretmiş olduğu akım da artarak 20A seviyesinde karalı hale gelmektedir.



Şekil 6.10. PTA'nın akım-zaman grafiği.

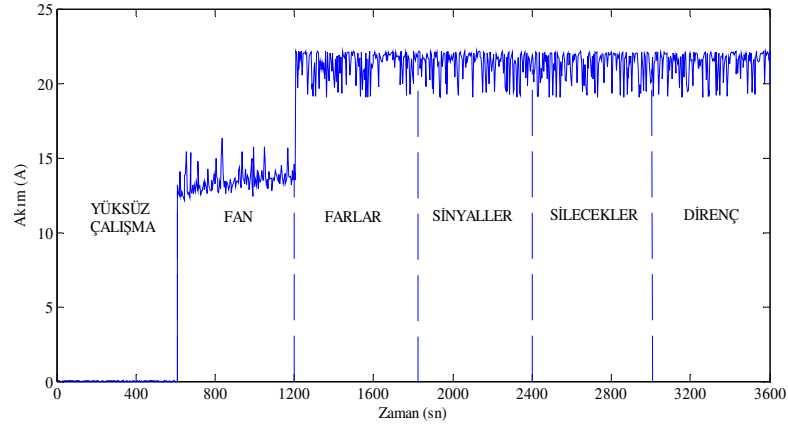
Şekil 6.11'de sabit motor ve alternatör devrinde PTA'nın aküyü beslemesi esnasında elektrik alıcılarının (yüklerinin) devreye bağlanması ile birlikte akü üzerinden çekmiş oldukları gerilimin elektrik alıcıları üzerindeki yük gerilim-zaman grafiği verilmektedir. Grafikte de görüldüğü gibi yük gerilimindeki değişimler PTA'nın yük altındaki gerilim grafiğinde görülen etkilere benzer bir şekilde görülmektedir (Bkz. Şekil 6.9).



Şekil 6.11. Elektrik alıcılarının gerilim-zaman grafiği.

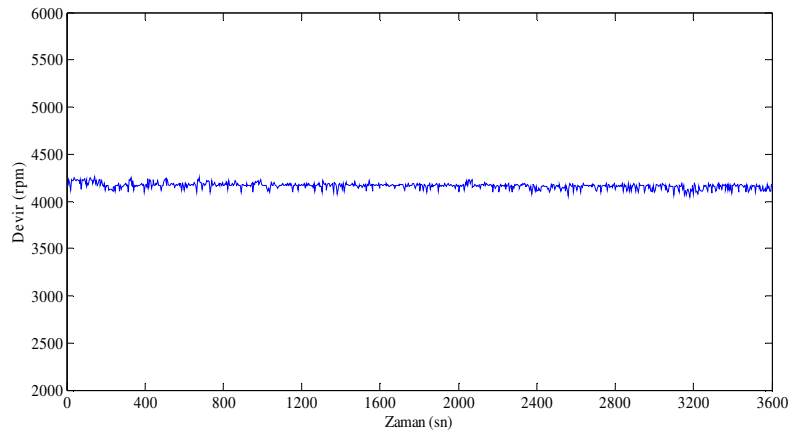
Şekil 6.12.'de sabit motor ve alternatör devrinde PTA'nın aküyü beslemesi esnasında

elektrik alıcılarının (yüklerinin) devreye bağlanması ile birlikte elektrik alıcılarının akü üzerinden çekmiş oldukları akımın elektrik yükleri üzerindeki yük akım-zaman grafiği verilmektedir.



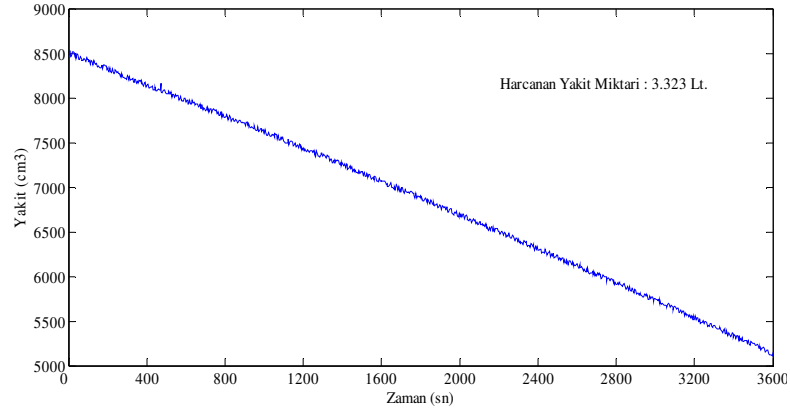
Şekil 6.12. Elektrik alıcılarının akım-zaman grafiği.

Grafikte de görüldüğü gibi PTA'nın yüksüz çalışması sırasında yük akımı değerindeki değişimler öncelikle ilk on dakikalık çalışmada devreye hiç elektrik yükü bağlanmadığından yük akımı 0A civarında seyretmektedir. Onar dakikalık zaman aralığında elektrik yüklerinin devreye sırasıyla bağlanması ile birlikte aküden çekilen yük akım miktarında artarak 20–25A seviyesinde kararlı bir şekilde kalmaktadır. Şekil 6.13'de verilen grafikte 4000–4200 rpm sabit alternatör devrinin bir saat süreyle çalışması esnasındaki değişim grafiği gösterilmektedir.



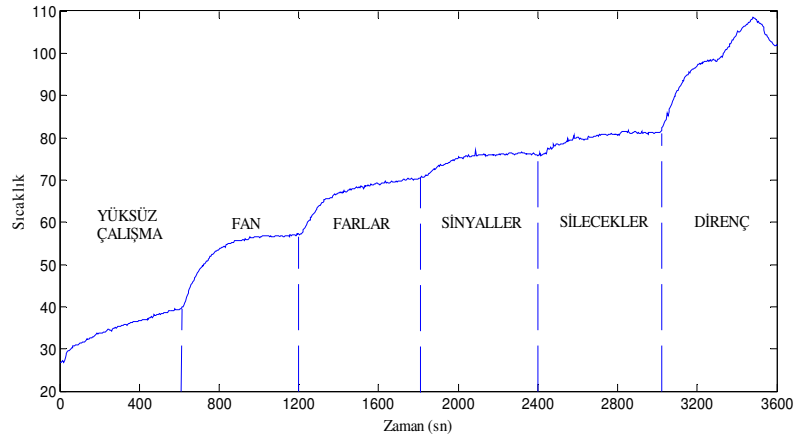
Şekil 6.13. PTA'nın devir-zaman grafiği.

Şekil 6.14’de PTA’nın yük altında çalışması esnasında İYM’nin birim zamanda tüketmiş olduğu yakıt miktarı verilmektedir. Grafikte PTA’nın yüklenmesi ile birlikte alternatörün motorun dönme hareketine göstermiş olduğu dirençten dolayı motorun birim zamanda harcamış olduğu yakıt miktarı lineer olarak artarak 3,323 lt. olarak ölçülmektedir.



Şekil 6.14. İYM’nin birim zamanda tüketmiş olduğu yakıt miktarı-zaman grafiği.

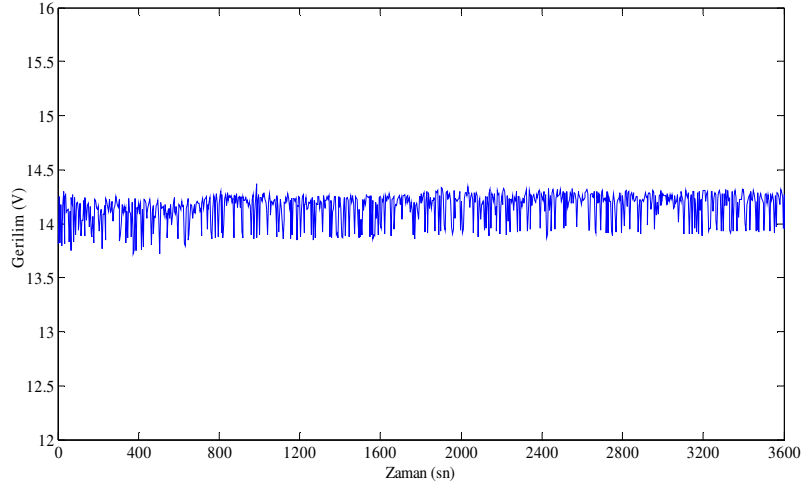
Şekil 6.15’de sabit motor ve alternatör devrinde PTA’nın yük altında meydana gelen sıcaklık-zaman grafiği verilmektedir. Grafikte alternatör üzerinde meydana gelen ısı artışı ve alternatörün yük altında üretmiş olduğu akım miktarının artması ile alternatör sargılarının ısınmış olması ve alternatörün çalışması sırasında yüksüz alternatör sıcaklığında belirtilen etkilerden dolayı alternatör sıcaklığının arttığı görülmektedir (Bkz. Şekil 6.8).



Şekil 6.15. PTA’nın sıcaklık-zaman grafiği.

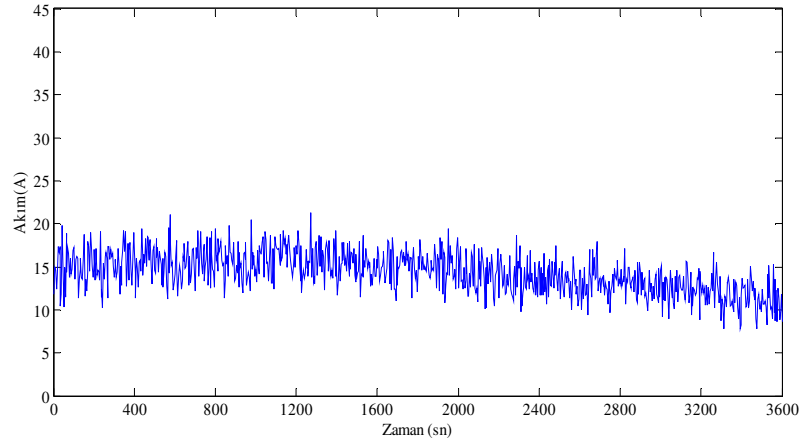
6.3. PTA'NIN ŞARJ ESNASINDAKİ PERFORMANS ÖLÇÜMLERİ

Şekil 6.16'da akünün şarjı esnasında PTA'nın üretmiş olduğu gerilim-zaman grafiği verilmektedir. Grafikte PTA'nın akünün şarjı sırasındaki bir saat zaman zarfında aküyü 14,3V civarında beslediği görülmektedir. Alternatör gerilimi, belirtilen sınırın üstünde (örneğin 13,5V gibi) kaldığı görülmektedir.



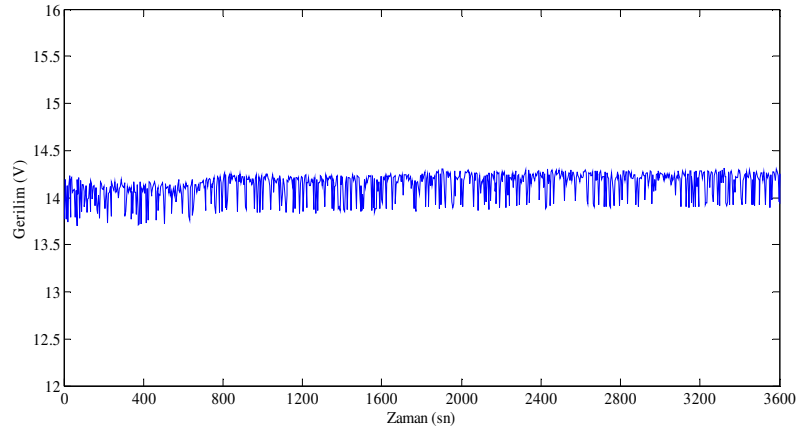
Şekil 6.16. PTA'nın gerilim-zaman grafiği.

Şekil 6.17'de PTA'nın akünün şarjı esnasında ürettiği akım-zaman grafiği verilmektedir.



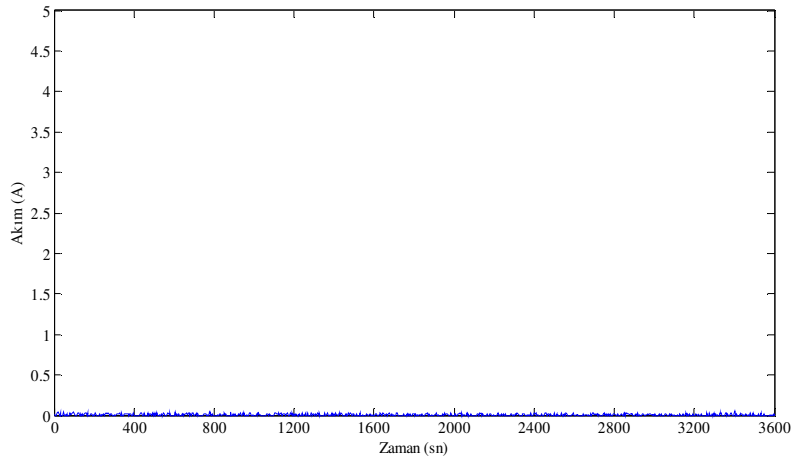
Şekil 6.17. PTA'nın akım-zaman grafiği.

Grafikte şarjsız bir akünün şarjı esnasında PTA'nın üretmiş olduğu akım 15–20A seviyesinde kalarak aküyü belirli bir zaman şarj ettikten sonra akünün şarj seviyesinin yükselmesi ile birlikte alternatöründe aküyü besleme akımının zamanla azalarak 10A civarına kadar düştüğü görülmektedir. Şekil 6.18'de sabit motor ve alternatör devrinde akünün şarjı esnasında akü üzerindeki yük gerilim-zaman grafiği verilmektedir. Grafikte hiçbir elektrik alıcısı bağlanmadan PTA'nın yüksüz bir şekilde aküyü 14V civarında kararlı bir şekilde beslediği görülmektedir.



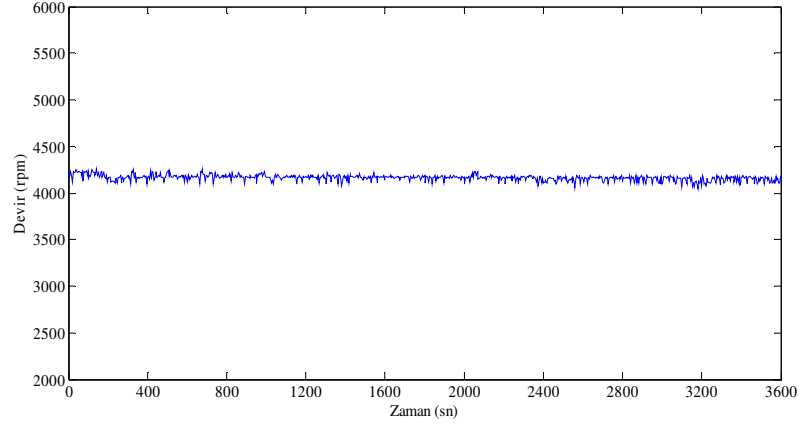
Şekil 6.18. Elektrik alıcılarının gerilim-zaman grafiği.

Şekil 6.19'da alternatörün akünün şarjı sırasındaki yük akım-zaman grafiği verilmektedir. Grafikte devreye hiçbir elektrik alıcısı bağlanmadığından yüklerdeki akım 0A civarında kalmaktadır.



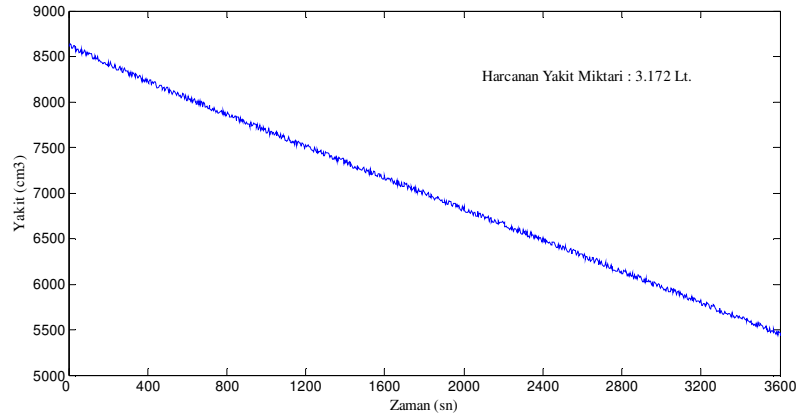
Şekil 6.19. Elektrik alıcılarının akım-zaman grafiği.

Şekil 6.20’de verilen grafikte 4000–4200 rpm sabit devir aralığındaki PTA’nın devrinin bir saat süreyle çalışması esnasındaki değişim grafiği gösterilmektedir.



Şekil 6.20. PTA'nın devir-zaman grafiği.

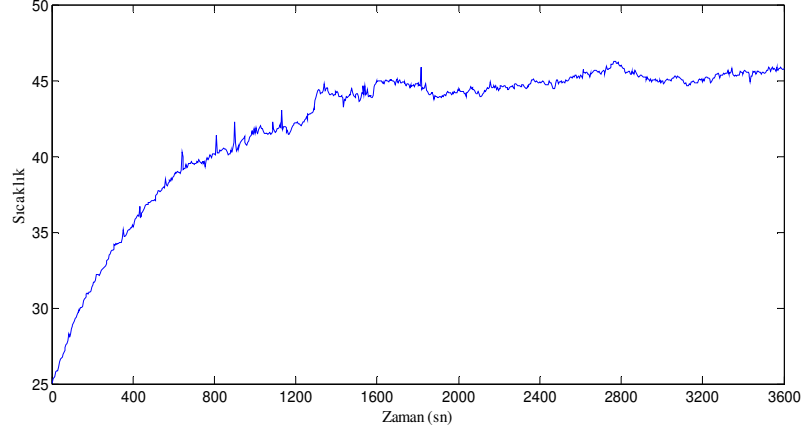
Şekil 6.21’de PTA’nın akünün şarjı esnasında İYM tarafından harcanan yakıt miktarı verilmektedir. Grafikte akünün şarjı esnasında alternatörün yüksüz olarak çalışması nedeniyle İYM’nin çalışması esnasında meydana gelen dönme hareketine fazla direnç göstermediğinden İYM’nin harcamış olduğu birim zamandaki yakıt miktarı lineer olarak azalarak bir saatlik çalışma sonunda 3,172 lt. olarak ölçülmektedir.



Şekil 6.21. İYM'nin birim zamanda tüketmiş olduğu yakıt miktarı-zaman grafiği.

Şekil 6.22’de akünün şarjı esnasında PTA’da meydana gelen sıcaklık değişim grafiği verilmektedir. Şekil 5.36’daki grafikte yüksüz alternatör deneyindeki benzer

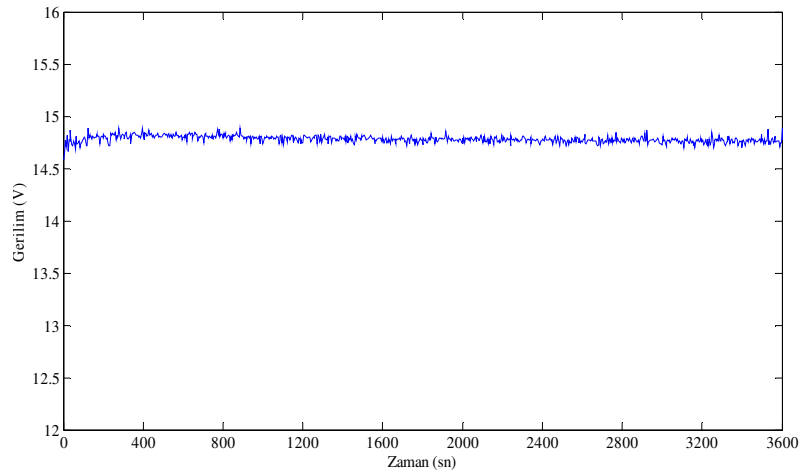
etkilerden dolayı PTA üzerindeki sıcaklık artışı bir saatlik çalışma sonunda $45,24^{\circ}\text{C}$ 'ye ulaşmaktadır (Bkz. Şekil 6.8).



Şekil 6.22. PTA'nın sıcaklık-zaman grafiği.

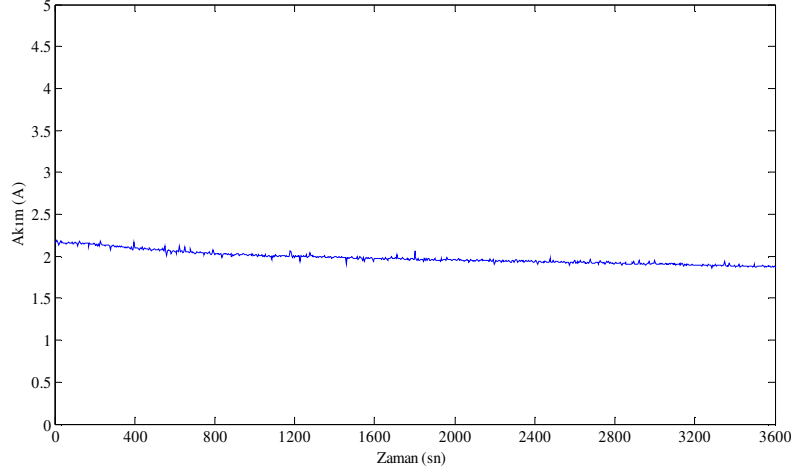
6.4. SMA'NİN YÜKSÜZ PERFORMANS ÖLÇÜMLERİ

Bu deneyde PTA'nın yüksüz performans deneyleri sırasında uygulanan şartlar aynı şekilde SMA'ya da uygulanarak SMA'nın aynı şartlarda göstermiş olduğu performans değerleri ölçülmektedir. Şekil 6.23'de SMA'nın gerilim-zaman grafiği verilmektedir. Grafikte SMA'nın sabit motor devrinde hiçbir elektrik alıcısı bağlanmadan üretmiş olduğu gerilimin $14,5\text{--}15\text{V}$ arasında olduğu görülmektedir. Alternatör gerilimi, belirtilen sınırın üstünde (örneğin $13,5\text{V}$ gibi) kalmaktadır.



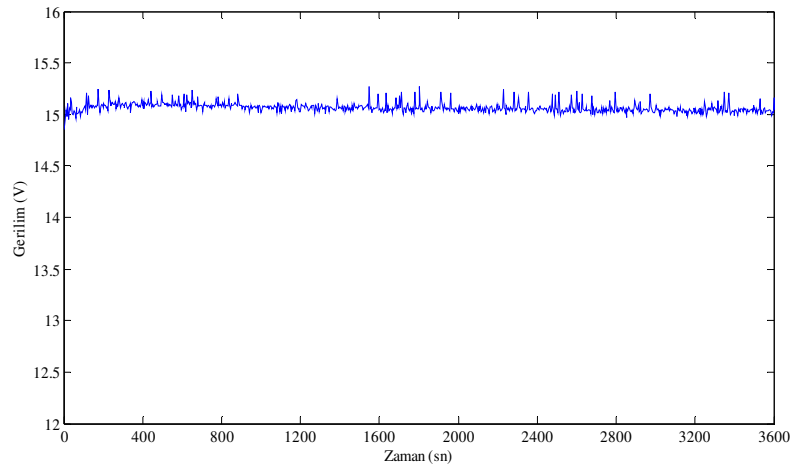
Şekil 6.23. SMA'nın gerilim-zaman grafiği.

Şekil 6.24’de SMA’nın yüksüz akım-zaman grafiği verilmektedir. Grafikte SMA’nın yüksüz iken üretmiş olduğu akım değeri 2-2,5A arasında ölçülmektedir. Bu deney sonucunda SMA’nın PTA’ya oranla az akım ürettiği görüldüğünden bu durum SMA için bir sakınca yaratmaktadır.



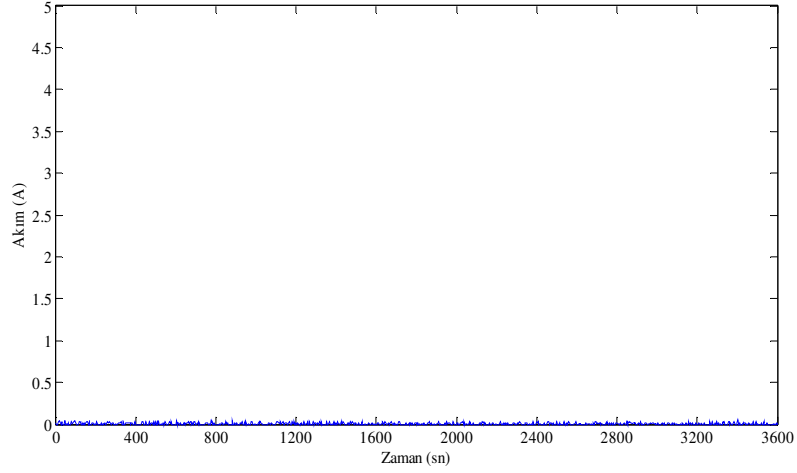
Şekil 6.24. SMA'nın akım-zaman grafiği.

Şekil 6.25’de SMA’nın yük gerilim-zaman grafiği verilmektedir. Grafikte SMA’nın sabit İYM ve kendi devrinde çalışması sırasındaki üretmiş olduğu gerilimin akü üzerinden devreye hiçbir elektrik alıcısı bağlanmadığı anda akü den ölçülen gerilimin değeri 15V civarında olduğu görülmektedir. Bu ölçümde SMA’nın PTA’ya oranla daha iyi bir performans sağladığı görülmektedir.



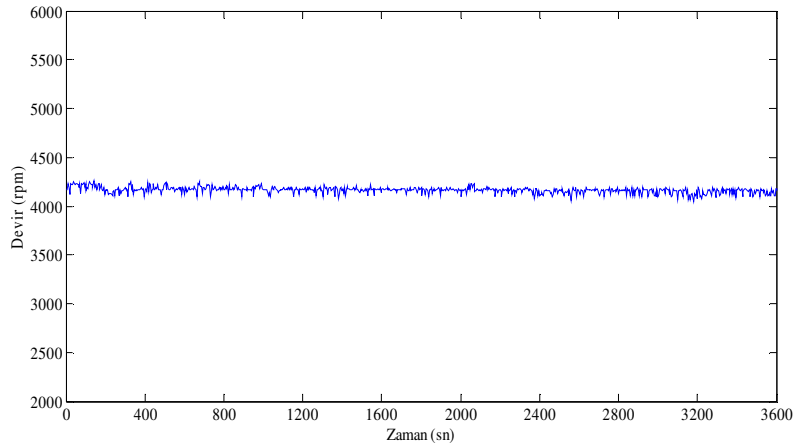
Şekil 6.25. Elektrik alıcılarının gerilim-zaman grafiği.

Şekil 6.26’da SMA’nın yük akım-zaman grafiği verilmektedir. Grafikte deney düzeneğine hiçbir elektrik yükü bağlanmadığından elektrik yüklerinden geçen akım 0A civarında olduğu görülmektedir.



Şekil 6.26. Elektrik alıcılarının akım-zaman grafiği.

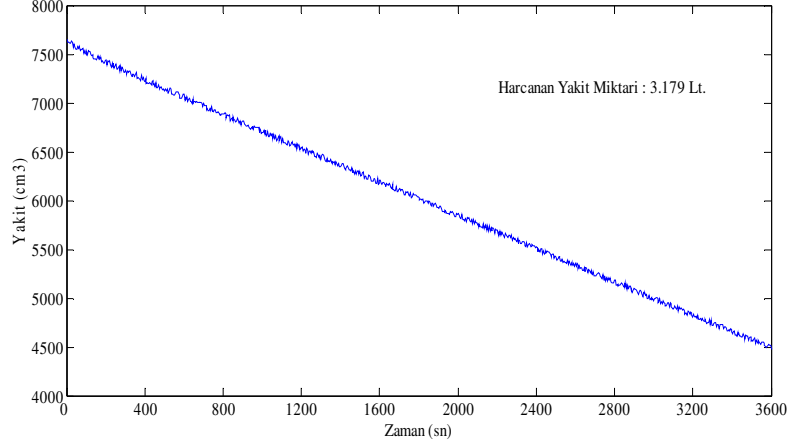
Şekil 6.27’de SMA’nın devir-zaman grafiği verilmektedir. Grafikte SMA’nın İYM üzerinde çalışması esnasındaki devir hareketleri ölçülmektedir.



Şekil 6.27. SMA'nın devir-zaman grafiği.

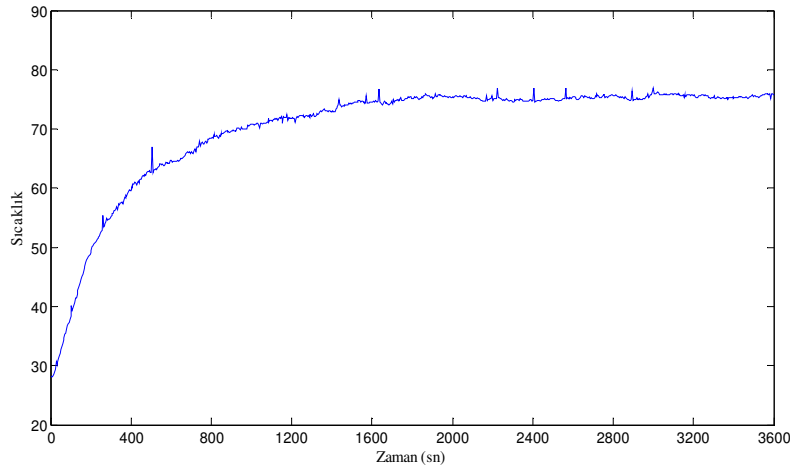
Şekil 6.28’de SMA’nın sabit devirde İYM’nin çalışma devrine karşı göstermiş olduğu direnç neticesinde İYM’nin birim zamanda tüketmiş olduğu yakıt tüketimi lineer olarak azalmaktadır. SMA’nın çalışması sırasında İYM’nin yakıt tüketimi

PTA'ya oranla daha fazladır. Bu durum SMA'nın performansının daha düşük olduğunu göstermektedir.



Şekil 6.28. İYM'nin birim zamanda tüketmiş olduğu yakıt miktarı-zaman grafiği.

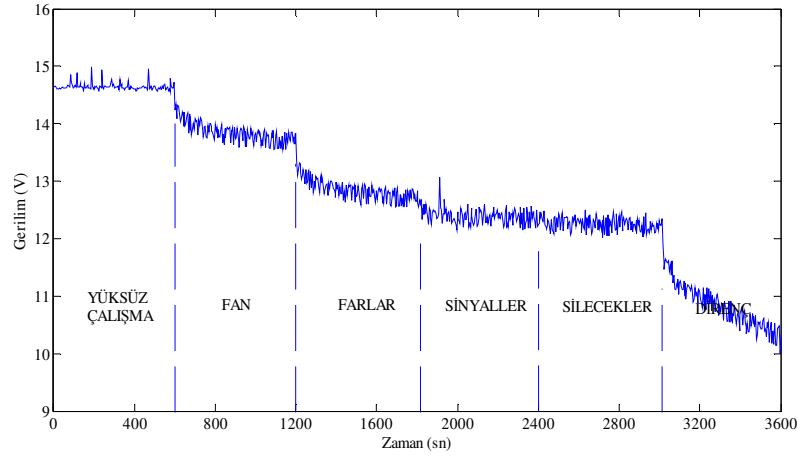
Şekil 6.29'da SMA'nın sabit motor ve kendi devrinde çalışma esnasındaki yüksüz sıcaklık-zaman grafiği verilmektedir. Sabit devirdeki dönme hareketi nedeniyle stator ve sabit mıknatis arasında oluşan manyetik akımın artarak stator sargılarının ısınması ve İYM'nin çalışması esnasındaki kendi ısısının da SMA'nın üzerine direkt etki etmesi nedeniyle SMA'nın zamanla ısındığı ve 77°C sabit bir seviyede kaldığı görülmektedir. Sıcaklık artışı SMA için bir sakıncalı olmaktadır.



Şekil 6.29. SMA'nın sıcaklık-zaman grafiği.

6.5. SMA’NIN YÜKLÜ PERFORMANS ÖLÇÜMLERİ

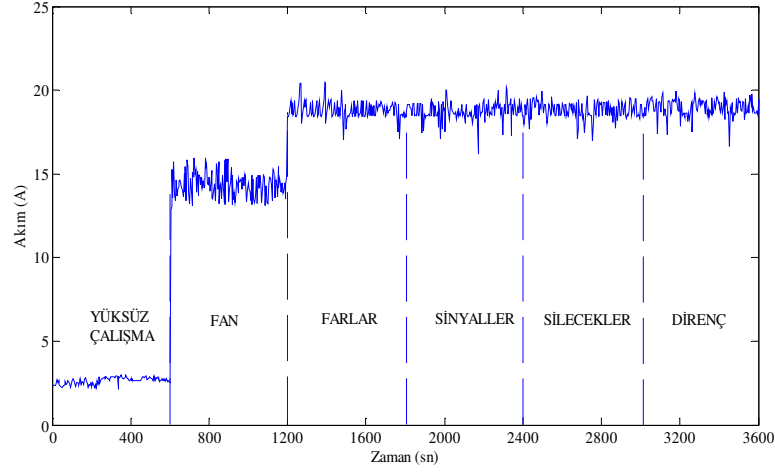
Bu deney sabit motor devrinde 2 000–2 100 rpm ve SMA’nın 4 000–4 200 rpm sabit devrinde bir saat süre ile çalıştırılarak PTA’nın yüklü performans deneyleri sırasında uygulanan şartlar aynı şekilde SMA’ya da uygulanarak SMA’nın aynı şartlarda göstermiş olduğu performans değerleri ölçülmüştür. Şekil 6.30’da SMA’nın yüklü gerilim-zaman ölçüm grafiği verilmektedir.



Şekil 6.30. SMA’nın gerilim-zaman grafiği.

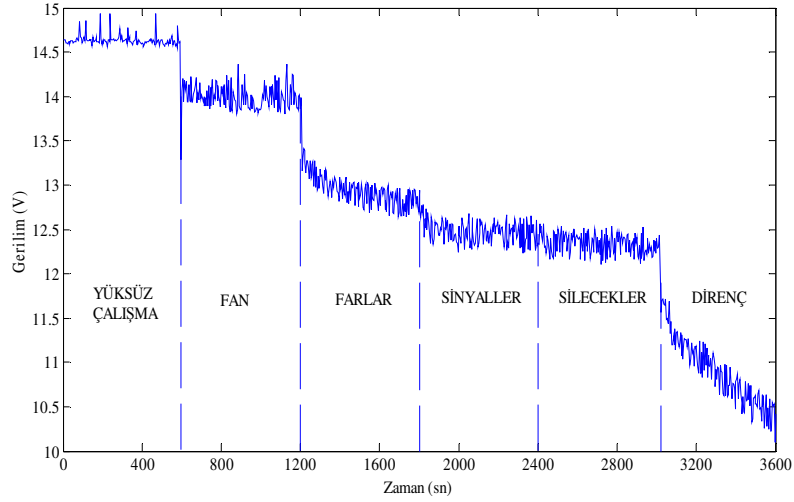
Bu ölçümde SMA’daki yük gerilimi 14,5–15V arasında iken her yükün bağlandığında biraz daha düşerek 12–13V arasında sabit seviyede kalmaktadır. En son olarak aküye düşük güçte bir direnç bağlanarak akünün kısa devre olması sağlanmıştır ve alternatörün yük altındaki gerilimi hızlı bir şekilde düşerek 10–11V seviyesine düştüğü görülmektedir. Bunun nedeni olarak SMA’nın üretmiş olduğu gerilim alıcıları besleyemediğinden bu alıcılar akü tarafından beslenmektedir. Bundan dolayı SMA PTA’lara oranla aynı devir ve şartlarda üretmiş oldukları yük ve gerilim değerleri bakımından PTA’lara oranla yetersiz kalmıştır. Şekil 6.31’de SMA’nın yük altında akım-zaman grafiği verilmektedir. SMA’nın üretmiş olduğu bu akım miktarı yüksüz çalışmadaki ilk on dakikada 0–5A seviyesinde olurken elektrik yüklerinin sırası ile onar dakikalık aman aralıklarında devreye bağlanması ile birlikte 15A ve daha sonra 19A seviyesinde sabit kaldığı görülmektedir. Bu ölçümler neticesinde SMA’nın üretmiş olduğu akım miktarının PTA’lara oranla biraz daha az seviyede olduğu görülmektedir. Bunun nedeni olarak SMA’nın stator sargılarındaki

sarım sayısının PTA'nın statorundaki sarım sayısından az olmasından ve SMA'nın iki fazlı olarak üretilmesinden kaynaklanmaktadır.



Şekil 6.31. SMA'nın akım-zaman grafiği.

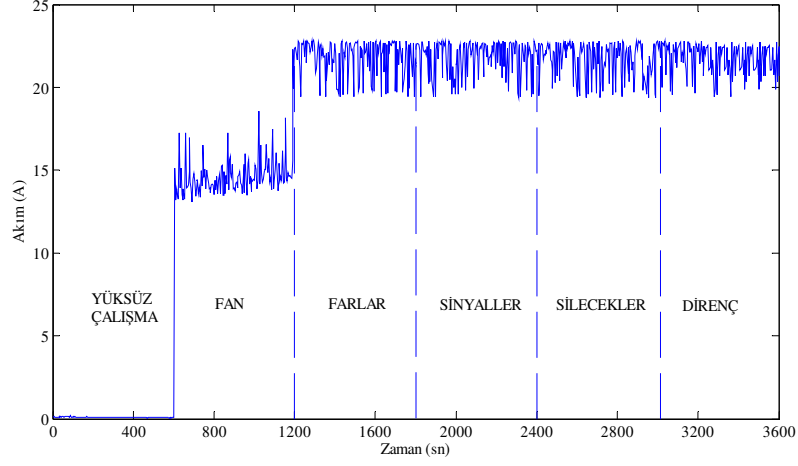
Şekil 6.32'de SMA'nın yük altında üretmiş olduğu yük gerilim-zaman grafiği verilmektedir.



Şekil 6.32. Elektrik alıcılarının gerilim-zaman grafiği.

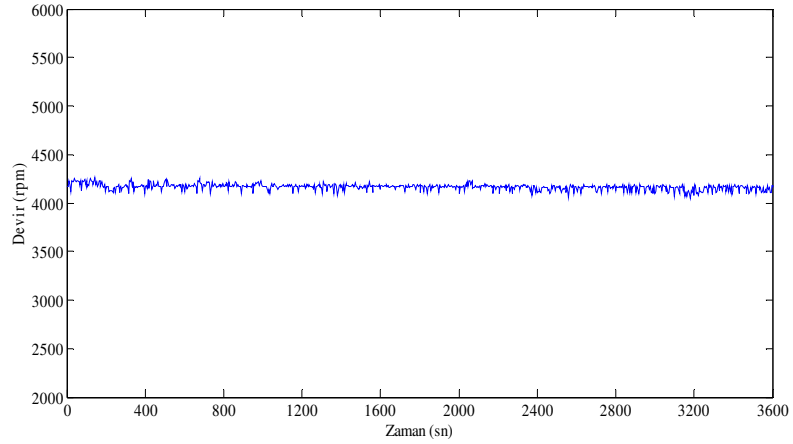
Grafikte sabit motor ve alternatör devrinde alternatörün aküyü beslemesi esnasında elektrik alıcılarının (yüklerinin) devreye bağlanması ile birlikte elektrik alıcılarının akü üzerinden çekmiş oldukları gerilimin elektrik alıcıları üzerindeki yük gerilim grafiği verilmiştir ve bu ölçümler SMA'nın gerilim grafiğindeki ölçüm özelliklerine

paralel olarak gerekleŒmiŒtir (Bkz. Œekil 6.29). Bu lümler neticesinde PTA'nın yük gerilimi ölçümlerinde SMA'dan iyi olduğu görölmektedir. Œekil 6.33'de SMA'nın yüklü akım-zaman grafiği verilmektedir.



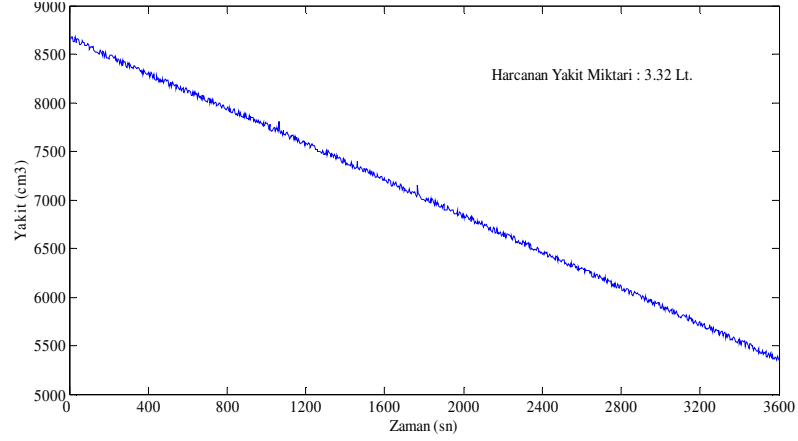
Œekil 6.33. Elektrik alıcılarının akım-zaman grafiği.

Grafikte SMA'nın ilk olarak 10 dakika yüksüz alıŒtırılmıŒ ve her 10 dakikada bir elektrik alıcılarının devreye bağlanması ile birlikte aküden ekmiŒ oldukları akım miktarları artarak zamanla 20–25A seviyesinde yük akımı sabit seviyede kalmaktadır. SMA'nın üretmiŒ olduğu yük akım miktarı PTA'ya oranla aynı seviyede olmaktadır. Œekil 6.34'de SMA'nın devir-zaman grafiği verilmektedir. Grafikte SMA'nın İYM üzerinde alıŒması esnasında yük altındaki devir hareketleri ölçümlenmektedir.



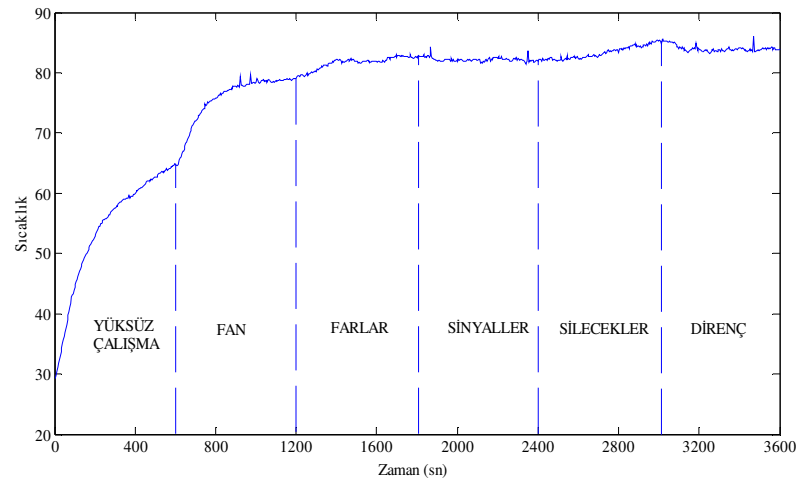
Œekil 6.34. SMA'nın devir-zaman grafiği.

Şekil 6.35’de SMA’nın yük altında çalışması esnasında İYM’nin birim zamanda harcamış olduğu yakıt miktarındaki değişim grafiği verilmektedir. Bu ölçüm neticesinde İYM’nin sabit 2000-2200 devirde çalışması esnasında tüketmiş olduğu yakıt miktarı 3,32 lt. ölçülmektedir.



Şekil 6.35. İYM’nin birim zamanda tüketmiş olduğu yakıt miktarı-zaman grafiği.

Şekil 6.36’da SMA’nın yük altında çalışması sırasındaki meydana gelen sıcaklık-zaman grafiği verilmektedir. Grafikte elektrik alıcılarının(yüklerinin) devreye bağlanması ile birlikte SMA üzerindeki sıcaklık artışı zamanla artarak 80–90°C arasında sabit seviyede kalmaktadır.

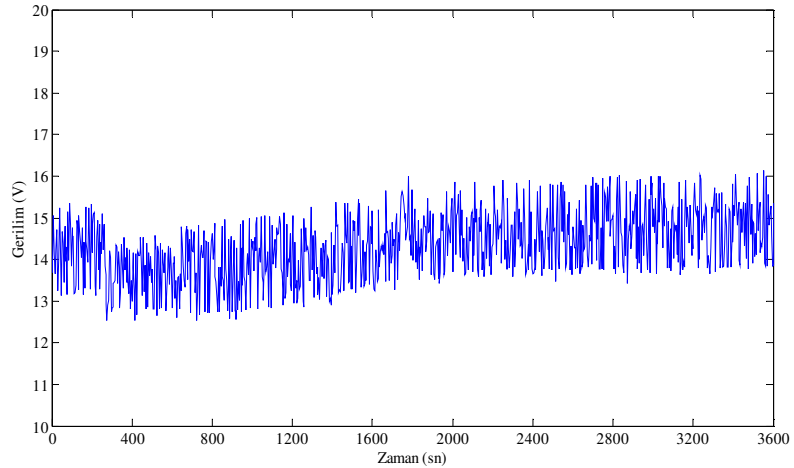


Şekil 6.36. SMA’nın sıcaklık-zaman grafiği.

Sıcaklık artışıdaki bu durum elektrik alıcılarının devreye bağlanması ile SMA'nın üretmiş olduğu akım miktarının artması ve SMA'nın yüksüz deneylerindeki sıcaklık artış nedenlerinin bu ölçümlerde meydana gelmesi nedeniyle SMA'da sıcaklık artışı meydana gelmiştir (Bkz. Şekil 6.29). SMA'daki sıcaklık artışı pençe tip alternatörlere oranla daha az olduğu görülmektedir. Bu durum pençe tip alternatörlere oranla SMA için bir avantaj olarak görülmektedir.

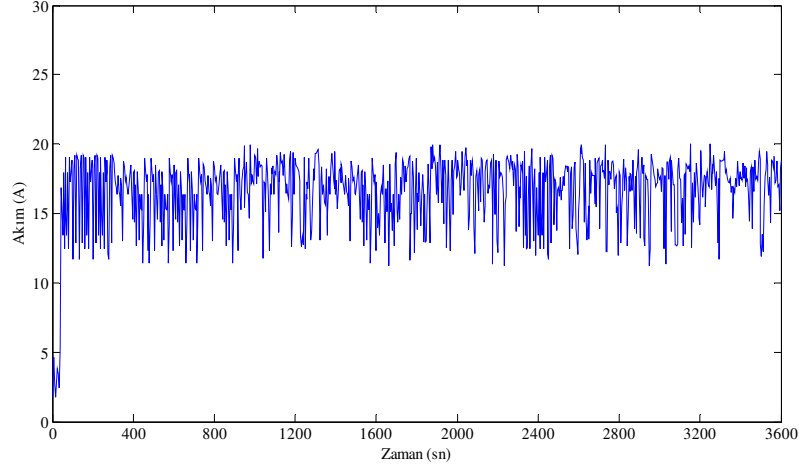
6.6. SMA'NIN ŞARJ ESNASINDAKİ PERFORMANS ÖLÇÜMLERİ

Şekil 6.37'de SMA'nın şarj esnasındaki gerilim-zaman grafiği verilmiştir. Grafikte SMA'nın sabit motor devrinde ürettiği gerilim 14–15V civarında olduğu görülmektedir. Alternatör voltajı, belirtilen sınırın üstünde (örneğin 13,5V gibi) görülmektedir. SMA'nın şarjı sırasındaki ürettiği gerilim PTA'ya oranla daha fazla gerilim ürettiği görülmektedir.



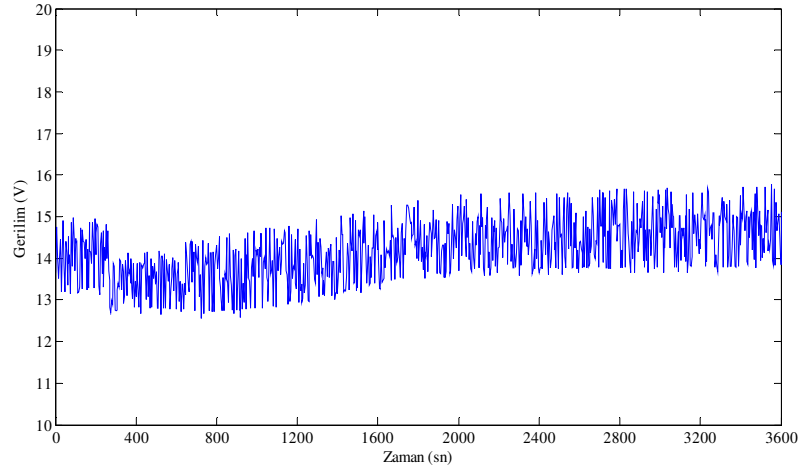
Şekil 6.37. SMA'nın gerilim-zaman grafiği.

Şekil 6.38'de SMA'nın şarj esnasında akım-zaman grafiği verilmektedir. Grafikte akünün şarjı esnasında SMA 15–20A civarında kararlı bir şekilde akım üreterek aküyü beslemektedir. SMA'nın akünün şarjı esnasında ürettiği akım performansı PTA'ya oranla biraz daha yüksek olduğu görülmektedir.



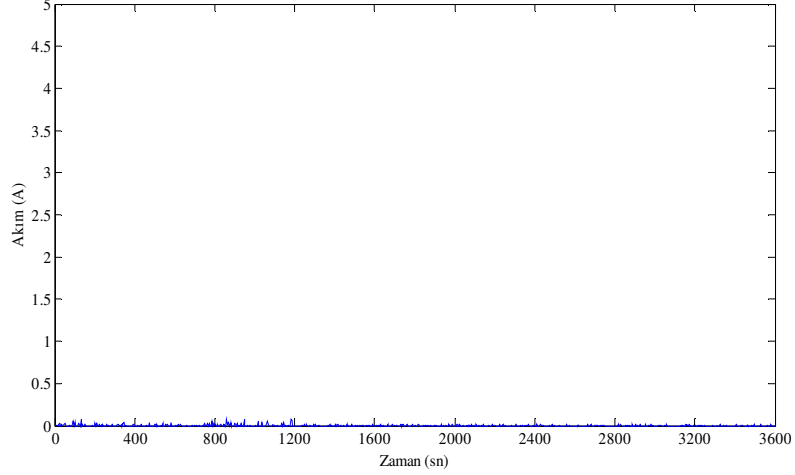
Şekil 6.38. SMA'nın akım-zaman grafiği.

Şekil 6.39'da SMA'nın şarj esnasında yük gerilim-zaman grafiği verilmektedir. Grafikte SMA'nın sabit motor devrinde üretmiş olduğu gerilim ile aküyü 13–15V civarında beslediği görülmektedir. SMA'nın boş akünün şarjı sırasındaki aküyü beslediği gerilim değeri PTA'ya oranla fazla gerilim ürettiği görülmektedir. Alternatör voltajı, belirtilen sınırın üstünde (örneğin 13,5V gibi) görülmektedir.



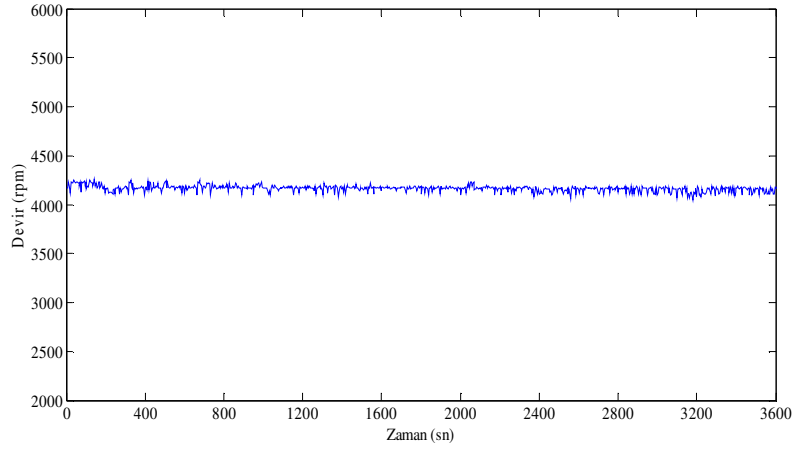
Şekil 6.39. Elektrik alıcılarının gerilim-zaman grafiği.

Şekil 6.40'da SMA'nın şarj esnasında yük akım-zaman grafiği verilmektedir. Grafikte SMA'nın akünün şarjı sırasında hiçbir elektrik alıcısının bağlanmamasından dolayı yük akımı 0A civarında olmaktadır.



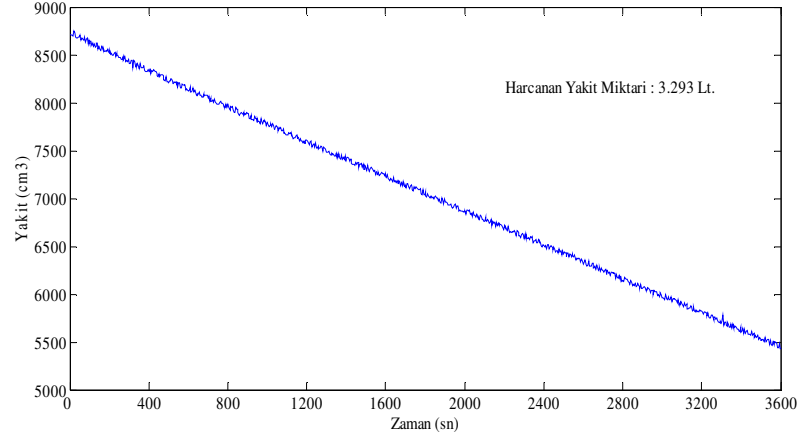
Şekil 6.40. Elektrik alıcılarının akım-zaman grafiği.

Şekil 6.41’de SMA’nın devir-zaman grafiği verilmektedir. Grafikte SMA’nın İYM üzerinde çalışması esnasında şarj altındaki devir hareketleri ölçülmektedir.



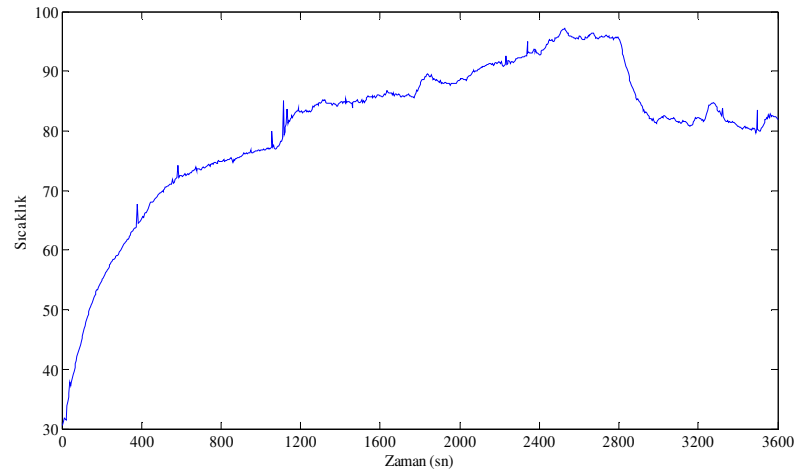
Şekil 6.41. SMA’nın devir-zaman r grafiği.

Şekil 6.42’de SMA’nın yük altında çalışması esnasında İYM’nin birim zamanda harcamış olduğu yakıt miktarındaki değişim grafiği verilmektedir. İYM’nin bir saatlik çalışma sonunda harcamış olduğu yakıt miktarı 3.293 lt. olarak ölçülmektedir. Bu ölçüm neticesinde SMA’nın İYM’nin sabit devirde çalışması esnasında tüketmiş olduğu yakıt miktarına olan etkisi PTA’ya oranla daha fazla harcadığı görülmektedir. Bu durum SMA için bir dezavantajdır.



Şekil 6.42. İYM'nin birim zamanda tüketmiş olduğu yakıt miktarı-zaman grafiği.

Şekil 6.43'de SMA'nın akünün şarjı esnasındaki sıcaklık-zaman değişim grafiği verilmektedir. Grafikte sıcaklık artışı SMA'nın yüksüz sıcaklık grafiğinde belirtilen nedenlerden dolayı sıcaklık artışı bir saatlik çalışma sonunda $80,20^{\circ}\text{C}$ olarak ölçülmektedir. Bu ölçüm neticesinde SMA'nının PTA'ya oranla daha fazla ısındığı görülmektedir. Bu durum SMA için bir dezavantaj olarak görülmektedir.



Şekil 6.43. SMA'nın sıcaklık-zaman grafiği.

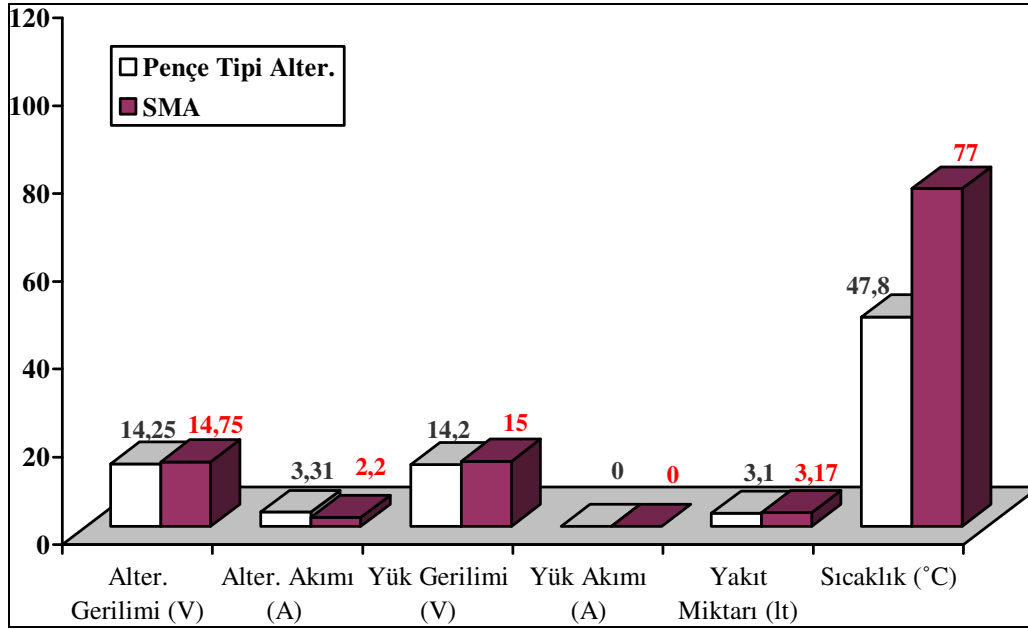
6.7. PTA İLE SMA 'NIN DENEY SONUÇLARININ KARŞILAŞTIRILMASI

PTA ile SMA'nın yüksüz, yüklü ve şarj esnasındaki performanslarının ölçüm deneylerinde elde edilen verilerden aşağıda gösterilen tablo ve grafikler

hazırlanmıştır. Hazırlanan tablo ve grafikler neticesinde yapılan üç ayrı deney koşullarında her iki alternatörün de göstermiş oldukları performans değerlerinin düzgün bir şekilde okunup ve yorumlanması amaçlanmıştır. PTA ile SMA'nın yüksüz deneylerinin ölçüm verileri Çizelge 6.1'de ve bu verilerin grafiksel olarak gösterimi de Şekil 6.44'de verilmektedir.

Çizelge 6.1. PTA ile SMA'nın yüksüz deneylerdeki performans ölçüm verileri.

	Pençe Tipi Alternatör	SMA
Alternatör Gerilimi (V)	14,25	14,75
Alternatör Akımı (A)	3,31	2,2
Yük Gerilimi (V)	14,2	15
Yük Akımı (A)	0,05	0,03
Devir (rpm)	4000-4200	4000-4200
Yakıt Miktarı (lt)	3,104.	3,179.
Sıcaklık (°C)	47,8	77



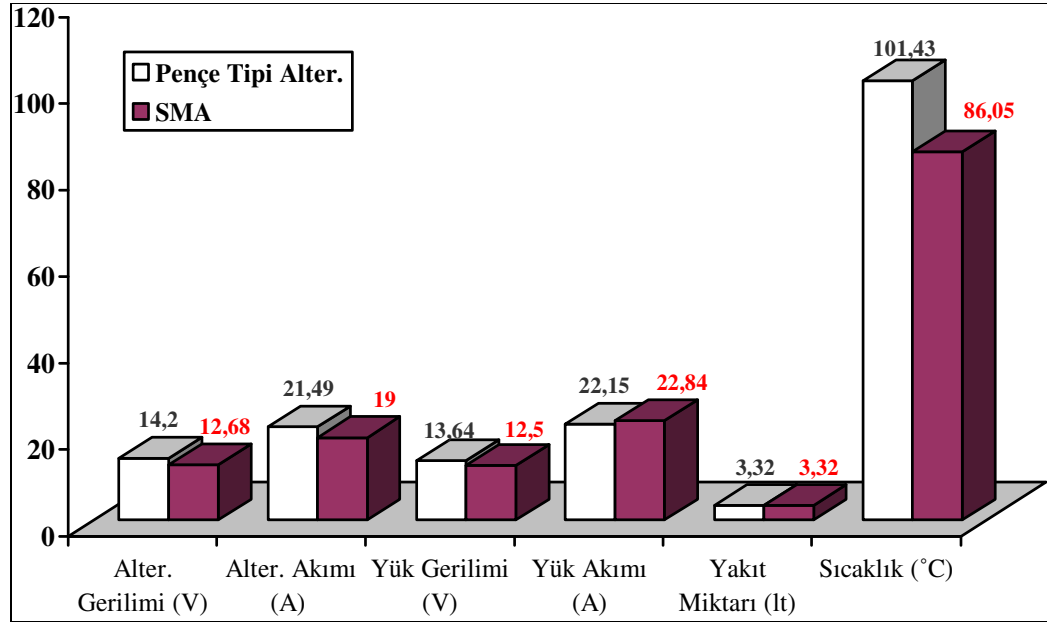
Şekil 6.44. PTA ile SMA'nın yüksüz performans ölçüm verilerinin grafiksel olarak gösterimi.

Deneylerde elde edilen bu verilerde alternatör ve yük geriliminde SMA'nın PTA'ya oranla gerilimin yüksek olduğu ve akım değerlerinde ise PTA'nın performansının daha iyi olduğu tespit edilmiştir. Sıcaklık değişimlerinde ise SMA'nın PTA'ya oranla

daha fazla ısındığı tespit edilmiştir. Bu durum SMA'nın kullanım ömrü açısından sakıncalı olabilmektedir. PTA ile SMA üzerinde yapılan yüklü deneylerin ölçüm verileri Çizelge 6.2'de ve bu verilerin grafiksel olarak gösterimi de Şekil 6.45'de verilmektedir. Bu ölçümlerde ise SMA'nın PTA'ya oranla alternatör akımı dışında ölçülen diğer verilerde daha iyi bir performans sağladığı tespit edilmiştir ve bu durum SMA için büyük bir avantajdır.

Çizelge 6.2. PTA ile SMA'nın yüklü deneylerdeki performans ölçüm verileri.

	Pençe Tipi Alternatör	SMA
Alternatör Gerilimi (V)	14	12,685
Alternatör Akımı (A)	21,49	19
Yük Gerilimi (V)	13,64	12,5
Yük Akımı (A)	22,15	22,84
Devir (rpm)	4000-4200	4000-4200
Yakıt Miktarı (lt)	3,32	3,32
Sıcaklık (°C)	101,43	86,05



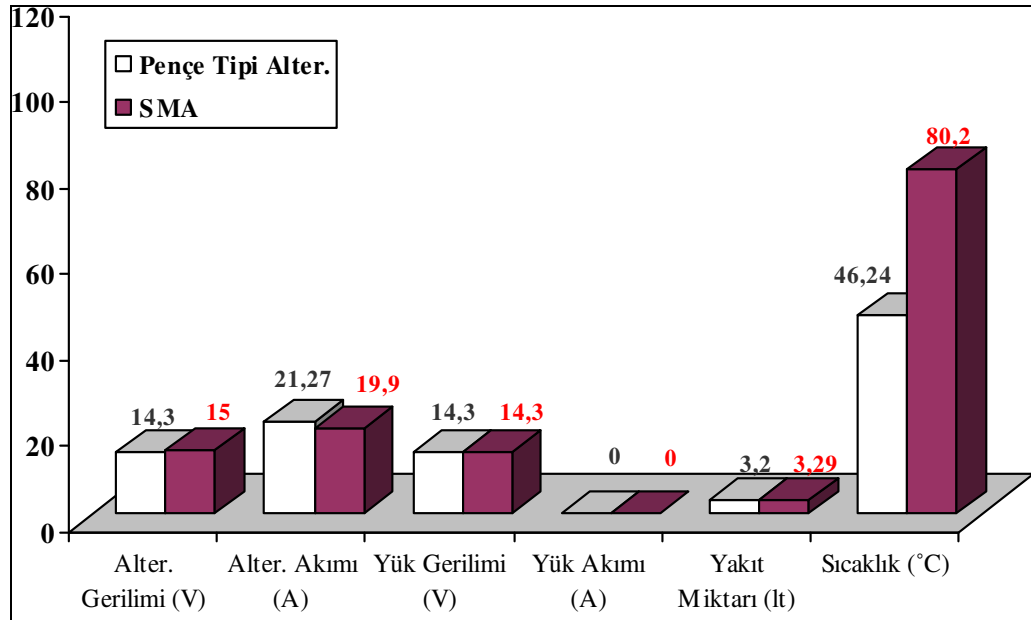
Şekil 6.45. PTA ile SMA'nın yüklü performans ölçüm verilerinin grafiksel olarak gösterimi.

PTA ile SMA'nın şarj deneylerinin ölçüm verileri Çizelge 6.3'de ve bu verilerin grafiksel olarak gösterimi de Şekil 6.46'da verilmektedir. SMA ile PTA'nın şarj esnasındaki deneysel ölçümlerde yine SMA'nın sağladığı gerilim değerleri

PTA'ya oranla daha yüksek olduğu tespit edilmiştir yine bu durum SMA için bir avantajdır. Ama diğer ölçüm parametrelerinde yüksüz performanslarda olduğu gibi gerilimler dışında PTA SMA'ya göre daha iyi bir performans göstermektedir.

Çizelge 6.3. PTA ile SMA'nın şarj deneylerindeki performans ölçüm verileri.

	Pençe Tipi Alternatör	SMA
Alternatör Gerilimi (V)	14,3	15
Alternatör Akımı (A)	21,27	19,90
Yük Gerilimi (V)	14,3	14,3
Yük Akımı (A)	0	0
Devir (rpm)	4000-4200	4000-4200
Yakıt Miktarı (lt.)	3,20	3,293
Sıcaklık (°C)	45,24	80,20



Şekil 6.46. PTA ile SMA'nın şarj performans ölçüm verilerinin grafiksel olarak gösterimi.

BÖLÜM 7

SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada İYM de kullanılan alternatörlerden 12V AA125R-14V-45A özelliğindeki pençe tipi bir alternatör ile rotoru sabit mıknatıs olan SMA'nın İYM üzerine ayrı ayrı montajı yapılarak sabit 2000-2100 rpm motor devrinde 4000-4200 rpm devir aralığında alternatörler çalıştırılmıştır. Alternatörler üç farklı deney koşullarında (yüksüz, yüklü ve şarj) birer saat süreyle çalıştırılmıştır. Bu çalışma esnasında her iki alternatörün yüksüz, yüklü ve şarj deneyleri sırasında sağlamış oldukları verim ve güç performansları ile İYM'nin çalışması sırasında tüketmiş olduğu yakıt miktarına olan etkilerinin araştırıldığı bu çalışma sonucunda;

Alternatörler üzerinde uygulanan yüksüz deneylerde her iki alternatörün üretmiş oldukları alternatör ve yük gerilim değerlerinde SMA'nın PTA'ya oranla üstünlük sağladığı tespit edilmiştir. Yapılan yüksüz deneylerde her iki alternatörün de üretmiş olduğu akım değerlerinde ise SMA'nın PTA'ya oranla yetersiz kaldığı ve bu durumun SMA için sakıncalı bir durum olduğu belirlenmiştir. Yüksüz deneylerde her iki alternatörün İYM'nin çalışması esnasında tüketmiş olduğu yakıt miktarına olan etkileri ve çalışma esnasında alternatörlerde meydana gelen sıcaklık artışları neticesinde PTA'nın SMA ya göre avantajlı olduğu tespit edilmiştir.

Alternatörler üzerinde uygulanan yüklü deneylerde ise PTA'nın üretmiş olduğu alternatör akımının SMA'nın üretmiş olduğu alternatör akımından yüksek olduğu tespit edilmiştir. Yapılan yüklü deneylerde alternatör gerilimi, yük gerilimi, yük akımı ve sıcaklık artışlarındaki performanslarda SMA'nın PTA'ya oranla daha iyi bir performans gösterdiği tespit edilmiştir. Yüklü deney koşullarında her iki alternatöründe İYM'nin çalışması esnasında tüketmiş olduğu yakıt miktarına olan etkilerinin aynı olduğu tespit edilmiştir.

Alternatörler üzerinde uygulanan şarj deneylerinde ise PTA'nın üretmiş olduğu alternatör akımının SMA'nın üretmiş olduğu alternatör akımından yüksek olduğu tespit edilmiştir. Yapılan şarjlı deneylerde alternatör gerilimi, yük gerilimi ve yük akımındaki performans değerlerinde SMA'nın PTA'ya oranla daha iyi olduğu tespit edilmiştir. Yapılan şarjlı deneylerde her iki alternatörün İYM'nin çalışması esnasında tüketmiş olduğu yakıt miktarına olan etkileri ve çalışma esnasında alternatörlerde meydana gelen sıcaklık artışları neticesinde PTA'nın SMA ya göre avantajlı oldu tespit edilmiştir.

Çalışma sonucunda SMA'nın iki fazlı olan faz sayısının ve stator sargılarının artırılması ve buna bağlı olarak rotorda kullanılan sabit mıknatıs çapının artırılarak daha güçlü sabit mıknatısın monte edilmesi ile SMA'nın veriminin daha da artarak PTA'ya göre performansının daha iyi olacağı düşünülmektedir. SMA da meydana gelen sıcaklık artışlarının da SMA'ların hava ve su soğutmalı olarak tasarlanması neticesinde sıcaklık artışı engellenebilir.

KAYNAKLAR

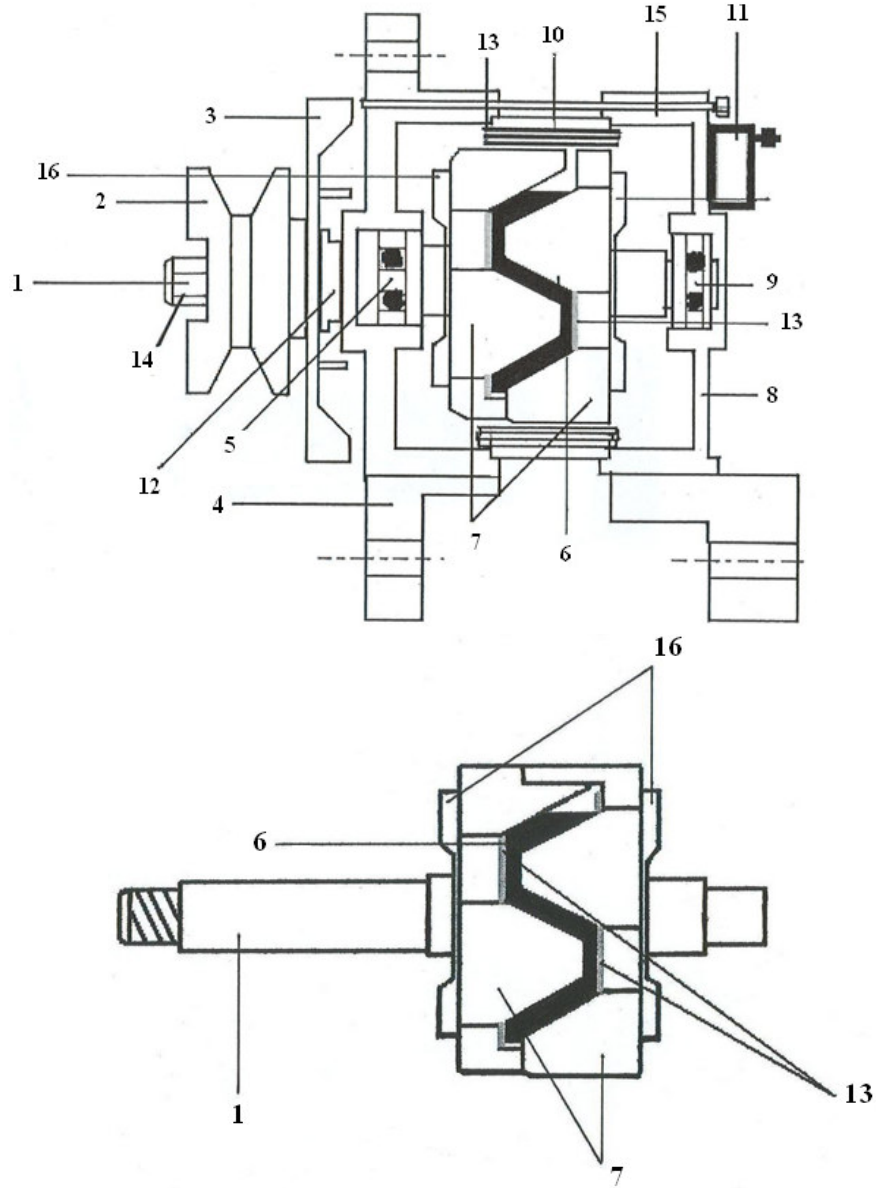
1. Yıldırım, M., Sağıcı, E., Mesut, E., Yıldızdal, E. ve Ağgez, S., “Alternatör test düzeneğinin hazırlanması”, Mezuniyet Tezi, *Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Karabük Teknik Eğitim Fakültesi*, Karabük, 1–52 (2007).
2. Perreault, D.J., Caliskan, V., “Automotive power generation and control”, *IEEE Transactions on Power Electronics*, 19 (3): 618–630 (2004).
3. Naidu, M., Boules, N. and Henry, R., “A high-efficiency high-power-generation system for automobiles”, *IEEE Transactions on Industry Applications*, 33 (6): 1535–1543 (1997).
4. Cai, W., “Comparison and review of electric machines for integrated starter alternator applications”, *IEEE Industry Applications Conference, 39th IAS Annual Meeting Conference*, 386–393 (2004).
5. Bürger, K.G., “Alternators”, Automotive Electric/Electronic Systems 2nd ed., Anton Beer, Arne Cypra, *Robert Bosch GmbH*, Stuttgart, 304–345 (1995).
6. Bhim, S., Singh, B P. and Dwivedi, S., “A state of art on different configurations of permanent magnet brushless machines”, *Journal of Institution of Engineers, India*, 87: 63–73 (2006).
7. Dutta, R., Rahman, M. F., “Design and analysis of an interior permanent magnet (IPM) machine with very wide constant power operation range”, *IECON 2006 IEEE Industrial Electronics Conference*, 1375–1380 (2006).
8. Karaman, M., “Otomotiv elektrik ve elektroniği dersi eğitim CD’si”, Yüksek Lisans Tezi, *Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Zonguldak, (2003).
9. Ersan, K., “Oto elektrik ve elektroniği dersi yardımcı ders notları”, *Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi*, Ankara 4–43 (2000).
10. Denton, T. “Charging systems”, Automobile electrical and electronic systems, *Butterworth-Heinemann*, 117–133 (2004).
11. Kuppers, S., Henneberger, G., “Numerical procedures for the calculation and design of automotive alternators”, *IEEE Transactions on Magnetics*, 33 (2): 2022–2025 (1997).

12. Reinhard, M., “Alternators”, Alternator and Satator Motors, Karl-Heinz Dietsche, Thomas Jager, **Robert Boasch GmbH**, Stuttgart, 4–51 (2003).
13. İnternet: Meslekî Eğitim ve Öğretim Sisteminin Güçlendirilmesi Projesi “Motorlu Araçlar Teknolojisi Şarj Sistemleri” <http://www.megep.meb.gov.tr/mte%5Fprogram%5Fmodul/> (2010).
14. Liaw, C.Z., Soong, W.L. and Ertugrul, N., “Low-speed output power improvement of an interior PM automotive alternator”, **IEEE Industry Applications Conference, 41st IAS Annual Meeting, Conference Record of the 2006**, 27–33 (2006).
15. Henneberger, G., Kuppers, S., “Improvement of the output performance of claw-pole alternators by additional permanent magnets”, **Proceedings of the International Conference on Electrical Machines**, 472–476 (1994).
16. Perreault, D., Caliskan, V., “A new design for automotive alternators”, **SAE Paper 2000-01-C084, IEEE-SAE International Conference on Transportation Electronics**, 1–12 (2000).
17. Ayçicek, E., “Sürekli mıknatıs teknolojisi ve enerji verimliliği açısından önemi”, (<http://www.elektrikport.com/yazar-yazisi-oku/41.5>, 2009).
18. İnternet: Aksa Magnet “Neodium Mıknatıslar” <http://aksamagnet.com.tr/tr/neodium-samarium.html> (2009).
19. İnternet: Application Note “Permanent Magnets Alternators” <http://www.aetsa.com/Application%20Note.pdf> (2010).
20. Niekerk, H.R , “Permanent magnet alternators for stand alone electricity generation”, **IEEE AFRICON Conference**, 451–455 (1996).
21. Ünsal, V., “İçten yanmalı motorlarda gerçek zamanlı olarak arıza teşhisi”, Yüksek Lisans Tezi, **Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Karabük, (2008).
22. İnternet: Mako Elektrik Sanayi ve Ticaret A.Ş. “12V AA125R-14V-45A Özelliklerindeki Peççe Tipi Alternatörün Teknik Katolog Bilgileri” <http://www.mako.com.tr>, (2009).
23. İnternet: Senecauc “K-LINE K109TC Thermocouple Converter” http://www.issltd.co.uk/acatalog/K109TC_DS.pdf (2010).
24. İnternet: Baykon “Load Cell BP022” <http://www.baykon.com/files/bp022.pdf> (2010).
25. İnternet: Senecauc “Z-SG Load Cell Converter” http://www.senecauc.com/acatalog/ZSG__Strain_Gauge_Load_Cell_Conve
[rter.html](http://www.senecauc.com/acatalog/ZSG__Strain_Gauge_Load_Cell_Conve) (2010).

26. İnternet: Mefa Sensör “M12 DA 3 Telli Endüktif Sensör ” <http://www.mefa.com.tr/e10.htm> (2010).
27. İnternet: Net Mühendislik Otomasyon San. ve Tic. A.Ş. “Seneca Z111 Pulses Converters and Signal Processors” <http://www.netmuh.com.tr/images/stories/seneca/zline.pdf> (2010).
28. İnternet: Advantech “PCI-1716/L 250 kS/s, 16-bit, 16-ch PCI Multifunction Card” http://origindownload.advantech.com/ProductFile/1-32AN5Y/PCI-1716L_DS.pdf (2010).
29. Wai, J., Jahns, T.M., “A new control technique for achieving wide constant power speed operation with an interior PM alternator machine”, *IEEE Industry Applications Conference, 36th IAS Annual Meeting, Conference Record of the 2001*, 807–814 (2001).
30. David, J., Perreault, Khurram Afridi and Iftikhar A. Khan, “Automotive applications of power electronics”, *Power Electronics Handbook Devices, Circuits, and Applications*, Elsevier Inc 635–659 (2007).
31. Tracy, M., “How to diagnose and repair automotive electrical systems”, *Motorbooks*, Saint paul, 69–90 (2005).
- 32 Rivas, J., Perreaultd, D. and Keim, T., “Performance improvement of alternators with switched-mode rectifiers”, *IEEE Transactions on Energy Conversion*, 19, 561–568 (2004).
33. Julian, A.L., Oriti, G., “New brushless alternator for automotive applications”, *IEEE Industry Applications Conference, Thirty-Sixth IAS Annual Meeting*, 1 (30): 443–448 (2001).
34. Comanescu, M., Keyhani, A. and Min D., “Design and analysis of 42-V permanent-magnet generator for automotive applications”, *IEEE Transactions on Energy Conversion*, 18: 107–112 (2003).
35. Soong, W.L., Ertugrul, N., “Inverterless high-power interior permanent-magnet automotive alternator”, *IEEE Transactions on Industry Applications*, 40 (4): 1083–1091 (2004).
36. Liaw, C.Z., Whaley, D.M., Soong, W.L. and Ertugrul, N., “Investigation of inverterless control of interior permanent-magnet alternators”, *IEEE Transactions on Industry Applications*, 42 (2): 536–543 (2006).

EK AÇIKLAMALAR A

SABİT MIKNATISLI ALTERNATÖRÜN TEKNİK ÇİZİMİ VE PARÇALARI



- | | |
|---------------------|-------------------------|
| 1- Rotor Mili | 9- Arka Kapak Rulmanı |
| 2- Kasnak | 10- Stator |
| 3- Pervane Soğutucu | 11- Regülatör |
| 4- Ön Kapak | 12- Ara Pulu |
| 5- Ön Kapak Rulmanı | 13- İzalatör |
| 6- Daimi Mıknatıs | 14- Mil Tespit Somunu |
| 7- Kutup | 15- Montaj Saplaması |
| 8- Arka Kapak | 16- İç Pervane Soğutucu |

Şekil A.1. Sabit mıknatıslı alternatörün teknik çizimi.

EK AÇIKLAMALAR B

ARAÇ SİSTEMLERİNDE KULLANILAN GÜÇ GEREKSİNİMLERİ

Çizelge B.1. Taşıt elektrik sisteminde kullanılan yükler. [10].

Yükler	Güç (W)	14V Alternatörler için Akım (A)	28V Alternatörler için Akım (A)
Ateşleme	30	2.0	1.0
Yakıt Enjeksiyonu	70	4.0	2.5
Yakıt Pompası	70	4.0	2.5
Göstergeler	10	1.0	0.5
Toplam	180	13.0	5.5
Uzun Süreli Yükler	Güç (W)	Akım (A)	Akım (A)
Yan ve arka sinyaller	30	2.0	1.0
Plaka Lambaları	10	1.0	0.5
Farlar	200	14.0	7.0
Arka Işıklar	160	12.0	5.0
Kontrol Paneli	25	2.0	1.0
Radyo Kaset/CD	15	1.0	0.5
Toplam	440	32	15
Kesintili Yükler	Güç (W)	Akım (A)	Akım (A)
Isıtıcı	50	3.5	2.0
Gösterge	50	3.5	2.0
Stop Lambaları	40	3.0	1.5
Ön Silecekler	80	5.0	3.0
Arka Silecekler	50	3.5	2.0
Elektrikli Camlar	150	11.0	4.5
Radyatör Soğutma Fan	150	11.0	4.5
Kalorifer	80	5.0	3.0
Arka Camın Isıtılması	120	9.0	3.5
İç Aydınlatma	10	1.0	0.5
Korna	40	3.0	1.5
Arka Sis Lambaları	40	3.0	1.5
Geri Vites Lambası	40	3.0	1.5
Spot Lambaları	110	8.0	3.0
Sigara Çakmağı	100	7.0	3.5
Far Silecekleri	100	7.0	3.5
Koltuk Hareket Mekanizması	150	11.0	4.5
Koltuk ısıtıcısı	200	13.0	7.0
Sun-roof	150	11.0	4.5
Elektrikli aynalar	10	1.0	0.5
Toplam	1.72 kW	124.5	63.5

ÖZGEÇMİŞ

Metin KAYNAKLI 1981 yılında Konya’da doğdu; ilk ve orta öğrenimini Konya/Ereğli’de tamamladı. Ereğli Endüstri Meslek Lisesi Motor Bölümü’nden mezun oldu. 2003 yılında Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Karabük Teknik Eğitim Fakültesi Makine Eğitimi Bölümü Otomotiv öğretmenliği programında lisans öğrenime başlayıp 2007 yılında iyi derece ile mezun olduktan sonra 2007 yılında Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Eğitimi Bölümünde Yüksek Lisans Eğitimine başladı ve halen eğitim hayatına devam etmektedir.

ADRES BİLGİLERİ

Adres: Karabük Üniversitesi
Fen Bilimler Enstitüsü
Balıklarkayası Mevkii
78050 KARABÜK

Tel : (506) 205 1750

E-posta : kaynaklim@hotmail.com