

KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ELEKTRİK MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ASENKRON MOTORLARDA ELEKTRİKSEL PARAMETRELER
İLE VERİM ANALİZİ

AHMET FARAŞOĞLU

KOCAELİ 2022

KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ELEKTRİK MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**ASENKRON MOTORLARDA ELEKTRİKSEL PARAMETRELER
İLE VERİM ANALİZİ**

AHMET FARAŞOĞLU

Dr. Öğr. Üyesi Gül KURT
Danışman, Kocaeli Üniv.

.....

Dr. Öğr. Üyesi Mehmet Aytaç ÇINAR
Jüri Üyesi, Kocaeli Üniv.

.....

Dr. Öğr. Üyesi İbrahim Gürsu TEKDEMİR
Jüri Üyesi, Bursa Teknik Üniv.

.....

Tezin Savunulduğu Tarih: 17.01.2022

ETİK BEYAN VE ARAŞTIRMA FONU DESTEĞİ

Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada,

- Bu tezin bana ait, özgün bir çalışma olduğunu,
- Çalışmamın hazırlık, veri toplama, analiz ve bilgilerin sunumu olmak üzere tüm aşamalarında bilimsel etik ilke ve kurallara uygun davrandığımı,
- Bu çalışma kapsamında elde edilen tüm veri ve bilgiler için kaynak gösterdiğimi ve bu kaynaklara kaynakçada yer verdiğimi,
- Bu çalışmanın Kocaeli Üniversitesi'nin abone olduğu intihal yazılım programı kullanılarak Fen Bilimleri Enstitüsü'nün belirlemiş olduğu ölçütlere uygun olduğunu,
- Kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı,
- Tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı,

beyan ederim.

Bu tez çalışmasının herhangi bir aşaması hiçbir kurum/kuruluş tarafından maddi/alt yapı desteği ile desteklenmemiştir.

Bu tez çalışması kapsamında üretilen veri ve bilgiler tarafından no'lu proje kapsamında maddi/alt yapı desteği alınarak gerçekleştirilmiştir.

Herhangi bir zamanda, çalışmamla ilgili yaptığım bu beyana aykırı bir durumun saptanması durumunda, ortaya çıkacak tüm ahlaki ve hukuki sonuçları kabul ettiğimi bildiririm.

Ahmet FARAŞOĞLU

YAYIMLAMA VE FİKRİ MÜLKİYET HAKLARI

Fen Bilimleri Enstitüsü tarafından onaylanan lisansüstü tezimin tamamını veya herhangi bir kısmını, basılı ve elektronik formatta arşivleme ve aşağıda belirtilen koşullarla kullanıma açma izninin Kocaeli Üniversitesi'ne verdiğimi beyan ederim. Bu izinle Üniversiteye verilen kullanım hakları dışındaki tüm fikri mülkiyet haklarım bende kalacak, tezimin tamamının ya da bir bölümünün gelecekteki çalışmalarda (makale, kitap, lisans ve patent vb.) kullanımı bana ait olacaktır.

Tezin kendi özgün çalışmam olduğunu, başkalarının haklarını ihlal etmediğimi ve tezimin tek yetkili sahibi olduğumu beyan ve taahhüt ederim. Tezimde yer alan telif hakkı bulunan ve sahiplerinden yazılı izin alınarak kullanılması zorunlu metinlerin yazılı izin alarak kullandığımı ve istenildiğinde suretlerini Üniversiteye teslim etmeyi taahhüt ederim.

Yükseköğretim kurulu tarafından yayınlanan **“Lisansüstü Tezlerin Elektronik Ortamda Toplanması, Düzenlenmesi ve Erişime Açılmasına İlişkin Yönerge”** kapsamında tezim aşağıda belirtilen koşullar haricinde YÖK Ulusal Tez Merkezi/ Kocaeli Üniversitesi Kütüphaneleri Açık Erişim Sisteminde erişime açılır.

- Enstitü yönetim kurulu kararı ile tezimin erişime açılması mezuniyet tarihinden itibaren 2 yıl ertelenmiştir.
- Enstitü yönetim kurulu gerekçeli kararı ile tezimin erişime açılması mezuniyet tarihinden itibaren 6 ay ertelenmiştir.
- Tezim ile ilgili gizlilik kararı verilmemiştir.

Ahmet FARAŞOĞLU

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR

Yüksek lisans öğrenimim boyunca alanım ile ilgili araştırma, öğrenme ve uygulama süreçlerinde bulunurken yanımda olan, bilgi birikimi ve tecrübelerinden yararlandığım değerli tez danışmanım Dr. Öğr. Üyesi Gül KURT'a, öğrenmenin sürekliliğine inanan ve parçası olmaktan mutluluk duyduğum Kocaeli Üniversitesi Elektrik Mühendisliği ailesine bana kattıklarından dolayı teşekkürü borç bilirim.

Çalışmalarım sırasında her zaman yanımda olan, sevgisini ve desteğini her an hissettiğim sevgili nişanlıma, hayatım boyunca üzerimde emeği çok büyük olan anneme, babama ve değerli kardeşlerime saygı ve sevgilerimi sunarım.

Ayrıca bu süreçte yanımda olan tüm sevdiklerime tüm içtenliğimle teşekkür ederim.

Ocak– 2022

Ahmet FARAŞOĞLU

İÇİNDEKİLER

ETİK BEYAN VE ARAŞTIRMA FONU DESTEĞİ	i
YAYIMLAMA VE FİKRİ MÜLKİYET HAKLARI	ii
ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR.....	iii
İÇİNDEKİLER	iv
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	vi
TABLolar DİZİNİ	vii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	viii
ÖZET.....	ix
ABSTRACT.....	x
1. GİRİŞ	1
2. GENEL BİLGİLER.....	3
2.1. Tez Çalışmasının Amacı	3
2.2. Geçmişte Yapılmış Çalışmalar	3
2.3. Tez Çalışmasının Katkısı	4
3. ASENKRON MOTORLAR.....	6
3.1. Asenkron Motor Çeşitleri	6
3.1.1. Sincap Kafesli (Kısa Devre Rotorlu) Asenkron Motorlar	6
3.1.2. Rotoru Sargılı (Bilezikli) Asenkron Motorlar	7
3.1.3. Sincap Kafesli ve Rotoru Sargılı Asenkron Motorların Karşılaştırılması	7
3.2. Asenkron Motorun Çalışması	8
3.2.1. Asenkron Motorun Eşdeğer Devresi	10
3.2.2. Boşta Çalışma Deneyi	11
3.2.3. Kısa Devre (Kilitli Rotor) Deneyi	12
3.2.4. Yüklü Çalışma Deneyi	13
4. ASENKRON MOTORLARDA VERİMLİLİK TAHMİN YÖNTEMLERİ.....	15
4.1. Asenkron Motor Kayıpları ve Verimliliğin Tanımı.....	15
4.2. Verimlilik Tahmin Yöntemleri	17
4.2.1. Etiket Plakası Yöntemleri	17
4.2.1.1. Standart Etiket Değerleri Yöntemi	17
4.2.1.2. Volgelsang ve Benning (V&B) Yöntem I, II: V&B.....	17
4.2.2. Kayma Yöntemleri.....	18
4.2.2.1. Standart Kayma Yöntemi	18
4.2.2.2. Ontario Hidro Modifiye Edilmiş Kayma Yöntemi.....	18
4.2.2.3. Üst Sınır Kayma Yöntemi	18
4.2.3. Akım Yöntemleri	19
4.2.3.1. Standart Akım Yöntemi.....	19
4.2.4. Eşdeğer Devre Yöntemleri	20
4.2.4.1. Standart Eşdeğer Devre Yöntemi (IEEE Std-112 Yöntemi F/F1).....	20
4.2.4.2. Ontario Hydro Modifiye Yöntem F (OHMF)	20
4.2.4.3. Etiket Değerleri Eşdeğer Devresi (ORMEL96) Yöntemi	20
4.2.4.4. Rockwell Motor Verimliliği Wizard (RMEW) Yöntemi.....	21
4.2.4.5. Kilitli Rotor Yöntemi:	21
4.2.4.6. Durma Frekansı Yanıt Yöntemi	21

4.2.5. Kayıpları Ayırma Yöntemleri.....	22
4.2.5.1.Std. Ayrılmış Kayıp Yöntemi (IEEE Std-112 Yöntemi E1)	22
4.2.5.2.Ontario Hydro Modifiye Yöntem E (OHME)	22
4.2.6. Moment Yöntemleri.....	23
4.2.6.1. AGT(Air Gap Torque) Yöntemi	23
4.2.6.2. Mil Moment Yöntemi	24
4.2.7. Diğer Yöntemler.....	24
4.3. Verimlilik Tahmin Yöntemlerinin Karşılaştırılması.....	24
5. AKIM YÖNTEMİ İLE ASENKRON MOTORDA DENEYSSEL VERİM ANALİZİ ÇALIŞMASI.....	26
5.1. Asenkron Motor Verim Ölçümü Deney Sistemi	26
5.1.1. Deney Sisteminin Şematik Yapısı	26
5.1.2. Deney Sisteminin Saha Yapısı	27
5.2. Deney Sistemi Ekipmanları	28
5.2.1. Asenkron Motor	28
5.2.2. Asenkron Motor Sürücüsü	29
5.2.3. Torkmetre	30
5.2.4. Çok Fonksiyonlu Enerji Analizörü	31
5.2.5. Pompa Sistemi	32
5.2.6. Debimetre	33
5.2.7. Takometre	33
5.3. Yapılan Testler Ve Alınan Veriler.....	34
5.3.1. Su Debisi 393,6 m ³ /h İken Deney Sonuçları	34
5.3.2. Su Debisi 369,4 m ³ /h İken Deney Sonuçları	37
5.3.3. Su Debisi 349,5 m ³ /h İken Deney Sonuçları	40
5.3.4. Su Debisi 309,3 m ³ /h İken Deney Sonuçları	44
5.3.5. Su Debisi 248,5 m ³ /h İken Deney Sonuçları	45
5.3.6. Su Debisi 229,4 m ³ /h İken Deney Sonuçları	48
5.3.7. Su Debisi 201,1 m ³ /h İken Deney Sonuçları	49
5.3.8. Su Debisi 161,7 m ³ /h İken Deney Sonuçları	51
5.3.9. Su Debisi 110,4 m ³ /h İken Deney Sonuçları	53
5.3.10.Su Debisi 59,4 m ³ /h İken Deney Sonuçları	54
5.4. Alınan Veriler Kullanılarak Akım Yöntemi İle Verim Hesaplama	56
5.4.1. Akım Yöntemi ile Verim Hesaplama	56
5.4.2. Moment Yöntemi ile Verim Hesaplama	62
5.5. Akım Yöntemi İle Hesaplanan Verimin Test Sonuçları İle Karşılaştırılması.....	63
6. AKIM YÖNTEMİ İLE VERİM ANALİZİ SONUÇLARININ KULLANILABİLECEĞİ ÖRNEK MOTOR İZLEME SİSTEMİ.....	68
6.1. Motor İzleme Algoritması	68
6.2. Motor İzleme Sistemi Çalışma Ekranı	71
7. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	74
KAYNAKLAR	76
KİŞİSEL YAYIN VE ESERLER.....	79
ÖZGEÇMİŞ	80

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1.	R-S-T gerilimleri arasındaki 120° elektriksel faz farkı.....	8
Şekil 3.2.	Üç fazlı döner alan oluşumu.....	9
Şekil 3.3.	Asenkron motor T tipi eşdeğer devresi.	10
Şekil 3.4.	Asenkron motorun boşa çalışma bağlantı şeması.	11
Şekil 3.5.	Asenkron motorun kısa devre çalışma bağlantı şeması.....	13
Şekil 5.1.	Deney sisteminin şematik yapısı.	26
Şekil 5.2.	Deney sisteminin saha görüntüsü.	27
Şekil 5.3.	Deney sisteminin saha görüntüsü.	28
Şekil 5.4.	Asenkron motor görüntüsü.	29
Şekil 5.5.	Değişken hız sürücüsü görüntüsü.	30
Şekil 5.6.	Torkmetre görüntüsü.	31
Şekil 5.7.	Çok fonksiyonlu enerji analizörü görüntüsü.	32
Şekil 5.8.	Pompa sistemi görüntüsü.	33
Şekil 5.9.	Debimetre görüntüsü.	33
Şekil 5.10.	Takometre görüntüsü.....	34
Şekil 5.11	Motor verimi karşılaştırma grafiği 1.	65
Şekil 5.12	Motor verimi karşılaştırma grafiği 2.	66
Şekil 6.1.	Örnek motor izleme sistemi akış şemasında algoritma çıkış cevapları.....	69
Şekil 6.2.	Örnek motor izleme sistemi akış şeması.	70
Şekil 6.3.	Faz akımları takip ekranı.	71
Şekil 6.4.	Hat gerilimleri takip ekranı.	72
Şekil 6.5.	Motor yüklenme, motor sıcaklık ve motor verim takip ekranı.....	72
Şekil 6.6.	Motor değişim ekranı.	73
Şekil 6.7.	Örnek motor izleme sistemi ekran görüntüsü.	73

TABLolar DİZİNİ

Tablo 4.1.	IEEE Std-11'de diğ er yük kayıbları için varsayılan değ erler.	22
Tablo 4.2.	Asenkron motorlarda verimlilik tahmin yöntemlerinin karşılaştırılması.	25
Tablo 5.1.	Asenkron motor etiket bilgileri.	28
Tablo 5.2.	Su debisi 393,6 m ³ /h iken alınan veriler.	34
Tablo 5.3.	Su debisi 369,4 m ³ /h iken alınan veriler.	38
Tablo 5.4.	Su debisi 349,5 m ³ /h iken alınan veriler.	40
Tablo 5.5.	Su debisi 309,3 m ³ /h iken alınan veriler.	44
Tablo 5.6.	Su debisi 248,5 m ³ /h iken alınan veriler.	46
Tablo 5.7.	Su debisi 229,4 m ³ /h iken alınan veriler.	49
Tablo 5.8.	Su debisi 201,1 m ³ /h iken alınan veriler.	49
Tablo 5.9.	Su debisi 161,7 m ³ /h iken alınan veriler.	51
Tablo 5.10.	Su debisi 110,4 m ³ /h iken alınan veriler.	53
Tablo 5.11.	Su debisi 59,4 m ³ /h iken alınan veriler.	55
Tablo 5.12.	Boşta çalışma deneyi akım değ erleri.	57
Tablo 5.13.	Su debisi 393,6 m ³ /h iken alınan verilerin maksimum, minimum ve ortalama değ erleri.	58
Tablo 5.14.	Su debisi 369,4 m ³ /h iken alınan verilerin maksimum, minimum ve ortalama değ erleri.	58
Tablo 5.15.	Su debisi 349,5 m ³ /h iken alınan verilerin maksimum, Minimum ve ortalama değ erleri.	58
Tablo 5.16.	Su debisi 309,3 m ³ /h iken alınan verilerin maksimum, minimum ve ortalama değ erleri.	59
Tablo 5.17.	Su debisi 248,5 m ³ /h iken alınan verilerin maksimum, minimum ve ortalama değ erleri.	59
Tablo 5.18.	Su debisi 229,4 m ³ /h iken alınan verilerin maksimum, minimum ve ortalama değ erleri.	59
Tablo 5.19.	Su debisi 201,1 m ³ /h iken alınan verilerin maksimum, minimum ve ortalama değ erleri.	60
Tablo 5.20.	Su debisi 161,7 m ³ /h iken alınan verilerin maksimum, minimum ve ortalama değ erleri.	60
Tablo 5.21.	Su debisi 110,4 m ³ /h iken alınan verilerin maksimum, minimum ve ortalama değ erleri.	60
Tablo 5.22.	Su debisi 59,4 m ³ /h iken alınan verilerin maksimum, minimum ve ortalama değ erleri.	61
Tablo 5.23.	Denklem (5.1) kullanılarak hesaplanan verim değ erleri.	61
Tablo 5.24.	Denklem (5.2) kullanılarak hesaplanan verim değ erleri.	62
Tablo 5.25.	Denklem (5.3) kullanılarak hesaplanan verim değ erleri.	63
Tablo 5.26.	Verim değ erleri ve hata yüzdeleri.	64

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

V_f	: Bir faz gerilimi
I_1	: Stator akımı
R_1	: Stator faz direnci
X_1	: Stator kaçak reaktansı
I_0	: Boşta çalışma akımı
R_c	: Demir direnci
I_c	: Boşta çalışma akımının aktif bileşeni
I_m	: Mıknatıslanma akımı
X_m	: Mıknatıslanma reaktansı
X_2'	: Statora indirgenmiş rotor kaçak reaktansı
R_2'	: Statora indirgenmiş rotor direnci
V_0	: Boşta çalışmada fazlar arası gerilim
S	: Kayma
V_k	: Kısa devre gerilimi
I_k	: Kısa devre akımı
P_k	: Kısa devre gücü
$\cos \theta_k$: Kısa devre çalışmada güç katsayısı
$P_{Giriş}$: Giriş aktif güç
$P_{Çıkış}$: Çıkış aktif güç
W_s	: Stator bakır kaybı
W_r	: Rotor bakır kaybı
$W_{Çekirdek}$: Çekirdek kaybı
W_{fw}	: Rüzgar ve sürtünme kaybı
W_{LL}	: Diğer yük kayıpları
W_{fw}	: Rüzgar ve sürtünme kaybı
η	: Verim
I_{Anma}	: Etiket akımı
$I_{Boşta}$: Boşta çalışma akımı
T_{Mil}	: Mil momenti
ω_r	: Rotor hızı
i_A, i_B, i_C	: Hat akımları
V_{CA}, V_{AB}	: Hat gerilimleri

Kısaltmalar

AGT	: Air Gap Torque (Hava Boşluğu Momenti)
CSA	: Canadian Standards Association (Kanada Standartlar Birliği)
IEC	: International Electrotechnical Commission (Uluslararası Elektroteknik Komisyonu)
IEEE	: Institute of Electrical and Electronics Engineers (Elektrik ve Elektronik Mühendisleri Enstitüsü)
JEC	: Japanese Electrotechnical Committee (Japon Elektroteknik Komitesi)
NEMA	: National Electrical Manufacturers Association (Ulusal Elektrik Üreticileri Birliği)

ASENKRON MOTORLARDA ELEKTRİKSEL PARAMETRELER İLE VERİM ANALİZİ

ÖZET

Üretilen elektrik enerjisinin büyük bir kısmının fosil yakıtlardan elde edilmesi ve dünyada bulunan fosil yakıtların hızla tükenmesi aynı zamanda bu kaynakların yarattığı çevre sorunları, tasarruf ve enerji verimliliğini gündeme getirmiştir. Hali hazırda üretilen elektrik enerjisinin yaklaşık yarısı endüstriyel tesislerde, endüstriyel tesislerde kullanılan elektriğin ise yaklaşık %65'ini elektrik motorlarının tükettiği bilinmektedir. Bu sebepten ötürü endüstriyel tesislerde kullanılan elektrik motorlarında yapılacak iyileştirmeler ile büyük enerji tasarrufu tasarrufları yapmak mümkündür. Bu sebeple elektrik enerjisinin tüketiminde büyük paya sahip olan elektrik motorlarının verim değerleri çok önemlidir. Bu tez çalışmasında asenkron motorlarda verim tahmin yöntemleri irdelenmiş olup endüstriyel tesislerde kullanıma en uygun olduğu düşünülen Akım Yöntemi ile Verim Tanmini yöntemi seçilmiştir. Akım yöntemi ile verim tahmininin doğruluğunu ölçmek için deney sistemi oluşturulmuştur. Deney sonucunda yöntemin endüstriyel tesislerde kullanılabilir bir hata ile tahmin yaptığı görülmüştür. Yöntem ile hesaplanan verim değeri kullanılarak Örnek Motor İzleme Sistemi tasarlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Asenkron Motorlarda Verim, Elektrik Motorlarında Verim Analiz Yöntemleri, Enerji Verimliliği, Motor İzleme Sistemi.

EFFICIENCY ANALYSIS OF ASYNCHRONOUS MOTORS WITH ELECTRICAL PARAMETERS

ABSTRACT

At the same time, environmental problems caused by these resources, savings and energy efficiency have been raised as a result of the fact that most of the electricity produced is derived from fossil fuels and the rapid depletion of fossil fuels found in the world. It is known that about half of the currently generated electrical energy is consumed by industrial facilities, and about 65% of the electricity used in industrial facilities is consumed by electric motors. For this reason, it is possible to make great energy saving savings with improvements to the electric motors used in industrial plants. For this reason, the efficiency values of electric motors, which have a large share in the consumption of electrical energy, are very important. In this thesis study, efficiency estimation methods of asynchronous motors were examined and the Current Method and Efficiency Determination method, which are considered to be the most suitable for use in industrial plants, were selected. An experimental system has been created to measure the accuracy of yield estimation using the current method. As a result of the experiment, it was found that the method makes an error-free prediction that can be used in industrial facilities. A Sample Engine Monitoring System was designed using the efficiency value calculated by the method.

Keywords: Efficiency in Asynchronous Motors, Efficiency Analysis Methods in Electric Motors, Energy Efficiency, Engine Monitoring System.

1. GİRİŞ

Ülkemizde üretilen toplam elektrik enerjisinin yaklaşık yarısının endüstriyel işletmelerde, endüstriyel işletmelerde kullanılan elektriğin ise %65'ini elektrik motorlarının tükettiği bilinmektedir. Ortalama olarak, endüstriyel tesislerdeki motorlar, büyük boyutlu tesisler veya düşük koşullar nedeniyle nominal yüklerinin% 60'ında çalışır ve bunun sonucu olarak oldukça düşük verimliliğe sahiptir. Küresel enerji kıtlığı ve sera etkisi artışı, sanayide kullanılan elektrik motorlarının enerji kullanımının iyileştirilmesi daha fazla dikkat çekmeye başlamıştır. Bu, büyük boyutlu motorların proses ihtiyacına göre optimize edilerek daha ufak boyutlu ve daha verimli motorlar ile değiştirmek veya daha verimli kontrol teknikleri uygulamak gibi birçok yolla yapılabilir.

Bu tez çalışmasında asenkron motorlarda verim tahmin yöntemleri irdelenmiş olup endüstriyel tesislerde kullanıma en uygun olduğu düşünülen Akım Yöntemi ile Verim Tahmini yöntemi seçilmiştir. Akım yöntemi ile verim tahmininin doğruluğunu ölçmek için deney sistemi oluşturulmuştur. Deney sonucunda yöntemin endüstriyel tesislerde kullanılabilir bir hata ile tahmin yaptığı görülmüştür. Yöntem ile hesaplanan verim değeri kullanılarak Motor İzleme Sistemi tasarlanmıştır.

Bölüm 2'de tez çalışmasının genel amacı, geçmişte yapılmış çalışmalar ve tez çalışmasının literatüre olan katkısı ortaya konmaktadır.

Bölüm 3'te Asenkron motor tanımı, asenkron motor çeşitleri ve asenkron motorun çalışması anlatılmaktadır. Asenkron motorun çalışması içeriğinin altında asenkron motorun eşdeğer devresi, boşa çalışma deneyi, kısa devre deneyi ve yüklü çalışma deneyi irdelenmiştir.

Bölüm 4'te Asenkron motor kayıpları, Asenkron motorda verim, asenkron motorda verim tahmin yöntemleri detaylı şekilde incelenmiştir. Bu bölümün sonunda asenkron motorlarda verim tahmin yöntemleri birkaç farklı açıdan karşılaştırılarak listelenmiştir.

Bölüm 5'te, tez konusu üzerinde yapılan çalışmalar anlatılmaktadır. Asenkron motorda akım yöntemi ile verim analiz yapmak için kullanılan ekipmanlar, gerçekleştirilen

deney sistemi ve uygulama detaylı bir şekilde anlatılmaktadır. Gerçekleştirilen deney sistemi ve hesaplama sonuçları paylaşılmaktadır.

Bölüm 6'da Bölüm 5'te elde edilen sonuçlara dayanarak oluşturulan örnek motor izleme sistemi çalışma mantığı, yapısı ve kullanım ekranı paylaşılmaktadır.

Bölüm 7'de tez konusu çerçevesinde oluşturulan sonuçlar ve geliştirmeye dönük alanlar için önerilere yer verilmektedir.



2. GENEL BİLGİLER

2.1. Tez Çalışmasının Amacı

Ülkemizde ve dünyada artan enerji sorunları enerji verimliliğinin önemini bizlere bir kez daha hatırlatmıştır. Sanayide yüksek miktarlarda kullanılan asenkron motorlarda yapılacak iyileştirmeler yüksek miktarlarda enerji tasarrufu yapılmasına sebep olacaktır. Bu sebeple asenkron motorun güç tüketiminin azaltılarak ülke ekonomisine katkı sağlayabilmesi için, verim parametresinin izlenmesi önem arz etmektedir.

Bu tez çalışmasında, asenkron motorlarda akım yöntemi ile verim analizi deneysel olarak incelenmiştir. Sanayi tesislerinde kullanılabilen bir hata yüzdesi ile ölçüm yapabildiği görülmüştür. Akım yöntemi kullanılarak oluşturulan örnek motor izleme sistemi sayesinde motor veriminin de yaşanacak düşüşler görülerek motorun değişimi yada tamiri konusunda yorum yapılmaktadır. Program elektrik motorunun en verimli noktada çalışması sağlanmaktadır. Bu sayede daha az enerji tüketilerek ülke ekonomisine katkı yapılması amaçlanmaktadır.

2.2. Geçmişte Yapılmış Çalışmalar

Aşağıda literatürde yapılan çalışmalara kronolojik sıraya göre yer verilmektedir.

Saha koşullarında motor verimini ve yükü tahmin etme yöntemlerinin değerlendirilmesi adlı çalışmayı gerçekleştirmiştir. (Kueck ve diğ., 1996)

Asenkron motor verimliliği tahmin yöntemlerinin karşılaştırılması üzerine çalışma gerçekleştirmiştir. (Hsu ve diğ., 1998)

Motor verimliliğini tahmin etmek ve motor durumunu analiz etmek için bir yöntemin geliştirilmesi çalışmasını gerçekleştirmiştir. (Kueck, 1998)

Çalışan motorlarda müdahaleci olmayan motor verimliliği test yöntemlerinin laboratuvar ortamında gerçekleştirilerek, çalışma sonuçlarını değerlendirmektedir. (Wallance ve diğ., 2001)

Tesis enerji yönetimi amacıyla elektrik motorlarının verimliliğini belirlemek için doğru, düşük maliyetli bir yöntem geliştirmek üzerine çalışmıştır. (El-Ibiary, 2003)

Çalışan motorlarda verimliliğini değerlendirmek için mevcut yöntemlerin incelenmesi adlı çalışmayı gerçekleştirmiştir. (Lu ve diğ., 2004)

Hesaplanan ve ölçülen değerler kullanılarak sahada motor verimliliğinin belirlenmesinde pratik bir yaklaşım getirmektedir. (Holmquist, 2004)

Üç fazlı asenkron motorların verimliliğini yerinde değerlendirmek için dört yöntemin karşılaştırmalı bir analizini sunmaktadır. (Quispe ve Sarduy, 2009)

Matlab/Simulink ortamında aynı özelliklere sahip yüksek verimli ve standart asenkron motorlar skaler kontrol tekniği ile çalıştırılmış ve simülasyonlar detaylı olarak karşılaştırılmıştır. (Uzun ve Akar, 2018)

Gelişmekte olan ülkeler için alternatif olarak üstün verimli motorların kullanımı ile teknolojik fırsatların belirlenmesi üzerine çalışma gerçekleştirmiştir. (Gomez ve Quispe, 2020)

Gerçek zamanlı izleme göz önünde bulundurularak asenkron motorlarda enerji verimliliği tahmin yöntemlerinin değerlendirilmesi üzerine çalışmaktadır. (Santos ve diğ., 2020)

Elektrikli makinelerin moment-hız ilişkisindeki çeşitli kayıp bileşenlerinin değişimi hakkında genel bir bakış, her bir kayıp bileşeninin çok çeşitli moment ve hızlardaki rolünü ve önemini gösterilmektedir. (Roshandel ve Kahourzade, 2021)

Motor yapısını tasarlarken, motora en uygun yüksek verimlilik sağlayan kontrol yönteminin seçimi ile ilgili kombinasyonlar hakkında çalışmaktadır. (Dems ve Komeza, 2022)

2.3. Tez Çalışmasının Katkısı

Deney sonucunda elde edilen verilere ve hesaplamalara göre, asenkron motorun farklı yük durumlarında verimleri incelenmiştir. Akım yönteminin, moment yöntemi baz

alınarak yapılan hata değerlendirmesinde sanayide kullanım için uygun bir hata ile ölçüm yapılabildiği görülmüştür. Akım yönteminin diğer yöntemlere göre en büyük avantajı sisteme müdahale seviyesidir. Burada sisteme müdahale seviyesi ile anlatılmak istenen, bu çalışmada motor pompa sistemine verim ölçümü yapmak için eklenecek bileşenlerin miktarıdır. Asenkron motor girişinden alınacak akım gerilim ve güç parametreleri ile motorun verim analizi yapılabilmektedir.

Asenkron motorların sanayi alanında çok fazla kullanılmaları sebebiyle verimlilikte yapılacak küçük bir artış ülke ekonomisine büyük bir katkı sağlayacaktır. Bu tez çalışmasında üç fazlı asenkron motorlarda verimliliği artırmak için, en az müdahaleci verim analiz yöntemi ile verim tespiti yapılarak elde edilen sonuç geliştirilen motor izleme sisteminde değerlendirilmektedir. Deęerlendirme sonucunda motorun optimum noktada çalışması sağlanmaktadır. Bu tez çalışmasında asenkron motorda verimliliği artırmaya yönelik olarak ileride yapılacak çalışmalara referans olabilecek seviyede sonuçlar elde edilmiştir. İleriki zamanlarda gerçekleştirilecek çalışmalarda, motorların akım yöntemi ile verim analizleri gerçekleştirilebilir. Akım yöntemi ile elde edilen sonuçlar deneysel yolla elde edilen sonuçlar ile karşılaştırılabilir.

3. ASENKRON MOTORLAR

Asenkron motor ile ilgili çalışmalar 1820-1831 yılları arasında başlamıştır. Amper Kanunu 1825 ve Faraday Kanunu 1831 yılında bulunmuştur. Asenkron motorun ilk patenti 1888 yılında Nikola Tesla tarafından alınmıştır. Nikola Tesla iki yıl sonra endüstri tipi asenkron motor yapımını George Westinghouse firmasında gerçekleştirmiştir.(Sarioğlu, 1983).

Asenkron motorlar, uygulanan gerilim ile statorda meydana gelen manyetik alanın etkisiyle rotorda meydana gelen dönme hareketini, mekanik enerjiye çeviren elektrik makineleridir. Stator sargılarında meydana gelen manyetik alan dönüş hızı ile rotor dönüş hızı aynı değildir. Rotorun dönüş hızı daha düşüktür (Çolak, 2008).

Asenkron motorlar alternatif akım motor sınıfına girmektedir. Stator ve rotordan oluşmaktadır. Stator sabit duran kısım ve rotor dönen kısımdır. Statorlarında bulunan bir, iki, üç ve daha çok fazlı sargılara, alternatif gerilimler uygulanır. Bu motorların hızları yük ile çok az değişmektedir. Dönen rotorda bir, üç ya da daha çok fazlı sargılar bulunur. Stator sargılarından geçen akım, endüksiyon yolu ile rotor sargılarında gerilim endükler. Stator ve rotor arasında kalan hava aralığının radyal doğrultudaki boyu sabittir. Dönen rotor, duran statorun içinde bulunmaktadır. Bu nedenle statorun iç çevresi yarıçapı ve rotorunda dış çevresi yarıçapı sabittir (Sarioğlu, 1983).

Asenkron motorlar ucuz, sağlam, güvenilir ve bakım gereksiniminin az olması sebebiyle endüstride tercih edilmektedir. Asenkron motorlarda çalışma esnasında doğru akım motorlarındaki gibi ark oluşmamaktadır. Asenkron motorların devir sayıları yükte çok az değiştiğinden sabit devirli motorlar sınıfına girmektedir (Saçkan, 2003).

3.1. Asenkron Motor Çeşitleri

Asenkron motorlar rotor yapısına göre sincap kafesli ve rotoru sargılı (bilezikli) olmak üzere ikiye ayrılır (Altunsaçlı ve Alacacı, 1999).

3.1.1. Sincap Kafesli (Kısa Devre Rotorlu) Asenkron Motorlar

Rotor sac paketine belirlenen miktarda oluk açılır. Açılan bu oluklara eritilmiş alüminyum dökülür ve presleme işlemi yapılarak rotor tek parça haline getirilir. Rotor

çubuklarının iki tarafı alüminyum halkalarla kısa devre edilir. Halkalar üzerinde kanatçıklar bulunur. Bu kanatçıklar motorun soğumasını kolaylaştırır. Bu tip motorlara rotor çubuklarının kısa devre edilmesi sebebiyle sincap kafesli asenkron motor denir (Görkem, 2000).

Üç fazlı sincap kafesli asenkron motorlar bakıma az ihtiyaç duyarlar ve yapımı basit ucuz ve sağlamdır (Altunsaçlı ve Alacacı, 1999).

Asenkron motorların yol alma özellikleri iyi değildir. Yol almasını kolaylaştırmak amacıyla, yüksek çubuklu veya çift kafesli yapırlar. Ucuz ve basit oldukları için en çok kullanılan motorlardır (Güzelbeyoğlu, 2005).

Üç fazlı asenkron motorlarda rotorun hareket etmesi ile rotor oluklarından kaynaklı rotorda uğuldama, ısıklık çalma vb. değişik sesler meydana gelir. Rotor ve stator dişlerinin statorda bir noktada üst üste gelmesiyle ikisi arasında bir yönlü çekme kuvveti meydana gelir. Bu kuvvetlere sarsıcı kuvvetler denir. Asenkron motorun çalışmasını etkileyen bu sarsıcı kuvvetlerin etkisini en aza indirmek için rotor ve stator olukları eğik ve zikzaklı yapılıdır (Görkem, 2000).

3.1.2. Rotoru Sargılı (Bilezikli) Asenkron Motorlar

Rotor üzerine açılan oluklara yalıtılmış sargılar yerleştirilir. Bu sargılar arasında 120° elektriksel faz farkı vardır. Rotor sargıları aralarında yıldız bağlanır ve yıldız noktası dışarıya çıkarılmaz. Çıkış uçları rotor mili üzerindeki üç bileziğe bağlanır. Mil üzerinde bulunan üç bilezik rotor ile birlikte döner. Rotor sargılarına bilezikler üzerinde sabit duran fırçalar yardımıyla, bir AA kaynağından genliği ya da frekansı değiştirilebilen gerilim uygulanabilir. Ayrıca rotor sargılarına dışarıdan empedans bağlanabilir. Rotor sargıları genellikle tam kalıp sargılardır (Sarıoğlu, 1983).

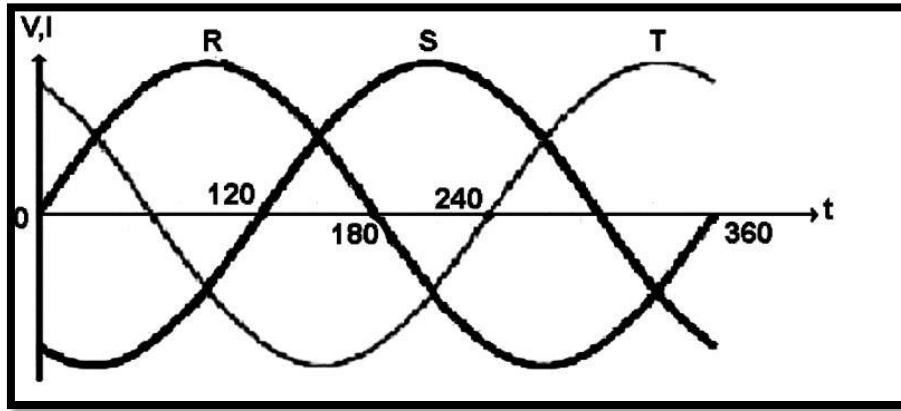
3.1.3. Sincap Kafesli ve Rotoru Sargılı Asenkron Motorların Karşılaştırılması

Sincap kafesli asenkron motorlar imal edilir iken rotoru sargılı asenkron motorlara göre daha az bakır kullanılır. Ayrıca basit ve ucuzdurlar. Sincap kafesli asenkron motorların tamir ve bakım masrafları düşüktür (Boduroğlu, 1988).

Rotoru sargılı asenkron motorların üstünlüğü; rotor hızının dışarıdan ayarlanabilir olmasıdır. Yol alma anında rotor devresine maksimum direnç ilave edilirse, yol alma akımı düşer ve yol alma momenti maksimum olur. Ancak rotoru sargılı asenkron motorların sincap kafesli asenkron motorlara göre daha maliyetlidir.(Altunsaçlı ve Alacacı 1999).

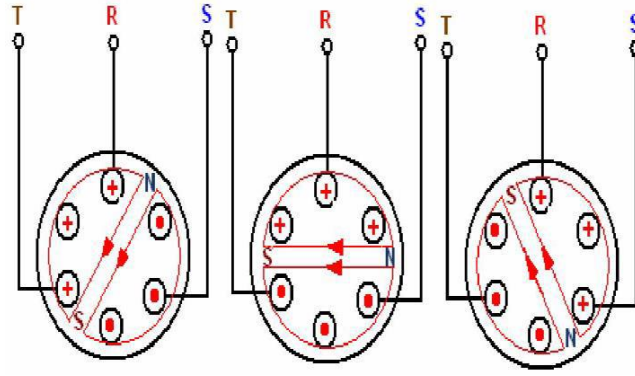
3.2. Asenkron Motorun Çalışması

Üç fazlı asenkron motorun stator sargıları arasında 120° elektriksel faz farkı bulunmaktadır. Yani statora uygulanan R-S-T fazları arasında 120° elektriksel faz farkı vardır. Alternatif gerilimin uygulanmasıyla üç fazlı asenkron motorun stator sargılarında manyetik alan meydana gelir. Stator ve rotor arasındaki hava aralığından geçen manyetik akının etkisiyle rotor üzerinde alternatif gerilim endüklenir. Böylece rotor üzerinde bir manyetik alan oluşur. Rotor üzerinde oluşan manyetik alan etkisiyle bir döndürme kuvveti oluşur. Bu döndürme kuvvetinin etkisiyle rotor döner manyetik alan yönünde senkron hıza yakın bir hızda döner. Rotor hızı senkron hıza göre daha azdır (MEB, 2011a).

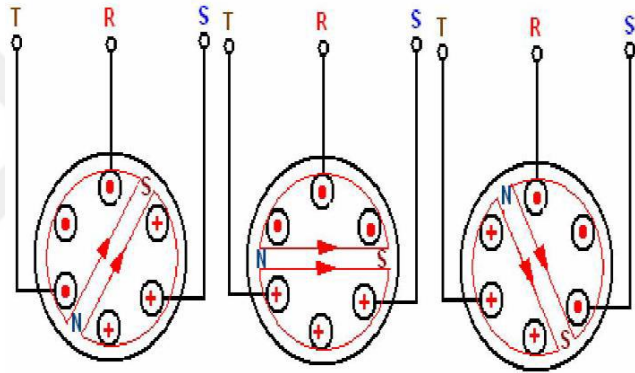


Şekil 3.1.R-S-T gerilimleri arasındaki 120° elektriksel faz farkı.

Üç fazlı asenkron motorun R-S-T gerilimleri arasındaki 120° elektriksel faz farkı Şekil 3.1’de verilmiştir.



(a) (b) (c)



(ç) (d) (e)

Şekil 3.2. Üç fazlı döner alan oluşumu.

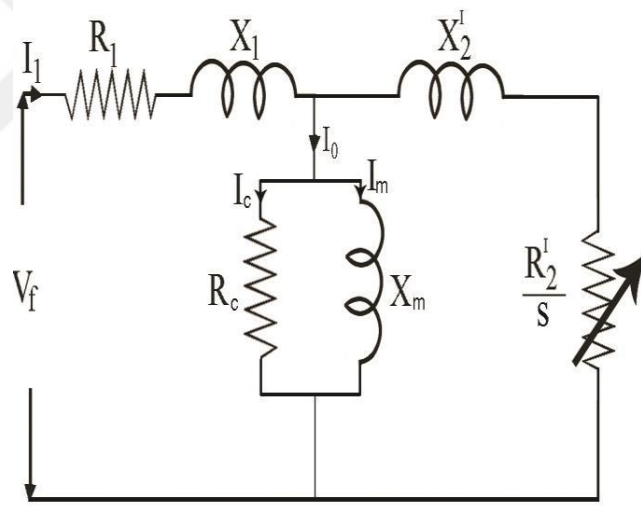
Üç fazlı döner alan oluşumu Şekil 3.2’ de verilmiştir. Stator sargılarına uygulanan alternatif akımlar, N-S kutuplarını oluştururlar. Şekil 3.2 (a) incelendiğinde R ve T fazı pozitif (+), S fazı ise negatif (-) alternanstadır. R ve T fazlarının akım yönü giriş, S fazının akım yönü çıkıştır. Şekil 3.2 (b)’ de R fazının akım yönü giriş, S ve T fazının akım yönü çıkıştır. Şekil 3.2 (c)’ de R ve S fazı akım yönü giriş, T fazının akım yönü çıkıştır. Şekil 3.2 (ç)’ de R ve T fazı akım yönü çıkış, S fazının giriştir. Şekil 3.2 (d)’ de R fazının akım yönü çıkış, S ve T fazının giriştir. Şekil 3.2 (e)’ de ise R ve S fazının akım yönü çıkış, T fazının giriştir. Böylece her harekette saat ibresi yönünde 60° lik, toplamda 360° lik bir dönüş meydana gelir. (MEB, 2011a).

3.2.1. Asenkron Motorun Eşdeğer Devresi

Asenkron motorlarda transformatörlerdeki gibi iki adet sargı bulunmaktadır. Asenkron motorlarda stator ve rotor, transformatörlerde ise primer ve sekonder sargıları bulunur. Çalışma prensibi olarak transformatörlere benzerler (Mergen ve Zorlu, 2005).

Sekonderi kısa devre edilen bir trafo ile rotoru kilitli bir asenkron motor aynıdır. Şebeke gerilimi uygulandığında primer sargıdan geçen akımın meydana getirdiği manyetik akı sekonder sargıya aktarılır.(Saçkan, 2003).

Asenkron motorlarda stator sargılarından akan akımı, momenti, güç katsayısını, kayıpları ve diğer parametreleri hesaplamak için bir faza ait modelleme yapılır. Diğer fazlar için de hesaplamalarda aynı modelleme kullanılır. Bir fazı gösteren elektriksel devreye eşdeğer devre denir (Mergen ve Zorlu, 2005).



Şekil 3.3. Asenkron motor T tipi eşdeğer devresi.

Üç fazlı asenkron motorun bir fazına ait olan T tipi eşdeğer devresi Şekil 2.12' de verilmiştir. Bu tez çalışmasında yapılan hesaplamalarda T tipi eşdeğer devre kullanılmıştır. Burada bir faz gerilimi (V_f), stator akımı (I_1), stator faz direnci (R_1), stator kaçak reaktansı (X_1), boşta çalışma akımı (I_0), demir direnci (R_c), boşta çalışma akımının aktif bileşeni (I_c), mıknatıslanma akımı (I_m), mıknatıslanma reaktansı (X_m), statora indirgenmiş rotor kaçak reaktansı (X_2') ve statora indirgenmiş rotor direnci (R_2') T tipi eşdeğer devre elemanlarıdır.

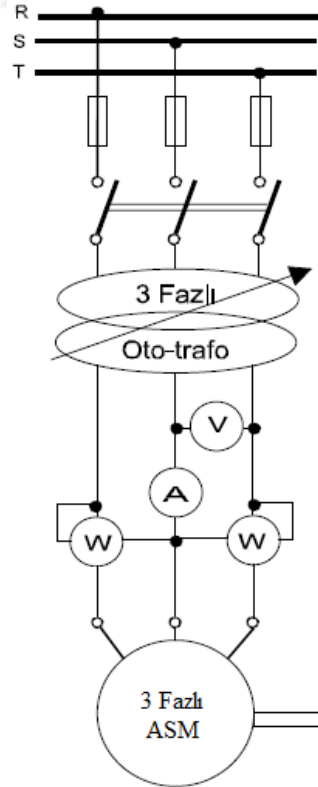
3.2.2. Boşta Çalışma Deneyi

Asenkron motorun boşta çalışma deneyi, eşdeğer devre parametrelerinin ve demir kayıplarının bulunması için yapılır.

Boşta çalışma deneyi oto transformatör ile yapılır. Oto transformatör asenkron motor ile şebeke arasına bağlanarak statora uygulanan gerilimi sıfır ile nominal gerilim arasında ayarlamaktadır. (Mergen ve Zorlu, 2005).

Boşta çalışma deneyinde asenkron motor nominal gerilimde yüksüz olarak çalıştırılır. Yani boşta çalışmada fazlar arası gerilim (V_0) nominal gerilime kadar yükseltilir. Motor üçgen veya yıldız bağlanabilir. Asenkron motorun boşta çalışma deneyinde rotor hızı senkron hıza çok yakındır. Rotor ile stator arasında önemsenmeyecek bir kayma vardır. Bu nedenle motorun kayması sıfıra yakındır (Çolak, 2008).

Boşta çalışmada şebekeden çekilen güç demir kayıplarını verir. Motor yataklarında meydana gelen sürtünmeden ve pervanenin hava ile sürtünmesinden dolayı sabit bir mekanik kayıp meydana gelir (Saçkan, 2003).



Şekil 3.4. Asenkron motorun boşta çalışma bağlantı şeması.

Üç fazlı asenkron motorun boшта çalışma bağlantı şeması Şekil 3.4' de verilmiştir. Şebekeye bağlanan oto transformatör yardımıyla motorun gerilimi nominal gerilime kadar artırılır. Bošta çalışmadaki değerlerin elde edilmesi için iki adet wattmetre (aron bağlantı), ampermetre ve voltmetre bağlanır.

Bošta çalışma deneyinde; V_0 , I_0 , P_0 ve bošta çalışmada güç katsayısı ($\cos \theta_0$) ölçülür.

Ayrıca bošta çalışma devir sayısı (n_0) ölçülebilir. Ölçülen bu değerler ile R_c ve X_m hesaplanır.

3.2.3. Kısa Devre (Kilitli Rotor) Deneyi

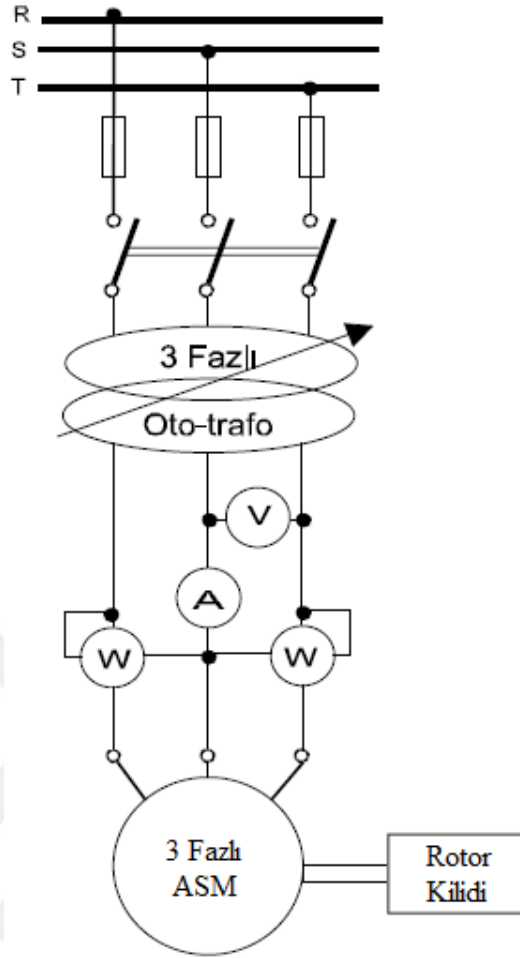
Rotoru kilitli bir asenkron motor sekonderi kısa devre edilmiş bir transformatöre bezediğinden asenkron motorun kısa devre deneyi, transformatörün kısa devre deneyine benzemektedir (Saçkan, 2003).

Asenkron motorun kısa devre deneyinde, rotorun dönmesi engellenir. Statora bir oto transformatör yardımıyla genliği küçültülmüş gerilim uygulanır. Stator sargılarından geçen akımın nominal akıma eşit olması sağlanır (Mergen ve Zorlu, 2005).

Bu deney esnasında dikkat edilecek en önemli hususlardan birisi, motora başlangıçta sıfır gerilim uygulamaktır. Başlangıçta motora yüksek gerilim uygulanması durumunda stator sargılarından çok büyük miktarda akım geçer. Çünkü rotor kilitli durumdadır. Rotor yol almaya başlarken kayma (s)=1' dir. Rotor frekansı stator frekansına eşittir. Etkin motor direnci çok küçüktür (Çolak, 2008).

Motorun çektiği akım normal akımın üstüne çıktığında, motor sargılarında aşırı ısınmalar meydana gelir. Bu nedenle ölçü aletlerinden mümkün olduğunca hızlı bir şekilde değerleri alıp deneyi bitirmek gereklidir (Saçkan, 2003).

Kısa devre deneyinde asenkron motora uygulanan gerilim, nominal gerilimden 4-7 kat daha küçük olduğundan bu sırada meydana gelen demir kayıpları, gerilimin karesi ile azalır. Demir kayıpları nominal gerilimdeki değerinin % 2-4' üne eşit olduğundan ihmal edilir. Böylece, asenkron motorun kısa devre çalışmada çektiği aktif güç, bakır kayıplarına eşittir (Mergen ve Zorlu, 2005).



Şekil 3.5. Asenkron motorun kısa devre çalışma bağlantı şeması.

Üç fazlı asenkron motorun kısa devre çalışma bağlantı şeması Şekil 3.5’ de verilmiştir. Şebekeye bağlanan oto transformatör yardımıyla nominal akıma ulaşıncaya kadar gerilim yükseltir. Motor çıkışına rotor kilidi uygulanır. Kısa devre çalışmadaki değerlerin elde edilmesi için iki adet wattmetre (aron bağlantı), ampermetre ve voltmetre bağlanır.

Kısa devre çalışma deneyinde; kısa devre gerilimi (V_k), kısa devre akımı (I_k), kısa devre gücü (P_k) ve kısa devre çalışmada güç katsayısı ($\cos \theta_k$) ölçülür. Ayrıca fazlar arası direnç değeri ölçülür.

3.2.4. Yüklü Çalışma Deneyi

Boşta dönmekte olan asenkron motor mili, bir fukolt fren aracı ile yüklenir. Bu durumda motorun çok küçük olan boşta çalışma akımı döndürme momentini karşılayamaz. Yük

artması sonucunda motor kendisinden istenileni yerine getirebilmek için ilk olarak dönen kısımların kinetik enerjisini kullandığından rotorun hızı düşer. Devir sayısının düşmesi aynı zamanda s değerinin büyümesi anlamına gelmektedir.



4. ASENKRON MOTORLARDA VERİMLİLİK TAHMİN YÖNTEMLERİ

4.1. Asenkron Motor Kayıpları ve Verimliliğin Tanımı

IEEE Std-112 bölüm 5, asenkron motorlardaki beş tür kaybı Denklem (4.1)'de olduğu gibi tanımlar; (IEEE Standard 112-2004, 2004)

$$W_{Kayıp} = P_{Giriş} - P_{Çıkış} = W_S + W_r + W_{Çekirdek} + W_{fw} + W_{LL} \quad (4.1)$$

Burada $P_{Giriş}$ ve $P_{Çıkış}$ sırasıyla motorun giriş ve çıkış güçleridir ve $W_{Kayıp}$ motordaki kayıpların toplamıdır. Stator bakır kaybı W_S , stator sargılarındaki kayıptır.

Rotor bakır kaybı W_r rotor sargılarındaki kayıptır. Birim başına kayma kullanılarak belirlenmelidir. Denklem (4.2)'de rotor sargı kayıpları görülmektedir;

$$W_r = (P_{Giriş} - W_S - W_{Core}) \times S \quad (4.2)$$

Burada S kaymadır.

Çekirdek kaybı W_{Core} demirdeki histeresis ve girdap akımlarını mıknatıslanmasından kaynaklanır. Giriş geriliminin karesine göre yaklaşık olarak değişir, ancak sabit giriş gerilimi için yük olmadan tam yüke kadar yaklaşık olarak sabit kalır. Genellikle yüksüz test ile ölçülür.

Rüzgar ve sürtünme kaybı W_{fw} , sürtünme ve sargı nedeniyle mekanik dönme kaybıdır. Ayrıca yüksüz çalışmadan tam yükte çalışmaya kadar neredeyse sabittir ve genellikle yüksüz testi ile ölçülür.

Diğer yük kayıpları W_{LL} , yukarıdaki ana kayıpların dışında oluşan kayıpların toplamıdır.

(IEEE 112-B, CSA-390) Elektrik motorlarının verimliliğinin ölçülmesi direk olarak Denklem (4.3) kullanılarak yapılabilir;

$$\%Verimlilik = \frac{\text{Mekanik Çıkış Gücü}}{\text{Elektriksel Giriş Gücü}} \times 100 \quad (4.3)$$

Bu sebeple hem mekanik çıkış gücünü hem de elektriksel giriş gücünü ölçmeye ihtiyaç vardır. Elektrik giriş gücü kolay bir kurulum ve orta seviye fiyatlı bir donanımla iyi bir şekilde ölçülebilir. Mekanik çıkış gücü momentle açısal hızın çarpımı şeklinde tanımlanabilir. Hız ölçümünde ucuz donanım gerektiren nispeten basit bir prosedürle doğru sonuçlar almak mümkün iken (± 1 RPM), moment ölçümünde doğru sonuçlar almak için daha ayrıntılı bir kurulumla ve daha pahalı donanımlara ihtiyaç duyar. Moment ölçümü genellikle motoru kontrol edilebilir değişken bir yükün oluşturulmasına imkân veren, doğru bir moment dönüştürücü ile donatılmış bir dinamometreye bağlanmasına ihtiyaç duyar. Kuzey Amerika'da yaygın olarak verimliliğin direk ölçülmesine dayalı test yöntemleri kullanılır. Elektrik ve Elektronik Mühendisleri Enstitüsü (IEEE) 112 Standardı hem Ulusal Elektrik Üreticileri Birliği (NEMA Standart MG-1) hem de US Enerji Bakanlığı tarafından kabul edilen bir standarttır. Kanada'da, Kanada Standartlar Derneği (CSA) Standart 390, IEEE 112 Standardına çok benzer bir prosedür izler.

(IEC 34-2, JEC 37) moment ölçümlerinin karışıklığı ve pahalılığında kaçınmak için motor verimliliği dolaylı olarak Denklem (4.4) ile denklemlerle belirlenebilir;

$$\%Verimlilik = \frac{\text{Elektriksel Giriş Gücü} - \text{Kayıplar}}{\text{Elektriksel Giriş Gücü}} \times 100 \quad (4.4)$$

Bu hesaplama motor kayıplarının ölçümüne ihtiyaç duyar. Birçok motor kaybı (bakır, demir, mekanik) oldukça doğru bir şekilde ölçülebilir. Fakat kalan kayıplar (kaçak yük kayıpları) tam olarak ölçülemez. Dolaylı verimlilik test yöntemlerinde Uluslararası Elektroteknik Komisyonu IEC 34-2 Standardı gibi, tam yükteki kaçak yük kayıpları isteğe bağlı olarak tam yükteki giriş gücünün % 0,5'ine eşit alınır. Bu varsayım özellikle de küçük motorlar için kaçak yük kayıplarını büyük bir oranda göz önüne almamaktadır. Hata 60 Hz sistemlerde 50 Hz sistemlerden daha çok olur. Japon Standardı JEC 37'de, hata daha da büyüktür çünkü kaçak yük kayıpları dolaylı ölçümlerde tamamen yok sayılmaktadır.

4.2. Verimlilik Tahmin Yöntemleri

Çalışan motorlarda verimliliği tahmin eden yöntemleri, tek bir temel algoritma veya bu bölümde listelenen farklı temel algoritmaların kombinasyonları olabilir. Yöntemler literatürde yaygın olarak sisteme müdahale düzeylerine ve doğruluğa göre kategorize edilir. Sisteme müdahale seviyesi, her yöntem için gerekli veri türüne, ekipman kurulumu ve veri toplama işlemiyle ilişkili maliyete ve motorun çalışma planlamasına göre belirlenir. Doğruluk, mil momenti ve rotor hızı gibi doğrudan verimlilik ölçümü ile karşılaştırılarak değerlendirilir.

Bu bölümde, fiziksel özelliklerine göre kategorize edilen en önemli motor verimliliği yöntemleri listelenmektedir. Daha önce de belirtildiği gibi, bu yöntemlerden bazıları birkaç temel yöntemin kombinasyonlarıdır ve birden fazla kategoride sınıflandırılabilir. Bu yöntemler sonunda kendine en uygun kategoriye yerleştirilir.

4.2.1. Etiket Plakası Yöntemleri

Sisteme en az müdahale eden yöntemlerdir. Motor bilgilerini etiket değerlerinden elde etmektedir.

4.2.1.1. Standart Etiket Değerleri Yöntemi

Verimliliğin sabit ve etiket plakası değerine eşit olduğu varsayılır. (Hsu ve Kueck, 1996) Ancak, bu yöntem düşük doğruluk oranına sahiptir, çünkü:

Etiket plakası verileri IEEE Std-112 Yöntem B'ye göre verilmeyebilir;

Motor yeniden sarılmış olabilir;

Motorun sahada kullanım şartları, etiket değerlerinin oluşturulduğu şartlardan farklı olabilir.

4.2.1.2. Volgelsang ve Benning (V&B) Yöntem I, II: V&B

Yöntem I ve II, standart etiket plakası yönteminin varyasyonlarıdır ve özel bir ticari enstrümanda kullanılır: "Motor Analizörü." Seçenek I (± 1 hata) üç koşul altında test gerektirir, bu koşullar: yük yok, düşük yük ve normal yük'tür.. Seçenek II (± 3 hata)

yük testi gerektirmez, ancak bunun yerine motor etiket plakası verilerini kullanır. Sonuç olarak, doğruluk azalır. Bu yöntem, seg-regated kayıp yöntemi olarak da sınıflandırılabilir.

4.2.2. Kayma Yöntemleri

Kayma yöntemleri motor hız ölçümüne dayanır. Ana avantajı basitlikleridir.

4.2.2.1. Standart Kayma Yöntemi

Yükün yüzdesinin, ölçülen kaymanın tam yük kaymasına oranıyla orantılı olduğu varsayılır. Bu durum Denklem (4.5)'de görülmektedir. Motor verimliliği, bu nedenle, yaklaşık olarak hesaplanır. Ancak, hata kayma oranının yük yüzdesini temsil etmemesinden ve verimliliğin yük yüzdesine eşit olmamasından gelir. (Nailen, 1994)

$$\eta = \frac{Kayma}{Kayma_{Anma}} \times \frac{P_{Çıkış,Anma}}{P_{Giriş}} \quad (4.5)$$

4.2.2.2. Ontario Hidro Modifiye Edilmiş Kayma Yöntemi

Aşağıda Denklem (4.6)'da görüldüğü gibi, özellikle verimlilik-yük eğrisi düz olmadığında, gerilim değişimleri için nominal etiket plakası hızı düzeltilerek standart kayma yöntemi geliştirilmiştir. Bununla birlikte, yapılan tahmin hala nispeten büyük bir hataya sahip olabilir, çünkü etiket plakası hızının (NEMA) MG1 standardına göre gerçek nominal hızdan %20'ye kadar sapmasına izin verilir. (NEMA MG1-2003 Standard, 2003)

$$\eta = \frac{Kayma}{Kayma_{Anma}} \times \frac{P_{Çıkış,Anma}}{P_{Giriş}} \times \left(\frac{V}{V_{Anma}} \right)^2 \quad (4.6)$$

4.2.2.3. Üst Sınır Kayma Yöntemi

En basit verimlilik tahmini yöntemi olarak, orijinal üst sınır kayma yöntemi tanımlanmaktadır. Denklem (4.7)'de görülmektedir. (Guru ve Hiziroglu, 2001)

$$\eta \leq (1 - Kayma) \quad (4.7)$$

Ws'nin tipik bir motordaki toplam kayıpların yaklaşık % 40'ını oluşturduğu gözlenmiştir. Bu nedenle, bu yöntem Denklem (4.8)'de gösterildiği gibi Ws'yi dahil edilerek geliştirilmiştir (Guru ve Hiziroglu, 2001).

$$\eta \leq (1 - Kayma) \left(1 - \frac{3I^2 R_S}{P_{Giris}}\right) \quad (4.8)$$

Ortaya çıkan verimlilik tahmini, Sadece Stator kaybı (W_s)'yi kullandığı, Rotor Kaybı (W_r), Çekirdek Kaybı ($W_{\text{Çekirdek}}$), Rüzgar ve Sürtünme Kaybı (W_{fw}) ve Kaçak Yük Kaybı (W_{II}) 'yi ihmal ettiği için bu yöntemle ortaya çıkan tahmin her zaman gerçek verimlilikten daha yüksektir.

4.2.3. Akım Yöntemleri

Kayma yöntemleri gibi, akım yöntemleri de motor verimini tahmin etmek için minimum ölçüm yaparak daha çok üreticinin verilerini kullanır. Bu yöntemlerin ana avantajları basit olmalarıdır.

4.2.3.1. Standart Akım Yöntemi

Bu durumda, motor veriminin, yük yüzdesinin ölçülen akımın tam yük akımına oranıyla yakından orantılı olduğu varsayılır. Denklem (4.9) kullanılarak yaklaşık olarak belirlenir. Gerçekte, akım-yük eğrisi doğrusal değildir. Bu, doğrusal olmayan noktalar düşünüldüğünde geliştirilmiş bir akım yöntemi olan Denklem (4.10) kabul edilir. (Nailen, 1994)

Kaynak (Hsu ve Kueck, 1996)'te bu iki yaklaşımın ortalamasının daha doğru bir verimlilik tahmini verebileceği ileri sürülmektedir.

$$\eta = \frac{I}{I_{Anma}} \times \frac{P_{\text{Çıkış,Anma}}}{P_{Giris}} \quad (4.9)$$

$$\eta = \frac{2I - I_{Bo\text{sta}}}{2I_{Anma} - I_{Bo\text{sta}}} \times \frac{P_{\text{Çıkış, Anma}}}{P_{\text{Giriş}}} \quad (4.10)$$

4.2.4. Eşdeğer Devre Yöntemleri

Bir asenkron motorun verimliliği eşdeğer devresinden hesaplanabilir. Bu yöntemler, ölçümlerin yapıldığı yöntemler dışında yük koşullarında çalışan bir motor için verimlilik tahmini sağlayabilir.

4.2.4.1. Standart Eşdeğer Devre Yöntemi (IEEE Std-112 Yöntemi F/F1)

IEEE Std-112 yöntemi F/F1 standart eşdeğer devre yöntemidir (NEMA MG1-2003 Standard, 2003), (IEEE Standard 112-2004, 2004). Empedans ölçümü, yüksüz, değişken gerilimli, kilitli rotor ve ters dönüş testleri gerektirir. Bu testler, yöntem oldukça doğru olsa da, çalışan motorlar için çok müdahaleci ve kullanışsızdır. Bu yöntem burada esas olarak diğer değiştirilmiş yöntemlerin temeli olarak belirtilmiştir.

4.2.4.2. Ontario Hydro Modifiye Yöntem F (OHMF)

IEEE Std-112 yöntemi F1'in değiştirilmiş bir sürümü Ontario Hydro tarafından önerilmiştir (Kueck, 1998). Biraz farklı bir eşdeğer devre kullanır: Mıknatıslama empedansı, standart paralel kombinasyon yerine bir seri direnç ve endüktans kombinasyonu olarak alınır. Değişken gerilim testi gerekli değildir, ancak nominal gerilimde hem yüksüz hem de tam yükte testler yapılmalıdır. Hat gerilimi, giriş gücü, hat akımı, güç faktörü ve stator direnci, yüksüz ve tam yükte çalışırken ölçülür. Kayma da motor tam yükte iken ölçülür.

4.2.4.3. Etiket Değerleri Eşdeğer Devresi (ORMEL96) Yöntemi

Bu yöntem motor eşdeğer devresini, etiket değerleri ve stator direncinin değerinden türetir (Hsu ve Kueck, 1996)– (Kueck, 1998). Kaçak yük kaybını hesaba katmak için rotor devresine ek bir direnç yerleştirilir. Sadece rotor hızı çevrimiçi olarak ölçülür. Stator direnci etiket plakası verilerinden tahmin edilebilir (Kueck, 1998).ORMEL96 yöntemi ayrıca, kullanıcının belirli "ayarlanabilir parametreleri" ayarlamasını sağlayan gelişmiş bir moda sahiptir.

Düşük seviyede müdahaleci bir yöntemidir, ancak eşdeğer devrenin parametreleri, tamamen motor etiket plakası bilgilerine dayanan ve NEMA MG1'e göre % 20'ye kadar yanlışlıklara sahip olabilen hayali nominal yük durumu ve kilitli rotor durumundan çözülür (NEMA MG1-2003 Standard, 2003).

4.2.4.4. Rockwell Motor Verimliliği Wizard (RMEW) Yöntemi

Başka bir eşdeğer devre tabanlı yöntem Rockwell Reliance tarafından hazırlanmıştır. Bu yöntem, iki farklı yük çalışma noktasından gelen verileri kullanarak standart asenkron motor eşdeğer devresinin parametrelerini hesaplar. Stator direnci ve stator sargı sıcaklığının ölçülmesi gerekmektedir. Ayrıca, motor parametrelerinin çözümü, servis içi test için mevcut olmayan stator sızıntı reaktansının gerçek değerini gerektirir. Ayrıca, motor parametreleri stator gerilimi ve akım fazörleri kullanılarak hesaplanır ve güç kaynağındaki harmonikler dikkate alınmaz.

Kaynak (El-Ibiary, 2003) içindeki deneysel sonuçlar bu yöntemin % ± 1 hata ile yüksek doğrulukta verimlilik tahmini yaptığını göstermektedir.

4.2.4.5. Kilitli Rotor Yöntemi:

Bu yöntem, iki rotor döngüsüne sahip eşdeğer bir devre kullanır (Kueck, 1998), (Aquila ve Salvatore, 1984). Devrenin parametreleri kilitli rotor testlerinden elde edilir. Yüksüz test de yapılmalıdır. Yapılan testler bu yöntemi son derece müdahaleci bir yöntem haline getirir.

4.2.4.6. Durma Frekansı Yanıt Yöntemi

Bu yöntemin eşdeğer devresi de iki rotor döngüsüne sahiptir (, 1998), (Willis ve Brock, 1991). Devrenin parametreleri, rotor sabiti ile motorun 0,01 Hz ila 500 Hz frekans aralığındaki empedansının ölçülmesiyle türetilir. Bu yöntemin en büyük avantajı, düşük gerilimli, yüksüz teste gerek olmamasıdır. Bununla birlikte, doğası gereği hala yüksek müdahale seviyesine sahip bir yöntemdir.

4.2.5. Kayıpları Ayırma Yöntemleri

Bu yöntemler en basit olanlardır, çünkü her bir kayıp bileşenini (W_s , W_r , W_{core} , W_{fw} ve W_{II}) tahmin ederler. Bu yöntemler genellikle doğruluk oranları yüksektir, bazıları oldukça karmaşık ve müdahaleci olsa da, geri kalanları kayıpların bir kısmını tahmin etmek için ampirik değerleri kullanır.

4.2.5.1. Std. Ayrılmış Kayıp Yöntemi (IEEE Std-112 Yöntemi E1)

IEEE Std-112 yöntemi E1 standart ayrılmış kayıp yöntemidir (NEMA MG1-2003 Standard, 2003), (IEEE Standard 112-2004, 2004). Yöntem E1, Tablo 4.1'de gösterildiği gibi, farklı büyüklüklerdeki motorlar için nominal yükte diğer yük kayıplarının yüzdeleri belirtilmektedir (IEEE Standard 112-2004, 2004). IEEE Std-112 yöntemi F1'de olduğu gibi, yükte, değişken gerilimli, kilitli rotorlu ve ters dönüş testleri gerektiğinden, çalışan motorda yapılacak testler için tasarlanmamıştır. Burada listelenmesinin sebebi diğer yöntemlere temel oluşturmasıdır.

Tablo 4.1.IEEE Std-11'de diğer yük kayıpları için varsayılan değerler.

Motor Aralığı		Nominal Çıkış Gücünün Yük Kayıp Yüzdesi
1-125 hp	1- 90 kW	% 1,8
126-500 hp	91-375 kW	% 1,5
501-2499 hp	376-1850 kW	% 1,2
2500 hp ve Üzeri	1851 kW ve Üzeri	% 0,9

4.2.5.2. Ontario Hydro Modifiye Yöntem E (OHME)

IEEE Std-112 yöntemi E1, sargı, sürtünme ve çekirdek kayıplarının ($W_{fw} + W_{core}$) nominal giriş gücünün %3,5'i -%4,2 olduğu varsayılarak basitleştirilmiştir (Hsu ve Kueck, 1996)– (Kueck, 1998). Belirli bir yüzdelik değer, farklı motor gücü seviyelerinde motor örneklerinin test edilmesiyle optimize edilebilir. Diğer yük kayıpları da Tablo 1'den tahmin edilmektedir (IEEE Standard 112-2004, 2004). Bu

yöntem, nominal güç faktörü için varsayılan 0,8 değeri kullanılarak daha da basit hale getirilebilir. Stator direncinde, sıcaklık artışını tahmin etmek için motor akımı kullanılarak basit bir yaklaşım ile tahmin edilir. Gerekli diğer ölçümler giriş gücü ve rotor hızıdır. Sisteme düşük müdahale seviyesi ve doğruluk oranını nedeniyle (%2-%3 hata aralığında (Hsu ve Kueck, 1996)), OHME yöntemi önemli yöntemlerden bir tanesidir.

4.2.6. Moment Yöntemleri

Motor verimliliği Denklem (4.11) 'de aşağıdaki şekilde tanımlanabilir:

Mil momenti T_{Mil} , hava boşluğu momenti (AGT) $T_{Hava\ boşluğu}$ ve rotor hızı ω_r dir.

$$\eta = \frac{T_{Mil} \times \omega_r}{P_{Giriş}} = \frac{T_{Hava\ boşluğu} \times \omega_r - W_{fw} - W_{LLr}}{P_{Giriş}} \quad (4.11)$$

$P_{Giriş}$ ve ω_r ölçülür veya tahmin edilirken, T_{Mil} biliniyorsa verimlilik kolayca belirlenebilir. Bu, tüm moment yöntemlerinin temel prensibidir.

4.2.6.1. AGT(Air Gap Torque) Yöntemi

Kaynak (Hsu ve Scoggins, 1995)'de önerilen AGT yöntemi, motorun anlık giriş hattı gerilimlerinden ve hat akımlarından AGT'yi hesaplar. (Ojo ve Ostovic, 1990) W_{fw} ve W_{LLr} kayıpları motor boşa çalışırken yapılan testten elde edilir. Son olarak, motor verimliliği Denklem (4.12) kullanılarak hesaplanır.

$$T_{Hava\ Boşluğu} = \frac{K_{kutup}}{2\sqrt{3}} \{ (i_A - i_B) \times \int [v_{CA} - R_S(i_C - i_D)] dt - (i_C - i_A) \times \int \int [v_{AB} - R_S(i_A - i_B)] dt \} \quad (4.12)$$

burada kutup olarak ifade edilen kutup sayısıdır, i_A , i_B ve i_C hat akımları, v_{CA} ve v_{AB} hat gerilimleridir.

Bu yöntemin önemli avantajı, endüstriyel tesisdeki gerçek gerilimlerdeki ve akımlardaki dengesizliklerle ilişkili kayıpları göz önünde bulundurmasıdır. Ancak, en büyük dezavantajı boşa test gerektirmesidir. Son derece yüksek doğruluk oranına ($\pm\%0,5$ hata yüzdesi (Hsu ve Kueck, 1996)) sahiptir.

4.2.6.2. Mil Moment Yöntemi

Bu yaklaşımların en basiti olarak, bu yöntem, kayıpları hesaplamaya gerek kalmadan mil momentinin ve rotor hızının (ve dolayısıyla çıkış gücünün) doğrudan şafttan ölçülmesiyle verimlilik tahmini yapar (Hsu ve Kueck, 1996). En doğru motor verimliliği tahminini sunar, ancak aynı zamanda son derece sisteme müdahaleci bir yöntemdir. Ek olarak, moment dönüştürücülerinin yüksek maliyeti, bu yöntemi çoğu endüstriyel uygulama için kabul edilemez hale getirir.

Geri kalan üç verimlilik tahmin yönteminin ayrıntıları, burada daha önce tartışılan yöntemlerin veya burada irdelenmeyen ürüne özgü yöntemlerin kombinasyonları olduğundan, aşağıda başlık olarak verilmiştir. Bu yöntemlerin ayrıntıları kaynak (Lu ve Habetler, 2004)'ün içindedir.

4.2.7. Diğer Yöntemler

Aşağıda sıralanan verimlilik tahmin yöntemlerinin ayrıntıları, burada daha önce tartışılan yöntemlerin veya burada irdelenmeyen ürüne özgü yöntemlerin kombinasyonları olduğundan, aşağıda başlık olarak verilmiştir. Bu yöntemlerin ayrıntıları kaynak (Lu ve Habetler, 2004)'ün içindedir.

- Ampirik Yöntemler (Hsu ve Kueck, 1996)
- İstatistiksel Yöntemler (Hsu ve Kueck, 1996), (NEMA MG1-2003 Standard, 2003)
- Özel Enstrüman Yöntemleri (Wallance ve Jouanne, 2001), (Wiedenbrüg Wallace, 1998)
 - Anlık Akım Yöntemi
 - MotorMaster+ Yöntemleri
 - Vectron Yöntemi
 - MAS-1000 Yöntemi
 - Esterline Angus Yöntemi

4.3. Verimlilik Tahmin Yöntemlerinin Karşılaştırılması

Tablo 4.2'de yukarıda bahsedilen verimlilik analiz yöntemlerinin tahmin yapabilmesi için gerekli olan şartlar, sisteme müdahale seviyeleri ve tahmin sonuçlarındaki yüzdesel

hatalar sıralanmıştır. Genel olarak, yöntem ne kadar sisteme müdahale ederse, verimlilik tahmini o kadar doğru olduğu görülmektedir.

Endüstriyel bir tesiste yukarıdaki yöntemlerden bir tanesi kullanılması gerektiğinde sisteme en az müdahale eden yöntemler kullanılması tercih edilir. Ancak sisteme müdahale seviyesi düşük olan yöntemlerde de en büyük olumsuzluk tahminlerin hata yüzdelерinin yüksek olmasıdır.

Tablo 4.2. Asenkron motorlarda verimlilik tahmin yöntemlerinin karşılaştırılması.

Motor Verimliliği Tahmin Yöntemleri	Gerekli Testler ve Ölçümler							Performans	
	Nominal Güç Testi	Tam Yük Testi	Yüksüz Test	Stator Direnci	Etiket Değerleri	Rotor Hızı	Çalış Torqu	Sisteme Müdahale Seviyesi	Tahmin Edilen Verim Değerindeki Hata Yüzdesi
Standart Etiket Plakası Yöntemi	Gerekli Değil	Gerekli Değil	Gerekli	Ölçüm Gerekli Değil	Gerekli	Ölçüm Gerekli Değil	Ölçüm Gerekli Değil	Düşük	10%
Volgelsang ve Benning (V&B) Yöntem I	Opsiyonel	Gerekli Değil	Gerekli Değil	Ölçüm Gerekli	Gerekli Değil	Ölçüm Gerekli	Ölçüm Gerekli Değil	Yüksek	Uygulanabilir Değil
Volgelsang ve Benning (V&B) Yöntem II	Gerekli	Gerekli Değil	Gerekli Değil	Ölçüm Gerekli	Gerekli	Ölçüm Gerekli	Ölçüm Gerekli Değil	Orta	2.5%
Standart Kayma Yöntemi	Gerekli	Gerekli Değil	Gerekli Değil	Ölçüm Gerekli	Gerekli	Ölçüm Gerekli	Ölçüm Gerekli Değil	Düşük	7%
Üst Sınır Kayma Yöntemi	Gerekli	Gerekli Değil	Gerekli	Ölçüm Gerekli	Gerekli	Ölçüm Gerekli	Ölçüm Gerekli Değil	Orta	8%
Standart Alan Yöntemi	Gerekli Değil	Gerekli Değil	Gerekli	Ölçüm Gerekli Değil	Gerekli	Ölçüm Gerekli Değil	Ölçüm Gerekli Değil	Orta	6%
Standart Esdeğer Devre Yöntemi (IEEE Std-112 Yöntemi F/F1)	Gerekli	Gerekli Değil	Gerekli	Ölçüm Gerekli	Gerekli	Ölçüm Gerekli	Ölçüm Gerekli Değil	Yüksek	5%
Etiket Plakası Esdeğer Devresi (ORMEL96) Yöntemi	Opsiyonel	Gerekli Değil	Gerekli Değil	Opsiyonel	Gerekli	Ölçüm Gerekli	Ölçüm Gerekli Değil	Düşük	4%
Rockwell Motor Verimliliği Wizard (RM/W) Yöntemi	Gerekli Değil	Gerekli Değil	Opsiyonel	Ölçüm Gerekli	Gerekli	Ölçüm Gerekli	Ölçüm Gerekli Değil	Orta	1%
Kıltı Rotor Yöntemi	Gerekli Değil	Gerekli Değil	Gerekli	Ölçüm Gerekli Değil	Gerekli	Ölçüm Gerekli	Ölçüm Gerekli Değil	Yüksek	Uygulanabilir Değil
Düma Frekanslı Yanıt Yöntemi	Gerekli	Gerekli Değil	Gerekli	Ölçüm Gerekli	Gerekli Değil	Ölçüm Gerekli	Ölçüm Gerekli Değil	Yüksek	Uygulanabilir Değil
Std. Ayrılmış Kayıp Yöntemi (IEEE Std-112 Yöntemi E1)	Gerekli	Gerekli	Gerekli	Ölçüm Gerekli	Gerekli	Ölçüm Gerekli	Ölçüm Gerekli Değil	Yüksek	3%
Ontario Hydro Modifiye Yöntem E (OHME)	Gerekli Değil	Gerekli Değil	Gerekli Değil	Ölçüm Gerekli	Gerekli	Ölçüm Gerekli	Ölçüm Gerekli Değil	Orta	2-3%
AGT Yöntemi	Gerekli Değil	Gerekli Değil	Gerekli	Ölçüm Gerekli	Gerekli	Ölçüm Gerekli	Tahmin	Yüksek	0.5%
Nil Torq Yöntemi	Gerekli Değil	Gerekli Değil	Gerekli Değil	Ölçüm Gerekli Değil	Gerekli Değil	Ölçüm Gerekli	Ölçüm Gerekli	Yüksek	< 0.3%

5. AKIM YÖNTEMİ İLE ASENKRON MOTORDA DENEYSEL VERİM ANALİZİ ÇALIŞMASI

5.1. Asenkron Motor Verim Ölçümü Deney Sistemi

3 fazlı asenkron motorun verim ölçümü yapılabilmesi için kurulan deney sisteminin şematik ve saha yapısı gösterilmektedir.

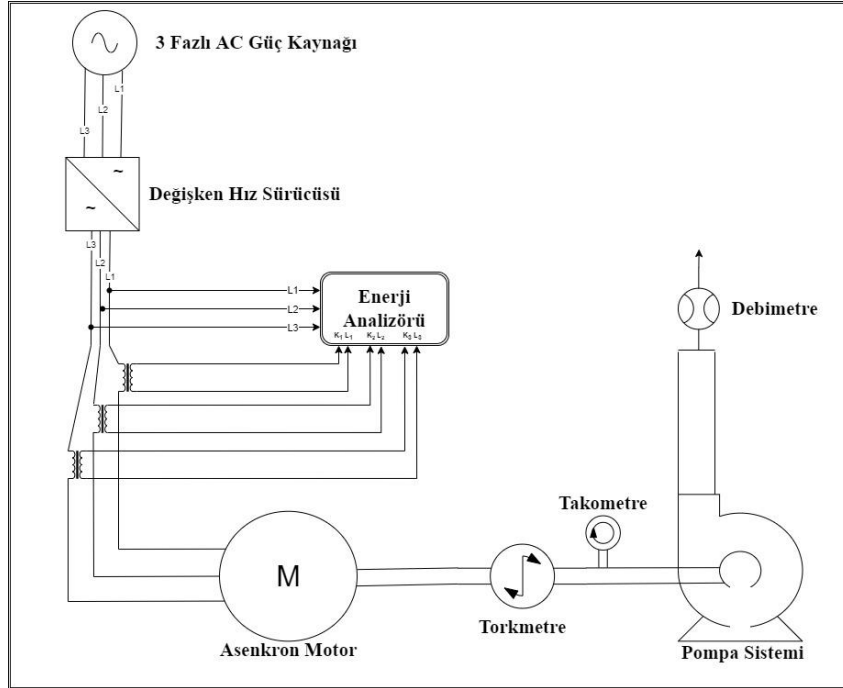
Bu deney sistemi ile asenkron motorun farklı yük durumlarında ölçümler alınarak verim değerlerini mekanik ve elektriksel yöntem ile hesaplanması sonucunda çıkan sonuçların karşılaştırılması öngörülmektedir.

5.1.1. Deney Sisteminin Şematik Yapısı

3 fazlı asenkron motorun verim ölçümü için kurulan sistemin şematik gösterimi Şekil 5.1'de gösterilmektedir.

Deney setini gerçeklemek için;

15 kW Asenkron motor, Değişken hız sürücüsü, Çok fonksiyonlu enerji analizörü, Torkmetre, Takometre, Pompa sistemi ve Debimetre kullanılmıştır.



Şekil 5.1. Deney sisteminin şematik yapısı.

5.1.2. Deney Sisteminin Saha Yapısı

3 fazlı asenkron motorun verim ölçümü için kurulan sistemin saha görüntüleri Şekil 5.2 ve Şekil 5.3’de gösterilmektedir.

Şekil 5.2 ve Şekil 5.3’de gösterilen deney sistemi üzerinde numaralanan ekipmanlar aşağıdaki gibidir.

- 1)Asenkron Motor
- 2)Asenkron Motor Sürücüsü
- 3)Torkmetre
- 4)Çok Fonksiyonlu Enerji Analizörü
- 5)Pompa Sistemi
- 6)Debimetre
- 7)Takometre



Şekil 5.2.Deney sisteminin saha görüntüsü.



Şekil 5.3. Deney sisteminin saha görüntüsü.

5.2. Deney Sistemi Ekipmanları

5.2.1. Asenkron Motor

Deney sisteminde 15 kW, 1460 rpm asenkron motor kullanılmıştır. Motor etiket verileri Tablo 5.1’de gösterildiği gibidir.

Tablo 5.1. Asenkron motor etiket bilgileri.

Motor Etiket Bilgileri						
Gerilim	Güç	Hız	Akım	Verim		
V	kW	rpm	A	%		
				4/4	4/3	4/2
400	15	1460	29,8	90,6	90,8	87,1

Deneyde kullanılan asenkron motor görüntüsü Şekil 5.4’de görülmektedir.



Şekil 5.4.Asenkron motor görüntüsü.

5.2.2. Asenkron Motor Sürücüsü

Deney sisteminde Siemens marka Sinamics G120C model değişken hız sürücü kullanılmıştır.

Deneyde kullanılan değişken hız sürücüsü görüntüsü Şekil 5.5'de görülmektedir.



Şekil 5.5. Değişken hız sürücüsü görüntüsü.

5.2.3. Torkmetre

Deney sisteminde torkmetrenin kullanılmasının amacı, asenkron motorun çıkış gücünü yani mekanik gücünün hesaplanabilmesi için moment(tork) bilgisine ihtiyaç duyulmasıdır.

Deneyde kullanılan Torkmetre görüntüsü Şekil 5.6'da görülmektedir.



Şekil 5.6. Torkmetre görüntüsü.

5.2.4. Çok Fonksiyonlu Enerji Analizörü

Deney sisteminde Fluke marka 438-II model çok fonksiyonlu enerji analizörü kullanılmıştır.

Deneyde kullanılan çok fonksiyonlu enerji analizörü ile akım ve gerilim bilgileri toplanmıştır. Toplanan veriler ile motorun giriş gücü ve standart akım yöntemi ile verim hesaplanmıştır.

Deneyde kullanılan Çok fonksiyonlu enerji analizörü görüntüsü Şekil 5.7’de görülmektedir.



Şekil 5.7. Çok fonksiyonlu enerji analizörü görüntüsü.

5.2.5. Pompa Sistemi

Deney sisteminde Standart pompa marka Santrifüj pompa sistemi kullanılmıştır.

Pompa sistemi sayesinde asenkron motorun yüklenmesi sağlanmıştır.

Deneyde kullanılan Pompa sistemi görüntüsü Şekil 5.8'de görülmektedir.



Şekil 5.8. Pompa sistemi görüntüsü.

5.2.6. Debimetre

Pompa sisteminin ürettiği debi miktarını ölçmek için debimetre kullanılmıştır.

Deneyde kullanılan Debimetre görüntüsü Şekil 5.9’da görülmektedir.



Şekil 5.9. Debimetre görüntüsü.

5.2.7. Takometre

Deney sisteminde takometrenin kullanılmasının amacı, asenkron motorun çıkış gücünü yani mekanik gücünün hesaplanabilmesi için hız bilgisine ihtiyaç duyulmasıdır.

Deneyde kullanılan Takometre görüntüsü Şekil 5.10’da görülmektedir.



Şekil 5.10. Takometre görüntüsü.

5.3. Yapılan Testler Ve Alınan Veriler

Deney sistemi farklı su debileri de çalıştırılarak testler yapılmıştır. Bu testlerde Hat gerilimleri, Hat akımları, Aktif güç, Moment ve Devir bilgileri alınmıştır.

5.3.1. Su Debisi 393,6 m³/h İken Deney Sonuçları

Su debisi 393,6 m³/h iken alınan veriler Tablo 5.2’de gösterilmiştir.

Tablo 5.2. Su debisi 393,6 m³/h iken alınan veriler.

Zaman	Elektriksel Veriler							Mekanik Veriler	
	V ₁₋₂ (V)	V ₂₋₃ (V)	V ₃₋₁ (V)	L ₁ (A)	L ₂ (A)	L ₃ (A)	Aktif Güç(kW)	Moment(Nm)	Devir(rpm)
17:04:46	391,14	390,16	390,7	20,9	20,9	20,2	10,38	61,04	1476
17:04:47	391,18	390,16	390,72	20,9	20,9	20,2	10,38	61,36	1476
17:04:48	391,32	390,38	390,94	20,9	20,8	20,2	10,38	60,39	1476
17:04:49	391,5	390,38	391,02	20,9	20,8	20,1	10,38	60,64	1476
17:04:50	390,92	389,96	390,32	20,8	20,9	20,2	10,38	60,56	1476
17:04:51	391,08	389,9	390,36	20,9	20,9	20,1	10,38	61,59	1476
17:04:52	391,28	390,08	390,64	20,9	20,9	20,1	10,38	60,45	1476
17:04:53	391,18	389,96	390,58	20,9	20,9	20,1	10,38	61,77	1476

Tablo 5.2. (Devam) Su debisi 393,6 m³/h iken alınan veriler.

Zaman	Elektriksel Veriler							Mekanik Veriler	
	V ₁₋₂ (V)	V ₂₋₃ (V)	V ₃₋₁ (V)	L ₁ (A)	L ₂ (A)	L ₃ (A)	Aktif Güç(kW)	Moment(Nm)	Devir(rpm)
17:04:54	391,16	390,02	390,54	20,9	20,9	20,1	10,38	60,89	1476
17:04:55	391,54	390,46	390,94	20,9	20,9	20,1	10,38	61,44	1476
17:04:56	391,64	390,42	390,96	20,9	21	20,1	10,38	60,91	1476
17:04:57	391,26	390,14	390,66	20,9	20,9	20,1	10,38	61,51	1476
17:04:58	391,06	390	390,52	20,9	20,9	20,2	10,38	60,84	1476
17:04:59	390,84	389,88	390,34	20,9	20,9	20,2	10,38	60,97	1476
17:05:00	390,94	389,94	390,36	20,9	21	20,2	10,38	60,93	1476
17:05:01	391,06	390,08	390,58	20,9	20,9	20,2	10,38	61,31	1476
17:05:02	390,88	389,86	390,44	20,9	20,9	20,2	10,44	61,25	1476
17:05:03	390,78	389,76	390,36	21	21	20,2	10,44	60,89	1476
17:05:04	390,9	389,9	390,46	20,9	20,9	20,2	10,44	61,70	1476
17:05:05	390,9	389,92	390,42	21	21	20,3	10,5	60,38	1476
17:05:06	390,9	389,92	390,42	21	21	20,3	10,5	61,65	1476
17:05:07	391,02	390,06	390,54	21	21	20,3	10,44	60,80	1476
17:05:08	391,08	390,08	390,58	21	21	20,3	10,44	61,31	1476
17:05:09	390,82	389,9	390,36	21	21	20,3	10,44	60,65	1476
17:05:10	390,8	389,78	390,28	21	21	20,3	10,44	62,08	1476
17:05:11	390,74	389,86	390,28	21	21	20,3	10,44	61,15	1476
17:05:12	390,64	389,84	390,22	20,9	21	20,3	10,5	61,66	1477
17:05:13	391	390,22	390,58	21	21	20,3	10,5	61,49	1476
17:05:14	391,08	390,22	390,66	21	21	20,3	10,5	61,23	1476
17:05:15	391,26	390,36	390,84	21	21	20,3	10,5	60,86	1477
17:05:16	391,02	390,14	390,62	21	21	20,3	10,44	61,76	1477
17:05:17	390,82	390	390,4	20,9	20,9	20,3	10,44	61,16	1476
17:05:18	390,96	390,02	390,42	21	21	20,3	10,5	61,32	1476
17:05:19	390,82	389,88	390,22	20,9	21	20,3	10,44	61,78	1477
17:05:20	391,3	389,9	390,32	21	21,1	20,1	10,44	61,31	1476
17:05:21	391,42	390,24	390,68	21	21	20,2	10,44	62,18	1477
17:05:22	391,32	390,16	390,6	20,9	21	20,1	10,44	60,63	1476
17:05:23	391,32	390,24	390,62	20,9	21	20,2	10,44	61,80	1476
17:05:24	390,7	389,84	390,18	20,9	21	20,3	10,44	60,56	1477
17:05:25	390,76	389,9	390,36	20,9	20,9	20,3	10,44	61,25	1476
17:05:26	390,92	390,02	390,58	20,9	20,9	20,2	10,44	60,44	1476
17:05:27	390,96	390,1	390,62	20,9	20,9	20,2	10,38	61,65	1476
17:05:28	390,9	390,04	390,56	20,9	20,9	20,3	10,44	60,87	1476
17:05:29	391,4	390,32	390,92	20,9	20,9	20,2	10,44	61,33	1476
17:05:30	390,94	389,92	390,5	20,9	20,9	20,2	10,44	61,31	1476
17:05:31	390,76	389,86	390,38	20,9	20,9	20,2	10,44	60,97	1476
17:05:32	390,66	389,7	390,28	20,9	20,9	20,2	10,38	61,08	1477

Tablo 5.2. (Devam) Su debisi 393,6 m³/h iken alınan veriler.

Zaman	Elektriksel Veriler							Mekanik Veriler	
	V ₁₋₂ (V)	V ₂₋₃ (V)	V ₃₋₁ (V)	L ₁ (A)	L ₂ (A)	L ₃ (A)	Aktif Güç(kW)	Moment(Nm)	Devir(rpm)
17:05:33	391	390	390,54	20,9	20,9	20,2	10,38	60,54	1476
17:05:34	391,36	390,5	390,96	20,9	20,9	20,2	10,44	61,21	1477
17:05:35	391,24	390,32	390,82	20,9	20,9	20,2	10,44	61,11	1476
17:05:36	391,18	390,22	390,82	20,9	20,8	20,2	10,38	61,96	1476
17:05:37	390,84	389,92	390,44	20,8	20,8	20,2	10,38	60,91	1477
17:05:38	390,88	390,04	390,46	20,8	20,8	20,2	10,38	61,60	1476
17:05:39	390,98	390,06	390,56	20,8	20,8	20,1	10,38	59,96	1477
17:05:40	390,96	390	390,54	20,9	20,9	20,2	10,38	61,41	1476
17:05:41	391,28	390,38	390,94	20,9	20,9	20,2	10,38	61,03	1477
17:05:42	391,34	390,36	390,94	20,9	20,9	20,2	10,44	61,24	1477
17:05:43	390,84	389,86	390,42	20,9	20,9	20,2	10,44	60,74	1477
17:05:44	390,62	389,48	389,96	20,9	21	20,2	10,44	61,28	1477
17:05:45	390,42	389,46	389,94	21	21	20,3	10,44	61,08	1476
17:05:46	390,5	389,6	390,06	21	21	20,3	10,44	61,14	1476
17:05:47	390,64	389,86	390,28	20,9	20,9	20,3	10,44	60,67	1476
17:05:48	390,88	390,1	390,6	20,9	20,8	20,2	10,38	61,06	1477
17:05:49	390,98	390,18	390,72	20,9	20,8	20,3	10,38	61,34	1477
17:05:50	390,9	390,14	390,56	20,9	20,9	20,3	10,38	60,63	1477
17:05:51	390,78	390,08	390,5	20,9	20,9	20,3	10,44	61,50	1477
17:05:52	390,64	389,92	390,3	20,8	20,8	20,3	10,38	60,34	1477
17:05:53	390,68	389,92	390,32	20,8	20,8	20,2	10,38	61,44	1477
17:05:54	390,8	390,16	390,52	20,8	20,8	20,3	10,38	60,37	1477
17:05:55	391,08	390,44	390,86	20,8	20,8	20,3	10,38	61,29	1477
17:05:56	391,04	390,38	390,86	20,8	20,8	20,3	10,38	60,59	1477
17:05:57	390,76	390,18	390,72	20,9	20,8	20,3	10,38	61,41	1477
17:05:58	391,22	390,38	390,9	20,9	20,8	20,2	10,38	60,78	1477
17:05:59	390,96	390,1	390,6	20,9	20,8	20,2	10,38	61,23	1477
17:06:00	390,74	389,86	390,44	20,9	20,8	20,2	10,38	60,95	1477
17:06:01	390,8	389,92	390,48	20,9	20,8	20,2	10,32	61,23	1476
17:06:02	390,36	389,42	389,96	20,8	20,8	20,1	10,38	61,44	1477
17:06:03	390,14	389,22	389,76	20,9	20,8	20,2	10,38	61,01	1477
17:06:04	390,3	389,34	389,86	20,9	20,8	20,2	10,38	61,18	1476
17:06:05	390,32	389,46	389,96	20,9	20,8	20,2	10,38	60,59	1477
17:06:06	390,46	389,56	390,06	20,9	20,8	20,2	10,38	61,14	1477
17:06:07	390,3	389,4	389,9	20,9	20,9	20,2	10,44	60,51	1476
17:06:08	390,2	389,4	389,78	20,8	20,9	20,2	10,38	61,77	1476
17:06:09	390,2	389,44	389,78	20,9	20,9	20,3	10,44	60,43	1476
17:06:10	390,42	389,6	389,96	20,9	20,9	20,3	10,44	61,45	1476
17:06:11	390,48	389,74	390,08	20,9	20,9	20,3	10,44	60,09	1476

Tablo 5.2. (Devam) Su debisi 393,6 m³/h iken alınan veriler.

Zaman	Elektriksel Veriler							Mekanik Veriler	
	V ₁₋₂ (V)	V ₂₋₃ (V)	V ₃₋₁ (V)	L ₁ (A)	L ₂ (A)	L ₃ (A)	Aktif Güç(kW)	Moment(Nm)	Devir(rpm)
17:06:12	390,54	389,74	390,06	20,9	21	20,3	10,44	61,36	1476
17:06:13	390,32	389,54	389,88	20,9	21	20,3	10,44	60,49	1476
17:06:14	390,3	389,54	389,9	20,9	20,9	20,3	10,44	60,78	1476
17:06:15	390,28	389,48	389,86	20,9	20,9	20,3	10,44	60,91	1476
17:06:16	390,32	389,52	389,9	20,9	20,9	20,3	10,44	61,42	1476
17:06:17	390,38	389,56	389,94	20,9	20,9	20,3	10,44	60,91	1476
17:06:18	390,28	389,48	389,88	20,9	20,9	20,3	10,44	61,24	1476
17:06:19	390,36	389,64	390,02	20,9	20,9	20,3	10,44	61,16	1476
17:06:20	390,54	389,78	390,14	20,9	20,9	20,3	10,44	60,44	1476
17:06:21	390,5	389,7	390,08	20,9	20,9	20,3	10,44	61,24	1476
17:06:22	390,44	389,62	390,02	20,9	20,9	20,2	10,44	60,35	1476
17:06:23	390,5	389,62	390,06	20,9	20,9	20,2	10,44	61,72	1476
17:06:24	390,54	389,64	390,06	20,9	20,9	20,2	10,38	60,52	1476
17:06:25	390,44	389,6	389,96	20,9	20,9	20,3	10,44	61,32	1476
17:06:26	390,52	389,66	390,04	20,9	20,9	20,2	10,44	60,32	1476
17:06:27	390,42	389,58	389,96	20,9	20,9	20,2	10,44	61,45	1476
17:06:28	390,36	389,52	389,9	20,8	20,9	20,2	10,38	60,71	1476
17:06:29	390,44	389,52	389,98	20,9	20,9	20,2	10,38	61,25	1476
17:06:30	390,42	389,5	389,98	20,8	20,8	20,1	10,32	60,83	1476
17:06:31	390,38	389,5	390,02	20,8	20,7	20,1	10,32	61,26	1476
17:06:32	390,46	389,62	390,08	20,8	20,8	20,2	10,38	61,03	1476
17:06:33	390,48	389,6	390,08	20,9	20,8	20,2	10,38	60,83	1476
17:06:34	390,28	389,42	389,9	20,9	20,9	20,2	10,38	61,37	1476
17:06:35	390,1	389,16	389,68	20,9	20,9	20,2	10,38	61,03	1476
17:06:36	390,56	389,68	390,16	20,9	20,9	20,3	10,44	61,31	1476
17:06:37	390,54	389,66	390,18	20,9	20,9	20,2	10,44	60,49	1476
17:06:38	390,62	389,74	390,24	20,9	20,9	20,2	10,38	60,96	1476
17:06:39	390,68	389,84	390,36	20,9	20,8	20,2	10,38	60,71	1476
17:06:40	390,5	389,62	390,14	20,9	20,8	20,2	10,38	60,69	1476

5.3.2. Su Debisi 369,4 m³/h İken Deney Sonuçları

Su debisi 369,4 m³/h iken alınan veriler Tablo 5.3'de gösterilmiştir.

Tablo 5.3. Su debisi 369,4 m³/h iken alınan veriler.

Zaman	Elektriksel Veriler							Mekanik Veriler	
	V ₁₋₂ (V)	V ₂₋₃ (V)	V ₃₋₁ (V)	L ₁ (A)	L ₂ (A)	L ₃ (A)	Aktif Güç(kW)	Moment(Nm)	Devir(rpm)
17:09:50	390,74	389,78	390,18	20,8	20,9	20,2	10,38	61,25	1477
17:09:51	390,72	389,76	390,26	20,9	20,9	20,2	10,44	61,20	1477
17:09:52	390,6	389,72	390,18	20,9	20,9	20,2	10,38	61,21	1477
17:09:53	390,52	389,64	390,06	20,8	20,8	20,2	10,38	61,70	1477
17:09:54	390,8	389,9	390,32	20,8	20,8	20,1	10,38	60,74	1477
17:09:55	390,88	389,96	390,38	20,8	20,9	20,2	10,38	61,36	1477
17:09:56	390,92	389,94	390,42	20,8	20,8	20,1	10,38	60,97	1477
17:09:57	390,8	389,78	390,22	20,8	20,9	20,1	10,38	62,19	1477
17:09:58	390,78	389,78	390,18	20,8	20,9	20,1	10,38	60,55	1477
17:09:59	390,74	389,78	390,22	20,8	20,8	20,1	10,38	61,72	1477
17:10:00	390,72	389,8	390,24	20,8	20,8	20,1	10,38	60,76	1477
17:10:01	390,88	389,94	390,4	20,8	20,9	20,2	10,38	61,47	1477
17:10:02	390,92	389,92	390,4	20,8	20,8	20,1	10,38	60,96	1476
17:10:03	390,98	390,08	390,5	20,8	20,8	20,2	10,38	61,69	1476
17:10:04	391	390,08	390,46	20,8	20,8	20,1	10,38	60,98	1477
17:10:05	390,98	390,04	390,42	20,8	20,9	20,2	10,38	61,61	1477
17:10:06	390,9	389,96	390,36	20,8	20,9	20,2	10,38	61,22	1476
17:10:07	390,82	389,9	390,3	20,9	20,9	20,2	10,44	61,64	1476
17:10:08	391	390,1	390,52	20,8	20,9	20,2	10,38	61,55	1476
17:10:09	391,18	390,3	390,72	20,8	20,9	20,2	10,38	60,93	1476
17:10:10	391,26	390,34	390,8	20,8	20,9	20,2	10,38	61,19	1476
17:10:11	391,22	390,28	390,76	20,9	20,9	20,2	10,44	60,82	1477
17:10:12	391,18	390,2	390,7	20,8	20,8	20,1	10,38	61,87	1477
17:10:13	391,18	390,2	390,74	20,9	20,8	20,2	10,38	60,91	1477
17:10:14	391,22	390,24	390,78	20,8	20,8	20,2	10,38	61,59	1477
17:10:15	391,4	390,44	390,92	20,8	20,8	20,2	10,38	60,56	1477
17:10:16	391,38	390,4	390,88	20,8	20,8	20,2	10,38	61,67	1477
17:10:17	391,2	390,22	390,74	20,8	20,8	20,1	10,38	60,43	1477
17:10:18	391	390,04	390,56	20,8	20,8	20,2	10,38	61,75	1477
17:10:19	391,08	390,16	390,62	20,8	20,8	20,2	10,38	60,35	1477
17:10:20	391,1	390,06	390,48	20,9	20,9	20,2	10,38	61,36	1477
17:10:21	391,2	390,16	390,54	20,8	20,9	20,1	10,38	60,95	1477
17:10:22	391	389,72	390,24	20,8	20,9	20	10,38	61,04	1477
17:10:23	390,94	389,74	390,4	20,9	20,8	20,1	10,38	61,21	1477
17:10:24	390,82	389,7	390,26	20,8	20,8	20,1	10,38	60,67	1477
17:10:25	390,9	389,82	390,36	20,9	20,9	20,1	10,38	60,88	1477
17:10:26	390,92	389,86	390,42	20,9	20,8	20,1	10,38	60,61	1477
17:10:27	390,68	389,6	390,38	20,9	20,8	20,1	10,38	61,23	1477
17:10:28	390,78	389,78	390,46	20,9	20,8	20,2	10,38	60,53	1477

Tablo 5.3. (Devam) Su debisi 369,4 m³/h iken alınan veriler.

Zaman	Elektriksel Veriler							Mekanik Veriler	
	V ₁₋₂ (V)	V ₂₋₃ (V)	V ₃₋₁ (V)	L ₁ (A)	L ₂ (A)	L ₃ (A)	Aktif Güç(kW)	Moment(Nm)	Devir(rpm)
17:10:29	390,92	389,9	390,56	20,9	20,9	20,2	10,38	61,21	1477
17:10:30	391,02	390	390,58	20,9	20,9	20,2	10,44	60,32	1477
17:10:31	390,9	389,86	390,44	20,9	20,8	20,1	10,38	61,20	1477
17:10:32	390,8	389,78	390,34	20,9	20,9	20,2	10,44	60,55	1477
17:10:33	390,88	389,78	390,36	20,9	20,9	20,1	10,38	60,99	1477
17:10:34	390,9	389,74	390,4	20,9	20,9	20,1	10,44	60,84	1477
17:10:35	391	389,9	390,48	20,9	20,9	20,2	10,44	61,19	1477
17:10:36	390,96	389,82	390,46	20,9	20,9	20,2	10,44	60,97	1477
17:10:37	390,86	389,68	390,38	21	20,9	20,1	10,44	61,40	1477
17:10:38	390,76	389,64	390,24	20,9	20,9	20,1	10,38	60,88	1477
17:10:39	390,68	389,58	390,14	20,9	20,9	20,1	10,38	60,79	1477
17:10:40	390,6	389,42	390,06	20,9	20,8	20,1	10,38	61,70	1477
17:10:41	390,4	389,28	389,88	20,9	20,9	20,1	10,38	60,21	1477
17:10:42	390,4	389,24	389,78	20,9	20,9	20,1	10,38	61,27	1477
17:10:43	390,48	389,36	389,96	20,9	20,9	20,1	10,38	60,84	1477
17:10:44	390,64	389,5	390,12	20,9	20,9	20,1	10,38	61,27	1477
17:10:45	391,04	389,86	390,52	20,9	20,8	20,1	10,38	60,60	1477
17:10:46	390,96	389,76	390,46	20,9	20,9	20,1	10,38	61,21	1477
17:10:47	391,12	389,9	390,6	20,9	20,9	20,1	10,38	60,10	1477
17:10:48	390,9	389,72	390,4	20,9	20,9	20,1	10,38	61,10	1477
17:10:49	390,82	389,68	390,28	20,9	20,9	20,1	10,38	60,94	1477
17:10:50	390,78	389,66	390,22	20,9	20,9	20,1	10,38	60,62	1477
17:10:51	390,64	389,56	390,12	20,9	20,9	20,2	10,44	60,78	1476
17:10:52	390,68	389,64	390,18	20,9	20,9	20,1	10,38	61,50	1476
17:10:53	390,92	389,88	390,4	20,9	20,9	20,2	10,44	61,29	1476
17:10:54	391,08	389,92	390,52	20,9	20,9	20,1	10,38	61,14	1476
17:10:55	391,1	390	390,56	20,9	20,9	20,1	10,38	61,36	1477
17:10:56	391	389,9	390,46	20,9	20,9	20,1	10,38	60,77	1477
17:10:57	390,78	389,68	390,28	20,9	20,9	20,1	10,38	61,49	1476
17:10:58	390,7	389,68	390,26	20,9	20,8	20,1	10,38	60,60	1476
17:10:59	391	390,04	390,6	20,9	20,8	20,2	10,38	61,30	1476
17:11:00	391,38	390,4	390,96	20,8	20,8	20,1	10,38	60,68	1476
17:11:01	391,52	390,5	391,06	20,9	20,8	20,1	10,38	61,84	1477
17:11:02	391,28	390,24	390,78	20,9	20,9	20,1	10,38	60,82	1477
17:11:03	391,3	390,24	390,68	20,8	20,9	20,1	10,38	61,06	1476
17:11:04	390,88	389,9	390,26	20,8	20,9	20,1	10,38	60,91	1476
17:11:05	390,72	389,68	389,98	20,8	20,9	20,1	10,38	61,19	1476
17:11:06	390,84	389,8	390,14	20,8	20,9	20,1	10,38	60,69	1476
17:11:07	390,74	389,64	390,02	20,8	20,9	20,1	10,38	61,08	1476

5.3.3. Su Debisi 349,5 m³/h İken Deney Sonuçları

Su debisi 349,5 m³/h iken alınan veriler Tablo 5.4'de gösterilmiştir.

Tablo 5.4. Su debisi 349,5 m³/h iken alınan veriler.

Zaman	Elektriksel Veriler							Mekanik Veriler	
	V ₁₋₂ (V)	V ₂₋₃ (V)	V ₃₋₁ (V)	L ₁ (A)	L ₂ (A)	L ₃ (A)	Aktif Güç(kW)	Moment(Nm)	Devir(rpm)
17:11:08	390,62	389,58	390,08	20,8	20,8	20,1	10,38	60,82	1476
17:11:09	390,4	389,4	389,8	20,8	20,9	20,1	10,38	60,89	1476
17:11:10	390,42	389,42	389,88	20,8	20,8	20,1	10,38	61,36	1476
17:11:11	390,62	389,62	390,08	20,8	20,9	20,1	10,38	60,95	1476
17:11:12	390,72	389,72	390,2	20,8	20,8	20,1	10,32	61,56	1476
17:11:13	390,8	389,78	390,28	20,8	20,8	20,1	10,32	60,73	1476
17:11:14	390,6	389,58	390,06	20,8	20,9	20,1	10,38	61,77	1476
17:11:15	390,6	389,6	390,08	20,8	20,8	20,1	10,38	60,39	1476
17:11:16	390,56	389,54	390,04	20,8	20,8	20,1	10,38	61,29	1476
17:11:17	390,8	389,78	390,3	20,8	20,8	20,1	10,38	60,41	1476
17:11:18	390,68	389,72	390,24	20,8	20,8	20,1	10,32	60,96	1476
17:11:19	390,62	389,66	390,18	20,8	20,8	20,1	10,38	60,84	1476
17:11:20	390,9	389,94	390,5	20,8	20,8	20,1	10,38	61,64	1476
17:11:21	391	389,96	390,56	20,9	20,8	20,1	10,38	60,29	1476
17:11:22	390,92	389,86	390,44	20,8	20,8	20,1	10,38	61,02	1476
17:11:23	390,82	389,74	390,34	20,9	20,8	20,2	10,38	60,86	1476
17:11:24	390,72	389,64	390,22	20,9	20,8	20,1	10,38	61,10	1476
17:11:25	390,68	389,6	390,18	20,8	20,8	20,1	10,38	60,94	1476
17:11:26	390,58	389,52	390,08	20,8	20,8	20,1	10,38	60,74	1477
17:11:27	390,34	389,34	389,9	20,8	20,8	20,1	10,38	60,65	1476
17:11:28	390,64	389,7	390,2	20,9	20,9	20,2	10,38	60,99	1477
17:11:29	391,72	390,84	391,4	20,9	20,8	20,2	10,38	61,24	1477
17:11:30	391,86	390,96	391,54	20,9	20,8	20,2	10,44	60,70	1477
17:11:31	391,86	390,96	391,56	20,9	20,8	20,3	10,44	61,08	1477
17:11:32	391,78	390,78	391,42	20,9	20,8	20,2	10,38	60,39	1477
17:11:33	391,64	390,5	391,16	20,9	20,9	20,1	10,38	61,21	1477
17:11:34	391,68	390,62	391,24	20,9	20,9	20,2	10,38	60,70	1477
17:11:35	391,74	390,6	391,28	20,9	20,8	20,1	10,38	61,10	1477
17:11:36	391,64	390,56	391,24	20,9	20,8	20,1	10,38	60,22	1477
17:11:37	392,1	391,18	391,64	20,8	20,8	20,2	10,38	60,95	1477
17:11:38	392	391,08	391,44	20,8	20,9	20,1	10,38	60,69	1477
17:11:39	391,94	391,04	391,36	20,8	20,9	20,1	10,38	61,08	1477
17:11:40	391,72	390,8	391,12	20,8	20,9	20,1	10,38	61,32	1477
17:11:41	391,78	390,86	391,18	20,8	20,9	20,2	10,38	60,88	1476
17:11:42	391,94	391,02	391,38	20,8	20,8	20,1	10,38	61,40	1476
17:11:43	392,1	391,14	391,54	20,8	20,8	20,1	10,38	60,34	1476
17:11:44	392	391,04	391,5	20,8	20,9	20,2	10,38	61,68	1476

Tablo 5.4. (Devam) Su debisi 349,5 m³/h iken alınan veriler.

Zaman	Elektriksel Veriler							Mekanik Veriler	
	V ₁₋₂ (V)	V ₂₋₃ (V)	V ₃₋₁ (V)	L ₁ (A)	L ₂ (A)	L ₃ (A)	Aktif Güç(kW)	Moment(Nm)	Devir(rpm)
17:15:45	391,24	390,4	390,96	20,8	20,8	20,2	10,38	61,19	1477
17:15:46	391,28	390,44	391,04	20,9	20,8	20,2	10,38	60,69	1477
17:15:47	391,22	390,22	390,8	20,8	20,8	20,1	10,38	61,06	1477
17:15:48	391,28	390,44	391,02	20,8	20,8	20,2	10,38	61,01	1477
17:15:49	391,08	390,22	390,8	20,8	20,8	20,2	10,38	60,88	1477
17:15:50	390,92	390,02	390,66	20,9	20,8	20,2	10,38	61,15	1477
17:15:51	390,54	389,32	390,18	20,9	20,8	20,1	10,38	60,51	1477
17:15:52	390,78	389,8	390,54	20,8	20,7	20,1	10,38	61,21	1477
17:15:53	391,7	390,72	391,42	20,9	20,8	20,1	10,38	60,56	1477
17:15:54	391,62	390,6	391,32	20,9	20,8	20,1	10,38	61,34	1477
17:15:55	391,64	390,64	391,36	20,9	20,8	20,1	10,38	60,66	1477
17:15:56	391,74	390,78	391,48	20,9	20,8	20,1	10,38	61,31	1477
17:15:57	391,78	390,84	391,5	20,8	20,7	20,1	10,32	60,25	1477
17:15:58	391,78	390,82	391,5	20,8	20,7	20,1	10,38	61,04	1477
17:15:59	391,86	390,86	391,5	20,9	20,8	20,1	10,38	60,54	1476
17:16:00	391,9	390,92	391,54	20,8	20,8	20,1	10,38	61,22	1476
17:16:01	391,92	390,96	391,54	20,8	20,7	20,1	10,32	60,94	1477
17:16:02	392	390,92	391,56	20,8	20,8	20,1	10,38	60,93	1477
17:16:03	391,88	390,82	391,5	20,9	20,8	20,1	10,38	61,11	1476
17:16:04	392	390,98	391,58	20,9	20,8	20,1	10,38	60,97	1477
17:16:05	391,8	390,66	391,24	20,8	20,8	20,1	10,38	60,75	1476
17:16:06	391,92	390,82	391,4	20,8	20,8	20,1	10,38	60,88	1477
17:16:07	391,82	390,72	391,34	20,8	20,7	20	10,32	61,47	1477
17:16:08	391,78	390,72	391,4	20,8	20,7	20	10,32	60,91	1477
17:16:09	391,76	390,86	391,4	20,7	20,7	20,1	10,32	61,61	1477
17:16:10	391,78	390,88	391,42	20,7	20,7	20,1	10,32	60,63	1477
17:16:11	391,78	390,88	391,4	20,7	20,7	20,1	10,32	61,53	1477
17:16:12	391,78	390,86	391,36	20,8	20,8	20,1	10,32	60,89	1477
17:16:13	391,76	390,86	391,34	20,7	20,7	20,1	10,32	61,18	1477
17:16:14	391,68	390,74	391,24	20,8	20,7	20,1	10,32	60,76	1477
17:16:15	391,76	390,86	391,36	20,8	20,8	20,2	10,38	61,75	1477
17:16:16	391,64	390,72	391,24	20,8	20,8	20,1	10,38	60,84	1477
17:16:17	391,72	390,78	391,36	20,8	20,7	20,1	10,32	61,50	1477
17:16:18	391,86	390,94	391,52	20,8	20,7	20,1	10,32	60,85	1477
17:16:19	391,78	390,84	391,44	20,8	20,7	20,1	10,32	61,36	1477
17:16:20	391,64	390,78	391,4	20,8	20,7	20,1	10,32	61,12	1477
17:16:21	391,44	390,54	391,18	20,8	20,7	20,1	10,32	61,10	1477
17:16:22	391,34	390,44	391,14	20,8	20,7	20,1	10,32	61,19	1477

Tablo 5.4. (Devam) Su debisi 349,5 m³/h iken alınan veriler.

Zaman	Elektriksel Veriler							Mekanik Veriler	
	V ₁₋₂ (V)	V ₂₋₃ (V)	V ₃₋₁ (V)	L ₁ (A)	L ₂ (A)	L ₃ (A)	Aktif Güç(kW)	Moment(Nm)	Devir(rpm)
17:16:23	391,44	390,6	391,28	20,8	20,7	20,1	10,32	60,55	1477
17:16:24	391,56	390,74	391,42	20,8	20,7	20,1	10,32	61,70	1477
17:16:25	391,56	390,76	391,42	20,8	20,7	20,1	10,32	61,00	1477
17:16:26	391,6	390,82	391,44	20,8	20,7	20,1	10,32	61,53	1477
17:16:27	391,66	390,94	391,56	20,8	20,6	20,1	10,32	60,56	1477
17:16:28	391,9	391,04	391,72	20,8	20,7	20,1	10,32	61,66	1477
17:16:29	391,9	391,04	391,72	20,8	20,7	20,1	10,32	60,66	1477
17:16:30	392,04	391,14	391,86	20,8	20,7	20,1	10,32	61,29	1477
17:16:31	391,98	391,06	391,74	20,8	20,7	20,1	10,32	61,30	1477
17:16:32	391,94	391,02	391,7	20,8	20,7	20,1	10,32	61,69	1476
17:16:33	392,08	391,16	391,84	20,8	20,7	20,1	10,32	60,86	1477
17:16:34	392,32	391,4	392,04	20,8	20,7	20,1	10,32	61,23	1477
17:16:35	391,66	390,7	391,32	20,8	20,7	20,1	10,32	61,19	1477
17:16:36	391,36	390,36	391	20,8	20,7	20,1	10,32	61,36	1476
17:16:37	391,14	390,16	390,9	20,9	20,7	20,1	10,38	61,70	1477
17:16:38	391,1	390,14	390,9	20,8	20,7	20,1	10,32	60,67	1476
17:16:39	391	390,08	390,82	20,8	20,7	20,1	10,32	61,64	1477
17:16:40	391,14	390,24	390,96	20,8	20,7	20,1	10,32	60,59	1477
17:16:41	391,26	390,32	391,04	20,8	20,7	20,1	10,32	62,09	1477
17:16:42	391,22	390,26	390,94	20,9	20,7	20,1	10,38	60,56	1477
17:16:43	391,1	390,2	390,74	20,8	20,7	20,1	10,38	61,56	1477
17:16:44	391,14	390,24	390,82	20,8	20,7	20,1	10,38	60,09	1477
17:16:45	391,1	390,28	390,82	20,8	20,7	20,1	10,38	61,69	1477
17:16:46	391,24	390,44	390,88	20,8	20,8	20,2	10,38	61,03	1477
17:16:47	391,24	390,5	390,86	20,8	20,8	20,3	10,44	61,33	1477
17:16:48	391,44	390,72	391,04	20,8	20,9	20,3	10,44	60,95	1477
17:16:49	391,38	390,64	390,98	20,8	20,8	20,2	10,38	61,58	1477
17:16:50	391,2	390,42	390,76	20,8	20,8	20,2	10,44	60,87	1477
17:16:51	391,12	390,38	390,7	20,8	20,9	20,2	10,44	60,74	1477
17:16:52	390,98	390,2	390,62	20,8	20,9	20,3	10,44	61,51	1477
17:16:53	390,94	390,14	390,62	20,8	20,8	20,2	10,38	60,68	1477
17:16:54	391,26	390,36	390,92	20,9	20,8	20,2	10,38	61,62	1477
17:16:55	391,52	390,66	391,3	20,9	20,8	20,3	10,44	60,88	1477
17:16:56	391,68	390,82	391,54	20,9	20,8	20,2	10,44	61,44	1477
17:16:57	391,44	390,56	391,26	20,9	20,8	20,2	10,44	60,27	1477
17:16:58	391,72	390,82	391,56	20,9	20,8	20,2	10,44	61,26	1477
17:16:59	391,72	390,8	391,56	21	20,8	20,2	10,44	60,54	1477
17:17:00	391,82	390,86	391,68	21	20,8	20,2	10,44	61,44	1477
17:17:01	391,74	390,84	391,58	20,9	20,8	20,2	10,44	60,93	1477

Tablo 5.4. (Devam) Su debisi 349,5 m³/h iken alınan veriler.

Zaman	Elektriksel Veriler							Mekanik Veriler	
	V ₁₋₂ (V)	V ₂₋₃ (V)	V ₃₋₁ (V)	L ₁ (A)	L ₂ (A)	L ₃ (A)	Aktif Güç(kW)	Moment(Nm)	Devir(rpm)
17:17:02	391,78	390,84	391,6	20,9	20,8	20,2	10,38	61,42	1477
17:17:03	391,68	390,76	391,5	20,9	20,7	20,2	10,38	60,76	1477
17:17:04	391,62	390,74	391,44	20,8	20,7	20,1	10,38	61,56	1477
17:17:05	391,54	390,7	391,4	20,8	20,7	20,2	10,38	60,99	1477
17:17:06	391,56	390,7	391,42	20,8	20,7	20,1	10,32	61,17	1477
17:17:07	391,62	390,6	391,38	20,8	20,7	20	10,32	61,89	1477
17:17:08	391,7	390,68	391,48	20,9	20,7	20,1	10,32	60,48	1476
17:17:09	391,8	390,9	391,66	20,9	20,7	20,1	10,38	61,26	1477
17:17:10	391,74	390,78	391,58	20,8	20,7	20,1	10,32	60,60	1476
17:17:11	391,54	390,54	391,36	20,8	20,6	20	10,32	61,49	1476
17:17:12	391,68	390,74	391,48	20,8	20,7	20,1	10,32	60,54	1477
17:17:13	391,78	390,76	391,54	20,8	20,7	20,1	10,32	61,51	1476
17:17:14	392	390,98	391,76	20,9	20,7	20,1	10,32	60,47	1476
17:17:15	392,02	390,98	391,86	20,9	20,7	20,1	10,38	61,65	1476
17:17:16	392,1	391,04	391,94	20,9	20,7	20,2	10,38	60,56	1476
17:17:17	392,06	391	391,88	20,9	20,7	20,2	10,38	61,00	1476
17:17:18	391,64	390,54	391,42	20,9	20,7	20,1	10,38	61,10	1476
17:17:19	391,5	390,44	391,32	20,9	20,7	20,1	10,38	61,78	1476
17:17:20	391,5	390,42	391,28	20,9	20,7	20,1	10,32	60,65	1476
17:17:21	391,28	390,28	391,14	20,9	20,7	20,1	10,38	60,90	1476
17:17:22	391,38	390,48	391,32	20,8	20,6	20,1	10,32	61,20	1476
17:17:23	391,64	390,64	391,54	20,9	20,7	20,1	10,38	60,82	1477
17:17:24	391,84	390,84	391,74	20,9	20,7	20,1	10,38	61,46	1476
17:17:25	391,92	390,92	391,78	20,9	20,7	20,1	10,38	60,67	1476
17:17:26	391,82	390,82	391,62	20,9	20,7	20,1	10,38	61,70	1476
17:17:27	391,78	390,82	391,64	20,9	20,7	20,1	10,38	60,88	1476
17:17:28	391,76	390,82	391,62	20,9	20,7	20,1	10,38	61,52	1477
17:17:29	391,86	390,9	391,7	20,9	20,7	20,1	10,38	60,59	1477
17:17:30	391,88	390,9	391,72	20,9	20,7	20,1	10,38	61,82	1476
17:17:31	391,96	390,76	391,58	20,9	20,7	20,1	10,38	60,74	1477
17:17:32	391,98	390,96	391,78	20,9	20,7	20,1	10,38	61,83	1477
17:17:33	391,9	390,92	391,72	20,8	20,6	20,1	10,32	60,69	1477
17:17:34	391,78	390,86	391,66	20,8	20,6	20,1	10,32	61,65	1477
17:17:35	391,68	390,72	391,56	20,8	20,6	20,1	10,32	61,10	1477
17:17:36	391,68	390,72	391,56	20,8	20,7	20,1	10,32	61,11	1477
17:17:37	391,56	390,68	391,5	20,8	20,6	20,1	10,32	61,27	1477
17:17:38	391,72	390,82	391,64	20,8	20,7	20,1	10,32	61,06	1477
17:17:39	391,68	390,8	391,62	20,8	20,6	20,1	10,32	60,97	1477

5.3.4. Su Debisi 309,3 m³/h İken Deney Sonuçları

Su debisi 309,3 m³/h iken alınan veriler Tablo 5.5’de gösterilmiştir.

Tablo 5.5. Su debisi 309,3 m³/h iken alınan veriler.

Zaman	Elektriksel Veriler							Mekanik Veriler	
	V ₁₋₂ (V)	V ₂₋₃ (V)	V ₃₋₁ (V)	L ₁ (A)	L ₂ (A)	L ₃ (A)	Aktif Güç(kW)	Moment(Nm)	Devir(rpm)
17:25:09	393,1	392,08	392,76	20,5	20,4	19,8	10,14	59,31	1478
17:25:10	392,94	391,92	392,6	20,5	20,4	19,8	10,14	59,40	1478
17:25:11	393,14	392,18	392,8	20,5	20,4	19,8	10,14	59,46	1478
17:25:12	393,42	392,46	393,1	20,5	20,4	19,8	10,14	59,85	1478
17:25:13	393,44	392,5	393,12	20,5	20,4	19,8	10,14	58,94	1478
17:25:14	393,36	392,34	393,02	20,4	20,3	19,7	10,08	59,88	1478
17:25:15	393,22	392,22	392,9	20,5	20,4	19,8	10,08	59,51	1478
17:25:16	393,12	392,16	392,86	20,5	20,4	19,8	10,14	60,15	1478
17:25:17	392,94	392	392,7	20,5	20,4	19,8	10,14	59,36	1478
17:25:22	392,94	392,02	392,74	20,5	20,3	19,8	10,08	59,82	1478
17:25:23	392,96	392,06	392,74	20,4	20,3	19,7	10,08	59,41	1478
17:25:24	392,92	392	392,66	20,4	20,3	19,7	10,02	59,96	1478
17:25:25	392,78	391,82	392,54	20,4	20,3	19,7	10,08	59,18	1478
17:25:26	392,7	391,76	392,48	20,4	20,3	19,7	10,02	59,76	1478
17:25:27	392,7	391,78	392,52	20,4	20,3	19,7	10,02	59,94	1478
17:25:31	392,84	391,96	392,64	20,4	20,3	19,7	10,02	59,36	1478
17:25:32	392,94	392,06	392,72	20,4	20,3	19,7	10,02	60,05	1478
17:25:33	393,16	392,3	392,92	20,4	20,3	19,7	10,02	59,47	1478
17:25:39	393,06	392,12	392,9	20,4	20,2	19,7	10,02	59,92	1478
17:25:40	392,82	391,86	392,6	20,4	20,2	19,7	10,02	58,91	1478
17:25:41	393,24	392,28	392,98	20,4	20,2	19,7	10,02	59,77	1478
17:25:42	393,16	392,16	392,84	20,4	20,3	19,7	10,02	58,78	1478
17:25:43	392,92	391,88	392,6	20,4	20,3	19,7	10,02	59,97	1478
17:25:44	392,8	391,72	392,42	20,4	20,3	19,7	10,02	59,18	1478
17:25:45	392,94	391,92	392,6	20,4	20,3	19,7	10,08	59,96	1478
17:26:04	392,92	392,04	392,62	20,4	20,3	19,7	10,02	59,20	1478
17:26:18	392,98	392,02	392,72	20,4	20,3	19,7	10,02	59,96	1477
17:26:19	392,96	392,04	392,72	20,4	20,3	19,7	10,02	59,31	1477
17:26:21	393,04	392,12	392,86	20,4	20,2	19,7	10,02	59,50	1477
17:26:22	392,9	391,92	392,62	20,4	20,3	19,7	10,02	59,49	1478
17:26:23	392,24	391,26	391,96	20,4	20,3	19,7	10,02	59,46	1477
17:26:24	392,12	391,14	391,82	20,4	20,3	19,7	10,02	59,87	1477
17:26:25	391,92	390,96	391,58	20,4	20,3	19,7	10,02	59,42	1477
17:26:26	391,78	390,8	391,34	20,4	20,3	19,7	10,02	60,05	1477

Tablo 5.5. (Devam) Su debisi 309,3 m³/h iken alınan veriler.

Zaman	Elektriksel Veriler							Mekanik Veriler	
	V ₁₋₂ (V)	V ₂₋₃ (V)	V ₃₋₁ (V)	L ₁ (A)	L ₂ (A)	L ₃ (A)	Aktif Güç(kW)	Moment(Nm)	Devir(rpm)
17:26:27	391,82	390,84	391,5	20,4	20,3	19,7	10,02	59,16	1477
17:26:28	391,9	390,94	391,58	20,4	20,3	19,7	10,08	60,22	1477
17:26:29	392,1	391,1	391,72	20,4	20,3	19,7	10,08	59,25	1477
17:26:30	392,32	391,38	391,96	20,4	20,3	19,7	10,02	60,07	1477
17:26:31	392,46	391,5	392,1	20,4	20,3	19,8	10,08	59,37	1477
17:26:32	392,38	391,4	392	20,4	20,3	19,7	10,02	59,74	1477
17:26:37	392,48	391,58	392,18	20,4	20,3	19,8	10,08	59,47	1477
17:26:38	392,54	391,64	392,26	20,4	20,3	19,7	10,02	59,92	1477
17:26:39	391,98	391,1	391,44	20,3	20,4	19,7	10,02	59,34	1477
17:26:40	392	390,98	391,48	20,3	20,3	19,6	10,02	59,53	1477
17:26:41	391,6	390,28	391	20,4	20,4	19,6	10,02	59,31	1477
17:26:42	391,6	390,44	391,16	20,4	20,3	19,7	10,02	59,79	1477
17:26:43	391,72	390,58	391,28	20,4	20,3	19,7	10,02	59,77	1477
17:26:44	391,58	390,48	391,18	20,4	20,3	19,7	10,02	59,21	1477
17:26:45	391,72	390,62	391,36	20,5	20,3	19,7	10,08	59,50	1477
17:26:46	391,52	390,42	391,18	20,4	20,3	19,7	10,02	59,06	1477
17:26:47	391,32	390,38	391,08	20,4	20,3	19,7	10,02	59,89	1477
17:26:48	391,32	390,4	391,06	20,4	20,2	19,7	10,02	59,30	1477
17:26:49	391,38	390,46	391,04	20,3	20,2	19,6	9,96	60,10	1477
17:26:50	391,56	390,62	391,2	20,3	20,2	19,6	9,96	59,06	1477
17:26:51	391,68	390,74	391,36	20,3	20,2	19,7	10,02	59,92	1477
17:26:52	391,8	390,86	391,5	20,4	20,3	19,7	10,02	59,07	1477
17:26:53	391,84	390,94	391,58	20,4	20,2	19,7	10,02	59,84	1477
17:26:54	391,74	390,78	391,42	20,4	20,3	19,7	10,02	59,25	1477
17:26:55	391,82	390,86	391,52	20,4	20,3	19,7	10,02	59,63	1477
17:26:56	391,86	390,92	391,6	20,4	20,3	19,7	10,02	59,21	1477
17:26:57	391,88	390,92	391,6	20,4	20,3	19,7	10,02	59,50	1477
17:26:58	391,82	390,8	391,5	20,4	20,3	19,7	10,02	59,66	1477
17:26:59	391,8	390,84	391,46	20,4	20,3	19,7	10,02	59,74	1477
17:27:00	391,88	390,92	391,58	20,4	20,3	19,7	10,02	59,26	1477
17:27:02	391,92	390,98	391,58	20,4	20,3	19,7	10,08	59,26	1477
17:27:03	392	391,1	391,76	20,5	20,4	19,8	10,14	59,71	1477

5.3.5. Su Debisi 248,5 m³/h İken Deney Sonuçları

Su debisi 248,5 m³/h iken alınan veriler Tablo 5.6'da gösterilmiştir.

Tablo 5.6. Su debisi 248,5 m³/h iken alınan veriler.

Zaman	Elektriksel Veriler							Mekanik Veriler	
	V ₁₋₂ (V)	V ₂₋₃ (V)	V ₃₋₁ (V)	L ₁ (A)	L ₂ (A)	L ₃ (A)	Aktif Güç(kW)	Moment(Nm)	Devir(rpm)
17:33:14	393,28	392,3	392,9	19,2	19,1	18,5	91,2	52,90	1480
17:33:15	393,18	392,2	392,82	19,2	19,1	18,5	91,2	52,67	1480
17:33:16	393,06	392,14	392,7	19,2	19,1	18,5	91,2	53,15	1479
17:33:17	392,96	392,06	392,6	19,2	19,1	18,5	91,2	53,27	1480
17:33:18	393,1	392,14	392,7	19,2	19,1	18,5	91,2	52,47	1480
17:33:19	393,24	392,22	392,78	19,2	19,1	18,5	91,2	53,79	1480
17:33:20	393,06	391,78	392,58	19,2	19,1	18,4	90,6	52,06	1480
17:33:21	393,14	392,12	392,82	19,2	19	18,5	90,6	53,71	1480
17:33:22	393,06	392,08	392,78	19,2	19	18,5	91,2	53,10	1480
17:33:23	392,9	391,98	392,68	19,2	19	18,5	91,2	52,88	1480
17:33:24	392,9	392,02	392,7	19,2	19	18,6	91,2	53,46	1480
17:33:25	392,96	392,08	392,74	19,2	19	18,6	91,2	53,53	1480
17:33:26	392,92	392,04	392,7	19,2	19	18,5	90,6	53,43	1480
17:33:27	392,82	392	392,56	19,2	19	18,6	91,2	52,56	1480
17:33:28	392,76	391,92	392,4	19,1	19,1	18,5	90,6	53,55	1480
17:33:29	392,7	391,88	392,36	19,2	19,1	18,6	91,2	52,83	1480
17:33:30	392,46	391,66	392,18	19,2	19,1	18,6	91,2	53,64	1480
17:33:31	392,72	391,94	392,44	19,1	19,1	18,6	91,2	53,53	1480
17:33:32	392,94	392,18	392,64	19,1	19	18,5	90,6	53,77	1480
17:33:33	393,04	392,2	392,68	19,1	19	18,5	90,6	53,47	1480
17:33:34	392,98	392,14	392,64	19,1	19	18,5	90,6	53,36	1480
17:33:35	392,74	391,84	392,4	19,2	19	18,5	90,6	53,39	1480
17:33:36	392,58	391,7	392,26	19,2	19,1	18,5	91,2	54,15	1480
17:33:37	392,56	391,7	392,26	19,1	19	18,5	90,6	53,16	1480
17:33:38	392,62	391,76	392,36	19,2	19	18,5	91,2	52,86	1480
17:33:39	392,74	391,88	392,48	19,1	19	18,5	90,6	52,73	1480
17:33:40	392,7	391,86	392,44	19,1	19	18,5	90,6	53,87	1480
17:33:41	392,62	391,78	392,32	19,1	19	18,5	90,6	53,21	1480
17:33:42	392,7	391,88	392,4	19,1	19	18,5	90,6	52,65	1480
17:33:43	392,88	392,08	392,6	19,1	19	18,5	90,6	54,48	1480
17:33:44	393,22	392,38	392,92	19,1	19	18,5	90,6	52,37	1480
17:33:45	393,1	392,28	392,8	19,1	19	18,6	90,6	53,51	1480
17:33:46	392,96	392,14	392,68	19,2	19	18,6	91,2	53,31	1480
17:33:47	392,82	392,02	392,58	19,2	19	18,6	91,2	53,86	1480
17:33:48	392,72	391,92	392,46	19,2	19,1	18,6	91,2	52,63	1480
17:33:49	392,68	391,9	392,42	19,1	19	18,5	90,6	53,59	1480
17:33:50	392,58	391,78	392,26	19,2	19,1	18,6	91,2	53,64	1479
17:33:51	392,9	392,08	392,62	19,2	19,1	18,6	91,2	53,98	1479
17:33:52	392,9	392,1	392,62	19,2	19,1	18,6	91,2	54,11	1480

Tablo 5.6. (Devam) Su debisi 248,5 m³/h iken alınan veriler.

Zaman	Elektriksel Veriler							Mekanik Veriler	
	V ₁₋₂ (V)	V ₂₋₃ (V)	V ₃₋₁ (V)	L ₁ (A)	L ₂ (A)	L ₃ (A)	Aktif Güç(kW)	Moment(Nm)	Devir(rpm)
17:33:53	392,82	392	392,54	19,1	19	18,5	90,6	52,66	1480
17:33:54	392,7	391,88	392,38	19,1	19	18,5	90,6	53,01	1480
17:33:55	392,7	391,9	392,38	19,1	19	18,5	90,6	53,45	1479
17:33:56	392,76	391,96	392,42	19,1	19	18,5	90,6	54,40	1479
17:33:57	392,78	392,04	392,48	19,1	19,1	18,6	90,6	52,43	1479
17:33:58	392,92	392,12	392,56	19,1	19,1	18,5	90,6	52,87	1479
17:33:59	393,06	392,22	392,68	19,1	19,1	18,6	91,2	53,66	1480
17:34:00	393,18	392,3	392,76	19,1	19,1	18,5	90,6	54,04	1479
17:34:01	393,18	392,28	392,72	19,1	19,1	18,5	90,6	52,48	1479
17:34:02	392,98	392,1	392,6	19,1	19	18,5	90,6	52,97	1480
17:34:03	393,08	392,18	392,68	19,2	19,1	18,6	91,2	53,92	1480
17:34:04	393,04	392,12	392,62	19,2	19,1	18,6	91,2	52,95	1480
17:34:05	392,82	391,92	392,44	19,2	19,1	18,5	90,6	52,90	1479
17:34:06	392,94	392,06	392,58	19,1	19	18,5	90,6	53,66	1480
17:34:07	393	392,12	392,68	19,1	19	18,5	90,6	52,69	1480
17:34:08	393,08	392,2	392,72	19,1	19	18,5	90,6	54,04	1480
17:33:14	393,28	392,3	392,9	19,2	19,1	18,5	91,2	52,90	1.480
17:33:15	393,18	392,2	392,82	19,2	19,1	18,5	91,2	52,67	1480
17:33:16	393,06	392,14	392,7	19,2	19,1	18,5	91,2	53,15	1479
17:33:17	392,96	392,06	392,6	19,2	19,1	18,5	91,2	53,27	1480
17:33:18	393,1	392,14	392,7	19,2	19,1	18,5	91,2	52,47	1480
17:33:19	393,24	392,22	392,78	19,2	19,1	18,5	91,2	53,79	1480
17:33:20	393,06	391,78	392,58	19,2	19,1	18,4	90,6	52,06	1480
17:33:21	393,14	392,12	392,82	19,2	19	18,5	90,6	53,71	1480
17:33:22	393,06	392,08	392,78	19,2	19	18,5	91,2	53,10	1480
17:33:23	392,9	391,98	392,68	19,2	19	18,5	91,2	52,88	1480
17:33:24	392,9	392,02	392,7	19,2	19	18,6	91,2	53,46	1480
17:33:25	392,96	392,08	392,74	19,2	19	18,6	91,2	53,53	1480
17:33:26	392,92	392,04	392,7	19,2	19	18,5	90,6	53,43	1480
17:33:27	392,82	392	392,56	19,2	19	18,6	91,2	52,56	1480
17:33:28	392,76	391,92	392,4	19,1	19,1	18,5	90,6	53,55	1480
17:33:29	392,7	391,88	392,36	19,2	19,1	18,6	91,2	52,83	1480
17:33:30	392,46	391,66	392,18	19,2	19,1	18,6	91,2	53,64	1480
17:33:31	392,72	391,94	392,44	19,1	19,1	18,6	91,2	53,53	1480
17:33:32	392,94	392,18	392,64	19,1	19	18,5	90,6	53,77	1480
17:33:33	393,04	392,2	392,68	19,1	19	18,5	90,6	53,47	1480
17:33:34	392,98	392,14	392,64	19,1	19	18,5	90,6	53,36	1480
17:33:35	392,74	391,84	392,4	19,2	19	18,5	90,6	53,39	1480
17:33:36	392,58	391,7	392,26	19,2	19,1	18,5	91,2	54,15	1480

Tablo 5.6. (Devam) Su debisi 248,5 m³/h iken alınan veriler.

Zaman	Elektriksel Veriler							Mekanik Veriler	
	V ₁₋₂ (V)	V ₂₋₃ (V)	V ₃₋₁ (V)	L ₁ (A)	L ₂ (A)	L ₃ (A)	Aktif Güç(kW)	Moment(Nm)	Devir(rpm)
17:33:37	392,56	391,7	392,26	19,1	19	18,5	90,6	53,16	1480
17:33:38	392,62	391,76	392,36	19,2	19	18,5	91,2	52,86	1480
17:33:39	392,74	391,88	392,48	19,1	19	18,5	90,6	52,73	1480
17:33:40	392,7	391,86	392,44	19,1	19	18,5	90,6	53,87	1480
17:33:41	392,62	391,78	392,32	19,1	19	18,5	90,6	53,21	1480
17:33:42	392,7	391,88	392,4	19,1	19	18,5	90,6	52,65	1480
17:33:43	392,88	392,08	392,6	19,1	19	18,5	90,6	54,48	1480
17:33:44	393,22	392,38	392,92	19,1	19	18,5	90,6	52,37	1480
17:33:45	393,1	392,28	392,8	19,1	19	18,6	90,6	53,51	1480
17:33:46	392,96	392,14	392,68	19,2	19	18,6	91,2	53,31	1480
17:33:47	392,82	392,02	392,58	19,2	19	18,6	91,2	53,86	1480
17:33:48	392,72	391,92	392,46	19,2	19,1	18,6	91,2	52,63	1480
17:33:49	392,68	391,9	392,42	19,1	19	18,5	90,6	53,59	1480
17:33:50	392,58	391,78	392,26	19,2	19,1	18,6	91,2	53,64	1479
17:33:51	392,9	392,08	392,62	19,2	19,1	18,6	91,2	53,98	1479
17:33:52	392,9	392,1	392,62	19,2	19,1	18,6	91,2	54,11	1480
17:33:53	392,82	392	392,54	19,1	19	18,5	90,6	52,66	1480
17:33:54	392,7	391,88	392,38	19,1	19	18,5	90,6	53,01	1480
17:33:55	392,7	391,9	392,38	19,1	19	18,5	90,6	53,45	1479
17:33:56	392,76	391,96	392,42	19,1	19	18,5	90,6	54,40	1479
17:33:57	392,78	392,04	392,48	19,1	19,1	18,6	90,6	52,43	1479
17:33:58	392,92	392,12	392,56	19,1	19,1	18,5	90,6	52,87	1479
17:33:59	393,06	392,22	392,68	19,1	19,1	18,6	91,2	53,66	1480
17:34:00	393,18	392,3	392,76	19,1	19,1	18,5	90,6	54,04	1479
17:34:01	393,18	392,28	392,72	19,1	19,1	18,5	90,6	52,48	1479
17:34:02	392,98	392,1	392,6	19,1	19	18,5	90,6	52,97	1480
17:34:03	393,08	392,18	392,68	19,2	19,1	18,6	91,2	53,92	1480
17:34:04	393,04	392,12	392,62	19,2	19,1	18,6	91,2	52,95	1480
17:34:05	392,82	391,92	392,44	19,2	19,1	18,5	90,6	52,90	1479
17:34:06	392,94	392,06	392,58	19,1	19	18,5	90,6	53,66	1480
17:34:07	393	392,12	392,68	19,1	19	18,5	90,6	52,69	1480
17:34:08	393,08	392,2	392,72	19,1	19	18,5	90,6	54,04	1480

5.3.6. Su Debisi 229,4 m³/h İken Deney Sonuçları

Su debisi 229,4 m³/h iken alınan veriler Tablo 5.7'de gösterilmiştir.

Tablo 5.7. Su debisi 229,4 m³/h iken alınan veriler.

Zaman	Elektriksel Veriler							Mekanik Veriler	
	V ₁₋₂ (V)	V ₂₋₃ (V)	V ₃₋₁ (V)	L ₁ (A)	L ₂ (A)	L ₃ (A)	Aktif Güç(kW)	Moment(Nm)	Devir(rpm)
17:35:45	393,32	392,06	392,84	19,3	19,1	18,4	9,12	53,85	1480
17:35:46	393,48	392,22	393,02	19,3	19,1	18,4	9,06	52,77	1480
17:35:47	393,6	392,44	393,24	19,3	19	18,5	9,06	53,37	1480
17:35:48	393,52	392,4	393,18	19,2	19	18,4	9,06	51,68	1480
17:35:49	393,32	392,1	392,76	19,2	19	18,4	9,06	53,01	1480
17:35:50	393,66	392,3	393,02	19,2	19	18,3	9	53,29	1480
17:35:51	393,4	392,18	392,98	19,2	19	18,4	9	54,95	1480
17:35:52	392,96	391,72	392,6	19,2	19	18,4	9,06	52,85	1480
17:35:53	393,08	391,84	392,7	19,2	18,9	18,4	9	52,37	1480
17:35:54	393,26	392,06	392,9	19,2	19	18,4	9,06	52,13	1480
17:35:55	393,32	392,1	392,92	19,2	19	18,4	9,06	53,48	1480
17:36:04	393,54	392,34	393,22	19,2	19	18,4	9	51,99	1480
17:36:28	393,76	392,48	393,36	19,2	19	18,4	9,06	52,45	1480
17:36:29	393,82	392,6	393,42	19,3	19,1	18,5	9,06	51,72	1480
17:36:30	393,78	392,54	393,34	19,2	19	18,4	9	53,64	1480
17:36:31	393,6	392,36	393,16	19,3	19,1	18,4	9,06	52,38	1480
17:36:32	393,72	392,54	393,32	19,2	19	18,4	9,06	53,85	1480
17:36:33	393,76	392,52	393,28	19,2	19,1	18,4	9,06	54,62	1480
17:36:47	393,74	392,58	393,32	19,2	19	18,4	9,06	53,96	1480
17:36:48	393,78	392,62	393,4	19,2	19,1	18,5	9,06	54,06	1480
17:36:49	393,78	392,72	393,44	19,2	19	18,4	9,06	52,08	1480
17:36:50	393,72	392,86	393,5	19,2	19	18,6	9,12	54,39	1480
17:36:51	393,58	392,7	393,36	19,2	19	18,5	9,06	53,25	1480
17:36:52	393,04	392,08	392,78	19,2	19	18,5	9,06	53,05	1480
17:36:53	393,22	392,26	392,94	19	18,9	18,4	8,94	53,28	1480

5.3.7. Su Debisi 201,1 m³/h İken Deney Sonuçları

Su debisi 201,1 m³/h iken alınan veriler Tablo 5.8'de gösterilmiştir.

Tablo 5.8. Su debisi 201,1 m³/h iken alınan veriler.

Zaman	Elektriksel Veriler							Mekanik Veriler	
	V ₁₋₂ (V)	V ₂₋₃ (V)	V ₃₋₁ (V)	L ₁ (A)	L ₂ (A)	L ₃ (A)	Aktif Güç(kW)	Moment(Nm)	Devir(rpm)
17:38:15	393,52	392,56	393,34	19,3	19	18,6	9,12	52,22	1480
17:38:16	393,48	392,54	393,32	19,2	19	18,6	9,12	55,22	1480
17:38:17	393,24	392,4	393,2	19,3	19	18,6	9,18	53,96	1480

Tablo 5.8. (Devam) Su debisi 201,1 m³/h iken alınan veriler.

Zaman	Elektriksel Veriler							Mekanik Veriler	
	V ₁₋₂ (V)	V ₂₋₃ (V)	V ₃₋₁ (V)	L ₁ (A)	L ₂ (A)	L ₃ (A)	Aktif Güç(kW)	Moment(Nm)	Devir(rpm)
17:38:18	393,18	392,36	393,12	19,3	19,1	18,7	9,18	54,07	1480
17:38:19	392,96	392,12	392,9	19,2	19	18,6	9,12	53,74	1480
17:38:20	393,2	392,4	393,1	19,2	19	18,6	9,12	55,06	1480
17:38:21	393,3	392,54	393,22	19,2	19	18,7	9,12	52,68	1480
17:38:22	393,4	392,64	393,36	19,2	19	18,6	9,12	54,01	1480
17:38:23	393,6	392,9	393,6	19,3	19	18,7	9,18	54,40	1480
17:38:24	393,72	393,04	393,74	19,2	19	18,6	9,12	51,98	1480
17:38:25	393,62	392,9	393,62	19,3	19,1	18,7	9,18	52,11	1480
17:38:26	393,6	392,86	393,58	19,2	19	18,6	9,12	54,35	1480
17:38:27	393,52	392,78	393,52	19,2	19	18,6	9,12	55,06	1480
17:38:28	393,58	392,82	393,54	19,3	19	18,6	9,12	52,69	1480
17:38:29	393,72	393,08	393,74	19,2	19	18,6	9,12	54,39	1480
17:38:30	393,88	393,26	393,9	19,2	19	18,7	9,12	52,62	1480
17:38:31	393,88	393,2	393,86	19,2	19	18,6	9,12	51,84	1480
17:38:32	393,78	393,1	393,76	19,3	19	18,7	9,18	52,29	1480
17:38:33	393,72	392,98	393,68	19,2	19	18,7	9,12	53,94	1480
17:38:34	393,74	393,02	393,72	19,2	19	18,6	9,12	51,48	1480
17:38:35	393,88	393,14	393,86	19,2	19	18,6	9,06	52,02	1480
17:38:36	393,9	393,18	393,9	19,2	19	18,6	9,12	51,85	1480
17:38:37	393,86	393,18	393,84	19,2	19	18,6	9,12	54,82	1480
17:38:38	394,02	393,38	394,04	19,2	19	18,6	9,12	52,47	1480
17:38:39	393,86	393,14	393,82	19,2	19	18,7	9,12	53,65	1480
17:38:40	393,86	393,14	393,86	19,2	18,9	18,6	9,06	52,97	1480
17:38:41	394,08	393,32	394,06	19,2	19	18,6	9,12	53,10	1480
17:38:42	394	393,24	393,98	19,3	19	18,7	9,12	52,32	1480
17:38:43	393,98	393,3	394	19,2	19	18,7	9,12	52,57	1480
17:38:44	394,04	393,38	394,08	19,2	18,9	18,6	9,06	52,47	1480
17:38:45	393,96	393,34	394,04	19,2	19	18,7	9,12	54,04	1480
17:38:46	393,9	393,28	393,96	19,2	19	18,7	9,12	52,49	1480
17:38:47	394,04	393,46	394,1	19,2	18,9	18,6	9,06	53,07	1480
17:38:48	394,06	393,46	394,1	19,2	19	18,7	9,12	51,45	1480
17:38:49	393,96	393,28	393,92	19,2	19	18,6	9,12	51,33	1480
17:38:50	393,58	392,86	393,48	19,1	18,9	18,6	9,06	54,47	1480
17:38:51	393,58	392,78	393,42	19,2	19	18,6	9,12	53,23	1480
17:38:52	393,76	393,08	393,66	19,2	19	18,6	9,12	55,24	1480
17:38:53	393,6	392,92	393,5	19,1	19	18,6	9,06	54,90	1480
17:38:54	393,72	393	393,58	19,2	19	18,6	9,12	55,08	1480
17:38:55	393,9	393,2	393,86	19,2	19	18,6	9,12	53,38	1480
17:38:56	393,92	393,16	393,86	19,2	19	18,6	9,06	55,68	1480

Tablo 5.8. (Devam) Su debisi 201,1 m³/h iken alınan veriler.

Zaman	Elektriksel Veriler							Mekanik Veriler	
	V ₁₋₂ (V)	V ₂₋₃ (V)	V ₃₋₁ (V)	L ₁ (A)	L ₂ (A)	L ₃ (A)	Aktif Güç(kW)	Moment(Nm)	Devir(rpm)
17:38:57	393,76	392,98	393,72	19,2	19	18,6	9,12	53,47	1480
17:38:58	393,76	392,96	393,72	19,2	19	18,6	9,12	53,55	1480
17:38:59	393,86	393,16	393,92	19,2	18,9	18,6	9,12	51,57	1480
17:39:00	393,98	393,3	394,06	19,2	18,9	18,6	9,06	54,86	1480
17:39:01	393,42	392,72	393,44	19,2	19	18,6	9,12	54,32	1480
17:39:02	393,4	392,72	393,4	19,2	19	18,6	9,12	53,02	1480
17:39:03	393,32	392,68	393,38	19,2	19	18,6	9,12	54,56	1480
17:39:04	393,3	392,66	393,32	19,2	19	18,7	9,12	54,95	1480
17:39:05	393,36	392,68	393,32	19,2	19	18,6	9,12	54,39	1480
17:39:06	393,42	392,74	393,4	19,2	19	18,7	9,12	53,72	1480
17:39:07	393,4	392,76	393,4	19,2	19	18,6	9,12	54,21	1480
17:39:08	393,5	392,86	393,48	19,2	19	18,7	9,12	54,21	1480
17:39:09	393,64	392,84	393,48	19,2	19,1	18,6	9,18	54,08	1480
17:39:10	393,5	392,82	393,44	19,3	19,1	18,7	9,18	53,39	1480
17:39:11	393,22	392,54	393,2	19,2	18,9	18,6	9,06	56,22	1480

5.3.8. Su Debisi 161,7 m³/h İken Deney Sonuçları

Su debisi 161,7 m³/h iken alınan veriler Tablo 5.9'da gösterilmiştir.

Tablo 5.9. Su debisi 161,7 m³/h iken alınan veriler.

Zaman	Elektriksel Veriler							Mekanik Veriler	
	V ₁₋₂ (V)	V ₂₋₃ (V)	V ₃₋₁ (V)	L ₁ (A)	L ₂ (A)	L ₃ (A)	Aktif Güç(kW)	Moment(Nm)	Devir(rpm)
17:41:01	394,32	393,46	394,14	19	18,8	18,4	8,94	52,98	1480
17:41:02	394,3	393,36	394,1	19	18,8	18,4	8,94	51,06	1480
17:41:03	394,36	393,44	394,18	19	18,8	18,4	8,94	51,91	1480
17:41:04	394,08	393,16	393,86	19	18,8	18,4	8,94	52,53	1481
17:41:05	393,74	392,82	393,48	19	18,8	18,3	8,94	53,41	1480
17:41:06	394,18	393,28	393,94	19,1	18,9	18,4	9	54,46	1481
17:41:07	394,24	393,26	393,96	19,1	19	18,5	9,06	50,20	1480
17:41:08	394,32	393,36	394,02	18,9	18,8	18,3	8,88	49,47	1480
17:41:09	394,26	393,34	393,94	19	18,9	18,4	8,94	52,71	1480
17:41:10	394,12	393,2	393,88	19	18,9	18,4	8,94	52,11	1480
17:41:11	393,64	392,8	393,44	19	18,8	18,3	8,88	52,81	1480
17:41:12	394	393,08	393,7	19,1	19	18,5	9	52,27	1480
17:41:13	394,28	393,34	394	19	18,8	18,3	8,94	53,79	1480
17:41:14	394,2	393,36	393,96	19	18,8	18,3	8,88	52,69	1480

Tablo 5.9. (Devam) Su debisi 161,7 m³/h iken alınan veriler.

Zaman	Elektriksel Veriler							Mekanik Veriler	
	V ₁₋₂ (V)	V ₂₋₃ (V)	V ₃₋₁ (V)	L ₁ (A)	L ₂ (A)	L ₃ (A)	Aktif Güç(kW)	Moment(Nm)	Devir(rpm)
17:41:15	394,28	393,32	393,98	19	18,9	18,4	8,94	54,56	1481
17:41:16	394,22	393,26	393,92	19,1	18,9	18,4	9	51,16	1481
17:41:17	394,28	393,36	394,04	19,1	18,9	18,5	9,06	53,31	1480
17:41:18	394,34	393,42	394,14	18,9	18,7	18,3	8,88	53,84	1480
17:41:19	393,86	392,88	393,58	19,1	18,9	18,4	9	51,76	1481
17:41:20	393,6	392,66	393,3	19	18,8	18,3	8,94	47,61	1480
17:41:21	393,4	392,5	393,14	19,1	18,9	18,4	9	54,62	1481
17:41:22	393,32	392,44	393,08	19	18,8	18,4	8,94	52,17	1480
17:41:23	393,26	392,4	393,1	19,1	18,9	18,4	9	55,29	1480
17:41:24	393,18	392,36	393,04	19	18,8	18,4	8,94	49,78	1480
17:41:25	393,26	392,5	393,1	19	18,8	18,4	8,94	52,14	1480
17:41:26	393,32	392,5	393,1	19,1	18,9	18,5	9,06	51,89	1480
17:41:27	393,42	392,6	393,18	19	18,8	18,4	8,94	52,73	1480
17:41:28	393,56	392,68	393,22	19	18,9	18,4	9	53,44	1480
17:41:29	393,66	392,76	393,32	19	18,9	18,4	9	53,62	1481
17:41:30	393,54	392,66	393,22	19	18,9	18,4	9	54,25	1480
17:41:31	393,46	392,6	393,2	19,1	18,9	18,4	9	52,15	1480
17:41:32	393,36	392,56	393,12	18,9	18,8	18,3	8,88	51,22	1480
17:41:33	393,38	392,7	393,24	19	18,8	18,4	8,94	52,42	1481
17:41:34	393,44	392,72	393,3	19	18,8	18,4	8,94	53,21	1481
17:41:35	393,54	392,68	393,26	18,9	18,8	18,3	8,88	49,91	1481
17:41:36	393,4	392,46	393,14	19,1	18,9	18,4	9	52,27	1481
17:41:37	393,28	392,4	393,02	19	18,9	18,4	8,94	53,85	1480
17:41:38	393,26	392,34	392,96	19,1	18,9	18,4	9	53,61	1480
17:41:39	393,16	392,3	392,94	19	18,9	18,4	9	51,42	1480
17:41:40	393,12	392,28	392,92	19	18,9	18,4	9	50,67	1480
17:41:41	393,38	392,58	393,2	19	18,9	18,4	9	52,14	1480
17:41:42	393,54	392,64	393,24	19,1	18,9	18,4	9	52,45	1481
17:41:43	393,6	392,78	393,36	19	18,8	18,4	8,94	52,84	1480
17:41:44	393,4	392,6	393,16	18,9	18,8	18,3	8,94	56,31	1480
17:41:45	393,34	392,44	393,04	19	18,9	18,4	8,94	52,08	1481
17:41:46	393,28	392,36	392,96	19	18,8	18,3	8,94	52,41	1480
17:41:47	393,26	392,38	393,04	19	18,8	18,3	8,94	53,79	1481
17:41:48	393,22	392,36	393,04	19,1	18,9	18,5	9	54,71	1480
17:41:49	393,22	392,4	393,08	19	18,8	18,3	8,88	52,54	1480
17:41:50	393,1	392,3	392,92	19	18,9	18,4	9	53,58	1480
17:41:51	393,3	392,56	393,18	18,9	18,8	18,4	8,88	51,53	1480
17:41:52	393,28	392,58	393,18	19	18,8	18,4	8,94	51,83	1481
17:41:53	393,24	392,46	393,04	19	18,9	18,4	8,94	50,35	1480

Tablo 5.9. (Devam) Su debisi 161,7 m³/h iken alınan veriler.

Zaman	Elektriksel Veriler							Mekanik Veriler	
	V ₁₋₂ (V)	V ₂₋₃ (V)	V ₃₋₁ (V)	L ₁ (A)	L ₂ (A)	L ₃ (A)	Aktif Güç(kW)	Moment(Nm)	Devir(rpm)
17:41:54	393,26	392,42	393	19	18,8	18,3	8,94	51,70	1480
17:41:55	393,08	392,28	392,92	19	18,8	18,4	9	54,95	1480
17:41:56	392,8	392,08	392,62	19	18,9	18,4	9	55,24	1480

5.3.9. Su Debisi 110,4 m³/h İken Deney Sonuçları

Su debisi 110,4 m³/h iken alınan veriler Tablo 5.10'da gösterilmiştir.

Tablo 5.10. Su debisi 110,4 m³/h iken alınan veriler.

Zaman	Elektriksel Veriler							Mekanik Veriler	
	V ₁₋₂ (V)	V ₂₋₃ (V)	V ₃₋₁ (V)	L ₁ (A)	L ₂ (A)	L ₃ (A)	Aktif Güç(kW)	Moment(Nm)	Devir(rpm)
17:43:41	393,92	393	393,66	19	18,8	18,4	8,94	54,41	1480
17:43:42	393,9	392,96	393,64	19,2	19	18,5	9,06	52,51	1480
17:43:43	393,94	393,08	393,72	18,9	18,7	18,2	8,82	50,18	1480
17:43:44	393,72	392,86	393,46	19	18,9	18,4	9	47,03	1481
17:43:45	393,78	392,92	393,48	19	18,8	18,4	8,88	45,96	1480
17:43:46	394	393,12	393,72	19,1	18,9	18,5	9	50,05	1480
17:43:47	393,86	393	393,6	18,8	18,7	18,2	8,82	55,89	1480
17:43:48	393,68	392,84	393,46	19	18,8	18,3	8,88	53,10	1481
17:43:49	393,48	392,68	393,28	19,2	19	18,6	9,12	54,81	1480
17:43:50	393,44	392,64	393,26	18,9	18,7	18,3	8,88	54,06	1480
17:43:51	393,58	392,76	393,42	19	18,8	18,3	8,88	52,41	1480
17:43:52	393,86	393,08	393,76	19	18,8	18,4	8,94	55,21	1481
17:43:53	393,98	393,18	393,86	19,1	18,9	18,5	9	52,12	1480
17:43:54	394,04	393,2	393,84	18,9	18,7	18,3	8,82	49,83	1480
17:43:55	393,62	392,8	393,44	19	18,8	18,4	8,94	53,76	1480
17:43:56	393,96	393,1	393,76	19,1	18,9	18,5	9	55,42	1480
17:43:57	393,92	393,02	393,68	19,1	18,9	18,4	9	54,66	1480
17:43:58	394,18	393,14	393,86	19	18,8	18,3	8,88	54,99	1480
17:43:59	394,24	393,18	393,92	19,1	18,9	18,4	9	52,72	1480
17:44:00	394,36	393,36	394,02	19,1	18,9	18,4	9	53,02	1480
17:44:01	394,04	393,08	393,64	19,1	18,9	18,4	9	52,98	1481
17:44:02	394,14	393,16	393,78	19	18,8	18,3	8,88	54,07	1480
17:44:03	394,22	393,28	393,92	19	18,9	18,4	8,94	53,12	1481
17:44:04	394,32	393,42	394,08	19,1	18,9	18,4	9	51,25	1480
17:44:05	394,3	393,36	394,08	19	18,8	18,4	8,94	51,87	1481
17:44:06	394,38	393,44	394,18	19	18,8	18,4	8,94	52,04	1480

Tablo 5.10. (Devam) Su debisi 110,4 m³/h iken alınan veriler.

Zaman	Elektriksel Veriler							Mekanik Veriler	
	V ₁₋₂ (V)	V ₂₋₃ (V)	V ₃₋₁ (V)	L ₁ (A)	L ₂ (A)	L ₃ (A)	Aktif Güç(kW)	Moment(Nm)	Devir(rpm)
17:44:07	394,42	393,46	394,2	19	18,8	18,3	8,94	51,48	1480
17:44:08	394,34	393,4	394,14	19	18,8	18,3	8,88	52,17	1480
17:44:09	394,28	393,38	394,04	19	18,8	18,3	8,94	52,77	1480
17:44:10	394,28	393,36	394,08	18,9	18,7	18,2	8,82	52,16	1481
17:44:11	393,84	393,06	393,68	19	18,8	18,4	8,94	51,91	1480
17:44:12	394,24	393,34	394,08	19	18,8	18,3	8,94	51,86	1480
17:44:13	394,54	393,68	394,44	19,2	19	18,5	9,06	53,05	1480
17:44:14	394,08	393,22	393,96	19	18,8	18,3	8,94	49,40	1481
17:44:15	393,5	392,6	393,34	19,2	19	18,6	9,12	47,98	1480
17:44:16	393,56	392,68	393,4	19	18,8	18,4	8,94	51,66	1480
17:44:17	393,82	392,96	393,66	18,9	18,8	18,3	8,88	53,22	1480
17:44:18	394,14	393,24	394,02	19,3	19	18,6	9,12	54,42	1480
17:44:19	394,3	393,4	394,14	19,1	18,9	18,4	9	53,06	1480
17:44:20	394,36	393,46	394,16	19,2	19	18,5	9,06	51,59	1480
17:44:21	394,18	393,34	394,02	19,3	19,1	18,7	9,18	53,46	1479
17:44:22	394,3	393,46	394,2	18,8	18,6	18,2	8,76	51,43	1480
17:44:23	394,2	393,3	394,08	19,1	18,9	18,5	9	53,12	1480
17:44:24	394,22	393,32	394,1	19	18,8	18,4	8,94	49,72	1480
17:44:25	393,98	393,08	393,84	19	18,8	18,4	8,94	49,33	1480
17:44:26	394,02	393,1	393,86	18,9	18,6	18,2	8,76	56,33	1481
17:44:27	394,02	393,14	393,84	18,8	18,6	18,2	8,76	54,79	1481
17:44:28	394,06	393,22	393,94	19	18,7	18,3	8,88	54,19	1480
17:44:29	394,2	393,32	394,06	19	18,8	18,4	8,94	51,10	1480
17:44:30	394,12	393,26	394,02	19,2	18,9	18,5	9,06	52,50	1480
17:44:31	394,04	393,28	394,02	19	18,7	18,4	8,88	51,66	1480
17:44:32	393,9	392,92	393,74	19	18,7	18,3	8,88	50,24	1480
17:44:33	393,88	393	393,94	19,1	18,8	18,4	9	54,58	1481
17:44:34	393,4	392,54	393,38	18,9	18,6	18,3	8,88	49,57	1480
17:44:35	393,78	392,94	393,74	19	18,8	18,4	8,94	51,29	1480
17:44:36	393,74	392,94	393,72	19,1	18,9	18,5	9	54,46	1480

5.3.10. Su Debisi 59,4 m³/h İken Deney Sonuçları

Su debisi 59,4 m³/h iken alınan veriler Tablo 5.11 'de gösterilmiştir.

Tablo 5.11. Su debisi 59,4 m³/h iken alınan veriler.

Zaman	Elektriksel Veriler							Mekanik Veriler	
	V ₁₋₂ (V)	V ₂₋₃ (V)	V ₃₋₁ (V)	L ₁ (A)	L ₂ (A)	L ₃ (A)	Aktif Güç(kW)	Moment(Nm)	Devir(rpm)
17:46:03	395,08	394,4	395,14	18,9	18,6	18,3	8,82	53,30	1.481
17:46:04	395	394,28	395,08	18,8	18,5	18,2	8,76	54,85	1481
17:46:05	395,06	394,34	395,16	19	18,6	18,4	8,88	54,51	1480
17:46:06	394,98	394,22	395,02	18,9	18,6	18,3	8,82	54,36	1480
17:46:07	394,86	394,14	394,96	19	18,7	18,4	8,94	49,08	1480
17:46:08	394,8	394,12	394,92	19	18,7	18,4	8,94	52,62	1481
17:46:09	394,78	394,16	394,92	18,9	18,6	18,3	8,82	50,90	1479
17:46:10	394,6	394,04	394,72	18,9	18,6	18,3	8,82	51,91	1480
17:46:11	394,8	394,18	394,88	18,8	18,5	18,2	8,76	51,59	1480
17:46:12	394,56	393,92	394,64	19	18,8	18,5	8,94	55,07	1480
17:46:13	394,26	393,62	394,32	18,8	18,5	18,2	8,76	52,05	1480
17:46:14	394,22	393,6	394,24	18,7	18,4	18,1	8,7	51,09	1481
17:46:15	394,66	394,08	394,72	18,9	18,6	18,4	8,82	53,31	1481
17:46:16	394,86	394,26	394,98	18,9	18,7	18,4	8,88	54,76	1480
17:46:17	394,9	394,26	395	19	18,7	18,4	8,94	51,94	1480
17:46:18	394,82	394,16	394,92	19	18,7	18,4	8,88	50,26	1481
17:46:19	394,34	393,72	394,44	18,9	18,6	18,3	8,82	53,83	1481
17:46:20	394,1	393,5	394,18	19	18,8	18,5	8,94	51,09	1481
17:46:21	394,48	393,76	394,5	18,9	18,6	18,4	8,88	51,70	1480
17:46:22	394,48	393,78	394,52	18,9	18,6	18,3	8,82	52,59	1480
17:46:23	394,62	393,92	394,68	18,9	18,6	18,3	8,82	50,53	1480
17:46:24	394,54	393,92	394,66	19	18,7	18,5	8,94	51,36	1480
17:46:25	394,36	393,64	394,4	18,9	18,6	18,3	8,88	53,92	1480
17:46:26	394,4	393,7	394,44	18,7	18,4	18,2	8,7	51,83	1480
17:46:27	394,78	394,14	394,86	18,6	18,3	18,1	8,64	51,79	1481
17:46:28	394,42	393,84	394,52	18,8	18,5	18,3	8,76	49,41	1481
17:46:29	394,16	393,52	394,2	19	18,8	18,5	8,94	51,16	1480
17:46:30	393,76	393,08	393,72	19	18,7	18,4	8,88	48,99	1480
17:46:31	393,66	393,14	393,6	18,8	18,6	18,3	8,82	53,95	1480
17:46:32	393,82	393,1	393,74	18,8	18,6	18,3	8,82	49,92	1480
17:46:33	393,96	393,34	393,76	18,6	18,5	18,1	8,7	49,03	1480
17:46:34	394,8	394,14	394,84	18,9	18,7	18,4	8,88	52,67	1481
17:46:35	394,8	394,1	394,86	19	18,7	18,4	8,88	48,90	1480
17:46:36	394,7	394,02	394,74	19	18,8	18,5	8,94	49,83	1480
17:46:37	394,72	394	394,74	19	18,7	18,4	8,88	48,43	1480
17:46:38	394,6	393,86	394,58	18,9	18,7	18,4	8,88	49,90	1480
17:46:39	394,14	393,42	394,14	18,9	18,6	18,3	8,82	49,33	1480
17:46:40	394,58	393,9	394,62	19	18,7	18,5	8,94	51,23	1480
17:46:41	394,72	394,04	394,76	18,6	18,3	18	8,58	50,47	1480

Tablo 5.11. (Devam) Su debisi 59,4 m³/h iken alınan veriler.

Zaman	Elektriksel Veriler							Mekanik Veriler	
	V ₁₋₂ (V)	V ₂₋₃ (V)	V ₃₋₁ (V)	L ₁ (A)	L ₂ (A)	L ₃ (A)	Aktif Güç(kW)	Moment(Nm)	Devir(rpm)
17:46:42	394,78	394,14	394,86	18,7	18,5	18,2	8,7	52,46	1481
17:46:43	394,84	394,22	394,94	19	18,8	18,5	8,94	52,47	1480
17:46:44	394,82	394,22	394,94	19	18,7	18,5	8,94	50,77	1480
17:46:45	394,76	394,12	394,84	18,8	18,5	18,3	8,76	53,91	1480
17:46:46	394,6	393,96	394,64	18,7	18,4	18,2	8,7	52,40	1480
17:46:47	394,68	394,02	394,72	18,9	18,7	18,4	8,88	49,64	1480
17:46:48	394,6	393,96	394,7	19	18,8	18,5	8,94	52,15	1480
17:46:49	394,6	393,92	394,62	19	18,8	18,5	8,94	51,72	1480
17:46:50	394,88	394,24	394,9	18,9	18,7	18,4	8,88	52,51	1480
17:46:51	395,14	394,52	395,16	18,9	18,7	18,4	8,88	51,40	1480
17:46:52	395,2	394,6	395,22	18,8	18,6	18,3	8,76	51,44	1480
17:46:53	395,28	394,74	395,36	18,7	18,5	18,2	8,7	49,68	1480
17:46:54	395,24	394,74	395,32	18,7	18,4	18,2	8,64	51,25	1481

5.4. Alınan Veriler Kullanılarak Akım Yöntemi İle Verim Hesaplama

5.4.1. Akım Yöntemi ile Verim Hesaplama

Bu çalışmada akım yönteminin kullanılmasının ana nedeni sisteme müdahale seviyesinin düşük olmasıdır.

Bu durumda, motor veriminin, yük yüzdesinin ölçülen akımın tam yük akımına oranıyla yakından orantılı olduğu varsayılır. Denklem (5.1) kullanılarak yaklaşık olarak belirlenir. Gerçekte, akım-yük eğrisi bir miktar doğrusal değildir. Bu, doğrusal olmayan noktalar düşünüldüğünde geliştirilmiş bir akım yöntemi olan Denklem (5.2) kabul edilir. (Nailen, 1994)

Kaynak (Hsu ve Kueck, 1996)'te bu iki yaklaşımın ortalamasının daha doğru bir verimlilik tahmini verebileceği ileri sürülmektedir.

Bu kısımda yukarıda bahsedilen iki yöntemin doğruluğu test edilecektir.

$$\eta = \frac{I}{I_{Anma}} \times \frac{P_{Çıkış,Anma}}{P_{Giriş}} \quad (5.1)$$

$$\eta = \frac{2I - I_{Boşta}}{2I_{Anma} - I_{Boşta}} \times \frac{P_{Çıkış,Anma}}{P_{Giriş}} \quad (5.2)$$

Denklem (5.1) ve (5.2) ile verim hesaplaması yapılabilmesi için öncelikle denklemler içerisinde bulunan ifadelerin deney sistemimizde bulunan hangi verilere karşılık geldiğinin açıklanması gerekmektedir.

- I : Ölçülen hat akımlarının ortalaması alınarak bulunmuştur.
- $P_{Çıkış,Anma}$: Etiketle verilen giriş gücünün, etikette verilen yüklenmeye göre verim parametresinin oranlanması ile bulunur.
- I_{Anma} : Etiketle verilen motorun anma akımıdır.
- $P_{Giriş}$: Ölçülen giriş gücüdür.
- $I_{Boşta}$: Motor boşta çalışma testi yapılarak ölçülmüştür. (Boşta çalışma deneyi akım değerleri Tablo 5.12'de gösterilmiştir.)

Tablo 5.12. Boşta çalışma deneyi akım değerleri.

	L ₁ (A)	L ₂ (A)	L ₃ (A)	Ortalama(A)
Boşta Çalışma Akımı	5,99	5,97	5,93	5,96

Deney sisteminde Denklem (5.1) ve (5.2) ile verim hesaplanarak ortalaması alınmıştır.

Deney sisteminde yapılan testler sonucunda alınan veri gruplarında oluşan verilerin ortalama değerleri hesaplanarak yapılacak verim hesaplamasında ortalama değerler kullanılmıştır.

Alınan veri gruplarının maksimum, minimum ve ortalama değerleri aşağıdaki tablolarda verilmiştir.

Su debisi 393,6 m³/h iken alınan verilerin maksimum, minimum ve ortalama değerleri Tablo 5.13’de gösterilmiştir.

Tablo 5.13. Su debisi 393,6 m³/h iken alınan verilerin maksimum, minimum ve ortalama değerleri.

	Elektriksel Veriler							Mekanik Veriler	
	V ₁₋₂ (V)	V ₂₋₃ (V)	V ₃₋₁ (V)	L ₁ (A)	L ₂ (A)	L ₃ (A)	Aktif Güç(kW)	Moment (Nm)	Devir(rpm)
Maksimum Değer	391,64	390,50	391,02	21,00	21,10	20,30	10,50	62,18	1.477,00
Minimum Değer	390,10	389,16	389,68	20,80	20,70	20,10	10,32	59,96	1.476,00
Ortalama Değer	390,79	389,88	390,35	20,90	20,90	20,23	10,41	61,07	1.476,27

Su debisi 369,4 m³/h iken alınan verilerin maksimum, minimum ve ortalama değerleri Tablo 5.14’de gösterilmiştir.

Tablo 5.14. Su debisi 369,4 m³/h iken alınan verilerin maksimum, minimum ve ortalama değerleri.

	Elektriksel Veriler							Mekanik Veriler	
	V ₁₋₂ (V)	V ₂₋₃ (V)	V ₃₋₁ (V)	L ₁ (A)	L ₂ (A)	L ₃ (A)	Aktif Güç(kW)	Moment (Nm)	Devir(rpm)
Maksimum Değer	392,10	391,18	391,64	21,00	20,90	20,30	10,44	62,19	1.477,00
Minimum Değer	390,34	389,24	389,78	20,80	20,80	20,00	10,32	60,10	1.476,00
Ortalama Değer	391,00	389,98	390,50	20,85	20,85	20,13	10,39	61,04	1.476,63

Su debisi 349,5 m³/h iken alınan verilerin maksimum, minimum ve ortalama değerleri Tablo 5.15’de gösterilmiştir.

Tablo 5.15. Su debisi 349,5 m³/h iken alınan verilerin maksimum, Minimum ve ortalama değerleri.

	Elektriksel Veriler							Mekanik Veriler	
	V ₁₋₂ (V)	V ₂₋₃ (V)	V ₃₋₁ (V)	L ₁ (A)	L ₂ (A)	L ₃ (A)	Aktif Güç(kW)	Moment (Nm)	Devir(rpm)
Maksimum Değer	392,32	391,40	392,04	21,00	20,90	20,30	10,44	62,09	1.477,00
Minimum Değer	390,54	389,32	390,18	20,70	20,60	20,00	10,32	60,09	1.476,00
Ortalama Değer	391,61	390,67	391,35	20,83	20,73	20,12	10,36	61,10	1.476,78

Su debisi 309,3 m³/h iken alınan verilerin maksimum, minimum ve ortalama değerleri Tablo 5.16’da gösterilmiştir.

Tablo 5.16. Su debisi 309,3 m³/h iken alınan verilerin maksimum, minimum ve ortalama değerleri.

	Elektriksel Veriler							Mekanik Veriler	
	V ₁₋₂ (V)	V ₂₋₃ (V)	V ₃₋₁ (V)	L ₁ (A)	L ₂ (A)	L ₃ (A)	Aktif Güç(kW)	Moment (Nm)	Devir(rpm)
Maksimum Değer	393,44	392,50	393,12	20,50	20,40	19,80	10,14	60,22	1.478,00
Minimum Değer	391,32	390,28	391,00	20,30	20,20	19,60	9,96	58,78	1.477,00
Ortalama Değer	392,39	391,42	392,08	20,41	20,30	19,71	10,04	59,55	1.477,41

Su debisi 248,5 m³/h iken alınan verilerin maksimum, minimum ve ortalama değerleri Tablo 5.17’de gösterilmiştir.

Tablo 5.17. Su debisi 248,5 m³/h iken alınan verilerin maksimum, minimum ve ortalama değerleri.

	Elektriksel Veriler							Mekanik Veriler	
	V ₁₋₂ (V)	V ₂₋₃ (V)	V ₃₋₁ (V)	L ₁ (A)	L ₂ (A)	L ₃ (A)	Aktif Güç(kW)	Moment (Nm)	Devir(rpm)
Maksimum Değer	393,28	392,38	392,92	19,20	19,10	18,60	91,20	54,48	1.480,00
Minimum Değer	392,46	391,66	392,18	19,10	19,00	18,40	90,60	52,06	1.479,00
Ortalama Değer	392,90	392,03	392,57	19,15	19,04	18,53	90,87	53,29	1.479,82

Su debisi 229,4 m³/h iken alınan verilerin maksimum, minimum ve ortalama değerleri Tablo 5.18’de gösterilmiştir.

Tablo 5.18. Su debisi 229,4 m³/h iken alınan verilerin maksimum, minimum ve ortalama değerleri.

	Elektriksel Veriler							Mekanik Veriler	
	V ₁₋₂ (V)	V ₂₋₃ (V)	V ₃₋₁ (V)	L ₁ (A)	L ₂ (A)	L ₃ (A)	Aktif Güç(kW)	Moment (Nm)	Devir(rpm)
Maksimum Değer	393,82	392,86	393,50	19,30	19,10	18,60	9,12	54,95	1.480,00
Minimum Değer	392,96	391,72	392,60	19,00	18,90	18,30	8,94	51,68	1.480,00
Ortalama Değer	393,51	392,34	393,12	19,21	19,02	18,42	9,05	53,14	1.480,00

Su debisi 201,1 m³/h iken alınan verilerin maksimum, minimum ve ortalama değerleri Tablo 5.19’da gösterilmiştir.

Tablo 5.19. Su debisi 201,1 m³/h iken alınan verilerin maksimum, minimum ve ortalama değerleri.

	Elektriksel Veriler							Mekanik Veriler	
	V ₁₋₂ (V)	V ₂₋₃ (V)	V ₃₋₁ (V)	L ₁ (A)	L ₂ (A)	L ₃ (A)	Aktif Güç(kW)	Moment (Nm)	Devir(rpm)
Maksimum Değer	394,08	393,46	394,10	19,30	19,10	18,70	9,18	56,22	1.480,00
Minimum Değer	392,96	392,12	392,90	19,10	18,90	18,60	9,06	51,33	1.480,00
Ortalama Değer	393,67	392,95	393,64	19,21	18,99	18,63	9,12	53,53	1.480,00

Su debisi 161,7 m³/h iken alınan verilerin maksimum, minimum ve ortalama değerleri Tablo 5.20’de gösterilmiştir.

Tablo 5.20. Su debisi 161,7 m³/h iken alınan verilerin maksimum, minimum ve ortalama değerleri.

	Elektriksel Veriler							Mekanik Veriler	
	V ₁₋₂ (V)	V ₂₋₃ (V)	V ₃₋₁ (V)	L ₁ (A)	L ₂ (A)	L ₃ (A)	Aktif Güç(kW)	Moment (Nm)	Devir(rpm)
Maksimum Değer	394,36	393,46	394,18	19,10	19,00	18,50	9,06	56,31	1.481,00
Minimum Değer	392,80	392,08	392,62	18,90	18,70	18,30	8,88	47,61	1.480,00
Ortalama Değer	393,61	392,75	393,38	19,01	18,85	18,38	8,96	52,57	1.480,27

Su debisi 110,4 m³/h iken alınan verilerin maksimum, minimum ve ortalama değerleri Tablo 5.21’de gösterilmiştir.

Tablo 5.21. Su debisi 110,4 m³/h iken alınan verilerin maksimum, minimum ve ortalama değerleri.

	Elektriksel Veriler							Mekanik Veriler	
	V ₁₋₂ (V)	V ₂₋₃ (V)	V ₃₋₁ (V)	L ₁ (A)	L ₂ (A)	L ₃ (A)	Aktif Güç(kW)	Moment (Nm)	Devir(rpm)
Maksimum Değer	394,54	393,68	394,44	19,30	19,10	18,70	9,18	56,33	1.481,00
Minimum Değer	393,40	392,54	393,26	18,80	18,60	18,20	8,76	45,96	1.479,00
Ortalama Değer	394,01	393,14	393,84	19,03	18,82	18,39	8,95	52,33	1.480,22

Su debisi 59,4 m³/h iken alınan verilerin maksimum, minimum ve ortalama değerleri Tablo 5.22’de gösterilmiştir.

Tablo 5.22. Su debisi 59,4 m³/h iken alınan verilerin maksimum, minimum ve ortalama değerleri.

	Elektriksel Veriler							Mekanik Veriler	
	V ₁₋₂ (V)	V ₂₋₃ (V)	V ₃₋₁ (V)	L ₁ (A)	L ₂ (A)	L ₃ (A)	Aktif Güç(kW)	Moment (Nm)	Devir(rpm)
Maksimum Değer	395,28	394,74	395,36	19,00	18,80	18,50	8,94	55,07	1.481,00
Minimum Değer	393,66	393,08	393,60	18,60	18,30	18,00	8,58	48,43	1.479,00
Ortalama Değer	394,62	393,97	394,67	18,88	18,61	18,33	8,83	51,64	1.480,22

Yukarıda tablolarda gösterilen veriler kullanılarak akım yöntemi ile hesaplanan verim değerlerini aşağıdaki tablolarda gösterilmiştir.

Denklem (5.1) kullanılarak hesaplanan verim değerleri Tablo 5.23’de gösterilmiştir.

Tablo 5.23. Denklem (5.1) kullanılarak hesaplanan verim değerleri.

Su Debisi(m ³ /h)	I(A)	P _{Çıkış,Anma} (kW)	I _{Anma} (A)	P _{Giriş} (kW)	η (%)
59,4	18,6	13,07	15	8,83	92,4
110,4	18,7	13,07	15	8,95	91,9
161,7	18,8	13,07	15	9,06	90,7
201,1	18,9	13,07	15	9,12	91,1
229,4	18,9	13,07	15	9,05	91,5
248,5	18,9	13,07	15	9,09	91,2
309,3	20,1	13,62	15	10,14	90,8
349,5	20,6	13,62	15	10,36	90,7
369,4	20,6	13,62	15	10,39	90,7
393,6	20,7	13,62	15	10,41	90,7

Denklem (5.2) kullanılarak hesaplanan verim değerleri Tablo 5.24’de gösterilmiştir.

Tablo 5.24. Denklem (5.2) kullanılarak hesaplanan verim değerleri.

Su Debisi(m ³ /h)	I(A)	P _{Çıkış,Anma} (kW)	I _{Anma} (A)	P _{Giriş} (kW)	I _{Boşta} (A)	η (%)
59,4	18,6	13,07	15	8,83	5,96	86,2
110,4	18,7	13,07	15	8,95	5,96	85,8
161,7	18,8	13,07	15	9,06	5,96	84,8
201,1	18,9	13,07	15	9,12	5,96	85,3
229,4	18,9	13,07	15	9,05	5,96	85,6
248,5	18,9	13,07	15	9,09	5,96	85,4
309,3	20,1	13,62	15	10,14	5,96	85,9
349,5	20,6	13,62	15	10,36	5,96	86,2
369,4	20,6	13,62	15	10,39	5,96	86,2
393,6	20,7	13,62	15	10,41	5,96	86,3

5.4.2. Moment Yöntemi ile Verim Hesaplama

Moment yöntemi ile verim hesaplaması yapılırken Denklem (5.3) kullanılmıştır.

$$\eta = \frac{T_{Mil} \times \frac{n_{Mil}}{9550}}{P_{Giriş}} \quad (5.3)$$

Denklem (5.3) kullanılarak hesaplanan verim değerleri Tablo 5.25’de gösterilmiştir.

Tablo 5.25. Denklem (5.3) kullanılarak hesaplanan verim değerleri.

Su Debisi(m³/h)	T_{Mil}(Nm)	n_{Mil}(rpm)	P_{Giris}(kW)	η (%)
59,4	51,64	1480,22	8,83	90,6
110,4	52,33	1480,22	8,95	90,6
161,7	52,57	1480,27	9,06	89,9
201,1	53,53	1480,00	9,12	91,0
229,4	53,14	1480,00	9,05	91,0
248,5	53,29	1479,82	9,09	90,9
309,3	59,55	1477,41	10,14	90,9
349,5	61,01	1476,78	10,36	91,1
369,4	61,04	1476,63	10,39	90,9
393,6	61,07	1476,27	10,41	90,7

5.5. Akım Yöntemi İle Hesaplanan Verimin Test Sonuçları İle Karşılaştırılması

Yapılan testler sonucunda hesaplanan verim değerlerini karşılaştırmak için grafikler oluşturulmuştur.

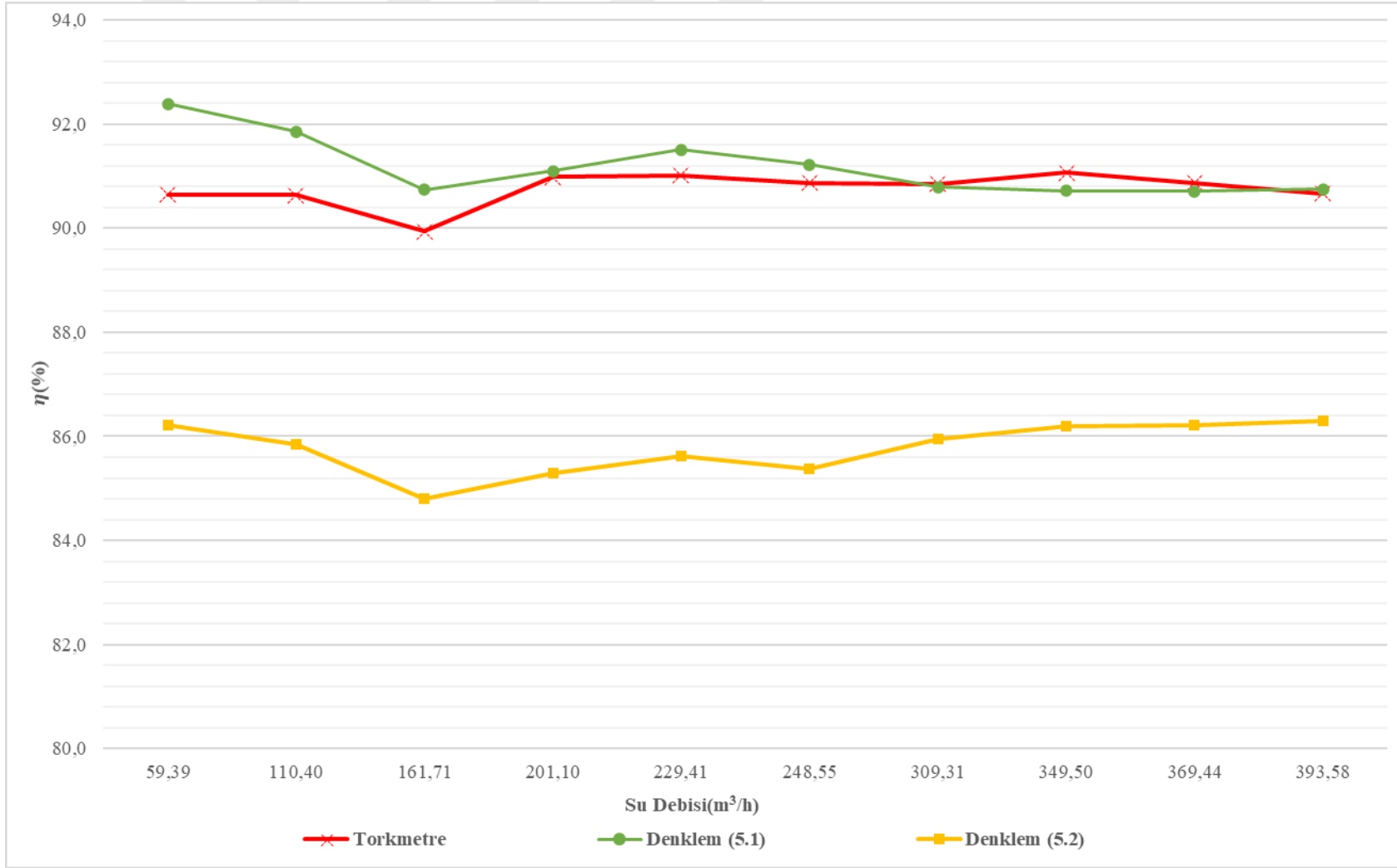
Moment yöntemi ile hesaplanan verim değerleri baz değer kabul edilerek akım yöntemi ile bulunan her bir nokta için hata hesaplanmıştır.

Hesaplanan verim değerleri ve hata yüzdeleri Tablo 5.26'da gösterilmiştir.

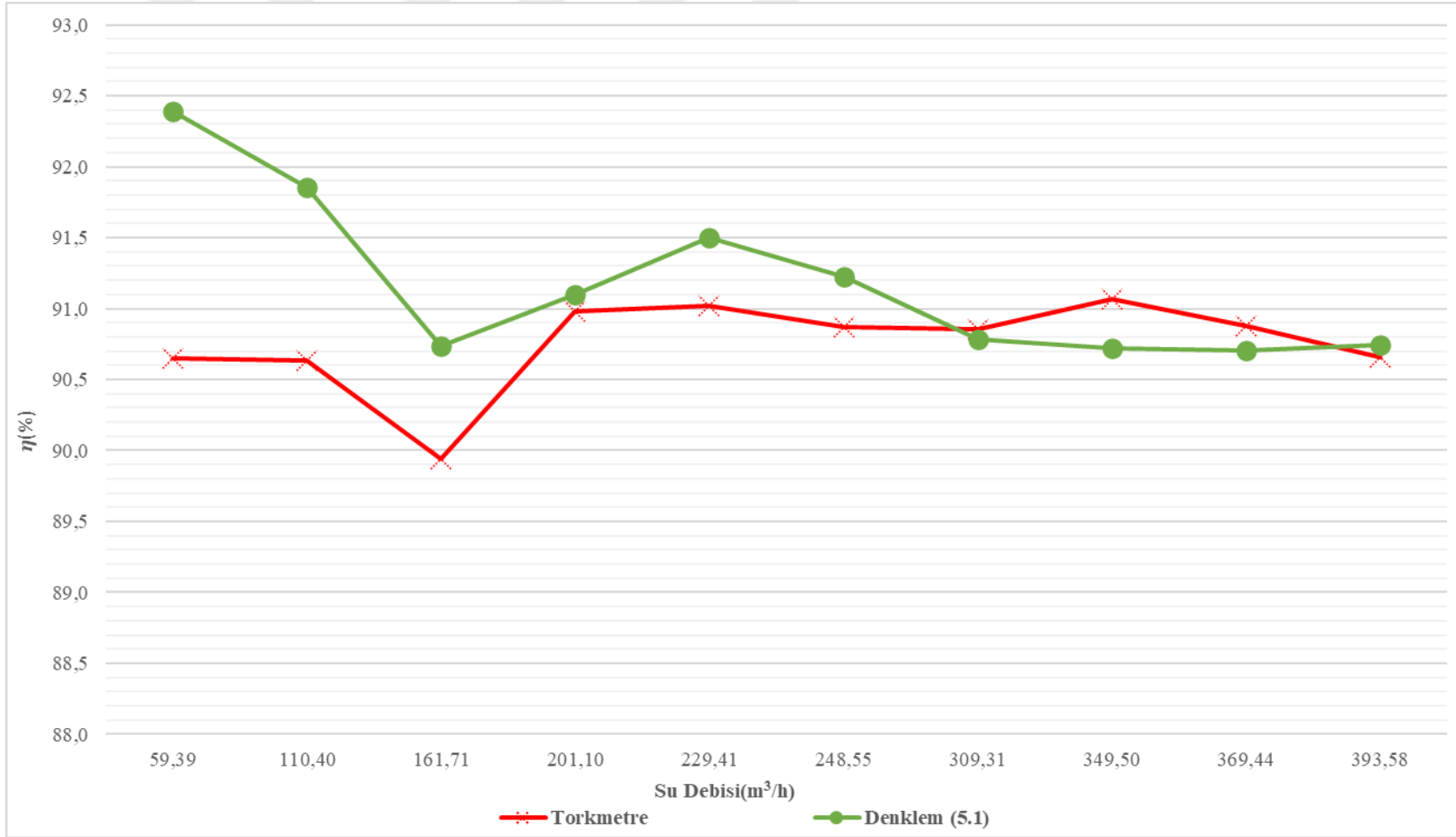
Tablo 5.26. Verim değerleri ve hata yüzdeleri.

Su Debisi(m³/h)	Denklem (4.1) η (%)	Denklem (4.2) η (%)	Moment Yöntemi η (%)	Denklem (4.1) İçin Hata(%)	Denklem (4.2) İçin Hata(%)
59,4	92,4	86,2	90,6	1,9	5,1
110,4	91,9	85,8	90,6	1,3	5,6
161,7	90,7	84,8	89,9	0,9	6,1
201,1	91,1	85,3	91,0	0,1	6,7
229,4	91,5	85,6	91,0	0,5	6,3
248,5	91,2	85,4	90,9	0,4	6,4
309,3	90,8	85,9	90,9	0,1	5,7
349,5	90,7	86,2	91,1	0,4	5,7
369,4	90,7	86,2	90,9	0,2	5,4
393,6	90,7	86,3	90,7	0,1	5,1

Yapılan hesaplamalar sonucunda oluşan verim değerleri Şekil 5.11 ve Şekil 5.12’de gösterilmiştir.



Şekil 5.11 Motor verimi karşılaştırma grafiği 1.



Şekil 5.12 Motor verimi karşılaştırma grafiği 2.

Şekil 5.11’de görüldüğü üzere, Denklem (5.1)’in Denklem (5.2)’ye göre çok düşük bir hata ile asenkron motorun verimini tahmin etmektedir.

Kaynak (Hsu ve Kueck, 1996)’da iki yaklaşımın ortalamasının daha doğru bir sonuç vereceği söylenmektedir. Yukarıdaki çalışmada görüldüğü üzere Kaynak (Hsu ve Kueck, 1996)’ın söylediğinin aksine, Denklem (5.1)’in ortalama değere göre çok daha düşük bir hata ile tahmin yapmaktadır.

Denklem (5.2) ile verim hesaplanması ortalama %5,8 hata ile motor verimini tahmin etmektedir. Denklem (5.1)’in hata yüzdesi %0,6 olduğu göz önüne alındığında Denklem (5.2)’in hata değeri çok yüksektir.

Şekil 5.12’de Denklem (5.1) ve moment yöntemi ile hesaplanan verim değerleri karşılaştırılmıştır.

Sonuç olarak asenkron motorda akım yöntemi Denklem (5.1) ile yapılan verim hesaplanması ortalama %0,6 hata ile motor verimini tahmin etmektedir.

Asenkron motor verim değerleri Kaynak (IEC 60034-30-1,2014)’e göre 50 Hz frekansta çalışan, 0,12 kW’dan 450 kW arasında bulunan motorlar için %31,0 ile %96,7 arasında olduğunu göz önüne alındığında, çalışmamız sonucunda ortaya çıkan % 0,6’lık hata değeri kabul edilebilir bir değerdir.

Şekil 5.12’de yatay ekseninde yer alan su debi miktarı artıkça asenkron motorun yüklenmesi de artacaktır bu yaklaşıma dayanarak su debisini asenkron motorun yüklenmesi olarak kabul edilebilir. Bu yaklaşıma dayanarak Denklem (5.1)’in asenkron motorun yüklenmesi artıkça daha doğru sonuç ile verim tahmini yaptığı görülmektedir. Bu durumda Denklem (5.1)’in güvenilirliğini artırmaktadır.

6. AKIM YÖNTEMİ İLE VERİM ANALİZİ SONUÇLARININ KULLANILABİLECEĞİ ÖRNEK MOTOR İZLEME SİSTEMİ

Asenkron motorları, endüstrilerdeki en büyük enerji tüketimi kaynağıdır. Motor verimliliği ve enerji tüketimi ile ilgili mevcut araştırma çalışmaları, güç tüketimini azaltmak için enerji tasarruflu motorların kullanılmasını savunmaktadır. Bununla birlikte, bu motorlar aynı zamanda operasyonel verimliliklerini etkileyen arızalara da eğilimlidirler. Bir süre boyunca, motordaki arızanın yayılması, verimlilikte daha fazla düşüşe neden olur ve bu da motor çalışma kaybını artırır. Bu kayıp genellikle araştırmacıların ve yöneticilerin çoğu tarafından göz ardı edilir ve endüstriler tarafından karşılanan görünmeyen gizli bir maliyettir.

Endüstriyel operasyonlardaki motorlar, arızalara yol açabilecek sürekli elektriksel, mekanik ve çevresel etkilere maruz kalmaktadır. Son çalışmalar, yalnızca piyasada bulunan motorların enerji tasarruflu motorlarla değiştirilmesinin maliyet avantajlarına vurgu yapmaktadır. Ancak, enerji tasarruflu motorların bile arızalara eğilimli olduğunu ve arıza meydana geldiğinde motorun verimliliğini daha da azaltacağını düşünmemişlerdir.

Motorlarda yapılacak sürekli izlemeler ile verim düşüşleri ve arızalar tespit edilerek gerekli planlama faaliyetlerinin yapılması sağlanacaktır. Verim düşüşleri ve arızalardan kaynaklı görünmeyen maliyetlerin önüne geçilebilecektir.

Bu sebeple asenkron motorlarda kullanılacak örnek Motor İzleme Sistemi çalışması yapılmıştır.

Bölüm 5'te yapılan deneyler sonucunda Akım Yöntemi ile Verim Analiz çalışması sonuçları endüstriyel çalışmalarda kullanılacak hata oranına (%0,6) sahip olduğu görülmektedir.

6.1. Motor İzleme Algoritması

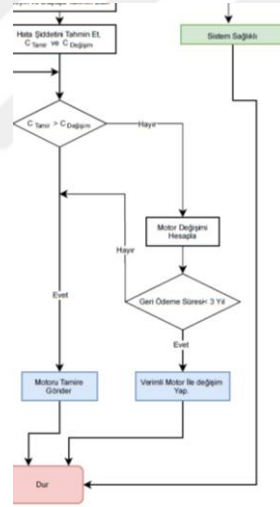
Kaynak (Singh,2018)'de yer alan motor izleme algoritması baz alınarak Örnek Motor İzleme Sistemi oluşturulmuştur. Kaynak (Singh,2018)'de yer alan algoritmanın girdisi olan verim değeri Bölüm 5'te irdelenen akım yöntemi ile sağlanmaktadır. Akım

yöntemi ile verim hesaplaması yapılabilmesi amacıyla motor girişinden akım ve gerilim ölçümleri yapılmaktadır. Algoritmanın motor değişimine karar verilebilmesi için motor yüzeyine titreşim sensörü bağlanarak titreşim izlemesi yapılmaktadır. Titreşim verisi sistemin karar verebilmesi için hayati önem taşımaktadır. Ayrıca motor yüzeyine bağlanan sıcaklık sensörü sayesinde sürekli olarak motor sıcaklığı ölçülmektedir. Tüm bu veriler ışında algoritmada motorun sağlığı hakkında yorum yapılmaktadır.

Algoritma sonucunda 3 çıkış bulunmaktadır, bunlar;

- Motor sağlıklı bir şekilde çalışmaktadır.
- Motorda arıza mevcut, tamire gitmesi gerekmektedir.
- Motorda arıza mevcut, değişmesi gerekmektedir.

Algoritmanın verdiği cevaplar örnek motor izleme sistemi akış şeması Şekil 6.2’de görülmektedir.



Şekil 6.1. Örnek motor izleme sistemi akış şemasında algoritma çıkış cevapları.

Sistem öncelikle motorun mevcut verimini belirlenen alt sınır ile karşılaştırılmakta, burada sınır değerden daha yüksek bir değerde ile çalışmakta ise motorun sağlıklı olduğu, daha düşük bir değerde ile çalışmakta ise motorda bir problem olduğunu anlamaktadır.

Problemin kaynağını bulmak için bir dizi parametreyi kontrol ettikten sonra motorun değişimi ya da tamire gitmesi konusunda yorum yapılmaktadır.

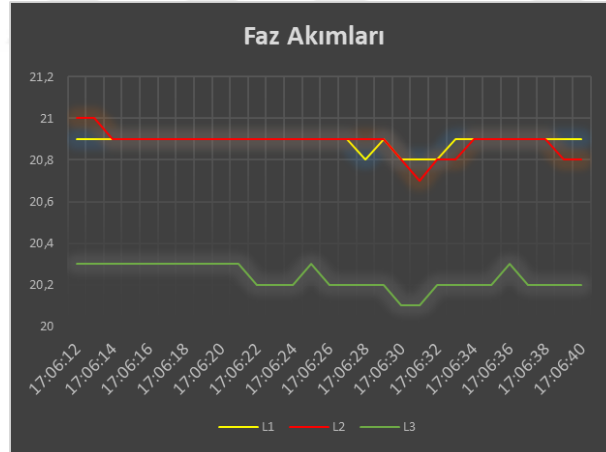
6.2. Motor İzleme Sistemi Çalışma Ekranı

Örnek motor izleme sistemi sonuçlarını ve diğer parametreleri görüntülenme amacıyla motor izleme sistemi çalışma ekranı tasarımı yapılmıştır. Çalışma ekranı Şekil 6.7’de görülmektedir.

Tasarlanan çalışma ekranında Motorun Faz Akımları, Hat Gerilimleri, Motor Sıcaklığı, Motor Yüklenmesi, Motor Verimi, Giriş Gücü, Çıkış Gücü ve Motor Sıcaklığı değerleri online olarak görülmektedir.

Motor faz akımlar sürekli olarak izlenmektedir. Faz akımlarında oluşabilecek ani değişimler belirlenen sınır değerlerin üzerine çıkması durumunda, fazlar arası dengesizliğin belirlenen sınır değerlerin dışına çıkması durumunda sistem kullanıcıyı uyarmaktadır.

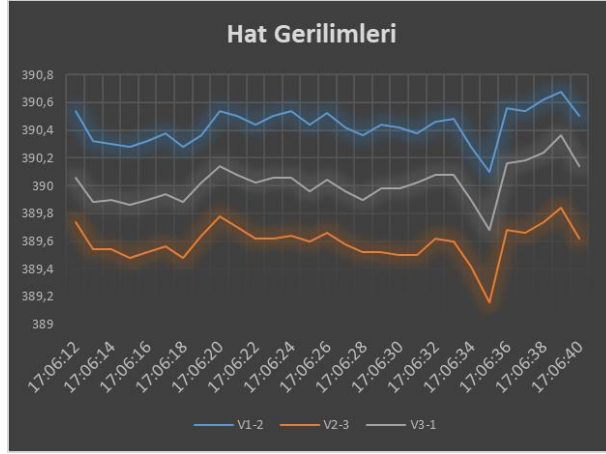
Faz akımları takip ekranı Şekil 6.3’de görülmektedir.



Şekil 6.3. Faz akımları takip ekranı.

Motor hat gerilimleri sürekli olarak izlenmektedir. Faz gerilimlerinde oluşabilecek ani değişimler belirlenen sınır değerlerin üzerine çıkması durumunda, fazlar arası dengesizliğin belirlenen sınır değerlerin dışına çıkması durumunda sistem kullanıcıyı uyarmaktadır.

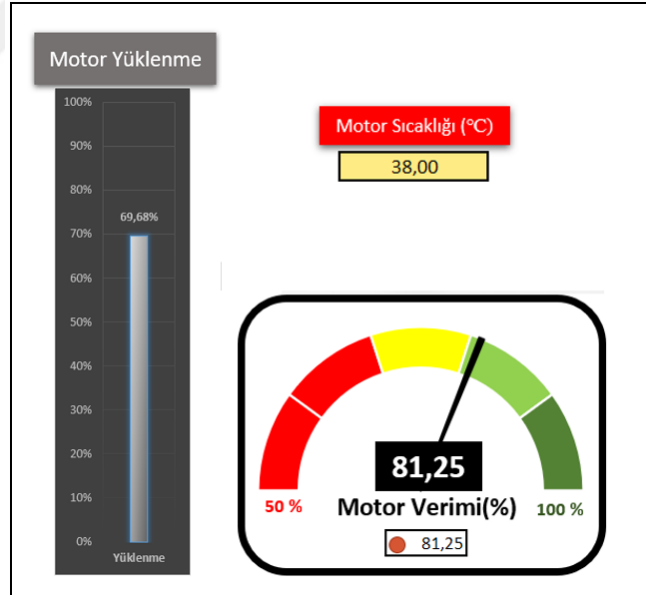
Hat gerilimleri takip ekranı Şekil 6.4’de görülmektedir.



Şekil 6.4. Hat gerilimleri takip ekranı.

Motor anlık olarak yüklenmesi, sıcaklığı ve verimi sistem sayesinde izlenebilmektedir.

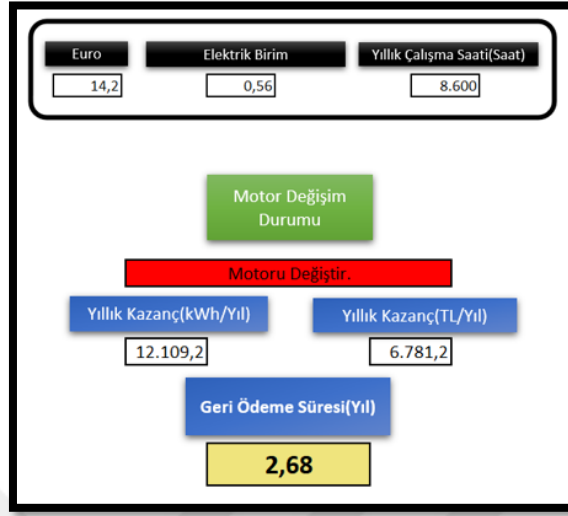
Motor yüklenme, motor sıcaklık ve motor verim takip ekranı Şekil 6.5’de görülmektedir.



Şekil 6.5. Motor yüklenme, motor sıcaklık ve motor verim takip ekranı.

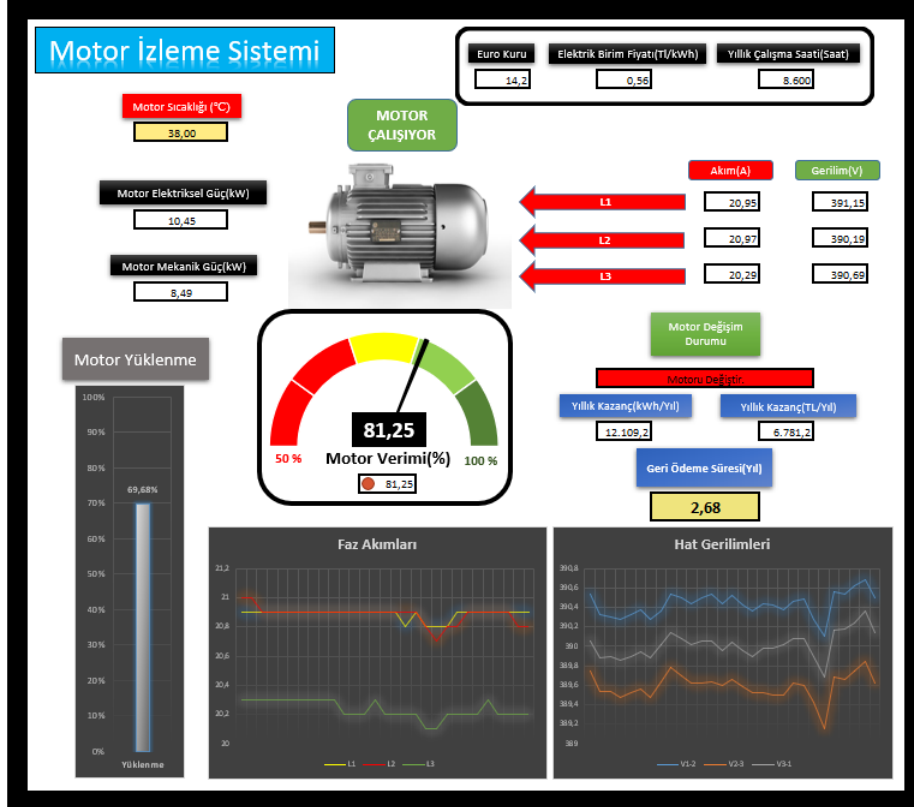
Motor sağlığında oluşacak problemler sonucunda motorun değişmesi gerekiyorsa değişim sonucunda verimli motorun geri ödeme süresi hesaplanmaktadır. Ayrıca motor değişimi yapıldığında kazanç sağlanacak enerji ve para miktarları da gösterilmektedir.

Motor değişim ekranı Şekil 6.6’de görölmektedir.



Şekil 6.6. Motor değişim ekranı.

Örnek motor izleme sistemi genel ekran görüntüsü Şekil 6.7’de görölmektedir.



Şekil 6.7. Örnek motor izleme sistemi ekran görüntüsü.

7. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu tez çalışmasında literatürde yer alan birbirinden farklı verimlilik tahmin yöntemleri karşılaştırılarak endüstriyel tesislere en uygun verim analiz yöntemi olarak akım yöntemi belirlenmiştir. Akım yönteminin belirlenme sebebi sisteme en az müdahale eden yöntem olmasıdır. Bu düşünceden yola çıkılarak akım yöntemi ile verim analizinin hata yüzdesinin tespit edilerek endüstriyel tesislerde kullanıma uygunluğu araştırılmıştır. Bu amaçla deney sistemi oluşturularak bir dizi ölçümler yapılmıştır.

Asenkron motorda akım ve moment yöntemi kullanılarak verim analizi deneysel çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Asenkron motor 10 farklı yük durumunda verim analizi yapılmıştır.

Çalışmada motorun yüklenmesini sağlayabilmek için santrifüj pompa sistemi kullanılmıştır, vana ile debi ayarı yapılarak motor kademeli olarak yüklenmiştir. Farklı yük durumlarında akım yöntemi ile verim hesaplamak için çok fonksiyonlu enerji analizörü ile akım gerilim ve güç ölçümleri alınmıştır. Aynı anda moment yöntemi ile verim analizinde kullanılmak üzere torkmetre ile moment(tork), takometre ile devir ölçümü alınmıştır. Akım yöntemi ile verim hesaplayabilmek için motorun boşa çalışma akımına ihtiyaç duyulmaktadır. Bu sebeple deney sistemine yük grubu bağlanmadan önce motor boşa çalıştırılarak çok fonksiyonlu enerji analizörü ile akım ölçümü yapılmıştır.

Belli bir sürü alınan ölçümlerin ortalaması hesaplanarak formüllerde kullanılacak değerler elde edilmiştir. Elde edilen değerler kullanılarak akım yöntemi ve moment yöntemi ile verim hesaplaması yapılmıştır.

Moment yöntemi baz alınarak yapılan hata hesaplamalarında 10 noktanın hata değerlerinin ortalaması % 0,6 olarak tespit edilmiştir. Bu hata oranı endüstriyel tesislerde kabul edilebilir bir değerdir. Akım yönteminin sisteme müdahale seviyesinin çok düşük olması kullanımın yaygınlaşabilmesi için önemli bir avantajdır. Bu çalışma bu yönleri ile asenkron motorlarda verim tespit çalışmalarına kaynak olabileceği düşünülmektedir.

Deney sisteminden elde edilen sonuçlar ışığında örnek motor izleme sistemi tasarımı yapılmıştır. Online olarak motorda alınan akım, gerilim, aktif güç, titreşim ve sıcaklık verileri izlenerek motorun sağlık durumu hakkında yorum yapılmaktadır. Oluşturulan operatör panel ekranında akım ve gerilim grafikleri, motor sıcaklığında oluşan değişimlerin operatörün tarafında görülmesini sağlamaktadır.

Motor izleme sistemi online olarak motor verimini takip etmektedir. Motor veriminde yaşanan düşüşlerde, motor parametrelerini bir dizi işleme tabi tutarak motorun motor sağlığı hakkında yorum yapmaktadır.

Sistem algoritması çıktı olarak 3 cevap vermektedir. Bunlar; Motor sağlıklı bir şekilde çalışmaktadır. Motorda arıza mevcut, tamire gitmesi gerekmektedir. Motorda arıza mevcut, değişmesi gerekmektedir. Son seçenekte bulunan motor değişimi sistemde otomatik olarak hesaplanarak mevcut motorun verimli motor ile değişimi yapılması durumunda verimli motorun geri ödeme süresini hesaplamaktadır. Buda kullanıcı için yatırım planlama açısından önemli bir husustur.

Sistem verim düşüşlerinden ve titreşim verisinden yola çıkarak motor henüz arızalanmadan arıza tespiti yaparak üretim kayıplarının minimum seviyeye indirilmesi amaçlanmaktadır. Arıza tespitlerinin arıza oluşmadan yapılmasının bir diğer avantajı bakım planlama zamanlarıdır. Sistem sayesinde bakım planlamalarının optimum noktada yapılması hedeflenmektedir.

KAYNAKLAR

- Altunsaçlı, A., Alacacı, M. (1999). *Alternatif Akım Elektrik Makinaları ve Laboratuvarı* (2. Baskı). İstanbul: Seçkin Yayıncılık.
- Benning, W. (1997). Method Of Determining The Efficiency Of Asynchronous Motors And Apparatus For Carrying Out The Method. U.S. Patent 5 659 232, *U.S. Patent and Trademark Office*.
- Boduroğlu, T. (1988). *Elektrik Makinaları Dersleri (Teori, Hesap ve Konstrüksiyon) Cilt II Kısım 2 Asenkron Makinalar (Teorik Bilgi)* (2. Baskı). İstanbul: Beta Yayınevi.
- Çolak, İ. (2008). *Asenkron Motorlar* (2. Baskı). Ankara: Seçkin Yayıncılık.
- Dell'Aquila, A., Salvatore, Savino, L.M. (1984). A New Test Method For Determination Of Induction Motor Efficiency. *IEEE Trans. Power Appl. Syst.*, 103(10), 2961–2973.
- Dems, M., Komez, K., Szulakowski, J., Kubiak, W. (2022). Increase The Efficiency Of An Induction Motor Feed From Inverter For Low Frequencies By Combining Design And Control Improvements. *Energies* 2022, 15(2), 530-542.
- El-Ibiary, Y. (2003). An Accurate Low-Cost Method For Determining Electric Motors's Efficiency For The Purpose Of Plant Energy Management. *IEEE Trans. Ind. Appl.*, 39(4), 1205–1210.
- Gómez, J.R., Quispe, E.C., Castrillón, R.P., Viego, P.R., Identification Of Technoeconomic Opportunities With The Use Of Premium Efficiency Motors As Alternative For Developing Countries. *Energies* 2020, 13(20), 5411-5425.
- Görkem, A. (2000). *Elektrik Makinalarında Bobinaj* (3. Baskı). Ankara: Özkan Matbaacılık Sanayi.
- Guru, B.S., Hızıroğlu, H.R. (2001). *Electric Machinery And Transformers* (3rd ed). New York: Oxford Univ. Press.
- Güzelbeyoğlu, N. (2005). *Elektrik Makinaları I-II Teori- Çözümlü Problemler* (3. Baskı). İstanbul: Birsen Yayınevi.
- Habetler, T.G., Harley, R.G., Tallam, R.M., Lee, S.B., Obaid, R., Stack, J. (2002). Complete Current-Based Induction Motor Condition Monitoring: Stator, Rotor, Bearings, And Load. In Proc. *CIEP-In International Power Electronics Congress, Guadalajara, Mexico*, 20-24 Oct 2002.
- Holmquist, J.R., Rooks, J.A., Richter, M.E. (2004). Practical Approach For Determining Motor Efficiency In The Field Using Calculated And Measured Values. *IEEE Trans. Ind. Appl.*, 40(1), 242–248.

- Hsu, J., Kueck, J., Olszewski, M., Casada, D., Otaduy, P., Tolbert, L. (1998). Comparison Of Induction Motor Field Efficiency Estimation Methods. *IEEE Trans. Ind. Appl.*,34(1), 117–125.
- Hsu, J., Scoggins, B.P. (1995). Field Test Of Motor Efficiency And Load Changes Through Air-Gap Torque. *IEEE Trans. Energy Convers.*, 10(3), 477–483.
- IEC Standard 60034-30-1 (2014), *IEC Standard On Efficiency Classes For Low Voltage AC Motors* (IEC Standard 60034-30-1). International.
- IEEE Standard 112-2004 (2004), *IEEE Standard Test Procedure For Polyphase Induction Motors And Generators* (IEEE Standard 112-2004). International.
- Ikuanobe, K., Wilke, T. (2008). *Guidelines For Implementing An Energy Efficient Motor Retrofit Program* (1rd ed). Denmark: River Publishers.
- Kueck D., Olszewski, M., Casada D. A.,Hsu J., Otaduy P. J., Tolbert L. M. (1996). Assessment of methods for estimating motor efficiency and load under field conditions. *Oak Ridge National Laboratory Rep.*,165(13), 531-540.
- Kueck, D. (1998). Development Of A Method For Estimating Motor Efficiency And Analyzing Motor Condition. *Conference Of 1998 Annual Pulp And Paper Industry Technical Conference*, Portland, USA, 21-26 June 1998.
- Lu, B., Habetler, T.G., Harley, R.G. (2004). A Survey Of Available Methods For Evaluating In-Service Motor Efficiency. *2004 IEEE International Conference*, Atlanta, June 2004.
- Mergen, A.F., Zorlu, S. (2005). *Elektrik Makineleri II Asenkron Makineler* (3. Baskı). İstanbul: Birsen Yayınevi.
- Ojo, J.O., Ostovic, V., Lipo, T.A., White, J.C. (1990). Measurement And Computation Of Starting Torque Pulsations Of Salient Pole Synchronous Motors. *IEEE Trans. Energy Convers.*, 5(1), 176–182.
- Quispe, E. C., Sarduy, J.R.G. (2009). Comparison Of Four Efficiency Estimation Methods Of In Service Induction Motors. *6th International Conference eemods 09*, Nantes, France, Sept. 2009.
- Roshandel, E., Kahourzade, S. (2021). Losses In Efficiency Maps Of Electric Vehicles: An Overview. *Energies* 2021, 14(7805), 14-41.
- Saçkan, A.H. (2003). *Asenkron Motorlar* (2. Baskı). İstanbul: Birsen Yayınevi.
- Santos, V.S., Eras, J.J.C., Gutierrez, A.S. (2020). Data To Support The Assessment Of The Energy Efficiency Estimation Methods On Induction Motors Considering Real-Time Monitoring. *Data in Brief* 2020, 105(512), 88-99.

- Sarioğlu, K. (1983). *Elektrik Makinalarının Temelleri Asenkron Motorlar* (2. Baskı). İstanbul: Çađlayan Kitabevi.
- Singh, G., Anil Kumar, T.Ch., Naikan, V.N.A. (2018). Efficiency Monitoring As A Strategy For Cost Effective Maintenance Of Induction Motors For Minimizing Carbon Emission And Energy Consumption. *Reliability Engineering and System Safety*, 0951(8320), 193-201.
- T.C. Milli Eğitim Bakanlığı (2011). *Elektrik-Elektronik Teknolojisi Kollektörsüz Motor Elektrik Arıza Tespiti* (1. Baskı). Ankara:Milli Eğitim Bakanlığı Kültür Yayınları.
- Turan, M., Cevher, B., Tabak, B., Yetgin, A.G. (2009). Elektrik Makinaları ve Tasarım Laboratuvarı Deney Föyü, *Sakarya Üniversitesi*, 1134, 1-56.
- Uzun, H., Akar, O. (2018). Analyzing High Efficiency Asynchronous Motors Using Scalar Control Technique. *Balkan Journal of Electrical & Computer Engineering*, 2147(284), 23-26.
- Wallance, A., Jouanne, W.A., Wiedenbrug, E., Matheson, E., Douglass, J. (2001). A Laboratory Assessment Of In-Service And Non-Intrusive Motor Efficiency Testing Methods. *Electr. Power Compon. Syst.*, 29(6), 517-529.
- Willis, J.R., Brock, G.J., Edmonds, J.S. (1991). Derivation Of Induction Motor Models From Standstill Frequency Response Tests. *Electric Power Research Institute*, 9(12), 37-38.

KİŞİSEL YAYIN VE ESERLER

Faraşoğlu A., Kurt G. (2021). Elektrik Motorlarında Verim Analiz Yöntemlerinin İncelenmesi. *3rd International Eurasian Conference on Science, Engineering and Technology*, Ankara, Türkiye, 15-17 Aralık 2021



ÖZGEÇMİŞ

Orta öğrenimini Ordu ili Fatsa ilçesinde tamamladı. 2013 yılında Fatsa Anadolu Öğretmen Lisesi'nden mezun oldu. Kocaeli Üniversitesi Elektrik Mühendisliği Bölümünden 2017 yılında mezun oldu. Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Elektrik Mühendisliği Anabilim Dalı'nda yüksek lisans eğitime 2017 yılında başladı. 2017 yılından beri Siemens San. ve Tic. A.Ş.'de Elektrik Mühendisi olarak görev yapmaktadır.

