

# Asenkron Motor Test Düzenneđi

Dr. Eyüp ÇAKI • Editör: Prof. Dr. Abdülkadir ÇAKIR



# Asenkron Motor Test Düzenneđi

Dr. Eyüp ÇAKI

Editör: Prof. Dr. Abdülkadir ÇAKIR



Published by

**Özgür Yayın-Dağıtım Co. Ltd.**

Certificate Number: 45503

📍 15 Temmuz Mah. 148136. Sk. No: 9 Şehitkamil/Gaziantep

☎ +90.850 260 09 97

📞 +90.532 289 82 15

🌐 www.ozguryayinlari.com

✉ info@ozguryayinlari.com

---

## Asenkron Motor Test Düzeneği

*Induction Motor Test Device*

Dr. Eyüp ÇAKI • Editör: Prof. Dr. Abdülkadir ÇAKIR

---

Language: Turkish

Publication Date: 2023

Cover design by Mehmet Çakır

Cover design and image licensed under CC BY-NC 4.0

Print and digital versions typeset by Çizgi Medya Co. Ltd.

**E-ISBN (PDF):** 978-975-447-817-4

**DOI:** <https://doi.org/10.58830/ozgur.pub344>



This work is licensed under the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International (CC BY-NC 4.0). To view a copy of this license, visit <https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>  
This license allows for copying any part of the work for personal use, not commercial use, providing author attribution is clearly stated.

---

Suggested citation:

Çakı, E., Çakır, A. (ed) (2023). *Asenkron Motor Test Düzeneği*. Özgür Publications.

DOI: <https://doi.org/10.58830/ozgur.pub344>. License: CC-BY-NC 4.0

---

*The full text of this book has been peer-reviewed to ensure high academic standards. For full review policies, see <https://www.ozguryayinlari.com/>*



# İçindekiler

Simgeler ve Kısaltmalar Dizini	v
1. Giriş	1
2. Kaynak Özetleri	3
3. Materyal ve Yöntem	7
Asenkron Motorların Yapısı	7
Asenkron Motorun Çalışma İlkesi	8
Asenkron Motorun Bir Faz Eşdeğer Devresi	9
Asenkron Motor Parametrelerinin Hesaplanması İçin Gerekli Deneyler	12
Asenkron Motorlarda Kayıp ve Verim	18
Asenkron Motor Test Metotları	20
Labview	22
Sensörler	30
4. Araştırma Bulguları ve Tartışma	33
Gerçekleştirilen Sistemin Donanımı	34
Gerçekleştirilen Sistemin Yazılımı	38
5. Sonuç ve Öneriler	67
Kaynaklar	69
Ekler	73



## Simgeler ve Kısaltmalar Dizini

AA	Alternatif Akım
$\cos \phi$	Güç katsayısı
CSA	Kanada Ulusal Standardı
DC	Doğru Akım
IEC	Uluslararası Elektroteknik Komisyonu
IEEE	Elektrik ve Elektronik Mühendisleri Enstitüsü
$I_0$	Boşta çalışma akımı
$I_c$	Uyartım devresi watlı akım bileşeni
$I_m$	Uyartım devresi mıknatıslama akım bileşeni
$I_r$	Rotor akımı
$I_s$	Stator akımı
JEC	Japonya Ulusal Standardı
kW	Kilowatt
$L_r$	Rotor endüktansı
$L_s$	Stator endüktansı
NEMA	Ulusal Elektrik Üreticileri Birliği
$P_{edd}$	Fuko kaybı
$P_{fe}$	Demir kayıpları
$P_{f\&w}$	Sürtünme ve rüzgâr kayıpları
$P_{his}$	Histeresiz kaybı
$P_{in}$	Giriş gücü

$P_{mek}$	Mekanik kayıplar
$P_{out}$	Çıkış gücü
$P_{rotor}$	Toplam rotor kaybı
$P_{rcl}$	Rotor bakır kayıpları
$P_{scl}$	Stator bakır kayıpları
$P_{stary}$	Kaçak yük kayıpları (ek kayıplar)
$P_{tot}$	Toplam motor kaybı
$R_c$	Nüve kayıp direnci
$R_{dc}$	Motorun bir faz DC direnci
$R_{kr}$	Kilitli rotor direnci
$R_r$	Rotor direnci
$R_s$	Stator direnci
$s$	Kayma
TSE	Türk Standartlar Enstitüsü
$Z_{kr}$	Kilitli rotor empedansı
$X_{kr}$	Kilitli rotor reaktansı
$X_{1s}$	Stator kaçak reaktansı
$X_{1r}$	Rotor kaçak reaktansı
$X_s$	Stator reaktansı
$X_r$	Rotor reaktansı

# 1. Giriş

Günümüzde yaygın şekilde kullanılan asenkron motorlar, sağlam oluşu ve ucuz olmalarından dolayı endüstride en çok kullanılan elektrik makineleri arasındadır. Asenkron motorlar birkaç wattan 35 MW'a kadar üretilmekte gerilim seviyeleri ise 110 Volt ile 27 kVolt arasında değişmektedir. Asenkron motorlar doğrudan bir fazlı ya da üç fazlı alternatif akım şebekesinden beslenebilmesi, yük altında hızlarının sabit kalmalarından dolayı da endüstriyel uygulamalarda tercih edilen motorlardandır. Ayrıca, asenkron motorların devir sayılarının ve konum kontrollerinin kolaylıkla yapılabilmesi, günümüzdeki endüstriyel-teknolojik gelişmelere paralel olarak, bu motorları diğer endüstriyel motorlar karşısında avantajlı hale getirmiştir.

Bu tez çalışmasında üç fazlı sincap kafesli asenkron motorun performans ve yüklenme analizini yapan, eşdeğer devre parametrelerini hesaplayan, motora ait etiket verilerini doğrulayan, IEC 34-2 ve IEEE 112-B standartlarına göre verimi bulan Labview tabanlı bir test düzeneği gerçekleştirilmiştir. Test düzeneğine bağlanan asenkron motorun 3 faz akım ve gerilim bilgisi, moment, hız ve sıcaklık değerleri ölçülmektedir. Veriler bilgisayara DAQ kartı ile alınmakta ve 6 kHz ile örneklenmektedir. Test düzeneği ile 100 ve 112 gövde büyüklüğüne sahip, 2.2 kW 6 kutuplu, 3 kW 2 kutuplu, 4 kW 4 kutuplu asenkron motor kullanılarak deneyler gerçekleştirildi.

Motorun eşdeğer devre parametrelerinin tespit edilmesi için doğru akım, boşa çalışma ve kilitli rotor deneylerinden, motora ait stator bakır kayıpları, rotor bakır kayıpları, mekanik ve demir kayıpları hesaplanmaktadır. Motorun tam eşdeğer devre modelinden faydalanılarak motorun performans karakteristikleri incelenmiştir. Motora ait Stator Akımı-Hız, Güç Faktörü-Hız, Giriş Gücü-Hız, Çıkış Gücü-Hız, Verim-Hız, Moment-Hız grafikleri



deney sonuçlarına göre çizilmiş ve grafiklerin analizi yapılmıştır. Aynı zamanda fabrikadan alınan değerler ile test düzeneğinden alınan değerler programda karşılaştırmalı olarak verilmektedir.

Yüklenme analizi, motora ait 3 faz akım ve gerilim değerleri, motorun üretmiş olduğu tork miktarı, güç kat sayısı, giriş gücü, milden alınan mekanik güç, hız ve IEEE 112-B standardına göre verim değerleri program ekranına gelmektedir. Motor boş çalışmadan %125 yüke kadar yüklenerek motorun istenilen hızdaki momenti, güç faktörü, giriş gücü, çıkış gücü ve verim değerleri, sayısal ve grafik halinde sunulmaktadır.

Beş bölümden oluşan bu tez aşağıdaki şekilde düzenlenmiştir.

Giriş bölümünde, tezin konusu genel olarak tanıtılmış, tezin önemi ve amacı hakkında kısa bilgi verilmiştir.

İkinci bölümde, asenkron motorun eşdeğer devre parametrelerinin belirlenmesi, verim, yüklenme ve performans analizi üzerine yapılan daha önceki çalışmalar gözden geçirilmiş, literatürdeki yayınların içeriklerinden bahsedilmiştir.

Üçüncü bölümde, asenkron motorun yapısı, çalışması, eşdeğer devre parametrelerin elde edilmiş şekilleri, verim standartları, test düzeneğinde kullanılan sensörlerin çalışma prensipleri ve Labview programı anlatılmıştır.

Dördüncü bölümde, elde edilen verilerin analizi, test düzeneğinde gerçekleştirilen deneyler ve deneysel sonuçlar incelenmiştir.

Beşinci bölümde, tez çalışmasında elde edilen sonuçlar tartışılmış ve ileride bu konuda çalışma yapacak araştırmacılara öneriler sunulmuştur.

## 2. Kaynak Özetleri

Anibal ve Ferreira (1997), asenkron motora ait IEEE 112 ve IEC 34-2 verim standartlarına göre farklı güçlerdeki motorları 50 ve 60 Hz' de çalıştırarak verim ve kayıpların farklılıkları incelenmiştir.

Renier vd. (1999), 3 fazlı asenkron motorların verim standartları olan IEEE 112, JEC ve IEC 34-2 standartlarını karşılaştırmış. 3 standarda ait verim değerlerinin farklı olduğunu ve en yüksek değerinin Japon standardı olan JEC olduğunu belirtmektedir. Her standartta verim değerlerinin farklı çıkmasının verimin hatalı hesaplanmasının değil farklı yöntemler ile yapıldığını, dünyaca kabul edilen bir standartın getirilmesinin gerekliliğinden bahsetmektedir.

Yetgin ve Çanakoglu (2004), asenkron motor tasarımı ve eşdeğer devre parametrelerini hesaplayan üç farklı yöntem kullanmış ve elde edilen sonuçları tablo halinde karşılaştırılmalı olarak vermişlerdir. Tasarım için bir algoritma hazırlanmış ve bu algoritma kullanılarak asenkron motorun bütün fiziksel parametre değerleri hesaplanarak tasarım gerçekleştirilmiştir. Tasarım sonucu elde edilen değerler ile asenkron motorun eşdeğer devre parametreleri hesaplanmıştır.

Ayasun (2005), 3 fazlı asenkron motora ait boş çalışma, kilitli rotor ve doğru akım deneyleri MATLAB/Simulink aracılığı ile modellenmiştir. Uygulama lisans düzeyindeki öğrencilerin, elektrik makineleri dersine ait deneyleri, laboratuvara ihtiyaç duymadan gerçekleştirmesini sağlamaktadır. Simülasyon ortamında motora ait eşdeğer devre parametreleri hesaplanmakta ve akım, verim, güç faktörü, giriş gücü ve çıkış gücünün hıza göre değişim grafikleri çizdirilmektedir.

Bayraktar (2005), üç fazlı asenkron motor deneylerinin eğitim amaçlı olarak bilgisayar ortamında benzetimini gerçekleştirmiştir. Benzetim programı asenkron motorun boшта çalışma, yüklü çalışma, kilitli rotor ve farklı frekanslardaki çalışma deneylerini içermektedir. Programda benzetimi yapılan bütün deneyler için akım, gerilim, güç, hız ve moment grafiklerinin zaman göre değişimi çizdirilmiştir.

Güner (2005), yüksek lisans tezinde Labview programı ile veri toplama konularını e-öğrenme şeklinde öğretmeyi amaçlamaktadır. Labview endüstriyel ölçme sistemlerinde bulunan sensör ve transdüserlerden alınan verileri, bilgisayara aktarılmasında kullanılan ADC kartlarını ve LabVIEW programı ile işlenen verileri otomasyon sistemine gönderen DAC kartlarının kullanımını uzaktan öğrenme ile öğretmektedir.

Bozkurt (2006), tarafından yapılan yüksek lisans tezinde asenkron motor ve generatör parametreleri dolaylı metot ile çıkarılmıştır. Motor ait kayıp, verimlerinin bulunması ile ilgili ulusal ve uluslararası standartları ve bu standartlar arasındaki benzerlikler ve farklılıklar incelenmiştir. Motor çalışma eğrileri ile generatör çalışma eğrileri karşılaştırılarak gerekli analizler yapılmıştır.

Öztürk (2007), endüstriyel otomasyon protokollerinden biri olan Profibus ağını kullanarak asenkron motorun uzaktan denetimini gerçekleştirmiştir. Asenkron motorun kontrolü Micromaster-440 kullanılarak sağlanmıştır. Sistemde asenkron motorun hız, akım, gerilim bilgileri gerçek zamanlı olarak alınmakta ve bu bilgiler PC’de değerlendirilerek kontrol sinyalleri ağ üzerinden asenkron motora gönderilmektedir.

Tanyıldızı (2007), elektrik makinaları laboratuvar derslerine yardımcı olacak web tabanlı sanal bir laboratuvar ortamı oluşturmuştur. Asenkron motorun boшта çalışma ve kısa devre deneyi yapılarak eşdeğer devre parametreleri belirlenmektedir. Motorun tek faz eşdeğer devresi kullanılarak performans karakteristikleri incelenmiştir.

Kaygısız (2008), asenkron motorun tasarımını, eşdeğer parametrelerini ve performans analizini hesaplayan bir program hazırlanmıştır. Programa tasarımı yapılacak olan motorun nominal çalışma noktasına ait değerlerin (etiket değerleri) ve makineye ait belli başlı parametreler ile (akı ve akım yoğunlukları, istenen rotor oluk geometrisi, paralel kol sayısı vb.) kullanılacak malzemelere ait mıknatıslama bilgilerinin girilmesi ile tasarım yapılmaktadır. Analiz programlarında ise boшта çalışma ve kısa devre çalışma deneylerinden motorun eşdeğer devre parametrelerinin hesaplanması ve eşdeğer devre parametreleri bilinen motorların performans analizi yapılmıştır.

Tekin (2008), tarafından yapılan yüksek lisans tezinde yüksek verimli asenkron motorların analizi ve kullanımının gerekliliği açıklanmış. Yeni nesil malzemeler ve hesaplama metotları kullanılarak motorların momentleri incelenmiştir. Çalışmada, deneylerden elde edilen verileri kullanarak standart ve yüksek verimli asenkron motorlar karşılaştırılmış. Yapılan çalışmalarla yüksek verimli motor kullanmanın gerekliliği ve işletmelerde sağladığı kazanç ortaya konulmuştur.

Kaynaklı (2009), tarafından yapılan çalışmada rüzgâr enerjisinden elektrik üretiminde kullanılan sabit mıknatıslı alternatörlerin arızalarının tespiti için bilgisayar destekli test standı üretimi gerçekleştirilmiştir. Bu test standında pençe tipi bir alternatör ile sabit mıknatıslı alternatörün karşılaştırılması sağlanarak sabit mıknatıslı alternatörün üretmiş olduğu gerilim ve akım değerlerinin grafiksel olarak bilgisayar ortamına aktarılması sağlanmıştır ve sabit mıknatıslı alternatörlerin performans, verim ve oluşabilecek arızaları hakkında kullanıcıya bilgi verilmektedir.

Arabacı (2011), tarafından yapılan doktora tezinde dalgiç asenkron motorlarda sincap kafesi arızalarının motor performansına yaptığı etkiler incelenmiş ve bu etkiler arıza büyüklüğüne göre kademelendirilmiştir. Tez çalışmasında dört farklı büyüklükte motor kullanılmıştır. Motorların her biri, sağlam ve beş farklı rotor arızası olmak üzere 6 farklı durumda incelenmiştir. Analizler için benzetimler ve deneyler yapılmıştır. Benzetimler için CEDRAT firmasının FLUX programı kullanılmıştır. Performans kapsamında; motor akımı, moment, hızı, güç faktörü ve verimi değerlendirilmiştir.

Bilgin vd. (2011), dalgiç pompa ve asenkron motorlar için testlerinin yapıldığı ve grafiklerinin çıkarıldığı bir deney düzeneği tasarlamışlardır. Deney havuzuna daldırılan motopompun bütün mekanik, elektrik ve hidrolik çalışma büyüklükleri bilgisayar aktarılmış. Delphi 3.0 ile yazılan program 3 menüden oluşmakta bunlardan birincisi; elektrik motorunun, su pompasının katalog değerlerinin girildiği menü, ikincisi sensörden gelen verilerini gösterildiği ve bu değerlerin hesaplandığı arayüz, üçüncü arayüz de ise raporlama ve grafikler bulunmaktadır.

Şal vd (2012), asenkron motorların performans analizine yönelik bir çalışma sunmaktadır. Yapılan çalışmada test motoru olarak üç fazlı 4 kW gücünde kafesli asenkron motor kullanılmıştır. Çalışmada aynı kesit alanı olan rotor çubukları ve aynı iletken malzeme kullanılarak oluk biçimleri değiştirilmiştir. Motorun analizleri farklı rotor oluk biçimleri için hem analitik hem de sayısal olarak incelenmiştir. Böylelikle motor üretim maliyeti aynı olan daha üstün işletme özelliğine sahip rotor oluk geometrisi belirlenmiştir.

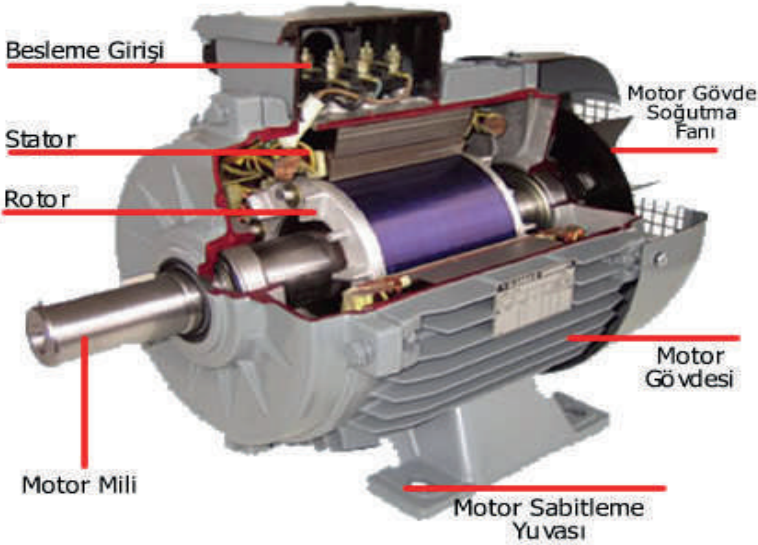
Literatürdeki yapılan çalışmalarda asenkron motorun performans analizleri simülasyon ortamında gerçekleştirilmiş, performans analizinde moment ve akım üzerindeki etkileri incelenmiştir.

Bu çalışmada literatürde yapılan çalışmalardan farklı olarak asenkron motorun performans analizleri, oluşturulan test düzeneği ile gerçekleştirilmiş olup, performans analizindeki motorun hızı, mekanik gücü, güç faktörü ve özellikle verim değerleri incelenmiş, maksimum verim ve en iyi güç faktöründe çalışacak değeri tespit edilmiştir. Gerçekleştirilen bu çalışma ile IEC 34-2 ve IEEE 112-B verim standartlarına göre motor verimleri kıyaslanmış, istenilen hız ve yük değerine göre motorun verim ve güç faktörü bulunmuş, motor üzerindeki etiket değerleri doğrulanmıştır.

### 3. Materyal ve Yöntem

#### 3.1. Asenkron Motorların Yapısı

Asenkron motorlar genellikle sabit duran stator ve kendi çevresinde dönen rotor basta olmak üzere gövde, mil, kapaklar, pervane gibi parçalardan oluşur (Şekil 3.1).



Şekil 3.1. Asenkron motor yapısı

### 3.1.1. Stator

Asenkron motorun bobinlerini üzerinde bulunduran kısımdır. Stator, asenkron motorun duran kısmıdır ve 0.4 – 0.5 mm kalınlığındaki silisyumlu sacların özel kalıplarda preslenmesiyle imal edilir. Buradaki oluklara iletkenler elektrikli olarak birbirinden  $120^\circ$  faz farklı sargılar sarılır. Sargı uçları klemens kutusundaki ilgili noktalara bağlanır. Gövdeye motor kapakları takılır ve motor kapaklarının ortasındaki rulmanlar ise statorun ortasında dönecek olan rotora yataklık eder (Boduroğlu, 1994).

### 3.1.2. Rotor

Rotor, asenkron motorun dönen kısmıdır. Sincap kafesli (kısa devre çubuklu rotor) ve sargılı tip (bilezikli rotor) olmak üzere iki çeşit rotor yapısı vardır.

**a. Kısa Devre Çubuklu (Sincap Kafesli) Rotor:** Statordaki gibi üzerine oluklar açılmış silisli sacların bir milin üzerine preslenmesiyle elde edilmiştir. Sonra, oluklara içine iletken alüminyum dökülmesi ile elde edilir. Rotorun her iki tarafında, rotor çubuklarını kısa devre eden halkalar bulunur, bu halkaların uçlarındaki küçük kanatçıklar pervane görevi görerek motorun soğumasını sağlar.

**b. Sargılı Rotor:** Sargılı rotorlarda sincap kafesli rotora benzer yolla üretilir. Sacları paketlenerek silindir haline getirilen rotorun üzerindeki oluklara çubuk yerine 3 fazlı sargı yerleştirilir. Aralarında  $120^\circ$  faz farkı bulunan üç fazlı sargılar yıldız ya da üçgen bağlanır. Bu sargıların uçları rotor sonunda mil üzerine yerleştirilmiş bileziklere bağlanır. Bu bileziklerden dış devreye bağlantı fırçalar yardımı ile sağlanır.

## 3.2. Asenkron Motorun Çalışma İlkesi

Alternatif akım motorlarında stator ile rotor arasında herhangi bir elektriksel bağ yoktur. Stator enerjisi rotora manyetik yolla aktarılmaktadır. Asenkron motorlar indükleme esasına göre çalıştığından, indüksiyon prensibine göre; dönen bir manyetik alan içinde bulunan iletkenlerde gerilim indüklenir. Stator sargılarına uygulanan üç fazlı alternatif akımlar stator hava boşluğunda dönen bir manyetik alan meydana getirir. Bu manyetik alan rotor çubuklarını keserek çubuklarda elektromotor kuvvet indükler. Bu endüksiyon akımları rotorun kutup alanlarını meydana getirir. Dönen stator kutupları rotorun kutuplarını etkileyerek N kutbunun altındaki rotor çubukları bir yöne, S kutbunun altındaki rotor çubukları diğer yöne doğru iterler. Bu itme kuvvetlerinin meydana getirdiği döndürme momenti rotoru bir yönde döndürür (Çolak, 2008).

### 3.3. Asenkron Motorun Bir Faz Eşdeğer Devresi

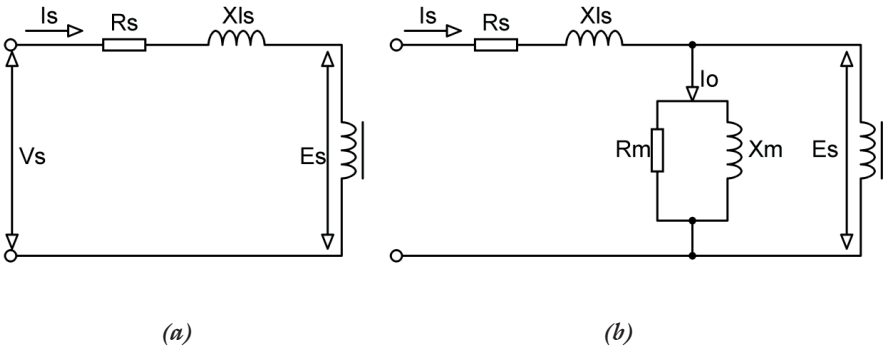
Asenkron motorun güç katsayısı, kalkınma akımı, döndürme momenti, güç ve çeşitli yüklerdeki verim hesapları için motorun eşdeğer elektrik devresini bilmek çok büyük kolaylık sağlamaktadır. Eşdeğer devre, motoru temsil eden bir devre olup direnç ve endüktanslardan meydana gelir.

Asenkron motorun statoruna alternatif bir gerilim uygulandığı zaman stator sargılarında ve rotor sargılarında gerilim indüklenir. Stator akımı nüve üzerine sarılmış olan stator sargıları etrafında zamana bağlı olarak değişen manyetik akı oluşturur. Manyetik akının büyük bir miktarı stator ve rotor demir nüveleri ile stator rotor arasındaki hava boşluğundan devresini tamamlar geriye kalan küçük bir miktarda havadan kaçak olarak devresini tamamlar. Havadan devresini tamamlayan kaçak akıdan dolayı  $X_{1s}$  kaçak reaktansı oluşur. Stator sargılarının iç direnci  $R_s$ , stator devresinde stator reaktansı  $X_{1s}$ 'ye seri bağlanır (Çolak, 2008).

Statora uygulanan gerilim  $V_s$ , stator direnç ve kaçak reaktansına düşen gerilimin farkı, stator sargılarından endüklenen gerilim  $E_s$ 'ye eşit olup Denklem 3.1'deki gibi ifade edilir.

$$\vec{E}_s = V_s - I_s(R_s + jX_{1s}) \quad (3.1)$$

Denklem 3.1'den, stator devresi Şekil 3.1'deki gibi çizilir. Rotor ve manyetik devreden geçen akımı statordan çekilen  $I_s$  akımı karşıladığından, stator akımı ve  $I_0$  olarak ikiye ayrılır. Statorda endüklenen gerilim ile uyarım devresinden geçen akım doyma noktasına kadar doğrusal olarak değişir ve uyarım akımı  $I_0$ ,  $E_s$ 'ye paralel bir koldan geçen akım olarak gösterilir.

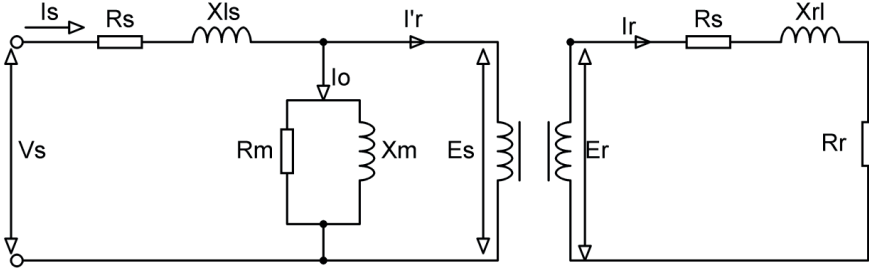


Şekil 3.1. a) Bir faz stator eşdeğer devresi, b) Bir faz stator ve uyarım devresi



Asenkron motorların stator ve rotorlarına ait değerler ve eşdeğer devre kaymaya bağlı olarak değişiklikler göstermektedir. Rotor empedansı kaymaya bağlı olarak Şekil 3.2'de gösterilmiş olup, rotor devresinin değerleri  $E_r$  ve  $X_{rl}$  değerleri kayma ile ilişkili olup Denklem 3.2'deki gibi ifade edilir (Çolak, 2008).

$$E_r = sE_{r0}; \quad X_{rl} = sX_{r10} \quad (3.2)$$



Şekil 3.2. Asenkron motorun komple bir faz eşdeğer devresi

$E_{r0}$  = Rotor dururken sargılarda endüklenecek gerilim.

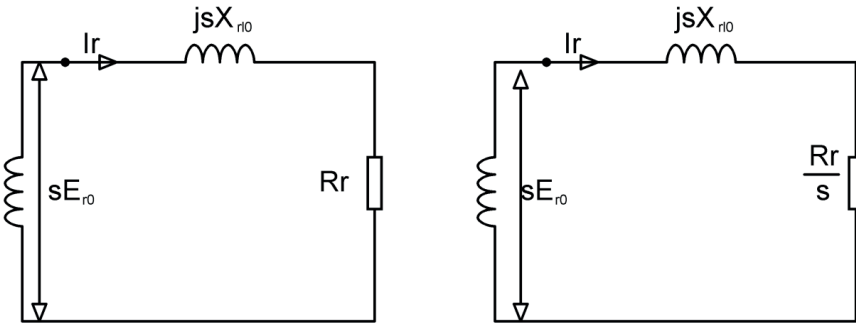
$E_r$  = Kaymanın herhangi bir değerindeki rotorda endüklenecek gerilim.

$X_{r10}$  = Rotor dururken rotor sargılarının kaçak reaktansı.

$X_{rl}$  = Kaymanın herhangi bir değerindeki rotor kaçak reaktansı.

$s$  = Kayma.

Asenkron motorun bir faz eşdeğer devresinden rotor eşdeğer devresi Şekil 3.3'deki gibi çizilebilir. Rotor sargılarında endüklenecek  $E_r$  geriliminin, rotor empedansına bölümü rotor akımı  $I_r$ 'ye eşittir (Çolak, 2008).



Şekil 3.3. Asenkron motorun rotor eşdeğer devresi

$$I_r = \frac{sE_{r0}}{R_r + jsX_{r10}} \quad (3.3)$$

$$I_r = \frac{E_{r0}}{(R_r/s) + (jsX_{r10})} \quad (3.4)$$

Rotor devresine ait değerler statora aktarılır ve eşdeğer devre basitleşmiş olur. Bu işlem yapılırken aşağıdaki formüller kullanılır.

$$a = \frac{N_1}{N_2}; \quad E_s = E'_r = aE_{r0}; \quad (3.5)$$

$$X'_{r1} = a^2X_{r10}; \quad R'_r = a^2R_r; \quad I'_r = \frac{I_r}{a}; \quad (3.6)$$

$X_{r10}$  = Rotor dururken rotor devresi kaçak reaktansı

$X'_{r1}$  = Rotor devresi kaçak reaktansının stator devresine aktarılmış eşdeğeri

$E_s$  = Stator sargılarında endüklenen gerilim

$E_{r0}$  = Rotor dururken rotor sargılarında endüklenen gerilim

$E'_r$  = Rotor sargılarında endüklenen gerilimin stator devresine aktarılmış eşdeğeri

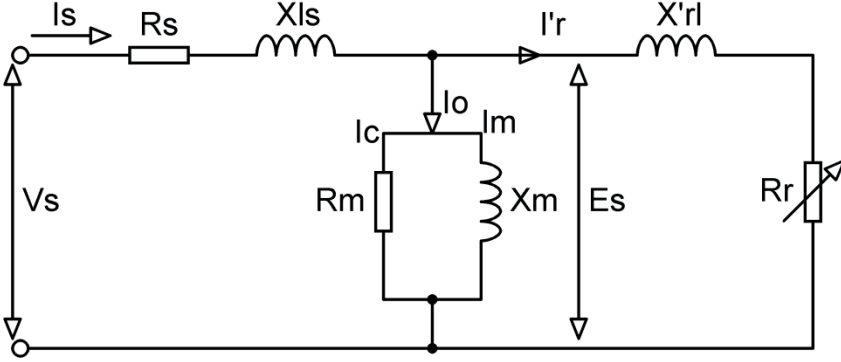
$R_r$  = Rotor devresi direnci

$R'_r$  = Rotor devresi kaçak reaktansının stator devresine aktarılmış eşdeğeri

$I_r$  = Rotor devresinden geçen akım

$I'_r$  = Rotor devresinden geçen akımın stator devresine aktarılmış eşdeğeri

Asenkron motorun bir faz basitleştirilmiş eşdeğer devresini elde etmek için, rotor devresinin değerlerini statora aktarıldığında Şekil 3.4' deki devre elde edilir.

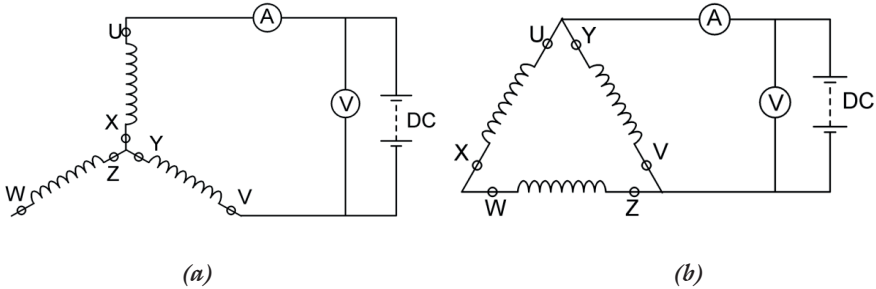


Şekil 3.4. Asenkron motorun statora aktarılmış komple bir faz eşdeğer devresi

### 3.4. Asenkron Motor Parametrelerinin Hesaplanması İçin Gerekli Deneyler

#### 3.4.1. Asenkron motor DA deneyi

Asenkron motor DA deneyi ile motorun stator etkin faz direnci bulunur. Bu deneye başlamadan önce asenkron motor anma sıcaklığına ulaşınca kadar tam yükte çalıştırılır. Böylece stator etkin direncinin bulunmasındaki hata minimuma indirgenir. Asenkron motorun alternatif akım kaynağına bağlantısı olmadan stator sargı uçlarından iki tanesine doğru akım kaynağı bağlanır (Şekil 3.5). Gerilim değeri sıfırdan başlayarak stator sargılarından anma akımına ulaşınca kadar uygulanan akım ve gerilim kaydedilir. Doğru akım direncinin bulunması için motor sargılarının yıldız bağlantıdaki değeri Denklem 3.7 üçgen bağlantıdaki değeri Denklem 3.8, kullanılarak bulunur. Bulunan doğru akım direnci 1.11 katsayısı ile çarpılarak stator sargılarının bir faz etkin direnci bulunur (Çolak, 2008).



Şekil 3.5. Asenkron motorun DA deneyi a) Yıldız bağlı b) Üçgen bağlı

Yıldız bağlantıdaki DA direnci

$$R_T = \frac{V_{da}}{I_{da}} = R_{sda} + R_{sda} = 2R_{sda} ; R_{sda} \frac{R_T}{2} \quad (3.7)$$

Üçgen bağlantıdaki DA direnci

$$R_T = \frac{V_{da}}{I_{da}} = \frac{(R_{sda})(2R_{sda})}{R_{sda} + 2R_{sda}} = \frac{2}{3} R_{sda} ; R_{sda} \frac{3}{2} R_T \quad (3.8)$$

$R_T$  = DA deneyden ölçülen toplam DA direnci

$V_{da}$  = Sargılara uygulanan DA gerilimi

$I_{da}$  = Kaynaktan çekilen DA akımı

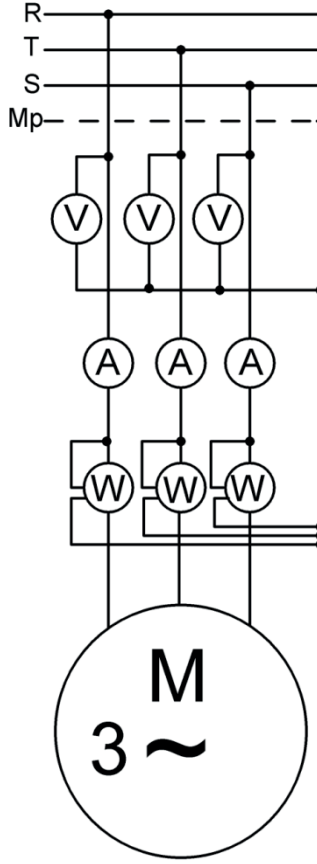
$R_{sda}$  = Motorun bir faz DA direnci

DA akım direncinden, asenkron motorun bir faz stator direnci elde etmek için Denklem 3.9 uygulanır.

$$R_s = 1,11xR_{sda} \quad (3.9)$$

### 3.4.2. Asenkron motorun boş çalışma deneyi

Motor anma gerilim değerine kadar yüksüz olarak çalıştırılır. Motor bağlantısının, yıldız ya da üçgen olması boş çalışma deneyine etki etmez. Motor boşta çalışırken motorun üç faz akım, gerilim ve toplam güç değerleri ölçülür (Şekil 3.6) . Asenkron motorun şebekeden çektiği güç, stator bakır kayıpları, demir kayıpları, rüzgâr ve sürtünme kayıplarının toplamına eşittir. Boş çalışmada, devir sayısı döner alanın devrine yakın olduğundan rotorun demir ve bakır kayıpları ihmal edilir. Boş çalışmada şebekeden çekilen akım asenkron motorun stator sargılarından geçen bakır kayıplarına neden olur. Motorun şebekeden çektiği güçten stator bakır kayıpları çıkarılır ise, motorun demir kayıpları ile sürtünme ve rüzgâr kayıplarının toplamını verir (Çolak, 2008).



Şekil 3.6. Asenkron motor boş çalışma deneyi bağlantı şeması

Motorun bir faz akım değeri, üç ampermetrenin ölçtüğü değerin ortalamasıdır (Denklem 3.10).

$$I_{nl} = \frac{I_1 + I_2 + I_3}{3} \quad (3.10)$$

Motorun boş çalışma gücünden bakır kayıplarını çıkartırsak, demir kayıplar bulunur.

$$P_{scl} = 3I_{nl}^2 * R_s \quad (3.11)$$

$$P_{fe} = P_{in} - P_{scl} \quad (3.12)$$

Boş çalışmadaki motorun bir faz direnci  $R_{nl}$ ;

$$R_{nl} = \frac{P_0}{3I_{nl}^2} \quad (3.13)$$

Motorun bir faz uyartım devre devresine ait direnç değeri  $R_m$ ;

$$I_w = \frac{P_{fe}}{V_s} \quad (3.14)$$

$$R_m = \frac{V_s}{I_w} \quad (3.15)$$

Uyartım akımının mıknatıslanma bileşeni  $I_m$ ;

$$I_m = \sqrt{I_u^2 - I_w^2} \quad (3.16)$$

Uyartım devresi kaçak reaktansı  $X_m$ ;

$$X_m = \frac{V_s}{I_m} \quad (3.17)$$

Motorun boş çalışma faz geriliminin, boş çalışma faz akımına oranı bir faz boş çalışma empedans değerini verir (Çolak, 2008).

$$Z_{nl} = \frac{V_{nl}}{\sqrt{3}I_{nl}} = R_{nl} + j(X_{sl} + X_m) \quad (3.18)$$

Motorun boş çalışma kaçak reaktansı ise;

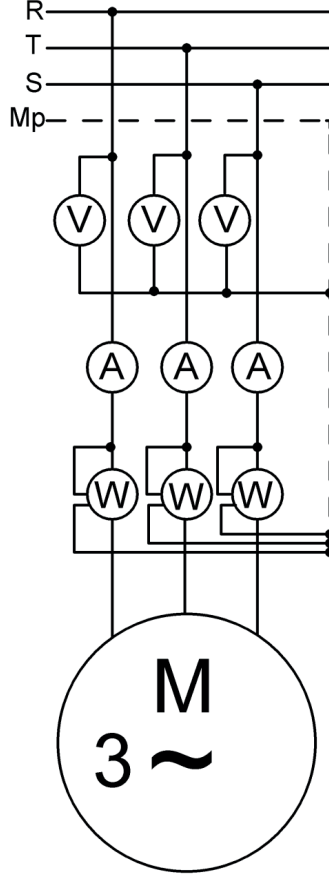
$$X_{nl} = \sqrt{Z_{nl}^2 - R_{nl}^2} = X_{sl} + X_m \quad (3.19)$$

### 3.4.3. Asenkron motorun kilitli rotor deneyi

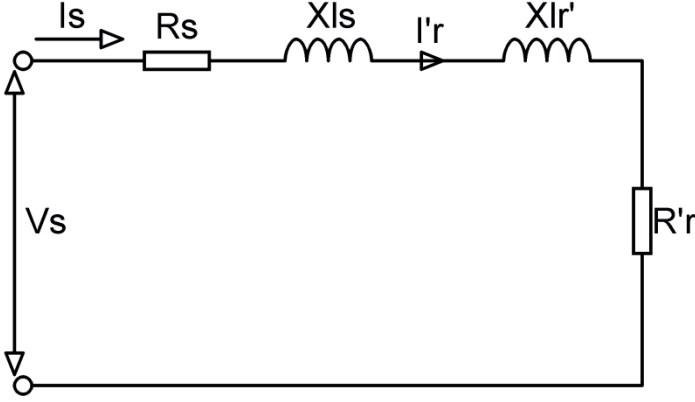
Asenkron motorun sargıları anma sıcaklığına ulaşınca kadar çalıştırdıktan sonra Şekil 3.7'deki bağlantı gerçekleştirilir. Motorun rotoru özel bir düzenek yardımıyla dönmeyecek şekilde sabitlenir. Ayarlı bir güç kaynağı yardımıyla gerilim yavaş yavaş artırılır. Motorun statorundan geçen akım anma değerine ulaşınca 3 faz akım gerilim ve toplam güç değerleri kaydedilir.

Kilitli rotor deneyinde rotor devri  $n_r = 0$  olduğu için, kayma  $s=1$  olur ve  $\frac{R'_r}{s}(1-s)$  değeri sıfır olur. Bundan dolayı mekanik kayıplar sıfırdır. Asenkron motorun rotor empedansı uyartım devre empedansından çok küçük olduğu

için akım ağırlıklı olarak rotor devresinden geçmektedir. Bu yüzden uyarıtım empedansı ihmal edilir ve asenkron motorun eşdeğer devresi Şekil 3.8'deki gibi olur. Kilitli rotorda sürtünme ve rüzgâr kayıpları, rotor dönmediği için sıfırdır. Motorun çektiği güç  $P_k$ , bakır kayıplarına eşittir (Çolak, 2008).



*Şekil 3.7. Asenkron motor kilitli rotor çalışma deneyi bağlantı şeması*



Şekil 3.8. Asenkron motor kilitli rotor deneyi bir faz eşdeğer devresi

$$P_{lr} = P_{scl} + P_{rel} \quad (3.20)$$

$P_{lr}$  = Toplam kilitli rotor kayıpları

$P_{scl}$  = Toplam stator bakır kayıpları

$P_{rel}$  = Toplam rotor bakır kayıpları

Denklem 3.20, Denklem 3.11 göre tekrar yazılırsa;

$$P_{lr} = 3I_s^2 R_{lr} = 3I_s^2 (R_s + R_r') \quad (3.21)$$

Stator ve rotor bir faz dirençlerinin toplamı, bir faz kilitli rotor eşdeğer direnci  $R_{lr}$ 'ye eşittir.

$$R_{lr} = \frac{P_{lr}}{3I_s^2} \quad (3.22)$$

$$R_r' = R_{lr} - R_s \quad (3.23)$$

$R_r'$  = Statora aktarılmış rotor faz direnci

$R_{lr}$  = Kilitli rotor direnci

$R_s$  = Stator faz direnci

Kilitli rotor faz geriliminin faz akımına oranı, kilitli rotor empedansına eşittir.

$$Z_{lr} = \frac{V_{lr}}{I_{lr}} = \frac{V_s}{I_s} \quad (3.24)$$



$$Z_{lr} = R_{lr} + jX_{lr} \quad (3.25)$$

$Z_{lr}$  = Kilitli rotor empedansı

$V_{lr}$  = Kilitli rotor faz gerilimi

$I_{lr}$  = Kilitli rotor faz akımı

$X_{lr}$  = Kilitli rotor faz empedansı

### 3.5. Asenkron Motorlarda Kayıp ve Verim

Enerjinin bir türden başka bir türe dönüşümü sırasında oluşan kayıplar motorun verimi ve işletme ekonomisini etkileyen faktörlerdir. Motor çalışırken güç kaynağından Pin giriş gücünü çeker. Giriş gücü stator demir ve bakır kayıplarına uğradıktan sonra stator ve rotor arasındaki hava boşluğundan rotora aktarılır. Rotor kısmında demir, bakır, rüzgâr, sürtünme ve kaçak yük kayıpları uygulanan giriş gücünden çıkarılınca mile mekanik güç olarak aktarılır. Motorun verimi, motorun milinden alınan gücün motora uygulanan güce oranı ile bulunur. Motorun giriş gücünden kaybolan güçler çıkarıldığında motorun milindeki güç elde edilir. Asenkron motorlarda oluşan güç kayıplar iki temel gruba ayrılabilir (Çolak, 2008).

#### 3.5.1. Elektrik kayıpları

##### 3.5.1.1. Stator bakır kayıpları

Statordaki sargılarından geçen akım, stator sargılarının iç direncinden dolayı bakır kayıplarına neden olur. Denklem 3.26'ya göre stator bakır kaybı, stator sargı direnci ve stator akımına bağlı olarak değişmektedir. Stator sargı direnci, sıcaklıkla değişmediği kabul edilmekte ve stator bakır kaybını etkileyen tek değişken stator akımıdır.

$$P_{scl} = 3I_s^2 R_s \quad (3.26)$$

##### 3.5.1.2. Rotor bakır kayıpları

Rotordaki sargılardan geçen akım, rotor sargılarının iç direncinden dolayı rotorda bakır kayıplarına neden olur. Şekil 3.4'deki asenkron motorun rotor devresinin statora aktarılmış bir faz eşdeğer devresinden yararlanarak Denklem 3.27 elde edilir. Denkleme göre rotor bakır kayıpları, rotor akımı ve rotor sargı direncine bağlı olarak değişmektedir. Rotor sargı direnci sıcaklıkla değişmediği varsayılırsa rotor bakır kayıplarını değiştiren tek etmen rotor akımıdır.

$$P_{rel} = 3(I_r')^2 R_r' \quad (3.27)$$

### 3.5.1.3. Demir kayıpları

Demir kayıpları, asenkron motorun stator ve rotorunda meydana gelir. Meydana gelen kayıp frekans ve manyetik akı yoğunluğu ile doğru orantılıdır. Demir nüve kayıpları eddy akım kaybı ve histeresiz kaybı olmak üzere iki kısımdan oluşur ve aşağıdaki denklemden hesaplanır (Çolak, 2008).

$$P_{core} = P_{eddy} + P_{his} \quad (3.28)$$

$$P_{eddy} = k_{eddy} (f_s B \tau)^2 \quad (3.29)$$

$$P_{his} = k_{his} f_s B^n \quad (3.30)$$

$P_{core}$  = Nüve kayıpları (W)

$P_{eddy}$  = Eddy akım kayıpları (W)

$P_{his}$  = Histeresiz kayıpları (W)

$f_s$  = Statora uygulanan gerilim frekansı (Hz)

$B$  = Manyetik akı yoğunluğu (Wb/m<sup>2</sup>)

$\tau$  = Nüvenin oluşturduğu sac kalınlığı (m)

Manyetik alan içerisinde kalan demir nüvede indüklenen gerilimden dolayı nüve içerisinde eddy akımları dolaşır. Eddy akımları nüve içerisinde dolaşır ve ısı açığa çıkarır. Isı şeklinde ortaya çıkan enerji güç kaybına neden olur. Histeresiz kayıpları zaman göre değişen manyetik akı yoğunluğundan dolayı ısı şeklinde oluşan güç kaybıdır. Demir kayıplarını oluşturan Eddy ve Histeresiz kayıpları frekansla orantılıdır. Rotor nüve kayıpları çok küçük olduğundan rotorda meydana gelen demir kayıplarını, stator demir kayıpları ile birlikte toplam demir kaybı olarak Denklem 3.31 hesaplanır (Çolak, 2008).

$$P_{core} = 3I_c^2 R_c = 3 \frac{E_s^2}{R_c^2} R_c = 3 \frac{E_s^2}{R_c} \quad (3.31)$$

$P_{core}$  = Nüve kayıpları (W)

$I_c$  = Uyarım akımının nüve kayıp bileşeni (A)

$R_c$  = Nüve kayıplarını temsil eden direnç ( $\Omega$ )

$E_s$  = Stator sargılarında endüklenen gerilim (V)

### 3.5.2. Mekanik kayıplar

#### 3.5.2.1. Sürtünme ve rüzgâr kayıpları

Asenkron motorun sürtünme ve rüzgâr kayıpları motorun boş çalışma deneyinden hesaplanır. Motor boşta çalışırken kayma ve rotor frekansı çok küçük olur, rotor empedansı ise çok büyük olur. Dolayısıyla motorun rotor devresinden çok küçük miktarda akım geçer, bu akımın meydana getireceği rotor bakır kayıpları ihmal edilir. Boş çalışmada rotor bakır kayıpları ihmal edilince şebekeden çekilen güç stator bakır kayıpları, toplam nüve kayıpları ve sürtünme ve rüzgâr kayıplarına eşittir. Motorun boş çalışmada stator akımı ve stator faz direnci bilinir ise sürtünme ve rüzgâr kayıpları hesaplanır (Çolak, 2008).

#### 3.5.2.2. Kaçak yük kayıpları

Kaçak yük kayıpları (ek yük kayıpları) yüke bağlı olarak artan, ekstra nüve kayıpları olarak kabul edilir. Kaçak yük kayıpları motorun hem statorunda hem de rotorunda meydana gelir. Asenkron motorun yüklü durumdaki toplam kayıplarından, diğer hesaplanan kayıpların çıkarılmasıyla hesaplanır (Denklem 3.32). Kaçak yük kayıpları genellikle motorun çıkış gücünün %1 değerinde alınır (Çolak, 2008).

$$P_{\text{stary}} = P_T - (P_{\text{f\&w}} + P_{\text{core}}) - P_{\text{scl}} - P_{\text{rcl}} \quad (3.32)$$

$P_{\text{stary}}$  = Kaçak yük kaybı (W)

$P_T$  = Motorun tam yüklü durumdaki toplam güç kaybı

$P_{\text{f\&w}}$  = Motorun boş çalışma durumundaki sürtünme ve rüzgar kayıpları (W)

$P_{\text{core}}$  = Motorun boş çalışma durumundaki nüve kayıpları (W)

$P_{\text{scl}}$  = Motorun tam yüklü durumdaki stator bakır kayıpları (W)

$P_{\text{rcl}}$  = Motorun tam yüklü durumdaki rotor akır kayıpları (W)

### 3.6. Asenkron Motor Test Metotları

Türk Standartları Enstitüsü 3 fazlı asenkron motorlar için TS 3067 standardıyla uluslararası elektronik komisyonun IEC 34-2 standardını referans almaktadır. Dünyada motor üreticilerinin % 64'ü IEC 34-2 standardını, %16'sı Elektrik-Elektronik Mühendisleri IEEE 112-B standardını, % 8'i Japon Endüstri Standardı olan JEC-37 standardını kullanmaktadır. JEC-37 standardı, IEC 34-2 standardını destekler niteliktedir. % 12'si de diğer standartları kullanmaktadır. Kanada CSA-390 standardı, IEEE 112-B

standardını desteklemektedir. Dünyada en fazla kullanılan iki tane temel standart bulunmakta, bunlar IEC 34-2 ve IEEE 112-B test standartlarıdır (Çizelge 3.1) (Bozkurt, 2006).

*Çizelge 3.1. JEC 37, IEEE 112-B ve IEC 34-2 test standartlarındaki verim değerleri (Anibal, 1997)*

Güç(HP)	JEC 37, Daire Diyagramı	IEC 34-2 Toplam Kayıplardan	IEEE 112, Metot B
5	88,8	88,3	86,2
10	89,7	89,2	86,9
20	91,9	91,4	90,4
75	93,1	92,7	90,0

### 3.6.1. Elektrik elektronik mühendisleri IEEE 112-B standardı

IEEE 112-B standardı, direk metot olarak adlandırılır. Bu metotta giriş gücü wattmetreyle ölçülür, çıkış gücü ise hız sensörü ve moment sensörü kullanılarak ölçülür (Anibal, 1997).

$$\text{Verim \%} = \frac{\text{Mekanik Çıkış Gücü}}{\text{Elektriksel Giriş Gücü}} \times 100 \quad (3.33)$$

$$\text{Mekanik Çıkış Gücü} = \text{Torque} \times \text{Açısal Hız} \quad (3.34)$$

Asenkron motorlarının verimini bulmak için 5 tane metot kullanılır, bunlar A, B, C, E ve F'dir.

**Metot A:** Küçük güçlerdeki motorlar için tercih edilir. Giriş ve çıkış gücü direk ölçülür ve verim hesaplanır.

**Metot B:** 180 kW kadar büyüklükteki motorlarda kullanılır. Kaçak yük kayıpları direkt metotla bulunur.

**Metot C:** Motor kaskat şeklinde bağlanır. Motor ve generatör çalışmasına göre iki motorun kayıplarının ayrılmasıyla toplam kaçak yük kayıpları bulunur.

**Metot E:** Motorun çıkış gücü ölçülür. Kaçak yük kayıpları belirli oranlarda alınır. Dolaylı test metoduna benzemektedir.

**Metot F:** Motorun eşdeğer devresi kullanılır. Kaçak yük kayıpları belirli oranlarda alınır ya da kaçak yük kayıpları ölçülür (Renier, 1999).

### 3.6.2. Uluslararası elektronik komisyonu IEC 34-2 standardı

IEC 34-2 standardı, dolaylı metot olarak adlandırılır. Bu metotta asenkron motorun giriş gücünden motora ait kayıplar çıkarılır ve çıkış gücü elde edilmiş olur. Çıkış gücünün giriş gücüne oranıyla verim bulunur. Motora ait kaçak yük kayıpları yaklaşık olarak tam yükteki giriş gücünün % 0,5'i bulunarak hesaplanır (Bozkurt, 2006).

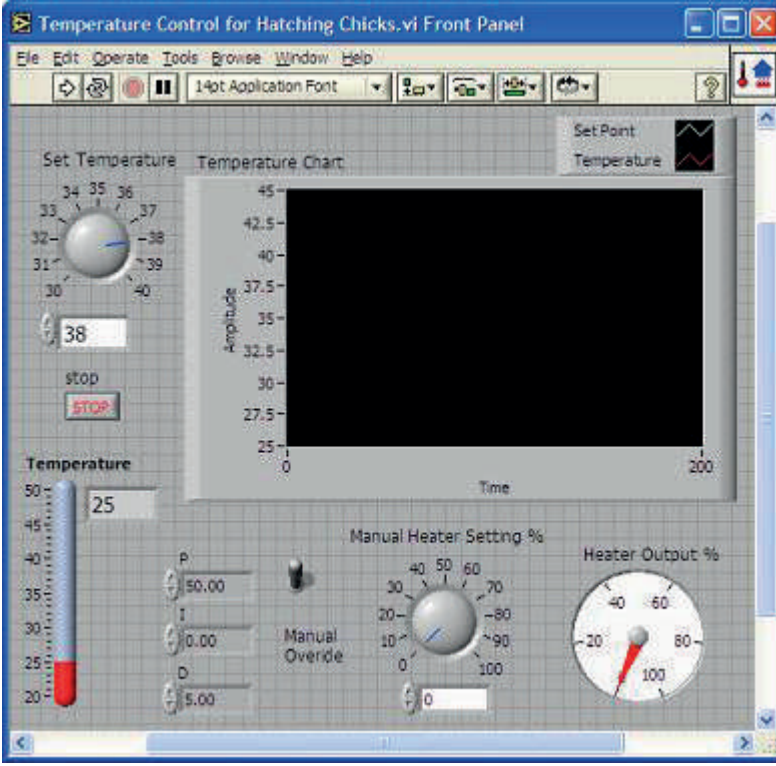
$$\text{Verim \%} = \frac{\text{Elektriksel Giriş Gücü} - \text{Kayıplar}}{\text{Elektriksel Giriş Gücü}} \times 100 \quad (3.35)$$

### 3.7. Labview

Labview programı, verileri okuma, yazma ve işleme, izlenmesinde kullanılan sanal enstrümanlardan oluşmaktadır. Labview programı geleneksel programla dillerine nazaran komut ve değişkenlerden oluşmamaktadır. İçeriğinde bulunan sanal otomasyon ve ölçme elemanlarını fonksiyon şeklinde birbirlerine bağlanması şeklinde kullanılır. Labview, üretkenliği arttırarak donanımsal alt yapılara harcanan paraları korumaktadır. Eklenen araç ve fonksiyonlar ile kullanıcıların kendine özgü çözüm geliştirmeleri için geniş yetkilendirme sunmaktadır. Ayrıca üretici firma olan National Instruments tarafından geliştirilen donanım kartı sayesinde sanal ortamda yapılan işlemler gerçek hayata hükmedilmektedir. Labview programı iki kısımdan oluşmaktadır. Bunlar Ön panel ve Blok diyagram (Ünsaşar, 2009).

#### 3.7.1. Labview ön panel

Ön panel Labview' in kullanıcı arayüzüdür (Şekil 3.9). Labview ön paneli kademeli anahtarlar, bas bırak butonlar, kadran, kumanda cihazları, göstergelerden oluşmaktadır. Kullanıcı bilgisayardaki giriş birimleri ile bilgileri girmekte ve sonuçları ekranda izlemektedir. Labview ön paneli, görünüş ve çalışma şekli ile laboratuvarlarda kullanılan osiloskop, sinyal jeneratörü gibi fiziksel enstrümanlara benzediği için sanal enstrüman (Virtual Instruments-VI) olarak adlandırılır (Turan, 2007).



Şekil 3.9. Labview ön panel

### 3.7.2. Labview blok diyagram

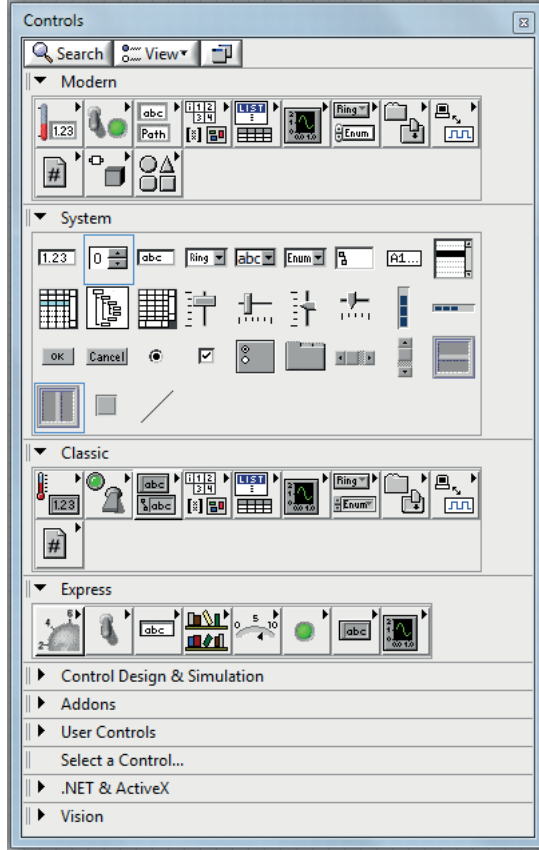
Labview ön panelinde enstrümanlar yerleştirildikten sonra, objeleri kontrol etmek için kod yazma kısmı, blok diyagram ile sağlanır. Blok diyagramda kod yazma işlemi metin tabanlı kodlar yerine ikon görünümündeki terminaller ve düğmeler kullanılmaktadır. Kullanılan terminal ve düğmeler bağlantı hatları birleştirilerek veri akışı sağlanmaktadır (Şekil 3.10).

Tez çalışmasında gerçekleştirilen deney düzeneği için, hazırlanan arayüz toplam 9 adet blok diyagramdan oluşmaktadır. Bunlar ana menü, etiket değerleri, doğru akım, boş çalışma ve kilitli rotor deneylerinin yapıldığı blok diyagram, parametre değerlerinin bulunması ve doğrulanması, performans, yüklenme analizi ve etiket değerlerini doğruya blok diyagramlarından oluşmaktadır. Ayrıca blok diyagrama ait bilgiler EK-B'de görülmektedir.



### 3.7.3.2. Labview kontrol paleti

Kontrol paleti ön paneli oluşturmak için kullanılan bas bırak butonlar, kadran, kumanda cihazları ve göstergeleri içermektedir (Şekil 3.12). Kontrol paleti sadece ön panelde erişilebilmektedir. Paletten bir nesne eklenmek istendiğinde sürükleyip bırakılması yeterlidir.

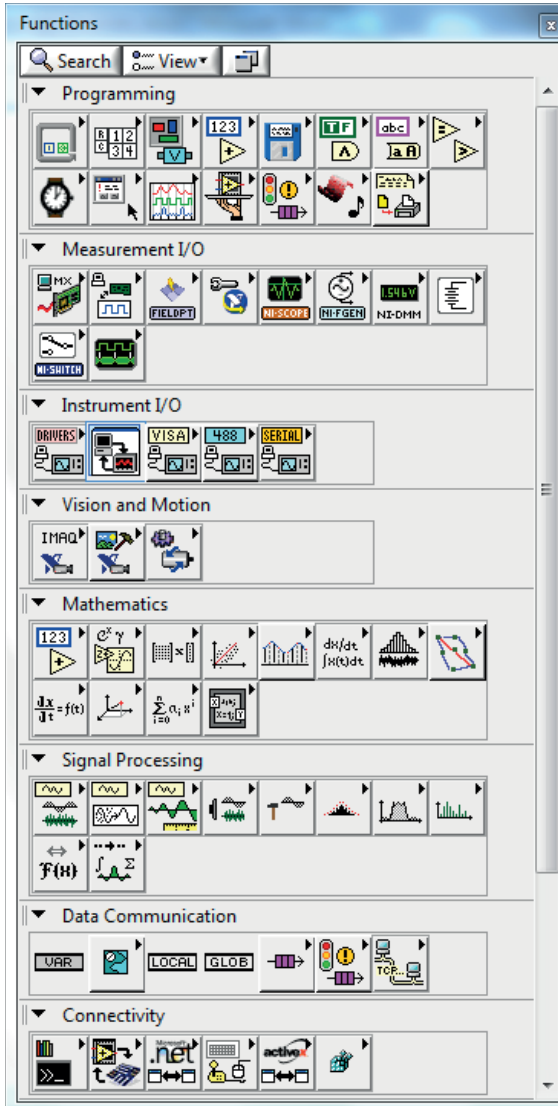


Şekil 3.12. Labview kontrol paleti

### 3.7.3.3. Labview fonksiyon paleti

Fonksiyon paletine sadece blok diyagramda erişim sağlanmaktadır (Şekil 3.13). Palette VI'ları oluştururken, gerekli olan döngü, karar ve mantıksal fonksiyonlar gibi operatörleri içermektedir.





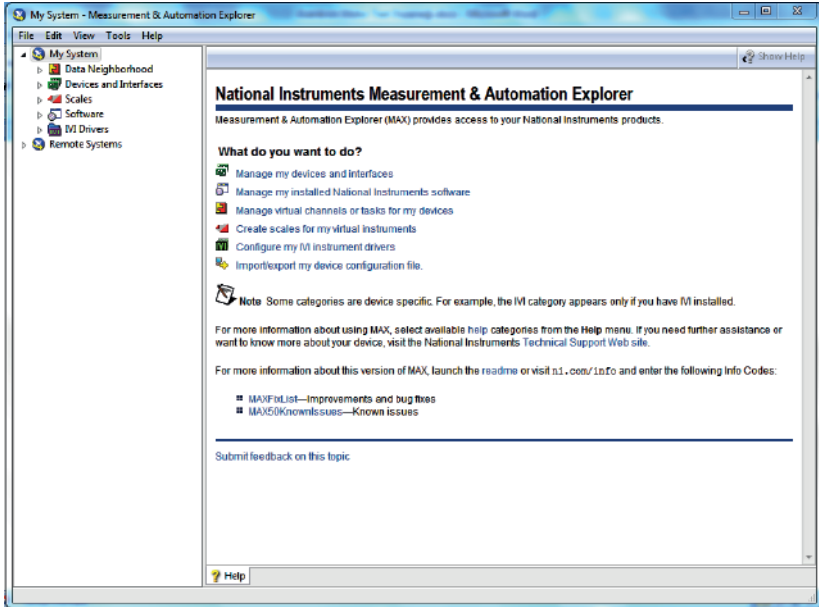
Şekil 3.13. Labview fonksiyon paleti

### 3.7.4. Labview'de veri toplama ve analiz yapma

Labview veri toplama ve analiz işlemini gerçekleştirmek için DAQ (data acquisition card - veri toplama kartı) kullanılmaktadır. DAQ kartlar bilgisayara USB ve PCI şeklinde bağlanmaktadır. DAQ kartları kullanılarak Labview programına gerilim, frekans, sıcaklık, ses gibi bilgiler okunabilir ve akım, gerilim, TTL sinyaller gönderilmektedir (Aydoğan, 2010).

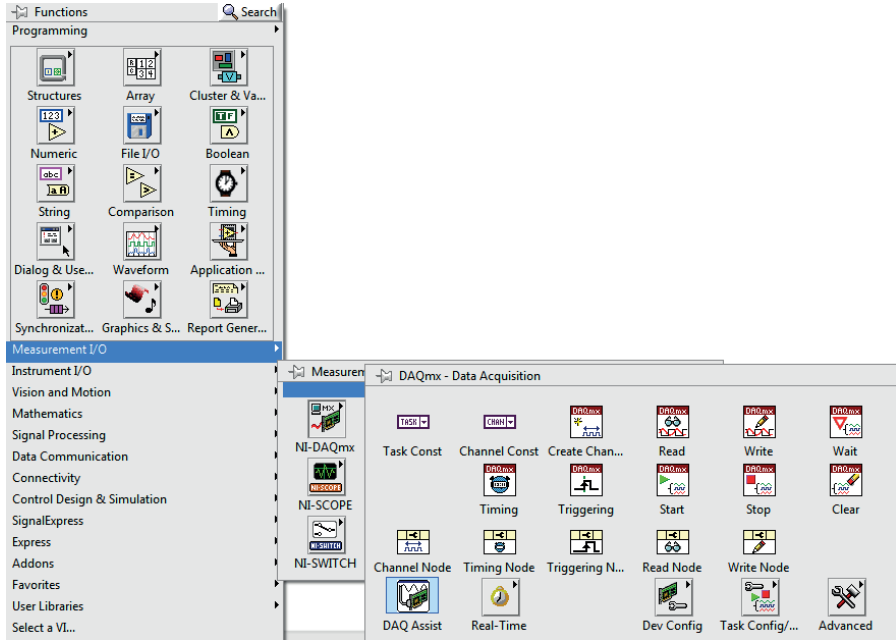
### 3.7.4.1. DAQ

Veri toplama işleminin gerçekleştirildiği fonksiyondur. Labview programında DAQ fonksiyonun etkin olabilmesi için bilgisayara bağlı bir DAQ kartı olmalıdır. DAQ kartı olmadan fonksiyonları çalıştırmak için Labview programı sanal bir kart olan DAQmx fonksiyonu eklenebilmektedir. Şekil 3.14'de Labview programında, "National Instrument Measurement and Automation" kısmından "Configuration" penceresinden "Create New" komutu ile sanal bir DAQ kart programa tanıtılmaktadır.



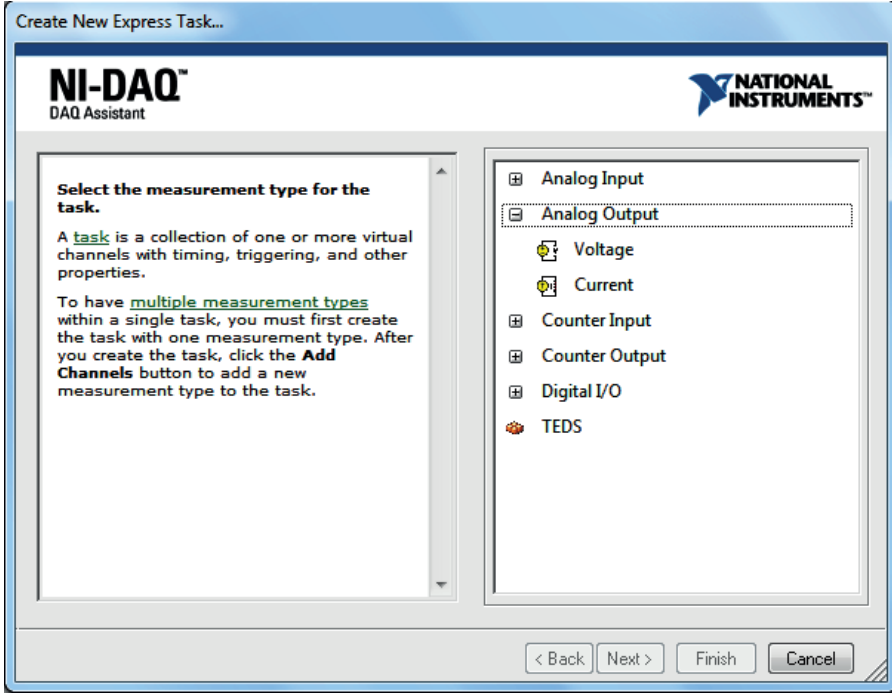
Şekil 3.14. Labview programına DAQ ekleme işlemi

Labview programına DAQ kartı tanıtım işlemi yapıldıktan sonra blok diyagram kısmında DAQ fonksiyonlarının bulunduğu pencere Şekil 3.15'de gösterilmektedir.



Şekil 3.15. Labview programında DAQ fonksiyonunun yeri

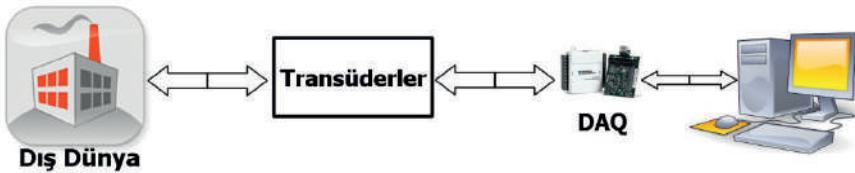
Blok diyagram kısmına DAQ Assist sürekle bırak yapılarak yerleştirilir. Blok diyagramı yerleştirilen DAQ fonksiyonu otomatik olarak Şekil 3.16'deki pencere açılır. Açılan pencerede DAQ kart ne tür bir sinyal üretecek veya ne tür bir sinyal alınacak karar verilir.



Şekil 3.16. DAQ kart sinyal seçimi

### 3.7.4.2. Veri toplama

Veri toplama, dış dünyadan alınan sinyallerin çeşitli işlemlerden geçirilerek analiz edilmesi ve diğer verilere kaynak olarak kullanılmasıdır. Transdüser, ölçmeye çalıştığımız fiziksel olayları elektrik sinyallerine dönüştürür. Transdüserler tarafından üretilen elektrik sinyalinin durumuna göre süzme, yalıtma, yükseltme ve doğrusallaştırma uygulanarak veri toplama kartına aktarılmalıdır. Şekil 3.17. de dış dünyadan alınan bilgi sinyallerinin, transdüserler yardımıyla DAQ kartın özelliklerine uygun veri toplama sistemi görülmektedir (Aydoğan, 2010).



Şekil 3.17. Veri toplama sistemi

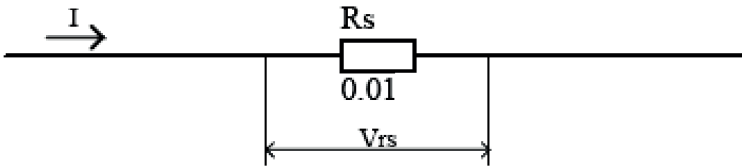
Labview programında sanal VPlar ile gerçek hayattaki sistemlere etki etmek için DAQ kartları kullanılır. DAQ kartlar, analog giriş sinyallerini okumak için Analog Dijital Dönüştürücü, analog sinyalleri meydana getirmek için Dijital Analog Dönüştürücü, dijital sinyalleri okumak ve yazmak gibi birçok özelliğe sahiptir. Gerilim verisi bilgisayarda DAQ kart tarafından okunur ve depolaması için bilgisayar hafızasına gönderilir.

Test, ölçüm ve otomasyon uygulamalarında tüm sinyallerin aynı anda toplanması (Eşzamanlı Veri Toplama – Simultaneous Data Acquisition) gerekirken, bazılarında sinyal kaynakları birbirinden çok farklı noktalara yayılmış olabilir (Dağıtılmış Veri Toplama Sistemi). Çok işlevli kartların (Multifunction Data Acquisition) kullanılmasını gerektiren pek çok uygulamada ise farklı tipte analog ve dijital sinyaller toplanırken, kontrol amaçlı çıkış sinyallerinin üretilmesi gerekmektedir (Kangal, 2008).

### 3.8. Sensörler

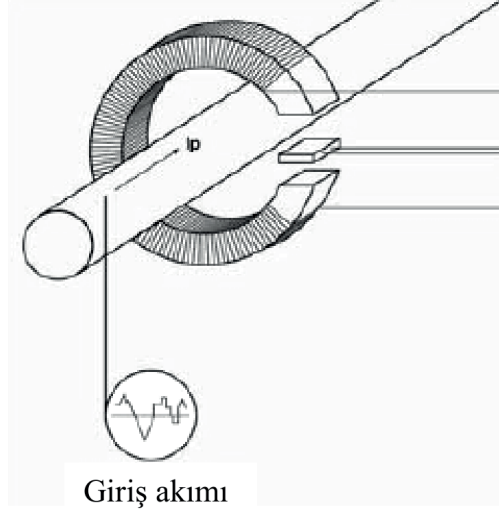
#### 3.8.1. Akım sensörü

Akım algılamak için temelde iki yöntem kullanılmaktadır. Bunlardan birincisi seri direnç kullanmaktır. Bu yöntemde omik değeri oldukça düşük olan bir direnç akım yolu üzerinde seri olarak eklenir eklenen direnç üzerine düşen gerilim, devreden geçen akımla orantılı olacaktır. Şekil 3.18’de görülen seri dirençten geçen I akımının 1A olduğunu varsayarsak direncin üzerinde düşen gerilim  $V_{RS} = 10\text{mV}$  olacaktır (Sunan, 2006).



Şekil 3.18. Seri direnç ile akım ölçümü

Akım ölçümünde kullanılan diğer bir yöntem ise akım geçtiği kablo üzerinde oluşturduğu manyetik alanın ölçülmesiyle elde edilir. Algılayıcının ortasından geçen akım, trodoidal nüvenin üzerinde sarılı olan bir bobinden ve bobinin üzerinde oluşan gerilimi koşullandıran devreden oluşmaktadır (Şekil 3.19).

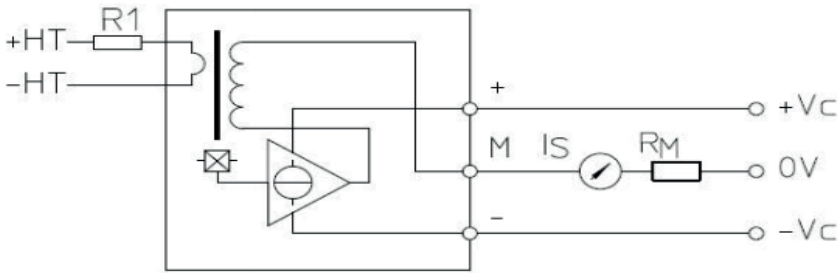


Şekil 3.19 Manyetik alan ölçümlü akım sensörü

Gerçekleştirilen test düzeneğinde çıkış akımlarının yüksek değer içermesinden dolayı seri direnç ile akım ölçme yöntemi yerine LEM sensörler tercih edilmiştir.

### 3.8.2. Gerilim sensörü

Test düzeneğinde alan etkisi prensibi ile çalışan ve hat ile izoleli çalışma prensibine sahip LEM firması tarafından üretilmiş olan LV 25-P gerilim sensörü kullanılmıştır. Sensör, manyetik alan etkisiyle aktif olmaktadır. Aynı zamanda %100'e yakın doğruluk oranı ve hızlı cevap verme özelliğindedir (Ateş, 2009). Kullanılan bu sensör, 10-500V aralığında gerilim ölçebilmektedir (Şekil 3.20).



Şekil 3.20 Alan etkili gerilim sensörü

### 3.8.3. Hız sensörü

Hız sensörü (enkoder) bağlı olduğu şaftın hareketine bağlı olarak sayısal değer üreten elektromekanik bir cihazdır. Hız sensörleri çıkış tiplerine göre ikiye ayrılırlar;

**Mutlak tip enkoderler:** Bu enkoderler, milin her pozisyonunda farklı sayılardaki bitlerden oluşan dijital bit dizileri şeklinde birbirine benzemeyen çıkışlar üreterek, gerçek pozisyonlarını tam olarak gösterirler. Enerjisi kesilse bile mevcut durumunu korur.

**Artımsal tip enkoderler:** Bu enkoderler, milin her pozisyonunda benzer çıkış sinyalleri (kare dalga) üretirler. Bu sinyaller hız ölçümü takometre ile birlikte ya da sayma işlemi için bir sayıcı ile birlikte kullanılırlar.

### 3.8.4. Tork sensörü

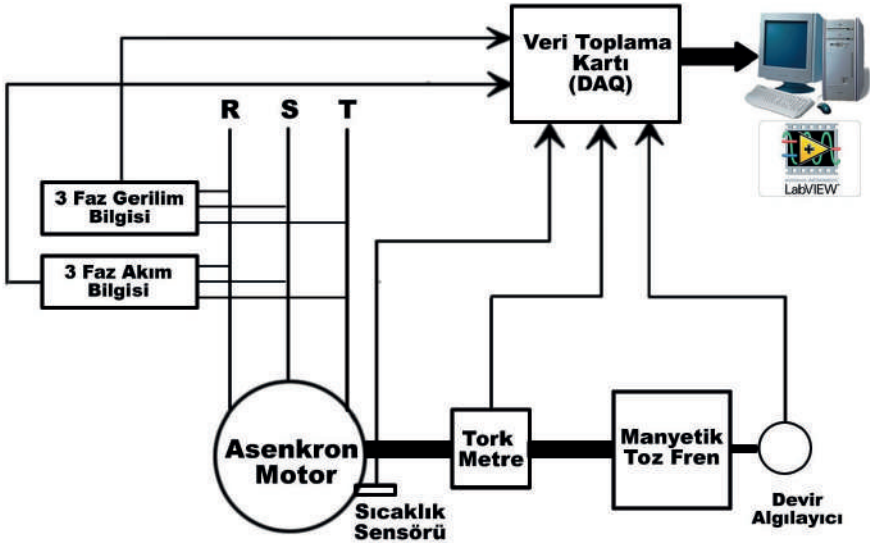
Tork sensörü aslen bir transdüser olup, uygulanan mekanik burulma kuvvetine bağlı olarak bir elektrik sinyali üretir. Tork sensörleri, tork transdüseri olarak da bilinir. Tork ölçen elemanlar genellikle güç üreten şaft ile gücü tüketen şaft arasına seri olarak bağlanırlar.

### 3.8.5. Isı sensörü

Isı değişimini ölçmemize yarayan cihazlara ısı veya sıcaklık sensörleri denilmektedir. Doğada bulunan birçok maddenin sıcaklıkla elektriksel direnci değişmektedir. Elektriksel direnci sıcaklık ile değişen malzemelere term (sıcaklık), rezistör (direnc), kelimeleri birleştirilerek termistör denilmektedir. Termistörler küçük sıcaklık değişimine karşı hassastırlar. Termistörler derece ve fiyatına bağlı olarak performansı değişmekte ve kullanıldıkça kararlılığı artmaktadır. Termistörlerin dezavantajlı ise, kırılğan yapısı, ölçebildiği sıcaklık aralığının dar olması ve 130°C sıcaklıklardan sonra çalışmaması.

## 4. Araştırma Bulguları ve Tartışma

Asenkron motorun elektriksel parametrelerinin belirlenmesi, etiket değerlerinin doğrulanması, performans analizinin yapılması, IEC 34-2 ve IEEE 122-B standardına göre verimin bulunması için kurulan düzeneğin blok diyagramı Şekil 4.1'de gösterilmektedir. Ayrıca test düzeneği ile ilgili resimler Ek-A'da görülmektedir. Blok diyagrama göre test düzeneğine bağlanan asenkron motorun 3 faz akım ve gerilim bilgisi, moment, hız ve sıcaklık değerleri ölçülmektedir. Veriler bilgisayara DAQ kartı ile alınmakta ve kullanılan örnekleme hızı 6 kHz'dir.



Şekil 4.1. Gerçekleştirilen asenkron motor test düzeneği blok diyagramı



#### 4.1. Gerçekleştirilen Sistemin Donanımı

Gerçekleştirilen sistemin donanım bölümü, akım sensörü, gerilim sensörü, sıcaklık sensörü, tork sensörü, devir algılayıcı, manyetik toz fren, veri toplama kartı ve asenkron motordan oluşmaktadır.

##### 4.1.1. LA 55-P akım sensörü

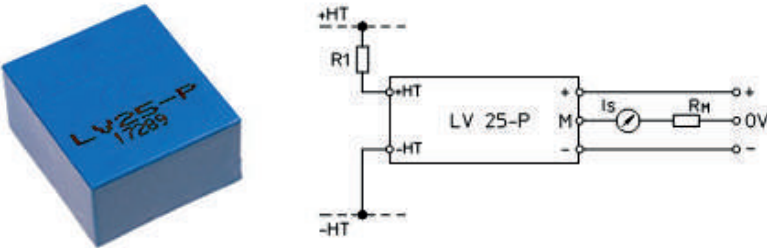
LEM firmasının üretmiş olduğu LA 55-P akım sensörü sayesinde motora ait 3 faz akım bilgisi alınmaktadır. Sensör 0-50A aralığındaki akımları ölçebilmekte (Şekil 4.2). Akım sensörü nüve içinden geçen akımı 1000 kat azaltmaktadır, bu değer yükselteç devresi sayesinde 21 kat yükseltilecek veri işleme kartına uygulanmaktadır.



Şekil 4.2. LA 55-P akım sensörü

##### 4.1.2. LV 25-P gerilim sensörü

LEM firması üretmiş olduğu LV 25-P gerilim dönüştürücü sayesinde motora ait 3 faz gerilim bilgisi alınmaktadır (Şekil 4.3). Gerilim sensörü 10-500V aralığındaki gerilimleri ölçebilmektedir. Sensör, manyetik alan etkisi ile aktif olmakta ve 2500:1000 oranında gerilimi düşürmektedir. Bu değer Labview'de yazılan program ile aynı oranda arttırılarak etkin değeri elde edilmiştir.



Şekil 4.3. LV 25-P gerilim sensörü

#### 4.1.3. Hız sensörü

Motor hız bilgisi ise Atek firmasının ürettiği ARS H 58 artımlı dönel enkoder ile alınmıştır (Şekil 4.4). Hız sensörü motor milinin her bir devrini tamamlamasında 1024 puls üretmekte ve sensör 6000 devire kadar ölçüm yapabilmektedir. Hız sensörünün üretmiş olduğu pulsler veri toplama kartının sayıcı girişine bağlanarak motorun hızı belirlenmektedir.



Şekil 4.4. Hız sensörü

#### 4.1.4. Tork sensörü

Test düzeneğinde tork ölçüm işlemi, güç üreten motor ile güç tüketen manyetik toz fren arasına seri olarak bağlanmakta. Tork metre 0-50Nm arasında ölçüm yapmakta ve 0-5V arasında lineer olarak çıkış vermektedir (Şekil 4.5).



Şekil 4.5. Tork sensörü



#### 4.1.7. Asenkron motor

Gerçekleştirilen test düzeneginde, çalışmaya esas alınan motorların etiket değerleri Çizelge 4.1, Çizelge 4.2 ve Çizelge 4.3’de verilmektedir.

*Çizelge 4.1. 2.2 kW Asenkron motorun teknik özellikleri*

Özellik	Değer
Güç	2200W
Gerilim	220/380V $\Delta$ /Y
Akım	9.3/5.4A $\Delta$ /Y
Frekans	50 Hz
Devir	940 d/d
Cos $\phi$	0.76

*Çizelge 4.2. 3 kW Asenkron motorun teknik özellikleri*

Özellik	Değer
Güç	3000W
Gerilim	220/380V $\Delta$ /Y
Akım	11.2/6.5A $\Delta$ /Y
Frekans	50 Hz
Devir	2870 d/d
Cos $\phi$	0.86

*Çizelge 4.3. 4 kW Asenkron motorun teknik özellikleri*

Özellik	Değer
Güç	4000W
Gerilim	380/660V $\Delta$ /Y
Akım	8.7/5A $\Delta$ /Y
Frekans	50 Hz
Devir	1440 d/d
Cos $\phi$	0.83

## 4.2. Gerçekleştirilen Sistemin Yazılımı

Asenkron motor test düzeneğinin yazılımı, National Instrument firmasına ait Labview grafiksel programlama dili kullanılarak gerçekleştirildi. Labview programı ile hazırlanan arayüzün giriş ekranı Şekil 4.8'de görülmektedir. Giriş ekranında bulunan etiket değeri, doğru akım deneyi, boş çalışma, kilitli rotor, parametreler, performans, yüklenme analizi ve etiket doğrulama menülerinden oluşmaktadır.



Şekil 4.8. Bilgisayar programının ana giriş sayfası

### 4.2.1. Etiket değeri giriş penceresi

Test düzeneğinde asenkron motorun etiket verilerinin doğrulanması ve performans analizinin yapılması için, motora ait etiket verileri “Etiket Değeri” isimli butona tıklayarak Şekil 4.9’daki pencere açılır. Test edilmesi istenilen motora ait veriler girilir.

Etiket Değerleri	
<b>Gerilim</b>	0 V
<b>Akım</b>	0 A
<b>Frekans</b>	0 Hz
<b>Cos</b>	0
<b>Kutup</b>	0
<b>Rotor Devri</b>	0 d/d
<b>Güç</b>	0 W

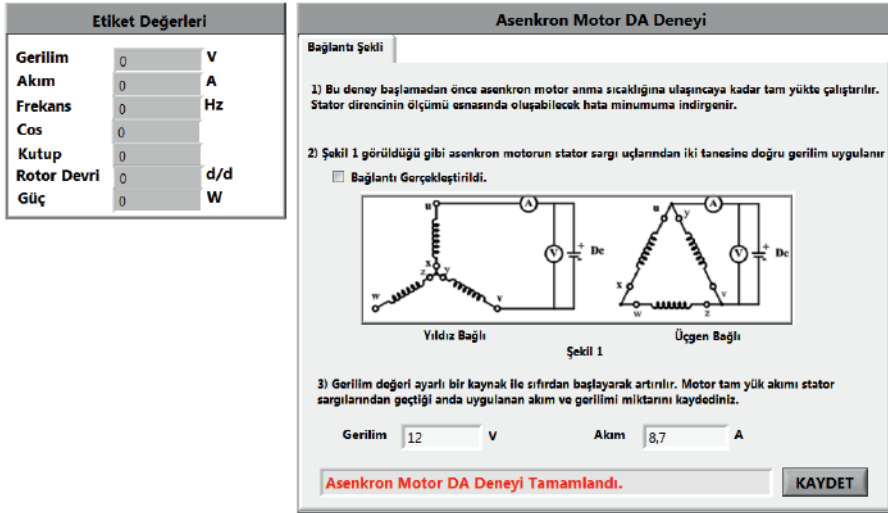
Şekil 4.9. Asenkron motor etiket değerleri giriş ekranı

#### 4.2.2. Asenkron motorun parametrelerinin belirlenmesi

Asenkron motorun eşdeğer devre parametrelerinin belirlenmesi için IEEE standart test prosedürüne uygun olarak doğru akım, boştta çalışma ve kilitli rotor deneyi gerçekleştirildi.

#### 4.2.3. Asenkron motor test düzeneğinde DA deneyi

Test düzeneğinde DA deneyi Labview' de yazılan program ile eş zamanlı olarak gerçekleştirilmektedir. Programın ana sayfasında bulunan (Şekil 4.8) "DA Deneyi" isimli butona tıklayarak Şekil 4.10'daki pencere ekrana gelir.



Şekil 4.10. DA deneyinin yapıldığı arayüz

Deneyin tamamlanması ve verilerin kaydedilmesi için işlemlerin sırasıyla yapılması gerekmektedir. DA deneyine ait işlemler tamamlanınca programda "Asenkron Motor DA Deneyi Tamamlandı." yazısı ekrana gelir ve kaydet butonuna basılınca deneye ait veriler, parametrelerin hesaplanması için kaydedilir.

#### 4.2.4. Asenkron motor test düzeneğinde boş çalışma deneyi

Programın ana sayfasında bulunan (Şekil 4.8) "Boştta Çalışma" isimli butona tıklayarak Şekil 4.11'deki pencere ekrana gelir. Şekil 4.11'de 1 penceresindeki değerler test edilecek motora ait etiket değerlerini içermektedir. Etiket değerleri menüsündeki değişiklikler eş zamanlı olarak boştta çalışma sayfasında da değişmektedir. Şekil 4.11'de 2. pencerede,

test düzeneginin çalışması ile birlikte motora ait verileri göstermektedir. Motor bağlantılarını gerçekleştirilmesi ve motorun anma gerilimine kadar yüksüz çalıştırılması işlemlerinin sırasıyla yapılması istenmektedir. Motora uygulanan gerilim arttıkça 2 ile gösterilen penceredeki gerilim, akım, hız ve güç değerleri değişmekte ve motor anma gerilimine ulaştığında, Şekil 4.11'de 3. pencerede, “**Motor Anma Gerilimine Ulaştı**” yazısı ekrana gelmektedir. Labview'de gerçekleştirilen yazılım motorun anma gerilimine ulaştığını, motorun etiketindeki anma gerilimi ile motora uygulanan gerilimi an ve an eşleştirerek kullanıcıya uyarı vermektedir. Boşta çalışma deneyi tamamlanınca program “**Asenkron Motor Boşta (Yüksüz) Çalışma Deneyi Tamamlandı.**” yazısı ekrana gelir ve kaydet butonuna basılınca deneye ait veriler, parametrelerin hesaplanması için kaydedilir.

Etiket Değerleri		
Gerilim	0	V
Akım	0	A
Frekans	0	Hz
Cos Fi	0	
Kutup	0	
Rotor Devri	0	d/d
Güç	0	W

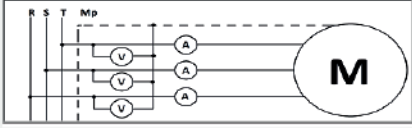
  

Test Düzenegine Ait Veriler		
Gerilim	0	V
Akım	0	A
Cos Fi	0	
Güç	0	W
Rotor Devri	0	d/d

**Asenkron Motor Boşta (Yüksüz) Çalışma Deneyi**

**Bağlantı Şekli**

1) Şekil 1 görüldüğü gibi asenkron motoru devreye bağlayınız.  
 Bağlantı Gerçekleştirildi.



Şekil 1

2) Asenkron motoru yüksüz olarak çalıştırınız.  
 Yüksüz Olarak Çalıştırıldı.

3) Asenkron motoru anma gerilim değerine kadar çalıştırınız.  
Motor Anma Gerilimine Ulaştı

Asenkron Motor Boşta (Yüksüz) Çalışma Deneyi Tamamlandı.

**KAYDET**

Şekil 4.11. Asenkron motor boşta (yüksüz) çalışma deneyinin yapıldığı arayüz

Çalışmaya esas alınan motorların boşta çalışma deney verileri Çizelge 4.4, Çizelge 4.5 ve Çizelge 4.6'da gösterilmektedir.

Çizelge 4.4. 2.2 kW Asenkron motora ait boş çalışma deney sonuçları

Gerilim (V)	Akım (A)	Giriş Gücü (W)	Hız (d/d)
360	2,90	260	986
380	3,25	290	990
400	3,60	325	990

Çizelge 4.5. 3 kW Asenkron motora ait boş çalışma deney sonuçları

Gerilim (V)	Akım (A)	Giriş Gücü (W)	Hız (d/d)
360	2,10	262	2956
380	2,56	286	2960
400	3,20	310	2966

Çizelge 4.6. 4 kW Asenkron motora ait boş çalışma deney sonuçları

Gerilim (V)	Akım (A)	Giriş Gücü (W)	Hız (d/d)
360	4,15	233	1476
380	4,80	284	1480
400	5,70	355	1480

#### 4.2.5. Asenkron motor test düzeneğinde kilitli rotor deneyi

Programın ana sayfasında bulunan (Şekil 4.8) “Kilitli Rotor” isimli butona tıklayarak Şekil 4.12’deki pencere ekrana gelir. Şekil 4.12’de 1. pencerede gösterilen değerler, test edilecek motora ait etiket değerlerini içermektedir. Etiket değerleri menüsündeki değişiklikler eş zamanlı olarak kilitli rotor sayfasında da değişmektedir. Şekil 4.12’de 2 ile gösterilen pencere, test düzeneğinin çalışması ile birlikte motora ait verilerin gösterildiği ekrandır. Şekil 4.12’de 3 ile gösterilen pencere motorun anma gerilime ve anma sıcaklığına kadar çalıştırılması istenmektedir. Motorun anma sıcaklığına kadar çalışması, kilitli rotor deneyinde ölçülecek değerlerin minimum hata ile ölçülmesi sağlanır. Anma gerilimine ulaşan asenkron motor durdurularak rotor kısmı özel bir mekanizmayla dönmeyecek şekilde sabitlenir. Şekil 4.12’deki 4 ile gösterilen kısım, sabitleme işleminin gerçekleştiğini gösteren kutu onaylanır. Varyak yardımı ile motora küçük adımlar halinde gerilim uygulanır. Uygulanan gerilim ve akım miktarı Şekil 4.12’deki 2. pencerede gösterilmektedir. Motora uygulanan akım, motorun etiketindeki anma akımına ulaşınca “**Motor Anma Akımına Ulaştı !!!**” şeklinde uyarı vermektedir. Asenkron motorun, kilitli rotor deneyi dikkat gerektiren bir deneydir. Motorun etiketindeki akımı değerinin üzerinde verilen akım motora zarar verebilmektedir. Programda bu durum göz önünde bulundurulur, motora uygulanan akım ile etiketteki anma akımı karşılaştırılmakta ve ulaştığında kullanıcıya uyarı verilmekte. Kilitli rotor arayüzündeki tüm işlemler tamamlandınca “**Asenkron Motor Kilitli Rotor Deneyi Tamamlandı.**” yazısı ekrana gelir ve kaydet butonuna basılınca deneye ait veriler, parametrelerin hesaplanması için kaydedilir.



Etiket Değerleri	
Gerilim	0 V
Akım	0 A
Frekans	0 Hz
Cos	0
Kutup	0
Rotor Devri	0 d/d
Güç	0 W

Test Düzeneğine Ait Veriler	
Gerilim	0 V
Akım	0 A
Cos Fi	0
Güç	0 W
Rotor Devri	0 d/d

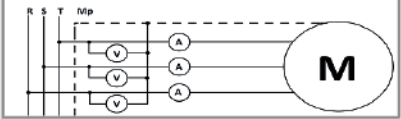
  

**Asenkron Motor Kilitli Rotor Deneyi**

Bağlantı Şekli

1) Şekil 1 görüldüğü gibi asenkron motoru devreye bağlayınız.

Bağlantı Gerçekleştirildi.



Şekil 1

2) Asenkron motoru anma gerilim değerine kadar çalıştırınız.

3) Asenkron motoru durdurunuz ve rotorunu mekanizma ile sabitleştirerek dönmemesini sağlayınız.

Sabitleştirildi (Rotor Dönmüyor).

4) Varyayk yardımı ile motora küçük bir gerilim veriniz. Bu gerilimi motor normal akımı çekinceye kadar arttırınız.

Motor Anma Akımına Ulaştı !!!

Asenkron Motor Kilitli Rotor Deneyi Tamamlandı.

**KAYDET**

Şekil 4.12. Asenkron motor kilitli rotor deneyinin yapıldığı arayüz

Çalışmaya esas alınan motorların kilitli rotor verileri Çizelge 4.7, Çizelge 4.8 ve Çizelge 4.9'da gösterilmektedir.

Çizelge 4.7. 2.2 kW Asenkron motora ait kilitli rotor deney sonuçları

Gerilim (V)	Akım (A)	Giriş Gücü (W)	Hız (d/d)
64	5,51	420	0
70	5,54	505	0
82	6,12	665	0

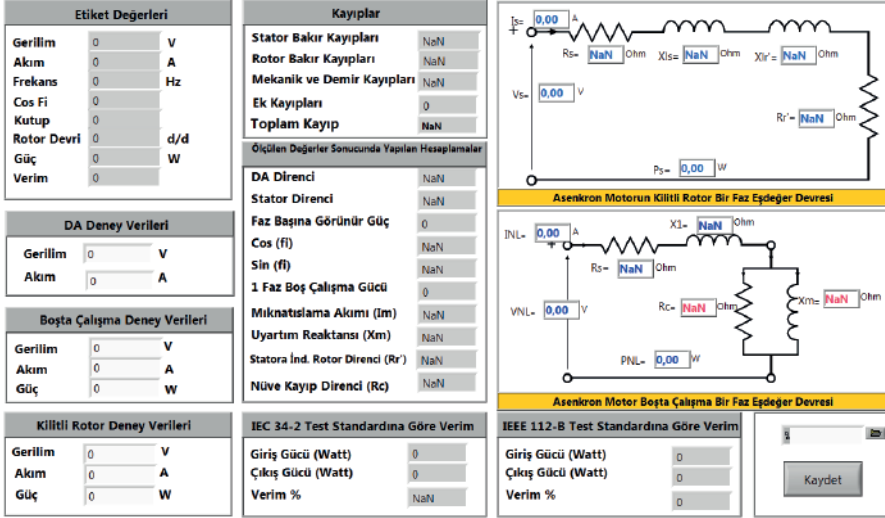
Çizelge 4.8. 3 kW Asenkron motora ait kilitli rotor deney sonuçları

Gerilim (V)	Akım (A)	Giriş Gücü (W)	Hız (d/d)
53	5,51	338	0
63	6,54	490	0
70	7,56	652	0

Çizelge 4.9. 4 kW Asenkron motora ait kilitli rotor deney sonuçları

Gerilim (V)	Akım (A)	Giriş Gücü (W)	Hız (d/d)
68	7,33	501,24	0
52	8,76	602	0
82	8,92	812,39	0

Asenkron motora ait doğru akım, boşa çalışma ve kilitli rotor deneylerinden sonra programın ana sayfasında bulunan (Şekil 4.8) “Parametreler” isimli butona tıklayarak Şekil 4.13’deki pencere ekrana gelir.



Şekil 4.13. Eşdeğer devre parametrelerinin hesaplandığı arayüz

Şekil 4.13’deki 1 ile gösterilen pencere, parametre değerleri bulunacak olan motorun etiket verilerini içermektedir. 2 ile gösterilen pencere, boşa çalışma, kilitli rotor ve DA deneyleri yapıp kaydedilen motora ait değerleri içermektedir. 3,4,5 ile gösterilen pencere, asenkron motorun eşdeğer devre parametrelerini göstermektedir. Test düzeneğinde her bir motor için ayrı ayrı çalıştırıldı ve motora ait deney verileri Çizelge 4.10, Çizelge 4.11 ve Çizelge 4.12’de, eşdeğer devre parametreleri ise Çizelge 4.13, Çizelge 4.14 ve Çizelge 4.15’de gösterilmektedir.

Çizelge 4.10. 2.2 kW Asenkron motorun boş çalışma, kilit rotor ve DA deney verileri

	Boş Çalışma	Kilitli Rotor	Sargı Direnci
Giriş Gücü (W)	290	505	$R_s$ 2,76 $\Omega$
Akım (A)	3,25	5,54	$R_d$ 2,49 $\Omega$
Gerilim (V)	380	70	

*Çizelge 4.11. 3 kW Asenkron motorun boş çalışma, kilit rotor ve DA deney verileri*

	Boş Çalışma	Kilitli Rotor	Sargı Direnci
Giriş Gücü(W)	286	490	Rs 1,80 $\Omega$
Akım (A)	2,56	6,54	Rd 1,62 $\Omega$
Gerilim (V)	380	64	

*Çizelge 4.12. 4 kW Asenkron motorun boş çalışma, kilit rotor ve DA deney verileri*

	Boş Çalışma	Kilitli Rotor	DA Deneyi
Giriş Gücü (W)	284	602	Rs 3,72 $\Omega$
Akım (A)	4,80	8,76	Rd 3,35 $\Omega$
Gerilim (V)	380	52	

*Çizelge 4.13. 2.2kW motora ait parametre değerleri*

Parametre	Test Düzenleğinden Ölçülen Değerler
Stator direnci ( $\Omega$ )	2,76
Statora indirgenmiş rotor direnci ( $\Omega$ )	2,72
Statora indirgenmiş demir kayıp direnci ( $\Omega$ )	476,51
Statora indirgenmiş mıknatıslanma reaktansı ( $\Omega$ )	65,21
Stator kaçak reaktansı ( $\Omega$ )	2,4
Statora indirgenmiş rotor kaçak reaktansı ( $\Omega$ )	2,4

*Çizelge 4.14. 3kW motora ait parametre değerleri*

Parametre	Test Düzenleğinden Ölçülen Değerler	Fabrikadan Alınan Değerler	Hata Oranı (%)
Stator direnci ( $\Omega$ )	1,80	1,86	3,22
Statora indirgenmiş rotor direnci ( $\Omega$ )	2,02	2,1	3,80
Statora indirgenmiş demir kayıp direnci ( $\Omega$ )	557	540	3,14
Statora indirgenmiş mıknatıslanma reaktansı ( $\Omega$ )	86,96	80	8,7
Stator kaçak reaktansı ( $\Omega$ )	2,08	2,05	1,46
Statora indirgenmiş rotor kaçak reaktansı ( $\Omega$ )	2,08	2,05	1,46

Çizelge 4.15. 4kW motora ait parametre değerleri

Parametre	Test Düzeneginden Ölçülen Değerler	Fabrikadan Alınan Değerler	Hata Oranı (%)
Stator direnci ( $\Omega$ )	3,72	3,8	2,11
Statora indirgenmiş rotor direnci ( $\Omega$ )	4,12	4,2	1,90
Statora indirgenmiş demir kayıp direnci ( $\Omega$ )	1486	1604	7,36
Statora indirgenmiş mıknatıslanma reaktansı ( $\Omega$ )	134	128	4,69
Stator kaçak reaktansı ( $\Omega$ )	3,32	3,23	2,79
Statora indirgenmiş rotor kaçak reaktansı ( $\Omega$ )	3,32	3,23	2,79

#### 4.2.6. Asenkron motorun kayıp ve veriminin belirlenmesi

Şekil 4.13'de 6. pencere asenkron motorun boş çalışma, kilitli rotor ve DA deneylerinden motora ait stator bakır kayıpları, rotor bakır kayıpları, mekanik ve demir kayıpları hesaplanmaktadır. 7. pencere motorun IEC 34-2 standardına göre verimi hesaplanmakta. 8. pencere ise motorun IEEE 112-B standardına göre verimi hesaplanmaktadır. 9. pencere motora ait tüm değerleri Excel formatında kaydetme ve aynı zamanda daha önceden kayıtlı bir projeyi açma imkânı sunmaktadır. Çalışmaya esas alınan motorlar için kayıp ve verimler Çizelge 4.16, Çizelge 4.17 ve Çizelge 4.18'de görülmektedir.

Çizelge 4.16. 2.2 kW Motora ait toplam kayıp ve verim

Giriş Gücü (W)	2701
Çıkış Gücü (W)	2134
Tork Metre İle Ölçülen Mil Gücü (W)	2067
<b>Toplam Kayıp (W)</b>	<b>567</b>
Stator Bakır Kayıpları (W)	241,44
Rotor Bakır Kayıpları (W)	262,56
Demir ve Mekanik Kayıpları (W)	48,55
Ek Yük Kayıpları (W)	13,50
<b>IEC 34-2 Standardı Verim (Yüzde)</b>	<b>79</b>
<b>IEEE 112-B Standardı Verim (Yüzde)</b>	<b>76,5</b>

Çizelge 4.17. 3 kW Motora ait toplam kayıp ve verim

Giriş Gücü (W)	3679
Çıkış Gücü (W)	3129
Tork Metre İle Ölçülen Mil Gücü (W)	3006,73
Toplam Kayıp(W)	550,52
Stator Bakır Kayıpları (W)	228,15
Rotor Bakır Kayıpları (W)	262,13
Demir ve Mekanik Kayıpları (W)	41,85
Ek Yük Kayıpları (W)	18,39
IEC 34-2 Standardı Verim (Yüzde)	85
IEEE 112-B Standardı Verim (Yüzde)	82

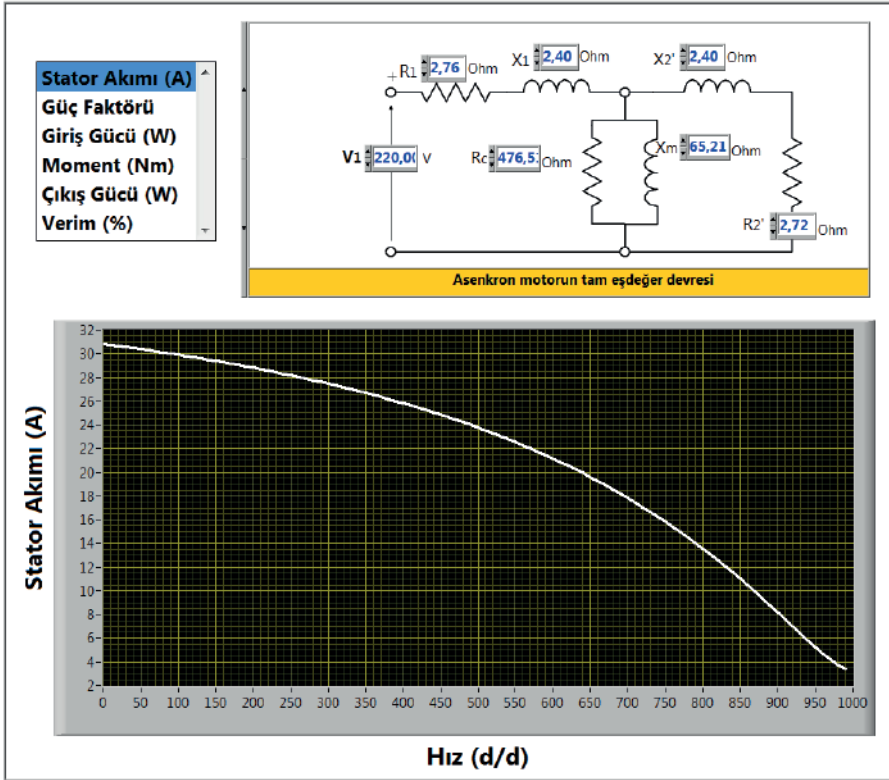
Çizelge 4.18. 4 kW Motora ait toplam kayıp ve verim

Giriş Gücü (W)	4725
Çıkış Gücü (W)	4084
Tork Metre İle Ölçülen Mil Gücü (W)	3920
Toplam Kayıp (W)	668
Stator Bakır Kayıpları (W)	241,44
Rotor Bakır Kayıpları (W)	360,56
Demir ve Mekanik Kayıpları (W)	42,55
Ek Yük Kayıpları (W)	23,76
IEC 34-2 Standardı Verim (Yüzde)	86
IEEE 112-B Standardı Verim (Yüzde)	82,5

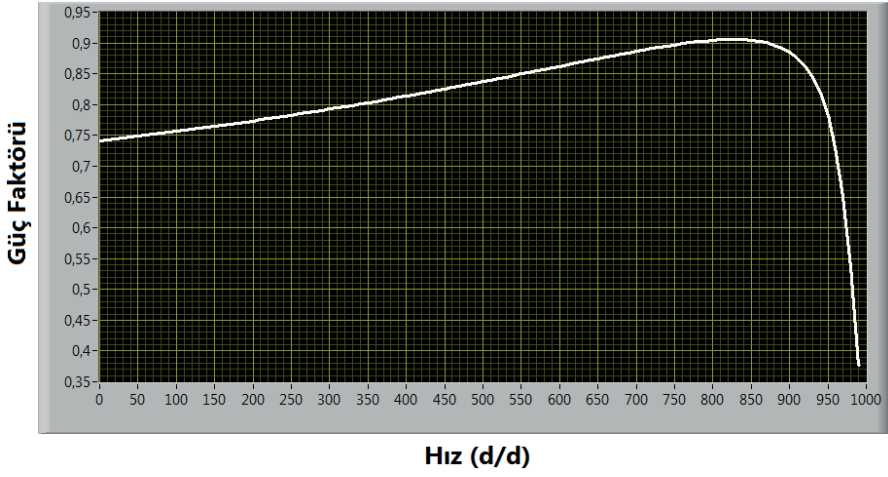
#### 4.2.7. Asenkron motor performans analizi

Asenkron motorun performansını belirleyen en önemli parametreler moment, akım, güç faktörü, çıkış gücü ve verim değeridir. Bu parametrelerin iyileştirilmesi motorun performansını önemli oranda artıracaktır. Programın ana sayfasında bulunan (Şekil 4.8) “Performans” isimli butona tıklayarak Şekil 4.14’deki pencere ekrana gelir. Asenkron motorun tam eşdeğer devre modelinden faydalanarak motorun performans karakteristikleri incelenmiştir (Şekil 4.14). Test düzeneğinde motora uygulanan gerilim ( $V$ ), stator ve rotor ait direnç ( $R_1, R_2'$ ), kaçak reaktanlar ( $X_1, X_2'$ ), mıknatıslanma reaktansı ( $X_m$ ) ve nüve kayıp direnci ( $R_c$ ) değerleri hesaplandıktan sonra, motora ait stator akımı, güç faktörü, giriş ve çıkış gücü, verim ve moment

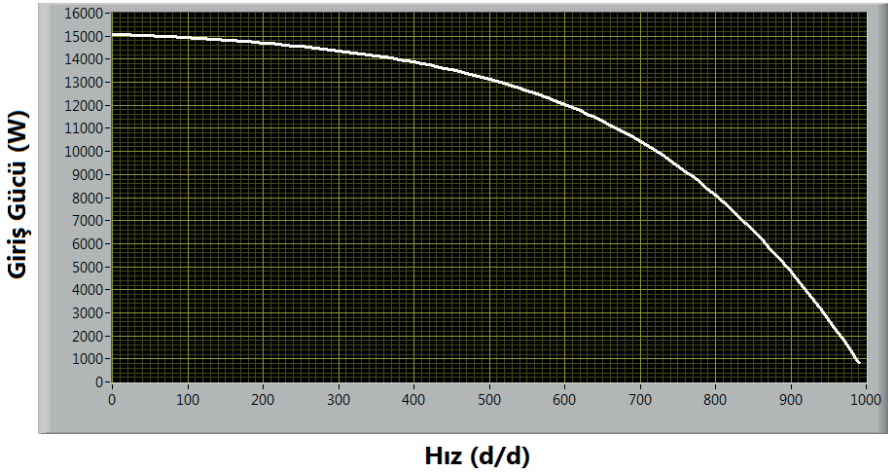
grafikleri çizilmektedir. 2.2 kW motorun; Şekil 4.14'de Stator Akım-Hız grafiği görülmektedir. Grafiğe göre, motor hızının sıfır olduğu durum yani kilitli rotor ve boş çalışma durumlarında motorun çekmiş olduğu akım miktarı görülmektedir. Şekil 4.15'de Güç Faktörü-Hız grafiğinin gösterildiği arayüz. Şekil 4.16'da Giriş Gücü-Hız grafiği, motorun boş çalışma ve kilitli rotor durumlarında çekmiş olduğu güç miktarını göstermektedir. Şekil 4.17'de Çıkış Gücü-Hız grafiği, motora uygulanan güç sonucunda kayıplar çıkarıldıktan sonra milden alınan güç miktarının hıza göre değişimi görülmektedir. Şekil 4.18'de Verim-Hız grafiği, motorun maksimum verim elde edildiği değer görülmektedir. Şekil 4.19'da Moment-Hız grafiği, motor hızının sıfır olduğu yani başlangıç durumunda, kalkınabilmesi için üretmiş olduğu torku ve kullanıcının motora ne kadarlık yük yükleyebileceğini görmektedir.



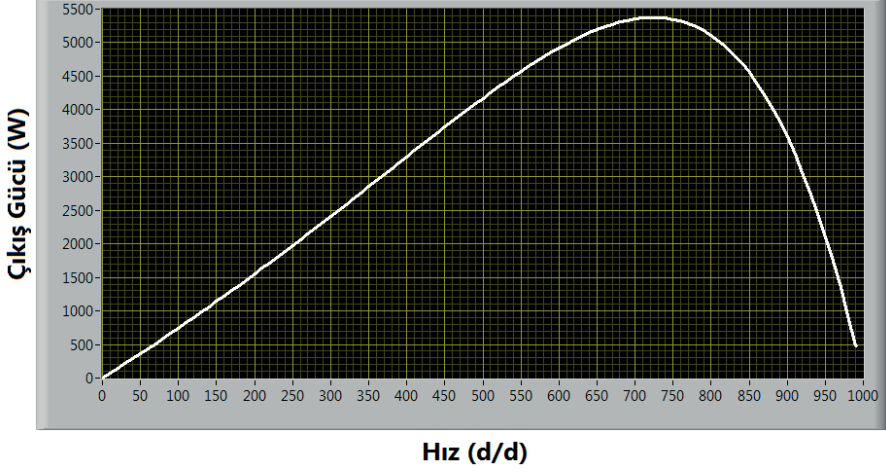
Şekil 4.14. 2.2 kW asenkron motorun tam eşdeğer devresi ve Stator Akım-Hız grafiği



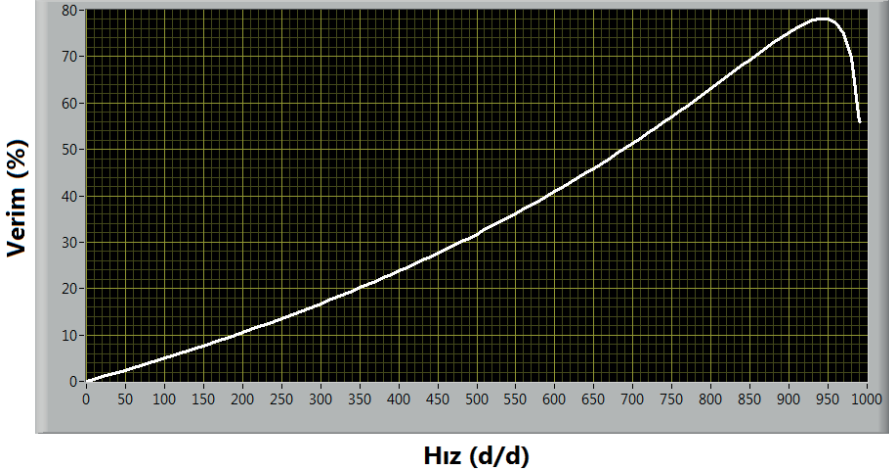
Şekil 4.15. 2.2 kW asenkron motorun Güç Faktörü - Hız grafiği



Şekil 4.16. 2.2 kW asenkron motorun Giriş Gücü - Hız grafiği

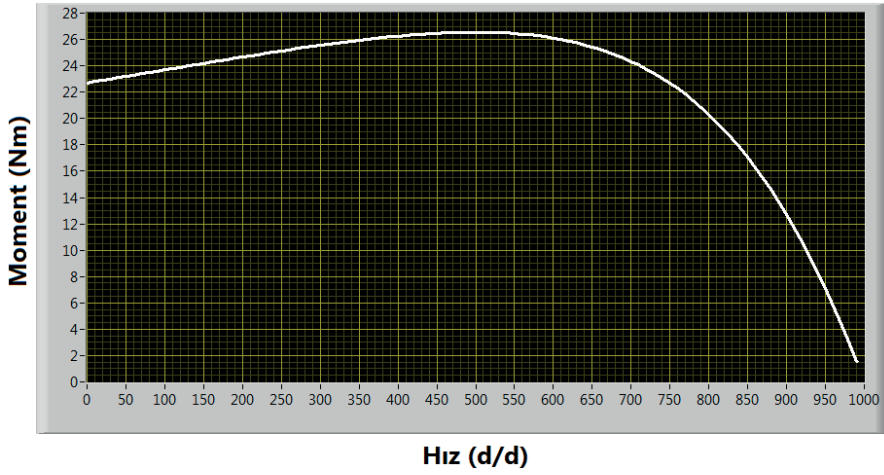


Şekil 4.17. 2.2 kW asenkron motorun Çıkış Gücü – Hız grafiği



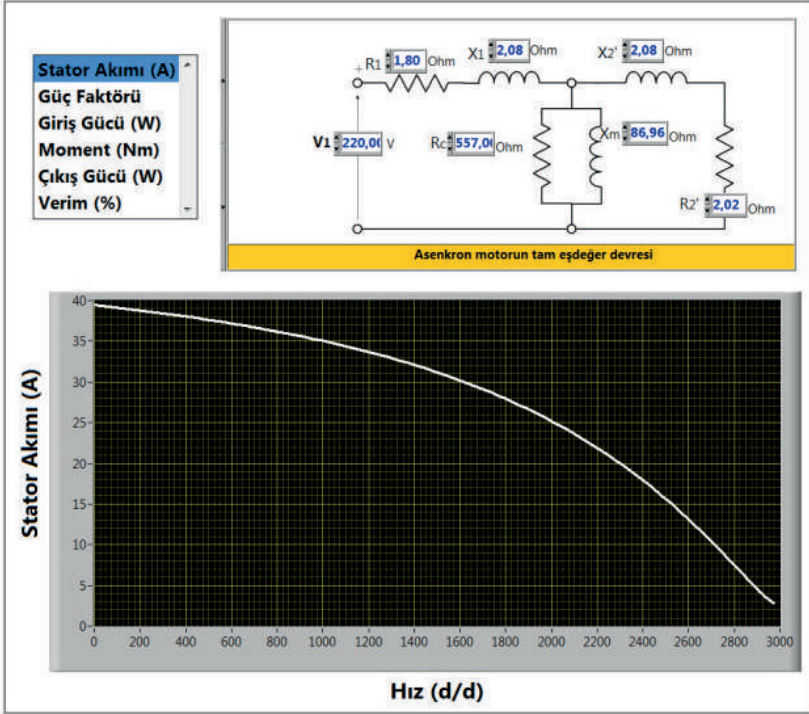
Şekil 4.18. 2.2 kW asenkron motorun Verim – Hız grafiği



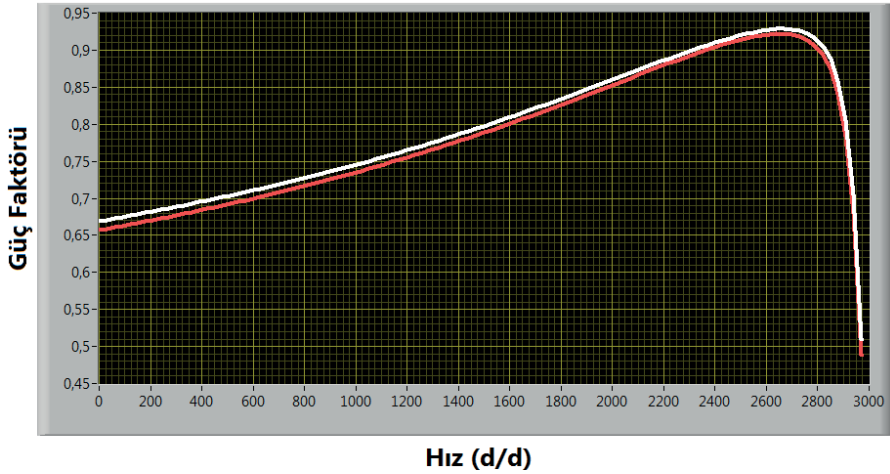


Şekil 4.19. 2.2 kW asenkron motorun Moment - Hız grafiği

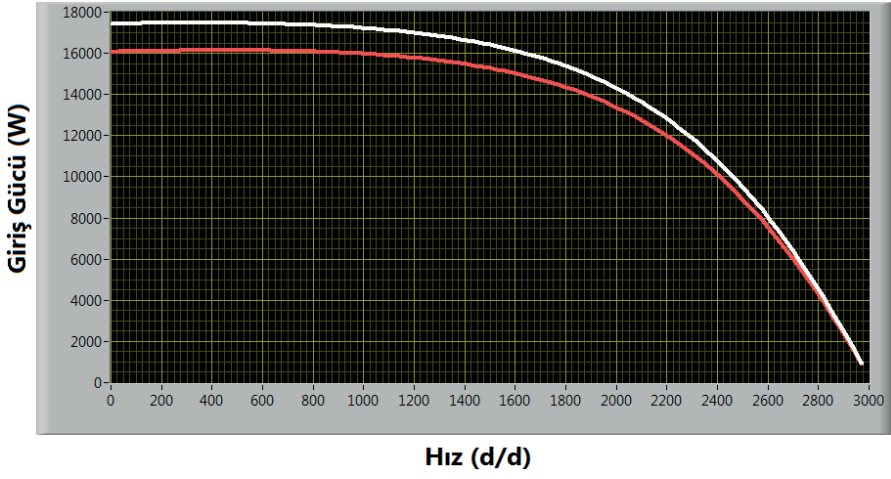
3 kW motora ait fabrikadan alınan ve test düzenekinden elde edilen eşdeğer devre parametrelerine göre; Şekil 4.20'de Stator Akım-Hız grafiği gösterildiği arayüz, Şekil 4.21'de Güç Faktörü-Hız grafiğinin gösterildiği arayüz, Şekil 4.22'de Giriş Gücü-Hız grafiğinin gösterildiği arayüz, Şekil 4.23'de Çıkış Gücü-Hız grafiğinin gösterildiği arayüz, Şekil 4.24'de Verim-Hız grafiğinin gösterildiği arayüz, Şekil 4.25'de Moment-Hız grafiğinin gösterildiği arayüz verilmiştir.



Şekil 4.20. 3 kW asenkron motorun tam eşdeğer devresi ve Stator Akım - Hız grafiği



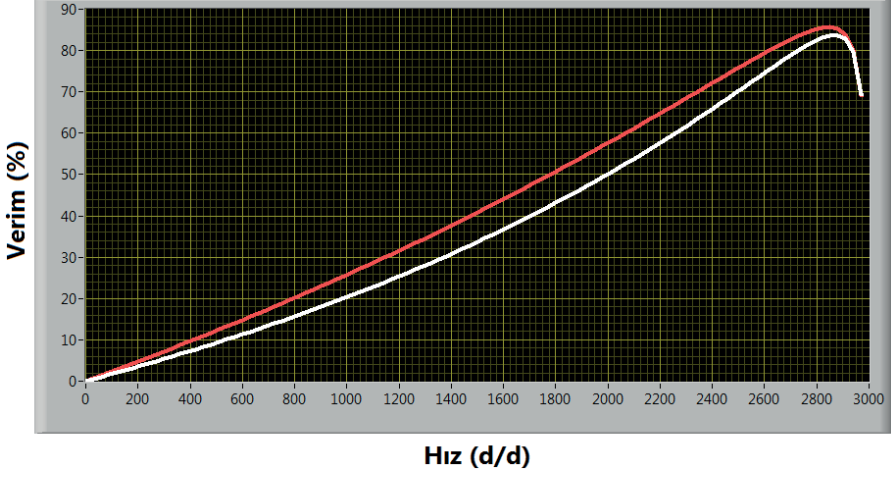
Şekil 4.21. 3 kW asenkron motorun Güç Faktörü - Hız grafiği



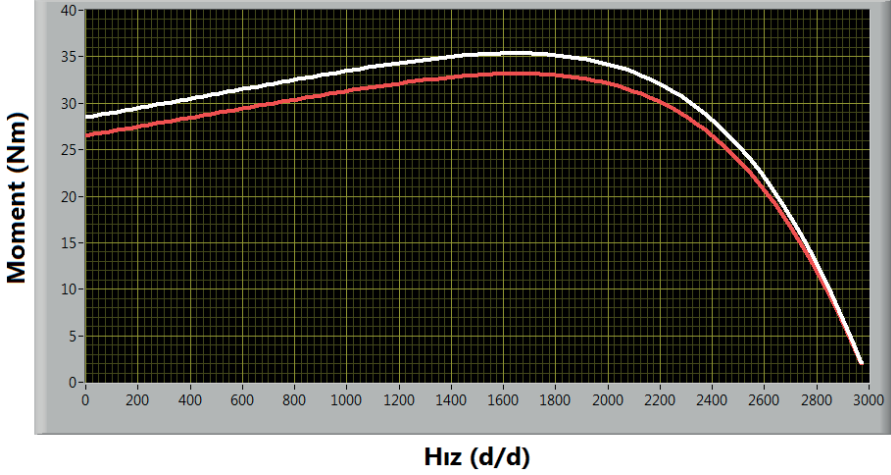
Şekil 4.22. 3 kW asenkron motorun Giriş Gücü - Hız grafiği



Şekil 4.23. 3 kW asenkron motorun Çıkış Gücü - Hız grafiği

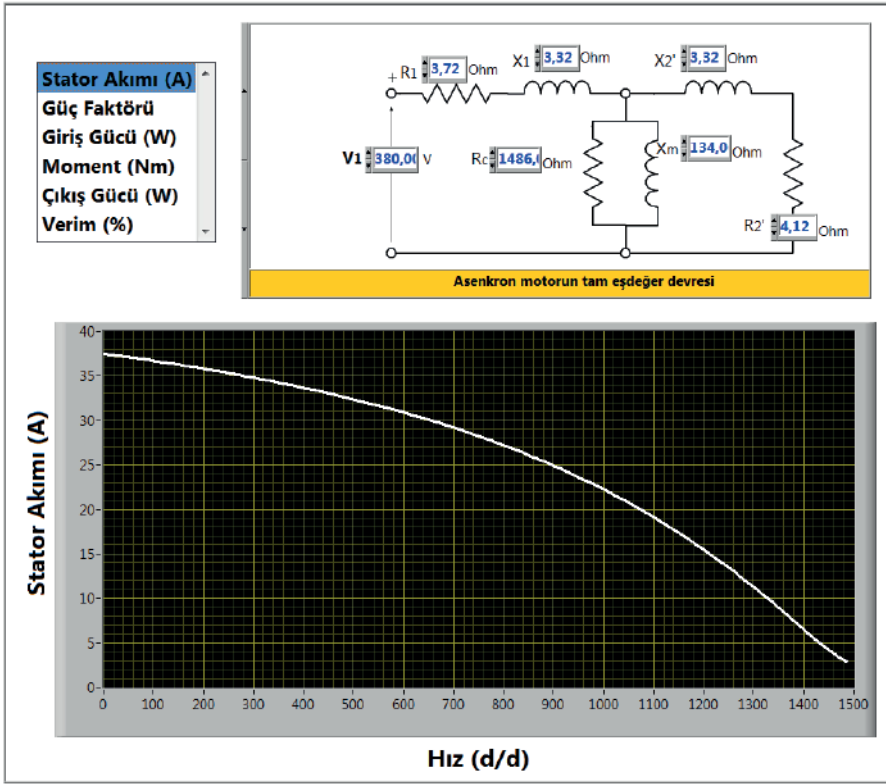


Şekil 4.24. 3 kW asenkron motorun Verim - Hız grafiği

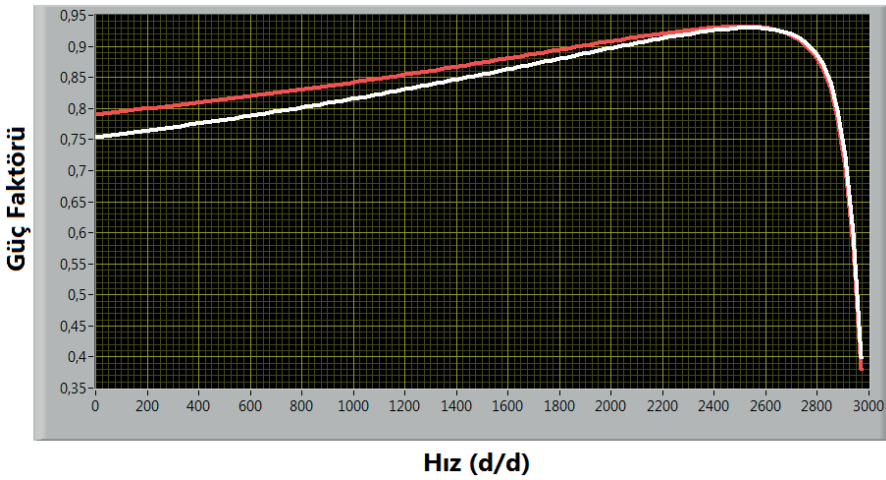


Şekil 4.25. 3 kW asenkron motorun Moment - Hız grafiği

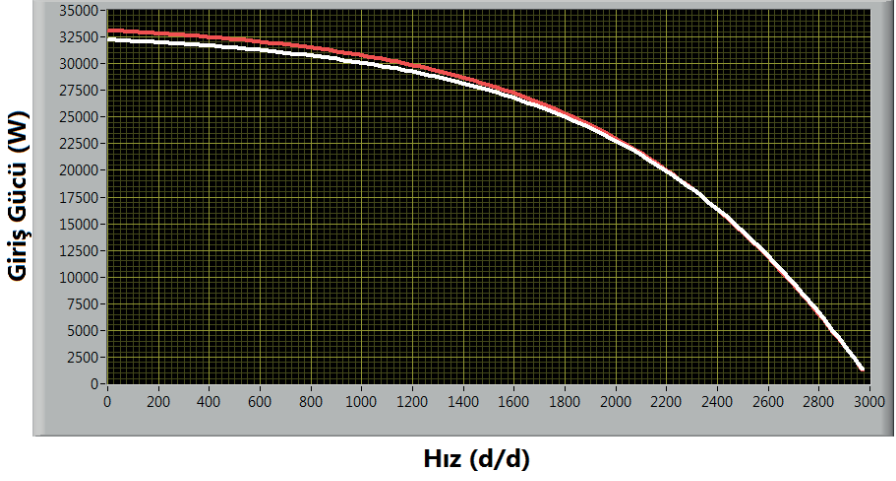
4 kW motora ait fabrikadan alınan ve test düzeneğinden elde edilen eşdeğer devre parametrelerine göre; Şekil 4.26'da Stator Akımı-Hız grafiği gösterildiği arayüz, Şekil 4.27'de Güç Faktörü-Hız grafiğinin gösterildiği arayüz, Şekil 4.28'de Giriş Gücü-Hız grafiğinin gösterildiği arayüz, Şekil 4.29'da Çıkış Gücü-Hız grafiğinin gösterildiği arayüz, Şekil 4.30'da Verim-Hız grafiğinin gösterildiği arayüz, Şekil 4.31'de Moment-Hız grafiğinin gösterildiği arayüz verilmiştir.



Şekil 4.26. 4 kW asenkron motorun tam eşdeğer devresi ve Stator Akım – Hız grafiği



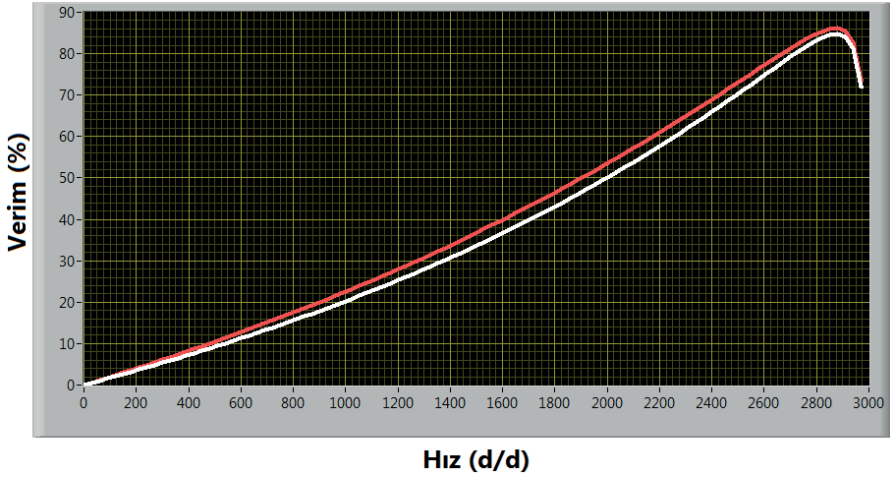
Şekil 4.27. 4 kW asenkron motorun Güç Faktörü – Hız grafiği



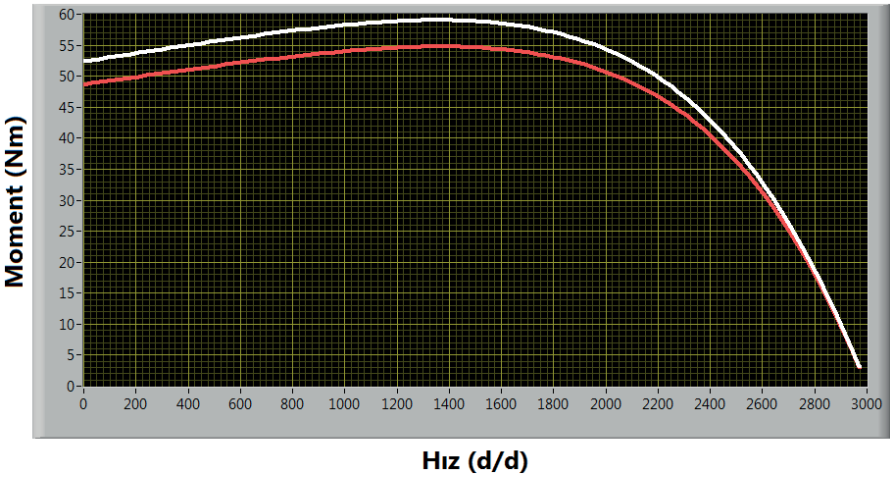
Şekil 4.28. 4 kW asenkron motorun Giriş Gücü - Hız grafiği



Şekil 4.29. 4 kW asenkron motorun Çıkış Gücü - Hız grafiği



Şekil 4.30. 4 kW asenkron motorun Verim - Hız grafiği



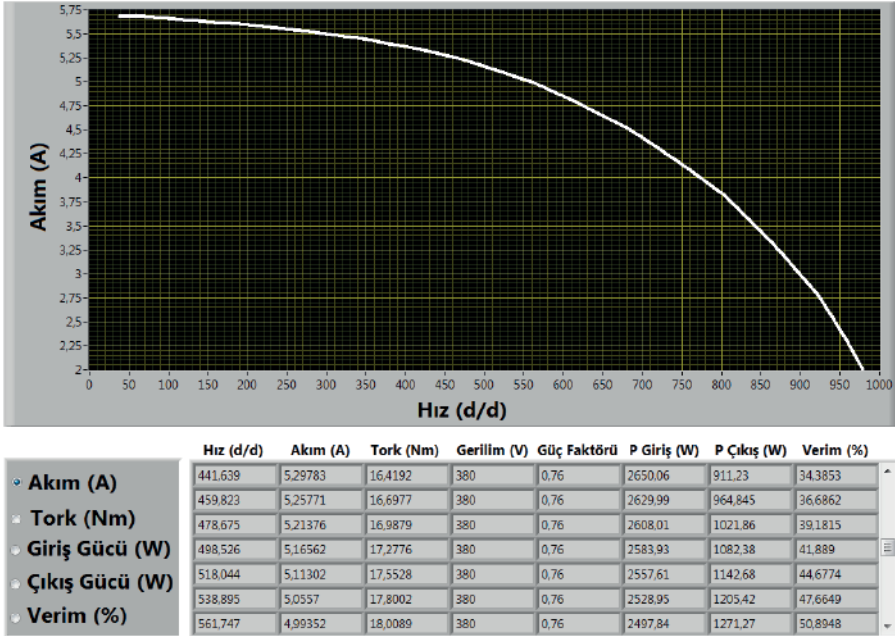
Şekil 4.31. 4 kW asenkron motorun Moment - Hız grafiği

#### 4.2.8. Asenkron motor yüklenme analizi

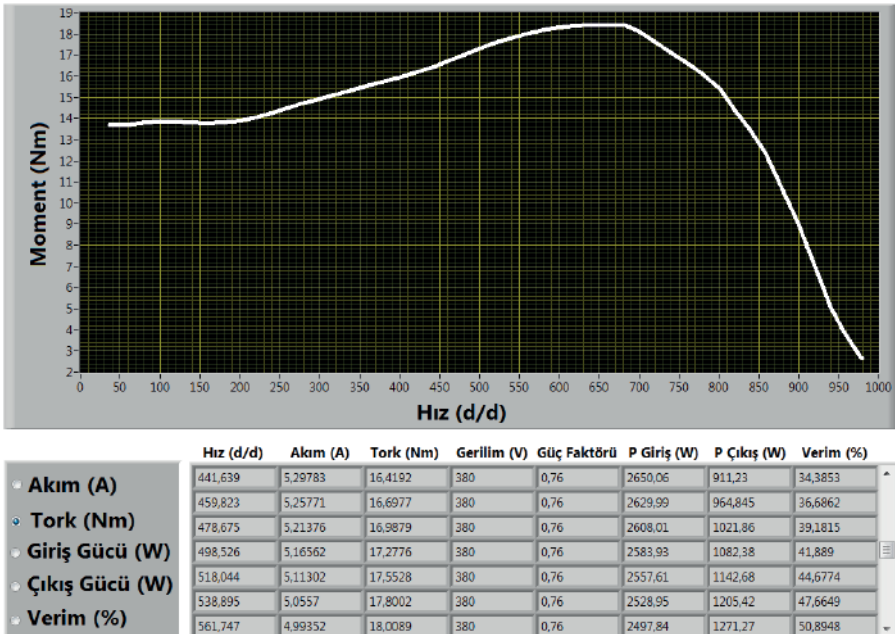
Yüklenme analizi; motor veriminin maksimum ve güç faktörünün en iyi olduğu hız değerini tespit etmektedir. Programın ana sayfasında bulunan (Şekil 4.8) “Yüklenme Analizi” isimli butona tıklayarak Şekil 4.32’deki pencere ekrana gelir. Yüklenme analiz penceresinde motora ait 3 faz akım ve gerilim değerleri, motorun üretmiş olduğu tork miktarı, güç kat sayısı, giriş gücü, milden alınan mekanik güç, IEEE 112-B standardına göre verim ve hız değerleri program ekranına gelmektedir. Test düzeneği motorların farklı



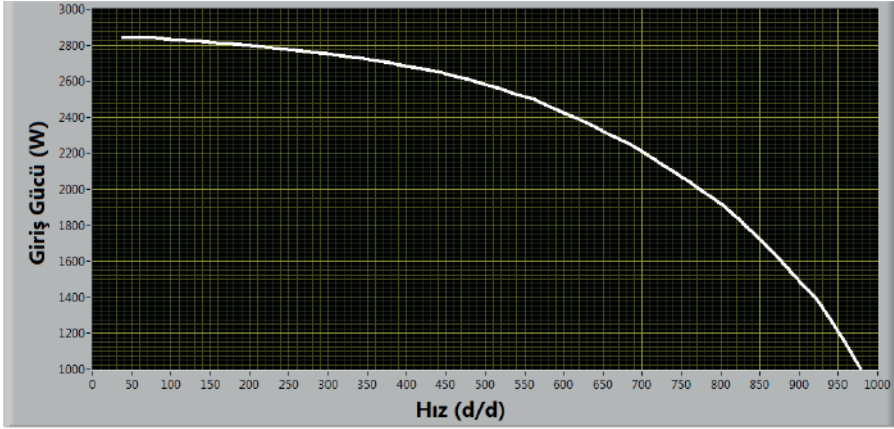




Şekil 4.33. Yükleme analizi yapılan 2.2 kW asenkron motorun Akım-Hız grafiği

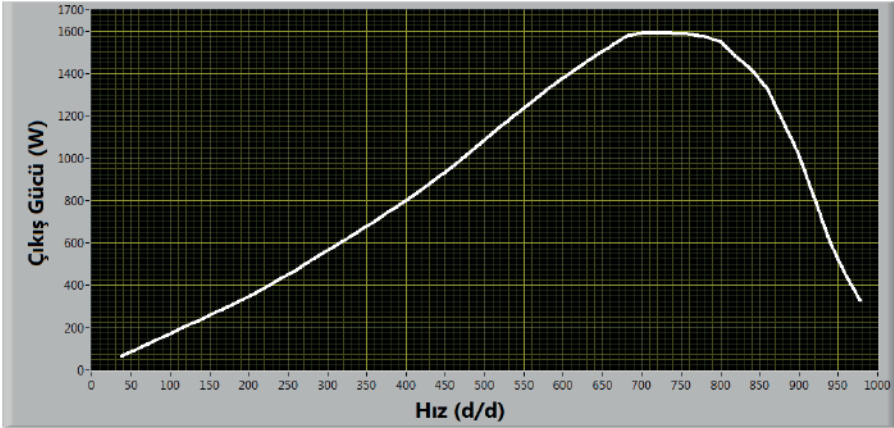


Şekil 4.34. 2.2 kW asenkron motorun Moment - Hız grafiği



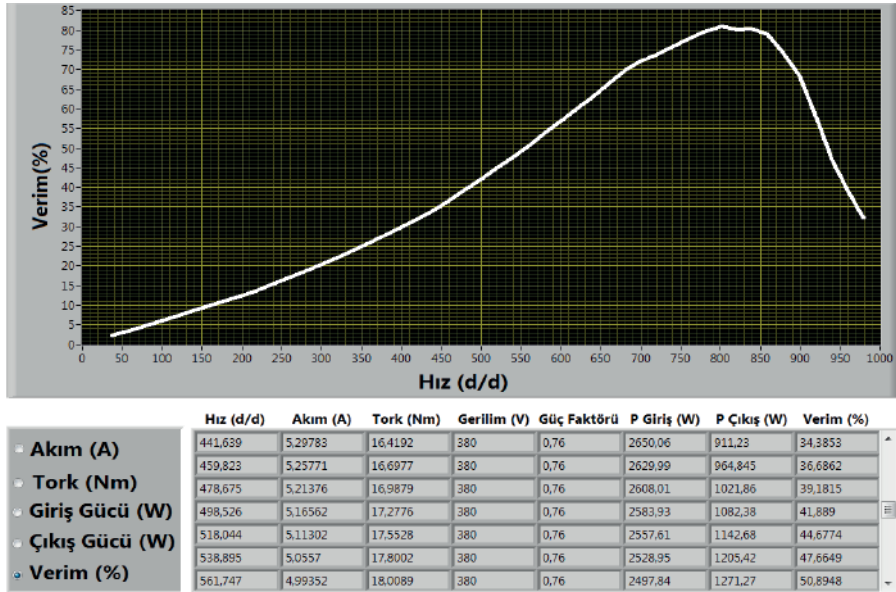
Hız (d/d)	Akım (A)	Tork (Nm)	Gerilim (V)	Güç Faktörü	P Giriş (W)	P Çıkış (W)	Verim (%)
441,639	5,29783	16,4192	380	0,76	2650,06	911,23	34,3853
459,823	5,25771	16,6977	380	0,76	2629,99	964,845	36,6862
478,675	5,21376	16,9879	380	0,76	2608,01	1021,86	39,1815
498,526	5,16562	17,2776	380	0,76	2583,93	1082,38	41,889
518,044	5,11302	17,5528	380	0,76	2557,61	1142,68	44,6774
538,895	5,0557	17,8002	380	0,76	2528,95	1205,42	47,6649
561,747	4,99352	18,0089	380	0,76	2497,84	1271,27	50,8948

Şekil 4.35. 2.2 kW asenkron motorun Giriş Gücü – Hız grafiği



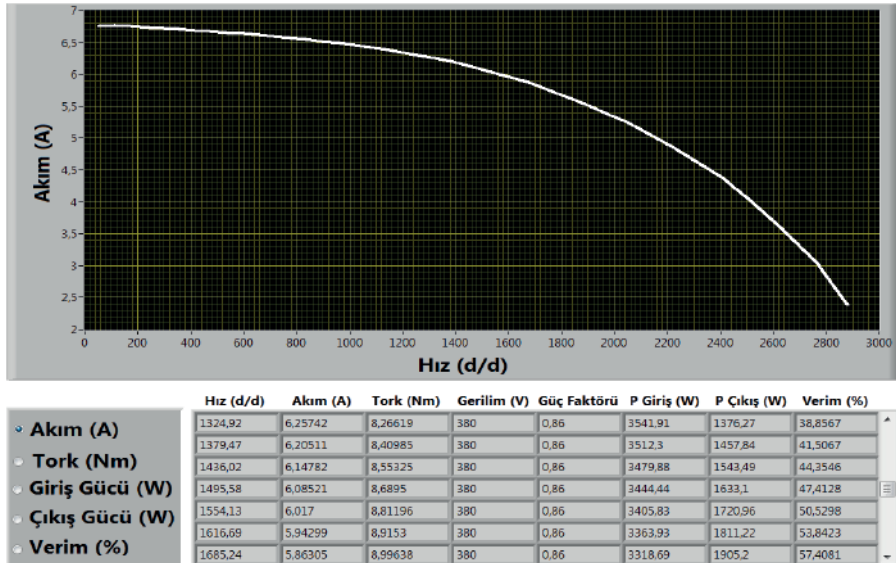
Hız (d/d)	Akım (A)	Tork (Nm)	Gerilim (V)	Güç Faktörü	P Giriş (W)	P Çıkış (W)	Verim (%)
441,639	5,29783	16,4192	380	0,76	2650,06	911,23	34,3853
459,823	5,25771	16,6977	380	0,76	2629,99	964,845	36,6862
478,675	5,21376	16,9879	380	0,76	2608,01	1021,86	39,1815
498,526	5,16562	17,2776	380	0,76	2583,93	1082,38	41,889
518,044	5,11302	17,5528	380	0,76	2557,61	1142,68	44,6774
538,895	5,0557	17,8002	380	0,76	2528,95	1205,42	47,6649
561,747	4,99352	18,0089	380	0,76	2497,84	1271,27	50,8948

Şekil 4.36. 2.2 kW asenkron motorun Çıkış Gücü – Hız grafiği

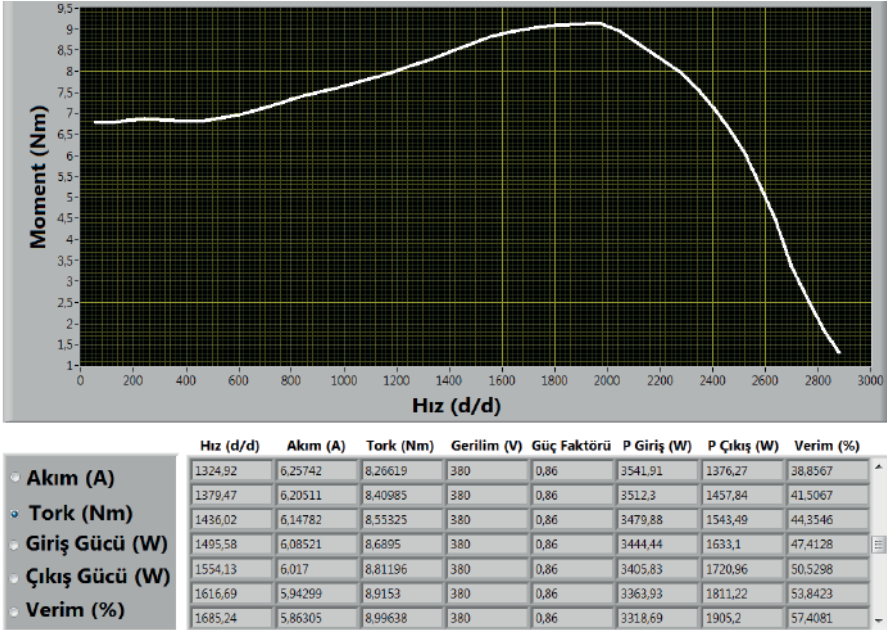


Şekil 4.37. 2.2 kW asenkron motorun Verim - Hız grafiği

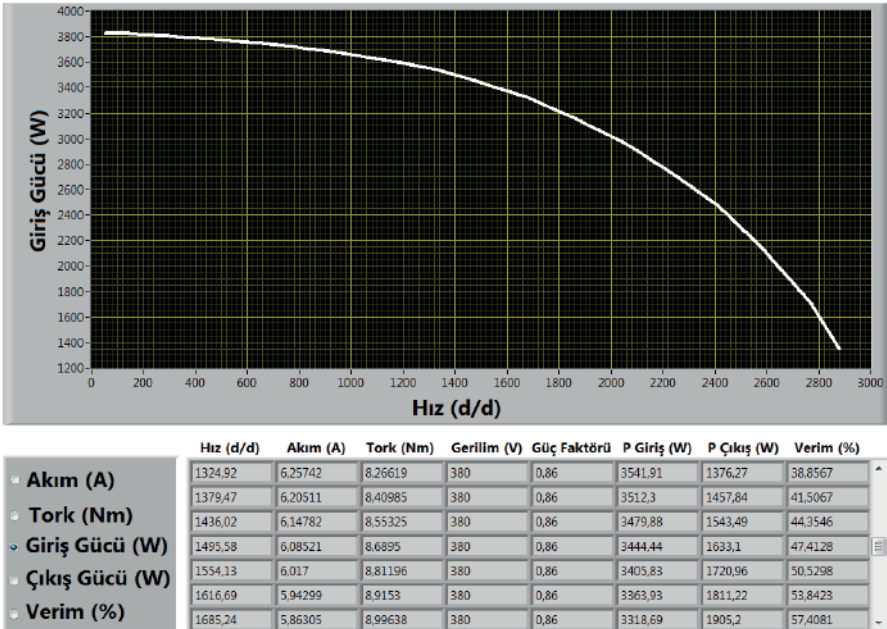
3 kW motora ait yüklenme analizi Şekil 4.38'de Akım-Hız grafiği, Şekil 4.39'da Moment-Hız grafiği, Şekil 4.40'da Giriş Gücü-Hız grafiği, Şekil 4.41'de Çıkış Gücü-Hız grafiği, Şekil 4.42'de Verim-Hız grafiğinin gösterildiği arayüz verilmiştir.



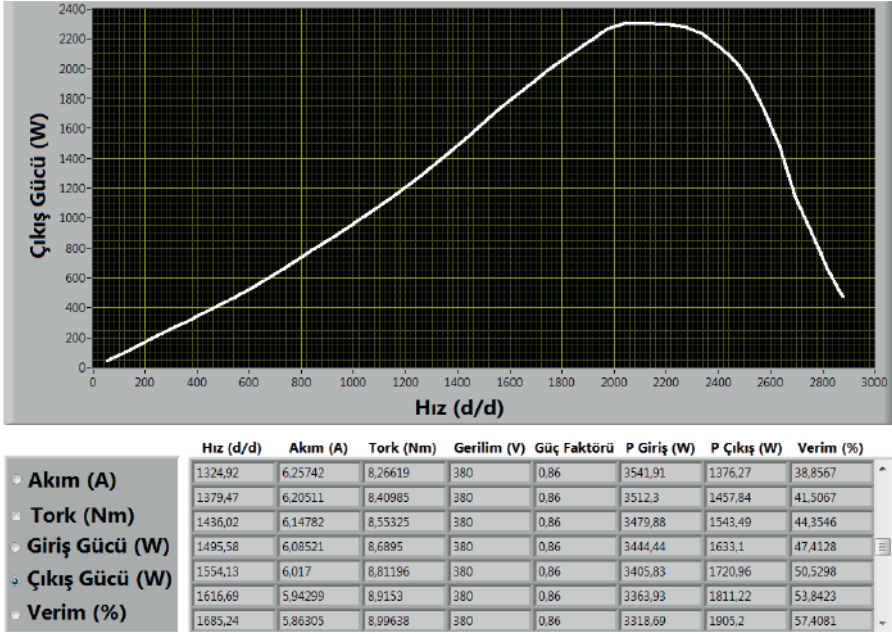
Şekil 4.38. 3 kW asenkron motorun Akım-Hız grafiği



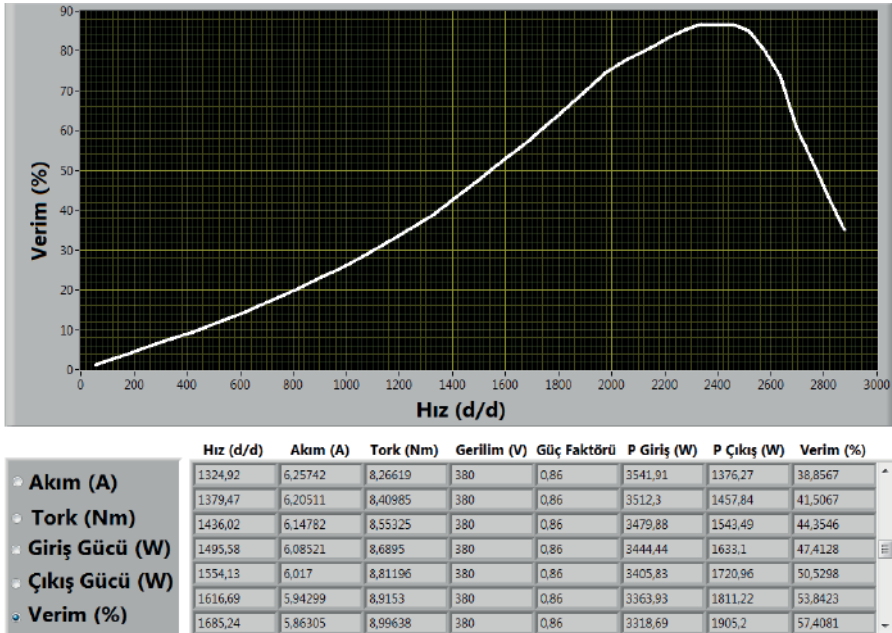
Şekil 4.39. 3 kW asenkron motorun Moment - Hız grafiği



Şekil 4.40. 3 kW asenkron motorun Giriş Gücü - Hız grafiği

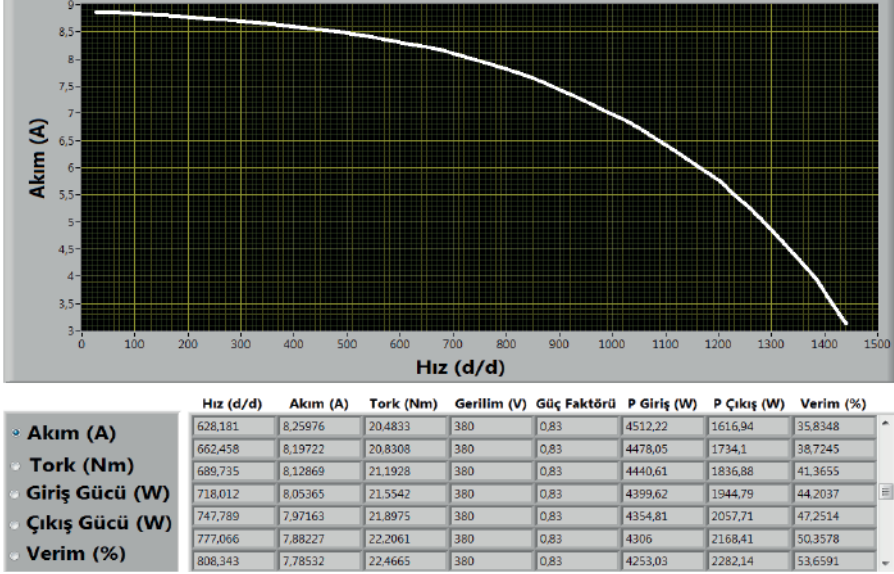


Şekil 4.41. 3 kW asenkron motorun Çıkış Gücü – Hız grafiği

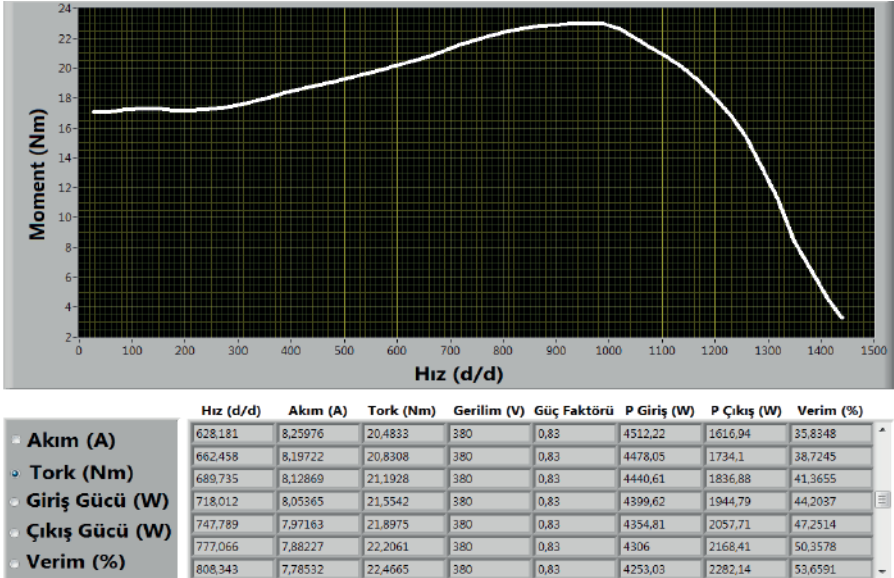


Şekil 4.42. 3 kW asenkron motorun Verim – Hız grafiği

4 kW motora ait yüklenme analizi Şekil 4.43'de Akım-Hız grafiği, Şekil 4.44'de Moment-Hız grafiği, Şekil 4.45'de Giriş Gücü-Hız grafiği, Şekil 4.46'da Çıkış Gücü-Hız grafiği, Şekil 4.47'de Verim-Hız grafiğinin gösterildiği arayüz verilmiştir.

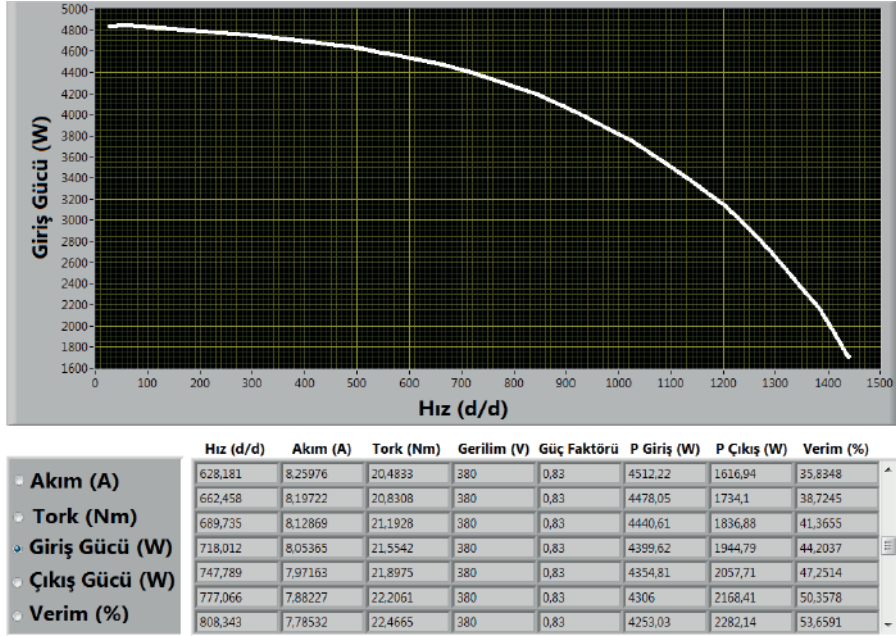


Şekil 4.43. 4 kW asenkron motorun Akım-Hız grafiği

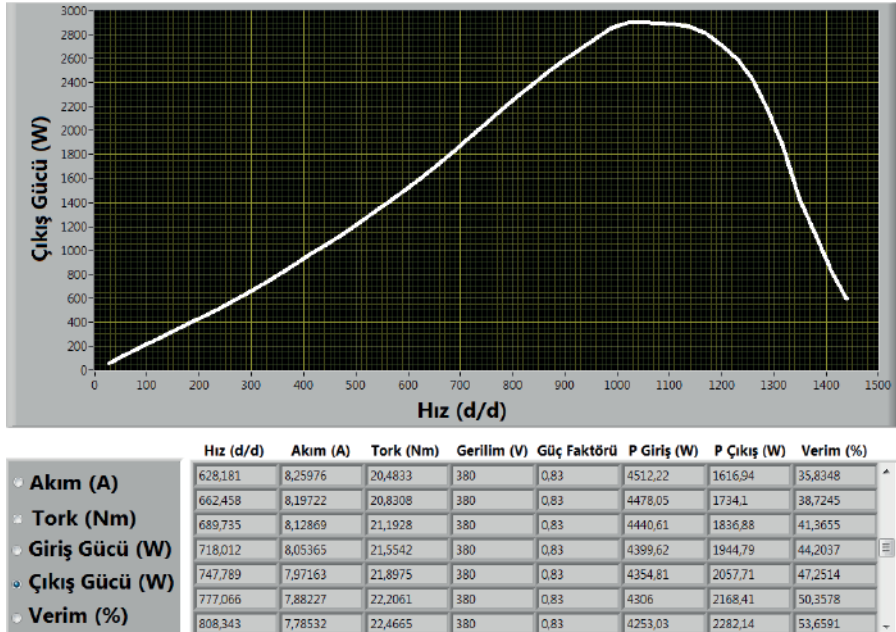


Şekil 4.44. 4 kW asenkron motorun Moment - Hız grafiği

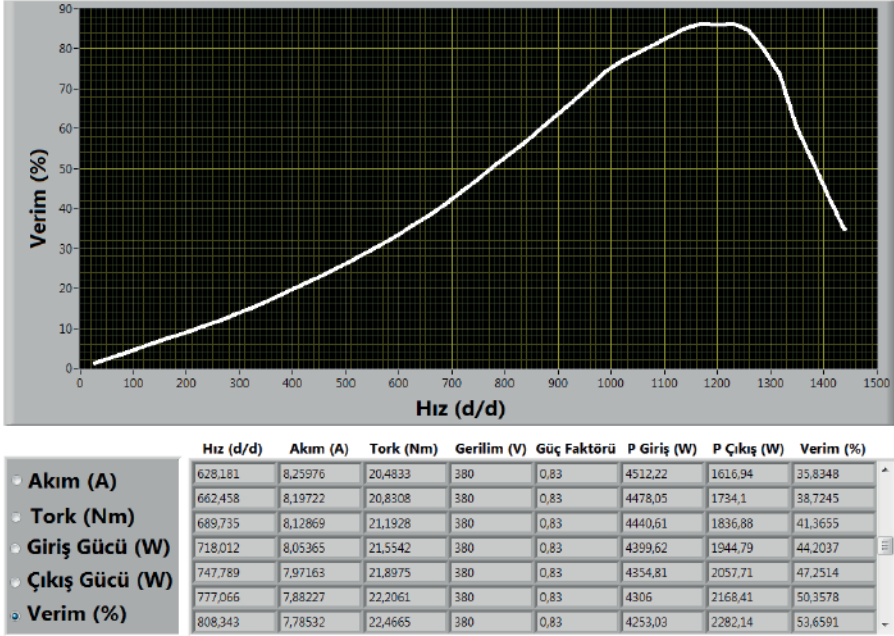




Şekil 4.45. 4 kW asenkron motorun Giriş Gücü – Hız grafiği



Şekil 4.46. 4 kW asenkron motorun Çıkış Gücü – Hız grafiği



Şekil 4.47. 4 kW asenkron motorun Verim – Hız grafiği

#### 4.2.9. Asenkron motorun etiket değerlerinin doğrulanması

Programın ana sayfasında bulunan (Şekil 4.8) “Etiket Doğrulama” isimli butona tıklayarak Şekil 4.48’deki pencere ekrana gelmektedir. Etiket doğrulama sayfasının çalışması için tüm deneylerin yapılmış olması gerekmektedir. Şekil 4.48’de 1. pencere motor üzerindeki etiket değerleri ile test düzeneğinin elde edilen etiket değerleri program tarafında karşılaştırmalı olarak verilmektedir. Şekil 4.48’de 2. pencere test metotları hem ulusal hem de uluslararası standartlar açısından inceleme imkânı sunmaktadır (IEC 34-2 ve IEEE 112-B test metotları). Şekil 4.48’de 3. pencere motor etiketine ait verileri kaydetme ve aynı zamanda kayıtlı projeyi açma imkânı sağlamaktadır. Çalışmaya esas alınan motorların etiket doğrulamaları Çizelge 4.19, Çizelge 4.20 ve Çizelge 4.21’de görülmektedir. Bulunan sonuçlar motor etiketleri ile uyumludur.



IEC 34-2 Test Standardına Göre Verim	IEEE 112-B Test Standardına Göre Verim	Etiket Değerindeki Verim
Giriş Gücü (W) <input type="text" value="0"/>	Giriş Gücü (W) <input type="text" value="0"/>	Giriş Gücü (W) <input type="text" value="0"/>
Çıkış Gücü (W) <input type="text" value="0"/>	Çıkış Gücü (W) <input type="text" value="0"/>	Çıkış Gücü (W) <input type="text" value="0"/>
Verim (%) <input type="text" value="0"/>	Verim (%) <input type="text" value="0"/>	Verim (%) <input type="text" value="0"/>
Motor Etiket Değeri	Test Düzenlejinin Bulduğu Etiket Değeri	<input type="button" value="Kaydet"/> <input type="button" value="Aç"/> 
Gerilim V <input type="text" value="0"/>	Gerilim V <input type="text" value="0"/>	
Akım A <input type="text" value="0"/>	Akım A <input type="text" value="0"/>	
cos <input type="text" value="0"/>	cos <input type="text" value="0"/>	
Rotor Devri d/d <input type="text" value="0"/>	Rotor Devri d/d <input type="text" value="0"/>	
Güç W <input type="text" value="0"/>	Güç W <input type="text" value="0"/>	

Şekil 4.48. Asenkron motorun etiket doğrulamamın yapıldığı arayüz

Çizelge 4.19. 2.2 kW Motora ait verim

	IEC 34-2 Test Standardına Göre	IEEE 112-B Test Standardına Göre	Asenkron Motorun Etiket Bilgilerine Göre
Giriş Gücü (W)	2701	2701	2701
Çıkış Gücü (W)	2134	2067	2200
Verim (%)	79	76,5	81

Çizelge 4.20. 3 kW Motora ait verim

	IEC 34-2 Test Standardına Göre	IEEE 112-B Test Standardına Göre	Asenkron Motorun Etiket Bilgilerine Göre
Giriş Gücü (W)	3679	3679	3679
Çıkış Gücü (W)	3129	3006	3000
Verim (%)	85	82	81

Çizelge 4.21. 4 kW Motora ait verim

	IEC 34-2 Test Standardına Göre	IEEE 112-B Test Standardına Göre	Asenkron Motorun Etiket Bilgilerine Göre
Giriş Gücü (W)	4752	4752	4752
Çıkış Gücü (W)	4084	3920	4000
Verim (%)	86	82,5	84

## 5. Sonuç ve Öneriler

Bu çalışmada, asenkron motorun elektriksel parametrelerinin belirlenmesi, etiket değerlerinin doğrulanması, performans analizinin yapılması, IEC 34-2 ve IEEE 122-B standardına göre verimin bulunması için asenkron motor test düzeneği gerçekleştirilmiştir.

Test düzeneğine bağlanan asenkron motorun 3 faz akım ve gerilim bilgisi, moment, hız ve sıcaklık değerleri ölçülmektedir. Veriler bilgisayara DAQ kartı ile alınmakta ve 6 kHz ile örneklenmektedir. Labview programında hazırlanan arayüz ile elde edilen verilerden parametre hesaplanması, verimin bulunması, performans eğrilerinin çizilmesi ve etiket verilerinin doğrulanması sağlanmıştır.

Test düzeneğinde asenkron motora ait, doğru akım, boşa çalışma ve kilit rotor deneylerinden motora ait stator bakır kayıpları, rotor bakır kayıpları, mekanik ve demir kayıpları hesaplanmaktadır. Hesaplanan tüm değerleri Excel formatında kaydedebilme ve aynı zamanda daha önceden kayıtlı bir projeyi açabilme imkânı sunulmaktadır.

Performans analizi kısmında asenkron motorun tam eşdeğer devre modelinden faydalanılarak motorun performans karakteristikleri incelenmiştir. Motora ait Stator Akımı-Hız, Güç Faktörü-Hız, Giriş Gücü-Hız, Çıkış Gücü-Hız, Verim-Hız, Moment-Hız grafikleri deney sonuçlarına göre çizilmiş ve grafiklerin analizi yapılmıştır. Aynı zamanda fabrikadan alınan değerler ile test düzeneğinden alınan değerler programda karşılaştırılarak verilmektedir.

Yüklenme analizi motora ait 3 faz akım ve gerilim değerleri, motorun üretmiş olduğu tork miktarı, güç kat sayısı, giriş gücü, milden alınan mekanik

güç, IEEE 112-B standardına göre verim ve hız değerleri program ekranına gelmektedir. Test düzeneci motorların farklı hızlarda çalıştırılmasını ve verimin maksimum olduğu hızın tespit edilmesini sağlamaktadır. Çalışmaya esas alınan motorlar boş çalışmadan %125 yüke kadar yüklenebilmekte ve motorun istenilen hızdaki verim değerlerini sayısal ve grafik halinde sunulmaktadır.

Etiket doğrulama kısmında, motor üzerindeki etiket değerleri ile test düzenecinden elde edilen etiket değerleri program tarafında karşılaştırmalı olarak verilmektedir. Motor etiketi ile test düzeneginin tespit etmiş olduğu değer arasındaki farkı kullanıcıya bildirilmektedir. Etiket doğrulama sayfasında test metotları hem ulusal hem de uluslararası standartlar açısından inceleme imkânı sunulmaktadır.

Yapılan deney sonuçlarında asenkron motorun etiket değeri ile test düzeneginin tespit etmiş olduğu değerler karşılaştırıldığında akım, gerilim, güç ve verim değerlerinde olumlu sonuçlar elde edilmiştir. Test düzeneci 3 fazlı motor üreten firmalar, eğitim kurumları, motor seçiminde bulunmak isteyenlere yardımcı olmak için hazırlanmış bir düzenektir.

Gerçekleştirilmiş olan test düzeneci gelişmeye ve entegre edilmeye açık bir yöntem izlenerek tasarlanmıştır. Çalışma istenilirse uzaktan kontrol ve otomasyon sistemlerine uyumlu hale getirilebilir.

## Kaynaklar

- Altunsaçlı, A., 2013. Elektrik Motorları Ve Sürücüleri. Color Ofset, 310s, İskenderun.
- Anibal, T., F. Ferreira, 1997, ISR, Dep. Eng. Electrotecnica University of Coimbra, Polo, Coimbra, Portugal.
- Arslan, M., 2010. Diferansiyel Evrim Algoritması Yardımıyla Asenkron Motor Parametrelerinin Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Elektronik ve Bilgisayar Sistemleri Eğitimi Anabilim Dalı, Fen Bilimleri Enstitüsü, 82s, Konya.
- Arabacı, H., 2011. Sincap Kafesli Asenkron Motorlarda Kafes Arızalarının Motor Performansına Etkileri, Doktora Tezi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı, Fen Bilimleri Enstitüsü, 173s, Konya.
- Ateş, M., 2009. PIC Kullanarak Güç Katsayısı Ölçüm Devresi Tasarımı ve Simülasyonu. Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 83s, Van.
- Ayasun, S., Nwankpa, C., 2005. Induction Motor Tests Using MATLAB/Simulink and Their Integration Into Undergraduate Electric Machinery Courses, IEEE Transactions On Education.
- Aydoğan, Ö., 2010, Elektrik Motorları İçin İnternet Tabanlı Laboratuvar Tasarımı, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 114s, Isparta.
- Bajrektarević, E., 2002. Parameter Identification of Induction Motor Using a Genetic Algorithm, Thesis submitted to the College of Engineering and Mineral Resources at West Virginia University, 121s, West Virginia.
- Bayraktar, U., 2005, Üç Fazlı Asenkron Motor Deneylerinin Eğitim Amaçlı Benzetimi, Yüksek Lisans Tezi, Elektrik Eğitimi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 122s, Ankara.
- Boduroğlu, T., 1994, Elektrik Makinaları Dersleri 2, Beta Yayınları, 264s, İstanbul.

- Bektaş, A., Bayındır, R., Çolak, İ., 2007. Asenkron Motorların Korunmasına Yönelik PIC Tabanlı Bir Uygulama, *Politeknik Dergisi*, 117-121s.
- Bilgin, O., Ürkmez, A., Yılmaz, N., 2011, Bilgisayar Destekli dalgıç Motopomp Deneysel Standı Tasarımı ve Uygulaması, *Elektrik -Elektronik - Bilgisayar Mühendisliği 10. Ulusal Kongresi*, 492-495, Konya.
- Bozkurt, V., 2006, Asenkron Motor Ve Asenkron Generatör Parametrelerinin Dolaylı Metot İle Çıkarılması, Yüksek Lisans Tezi, Elektrik Eğitimi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 97s, Ankara.
- Çakır, A., Çalış, H., Ayrılmış, A., Kızıl, A., 2009. 3 Fazlı Asenkron Motorun Sabit V/F Oranlı Kapalı Döngü Hız Denetimi. 5. Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu, 13-15 Mayıs, Karabük.
- Çalış, H., Kayaalp, K., 2007. Asenkron Motor Hata Teşhisinde Modern Metotlar, *Makine Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 4 (2), 49-57s.
- Çanakoglu, İ., Yetgin, G., Turan, M., 2008, Sonlu Eleman Yöntemi Kullanılarak Asenkron Motorun Performans Değeri, *Dumlupınar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 16, 61-68s, Kütahya.
- Çolak, İ., Bayındır, R., 2003. Güç Katsayısının Bir Mikrodenetleyici Kullanarak Ölçümü, *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 19 (1), 50-58s.
- Çolak, İ., 2008. Asenkron Motorlar, Seçkin Yayınları, 172s, Ankara.
- Demirbaş, Ş., Irmak, E., Çolak, İ., 2006, Asenkron Motor Benzetimi İçin Web Tabanlı Bir Eğitim Aracı, *Politeknik Dergisi*, Cilt 9 (4), 233-239s.
- Ekici, M., 2009. Labview Tabanlı Damar İçi Uygulanan Besin Ve İlaç Hazırlama Sistemi Tasarlama ve Gerçek Zamanlı Kontrolü, Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Elektrik-Elektronik Mühendisliği Ana Bilim Dalı, 77s, Trabzon.
- Ertuğrul, N., 2006 *LabView for Electric Circuits, Machines, Drives, and Laboratories*, Prentice Hall, 436p, USA.
- Güner, Y., 2005, Labview Programı İle Veri Toplama, Veri İşleme Ve Veri İzlemenin E-Öğrenme Olarak Hazırlanması, Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 121s, İstanbul.
- Kaygısız, F., 2008, Asenkron Makinaların Matlab'da Tasarımı Ve Analizi, Yüksek Lisans Tezi Dumlupınar Üniversitesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı, 81s, Kütahya.
- Kaynaklı, M., Uysal, A., Koçak, E., Bayır, R., 2009. Rüzgar Enerjisinden Elektrik Üretiminde Kullanılan Sabit Mıknatıslı Alternatörlerin Arızalarının Tespiti İçin Bilgisayar Destekli Test Standı Üretimi, Rüzgar Enerjisi Sempozyumu, 95-99s, Samsun.
- Kangal, H., 2008. Fotovoltaik Sistem Analizi ve Labview Tabanlı MPPT Simülasyonu, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 138s, Ankara.

- Lem Measurement, 2013. Erişim Tarihi: 12.07.2013. <http://www.lem.com/docs/products/lv%2025-p.pdf>
- Lem, 2013. Erişim Tarihi: 12.07.2013. <http://www.lem.com/docs/products/la%2055-p%20e.pdf>
- Mutluer, M., 2007, Asenkron Motor Elektriksel Eşdeğer Devre Parametrelerinin Hibrid Genetik Algoritma Yöntemiyle Belirlenmesi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 86s, Konya.
- Mzungu, H. M., Barendse, P., Khan, M. A., Manyage, M., 2008, Determination of Effects on Induction Motor Efficiency, Cape Peninsula University of Technology Energy Institute, Industrial Commercial Use of Energy Conference, Cape Town.
- National Instruments, 2013. <http://ni.com/>, <http://sine.ni.com/nips/cds/view/p/lang/en/nid/14132>, Erişim Tarihi: 10.04.2013
- Öztürk, N., Yılmaz, C., Kahraman, A., 2007, Endüstriyel Otomasyon Ağı İle Asenkron Motorun Uzaktan Denetimi ve Performans Analizi, Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Mühendislik Bilimleri Dergisi, 195-201s, Denizli.
- Öztop, E., Akpınar, A. S., 2006, Doğrusal Hareketli Asenkron Motor Parametrelerinin Belirlenmesi ve Matematiksel Modellenmesi, 3. Ulusal Aydınlatma Sempozyumu ve Sergisi, ELOCO, İzmir.
- Özdemir, A., 2007. Elektrik Motorları Ve Sürücüler. Birsan Yayınevi, 171s, İstanbul.
- Pillay, P., Levin, V., Otaduy, P., Kueck, J., 1998, In - Situ Induction Motor Efficiency Determination Using the Genetic Algorithm, IEEE Transactions on Energy Conversion, 326-333s.
- Renier, B., Hameyer, K., Belmans, J.M., 1999, Comparison of Standards for Determining Efficiency of Three Phase Induction motors, IEEE Transactions on Energy Conversion, 512-517s.
- Sunan, M., 2006, Güneş Enerjisi İle Çalışan Aracın Elektrik ve Elektronik Sisteminin Mikrodenetleyiciler İle Tasarımı ve Uygulaması, Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, 197s, Kocaeli.
- Şal, S., İmeryüz, M., Ergene, L., 2012. Kafesli Asenkron Motorlarda Maliyet Kısıtı Altında Rotor Çubuklarının Analizi, EMO Bilimsel Dergi, Cilt 2, Sayı 3, Syf 23-28, Ankara.
- Tanyıldızı, E., 2007, Sanal Elektrik Makinaları Laboratuvarının Oluşturulması, Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 130s, Elazığ.
- Tanyıldızı, E., 2002, Bilgisayar Destekli Yazılım İçin Uygun Bir Yazılım Geliştirilmesi, Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 66s, Elazığ.

- Tekin, C., 2008, Yüksek Verimli Asenkron Motorların Analizi, Marmara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, 93s, İstanbul.
- Tekin, A., 2009. Asenkron Motorların Denetimi İçin İnternet Tabanlı Sanal ve Uzaktan Erişimli Bir Laboratuvar Geliştirme. Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 112s, Elazığ.
- Turan, C., 2007. Endüstriyel Ağ Kullanarak Labview İle Elektronik Deney Modüllerinin Yönetimi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 80s, Isparta.
- Ünlü, T., Bayır, R., 2009. Peñçe Tipi Alternatörlerin Mikrodenetleyici Temelli Kondisyon İzleme Ve Arızalarının Tespiti. 5. Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu, 13-15 Mayıs, 282-286s, Karabük.
- Ünsaçar, F., Eşme, E., 2009. Grafik Programlama Dili Labview, Seçkin Yayıncılık, 249s, Ankara.
- Yetgin, A.G., Çanakođlu A. İ., 2004, Farklı Yöntemler Kullanarak Asenkron Motorun Eşdeğer Devre Parametrelerinin Hesaplanması, ELECO Elektrik-Elektronik ve Bilgisayar Mühendisliği Sempozyumu, 122-127s, Bursa.

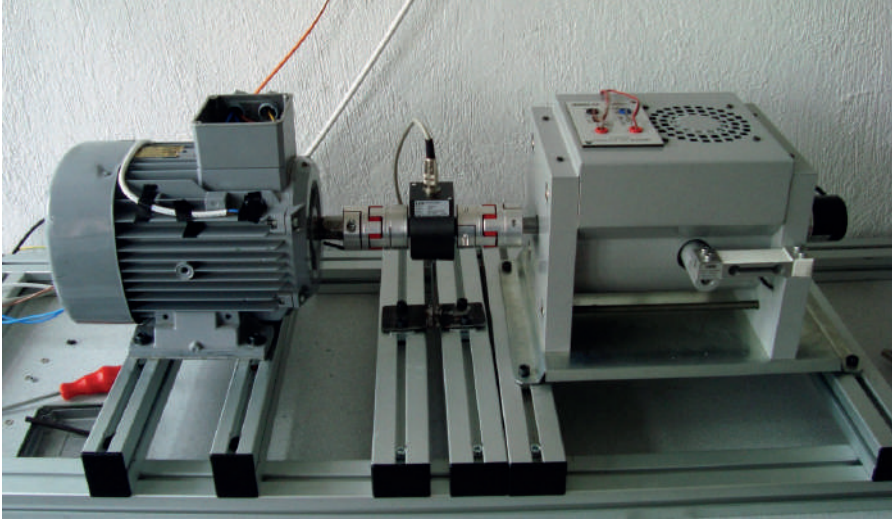
# Ekler

**EK A. Asenkron Motor Test Düzenegi Resimleri**

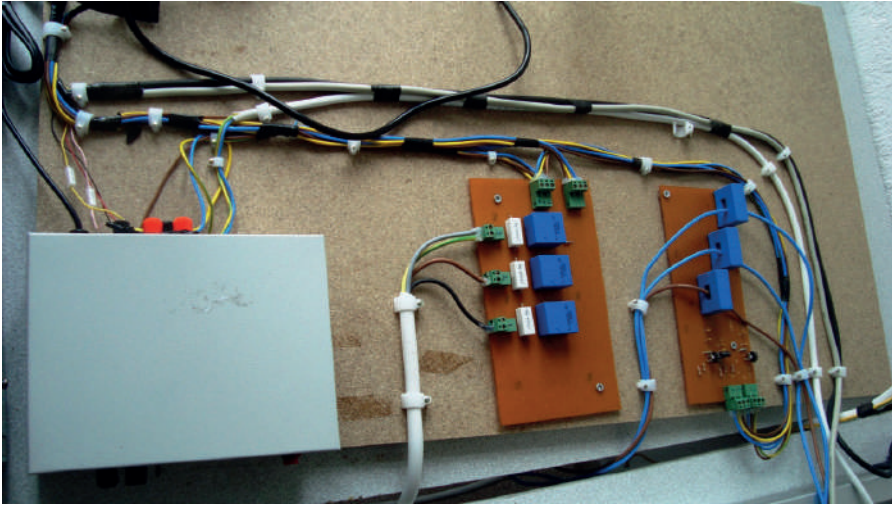
**EK B. Arayüz Blok Diyagramı**



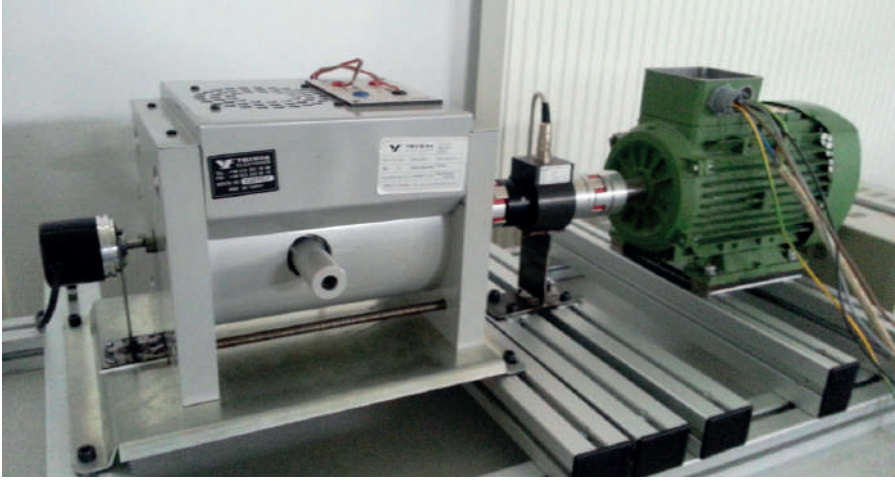
## A. Asenkron Motor Test Düzeneyi Resimleri



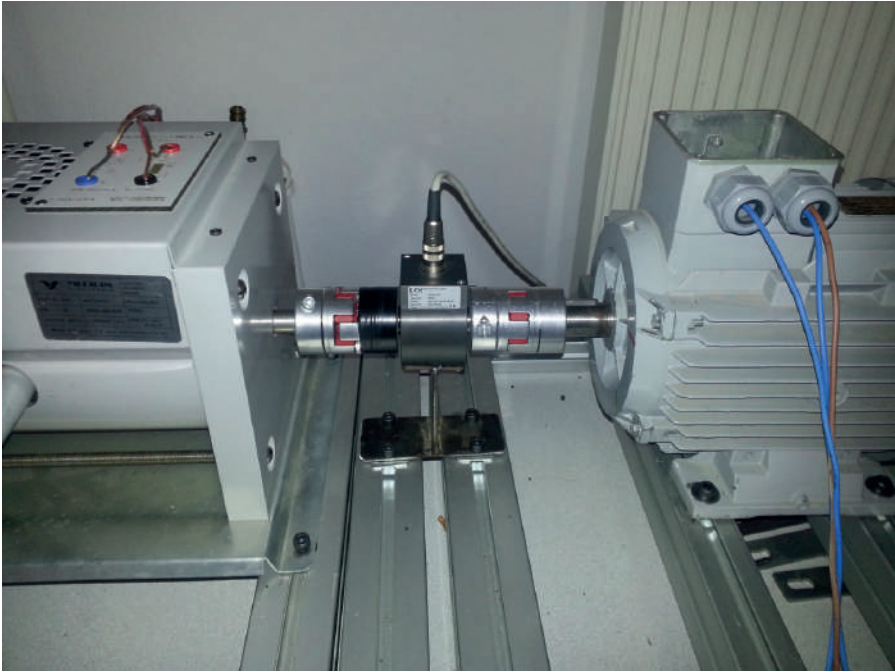
*Şekil A.1. Asenkron motor test düzeneyi*



*Şekil A.2. Asenkron motor test düzeneyi kontrol kartları*

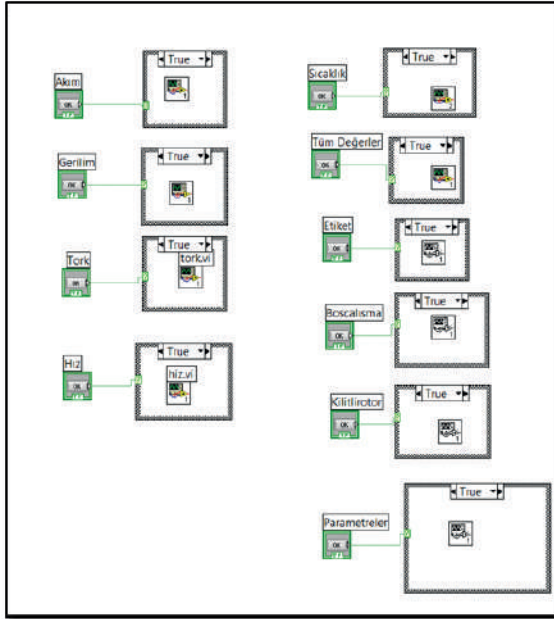


Şekil A.3. Asenkron motor test düzeneği

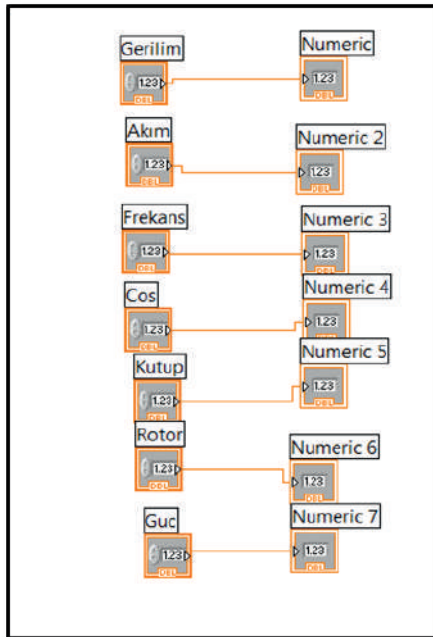


Şekil A.4. Asenkron motor test düzeneği tork metre

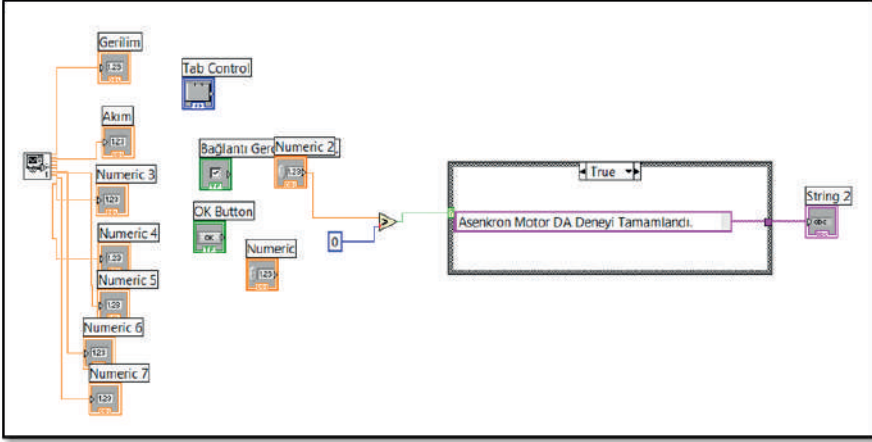
## B. Arayüz Blok Diyagramı



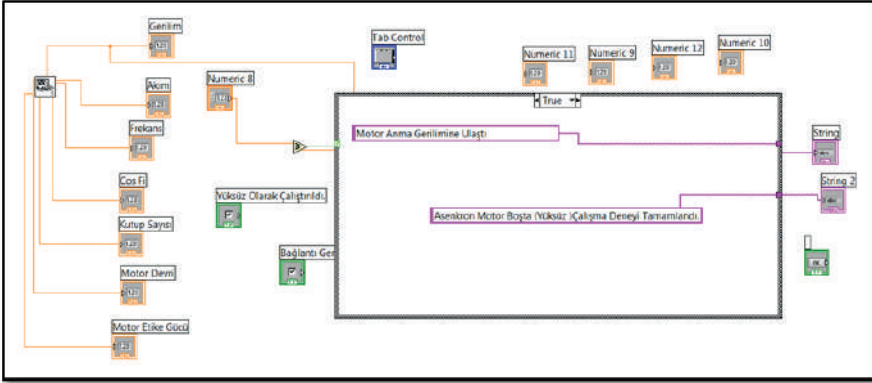
Şekil B.1. Ana menü blok diyagramı



Şekil B.2. Etiket menüsü blok diyagramı

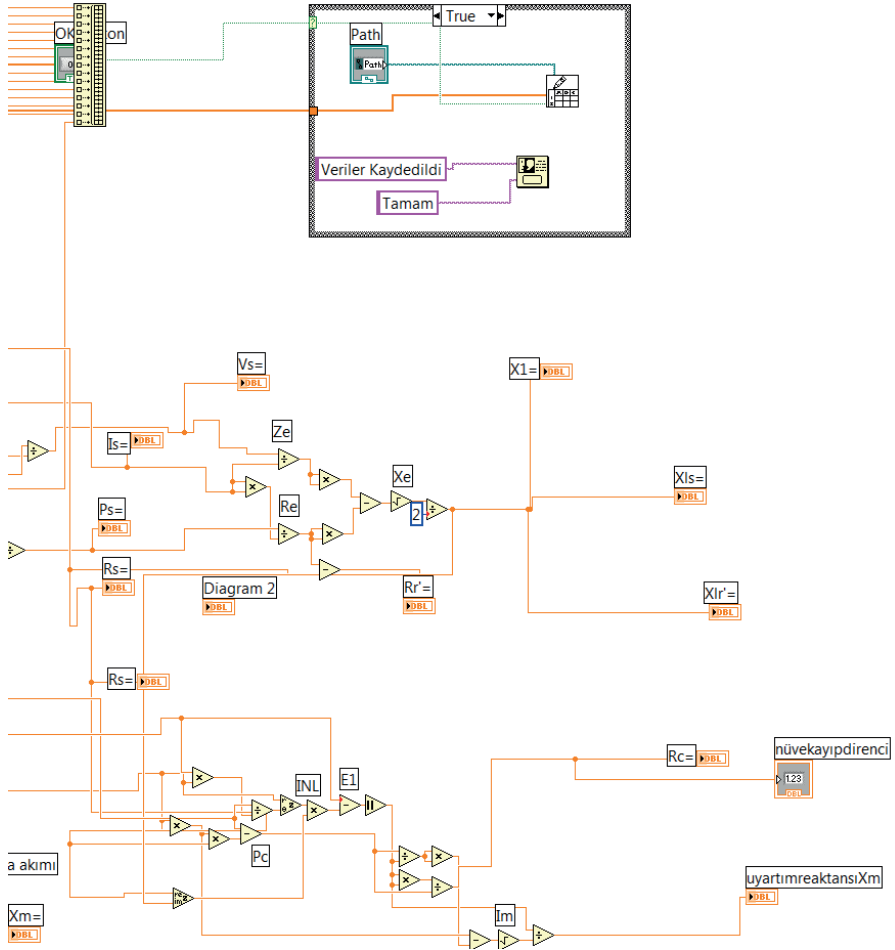


Şekil B.3. Doğru akım deney menüsü blok diyagramı



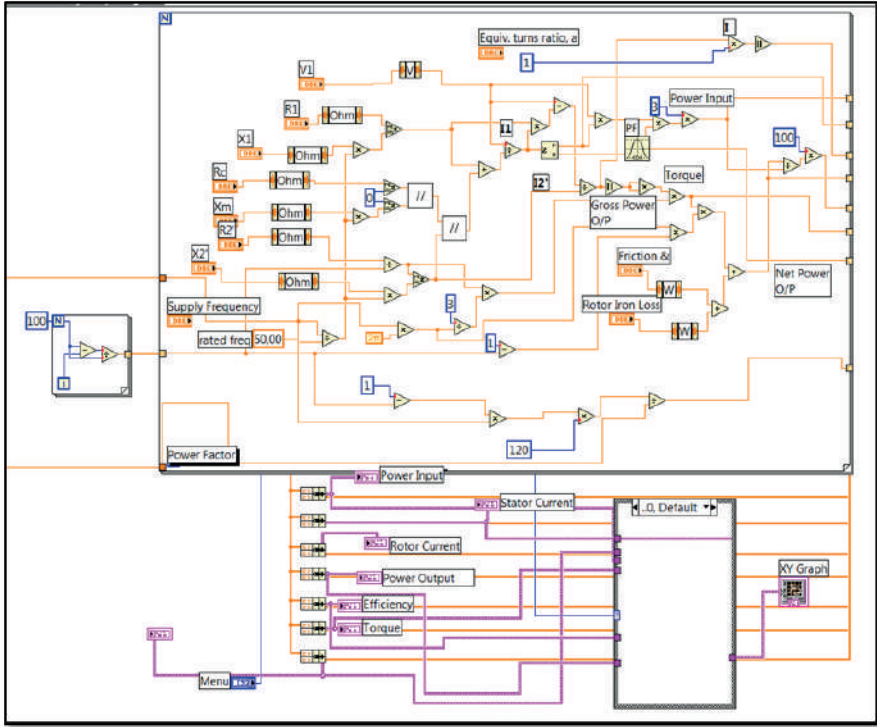
Şekil B.4. Boşta çalışma deney menüsü blok diyagramı



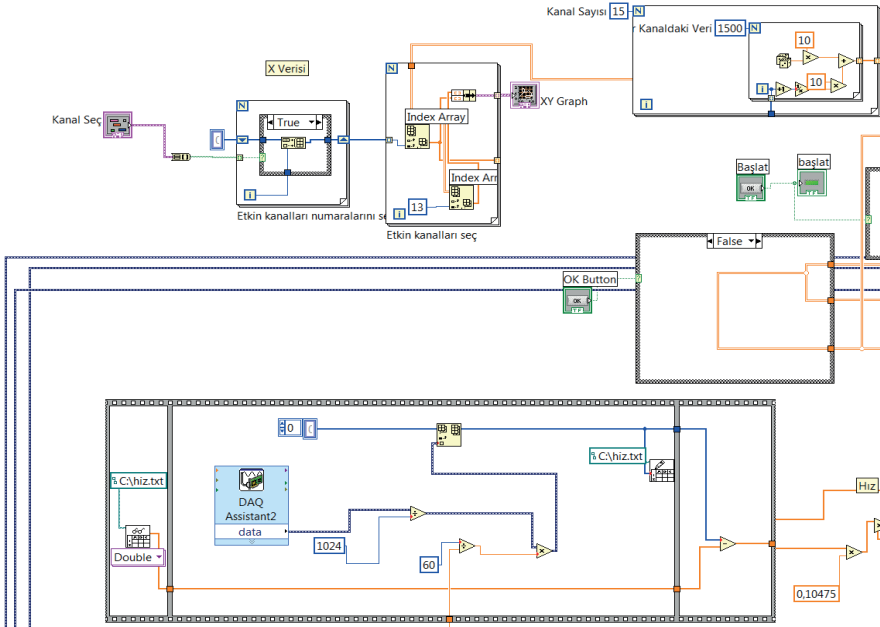


Şekil B.6. Parametreler menüsü blok diyagramı (b)

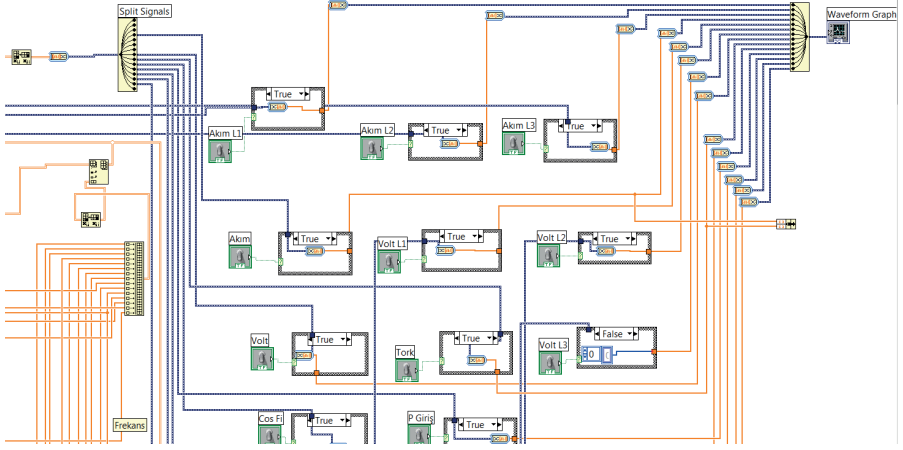




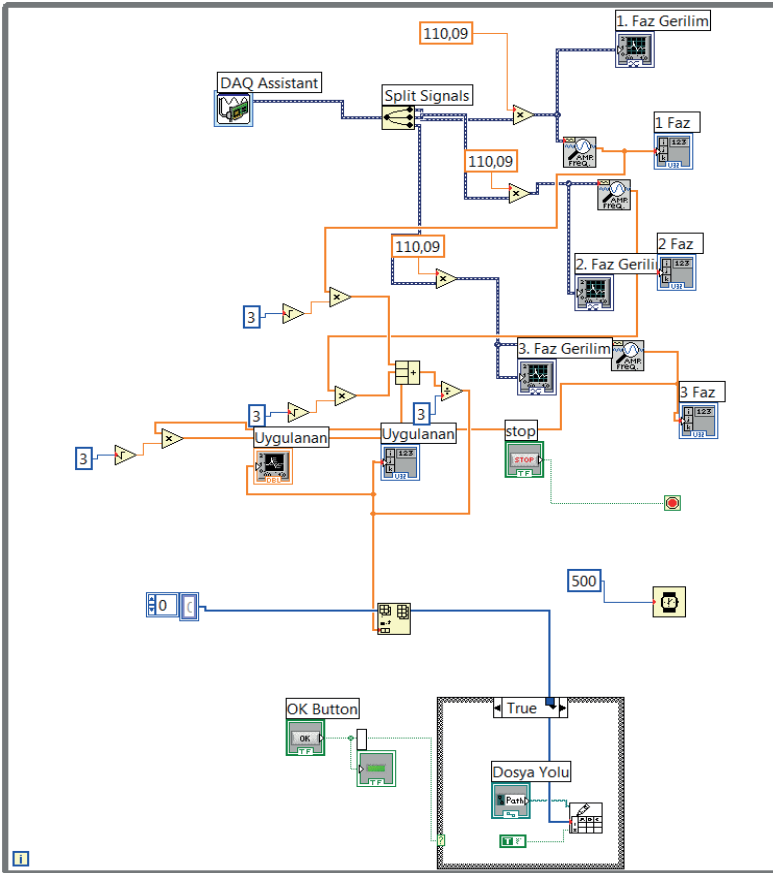
Şekil B.7. Performans menüsü blok diyagramı



Şekil B.8. Yükleme menüsü blok diyagramı (a)



Şekil B.9. Yüklenme menüsü blok diyagramı (b)



Şekil B.10. Etiket doğrulama menüsü blok diyagramı (b)



# Asenkron Motor Test Düzenegi

Dr. Eyüp ÇAKI

Editör:

Prof. Dr. Abdülkadir ÇAKIR