

**ÜÇ FAZLI ASENKRON MOTORLARIN
PROFIBUS AĞI ÜZERİNDEN MOMENT VE HIZ KONTROLÜ**

Levent BULUT

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
ELEKTRİK EĞİTİMİ**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**EKİM 2008
ANKARA**

TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

Levent BULUT

**ÜÇ FAZLI ASENKRON MOTORLARIN
PROFIBUS AĞI ÜZERİNDEN MOMENT VE HIZ KONTROLÜ
(Yüksek Lisans Tezi)**

Levent BULUT

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
Ekim 2008**

ÖZET

Bu çalışmada AC Motorun Profibus yoluyla uzaktan denetimi gerçekleştirilmiştir. Tasarımı, merkezi denetim, AC motor ve bu ikisi arasındaki haberleşmeyi sağlayan Profibus ağı oluşturmaktadır. Motorun denetimi geri beslemeli olarak tasarlanmıştır. Ağ yoluyla alınan motor hız bilgisi kullanılarak denetim bilgisi elde edilerek bu bilgi aynı ağ omurgası üzerinden motora iletilmektedir. Bu tasarımda gerçek zamanlı kontrol sistemi uygulanmış olup, motorun kullanım amacına uygun yumuşak kalkış ve durma işlemini gerçekleştirilerek hassas denetim elde edilmektedir. Profibus yüksek hızlı veri iletimi sağladığından, ağ gecikmesinden kaynaklanan denetim hataları düşük oranda gerçekleşmiştir.

Bilim Kodu : 703.3.012

Anahtar Kelimeler :Asenkron motor, Hız denetimi, moment denetimi, Endüstriyel otomasyon ağı, Uzaktan denetim, Profibus

Sayfa Adedi : 86

Tez Yöneticisi : Dr. Yılmaz KORKMAZ

**TORQUE AND SPEED CONTROL OF THREE - PHASE INDUCTION
MOTORS VIA PROFIBUS NETWORK**

(M.Sc. Thesis)

Levent BULUT

GAZİ UNIVERSITY

INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY

October 2008

ABSTRACT

In this study, the remote control of induction motor have been implemented by using Profibus network. The design is composed of central control, AC motor and Profibus network which provides the communication between them. The control of the motor has been designed as a feedback control. The control data is obtained by the usage of motor speed data that is received via network, and this data is transferred to the motor through network backbone. In this design, real-time control system has been applied, and hence for a sensitive control that perform soft starting and stop operation which is suitable intended use of the motor have been obtained. By reason of high velocity data transfer of Profibus, the position errors due to the network delay have occurred at lower ratio.

Science Code : 703.3.012

**Key Words :Induction motor, Speed and torque control,
Industrial automation network, Remote control,
Profibus**

Page Number : 86

Adviser : Dr. Yılmaz KORKMAZ

TEŞEKKÜRLER

Çalışma boyunca beni yönlendiren danışman hocam Dr. Yılmaz KORKMAZ'a, bana odasını açan, her türlü desteği sağlayan ve kıymetli tecrübelerini paylaşan değerli dostum Dr. Cemal YILMAZ'a, yine bana değerli zamanlarını ayıran Dr. Nihat ÖZTÜRK'e ve manevi desteklerini eksik etmeyen mesai arkadaşlarım Fuat MIZRAK ve Aylin Atik SEYİDE'ye teşekkürü borç bilirim. Çalışma boyunca çok fazla zaman ayıramadığım ama desteklerini hep yanımda hissettiğim eşim ve değerli kızım Begüm AYÇA'ya ithaf ediyorum.

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET	iv
ABSTRACT	v
İÇİNDEKİLER	iii
1. GİRİŞ	1
2. ASENKRON MOTORLAR	5
2.1. Giriş	5
2.2. Asenkron Motor Eşdeğer Devre ve Parametreleri	6
2.3. Asenkron Motorlarda Endüklenen Moment	9
2.4. Simetrik Asenkron Makina Modeli	10
2.5. Üç Fazdan İki Faza Dönüşüm	15
2.6. Asenkron Motorun dq0 Modeli.....	18
2.7. Asenkron Motor Denetim Yöntemleri.....	19
2.7.1. Doğrudan moment denetimi.....	21
2.7.2. Vektör denetimi	21
3. BİLGİSAYAR HABERLEŞMESİ VE AĞ TEKNOLOJİLERİ	29
3.1. Veri İletim Teknikleri	29
3.1.1. Paralel haberleşme	30
3.1.2. Seri haberleşme	30
3.2. Topoloji.....	33
3.3. Endüstriyel İletişim Ağları	34
3.4. Profibus	35
3.4.1. Profibus veri İletimi	37
3.5. OSI Referans Modeli	37
3.5.1. Fiziksel katman.....	39
3.5.2. Veri bağı katmanı	39
3.5.3. Uygulama katmanı	40
3.6. Token-Passing (Andaç-Geçiş) Prosedürü	41
3.6.1. Master-master haberleşmesi.....	41
3.6.2. Master-slave haberleşmesi	42

	Sayfa
3.7. Veri Aktarım Ortamları	43
3.8. Programlanabilir Lojik Kontrolörler	45
3.8.1. PLC' nin tanımı	45
3.8.2. PLC' lerin yapısı	45
3.8.3. PLC' lerin röleli sistemlerle karşılaştırılması	46
3.8.4 PLC yazılımı	47
4. MICROMASTER 440 FREKANS KONVERTÖRÜ	48
4.1. Genel Özellikleri	48
4.2. Performans Özellikleri	49
5. PROFIBUS AĞI ÜZERİNDEN 3 FAZLI BİR ASM'UN HIZ VE MOMENT DENETİMİ	51
5.1. Kontrol Sisteminin Kurulması	51
5.2. Asenkron Motorun Hız ve Moment Kontrolü	56
5.3. Ağ Gecikmesi	68
6. SONUÇ VE ÖNERİLER	70
KAYNAKLAR	72
EKLER	
EK1	77
ÖZGEÇMİŞ	86

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 3.1. Profibus ailesinin uygulama alanları.....	36
Çizelge 3.2. Veri aktarım ortamlarının karşılaştırılması.....	44
Çizelge 5.1. ASM etiket değerleri	51

RESİMLERİN LİSTESİ

Resim	Sayfa
Resim 5.1. Deney setinin görünüşü	54
Resim 5.2. Ağ Gecikmesi.....	69

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 2.1. Asenkron motorun kesiti.....	6
Şekil 2.2. Asenkron motorun komple bir faz eşdeğer devresi	7
Şekil 2.3. Asenkron motorun (rotor devresi) statora aktarılmış komple bir faz eşdeğer devresi.	8
Şekil 2.4. Sincap kafesli asenkron motorun dört bölgedeki moment- hız karakteristik eğrileri.	10
Şekil 2.5. 3 fazlı asenkron makinanın manyetik ekseninde gösterimi.	12
Şekil 2.6. <i>abc</i> -ekseninden <i>dq</i> -eksenine dönüşüm.	16
Şekil 2.7. Dönüşüm büyüklüklerinin sembolleri	17
Şekil 2.8. (a)Yabancı uyartımlı DA motoru, (b) Vektör denetimli ASM.	23
Şekil 2.9. Dolaylı vektör denetimine ait düzlem dönüşümleri	25
Şekil 3.1. Paralel Haberleşme.....	30
Şekil 3.2. Senkron seri iletim a) Karakter yapılı çerçeve b) Bit yapılı çerçeve	31
Şekil 3.3. Asenkron seri iletim	32
Şekil 3.4. Ağ topolojileri a) Ortak yol (Bus) topolojileri, b) Halka (ring) topoloji c) Yıldız (star) topoloji	34
Şekil 3.5. Segment uzunluğuna bağlı olarak veri iletim hızı değişimi	37
Şekil 3.6. OSI Başvuru modeli katmanları.....	38
Şekil 3.7. Profibus protokol mimarisi	40
Şekil 3.8. Master ve slave aygıtların bulunduğu hibrit bir sistem.....	42
Şekil 3.9. Master-slave haberleşmesi	43
Şekil 3.10. Veri aktarımında kullanılan çeşitli kablolar	44

Şekil	Sayfa
Şekil 3.11. PLC'lerin yapısı	46
Şekil 3.12. Simatic manager ile bir plc'nin programlama ve çalışma süreci .	47
Şekil 4.1. Micromaster 440 ön paneli	49
Şekil 4.2. Micromaster 440 Kontrol bağlantıları.....	50
Şekil 5.1. Profibus tabanlı ASM denetiminin blok şeması	52
Şekil 5.2. Simatic manager hardware görüntüsü.....	53
Şekil 5.3. Step 7'de hazırlanmış fonksiyon ve veri blokları	55
Şekil 5.4. MM 440'a ait adresler	55
Şekil 5.5. VAT_2 Bloğuna ait veriler.....	56
Şekil 5.6. Win CC'de oluşturulmuş iç etiketler.....	57
Şekil 5.7. WinCC'de hazırlanmış arayüz	58
Şekil 5.8. ASM'un Yüksüz 500 d/d Frekans-Moment-Akım-Gerilim- Güç eğrileri	59
Şekil 5.9. ASM'un 10 Nm 500 d/d Frekans-Moment-Akım-Gerilim- Güç eğrileri	60
Şekil 5.10. ASM'un 20 Nm 500 d/d Frekans-Moment-Akım-Gerilim- Güç eğrileri	61
Şekil 5.11. ASM'un Yüksüz 1000 d/d Frekans-Moment-Akım-Gerilim- Güç eğrileri	62
Şekil 5.12. ASM'un 10 Nm 1000 d/d Frekans-Moment-Akım-Gerilim- Güç eğrileri	63
Şekil 5.13. ASM'un 20 Nm 1000 d/d Frekans-Moment-Akım-Gerilim- Güç eğrileri	64
Şekil 5.14. ASM'un Yüksüz 1500 d/d Frekans-Moment-Akım-Gerilim- Güç eğrileri	65
Şekil 5.15. ASM'un 10 Nm 1500 Frekans-Moment-Akım-Gerilim-Güç eğrileri	66

Şekil	Sayfa
Şekil 5.16. ASM'un 20 Nm 1500 d/d Frekans-Moment-Akım-Gerilim- Güç eğrileri	67
Şekil 5.17. ASM'un değişik hız ve yük değerlerinde Frekans-Moment-Akım-Gerilim- Güç eğrileri	68

SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler	Açıklama
ASM	Asenkron motor
DA	Doğru akım
$L_{s\ell}$	Stator kaçak endüktansı (H)
$\mathfrak{R}_{AG}$	Havanın relüktansı (ATur/Web)
$\phi_{s\ell}$	Stator toplam kaçak akısı (Web)
N_s	Stator spir sayısı (Tur)
I_s	Stator akımı (A)
f_s	Stator frekansı (Hz)
$X_{s\ell}$	Stator kaçak reaktansı (Ω)
E_{r0}	Rotor dururken rotor sargılarında endüklenen gerilim
E_r	Kaymanın herhangi bir değerindeki rotorda endüklenen gerilim
X_{r10}	Rotor dururken rotor sargılarının kaçak reaktansı
X_{r1}	Kaymanın herhangi bir değerindeki rotor kaçak reaktansı
s	Kayma
E_s	Stator sargılarında endüklenen gerilim
E_{r0}	Rotor dururken rotor sargılarında endüklenen gerilim
E_r'	Rotor sargılarında endüklenen gerilimin stator devresine aktarılmış eşdeğeri
X_{r10}	Rotor dururken rotor devresi kaçak reaktansı
X_{r1}'	Rotor devresi kaçak reaktansının stator devresine aktarılmış eşdeğeri
R_r	Rotor devresi direnci

Simgeler**Açıklama**

R_r'	Rotor devresi direncinin stator devresine aktarılmış eşdeğeri
I_r	Rotor devresinden geçen akım
I_r'	Rotor devresinden geçen akımın stator devresine aktarılmış eşdeğeri
δ	Net akı yoğunluğu ile rotor akı yoğunluğu arasındaki açı.
d,q	İndisleri, senkron hızla dönen referans eksen düzlemi büyüklükleri
s,r	İndisleri sırasıyla stator ve rotor büyüklükleri
v,i	Gerilim ve akım büyüklükleri
M	Ortak endüktans
λ	Manyetik akı bağı
ω_e	Senkron açısal hız (rad/s)
ω_m	Rotorun açısal hızı (rad/s)
T_e	Elektromanyetik moment (Nm)
P	Kutup sayısı
p	Diferansiyel denklem operatörü d/dt
PLC	Programmable Logic Controller
bps	Bit per second
LAN	Local Area Network
WAN	Wind Area Network
ROM	Read Only Memory (Salt Okunur Bellek)
RAM	Random Access Memory (Rastgele Erişimli Bellek)
GSD	Generic Station Description (Donanıma Ait tanımlar)

1. GİRİŞ

Teknolojideki hızlı gelişimin bir sonucu olarak, endüstriyel otomasyon sistemleri ve bu sistemleri oluşturan bileşenler, üretim sahalarına yayılmıştır. Buna bağlı olarak daha çok aygıtın kontrolü, süreçlerin izlenmesi, alarmların, arızaların, proses değişkenlerinin kaydedilmesi ve izlenmesi gerekmektedir. Bilgi her alanda olduğu gibi endüstriyel uygulamalarda da oldukça önemlidir. Keza sistemin doğru çalışması sistemi oluşturan aktif ve pasif elemanlar arasında, bilginin hızlı ve en az hata ile iletilmesi ile mümkün olabilmektedir. Bu noktada bütün bu sistemi oluşturan aktif ve pasif elemanlar arasında hızlı ve en az hata ile bilgiyi taşıyacak ağ yapıları oluşturulmalıdır. Farklı üreticilerin ürettikleri bu aktif ve pasif elemanların uyum içinde çalışması, bilgisayarlar arasında veri aktarılması ve ortak süreçlerin yürütülmesi, karşılıklı çalışabilmenin sağlanabilmesi belli standartlar ile sağlanmalıdır. Uyum içinde çalışabilme ancak alıcının verici tarafından gönderilen bilgiyi doğru şekilde anlaması ile olur. Karşılıklı çalışmada, verici ve alıcı arasında kullanılacak işaretler, veri formatları ve bilgi alışverişinin zamanlamasını düzenleyen bir takım protokoller çerçevesinde olmalıdır.

Günümüzde bütün yukarıda belirtilen süreçlerin içinde elektromekanik ihtiyacı karşılamak için genellikle bir ve üç fazlı asenkron motorlar (ASM) kullanılmaktadır. Sağlam ve güvenilir yapıları, düşük maliyet, ses ve ataletlerinin düşük olması, özellikle sincap kafesli tiplerinde az bakım gerektirmeleri, ağır çevresel ortamlarda çalışabilmeleri gibi üstünlükleri nedeni ile endüstride diğer elektrik motorlarına göre daha yaygın kullanılmaktadırlar. ASM'nin doğru akım (DA) motorlarına göre olumsuz yanı karmaşık kontrol ve dönüşüm algoritmaları gerektirmesidir. Bunun nedeni ise makinanın doğrusal olmayan yapısından kaynaklanmaktadır. Oysa serbest uyarmalı doğru akım makinası doğrusal bir kontrol yapısına sahiptir ve akı ile momenti oluşturan akım bileşenlerinin birbirinden bağımsız olarak kontrol edilebilmektedir. Bu sayede akı sabit tutulduğunda, moment kendini

oluşturan akım bileşeni ile doğrusal olarak kontrol edilmektedir. Momentin akım ile kontrolü, moment değişimlerinde hızlı cevap sağlar.

Güç elektroniği teknolojisindeki gelişmeler, yüksek akım ve yüksek gerilimli yarıiletken devre elamanlarının güvenilir ve ekonomik olarak kullanılabilir hale gelmiştir. Buna bağlı olarak endüstride kullanılan oldukça geniş bir güç aralığında, ASM'nin hız ve moment denetimi için gerekli frekans ve gerilim ayarlı sistemlerin ekonomik olarak üretilmesi mümkün olmuştur. Bugün ASM mikroişlemci kontrollü güç elektroniği devreleriyle kumanda edilmektedir. Endüstride üretim kalitesini ve hızını artırma yöntemlerinden biri olarak otomasyon sistemlerinin kullanımı görülmektedir. Otomasyon yapısını oluşturan önemli faktörlerden biriside ağlardır. Endüstriyel otomasyonda çeşitli ağ protokolleri kullanılmaktadır.

Diğer protokollere oranla oldukça iyi bir performansa sahip olan Profibus; endüstriyel uygulamalarda, görüntü iletimi [1,2], robotik tasarımlarda [3,4], otomasyon ve ağ tabanlı kontrol sistemlerinde [5] kullanılmaktadır. Profibus tabanlı çalışmalarda, PID, fuzzy, genetik gibi çeşitli denetim yöntemleri başarı ile uygulanmıştır [6,7]. Profibus-DP ağının hareket denetiminde kullanımı ve gerçek zamanlı haberleşmedeki gereksinimler bazı çalışmalarda geniş olarak ele alınmıştır [8-10]. İnternet üzerinden kontrol ihtiyacının ortaya çıkmasıyla birlikte, Profibus'ın internetle uyumlu hali olan Profinet uygulamada yer almaya başlamıştır [11].

Benito ve arkadaşları CAN, Profibus-DP, Profibus-FMS ve Modbus plus ağ protokollerinin performanslarını değerlendirmişler avantaj ve dezavantaj durumlarını ortaya koymuşlardır [1].

Lin ve arkadaşları Profibus ve diğer protokollerin dağıtılmış hareket kontrol sistemlerinde kullanımı üzerine teknik karşılaştırmalar yapmışlardır [12].

Liu ve arkadaşları bir yükleme manipülatörünün denetimini Profibus üzerinden gerçekleştirmişler ve üretim verimliliğinin arttığını ifade etmişlerdir [13].

He ve arkadaşları Profibus'a dayalı çok motorlu kontrol sisteminin senkronizasyon denetim stratejisine odaklanmışlar ve senkronizasyon denetim sistemiyle ilgili model sunmuşlardır [14].

Cargill başarılı bir Profibus projesi için etkili tasarım kriterlerini incelemiştir. Bunlara uyulduğunda proje maliyetlerinin önemli miktarda düşürülebileceğini belirtmiştir [15].

Bu güne kadar yapılan çalışmalar; Profibus ve diğer protokollerin karşılaştırılması, sistem performansının önceden kestirilebileceği modellerin oluşturulması, Profibus'ın sayısal kontrol sistemlerinde çeşitli algoritmalarla birlikte kullanımı, ağ gecikmelerini düşürecek algoritma ve metotlar, sistem verimini artıran ve maliyeti düşüren bütüncül yaklaşımlar, Profibus protokolün parametrelerinin gecikme üzerindeki etkileri, hareket kontrol sistemlerinde Profibus tabanlı ağ yapısının kullanımı [16], profibus ağ yapılı kontrol sistemlerinin bilgisayar ortamında simülasyonu, Profibus'lı sistemlerin tasarım kriterleri ve zaman parametrelerinin tahmin edilmesi şeklinde sayılabilir.

Bu çalışmada, endüstriyel sistemlerde en çok kullanılan elektriksel tahrik ekipmanı olan asenkron motorun (ASM) oluşturulmuş Profibus ağı ile uzaktan denetimi gerçekleştirilmiştir. Sistem Master PLC, AC motor, sürücü ve bu donanımlar arasındaki haberleşmeyi sağlayan fiziksel yapı ve protokolleri içeren Profibus ağından oluşmaktadır. ASM'un denetimi geri beslemeli olarak tasarlanmıştır. Profibus ağı ile alınan motor hız bilgisi kullanılarak denetim bilgisi elde edilip ve bu bilgi aynı ağ omurgası üzerinden motora iletilmiştir. Bu tasarımda kontrol gerçek zamanlı gerçekleştirilmiştir. Profibus yüksek hızlı veri iletimi sağladığından, ağ gecikmesinden

kaynaklanan denetim hataları düşük oranda gerçekleşmiştir. Profibus, endüstriyel otomasyon uygulamalarında, özellikle ağ tabanlı kontrol sistemlerinde yaygın olarak kullanılmaya başlanmış ve 5. bölümde belirtilen üstünlükleri nedeni ile kendi sınıfı ağ protokollerine oranla sıkça tercih edilmeye başlanmıştır. Bu çalışmada; sistemin denetimi gerçek zamanlı olmasının yanında, sistem uzaktan da denetlenmiştir. Çalışmanın 2. bölümünde ASM ve denetim yöntemlerine ait genel bilgiler, 3. bölümde bilgisayar haberleşmesi ve ağ teknolojileri ile ilgili bilgiler anlatılırken, Profibus ve benzer protokoller karşılaştırılmıştır. 4. bölümde denetlemede kullanılacak donanımlarla ilgili teknik özellikler anlatılmış 5. bölümde sistemin kurulması anlatılıp, ASM'ye ait çeşitli yük durumlarında hız, moment, akım, gerilim ve güç değerleri alınarak bunlar Wincc programında oluşturulan arayüzde grafiksel forma dönüştürülmüştür ve bu eğriler yorumlanmıştır. Ağ tabanlı sistemlerde meydana gelen ağ gecikmesi incelenmiştir.

2. ASENKRON MOTORLAR

2.1. Giriş

Çalışmanın bu bölümünde kontrolü yapılacak olan ASM'lar hakkında genel bilgi verilmesi amaçlanmıştır. Ayrıca tezin esas konusu olan moment ve hız kontrolünde bilinmesi gereken önemli teorik bilgiler ve terimlerin açıklanması yapılarak, çalışmanın ileriki bölümlerinin daha anlaşılır hale gelmesi amaçlanmıştır.

Endüstride kullanılan motorların içinde, en az arıza yapanı, sağlam ve ucuz olanı asenkron motorlardır. Bu nedenle; endüstriyel uygulamalarda, en fazla kullanılan motor türü asenkron motorlardır. Doğru akım (DA) makinalarının denetimi daha kolay ve dinamik davranış karakteristikleri ASM'lardan daha iyi olmasına rağmen, ASM'lar yukarıda sayılan üstünlükler ve büyük güçte imal edilebilmelerinden dolayı tercih edilmektedir. Bunun yanında ASM fırça ve kolektör yapısı olmadığından, kirli, tozlu ve patlayıcı madde bulunan ortamlarda da kullanılabilirler.

ASM, çalışma prensipleri bakımından transformatörlere benzetilebilirler ve döner transformatör olarak da adlandırılırlar. Ancak transformatörlerde primer ve sekonder devre frekansları eşit iken ASM'da stator ve rotor frekansları farklıdır. Motor kalkınma anında; rotor hızı sıfır olup kayma bir olmaktadır. Bu durumda rotor sargıları kısa devre edilmiş hava aralıklı bir transformatör gibi davranır. Motor dururken sargılar enerjilendirildiğinde bir moment meydana gelir ve bu şekilde motor dönme hareketini başlatır. Motor senkron hızda döndürüldüğünde kayma sıfır olup rotor frekansı sıfırdır. Bu durumda manyetik akının ve rotor iletkenlerinin bağıl hareketi sıfır olduğundan indükleme olayı meydana gelmez ve bunun sonucu motor senkron hızda moment üretemez. Bu nedenle ASM senkron hızda dönemez [17].

ASM'lar motor olarak çalışma durumunda, stator sargıları aldığı elektrik enerjisini mekanik enerjiye çeviren, generator olarak çalışma durumunda ise; rotordan alınan mekanik enerjiyi stator sargılarında elektrik enerjisine çeviren elektromekanik makinalardır. Günümüzde genellikle motor çalışma durumunda bir ve üç fazlı olarak üretilirler. ASM, sağlam ve güvenilir yapıları, düşük maliyet, gürültü ve ataletlerinin düşük olması, özellikle sincap kafesli tiplerinde az bakım gerektirmeleri, ağır çevresel ortamlarda çalışabilmeleri gibi üstünlükleri nedeni ile endüstride diğer elektrik motorlarına göre daha yaygın kullanılmaktadırlar [18,19]. Şekil 2.1'de ASM kesiti görülmektedir.



Şekil 2.1. Asenkron motorun kesiti

2.2. Asenkron Motor Eşdeğer Devre ve Parametreleri

Asenkron motorun stator sargılarından geçen alternatif akım, sargılar etrafında zamana bağlı olarak değişen manyetik akı oluşturur. Bu manyetik akının çok az bir kısmı havadan kaçak olarak devresini tamamlarken, geriye

kalan miktarı da stator ve rotor demir nüveleri ile stator rotor arasındaki hava boşluğundan devresini tamamlar.

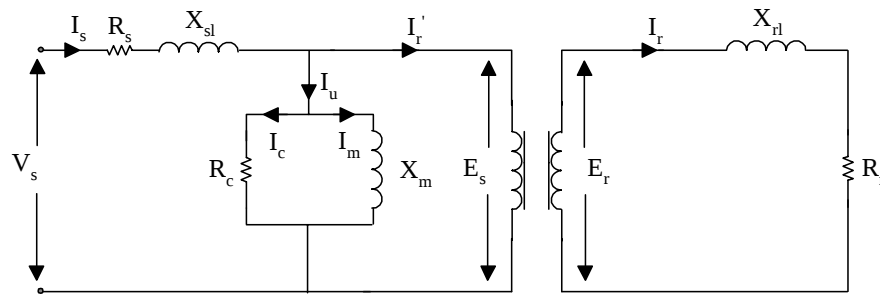
Havadan devresini tamamlayan kaçak akılardan dolayı stator kaçıak endüktans L_{sl} ve dolayısıyla kaçak reaktans X_{sl} oluşur. Ayrıca stator sargılarının iç direnci R_s de stator devresinde stator reaktansına seri bağlanır. Statora uygulanan gerilimin frekansı f_s ise, stator kaçak endüktansı ve reaktansı aşağıdaki gibi ifade edilir:

$$L_{sl} = \frac{N_s^2}{\mathfrak{R}_{AG}} = \frac{\lambda_{sl}}{I_s} \Rightarrow X_{sl} = 2\pi f_s L_{sl} \quad (2.1)$$

Stator sargılarında endüklenen gerilim E_s , statora uygulanan V_s gerilimi ile stator direnç ve kaçak reaktansında düşen gerilimlerin farkına eşittir. Buna göre:

$$\vec{E}_s = V_s - I_s(R_s + jX_{sl}) \quad (2.2)$$

Statordan çekilen I_s akımı, rotor ve manyetik devreden geçen akımı karşıladığından dolayı, stator akımı I_r' ve I_u olarak ikiye ayrılır. Uyarım devresinden geçen akım stator kaçıak endüktansla doyma noktasına kadar lineer olarak değişir. Bundan dolayı uyarım akımı I_u , E_s gerilimine paralel bir koldan geçen akım olarak gösterilir.



Şekil 2.2. Asenkron motorun komple bir faz eşdeğer devresi

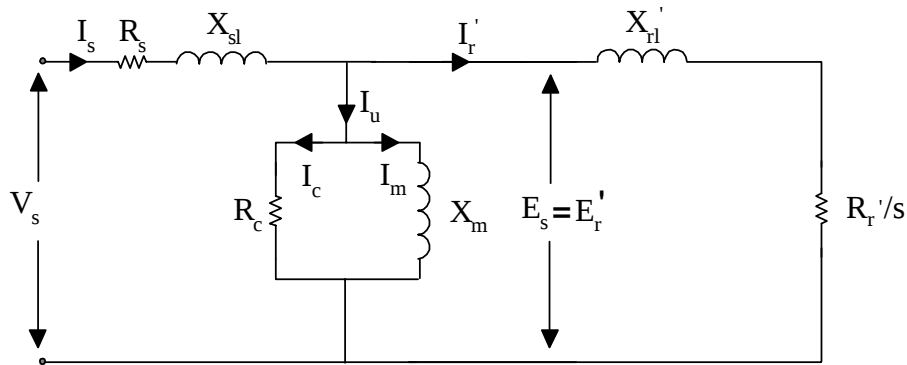
Rotor devresine bakıldığında ise rotor empedansının kaymaya bağlı olarak değiştiği görülür. Şekil 2.2'deki rotor devresinin değerleri E_r ve X_{rl} değerleri kayma ile ilişkili olup Eş. 2.3'de ifade edilmektedir.

$$E_r = sE_{r0} \quad X_{rl} = sX_{rl0} \quad (2.3)$$

Bu ifadelerle göre rotor eşdeğer devresi Şekil 2.3'te görüldüğü gibi tekrar çizilebilir. Şekil 2.3'te göre rotor akımı, rotor sargılarında endüklenen E_r geriliminin rotor empedansına bölümüne eşittir.

Eşdeğer devrenin basitleştirilmesi bakımından rotor devresine ait değerler statora aktarılır. Aktarma işlemi yapılırken aşağıdaki formüller kullanılır:

$$\left. \begin{aligned} a &= \frac{N_1}{N_2}; & E_s &= E_r' = aE_{r0}; \\ X_{rl}' &= a^2 X_{rl0}; & R_r' &= a^2 R_r; & I_r' &= \frac{I_r}{a} \end{aligned} \right\} \quad (2.4)$$



Şekil 2.3. Asenkron motorun (rotor devresi) statora aktarılmış komple bir faz eşdeğer devresi.

Rotor devre değerleri statora aktarılırsa Şekil 2.3 elde edilir. Bu eşdeğer devreye göre, asenkron motorun direnç ve kaçak reaktans değerleri bilinirse, stator akımı, rotor akımı, güç kayıpları, çıkış gücü ve verimi hesaplanabilir.

2.3. Asenkron Motorlarda Endüklenen Moment

ASM yüklü ve boşta çalışırken rotor üzerinde endüklenen gerilim, rotor akımı ile stator ve rotor manyetik akı yoğunlukları arasındaki açılar farklılık göstermektedir. Dönmekte olan bir ASM'de endüklenen moment genel olarak Eş.2.5'deki gibi ifade edilebilir [18].

$$T_{ind} = k B_r B_{net} \sin \delta \quad (2.5)$$

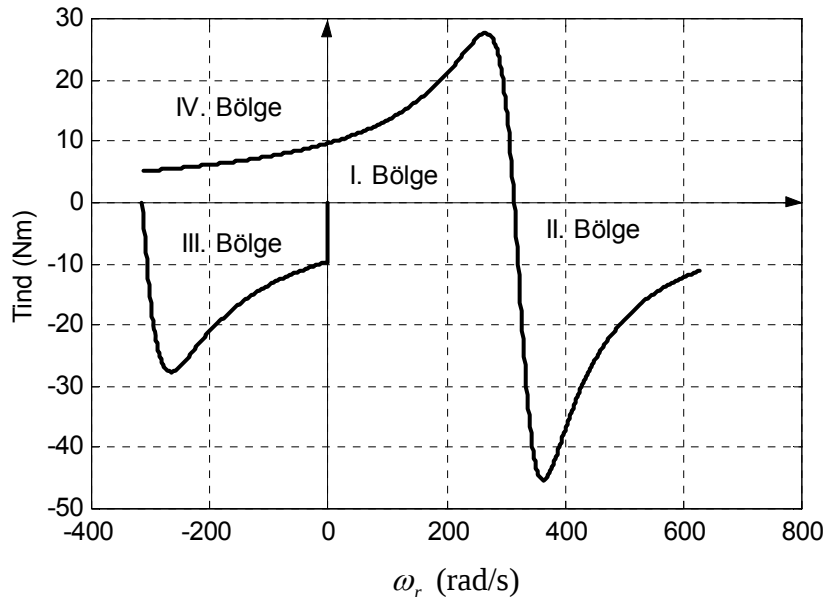
Eş. 2.5'de görüldüğü gibi, moment rotor manyetik akı yoğunluğuna bağlı olarak azalmaktadır. Motor yüklendikçe, rotor hızı yüke bağlı olarak azalmakta ve dolayısıyla kayma artmaktadır. Bunlara bağlı olarak rotor hızı ve stator döner alan hızı arasındaki bağıl hız artmaktadır. Hız farkına bağlı olarak, rotorda endüklenen gerilim ve rotor akımı artar. Rotor akımı arttığında ise rotor manyetik akı yoğunluğu artmaktadır. Rotor manyetik akı yoğunluğundaki artış ise Eş. 2.5'de görüldüğü gibi endüklenen momenti artırırken, δ açısındaki artış ise momentin azalmasına sebep olmaktadır. Çünkü, moment $\sin \delta$ ifadesiyle doğru orantılı ve $\delta > 90^\circ$ dir. Rotor manyetik akı yoğunluğu B_r 'nin momente olan etkisi $\sin \delta$ 'ya göre daha fazla olduğundan sonuç olarak moment artar. Diğer bir ifadeyle ASM'de üretilen moment, hava aralığı gücü P_{AG} 'nin senkron açısal hız ω_s 'ye bölümüne eşittir. Buna ait ifade Eş. 2.6'da görülmektedir [18].

$$T_{ind} = \frac{P_{AG}}{\omega_s} \quad (2.6)$$

Rotor direnci ve kayma cinsinden Eş. 2.7'de görülmektedir.

$$T_{ind} = 3 \frac{1}{\omega_s} I_r^2 \frac{R_r}{s} \quad (2.7)$$

ASM'nin dört bölgedeki moment-hız karakteristik eğrisi de Şekil 2.4'de verilmiştir. Senkron hız değerinde rotor çubukları stator manyetik akısı tarafından kesilmediğinden motorda endüklenen moment sıfırdır. Senkron hıza yakın noktalarda, boş ve yüklü çalışma noktalarında, üretilen moment ile hız arasındaki bağıntı lineerdir [18].



Şekil 2.4. Sincap kafesli asenkron motorun dört bölgedeki moment-hız karakteristik eğrileri.

2.4. Simetrik Asenkron Makina Modeli

Mühendislikte, tasarım ve analizde ilk aşama; ele alınan fiziksel sistemin aslına olabildiğince yakın bir matematiksel modelini oluşturmaktır. Özellikle bilgisayar destekli tasarım ve analizin son derece yaygın olarak kullanıldığı günümüzde kurulacak ya da seçilecek matematiksel modelin incelenen problemlere uyumu, değişik incelemelere uygulanabilirliği analizin başarısı açısından çok önemlidir.

Doğal olarak, incelenen sistemin tüm fiziksel özelliklerini içeren, sistem cevaplarını aslına tamamen uygun olarak verebilecek bir matematiksel modelin kurulması, her sistem için uygun değildir. Uygulamada karşılaşılan

karmaşık, birden fazla parametreye sahip sistem davranışlarının tümü kurulacak matematiksel modele yansıtılamaz. Genelde izlenen yol, modelin boyutları, bilgisayar yazılım ve donanım olanakları, sonuçların duyarlılık düzeyi gibi birçok unsur göz önüne alınarak, sistem büyüklüklerini etkilemeyecek ve analizin amaçlarını zedelemeyecek ölçüde varsayımlar ve ihmallere yapmaktır[20].

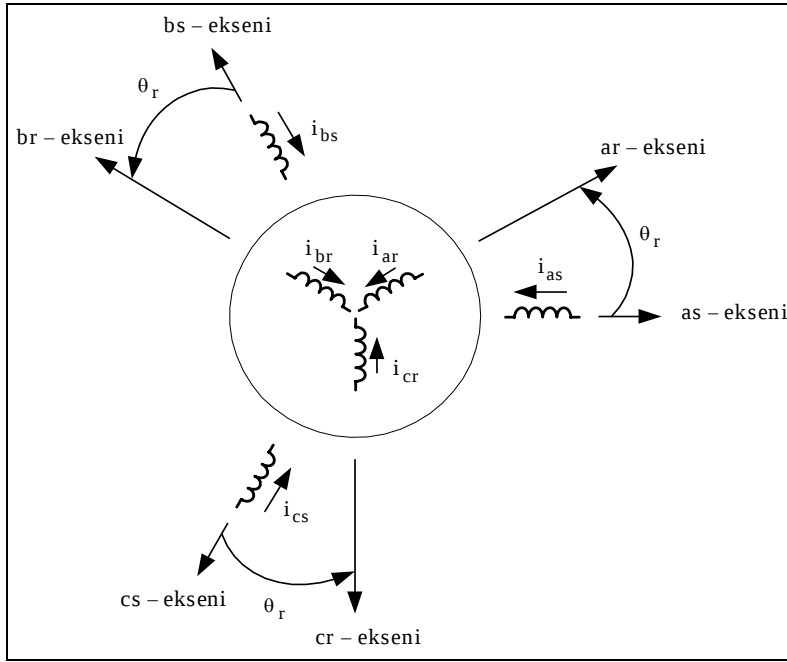
Simetrik asenkron makina modelinde makina çok girişli, tek çıkışlı elektro mekanik enerji dönüşümü yapan bir sistem olarak göz önüne alınır. Model bazı varsayımlar üzerine kurulmuştur. Bunlar;

1. Hava aralığının rotor boyunca düzgün olduğu ,
2. Rotor ve stator sargılarının hava aralığı boyunca harmoniksiz, saf sinüsoidal bir manyeto motor kuvvet oluşturacak şekilde yerleştirildiği,
3. Manyetik devrenin ideal kabulü, kayıpların ve doymanın ihmal, olarak sıralanabilir.
4. Akım yığılması (deri olayı) olayının ihmal edildiği,
5. Histerisiz ve fuko kayıplarının ihmal edildiği,
6. Stator ve rotor sargı direnç ve endüktanslarının frekans ve sıcaklık etkisi ile değişmediği,
7. Rotor çubuklarının, rotor eksenine göre simetrik olarak yayıldığı şeklinde sıralanabilir [21]

Simetrik modelin literatürde çok uzun süredir yaygın olarak kullanılması, varsayımların sonuçlarda büyük hatalar meydana getirmediği ve modelin yeterince gerçekçi olduğunu göstermektedir. Bununla beraber yukarıda bahsedilen varsayımlar bir yana bırakılarak, modeli gerçek fiziksel sisteme daha duyarlı hale getirmek mümkündür [21,22].

Stator ve rotor sargılarının dengeli olduğu kabul edilirse, stator sargıları as, bs, cs olarak isimlendirilir ve eşit spirde sarıldığı kabul edilir. Sargılar arasında $\pm 120^\circ$ faz farkı olup simetrik olarak stator oyuklarına yerleştirilmiştir.

İndis olarak “s” kullanılması “stator” veya “durağan” sargılarını ifade etmektedir. Rotor sargıları da aynı şekilde simetrik olduğu kabul edilir ve rotor sargıları ar, br ve cr isimlendirmelerini alır. İndis olarak “r” nin manası “rotor” veya “döner” sargılarını ifade etmektedir. Stator ve rotorun manyetik eksen düzlemindeki yerleşimi Şekil 2.5’ de verilmiştir.



Şekil 2.5. 3 fazlı asenkron makinanın manyetik ekseninde gösterimi.

Stator ve rotor devresi için 3 fazlı asenkron makinanın gerilim eşitlikleri aşağıdaki gibi ifade edilebilir [23].

$$\begin{aligned} v_{as} &= r_s i_{as} + \frac{d\lambda_{as}}{dt} \\ v_{bs} &= r_s i_{bs} + \frac{d\lambda_{bs}}{dt} \\ v_{cs} &= r_s i_{cs} + \frac{d\lambda_{cs}}{dt} \end{aligned} \quad (2.8)$$

Burada, r_s ; stator faz direncini, $\lambda_{as}, \lambda_{bs}, \lambda_{cs}$; stator faz akıları ifade etmektedir. Rotor gerilim eşitlikleri ise,

$$\begin{aligned}
v_{ar} &= r_r i_{ar} + \frac{d\lambda_{ar}}{dt} \\
v_{br} &= r_r i_{br} + \frac{d\lambda_{br}}{dt} \\
v_{cr} &= r_r i_{cr} + \frac{d\lambda_{cr}}{dt}
\end{aligned} \tag{2.9}$$

Burada r_r ; rotor faz direncini, $\lambda_{ar}, \lambda_{br}, \lambda_{cr}$; rotor faz akıları ifade etmektedir. Stator ve rotor fazlarındaki değişimler, akı değerlerinde birbirlerine etki etmektedir. Makinanın faz akıları akımlara bağlı olup aşağıdaki şekildeki gibi ifade edilebilir,

$$\begin{aligned}
\lambda_{abcs} &= \lambda_{abcs(s)} + \lambda_{abcs(r)} \\
\lambda_{abcr} &= \lambda_{abcr(s)} + \lambda_{abcr(r)}
\end{aligned} \tag{2.10}$$

Yukarıdaki eşitlikler matrisel formdaki ifadeler olup aşağıdaki gibi tanımlanabilir,

$$\lambda_{abcs} = \begin{bmatrix} \lambda_{as} \\ \lambda_{bs} \\ \lambda_{cs} \end{bmatrix} \quad \text{ve} \quad \lambda_{abcr} = \begin{bmatrix} \lambda_{ar} \\ \lambda_{br} \\ \lambda_{cr} \end{bmatrix} \tag{2.11}$$

Eş. 2.10' da görüleceği üzere tüm değişkenler aynı düzleme aktarılmaktadır. Stator düzleminde faz akıları bulunacak olursa; stator faz akımlarının oluşturduğu akılarının stator düzlemindeki değeri ile rotor faz akımlarının oluşturduğu akılarının stator düzlemine aktarılmış değerlerinin toplamına eşit olduğu görülecektir.

$$\lambda_{abcs(s)} = \begin{bmatrix} L_{as} & L_{abs} & L_{acs} \\ L_{abs} & L_{bs} & L_{bcs} \\ L_{acs} & L_{bcs} & L_{cs} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_{as} \\ i_{bs} \\ i_{cs} \end{bmatrix} \tag{2.12}$$

$$\lambda_{abcs(r)} = \begin{bmatrix} L_{as,ar} & L_{as,br} & L_{as,cr} \\ L_{bs,ar} & L_{bs,br} & L_{bs,cr} \\ L_{cs,ar} & L_{cs,br} & L_{cs,cr} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_{ar} \\ i_{br} \\ i_{cr} \end{bmatrix} \quad (2.13)$$

$$\lambda_{abcr(s)} = \begin{bmatrix} L_{ar,as} & L_{ar,bs} & L_{ar,cs} \\ L_{br,as} & L_{br,bs} & L_{br,cs} \\ L_{cr,as} & L_{cr,bs} & L_{cr,cs} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_{as} \\ i_{bs} \\ i_{cs} \end{bmatrix} \quad (2.14)$$

$$\lambda_{abcr(r)} = \begin{bmatrix} L_{ar} & L_{abr} & L_{acr} \\ L_{abr} & L_{br} & L_{bcr} \\ L_{acr} & L_{bcr} & L_{cr} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_{as} \\ i_{bs} \\ i_{cs} \end{bmatrix} \quad (2.15)$$

Statorun bir faz endüktansı, kaçak endüktans (L_{ls}) ve mıknatıslama endüktansından (L_{ms}) oluşur. Dengeli sitemlerde her faz endüktansı aynı olup ifadesi şu şekilde yazılabilir,

$$L_{as} = L_{bs} = L_{cs} = L_{ls} + L_{ms} \quad (2.16)$$

Sargılar arasındaki ortak endüktansın ifadesi ise aşağıdaki gibi yazılabilir,

$$L_{abs} = L_{bcs} = L_{cas} = -\frac{L_{ms}}{2} \quad (2.17)$$

Stator sargılarının as, bs ve cs fazlarına bağlı olarak akı bağlarının matrissel olarak ifadesi yazılacak olursa; Eş. 2.18 elde edilir.

$$\lambda_{abcs(s)} = \begin{bmatrix} L_{ls} + L_{ms} & -\frac{L_{ms}}{2} & -\frac{L_{ms}}{2} \\ -\frac{L_{ms}}{2} & L_{ls} + L_{ms} & -\frac{L_{ms}}{2} \\ -\frac{L_{ms}}{2} & -\frac{L_{ms}}{2} & L_{ls} + L_{ms} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_{as} \\ i_{bs} \\ i_{cs} \end{bmatrix} \quad (2.18)$$

Stator ve rotor sargıları arasında ortak bağ bulunmaktadır. Rotor devresine ait büyüklükler stator eksenine taşınırken stator ve rotor eksenleri arasındaki faz açısına bağlı olarak değer alacaktır. Şekil 2.5'de görüleceği üzere stator eksenini ile rotor eksenini arasında faz açısı bulunmaktadır. Stator durağan kısımda, rotor ise dönen kısımda bulunmaktadır. Rotor devresine ait akı değerinin statora aktarılması işleminde mıknatıslama endüktansı ve rotor akımları kullanılacaktır. Rotor akım değerlerinin de statora taşınması gerekir. Bu işlem için dönüştürme katsayısı kullanılır. Bu dönüşüm işlemi için stator ve rotor siper sayılarının birbirine oranı (N_s / N_r) baz alınır [24].

$$\lambda_{abcs(r)} = \frac{N_s}{N_r} L_{ms} \begin{bmatrix} \cos \theta_r & \cos(\theta_r + 2\pi/3) & \cos(\theta_r - 2\pi/3) \\ \cos(\theta_r - 2\pi/3) & \cos \theta_r & \cos(\theta_r + 2\pi/3) \\ \cos(\theta_r + 2\pi/3) & \cos(\theta_r - 2\pi/3) & \cos \theta_r \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_{ar} \\ i_{br} \\ i_{cr} \end{bmatrix} \quad (2.19)$$

Stator sargılarının toplam akı bağı stator ve rotor devrelerinin toplamı olup bu ifade Eş. 2.10' da verilmiştir. Üç fazdan iki faza dönüşüm sırasında

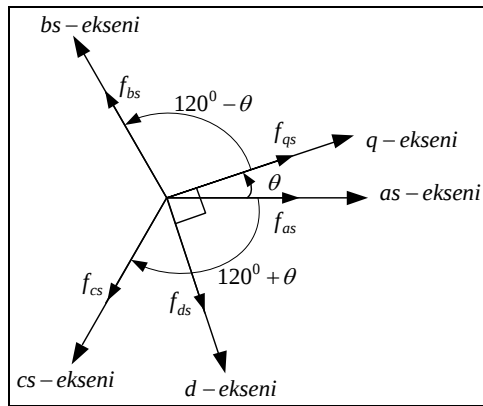
$$L_m = \frac{3}{2} L_{ms} \text{ alınması gerekir [23,24].}$$

2.5. Üç Fazdan İki Faza Dönüşüm

ASM'un dinamik performansını analiz etmek üzere kullanılan ve Eş.2.8 ve 2.9'da verilen gerilim denklemlerinde, ASM'un bazı endüktanslarının zamanla değiştiği görülmektedir. Bu değişim, rotor devrinin bir fonksiyonu olarak meydana gelmektedir. Diferansiyel denklemlerdeki katsayılar rotorun durması haricinde zamanla değişmektedir. Değişkenlerin yeniden tanımlanması ile diferansiyel denklemlerin karmaşıklığı azaltılabilmekte ve bu işlem transformasyon olarak adlandırılır. Genel transformasyonda makinanın gerçek değişkenleri başka bir referans düzlemde tanımlanabilir. Bu düzlem keyfi referans düzlemidir. Bilinen bütün transformasyonlar, bu genel transformasyondan elde edilebilir. Bunu için sadece kullanılacak referans düzlemin döner hızının bilinmesi yeterli olmaktadır.

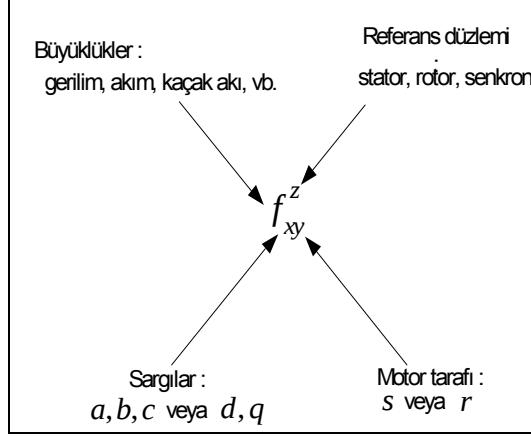
Elektrik makinalarının analizinde zamanla değişen endüktansları yok etmek için kullanılan değişkenlerin yeniden tanımlanması yöntemi, diğer çeşitli statik, sabit parametrelili güç sistem elemanlarının analizinde de kullanılmaktadır [25,26].

ASM'un bütün sargıları arasında manyetik bir etkileşim bulunmaktadır. DA motorlarında olduğu gibi hava aralığı mmk'i iki dik eksen yönünde bileşenlerine ayrılacak olursa bu etkileşim basitleştirilmiş olur. İki eksen genellikle dq (direct ve quadrature) olarak gösterilir. Stator ve rotor için kabul edilen ortak düzlem, rotor dönüş açısına bağlı değildir. Bu düzlem tamamen keyfi olarak seçildiğinden bu düzleme keyfi referans düzlemi denir ve stator fazlarından herhangi birine göre rasgele seçilmiş bir açıda (θ) konumlandırılabilir. Stator ve rotor devresine ait değişkenler bu iki düzleme aktarılır. Şekil 2.6'da üç fazlı abc eksenini ile iki fazlı dq eksenini arasındaki geometrik ilişki görülmektedir. Şekil 2.6 incelenecek olursa as eksenini ile q eksenini arasında θ açısı olup, d eksenini q eksenine göre 90° geridedir. Şekil 2.6'daki stator referans düzlemine ait dönüşümler matrissel olarak Eş.2.20 ve Eş.2.21'de verilmiştir. Üç fazlı sistemdeki her bir sargının sarım sayısı N olup iki fazlı sistemde ise her bir sargının sarım sayısı $3N/2$ ' dir. Böylece her iki sistemde aynı mmk üretilmiş olur [23].



Şekil 2.6. abc -ekseninden dq -eksenine dönüşüm.

Üç fazlı düzlemden iki fazlı düzleme dönüşüm Eş. 2.20'da verilmiştir.



Şekil 2.7. Dönüşüm büyüklüklerinin sembolleri

$$\begin{bmatrix} f_{qs} \\ f_{ds} \\ f_{os} \end{bmatrix} = \frac{2}{3} \begin{bmatrix} \cos \theta & \cos\left(\theta - \frac{2\pi}{3}\right) & \cos\left(\theta + \frac{2\pi}{3}\right) \\ \sin \theta & \sin\left(\theta - \frac{2\pi}{3}\right) & \sin\left(\theta + \frac{2\pi}{3}\right) \\ \frac{1}{2} & \frac{1}{2} & \frac{1}{2} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} f_{as} \\ f_{bs} \\ f_{cs} \end{bmatrix} \quad (2.20)$$

İki fazlı düzlemden üç fazlı düzleme ters dönüşüm ise Eş.2.21'de görülmektedir.

$$\begin{bmatrix} f_{as} \\ f_{bs} \\ f_{cs} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos \theta & \sin \theta & 1 \\ \cos\left(\theta - \frac{2\pi}{3}\right) & \sin\left(\theta - \frac{2\pi}{3}\right) & 1 \\ \cos\left(\theta + \frac{2\pi}{3}\right) & \sin\left(\theta + \frac{2\pi}{3}\right) & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} f_{qs} \\ f_{ds} \\ f_{os} \end{bmatrix} \quad (2.21)$$

Eş. 2.20 ve Eş. 2.21' deki sistem dengeli ise f_0 ifadesinin değeri sıfıra eşittir. ASM'a ait faz gerilimleri veya akımlarının dengeli olmaması durumunda eşitliklerde f_0 bileşeninde işlemlere katılmalıdır. Rotora ait değişkenlerde

benzer şekilde yeni düzleme aktarılmalıdır. Eş. 2.20 ve Eş.2.21’ deki bu dönüşümler rotor referans düzlemi içinde yapılır.

Eş. 2.20, Eş. 2.21 ve Şekil 2.7’de kullanılan “ f ” sembolü gerilim (v), akım (i) ve kaçak akı (λ) vb. büyüklükleri, “ z ” sembolü referans düzlemlerini, “ x ” sembolü a, b, c veya d, q sargılarını, “ y ” sembolü motorun stator (s) veya rotor (r) kısmı olduğunu ifade etmektedir [25].

Dönüşüm yeni seçilen referans düzlemin statorun bir fazına göre yaptığı açı ile rotor dönüş açısı kullanılarak gerçekleştirilir. $d-q$ düzlemine stator ve rotora ait değişkenlerin aktarılması ile rotor açısına göre değişmeyen sabit değerler elde edilmektedir. Bu dönüşüm sayesinde birbirinden 90° faz farklı iki eksenle elde edilen büyüklükler ASM’un matematiksel modellenmesi ve sistemin dinamik tepkilerinin ölçülmesi için kullanılır. Buna benzer şekilde ters dönüşüm yapılarak $d-q$ düzleminde elde edilen büyüklükler tekrar üç faz düzlemine aktarılabilir. Bu sayede ASM’un herhangi bir t anı için tüm değişkenlerinin sahip olduğu büyüklükler bilinebilir. Belirtilen ters dönüşüm ifadesi Eş.2.21’de verildiği gibi olur. Belirtilen düzlemin durağan olması, eşitliklerin stator faz eksenlerinden birine sabitlenmesi ile mümkün olabilir [27].

2.6. Asenkron Motorun dq0 Modeli

Asenkron motorun üç faz denklemleri senkron hızda dönen d-q eksen düzleminde aşağıdaki gibi yazılır;

$$v_{qs} = R_s i_{qs} + p\lambda_{qs} + \omega_e \lambda_{ds} \quad (2.22)$$

$$v_{ds} = R_s i_{ds} + p\lambda_{ds} - \omega_e \lambda_{qs} \quad (2.23)$$

$$0 = R_r i_{qr} + p\lambda_{qr} + (\omega_e - \omega_m) \lambda_{dr} \quad (2.24)$$

$$0 = R_r i_{dr} + p\lambda_{dr} - (\omega_e - \omega_m) \lambda_{qr} \quad (2.25)$$

$$\lambda_{qs} = L_s i_{qs} + M i_{qr} \quad (2.26)$$

$$\lambda_{ds} = L_s i_{ds} + M i_{dr} \quad (2.27)$$

$$\lambda_{qr} = L_r i_{qr} + M i_{qs} \quad (2.28)$$

$$\lambda_{dr} = L_r i_{dr} + M i_{ds} \quad (2.29)$$

$$T_e = P \frac{M}{L_r} (\lambda_{dr} i_{qs} - \lambda_{qr} i_{ds}) \quad (2.30)$$

$$T_e = J \left(\frac{2}{P} \right) p \omega_r + T_L \quad (2.31)$$

Geçici ve sürekli rejimde kontrolü sağlamak için geliştirilen vektör kontrol yöntemi, motorun senkron hızda dönen dq0 koordinat sisteminde elde edilmiş modeline dayanmaktadır.

Doğrudan vektör kontrolünde, birim vektörlerin oluşturulmasında zorluklar ortaya çıkmaktadır. Dolaylı alan yönlendirme olarak bilinen diğer yöntem ise K. Hasse tarafından önerilmiştir. Bu yöntemin temel yaklaşımı herhangi bir i_{ds}, i_{qs} çiftinin sadece tek bir kayma açısal frekansı tanımlaması ilkesinden yararlanılarak rotor akı vektörünün açısal konumunun hesap yolu ile belirlenmesidir. Dolaylı vektör kontrolünde birim vektörler ya kontrol büyüklüklerinden elde edilir ya da kendileri bir kontrol büyüklüğü olarak sisteme verilir. Bu kontrol yöntemi ile geniş bir aralıkta hız kontrolü yapılabilmektedir. Dolaylı vektör kontrolü ile sürücü sistem dört bölgede de çalıştırılabilir ve hız gerçekten tam sıfır değerine kadar kontrol edilir [28].

2.7. Asenkron Motor Denetim Yöntemleri

Endüstride mekanik güç kaynakları olarak, yaygın bir şekilde kullanılan elektrik motorları; birçok uygulamalarda kaynağa direk olarak bağlanırlar ve kendi moment-hız karakteristiklerinin ve mekanik yükün özelliklerinin

belirlediği bir çalışma noktasında, yükün gerektirdiği momenti kararlı bir hızda üretirler. Eğer yük momenti değişirse, moment-hız karakteristiği üzerinde başka bir çalışma noktasına geçilir. Bazı diğer uygulamalar da ise, motoru kendi iç özellikleri altında çalıştırmak yerine, yükün gerektirdiği uygun bir şekilde çalışmasını sağlamak amacıyla denetleyici devreler kullanılır. En yaygın olarak denetlenen değişken hızdır. Fakat momentin de denetlenmesi gerekebilir [29].

Devir sayısı kontrolünde uzun süreli çalışma özelliği aranır. Yol verme yöntemleri, devir sayısı kontrol yöntemlerine benzemesine rağmen, yol vermede hem yol verme süresi son derece kısadır, hem de amaç, önceden tespit edilmiş bir devir sayısına ulaşmak değildir. Senkron hıza yakın herhangi bir değere ulaşılabilir. Hız kontrolünde ise beklenen erişilmesi gereken bir hız değeri vardır ve bu hızda uzun süreli çalışma amaçlanır. Bu nedenle yol verme ve hız denetiminde kullanılan yöntemler birbirine benzeseler bile denetimi gerçekleştirmek için kullanılan cihazların arasında yapısal farklılıklar vardır [30].

ASM'nin değişken hızlı tahrik sistemlerinin denetiminde stator geriliminin genlik ve frekansının değişimine dayalı yöntemler temel olarak iki kısma ayrılabilir.

- a) Skaler kontrol yöntemleri
- b) Vektörel (vektör) kontrol yöntemleri

ASM'nin değişken hız denetimi, skaler ve vektörel olmak üzere iki farklı şekilde yapılabilmektedir. Skaler hız denetim yönteminde, motorun sürekli durum modeli kullanılır ve gerilimin frekansa oranı (V/f) sabit tutularak hız denetimi yapılır. Ancak skaler hız denetiminde, makinanın elektriksel ve mekanik dinamiği arasındaki doğrusal olmayan kenetleme etkisi nedeniyle yüksek başarımlar elde edilmesi oldukça güçtür. Bu sorunu ortadan kaldırmak üzere standart hız denetim döngüsünün yanı sıra, daha içte bir çevrim

oluşturularak akı ve moment arasındaki kenetleme etkisinin kaldırıldığı vektör denetim yöntemleri geliştirilmiştir. Vektör denetim yöntemleriyle ASM'un akı ve moment arasındaki kenetleme ortadan kaldırılarak moment bağıntısı, bir doğru akım motorunun moment bağıntısına benzer hale gelmektedir. Böylece, ASM'un vektör denetimi ile tıpkı doğru akım motorlarında olduğu gibi akı bileşeni sabit tutularak stator akımının moment bileşeni ile moment doğrusal olarak denetlenebilir. ASM'un moment ve akı arasındaki kenetleme etkisi nedeniyle bu motorlardan yüksek başarımlar elde edilmesi oldukça güçtür. ASM'un denetiminde karmaşık bazı yöntemler kullanılmaktadır. Günümüzde yaygın olarak kullanılan denetim yöntemleri, sürekli durum modelinden çıkarılan skaler denetim yöntemi ve motorun dinamik modelinden elde edilen vektörel denetim yöntemidir[31,32].

2.7.1. Doğrudan moment denetimi (DTC)

ASM denetiminde son yıllarda, stator akı ve elektromanyetik momentinin her ikisinin aynı zamanda denetimi temel ilkesine dayanan direkt moment denetim (DTC) tekniği önerilmektedir. Bu yöntem geleneksel vektör denetimli sürücüler ile karşılaştırıldığında, koordinat transformasyonuna gerek kalmadan moment ve akının ayrıştırılmasını sağlar, bundan dolayı hızlı moment tepkisi sağlarlar. Bu yöntemde, başlama ve düşük hız bölgesinde problemler meydana gelir, ayrıca momentin değişimi esnasında da problemler oluşur, akı ve moment tahmincisine gerek vardır, akım denetiminde histerisiz bant kullanıldığından değişken anahtarlama frekansı ve momentte dalgalıklar oluşmaktadır [24,33-35].

2.7.2. Vektör Denetimi

Skalar denetim yöntemlerinin kullanılması ile elde edilen değişken hızlı ASM sürücü sistemlerinin kararlı durum performansları iyi fakat dinamik cevaplama performansları iyi değildir. Hava aralığı akısındaki salınımlar dinamik tepkiyi kötüleştirerek elektromanyetik momentte salınımlara neden olmaktadır. Eğer

bu göz önünde bulundurulmazsa hızda salınımların oluşmasına yol açar. Yüksek performanslı sürücü sistemlerinde, hızlı ve hassas pozisyon ve hız denetimi gerektiğinden hız ve momentteki salınım sistemin kararlılığını bozacaktır.

Yukarıdaki sakıncalar gidermek için akı ve momentin ayrı ayrı kontrol edilmesi gerekmektedir. Bu kontrol yöntemine vektör denetimi ya da alan yönlendirmeli denetim adı verilir.

ASM'un alan yönlendirmeli denetimi, momentin ve akının birbirinden bağımsız denetlenebilen bileşenlerden oluşturulması temeline dayanır. Burada istenen yapı doğru akım motorlarındaki moment kontrol özelliklerinin elde edilmesidir. Vektör kontrollü ASM sürücüsü, yabancı uyarımlı DA motorlarına benzemektedir. Bu durum Şekil 2.8'de gösterilmiştir. Yabancı uyarımlı DA motorlarında moment ifadesi Eş.2.32' deki gibi bulunur [34,35].

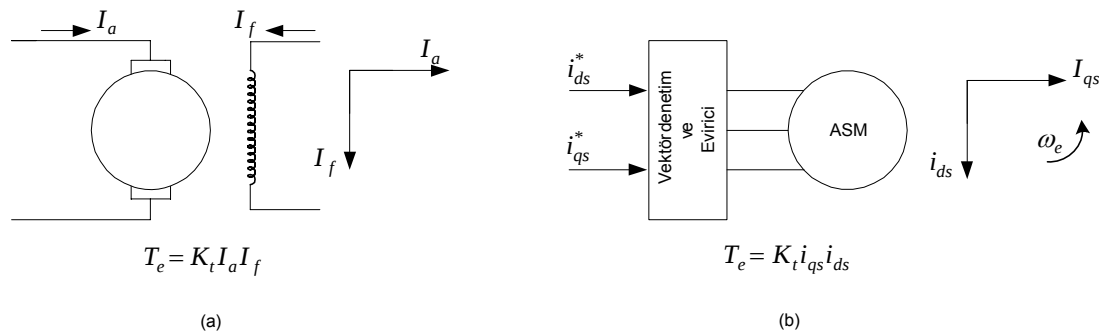
$$T_e = K_t I_a I_f \quad (2.32)$$

Burada I_a endüvi akımı (moment bileşeni), I_f uyarım akımı (alan bileşeni) ve K_t motorun moment sabitidir. Bir DA motorunun manyetik yapısını I_f uyarım akımı tarafından üretilen λ_f uyarım akısı ve I_a endüvi akımı tarafından üretilen λ_a endüvi akısı oluşturmaktadır. Bu akımlar birbirinden bağımsız ve diktir. Bu durum Şekil 2.8.a'da görülmektedir.

ASM'un dinamik denklemleri senkron hızda dönen referans düzlemine ($d^e - q^e$) aktarılırsa, bu düzlemde kararlı durumdaki sinüsoidal büyüklüklerin DA büyüklükler olduğu görülür. Şekil 2.8.b' de iki denetim girişi olan i_{ds}^* ve i_{qs}^* akımları vektör denetim ve eviricinin girişi olarak görülmektedir. Bu akımlar stator akımının i_{ds} boyuna (direct) eksen bileşenini ve i_{qs} enine (quadrature)

eksen bileşenini senkron hızda dönen referans düzleminde göstermektedir. Vektör denetim yönteminde DA motorunda olduğu gibi i_{ds} , I_f uyarım akımına (alan bileşeni) ve i_{qs} ise I_a endüvi akımına (moment bileşeni) denk gelmektedir. ASM için moment Eş.2.33'deki gibi bulunur [17].

$$T_e = K_t i_{qs} i_{ds} \quad (2.33)$$



Şekil 2.8. (a)Yabancı uyarımlı DA motoru, (b) Vektör denetimli ASM.

Vektör denetim yöntemleri

ASM'un doğrusal olmayan yapısı, onların denetimini de karmaşıklaştırır. Bu nedenden dolayı DA makinelerinin denetimi kolay ASM'un ise karmaşık ve maliyeti yüksektir. ASM'un DA makineleri ile kontrol açısından rekabet edebilmeleri ancak mikroelektronik alanındaki önemli gelişmeler sayesinde mümkün olmuştur. Bu gelişmeler sayesinde, karmaşık kontrol ve dönüşüm algoritmalarını yüksek hızlarda uygulayabilen büyük kapasiteli mikrokontrolörlerin tasarlanmış olmasının yanı sıra, yine artan güç ve hızda güç elektroniği anahtarlama elemanlarının üretimi ile mümkün olmuştur. ASM'un kontrolüne ilişkin diğer bir problem de sinüzoidal sargı akımları oluşturmak üzere bağlandıkları eviriciden kaynaklanan akım harmonikleridir. Bu harmonikler motor sargılarındaki ilave ısınmanın yanı sıra makinenin momentinde oluşturdukları harmonik momentlerinin salınım etkisi nedeni ile makinenin bağlı olduğu mekanik sistemlerde vuruntulara ve hızda da

dalgalanmalara yol açmaktadırlar. Günümüz güç elektroniği anahtarlama elemanları olarak çoğunlukla kullanılan IGBT'ler ile yaklaşık 20 kHz anahtarlama frekanslarına ulaşmak mümkün olmaktadır. Bu gelişmeler ışığında bu yüksek frekanslı anahtarlama elemanları ile oluşturulan eviriciler üzerinden beslenen makinede harmonik akımları ve dolayısı ile, harmonik momentleri etkisi azalmaktadır [23,35].

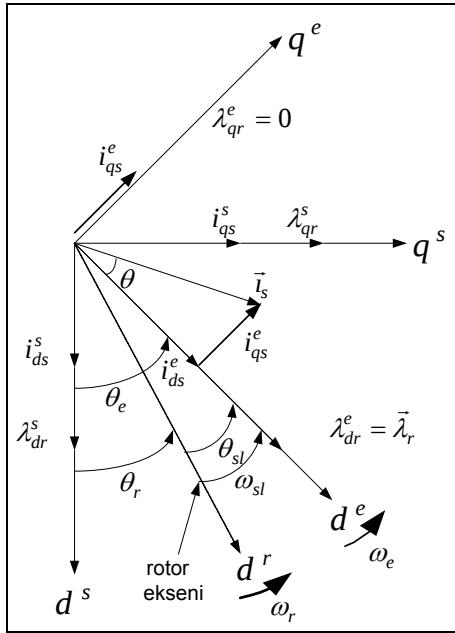
Kısa devre rotorlu ASM'de moment ve stator giriş akımlarını bileşenlerine ayırmak zordur. Üstelik AA akım taşıyan rotor ve rotor alanı (rotor hareketine göre) sabit değildir. Bu da vektör kontrolünün ASM'de senkron makinelerle göre daha karmaşık olduğunu gösterir. Fakat kısa devre rotorlu ASM, sürücü uygulamaları açısından, ucuzluğu, mekanik yapısının sağlam olması ve bakım masraflarının az olmasından dolayı daha fazla tercih edilmektedir. Bu yöntem, aynı zamanda "alan yönlendirmeli kontrol", "akı yönlendirmeli kontrol" ya da "dolaylı moment kontrolü" olarak da bilinir. ASM'un alan yönlendirmeli denetimi, momentin ve akının birbirinden bağımsız denetlenebilen bileşenlerden oluşturulması temeline dayanır. Burada istenen yapı doğru akım motorlarındaki moment kontrol özelliklerinin elde edilmesidir [36].

Vektör denetim uygulamalarında temel iki yöntem vardır. Bunlar, Blasche tarafından bulunan doğrudan vektör ya da geri beslemeli denetim yöntemi ve Hasse tarafından bulunan dolaylı vektör ya da ileri beslemeli denetim yöntemleridir [37].

Doğrudan vektör denetim yönteminde akı büyüklüğü hava aralığına yerleştirilen akı algılayıcıları ile doğrudan ölçülerek bulunur. Akı algılayıcıların sıcaklıktan etkilenmesi ve kırılkan olması yöntemin dezavantajıdır. Ayrıca vektör denetiminde hava aralığı akısı istenmeyen bir kararsızlık problemine yol açar [38].

Dolaylı vektör denetiminde rotor miline yerleştirilen pozisyon veya hız algılayıcısı kullanılır. Dolaylı vektör denetim yöntemi endüstriyel uygulamalarda çok popülerdir. Şekil 2.9'da dolaylı vektör denetimine ait düzlem dönüşümleri gösterilmektedir. $d^s - q^s$ eksenleri stator eksenine sabitlenmiş olup durağan haldedir. Fakat rotor değişkenleri $d^r - q^r$ rotor eksenine sabitlenmiş olup ω_r hızıyla dönmektedir. Senkron referans eksen $d^e - q^e$ ile rotor referans eksen $d^r - q^r$ arasında pozitif kayma açısı θ_{sl} vardır. Böylece senkron pozisyon rotor pozisyonu ile kayma pozisyonunun toplamına senkron hız ise rotor hızı ile kayma hızın toplamına eşittir. Bu durum Eş.2.34'de gösterilmektedir.

$$\theta_e = \int \omega_e dt = \int (\omega_r + \omega_{sl}) dt = \theta_r + \theta_{sl} \quad (2.34)$$



Şekil 2.9 Dolaylı vektör denetimine ait düzlem dönüşümleri

Senkron referans düzlemi için stator ve rotor gerilim eşitlikleri sargı akı ifadelerinden yararlanarak stator ve rotor gerilimleri matrisel formda Eş.2.35'deki gibi yazılabilir.

$$\begin{bmatrix} v_{qs}^r \\ v_{ds}^r \\ v_{qr}^r \\ v_{dr}^r \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} R_s + L_s p & \omega_r L_s & L_m p & \omega_r L_m \\ -\omega_r L_s & R_s + L_s p & -\omega_r L_m & L_m p \\ L_m p & 0 & R_r + L_r p & 0 \\ 0 & L_m p & 0 & R_r + L_r p \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_{qs}^r \\ i_{ds}^r \\ i_{qr}^r \\ i_{dr}^r \end{bmatrix} \quad (2.35)$$

Sincap kafesli ASM'da rotor devresi kısa devre edildiği için rotor gerilimleri sıfır olarak alınır ve rotor devresi gerilimleri Eş.2.36'da verilmektedir.

$$\begin{aligned} R_r i_{qr}^e + (\omega_e - \omega_r) \lambda_{dr}^e + p \lambda_{qr}^e &= 0 \\ R_r i_{dr}^e - (\omega_e - \omega_r) \lambda_{qr}^e + p \lambda_{dr}^e &= 0 \end{aligned} \quad (2.36)$$

Eş.2.36'da ifade edildiği gibi senkron hız durumundan rotor hızını çıkartırsak kayma hız değeri Eş.2.37'deki gibi elde edilir.

$$\omega_{sl} = \omega_e - \omega_r \quad (2.37)$$

Eş.2.26 - 2.29'da senkron referans düzlemindeki stator ve rotor devresine ait sargı akı eşitlikleri verilmiştir. Burada rotor devresi sargı akı eşitliğini kullanarak rotor devresine ait akımlar Eş.2.38'deki gibi elde edilir.

$$\begin{aligned} i_{dr}^e &= \frac{1}{L_r} \lambda_{dr}^e - \frac{L_m}{L_r} i_{ds}^e \\ i_{qr}^e &= \frac{1}{L_r} \lambda_{qr}^e - \frac{L_m}{L_r} i_{qs}^e \end{aligned} \quad (2.38)$$

Eş.2.38' deki ifadeler Eş.2.36'da yerine konulursa Eş.2.39 elde edilir.

$$\begin{aligned} \frac{R_r}{L_r} \lambda_{qr}^e - \frac{L_m}{L_r} R_r i_{qs}^e + \omega_{sl} \lambda_{dr}^e + p \lambda_{qr}^e &= 0 \\ \frac{R_r}{L_r} \lambda_{dr}^e - \frac{L_m}{L_r} R_r i_{ds}^e - \omega_{sl} \lambda_{qr}^e + p \lambda_{dr}^e &= 0 \end{aligned} \quad (2.39)$$

Rotor akı vektörü $\vec{\lambda}_r^e$ birbirinden bağımsız λ_{dr}^e ve λ_{qr}^e akı vektörlerinden oluşmaktadır. λ_{qr}^e sifira eşitlenerek değişken sayısı bire indirilmiş olur.

$$\lambda_{qr}^e = 0 \quad (2.40)$$

$$p\lambda_{qr}^e = 0 \quad (2.41)$$

Böylece toplam akı vektörü d^e eksenindeki akıya eşit olur.

$$\lambda_{dr}^e = \vec{\lambda}_r^e \quad (2.42)$$

Eş.2.40-Eş.2.42'ye göre Eş.2.39 tekrar yazılacak olunursa Eş.2.43 ve Eş.2.44 elde edilir.

$$\omega_{sl} = \frac{R_r}{L_r} \frac{L_m}{\vec{\lambda}_r^e} i_{qs}^e \quad (2.43)$$

Eş.2.43'de kayma açısal hızı doğrudan rotor zaman sabiti $\tau_r = L_r / R_r$ ' ye bağlıdır.

Senkron hızda dönen referans düzleminde rotor mıknatıslanma akımı Eş.2.44' de verilmiştir.

$$i_{mr}^e = \frac{\vec{\lambda}_r^e}{L_m} \quad (2.44)$$

Eş.2.38' deki λ_{dr}^e ifadesi yerine Eş.2.44 ifadesi yazılacak olursa, Eş.2.45 elde edilir.

$$i_{dr}^e = \frac{L_m}{L_r} i_{mr}^e - \frac{L_m}{L_r} i_{ds}^e \quad (2.45)$$

Eş.2.36'daki i_{dr}^e ifadesi yerine Eş.2.45 ifadesi yazılırsa, Eş.2.46 elde edilir.

$$i_{ds}^e = i_{mr}^e + \frac{L_r}{R_r} p i_{mr}^e \quad (2.46)$$

Senkron hızda dönen referans düzleminde elektromanyetik moment ifadesi ise Eş.2.47 ile elde edilir.

$$T_e = \frac{3}{2} \frac{P}{2} \frac{L_m}{L_r} (\lambda_{dr}^e i_{qs}^e - \lambda_{qr}^e i_{ds}^e) \quad (2.47)$$

Eş.2.40 ve Eş.2.44, Eş.2.47'de yerine konulursa akımın moment bileşeni olan akım Eş.2.48'deki gibi elde edilir.

$$i_{qs}^e = \frac{T_e}{\frac{3}{2} \frac{P}{2} \frac{L_m^2}{L_r} i_{ds}^e} \quad (2.48)$$

Açısal kayma hızı Eş.2.49'daki gibi yazmak mümkündür.

$$\omega_{sl} = \frac{1}{\tau i_{ds}^e} i_{qs}^e \quad (2.49)$$

Eş.2.47'deki elektromanyetik moment ifadesi ise Eş.2.50'deki gibi yazılır[23].

$$T_e = \frac{3}{2} \frac{P}{2} \frac{L_m^2}{L_r} (i_{ds}^e i_{qs}^e) \quad (2.50)$$

3. BİLGİSAYAR HABERLEŞMESİ VE AĞ TEKNOLOJİLERİ

Teknolojideki hızlı gelişmeler endüstriyel alanda da etkisini göstermiştir. Sistemler geliştikçe daha karmaşık olmaya başlamış ve zaten kullanılmakta olan mevcut otomasyon sistemleri de bu gelişimden payını almıştır. Sistemlerin gelişimi daha çok aygıtın kontrolü, süreçlerin izlenmesi, alarmların, arızaların, proses değişkenlerinin kaydedilmesi ve izlenmesini gerektirmektedir. Bu gereksinimin bir sonucu olarak PLC'ler (Programlanabilir Lojik Kontrolör-Programmable Logic Controller) yaygınlaşmış, sistemler daha kolay kontrol edilebilir ve izlenebilir hale gelmiş ayrıca boyutları da küçülmüştür [39]. Bu çalışmada da PLC CPU 314C-2DP kullanılmıştır.

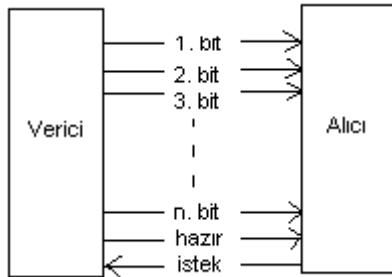
Bilgi her alanda olduğu gibi, otomasyonun her aşamasında hayati derecede öneme sahiptir. Bilginin iletilmesi kadar hızlı ve en az kayıpla iletilmesi oldukça önemlidir. Pek çok uygulama genel olarak çeşitli sensörlerden gelen verinin izlenmesini gerektirir. O halde sensörlerin denetim uygulamalarının tek bir ağ yapısında toplanması gerekmektedir. Ağın yalnızca veriyi hızlı ve güvenli bir şekilde iletmesi gereklidir. Ağın kapsayacağı alan ve birbirine en uzakta bulunan düğümlerin (ağ cihazları) mesafesi dikkate alınarak ağ topolojisi, kablo tipi ve iletim cihazları seçilmelidir. Aynı veya farklı üreticilerin ürettiği bilgisayar ve cihazlar arasında veri aktarılabilmesi ancak belli kurallar ve protokoller çerçevesinde gerçekleşmelidir. Veri formatlarının ve bilgi alış verişinin zamanlanması belirleyen kurallar dizisine protokol denir. Ağ içinde birbiri ile veri haberleşmesinde bulunacak aygıtların aynı protokolü kullanmaları zorunludur [40].

3.1. Veri İletim Teknikleri

Bilginin bir noktadan başka bir noktaya transfer edilmesine veri iletimi denir. Seri ve paralel haberleşme, kullanılan veri iletim tekniklerinden bazılarıdır.

3.1.1. Paralel haberleşme

Günümüzde veri iletimi sayısal yöntemler kullanılarak gerçekleştirilmektedir. Sayısal olarak kodlanmış bilginin tüm bitleri aynı anda transfer ediliyorsa buna "paralel veri iletimi" denir. Paralel haberleşmede 8 bitlik bir veriyi alıcıya ulaştırmak için en az 10 hat (kablo) kullanmak gereklidir. Bunlardan 8 tanesi veri için 1 adet ortak ground ve 1 adet de senkronizasyon içindir. Paralel haberleşmede; veri iletimi gerilim seviyeleri kullanılarak iletiildiğinden, genel olarak yakın mesafeler ve yüksek hız gerektiren uygulamalar için kullanılan bir yöntemdir. Aktarım anında, kod sözcüğü ile ilgili bitlerin çıktığını, vericinin alıcıya veri hazır (data ready), alıcının vericiye istek (demand) yollarına ihtiyaç vardır. Şekil 3.1’de paralel haberleşme ile ilgili şekil görülmektedir [40,41].



Şekil 3.1 Paralel Haberleşme

3.1.2. Seri haberleşme

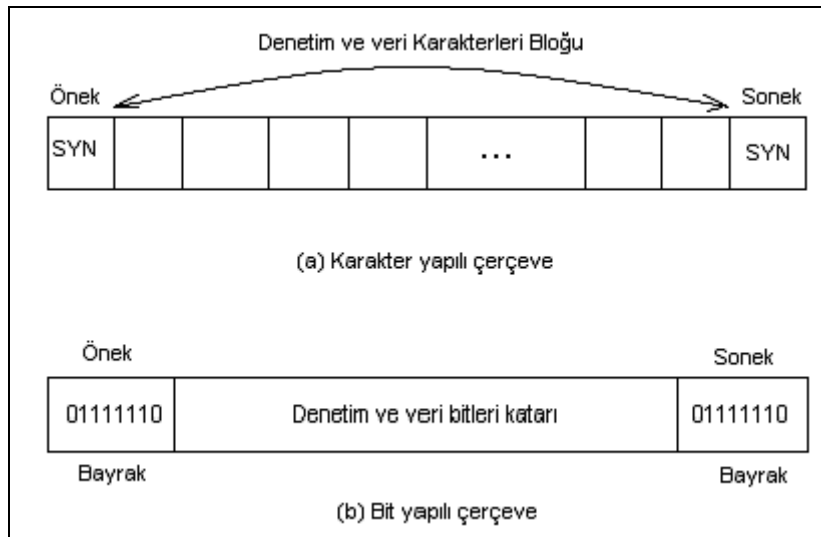
Seri iletimde ise paralel iletimden farklı olarak bilgi, tek bir iletim yolu üzerinden n bit sıra ile aktarılır. Aktarım hızı "baud" birimiyle ölçülür. Baud birim zamanda aktarılan ayırık işaretlerin sayısı olarak tanımlanır [40]. Bu birim 1 baud = n bps (bit per second) olarak alınabilir.

Seri iletimde; paralel iletime kıyasla veri iletim hızı az, iletim hattı uzunluğu daha fazla, iletim hattı ve donanım maliyeti daha düşüktür. Profibusda da veri iletimi seri haberleşme ile yapılmaktadır. Seri iletimde veri; senkron, asenkron ya da isokron olarak üç şekilde iletilir [41].

Senkron seri iletim

Senkron (eşzamanlı) veri iletimde, saat darbelerinin gönderici tarafından ya da merkezi bir birim tarafından alıcıya gönderildiği iletim türüdür. Senkron veri iletimi iki grup altında incelenebilir.

- Karakter yapılı iletim
- Bit yapılı iletim



Şekil 3.2. Senkron seri iletim a) Karakter yapılı çerçeve b) Bit yapılı çerçeve

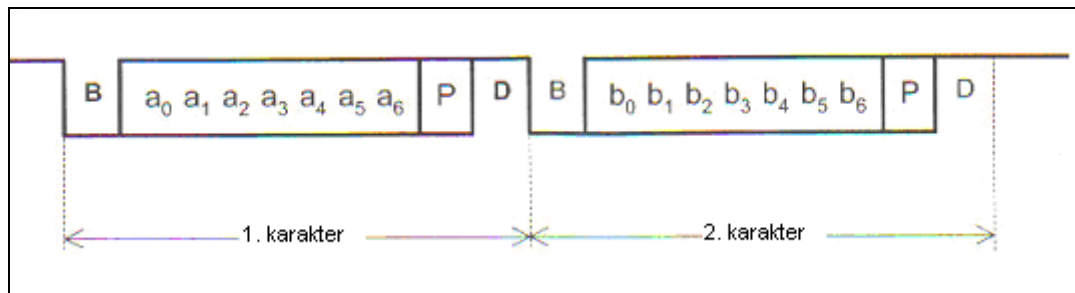
Karakter yapılı iletimde gönderici, göndereceği karakter bloğunun (denetim ve/veya veri karakterlerinden oluşan bir karakter grubu) başlangıcını ve bitimini alıcıya bildirmek için, karakter bloğunun başına önek (preamble) ve sonuna da sonek (postamble) adı verilen özel karakterlerden oluşan eşzamanlama karakterlerini ekler. Örneğin, eşzamanlama karakterleri olarak art arda bir yada daha fazla SYN karakteri kullanılabilir. SYN karakterlerinden sonra gelen ilk farklı karakter gönderilen karakter bloğunun başlangıcını belirtir. Art arda gönderilen SYN karakterleri hattın boş olduğunu gösterir. Eş zamanlama için kullanılan önek ve sonek ile gönderilen karakter bloğunun

tamamı bir “karakter yapılı çerçeve (character-oriented frame)” olarak tanımlanır. Karakter yapılı bir çerçeve Şekil 3.2.a’da görülmektedir [41].

Bit yapılı iletimde gönderici; bir bit katarının başlangıcını ve bitimini alıcıya belirtmek için, göndereceği bit katarının başına ve sonuna bayrak (flag) adı verilen özel kodlar ekler. Bit yapılı iletimde, bayrak olarak genellikle 8 bitten oluşan 01111110 kodu kullanılır. Art arda gönderilen bayraklar hattın boş olduğunu gösterir. Eşzamanlama için kullanılan bayraklar ile veri bitleri katarının tamamı bir “bit yapılı çerçeve (bit-oriented frame)” olarak tanımlanır. Bit yapılı çerçeve Şekil 3.2.b’de gösterilmiştir.

Asenkron seri iletim

Gönderici ve alıcının farklı saatler kullandıkları seri iletişim şekline asenkron (eşzamansız) seri iletim denir. Gönderilecek bilgi karakter adı verilen bloklara ayrılır. Alıcı, göndericinin her karakter başlangıcında gönderdiği “başla (start) bitini” kendi saat işaretini göndericideki saat işareti ile eşzamanlı duruma getirir. Bu sayede alıcı her karakter başlangıcında kendi saat darbelerini göndericinin saat darbeleri ile eşzamanlı getirecek ve bu sayede alıcı saat darbelerinin kayması nedeniyle oluşacak hatalar önlenmiş olur. Karakter adı verilen bloklar 7 veya 8 bitten oluşur ve istenirse karakterin sonuna hata sezmede kullanılan “eşlik biti (paritiy)” bir bit eklenebilir. Karakterin sonuna ise, dur biti eklenir. Gönderilecek son karaktere ait dur biti yollandıktan sonra, gönderici yeni bir karakter bloğu yollayana kadar yolu dur biti (1) düzeyinde tutar. Asenkron seri iletim Şekil 3.3’te görülmektedir [40,41].



Şekil 3.3. Asenkron seri iletim

Isokron seri iletim

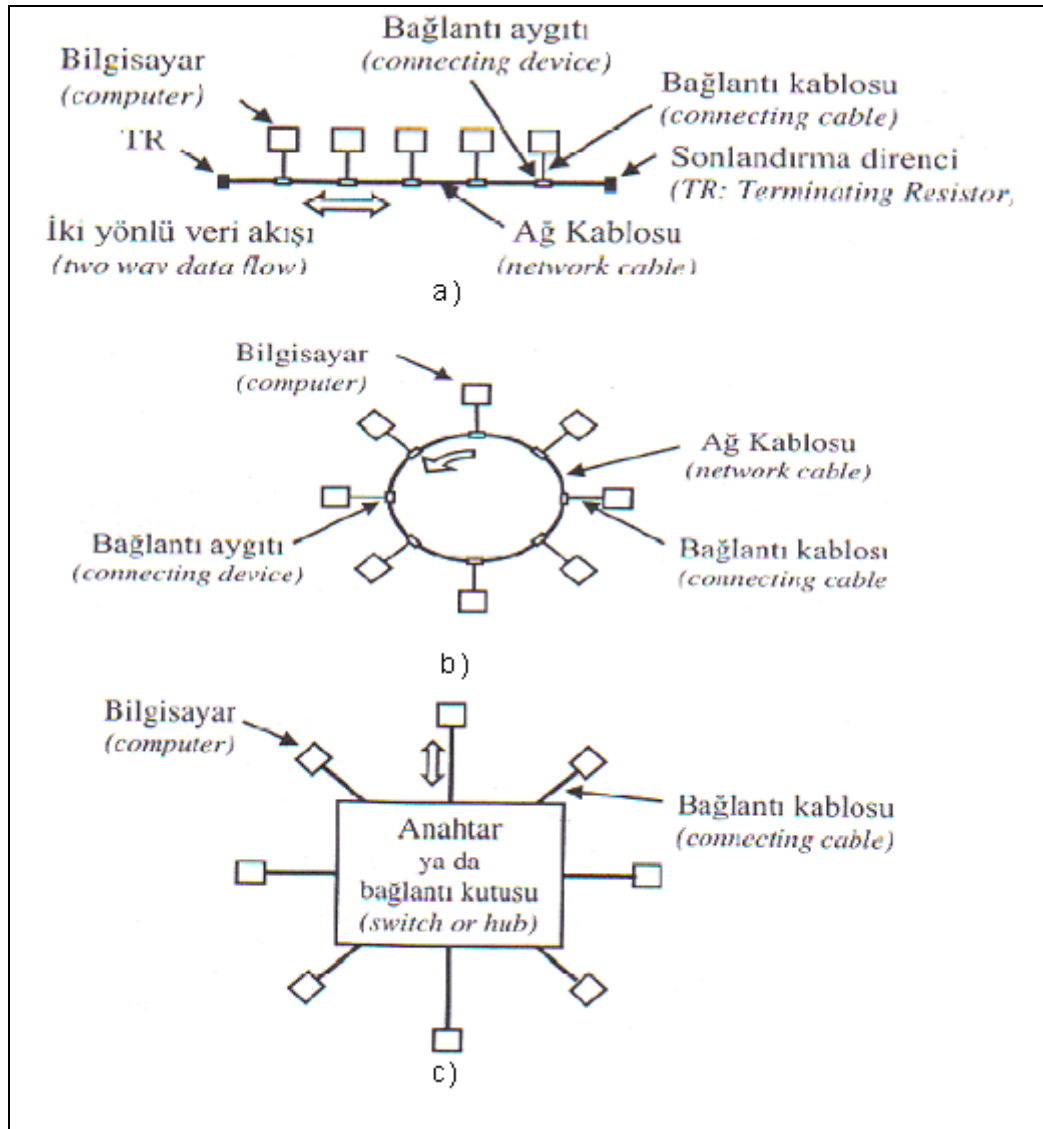
Isokron (isocronous) seri iletim, senkron iletimin bir türevi olarak düşünülebilir. Bu tür iletim şekli gerçek zamanlı uygulamalar (ses, video aktarımı gibi) için kullanılabilir.

3.2. Topoloji

Ağa bağlı bilgisayar ve diğer aygıtların her biri bir düğüm (node) olarak adlandırılır ve bu düğümlerin her birinin ağda bir işlevi vardır. Topoloji (topology) ağı oluşturan bu düğümlerin arabağlaşımını, sistemin işlevini ve coğrafi konum açısından iletişim sisteminin şeklini belirler. Coğrafi konumuna göre ağlar yerel alan ağları (LAN – Local Area Network) ve geniş alan ağları (WAN – Wind Area Network) olarak ikiye ayrılmaktadır. Yerel alan ağlarında yoğun olarak;

- Ortak Yol Topoloji (Bus topology)
- Halka Topoloji (Ring topology)
- Yıldız Topoloji (Star topology)

kullanılmaktadır. Bu topolojilere ait örnekler Şekil 3.4'te görülmektedir. Bu çalışmada ortak yol topoloji (bus topology) kullanılarak bir Profibus ağı oluşturulmuştur. Bu topolojide ağdaki tüm düğümler (node) ortak bir hat üzerinden haberleşirler. Veri ve denetim işaretleri aynı anda tüm düğümlere birden iletilir. Her düğüme ait bir adres vardır ve kullanıcının özel bir düğüme giriş yapmak için, adres bilgisini bilmesi yeterlidir. Bu şekilde kurulan ağlarda düğüm eklemek kolaydır ve aynı zamanda her hangi bir düğümün ya da terminalin arızalanması ağın çalışmasını etkilemez. Ancak her eklenen düğüm başına düşen yol kapasitesinin azaldığı ifade edilmektedir [40,42].



Şekil 3.4. Ağ topolojileri a) Ortak yol (Bus) topoloji b) Halka (ring) topoloji c) Yıldız (star) topoloji

3.3. Endüstriyel İletişim Ağları

Endüstriyel ortamlarda kullanılan ağların haberleşme yetenekleri sadece basit veri aktarımı ile sınırlı kalmamış, geçen zaman içerisinde sensör sinyallerinin işlenmesi, denetlenmesi, depolanması, daha uzak mesafelere iletilmesi gibi yeni ihtiyaçları da karşılayabilecek duruma gelmiştir. Bu amaçla BACnet, BITBUS, CAN, CEBus, IEC Fieldbus, Interbus, Profibus, P-NET, WorldFIP gibi endüstriyel ağlar geliştirilmiştir.

Alan ağlarının erişim metodu (Token Passing, Polling, Collision Detection vb.), haberleşme yapısı (Master/Slave, Multi-Master, Peer to Peer vb.), iletim ortamı, (bakır tabanlı kablo, fiber optik kablo, Rf vb.), topoloji (Bus, Star, Ring vb.) maksimum düğüm sayısı, sistem maliyeti, veri iletim hızı ve tepki zamanı gibi bazı genel karakteristiklere göre çeşitleri bulunmaktadır [43].

3.4. Profibus

Endüstriyel haberleşme sistemleri içerisinde geniş bir uygulama alanı bulan FieldBus ağlar, özellikle bilgisayarla tümleşik üretim zincirinin (Computer Integrated Manufacturing, CIM) daha düşük seviyelerinde, sensörler, eyleyiciler (actuator) ve süreç denetleyicilerin ara bağlantısı için tasarlanılmıştır. FieldBus, bir süreç kontrol uygulamasının kontrol sistemleri ile alan elemanları ara bağlantısını sağlamak üzere kullanılan sayısal haberleşme hattıdır. FIP, Profibus, IEC/ISA ve CAN yaygın olarak tercih edilen FieldBus haberleşme sistemleridir. Bunlar arasındaki temel fark fiziksel ortama erişim mekanizmalarından kaynaklanmaktadır [44].

Ağ bağlantılarında kullanılan donanımlar ağın hızından tipine kadar birçok özelliğini belirleyen faktörler arasında yer alırlar. Bu aşamada dikkate alınması gereken temel unsur sistemde kullanılacak donanımlara uygun yapıda otomasyon ağının oluşturulmasıdır.

Profibus, Profibus-FMS (Fieldbus Message Specification), Profibus-PA (Process Automation), ProfiNet ve Profibus-DP (Decentralized Periphery) gibi farklı mimarilere sahiptir. Profibus veri iletiminde RS-485, IEC 1158-2 ve Fiber Optik kullanımına imkan vermektedir. Uygulama profilleri, protokol ve haberleşme teknolojisinin seçeneklerini tanımlar. Algılayıcı seviyesinde, algılayıcıların sinyalleri bir veri yolu boyunca iletilirler. Veri, çevrimsel olarak iletilir. AS-Arabirimi, bu tip saha uygulamaları için uygun bir veri yolu sistemidir. Saha seviyesinde, I/O birimleri, ölçme dönüştürücüsü, sürücü

birimleri, vanalar ve işletme birimleri, gerçek zamanlı bir haberleşme sistemi aracılığıyla otomasyon sistemleri ile haberleşirler. Proses verisinin iletimi çevrimsel olarak yapılır. Alarmlar, parametreler ve tanılama verisi gerekli olduğu durumlarda çevrimsel olmadan iletilirler. PROFIBUS, bu ihtiyaçları karşılar, Hücre seviyesinde ise, PLC gibi programlanabilir kontrolörler birbirleri ile haberleşirler. Bilgi akışı, geniş veri paketlerine ve güçlü haberleşme fonksiyonlarına gerek duyar Çizelge 3-1’de Profibus ailesi ve uygulama alanlarına ait bir tablo görülmektedir [45].

Profibus sistemi özellikle yüksek veri transfer kapasitesi sayesinde kontrol sistemi ile alt seviye aktüatör/sensör elamanları arasında son derece yüksek kapasiteli ve güvenli kontrol imkanı sağlamaktadır [46].

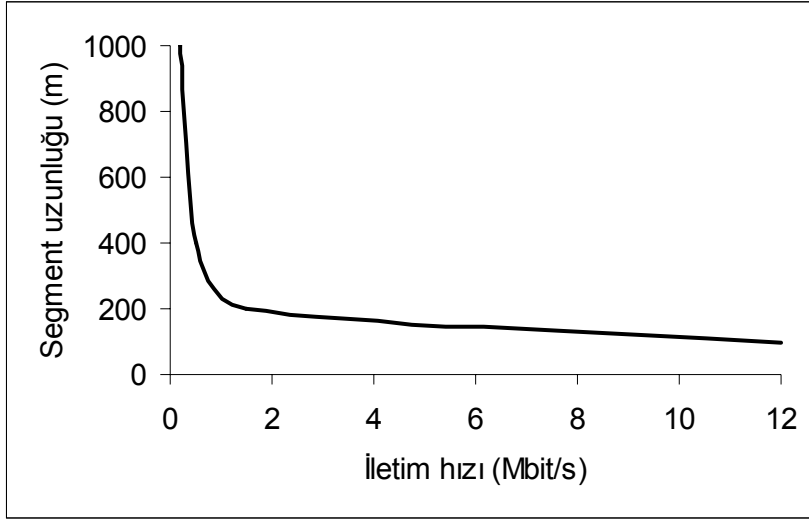
Çizelge 3.1. Profibus ailesinin uygulama alanları

BUS SİSTEMİ	UYGULAMA ALANI
PROFİBUS – FMS	Genel otomasyon Uygulamaya özel olarak geliştirilen profiller
PROFİBUS – DP	Üretim Otomasyonu Bölgesel uçbirimler ile çok hızlı haberleşme yapılması geren uygulamalar
PROFİBUS – PA	Proses otomasyonu Güvenlik gerektiren ve risk taşıyan projeler

Profibus ailesi DIN ve EN bus standart sistemlerine standartlaştırılmıştır. Lineer topoloji üzerinden iki hatlı kablo ile haberleşen Profibus sisteminde kullanılabilecek maksimum kablo mesafesi taşınacak olan verinin büyüklüğü ile ters orantılıdır. Profibus haberleşme sistemi, çalışma esnasında saha elemanlarının takılıp çıkarılmasına imkan vermektedir. Veri transferi elektrik kabloları ile 12 km, optik kablolar ile 23,8 km’ye kadar çıkabilmektedir. Veri iletim hızı 100 m’de 12 Mbit/s olan Profibus’ın, diğer otomasyon protokollerine göre bu özelliğinden dolayı üstünlüğü görülmektedir [40].

3.4.1. Profibus veri iletimi

Profibus otomasyon ağı segmentlerden oluşur ve ağ, segmentlerin tekrarlayıcılar (repeater) ile birbirine bağlanarak genişletilebilmektedir. Bir segment 32 ağ bileşeninden oluşur. Segment sayısını sınırlayan en önemli etkenlerden biri de ağ yapısını oluşturan fiziksel yapı, bir başka deyişle kullanılan kablo yani veri iletim teknolojisidir. Ayrıca ağın hızı; ağ bileşenleri içinde hızı en düşük olan cihaz ile sınırlıdır. Dolayısıyla iletim hızını yüksek tutmak için kullanılan kabloya bağlı olarak segment sayısını sınırlamak yeterli olmamakta aynı zamanda ağ bileşenlerinin tamamının da hızını göz önünde bulundurmak gerekmektedir. Şekil 3.5'de görüldüğü gibi veri iletim hızı segment uzunluğu ile ters orantılı olarak değişmektedir [45].



Şekil 3.5. Segment uzunluğuna bağlı olarak veri iletim hızı değişimi

3.5. OSI Referans Modeli

Open Systems Interconnection (OSI) modeli ISO (International Organization for Standardization) tarafından geliştirmiştir. Amaç iki bilgisayar arasındaki iletişimin nasıl olacağını tanımlamaktır. İlk olarak 1977 yılında ortaya çıkarılan bu standart 1984 yılında yeni bir düzenlemeyle OSI (Open Systems

Interconnection) başvuru modeli olarak yayımlanmıştır. Bu model kısa sürede kabul görerek yaygınlaşmış ve ağ işlemleri için bir kılavuz olmuştur [42].

Açık sistemler (open systems) kavramı uç birimlerin tüm dünyaca kabul edilmiş standartlara göre ve üreticiden bağımsız olarak haberleşebildiği bütünsel bir iletişim ortamı oluşturma düşüncesine dayanır. OSI'nin amacı ağ mimarilerinin ve protokollerinin bir ağ ürünü bileşeni gibi kullanılmasını sağlamaktır. Şekil 3.6'da OSI katmanları görülmektedir.

7.katman	Uygulama Katmanı (<i>Application Layer</i>)
6.katman	Sunuş Katmanı (<i>Presentation Layer</i>)
5.katman	Oturum Katmanı (<i>Session Layer</i>)
4.katman	Ulaşım Katmanı (<i>Transport Layer</i>)
3.katman	Ağ Katmanı (<i>Network Layer</i>)
2.katman	Veri Bağı Katmanı (<i>Data Link Layer</i>)
1.katman	Fiziksel Katman (<i>Physical Layer</i>)

Şekil 3.6. OSI Başvuru modeli katmanları

OSI modeli, açık sistemlerin (open systems) birbirleri ile haberleşmeleri için uymaları gereken katmanlı yapıyı tanımlar; OSI, açık sistemler arasındaki iletişim işlemlerini, her birine katman (layer) adı verilen yedi gruba ayırır. Şekil 3.6'da gösterilen OSI modelinde veri alışverişi katmanların bir sıradüzeni içinde görev yapmaları sonucunda gerçekleşir. Veri gönderme durumunda bu sıra yukarıdan aşağıya doğru, veri alma durumunda ise aşağıdan yukarı doğrudur. Her katman, gönderme durumunda bir üst katmandan gelen veriye ek bilgiler ilave ederek bir alt katmana verir, alma

durumunda kendisine ait ek bilgiyi kullanıp çıkarttıktan sonra geri kalanını bir üst katmana iletir [41,42].

3.5.1. Fiziksel katman

Fiziksel katman, fiziksel iletim ortamı üzerinden iletişim yapılabilmesi için gerekli olan fiziksel bağlantıların kurulmasına, sürdürülmesine ve çözülmesine ilişkin mekanik, elektriksel işlevsel (functional) ve yordamsal (procedural) işlemleri içerir. Fiziksel katman, 1 ve 0 bitlerin gerilim düzeyleri ve darbe genişlikleri, iletişimin hangi tür olacağı (simplex, half- duplex, full-duplex gibi), fiziksel devre bağlantılarının nasıl kurulup çözüleceği, bağlantı için kullanılacak kablo standartları gibi fiziksel oluşumlar bu katmanda tanımlanır [41].

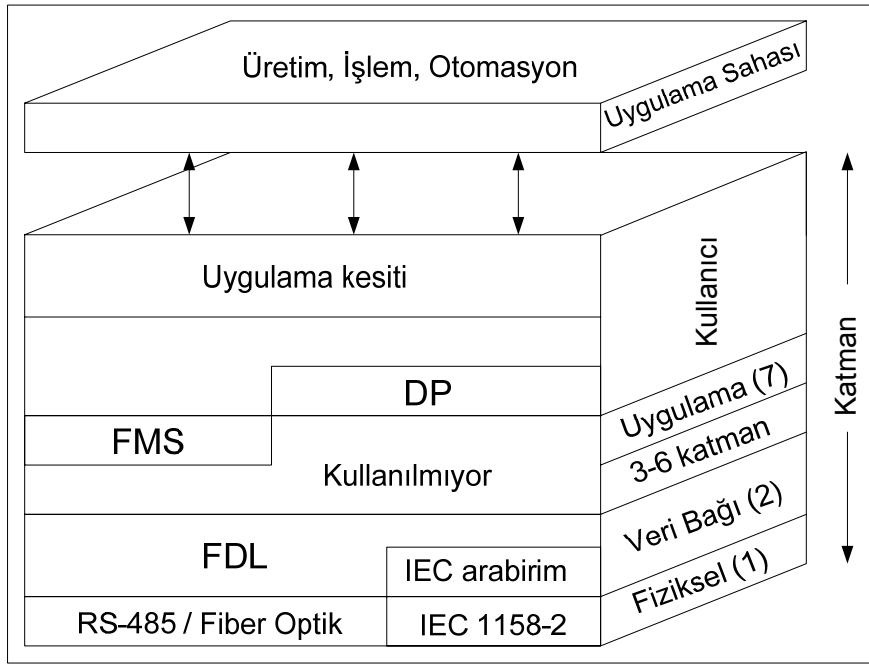
3.5.2. Veri bağı katmanı

Veri bağı katmanı, oluşturulmuş fiziksel bağlantı üzerinden hatalardan arındırılmış bir iletişim kurulması için gerekli araçları sağlar ve veri bağı bağlantılarının etkinleştirilmesi (active), sürdürülmesi (maintain), ve etkisizleştirilmesi (deactive) işlevlerini yerine getirir. Bu katmanın görevleri şöyle sıralanabilir [41].

- Çerçeveleme (framing)
- Eşzamanlama (synchronization)
- Hata denetimi (error control)
- Sıralama denetimi (sequence control)
- Akış denetimi (flow control)
- Adresleme (addressing)
- Bağlantı yönetimi (link management)

3.5.3. Uygulama katmanı

Bu katmanda uygulama programlarının ağa erişimi için gerekli işlevleri kapsar; kullanıcının etkileşimde bulunduğu uygulama programları doğrudan bu katmanla iletişim içindedir [42]. Şekil 3.7’de profibus protokol mimarisi görülmektedir [45].



Şekil 3.7. Profibus protokol mimarisi

Profibus ağında kullanılan erişim protokolü OSI referans modelinin 2. katmanını kullanmaktadır. Bu protokol, veri güvenliği ve veri iletimini düzenlemektedir. Profibus katman 2’de FDL (Fieldbus Data Link, Saha yolu veri bağı) kullanmaktadır. Bir istasyon veri iletimine geçiş izni aldığı anda MAC (Medium Access Control, Ortam Erişim Denetimi) iletim prosedürünü belirler.

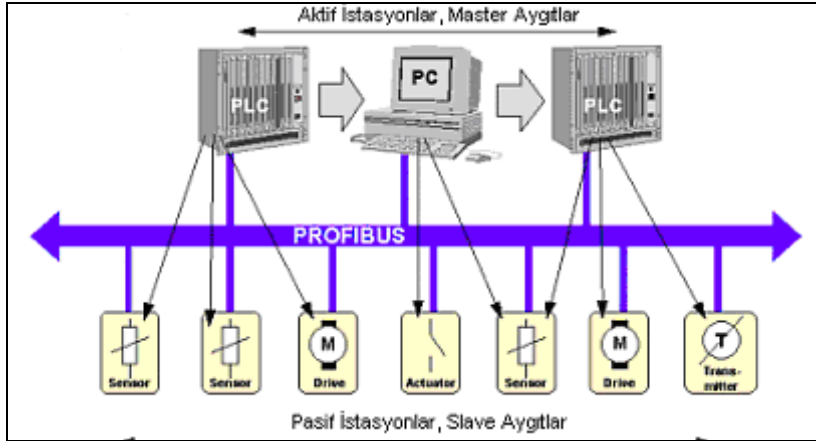
3.6. Token-Passing (Andaç-Geçiş) Prosedürü

Token passing (Andaç-Geçiş) prosedüründe fiziki olarak düz bir yol olmasına karşın token aktarımı mantıksal bir halka oluşturur. Burada Master-master ve master-slave olmak üzere iki şekilde gerçekleşir.

3.6.1. Master-master haberleşmesi

Andaç (Token-Ağ üzerinde sürekli dolaşan veri paketi) geçiş prosedürü, veri yolunu, her bir master (ana/yönetici istasyon) için kesin olarak tanımlanan zaman aralıklarında kullanma hakkı veren bir veri iletim prosedürüdür. Bu prosedür. Profibus haberleşme ağında sadece master-master haberleşmesinde kullanılmaktadır. Token geçiş prosedürü basitleştirilmiş bir TT (Timed-Token, zaman-andaç) protokolüdür. Token geçiş prosedürü aynı anda tek bir ucun ağa erişimini sağlayarak kısıtlama getiren bir yöntem olup bir andaç uçtan uca dolaşarak o anki ana uca (master) veri iletim hakkı verir.

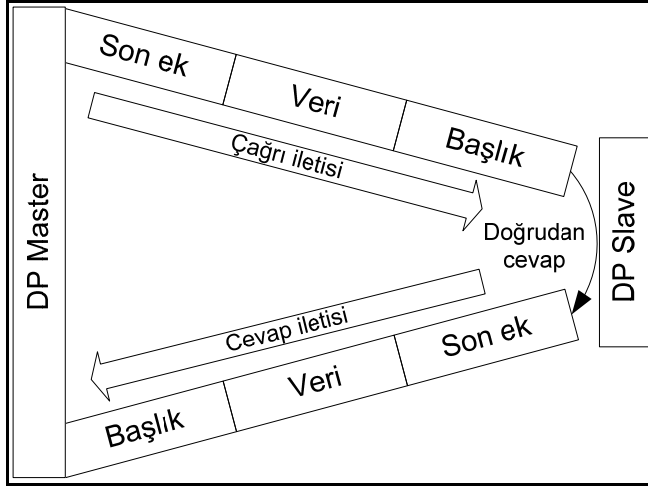
Burada dikkate alınması gereken önemli parametre T_{TR} (Token Rotation Time, Hedef andaç geçiş zamanı) tüm network (node) kullanıcıları için başlangıç ve durma zamanları bu parametreye göre ayarlanır. Her ne zaman bir istasyon token alırsa yüksek öncelikle mesaj iletebilir, ancak mesajını tokene vermek için kendisine ayrılmış zamandan daha fazlasını haralayamaz. İleten konumundaki ana istasyon andaç'a mesajını iletir, mesajın alınacağı uca kadar dolaşan andaç, alan uca ulaştığında alıcı uç mesajı alır ve andaç'ı serbest bırakır. Şekil 3.8'de master-master ve master-slave haberleşmenin yapıldığı hibrit bir sistem görülmektedir [45,47].



Şekil 3.8. Master ve slave aygıtların bulunduğu hibrit bir sistem

3.6.2. Master-slave haberleşmesi

Master, o anki sahip olduğu andaç'ın tanımlanan slave (pasif/bağımlı istasyon) geçişine izin verir, bu şekilde master-slave haberleşmesi gerçekleşir. Slave istasyonun görevi sadece master'ın sorularına cevap vermek olarak tanımlanmıştır (Şekil 3.9). Master-slave arasında veri iletimi "senkron seri iletim" yöntemi ile gerçekleştirilmektedir. Bu çalışmada da da PLC 314C-2DP PLC master olup diğer slave aygıtlar ancak master istasyondan bir talep geldiğinde cevap verebilmektedir. Senkron seri iletimde karakterlerin başına başla ve dur bitleri konmaz. Senkron iletimde bilgi bit katarının (64 bit ile 4096 bit arasında) başına ve sonuna Şekil 3.9'da görüldüğü gibi özel desenli ön (başlık) ve son ekler koyularak alıcının bilginin başını ve sonunu belirlemesi sağlanmaktadır [45].



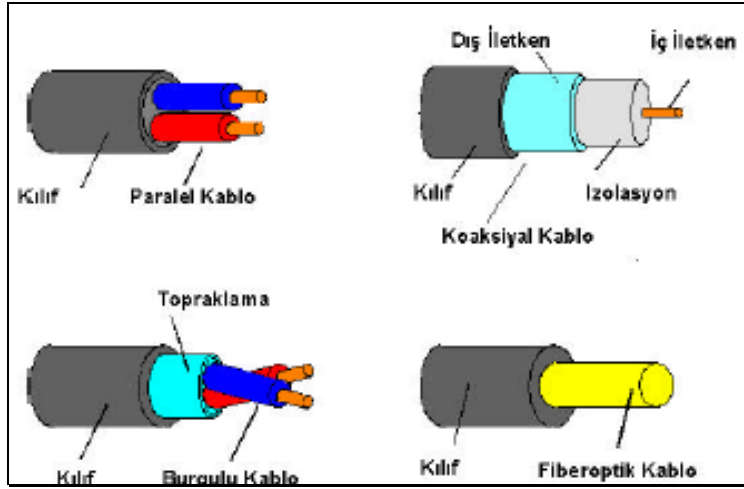
Şekil 3.9. Master-slave haberleşmesi

3.7. Veri Aktarım Ortamları

Elektronik sistemlerde veri kablolar üzerinden aktarılır. Kablolar sinyal iletimi için gerekli iletişim ortamını sağlar. Haberleşme amacıyla kullanılacak kablo seçilirken aşağıdaki kriterler esas alınır.

- Aktarılabilecek verinin miktarı (aktarım hızı)
- Aktarım yöntemi (voltaj seviyesi)
- Aktarım mesafesi (kablo uzunluğu)
- Elektromanyetik gürültü (EMC güvenliği)
- Mekanik tasarım kriterleri

Veri iletim yöntemlerinde, en çok kullanılan kablo çeşitleri Şekil 3.10'da gösterilmiştir.



Şekil 3.10. Veri aktarımında kullanılan çeşitli kablolar

Paralel ve ko-aksiyal kablolar genellikle kısa mesafelerde veri aktarımı için kullanılırken endüstriyel uygulamalarda ve BUS sistemlerinde ekranlı kablolar ve fiber optik kablolar kullanılır. Bu kabloların karşılaştırmalı özellikleri aşağıda Çizelge 3.2.'de yer almaktadır [46].

Çizelge 3.2. Veri aktarım ortamlarının karşılaştırılması.

	Veri Aktarımı	Kablo Uzunluğu	EMC	Uygulama
Paralel Kablo	<100kbit/s	<1m	Çok düşük	Bilgisayar Bağlantı Kabloları (Yazıcı)
Burgulu Kablo	<100Mbit/s	<1000m	Düşük	Telefon/Fieldbus Sistemleri
Koaksiyel Kablo	<100Mbit/s	<1000m	İyi	Radyo ve Televizyon
Fiberoptik Kablo	<100Mbit/s	<1000m	Çok iyi	Telefon/Fieldbus Sistemleri

Elektronik veriler fiziksel olarak yukarıda belirtilen ortamlar üzerinden taşınır. Ancak taşınan verinin aktarım yöntemi farklı olabilir. Sinyallerin asimetrik veya simetrik olarak kablolar üzerinden voltaj değeri cinsinden iletildiği durumlarda sinyal iletim mesafesi oldukça sınırlıdır. Optik haberleşme ve fiber-optik kablo kullanımı durumunda sinyal mesafesi oldukça artmaktadır [48].

3.8. Programlanabilir Lojik Kontrolörler (PLC)

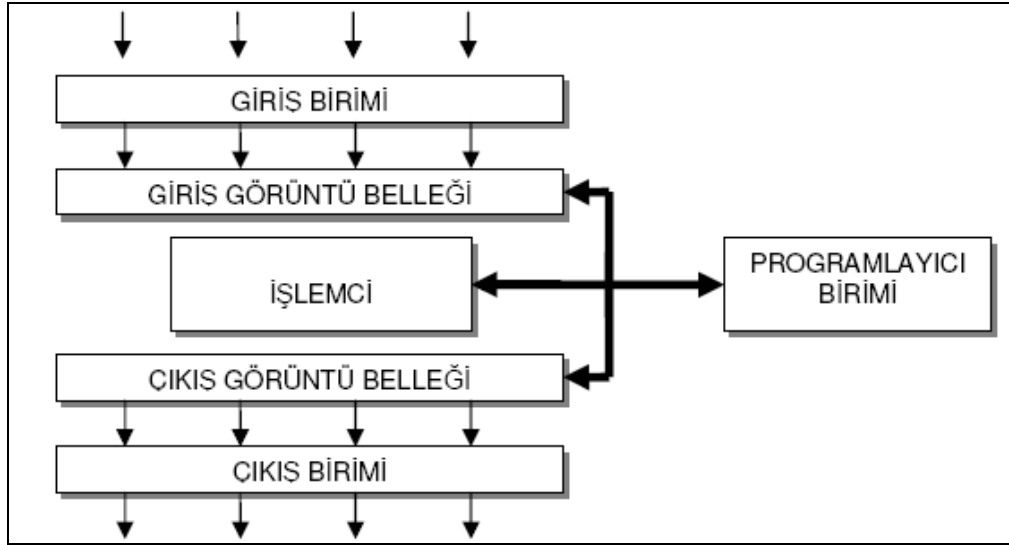
3.8.1. PLC' nin tanımı

Endüstride otomasyonu sağlamakta kullanılan röle sistemlerinin yerine günümüzde Programlanabilir Lojik Kontrolör olarak ifade edidlen cihazlar kullanılmaktadır. Programlanabilir Lojik Kontrolörler (Programmable Logic Controller) baş harflerinin kısaltılmasıyla oluşmuştur ve kısaca PLC olarak isimlendirilir. PLC; merkezi işlem birimi (CPU) ve başka cihazlara bağlanan endüstriyel otomasyon sistemlerinin kumanda ve kontrol devrelerini gerçeklemeye uygun yapıda giriş-çıkış (I/O) birimleri ve iletişim arabirimleri ile donatılmış, kontrol yapısına uygun bir sistem programı altında çalışan bir endüstriyel bilgisayardır [49].

3.8.2. PLC' lerin yapısı

Bir PLC cihazının çalışma prensibi Şekil 3.11'de görülmektedir. Bunların bazıları donanım birimleri, bazıları da PLC yazılım veya programlama konsollarının işlevsel özelliklerini göstermektedir. Bütün PLC cihazları aşağıdaki birimlerden oluşmaktadır.

1. Giriş arabirimi
2. Merkezi işlem birimi
3. Bellek
4. Çıkış arabirimi
5. Programlama aracı
6. program



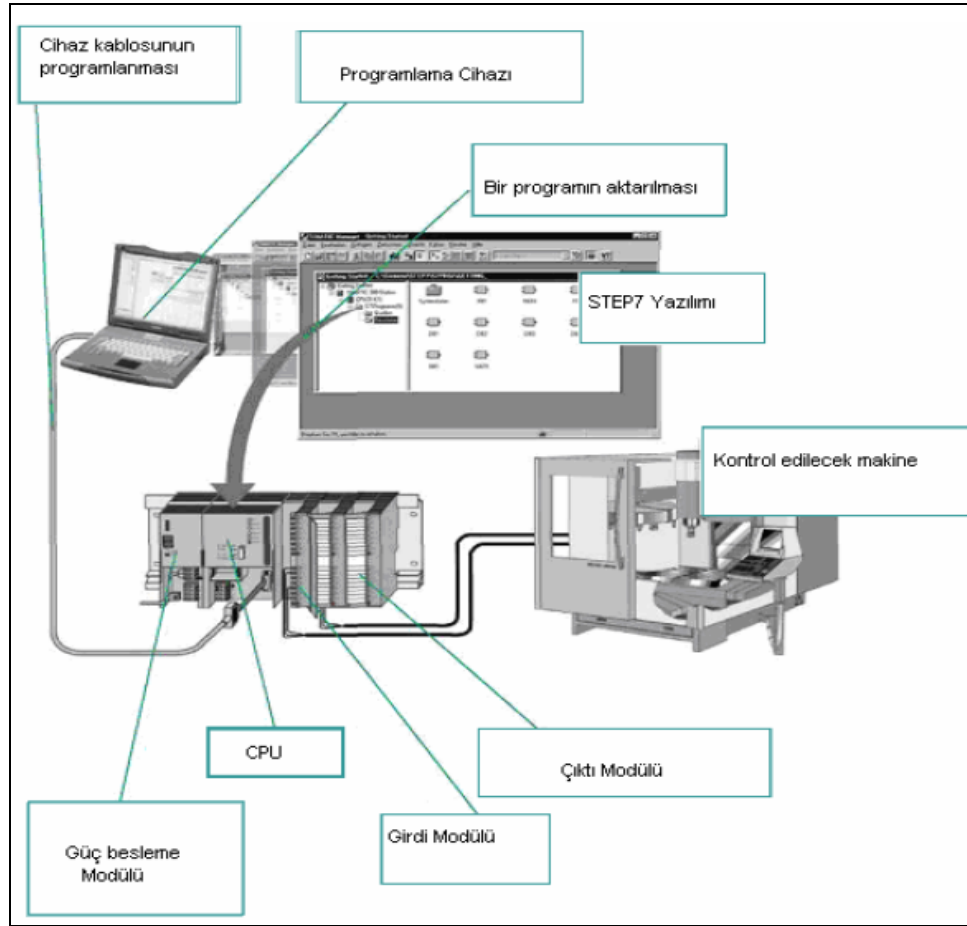
Şekil 3.11 PLC'lerin yapısı

3.8.3. PLC' lerin röleli sistemlerle karşılaştırılması

1. PLC' lerin hızı röleli sistemlere göre çok yüksektir.
2. Rölelerin kontak sayıları sınırlıdır yani belli sayıda kontak kullanımı mümkündür; Oysa PLC'lerde kontak sayısının kullanımında bir sınırlama yoktur.
3. PLC' ler röleli sistemlere göre daha az yer kaplar.
4. PLC' ler röleli sistemlere göre daha az enerji harcar.
5. PLC' ler röleli sistemlere göre çok daha uzun süre devrede kalabilir.
6. Zamanla kullanılan sistem, tamamen değiştirilmek istense dahi PLC' nin sadece programı değiştirilmek suretiyle yeni sisteme adaptasyonu sağlanabilir. Röleli sistemin tamamen değişmesi gerekebilir.
7. PLC daha üst düzeyde bir otomasyon sağlayabilir.
8. Sistem çalışırken üzerinde yapılan değişiklikler bilgisayar veya kendi monitörü üzerinden rahatlıkla görülebilir. Sistemdeki değişiklikleri takip etmek mümkündür.
9. Faks modem veya internet erişimli cep telefonu aracılığıyla kıtalar arası mesafede bile bilgisayarlar aracılığıyla PLC' nin kontrolü veya programlaması yapılabilir.

3.8.4. PLC yazılımı

PLC'lerin, programlanıp üretim sahasında bulunan donanımla haberleşmesini, programın yüklenmesi ve çalıştırılmasını sağlayacak yazılımlara ihtiyaç duyulmaktadır. Bilgisayarla programlarken Simatic manager ile S7-300 PLC'nin programlama cihazına seri (COM) veya USB portu ile bağlantısı yapılarak donanımla (PLC) yazılımın haberleştirilmesi gerekir (Şekil 3.12).



Şekil 3.12. Simatic manager ile bir PLC'nin programlama ve çalışma süreci

4. MICROMASTER 440 FREKANS KONVERTÖRÜ

Micromaster'lar 3 faz AC motorların hız kontrolü yapmak üzere tasarlanmıştır. Mikroişlemci kontrollü cihazlarda, IGBT güç modellerinin kullanımı ile ileri teknoloji kullanılmış olup yüksek güvenilirlik ve esneklik sağlanmıştır. Özel PWM modülasyonu ve ultrasonik tetikleme frekansı micromaster 440'ın önemli özellikleridir.

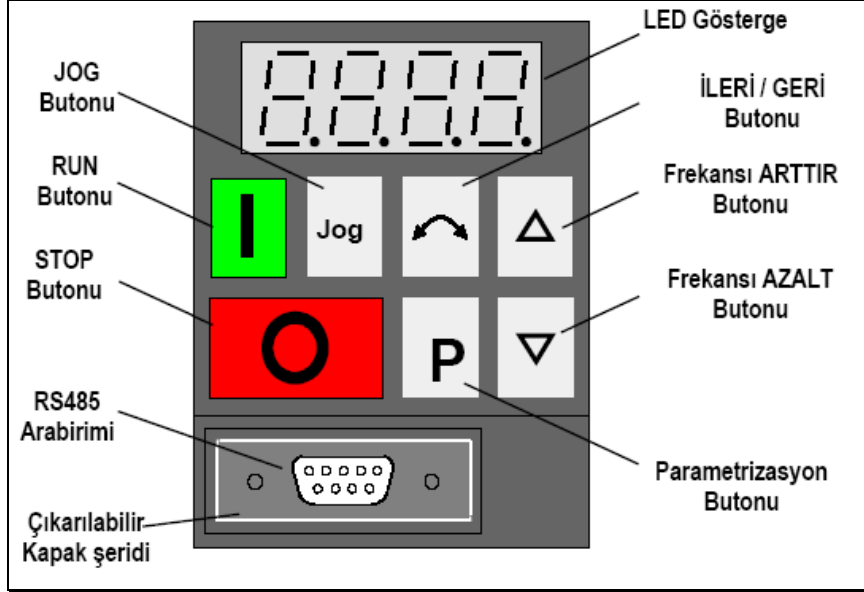
Aşağıda önemli özellikleri açıklanan Micromaster 440, Şekil 5.1'de verilen blok diyagramında görüldüğü gibi, çalışmada kullanılan önemli elemanlardan biridir.

4.1. Genel Özellikleri

Kullanılan Micromaster 440'ın ön panel görüntüsü Şekil 4.1'de görülmekte olup genel özellikleri şunlardır;

- Kalkışta otomatik güçlendirme sayesinde yüksek kalkış momenti
- 31 adet cihazın tek bir merkeze bağlanarak uzaktan kumanda edilebilmesini sağlayan RS485 seri portu üzerinden USS protokolü ile haberleşme
- Parametre ayarlarını sürekli saklamak için enerjisi kesildiğinde silinmeyen bellek desteği.
- Çıkış frekansı (motor hızı ile orantılı) 5 ayrı yöntem ile ayarlanabilir:
 1. Tuş takımı ile frekans girişi.
 2. Yüksek çözünürlüklü analog giriş(voltaj giriş)
 3. Harici bir potansiyometre ile motor hız ayarı.
 4. Dijital girişler ile önceden programlanmış sabit frekans seçimi.
 5. Seri haberleşme.
- DC enjeksiyon ve özel Compound DC enjeksiyon frenleme.
- MM12 – MM300 tek faz girişli cihazlar için dahili RFI filtresi
- Programlanabilir yumuşatması ile ayarlanabilir hızlanma / yavaşlama

zamanları.

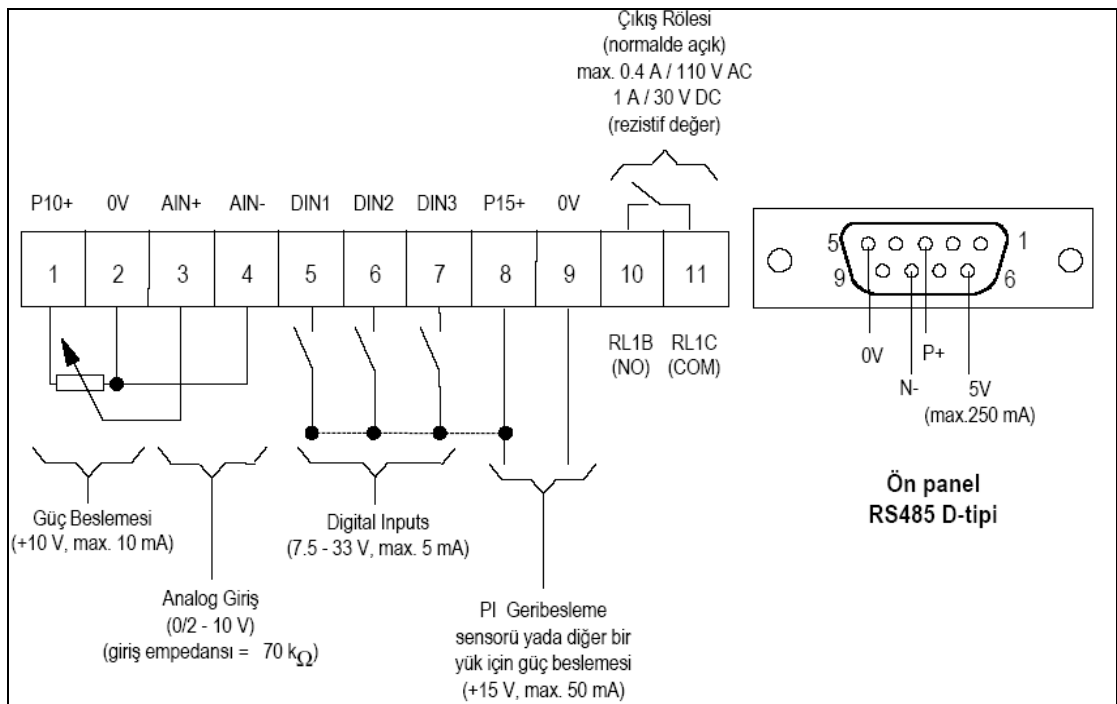
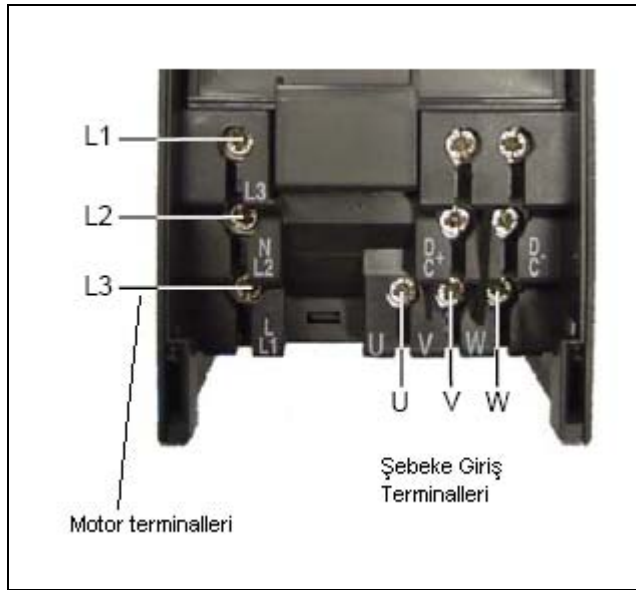


Şekil 4.1. Micromaster 440 ön paneli

4.2. Performans Özellikleri

Micromaster 440 kontrol bağlantıları Şekil 4.2’de gösterilmiştir. Tasarlan sistemde kullanılan Micromaster 440, Akısal akım kontrolü, Lineer ve parabolik V/f kontrol, Moment kontrolü gibi önemli denetim imkanı sağlamaktadır.

Micromaster 440 frekans konvertörünün programlanabilmesi için belirli parametrelerin kullanılması gerekir. Parametre numarası ilgili parametre numarasını gösterir. Kullanılan numaralar 0000-9999 aralığındaki 4 basamaklı numaralardır. Başında “r” bulunan numaralar parametrenin, belirli bir değeri gösteren ancak bu parametre üzerinden farklı bir değer girilerek değiştirilemeyen “salt-okunur” bir parametre olduğunu gösterir. Diğer tüm parametreler “P” ile başlamaktadır. Bu parametrelerin değerleri belirtilmiş olan “Min” ve “Max” aralığı içerisinde değiştirilebilir.



Şekil 4.2. Micromaster 440 kontrol bağlantıları

5. PROFIBUS AĞI ÜZERİNDEN 3 FAZLI BİR ASM'UN HIZ VE MOMENT DENETİMİ

ASM'lar, DA motorlarına göre üstünlüklerinden dolayı endüstride yaygın olarak kullanıldığı açıklanmıştı. Ancak ASM'un doğrusal olmayan yapısından kaynaklanan sorunlar nedeniyle, hız ve moment denetimi zorlaşmaktadır. Günümüzde bu sorunlar; güç elektroniği teknolojisindeki gelişmeler, yüksek akım ve yüksek gerilimli yarıiletken devre elamanlarının güvenilir ve ekonomik olarak kullanılabilir hale gelmeleri sonucu, endüstride oldukça geniş bir güç aralığında, ASM'un hız ve moment denetimi için gerekli frekans ve gerilim ayarlı sistemlerin ekonomik olarak gerçekleştirilmesine imkan vermektedir.

Endüstride, üretim kalitesini ve hızını artırma yöntemlerinden biri olarak otomasyon sistemlerinin kullanımı görülmektedir. Endüstriyel otomasyonda kullanılan çeşitli ağ yapıları 4. bölümde detaylı olarak açıklanmıştı. Bu çalışmada, profibus ağ yapısı kullanılarak üç fazlı ASM'un hız ve moment denetimleri uzaktan ve düşük ağ gecikmesi ile gerçek zamanlı olarak gerçekleştirilmiştir. Sistemin yapısı; Şekil 5.1'de görüldüğü gibi CPU 314C-2DP, 3 ~ ASM ve bu iki ünite arasında haberleşmeyi sağlayan profibus ağı oluşturmaktadır.

5.1. Kontrol Sisteminin Kurulması

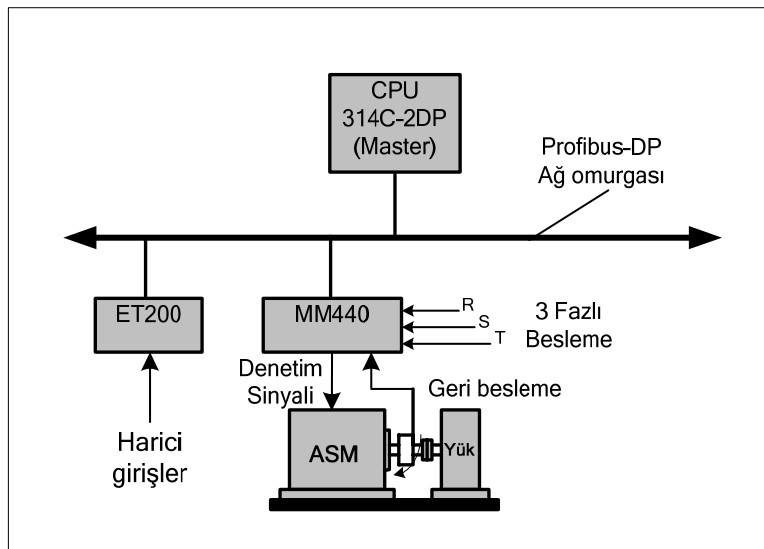
Kontrol sistemi, haberleşmenin sağlanacağı Profibus ağ omurgası, master istasyon ve saha elemanlarından oluşmaktadır. Çalışmada kullanılan ASM'un etiket değerleri Çizelge 5.1'de verilmiştir.

Çizelge 5.1. ASM etiket değerleri

Motor Gücü	3 KW
$\cos \varphi$	0,82
Motor Deviri	1420 d/d.
Çalışma Gerilimi	230/400 Δ/Y
Akım	11,1/6,4 A.

Çalışmada geri besleme bilgisi ASM'un miline bağlı encoder ile elde edilmektedir. Encoder (Sinyal Üretici); mil hareketine karşılık, sayısal (dijital) bir elektrik sinyali üreten elektromekanik bir cihazdır. Bu çalışmada Siemens marka artımsal tip 2500 pulse HTL (High Transistor Logic) encoder kullanılmıştır.

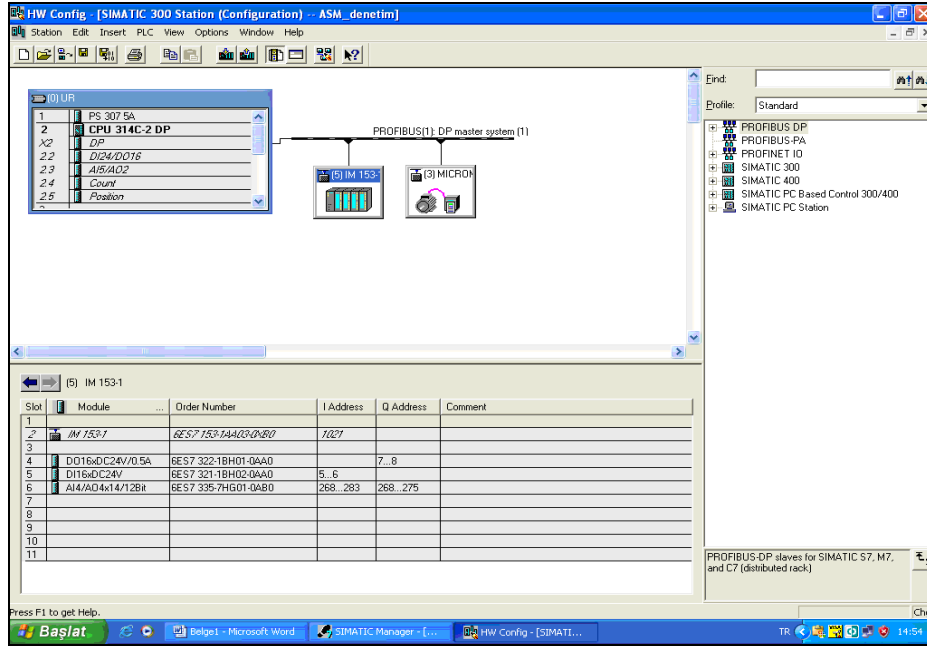
ASM'un Profibus ağ omurgasına bağlantısı Micromaster 440 frekans konvertörü ile gerçekleştirilmiştir (Şekil 5.1). Master istasyon olarak 314C-2DP kullanılmıştır [16].



Şekil 5.1 Profibus tabanlı ASM denetiminin blok şeması

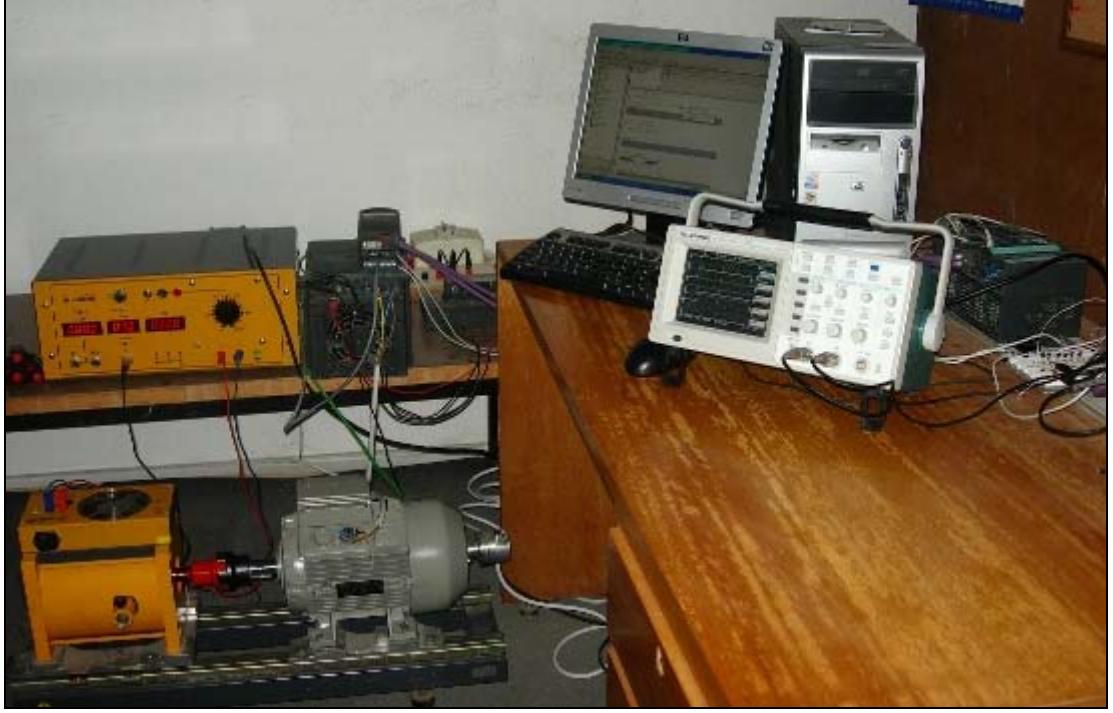
Simatic manager programı kullanılarak Şekil 5.2'de görüldüğü gibi ağ omurgası ve sistemde kullanılacak donanım için bir hardware hazırlanmıştır. Ağa bağlanan her bir birime Profibus ağı içinde bir adres verilmektedir. Burada sırası ile sistemin çalışma mantığına göre Step 7'de PLC'ye yüklenmek üzere bir yazılım hazırlanmıştır. Hazırlanan çalışma şekline göre bir hız set değeri frekans yada devir olarak girilmekte ve bu bilgi ağ üzerinden frekans konvertörüne iletilmektedir encoderden alınan hız geri besleme bilgisi referans hız bilgisi ile karşılaştırılarak bir denetim sinyali üretilmektedir.

Üretilen bu denetim sinyali gerçek hızın motorun üzerindeki yük durumuna bağlı olarak değişimini düzelterek referans hıza yaklaştırmakta ve v/f oranına göre bir çalışma noktası belirlenmektedir. Bütün bu işlemler gerçek zamanlı olarak gerçekleşmektedir.



Şekil 5.2. Simatic manager hardware görüntüsü

Tasarlanan sistemin uygulama ortamı (Programın yazıldığı PC, CPU ve bütünleşik modülleri, denetlenen ASM, Yük, ASM'a bağlı geri besleme bilgisini gönderen encoder, MM440, ET200M) Resim 5.1'de görülmektedir.

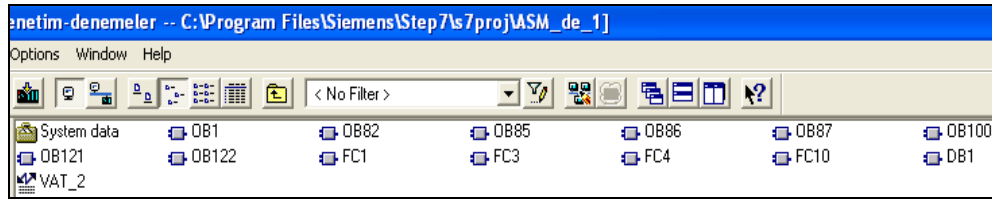


Resim 5.1. Deney setinin görünüşü

Deney seti kurulurken, öncelikle Profibus ağ omurgası oluşturuldu ve ağa bağlanacak her bir donanım için ağ adresleri belirlendi. Ağın çevre birimleri yani saha elemanlarını sorunsuz tanıması için her bir donanıma ait order numarası mevcuttur. Ancak kullanılan Encoder'e ait Order numarası olmadığından bu donanım için GSD (Generic Station Description – Genel donanım özellikleri) dosyaları oluşturuldu. GSD dosyaları kullanılan donanıma ait tüm bilgilerin Simatic Manager'da istenilen formatta girilerek tanıtılmasıdır. Saha elemanı sisteme tanıtılmadığı sürece veri alışverişi mümkün olmaz. Sistem içinde yazılan program ile master istasyon adresleri belirli olan her slave istasyondan kullanıcı isteğine ve yazılıma bağlı olarak bilgilere ulaşmak mümkün olabilmektedir. Frekans konvertörüne Çizelge 5.1'de etiket değerleri verilen ASM ile ilgili parametreler girilmiştir.

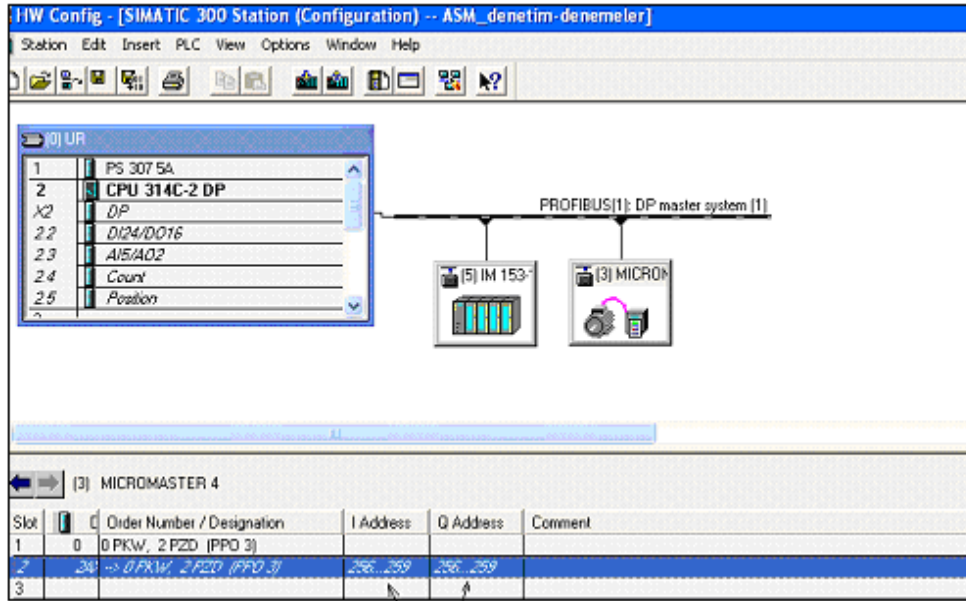
Konvertöre ait bilgilere profibus ağ omurgası üzerinden ulaşabilmek için EK-1'de verilen parametrelerden hız ve moment denetimi ile uygun değerler girilerek master istasyon ile ağ omurgası üzerinden haberleşme sağlanmıştır.

Aktif hale gelen Profibus ağ omurgası üzerinden denetim için gerekli parametreleri almamız ve bunlara ait bazı hesaplamaları yaptırabilmemiz için ayrıca bu değerlerin monitörü gerekmektedir. Bu amaçla; Çalışmaya ait gerekli yazılımın yapılabilmesi için Step 7 programında hazırlanan ve PLC'ye yüklenen fonksiyon ve veri bloklarına ait bilgiler Şekil 5.3'te verilmiştir.



Şekil 5.3. Step 7'de hazırlanmış fonksiyon ve veri blokları

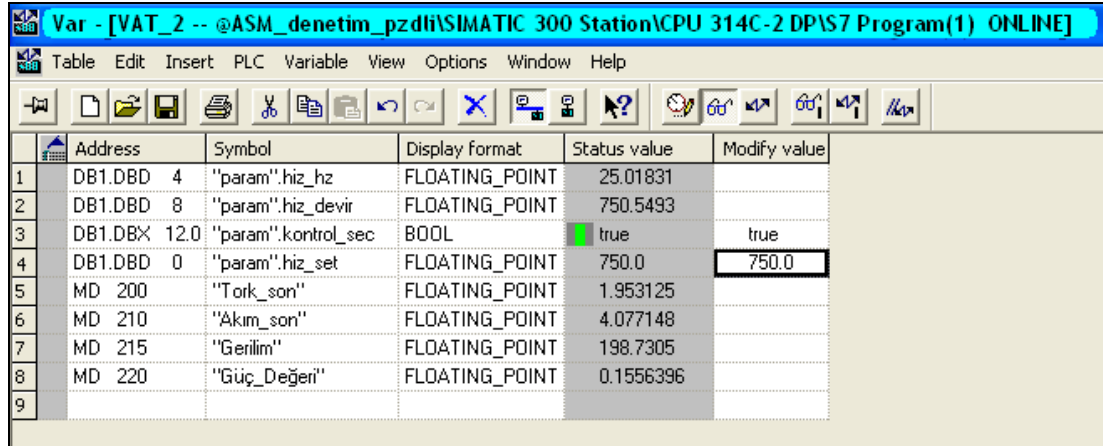
Bu bloklar oluşturulurken hangi donanımla bilgi alışverişi yapılacaksa, o donanıma ait özel adresler mevcuttur. Şekil 5.4'de MM 440'a ait adresler görülmektedir.



Şekil 5.4. MM 440'a ait adresler

Hazırlanan bu FC, FB, DB bir bütünü parçalarına ayırıp, sistemi daha kolay kurmamızı sağlamaktadır. Bloklar hazırlandıktan sonra ise bu değerlerin monitörü gerekmektedir, bunun için bir VAT_2 bloğu oluşturularak izlenmesi

ve girilmesi gereken set değerlerinin monitörü sağlanmıştır. VAT_2 bloğu Şekil 5.5'de görülmektedir.



The screenshot shows the SIMATIC 300 Station software interface. The title bar reads 'Var - [VAT_2 -- @ASM_denetim_pzdl\SIMATIC 300 Station\CPU 314C-2 DP\S7 Program(1) ONLINE]'. The menu bar includes 'Table', 'Edit', 'Insert', 'PLC', 'Variable', 'View', 'Options', 'Window', and 'Help'. The toolbar contains various icons for file operations, editing, and viewing. The main window displays a table with the following data:

	Address	Symbol	Display format	Status value	Modify value
1	DB1.DBD 4	"param".hiz_hz	FLOATING_POINT	25.01831	
2	DB1.DBD 8	"param".hiz_devir	FLOATING_POINT	750.5493	
3	DB1.DBX 12.0	"param".kontrol_sec	BOOL	true	true
4	DB1.DBD 0	"param".hiz_set	FLOATING_POINT	750.0	750.0
5	MD 200	"Tork_son"	FLOATING_POINT	1.953125	
6	MD 210	"Akım_son"	FLOATING_POINT	4.077148	
7	MD 215	"Gerilim"	FLOATING_POINT	198.7305	
8	MD 220	"Güç_Değeri"	FLOATING_POINT	0.1556396	
9					

Şekil 5.5. VAT_2 Bloğuna ait veriler

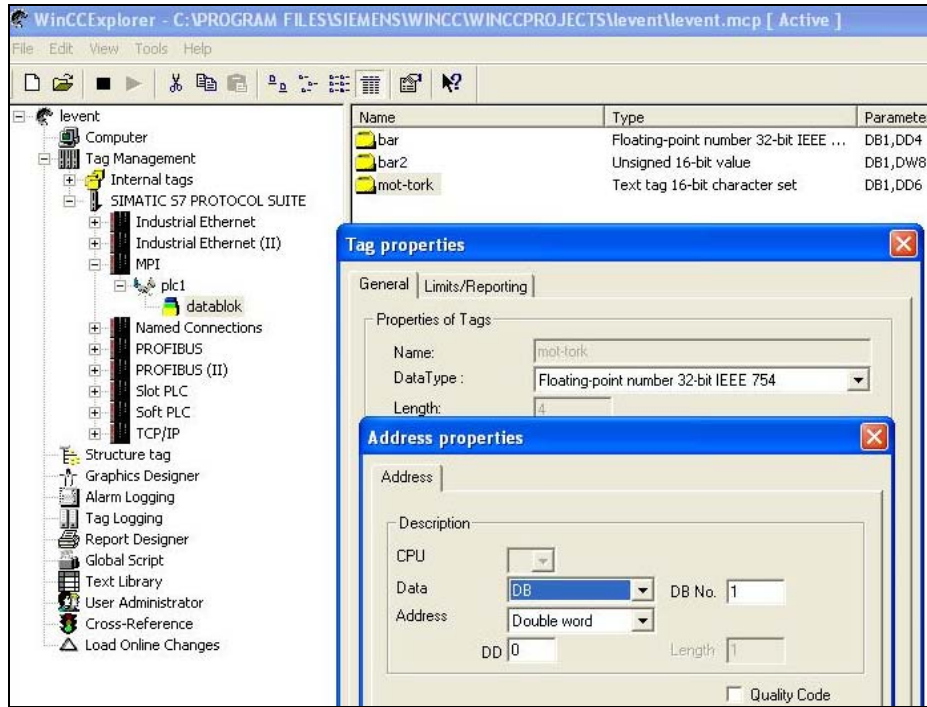
5.2. Asenkron Motorun Hız ve Moment Kontrolü

Asenkron motorun hız ve moment denetiminde profibus ağ omurgası üzerinden PLC ve frekans konvertörü kullanmak suretiyle moment sabit iken frekans ya da devir set değeri girilerek ASM, istenilen hız değerinde çalışmaktadır. Set hız değeri ile geri besleme hız değerleri farkına göre bir denetim sinyali üretilerek ASM'un kararlı çalışması sağlanmıştır.

Moment motora verilen gerilimle, hız ise uygulanan frenksla kontrol edilmektedir. Burdan yola çıkarak gerilim ve frekans eğrisinde değişiklik yapılmaktadır. Uygulamada vektör-moment, v/f lineer, v/f fcc (sabit akı), parabolik gibi yöntemler kullanılmaktadır. Çalışmada hız setpoint verilerek yapılan uygulamalarda ASM tam, yarı yüklü ve yüksüz durumlarda 500, 1000 ve 1500 d/d için frekans, moment, akım, gerilim ve güç eğrileri alınmıştır. Hız setpoint verilerek yapılan uygulamada, ASM'un değişik yük ve hız koşullarında; frekans, moment, akım, gerilim ve güç değerleri aynı grafikte toplanarak parametreler arasındaki ilişkiler yorumlanmıştır. Kullanılan frekans konvertörü farklı moment kontrol seçenekleri sunmaktadır. Burada önemli

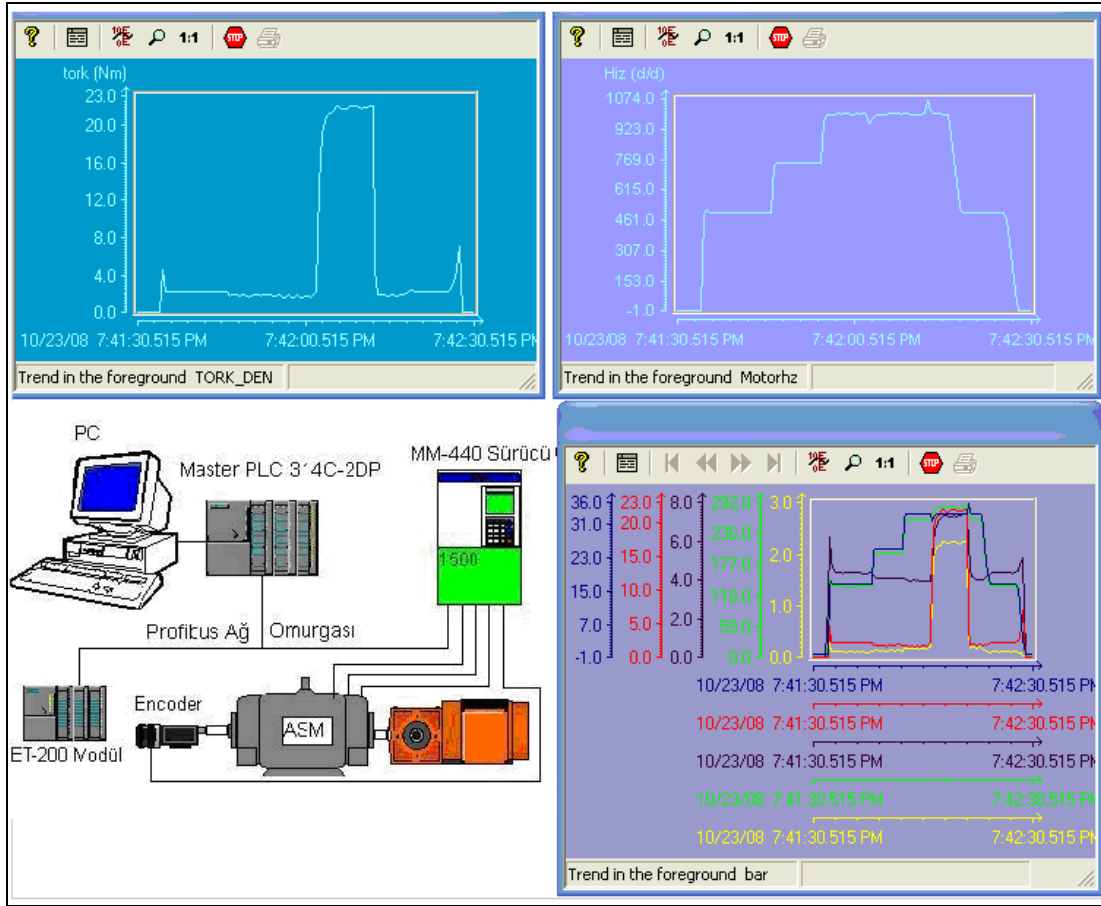
olan yükün cinsi ve değerinin ne olacağı önemlidir. Buna göre bir seçim yapılarak yükün karakterine göre bir çalışma şekli belirlenebilmektedir.

Profibus ağı üzerinden alınan veriler PLC yazılımında kullanılan adreslere paralel olarak WinCC programında oluşturulan iç etiketlere iletilerek oluşturulan arayüz ile grafiksel forma dönüştürülmüştür. Bunun için frekans, moment, akım, gerilim ve güç değerleri için oluşturulmuş geçici hafıza alanlarına ait adresler ve oluşturulan iç etiketler Şekil 5.6'da görülmektedir. Ağ üzerinden alacağımız veri tipine göre burada gerekli sistem ayarları yapılmıştır. Örneğin hız bilgisi tamsayı olarak gelirken, moment bilgisi ondalık sayı olarak gelmektedir. Bunun gelecek veri tipine göre gerekli ayarlamalar yapılarak sağlıklı bir veri iletimi sağlanmıştır.



Şekil 5.6. Win CC'de oluşturulmuş iç etiketler

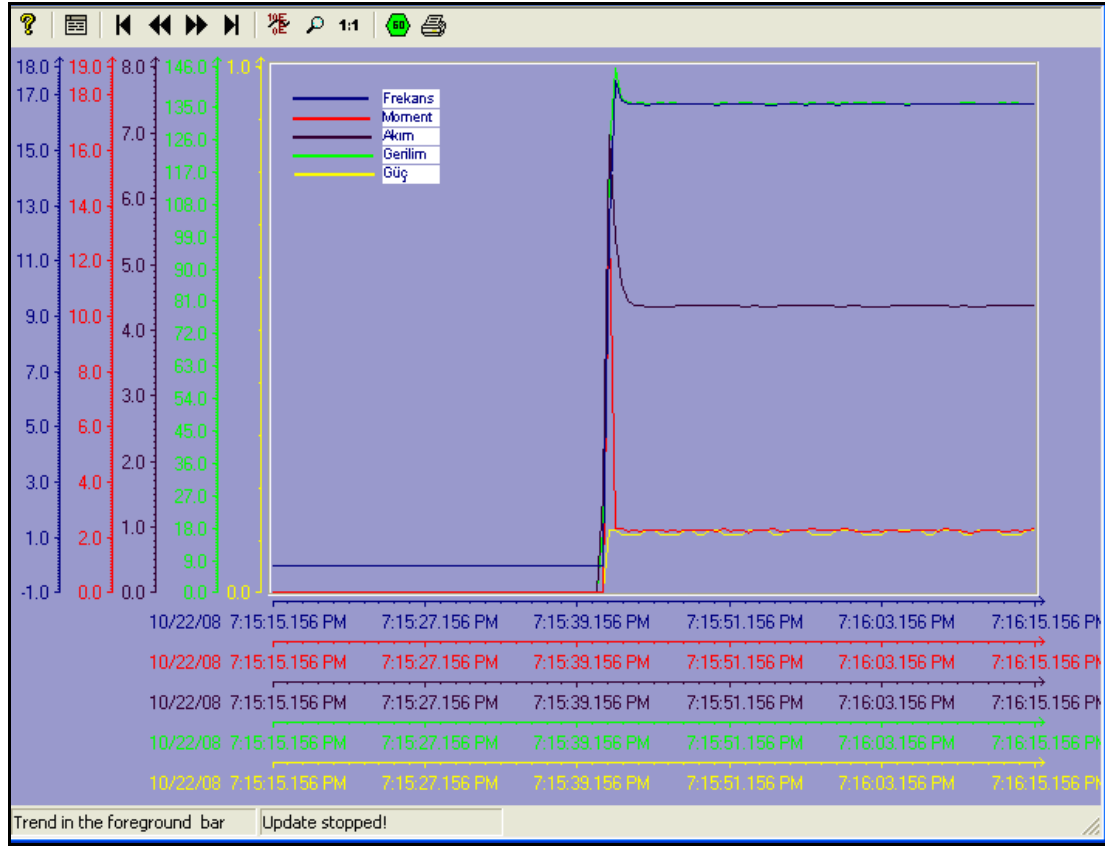
Hız ve moment için oluşturulmuş geçici hafıza alanlarına ait adreslerdeki veriler WinCC programında hazırlanan arayüz ile hız ve momente ait veriler grafiksel forma çevrilmiştir (Şekil 5.7).



Şekil 5.7. WinCC’de hazırlanmış arayüz

ASM’un ait çeşitli hız değerlerinde boş, yarı yük ve tam yük koşullarında alınmış frekans, moment, akım, gerilim ve güç eğrileri elde edilmiştir. Şekil 5.8’de Yüksüz çalışan ASM’un 500d/d referans hıza, rampa şeklinde 0,5s’de ulaşması hedeflenmiştir ve Micromaster’a gerekli parametreler girilmiştir. Alınan uygulama sonuçlarına göre ise, gerçek hız referans hıza hedeflenen sürede ulaşmıştır. Grafikte 500 d/d’ye 16,6 Hz. frekans değeri ile yaklaşık % 5 gibi bir aşım ile ulaştığı ve bu aşımın geribesleme ile düzeldiği görülmektedir. Momente bakıldığında ASM’un kalkınma anında kısa bir süre 14 Nm gibi bir değer ürettikten sonra sürtünme ve vantilasyon kayıplarını karşılayacak kadar bir moment üreterek kararlı çalışmasına devam etmektedir. Referans hız değerine ulaşma süresi azaldıkça ve motor yükü arttıkça, motorun ilk başta ürettiği momentte artış olacaktır. Verilen referans

hıza, motorun istenilen sürede ulaşması için bu aralıkta yani kalkınma anında maksimum moment üretilmelidir.

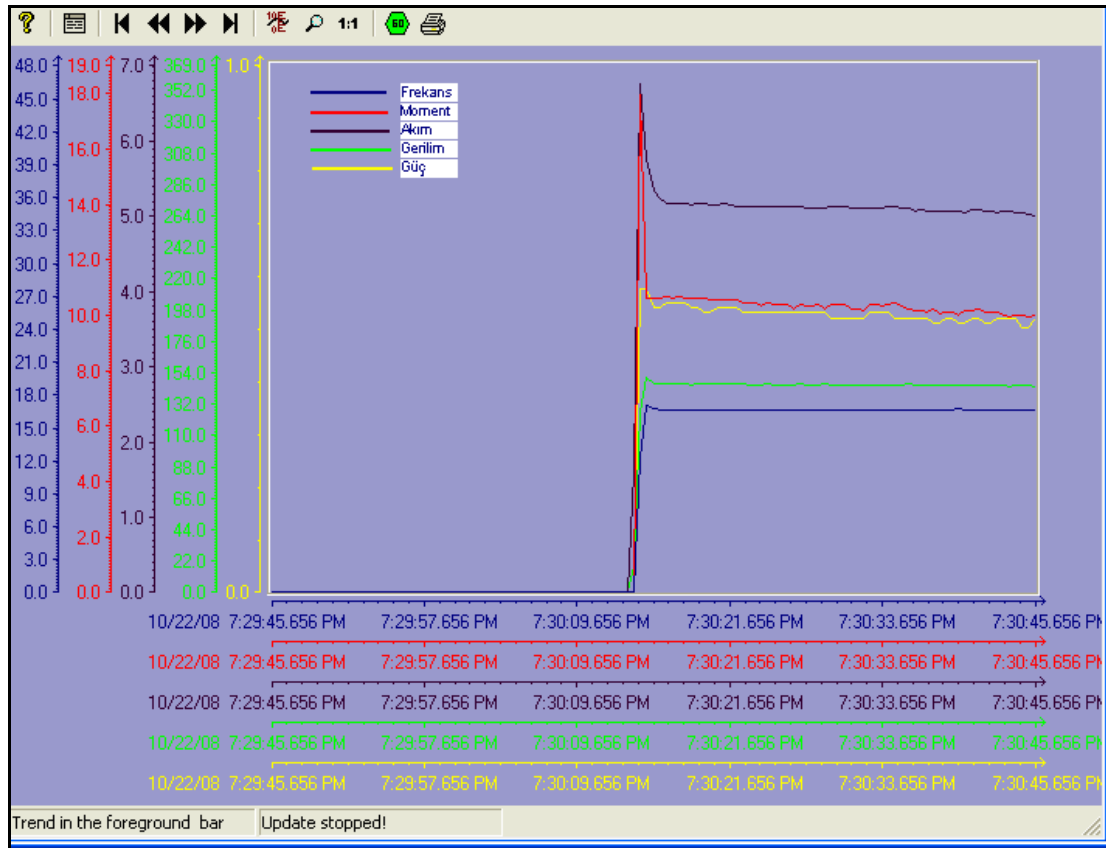


Şekil 5.8. ASM'un Yüksüz 500 d/d Frekans-Moment-Akım-Gerilim-Güç eğrileri

Bilindiği gibi, stator sargılarının ürettiği manyetik alan ile rotor sargılarının üretmiş olduğu manyetik alanın bileşkesi sonucu moment üretilmektedir. Kalkınma anında kısa devre, çubuklu rotor sargılarının hızı stator dönme hızına göre oldukça küçük olduğundan, üzerinde fazla gerilim endüklenecek bu da rotor akımının büyük olmasına neden olacaktır. Akımın yüksek olması, rotor manyetik alanın genliğini artırır. Bu da büyük moment üretimine neden olur. Motor referans hız değerine ulaştığında ise, rotorda endüklenen emk azalır ve motor, şayet yüksüz ise sürtünme ve vantilasyon kayıpların karşılayacak kadar akım çeker. Bu akım karşılığında da bir moment üretilmektedir. Düşük hızlarda sürtünme momenti yüksek hızlara göre daha

fazladır. Şekil 5.8'de yüksüz durumda üretilen momentin 2 Nm civarında olduğu görülmektedir.

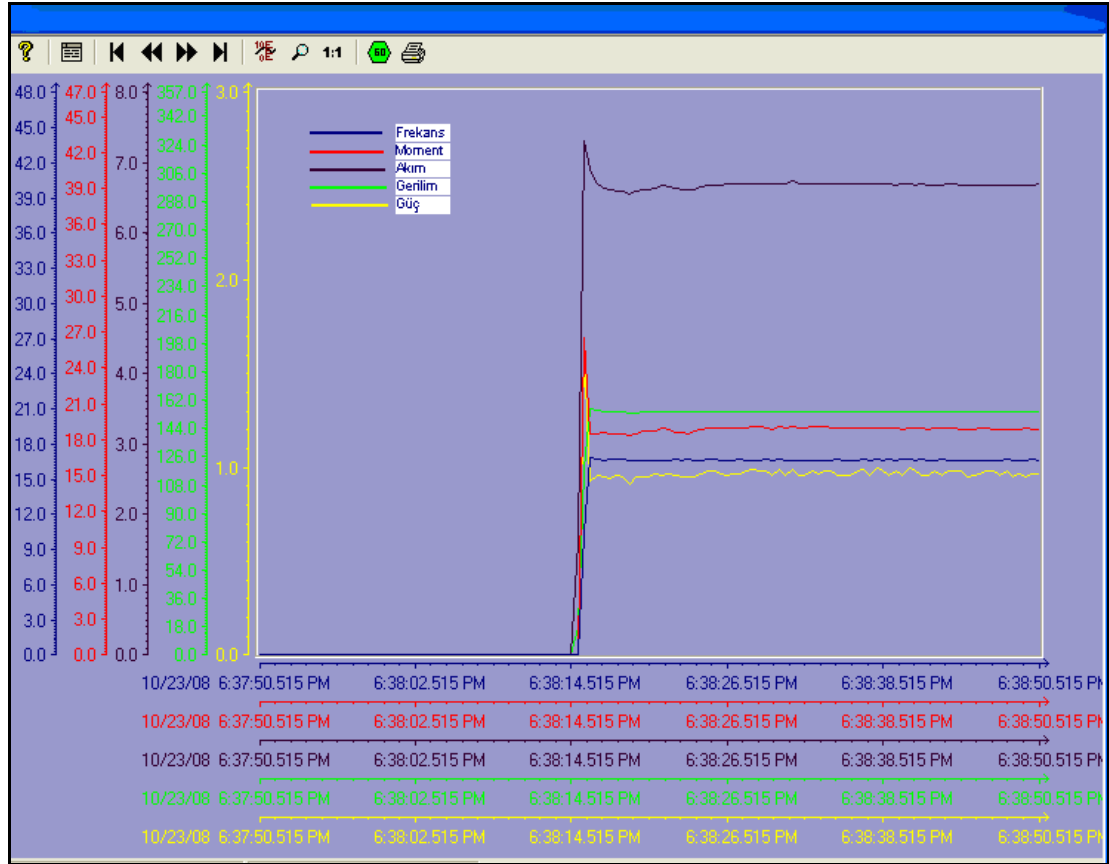
Şekil 5.9'da 10 NM yüklü çalışan ASM'un 500d/d referans hıza ulaşma zamanı, yani kalkış rampa süresi 0,5 s ayarlanmış ve yaklaşık bu süre içerisinde ASM'un 500 d/d hıza ulaştığı ve kararlı çalışmasına devam ettiği gözlemlenmiştir. ASM'un yüklü durumda kalkınmak için akım buna bağlı olarak güç değerinde yükselmeler gözlemlenmiştir. Bütün bunlara bağlı olarak da kalkınma anında % 70 fazla moment üreterek sonra üzerindeki yükü karşılayacak kadar moment üreterek kararlı çalışmasına devam etmektedir.



Şekil 5.9. ASM'un 10 Nm 500 d/d Frekans-Moment-Akım-Gerilim-Güç eğrileri

Şekil 5.10'da 20 Nm yüklü çalışan ASM'un 500d/d referans hıza ulaşma süresi, yani kalkış rampa süresi sürücü parametrelerinden 0,5 s ayarlanmış

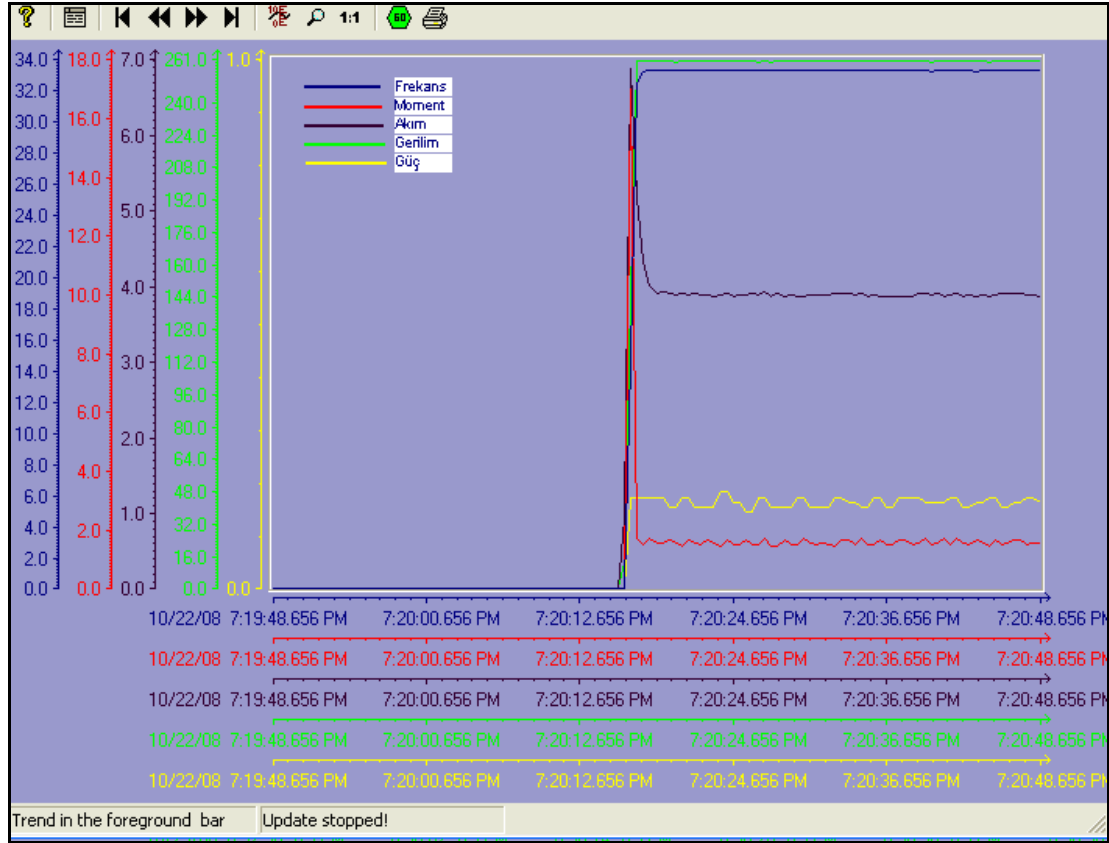
ve yaklaşık bu süre içerisinde ASM'un 500 d/d hıza ulaştığı ve kararlı çalışmasına devam ettiği gözlemlenmiştir.



Şekil 5.10. ASM'un 20 Nm 500 d/d Frekans-Moment-Akım-Gerilim-Güç eğrileri

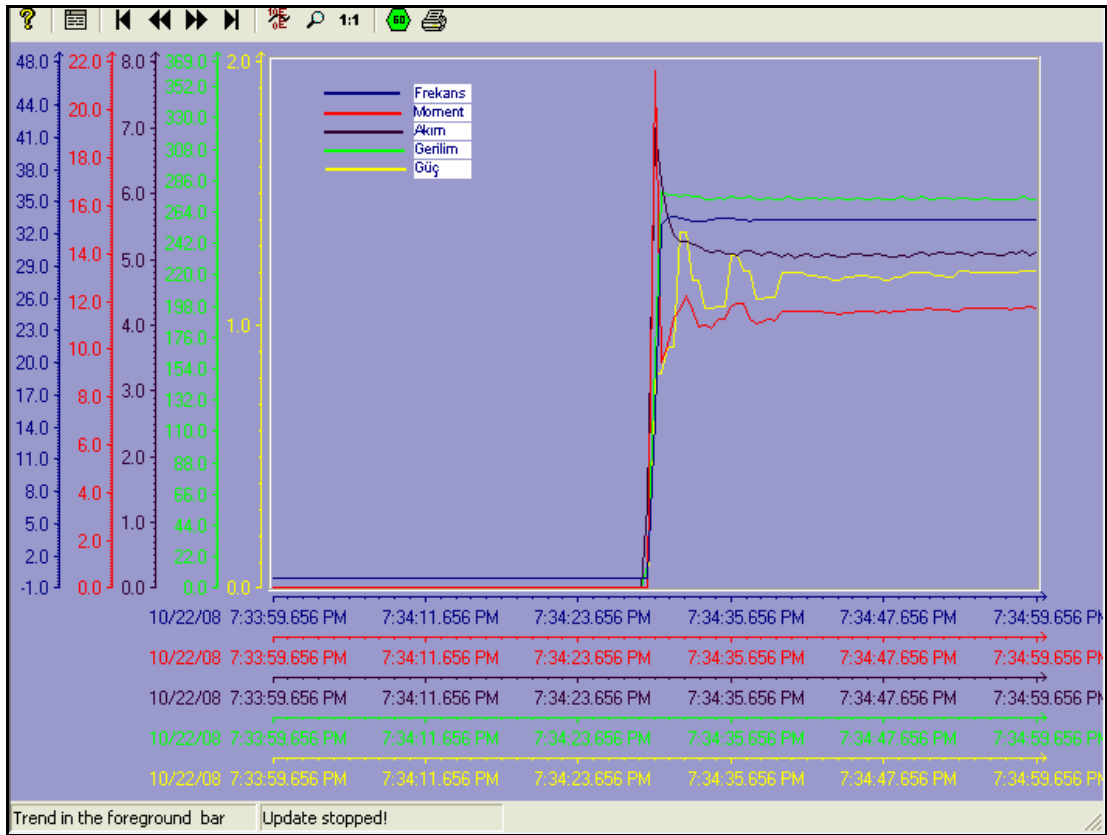
Şekil 5.11'de Yüksüz çalışan ASM'un 1000 d/d referans hıza, rampa şeklinde 0,5 s'de ulaşması hedeflenmiştir ve sürücü tarafından gerekli parametreler girilmiştir. Alınan uygulama sonuçlarına göre ise, gerçek hız referans hıza hedeflenen sürede ulaşmıştır. Hız eğrisinde aşım ve salınım olmadığı ve sürekli çalışma durumunda verilen referans hızı izlediği görülmektedir. Şekilden de görüldüğü gibi, motor yüksüz iken ilk kalkınma anında, kararlı çalışma durumundaki momentin yaklaşık 16 Nm seviyesinde bir moment üretmektedir. Referans hız değerine ulaşma süresi azaldıkça ve motor yükü arttıkça, motorun ilk başta ürettiği momentte artış olacaktır. Verilen referans hız, motorun istenilen sürede ulaşması için bu aralıkta yani kalkınma anında

maksimum moment üretilmelidir. Frekans arttıkça gerilim değeri de artış görülmektedir.



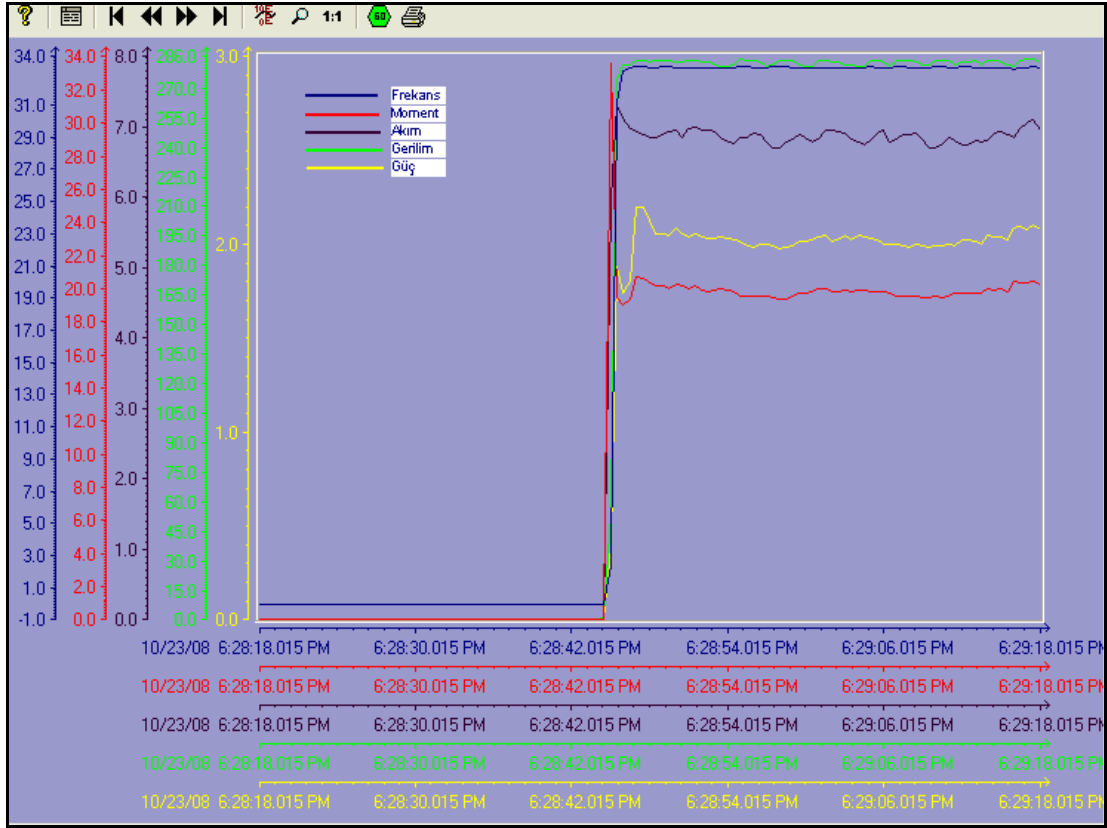
Şekil 5.11. ASM'un Yüksüz 1000 d/d Frekans-Moment-Akım-Gerilim-Güç eğrileri

Şekil 5.12'de 10 Nm yüklü çalışan ASM'un 1000 d/d referans hıza, rampa şeklinde 0,5 s'de ulaşması hedeflenmiştir ve sürücü tarafından gerekli parametreler girilmiştir. Alınan uygulama sonuçlarına göre ise, gerçek hız referans hıza hedeflenen sürede ulaşmıştır. Hız eğrisinde aşım ve salınım görülmekte ancak geri besleme bilgisi kapalı çevrim denetim sonucu sürekli çalışma durumunda verilen referans hız doğrultusunda çalıştığı görülmektedir. Grafiğe bakıldığında aynı devirde yük arttıkça güç değerinin de arttığı görülmektedir.



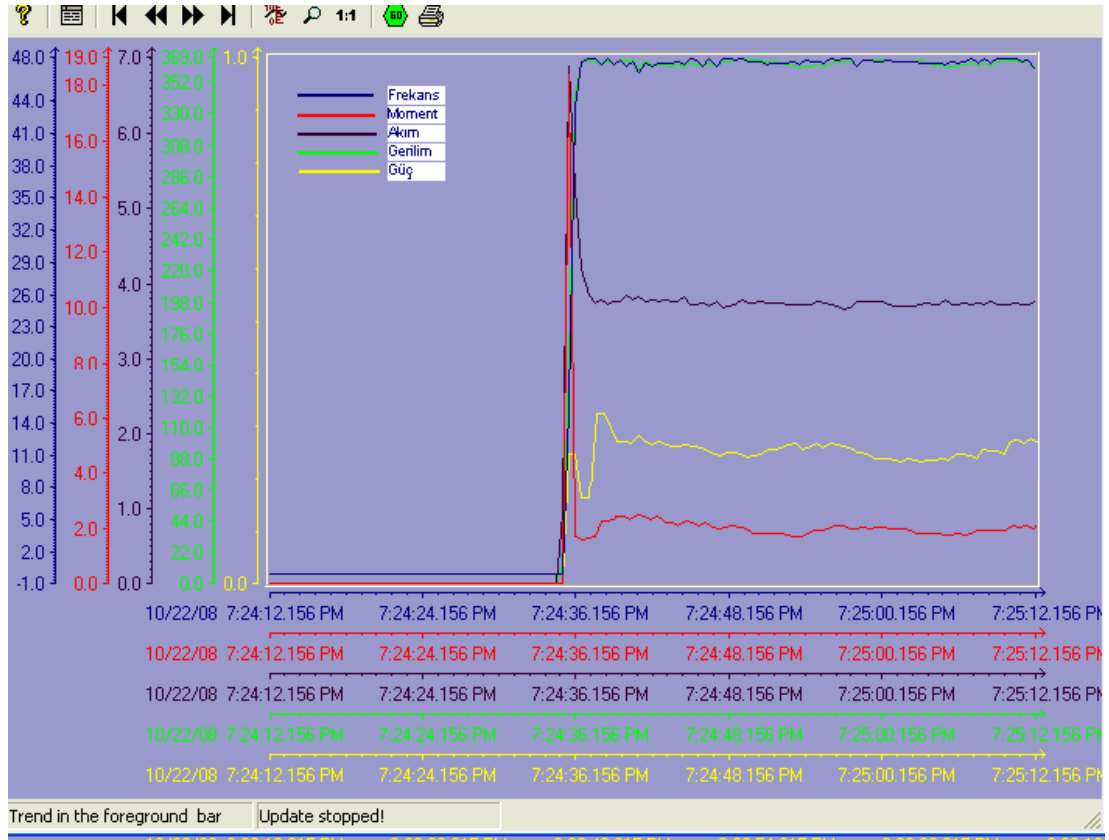
Şekil 5.12. ASM'un 10 Nm 1000 d/d Frekans-Moment-Akım-Gerilim-Güç eğrileri

Şekil 5.13'te 20 Nm yüklü çalışan ASM'un 1000 d/d referans hıza, rampa şeklinde 0,5 s'de ulaşması hedeflenmiştir ve sürücü tarafından gerekli parametreler girilmiştir. Alınan uygulama sonuçlarına göre ise, gerçek hız referans hıza 0,5 s civarında salınım yapmadan kararlı bir şekilde ulaşmıştır. Aynı hızda çalışan ASM'un 10 Nm moment üretirken güç 1,2 kW iken 20 Nm moment üretirken bu değer kararlı çalışma noktasında 2,1 kW olarak görülmektedir.



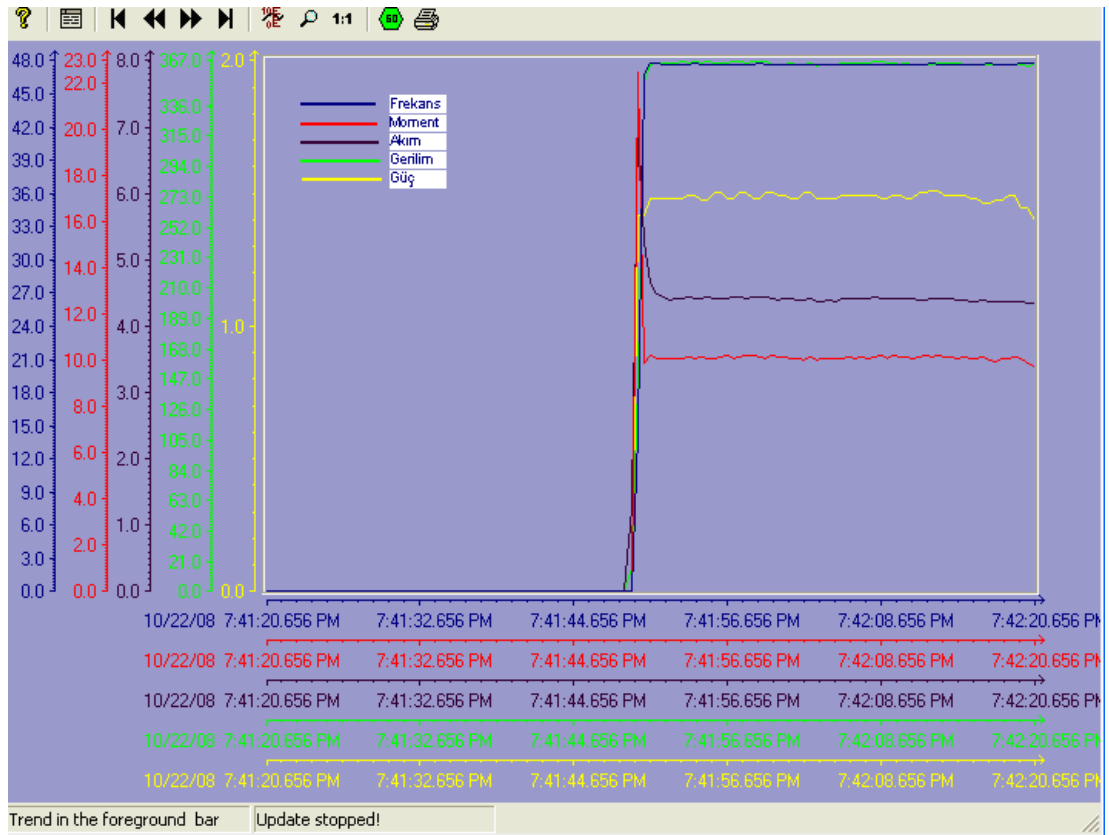
Şekil 5.13. ASM'un 20 Nm 1000 d/d Frekans-Moment-Akım-Gerilim-Güç eğrileri

Şekil 5.14'te Yüksüz çalışan ASM'un 1500 d/d referans hıza, rampa şeklinde 0,5 s'de ulaşması hedeflenmiştir ve sürücü tarafından gerekli parametreler girilmiştir. Alınan uygulama sonuçlarına göre ise, gerçek hız referans hıza 0,5 s civarında salınım yapmadan kararlı bir şekilde ulaştığı gözlemlenmiştir. Yine frekansa bağlı olarak gerilimin arttığı görülmektedir. ASM'un yüksüz 48 Hz frekansla çalışma noktasında ASM 4 A akım çekmekte ve yüksüz olduğu için güç değerinde de bir artış söz konusu değildir.



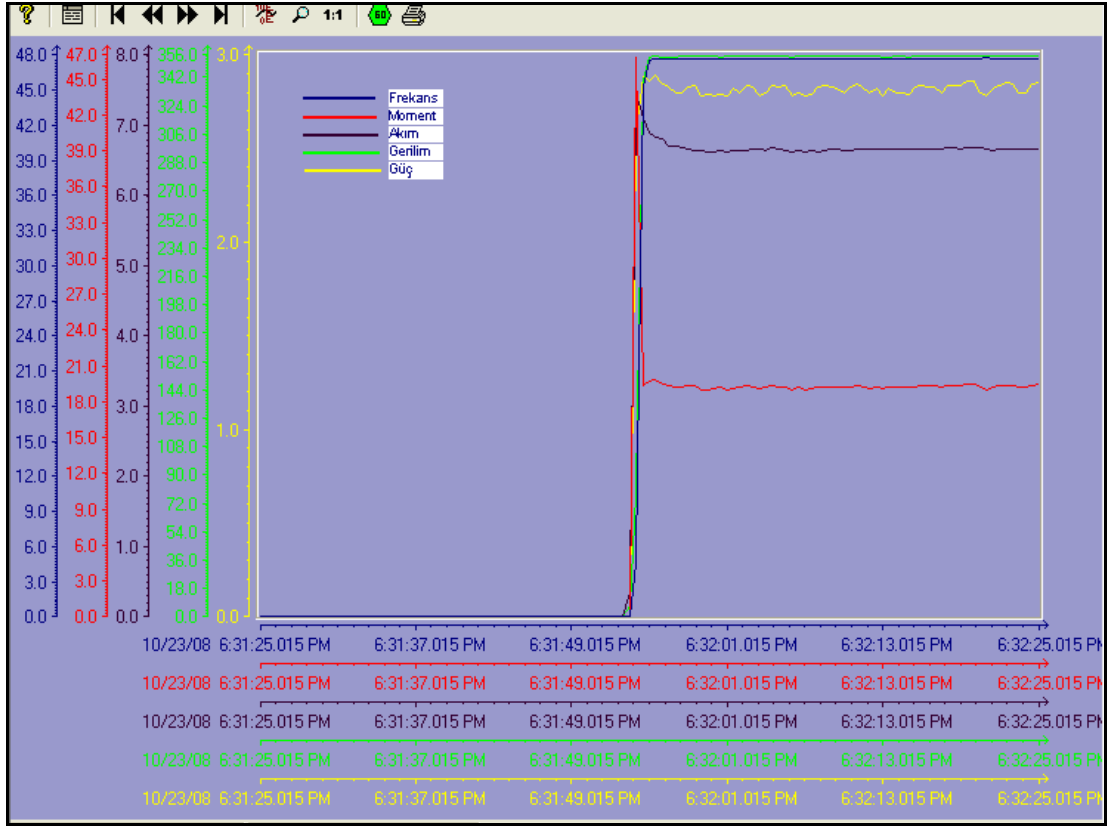
Şekil 5.14. ASM'un Yüksüz 1500 d/d Frekans-Moment-Akım-Gerilim-Güç eğrileri

Şekil 5.15'de 10 Nm yüklü çalışan ASM'un 1500 d/d referans hıza, belirlenen 0,5 s rampa süresinde ulaşması hedeflenmiştir ve sürücü tarafından gerekli parametreler girilmiştir. Alınan uygulama sonuçları göstermiştir ki, motor referans hıza yaklaşık olarak 0,5 s içerisinde ulaştığı gözlemlenmiştir. Artan frekansa bağlı olarak gerilim artmakta, artan yüke bağlı olarak da aynı oranda gücün arttığı gözlemlenmektedir.



Şekil 5.15. ASM'un 10 Nm 1500 Frekans-Moment-Akım-Gerilim-Güç eğrileri

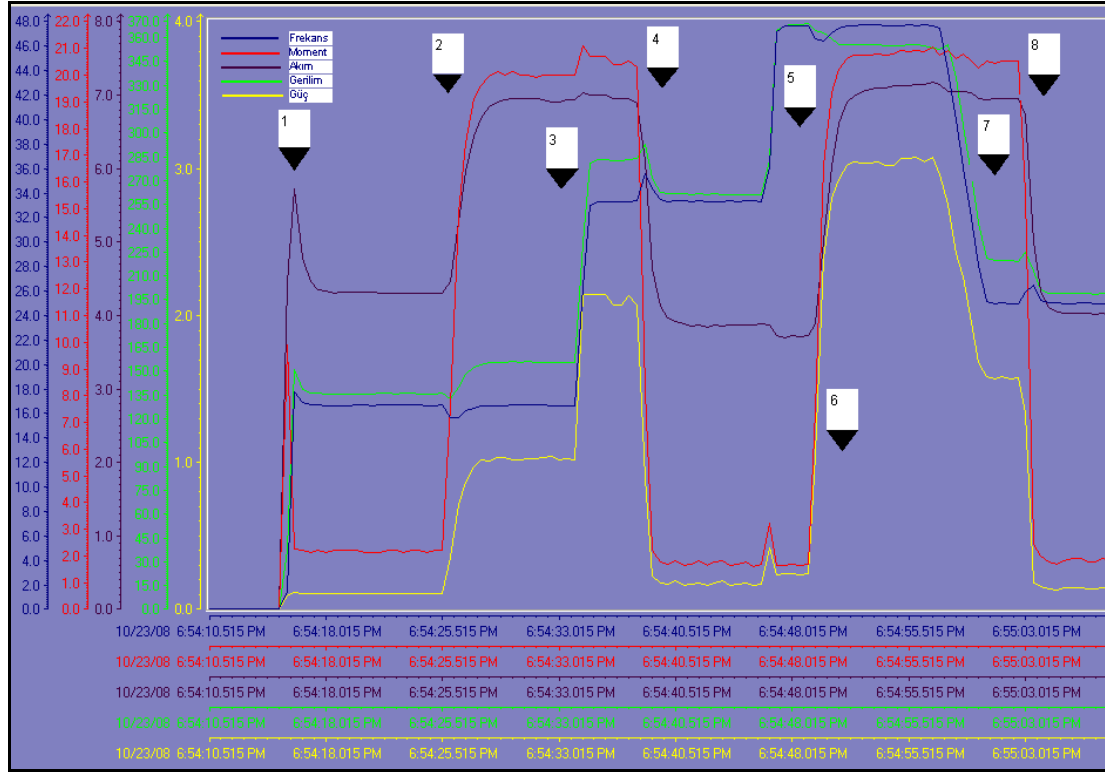
Şekil 5.16'da 20 Nm yüklü çalışan ASM'un 1500 d/d referans hıza, parametrelerle belirlenen sürede ulaşması hedeflenmiştir ve sürücü tarafından gerekli parametreler girilmiştir. Alınan uygulama sonuçları göstermiştir ki, motor referans hıza yaklaşık olarak 0,5 s içerisinde ulaştığı gözlemlenmiştir. Artan frekansa bağlı olarak gerilim artmakta, artan yüke bağlı olarak da aynı oranda gücün arttığı gözlemlenmektedir.



Şekil 5.16. ASM'un 20 Nm 1500 d/d Frekans-Moment-Akım-Gerilim-Güç eğrileri

Şekil 5.17'de ise 1. durumda 500 d/d hızla yüksüz çalışmasına başlayan ASM'un kalkınma anında akım, frekans, moment ve gerilim eğrilerinde ASM kalkana kadar aşımalar görülmekte daha sonra kararlı çalışmasına devam etmektedir. 2. durumda ASM 20 Nm yüklenmiş ve gerilim, güç ver akım değerlerinde yükü karşılayacak momenti üretecek kadar değişimler görülmektedir. 3 durumda ise ASM'un hızı 1000 d/d'ye set edilmiş, momentte bir değişim olmazken gerilim ve güç değerlerinde artan frekansa bağlı olarak değişimler gözlenmiştir. 4. durumda ise ASM üzerindeki yük kaldırılmış, buna bağlı olarak güç, akım ve gerilim değerlerinde düşüş gözlenirken frekans eğrisinde yük kaldırıldığı an yükselme olmuş ancak geribesleme bilgisi ile normal çalışma noktasına gelmiştir. 5. durumda hız 1500 d/d'ye set edilmiş ve bu hız artışına bağlı olarak gerilimde bir yükselme gözlenmiştir. 6. durumda ASM yine 20 Nm ile yüklenmiş, buna bağlı olarak yükü karşılamak için akım ve güç değerlerinde artış görülmektedir. 7. durumda hız 750 d/d

hıza set edilmiş ve buna bağlı olarak moment sabit kalırken frekanstaki düşüşe paralel olarak gerilim eğrisinde de düşüş gözlenmektedir. 8. durumda ise yük kaldırılmış buna bağlı olarak da akım ve güç eğrilerinde düşüş gözlemlenmektedir.

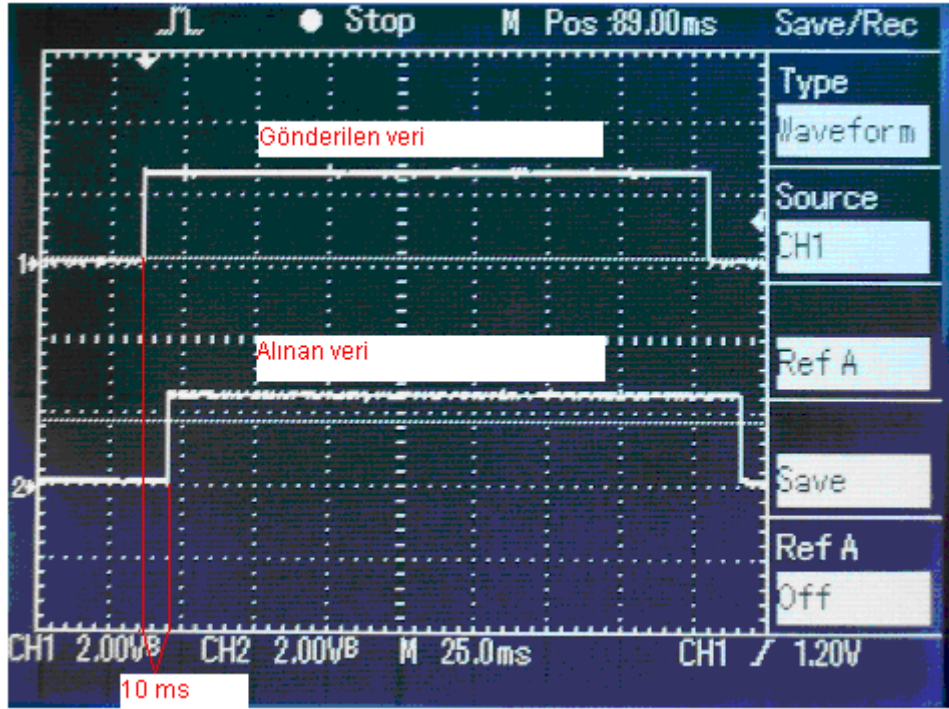


Şekil 5.17. ASM'un değişik hız ve yük değerlerinde Frekans-Moment-Akım-Gerilim-Güç eğrileri

5.3. Ağ Gecikmesi

Deneysel çalışmalar aşamasında Profibus ağına bağlı birimler arasında gerçekleşen veri iletimi "ağ gecikmesi" problemini de beraberinde getirmektedir. Bu durum sistemlerin haberleşmesi için bir sorun teşkil etmekle beraber önlenmesi pek mümkün değildir. Ağ tabanlı sistemlerde meydana gelen ağ gecikmesi, ağın uzunluğu, ağ trafiği, donanımların veri işleme hızı gibi faktörlere bağlı olarak değişkenlik göstermektedir. Genel olarak ağın yapısına bağlı olmakla birlikte özellikle Profibus tabanlı ağ yapılarında 100 m'ye kadar olan ağ mesafeleri için ağ gecikmesi sabit olarak ele

alınmaktadır. Yapılan çalışmada meydana gelen ağ gecikmesi Resim 5.2’de gösterilmiştir. İki birim arasındaki veri iletimi yaklaşık 10 ms gecikme ile gerçekleşmektedir.



Resim 5.2. Ağ gecikmesi

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Yapılan çalışma ile 3 fazlı bir ASM'un hız ve moment denetimi; Profibus ağı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Profibus ağ omurgası üzerinde, 314C-2DP Master PLC kullanılmıştır. Sistem, tek merkezli, gerçek zamanlı ve geri beslemeli olarak uzaktan denetlenebilecek şekilde oluşturulmuştur. Moment denetiminde, Siemens firmasına ait Micromaster 440 vektör frekans konvertörü kullanılarak denetim gerçekleştirilmiştir.

Denetim esnasında geri besleme bilgilerinin alınıp işlendikten sonra oluşturulan denetim sinyalinin gönderilmesi için, ağ protokollüne uygun olarak her birimin bir adresi bulunmaktadır. Kullanılacak veri paketlerinin doğru adreslerden alınıp doğru yere teslim edilmesi gerekmektedir. Bu aşamada ağda kullanılan donanımlara ait adres ve alınan veri tipinin ne olduğu iyi bilinmelidir. Profibus hattında dolaşan token'ın hangi istasyondan ne bilgisi alacağı belirlenmiştir. Token bu adreslemeler doğrultusunda hattı dolaşmaktadır.

Gelen veriler hexadesimal sayı sistemine göre gelmektedir, bu verilerin okunabilir veri tipine dönüştürülmesi için bir takım dönüşüm işlemleri yapılmıştır. Bu dönüşümler oluşturulan yazılımın içine gömülmüştür. Bu hesaplama süreci milisaniyeler içerisinde gerçek zamanlı olarak gerçekleşmektedir. Sistemde, motora yumuşak kalkış rampa ve durma rampa işlemi ağ üzerinden gerçekleştirilmiştir.

Sisteme ait veriler, WinCC programı kullanılarak oluşturulan iç etiketlere gönderilmiştir. Buradaki veriler daha sonra oluşturulan arayüzde grafiksel forma dönüştürülerek değişik yük ve hız değerlerinde hız, moment, akım, gerilim ve güç eğrileri alınarak sonuçları üzerinde yorumlar yapılmıştır.

Ağa bağlanan denetleyici ve saha aygıtlarının tanıtılmasında bir takım sorunlar olmuş ve çözüm yolları araştırılmıştır. Her aygıtı ait bir order numarası bulunmaktadır. Hardware oluşturulurken sistem bu numaralara göre donanımı tanımaktadır. Ancak bu aygıtların bazılarında ait order numaraları bulunamamıştır. Bu sorunu aşmak için iki yol üzerinde araştırma yapılmıştır. Bunlardan birincisi Hardware'den HW updates seçeneği ile güncelleme, ikincisi bu aygıtları programın tanınması için GSD dosyaları oluşturmaktır.

Gerçekleştirilen Profibus ağı ile; frekans konvertörü kullanmak suretiyle ASM'un gerçek zamanlı olarak hız ve moment denetimi gerçekleştirilmiştir.

Ağ yapısı üzerinde yapılacak düzenlemelerle merkezi kontrol noktası ile saha elemanları arasında elektrik kabloları kullanılarak 12 km, optik kablolar kullanılarak 23,8 km uzaklıktan denetimlerin mümkün olduğu söylenebilir.

Bu çalışma göstermiştir ki bir ASM ya da onlarca saha elemanının izleme ve kontrolü uzaktan tek merkezden yapılabilecektir. Sistemin, klasik otomasyon sistemlerine göre kablolama, hız, esneklik, kolay arıza tespiti gibi birçok üstünlükleri vardır. Ancak ağ oluşturma safhasına bakıldığında oldukça karmaşık ve kurulum maliyetinin diğer sistemlere göre yüksek olabileceği düşünülmektedir.

Yapılan bu çalışmada, profibus ağ yapısı kullanılarak üç fazlı ASM'un uzaktan denetimi yapılmış, hızlı veri iletimi sayesinde ağ gecikmesinden kaynaklanan hataların azaldığı görülmüştür.

KAYNAKLAR

1. Benito, M.D.R., Fuertes, J.M., Kahoraho, E., Perez, A.N., Performance evaluation of four fieldbuses, Emerging Technologies and Factory Automation, Proceedings, **IEEE International Conference**, 2: 881-890 (1999).
2. Blanes, J.S., Sempere, P.V.M., Montava, B.M.A, Optimization of the capacity of Profibus for the transmission of images and control traffic, Factory Communication Systems, **4th IEEE International Workshop**, 133–140. (2002).
3. Suk, L., Sang, H.L., Lee, K.C., “Remote fuzzy logic control for networked control system”, **Industrial Electronics Society IECON'01 The 27th Annual Conference of the IEEE**, 3:1822–1827 (2001).
4. Lee, K.C., Lee, S., “Remote controller design of networked control system using genetic algorithm”, **Industrial Electronics, ISIE 2001. IEEE International Symposium**,. 3: 1845-1850 (2001).
5. Valera, A., Salt, Casanova, J., V., Ferrus, S., “Control of industrial robot with a fieldbus”, **Emerging Technologies and Factory Automation, 7th IEEE International Conference**, 2: 1235-1241.(1999).
6. Mo-Yuen, C., Yodyium, T., “Network-based control systems: a tutorial”, **Industrial Electronics Society, IECON '01 The 27th Annual Conference of the IEEE**, 3: 1593-1602 (2001).
7. Lee, K.C, Kang, S, Lee, S, “On-line fuzzy performance management of Profibus Networks”, **Industrial Electronics Society IECON 2000. 26th Annual Conference of the IEEE**, 1: 548-553 (2000).
8. Lee, K.C., Lee, S., Lee, M.H., “Remote fuzzy logic control of networked control system via Profibus-DP”, **Industrial Electronics, IEEE Transactions on**, 50: 784 – 792 (2003).
9. Saad, B., S., Cottet, F., “A performance analysis of distributed hard real-time applications”, **Proc. IEEE int. Workshop Factory Commun. Syst**, 167-176 (1997).
10. Meicheng, C., Yanjun, F., Jun, X., “Implementation of fully integrated automation with Profibus”, **Industrial Electronics Society IECON 32nd Annual Conference of IEEE**, 412-415 (2005).

11. Feld, J., "PROFINET-scalable factory communication for all applications", **Factory Communication Systems Proceedings. 2004 IEEE International Workshop**, 33-38 (2004).
12. Lin, S.,Y., Ho C.,Y., Tzou, Y.,Y., Distributed motion control using real-time network communication techniques", **Power Electronics and Motion Control Conference Proceedings IPEMC The Third International**, 2: 843-847 (2000).
13. Liu, X., Shi, Z., Yao, Y., Liu, G., Zheng, H., Li, F., "Control System of Loading Manipulator", **Electrical Machines and Systems Proceedings of the Eighth International Conference ICEMS 2005**, 2: 1507–1512 (2005).
14. He, F., Tong, W., Wang, Q., "Synchronization Control Strategy of Multi-motor System Based on Profibus Network", **Automation and Logistics IEEE International Conference**, 3029-3034 (2007).
15. Cargill, M., "Efficient Design of a Successful Profibus Project", **Water Event IET**, 97-112 (2007).
16. Öztürk, N., Yılmaz, C., Kahraman, A., "Endüstriyel otomasyon ağı ile asenkron motorun uzaktan denetimi ve performans analizi", **Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Mühendislik Bilimleri Dergisi**, 13(2): 195-201 (2007).
17. Bingöl O., "Yapay sinir ağı ile modellenen alan yönlendirmeli bir asenkron motorun üç seviyeli evirici ile hız denetimi", Doktora Tezi, **Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Ankara, 7-35 (2005).
18. Çolak, İ., "Asenkron motorlar", **Nobel yayın**, Ankara, 5-24,53-59 (2001).
19. Sarıoğlu, M., K., Gökaşan, M., Boğosyan, S., "Asenkron makinalar ve kontrolü", **Birsan yayınevi**, İstanbul, 49-119,214-326 (2003).
20. Dandıl, B., Gökbulut, M., Ata, F., "Doğrusal Olmayan Yük Şartlarındaki Asenkron Motorun YSA-PI Hız Denetimi" **F. Ü. Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi**, 16(1): 39-48 (2004).
21. Novotny D.W. and Lipo T.A., "Vector Control and Dynamics of AC Drives", **Oxford Science Publications**, New York, 43-77, 257-288, 317-344, (2000).
22. Steigerwald, R.L., "Power Electronic Converter Technology", **Proceeding of The IEEE**, 89(6): 890-897 (2001).

23. Öztürk, N., "Yumuşak anahtarlama asenkron motorun dolaylı vektör denetiminin gerçekleştirilmesi", Doktora Tezi, **Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Ankara, 9-35(2006).
24. Trzynadlowski, A.M., "Control of Induction Motors", **Academic Pres**, London, 119-134(2001).
25. Krause, P., C., "Analysis of Electric Machinery", **McGraw-Hill Book Company**, New York, 133-150(1986).
26. Öztürk N., Bal, G., "Bulanık mantık ve PI denetimli asenkron motorda parametre etkisinin incelenmesi", Bilimde **Modern Yöntemler Sempozyumu BMYS'2005**, Kocaeli, 131-138 (2005).
27. Saygın A., "Asenkron motor hız kontrolünün matris konverter ile hızının denetlenmesi", Doktora Tezi, **Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Ankara, 5-40 (2004).
28. Bal, G., Öztürk, N., "Alan Yönlendirmeli Asenkron Motora Bulanık Kontrolün Uygulanması", **Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi**, 15(1): 57-71(2002).
29. Aycan, A., "Üç fazlı asenkron motor hızının mikroişlemcili bir sistemle denetiminin tasarımı ve uygulanması", Y. Lisans Tezi, **Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Ankara, 1-26 (1996).
30. Dandıl, B., Gökbulut, M., "Asenkron motorların sinirsel-bulanık denetleyici ile uygulamalı denetimi", **Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der.**, 20(2): 145-153 (2005)
31. Taşkafa, Ş., "Asenkron motorların yapay sinir ağları ile vektör kontrolü", Y. Lisans Tezi, **Firat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Elazığ, 1-5 (2006)
32. Sarıoğlu, M., K., Gökaşan, M., Boğosyan, S., "Asenkron makinalar ve kontrolü", **Birsan yayınevi**, İstanbul, 49-119,214-326 (2003)
33. Lai Y.,S., Lin, J.,C., Wang, J., "Self-commission of induction motor drives based on direct torque control", **Power Engineering Society Summer Meeting, 2000. IEEE**, 4: 2481-2486 (2000).
34. Vas, P., "Vector Control of AC Machines", **Oxford Science Publications**, 14-34 (1990).
35. Krishnan, R., "Electric Motor Drives Modeling, Analysis and Control", **Prentice Hall**, New Jersey, 20-213, 412-420 (2001).

36. Finch, J.W., Atkinson D.J., Acarnley P.P., "Scalar to vector : general principles of modern induction motor control", **IEE 4.int.conf. on power electronic and variable speed drives**, London, 364-369 (1990).
37. Bose, B.K., "Modern Power Electronics and AC Drives" **Prentice Hall**, New Jersey, 56-74, 191-200 (2002).
38. Ong, Chee-Mun, "Dynamic Simulation of Electric Machinery", **Prentice Hall Ptr**, New Jersey, 432-440 (1997).
39. Bailey.D., Wright,E., "Practical SCADA for Industry", **Elsevier**,Oxford, 1-11,46-52 (2003).
40. Çölkesen,R.,Örencik,B., "Bilgisayar Haberleşmesi ve Ağ Teknolojileri", **Papatya Yayıncılık**,İstanbul,1-20,51-56 (1999).
41. Öner, D., "Bilgisayar ağları", **Papatya Yayıncılık**, İstanbul, 44-48,114-119 (2003).
42. Erdem, O. A., "Bilgisayar Ağları ve Açık Sistem Mimarisi", **Gazi Kitabevi**, Ankara,10-15,25-32(2004).
43. Aydoğan, T., " WorldFIP/ATM yerel köprü tasarımı ve CAN/PROFIBUS/WorldFIP ağlarının ATM omurga üzerinden arabağlaşımı", Doktora Tezi, **Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, 20-30 (2005).
44. Bayılmış, C., Ertürk, İ., Çeken, C., "IEEE 802.11 Klan kullanarak can segmentlerin genişletilmesi için yeni bir çözüm", **Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der.**, Kocaeli 20(2):197-204 (2005).
45. Yılmaz, C., "Profibus-DP Ağ Tabanlı Bina Otomasyonu", Doktora Tezi, **Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, , 25-39 (2007).
46. Çayan, N., "Pnömatikte alansal veriyolu uygulamaları" **ULUSAL Hidrolik Pnömatik Kongresi ve Sergisi**, İzmir, 453-475 (2003).
47. <http://www.automation.com/resources-tools/articles-white-papers/fieldbus-serial-bus-io-networks/introduction-to-profibus-dp>, 1-2 (2008).

48. Çilek, A., "Plc (programlanabilir lojik kontrol cihazı) ve scada (yönetmel denetim ve veri toplama) ile endüstriyel otomasyon uygulaması", Y.Lisans Tezi, **Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, , Ankara, 1-31 (2005).
49. Yersel, M., A., "PID Yönteminin PLC'de yazılarak gerçekenmesi: Çift cidarlı reaktör tank sıcaklık kontrolü örneği", Y. Lisans Tezi, **Yıldız Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, , İstanbul, 42-43 (2007).

EK-1 Uygulama Parametreleri

Parametre	Fabrika Değeri	Alabileceği değer	Birimi	Açıklama
P0003		3		Bütün parametreler açık
P0700	2			Kumanda kaynağının seçimi
		1		Kumanda operatör panelden
		2		Kumanda klemenslerden
P0701, P0702, P0703,	1			1. Dijital giriş (DIN 1)
	12			2. Dijital giriş (DIN 2)
	9			3. Dijital giriş (DIN 3)
		1		Sağa start / stop
		2		Sola start / stop
		3		Serbest duruş
		4		Acil duruş
		9		Hata reset
		10		Sağa kesik çalışma (Jog)
		11		Sola kesik çalışma (Jog)
		12		Yön değiştirme
		13		Hız artırma (P1000:1 isc)
		14		Hız azaltma (P1000:1 isc)
		15		Sabit frekans çağırma
		16		Sabit frekans çağırma ve start / stop
		17		Binary kod ile sabit frekans çağırma
		25		DC frenleme
P0731	52.3			1. Röle (dijital çıkış 1)
P0732	52.7			2. Röle (dijital çıkış 2)
P0733	0			3. Röle (dijital çıkış 3)
		52.2		Sürücü çalışınca kontak verir
		52.3		Sürücü hataya geçince kontak verir
		52.7		Sürücü alarmda iken kontak verir
P1000	2			Hız ayarının nereden yapılacağını seçimi
		1		Hız ayarı operatör panelden
		2		Hız ayarı Analog giriş 1'den
		3		Hız ayarı sabit frekanslardan
P1001	0.00		Hz.	1. sabit frekans
P1002	5.00		Hz.	2. sabit frekans
P1003.....	10.00		Hz.	3. sabit frekans
P1080	0		Hz.	Minimum çalışma frekansı
P1082	50		Hz.	Maximum çalışma frekansı
P1120	10		Sn.	Kalkış rampası
P1121	10		Sn.	Duruş rampası

Fabrika ayarlarına dönüş (reset) için ; P0010 : 30 , P0970 : 1 yapılır.

(a)

EK-1(Devamı)

Uygulama Parametreleri

No.	Parametre adı
P1059 [3]	Sola JOG frekansı
P1060 [3]	JOG kalkış süresi
P1061 [3]	JOG duruş süresi
P1080 [3]	Min. frekans
P1082 [3]	Max. frekans
P1091 [3]	Atlama frekansı 1
P1092 [3]	Atlama frekansı 2
P1093 [3]	Atlama frekansı 3
P1094 [3]	Atlama frekansı 4
P1101 [3]	Atlama frekansı bant genişliği
P1120 [3]	Kalkış süresi
P1121 [3]	Duruş süresi
P1130 [3]	Kalkış ilk yumuşama süresi
P1131 [3]	Kalkış son yumuşama süresi
P1132 [3]	Duruş ilk yumuşama süresi
P1133 [3]	Duruş son yumuşama süresi
P1134 [3]	Yumuşatma ipi
P1135 [3]	OFF3 duruş süresi
P1202 [3]	Motor- akımı: Dönerken başlatma
P1203 [3]	Arama hızı: Dönerken başlatma
P1232 [3]	DC frenleme akımı
P1233 [3]	DC frenleme süresi
P1234 [3]	DC frenleme başlangıç frekansı
P1236 [3]	Bileşik frenleme akımı
P1240 [3]	Vdc kontrolünün konfigürasyonu
P1243 [3]	Vdc-max dinamik faktörü
P1245 [3]	KIB dev.gir. seviyesi
P1246 [3]	CO: KIB dev.gir. seviyesi
P1247 [3]	KIB dinamik faktörü
P1250 [3]	Vdc- kontrolör kazancı
P1251 [3]	Vdc- kontrolör integral süresi
P1252 [3]	Vdc- kontrolör türev süresi
P1253 [3]	Vdc- kontrolör çıkış sınırlandırması
P1256 [3]	KIB reaksiyonu
P1257 [3]	KIB frek. sınırı
P1300 [3]	Kontrol modu
P1310 [3]	Sürekli güçlendirme
P1311 [3]	Hızlandırma güçlendirmesi
P1312 [3]	Başlatma güçlendirmesi
P1316 [3]	Güçlendirme sonundaki frekas
P1320 [3]	Programlanabilir V/f frek.koor..1
P1321 [3]	Programlanabilir V/f volt.koor..1
P1322 [3]	Programlanabilir V/f frek.koor..2
P1323 [3]	Programlanabilir V/f volt.koor..2
P1324 [3]	Programlanabilir V/f frek.koor..3

(b)

EK-1(Devamı)

Uygulama Parametreleri

No.	Parametre adı
P1325 [3]	Programlanabilir V/f volt.koor..3
P1333 [3]	FCC başlangıç frekansı
P1335 [3]	Kayma kompanzasyonu
P1336 [3]	Kayma sınırı
P1338 [3]	Rezonans sönümü kazancıV/f
P1340 [3]	Imax kontrolörü oransal kazancı
P1341 [3]	Imax kontrolörü integral zamanı
P1345 [3]	Imax kontrolörü oransal kazancı
P1346 [3]	Imax kontrolörü integral zamanı
P1350 [3]	Gerilim yumuşak yol verme
P1400 [3]	Hız kontrol konfigürasyonu
P1442 [3]	Aktüel devir için filtre süresi
P1452 [3]	Aktüel devir için filtre süresi (SLVC)
P1460 [3]	Hız kontrol kazancı
P1462 [3]	Hız kontrol integral zamanı
P1470 [3]	Hız kontrol kazancı(SLVC)
P1472 [3]	Hız kontrol integral zamanı(SLVC)
P1488 [3]	Droop giriş kaynağı
P1489 [3]	Droop ölçeklendirmesi
P1492 [3]	Droop'un aktif hale getirilmesi
P1496 [3]	Hızlandırma ön kontrolü ölçeklendirmesi
P1499 [3]	Hızlandırma tork kontrolü ölçeklendirmesi
P1520 [3]	CO: üst tork sınırı
P1521 [3]	CO: alt tork sınırı
P1525 [3]	Alt tork sınırı ölçeklendirmesi
P1530 [3]	Motor güç sınırlaması
P1531 [3]	Rejeneratif güç sınırlaması
P1570 [3]	CO:Sabit değer akı set değeri
P1574 [3]	Dinamik gerilim boşluk payı
P1580 [3]	Verim optimizasyonu
P1582 [3]	Akı ayarı için yumuşatma süresi
P1596 [3]	Alan zayıflatma kontrolü int. Zamanı
P1610 [3]	Sürekli tork güçlendirmesi(SLVC)
P1611 [3]	Hızlandırma tork güçlendirmesi (SLVC)
P1654 [3]	İsq ayarı için yumuşatma süresi
P1715 [3]	Akım kontrolü kazancı
P1717 [3]	Akım kontrolü int. Zamanı
P1750 [3]	Motor modelinin kontrol kelimesi
P1755 [3]	Motor model e girme süresi(SLVC)
P1756 [3]	Motor modeli hist.-freq.(SLVC)
P1758 [3]	Feed-fwd-moda geçiş T(wait)
P1759 [3]	Hız kontrol stabilite T(wait)
P1764 [3]	Hız kontrol Kp (SLVC)

(c)

EK-1(Devamı) Uygulama Parametreleri

No.	Parametre adı
P1767[3]	Hız kontrol NT /SLVC)
P1780[3]	Rs/Rr-adaptasyon kontrol kelimesi
P1781[3]	Rs-adaptasyon Tn
P1786[3]	Xm-adaptasyon Tn
P1803	Max. Modülasyon
P1820[3]	Çıkış fazlarını tersleme
P1909[3]	Motor tanımı kontrol kelimesi
P2000[3]	Referans frekansı
P2001[3]	Referans gerilimi
P2002[3]	Referans akımı
P2003[3]	Referans torku
rP2004[3]	Referans gücü
P2150[3]	Histerezis frekansı
P2153[3]	Hız filtresi zaman sabiti
P2155[3]	Eşik frekansı f 1
P2156[3]	Eşik frekansı f 1 gecikme süresi
P2157[3]	Eşik frekansı f 2
P2158[3]	Eşik frekansı f 2 gecikme süresi
P2159[3]	Eşik frekansı f 3
P2160[3]	Eşik frekansı f 3 gecikme süresi
P2161[3]	Frek. ayar nok. İçin min.eşik seviyesi
P2162[3]	Aşırı hız için histerezis frekansı
P2163[3]	İzin verilen sapma için giriş frekansı
P2164[3]	Histerezis frekansı sapması
P2165[3]	Set değerinden sapma tespiti için sapma süresi
P2166[3]	“Kalkış tamamlandı” sinyali gecikme süresi
P2167[3]	Kapanma frekansı f off
P2168[3]	Gecikme süresi T off
P2170[3]	Eşik akımı I_thresh
P2171[3]	Akım gecikme süresi
P2172[3]	DC-bara gerilimi eşiği
P2173[3]	DC- bara gerilimi süresi
P2174[3]	Tork eşiği M_thrwhsh
P2176[3]	Tork eşiği için gecikme süresi
P2177[3]	“Motor bloke” gösterimi için gec.sür.

(d)

EK-1(Devamı)

Uygulama Parametreleri

No.	Parametre adı
P2178[3]	Motor kalkınma gecikme süresi
P2181[3]	Kayış hatası bulunma kodu
P2182[3]	Kayık eşik frekansı 1
P2183[3]	Kayık eşik frekansı 2
P2184[3]	Kayık eşik frekansı 3
P2185[3]	Üst tork eşiği 1
P2186[3]	Alt tork eşiği 1
P2187[3]	Üst tork eşiği 2
P2188[3]	Alt tork eşiği 2
P2189[3]	Üst tork eşiği 3
P2190[3]	Alt tork eşiği 3
P2192[3]	Kayış hatası için gecikme süresi
P2201[3]	Sabit PID set değeri 1
P2202[3]	Sabit PID set değeri 2
P2203[3]	Sabit PID set değeri 3
P2204[3]	Sabit PID set değeri 4
P2205[3]	Sabit PID set değeri 5
P2206[3]	Sabit PID set değeri 6
P2207[3]	Sabit PID set değeri 7
P2208[3]	Sabit PID set değeri 8
P2209[3]	Sabit PID set değeri 9
P2210[3]	Sabit PID set değeri 10
P2211[3]	Sabit PID set değeri 11
P2212[3]	Sabit PID set değeri 12
P2213[3]	Sabit PID set değeri 13
P2214[3]	Sabit PID set değeri 14
P2215[3]	Sabit PID set değeri 15
P2231[3]	PID-MOD set değeri hafızası
P2240[39]	PID-MOD set değeri
P2280[3]	Pozisyon modu
P2481[3]	Dişli kutusu giriş oranı
P2482[3]	Dişli kutusu çıkış oranı
P2484[3]	Şaft dönüş sayısı=1Birim
P2487[3]	Pozisyon hatası trim değeri
P2488[3]	Mesafe devir sayısı

(e)

EK-1(Devamı)

Uygulama Parametreleri

NO.	PAREMETRE ADI
P0005[3]	EKRAN SEÇİMİ
R0035[3]	Co:Aktüel motor sıcaklığı
P0291[3]	İnverter koruması
P0300[3]	Motor tipinin seçimi
P0304 [3]	Nominal motor gerilimi
P0305[3]	Nominal motor akımı
P0307[3]	Nominal motor gücü
P0308[3]	Nominal motor cosPhi
P0309[3]	Nominal motor verimi
P0310[3]	Nominal motor frekansı
P0311[3]	Nominal motor devri
r0313[3]	Motor kutup çiftleri
P0314[3]	Motor kutup çift no. su
P0320[3]	Motor mıknatıslanma akımı
r0330[3]	Nominal motor kayması
r0331[3]	Motor mıknatıslanma akımı
r0332[3]	Nominal güç faktörü
r0333[3]	Nominal motor torku
P0335[3]	Motor soğutması
P0340[3]	Motor parametrelerinin hesaplanması
P0341(3)	Motor ataleti[kg*m^2]
P0342[3]	Toplam/motor atalet toplamı
P0344[3]	Motor ağırlığı
r0345[3]	Motor başlama süresi
P0346[3]	Mıknatıslanma süresi
P0347[3]	Mıknatıslanmanın güçlenme süresi
P0350[3]	Statör direnci (fazlar arası)
P0352[3]	Kablo direnci
P0354[3]	Rotor direnci
P0356[3]	Statör kaçak endüktansı
P0358[3]	Rotor kaçak endüktansı
P0360[3]	Ana endüktans
P0362[3]	Mıknatıslanma eğrisi akısı 1
P0363[3]	Mıknatıslanma eğrisi akısı 2
P0364[3]	Mıknatıslanma eğrisi akısı 3
P0365[3]	Mıknatıslanma eğrisi akısı 4
P0366[3]	Mıknatıslanma eğrisi imaj 1
P0367[3]	Mıknatıslanma eğrisi imaj 2
P0368[3]	Mıknatıslanma eğrisi imaj 3
P0369[3]	Mıknatıslanma eğrisi imaj 4
r0370[3]	Stator direnci[%]
r0372[3]	Kablo direnci[%]
r0373[3]	Nominal statör direnci[%]

(f)

EK-1(Devamı)

Uygulama Parametreleri

No	Parametre adı
r0374 [3]	Rotor direnci[%]
r0376[3]	Nominal Rotor direnci[%]
r0377[3]	Toplam kaçak reaktansı [%]
r0382[3]	Ana reaktans [%]
r0384[3]	Rotor zaman sabiti
r0386[3]	Toplam kaçak zaman sabiti
P0400[3]	Enkoder tipi seçimi
P0408[3]	Bir dönüşteki enkoder palsleri
P0491[3]	Devir sinyali kaybındaki reaksiyon
P0492[3]	İzin verilen devir farkı
P0494[3]	Devir kaybı reaksiyonu gecikmesi
P0500[3]	Teknolojik uygulama
P0530[3]	Pozisyonlama sinyali birimi
P0531[3]	Birim çevrimi
P0601[3]	Motor sıcaklık sensörü
P0604[3]	Eşik motor sıcaklığı
P0625[3]	Motor ortam sıcaklığı
P0626[3]	Statör nüvesi aşırı sıcaklık
P0627[3]	Statör sargısında aşırı sıcaklık
P0628[3]	Rotor sargısında aşırı sıcaklık
r0630[3]	CO:Ortam sıcaklığı
r0631[3]	CO:Stator demiri sıcaklığı
r0632[3]	CO:Stator sargısı sıcaklığı
r0633[3]	CO:Rotor sargısı sıcaklığı
P0640[3]	Motor aşırı yük faktörü [3]
P1001[3]	Sabit frekans 1
P1002[3]	Sabit frekans 2
P1003[3]	Sabit frekans 3
P1004[3]	Sabit frekans 4
P1005[3]	Sabit frekans 5
P1006[3]	Sabit frekans 6
P1007[3]	Sabit frekans 7
P1008[3]	Sabit frekans 8
P1009[3]	Sabit frekans 9
P1010[3]	Sabit frekans 10
P1011[3]	Sabit frekans 11
P1012[3]	Sabit frekans 12
P1013[3]	Sabit frekans 13
P1014[3]	Sabit frekans 14
P1015[3]	Sabit frekans 15
P1031[3]	Mop set değeri hafızası
P1040[3]	Mop set değeri
P1058[3]	Sağa JOG frekansı

(g)

EK-1(Devamı)

Uygulama Parametreleri

Par No	Parametre adı
P0700[3]	Komut kaynağının seçimi
P0701[3]	1. dijital giriş fonksiyonu
P0702[3]	2. dijital giriş fonksiyonu
P0703[3]	3. dijital giriş fonksiyonu
P0704[3]	4. dijital giriş fonksiyonu
P0705[3]	5. dijital giriş fonksiyonu
P0706[3]	6. dijital giriş fonksiyonu
P0707[3]	7. dijital giriş fonksiyonu
P0708[3]	8. dijital giriş fonksiyonu
P0719[3]	Komut ve frekans set değerlerinin seçimi
P0731[3]	BI: 1. dijital çıkışın fonksiyonu
P0732[3]	BI: 2. dijital çıkışın fonksiyonu
P0733[3]	BI: 3. dijital çıkışın fonksiyonu
P0800[3]	BI:Parameter set 0'ın yükselmesi
P0801[3]	BI: Parameter set 1'in yükselmesi
P0840[3]	BI:ON/OFF1
P0842[3]	BI:ON ters/ off1
P0844[3]	BI:1.OFF2
P0844[3]	BI:2.OFF2
P0845[3]	BI: 2.OFF2
P0848[3]	BI:1.OFF3
P0849[3]	BI:2.OFF3
P0852[3]	BI:Pals aktif
P1000[3]	Frekans set değerinin seçimi
P1020[3]	BI:Sabit frekans seçimi Bit 0
P1021[3]	BI:Sabit frekans seçimi Bit 1
P1022[3]	BI:Sabit frekans seçimi Bit 2
P1023[3]	BI:Sabit frekans seçimi Bit 3
P1026[3]	BI:Sabit frekans seçimi Bit 4
P1028[3]	BI:Sabit frekans seçimi Bit 5
P1035[3]	BI:MOP'un aktif hale getirilmesi(YUKARI(up)-komutu)
P1036[3]	BI:MOP'un aktif hale getirilmesi(AŞAĞI(down)-komutu)
P1055[3]	BI:Sağa JOG 'un aktif hale getirilmesi
P1056[3]	BI:Sola JOG 'un aktif hale getirilmesi
P1070[3]	CI:Ana set değeri
P1071[3]	CI:Ana set değeri ölçeklendirmesi
P1074[3]	BI:İlave set değerinin pasif hale getirilmesi
P1075[3]	CI:İlave set değeri
P1076[3]	CI:İlave set değeri ölçeklendirmesi

(h)

EK-1(Devam) Uygulama Parametreleri

ParNo	Parametre adı
P1110[3]	BI:Neg.freg.set değeri gir.engel.
P1113[3]	BI:Ters yöne
P1124[3]	BI:JOG rampa sürelerinin aktif hale getirilmesi
P1140[3]	BI:RFG'nin aktif hale getirilmesi
P1141[3]	BI:RGF başlatma
P1142[3]	BI:RGF'nin aktif hale getirilmesi için set değeri
P1230[3]	BI:DC frenlemenin aktif hale getirilmesi
P1330[3]	CI:Gerilim set değeri
P1477[3]	BI:Hız kontrol I kısmını aktif etme
P1478[3]	CI:Hız kontrol I değeri
P1500[3]	Tork set değerinin seçimi
P1501[3]	BI:Tork kontrolüne değiştirme
P1503[3]	CI: Tork set değeri
P1511[3]	CI:İlave tork set değeri
P1522[3]	CI:Üst tork sınırı
P1523[3]	CI:Alt tork sınırı
P2103[3]	BI:1. Hata resetleme
P2104[3]	BI: 2. Hata resetleme
P2106[3]	BI:Harici hata
P2151[3]	CI:Izleme devri set değeri
P2152[3]	CI:Aktüel izleme devri
P2200[3]	BI:PID kontrolünün aktif hale getirilmesi
P2220[3]	BI:Sabit PID set değeri seçim Bit 0
P2221[3]	BI:Sabit PID set değeri seçim Bit 1
P2222[3]	BI:Sabit PID set değeri seçim Bit 2
P2223[3]	BI:Sabit PID set değeri seçim Bit 3
P2226[3]	BI:Sabit PID set değeri seçim Bit 4
P2228[3]	BI:Sabit PID set değeri seçim Bit 5
P2235[3]	BI:PID-MOP aktif hale getirme (YUKARI-kmt.)
P2236[3]	BI:PID-MOP aktif hale getirme (AŞAĞI-kmt.)
P2253[3]	CI:PID set değeri
P2254[3]	CI:PID kesim kaynağı
P2264[3]	CI:PID geri besleme

(i)

(a),(b),(c),(d),(e),(f),(g),(h),(i) Micromaster 440 uygulama parametreleri

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : BULUT, Levent
 Uyuğu : T.C.
 Doğum tarihi ve yeri : 15.02.1974 Ankara
 Medeni hali : Evli
 Telefon : 0 (312) 212 64 95
 Faks : 0 (312) 212 18 32
 e-mail : lbulut@gazi.edu.tr.

Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet tarihi
Lisans	Gazi Üniversitesi Elektrik Eğitimi Bölümü	1998
Lise	İncirli Endüstri Meslek Lisesi	1992

İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
1999-2008	Gazi Üniversitesi	Uzman

Yabancı Dil

İngilizce

Hobiler

Bilgisayar teknolojileri