

MERMER KESME MAKİNELERİNDE
ELEKTRİK ENERJİSİ TÜKETİMİ
OPTİMİZASYONU

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Said Mahmut ÇINAR

DANIŞMAN

Prof. Dr. Hasan ÇİMEN

ELEKTRİK EĞİTİMİ ANABİLİM DALI

Ocak 2007

AFYON KOCATEPE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

MERMER KESME MAKİNELERİNDE ELEKTRİK ENERJİSİ TÜKETİMİ
OPTİMİZASYONU

Said Mahmut ÇINAR

DANIŞMAN
Prof. Dr. Hasan ÇİMEN

ELEKTRİK EĞİTİMİ ANABİLİM DALI

Ocak 2007

ONAY SAYFASI

Prof. Dr. Hasan ÇİMEN danışmanlığında,
Said Mahmut ÇINAR tarafından hazırlanan
MERMER KESME MAKİNELERİNDE ELEKTRİK ENERJİSİ TÜKETİMİ
OPTİMİZASYONU




başlıklı bu çalışma, lisansüstü eğitim ve öğretim yönetmeliğinin ilgili maddeleri
uyarınca

17/01/2007

tarihinde aşağıdaki jüri tarafından

Elektrik Eğitimi Anabilim Dalında

Yüksek Lisans tezi olarak oybirliği/oy çokluğu ile kabul edilmiştir.

	Ünvanı, Adı, SOYADI	İmza
Başkan	Prof. Dr. Hasan ÇİMEN	
Üye	Prof. Dr. Süleyman TAŞGETİREN	
Üye	Prof. Dr. Hüseyin EKİZ	

Afyon Kocatepe Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetin Kurulu'nun
..23../...01../2007 tarih ve
02/03 sayılı kararıyla onaylanmıştır.


Prof. Dr. Süleyman TAŞGETİREN

Enstitü Müdürü

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

MERMER KESME MAKİNELERİNDE ELEKTRİK ENERJİSİ TÜKETİMİ
OPTİMİZASYONU

Said Mahmut ÇINAR

Afyon Kocatepe Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Elektrik Eğitimi Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Hasan ÇİMEN

Bu çalışmada mermer kesme işleminde kullanılan elektrik enerji tüketimi ve kesme parametrelerin bu tüketime etkisi incelenmiştir. Kesme deneyleri için bilgisayar tabanlı dairesel testereli blok kesme makinesi kullanılmıştır. Deneylerde Bilecik Bej mermeri ve Denizli traverteni için ilerleme hızı ve testere dönüş hızının enerji tüketimine etkisi incelenmiştir.

Deneylerin ilk aşamasında ilerleme hızı ve testere dönüş hızının aktif güce etkisi incelenmiştir. İkinci aşamada aktif güç ve hat akımlarının ortalamaları hesaplanmış ve parametrelerin bu ortalamalara etkisi gözlenmiştir. Son olarak parametrelerin özgül kesme enerjisine etkisi incelenmiştir. Sonuç olarak uygun kesme parametreleri belirlendiği takdirde enerji tüketiminin optimize edilebileceği görülmüştür.

2007, 111 sayfa

Anahtar kelimeler: Bilgisayar tabanlı otomasyon, Enerji optimizasyonu,
Programlama

ABSTRACT

M. Sc. Thesis

OPTIMIZATION of ELECTRIC ENERGY CONSUMPTION in MARBLE CUTTING MACHINES

Said Mahmut ÇINAR

Afyon Kocatepe University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Electric Education

Supervisor: Prof. Dr. Hasan ÇİMEN

In this study, electric energy consumption in the marble cutting process and cutting parameters effecting this consumption are investigated. PC based block cutter with circular diamond saw blade is used for cutting experiments. Two parameters are examined for Bilecik Beige Limestone and Denizli Travertine. These are workpiece travel speed and saw blade rotation speed.

In first stage of experiments, workpiece travel speed and saw blade rotation speed effecting active power are examined. In second stage, active power and arithmetic means of line currents are calculated and effects of parameters to these means are observed. Finally parameters effecting specific cutting energy are investigated. As a result, it is understood that if the correct cutting parameters are determined, energy consumption can be optimized.

2007, 111 pages

Keywords: PC based instrumentation, Energy Optimization, Programming

TEŞEKKÜR

Öncelikle çalışmalarımnda beni yönlendiren verdiği değişik fikirlerle konuya farklı açılardan bakma becerisini kazandıran danışman hocam Prof. Dr. Hasan ÇİMEN'e, makinenin otomasyon sistemi konusu başta olmak üzere her türlü konuda desteğini esirgemeyen değerli hocam Öğr. Grv. Mustafa NARTKAYA'ya, mermer kesme işlemleri ve inceliklerini öğrenmemi sağlayan Yrd. Doç. Dr. Sedat BÜYÜKSAĞIŞ'e, çalışmalarımnda her zaman destek olan eşim Arş. Grv. Gülay ÇINAR'a ayrıca beni yetiştirip bu günlere getiren aileme sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Said Mahmut ÇINAR

İÇİNDEKİLER

ÖZET	iv
ABSTRACT	v
TEŞEKKÜR	vi
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	x
ŞEKİLLER DİZİNİ	xii
RESİMLER DİZİNİ	xvi
ÇİZELGELER DİZİNİ	xvii
1. GİRİŞ	1
2. GENEL BİLGİLER	3
2.1. Mermer Kesme İşlemi	3
2.2. Bilgisayar Tabanlı Sistemler	4
2.3. Enerji Optimizasyonu	6
3. MATERYAL ve METOT	7
3.1. Materyal	7
3.1.1. S/T Mermer kesme makineleri	7
3.1.1. Tasarlanan dairesel testereli blok kesme makinesi	8
3.1.1.1. Mekanik yapı	9
3.1.1.2. Elektrik kumanda sistemi	11
3.1.1.3. Bilgisayar tabanlı otomasyon sistemi	13
3.1.2. Bilgisayar tabanlı otomasyon sisteminin tasarım süreci	15
3.1.2.1. Makinede kontrol edilen parametreler	15
3.1.2.2. Sistem giriş ve çıkışlarının belirlenmesi	16
3.1.2.3. Makinede kullanılacak donanımların seçilmesi	20
3.1.2.4. Ara yüz yazılımının tasarlanması	21
3.1.2.4.1. Yazılım pencerelerin tasarımı	23
3.1.2.4.2. Bileşenlere ait olayların tanımlanması	27

3.1.2.4.3. Program algoritması ve kodlarının oluşturulması	28
3.1.3. Makine donanımları ve özellikleri	29
3.1.3.1. Endüstriyel kartlar	30
3.1.3.1.1. Endüstriyel I/O kartı	30
3.1.3.1.2. Genişleme kartları	34
3.1.3.1.3. Sayıcı çoklayıcı kartı	37
3.1.3.2. Özel ölçü aletleri	38
3.1.3.2.1. Enerji analizörü	39
3.1.3.2.2. Kuvvet göstergeleri	46
3.1.3.2.3. Gürültü ölçer	48
3.1.3.2.4. Kombi voltmetre	49
3.1.3.3. Algılayıcılar	50
3.1.3.3.1. Kuvvetölçer	50
3.1.3.3.2. Titreşim algılayıcı	51
3.1.3.3.3. Metal algılayıcı	51
3.1.3.4. Kumanda elemanları	53
3.1.3.4.1. İnvörtörler	53
3.1.3.4.2. Özel kontrol röleleri	57
3.2. Metot	58
3.2.1. Kesme parametreleri	58
3.2.2. Kesme parametrelerin varyasyon deneyleri	58
3.2.3. Kesme kinematiği	60
3.2.4. Ara yüz yazılımını kullanımı ve verilerin işlenmesi	63
3.2.4.1. Ara yüz yazılımının kullanımı	63
3.2.4.1.1. Programın başlatılması	64
3.2.4.1.2. Manuel kontrol	64
3.2.4.1.3. Reset işlemi	65
3.2.4.1.4. Kesme parametreleri girişi	66
3.2.4.1.5. Analizör ayarlarının yapılması ve başlatılması	67
3.2.4.1.6. Otomatik deney işleminin başlatılması	68
3.2.4.1.7. Deney verilerin kaydedilmesi	68
3.2.4.2. Verilerin işlenmesi	70

3.2.4.2.1. Kayaca etkiyen üç boyutlu kuvvetlerin işlenmesi	71
3.2.4.2.2. Enerji analizöründen elde edilen verilerin işlenmesi	72
4. BULGULAR	76
4.1. Testere Devir Sayısı Değişiminin Anlık Güce Etkisi	77
4.2. İlerleme Hızı Değişiminin Anlık Aktif Güce Etkisi	81
4.3. Testere Dönüş Hızı Değişiminin Ortalama Aktif Güce Etkisi	84
4.4. İlerleme Hızı Değişiminin Ortalama Aktif Güce Etkisi	85
4.5. Testere Dönüş Hızı Değişiminin Ortalama Hat Akımına Etkisi	86
4.6. İlerleme Hızı Değişiminin Ortalama Hat Akımına Etkisi	88
4.7. Testere Dönüş Hızı Değişiminin Özgül Kesme Enerjisine Etkisi	89
4.8. İlerleme Hızı Değişiminin Özgül Kesme Enerjisine Etkisi	90
5. TARTIŞMA ve SONUÇ	92
6. KAYNAKLAR	93
6.1. İnternet Kaynakları	97
7. ÖZGEÇMİŞ	98
EKLER:	99
Ek 1. Elektrik bağlantı şemaları	99
Ek 2. Program algoritması akış diyagramları	104

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

1. Simgeler

f_1	Stator gerilimi frekansı	[Hz]
F_X	Disk kesme yönünde oluşan yatay kuvvet	[N]
F_Y	Disk kesme yönünde oluşan dikey kuvvet	[N]
F_Z	Disk kesme yönüne dik oluşan aksenal kuvvet	[N]
F_N	Normal (Radyal) kuvvet	[N]
F_T	Teğetsel (Tanjantiyel) kuvvet	[N]
F_K	Kesme kuvveti	[N]
H_K	Kesme derinliği	[mm]
m_1	Stator faz sayısı	
M	Kalkınma momenti	[Nm]
n_s	Senkron devir	[d/dk]
p	Çift kutup sayısı	
P_C	Motor gücü (kuvvetlerden hesaplanan)	[Nm/sn]
q	Kesme hızları oranı	
Q_W	Birim zamanda kesilen hacim	[mm ³ /sn]
r_1	Stator devresi direnci	[Ω]
r_2'	Statora indirgenmiş rotor devresi direnci	[Ω]
s	Kayma	
SE_m	Özgül kesme enerjisi (Mekaniksel)	[J/mm ³]
SE_e	Özgül kesme enerjisi (Elektriksel)	[Wh/mm ³]
V_1	Stator gerilimi	[V]
V_k	İlerleme hızı	[m/dk]
$V_Ç$	Testere çevresel hızı	[m/sn]
V_d	Testere dönüş hızı	[d/dk]
X_k	Stator ve rotor devresi toplam endüktansı	[Ω]
α	Normal kuvvetin etki (aşındırma) açısı	[derece]
μ	Kesme kuvvetleri oranı	
φ_k	Disk in kayaçla temas (kavrama) açısı	[derece]
Φ_D	Disk (testere) çapı	[mm]

2. Kısaltmalar

ADC	Analog dijital dönüştürücü (Analog-Digital Converter)
DAC	Dijital analog dönüştürücü (Digital-Analog Converter)
DMA	Doğrudan hafıza erişimi (Direct Memory Access)
Hp	Beygir gücü (Horse Power)
IRQ	Kesme isteği (Interrupt ReQuest)

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa No
Şekil 3.1. Makinenin perspektif gösterimi (Büyüksağış 1998)	10
Şekil 3.2. Veri toplama sistemi blok şeması	14
Şekil 3.3. Bilgisayar programı ana menü ekran görüntüsü	24
Şekil 3.4. Manuel kontrol paneli görüntüsü	25
Şekil 3.5. Veri alt menüsünün görünüşü	26
Şekil 3.6. Analizör haberleşme penceresi	27
Şekil 3.7. PCI-1716 yerleşim şeması (İnt. Kyn. 1)	33
Şekil 3.8. PCLD-8710 terminal yerleşim planı (İnt. Kyn. 1)	34
Şekil 3.9. Sayıcı çoklayıcı devre blok şeması	38
Şekil 3.10. Enerji analizörü elektrik bağlantı şeması (İnt. Kyn. 2)	41
Şekil 3.11. Haberleşme kablo bağlantı şeması (İnt. Kyn. 2)	42
Şekil 3.12. Analizör haberleşme yazılımı	43
Şekil 3.13. Connect penceresi görünüşü	43
Şekil 3.14. Geçerli cihazlar penceresi görünüşü	44
Şekil 3.15. Cihaz profil ayarları penceresi	45
Şekil 3.16. 32bit IEEE Floating Point sayı formatı	46
Şekil 3.17. Kuvvet göstergesi bağlantı terminalleri (İnt. Kyn. 4)	48
Şekil 3.18. İnvvertör blok şeması	53
Şekil 3.19. Aynı yönlü kesme işlemi kinematiği (Büyüksağış 1998)	61
Şekil 3.20. Zıt yönlü kesme işlemi kinematiği (Büyüksağış 1998)	61
Şekil 3.21. Ara yüz yazılımı ana pencere görüntüsü	64
Şekil 3.22. Manuel kontrol penceresi görünümü	65
Şekil 3.23. Analizör ayar penceresi	67
Şekil 3.24. Veri izleme ve kayıt penceresi	69
Şekil 3.25. Anlık aktif güç değişimleri	74
Şekil 3.26. Excel şablon dosyası görünümü	75
Şekil 4.1. Bilecik Bej mermerinde testere dönüş hızı değişiminin anlık aktif güce etkisi	77

Şekil 4.2. Denizli traverteninde testere dönüş hızı değişiminin anlık aktif güce etkisi	77
Şekil 4.3. Bilecik Bej mermerinde testere dönüş hızı değişiminin anlık aktif güce etkisi	77
Şekil 4.4. Denizli traverteninde testere dönüş hızı değişiminin anlık aktif güce etkisi	77
Şekil 4.5. Bilecik Bej mermerinde testere dönüş hızı değişiminin anlık aktif güce etkisi	78
Şekil 4.6. Denizli traverteninde testere dönüş hızı değişiminin anlık aktif güce etkisi	78
Şekil 4.7. Bilecik Bej mermerinde testere dönüş hızı değişiminin anlık aktif güce etkisi	78
Şekil 4.8. Denizli traverteninde testere dönüş hızı değişiminin anlık aktif güce etkisi	78
Şekil 4.9. Bilecik Bej mermerinde testere dönüş hızı değişiminin anlık aktif güce etkisi	79
Şekil 4.10. Denizli traverteninde testere dönüş hızı değişiminin anlık aktif güce etkisi	79
Şekil 4.11. Bilecik Bej mermerinde ilerleme hızı değişiminin anlık aktif güce etkisi	81
Şekil 4.12. Denizli traverteninde ilerleme hızı değişiminin anlık aktif güce etkisi	81
Şekil 4.13. Bilecik Bej mermerinde ilerleme hızı değişiminin anlık aktif güce etkisi	81
Şekil 4.14. Denizli traverteninde ilerleme hızı değişiminin anlık aktif güce etkisi	81
Şekil 4.15. Bilecik Bej mermerinde ilerleme hızı değişiminin anlık aktif güce etkisi	82
Şekil 4.16. Denizli traverteninde ilerleme hızı değişiminin anlık aktif güce etkisi	82
Şekil 4.17. Bilecik Bej mermerinde ilerleme hızı değişiminin anlık aktif güce etkisi	82

Şekil 4.18. Denizli traverteninde ilerleme hızı değişiminin anlık aktif güce etkisi	82
Şekil 4.19. Bilecik Bej mermeri için değişik ilerleme hızlarında testere dönüş hızı değişiminin ortalama aktif güce etkisi	84
Şekil 4.20. Denizli travertenini için değişik ilerleme hızlarında testere dönüş hızı değişiminin ortalama aktif güce etkisi	84
Şekil 4.21. Bilecik Bej mermeri için değişik testere dönüş hızlarında ilerleme hızı değişiminin ortalama aktif güce etkisi	85
Şekil 4.22. Denizli travertenini için değişik testere dönüş hızlarında ilerleme hızı değişiminin ortalama aktif güce etkisi	85
Şekil 4.23. Bilecik Bej mermeri için değişik ilerleme hızlarında testere dönüş hızı değişiminin ortalama hat akımına etkisi	86
Şekil 4.24. Denizli travertenini için değişik ilerleme hızlarında testere dönüş hızı değişiminin ortalama hat akımına etkisi	86
Şekil 4.25. Bilecik Bej mermeri için değişik testere dönüş hızlarında ilerleme hızı değişiminin ortalama hat akımına etkisi	88
Şekil 4.26. Denizli travertenini için değişik testere dönüş hızlarında ilerleme hızı değişiminin ortalama hat akımına etkisi	88
Şekil 4.27. Bilecik Bej mermeri için değişik ilerleme hızlarında testere dönüş hızı değişiminin özgül kesme enerjisine etkisi	89
Şekil 4.28. Denizli travertenini için değişik ilerleme hızlarında testere dönüş hızı değişiminin özgül kesme enerjisine etkisi	89
Şekil 4.29. Bilecik Bej mermeri için değişik testere dönüş hızlarında ilerleme hızı değişiminin özgül kesme enerjisine etkisi	90
Şekil 4.30. Denizli travertenini için değişik testere dönüş hızlarında ilerleme hızı değişiminin özgül kesme enerjisine etkisi	90
Şekil 1. Elektrik bağlantı şeması 1	99
Şekil 2. Elektrik bağlantı şeması 2	100
Şekil 3. Elektrik bağlantı şeması 3	101
Şekil 4. Elektrik bağlantı şeması 4	102
Şekil 5. Elektrik bağlantı şeması 5	103
Şekil 6. Ara yüz yazılımı akış diyagramı 1	104

Şekil 7. Ara yüz yazılımı akış diyagramı 2	105
Şekil 8. Ara yüz yazılımı akış diyagramı 3	105
Şekil 9. Ara yüz yazılımı akış diyagramı 4	106
Şekil 10. Ara yüz yazılımı akış diyagramı 5	107
Şekil 11. Ara yüz yazılımı akış diyagramı 6	108
Şekil 12. Ara yüz yazılımı akış diyagramı 7	109
Şekil 13. Ara yüz yazılımı akış diyagramı 8	110
Şekil 14. Ara yüz yazılımı akış diyagramı 9	111

RESİMLER DİZİNİ

	Sayfa No
Resim 3.1. İki kolonlu S/T mermer kesme makinesi (İnt. Kyn. 5)	8
Resim 3.2. Dört kolonlu S/T mermer kesme makinesi (İnt. Kyn. 5)	8
Resim 3.3. ST makinesinin görünüşü	9
Resim 3.4. PCI-1716 Endüstriyel I/O kartı (İnt. Kay. 1)	31
Resim 3.5. PCLD-8710 dağıtım kartı görünüşü (İnt. Kyn. 1)	33
Resim 3.6. PCLD-782B dijital giriş genişleme kartı görünüşü (İnt. Kyn. 1)	35
Resim 3.7. PCLD-885 dijital çıkış kartı (İnt. Kyn. 1)	36
Resim 3.8. Sayıcı çoklayıcı kartı görünüşü	37
Resim 3.9. Enerji analizörü görünüşü	39
Resim 3.10. Kuvvet göstergesi görünüşü (İnt. Kyn. 4)	47
Resim 3.11. Gürültü ölçer görünüşü	49
Resim 3.12. Kombi voltmetre görünüşü (İnt. Kyn. 6)	49
Resim 3.13. Kuvvetölçer görünüşü	50
Resim 3.14. Titreşim algılayıcı görünüşü	51
Resim 3.15. Endüktif yaklaşım algılayıcı	52
Resim 3.16. Testere invertörü görünüşü	56
Resim 3.17. Vagon invertörü görünüşü	56

ÇİZELGELER DİZİNİ

	Sayfa No
Çizelge 3.1. Analog giriş ve çıkış listesi	18
Çizelge 3.2. Dijital giriş listesi	18
Çizelge 3.3. Dijital çıkış listesi	19
Çizelge 3.4. Sayıcı listesi	19
Çizelge 3.5. Endüstriyel I/O kartı teknik özellikleri (İnt. Kyn. 1)	32
Çizelge 3.6. PCLD–782B detay özellikleri (İnt. Kyn. 1)	35
Çizelge 3.7. PCLD–885 detay özellikleri (İnt. Kyn. 1)	37
Çizelge 3.8. Shark 100 enerji analizörü özellikleri (İnt. Kyn. 2)	40
Çizelge 3.9. Titreşim algılayıcı teknik özellikleri	51
Çizelge 3.10. Kesme deneyleri için varyasyon sırası	60

1. GİRİŞ

Mermercilik sektöründe çok çeşitli makineler bulunmakla birlikte blok mermerleri dilimleme işleminde S/T mermer kesme makineleri yaygın olarak kullanılmaktadır. Diğer taraftan mermer kesme işleminde en önemli maliyetlerden biri elektrik enerjisi masraflarıdır.

S/T mermer kesme makinelerinde elektrik enerjisi tüketimini doğrudan etkileyen testere dönüş hızı, ilerleme hızı, kesme derinliği, testere özellikleri, kesme işleminde kullanılan su miktarı, kesilen kayacın fiziko-mekanik yapısı gibi çok sayıda parametre vardır.

Söz konusu bu parametrelerin enerji tüketimi ve kesme kalitesine olan etkilerinin araştırılması ise disiplinler arası çalışmaları gerektirmektedir. Örneğin kesim kalitesi ve kayaçların fiziko-mekanik yapılarının kesme işlemi üzerindeki etkilerinin araştırılması maden mühendisliği alanına girmektedir. Yine kesici testerenin kesme işlemi üzerine etkilerinin araştırılması makine mühendisliği alanına girmektedir. Benzer şekilde bütün bu parametrelerin tüketilen elektrik enerjisine etkilerinin araştırılması ise elektrik ve kontrol mühendisliği alanına girmektedir.

Gerçekleştirilecek bu çalışmaların sağlıklı yürütülebilmesi için hassas ve güvenilir bir deney düzeneğine ihtiyaç duyulmaktadır. Ölçüm sonuçlarının güvenilirliği ve kolay işlenebilirliğini sağlamak ise pek çok alanda yaygın olarak kullanılan bilgisayar tabanlı sistemlerle mümkün olmaktadır.

Çalışmada deney düzeneği olarak mermer kesilebilirlik analizleri için geliştirilmiş bilgisayar tabanlı dairesel testereli blok kesme makinesi kullanılmıştır. Söz konusu deney düzeneği ile mermercilik üzerine akademik çalışmalar yapılırken ilave edilen yeni donanımlar sayesinde deney düzeneği elektrik mühendisliği alanında kullanılabilir hale getirilmiştir. Öncelikle makinenin kumanda sistemi yeniden düzenlenmiş ve testere motorunun elektriksel parametrelerini ölçmek üzere enerji analizörü ilave edilmiştir.

Sonrasında aktif güç, reaktif güç, hat akımları ve testere dönüş hızı değerlerinin makinenin ara yüz yazılımı ile gözlenip kaydedilmesi sağlanmıştır.

Gerçekleştirilen çalışmanın birinci aşamasında tamamen bilgisayar tabanlı dairesel testereli blok kesme makinesinin yapısı ve deneylerde kullanılan yöntem anlatılmıştır. İkinci aşamada ise kesme parametrelerinden ilerleme hızı ve testere dönüş hızının enerji tüketimine etkileri incelenmiştir. Bilecik Bej mermeri ve Denizli traverteni için gerçekleştirilen deney sonuçlarında ilerleme hızı ve testere dönüş hızının enerji tüketimini önemli ölçüde etkilediği görülmüştür.

“2. GENEL BİLGİLER” başlığı altında konu üzerinde daha önce gerçekleştirilmiş çalışmalardan bahsedilen literatür özeti verilmekte ardından materyal ve metot bölümünde gerçekleştirilen dairesel testereli blok kesme makinesinin yapısı ve kullanılan otomasyon donanımlarının tanıtımı ile enerji tüketimi ölçümlerinde kullanılan yöntem verilmektedir. Bulgular kısmında ise Bilecik Bej mermeri ve Denizli traverteni için gerçekleştirilen deneylerin sonuçları karşılaştırılabilir grafikler eşliğinde aktarılmaktadır.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Mermer Kesme İşlemi

Mermercilik sektörü ülkemizde ve dünyada oldukça önemli sektörlerden biridir. Bu sektör için gerekli veri tabanı ve standartların oluşturulması anlamında ülkemizde ve diğer ülkelerde çalışmalar yapılmaktadır. Ayrıca farklı mermer tiplerinin hangi parametreler ile kesileceğinin belirlenmesi oldukça önemli bir konudur. Bu yüzden gerçekleştirilen çalışmalar genellikle mermerin kesilebilirliği üzerine odaklanmaktadır.

Polini ve Turchetta (2004) elmas mil ile mermer kesim işleminde kesme parametreleri ve kesici optimizasyonu üzerine bir çalışma gerçekleştirmişlerdir. Çalışmalarında mermere etkileyen kuvvetlerden hareketle hesaplanabilen spesifik enerji modelini kullanmışlardır. Chen (2000) orta setlikteki çekikten yapılmış CNB kesici kullanarak yaptığı kesme deneylerinde oluşan kesme kuvvetleri ve kesilen mermer yüzeylerindeki deformasyonu incelemiştir.

Xu vd. (2001) gerçekleştirdikleri deneysel çalışmalarında dairesel testereli bir mermer makinesinde gri granitin kesimi için farklı çalışma koşullarında kesme kuvvetleri ve enerjisinin değişimini incelemiştir. Kuvvet ve kesim gücü ölçümlerini bilgisayar ortamına aktarmışlar ve verileri işlemek için Matlab yazılımı kullanmışlardır. Xu vd. (2002) aynı deney düzeneği ile bu kez kesme sırasında oluşan ısıyı da ölçmek üzere deney düzeneğine sıcaklık ölçer ilave etmişlerdir. Yüzey sıcaklığının da tıpkı kesme enerjisi ve kuvvetleri gibi kesimde atılan malzeme miktarı ile orantılı olduğunu görmüşler. Yine Xu vd. (2003) iki granit için kesme enerjilerinin karşılaştırılabilir benzerlikler gösterdiğini belirlemiştir.

Büyüktaş ve Gökten (2005) kesim sırasında mermere etkileyen kuvvetlerden hareketle harcanan enerjiyi hesaplamışlardır. Çalışmalarında tamamen bilgisayar kontrollü bir deney düzeneği kullanmışlardır. Farklı tipte mermer kullanılarak gerçekleştirilen çalışmada iki farklı parametreye göre kesim enerjisi incelenmiştir. Çalışmalarını yedi

farklı mermer üzerinde yapan ekip mermerlerin tamamında benzer değişimler olduğunu görmüştür.

Büyüksağış ve Göktan ile aynı deney platformunu kullanan Ersoy ve Atıcı (2003) ise mermer kesme parametrelerinin kesme performansına etkisini araştırmışlardır. Deneylede parametrelerden ikisini sabit alıp diğerini değiştirerek farklı tip mermerler için performans analizi gerçekleştirmişlerdir.

2.2. Bilgisayar Tabanlı Sistemler

Yukarıda verilen mermer teknolojileri üzerine yapılmış çalışmaların tamamının bilgisayar tabanlı deney düzenekleri ile gerçekleştirildiği görülmüştür. Bu sayede deneyler çok daha hassas ve seri bir şekilde yapılabildiği gibi verileri işlemek için kullanılacak platform da hazır hale gelmektedir. Nitekim günümüzde sadece mermer teknolojileri alanında değil pek çok alanda bilgisayar tabanlı sistemler kullanılmaktadır.

Buelna ve Soto (1999) senkron generatörün bulanık mantık kontrolörlü frekans ve gerilim ayarı için bilgisayar tabanlı bir sistem gerçekleştirmişlerdir. Uygulamalarında ikişer analog giriş ve çıkış olmak üzere toplam dört I/O biriminden oluşan veri toplama birimi kullanmışlardır. Moreno-Eguilaz ve Peracaula (2000) yumuşak yol verici ile sürülen 7,5 kW'lık motorun güç kalitesi ve harmonik analizini bilgisayar tabanlı veri toplama sistemi ile gerçekleştirmişlerdir. Hall-effect algılayıcılarla gerilim ve akım bilgisini bilgisayara aktaran ekip verileri işlemede Labview yazılımını kullanmıştır.

Wang vd. (2002) çalışmalarında anahtarlamalı relüktans motorun testleri için bilgisayar tabanlı bir sistem tasarlamışlar ve ölçümlerde RS232 terminalinden haberleşebilen dijital osiloskop kullanmışlar. Almarshoud ve Alolah (2003) güç elektroniği anahtarlama elemanlarının (SCR, IGBT ve Triac vb.) kapı tetiklemeleri için bilgisayar tabanlı basit bir sistem önermişler ve sistem yazılımının Visual C, Visual Basic veya Delphi gibi yüksek seviyeli programlama dilleri ile yapılabileceğini göstermişlerdir.

Beta vd. (2002) elektromanyetik girişime maruz kalan cihazlardaki elektromanyetik karakteristikleri test etmek üzere bilgisayar tabanlı deney aygıtı tasarlamışlardır. Massimo vd (2004) bilgisayar tabanlı akım gerilim ölçümü ile güç kalitesi analizi yapan bir analizör geliştirmişlerdir. Chueh ve Hatfield (2002) tasarladıkları elde taşınabilir bilgisayar tabanlı koku algılama cihazı (yapay burun) ile bütan, metil alkol, toluen, heptan, etanol, etilen isopropyl alkol ve propan için deneyler gerçekleştirmişlerdir. Tasarladıkları bilgisayar yazılımı ile testlerde elde ettikleri sonuçları bilgisayar ortamında analiz etmişler ve bilgisayar kontrolü sayesinde ölçme hatalarını en aza indirmişlerdir.

Casadei vd. (1998) cerrahi işlemlerde kullanılmak üzere geliştirilmiş bilgisayar kontrollü bir robotun uzaktan elle kontrol performansını artırmak üzere bir sistem geliştirmişlerdir. Anand (2005) insan sesinin bilgisayar ortamında analizinin yapılabilmesi için bilgisayar tabanlı bir cihaz tasarlamıştır. Cihaz harici analog sinyal koşullandırma ve ADC devresinden meydana gelen veri toplama donanımına sahiptir. ADC çıkışından alınan dijital veri paralel terminalden bilgisayar ortamına alınmaktadır. Kopustinskas vd. (2006) solunum ölçümü araştırmaları için kullanılan bilgisayar tabanlı bir cihaz geliştirmişlerdir. Özel bir medikal yazılımı ile yapılan analizlerde geliştirilen cihazın geleneksel solunum ölçümü cihazlarına göre çok daha hassas ve hızlı çalıştığı görülmüştür.

Vaillant ve Garcia (2002) doğal gaz akışını kontrol etmek için bilgisayar tabanlı bir akış kontrolörü önermişlerdir. Vitturi (2004) pet şişe imalatında kullanılan üfleme makinesinin kontrolünde PLC tabanlı ve bilgisayar tabanlı iki sistemin karşılaştırmasını yapmıştır. Buna göre bilgisayar tabanlı sistemin PLC tabanlı sisteme göre daha iyi sonuçlar verdiğini görmüştür.

Görüldüğü gibi bilgisayar tabanlı sistemler elektrik makinelerinin kontrolünden güç elektroniği uygulamalarına, medikal cihazlardan endüstriyel otomasyon uygulamalarına kadar geniş bir alanda karşımıza çıkmaktadır. Ayrıca incelenen uygulamaların çoğu araştırma geliştirme çalışmalarında test ve analiz işlemlerini gerçekleştirmek üzere tasarlanmıştır.

2.3. Enerji Optimizasyonu

“2.1 Mermer Kesme İşlemi” başlığı altında verilen çalışmalarda odaklanılan bir başka nokta optimum kesme koşullarının belirlenebilmesidir. Böylelikle mermer kesme işleminde kullanılan enerjide verimlilik temin edilebilir. Enerjinin verimli kullanılması ise sınırlı enerji kaynaklarına sahip olmamız sebebiyle oldukça önemli bir husustur. Günümüzde enerjinin verimliliği ve optimizasyonu üzerine çalışmalar artan bir hızla devam etmektedir. Elektrik motorlarından, robotlara, otomobillerden, elektrikli trenlere kadar geniş bir alanda söz konusu cihaz ve taşıtların enerjiyi verimli kullanmalarına yönelik araştırmalar sürdürülmektedir.

Omekanda (2003) anahtarlama relüktans motorunun anahtarlama açılarını ayarlayarak moment ve enerji tüketimi optimizasyonu sağlanabileceğini göstermiştir. Martynenko ve Siregar (2002) insan gibi hareket eden iki ayaklı bir robotun hareketlerinin optimizasyonu ile robotta kullanılan elektrik motorlarının enerji tüketimini optimize etmişlerdir.

Chuang (2005) Taipei Tamshui elektrikli hızlı tren hattında çalışan trenlerin fren durumlarında ürettikleri enerjinin hat üzerinde hareket eden diğer trenlerde kullanılması için bir sistem önermiş ve enerji optimizasyonu sağlanabileceğini göstermiştir. Kleimaier ve Shröder (2000) elektrik ve benzin motoru ile çalışan hibrit taşıtlar için önerdikleri kontrol ve optimizasyon yöntemi ile yakıt tüketiminde optimizasyon yapılabileceğini göstermişlerdir.

Literatür araştırmasından görülmektedir ki mermer kesme testlerin için gerçekleştirilecek bilgisayar tabanlı tam otomatik dairesel testereli bir makine ile optimum kesme koşullarının belirlenmesi mümkün olabilecektir. Ayrıca makinenin genişlemeye uygun bilgisayar tabanlı kontrol sistemi sayesinde çok disiplinli, çalışmalar yapılabileceği görülmüştür.

3. MATERYAL ve METOT

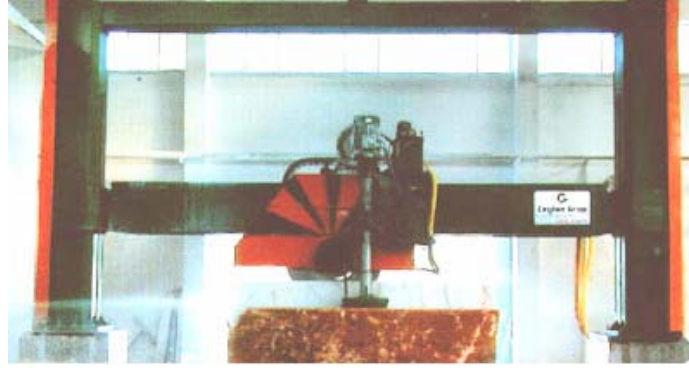
Bu bölümde deneylerin gerçekleştirilmesinde kullanılan dairesel testereli blok kesme makinesi ve gerçekleştirilen mermer kesme deneylerinde kullanılan yöntem tanıtılmaktadır. Makine mermer endüstrisinde blok mermerleri dilimleme işleminde yaygın olarak kullanılan S/T mermer kesme makinesinin küçük bir modelidir ve tamamen bilgisayar ile kontrol edilmektedir. Aşağıda “3.1. Materyal” başlığı altında söz konusu makinenin tasarımı ve kullanılan donanımları anlatılırken, “3.2. Metot” kısmında makinenin kullanımı ve deney verilerinin işlenmesi ile kesme deneylerinde kullanılan yöntem anlatılmaktadır.

3.1. Materyal

3.1.1. S/T Mermer kesme makineleri

Makineye S/T adını Stripper ve Trimmer kelimeleri vermektedir. Stripper kelimesi “dilimleyerek ayırmak”, Trimmer kelimesi ise “keserek ayırmak” anlamına gelmektedir. Makine üzerinde bulunan iki testere bu fonksiyonları yerine getirmektedir. Dilimleme düşey testere ile yapılırken kesme yatay testere tarafından gerçekleştirilmektedir.

S/T mermer makineleri yapı itibarıyla iki veya dört kolonlu olarak imal edilmektedir. Resim 3.1’de görülen iki kolonlu makinede testere taşıyan platform iki boyutta hareket etmektedir. Platformun ileri-geri hareketi ile kesme ilerlemesi ve yukarı-aşağı hareketiyle kesme derinliği değişmektedir. Dilim kalınlıkları ise kesilecek mermeri taşıyan vagonun öne-arkaya hareketi ile değiştirilebilmektedir.



Resim 3.1. İki kolonlu S/T mermer kesme makinesi (İnt. Kyn. 5)

Resim 3.2’de görülen dört kolonlu makinede ise testereleri taşıyan platform üç boyutta hareket edebilmekte ve dilim kalınlığını değiştirmek için testere öne-arkaya hareket etmektedir. Dolayısıyla iki kolonlu makinelerin tersine dilim kalınlığının vagon hareketi ile ayarı söz konusu değildir. Vagon sadece kesilecek mermeri makinenin ortasına taşımak için hareket etmektedir.



Resim 3.2. Dört kolonlu S/T mermer kesme makinesi (İnt. Kyn. 5)

3.1.1. Tasarlanan dairesel testere blok kesme makinesi

Tasarlanan makinenin yapısı mermer endüstrisinde “Yan Kesme” olarak bilinen mermer makinesine benzemektedir. Endüstride kullanılan S/T mermer makinelerinde düşey ve yatay olmak üzere iki kesici testere bulunmasına rağmen, Resim 3.3’de görüldüğü gibi makine üzerinde sadece düşey testere bulunmaktadır. Yatay testerenin kesme işlemine etkisi ihmal edilebildiğinden makinede düşey testerenin bulunması yeterli görülmüştür.

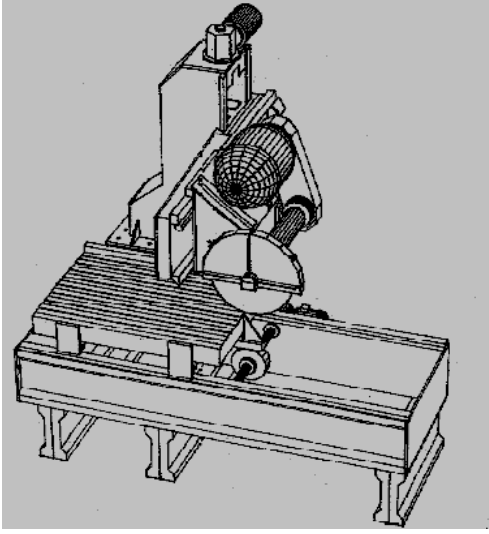


Resim 3.3. ST makinesinin görünüşü

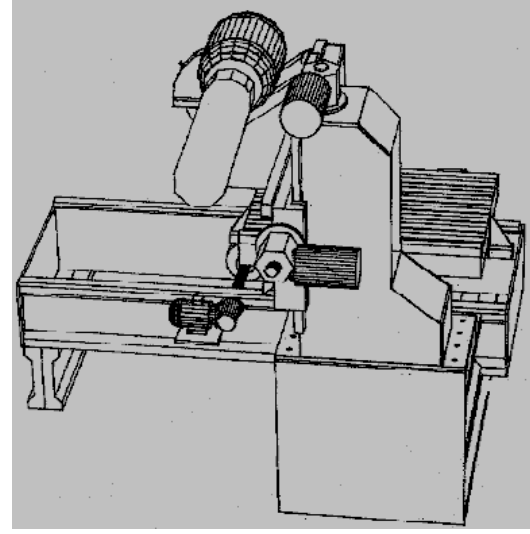
Deneylelerinin hassas ve seri bir şekilde yapılabilmesi için makine tamamen bilgisayar ile kontrol edilebilecek şekilde tasarlanmıştır. Makinenin bilgisayarla kontrolü gerçekleştirilen ara yüz yazılımı ile sağlanmaktadır. Makinenin çalışma koşulları ara yüz yazılımı sayesinde gözlenip kontrol edilebilmektedir. Aşağıda tasarımı gerçekleştirilen dairesel testere blok kesme makinesinin mekanik, elektrik kumanda ve kontrol sistemi yapıları ele alınmaktadır.

3.1.1.1. Mekanik yapı

Tasarımı gerçekleştirilen makinede testereyi taşıyan platform kesme derinliği ve dilim kalınlığını ayarlayabilmek için yukarı-aşağı ve öne-arkaya hareket etmektedir. Kesme ilerlemesi ise kayacı taşıyan vagonun ileri-geri hareketi ile sağlanmaktadır.



Ön görünüş



Arka görünüş

Şekil 3.1. Makinenin perspektif gösterimi (Büyüksağış 1998)

Şekil 3.1’de verilen perspektiflerde görülebileceği üzere testerenin yatay eksendeki öne-arkaya hareketi ile dilim kalınlığı, düşey eksendeki yukarı-aşağı hareketiyle kesme derinliği ayarlanmaktadır. Testere yatay ve düşey ekseninde hareket edebilen bir platform üzerine monte edilmiş ve kızaklarla yataklanmıştır. Kızakların hareketi sonsuz dişlilere bağlı 0.75kW motorlu redüktör ile sağlanmaktadır. Redüktör milinin bir ucu sonsuz dişliye bağlı iken diğer ucu altı kanatlı bir pervaneye bağlanmıştır. Pervane üzerindeki kanatlar sayesinde hareket miktarı milimetre hassasiyetinde belirlenebilmektedir.

Vagonun ileri-geri hareketi çark zincir sistemi ile gerçekleştirilmekte ve sistemin hareketi 0.75kW motorlu redüktör ile sağlanmaktadır. Çark zincir sistemi sayesinde vagonun ileri-geri hareketinin kesintisiz ve darbesiz olması sağlanmaktadır.

Testerenin dönme hareketi kasnak kayış sistemi ile gerçekleştirilir. Testere 400mm çapa sahiptir ve 7.5kW gücünde motorla kontrol edilmektedir. Motorun mili kasnak-kayış sistemindeki, kasnaklardan küçük olanına bağlıdır. Diğer kasnak platforma yataklanmış testere miline bağlıdır. Motor ve testere arasındaki güç aktarımı kasnaklar arasında çalışan üç kayış ile sağlanmaktadır. Ayrıca testere miline bağlı olan kasnakla akuple çalışan taka-generatör ile testere dönüş hızı ölçülmektedir.

3.1.1.2. Elektrik kumanda sistemi

Makine üzerindeki motorların şebeke bağlantıları tasarlanan elektrik kumanda sistemi ile gerçekleştirilir. Söz konusu motorlar; Testere motoru (7.5kW), testere platformu motorları (0.75kW), vagon motoru (0.75kW) ve soğutma suyu besleme motorlarından (0.5kW ve 0.75kW) oluşur. Kullanılan altı motordan üçü invertör ile kontrol edilirken diğer üçü doğrudan şebeke gerilimi ile çalıştırılır.

Öncelikle kullanılan motorların güvenli çalışmalarını temin etmek için özel koruma röleleri kullanılmıştır. Faz dengesizliği tespiti faz koruma rölesi ile fazların sırasının tespiti ise faz sırası rölesi ile gerçekleştirilmektedir. Koruma rölelerinin bağlantı ayrıntıları Ek 1 bölümünde Şekil 1’de verilmiştir.

Faz koruma rölesi, gerilimdeki dengesizlik fazlar arasında %10’luk seviyeye ulaştığında devreye girerek bilgisayara “Gerilim Dengesiz” uyarı sinyali göndermektedir. Faz sırası rölesi sistemdeki asenkron motorların ters dönmesini önlemek için kullanılmaktadır. Faz sırası rölesi faz sırasının ters olması durumunda sisteme “Faz Sırası Ters” uyarı sinyali göndermektedir.

Testere motoru 7.5kW’lık VERİKON marka invertörle kontrol edilmektedir. İntertör ile motor gerilimi frekansı 0-90Hz aralığında değiştirilebilmekte dolayısıyla motor devir sayısı 0-5400d/dk arasında ayarlanabilmektedir. Ancak motorun mekanik dayanımı ve makinenin çalışma koşulları düşünüldüğünde hiçbir zaman 5400d/dk üst sınırına çıkılmamaktadır. Bu durum göz önüne alınarak motorun devir sayısının 0-4000d/dk aralığında değiştirilmesi uygun görülmüştür. İntertörün hız ayarı için analog girişi kullanılırken start-stop ve arıza sinyalleri için dijital giriş-çıkışları kullanılmaktadır.

Testere motoru elektrik tüketimi SHARK 100 marka harmonik analizi yapabilen bir enerji analizörü ile ölçülmektedir. Analizörün gerilim bağlantıları üç faz ve bir nötr olmak üzere doğrudan yapılmaktadır. Ancak invertör akımının, analizör ölçme sınırını

aşması sebebiyle akım bağlantıları doğrudan yapılamamaktadır. Bu nedenle akım ölçme işleminde 25/5A, 10VA ve 0.5 sınıfına sahip üç adet akım trafosu kullanılmıştır.

Vagon motoru 0.75kW'lık SIEMENS marka invertörle kontrol edilmektedir. Vagonun ilerleme hızı 0-4m/dk aralıkta değiştirilebilmektedir. İnvertörün hız ayarı için analog girişi kullanılırken ileri-geri ve arıza sinyalleri için dijital giriş-çıkışları kullanılmaktadır. Testere ve vagon motor invertörleri ile enerji analizörünün ayrıntılı bağlantıları Ek 1 bölümünde Şekil 1 ve 2'de verilen elektrik şemalarında görülmektedir.

Testere platformunun hareketi için kullanılan 0.75kW gücündeki asenkron motorlar, ikişer adet kontaktör ile gerçekleştirilen devir yönü değiştirme devreleri ile kontrol edilmektedir. Kontaktörler üzerinde üç güç kontağı ve bir normalde kapalı kumanda kontağı bulunmaktadır. Normalde kapalı kumanda kontakları iki kontaktörün aynı anda çekmesini önlemek için kullanılmaktadır. Devir yönü değiştirme devrelerinin ayrıntılı bağlantıları Ek 1 bölümünde Şekil 2'de verilen elektrik şemasında görülmektedir.

Ayrıca platform hareket motorlarının herhangi bir sebeple mekanik olarak sıkışması veya faz kesilmesi (motorun iki faza kalması) gibi arızalardan korunabilmesi için motor besleme hattına 1.6–2.5A çalışma aralığına sahip aşırı akım rölesi (termik röle) kullanılmıştır. Termik rölelerin birer adet normalde açık ve normalde kapalı olmak üzere iki adet kumanda kontağı bulunmaktadır. Normalde kapalı kontak, kontaktör bobinlerinin besleme hattına seri bağlanmıştır ve arıza durumunda açılarak çalışan kontaktörün enerjisini kesip motorun durmasını sağlamaktadır. Normalde açık kontak ise arıza durumunda kapanarak bilgisayara aşırı akım arıza sinyali göndermektedir. Termik röle arıza sinyali bağlantıları Ek 1 bölümünde Şekil 4'de ayrıntılı olarak verilmektedir.

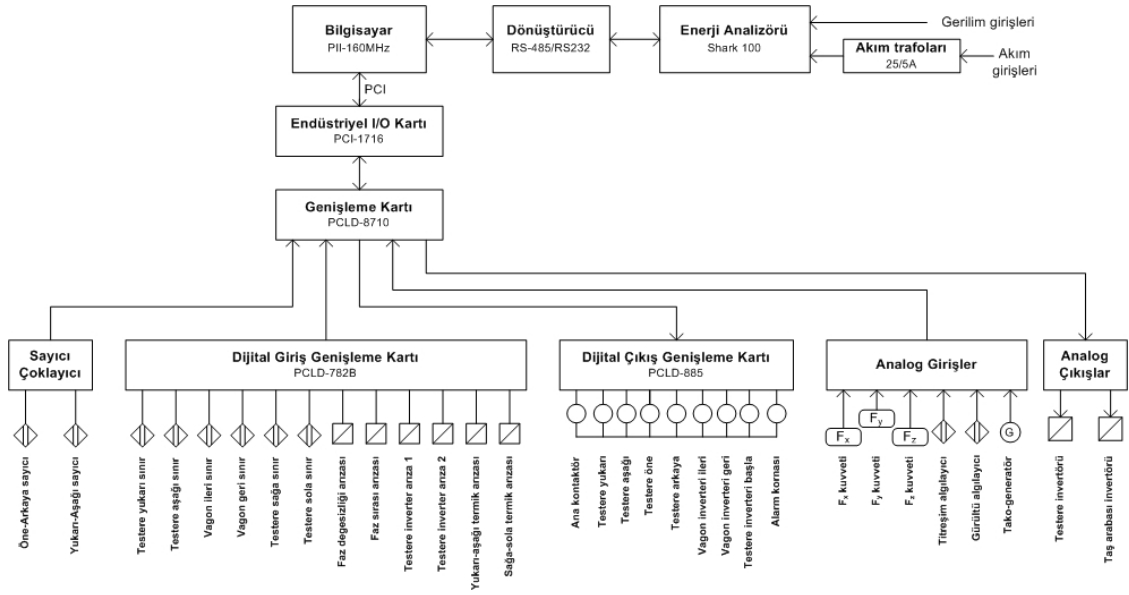
Soğutma suyu besleme birimi, makinenin elektrik kumanda sistemindeki son birimi oluşturmaktadır. Mermer kesme işlemi esnasında testerenin ısınmasını önlemek için soğutma suyu kullanılmaktadır. Soğutma suyu besleme birimi testereye verilen suyun miktarını (debisini) ayarlayabilecek şekilde tasarlanmıştır. Ayrıca suyun kesintiye uğramasını önlemek için bir su deposu kullanılmaktadır.

Soğutma suyu besleme birimi için iki adet asenkron motor kullanılmıştır. Birinci motor makinenin atık suyunun biriktirilip filtre edildiği havuzdan aldığı temizlenmiş suyu depoya doldurmakta ve sıvı seviye rölesi ile kontrol edilmektedir. Bu sayede depodaki su miktarı istenilen aralıkta otomatik olarak tutulabilmektedir. Soğutma suyu besleme biriminin ikinci motoru ise depodan aldığı suyu testereye vermek üzere kullanılmakta ve invertör ile kontrol edilmektedir. İntertör sayesinde testereye verilecek su miktarı çok hassas bir şekilde ayarlanabilmektedir.

Ek 1’de verilen elektrik bağlantı şemalarında görüldüğü üzere makine üzerinde kullanılan kontaktör bobinleri 48Vac gerilime sahiptir ve beslemeleri 220/48Vac’lik izolasyon trafosu ile sağlanmaktadır. Bobinlerin düşük gerilim ile beslenme nedeni, bilgisayar genişleme kartlarına yapılacak elektrik bağlantılarında oluşabilecek yüksek gerilim arızalarını ve elektrik şoklarını önlemektir. Ayrıca makine üzerinde bulunan metal algılayıcıların ve kuvvet göstergelerinin beslemesini sağlamak için 220/12Vdc güç kaynağı kullanılmaktadır.

3.1.1.3. Bilgisayar tabanlı otomasyon sistemi

Makinenin bilgisayarla kontrolü için endüstriyel I/O kartı, izoleli giriş-çıkış genişleme kartları, çeşitli algılayıcılar, enerji analizörü, güç ve kontrol röleleri gibi çeşitli donanımlardan oluşan veri toplama sistemi oluşturulmuştur. Aşağıda Şekil 3.2’de makinenin veri toplama sistemini özetleyen bir blok şema görülmektedir.



Şekil 3.2. Veri toplama sistemi blok şeması

Veri toplama sistemi, ADVANTECH firmasının PCI-1716 endüstriyel I/O kartı etrafında kurulmuştur. Endüstriyel I/O kartı bilgisayarın PCI yuvasına monte edilmiş olup çevre birimlerle olan bağlantıları dijital I/O ve analog I/O genişleme kartları ile gerçekleştirilmektedir. Genişleme kartları, I/O kartının çevre donanımlarla bağlantılarını sağlamanın yanı sıra bilgisayara zarar verebilecek olan elektriksel tehditlere karşı yalıtımı ve korumayı da sağlamaktadır.

Veri toplama sisteminin diğer bir parçası bilgisayarın RS232 terminalinden haberleşen enerji analizörüdür. Ancak enerji analizörünün haberleşme için RS485 haberleşme standardını kullanması analizör ile bilgisayar arasında RS485-RS232 dönüştürücü kullanılmasını zorunlu kılmıştır.

I/O kartı ve enerji analizörü tarafından toplanan veriler ara yüz yazılımı ile işlenmekte ve makinenin bilgisayar tabanlı kontrolü gerçekleştirilmektedir. Ara yüz yazılımı ile makinenin tüm hareketleri bilgisayar ile kontrol edilebildiği gibi bütün veriler bilgisayar monitöründen gözlenebilmektedir. Ayrıca deney sonuçları istenilen formatta kaydedilmekte ve analiz programları ile kolayca işlenebilmektedir.

3.1.2. Bilgisayar tabanlı otomasyon sisteminin tasarım süreci

Bu bölümde makine otomasyonunun tasarım aşamaları anlatılacaktır. Tasarım sürecinde ilk aşama, gerçekleştirilecek makinenin çalışma şekli ve yerine getireceği fonksiyonların tanımlanmasıdır. Bu tanımlamanın ardından gerekli donanımlar ve özelliklerin belirlenmesi gerekmektedir. Bu tespitlerin doğru şekilde yapılması oldukça önem arz etmektedir.

Makinenin otomasyon sistemi bilgisayar tabanlı olarak tasarlanmıştır. Bilgisayara veri toplamak için farklı yollar bulunmakla birlikte, tasarlanan makinede bilgisayarın PCI yuvasına bağlanan endüstriyel I/O kartı kullanılmasına karar verilmiştir.

Aşağıda sırasıyla makinede kontrol edilecek parametreler verildikten sonra sistemde kullanılan giriş ve çıkışların belirlenmesi anlatılacak ardından kullanılacak donanımların seçilmesi ve ara yüz yazılımının tasarım süreçleri anlatılacaktır.

3.1.2.1. Makinede kontrol edilen parametreler

Makinede kontrol edilmesi gereken ilerleme hızı, kesme derinliği ve testere dönüş hızı olmak üzere üç parametre bulunmaktadır. Bu parametreler elektrik enerjisi tüketiminin doğrudan etkilemektedir. Testerenin dönüş hızı ve vagonun ilerleme hızının istenilen değere ayarlanıp sabit tutulması gerekmektedir. Ayrıca kesme derinliğinin milimetre hassasiyetinde belirlenebilmesi gerekmektedir.

Testere dönüş hızının sabit tutulabilmesi için tako generatör ile gerçek hız değeri geri beslemesinin yapılması uygun görülmüştür. Tako generatör testere dönüş hızı ile orantılı 0 ile $\pm 10V_{dc}$ arasında gerilim üretmektedir. Diğer taraftan vagonun ilerleme hızının sabit tutulması için geri besleme yapılmasına gerek duyulmamıştır.

Kesme derinliği ve dilim kalınlığı da milimetre hassasiyetinde ayarlanabilmesi gereken parametrelerdendir. Kesme derinliği ve dilim kalınlığının ölçümü, “3.1.1.1. Mekanik yapı” bölümünde anlatılan altılı pervane kanatlarının metal algılayıcılar tarafından sayılması ile gerçekleştirilmektedir.

Ayrıca makinede vagonun ve testere platformunun hareket edebileceği sınırların belirlenmesi gerekmektedir. Bunu sağlamak için altı adet metal algılayıcı, testere ve vagon kızaklarının uç noktalarına sabitlenmiştir. Böylece testere platformunun ve vagonun hareket sınırları belirlenmiş ve olası hataların önüne geçilmiştir.

Kesme işleminde kesilen kayaç numunesine etkiyen kuvvetler ESİT firmasının kuvvetölçeri ile belirlenmektedir. Kuvvetölçer çıkışları sinyal koşullandırma görevini yerine getiren ve aynı zamanda kuvvet değerlerini Newton (N) olarak görüntüleyen göstergelere bağlanmaktadır. Ayrıca söz konusu göstergelerin analog çıkışları ölçülen kuvvetle orantılı olarak 0 ile $\pm 10V_{dc}$ arasında gerilim vermektedir.

Testere iyileştirme ve geliştirme çalışmaları için gerekli olan testere titreşimlerini ölçmek için bir algılayıcı kullanılmaktadır. Titreşim algılayıcı testerede oluşan titreşimlerin genliği ile orantılı 4-20mA arasında analog çıkış vermektedir. Algılayıcı çıkışı akım gerilim dönüştürücü devresi ile 1 ila $\pm 5V_{dc}$ arası gerilime çevrilmektedir.

Ayrıca makinenin kesme işleminde oluşturduğu gürültü seviyesini belirlemek üzere gürültü ölçer kullanılmaktadır. Gürültü ölçer, gürültü seviyesini desibel (dB) olarak ölçmektedir. Ölçülen değer cihaz ekranından gözlenebildiği gibi 0 ile $\pm 3V_{dc}$ arasında analog çıkış olarak da alınabilmektedir.

3.1.2.2. Sistem giriş ve çıkışlarının belirlenmesi

Makinede kontrol edilecek parametrelerin belirlenmesi ile birlikte sistemde kullanılacak giriş ve çıkışların sayıları da kabaca ortaya çıkmaktadır. Hangi giriş veya çıkıştan kaç

tane kullanılacağı ve hangi özelliklerde olacağı belirlenmesi oldukça önemlidir. Giriş-çıkış sayıları ve özellikleri endüstriyel I/O kartının da özelliklerini belirlemektedir.

Sistemde analog giriş, analog çıkış, dijital giriş, dijital çıkış ve sayıcı girişi olmak üzere beş tip giriş-çıkış birimi kullanılmaktadır. Analog girişler başta kuvvet göstergelerinden gelen analog sinyaller olmak üzere, titreşim ve gürültü algılayıcılarından gelen analog sinyaller ile tako-generatörden gelen analog sinyali ölçmek için kullanılmaktadır. Dijital girişler, metal algılayıcılar ve kumanda elemanlarının kontak durumlarını belirlemek, dijital çıkışlar kontaktörleri sürmek için kullanılmaktadır. Sayıcı girişi ise kesme derinliği ve dilim kalınlıklarını belirlemek için kullanılmaktadır.

Sistemde yer alan altı analog girişin özelliklerini belirlemekte kuvvet ölçümleri temel alınmaktadır. Kesilen numuneye etkileyen kuvvetlerin hassas bir şekilde ölçülebilmesi için analog girişlerin 16bit çözünürlükte seçilmesi uygun görülmüştür. Analog girişlerle yeterince kısa zamanda ardı ardına ölçüm yapabilmek için 250kHz'lik örnekleme frekansı seçilmiştir. Ayrıca sistemde yer alan analog giriş seviyelerinin birbirinden farklı olabileceği göz önüne alınarak her bir girişin yazılımla değiştirilebilir kazanç ayarının olması düşünülmüştür.

İnvertörlerin çıkış frekansını geniş bir aralıkta ayarlanabilmek için analog çıkışların 16bit çözünürlüğe sahip olması düşünülmüştür. Bu sayede invertörlere uygulanan gerilimler mili volt mertebesinde çok hassas bir şekilde ayarlanabilmiştir.

Sistemdeki dijital giriş ve çıkışların TTL uyumlu, sayıcı girişinin ise 16bit ve 2MHz çalışma frekansına sahip olması istenmiştir. Aşağıda sistemde kullanılan dijital ve analog giriş-çıkışlar görevleri ile birlikte verilmektedir.

Çizelge 3.1. Analog giriş ve çıkış listesi

Kanal No	Atama	Açıklama	
Analog Giriş	1	Yatay (X yönlü) kuvvet	Kuvvetölçer X çıkışı
	2	Düşey (Y yönlü) kuvvet	Kuvvetölçer Y çıkışı
	3	Eksenel (Z yönlü) kuvvet	Kuvvetölçer Z çıkışı
	4	Testere hızı	Testere tako-generatörü çıkışı
	5	Testere titreşim frekansı	Titreşim algılayıcı çıkışı
	6	Gürültü seviyesi	Gürültü ölçer çıkışı
Analog Çıkış	1	Vagon ilerleme hızı	Vagon invertörü referans sinyal girişi
	2	Testere devir sayısı	Testere invertörü referans sinyal girişi

Çizelge 3.1’de sistemde kullanılan analog giriş ve çıkışlar verilmektedir. Girişlerden ilk üçü kuvvetölçer çıkışları için ayrılırken diğer girişle sırasıyla tako-generatörü, titreşim algılayıcı ve gürültü ölçer çıkışlarını ölçmek için kullanılmaktadır.

Çizelge 3.2. Dijital giriş listesi

Kanal No	Atama	Açıklama	
Dijital Giriş	1	Yukarı sınır	Platform yukarı son sınırı algılayıcısı
	2	Aşağı sınır	Platform aşağı son sınırı algılayıcısı
	3	Öne sınır	Platform ön son sınırı algılayıcısı
	4	Arkaya sınır	Platform arka son sınırı algılayıcısı
	5	İleri Sınır	Vagon ileri son sınırı algılayıcısı
	6	Geri Sınır	Vagon geri son sınırı algılayıcısı
	7	Faz dengesizliği hatası	Faz hatası rölesi çıkışı
	8	Faz sırası arızası	Faz sırası rölesi çıkışı
	9	Yukarı-aşağı aşırı akım hatası	Platform Y-A motoru termik çıkışı
	10	Öne-arkaya aşırı akım hatası	Platform Ö-A motoru termik çıkışı
	11	Testere invertörü hata sinyali	Yedek
	12	Testere invertörü hata sinyali	Yedek
	13	Vagon invertörü hata sinyali	Yedek

Yukarıda verilen Çizelge 3.2’de sistemde kullanılacak dijital girişlerin listesi verilmektedir. Çizelgedeki ilk altı giriş platform ve vagonun son konumlarını belirleyen sınır algılayıcıları için ayrılmış durumdadır. Ayrıca faz dengesizliği, faz sırası, termikler ve invertörler için beş dijital giriş daha kullanılmaktadır.

Çizelge 3.3. Dijital çıkış listesi

Kanal No	Atama	Açıklama	
Dijital Çıkış	1	Acil stop	Acil durumda sistemi stop eder
	2	Testere start	Testere invertörü start girişi
	3	Vagon ileri	Vagon invertörü ileri girişi
	4	Vagon geri	Vagon invertörü geri girişi
	5	Platform yukarı	Yukarı kontaktörü bobini
	6	Platform aşağı	Aşağı kontaktörü bobini
	7	Platform öne	Öne kontaktörü bobini
	8	Platform arkaya	Arkaya kontaktörü bobini
	9	Alarm	Alarm kornası çıkışı

Çizelge 3.3’de ise dijital çıkışlar verilmektedir. Acil stop çıkışı Ek 1 bölümünde verilen elektrik şemasında görülen ana kontaktörün durdurulması için kullanılmaktadır ve elektrik panosu ile kumanda panelindeki acil stop butonları ile seri bağlı durumdadır. Bu çıkış aktif olduğunda sistem kayıtsız ve şartsız stop edecek şekilde tasarım yapılmıştır. Diğer çıkışlardan üçü invertörler için kullanılırken dördü platform motorlarına ait kontaktörler için kullanılmaktadır. Ayrıca kullanıcıyı sesle ikaz etmek için alarm kornası çıkışı ilave edilmiştir.

Çizelge 3.4. Sayıcı listesi

Kanal No	Atama	Açıklama	
Sayıcı girişi	1	Yukarı-aşağı sayıcı	Kesme derinliği ölçümü için
	2	Öne-arkaya sayıcı	Dilim kalınlığı ölçümü için

Çizelge 3.4’de görüldüğü üzere makinede iki sayma işlemi yapılmaktadır. Yukarı-aşağı sayıcı ile aşağı inme mesafesi ölçülürken öne-arkaya sayıcı ile öne gelme mesafesi ölçülmektedir.

Kesme işleminde tüketilen enerjinin tespitinde kullanılan analizörün bilgisayarla haberleşmesi RS-232 seri terminali üzerinden gerçekleştirilmektedir. Dolayısıyla yukarıda bahsedilen endüstriyel I/O kartı dijital ve analog giriş-çıkışların haricinde bilgisayara giriş ve çıkış yapılan bir birim de seri terminaldir.

3.1.2.3. Makinede kullanılacak donanımların seçilmesi

Makinenin otomasyon sistemi tasarımındaki en önemli aşamalardan birisi de kullanılacak donanımların seçilmesidir. Bu aşamayı önemli kılan oldukça riskli ve geri dönüşün olamaması veya olsa bile ekstra masraflara yol açılmasıdır. İhtiyaçları karşılayacak özelliklere sahip olmayan bir donanımın alınması, bu donanımın değiştirilmesini zaruri kılacağından hem kaynak hem de zaman israfına neden olabilmektedir. Tersine ihtiyaçların çok üstünde özelliklere sahip olan bir donanımın alınması da gereksiz yere fazladan kaynak kullanımına neden olacaktır.

Belirtilen bu riskler göz önünde tutularak öncelikle otomasyon sisteminin kalbi niteliğindeki endüstriyel kartın seçilmesi düşünülmüştür. İmkânlar dâhilinde alınabilecek kartların en uygunu olan ADVANTECH firmasının PCI-1716 endüstriyel I/O kartı seçilmiştir. Kart seçilirken ilk dikkat edilen özellik analog giriş ve çıkışlarının çözünürlüğü ile sayısı olmuştur.

Seçilen önemli donanımlardan bir diğeri de enerji analizörüdür. Enerji analizörü testere invertörü enerji tüketimini ölçmektedir. İnvörtörler doğrusal yük olmadıklarından şebekeden çektikleri akımın dalga şekli uygulanan geriliminden farklı olmaktadır. Bu nedenle seçilen analizörde aranan en önemli özellik harmonik analizi yapabilmesidir.

Sistemde kullanılan bilgisayar da kart ile uyumlu olacak şekilde seçilmiştir. Ayrıca programlama Delphi 6 programlama yazılımı ile gerçekleştirildiğinden bilgisayarın Delphi programını çalıştırabilecek özelliklerde olması düşünülmüş ve Pentium II işlemcili 160MHz hafızalı bir bilgisayar seçilmiştir.

Diğer donanımlar da benzer şekilde ihtiyaç duyulan özellikler göz önüne alınarak belirlenmiştir. Seçilen donanımlar ve özellikleri “3.1.3. Makine donanımları ve özellikleri” bölümünde ayrıntılı olarak ele alınmaktadır.

3.1.2.4. Ara yüz yazılımının tasarlanması

Yazılımın tasarım aşamasında ilk olarak makine kullanımı ve kontrolüne ilişkin özelliklerinin tespit edilmesi gerekmektedir. Makinenin kontrolü için hangi veriler gerekmektedir, bu veriler nasıl toplanacak ve ne şekilde gösterilecektir. Bu tür ihtiyaçların doğru şekilde belirlenmesiyle birlikte, sonradan yapılacak düzeltmelerin ve gereksiz zaman kaybının da önüne geçilebilmektedir.

Tasarımı gerçekleştirilen mermer kesme makinesinde farklı alanda akademik çalışmalar gerçekleştirildiğinden her çalışma alanı için takip edilmesi gereken deney verileri de farklılık göstermektedir. Örneğin mermer teknolojileri üzerine yapılan çalışmalarda kayacın kesilebilirliğinin belirlenebilmesi için kayaca üç boyutta etkiyen kuvvetlerin ölçülmesi gerekmektedir. Diğer taraftan makine elemanları üzerine yapılan çalışmalarda testereye etkiyen kuvvetlerin yanında testerede oluşan titreşimin ölçülmesi de gerekmektedir. Ayrıca bu verilerin, deney süresince analiz yapılabilecek düzeyde zaman aralıklarında kaydedilmesi gerekmektedir.

Bu gibi durumlar göz önüne alınarak yazılımda bulunması istenilen özellikler aşağıda maddeler halinde sıralanmıştır.

1. Makinenin tüm hareketleri bilgisayar ekranından kontrol edilecek.
2. Makine manüel ve otomatik olarak çalışabilecek. Manüel çalışmada kontrol tamamen kullanıcıda iken otomatik çalışmada makine peş peşe on kesme deneyini yapıp duracak.
3. Ara yüz yazılımı aynı (Down-Cutting) ve zıt (Up-Cutting) yönlü kesim yapabilecek şekilde tasarlanacak ve kullanıcı seçimini ana pencereden yapabilecek.
4. Makinenin işlem durumu ve oluşan hatalar ana pencerede görüntülenecek. Ayrıca testere dönüş hızı, ilerleme hızı, kesme derinliği, tüketilen enerji, ses şiddeti, testere titreşiminin genliği ve kayaca üç boyutta etkiyen kuvvet değerleri ekranda sürekli olarak gözlemlenebilecek.
5. Kesilecek kayaca ait bilgileri girmek üzere pencere üzerinde bilgi giriş alanı olacak.

6. Gerçekleştirilecek deneylere ait kesme parametreleri ve kesme genişliği (dilim kalınlığı), testere çapı gibi makine bilgilerin giriş yapılabileceği alanlar bulunacak.
7. Mermer kesme deneyleri varyasyon esasına dayandığı için üç kesme parametresinden ikisi sabit diğeri her deney için değiştirilmektedir. Bu amaçla sabit olan parametrelerin seçilip sabit değerinin girilebildiği alanlar bulunacak.
8. Testerenin öne ve aşağı hareketlerinde sayma işlemi gerçekleştirilerek milimetre hassasiyetinde testerenin konumlandırılması sağlanacak. Manüel çalışmada sayıcı değeri ekranda gösterilecek.
9. Testere devir sayısı 0-4000d/dk aralığında ayarlanabilecek ve tako generatörlü kapalı çevrim kontrol ile sabit kalması sağlanacak.
10. Vagonun ilerleme hızı 0-4m/dk aralığında ayarlanabilecek.
11. Ana pencere üzerinde alt program pencerelerine geçiş butonları olacak. Ayrıca ana pencere üzerinde ara yüz yazılımının aktif olması için “BAŞLA”, testerenin ve vagonun başlangıç pozisyonuna konumlandırılması için “RESET”, enerji analizörünün başlatılması için “ANALİZÖR”, acil durumlarda makineyi durdurmak için “ANA STOP” ve programı sonlandırmak için “ÇIKIŞ” butonları bulunacak.
12. “Manüel Kontrol” alt program penceresinde testere platformunun yukarı-aşağı ve öne-arkaya hareketleri ile vagonun ileri-geri hareketlerini kontrol edebilmek için yön değiştirme butonları ile acil durumlarda makineyi durdurmak için “ANA STOP” ve pencereyi kapatmak için “KAPAT” butonu bulunacak. Ayrıca testere başlatma butonu ile testere dönüş hızı ve vagon ilerleme hızını ayarlayabilmek için kaydırma çubukları olacak. Manüel çalışmada kullanıcının makineye hâkimiyetini artırmak için manüel penceresi üzerine sayıcı değerini ve dijital giriş durumlarını gösteren bileşenler eklenecek.
13. “Veriler” alt program penceresinde toplanan verileri kaydetmek için gerekli menu butonları olacak. Bu butonlar ile verilerin kaydedileceği dosya konumu oluşturulabilecek ve kayıt işlemi başlatıp durdurulabilecek. Ayrıca istenildiğinde daha önceden kaydedilmiş veri dosyaları görüntülenebilecek. Enerji değişimini gözleyebilmek için verilerin grafiğinin çizildiği bir grafik alanı da veriler penceresine eklenecek.

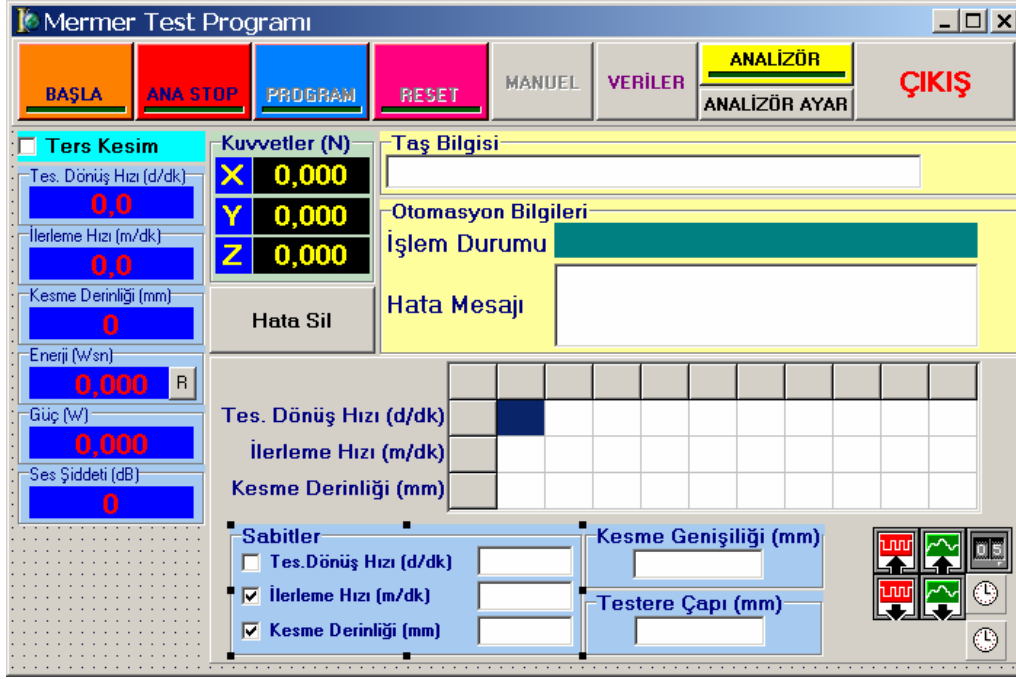
14. “Seri Haberleşme Ayarları” alt programı penceresinde enerji analizörünün bağlı olduğu terminal numarası seçilip analizör bağlantısı gerçekleştirilecek. Ayrıca iletişimde veri kontrolü yapılma durumu seçilip bağlantı durumu görüntülenecek.

Yukarıda verilen maddeler göz önüne alınarak ilk önce ihtiyaçlara cevap verebilecek tarzda pencerelerin tasarımına başlanmıştır. Yazılım “Mermer Test Programı”, “Manuel Kontrol”, “Veriler” ve “Seri Haberleşme Ayarları” olarak adlandırılan dört pencereden oluşmaktadır. Ara yüz yazılımı Delphi programlama dili kullanılarak tasarlanmıştır. Aşağıda sırasıyla pencerelerin tasarlanması, bileşenlere ait olayların belirlenmesi ile program algoritması ve kodlarının hazırlanması aşamaları anlatılmaktadır.

3.1.2.4.1. Yazılım pencerelerin tasarımı

Pencerelerin tasarımında Delphi bileşen kütüphanelerinin yanı sıra, “Iocomp Software”, “ComPort Library” ve “Advantech ActiveDAQ” bileşen kütüphanelerinden de yararlanılmıştır. Aşağıda sırası ile ara yüz yazılımına ait pencereler ve pencereler üzerinde kullanılan bileşenler tanıtılacaktır.

Şekil 3.3’de verilen “Mermer Test Programı” ana penceresi görüntüsü Delphi ortamında tasarım aşamasında alınmıştır. Pencerenin sağ alt köşesinde görülen 7 bileşen yazılım çalışırken görülmemekle birlikte tasarım açısından büyük önem taşımaktadır. Bu bileşenlerden beşi Advantech ActiveDAQ kütüphanesine aittir ve PCL-1716 endüstriyel I/O kartı kontrolünde kullanılmaktadır. Beş bileşen sırası ile analog giriş, analog çıkış, dijital giriş, dijital çıkış ve sayıcı fonksiyonlarını yerine getirmektedir. Diğer iki bileşen Delphi System kütüphanesine ait “TTimer” zamanlayıcı bileşenidir.



Şekil 3.3. Bilgisayar programı ana menü ekran görüntüsü

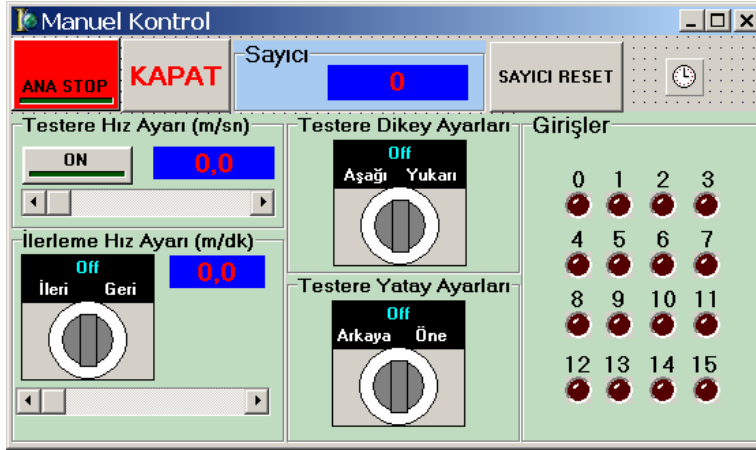
“Mermer Test Programı” ana penceresi üzerinde dokuz buton bulunmaktadır. “BAŞLA”, “ANA STOP”, “PROGRAM”, “RESET” ve “ANALİZÖR” butonları Iocomp kütüphanesinin “iSwitchLed” adlı bileşenidir ve her tıklama yapıldığında lojik durumları “active” veya “passive” olarak değişmektedir. Diğer butonlar ise Delphi Additional kütüphanesinin “BitBtn” bileşenidir.

Pencerde butonların alt kısmında kesme sırasında kayaca etkiyen kuvvetler, testere dönüş hızı, kesme hızı, kesme derinliği, tüketilen enerji ve makinenin otomasyon durumunu gözlemlemek için etiketler kullanılmıştır. Etiketler Delphi Standart kütüphanesinin “Label” bileşenleridir. Pencere üzerindeki diğer önemli bileşen kesme parametrelerinin girildiği 4x11 boyutuna sahip çizelgedir. Çizelge Delphi Additional kütüphanesinin “StringGrid” bileşenidir.

Çizelgenin altında yer alan bölümde testere çapı ve kesme genişliği (dilim kalınlığı) değerlerinin girildiği metin kutuları bulunmaktadır. Metin kutuları Delphi Standart kütüphanesinin “Edit” bileşenidir. Metin kutularının sol tarafında ise sabitler kısmı bulunmaktadır. Sabitler kısmında her parametre için bir seçim kutusu birde sabit

değerinin girildiği metin kutusu bulunmaktadır. Metin ve seçim kutuları yine Delphi Standart kütüphanesinin “Edit” ve “CheckBox” bileşenleridir.

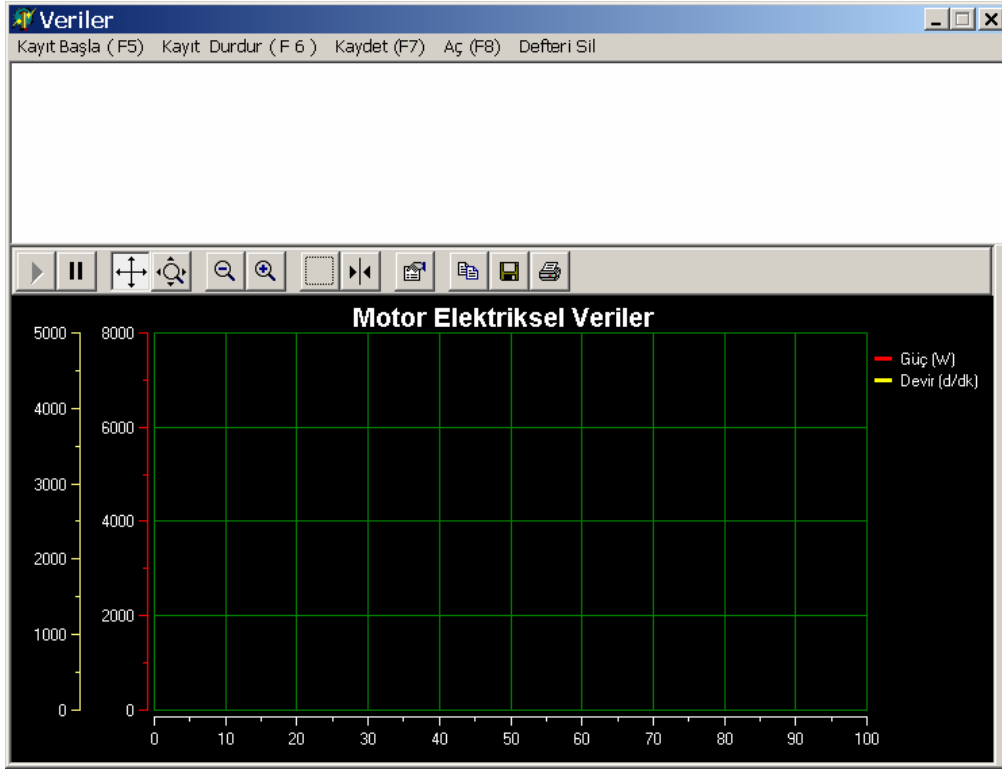
Ayrıca pencere üzerinde ters kesim durumunun seçildiği seçim kutusu ve kayaç bilgisinin girilebildiği metin kutusu bulunmaktadır. Benzer şekilde bu bileşenler de Delphi Standart kütüphanesinden alınmıştır.



Şekil 3.4. Manuel kontrol paneli görüntüsü

Şekil 3.4’de verilen “Manuel Kontrol” alt program penceresi üzerinde farklı tipte butonlar bulunmaktadır. “ANA STOP” ve testere “ON” butonları Iocomp kütüphanesinin “iSwitchLed” bileşenleridir. “KAPAT” ve “SAYICI RESET” butonları ise Delphi Additional kütüphanesinin “BitBtn” bileşenidir.

Testere ve vagon hareketlerinin kontrolü için kullanılan yön seçme butonlar Iocomp kütüphanesinin “iSwitchPanel” bileşenidir. Bu butonlar istenilen yöne göre tıklandığında pozisyon numaraları değişmektedir. Dijital girişlerin lojik durumlarının gösteriminde kullanılan LED’ler ise Iocomp kütüphanesinin “iLedRound” bileşenidir.



Şekil 3.5. Veri alt menüsünün görünüşü

Şekil 3.5’de verilen “Veriler” alt program penceresi üzerinde farklı eğriler çizmek için grafik alanı ve verilerin gösteriminde kullanılan metin kutusu bulunmaktadır. Enerji eğrilerinin gösteriminde kullanılan grafik alanı Iocomp kütüphanesinin “TiPlot” bileşenidir. Metin kutusu ise Delphi Win32 kütüphanesinin “RichEdit” bileşenidir.

Pencere üzerinde kayıt başlatmak ve durdurmak için “Kayıt Başla” ve “Kayıt Durdur” menü butonları bulunmaktadır. Bu menü butonlarına kayıt başlatma ve durdurma işlemlerini pratikleştirmek için F5 ve F6 kısa yol tuşları atanmıştır. Bunlardan başka pencere üzerinde önceden kaydedilmiş bir dosyayı açmak için “Aç (F8)”, toplanan verileri belirtilen konumdaki dosyaya kaydetmek için “Kaydet (F7)” ve metin kutusuna yazılan verileri silmek için “Defteri Sil” menü butonları bulunmaktadır.



Şekil 3.6. Analizör haberleşme penceresi

Ara yüz yazılımını son penceresi Şekil 3.6’da verilen “Seri Haberleşme Ayarları” alt program penceresidir. Pencere üzerinde iletişimi kurmak için kullanılan “Bağlan” butonu bulunmaktadır. Buton Delphi Additional kütüphanesinin “BitBtn” bileşenidir. Pencere üzerinde kullanılan diğer önemli nesnelere ise ComPort kütüphanesinin bileşenleridir. Bilgisayarın seri portlarını listeleme fonksiyonunu yerine getiren “ComComboBox” ve bağlantı durumunu gösteren “ComLed” bu bileşenlerdendir.

3.1.2.4.2. Bileşenlere ait olayların tanımlanması

Ara yüz yazılımı için pencerelerin tasarımının ardından kullanılan bileşenlere ait olayların tanımlanması aşamasına geçilmiştir. Delphi gibi pencereler üzerine kurulan görsel yazılımlar olay tabanlı olarak çalışmaktadırlar. Pencere üzerinde bir butona tıklanması, denetim kutusunun seçilmesi, yazı kutusuna bir karakter yazılması gibi örneklerini çoğaltabileceğimiz her durum görsel yazılımlar için birer olay teşkil etmektedir.

Delphi’de bileşenler için kullanılacak pek çok olay bulunmaktadır. Delphi, bileşenlere ait olay seçildiğinde program kodu dosyasında olaya ilişkin yordam otomatik olarak oluşturulmaktadır. Oluşturulan yordamların içine işletilecek program satırları eklenmektedir.

```
procedure TAnaform.BmanuelClick(Sender: TObject);  
begin  
    fmanuel.show;  
end;
```

```

procedure TAnaform.FormDestroy(Sender: TObject);

begin
  komut := kacilstop;
  pcikis;
  zbittarama.Enabled1 := false;
  zbittarama.Enabled2 := false;
  if kartacildi then
    begin
      kartacildi := false;
      cagiris.closeDevice;
      cacikis.closeDevice;
      cdgiris.closeDevice;
      cdcikis.closeDevice;
    end;
end;

```

Yukarıda iki farklı olay için oluşturulmuş yordamlar görülmektedir. İlk yordam ana pencere üzerindeki “MANUEL” buton bileşeninde tıklama olayı meydana gelmesi durumunda işletilmektedir. Benzer şekilde ikinci yordam da “Mermer Test Programı” penceresinin kaldırılması (formdestroy) olayının oluşması durumunda işletilmektedir. Ara yüz programı oluşturulurken bu olaylar belli bir mantık sırası içerisinde oluşturulmuş ve işletilecek program satırları eklenmiştir.

3.1.2.4.3. Program algoritması ve kodlarının oluşturulması

Program kodlarının eksiksiz ve fonksiyonel biçimde oluşturulması açısından algoritma hazırlama önemli bir aşamadır. Algoritma, herhangi bir sorunun çözümü için izlenecek yol anlamına gelmektedir. Çözüm için yapılması gereken işlemler hiçbir alternatif yoruma izin vermeksizin sözel olarak ifade edilir. Diğer bir deyişle algoritma verilerin bilgisayara hangi çevre biriminden girileceğinin, problemin nasıl çözüleceğinin, hangi basamaklardan geçirilerek sonuç alınacağıının, sonucun nasıl ve nereye yazılacağıının sözel olarak ifade edilmesi biçiminde tanımlanabilir.

Algoritma hazırlanırken, çözüm için yapılması gerekli işlemler, öncelik sıraları göz önünde bulundurularak ayrıntılı bir biçimde tanımlanmalıdırlar. Aşağıda algoritma hazırlanmasına ilişkin örnekler yer almaktadır. Verilen iki sayının toplamının bulunmasının algoritması aşağıdaki gibi yazılır.

Adım 1-Başla
Adım 2-Birinci sayıyı oku
Adım 3-İkinci sayıyı oku
Adım 4-İki sayıyı topla
Adım 5-Dur

Yukarıda verilen algoritmaya dikkat edilirse işlemlerin sıralanmasında, işlem önceliklerinin göz önünde bulundurulduğu görülür. Ayrıca algoritma yazımı sorun çözümünün başladığını gösteren "BAŞLA" ifadesi ile başlamakta ve işlemlerin bittiğini belirten "DUR" ifadesi ile sona ermektedir.

Herhangi bir sorunun çözümü için izlenmesi gerekli olan aritmetik ve mantıksal adımların söz veya yazı ile anlatıldığı algoritmanın, görsel olarak simge ya da sembollerle ifade edilmiş şekline "Akış Şemaları" veya "Flowchart" adı verilir. Akış şemalarının algoritmadan farkı, adımların simgeler şeklinde kutular içine yazılmış olması ve adımlar arasındaki ilişkilerin ve yönünün oklar ile gösterilmesidir.

Ek 1 bölümünde geliştirilen ara yüz programı için hazırlanan akış şemaları verilmektedir (Şekil 6-14). Ara yüz programının dört pencere ve pek çok bileşenden oluştuğu göz önüne alınarak akış şemaları karışıklığa sebep vermeyecek şekilde özet olarak oluşturulmaya çalışılmıştır.

3.1.3. Makine donanımları ve özellikleri

Bu bölümde makinede kullanılan otomasyon donanımlarının özellikleri ve görevleri tanıtılacaktır. Makinede endüstriyel kartlar, enerji analizörü, metal algılayıcılar, titreşim algılayıcı, gürültü algılayıcı, özel kumanda röleleri, kontaktörler gibi çeşitli donanımlar kullanılmaktadır.

Bilgisayar yazılımı tasarlanırken donanımların özelliklerinin bilinmesi gerekmektedir. Özellikleri doğru olarak bilinmeyen bir donanım, tasarım aşamasında hatalara sebep olmakta ve gereksiz yere zaman kaybetmeye neden olmaktadır.

Aşağıda “3.1.3.1. Endüstriyel kartlar” kısmında sistemin en önemli elemanı olan endüstriyel I/O kartı, genişleme kartları ve tasarlanan özel sayıcı çoklayıcı kartı tanıtılacaktır. “3.1.3.2. Özel ölçü aletleri” kısmında enerji analizörü, kombi voltmetre ve kuvvet göstergeleri anlatılacaktır. “3.1.3.3. Algılayıcılar” kısmında kuvvetölçer, endüktif yaklaşım anahtarı (metal algılayıcı), titreşim algılayıcı ve gürültü algılayıcı tanıtımı verilecektir. Son olarak “3.1.3.4. Kumanda elemanları” kısmında, invertörler ve özel kumanda röleleri tanıtılacaktır.

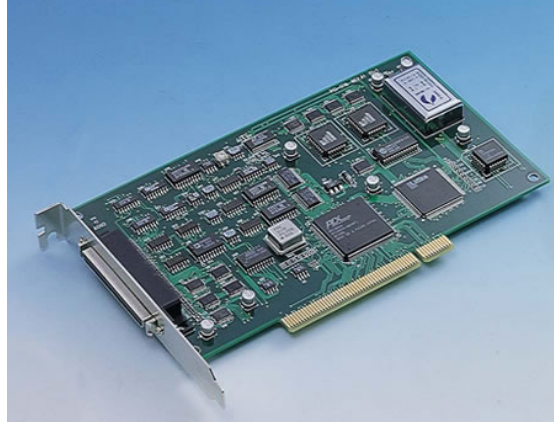
3.1.3.1. Endüstriyel kartlar

Makine otomasyonunda başta endüstriyel I/O kartı olmak üzere genişleme kartları ve özel tasarlanan sayıcı çoklayıcı kart kullanılmaktadır. Aşağıda sırası ile makine otomasyonunda kullanılan I/O kartlarının tanıtımları verilmektedir.

3.1.3.1.1. Endüstriyel I/O kartı

Endüstriyel I/O kartı sistemin kalbi niteliğinde olduğundan sistem gereksinimleri ve yakın gelecekte olabilecek gelişmeler de göz önüne alınarak seçim yapılması gerekmektedir. Yukarıda “3.1.2.3. Makinede kullanılacak donanımların seçilmesi” kısmında bahsedildiği gibi ADVANTECH firmasına ait PCI-1716 kartının seçilmesi uygun görülmüştür.

PCI-1716 I/O kartı IBM PC/XT/AT bilgisayarlarla uyumlu olarak çalışabilmekte ve bilgisayarın PCI yuvasına bağlanmaktadır. PCI-1716 kartı, veri toplama (DAQ, Data Acquisition), proses kontrol, otomatik test düzenekleri ve fabrika otomasyonu gibi endüstriyel ve laboratuvar uygulamalarında yaygın olarak kullanılmaktadır. Aşağıda Resim 3.4’de Endüstriyel I/O kartının görünüşü verilmektedir.



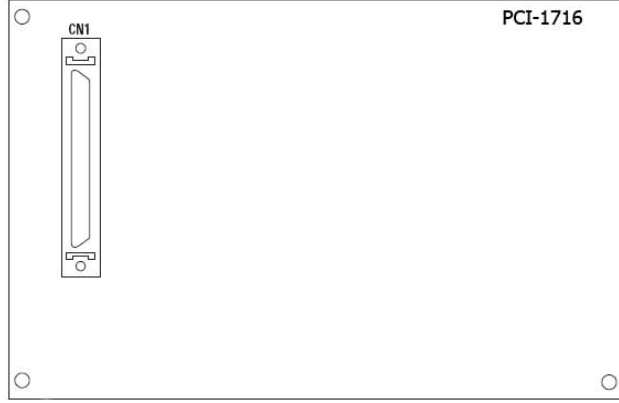
Resim 3.4. PCI-1716 Endüstriyel I/O kartı (İnt. Kay. 1)

Kartın teknik özellikleri aşağıda Çizelge 3.5’de verilmektedir. Kart üzerinde toplam 16 dijital giriş, 16 dijital çıkış, 16 Single Ended (tekli sonlu) veya 8 Differential (fark) analog giriş, 2 analog çıkış ve 1 sayıcı girişi bulunmaktadır. Dijital giriş ve çıkışlar TTL uyumludur. Analog giriş ve çıkışlar 16bit çözünürlüğe sahiptir. Analog girişlerin kazanç ayarı yazılımdan programlanabilme özelliğine sahiptir. Sayıcı girişi ise 16 bit uzunlukta yazmaca (registre) ve 2MHz hıza sahiptir.

Çizelge 3.5. Endüstriyel I/O kartı teknik özellikleri (İnt. Kyn. 1)

I/O tipi	Adedi	Özellikleri
Analog giriş	16	ADC özellikleri: <i>16bit çözünürlük, 250kHz örnekleme hızı</i> Giriş gerilim kademesi: <i>Yazılımdan programlanabilir, ±10, ±5, ±2.5, ±1.25, ±0.625, ±0.3125</i> Doğruluk: <i>%0.01, ±LSB</i> Doğrusallık: <i>±1bit</i> Aşırı gerilim koruması: <i>±30V (sürekli)</i> ADC dönüştürme yöntemi: <i>Ardışık yaklaşırma (Successive approximation)</i>
Analog çıkış	2	DAC özellikleri: <i>16bit çözünürlük, 30ms yükselme zamanı</i> Çıkış gerilim kademesi: – <i>-5V veya -10V sabit referansla</i> – <i>0-+5V veya 0-+10 V.</i> – <i>Maksimum +10V veya -10V DC veya AC harici referansla</i> Çıkış akımı: <i>±5 mA maksimum</i> Doğrusallık: <i>±1bit</i> DAC dönüştürme yöntemi: <i>16bit monolithic multiplying</i>
Dijital giriş	16	Seviye: <i>TTL uyumlu</i> Giriş voltajı: <i>Low-0.4V max, High-2.4V min</i> Giriş yükü: <i>Low-0.4V da maksimum -0.2mA</i> <i>High-2.7V da maksimum 0.02mA</i>
Dijital çıkış	16	Seviye: <i>TTL uyumlu</i> Çıkış voltajı: <i>Low-(alıcı) 0.4 Vda +8.0 mA</i> <i>High-(kaynak) 2.4 V da -0.4 mA</i>
Programlanabilir Sayıcı Girişli	3	Devre: <i>INTEL 8253 devresi</i> Sayıcı: <i>3 kanal 16bit. 2 kanal sabit olarak programlanabilir</i> <i>2MHz pacer clock'a bağlı, 1 kanal kullanıcı uygulamaları için</i> Giriş kapısı: <i>TTL/DTL/CMOS uyumlu.</i>
Interrupt (Kesme) kanalı	-	Seviye: <i>IRQ 2 ile 7 jumper seçimli</i> Seçim: <i>S0, S1 ve S2 nin kontrol registeri üzerinden aktif edilir.</i>
DMA kanal	-	Seviye: <i>1 veya 3jumper seçimli</i> Seçim: <i>S0, S1 ve S2 nin kontrol registeri üzerinden aktif edilir.</i>
Genel Özellikleri		
Güç Tüketimi	+5V: 850mA tipik ve 1A max. +12V: 600mA tipik ve 700mA max.	
I/O konektör	I/O bağlantısı için 68-pin SCSI-II soket,	

Aşağıda Şekil 3.7’de Endüstriyel I/O kartının bağlantı terminalinin yerleşimini gösteren bir çizim verilmiştir. CN1 terminali kartın tüm giriş-çıkışlarının yapıldığı tek terminalleridir. Bu terminalden PCLD–8710 genişleme kartına özel bir ara kablo ile geçiş yapılmaktadır.



Şekil 3.7. PCI-1716 yerleşim şeması (İnt. Kyn. 1)

Ayrıca Şekil 3.7’de görüldüğü gibi kart üzerinde herhangi bir jumper veya anahtar görülmemektedir. Bunun nedeni kartın yapılandırma ayarlarının kartla birlikte verilen yazılımdan programlanabilir olmasıdır. Bu durum tasarım aşamasında büyük avantaj sağlamaktadır. Örneğin kartın yapılandırma ayarlarında herhangi bir değişik gerektiğinde kartı yerinden çıkartmadan hatta bilgisayarın kasasını dahi açmadan değişiklik yapılabilir.

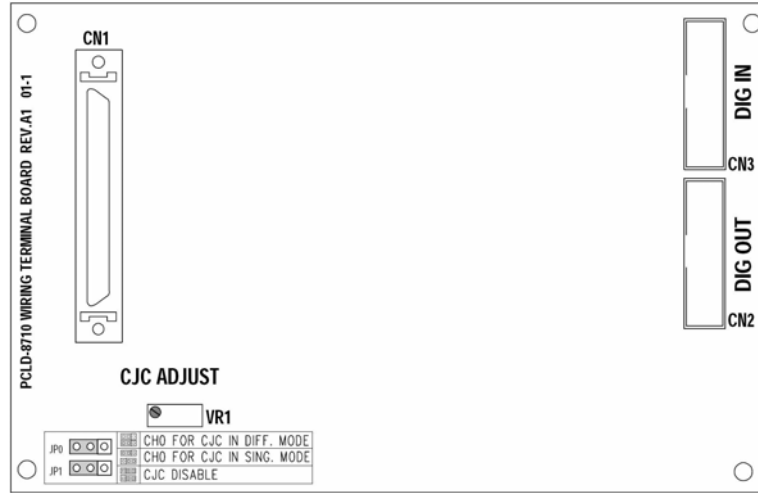
Kart üzerinde bulunan 68 bacaklı SCSI-II tipi bağlantı terminali ile tüm analog, dijital ve sayıcı birimlerinin tamamına giriş veya çıkış yapılabilir. Söz konusu terminalden iki tarafı da SCSI-II tip dişi soketli 68’li blendajlı kablo ile PCLD-8710 genişleme kartına bağlantı gerçekleştirilmektedir. Aşağıda Resim 3.5’de kartın bir görünüşü verilmektedir.



Resim 3.5. PCLD-8710 dağıtım kartı görünüşü (İnt. Kyn. 1)

PCLD-8710 dağıtım kartı ile tüm giriş ve çıkışlara klemensler ve 20 bacaklı iki soket ile ulaşılabilir. Dijital giriş ve çıkış genişleme kartlarına geçiş için 20 bacaklı

terminaller kullanılırken analog girişler ve çıkışlar ile sayıcı girişi için PCLD-8710 kartı üzerindeki klemensler kullanılmıştır. Aşağıda Şekil 3.8’de PCLD-8710 dağıtım kartına ait bağlantı terminalleri ve jumperlerinin görüntüsü verilmektedir.



Şekil 3.8. PCLD-8710 terminal yerleşim planı (İnt. Kyn. 1)

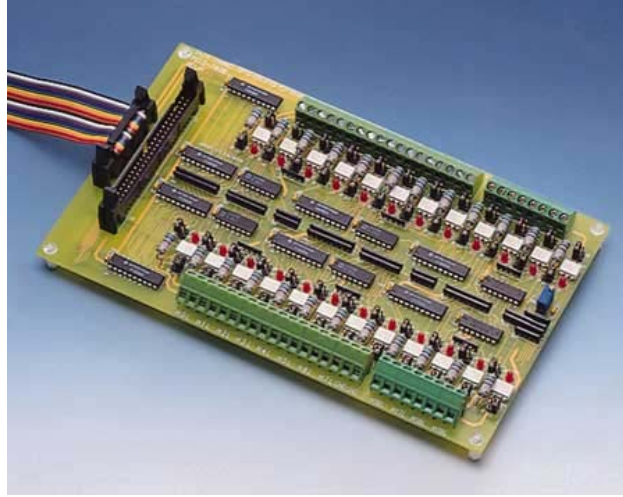
3.1.3.1.2. Genişleme kartları

Genişleme kartları Endüstriyel I/O kartının çevre birimlerle irtibatını sağlamaktadır. Makinenin otomasyonunda iki tip genişleme kartı kullanılmıştır. Bu kartlar dijital giriş ve dijital çıkış genişleme kartıdır. Endüstriyel I/O kartına herhangi bir giriş veya çıkış sinyali kartın güvenli çalışması açısından doğrudan bağlanamamaktadır. Bu yüzden elektriksel izolasyonlu genişleme kartları kullanılmaktadır. Aşağıda sistemde kullanılan genişleme kartları ayrı ayrı incelenmiştir.

1. Dijital giriş genişleme kartı

Dijital giriş genişleme kartı olarak ADVANTECH firmasının PCLD-782B kartı kullanılmıştır. PCLD-782B genişleme kartı ile dijital sinyal algılama, anahtar durumu görüntüleme, sınır anahtar durumu görüntüleme gibi uygulamalar yapılabilmektedir. PCLD-782B ile gerçekleştirilen optik yalıtımlı sinyal koşullandırma kayan potansiyel

ve toprak döngüsü gibi problemler için oldukça iyi bir çözüm sağlamaktadır. Aşağıda Resim 3.6’de dijital giriş genişleme kartı görünüşü verilmektedir.



Resim 3.6. PCLD-782B dijital giriş genişleme kartı görünüşü (İnt. Kyn. 1)

Dijital giriş genişleme kartının PCLD-8710 kartıyla bağlantısı 20’li yassı kablo ile gerçekleştirilmektedir. Karta sinyal bağlantıları ise üzerindeki klemensler ile gerçekleştirilmektedir. Aşağıda Çizelge 3.6’da PCLD-782B genişleme kartının detay özellikleri verilmiştir.

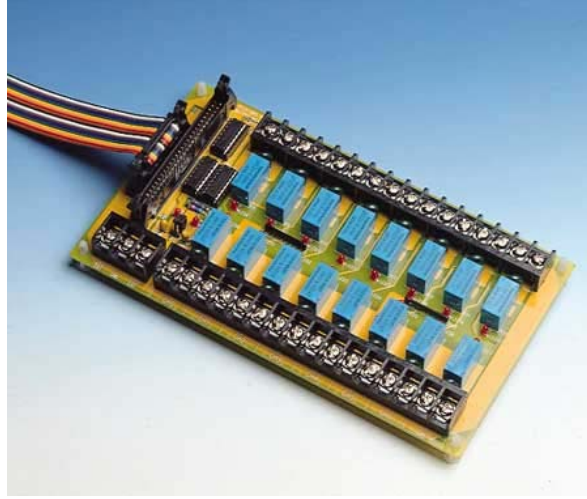
Çizelge 3.6. PCLD-782B detay özellikleri (İnt. Kyn. 1)

Donanım	Özellik
Optik yalıtıcı	4N25
Giriş gerilim aralığı	0-24Vdc
Giriş direnci	560Ω
Giriş maksimum gerilim	300Vdc
Klemens grubu	0,25mm ² ile 1,5mm ² arasında NYAF tipi kablo bağlanabilir

Genişleme kartı her bir girişin durumunu gösteren kırmızı LED’lere sahiptir. Eğer giriş gerilimi seviyesi lojik 1 ise LED ışık verir ya da lojik 0 ise söner. Eğer istenirse her bir kanalın yalıtımlı veya yalıtımsız olması jumper ayarları ile sağlanabilmektedir. Ayrıca girişlerde kart üzerine monte edilmiş sinyal koşullandırma devreleri ve her bir giriş için karşılaştırıcılı tampon devresi de bulunmaktadır. Bu tampon devresi sayesinde giriş gerilimi eşik seviyesi ayarlanabilmektedir.

2. Dijital ıkış genişleme kartı

Dijital ıkış genişleme kartı olarak yine ADVANTECH firmasının PCLD-885 kartı kullanılmıştır. Dijital ıkış genişleme kartı g veya kumanda sinyallerinin anahtarlanması, ON/OFF kontrol uygulamaları, valf veya selenoid kontrolü, alarm ve ikaz devreleri kontrolünde kullanılmaktadır. Kart üzerinde 16 adet tek kutuplu ve konumlu röle bulunmaktadır. Rleye enerji verildiğinde her bir rölenin bitişiğindeki kırmızı LED'ler yanarak ilgili çıkışın lojik durumu gözlemlenebilmektedir. Aşağıda Resim 3.7'de dijital çıkış kartı görünüşü verilmektedir.



Resim 3.7. PCLD-885 dijital çıkış kartı (İnt. Kyn. 1)

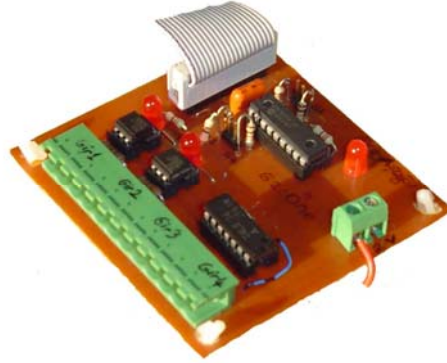
Dijital ıkış kartı istenildiğinde bilgisayar üzerinden veya harici bir güç kaynağı ile beslenebilmektedir. Besleme geriliminin hangi kaynaktan yapılacağı kart üzerindeki jumperler ile yapılandırılabilir. Ayrıca röle kontaklarını aşırı gerileme karşı korumak için varistörler bulunmaktadır. Aşağıda izelge 3.7'de dijital çıkış genişleme kartının detay özellikleri verilmiştir. Grldğu gibi rölelerin anahtarlama akımları 3A/250Vac ve 3A/30Vdc dir.

Çizelge 3.7. PCLD-885 detay özellikleri (İnt. Kyn. 1)

Donanım	Özellik
Röle	<i>Kontak:</i> Tek kutuplu normalde açık <i>Anahtarlama akımı:</i> 3A/250Vac ve 3A/30Vdc <i>Kapama zamanı (max):</i> 6ms <i>Serbest kalma zamanı (max):</i> 3ms
Varistör	<i>Sürekli uygulanan gerilim:</i> 300V _{rms} (max) <i>Varistör gerilimi:</i> 470V ±10% (I=1mA) <i>Kenetleme gerilimi:</i> 760V (10A) <i>Maksimum Tepe (peak) akımı:</i> 1200A (8μA)
Genel	<i>Güç tüketimi:</i> +12V: Her bir röle için 22mA olmak üzere tüm röleler enerjili iken toplam 352mA +5V: 200mA (max)

3.1.3.1.3. Sayıcı çoklayıcı kartı

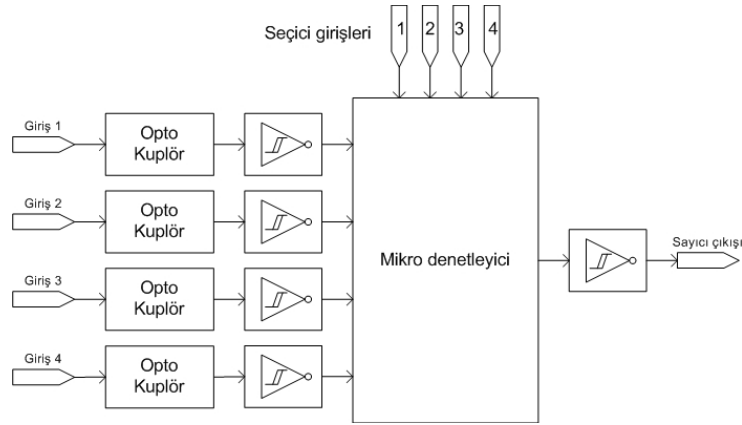
Yukarıda bahsedildiği gibi endüstriyel I/O kartında sadece bir sayıcı bulunmaktadır. Ancak makinede iki sayma işlemi yapılması gerekmektedir. Sayıcı çoklayıcı kartı sayesinde bu sorun çözüme kavuşturulmuştur. Aşağıda Resim 3.8’de tasarlanan sayıcı çoklayıcı devre görülmektedir.



Resim 3.8. Sayıcı çoklayıcı kartı görünüşü

Kart dört sayma işlemi yerine getirmek üzere optik izoleli girişlerden ve seçici girişlerinden oluşmaktadır. Seçici girişleri ile ilgili sayma girişinin aktif olması sağlanmaktadır. Gerçekleştirilen uygulamada seçici girişlerinden ikisine aşağı ve öne dijital çıkışlarından paralel bağlantılar yapılmıştır.

Aşağıda Şekil 3.9’da blok şeması verilen devre, görüldüğü üzere mikro denetleyici ile gerçekleştirilmiştir. Mikro denetleyicinin giriş ve çıkışları elektriksel gürültülerden kaynaklanabilecek hatalı sayma işlemlerini önlemek üzere schmitt trigger değil kapıları ile korunmaktadır. Bu sayede metal algılayıcıların çıkışında olabilecek yüksek frekanslı elektriksel gürültülerden sayıcının etkilenmesi önlenmiştir. Ayrıca devre girişleri optik kuplörler ile elektriksel olarak yalıtılmıştır.



Şekil 3.9. Sayıcı çoklayıcı devre blok şeması

3.1.3.2. Özel ölçü aletleri

Bu kısımda makinede kullanılan özel göstergeler ve enerji analizörünün özelliklerine değinilecektir. Makinede tüm ölçümler bilgisayar ekranında gözlenebildiği gibi kullanılan ölçü aletlerinin göstergelerinden de gözlenebilmektedir.

Ölçü aletlerinin tamamı elektrik kumanda tablosu üzerinde bulunmaktadır. Kullanılan özel ölçü aletlerinin en önemlisi enerji analizörüdür. Aşağıda sırasıyla enerji analizörü, kuvvet göstergeleri, kombi voltmetre ve gürültü ölçer özellikleri tanıtılacaktır.

3.1.3.2.1. Enerji analizörü

Enerji analizörü testere motorunun elektrik enerjisi tüketimini tespit etmek üzere kullanılmaktadır. Bilindiği üzere testere motoru invertör ile kontrol edilmektedir. İnvvertörler ise doğrusal yükler olmadığından şebekeden çektikleri akımın dalga şekli uygulanan gerilimden farklı olmaktadır. Bu durum çekilen akımda harmonikler oluşturmakta ve normal ölçü aletleri ile bu akımı ölçmek imkânsız hale gelmektedir. Dolayısıyla testere motorunun invertör ile kontrol edilmesi, harmonik analizi yapabilen bir analizörün kullanmasını zorunlu kılmıştır.

Yukarıda anlatılan bu durum dikkate alınarak ELECTRO INDUSTRIES GAUGETECH firmasının SHARK 100 model enerji analizörü seçilmesi uygun görülmüştür. Seçilen enerji analizörü %0.2 sınıfında yüksek doğruluğa sahip enerji ölçümlerinde kullanılmak üzere tasarlanmıştır. Ayrıca bilgisayar, PLC gibi çevre donanımlarla veri alış verişi için RS-485 terminali ve uzaktan kablosuz iletişimde kullanılan IrDA kızılötesi terminaline sahiptir. Ayrıca veri iletişimde Modbus RTU, Modbus ASCII ve DNP 3.0 haberleşme protokolleri desteklenmektedir. Aşağıda Resim 3.9'da enerji analizörünün görünüşü verilmektedir.



Resim 3.9. Enerji analizörü görünüşü

Analizörün ön yüzeyinde; dört basamaklı üç ekran, parametre göstergesi, okuma tipi göstergesi, yüzde olarak yük gösterge çubuğu, IrDA kızılötesi uzaktan erişim terminali ve menü erişim butonları bulunmaktadır.

Enerji analizörünün özellikleri aşağıda Çizelge 3.8’de verilmektedir. Cihazın gerilim ölçme girişi maksimum değerleri faz-nötr arası 416Vac ve faz-faz arası 712Vac’dır ve gerilim kademesi seçimi otomatik olarak yapılmaktadır. Akım girişleri ise nominal 5Aac ve maksimum 10Aac değere sahiptir. Analizörün yardımcı besleme gerilimi 90-265Vac/50-60Hz veya 100-370Vdc arasında bulunmaktadır.

Çizelge 3.8. Shark 100 enerji analizörü özellikleri (İnt. Kyn. 2)

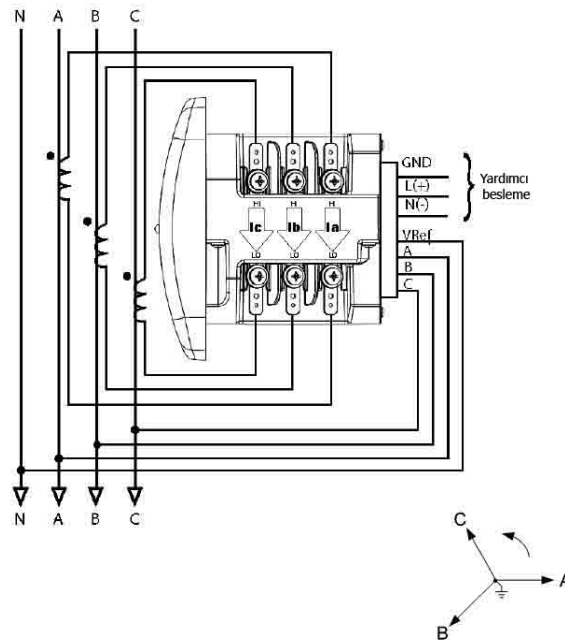
Yardımcı besleme	
<i>Çalışma aralığı</i>	90 ila 265Vac 50/60Hz veya 100 ila 300Vdc
<i>Güç tüketimi</i>	Maksimum 10VA
Gerilim girişleri	
<i>Giriş aralığı</i>	Çok amaçlı, 416Vac L-N ve 721Vac L-L kademelerini
<i>Desteklenen bağlantı tipleri</i>	<ul style="list-style-type: none"> - 3 akım trafolu 4 telli 3 elemanlı yıldız - 3 akım trafolu 4 telli 2.5 elemanlı yıldız - 3 akım 3 gerilim trafolu 4 telli yıldız - 3 akım 2gerilim trafolu 4 telli 2.5 elemanlı yıldız - 2 akım trafolu 3 telli üçgen - 2 akım 2 gerilim trafolu 3 telli üçgen - 3 akım 2 gerilim trafolu 3 telli üçgen - 3 fazlı akım ölçümü (üç akım trafolu) - 2 fazlı akım ölçümü (iki akım trafolu) - 1 fazlı akım ölçümü (bir akım trafolu)
<i>Giriş empedansı</i>	1M Ω /faz
Akım girişleri	
<i>10 sınıfı için</i>	5A nominal, 10A max.
<i>2 sınıfı için</i>	1A nominal, 2A max.
Ölçme yöntemi	
<i>Gerilim, akım</i>	Gerçek RMS
<i>Güç</i>	Saykıl başına 400 üzeri örnekleme
<i>A/D dönüştürme</i>	6 adet bağımsız 24 bit A/D dönüştürücü
Güncelleme zamanları	
<i>Wat, VAR ve VA</i>	100ms
<i>Diğer bütün parametreler</i>	1s
Haberleşme biçimi	
(1. RS-485 terminali, 2. IrDA kızıl ötesi terminali)	
<i>Protokoller</i>	Modbus RTU, Modbus ASCII, DNP 3.0
<i>Com terminali iletişim hızı(Boud Rate)</i>	9600-57600b/s
<i>Com terminal adresi</i>	001-247
<i>Veri biçimi</i>	8 bit Parity yok

Shark 100 Enerji analizöründe gerilim ve akım ölçümleri gerçek RMS yöntemi ile yapılmaktadır. Analizörün gerilim ve akım girişleri için bağımsız altı analog-dijital

(A/D) dönüştürücüsünün bulunması yüksek hızda (özellikle güç ölçümleri için saykıl başına 400'ün üzerinde) ölçüm yapılabilmesini sağlamaktadır. Ayrıca 24 bit çözünürlüklü A/D dönüştürücüler sayesinde çok hassas ölçümler yapılabilmektedir.

1. Elektrik ve haberleşme bağlantıları

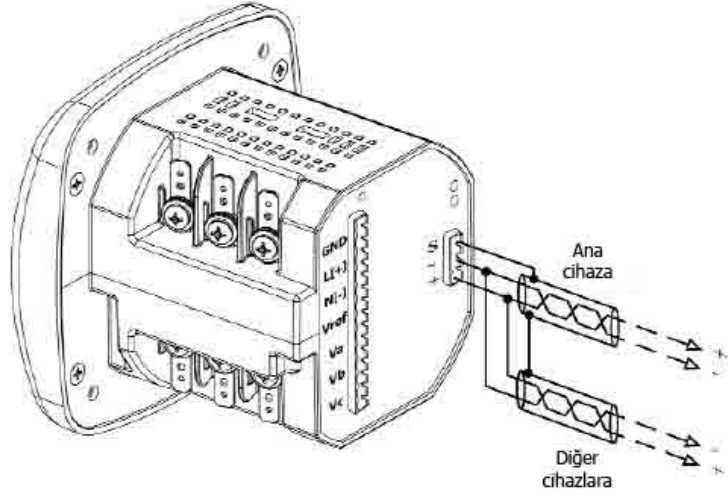
Çizelge 3.8'den görülebileceği gibi enerji analizörü pek çok bağlantı tipini desteklemektedir. Tasarımı gerçekleştirilen makinede bu bağlantı tiplerinden 3 akım trafolu 4 telli yıldız tipi bağlantı kullanılmıştır. Aşağıda Şekil 3.10'da analizörün bağlantı şeması verilmektedir. Görüldüğü gibi akım girişleri akım trafosu üzerinden bağlanırken gerilim girişleri doğrudan şebekeye bağlanmaktadır. Yardımcı besleme gerilimi olarak 220Vac kullanılmış ve L-N terminallerinden giriş yapılmıştır. Ayrıca cihazın topraklanması için yardımcı besleme kısmından koruma iletkeni çekilmiştir.



Şekil 3.10. Enerji analizörü elektrik bağlantı şeması (İnt. Kyn. 2)

Analizör üzerinde iki haberleşme terminali bulunmaktadır. Bunlardan ilki IrDA kızılötesi terminali Com 1'dir. İkincisi ise Modbus RTU, Modbus ASCII ve DNP3.0 olmak üzere üç haberleşme protokolünü destekleyen RS-485 terminali Com 2'dir. Gerçekleştirilen uygulamada RS-485 terminali ve haberleşme protokollerinden Modbus RTU kullanılmıştır. Aşağıda Şekil 3.11'de RS-485 terminali için verilen bağlantı

şeması görülmektedir. Görüldüğü gibi cihaz istenildiğinde birden fazla cihaz ile haberleşebilmektedir. Gerçekleştirilen uygulamada analizör sadece bilgisayarla haberleşmektedir. Ancak bilgisayar ile analizör arasına RS-485 ten RS-232 ye dönüştürücü birim kullanılmıştır.

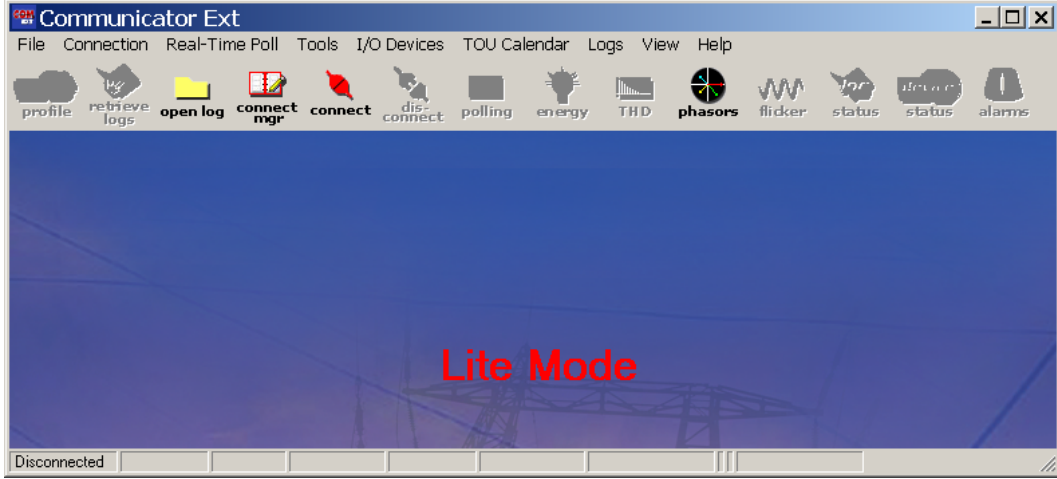


Şekil 3.11. Haberleşme kablo bağlantı şeması (İnt. Kyn. 2)

2. Analizörün yapılandırılması

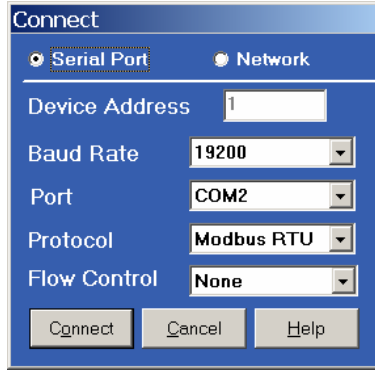
Analizörün yukarıda anlatılan elektrik ve haberleşme bağlantıları yapıldıktan sonra çalıştırabilmek için ilk ayarlarının yapılması gerekmektedir. Bunu gerçekleştirmek için iki yol bulunmaktadır. Ayarlar ya cihazın ön yüzündeki butonlar ve göstergeler yardımıyla ya da özel haberleşme yazılımı ile yapılabilmektedir.

Cihaz ilk açıldığında fabrika ayarları ile çalıştırılabilir. Ancak analizörün akım trafosu oranı, gerilim değerleri, haberleşme hızı, haberleşme protokolü tipi, bağlantı tipi, enerji skala ayarı gibi özelliklerin ayarlanması gerekmektedir. Gerçekleştirilen uygulamada analizörü yapılandırmada cihazla birlikte sınırlı sürüm olarak verilen “Communicator Ext 3.0” yazılımı kullanılmıştır. Aşağıda Şekil 3.12’de kullanılan yazılımın görünüşü verilmektedir.



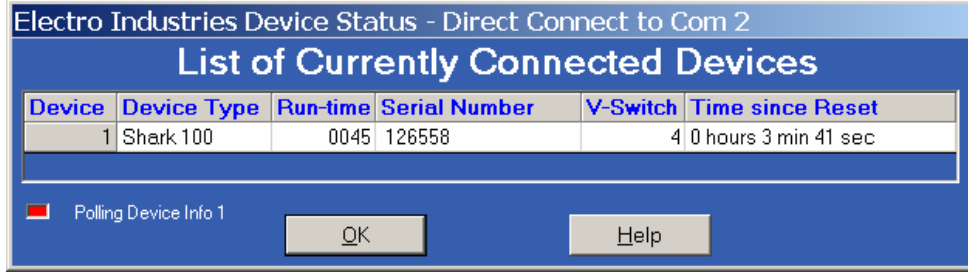
Şekil 3.12. Analizör haberleşme yazılımı

“Communicator Ext” yazılımı ile ilk ayar işlemini gerçekleştirmek için öncelikle analizöre yardımcı besleme gerilimi uygulanır. Ardından “Communicator Ext” yazılımı başlatılır ve yukarıda Şekil 3.12’de verilen pencere görüntülenir. Analizör ile haberleşmenin sağlanması için pencere üzerindeki “connect” butonuna tıklanır ve Şekil 3.13’de verilen pencere görüntülenir. Bu pencerede cihaz adresi, iletişim hızı, cihazın bilgisayarda bağlı olduğu terminalin numarası, haberleşme protokol tipi ve akış kontrolü seçimi için alanlar bulunmaktadır.



Şekil 3.13. Connect penceresi görünüşü

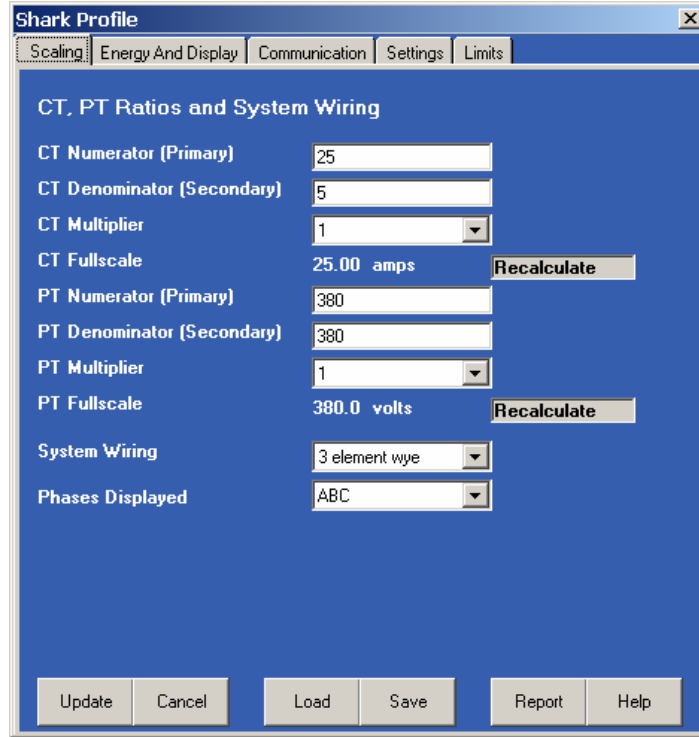
Connect penceresinde ayarlar seçildikten sonra “Connect” butonu tıklanarak bağlantı süreci başlatılır. Bu aşamadan sonra program bilgisayara bağlı olan cihaz veya cihazları tarayarak geçerli cihazların bir listesini verir. Şekil 3.14’de cihaz tipi seri numarası, son reset tarihi gibi bilgilerin bulunduğu listeyi içeren program penceresi verilmektedir.



Şekil 3.14. Geçerli cihazlar penceresi görünüşü

Geçerli cihaz bilgileri görüldükten sonra “OK” butonu tıklanır ve analizör ile bilgisayarın bağlantısı gerçekleştirilmiş olur. Bağlantının gerçekleşmesi Şekil 3.12’de verilen ana pencerenin sol alt köşesinde bağlantı öncesi “Disconnected” yazarken bağlantı sonrası iletişimin sürdüğünü göstermek üzere “Connected” ibaresi belirlemektedir. Bağlantının gerçekleştirilmesi aşamanın ardından enerji analizörünün yapılandırmasına geçilmektedir.

Enerji analizörü genel kullanımlar için tasarlandığından gerçekleştirilecek uygulamaya yönelik olarak yapılandırılması gerekmektedir. Örneğin akım trafolarının dönüştürme oranları her uygulamada farklılık göstermektedir. Bu gibi ayarları yapabilmek için ana pencere üzerindeki “profile” butonu tıklanarak ulaşılan “Shark Profile” penceresi kullanılmaktadır. Şekil 3.15’de görülen “Shark Profile” penceresi üzerinde görüleceği gibi “Scalling”, “Energy and Display”, “Communication Settings” ve “Limits” olmak üzere beş sekme bulunmaktadır.



Şekil 3.15. Cihaz profil ayarları penceresi

“Scaling” sekmesinin ile kullanılan akım ve gerilim trafosu değerleri ile bağlantı tipinin seçimini yapılmaktadır. “Energy and Display” sekmesi ile enerji ölçümlerinin yapılacağı basamak formatları ve birim seçimi ile analizörün ön yüzündeki göstergesinde görüntülenmesi istenen parametreler seçilmektedir. “Communication” sekmesi ile IrDA ve seri haberleşmeye ilişkin iletişim hızı, haberleşme protokolü gibi yapılandırma ayarları yapılmaktadır. “Settings” sekmesi ile analizörün parola ve güvenlik ayarları yapılmaktadır. Benzer şekilde “Limits” sekmesi ile seçilen gerilim, akım ve güç değerlerinin sınır değerleri ayarlanmaktadır.

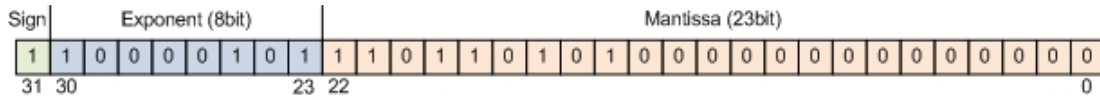
3. Ölçülen parametrelerin dönüştürülmesi

Analizörün ölçtüğü elektriksel parametreler “ASCII”, “SINT16/UINT16”, “SINT32/UINT32” ve “FLOAT” sayı formatlarındadır ve ham olarak kullanılacak durumda değildir. “SINT32/UINT32” 32bit uzunluğa sahip işaretli veya işaretsiz tamsayıdır. “FLOAT” ise 32bit IEEE Floating Point olarak bilinen sayıdır. Söz konusu

bu veriler üzerinde bazı matematiksel işlemler ve dönüşümlerin yapılması gerekmektedir.

Analizörden alınan güç ve akım değerleri “FLOAT” formatında iken enerji değeri “SINT32/UINT32” formatındadır. “SINT32/UINT32” 4byte uzunluğunda 32bit tamsayıdır ve onluk sayıya dönüştürülmesi bilinen taban aritmetiği yöntemleriyle yapılabilmektedir. Ancak “FLOAT” formatındaki sayının onluk sayıya dönüştürülmesi için özel bir algoritma gerekmektedir.

32bit IEEE Floating Point sayının yapısı aşağıda Şekil 3.16’da verilmektedir. Görüldüğü gibi sayı Sign, Exponent ve Mantissa olmak üzere üç kısımdan meydana gelmektedir. “Sign” bir Bitlik bir sayıdır ve onluk sayının negatif veya pozitif olmasını belirler. “Exponent” ise onluk sayının tam kısmını oluşturmaktadır. Son olarak “Mantissa” sayının virgülden sonraki küsurat kısmını meydana getirir.



Şekil 3.16. 32bit IEEE Floating Point sayı formatı

32bit IEEE Floating Point formatta verilen bir sayıyı onluk tabana çevirmek için 3.1 formülü kullanılmaktadır.

$$\text{Onluk Eşdeğer} = -1^{\text{Sign}} \cdot 2^{\text{Exponent}-127} \cdot 1.\text{Mantissa} \quad (3.1)$$

Verilen dönüştürme yöntemleri ile aktif ve reaktif güçler, hat akımları ve enerji tüketimi değerleri onluk sayı formatına dönüştürülmekte ve veri dosyasına kaydedilmektedir.

3.1.3.2.2. Kuvvet göstergeleri

Kuvvet göstergeleri kesilecek kayaca etkiyen kuvvetlerin ölçümünde kullanılmaktadır. Göstergeler ESİT firmasının PWI-P model ürünüdür. PWI-P göstergeleri hızlı, duyarlı,

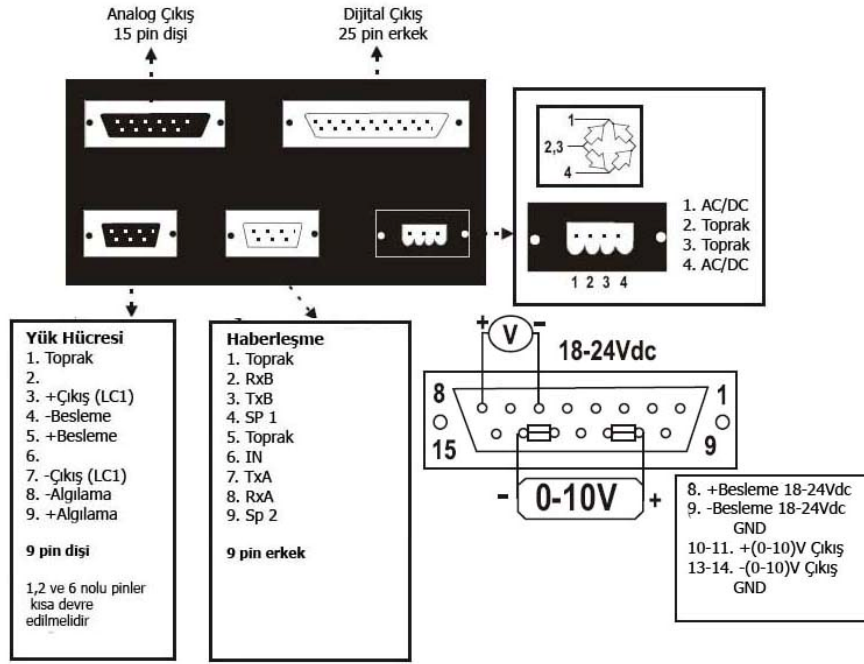
doğruluk sınıfı yüksek olan kuvvet ve basınç ölçme işlemlerinde kullanılmaktadır. Aşağıda Resim 3.10’da kullanılan kuvvet göstergesinin görünüşü verilmektedir.



Resim 3.10. Kuvvet göstergesi görünüşü (İnt. Kyn. 4)

Cihaz endüstriyel uygulamalarda ve standart ağırlık ölçme alanlarında kullanılmaya uygun tasarlanmıştır. Bilgisayarlı ve PLC’li uygulamalar için haberleşme imkânı sunmaktadır. Ayrıca ağırlık bilgisini otomasyon elemanlarına aktarabilmek için analog çıkışı bulunmaktadır. Gerçekleştirilen makinede söz konusu analog çıkışlardan faydalanılmıştır. Analog çıkış ölçülen kuvvetle orantılı olarak 0 ile $\pm 10Vdc$ arasında gerilim vermektedir.

Kuvvet göstergeleri çok hassas ölçümler yaptığından besleme, analog çıkış ve dinamometre bağlantılarının doğru şekilde yapılması gerekmektedir. Aşağıda Şekil 3.17’de kuvvet göstergelerinin bağlantı terminal tipleri ve pin ayrıntıları verilmektedir. Görüldüğü gibi cihazın üzerinde seri haberleşme, dijital çıkış ve analog çıkış gibi geniş kontrol imkânları sunan bağlantı terminaleri bulunmakla birlikte gerçekleştirilen uygulamada yukarıda da bahsedildiği gibi analog çıkışın kullanılması tercih edilmiştir.



Şekil 3.17. Kuvvet göstergesi bağlantı terminalleri (İnt. Kyn. 4)

Cihazın yardımcı besleme gerilimi için 12Vdc adaptör kullanılmaktadır. Adaptör bağlantıları besleme terminalinin 1 ve 4 nolu pinlerine bağlanmaktadır. Yük hücresi bağlantısı için 9 pin dişi terminal ve analog çıkış için 15 pin dişi terminal kullanılmıştır. Analog çıkışın 0±10Vdc arası gerilim verebilmesi için 18-24Vdc yardımcı besleme gerilimine ihtiyaç duyulmaktadır. Ayrıca analog çıkış ve yük hücresi bağlantılarında kullanılan tüm kablolar, üzerinde oluşabilecek elektriksel gürültüleri önleyebilmek için blendajlı tipte seçilmiştir.

3.1.3.2.3. Gürültü ölçer

Gürültü ölçer makinenin kesim sırasında meydana getirdiği gürültüyü ölçmek için kullanılmaktadır. Gürültü ölçer el tipi taşınabilir bir ölçü aleti olup üzerinde gürültü seviyesini gösteren bir ekranı bulunmaktadır. Ayrıca cihaz üzerinde gürültü seviyesi ile orantılı 0 ila ±3Vdc gerilim verebilen analog çıkış bulunmaktadır. Aşağıda Resim 3.11’de gürültü ölçerin görüntüsü verilmektedir.



Resim 3.11. Gürültü ölçer görünüşü

3.1.3.2.4. Kombi voltmetre

Makine üzerinde Entes firmasının EVM-3S model kombi voltmetresi kullanılmıştır. Kombi voltmetre elektrik panosu besleme gerilimlerini ölçüp gözleyebilmek için kullanılmaktadır. Voltmetre elektrik panosunun kapağında üst kısma yerleştirilmiştir. Aşağıda Resim 3.12’de kombi voltmetrenin görünüşü verilmektedir.



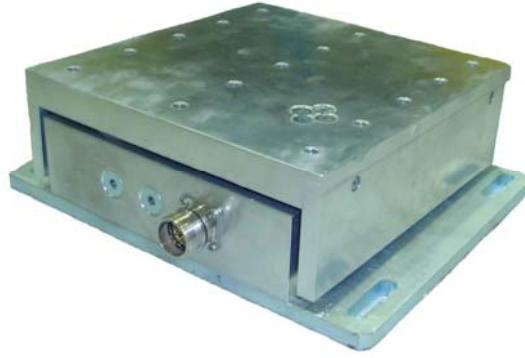
Resim 3.12. Kombi voltmetre görünüşü (İnt. Kyn. 6)

Voltmetre üç faz ve bir nötr hattı ile şebekeye bağlanmaktadır. Ayrıca voltmetrenin çalışmasını sağlamak üzere 220Vac yardımcı besleme gerilimi kullanılmıştır. Kombi voltmetre sayesinde şebeke geriliminin faz-faz ve faz-nötr gerilimleri ile bu gerilimlerin maksimum ve minimum değerleri kolayca ölçülebilmektedir. Bu değerler voltmetre üzerinde bulunan seçici buton ile sırasıyla gözlenebilmektedir.

3.1.3.3. Algılayıcılar

3.1.3.3.1. Kuvvetölçer

Makinenin kesme işlemi sırasında kayaca etkiyen kuvvetlerin ölçümü kuvvetölçer ile gerçekleştirilmektedir. Kuvvetölçer ESİT firmasına özel olarak yaptırılmış olup üç boyutlu kuvvet ölçümü yapmak için üzerinde üç yük hücresi bulunmaktadır. Aşağıda Resim 3.13’de özel tasarım kuvvetölçerin görüntüsü verilmektedir.



Resim 3.13. Kuvvetölçer görünüşü

Görüldüğü gibi kuvvetölçer üzerinde yük hücresi kabloların bağlandığı özel bir soket bulunmaktadır. Bu soketten üç adet bilendajlı kablo ile çıkış yapılmaktadır. Yük hücrelerinin ürettiği elektrik sinyali doğrudan endüstriyel kart tarafından ölçülebilecek seviyede olmadığından yükseltme, filtreleme ve doğrusallaştırma gibi sinyal koşullandırma işlemlerinin yapılması gerekmektedir. Bu işlemleri yerine getirmek için yukarıda “3.1.3.2. Özel Ölçü Aletleri” kısmında verilen kuvvet göstergeleri kullanılmaktadır.

3.1.3.3.2. Titreşim algılayıcı

Titreşim algılayıcı kesici testerenin dönme eksenine dik oluşan titreşimlerini ölçmek üzere kullanılmaktadır. Titreşim algılayıcı MONITRAN firmasının MTN/1185CM8-50 model ürünüdür. Aşağıda Resim 3.14’de kullanılan titreşim algılayıcısı görülmektedir.



Resim 3.14. Titreşim algılayıcı görünüşü

Algılayıcı oluşan titreşimin frekansı ve genliği ile orantılı 4 ila 20mA akım çıkışı vermektedir. Bu çıkışı 1 ila $\pm 5V$ arası gerilime dönüştürebilmek üzere 250Ω direnç kullanılmıştır. Kullanılan titreşim algılayıcının teknik özellikleri aşağıda Çizelge 3.9’da verilmektedir.

Çizelge 3.9. Titreşim algılayıcı teknik özellikleri

Çıkış akımı	mm/sn cinsinden (titreşim hızına oranlı) 4-20mA DC
Okuma aralığı	0-50mm/sn RMS
Frekans aralığı	2Hz-1kHz ($\pm 10\%$)
Dinamik bölge	50g tepe
Monte rezonansı	5kHz
Besleme aralığı	12-32V DC

3.1.3.3.3. Metal algılayıcı

Metal algılayıcı (Endüktif yaklaşım anahtarı) metal cisimlerin algılanmasında kullanılmaktadır. Kullanılan metal algılayıcılar dijital çıkışa sahiptir ve metal yüzeye yeterli mesafede yaklaştığında konum değiştirmektedir. Makine üzerinde çıkık kafalı

olarak bilinen tipte metal algılayıcıları kullanılmıştır. Aşağıda Resim 3.15’de makine üzerinde kullanılan algılayıcının görüntüsü verilmektedir.



Resim 3.15. Endüktif yaklaşım algılayıcı

Metal algılayıcılar elektronik devrelerden oluşmakta ve çalışabilmeleri için yardımcı besleme gerilimine ihtiyaç duymaktadır. Ayrıca düzenli ve uzun ömürlü çalışmalarını sağlayabilmek için algılayıcı sayısı göz önüne alınarak yeterli akım seviyesine sahip regüleli DC güç kaynakları tercih edilmesi gerekmektedir. Bu amaçla tasarımı gerçekleştirilen makinede 12Vdc ve 2A değerlerine sahip regüleli güç kaynağı kullanılmıştır.

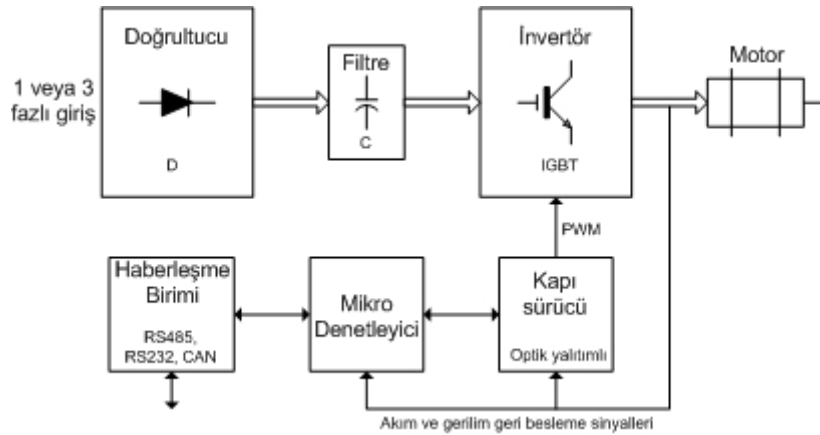
Algılayıcıların sağlıklı şekilde işletilmesinde dikkat edilmesi gereken diğer hususlar; algılayıcı kablolarının güç kablolarının uzağından geçirilmesi, metal yüzeylerinin topraklanması, inverter ve soft starter gibi yüksek frekansla çalışan cihazların yakınına monte edildiklerinde kablolarının topraklı yüzeylerden geçirilmesi şeklinde sıralanabilmektedir.

3.1.3.4. Kumanda elemanları

3.1.3.4.1. İnvvertörler

Asenkron motorlarda hız ayarı yapmak için birkaç farklı yöntem bulunmaktadır. Bu yöntemler sırasıyla; stator geriliminin genliği değiştirmek, bilezikli (rotoru sargılı) asenkron motorlarda rotor devresi direncini değiştirmek ve stator gerilimin frekansını değiştirilmiştir. Birinci ve ikinci yöntem hız ayarı için kullanılmakla birlikte elde edilen hız ayarı çok geniş aralıklarda olmadığından fazla tercih edilmemektedir. Üçüncü yöntem ise geniş bir aralıkta hız ayarı yapılabildiği için yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Stator geriliminin frekansı invertör denilen hız kontrol cihazları ile gerçekleştirilmektedir.

İnvvertörler sayesinde asenkron motorların hız ayarı istenilen aralıkta yapılabilmektedir. İnvvertörler, prensip olarak öncelikle AC gerilimi doğrultup DC gerilime çevirmekte sonra elde edilen DC gerilimden motoru beslemek için istenilen frekans ve genlikte AC bir gerilim elde edilmektedir. İnvvertörün çalışma prensibi Şekil 3.18’de verilen blok şemada özet olarak görülmektedir. Görüldüğü gibi öncelikle bir veya üç fazlı besleme gerilimi doğrultucu devresi ile DC gerilime dönüştürülmektedir. Doğru gerilim filtre kondansatörleri tarafından süzülükten sonra invertör devresi tarafından genliği ve frekansı ayarlanabilir bir AC gerilime dönüştürülmektedir.



Şekil 3.18. İnvvertör blok şeması

İnvertör bloğu genellikle IGBT'ler (Insulated Gate Bipolar Transistor, Kapısı yalıtılmış bipolar transistör) ile oluşturulmaktadır. Küçük güçlü hız kontrol cihazlarında IGBT'ler bloklar halinde olmakta ve doğrultucu devresi de blok içersine yerleştirilmektedir. IGBT'ler kapı sürücü devresi tarafından sürülmektedir. Kapı sürücü devresi mikro denetleyici tarafından kontrol edilmekte, aynı zamanda mikro denetleyici ile IGBT'ler arasındaki elektriksel izolasyonu da sağlamaktadır.

Blok şemada görüldüğü gibi invertör çıkışından kapı sürücü devresine ve mikro denetleyiciye akım ve gerilim geri besleme sinyalleri gelmektedir. Bu sayede invertörün kapalı çevrim kontrolü yapılmaktadır. Ayrıca hız kontrol cihazının uzaktan kontrolünü sağlamak için haberleşme bloğu bulunmaktadır. Böylelikle cihazın, diğer invertör, bilgisayar, SCADA veya PLC (Programmable Logic Controller) gibi otomasyon birimleri ile haberleşmesi mümkün kılınmaktadır.

Asenkron motorlarda devir sayısı frekans ile doğru orantılı olarak değişmektedir. Aşağıda denklem 3.2'de verilen senkron devir formülü ile bunu görmek mümkündür. Rotor devri, senkron devrini küçük bir kayma ile takip etmektedir.

$$n_s = \frac{f_1 \cdot 60}{p} \quad (3.2)$$

Frekansın değişimi ile devir sayısı değişimi geniş bir aralıkta yapılabilmektedir. Ancak yukarıda bahsedildiği gibi hız kontrol cihazlarında invertör çıkış geriliminin frekansı ile birlikte genliği de değiştirilmektedir. Asenkron motorlarda döndürme momentinin matematiksel ifadesi 3.3 formülü ile verilmektedir.

$$M = \frac{m_1 \cdot p}{2\pi \cdot f_1} \cdot \frac{r_2'}{s} \cdot \frac{V_1^2}{(r_1 + \frac{r_2'}{s})^2 + x_k^2} \quad (3.3)$$

Moment formülde görüldüğü gibi V_1 çarpan durumunda iken f_1 bölen durumundadır. Momentin sabit kalabilmesi için V_1/f_1 oranının sabit kalması gerekmektedir. Eğer gerilim sabit tutulup sadece frekans değiştirilerek hız ayarı yapılacak olursa frekansın

düşük değerleri için moment çok yükselip devrilme sınırına gelebilir. Devrilme momenti sınırının aşılması ise asenkron motorun kararsız bölgede çalışmasına neden olacağından motor ve mekanik konstrüksiyon üzerinde kalıcı hasarlara sebep olabilir. Bu zorunluluktan dolayı bütün hız kontrol cihazlarında V/f denetimi bulunmaktadır. Ayrıca asenkron motorlarda moment ve hız kontrolü için algılayıcısız alan yönlendirme ve vektör kontrolü gibi teknikler kullanılmaktadır (Murata vd. 1990, Kazmierkowski ve Kasprowicz 1995, Schofield 1998, Kalilah 2004).

İnvertörler mikro denetleyicili kontrolörleri sayesinde asenkron motorların denetiminde hız kontrolünün yanında çok geniş kontrol imkânlar sunmaktadır. İnvertörler sayesinde; devir yönü değiştirme, hızlanma ve yavaşlama zamanlarının ayarı, elektriksel frenleme ve frenleme zamanının ayarı, dijital girişleri üzerinden farklı hız kademelerinde dönme komutlarının verilmesi, analog girişi üzerinden aralıksız hız ayarının yapılması, motorun gerçek hız değerinin ölçülüp geri besleme olarak girilebildiği analog girişi sayesinde kapalı çevrim PID denetime imkân vermesi, arıza durumlarında ikaz sinyalleri vermesi, uzaktan kontrolü için gerekli haberleşme protokolleri gibi daha birçok fonksiyon gerçekleştirilebilmektedir.

Yukarıda bahsedilen fonksiyonlar invertörün kullanım kılavuzunda anlatılan parametrelerin isteğe göre yapılandırılması ile etkin kılınmakta veya devre dışı bırakılmaktadır. Aşağıda tasarımı gerçekleştirilen makinede kullanılan iki invertörün özellikleri tanıtılmaktadır.

1 Testere invertörü

Testere motoru için 7.5kW gücünde VERİKON marka invertör kullanılması uygun görülmüştür. Aşağıda Resim 3.16'de kullanılan invertör görülmektedir. İnvertörün analog girişi hız ayarı yapacak şekilde yapılandırılmıştır. Testere motoru tek yönde döneceğinden invertörün dijital girişlerinden sadece bir tanesi start için kullanılmaktadır. Testere invertörü için kullanılan bağlantı şeması Ek 1 bölümünde Şekil 2'de verilmektedir.



Resim 3.16. Testere invertörü görünüşü

2. Vagon invertörü

Vagon motoru için 0.75kW gücünde SIEMENS marka invertör kullanılması uygun görülmüştür. Aşağıda Resim 3.17’de kullanılan invertör görülmektedir. İntvertörün analog girişi aynı testere invertöründe olduğu gibi hız ayarı yapacak şekilde yapılandırılmıştır. Vagon ileri ve geri hareket ettiğinden invertörün iki dijital girişi ileri ve geri çalıştırma için kullanılmaktadır. Vagon invertörü için kullanılan bağlantı şeması Ek 1 bölümünde Şekil 1’de verilmektedir.



Resim 3.17. Vagon invertörü görünüşü

3.1.3.4.2. Özel kontrol röleleri

1. Faz dengesizliği rölesi

Faz dengesizliği rölesi makinenin besleme geriliminin denetimini yapmak için kullanılmaktadır. röle üç faz ve nötr ile beslenmektedir. Rölenin ortak uçlu olmak üzere normalde kapalı ve normalde açık iki kontağı bulmaktadır. Rölenin çalışma prensibi fazlar arasındaki farkın ölçümüne dayanmaktadır. Eğer fazlar arasındaki dengesizlik %10'un üstünde ise röle devreye girerek yardımcı kontaklarının durumu değiştirmektedir.

2. Faz sırası rölesi

Faz sırası rölesi makinenin besleme geriliminin uygun sırada olup olmadığının denetiminde kullanılmaktadır. Faz sırası rölesi de aynı faz dengesizliği rölesi gibi üç faz ve nötr ile beslenmekte ve ortak uçlu olmak üzere normalde kapalı ve normalde açık iki kontağı bulmaktadır. Röle 120 derece açı ile birbirini takip eden fazların bu farklarını denetleme prensibine göre çalışmaktadır. Faz sıralarının değiştirilmesi durumunda faz farkları da değişeceğinden röle devreye girerek yardımcı kontaklarının durumunu değiştirmektedir.

3.2. Metot

3.2.1. Kesme parametreleri

Kesme işleminde birbirleri ile etkileşimde bulunan birçok parametre bulunmaktadır. Bunlar kesici testerenin özellikleri, kesilecek kayacın fiziko-mekanik yapısı ve özellikleri, ilerleme hızı, testere dönüş hızı, kesme derinliği ve kesme işleminde kullanılan su miktarı gibi sıralanabilmektedir.

Bu parametrelerin değişimi ile mermer kesiminde tüketilen enerji de değişiklik göstermektedir. Ancak bunların tamamının etkileşimini incelemek yüzlerce kesme deneyinin gerçekleştirilmesini beraberinde getirmektedir. Bu ise önemli bir bütçeye tekabül etmektedir.

Bunun yerine daha önce gerçekleştirilen çalışmalarda (Büyüksağış 1998, Ersoy and Atıcı 2004) edinilen deneyimler göz önüne alınarak etkileşimleri incelenecek parametrelerde kısıtlamaya gidilmesi uygun görülmüştür. Böylelikle yapılacak deney sayısı makul bir seviyeye indirilebilmiştir.

Buna göre gerçekleştirilecek kesme deneylerinde Bilecik Bej mermeri ve Denizli traverteni numunelerinin kullanılmasına karar verilmiştir. Ayrıca makine parametrelerinden Kesme Derinliği (H_K) sabit tutulup İlerleme Hızı (V_K) ve Testere Dönüş Hızı (V_d) değerlerinin değiştirilmesi uygun görülmüştür.

3.2.2. Kesme parametrelerin varyasyon deneyleri

Kesme parametrelerinin etkileşimleri varyasyon deneyleri ile tespit edilebilmektedir. Gerçekleştirilen çalışmada Kesme derinliği (H_K), İlerleme Hızı (V_K) ve Testere Dönüş

Hızı (V_d) parametrelerinin aşağıda verilen aralıklarında, Bilecik Bej mermeri ve Denizli traverteni numuneleri üzerinde toplam 40 adet deney gerçekleştirilmiştir.

Kesme Derinliği (H_K) : 50mm

İlerleme Hızı (V_K) : 0.3, 0.4, 0.5, 0.6 ve 0.7m/dk

Testere Dönüş Hızı (V_d) : 1432, 1910, 2387 ve 2864d/dk

Görüldüğü gibi makine parametrelerinden Kesme Derinliği (H_K) 50mm değerinde sabit tutulmaktadır. Kesme hızı (V_K) 0.3-0.7m/dk aralığında 5 değer almaktadır. Testere Dönüş Hızı (V_d) ise 1432-2864d/dk aralığında 4 değer almaktadır.

Mermercilik üzerine yapılan akademik çalışmalarda Testere Dönüş Hızı yerine testerenin Çevresel Hızı [V_c] kullanılmakta ve birimi [m/sn] belirlenmektedir. Ancak elektrik mühendisliği açısından testerenin çevresel hızı değil dakikada yaptığı devir sayısı önem arz etmektedir. Bu nedenle kesme deneylerinin literatür ile uyumlu olması açısından testere Çevresel hız değerinin 30, 40, 50 ve 60m/sn değerlerine karşılık gelen 1432, 1910, 2387 ve 2864d/dk değerlerindeki Testere dönüş hızları kullanılmıştır.

Kesme derinliği, İlerleme hızı ve Testere dönüş hızı için seçilen parametrelere karşılık yapılacak deney sayısı 20 adet olmaktadır. Ancak iki tip kayaç için deneyler tekrar edildiğinde toplam deney sayısı 40 adede çıkmaktadır. Varyasyon deneyleri aşağıda Çizelge 3.10'da verilen sıraya göre gerçekleştirilmiştir.

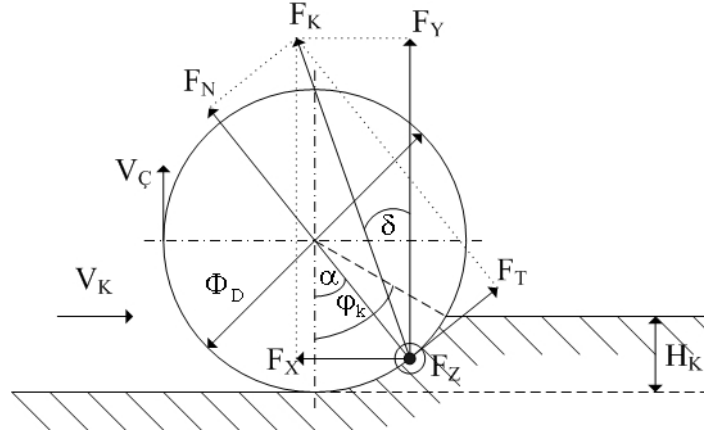
Çizelge 3.10. Kesme deneyleri için varyasyon sırası

Deney no	Kesme Derinliği [mm]	Testere Dönüş Hızı [d/dk]	İlerleme Hızı [m/dk]
1	50	1432	0.3
2	50	1432	0.4
3	50	1432	0.5
4	50	1432	0.6
5	50	1432	0.7
6	50	1910	0.3
7	50	1910	0.4
8	50	1910	0.5
9	50	1910	0.6
10	50	1910	0.7
11	50	2387	0.3
12	50	2387	0.4
13	50	2387	0.5
14	50	2387	0.6
15	50	2387	0.7
16	50	2864	0.3
17	50	2864	0.4
18	50	2864	0.5
19	50	2864	0.6
20	50	2864	0.7

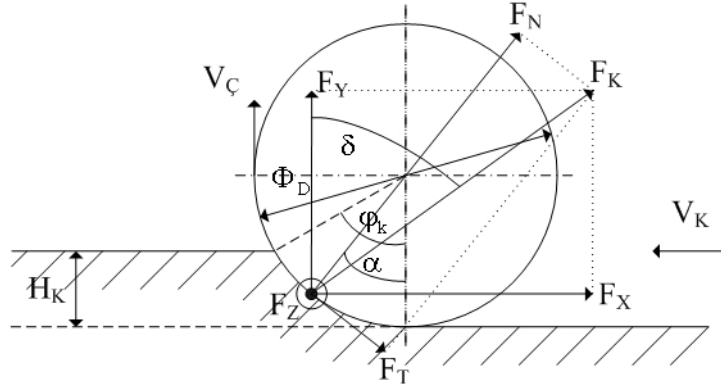
Çizelge 3.10’da sıralaması verilen varyasyon deneyleri Bilecik Bej mermeri ve Denizli traverteni kayalar için tekrarlanmıştır. Varyasyon deneylerinde söz konusu kayaların kesiminde iki farklı testere kullanılmıştır. Seçilen kayaç numunelerinin farklı fiziko-kimyasal özellikte olması dolayısıyla aynı tipte testere ile kesilmeye uygun olmaması her kayaç için özel testere kullanımını zorunlu kılmıştır.

3.2.3. Kesme kinematiği

Literatürde Aynı yönlü kesme (Down-Cutting) ve Ters yönlü kesme (Up-Cutting) olmak üzere iki farklı kesme şekli bulunmakta ve özgül kesme enerjisi hesaplamaları kesme şekline göre farklılık göstermektedir (Büyüksağış 1998). Aşağıda aynı yönlü ve ters yönlü kesme işlemleri kinematiğinin ait şekiller verilmektedir (Şekil 3.19 ve 3.20).



Şekil 3.19. Aynı yönlü kesme işlemi kinematığı (Büyüksağış 1998)



Şekil 3.20. Zıt yönlü kesme işlemi kinematığı (Büyüksağış 1998)

Aynı yönlü kesme durumunda Normal kuvvet F_N ve Teğetsel kuvvet F_T hesaplanırken 3.6 ve 3.8 formüllerinden yararlanılmaktadır.

$$\cos \delta = \frac{F_Y}{F_K}, \sin \delta = \frac{F_X}{F_K} \quad (3.4)$$

$$F_N = F_K \cdot \cos(\alpha - \delta) \quad (3.5)$$

$$F_N = F_Y \cdot \cos \alpha + F_X \cdot \sin \alpha \quad (3.6)$$

$$F_T = F_K \cdot \sin(\alpha - \delta) \quad (3.7)$$

$$F_T = F_Y \cdot \sin \alpha - F_X \cdot \cos \alpha \quad (3.8)$$

Benzer şekilde zıt yönlü kesme durumunda Normal kuvvet F_N ve Teğetsel kuvvet F_T hesaplanırken de 3.9 ve 3.10 formüllerinden yararlanılmaktadır.

$$F_N = F_Y \cdot \sin \alpha + F_X \cdot \cos \alpha \quad (3.9)$$

$$F_T = F_Y \cdot \cos \alpha - F_X \cdot \sin \alpha \quad (3.10)$$

Normal ve Teğetsel kuvvetler belli olduğunda Kesme kuvveti (F_K) 3.11 trigonometrik bağıntısı ile hesaplanabilmektedir.

$$F_K = \sqrt{F_N^2 + F_T^2} \quad (3.11)$$

Testerinin kayacı kavrama açısı ve normal kuvvetin etki açısı denklem 3.12 ve 3.13 yardımıyla hesaplanabilir.

$$\varphi_k = \cos^{-1} \left(1 - \frac{2 \cdot H_K}{\Phi_D} \right) \quad (3.12)$$

$$\alpha = w \cdot \varphi_k \quad (3.13)$$

Aşındırma açısına ait w faktörü Büyüksağış (1998) tarafından 0.7 alınmıştır. Motor gücü P_C denklem 3.14 ile belirlenebilmektedir.

$$P_C = F_T \cdot V_C \quad (3.14)$$

Motor gücünün belirlenmesinin ardından birim zamanda kesilen hacim başına harcanan enerji miktarı olan Özgül kesme enerjisi (SE_m) 3.15 denklemi ile hesaplanabilmektedir.

$$SE_m = \frac{P_C}{Q_W} = \frac{F_T \cdot V_C}{H_K \cdot G_S \cdot V_K} \quad (3.15)$$

Denklem 3.14 de G_S : Elmas soket genişliğidir.

Spesifik enerji hesaplamalarında kullanılan diğer iki önemli parametre kesme kuvvetleri oranı (μ) ve kesme hızları oranı (q) olarak denklem 3.16 ve 3.17’de verilmektedir.

$$\mu = \frac{F_T}{F_N} \quad (3.16)$$

$$q = \frac{V_K}{V_C} \quad (3.17)$$

Yukarıda 3.4 den 3.17’ye verilen formüller yardımıyla hesaplanan F_N , F_T , F_K , P_C , μ , q , ve SE_m değerleri deney verileri dosyasına kaydedilmektedir.

3.2.4. Ara yüz yazılımının kullanımı ve verilerin işlenmesi

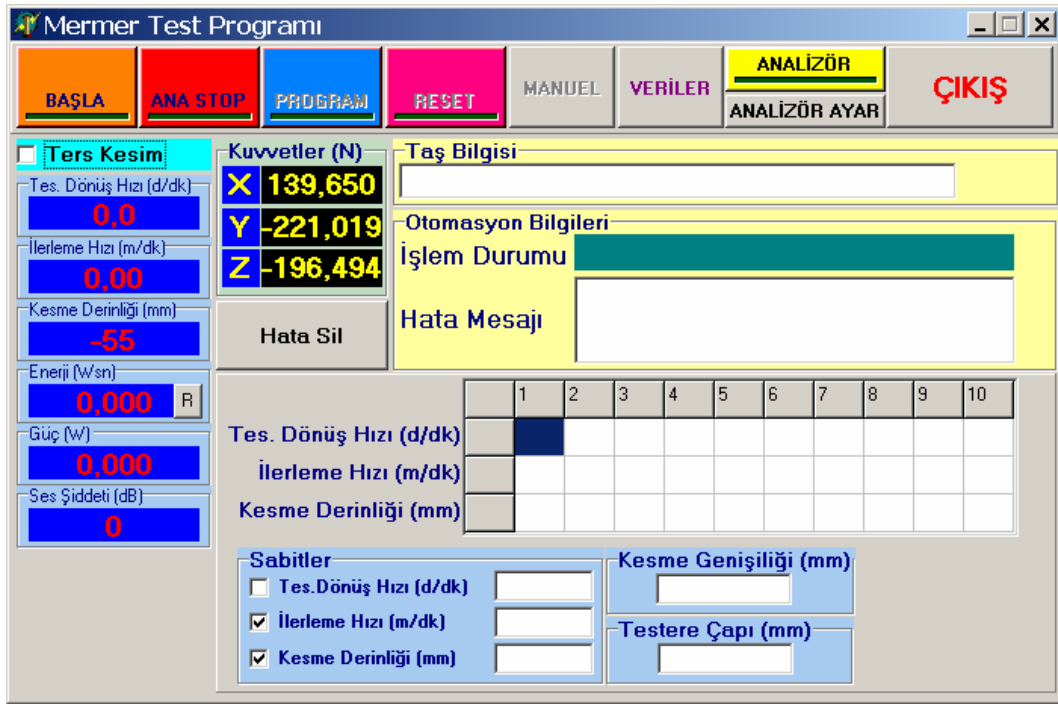
Ara yüz yazılımının doğru şekilde kullanımı oldukça önemli bir konudur çünkü gerçekleştirilen deneylerin güvenilirliği ve makinenin güvenli işletilmesi buna bağlıdır. Yazılım ile makinenin tüm hareketleri kontrol edilebilmekte ve tüm veriler toplanabilmektedir. Verilerin işlenmesinde ara yüz yazılımından yararlanılmaktadır. Toplanan verilerden hareketle analizi yapılacak büyüklükler “3.2.4.2. Verilerinin işlenmesi” kısmında iki ayrı başlık altında verilen formüller yardımıyla hesaplanarak veri dosyasına kaydedilmektedir.

3.2.4.1. Ara yüz yazılımının kullanımı

Ara yüz yazılımı “3.1.2.4. Ara yüz yazılımının tasarlanması” başlığı altında bahsedildiği gibi bir ana program ve üç alt pencere olmak üzere dört pencereden oluşmaktadır. Ana pencere üzerinde bulunan göstergeler, butonlar, parametre giriş alanları, hata bildirim alanı gibi bileşenler ile kullanıcının deneyleri rahat bir şekilde gerçekleştirebilmesi sağlanmaktadır. Aşağıda ayrı başlıklar altında ara yüz yazılımı ve makinenin kullanımı anlatılmaktadır.

3.2.4.1.1. Programın başlatılması

Makine ile çalışmaya başlayabilmek için öncelikle elektrik şalterinin 1 konumuna alınıp bilgisayarın başlatılması gerekmektedir. Ardından ara yüz yazılımı başlatılmalı ve Şekil 3.21’de verilen pencere görüntülenmelidir. Pencere üzerindeki “BAŞLA” butonu programın aktif konuma geçmesini sağlamaktadır. Ancak “BAŞLA” butonuna tıklanmadan önce elektrik panosundan manuel start işleminin yapılması gerekmektedir. Pano startı yapıp ana pencereden “BAŞLA” butonu tıkladığında makinenin tüm kontrolü ara yüz yazılımına geçmektedir.

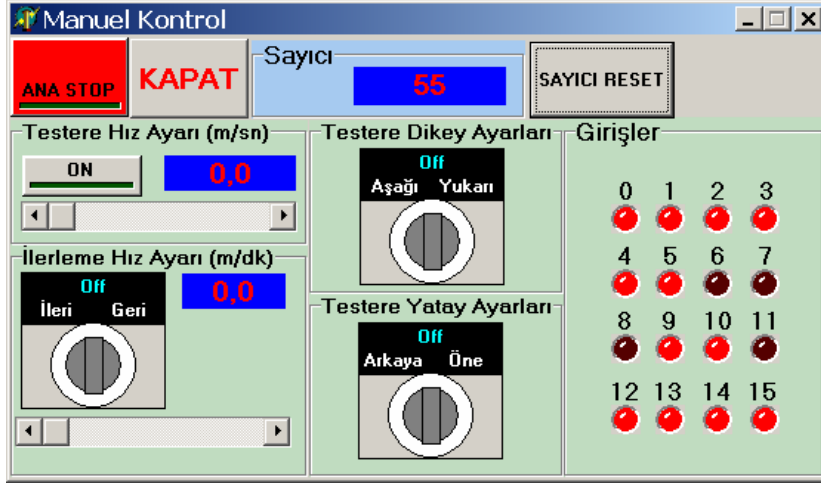


Şekil 3.21. Ara yüz yazılımı ana pencere görüntüsü

3.2.4.1.2. Manuel kontrol

Deneye başlamadan önce kesilecek numunenin yerleştirilmesi ve ön ayarların yapılması için makinenin manuel çalıştırılması gerekebilmektedir. Bu amaçla ara yüz yazılımına manuel kontrol penceresi ilave edilmiştir. Bu pencereye ana pencere üzerindeki

“MANUEL” butonuna tıklanarak erişilmektedir. Aşağıda Şekil 3.22’de manuel penceresi görülmektedir.



Şekil 3.22. Manuel kontrol penceresi görünümü

Makinenin manuel çalıştırılmasında tüm kontrol kullanıcıya aittir. Kullanıcı vagon ilerleme hızını ve yönünü, testerenin çevresel hızını ve testerenin düşey ve yatay pozisyonunu istediği gibi ayarlayabilmektedir. Bu ayarlamalar sırasında testere çevresel hızı, vagon ilerleme hızı ve testerenin düşey veya yatay pozisyonu değerleri gözlenebilmektedir. Ancak testere pozisyonu sadece testerenin öne ve aşağı hareket etmesi durumunda ölçülmektedir.

3.2.4.1.3. Reset işlemi

Deney numunesi yerleştirildikten sonra testerenin ve vagonun kesme süreci başlangıç pozisyonuna konumlanması gerekmektedir. Ara yüz yazılımında bu işlemi otomatik olarak gerçekleştirebilmek üzere “RESET” butonu bulunmaktadır. Buton tıklandığında testere öncelikle yukarı son pozisyonuna ardından da arka son pozisyonuna konumlandırılır. Testere başlangıç pozisyonuna konumlandıktan sonra vagon 4m/dk hızla geriye son pozisyonuna konumlandırılır. Reset prosedürünün tamamında testere stop durumundadır.

Ara yüz yazılımı makinenin Up-Cutting veya Down-Cutting (“3.2.3. Kesme kinematiği” kısmında bahsedilen) çalışma durumlarında kesim yapabilmesi için tasarımılandırılmıştır. Eğer ana pencere üzerindeki “Ters Kesim” onay kutusu seçilmişse Up-Cutting geçerli olmakta ve makinenin başlangıç pozisyonuna konumlanma prosedürü de değişmektedir. Bu durumda “RESET” butonu tıklanırsa testere yine öncelikle yukarı son ardından da arka son pozisyonuna konumlandırılacaktır. Ancak vagon bu kez geriye değil ileri son pozisyonuna konumlandırılacaktır.

3.2.4.1.4. Kesme parametreleri girişi

Reset işleminin yapılmasından sonra ara yüz yazılımına gerçekleştirilecek deneyle ilgili Testere Dönüş Hızı (V_d), İlerleme Hızı (V_K), Kesme Derinliği (H_K), Testere çapı, Kesme genişliği (dilim kalınlığı), kesilecek kayaca ait bilgiler, değişken ve sabit alınacak parametreler gibi verilerin girilmesi gerekmektedir. Ara yüz yazılımında bu verilerin girileceği alanlar ve onay kutuları bulunmaktadır.

Makine ile otomatik olarak peş peşe on kesme deneyi gerçekleştirilebilmektedir. Bu nedenle ana pencere üzerinde testere dönüş hızı, ilerleme hızı ve kesme derinliği parametrelerinin her birine ait on farklı değer girilebileceği bir çizelge bulunmaktadır. Deneye başlamadan önce bu parametrelerden değişken olanına ait değerlerin girilmesi gerekmektedir. Ancak sonraki deneylerde diğer parametrelerin değişken alınabileceği düşünülürse çizelgenin tamamının doldurulması deneylerin gerçekleştirilmesinde pratiklik kazandıracaktır.

Çizelge doldurulduktan sonra “Sabitler” kısmında verilen alanların doldurulması gerekmektedir. Bu kısımda testere dönüş hızı, ilerleme hızı ve kesme derinliği parametrelerinin sabit değerlerinin girilebileceği alanlar bulunmaktadır. Bu alanlar doldurulduktan sonra hangi iki parametrenin sabit seçileceği parametrenin hizasındaki onay kutusu seçilerek belirlenmektedir.

Ayrıca kullanılan testerenin çapı için veri giriş alanı bulunmaktadır. Bu alana testerenin [mm] cinsinden çapı girilmelidir. Önemli veri girişinden birisi de kesme genişliği veya bir başka ifadeyle dilim kalınlığıdır. Dilim kalınlığı testerenin yatay eksendeki kesme konumları arasındaki uzaklığa karşılık gelmektedir. Dilim kalınlığı değeri testerenin kalınlığı ve numunenin genişliği göz önüne alınarak belirlenip giriş yapılmalıdır.

3.2.4.1.5. Analizör ayarlarının yapılması ve başlatılması

Testere motoru enerji tüketimi ve elektriksel parametrelerinin ölçülmesinde kullanılan enerji analizörü “3.1.3.2.1. Enerji analizörü” başlığı altında belirtildiği üzere bilgisayarın RS-232 seri terminalinden haberleşmektedir. Dolayısıyla haberleşmesinin sağlanabilmesi için ara yüz yazılımının yapılandırılıp analizörün başlatılması gerekmektedir. Ayarların yapılandırılması için ana pencere üzerindeki “Analizör Ayar ” butonu tıklanıp Şekil 3.23’de verilen pencere görüntülenmelidir.



Şekil 3.23. Analizör ayar penceresi

Görüldüğü gibi pencere üzerinde terminal numarasının (COM1, COM2, ...) seçildiği ve veri kontrolü seçeneğinin yapıldığı iki giriş alanı bulunmaktadır. Ayrıca ayarların yapılmasının ardından haberleşmeyi başlatmak için “Bağlan” butonu ve bağlantının olup olmadığını gösteren bir gösterge bulunmaktadır.

Analizör ayarları bir kez yapıldıktan sonra bağlantı terminali değiştirilmediği sürece tekrar yapılandırılması gerekmemektedir. Bu nedenle analizör başlatılırken ana pencere üzerindeki “ANALİZÖR” butonu kullanılmaktadır. Analizör ile iletişim kurulduğunda buton üzerindeki ışık barı yeşil renge dönüşmektedir.

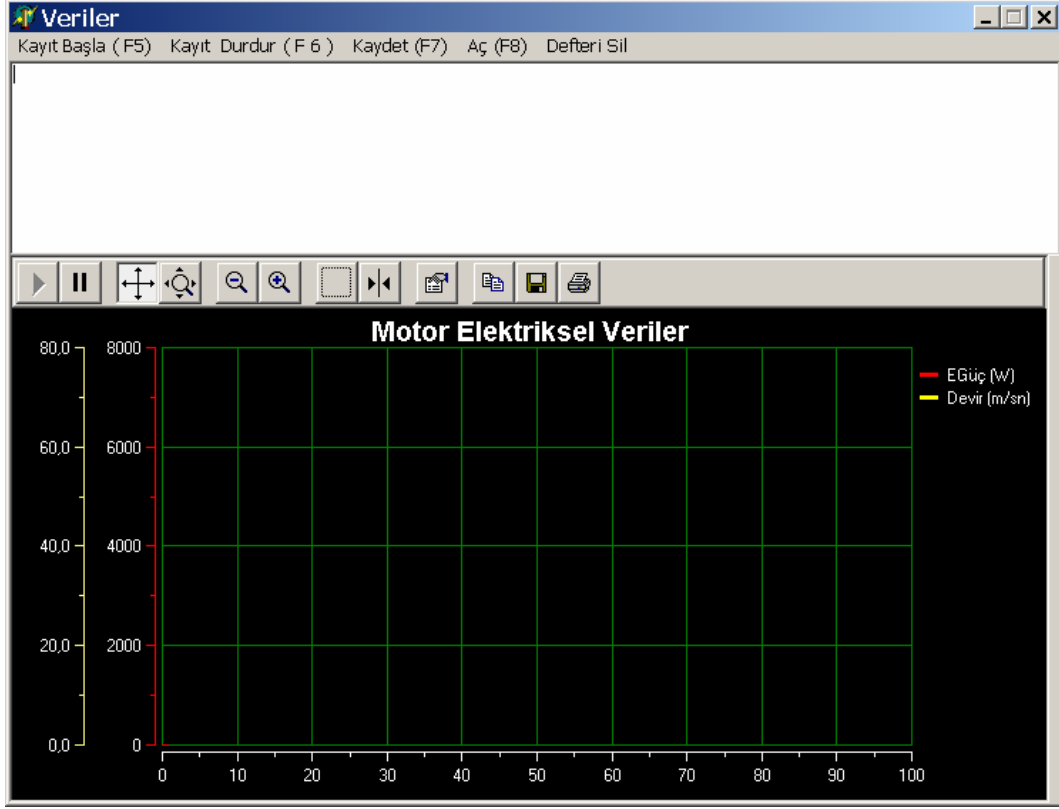
3.2.4.1.6. Otomatik deney işleminin başlatılması

Gerçekleştirilen ara yüz yazılımı ile varyasyon deneyleri otomatik olarak gerçekleştirilebilmektedir. Otomatik deney işlemini başlatabilmek için verilerin eksiksiz girilmesi ve analizörün başlatılmasının ardından “PROGRAM” butonuna tıklanması gerekmektedir. “PROGRAM” butonu tıklandığında (Testere dönüş hızının değişken, Kesme derinliği ve İlerleme hızının sabit olduğu durum için) öncelikle testere girilen kesme genişliği kadar öne hareket etmekte sonra testere ilk deney için girilen testere dönüş hızı ile dönmeye başlamakta ardından girilen kesme derinliğindeki düşey konumunu almaktadır. Testerenin konumlanmasının ardından vagon girilen ilerleme hızı ile ileri doğru hareket etmektedir. Kesme işleminin bitmesi ve vagonun ileri son pozisyonunu alması ile birlikte sırasıyla testere ve vagon reset pozisyonuna konumlanır.

Makine ikinci kesme işlemine başladığında testere kesme genişliği kadar öne hareket etmekte sonra testere dönüş hızı ikinci deney için girilen değere ayarlanmakta ardından girilen kesme derinliğindeki düşey pozisyona konumlanmaktadır. Testerenin düşey konumunu almasının ardından vagon ileri hareket etmektedir. İkinci deneyin sonrasında diğer deneyler de aynı şekilde gerçekleştirilmekte ve sonuncu deneyin tamamlanmasının ardından makine reset pozisyonunda stop durumuna geçmektedir.

3.2.4.1.7. Deney verilerin kaydedilmesi

Deney verilerinin kaydedilmesi yapılacak analizlerin doğruluğu için büyük önem taşımaktadır. Bu amaçla ara yüz yazılımında verilerin kaydı ve grafiklerle izlenebilmesi için bir alt pencere bulunmaktadır. Aşağıda Şekil 3.24’de görülen söz konusu pencere ana pencere üzerindeki “VERİLER” butonu tıklandığında açılmaktadır.



Şekil 3.24. Veri izleme ve kayıt penceresi

Veriler penceresi grafik alanı ve verilerin sayısal değerlerinin yazıldığı alan olarak iki kısımdan oluşmaktadır. Grafik alanında toplanan verilerin zamana karşı grafikleri çizilip görsel olarak incelenebilmektedir. Sayısal verilerin gösterildiği alanda ise veri kayıt dosyasının içeriği görüntülenmektedir.

Pencerenin üstünde bulunan menüde beş seçenek bulunmaktadır. Aç (F7) seçeneği ile önceden kaydedilmiş verilerin inceleneceği dosya seçimi yapılmaktadır. Kaydet (F8) seçeneği ile deney bitiminde verilerin kaydedileceği dosyanın seçilip kaydedilmesi işlemi gerçekleştirilmektedir.

Kayıt Başla (F5) ve Kayıt Durdur (F6) seçenekleri ise verilerin kaydının başlangıç ve bitişini belirlemek için kullanılmaktadır. Vagonun ileri-geri hareketinin sınırları kayacın kesilen boyundan daha büyük olduğu ve sadece kesme süresince verilerin kaydedilmesi istendiği için testerenin kayaca ilk temas anı ile kayaçtan çıkma anının tespiti gerekmektedir. Deneyler tamamen otomatik gerçekleştirmekle birlikte veri kaydının başlangıç ve bitiş zamanlarının tayini kullanıcıya bırakılmıştır. Bu amaçla veri kaydı

başlatma işlemi için “Kayıt Başla” seçeneği veya “F5” tuşu ve bitirme işlemi için “Kayıt Durdur” seçeneği veya “F6” tuşu görevlendirilmiştir.

“Defter Sil” seçeneği sayısal veri alanında bulunan verilerin silinmesi için kullanılmaktadır. Deneye başlamadan önce defterin silinmesi ve verilerin boş sayfaya alınması karışıklığa neden olunmaması için gereklidir.

3.2.4.2. Verilerin işlenmesi

Yukarıda verilen varyasyon deneyleri sonucunda kayaca etkiyen üç boyutlu kuvvetler bilgisayar ortamına F_x , F_y ve F_z olarak kaydedilmektedir. Ayrıca testere motorunun elektriksel parametrelerinden P , Q , I_r , I_s ve I_t ile kesme süresince harcanan elektrik enerjisi değerleri de enerji analizörü ile ölçülüp bilgisayar ortamına kaydedilmektedir. Aşağıda verilerin kaydedildiği kayıt dosyası görünümü verilmektedir.

Bilecik Bej mermeri için kesme deneyi
Testere Dönüş Hızı =2387 d/dk
İlerleme Hızı (Sabit) =0,4 m/dk
Kesme Derinliği (Sabit) =48 mm

t (sn)	Vd(d/dk)	Aktif(W)	Reaktif(VAr)	I_r (A)	I_s (A)	I_t (A)	F_x (N)	F_y (N)	F_z (N)
0,25	2392	1848,987	-2464,453	4,159	4,699	4,623	1,434	4,910	0,243
0,50	2401	1848,987	-2464,453	4,159	4,699	4,623	4,998	11,492	-0,048
0,75	2401	1913,259	-2464,453	4,561	4,699	4,623	4,998	11,492	-0,048
1,00	2401	1913,259	-2464,453	4,561	5,065	4,909	4,998	11,492	-0,048

.
. .
. .
. .
. .

Enerji = 162,842(Wh)

Görüldüğü gibi veriler her 250msn de bir defa olmak üzere alınmakta, t (sn), V_d (d/dk), Aktif(W), Reaktif(VAr), I_r (A), I_s (A), I_t (A), F_x (N), F_y (N) ve F_z (N) değerleri kolonlar halinde kaydedilmektedir. Veri dosyasının başına yapılan deneye ait kesme parametreleri de kaydedilmektedir. Ayrıca dosyanın sonuna kesimde tüketilen elektrik enerjisi de kaydedilmektedir. Bu sayede gerçekleştirilen deneye ait bütün parametreler ve sonuç verileri birlikte incelenebilmektedir.

Yukarıda verilen kayıt dosyası Excel programı ile hazırlanmış şablon dosyalara aktarılmakta, gerekli analizler ve grafikler Excel programı ile gerçekleştirilmektedir.

Elde edilen bu verilerden hareketle Özgül Kesme Enerjisinin belirlenmesinde iki yöntem kullanılmaktadır. Bunlardan ilki mekaniksel yaklaşım diğeri elektriksel yaklaşımdır. Mekaniksel yaklaşım mermercilik üzerine yapılan akademik çalışmalarda kullanılmakta ve özgül kesme enerjisi (SE_m) değeri F_x , F_y ve F_z kuvvetlerinden hareketle hesaplanmaktadır. Elektriksel yaklaşım ise elektrik mühendisliği üzerine yapılan akademik çalışmalarda kullanılmakta ve özgül kesme enerjisi (SE_e) değeri enerji analizöründen alınan elektriksel parametrelerden hareketle hesaplanmaktadır. Gerçekleştirilen uygulamada elektrik mühendisliği açısından daha anlamlı olan Elektriksel yöntem kullanılmıştır.

Ancak söz konusu dairesel testereli blok kesme makinesi ile farklı alanlarda çalışmaların yapılması mekaniksel yönteminin de ara yüz yazılımına eklenmesini gerektirmektedir. Aşağıda her iki yöntem için elde edilen verilerin işlenmesi ayrıntılı olarak verilmektedir.

3.2.4.2.1. Kayaca etkiyen üç boyutlu kuvvetlerin işlenmesi

Ara yüz yazılımı ile toplanan F_x , F_y ve F_z kuvvetlerinden hareketle 3.4-3.17 formülleri yardımıyla F_N , F_T , F_K , P_C , μ , q , ve SE_m değerleri hesaplanmaktadır. Hesaplamalarda bazı kurallar belirlenmiş ve formüller bu kurallar dâhilinde kullanılmıştır. Aşağıda sırasıyla F_N , F_T , F_K , P_C , μ , q , ve SE_m hesaplamalarında kullanılan formüller ve kurallar verilmektedir.

F_N kuvveti hesaplanırken her F_x ve F_y kuvvetlerinin büyüklükleri karşılaştırılmaktadır. Eğer $F_x < F_y$ ise F_N kuvveti 3.18 formülü ile hesaplanmaktadır. Benzer şekilde eğer $F_x \geq F_y$ ise F_N kuvvetinin hesaplanmasında 3.19 formülü kullanılmaktadır.

$$F_N = F_Y \cdot \cos(w \cdot \cos^{-1}(1 - \frac{2 \cdot H_K}{\Phi_D})) + F_X \cdot \sin(w \cdot \cos^{-1}(1 - \frac{2 \cdot H_K}{\Phi_D})) \quad (3.18)$$

$$F_N = F_Y \cdot \sin(w \cdot \cos^{-1}(1 - \frac{2 \cdot H_K}{\Phi_D})) + F_X \cdot \cos(w \cdot \cos^{-1}(1 - \frac{2 \cdot H_K}{\Phi_D})) \quad (3.19)$$

F_T kuvveti hesaplanırken de F_N ile benzer şekilde her F_X ve F_Y kuvvetlerinin büyüklükleri karşılaştırılmaktadır. Eğer $F_X < F_Y$ ise F_T kuvveti 3.20 formülü ile hesaplanmaktadır. Benzer şekilde eğer $F_X \geq F_Y$ ise F_T kuvvetinin hesaplanmasında 3.21 formülü kullanılmaktadır.

$$F_T = F_Y \cdot \sin(w \cdot \cos^{-1}(1 - \frac{2 \cdot H_K}{\Phi_D})) - F_X \cdot \cos(w \cdot \cos^{-1}(1 - \frac{2 \cdot H_K}{\Phi_D})) \quad (3.20)$$

$$F_T = F_X \cdot \cos(w \cdot \cos^{-1}(1 - \frac{2 \cdot H_K}{\Phi_D})) - F_Y \cdot \sin(w \cdot \cos^{-1}(1 - \frac{2 \cdot H_K}{\Phi_D})) \quad (3.21)$$

F_N ve F_T kuvvetlerinin belirtilen kurallara göre hesaplanmasının ardından F_K kuvveti 3.11 formülü ile hesaplanmaktadır. SE_m değeri de yukarıda verilen 3.15 formülü ile hesaplanırken μ değeri de 3.17 formülü ile hesaplanmaktadır.

3.2.4.2.2. Enerji analizöründen elde edilen verilerin işlenmesi

Enerji analizöründen alınan aktif ve reaktif güçler, hat akımları ve enerji tüketimi değerlerinden anlık aktif gücün deney süresince değişimini incelemek amacıyla her deney grubuna ait aktif güç grafiği çıkarılmıştır.

Ayrıca kesme işleminde parametre değişiminin talep edilen ortalama aktif güç ve çekilen ortalama akıma etkisini incelemek amacıyla aktif güç ve hat akımlarının ortalama değerleri hesaplanmış ve toplu grafikler oluşturulmuştur.

Elektriksel özgül kesme enerjisi (SE_e) kesme işleminde kullanılan toplam elektrik enerjisinin kesimde atılan malzeme miktarına bölünmesi ile bulunmaktadır. Bu değer kesme işleminin optimum şartlara göre yapılıp yapılmadığının izlenip karar verilebilmesi açısından önem arz etmektedir. SE_e ile gösterilen özgül kesme enerjisi hesabında aşağıda 3.22’de verilen formül kullanılmaktadır.

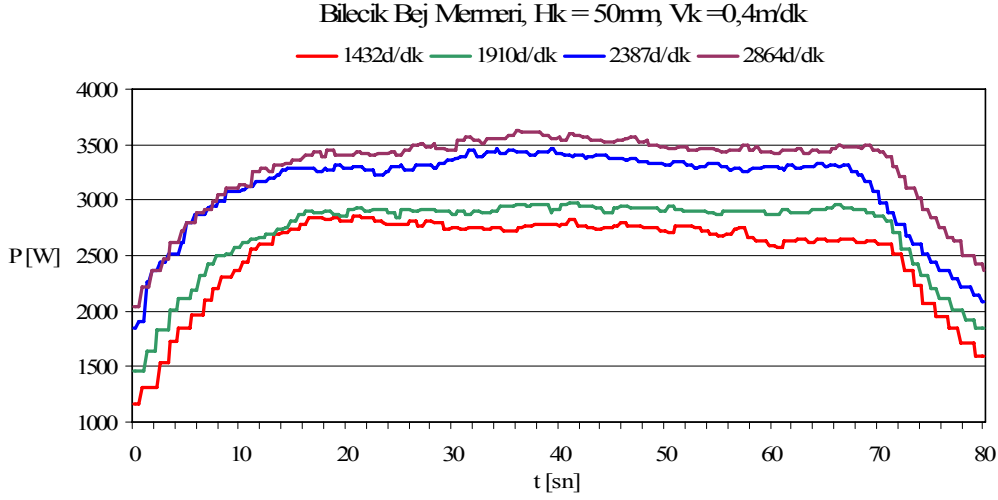
$$SE_e = \frac{E_{top}}{Q_w} \quad (3.22)$$

Burada E_{top} kesme süresince kaydedilen aktif güçlerin ortalaması ile bu verilerin kaydedildiği toplam sürenin çarpılması ile bulunmaktadır ve birimi Wsn çıkmaktadır. Bulunan bu değer daha anlamlı olması açısından Watt saate (Wh) dönüştürülmüştür.

Q_w ise kesme işleminde atılan malzeme miktarı veya bir başka ifadeyle testerenin açtığı kanalın hacmini göstermektedir. Hacim normal şartlar altında testerenin soket genişliği bilindiğinde kesme derinliği ile kayacın boyundan hareketle kolayca hesaplanabilmektedir. Ancak gerek testerenin balansından kaynaklanan titreşimler, gerekse kuvvet ölçümlerinde kullanılan kuvvetölçerde oluşan yer değiştirme sebebiyle kayaçta açılan kanalın boyutları testerenin giriş ve çıkışında farklılıklar göstermektedir. Hatta kanal genişlikleri ve yükseklikleri farklı testere dönüş hızları için değişiklikler göstermektedir.

Söz konusu bu sakıncalar dikkate alınarak deney sonuçlarının doğru yorumlanabilmesi açısından her bir kesme deneyi için kanalın giriş ve çıkış noktalarından yapılan ölçümler sonucu bulunan yükseklik ve genişlikler şablon dosyada ortalamaları alınmış ve gerçek kanal boyutları elde edilebilmiştir.

Kanal hacminin hesaplanmasında kullanılacak diğer bir parametre de kesilen kayacın boyudur. Bunu da hassas bir şekilde belirleyebilmek için aktif güç grafiklerinden yararlanılmıştır. Aktif güç grafikleri testerenin kayaca tamamen girdiği ve çıkmaya başladığı noktaları çok hassas bir şekilde göstermektedir.



Şekil 3.25. Anlık aktif güç değişimleri

Şekil 3.25’de görüldüğü gibi testere kayaca saplandıkça aktif güç değerleri artmakta ve bir noktadan sonra yaklaşık sabit bir değerde seyretmektedir. Bezer şekilde testerenin kayaçtan çıkmaya başlamasıyla birlikte güç değerleri hızla azalmaktadır. Testerenin kayaca giriş ve çıkışında birim zamanda kesilen hacim değişiklik gösterdiğinden ortalama aktif güç, ortalama hat akımı ve enerji değerlerinin hesabında testerenin kayaca giriş ve çıkış süresince kaydedilen verilerin atılmasına karar verilmiştir. Böylelikle grafikte aktif gücün sabit kaldığı değerler süresince kat edilen uzunluk hacim hesabında kullanılacak kayaç boyunu vermektedir. Kayaç boyu ilerleme hızından hareketle her bir kesme deneyi için hesaplanarak gerçek Q_w hesaplanabilmektedir.

Verilen tüm hesaplamaların yapıldığı şablon dosya görünümü aşağıda Şekil 3.26’da verilmektedir. Verilerin şablon dosyalara yerleştirilip hesaplamaların yapılmasının ardından gerekli grafiklerin oluşturulması yine Excel programı ile gerçekleştirilmiştir.

Microsoft Excel - k Bb 1.grup Vc değişimi.xls

Dosya Düzen Görünüm Ekle Biçim Araçlar Yeri Pencere Yardım Adobe PDF Yardım için soru yazın

Arial 10 K T

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
1											Kesim Bilgileri				
2	Qw	Vc	Vk	Hk	Enerji	Gk	q	SEe				Giriş tarafı	Çıkış tarafı		
3	66403,52	30	0,3	47,415	154,524	3,945	0,6	2,49				50,79	44,04	47,415	
4												Kesme derinliği			
5					İort	5,48						Kesme genişliği	3,84	4,05	3,945
6															
7	Ortalamalar	29,0926	2329,2318	-2870,04	5,254	5,749	5,438	9,8615	96,7143	1,9333	97,2661951	89,898493	37,002145	1,186903	0,413679
8															
9	t	n	Pm	Qm	İr	İs	İt	Fx	Fy	Fz	FK	FN	FT	SE	µ
10	0	28,9	2396,44	-2917,656	5,393	5,882	5,543	16,152	110,698	-1,665	111,8701672	105,20	38,06	1,220988	0,361849
11	0,25	28,9	2396,44	-2917,656	5,391	5,882	5,543	16,152	110,698	-1,665	111,8701672	105,20	38,06	1,220988	0,361849
12	0,5	28,9	2396,44	-2934,219	5,391	5,882	5,543	16,947	108,563	-2,322	109,8777765	103,69	36,36	1,166157	0,350619
13	0,75	28,9	2401,672	-2934,219	5,391	5,882	5,543	16,947	108,563	-2,322	109,8777765	103,69	36,36	1,166157	0,350619
14	1	29,3	2401,672	-2934,219	5,394	5,882	5,543	15,608	105,324	-5,563	106,4741971	100,20	36,01	1,154925	0,359327
15	1,25	29,3	2401,672	-2934,219	5,394	5,882	5,541	15,608	105,324	-5,563	106,4741971	100,20	36,01	1,154925	0,359327
16	1,5	29	2401,672	-2934,219	5,394	5,882	5,541	15,727	106,679	-2,477	107,8320341	101,45	36,54	1,172095	0,360175
17	1,75	29	2385,584	-2917,188	5,394	5,882	5,541	15,727	106,679	-2,477	107,8320341	101,45	36,54	1,172095	0,360175
18	2	29,3	2385,584	-2917,188	5,394	5,882	5,541	13,24	105,14	-0,78	105,97036	98,92	38,01	1,219082	0,3842
19	2,25	29,3	2385,584	-2917,188	5,395	5,884	5,537	13,24	105,14	-0,78	105,97036	98,92	38,01	1,219082	0,3842
20	2,5	29,1	2405,131	-2931,406	5,395	5,884	5,537	16,108	108,444	-3,396	109,6337941	103,19	37,04	1,188073	0,358944
21	2,75	29,1	2405,131	-2931,406	5,395	5,884	5,537	16,108	108,444	-3,396	109,6337941	103,19	37,04	1,188073	0,358944
22	3	29,1	2405,131	-2931,406	5,395	5,884	5,537	16,108	108,444	-3,396	109,6337941	103,19	37,04	1,188073	0,358944
23	3,25	29,3	2420,041	-2948,125	5,395	5,884	5,537	14,957	107,784	-1,142	108,8168301	102,06	37,74	1,21061	0,369786
24	3,5	29,3	2420,041	-2948,125	5,427	5,936	5,565	14,957	107,784	-1,142	108,8168301	102,06	37,74	1,21061	0,369786
25	3,75	29,1	2420,041	-2948,125	5,427	5,936	5,565	16,84	105,951	1,283	107,2809396	101,34	35,22	1,129597	0,347512
26	4	29,1	2420,041	-2929,375	5,427	5,936	5,565	16,84	105,951	1,283	107,2809396	101,34	35,22	1,129597	0,347512

Hazır

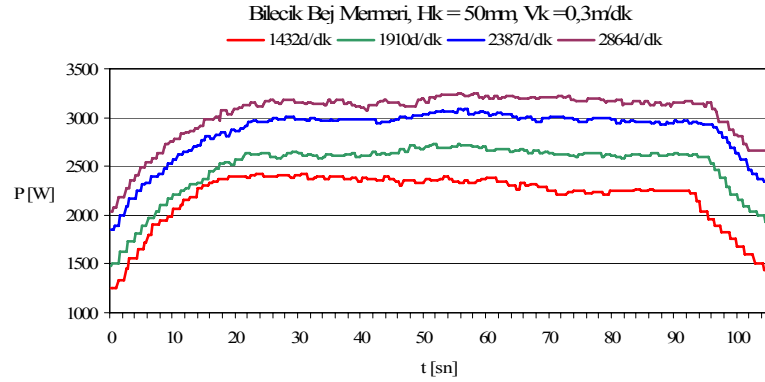
şekil 3.26. Excel şablon dosyası görünümü

4. BULGULAR

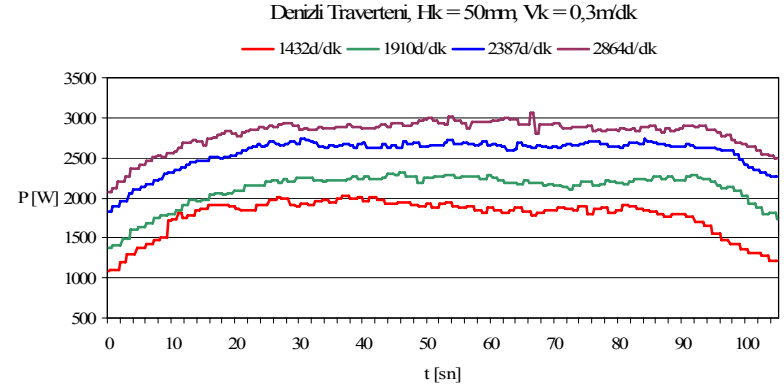
Yukarıda “3.2.2. Kesme parametrelerin varyasyon deneyleri” başlığı altında verilen sıra ile gerçekleştirilen 40 deneyden elde edilen sonuçların analizi gruplara ayrılarak gerçekleştirilmiştir. Öncelikle Testere dönüş hızının kesme işlemine etkisinin incelenmesi amacıyla Bilecik Bej mermeri ve Denizli traverteni için gerçekleştirilen 20 deneyin sonuçları, dörder deneyden oluşan 5 gruba ayrılmıştır. Daha sonra ilerleme hızının kesme işlemine etkisini incelemek amacıyla söz konusu 20 deneyin sonuçları, beşer deneyden oluşan 4 gruba ayrılmıştır.

Deney sonuçlarının gruplanmasının ardından her bir deney grubuna ait grafikler oluşturulmuştur. Aşağıda sırasıyla grafikler eşliğinde ilerleme hızı ve testere dönüş hızının kesme işlemi üzerindeki etkileri üzerinde durulacaktır.

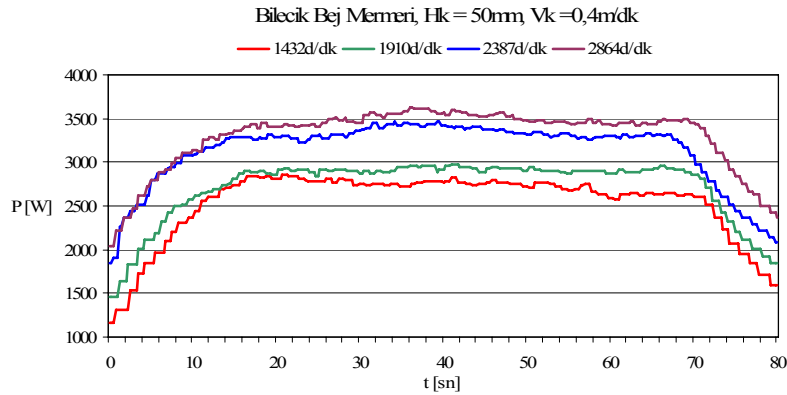
4.1. Testere Devir Sayısı Değişiminin Anlık Güce Etkisi



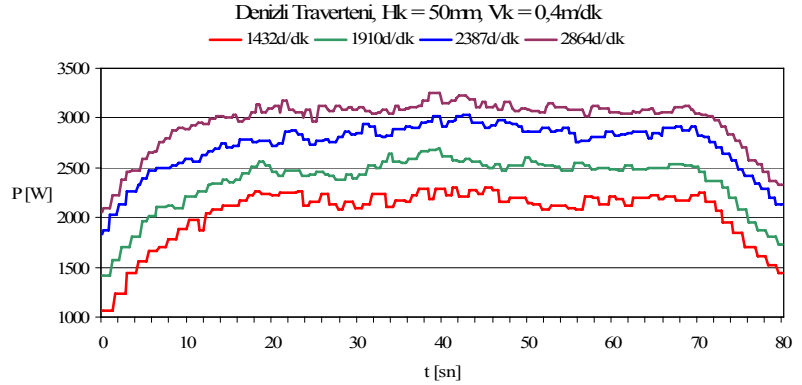
Şekil 4.1. Bilecik Bej mermerinde testere dönüş hızı değişiminin anlık aktif güce etkisi



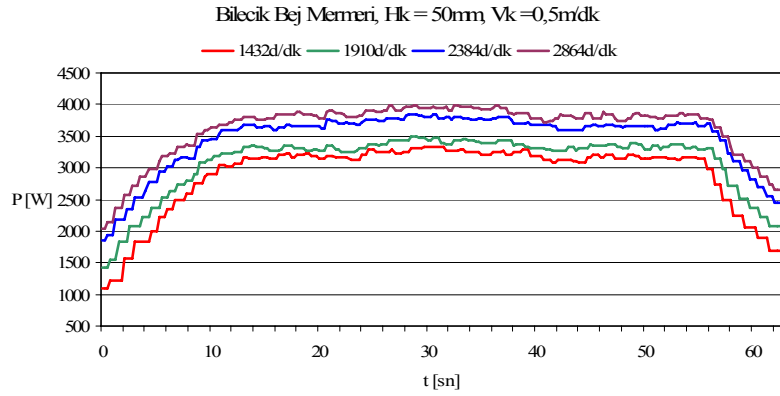
Şekil 4.2. Denizli traverteninde testere dönüş hızı değişiminin anlık aktif güce etkisi



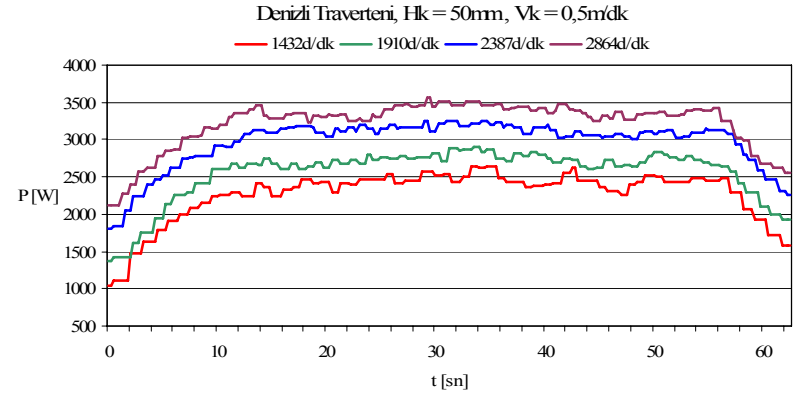
Şekil 4.3. Bilecik Bej mermerinde testere dönüş hızı değişiminin anlık aktif güce etkisi



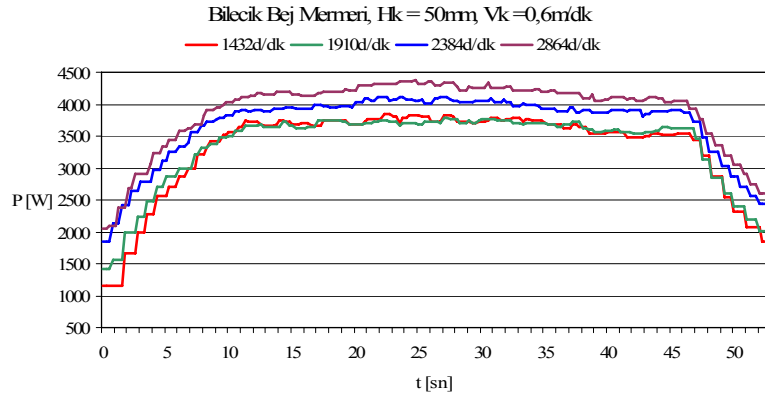
Şekil 4.4. Denizli traverteninde testere dönüş hızı değişiminin anlık aktif güce etkisi



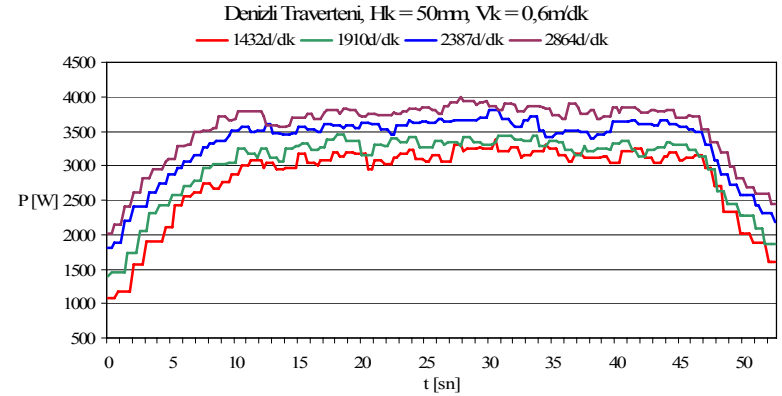
Şekil 4.5. Bilecik Bej mermerinde testere dönüş hızı değişiminin anlık aktif güce etkisi



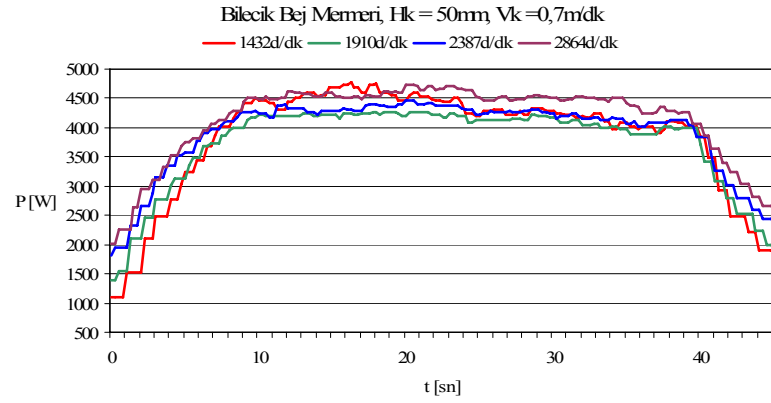
Şekil 4.6. Denizli traverteninde testere dönüş hızı değişiminin anlık aktif güce etkisi



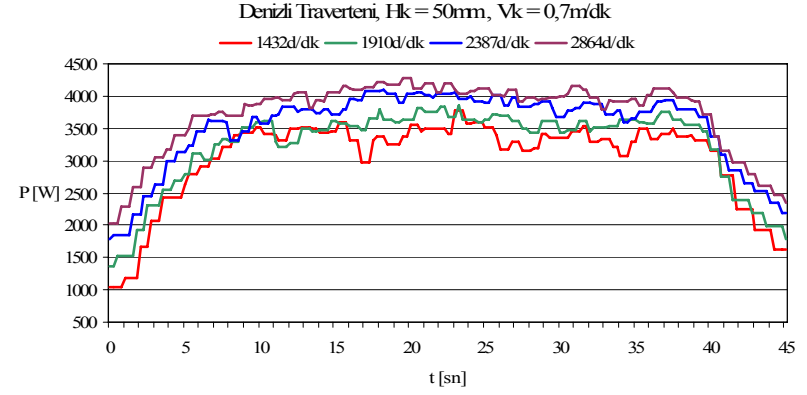
Şekil 4.7. Bilecik Bej mermerinde testere dönüş hızı değişiminin anlık aktif güce etkisi



Şekil 4.8. Denizli traverteninde testere dönüş hızı değişiminin anlık aktif güce etkisi



Şekil 4.9. Bilecik Bej mermerinde testere dönüş hızı değişiminin anlık aktif güce etkisi



Şekil 4.10. Denizli traverteninde testere dönüş hızı değişiminin anlık aktif güce etkisi

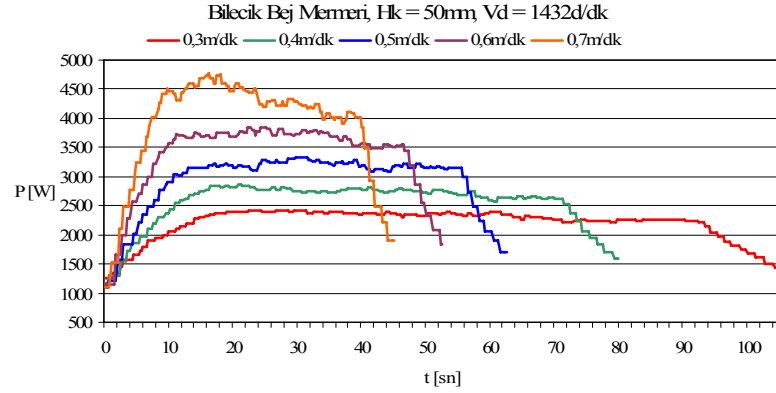
Kesilen Bilecik Bej mermeri ve Denizli Traverteni için geçerli olmak üzere, kesme süresi boyunca aktif gücün önce belli bir seviyeye kadar yükseldiği sonra belli bir seviyede sabite yakın kaldığı ve kesim süresi sonuna doğru hızla aktif güçlerin azaldığı görülmektedir (Şekil 4.1-4.10). Testerenin kesilen kayaca giriş ve çıkışındaki birim zamanda kesilen hacim değişmesi nedeniyle başlangıçtaki ve bitişteki aktif güç talebi değişiklik göstermektedir. Kesme derinliği sabit olarak ($H_K = 50\text{mm}$) belirli ilerleme hızlarında ($V_K = 0,3-0,4-0,5-0,6-0,7\text{m/dk}$) testere dönüş hızlarındaki artışların aktif gücü artırdığı görülmektedir. (Şekil 4.1-4.10). Belirli kesme derinliğinde ($H_K = 50\text{mm}$) ilerleme hızının da sıra ile değiştirilmesi (artırılması) aktif gücün hızla artmasına neden olmaktadır.

Yüksek kesme hızlarında ise ($V_K = 0,6-0,7\text{m/dk}$) aktif güç değişimleri değişik testere dönüş hızlarında birbirlerine oldukça yaklaşmakta, buradan da ilerleme hızının artışındaki etkinin aktif güç değişimine olan etkisinin, testere dönüş hızı değişiminin etkisinden daha fazla olduğu anlaşılmaktadır.

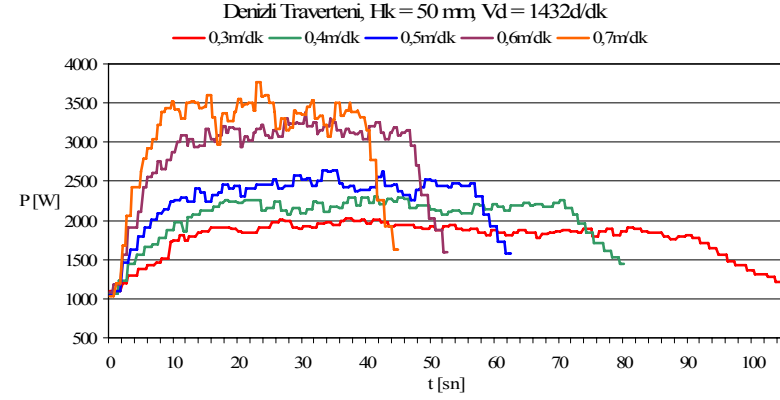
Testerenin kayaca giriş ve çıkışı esnasında elde edilen grafiğin eğimleri, ilerleme hızının artışına bağlı olarak hızla artmaktadır. Testerenin çıkışı esnasındaki grafikteki eğim ise girişe oranla daha fazla olmaktadır. Buradan da çıkış esnasında girişe oranla daha az aktif güç gereksinmesi olduğu anlaşılmaktadır.

Bilecik Bej mermerindeki giriş ve çıkıştaki aktif güç grafiklerinin eğimi Denizli Travertenindeki eğime oranla daha fazla artmaktadır. Zira Bilecik Bej mermerinin Denizli Travertenine oranla daha sert, gözeneksiz ve çatlaksız olması nedeniyle kesimde motor daha fazla zorlanmaktadır.

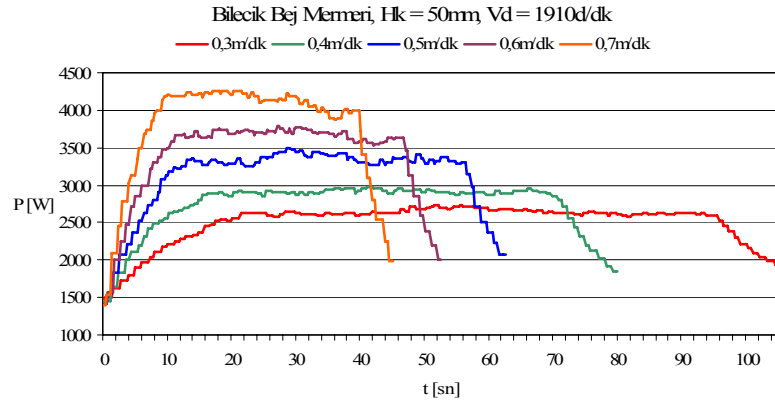
4.2. İlerleme Hızı Değişiminin Anlık Aktif Güce Etkisi



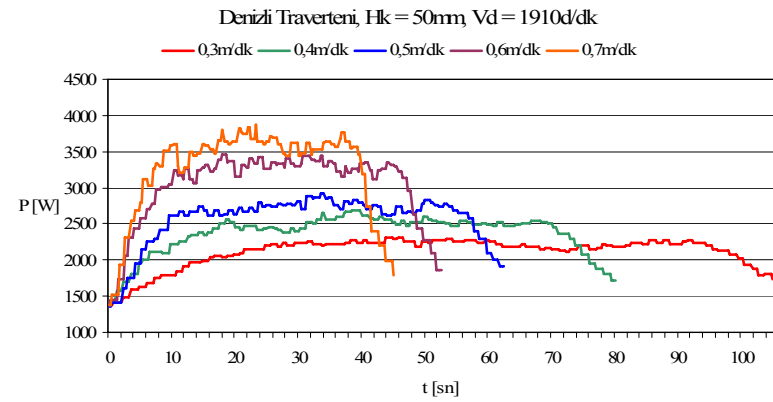
Şekil 4.11. Bilecik Bej mermerinde ilerleme hızı değişiminin anlık aktif güce etkisi



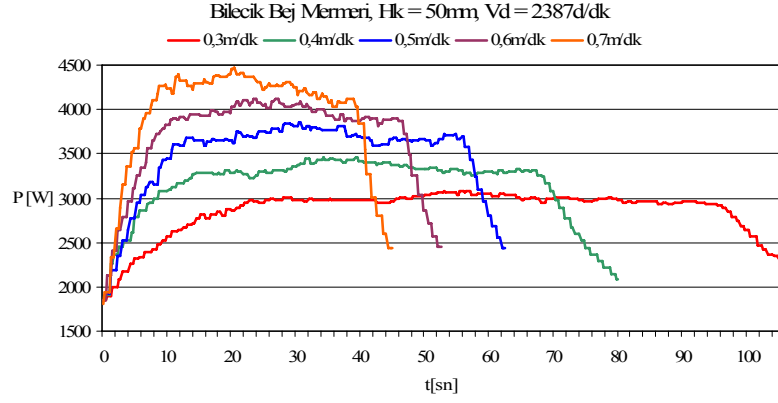
Şekil 4.12. Denizli traverteninde ilerleme hızı değişiminin anlık aktif güce etkisi



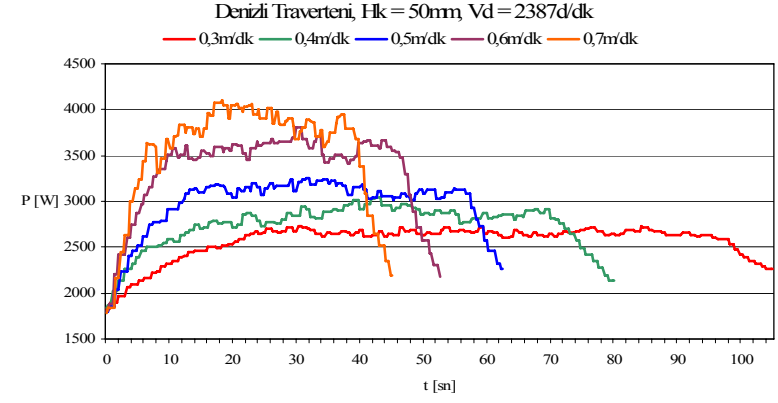
Şekil 4.13. Bilecik Bej mermerinde ilerleme hızı değişiminin anlık aktif güce etkisi



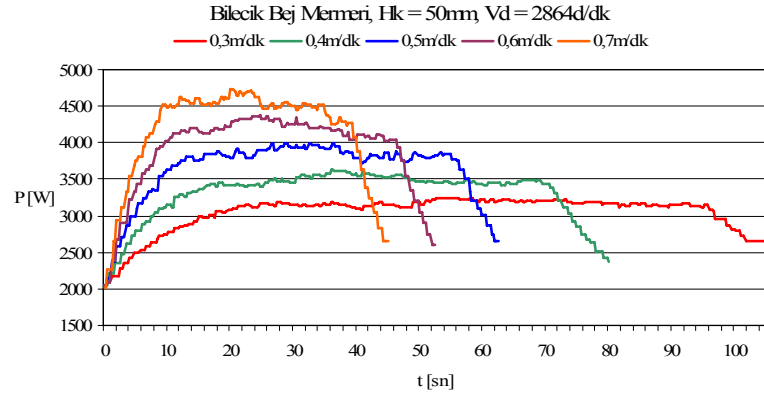
Şekil 4.14. Denizli traverteninde ilerleme hızı değişiminin anlık aktif güce etkisi



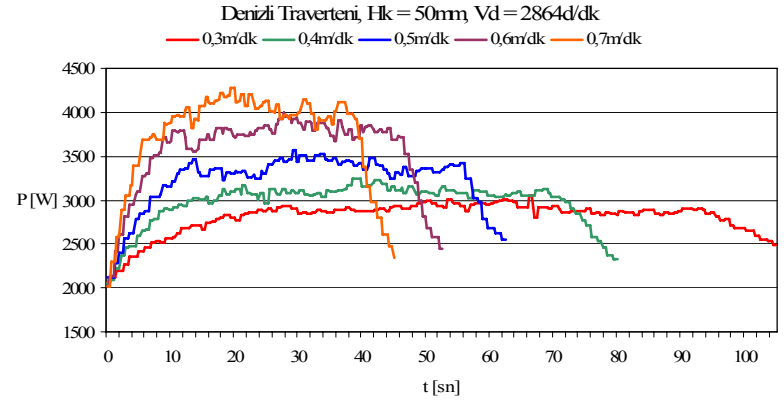
Şekil 4.15. Bilecik Bej mermerinde ilerleme hızı değişiminin anlık aktif güce etkisi



Şekil 4.16. Denizli traverteninde ilerleme hızı değişiminin anlık aktif güce etkisi



Şekil 4.17. Bilecik Bej mermerinde ilerleme hızı değişiminin anlık aktif güce etkisi



Şekil 4.18. Denizli traverteninde ilerleme hızı değişiminin anlık aktif güce etkisi

Kesilen Bilecik Beji mermeri ve Denizli travertenini için geçerli olmak üzere, kesme süresi boyunca aktif gücün önce belli bir seviyeye kadar yükseldiği sonra belli bir seviyede geniş bir aralıkta değişerek seviyesini koruduğu ve kesim süresi sonuna doğru aktif güçlerin azaldığı görülmektedir (Şekil 4.11-4.18). Testerenin kesilen kayaca giriş ve çıkışındaki birim zamanda kesilen hacmin değişmesi nedeniyle başlangıçtaki ve bitişteki aktif güç talebi değişiklikleri gerçekleşmektedir. Kesme derinliği sabit olarak belirli testere dönüş hızlarında ($V_d = 1432-1910-2387-2864d/dk$) ilerleme hızındaki artışların aktif gücü oldukça fazla artırdığı görülmektedir (Şekil 4.11-4.18). Belirli kesme derinliğinde ($H_K = 50mm$) testere dönüş hızının sıra ile artırılması aktif güç değişiminin de artmasına neden olmaktadır.

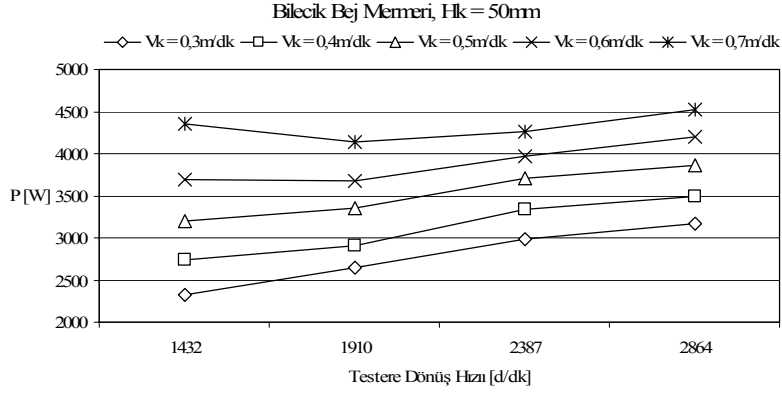
Yüksek ilerleme hızlarında ise ($V_K = 0,6-0,7m/dk$) aktif güç değişimlerinin düşük ilerleme hızlarına oranla özellikle Denizli traverteninde daha fazla olduğu görülmektedir (Şekil 4.12, 4.14, 4.16 ve 4.18). Bilecik Beji mermerinde ise bu değişimin Denizli Travertenine oranla daha az değiştiği görülmektedir.

Testere devir sayısının artmasına bağlı olarak özellikle Denizli traverteninde ilerleme hızlarının azalması durumunda aktif güçte azalma görülmektedir.

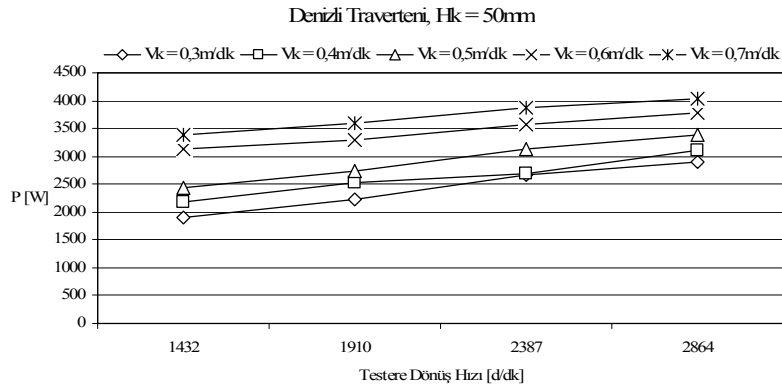
Testerenin kayaca giriş ve çıkışı esnasında elde edilen grafiklerin eğimleri, testere dönüş hızının artışındaki aktif güç artışına oranla ilerleme hızının artışından daha fazla olduğu görülmektedir.

Denizli traverteninde değişik testere dönüş hızlarında ($V_d = 1432-1910-2387-2864d/dk$) yüksek ilerleme hızlarında ($V_K = 0,6-0,7m/dk$) ve düşük ilerleme hızlarında ($V_K = 0,3-0,4-0,5$) kendi aralarında gruplaşma olduğu ve gruplar arasında yaklaşık ortalama %40-50 güç talebi farkı olduğu görülmektedir (Şekil 4.12, 4.14, 4.16 ve 4.18).

4.3. Testere Dönüş Hızı Değişiminin Ortalama Aktif Güce Etkisi



Şekil 4.19. Bilecik Beji mermeri için değişik ilerleme hızlarında testere dönüş hızı değişiminin ortalama aktif güce etkisi

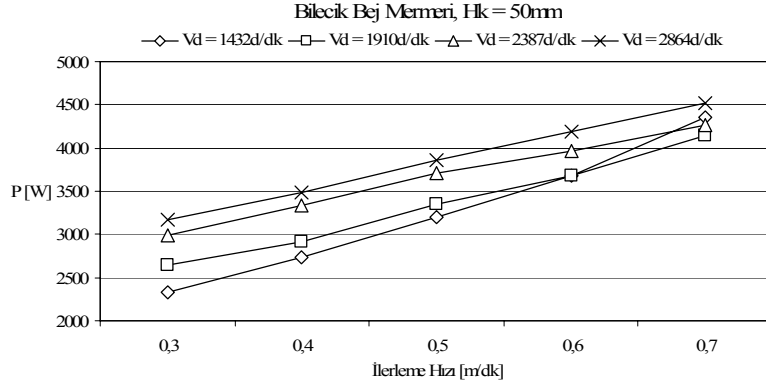


Şekil 4.20. Denizli traverteni için değişik ilerleme hızlarında testere dönüş hızı değişiminin ortalama aktif güce etkisi

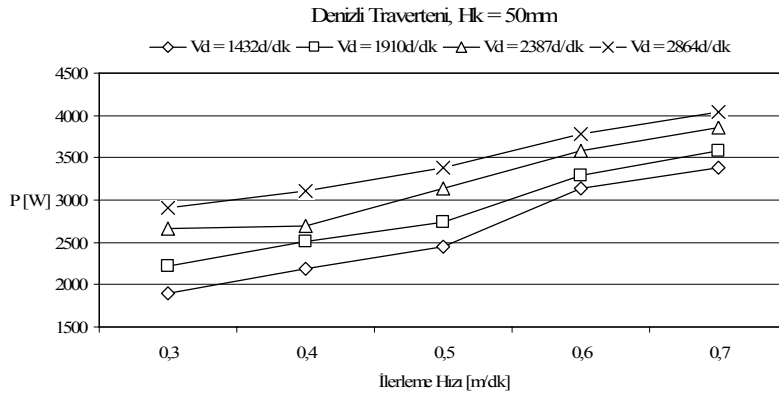
Kesilen Bilecik Beji mermeri ve Denizli Traverteni için geçerli olmak üzere, sabit kesme derinliğinde ($H_k = 50\text{mm}$) değişik ilerleme hızlarında ($V_k = 0,3-0,4-0,5-0,6-0,7\text{m/dk}$) testerenin dönüş hızı artışına bağlı olarak oldukça uyumlu bir artış görülmektedir (Şekil 4.19 ve 4.20). Ayrıca kesme hızları arttıkça ortalama aktif gücün doğrusal arttığı görülmektedir.

Denizli Travertenindeki ortalama aktif güç tüketiminin Bilecik Beji mermerine oranla daha düşük olduğu görülmekte olup bunun denizli Traverteninin Bilecik Beji mermerine oranla daha boşluklu, çatlaklı ve yumuşak olmasından ileri gelmektedir.

4.4. İlerleme Hızı Değişiminin Ortalama Aktif Güce Etkisi



Şekil 4.21. Bilecik Bej mermeri için değişik testere dönüş hızlarında ilerleme hızı değişiminin ortalama aktif güce etkisi

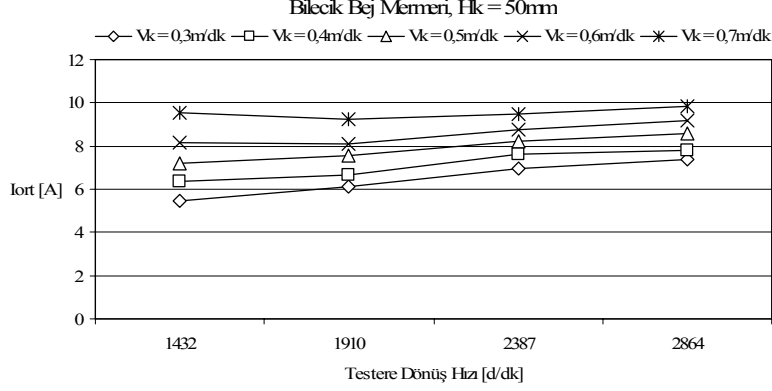


Şekil 4.22. Denizli traverteni için değişik testere dönüş hızlarında ilerleme hızı değişiminin ortalama aktif güce etkisi

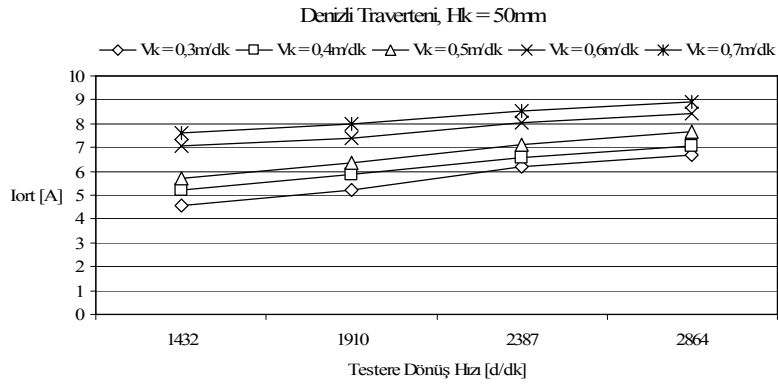
Kesilen Bilecik Beji mermeri ve Denizli Traverteni için geçerli olmak üzere, sabit kesme derinliğinde ($H_K = 50\text{mm}$) belirli testere devir sayılarında ilerleme hızının ortalama aktif güç tüketimini oldukça artırdığı görülmektedir (Şekil 4.21ve 4.22). Testerenin belirli ilerleme hızlarındaki değişimi, ortalama aktif güç değişimlerini testere devir sayısı arttıkça artırmakta ancak belirli devir sayılarındaki farklı ilerleme hızlarındaki ortalama aktif güç değişimi ise görece daha fazla oluşmaktadır.

Denizli Travertenindeki belirli testere devir sayılarındaki ilerleme hızlarına bağlı ortalama aktif güç artışı Bilecik Bej mermerine oranla daha az olduğu anlaşılmaktadır. Buradan denizli Traverteninin Bilecik Bej mermerine oranla daha kolay ve ucuza kesilebileceği anlaşılmaktadır.

4.5. Testere Dönüş Hızı Değişiminin Ortalama Hat Akımına Etkisi



Şekil 4.23. Bilecik Bej mermeri için değişik ilerleme hızlarında testere dönüş hızı değişiminin ortalama hat akımına etkisi



Şekil 4.24. Denizli traverteni için değişik ilerleme hızlarında testere dönüş hızı değişiminin ortalama hat akımına etkisi

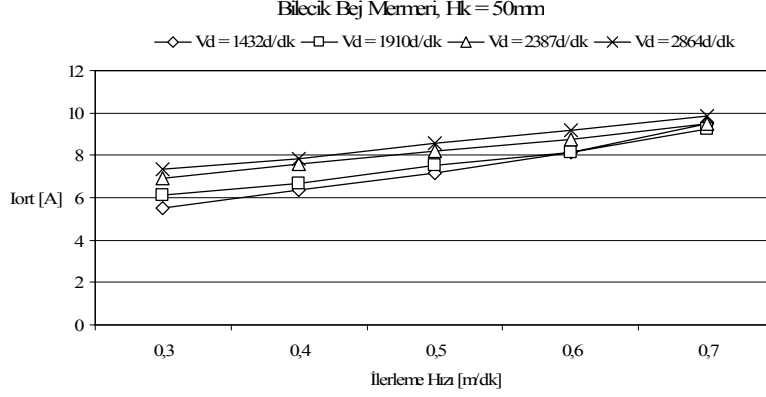
Kesilen Bilecik Beji mermeri ve Denizli Traverteni için geçerli olmak üzere, sabit kesme derinliğinde ($H_k = 50\text{mm}$) değişik ilerleme hızlarında testere dönüş hızının artmasına bağlı olarak ortalama motor hat akımlarının da arttığı gözlemlenmektedir (Şekil 4.27 ve 4.28). Bu durum ortalama aktif gücün değişimi ile benzerlik göstermektedir. Şekil 4.19 ve 4.20 incelendiğinde ortalama aktif güç değişimlerinin ortalama motor hat akımı değişimi ile aynı karakteristiğe sahip olduğu görülmektedir.

Bilecik Bej mermerin ile Denizli Traverteni kesimi hat akımları karşılaştırıldıklarında Denizli Traverteni için görece daha az akım çekildiği gözlemlenmektedir. Buradan da

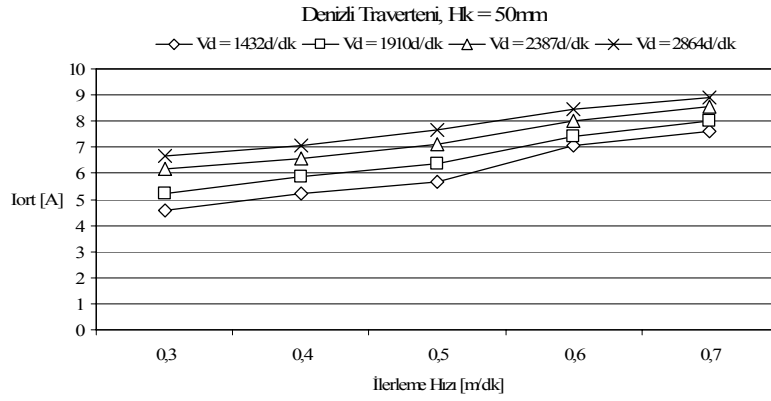
Bilecik Bej mermerinin daha sert olması sebebiyle kesiminde motorun daha fazla akım çekileceği söylenebilmektedir.

Ortalama motor hat akımları grafikleri oluşturulurken kullanılan I_{ort} akımı kesme işleminde kaydedilen üç faza ait akım ortalamalarının üçünün ortalamasıdır. Üç faza ait olan akımların ortalamasının alınmasının nedeni invertörün şebekeden dengeli akım çekmemesidir. Akımlardaki dengesizliğin invertör içerisinde kullanılan yarı iletken elemanların anahtarlama karakteristiklerinin birbirlerinden farklılık göstermesinden kaynaklandığı düşünölmektedir.

4.6. İlerleme Hızı Değişiminin Ortalama Hat Akımına Etkisi



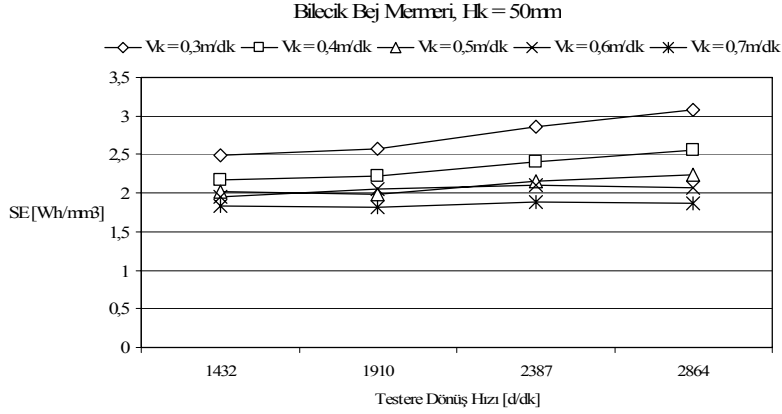
Şekil 4.25. Bilecik Bej mermeri için değişik testere dönüş hızlarında ilerleme hızı değişiminin ortalama hat akımına etkisi



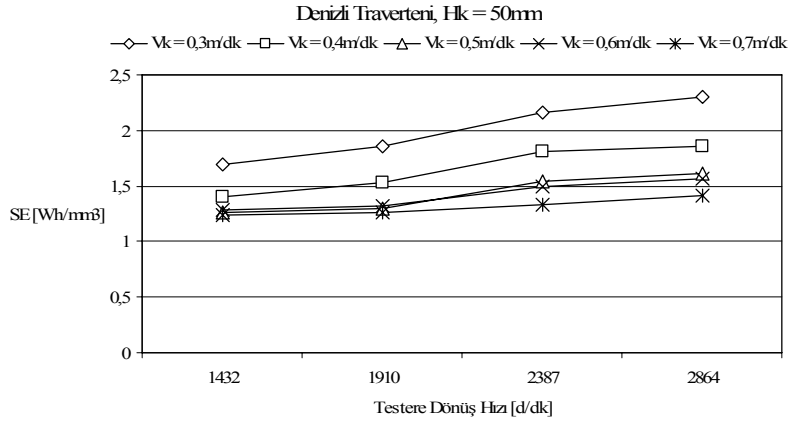
Şekil 4.26. Denizli traverteni için değişik testere dönüş hızlarında ilerleme hızı değişiminin ortalama hat akımına etkisi

Kesilen Bilecik Beji mermeri ve Denizli Traverteni için geçerli olmak üzere, sabit kesme derinliğinde ($H_k = 50\text{mm}$) değişik testere dönüş hızlarında ilerleme hızının artmasına bağlı olarak ortalama motor hat akımlarının da arttığı gözlemlenmektedir (Şekil 4.29 ve 4.30). İlerleme hızı artışının da tıpkı testere dönüş hızı artışı gibi motor akımını artırdığı ancak ilerleme hızı artışının motor akımı üzerindeki etkisinin testere dönüş hızının etkisine oranla daha fazla olduğu görülmektedir. Bu durum Bilecik Bej mermeri için Şekil 4.29 da verilen grafikte oldukça net görülebilmektedir. İlerleme hızının arttan değerleri için özellikle 0,7m/dk değerinde değişik testere dönüş hızlarında çekilen akımlar birbirine çok yaklaşmaktadır.

4.7. Testere Dönüş Hızı Değişiminin Özgül Kesme Enerjisine Etkisi



Şekil 4.27. Bilecik Beji mermeri için değişik ilerleme hızlarında testere dönüş hızı değişiminin özgül kesme enerjisine etkisi

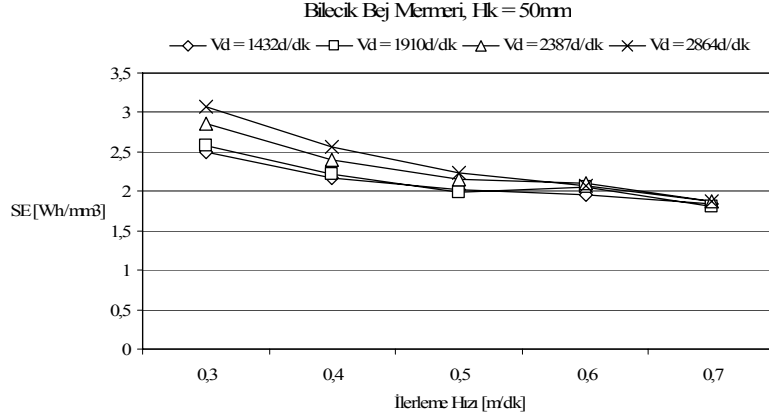


Şekil 4.28. Denizli traverteni için değişik ilerleme hızlarında testere dönüş hızı değişiminin özgül kesme enerjisine etkisi

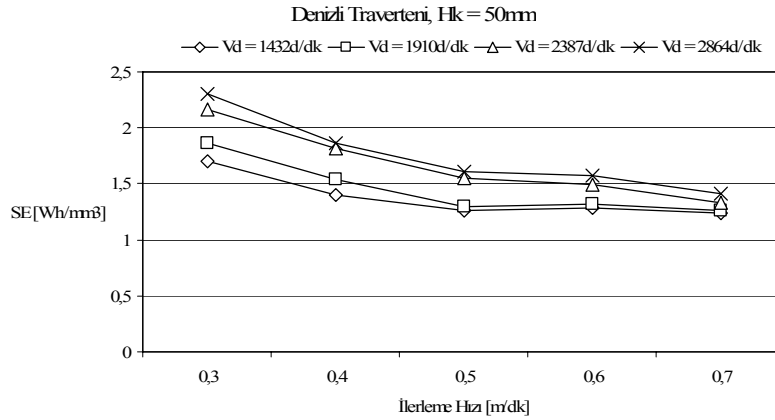
Kesilen Bilecik Beji mermeri ve Denizli Traverteni için geçerli olmak üzere, sabit kesme derinliğinde ($H_K = 50\text{mm}$) değişik ilerleme hızlarında testere dönüş hızının artışına bağlı olarak Özgül Kesme Enerjisinin de (SE_e) arttığı görülmektedir (Şekil 4.23 ve 4.24). Düşük ilerleme hızlarında daha fazla özgül kesme enerjisi gerçekleşirken yüksek ilerleme hızlarında ($V_K = 0,5-0,6-0,7\text{m/dk}$) daha az gerçekleşmektedir.

Bilecik Beji mermerinde değişik ilerleme hızları ve testere dönüş hızlarında Denizli Travertenine oranla daima daha fazla yaklaşık ortalama %40-50 kesme enerjisi gerekmektedir. Buradan da Bilecik Beji mermerinin Denizli Travertenine oranla daha zor ve daha pahalıya kesileceği anlaşılmaktadır.

4.8. İlerleme Hızı Değişiminin Özgül Kesme Enerjisine Etkisi



Şekil 4.29. Bilecik Beji mermeri için değişik testere dönüş hızlarında ilerleme hızı değişiminin özgül kesme enerjisine etkisi



Şekil 4.30. Denizli traverteni için değişik testere dönüş hızlarında ilerleme hızı değişiminin özgül kesme enerjisine etkisi

Kesilen Bilecik Beji mermeri ve Denizli Traverteni için geçerli olmak üzere, sabit kesme derinliğinde ($H_K = 50\text{mm}$) değişik testere dönüş hızlarındaki ilerleme hızlarının artmasına paralel olarak özgül kesme enerjilerinde düşüş gözlemlenmekte ancak $0,6\text{m/dk}$ ilerleme hızından itibaren özgül kesme enerjisinde azalma görece yavaşlamaktadır (Şekil 4.25 ve 4.26). $0,7\text{m/dk}$ ilerleme hızında ise tüm testere dönüş hızlarında birbirine oldukça yaklaşmaktadır. Denizli Traverteninde belirli ilerleme hızlarındaki testere dönüş hızlarına bağlı olarak özgül kesme enerjilerinde görece büyük farklar oluşmakta, yüksek testere devir sayılarında ($2387\text{-}2864\text{d/dk}$) düşük testere devir

sayılarına (1432-1910d/dk) oranla daha fazla özgül kesme enerjisi tüketilmektedir, özellikle Denizli traverteninde bu daha açık görülmektedir (Şekil 4.27).

Bilecik Bej mermeri için en uygun özgül kesme enerjisi şartının 0,6m/dk ilerleme hızında ve 1432d/dk testere dönüş hızında, Denizli Traverteninde ise 0,7m/dk ilerleme hızında ve 1432d/dk testere dönüş hızında oluştuğu görülmektedir.

5. TARTIŞMA ve SONUÇ

Gerçekleştirilen deneylerde ilerleme hızı ve testere dönüş hızının değişimi ile enerji tüketimi arasındaki ilişki hakkında önemli sonuçlar elde edilmiştir. Örneğin sabit kesme derinliğinde ($H_K = 50\text{mm}$) testere dönüş hızı (belirli ilerleme hızlarında) ve ilerleme hızının (belirli testere dönüş hızlarında) artan değerleri için tüketilen enerjinin arttığı görülmüştür. Ancak deneylerde kullanılan Bilecik Bej mermeri ve Denizli traverteni için ilerleme hızı değişiminin enerji tüketimindeki etkisinin testere dönüş hızındaki değişimin enerji tüketimine olan etkisinden daha fazla olduğu anlaşılmıştır.

Buradan da kesme işleminde belirli bir sabit testere dönüş hızında ilerleme enerji optimizasyonu gerçekleştirilebilecektir. Zira endüstriyel boyutlardaki makinelerde testere dönüş hızını ayarlamak için invertör kullanımı oldukça masraflı olacaktır.

Sonuç olarak kesme parametrelerinin optimum değerleri belirlenebilirse tüketilen elektrik enerjisinin de optimize edilebileceği açıktır. İleri aşamalarda makinenin kontrol sisteminin geliştirilmesi ile kesilecek kayaç için optimum kesme parametrelerini kendi kendine seçmesi sağlanabilecektir.

Makinenin bilgisayar tabanlı kontrol sistemi sayesinde uygulanacak farklı kontrol ve optimizasyon yöntemleri rahatlıkla adapte edilebilecektir.

Ayrıca gerçekleştirilen deney seti üzerinde yapılan araştırma sonuçlarından hareketle endüstriyel ölçekteki S/T mermer kesme makinelerinde kullanılmak üzere mikro denetleyicili kontrol kartı geliştirilmesi üzerine çalışmalar gerçekleştirilebilecektir. Bu sayede yapılan deneysel çalışmaların endüstriye uygulanması ile enerji verimliliği sağlanmış olacak ve ülke ekonomisine katkıda bulunulacaktır.

6. KAYNAKLAR

- Aiello ,M., Cataliotti, A. and Nuccio, S., 2004, “A PC-based instrument for harmonics and interharmonics measurement in power supply systems”, *Measurement*, Jun., Vol. 35, pp.371-380.
- Almarshoud, A.F. and Alolah, A., 2003, “A novel PC-based firing scheme for static converters using high level language”, *Proceedings of the 2003 10th IEEE International Conference on Electronics, Circuits and Systems*, Shadah-United Arab Emirates, Dec.14-17,vol.2, pp.751-753.
- Altınbaşak, O., 2004, “PicBasic Pro İle PIC Programlama”, Atlas yay., 2. baskı, İstanbul.
- Anand R.S., 2005, “PC based monitoring of human heart sounds”, *Computers & Electrical Engineering*, Mar., Vol.31, pp.166-173.
- Betta, G., Capriglione, D., De Capua, C. and Landi, C., 2002, “EMC characterization of PC-based data acquisition systems”, *Proceedings of the 2002 IEEE International Symposium on Industrial Electronics*, L’Aquila-Italy, Jul.8-11, Vol.2, pp.548-553.
- Buelna, C., and Soto, R., 1999, “PC based fuzzy-neuro controller for a synchronous generator”, *Proceedings of the 1999 American Control Conference*, San Diego-California, Jun.2-4, Vol.6, pp.4223-4227.
- Büyüksağış, I. S., 1998, “ Dairesel Testereli Blok Kesme Makinalarında Mermerlerin Kesilebilirlik Analizleri ”, Doktora tezi, Osmangazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir.

- Buyuksagis, I. S. and Goktan, R. M., 2005, "Investigation of marble machining performance using an instrumented block-cutter", *Journal of Materials Processing Technology*, Nov., Vol.169, pp.258-262.
- Casadei, C., Fiorini, P., Martelli, S. and Montanari, M., 1998, "Improving the performance of PC-based controllers for robot-assisted surgery", *Proceedings of the 1998 IEEE International Conference on Control Applications*, Trieste-Italy, Sep.1-4, Vol.2, pp.1215-1219.
- Chen W., 2000, "Cutting forces and surface finish when machining medium hardness steel using CBN tools", *International Journal of Machine Tools & Manufacture*, Nov., Vol.40, pp. 455-466.
- Chuang, H.J., 2005, "Optimisation of inverter placement for mass rapid transit systems by immune algorithm", *IEE Proceedings of Electric Power Applications*, Jan., Vol.152, pp.61-71.
- Chueh, H.T. and Hatfield J.V., 2002, "A real-time data acquisition system for a hand-held electronic nose (H2EN)", *Sensors and Actuators B: Chemical*, Mar., Vol.83, pp.262-269.
- Dunn, W. C., 2005, "Fundamentals of Industrial Instrumentation and Process Control", McGraw-Hill Companies, OH, USA.
- Ersoy, A. and Atıcı, U., 2004, "Performance characteristics of circular diamond saws in cutting different types of rocks", *Diamond and Related Materials*, Jan., Vol.13, pp.22-37.
- Kalilah, S.A., 2004, "Improved torque and speed estimation in sensorless induction motor drive", 2004. UPEC 2004. 39th International Universities Power Engineering Conference, Bristol-UK, Sept.6-8, Vol.2, pp.538-544.

- Kazmierkowski, M.P. and Kasprowicz, A.B., 1995, "Improved direct torque and flux vector control of PWM inverter-fed induction motor drives", IEEE Transactions on Industrial Electronics, Aug., Vol.42, pp.344-350.
- Kleimaier, A. and Schröder, D., 2004, "Optimization Strategy for Design and Control of a Hybrid Vehicle", IEEE Proceedings of 6th International Workshop on Advanced Motion Control, Nagoya-Japan, Dec.8-10, Vol.2, pp.1084- 1089.
- Kopustinskas A., Adaskevicius R., Krusinskas, A., Kopustinskiene, D.M., Liobikas, J. and Toleikis, A., 2006, "A user-friendly PC-based data acquisition and analysis system for respirometric investigations", Computer Methods and Programs in Biomedicine, Jun., Vol.82, pp.231-237.
- Martynenko, Y.G. and Siregar, H.P., 2002, "Optimization of power consumption of anthropomorphic robots driven by electromotor", Proceedings of the Third International Workshop on Robot Motion and Control, Ponzan, Nov.9-11, pp.113-117.
- Moreno-Eguilaz, J.M. and Peracaula, J., 2000, "A PC-based tool for evaluation of harmonics and power in three-phase power electronic converters", Proceedings of COMPEL 2000 The 7th Workshop on Computers in Power Electronics, Blacksburg-Virginia, Jul.16-18, pp.55-58.
- Murata, T., Tsuchiya, T. and Takeda, I., 1990, "Vector control for induction machine on the application of optimal control theory", IEEE Transactions on Industrial Electronics, Aug., Vol.37, pp.283-290.
- Omekanda, A.M., 2003, " A new technique for multidimensional performance optimization of switched reluctance motors for vehicle propulsion", IEEE Transactions on Industry Applications, May-Jun., Vol.39, pp.672-676.

- Polini, W. and Turchetta S., 2004, “Force and specific energy in stone cutting by diamond mill”, International Journal of Machine Tools and Manufacture, Sept., Vol.44, pp.1189-1196.
- Schofield, J.R.G., 1998, “Variable speed drives using induction motors and direct torque control”, IEE Colloquium on Vector Control Revisited, London, Feb.23, pp.5/1-5/7.
- Vaillant, O. R. and Garcia, C., 2003, “PC-based natural gas flow computer using intelligent instrumentation and field bus”, Measurement, Apr., Vol.33, pp.259-271.
- Wang, S.C., Chen, W.S., Liao, W.B., Shen, K.Y. and Chen, Y.L., 2002, “A PC-based measurement system for determining magnetic characteristics of switched reluctance motors”, Proceedings of PowerCon 2002 International Conference on Power System Technology, Kunming-China, Oct.13-17, Vol. 4, pp.2256- 2260.
- Xu, X. P., Li, Y. Malkin, S., 2001, “Forces and Energy in Circular Sawing and Grinding of Granite”, Journal of Manufacturing Science and Engineering, Feb., Vol.123, pp.13-22.
- Xu, X. P., Li,Y., Zeng, W. Y. and Li, L. B., 2002, “Quantitative analysis of the loads acting on the abrasive grits in the diamond sawing of granites”, Journal of Materials Processing Technology, Oct., Vol.129, pp.50-55.
- Xu, X. P., Li,Y. and Yu, Y., 2003, “Force ratio in the circular sawing of granites with a diamond segmented blade”, Journal of Materials Processing Technology, Aug, Vol.139, pp.281-285.
- Yanık, M., 2002, “Delphi”, Beta yay., 1.baskı, İstanbul.

6.1. İnternet Kaynakları

	Erişim Tarihi
1. http://www.advantech.com	31.05.2006
2. http://www.electroind.com	05.10.2006
3. http://www.mefa.com.tr	12.06.2006
4. http://www.esitscale.com	16.11.2006
5. http://www.actmakine.com	17.07.2006
6. http://www.entec.com.tr	10.06.2006

7. ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı	Said Mahmut ÇINAR
Doğum Yeri	Afyonkarahisar
Doğum Tarihi	20.06.1976
Medeni Hali	Evli
Yabancı Dili	İngilizce
Eğitim Durumu (Kurum ve Yıl)	
Lise	Afyon Endüstri Meslek Lisesi, 1993
Lisans	Kocaeli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, 2003
Yüksek Lisans	
Çalıştığı Kurum/Kurumlar ve Yıl aralığı	
AKU Teknik Eğitim Fakültesi	2004

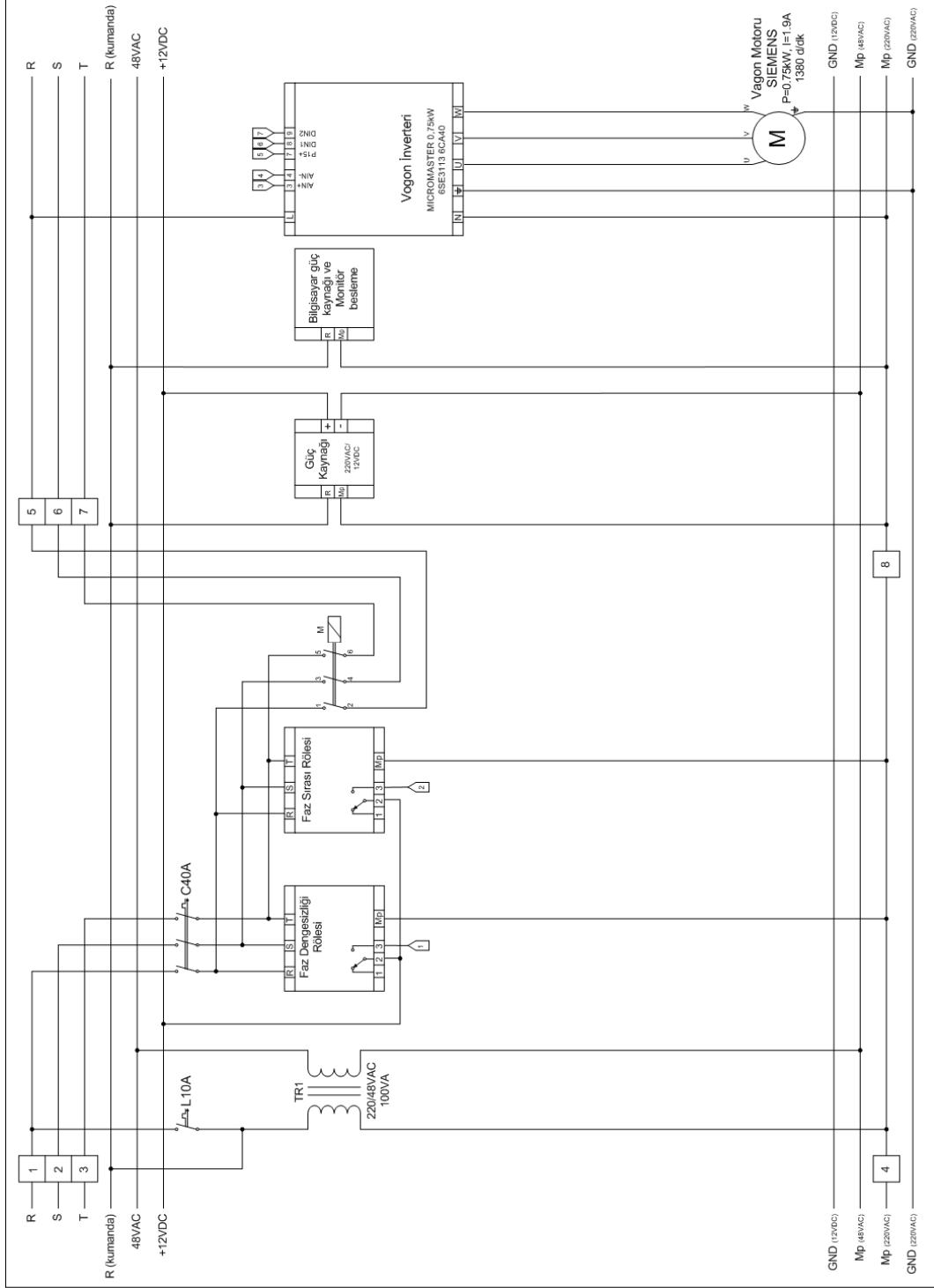
Yayımları (SCI ve diğer)

Cimen H., Nartkaya M., Çınar M., Yabanova İ, " A new microcontroller experiment set for undergraduate students", 4th International Forum on Engineering Education-Integrating Teaching& Reseach with Community Service, 2006.

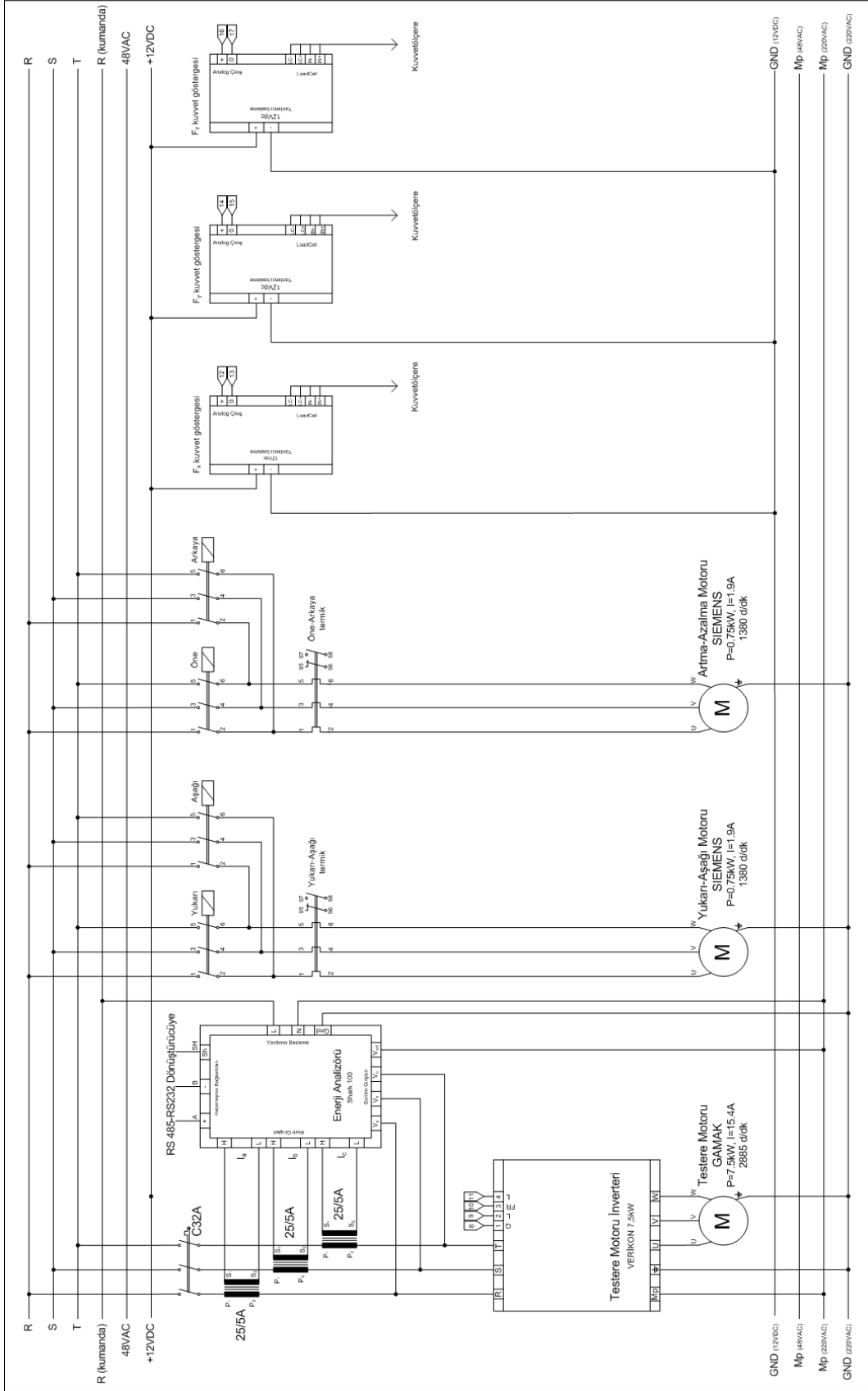
Diğer konular

EKLER:

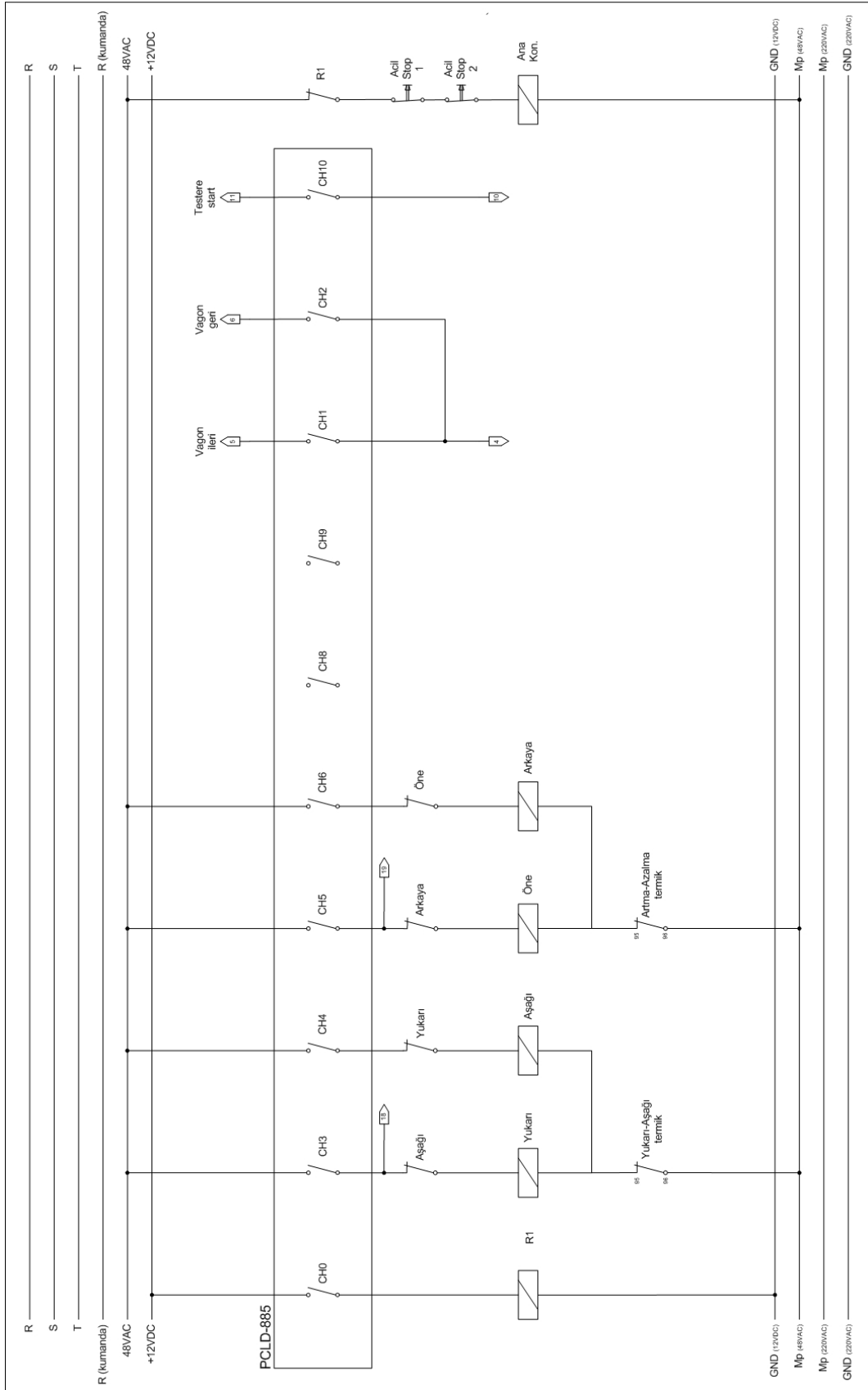
Ek 1. Elektrik bağlantı şemaları



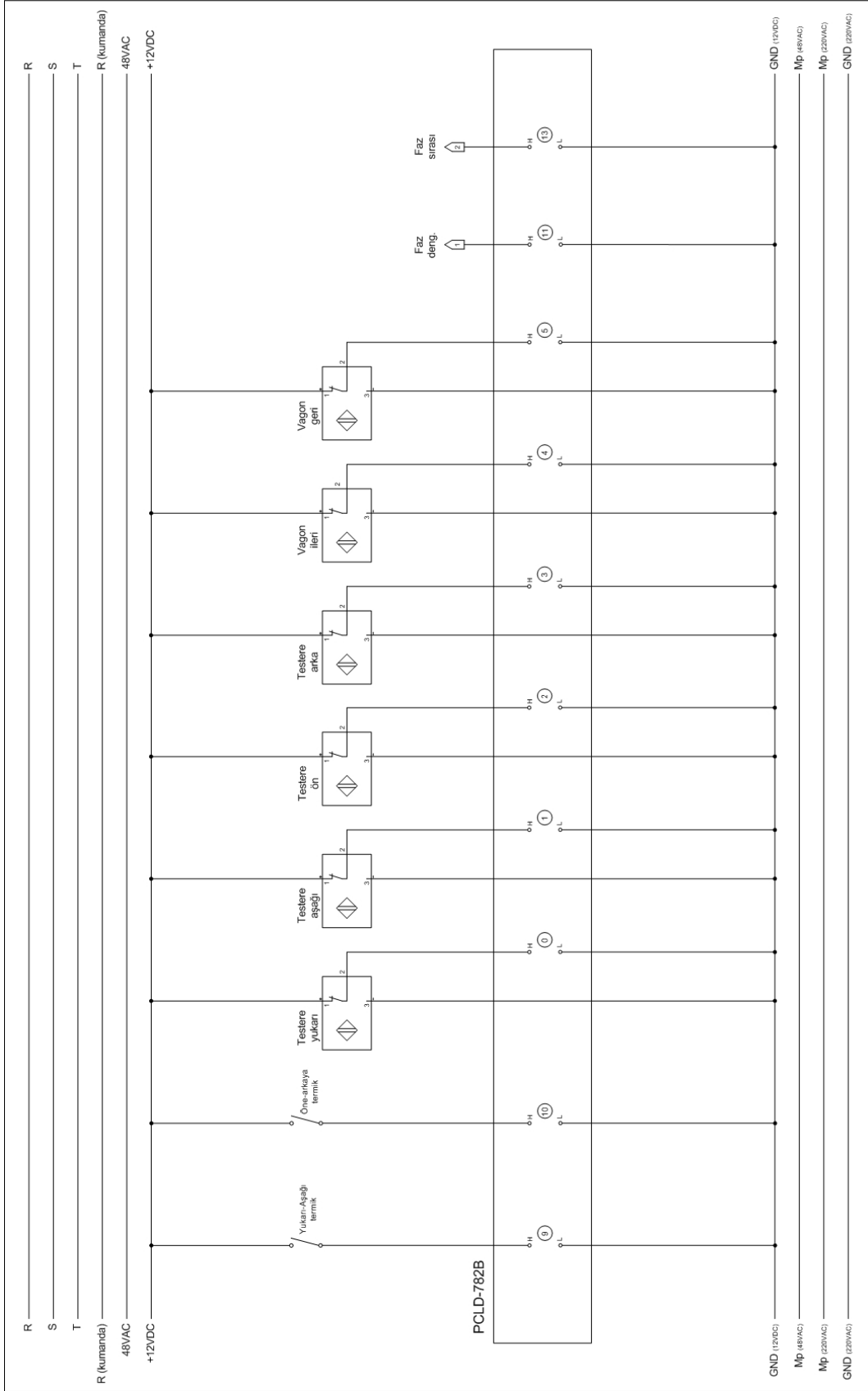
Şekil 1. Elektrik bağlantı şeması 1



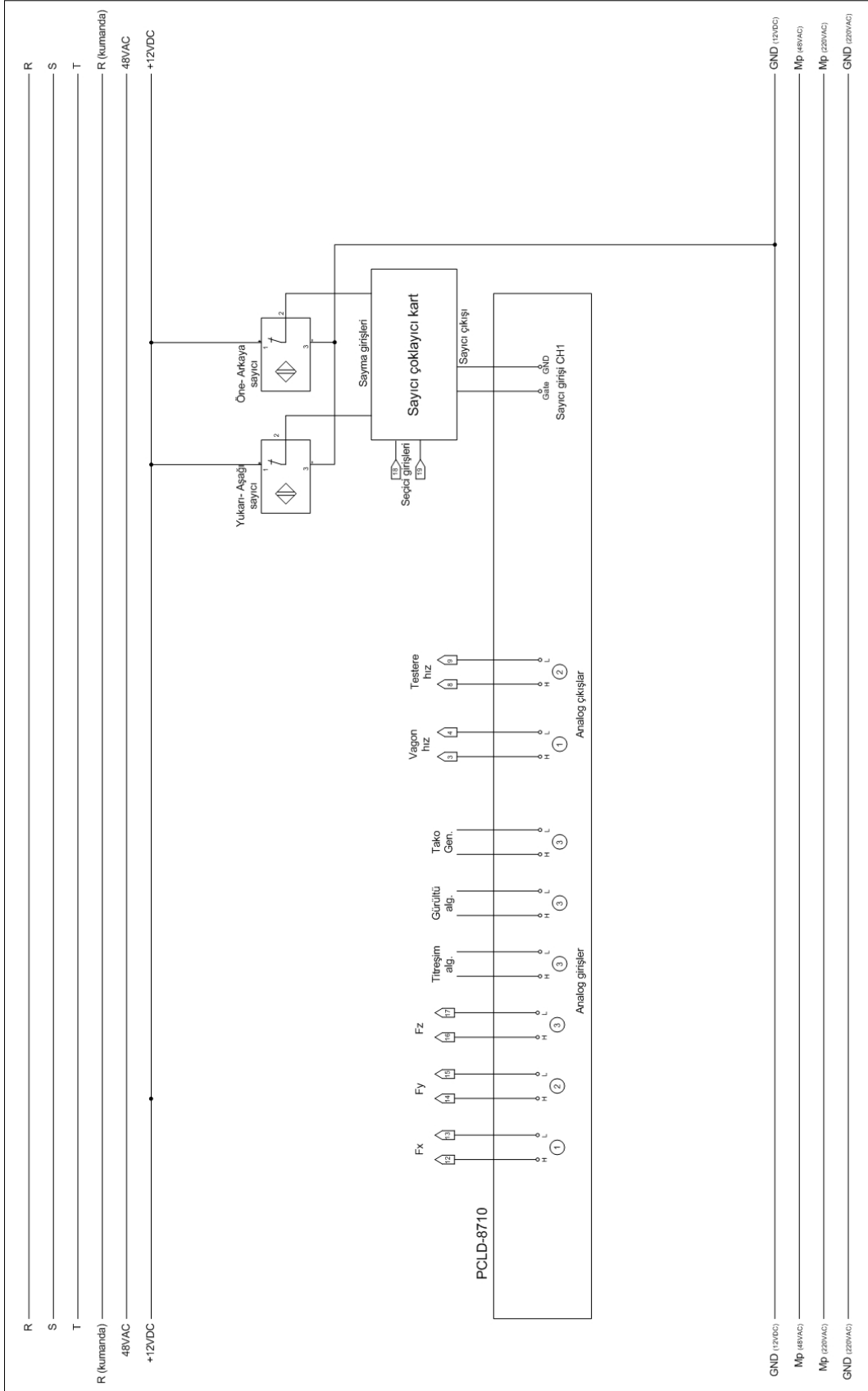
Şekil 2. Elektrik bağlantı şeması 2



Şekil 3. Elektrik bağlantı şeması 3

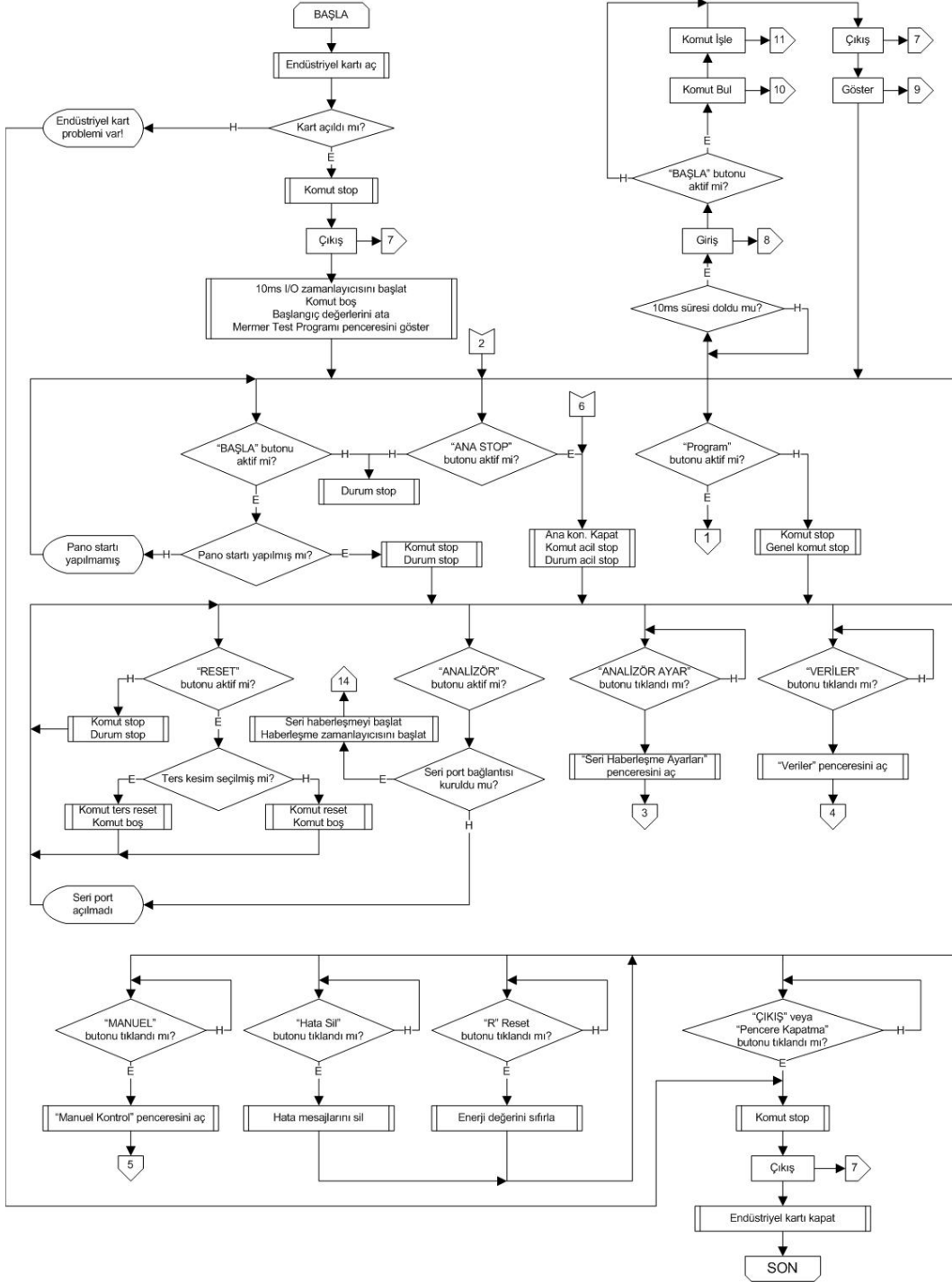


Şekil 4. Elektrik bağlantı şeması 4

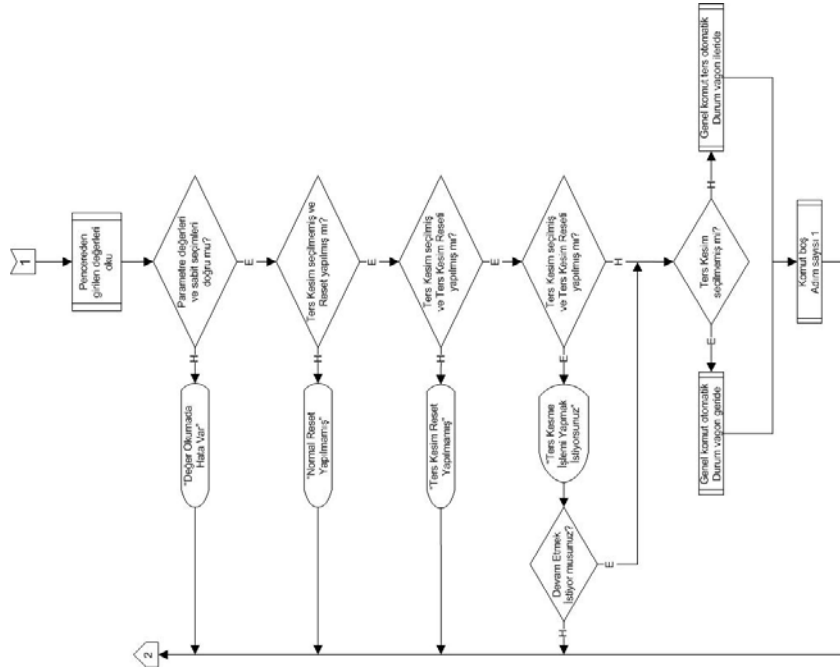


Şekil 5. Elektrik bağlantı şeması 5

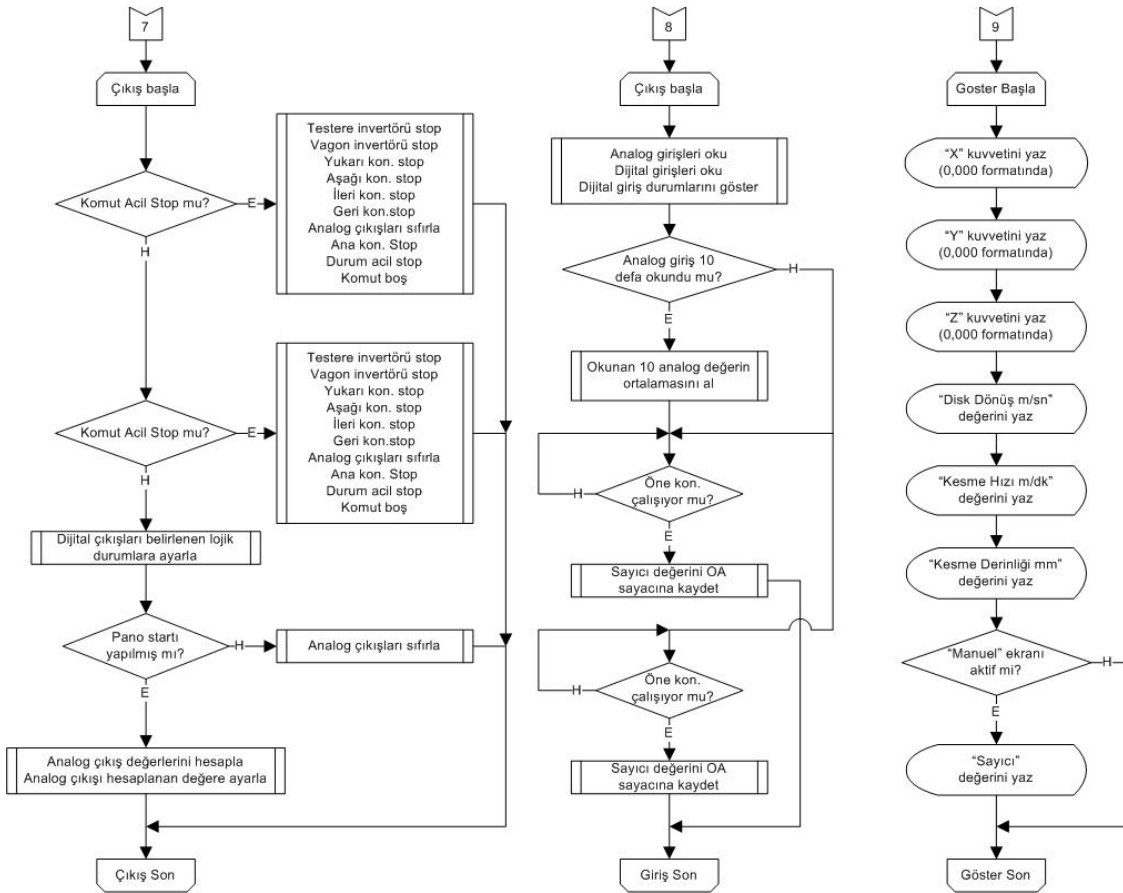
Ek 2. Program algoritması akış diyagramları



Şekil 6. Ara yüz yazılımı akış diyagramı 1



Şekil 7. Ara yüz yazılımı akış diyagramı 2



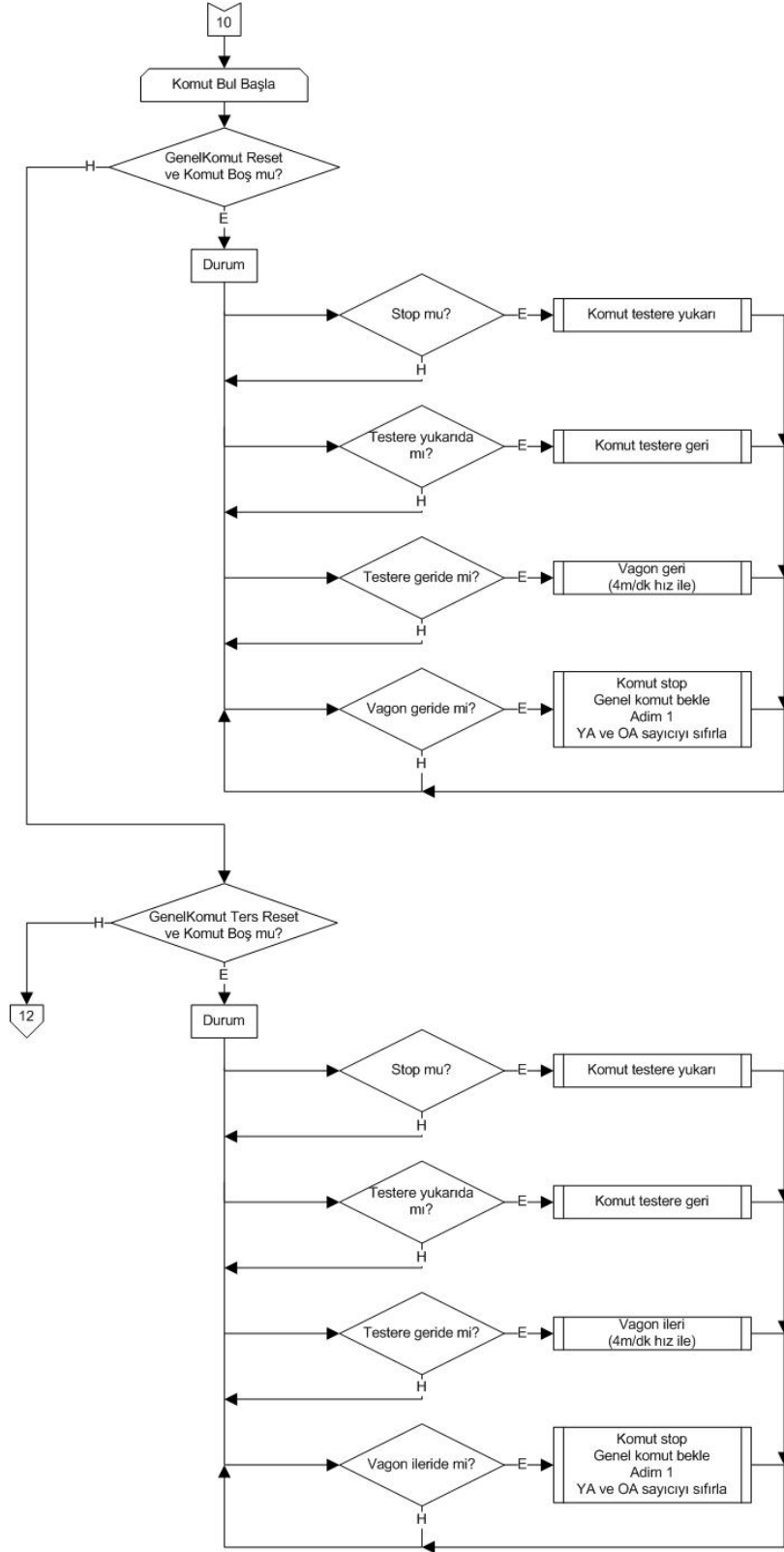
Şekil 8. Ara yüz yazılımı akış diyagramı 3



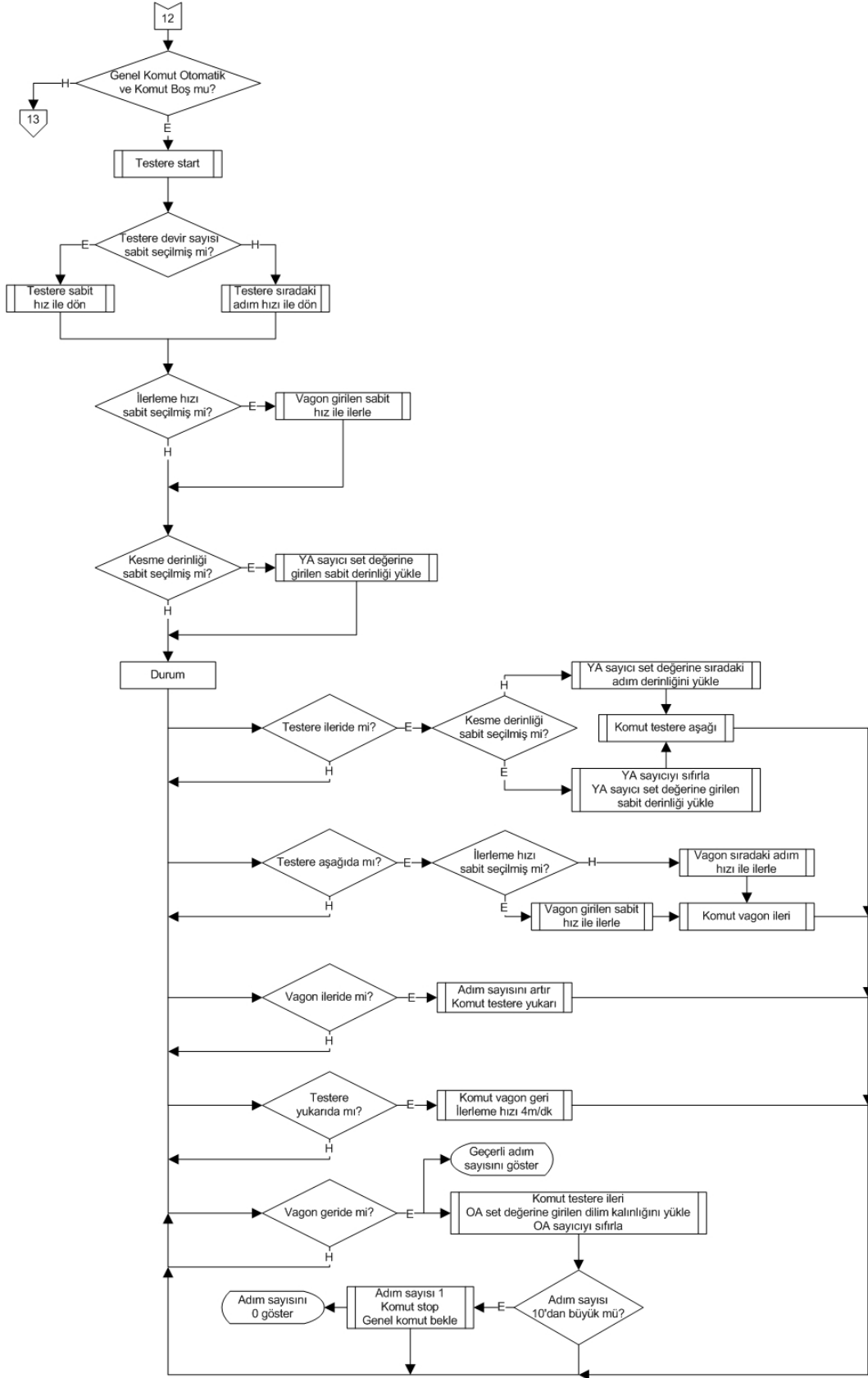
Şekil 9. Ara yüz yazılımı akış diyagramı 4



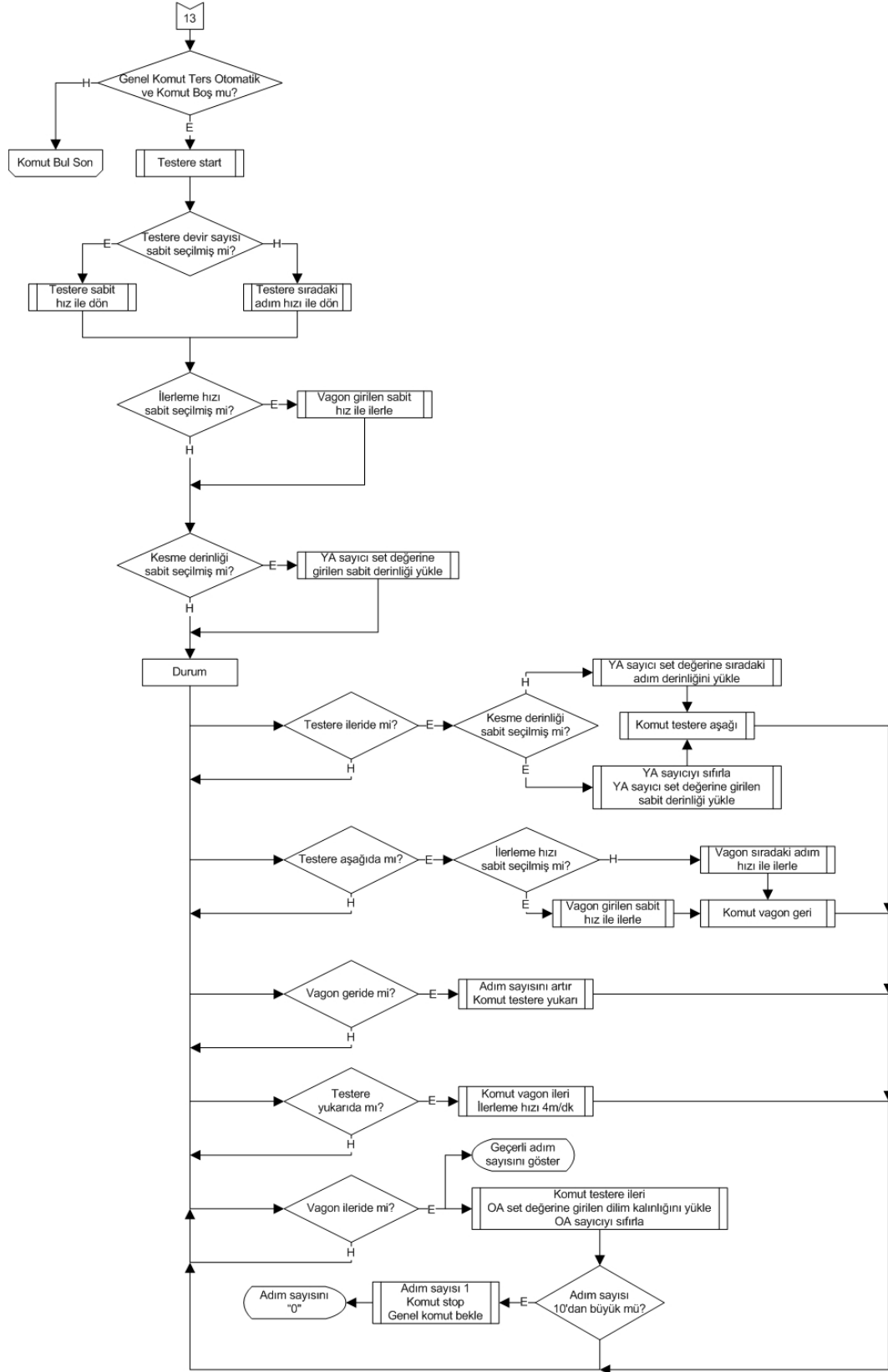
Şekil 10. Ara yüz yazılımı akış diyagramı 5



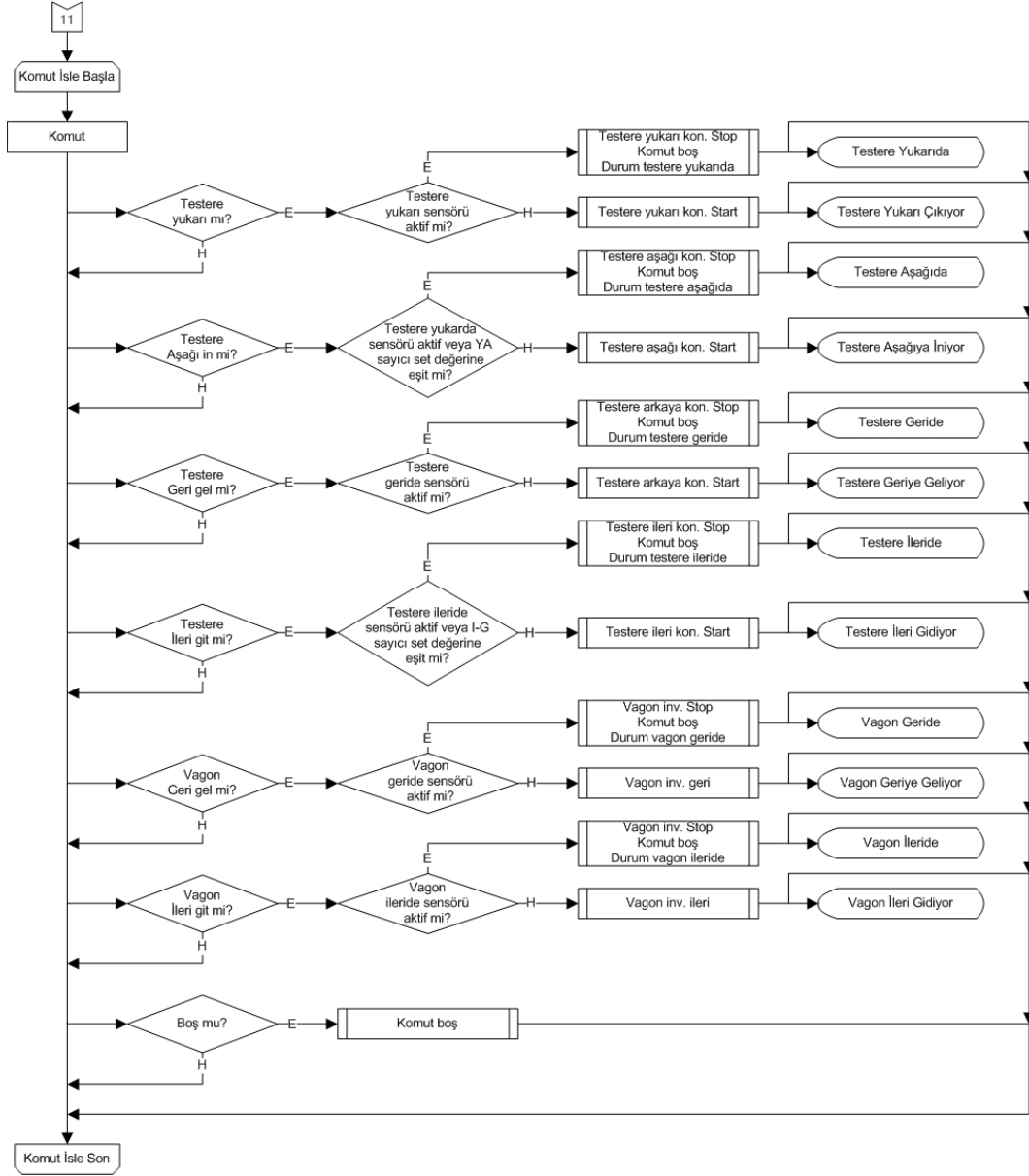
Şekil 11. Ara yüz yazılımı akış diyagramı 6



Şekil 12. Ara yüz yazılımı akış diyagramı 7



Şekil 13. Ara yüz yazılımı akış diyagramı 8



Şekil 14. Ara yüz yazılımı akış diyagramı 9