

83038

DENEY MOTORU VERİ TOPLAMA VE ANALİZ SİSTEMİ TASARIMI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Müh. Alper Tolga ÇALIK

F396Y105

83038

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 8 Ocak 1999

Tezin Savunulduğu Tarih : 4 Şubat 1999

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Metin ERGENEMAN
Diğer Jüri Üyeleri Prof. Dr. Cem SORUŞBAY (İTÜ)
Prof. Dr. Orhan DENİZ (YTÜ)

**TEZ YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANTASYON MERKEZİ**

ŞUBAT 1999

ÖNSÖZ

İçten yanmalı motorların geliştirilmesinde kullanılan araçların başında **deney motorları** gelir. Deney motorları kadar önemli olan bir diğer unsur da motor deney odalarıdır. Deney motorlarının konstrüksiyonunda ve işletme şartlarında birçok değişiklik yapılarak üzerlerinde çok geniş kapsamlı ölçümler gerçekleştirilebilir.

Bu çalışmada Türkiye’de ilk kez geliştirilmekte olan bir deney motoru ana hatlarıyla tanıtılmış ve sözkonusu motorun çalıştırılması için gerekli kontrol işlemlerinden de bahsedilerek deney motoru üzerinden nasıl veri toplandığı anlatılmıştır. Ayrıca deney motorundan elde edilen verilerin değerlendirilmesi sırasında nelere dikkat edileceği veri analizi kısmında vurgulanmıştır. Bu çalışmada emeği geçen ve yardımlarını esirgemeyen dostlarıma ve her zaman yanımda olan aileme teşekkür ederim. Katkıda bulunan kişi ve kuruluşların adları aşağıdadır :

Serbest

Ahmet AKIN

İ.T.Ü.Otomotiv A.B.D.

O.Akın KUTLAR, Hikmet ARSLAN,

Cüneyt UYKUR, Orhan ATABAY,

Metin ERGENEMAN, Ali G. GÖKTAN,

Ahmet GÜNEY, Mustafa KAVİTAŞ,

Bedri DOĞRUL, Mustafa ÖZCAN

Hami ÇEBİ, Salim ÖZCAN

İ.T.Ü Elektrik Makinaları Bölümü

Azmi DEMİREL

Boronkay Oto Tic.ve San.A.Ş.

Taner ÖZKAN

ŞUBAT 1999

Alper Tolga Çalık

İÇİNDEKİLER

KISALTMALAR	vi
TABLO LİSTESİ	vii
ŞEKİL LİSTESİ	viii
SEMBOL LİSTESİ	x
ÖZET	xi
SUMMARY	xii
BÖLÜM 1 GİRİŞ	1
BÖLÜM 2 MOTORUN TANITIMI	4
2.1 Deneysel Çalışmalarda Kullanılan Motor	4
2.2 Motor Üzerinde Deney Amaçlarına Uygun Değişikliklerin Yapılması	6
2.2.1 Piston	6
2.2.2 Silindir Kafası	8
2.2.3 Emme Manifoldu	8
2.2.4 Egzoz Manifoldu	10
2.2.5 İnkremental Enkoder (Açısal Konum Ölçer) Montajı	10
2.2.6 Ateşleme Sistemi	11
2.2.7 Yakıt Püskürtme Sistemi	11
2.2.8 Ateşleme ve Püskürtme Ü.Ö.N. Ayırıcı	12
2.2.9 Motor Elektrik Besleme Sistemi	12
2.3 Deney Düzeneginde Kullanılan Diğer Yardımcı Üniteler	13
2.3.1 Motor Freni	13
2.3.2 Motor Suyu Soğutma Sistemi	13
BÖLÜM 3 MOTORUN KONTROL ELEMANLARI	14
3.1 Kontrol İçin Geliştirilen Yazılım (Program)	15
3.2 Kontrol Kartı	16
3.2.1 8255A Arabirim Entegresi	19
3.2.2 74LS04 Entegresi (Osilatör)	21
3.2.3 74LS90 Entegresi	22
3.2.4 8254-2 Programlanabilir Zamanlama Entegresi	23
3.2.5 ADC0808 Entegresi	31
3.2.6 Kullanılması Düşünülen A / D Çevirici Entegre ADC0808	35
3.2.7 74LS75 Entegresi	39
3.2.8 74LS85 ve 74LS138 Entegreleri	39
3.2.9 Kontrol Kartının Osilatör Katı (Saat Frekansı Üretici)	42
3.2.10 Kontrol Kartının 8255a Arabirim Entegresi Bölümü	43
3.2.11 Kontrol Kartının 8254-2 Programlanabilir Zamanlama Entegresi Bölümü	
3.3 Elektronik Ateşleme Sistemi	45
3.3.1 Tanıtım ve Çalışma Prensibi	46
3.3.2 Sistem Kontrolü	47
3.3.3 Sistem Elemanları	48
3.4 Yakıt Püskürtme Sistemi	49
3.4.1 Tanıtım ve Çalışma Prensibi	50
3.4.2 Sistem Kontrolü	51

3.4.3 Sistem Elemanları	55
3.5 Periyot Atlatma Sistemi	56
3.5.1 Tanıtım ve Çalışma Prensibi	56
3.5.2 Sistem Kontrolü	56
3.5.3 Osiloskop Bağlantısı	59
3.6 Gaz Kelebeği Kumanda Sistemi	60
3.6.1 Kumanda Sistemi	60
3.6.2 Mekanik Kumandanın Mahsurları	60
3.7 Soğutma Sistemi	62
3.7.1 Sistemin Çalışma Prensibi ve Kontrolü	62
3.7.2 Sistem Elemanları ve Bağlantı Şeması	63
3.8 Elektrik Sistemi	65
3.8.1 Motorun Elektrik Sistemi	65
3.8.2 Sistem Şeması	67
3.9 Yükleme Freni	68
BÖLÜM 4 VERİ TOPLAMA ELEMANLARI	70
4.1 Veri Toplama Temelleri	70
4.1.1 Kişisel Bilgisayar (PC)	71
4.1.2 Algılayıcılar	72
4.1.3 Sinyal Şartlandırma	72
4.1.4 Veri Toplama Donanımı	73
4.1.5 Yazılım	80
4.1.6 Kendi Sistemini Geliştirme	81
4.2 Deneylerin İstatistiksel Planlanması	82
4.3 Deney Planı	89
4.4 Cihaz ve Algılayıcı Seçimi Üzerine Notlar	92
4.4.1 Genel Yorumlar	92
4.4.2 Zaman Aralığı	92
4.4.3 Durgun Kuvvet	94
4.4.4 Çevrimsel Kuvvet	95
4.4.5 Durgun Basınç	95
4.4.6 Çevrim Basıncı	95
4.4.7 Konum Takibi	96
4.4.8 Yer Değiştirme	96
4.4.9 İvmelenme	96
4.4.10 Sıcaklık	97
4.5 İçten Yanmalı Motorlarda Ölçüm	98
4.5.1 Motor Dönme Sayısı	99
4.5.2 Moment	101
4.5.3 Üst Ölü Nokta (Ü.Ö.N) Ayırıcı	105
4.5.4 Gaz Kelebeği Konumunun Ölçümü	112
4.5.5 Sıcaklık Ölçümü	113
4.5.6 Periyot Atlatma Kelebeğinin Konum Takibi	114
4.5.7 Yakıt Tüketiminin Ölçümü	116
4.5.8 Emme Havası Debisinin Ölçümü	123
4.5.9 Dönme Sayısı Çalkantısının Ölçümü	130
4.5.10 Egzoz Emisyonlarının Ölçümü	130
4.6 Ortam Şartlarının Ölçümü	131
4.7 Veri Analizi	132

4.7.1 Hassasiyeti İzleme ve Hassasiyet Takibi: Deney Sonuçlarının İstatistiksel Analizi	132
BÖLÜM 5 SONUÇLAR ve ÖNERİLER	145
KAYNAKLAR	150
EK A	152
EK B	156
EK C	169
ÖZGEÇMİŞ	170



KISALTMALAR

Ü.Ö.N.	: Üst Ölü Nokta
PC	: Personal Computer
PCI	: Peripheral Component Interface
ISA	: Industry Standard Architecture
EISA	: Enhanced Industry Standard Architecture
ADC	: Analog Digital Converter
IRQ	: Interrupt Request
CPU	: Central Processing Unit
GND	: Ground
KMA	: Krank Mili Açısı
TTL	: True Transistor Logic
LSB	: Least significant byte
KA	: Kapama avansı
KS	: Kapama süresi
NTC	: Negative Temperature Coefficient
NS	: Normal-Skip
NNS	: Normal-Normal-Skip
NSS	: Normal-Skip-Skip
NNSS	: Normal-Normal-Skip-Skip

TABLO LİSTESİ

	<u>Sayfa No:</u>
Tablo 2-1: Lombardini 3ld450 Tipi, Su Soğutmalı, Direkt Püskürtmeli Diesel Motorunun Teknik Özellikleri.....	6
Tablo 3-1: 8255A Entegresinin Bacaklarının Anlamları.....	20
Tablo 3-2: 8254-2 Entegresinin Bacaklarının Anlamları.....	25
Tablo 3-3: Sayıcıların Kontrol Kelimesi.....	29
Tablo 3-4: Giriş Kanallarına Karşılık Gelen Adres Bilgileri.....	38
Tablo 3-5: 74LS85 Entegresinde Örnek Bir Karşılaştırma.....	41
Tablo 3-6: 74LS138 Entegresi Giriş Değerlerine Karşılık Gelen Çıkış Uçları	42
Tablo 3-7: Ateşleme Sisteminin Başlıca Elemanları.....	50
Tablo 3-8: Püskürtme Sisteminin Başlıca Elemanları.....	55
Tablo 3-9: Soğutma Sisteminde Kullanılan Başlıca Elemanlar.....	64
Tablo 4-1: Üç Parametre İçin Test Programı.....	84
Tablo 4-2: Ana Etkiler ve Etkileşimler.....	87
Tablo 4-3: Deneysel Çalışma Noktaları.....	91
Tablo 4-4: Periyot Atlamalı Deney Noktalarına Örnekler.....	91
Tablo 4-5: Sıklıkla yapılan Ölçmelerde Gerek Duyulan Cihaz, Algılayıcılar.	93
Tablo 4-6: Kullanılan Enkoderin Özellikleri.....	100
Tablo 4-7: Ü.Ö.N Ayırıcı Elemanları.....	112
Tablo 4-8: Egsoz Sıcaklığı Ölçüm Elemanları.....	113
Tablo 4-9: Soğutma Suyu Sıcaklık Ölçerleri ve Göstergesi.....	114
Tablo 4-10: Konum Takibi için Kullanılan Potansiyometre.....	115
Tablo 4-11: Doğru ve Hatalı Yakıt Tüketimi Ölçümüne Birer Örnek.....	122
Tablo 4-12: Orifisler için Yaklaşık Debiler.....	125
Tablo 4-13: Deneylerde Kullanılan Debimetreler.....	129
Tablo 4-14: Hassasiyet Tanımlamaları.....	135

ŞEKİL LİSTESİ

	<u>Sayfa No:</u>
Şekil 2-1 Lombardini 3LD Tipi Hava Soğutmalı, Direkt Püskürtmeli Diesel Motoru Kesit Resmi.....	5
Şekil 2-2 Piston Değişikliğinden Sonra Ölçülen Kompresyon.....	7
Şekil 2-3 Orijinal ve Değiştirilmiş Piston.....	7
Şekil 2-4 Deney Motoru Silindir Kafası Kesit Resmi.....	9
Şekil 2-5 Emme Manifoldu Şeması.....	9
Şekil 3-1 Proje Adlı Kontrol Programı Çalıştırıldıktan Sonra Bilgisayar Ekranında Görülen Kontrol Menüleri.....	15
Şekil 3-2 Kontrol Kartının Genel Görünümü.....	17
Şekil 3-3 8255A Arabirim Entegresinin Bacak Yapısı.....	20
Şekil 3-4 Kontrol Kelimesinin Anlamı.....	21
Şekil 3-5 74LS04 Entegresinin Bacak Bağlantısı.....	22
Şekil 3-6 74LS90 Entegresinin Bacak Bağlantıları.....	23
Şekil 3-7 500 KHz Saat Frekansı Üretme Devresi.....	23
Şekil 3-8 8254-2 Entegresinin Bacak Bağlantıları ve Blok Diyagramı.....	24
Şekil 3-9 8254-2 Entegresinin Sistem Arayüzeyi.....	26
Şekil 3-10 8254 Entegresinde Bir Sayıcının İç Blok Diyagramı.....	28
Şekil 3-11 (a)Analog Sinyalin Değişimi (b)Analog Görüntü.....	32
Şekil 3-12 (a)Ayrı Zaman Sinyali (b)Zaman Adımlarının Formu.....	33
Şekil 3-13 (a) Dijital Sinyal-(b) Dijital Sinyal Dalga Formu.....	34
Şekil 3-14 ADC0808 Entegresinin Blok Diyagramı.....	37
Şekil 3-15 ADC0808 Entegresinin Bacak Bağlantıları ve Anlamları.....	38
Şekil 3-16 74LS75 Entegresinin Bacak Bağlantıları.....	39
Şekil 3-17 74LS85 ve 74LS138 Entegrelerinin 16 Bit Genişleme Yuvası ile Bağlantıları.....	40
Şekil 3-18 8255A Arabirim Entegresinin 16 Bit Genişleme Yuvası ve ADC ile Bağlantıları.....	43
Şekil 3-19 8255A Entegre Seçim Mantığı (a) ve Giriş-Çıkış Port Adresleri (b)....	44
Şekil 3-20 8254-2 Entegresinin Adreslenmesi.....	45
Şekil 3-21 Periyot Atlamalı Çalışmada Ateşleme Zamanları.....	47
Şekil 3-22 Ateşleme Güç Kontrol Kartı.....	48
Şekil 3-23 Ateşleme Güç Kontrol Kartı Bağlantı Şeması.....	49
Şekil 3-24 Deney Motoru Yakıt Püskürtme.....	52
Şekil 3-25 Yakıt Basınç Regülatörü.....	53
Şekil 3-26 Püskürtme ve Solenoid Güç Kontrol Kartı.....	54
Şekil 3-27 Püskürtme ve Solenoid Güç Kontrol Kartı Bağlantı Şeması.....	54
Şekil 3-28 Açma – Kapama Kelebeğinin Zamanlama Kontrolü.....	59
Şekil 3-29 Soğutma Sisteminin Genel Şeması	63
Şekil 3-30 Deney Motorunun Elektrik Sistemi.....	67
Şekil 3-31 Schenck W70 Frenin (a) Moment Ayar Modu; (b) Devir Sayısı Modu	68

Şekil 3-32	Schenck W70 Frenin (a) Sabit Devir Sayısı Modu; (b) Devrin Karesiyle Orantılı Moment Modu.....	69
Şekil 4-1	Bilgisayar Tabanlı Bir Veri Toplama Sisteminin Elemanları.....	71
Şekil 4-2	3bit Çözünürlükle Dijitalleştirilmiş Bir Sinüs Dalgası.....	75
Şekil 4-3	Gerilim Değerlerine Karşılık Gelen İdeal Kod Genişlikleri.....	77
Şekil 4-4	Düzensizlik Gösteren İkili Kod ve Gerilim Noktaları.....	77
Şekil 4-5	Diesel Motoru Yanma Odası.....	83
Şekil 4-6	Ana Etkileri Gösteren Parametreler Arası İlişki.....	86
Şekil 4-7	Motor Haritası, Moment, Hız ve Yakıt Tüketimi.....	88
Şekil 4-8	İnkremental Enkoderin Sinyalleri.....	101
Şekil 4-9	Dinamometre Bağlantısı ve Moment Ölçümü.....	102
Şekil 4-10	Birinci Tip Ü.Ö.N Ayırıcı.....	107
Şekil 4-11	İkinci Tip Ü.Ö.N Ayırıcı.....	108
Şekil 4-12	Üçüncü Tip Ü.Ö.N Ayırıcı.....	109
Şekil 4-13	Dördüncü Tip Ü.Ö.N. Ayırıcı.....	110
Şekil 4-14	Ü.Ö.N Ayırıcı Kartı.....	111
Şekil 4-15	Ü.Ö.N Ayırıcı Kartı Bağlantı Şeması.....	111
Şekil 4-16	Potansiyometre ile Osiloskop Bağlantısı.....	115
Şekil 4-17	Osiloskop ile Kelebeğin Konum Takibi.....	116
Şekil 4-18	Geri Dönüş Hatlı Yakıt Ölçüm Sistemi.....	118
Şekil 4-19	Deney Motoru Yakıt Ölçme Sistemi.....	121
Şekil 4-20	Manometre ve Orifis ile Birlikte Sönümleme Deposu.....	124
Şekil 4-21	Tek Silindirli Dört – Zamanlı Bir Motorda Emme Havasının Debisi..	126
Şekil 4-22	Emme Havası Debi Ölçüm Düzenegi.....	129
Şekil 4-23	Değişik Türde Hatalar.....	136
Şekil 4-24	Bir Frekans Dağılımı.....	140
Şekil 4-25	Normal (Gauss) Dağılımı.....	141
Şekil A-1	Gaz keleşi ve emme manifoldu	152
Şekil A-2	Ana kontrol kartı.....	152
Şekil A-3	Ateşleme güç kontrol kartı.....	153
Şekil A-4	Püskürtme ve periyot atlatma güç kontrol kartı.....	153
Şekil A-5	Ü.Ö.N. ayırıcı kartı.....	154
Şekil A-6	Frene montajı yapılmış Ü.Ö.N. ayırıcı.....	154
Şekil A-7	Geliştirilmesi düşünülen birinci devre kontrollü su şartlandırma ünitesi.....	155
Şekil C-1	Örnek dönme sayısı çalkantı verileri.....	169

SEMBOL LİSTESİ

f	: frekans
T	: periyot
t	: zaman
a	: entegrenin değeri sayarkenki adım değeri
K	: sayıcıya yüklenen gecikme değeri
M	: moment
n	: devir sayısı
V_s	: strok hacmi
V	: Hacim
C	: C programlama dili
T₁	: Frene giriş momenti
T₂	: Frenin okuduğu moment
ÖH	: ölçme hatası
D	: boydan boya oyuk çapı
r	: yarıçap
d	: oyuk derinliği
θ	: merkezi konini açısı
h	: enjektörün yüksekliği
p	: püskürtme basıncı
ρ	: yakıt yoğunluğu
V	: yakıt tüketimi (hacimsel)
N	: Motor hızı
T	: Motor momenti
F	: Moment hissedicisi kuvveti
R	: Dinamometre moment kolu yarıçapı
P	: Motor gücü
sfc	: özgül yakıt tüketimi
R	: ideal gaz sabiti
ρ	: havanın yoğunluğu

DENEY MOTORU VERİ TOPLAMA ve ANALİZ SİSTEMİ TASARIMI

ÖZET

Deney motorları ve motor deney odalarıyla ilgili veri toplama konusu otomotiv sektörünü yakından ilgilendirir. Bu çalışmada deney motoruna özgü kontrol ve veri toplama işlemleri anlatılmıştır.

İTÜ Otomotiv Anabilim Dalında hazırlanmakta olan bir deney motorunda yapılan veri toplama işlemlerinin açıklanması amacıyla böyle bir çalışmaya gerek duyulmuştur. Öncelikle deney motorunun çalışır hale gelmesi için üzerinde yapılan değişiklik ve kontrol işlemleri anlatılmış daha sonra deney motoru üzerinde yapılan veri toplama işlemleri ve toplanan verilerin değerlendirilmesinde nelere dikkat edilmesi gerektiği vurgulanmıştır.

Anlatım; kontrol ,veri toplama ve analizi başlıkları altında hem kullanılan deney motoruna özgü hem de genel bilgiler içermektedir. Deney motoru ile yapılan motor deneyleri sırasında karşılaşılan güçlükler ve çözüm yolları hakkında da, gelecekte yapılması düşünülen deneylere yardımcı olması amacıyla bilgi verilmiştir.

Sözkonusu deney motorunun elektronik kontrol işlemleri PC ile gerçekleştirilmiştir. Kontrol ve veri toplama için kullanılan yazılımın C programlama dilinde yazılıp, gerekli olan kontrol kartının hazırlanması Ahmet AKIN tarafından gerçekleştirilmiştir. Kontrol işlemleri ateşleme, püskürtme ve kullanılan deney motoruna özgü peryot atlatma sistemlerini içermektedir. Veri toplama işlemleri ; motor dönme sayısı , moment, yakıt tüketimi, hava debisi, egzoz emisyonları, sıcaklık, kelebek konum takibi, dönme düzgünsüzlüğü alanlarında gerçekleştirilmiştir. Ayrıca veri toplama kısmında veri toplamanın temel prensip ve deyimlerinden bahsedilmiş, algılayıcıların seçiminde dikkat edilmesi gereken hususlar belirtilmiş ve ölçme hassasiyeti ile ilgili pratik açıklamalara yer verilmiştir. Veri analizi kısmında veri analizinde nasıl bir yöntem izlenebileceğiyle ilgili örnek oluşturacak bir yöntemden bahsedilmiştir.

İleriki çalışmalarda kontrol ve veri toplama ile ilgili eksik kalan sistemlerin geliştirilmesi planlanmakta ve özellikle, deney motoru üzerinde basınç ölçümüyle ilgili eksikliklerin giderilmesi amaçlanmaktadır.

DATA ACQUISITION AND ANALYSIS FROM RESEARCH ENGINE

SUMMARY

Data acquisition from research engines and engine test beds are closely related with automotive industry. In this study data acquisition and analysis processes related with research engine is described.

This aim of this study is to answer the need of explaining data acquisition and control systems of a research engine developed in Automotive Division of Istanbul Technical University. At the beginning modifications made on the research engine and necessary control equipment to made it properly working had been described, then data acquisition from research engine and important points of data analyzing emphasized.

Expression contains information about control, data acquisition and analysis subjects in general and proper to research engine. Some useful tips are given from the experiences gained while carrying out initial tests to help others who are planning making similar research engine tests.

The control and data acquisition are processed by the help of a software (written in C programming language) and a hardware (main and auxiliary control cards) which are developed and adapted to a PC by Ahmet AKIN. The main control processes are ignition, fuel injection, controlling of skip period cycle system which is peculiar to our research engine. Data acquisition processes are rotational speed, dynamometer torque, fuel consumption, airflow rate, exhaust emissions, temperature, throttle valve position detection and variations in rotational speed. In addition, in data acquisition chapter, fundamentals of data acquisition and notes on the choice of instruments and transducers are given and furthermore some practical considerations about accuracy are mentioned. In data analysis chapter, a method for statistical design of experiments is described.

For further studies completing lacks in control and data acquisition field in our department will be planned and especially the subject of pressure measurement on research engine will be investigated.

BÖLÜM 1 GİRİŞ

Bugün Dünya’da çok sayıda içten yanmalı motor üreticisi mevcut olup bu üreticilerin büyük çoğunluğu motor üretiminin yanısıra geliştirme çalışmalarında da bulunur. İçten yanmalı motorların geliştirilmesi farklı alanlardaki teorik ve deneysel çalışmaların bir bütünü olup birçok mühendislik dalının uygulamasını içerir.

Türkiyede üretilen motorlar, adet ve teknoloji olarak Dünya geneliyle kıyaslandığında; üretim adedi daha geri olmakla birlikte, motor teknolojisi olarak gelişmiş ülkelerdeki üreticilere yakın ya da eşdeğer nitelikte olanlar da mevcuttur. Ancak teknoloji alanındaki bu yakınlık sanıldığı gibi Türkiye’deki üreticilerin motor geliştirme konusunda yabancı ülkelerdeki üreticiler kadar deneyimli ve başarılı olmasından değil, yabancı üreticilerin lisansı altında üretim yapmalarından kaynaklanmaktadır. Motor geliştirme işinin; mevcut bir bilgi birikimi, bu bilgiyi işleyebilecek ve yenisini kazandırabilecek farklı alanlarda çalışan deneyimli personel, yeni ürünlerin deneneceği dünya standartlarında deney düzenekleri gerektirmesi ve tüm bunların oluşturulmasının maliyetinin ancak belirli bir adedin üzerinde üretim yapan üreticiler tarafından karşılanabilmesi, Türkiye’de ki motor üreticilerinin motor geliştirme konusundaki eksikliklerinin nedenleri olarak gösterilir. İlk bakışta bu yaklaşım doğru gibi görülmekle birlikte aslında imkanların sanıldığı kadar az olmadığı ancak Türkiye’de hala kişi ve kuruluşların belirli bir konu üzerinde sistematik olarak birlikte ve uzun süreli çalışma becerisini kazanamamış olması nedeniyle, konuyla ilgili olan üretici, üniversite ve devlet kurumları motor geliştirme konusunda bir altyapının kurulmasını henüz başaramamıştır. Bu eksikliği giderme çabasında olan ve bu alanda kendi altyapısını oluşturmaya çalışan üreticiler de mevcut olup onlar da bahsedilen bu olumsuzluklardan ötürü henüz daha emekleme döneminindedir.

Sözkonusu altyapının kurulabilmesi için yeterli derecede bilgi birikimi ve bu bilgiyi kullanabilecek yetişmiş eleman Türkiye'deki Üniversite ve Sanayi kuruluşlarında mevcut olmasına rağmen gerekli deney ekipmanları ve sistemleri bakımından büyük bir eksiklik sözkonusudur.

Motor geliştirilmesinde kullanılan deney ekipmanlarının en başında **Deney Motoru** gelmektedir. Motor geliştirme çalışmaları için özel deney ekipmanları (Deney motoru, Motor Şartlandırma üniteleri) ve komple deney sistemleri (Deney Odaları) üreten; FEV (Almanya), BASF (Almanya), AVL (Avusturya), Ricardo (İngiltere), Cussons (İngiltere) ve CFR (ABD) gibi birçok yabancı firma mevcuttur. Ancak bu tür ekipmanların temini, az sayıda ihtiyaç duyulduğu ve her üreticinin kendi ihtiyacına göre özel olarak tasarlandığı için, son derece pahalı olmaktadır. Buna rağmen motor üreticilerinin büyük çoğunluğu motor geliştirme çalışmalarını bu firmalarla işbirliği yaparak ve onların ürettiği özel deney ekipmanlarını ve komple deney sistemlerini kullanarak sürdürmektedir. Bu beklenen bir uygulamadır çünkü motor geliştirme işini yapan üreticiler bu tür ekipmanları kendi kendilerine üretecek zamanı bulamamakta ve bu iş için gerekli personel temini külfetine girmek istememektedirler, ancak hemen hepsi yüksek miktarlarda üretim yaptığından böylesine yüksek maliyetli çalışmaları karşılayabilmektedirler [1].

Motor geliştirme işiyle uğraşan akademik kurumlar (Üniversiteler) için ise durum oldukça farklıdır. Üniversitelerin üretime yönelik çalışan ticari kurumlar olmamasından ötürü araştırma geliştirme çalışmaları için yapılabilecek harcamalar sanayi kuruluşlarına oranla daha kısıtlıdır. Üniversitelerde yapılan motor geliştirme çalışmaları da en az sanayideki uygulamalarda olduğu gibi yüksek teknolojiye sahip deney ekipmanları ve sistemleri gerektirir. Ancak, deney ekipmanı geliştirmenin de bir tür akademik çalışma olması nedeniyle bu iş için üniversitelerde daha kolay zaman ayrılabilir ve daha önce belirtildiği gibi harcama miktarlarının daha düşük olmasından ötürü, üniversiteler, çalışmalarında ihtiyaç duydukları bu tür pahalı ekipmanların ve sistemlerin hepsini, sayılı birkaç üreticiden almak yerine, mümkün mertebe kendi çabalarıyla geliştirdikleri ekipmanları ve sistemleri kullanırlar. Bu durum deney ekipmanı üreten özel firmaların bulunduğu ülkelerde de aynıdır.

İlginç olan ise bu tür firmaların bulunmadığı ülkelerde (Örneğin Türkiye) bulunan ve maddi imkanları daha kısıtlı olan üniversitelerde bu tür özel ekipmanlar daha çok satın alınır.

Burada vurgulanmak istenen; Üniversitelerin bu tür özel ekipmanların bir kısmını, olanakları derecesinde, kendi içinde veya ilgili sanayi kuruluşlarıyla işbirliği yaparak temin edebildiği ve araştırma geliştirme çalışmalarını daha az harcamayla yürütebildiğidir. Bu ekipmanlar içinde en başta gelen Deney Motoru ayrı bir çalışma konusudur ve Türkiyede geliştirilmiş ve üretilen bir Deney Motoru, birazdan bahsedilecek olan ve bu çalışmanın da konusunu oluşturan örnek dışında, yoktur [2].

Bu çalışma, buraya kadar özetlenmeye çalışılan “Türkiye de motor geliştirme uygulamalarının çok az olması ve bu iş için gerekli deney ekipmanının hemen hiç üretilmemesi”konusundaki eksikliği gidermek üzere daha önceden planlanmış ve halen sürdürülmekte olan bir dizi çalışmanın bir parçasıdır. Dolayısıyla bu ne bir başlangıç ne de bir sonuç niteliği taşır. Çalışmada, Türkiyede üretilmiş ve “Deney Motoru” haline dönüştürülmüş (tek silindirli bir dizel motoru) ilk ve tek Deney Motorunun kısaca tanıtımı yapılacak ve bu motor üzerinde uygulanan kontrol ,veri toplama, veri analizi işlemlerinin nasıl yapıldığı ve ilerisi için planlanan geliştirmeler ele alınacaktır.

BÖLÜM 2 MOTORUN TANITIMI

2.1 DENEYSEL ÇALIŞMALARDA KULLANILAN MOTOR

Deneysel çalışmaları yürütebilmek için gereksinim duyduğumuz ana malzeme olan motorun seçiminde, aşağıda belirtilen kıstaslar gözönüne alınmıştır :

- Tek silindirli bir benzin motoru olmalıdır.
- Soğutma su ile olmalıdır.
- Yardımcı üniteler (alternatör, su pompası, yağ pompası vs.) motor tarafından tahrik edilmemelidir.
- Yakıt - hava karışımı, yakıt püskürtme ile sağlanmalıdır.
- Motorun geometrik özellikleri (çap, strok, sıkıştırma oranı, yanma odası geometrisi vs.) güncel motorlara benzemelidir.
- Motor üzerinde kolay değişiklik yapılabilmelidir.

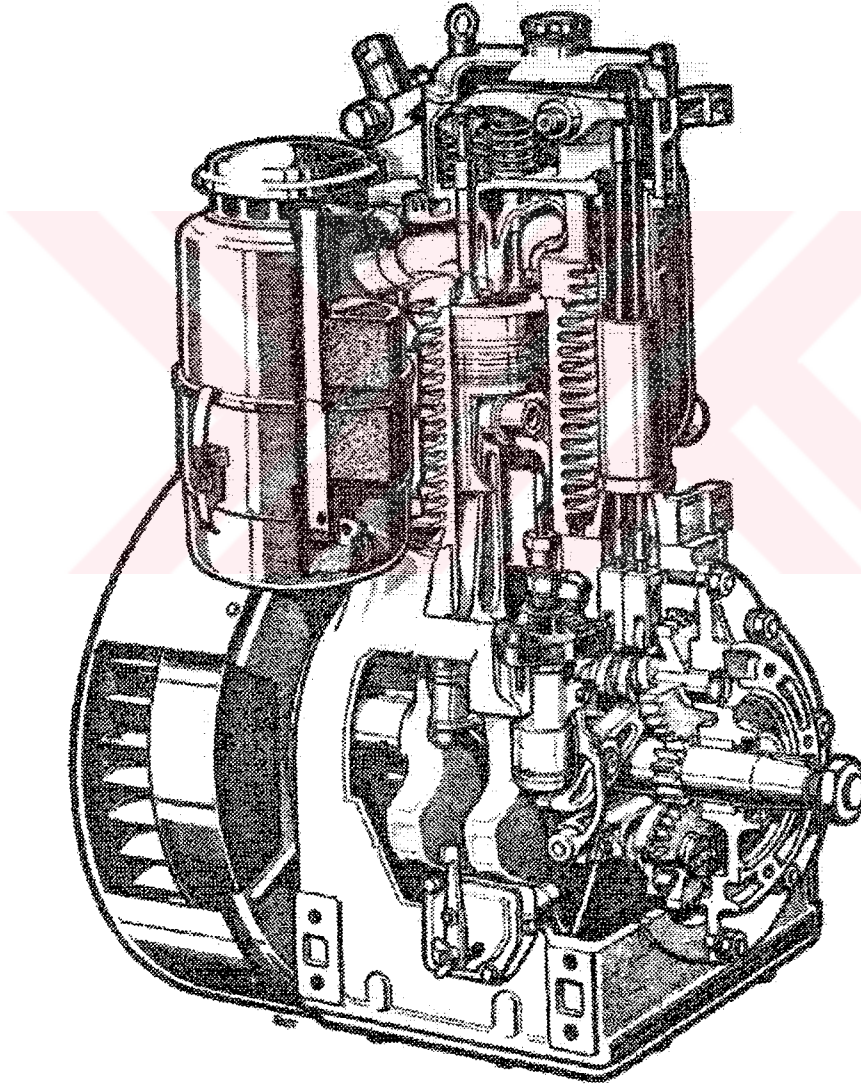
Ölçüm elemanları için yeterli ve uygun yer olmalıdır.

Deneysel çalışma için motor üzerinde bir çok değişiklik ve ölçümün yapılması gerektiğinden, tek silindirli bir motor kullanılmıştır. Bu karara varırken, literatürde yer alan bir çok akademik ve araştırma amaçlı çalışmada, tek silindirli motor kullanılması da rol oynamıştır. İngilizce literatürde bu tip motorlar “Single Cylinder Research Engine (SCRE)” olarak isimlendirilmektedir [1].

Ayrıca motor geliştirme konusunda çalışan çoğu firmanın, geliştirilmesi düşünülen motorun silindir sayısı ne olursa olsun, ilk çalışmalarını tek silindirli motorlar ile yürütükleri gözlemlenmiştir.

Tek silindirli dört zamanlı benzin motoru kullanılmasına karar verdikten sonra Türkiye’de amacımıza uygun bir motor araştırılmıştır. Detaylı araştırmalardan sonra Lombardini firması tarafından yapılan 3LD450 motoru seçilmiştir. Bu motorun su soğutmalı ve direkt püskürtmeli olması ve gerek strok hacmi, gerekse diğerk geometrik özellikleri açısından uygun olması bu seçimde etkili olmuştur (şekil 2-1).AN-PA firmasından teslim alınan 3LD450 motorunun bazı teknik değerkleri

Tablo 2-1’deki gibidir.



şekil 2-1 Lombardini 3LD tipi, direkt püskürtmeli Diesel motoru kesit resmi.

Tablo 2-1 Lombardini 3LD450 tipi, su soğutmalı, direkt püskürtmeli Diesel motorunun teknik özellikleri.

Lombardini 3LD450	
Silindir sayısı	1
Strok hacmi	454 cm ³
ÇapXStrok	80 X 85 mm
Sıkıştırma oranı	17.5/1
Emme supabı çapı	32 mm
Egzoz supabı çapı	27 mm
Emme supabı açılma miktarı	10 mm
Egzoz supabı açılma miktarı	10 mm
Emme supabı açılma zamanı	16° Ü.Ö.N'dan önce
Emme supabı kapanma zamanı	40° AÖN'dan sonra
Egzoz supabı açılma zamanı	40° AÖN'dan önce
Egzoz supabı kapanma zamanı	16° Ü.Ö.N'dan sonra
Supap bindirme süresi	32° Simetrik
Biyel kolu uzunluğu	145 mm

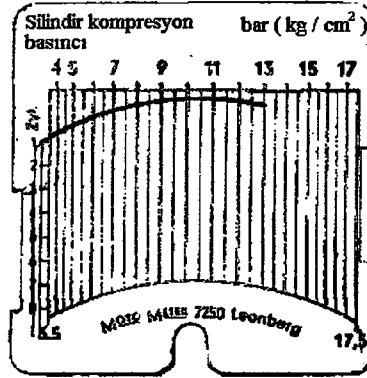
2.2 MOTOR ÜZERİNDE DENEY AMAÇLARINA UYGUN DEĞİŞİKLİKLERİN YAPILMASI

2.2.1 Piston [1]

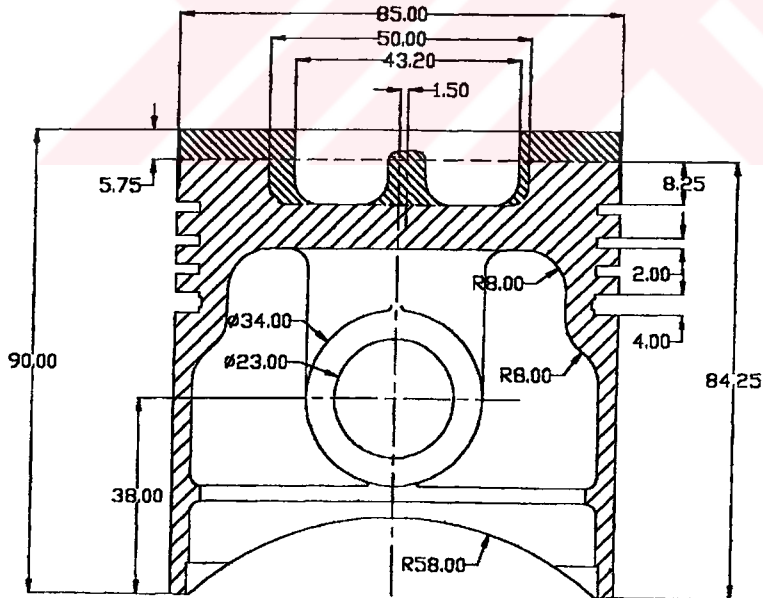
Gerek sıkıştırma oranının, gerekse yanma odası geometrisinin benzin motoru için en uygun hale dönüştürülmesi, büyük oranda piston üzerinde yapılan değişiklikler ile sağlanmıştır.

Orijinal piston üzerindeki oyuk silindir merkezinde olmayıp, enjektör merkez alınarak yerleştirmiştir. Sıkıştırma oranını ayarlamak için piston tablası 4.7 mm alçaltılmış ve piston üzerindeki oyuk merkeze taşınarak çapı 50 mm ye

genişletilmiştir. Piston st kenarının silindir cidarını zedelenmemesi için pah kırılmıştır (şekil 2-3). Piston üzerinde yapılan bu değişiklikler ile sıkıştırma oranı 9 olmuştur. Ayrıca yapılan ölçümlerde kompresyon basıncının 13 kg / cm² mertebesinde olduğu grlmıştir (şekil 2-2).



şekil 2-2 Piston değişikliğinden sonra ölçülen kompresyon



şekil 2-3 Orijinal ve değiştirilmiş piston

2.2.2 Silindir Kafası [1]

Temel tasarım direkt enjeksiyonlu Diesel motor olduğundan, emme kanalı helisel bir kavis çizerek emilen havaya dönme hareketi sağlayacak şekilde supaba doğru yönlendirilmiştir. Kanalin bu geometrisi ile silindir içine eksen boyunca oluşan dolgu akışının yanısıra silindir eksenine göre radyal bir akış ta oluşmaktadır.

Elimizde bulunan silindir kafasında buji için en uygun yer olarak Diesel enjektörünün yer aldığı kanal olduğu görülmüş ve bu kanalın yaklaşık olarak silindir merkezinde yer alması dolayısıyla buji ' de merkezcil olarak yerleştirmiştir.

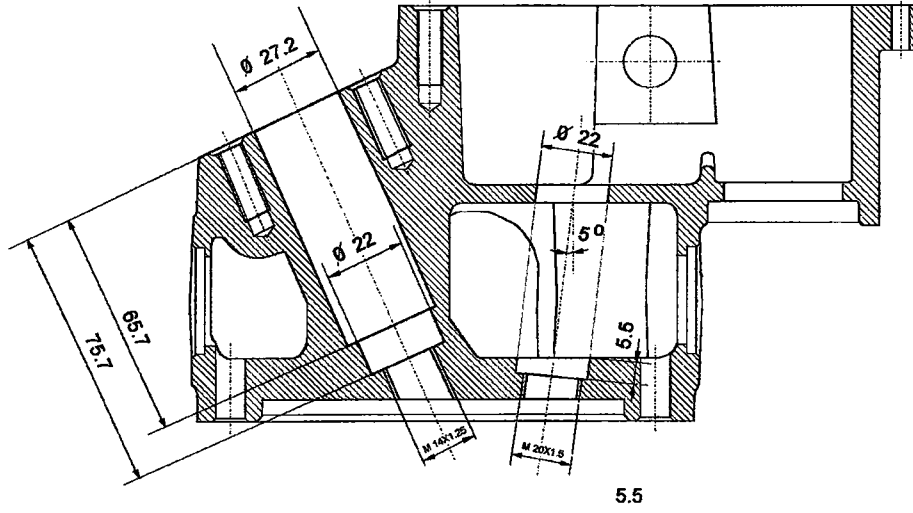
Silindir kafasındaki enjektör kanalı yerine açılan bujinin kanalı, kısa vidalı (kısa paso) standart M14 lük bir bujiye uygun olarak boyutlandırılmıştır (Şekil 2-4).

2.2.3 Emme Manifoldu

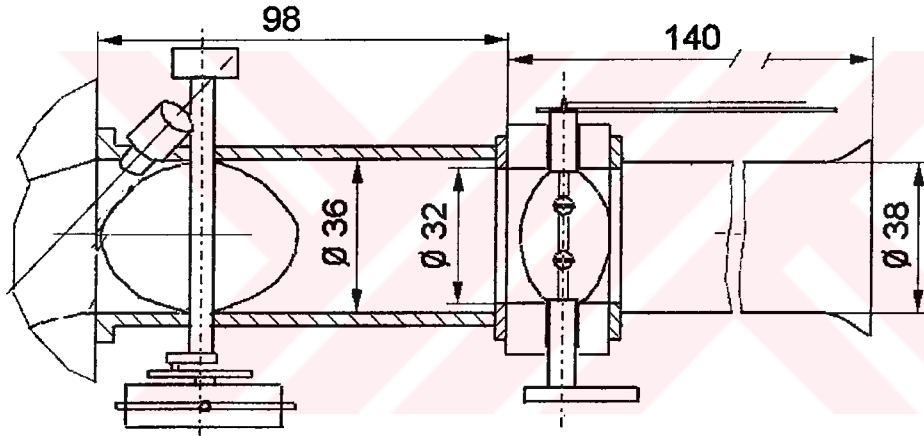
Emme manifoldu üç önemli üniteyi üzerinde taşımaktadır .

2.2.3.1 Gaz kelebeği [1]

Diesel motorunu benzinli motora dönüştürme işlemlerinin bir aşaması da motorun silindir hacmine uygun boyutlara sahip bir gaz kelebeği seçimidir. Bu işlem için en basit yaklaşım benzer silindir hacmindeki mevcut benzinli motorların gaz kelebeklerinin boyutlarının örnek alınmasıdır. Bir diğer husus gaz kelebeğinin yeni emme manifolduna boyut olarak uygunluk göstermesidir. Bu hususlar dikkate alınarak 32 mm çapında bir gaz kelebeği seçilmiştir. Seçilen gaz kelebeği Renault 9 otomobillerinin 1400 cm³ hacimli motorlarında kullanılan tek boğazlı karbüratörün gaz kelebeğidir (Şekil 2-5).



Şekil 2-4 Deney motoru silindir kafası kesit resmi.



Şekil 2-5 Emme manifoldu şeması

2.2.3.2 Periyot atlatma kelebeği [1]

Periyot atlatma kelebeği enjektör ile gaz kelebeği arasında kalacak şekilde ve mümkün olduğunca emme supabına yakın olarak emme manifoldu üzerine monte edilmiştir. Ancak periyot atlatma kelebeğinin önünde enjektörün bulunmasından dolayı, emme kanalına yaklaştırma olanağı sınırlıdır (Şekil 2-5).

2.2.3.3 Enjektör [1]

Motor üzerindeki bir değişiklik de yeni bir yakıt püskürtme sisteminin adaptasyonudur. Yakıt sisteminde kullanılan enjektör 2.5 bar basınçta püskürtme yapan 2000cm³ silindir hacmindeki Fiat Tempra motorunun enjektörüdür. Enjektörün uygunluğu deney motorunun strok hacmi ve enjektörün kullanıldığı motorun strok hacmi kıyaslanarak seçilmiştir. Enjektör emme manifoldunu en iç kısmına (motor tarafına) monte edilmiş olup konumu, yakıt demetini motor kafasında emme havasının oluşturduğu döngü hareketinin merkezine doğru, açılı püskürtecek şekilde seçilmiştir

2.2.4 Egzoz manifoldu [1]

Egzoz manifoldu üzerinde egzoz çıkışına yakın bir Kromel - Alomel termoeleman takılmış ve böylece egzoz sıcaklığı deney boyunca gözlenmiştir.

Ayrıca gerek yakıt püskürtme sisteminin ayarı, gerekse motorun egzoz emisyonunun ölçümü için, laboratuvarımızda bulunan emisyon ölçüm sisteminde yer alan numune alma borusunun montajına uygun, bir delik açılmıştır.

2.2.5 İnkremental Enkoder (Açısal Konum Ölçer) Montajı [1]

Açısal konum ölçer her tam turunda 360 tane kare sinyal üreterek, 1° lik aralıklarla ölçüm yapma olanağı sağlamaktadır. Ayrıca her tam tur için bir kare sinyal üreten bir çıkış yardımıyla motorun Ü.Ö.N' sı belirlenmektedir.

Enkoder montajı için bir flanş ve altı adet saplama kullanılmıştır. Saplamalar motorun volan bulunmayan tarafındaki kapağın M8 lik vida deliklerine bağlanmaktadır. Diğer uçlarına ise enkoderin flanşı gelmektedir. Enkoder ile krank milini birbirine bağlamak için bir ara mil yerleştirilmiş olup, enkoder esnek bir kaplin ile bu mile bağlanmıştır.

Açısal konum ölçerin ürettiği Ü.Ö.N sinyali ile motorun gerçek Ü.Ö.N'si birbiri üzerine getirerek montajı yapmak için, önce motor üzerinde Ü.Ö.N işaretlenmiştir.

Açısal konum ölçerin kontrol kartına olan elektrik bağlantıları yapılmış ve ürettiği Ü.Ö.N sinyali ile motorun gerçek Ü.Ö.N'sını birbiri üzerine getirilerek, montajı tamamlanmıştır.

2.2.6 Ateşleme Sistemi [1]

Ateşleme sisteminin adaptasyonu için motor üzerinde yapılan iki ana değişiklik açısal konum ölçerin montajı ile motor kafasına buji'nin montajıdır.

Bujinin montajı için silindir kafasında en uygun yer olarak Diesel enjektörünün yer aldığı kanal tespit edilmiş ve bu kanalın yaklaşık olarak silindir merkezinde yer alması dolayısıyla buji merkezci olarak yerleştirilmiştir. Silindir kafasındaki enjektör kanalı yerine açılan bujinin kanalı, kısa vidalı (kısa paso) standart M14 lük bir bujiye uygun olarak boyutlandırılmıştır (Şekil 2-4).

Bu ana değişikliklerin dışında ateşleme bobini ve ateşlemeyi kontrol eden tranzistör ve diğer elektronik elemanların bulunduğu kart motor üzerine monte edilmiş ve kartın elektrik sistemi motor üzerindeki elektrik tesisatına ve kontrol kartına bağlanmıştır. Ateşleme sisteminin adaptasyon çalışmaları Makina Mühendisi Ahmet AKIN tarafından gerçekleştirilmiştir. Ateşleme sistemi hakkında ayrıntılı Bölüm 3.3'de verilmiştir.

2.2.7 Yakıt Püskürtme Sistemi [1]

Kullanılan yakıt püskürtme sistemi Fiat Tempra 1600cm³ motorunun yakıt sistemidir. Alçak basınçta (2.5 bar) püskürtme yapan bu sistemde enjektörün püskürtme basıncı ile püskürtme yaptığı ortamın basıncı arasındaki fark her zaman için sabit tutularak püskürtülen yakıt miktarı, sadece enjektör'ün açık kalma süresinin değiştirilmesiyle belirlenmektedir.

Yakıt püskürtme sisteminin adaptasyonu için motor üzerinde yapılan en önemli değişiklik emme manifolduna enjektörün yerleştirilmesidir. Başlangıçta montaj kolaylığı dikkate alınarak enjektör emme kanalına dik olarak yerleştirilmiştir. Daha sonra elde edilen deney sonuçlarından hareketle emme kanalındaki dolgunun döngü hareketine göre yönlendirilmesi gerektiği sonucuna varılarak enjektörün konumu değiştirilmiştir.

Ayrıca yakıt püskürtme sistemini kontrol eden kontrol kartı emme manifoldu üzerine monte edilmiş ve motorun elektrik sistemine ve kontrol kartına olan elektrik bağlantıları yapılmıştır. Yakıt püskürtme sistemi hakkında ayrıntılı bilgi Bölüm 3.4’ de verilmiştir.

2.2.8 Ateşleme ve Püskürtme Ü.Ö.N. ayıracı [1]

Bölüm 4.4’ de açısal konum ölçerin, motorun Ü.Ö.N’sını belirlemek için, krank milinin her bir dönüşünde bir kare sinyal ürettiği belirtilmiştir. Ancak Bölüm 3.3 ve Bölüm 3.4 ’de anlatılan ateşleme ve püskürtme sistemleri amacımız doğrultusunda, krank milinin her iki dönüşünde bir defa tetiklenmektedir. Bu nedenle, deney motoru krank milinin Ü.Ö.N’den geçerken, çevrimin sıkıştırma sonu-yanma başlangıcı veya egzoz sonu-emme başlangıcı zamanlarından hangisinde bulunduğu ayırt edilmesi gerekmektedir. Bu ayrımı yapabilmek için, krank milinin her iki turunda bir işaret verebilecek şekilde çalışacak, bir algılayıcı gerekmektedir.

Algılayıcı seçimi ve montajı ile ilgili birkaç çeşit yöntem denenmiş ve sonunda sorunsuz çalışabilen bir sistem uygulanmıştır . Ayrıntılı bilgi için Bölüm 4.4 ’ de verilmiştir.

2.2.9 Motor Elektrik Besleme Sistemi [1]

Motor üzerinde yer alan ateşleme, yakıt püskürtme, periyod atlatma ve marş sistemlerinin elektrik beslemesi yüksek amperli bir akü ile tarafından sağlanmıştır.

Motor üzerine elektrik bağlantılarını düzenleyen ve dağıtımını yapan merkezi bir sigorta kutusu yerleştirilmiş ve buradan gerekli yerlere elektrik bağlantıları yönlendirilmiştir.

Akünün gerilimi sürekli olarak kontrol altında tutulmuş ve motor üzerinde herhangi bir şarj ünitesi bulunmadığından şebekeye bağlı bir şarj aleti ile sık sık şarj edilmiştir. Elektrik sistemiyle ilgili ayrıntılı bilgi Bölüm 3.8’de verilmiştir.

2.3 DENEY DÜZENİNDE KULLANILAN DİĞER YARDIMCI ÜNİTELER

2.3.1 Motor Freni

Motorun yüklenmesi amacıyla laboratuvarımızda mevcut bulunan bir manyetik fren kullanılmıştır. Fren markası ve tipi Schenk W-70 olup, motor momenti fren üzerinde bulunan terazi skalasından okunan kuvvet ile hesaplanmaktadır.

Motor ile fren arasındaki bağlantı için bir adet flanş imal ettirilmiştir. Motor volanı tarafından fren bağlanmıştır. Motor volanı üzerine flanşa uygun fatura ve vida delikleri açılmıştır.

2.3.2 Motor Suyu Soğutma Sistemi

Daha önce de değinildiği gibi deney motoru su soğutulmalıdır. Deney motoru yardımcı donanımlarının motor gücünden bağımsız olması gerekir çünkü tek silindirdirli olan motorda, toplam üretilen gücün göreceli olarak büyük bir kısmının yardımcı donanımlara aktarılması ile ölçüm sonuçları çok fazla etkilenebilir.

Bu nedenle deney motorumuzun soğutulması için gerekli olan su sirkülasyonu normal elektrik şebekesinden beslenen bir pompa ile sağlanmıştır. Kullanılan pompa üç kademeli olup motor işletme koşullarına göre debi ayarı yapılmıştır.

Öte yandan, motor içinde dolaşan suyun soğutulması ve sıcaklık ayarının yapılması için, alışlagelen radyatör-termostat çiftinin istenen kontrol olanağını sağlamayacağı ve radyatörün sudaki ısıyı deney ortamına aktarması ile uzun süreli deneylerde laboratuvar ortamının sıcaklığını artıracak düşünülerek, şebeke suyu ile beslenen plakalı bir ısı değiştirici kullanılmıştır.

Motor giriş ve çıkış suyu sıcaklığı, motor işletme koşullarına göre ; motor suyu sirkülasyonunu sağlayan pompanın kademe ayarı ve ısı değiştiriciden geçen şebeke suyunun debisini düzenleyen vananın ayarı, ile istenilen değerde tutulmaktadır.

Motora giren ve çıkan su sıcaklıkları NiCrNi direnç termometresi ile ölçülerek, dijital göstergelerden okunmaktadır.

BÖLÜM 3 MOTORUN KONTROL ELEMANLARI

Deney motorunun tanıtımı bölümünde (Bölüm 2) motor üzerindeki ana ve yardımcı donanımların kısaca tanıtımı yapılmıştır. Bu bölümde bu donanımlar hakkında ayrıntılı bilgi verilerek kontrol işlemlerinin nasıl gerçekleştirildiği anlatılacaktır. Deney motorunu üzerinde kontrol edilmesi gereken donanımlar şunlardır :

Ateşleme sistemi

Yakıt püskürtme sistemi

Periyot atlatma sistemi

Gaz kelebeği kumanda sistemi

Soğutma sistemi

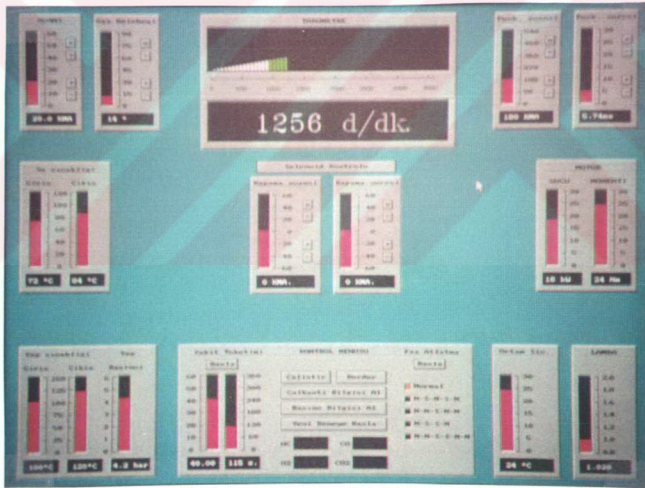
Elektrik sistemi

Bunlardan Ateşleme, Yakıt Püskürtme, Periyot Atlatma sistemlerinin kontrolü bilgisayar yardımıyla yapılmaktadır. Gaz kelebeği kumanda, Soğutma, Elektrik sistemlerinin kontrolü ise henüz bilgisayarla değil mekanik olarak yapılmaktadır. Ancak bu sistemler için bilgisayar yardımıyla kontrollerden Bölüm 5 de bahsedilmiştir. Kontrol edilen sistemler kişisel bir bilgisayar üzerinde işletilen bir kontrol programı ve bu programın yürütüldüğü bir hardware üzerinden kontrol edilmektedir. Dolayısıyla kontrol işini Yazılım kısmı (Kontrol Programı) ve Donanım kısmı (kontrol kartı ve güç kartları) olarak iki ana grup altında inceleyebiliriz.

3.1 KONTROL İÇİN GELİŞTİRİLEN YAZILIM (PROGRAM) [4]

Kullanılan “Proje” adlı kontrol programı Müh.Ahmet Akın tarafından geliştirilmiştir. Programın esnek ve hızlı olabilmesi için programlama dili olarak C seçilmiştir

Program işlevselliğin yanısıra görsellik açısından da kullanıcıya kolaylıklar sağlamaktadır. Program çalıştırdıktan sonra bilgisayar ekranında tüm kontrollerin yapılabildiği bir görüntü oluşur (Şekil 3-1). Ekrandaki görüntü, herbiri kontrol edilecek ve veri toplanacak sistemleri temsil eden birbirine benzer değişik boyuttaki kutulardan oluşur.



Şekil 3-1 Proje adlı kontrol programı çalıştırıldıktan sonra bilgisayar ekranında görülen kontrol menüleri

Herbir kontrol kutusunda kontrol ettiği sistemin ayrıntıları gör÷l÷r. Ateşleme avansı, p÷skürtme avansı, p÷skürtme süresi, solenoid kapama avansı, solenoid kapama süresi başlıca kontrol edilen değişkenlerdir. Bunların yanında ayrı bir kutuda motorun çalıştırılıp- durdurulması, yakıt tüketimi ölçümünün başlatılması, motorun çalışma periyotunun seçilmesi, motorun dönme sayısı çalkantısının okunması, basınç ölçümünün alınması için gerekli kontroller vardır. Kontrol kutularında kontrol değerleri, hem sütunların doldurulmasıyla görsel olarak hem de sütunların altında tam değer gösteren rakamlarla, belirlidir.

Benzer şekilde herbir veri toplama kutusunda veri toplanan bölümle ilgili değerler gör÷l÷r. Motorun dönme sayısı, gaz keleşi açıklığı, motor suyu giriş ve çıkış sıcaklıkları, motor gücü ve momenti, yağ giriş ve çıkış sıcaklığı, yağ basıncı, ortam sıcaklığı, motorun çalışma periyodu, çalkantı bilgisi, basınç bilgisi, yakıt tüketim süresi, emisyon değerleri (HC, CO, O₂, CO₂, λ) toplanan verilerdir. Veri toplama kutularının yapıları kontrol kutularınıninkine çok benzer ancak veri toplama kutularında, kontrol işlemleriyle ilgili olan, artırma-azaltma kontrolleri yoktur.

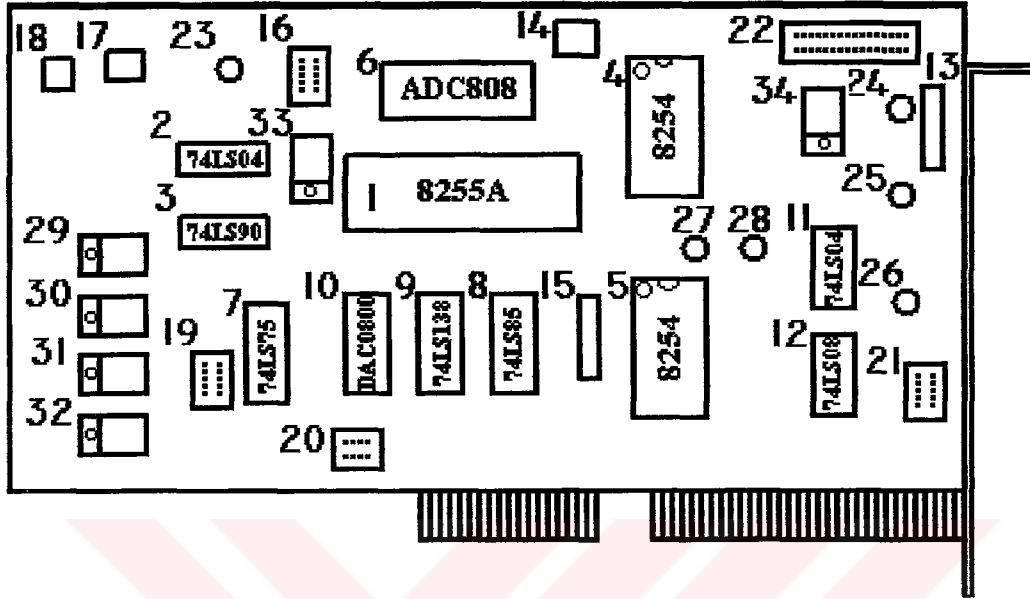
Mouse yardımıyla ilgili kontrol birimleri tıklanarak istenilen ayarlamalar kolayca yapılabilir. İki değerik ayarlama çeşidi vardır,

1. Hızlı ayarlama : Hızlı ayarlama istendiğinde ilgili kontrol birimindeki “Hızlı Artırma” veya “Hızlı Azaltma” tuşları kullanılır.
2. Hassas ayarlama : Hassas ayarlama istendiğinde ilgili kontrol birimindeki “Hassas Artırma” ya da “Hassas Azaltma” tuşları kullanılarak en küçük adımla değerştirme sağlanır.

3.2 KONTROL KARTI [3-6, 8]

Kontrol kartı sistemin kontrolünü sağlamakta, motor üzerinden alınan bilgilerin bilgisayara aktarılması için arabirim oluşturmaktadır (Şekil 3-2). Tüm işlemler kontrol kartı üzerinde yapılır. Çalışma durumu olarak 8 bitlik bir kart olmasına rağmen 16 bitlik bir kart büyüklüğünde ve PC tabanlı bir bilgisayarın 16 bitlik ISA genişleme yuvalarından birine takılacak şekilde tasarlanmıştır. Kartın elektriksel ihtiyacı bilgisayardan karşılanmakta ve harici bir güç kaynağına gerek

kalmamaktadır. Kontrol edilen sistemlerin güç ihtiyacı ise ayrıca karşılanmaktadır. Kontrol kartının ana elemanları :



Şekil 3-2 Kontrol kartının genel görünümü

1. 8255A arabirim entegresi
2. 74LS04 entegresi (işaret değiştirme görevini görür)
3. 74LS90 entegresi (bölücü entegre)
4. 8254-2 sayıcı entegresi (Ateşleme)
5. 8254-2 sayıcı entegresi (Püskürtme)
6. ADC808 entegresi (A/D dönüştürücü)
7. 74LS75 entegresi (4 bitlik tutucu entegre)
8. 74LS85 entegresi (karşılaştırma entegresi)
9. 74LS138 (kod çözücü entegresi)
10. DAC 0800 entegresi (D/A dönüştürücü, frekans konvertörünü sürmek için)
11. 74LS04 entegresi (değil entegresi, uçlarına gelen işaretlerin terslerini üretir)

12. 74LS08 entegresi (ve kapısı, enkoder ve ayıraç Ü.Ö.N. işaretlerini işler)

13. Röle

14. Sıcaklık ölçme elemanı (iptal edildi)

15. Röle

16. 10 uçlu giriş (ADC üniteleri için)

17. 4Mhz kristal

18. Sıcaklık ölçer

19. 10 uçlu giriş (step motor için)

20. Jumper (hangi IRQ 'nun kullanılacağını seçer)

21. 10 uçlu giriş

22. 16 uçlu giriş

23. Led, yeşil (çalıştır tuşunun lambası)

24. Led, kırmızı

25. Led, kırmızı

26. Led, kırmızı

27. Led, kırmızı (kelebek kapalı pozisyonunda)

28. Led, yeşil (kelebek açık pozisyonunda)

29. 30,31,32, Transistör (step motorları sürmek için)

33. Transistör (marş için)

34. Transistör (püskürtme için)

Kontrol kartı belli işlevleri olan çeşitli entegre ve bu entegreler ile birlikte kullanılan yardımcı tekil elemanlardan oluşur. Kontrol kartını daha ayrıntılı tanıyabilmek için kartın her bir fonksiyonu için kullandığı entegre ve yardımcı tekil elemanlardan oluşan alt bölümlerini incelemek gerekir. Aşağıda kartı oluşturan başlıca entegreler hakkında daha detaylı bilgiler verilmiştir [3].

3.2.1 8255A Arabirim Entegresi [3]

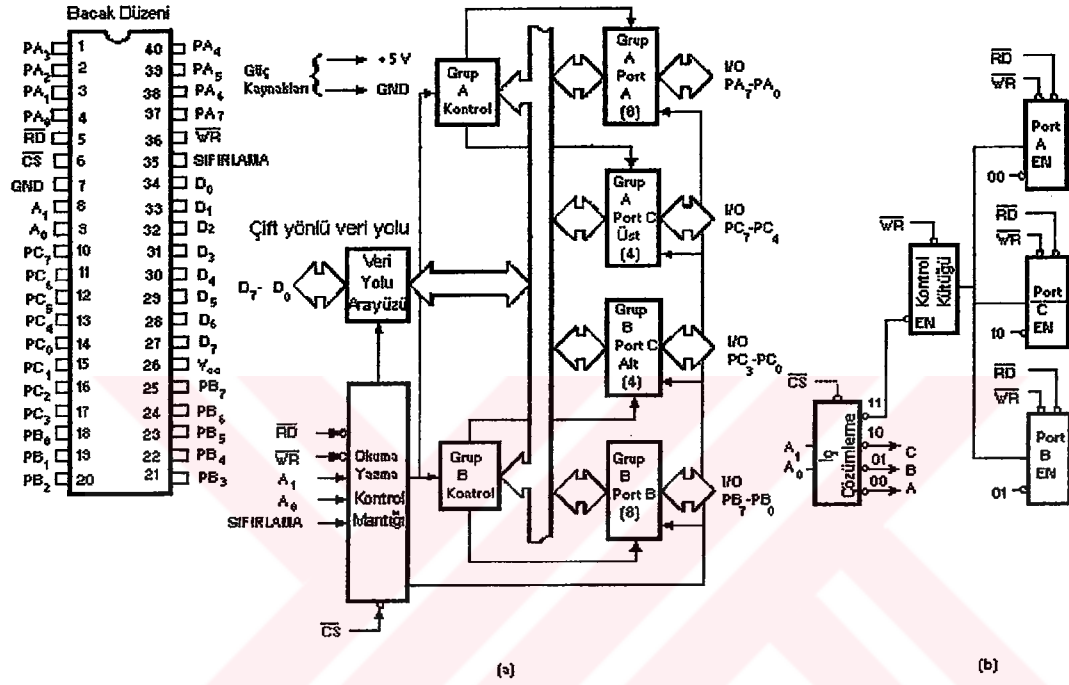
Bilgisayarların tüm kenar birimleri kendine özgü çalışma düzenine (service routine) sahiptir. Bu düzen kenar birim ile merkezi işlem birimi (CPU) arasındaki yazılım yüzeyini (software interface) oluşturur. Her giriş – çıkış cihazının veri transferi ve zamanlama özellikleri farklılık gösterir. Yani her cihazın veri transferi değişik byte oryantasyonlu giriş-çıkış yüzeyleri ile olur ve arada uyum sağlanabilmesi için tekil elemanlarla bazı dış mantık düzenlemeleri yapılması gerekir.

8255A Arabirim entegresi programlanabilir olması ve birçok çalışma modu bulunması sayesinde bilgisayarın kenar birimleri ve giriş – çıkış cihazları arasında değişik durumlarda bilgi transferine olanak tanır. Böylece normalde kenar birimleri arasında iletişim kurabilmek için gerekli olan dış mantıkların (external logic) birçoğunun yerini alarak karışıklığı azaltır. Kontrol kartında arabirim entegresi olarak 8255A'nın seçilmesinin nedenleri:

- Programlanabilir olması
- Esnek ve birçok çalışma modunun bulunması
- Ekonomik ve piyasada kolay bulunması
- Güvenilir ve hızlı olması
- Tek bir entegre üzerinde 24 bitlik bilgi transferini mümkün kılarak yer tasarrufu sağlaması ve kartın karışıklığını azaltması.

8255A arabirim entegresinin 24 adet giriş-çıkış hattına sahiptir. Bu hatlar A, B, ve C portları olmak üzere 3 port tarafından paylaşılmıştır (Şekil 3-3). Entegre temel olarak iki çalışma modu üzerine yapılandırılmıştır. Bunlardan biri tek tek bitlerin

kullanılması, diğeri grup olarak bitlerin kullanılması. A, B ve C portlarının herbiri 8-bitlik portlar olup, A ve B portları 8-bitlik portlar olarak kullanılırken, C portundaki 8-bit ayrı ayrı ya da 4-bitlik alt ve üst portlar olarak kullanılabilir. Bitlerin tek tek kullanılması modunda 8 bitlik C portu'nun sahip olduğu 8 hat ayrı ayrı kontrol edilir. Bu mod sadece C portu için geçerlidir. C portunun bu özelliği sayesinde kontrol amaçlı uygulamalarda gerek duyulan yazılım ihtiyaçları azaltılmış olur.



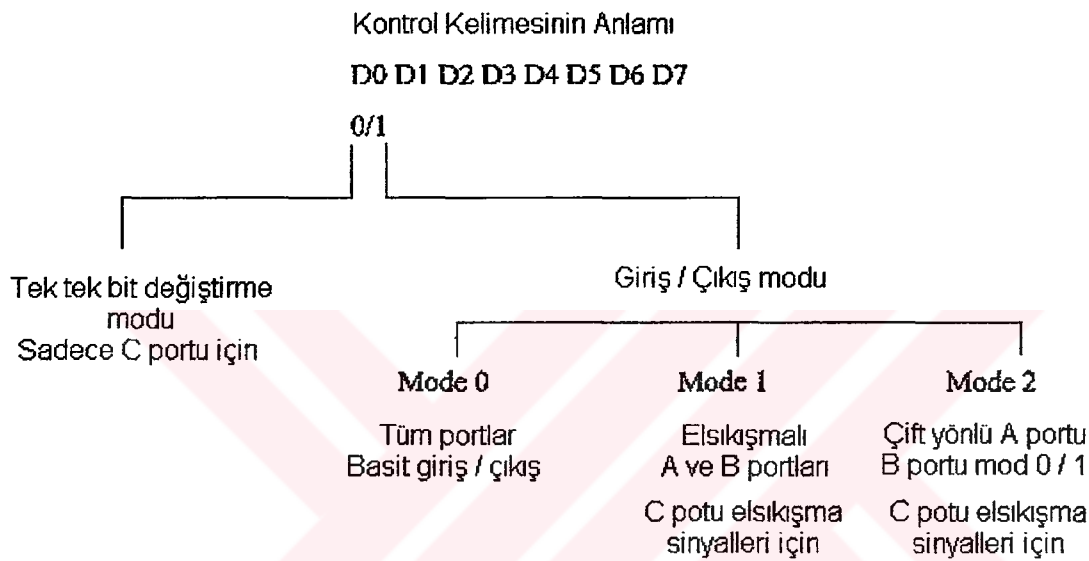
Şekil 3-3 a,b 8255A Arabirim entegresinin bacak yapısı (a) ve Kontrol mantığı ile giriş çıkış portlarının görünümü

Tablo 3-1 8255A entegresinin bacaklarının anlamları

D ₇ -D ₀	Veri Yolu (Çift Yönlü)
Sıfırlama	Sıfırlama girişi
CS	Entegre Seçme
RD	Okuma Girişi
WR	Yazma Girişi
A ₀ -A ₁	Port Adresleri
PA ₇ -PA ₀	A portu (8 bit)
PB ₇ -PB ₀	B portu (8 bit)
PC ₇ -PC ₀	C portu (8 bit)
V _{cc}	+5 V
GND	0 V

Bitlerin grup olarak kullanılması halinde her port'a 0 ila 255 arasında bir sayı atanabilir. Her hattın alacağı gerilim değeri port'a atanan sayının ikilik düzende karşılığına tekabül edecek şekilde olur. Örneğin port'a 128 değeri atandığında, portun 8.biti +5V seviyesinde olurken kalan tüm bitler 0V seviyesinde olacaktır.

8255A arabirim entegresinin çalışma modunu oluşturan kontrol kelimesi kontrol kütüğüne yazılarak entegrenin çalışma modu belirlenir.



Şekil 3-4 Kontrol kelimesinin anlamı

3.2.2 74LS04 entegresi (osilatör) [3]

Kontrol kartının güvenli ve kararlı bir şekilde çalışması için sabit bir saat frekansına ihtiyacı vardır. Kontrol kartı kontrol ve veri toplama işlemlerini bu frekansı referans alarak gerçekleştirir.

Sistemde frekans kaynağı olarak kristal kontrollü bir osilatör kullanılmaktadır. Çünkü klasik osilatörlerin yapısında kullanılan kapasitörlerin zamanla kapasitelerini kaybetmeleri sonucunda bu tip osilatörlerde frekans kaymaları oluşur ayrıca klasik osilatörler voltaj ve sıcaklığa oldukça bağımlıdır ve kararlılıkları azdır.

Sistem frekansının seçimi motorun çalışma şartları gözönüne alınarak yapılmıştır. Deney motorunun maksimum 6000 devir/dakika hızda çalışacağı kabulüyle yapılan hesaplamada :

Motorun hızı (maksimum dönme sayısı) , 6000 d/d

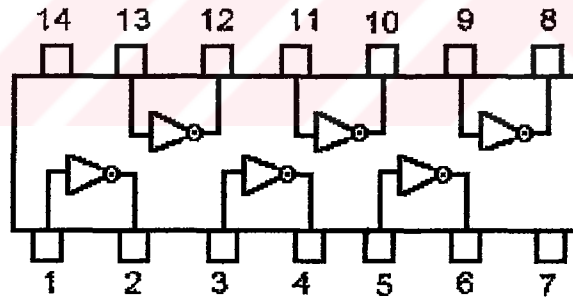
Hızın KMA olarak ifadesi , $6000 \times 360 = 2160000$ °KMA / dakika

Hızın frekans karşılığı, , $(2160000 / 60) = 36$ KHz

Yani maksimum dönme sayısında 1 °KMA'nın taranması için geçen ortalama zaman:

$$1 / (36 \times 10^3) = 2.7 \times 10^{-5} \text{ s olarak bulunur.}$$

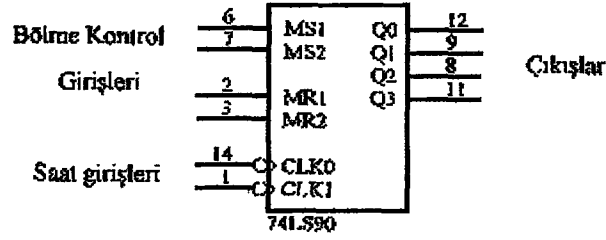
Bu hesaplamanın yardımıyla motorun ateşleme ve püskürtme kontrollerinin yapılabileceği bir çalışma frekansı seçilmelidir. Ateşleme ve püskürtme zamanlarının 1°KMA hassasiyetinde değiştirildiği düşünülürse sistemin en azından 36 KHz işletme frekanslarında çalışabilmesi gerekir. Bu verilere göre sistem frekansı 500 KHz olarak seçilmiştir. Ancak bu frekanslarda bir kristal bulmak zor olduğundan kolayca bulunabilen 4 MHz'lik bir kristal kullanılarak 4 MHz frekanslı bir osilatör yapılmış ve bu frekans 8'e bölünerek 500 KHz lik çalışma frekansı elde edilmiştir. Saat frekansı üretme devresi 74LS04 entegresiyle yapılmıştır (Şekil 10).



Şekil 3-5 74LS04 entegresinin bacak bağlantısı

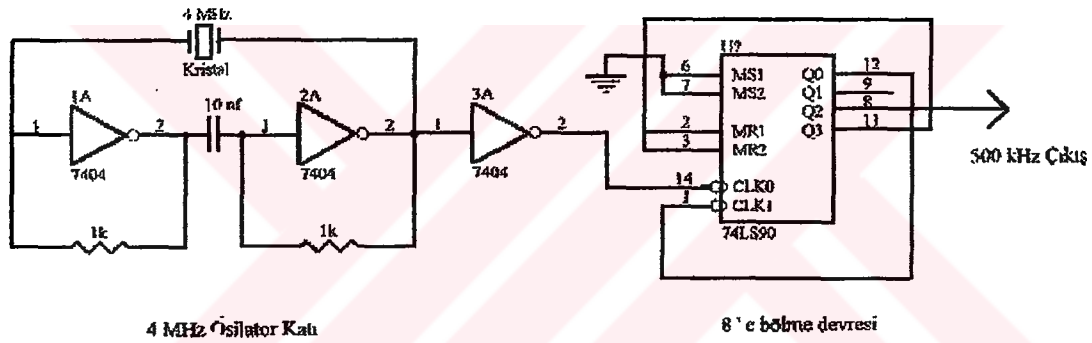
3.2.3 74LS90 entegresi [3]

74LS90 entegresi iki bağımsız sayıcı ihtiva eden ve frekans bölücü olarak kullanılabilen bir entegredir (Şekil 3-6). Entegrenin sayıcılarının bir tanesi 2 ile bölme diğeri ise 5 ile bölme işlemi gerçekleştirebilmektedir.



Şekil 3-6 74LS90 entegresinin bacak bağlantıları

Sistemde 4 MHz'lik bir osilatör olduğundan bu frekans 74LS90 entegreleriyle 8'e bölüp 500 KHz'lik sistemin asıl çalışma frekansı elde edilir. Osilatör kısmının bağlantı şeması Şekil 3-7' de görülmektedir.



Şekil 3-7 500 KHz saat frekansı üretme devresi

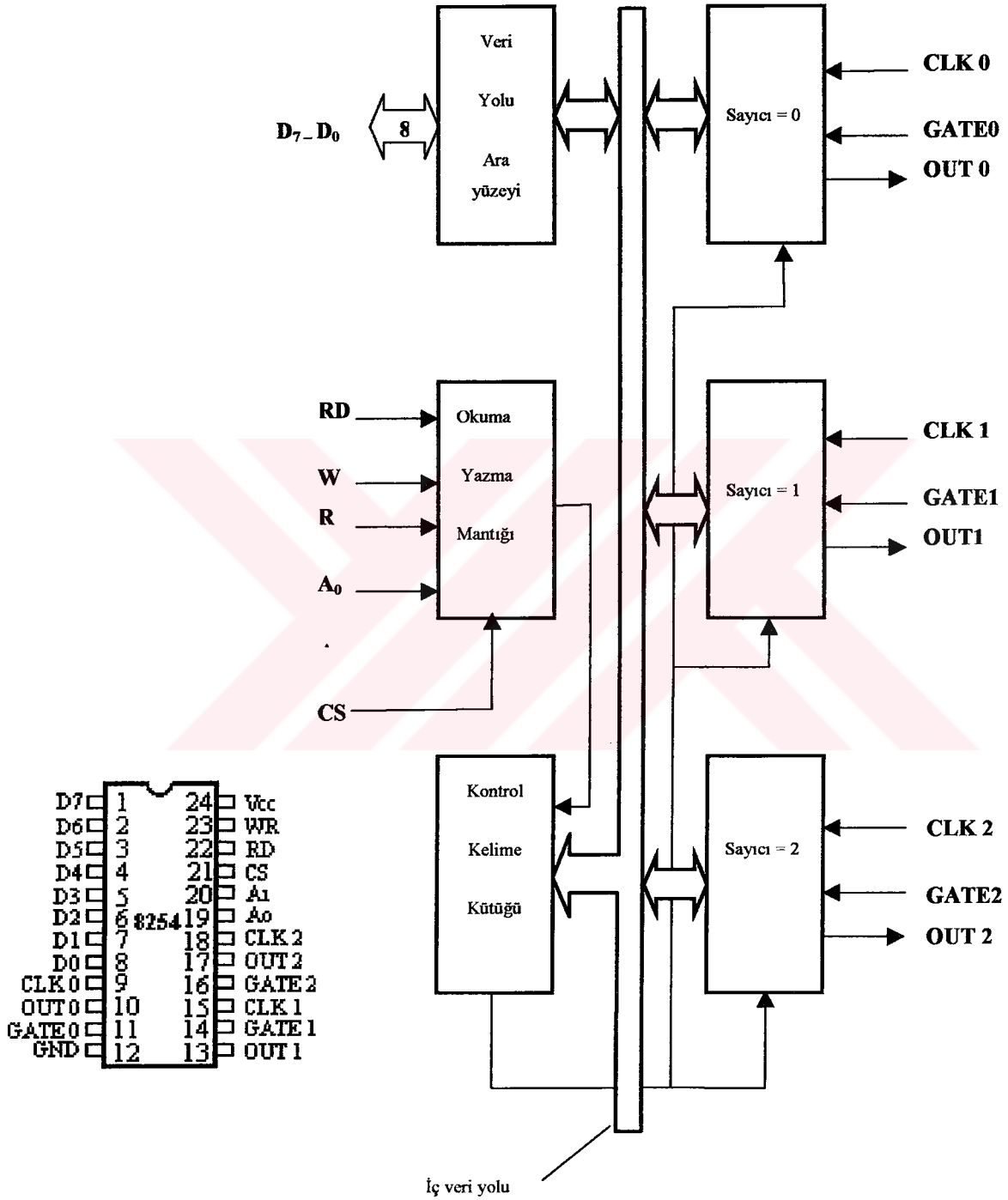
3.2.4 8254-2 Programlanabilir zamanlama entegresi

Bu entegre yazılım ile kontrol edilerek çok hassas zaman aralıkları (gecikmeleri) yaratılır. Programcı yazılım içinde döngüler kurmak yerine, entegreyi sistemin ihtiyaçlarını karşılayacak şekilde düzenler ve istediği çıkış için istediği zaman gecikmesini sağlayacak şekilde programlar.

3.2.4.1 8254-2 entegresinin bacak bağlantıları ve anlamları [3,5]

Sistemimizde zamanlayıcı olarak kullandığımız 8254-2 programlanabilir zamanlama entegresinin bacak bağlantıları Şekil 3-8'de ve bacak bağlantılarının anlamları Tablo 3-2 de görülmektedir.

Şekildeki blok diyagramı üzerinde 8254-2 entegresinin başlıca kısımları görülmektedir. Bu kısımlar ; Veri yolu ara yüzeyi, Okuma – Yazma mantığı, Kontrol kütüğü, İç veri yolu, Sayıcı 0, Sayıcı 1, Sayıcı 2 ve Kontrol mantığıdır.



Şekil 3-8 8254-2 entegresinin bacak bağlantıları ve blok diyagramı

Tablo 3-2 8254-2 entegresinin bacaklarının anlamları

D7 – D0	Veri yolu (8 Bit)
CLK N	Sayıcı saat girişleri
GATE N	Sayıcı tetikleme girişleri
OUT N	Sayıcı çıkışları
RD	Sayıcı okuma
WR	Yazma (Komut yada Veri)
CS	Entegre seçim
A ₀ – A ₁	Sayıcı seçimi
V _{cc}	+5 V gerilim
GND	Toprak hattı

8254-2 entegresinin kısımlarının daha ayrıntılı tanıtımı şöyledir :

- **Veri yolu arayüzeyi**

8254-2 entegresinin sistem veri yolu ile bağlantısı 3 durumlu, yöne bağımlı olmayan, 8 bit bir arayüzey kullanılarak gerçekleştirilir (Şekil 3-9).

- **Okuma - Yazma mantığı**

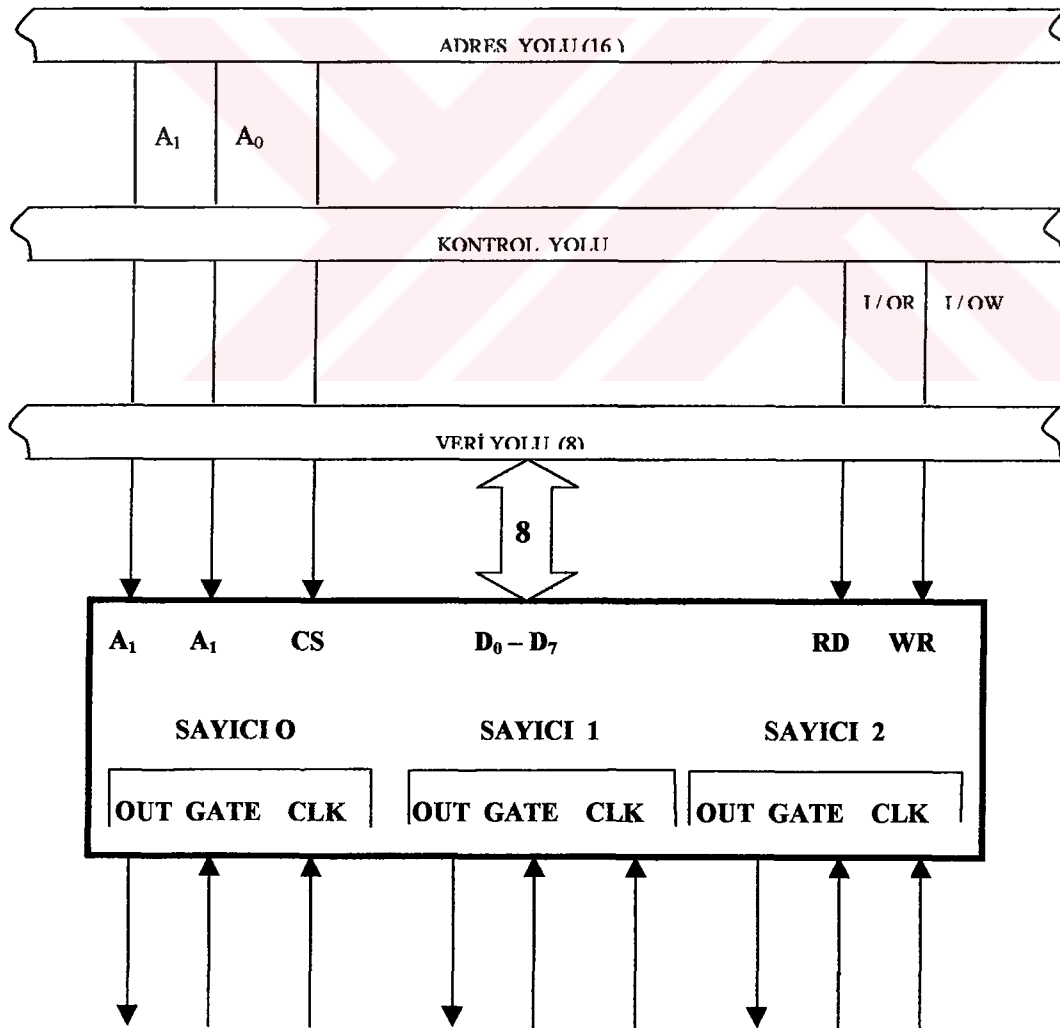
Okuma – Yazma mantığı sistem veri yolu’ndan gelen girişleri kabul eder ve 8254-2 nin diğer fonksiyonel kısımları için kontrol sinyalleri üretir. A₁ ve A₀ üç sayıcıdan birinin seçiminde ve kontrol kütüğüne okuma veya yazma yapmak için kontrol kütüğünün seçiminde kullanılır. RD girişindeki “0” işareti sayıcıların birinden CPU’nun okuma yaptığını 8254-2 entegresine söyler. WR girişindeki “0” işareti CPU’nun bir kontrol kelimesi veya gecikme değeri yazdığını 8254-2 entegresine söyler. RD ve WR girişleri ancak CS entegre seçme ucu 0 işaretinde olduğu zaman aktiftirler.

- **Kontrol kütüğü**

Kontrol kütüğü Okuma –Yazma mantığındaki A0 ve A1 değişkenlerinin her ikisi de 1 değerlerini aldığı anda ($A_1, A_0 = 11$) seçilir ve sonra CPU, 8254-2 entegresine bir yazma işlemi yaparsa, yazılan bilgi bu kontrol kütüğünde saklanır. Böylece sayıcıların çalışmasını belirleyen kontrol kelimesi kontrol kütüğüne kaydedilmiş olur. Kontrol kütüğüne sadece yazma işlemi yapılabilir, kontrol kütüğünün durum bilgisi Geri – Okuma komutuyla görülebilir.

- **İç veri yolu [5]**

8254-2 entegresi bulunduğu sistemin yazılımı tarafından, birbiri ardına sıralanmış kenar birimlerin Giriş – Çıkış portları olarak görülür. Bu portların üç tanesi sayıcı, dördüncüsü ise mod programının yapıldığı kontrol kütüğüdür.

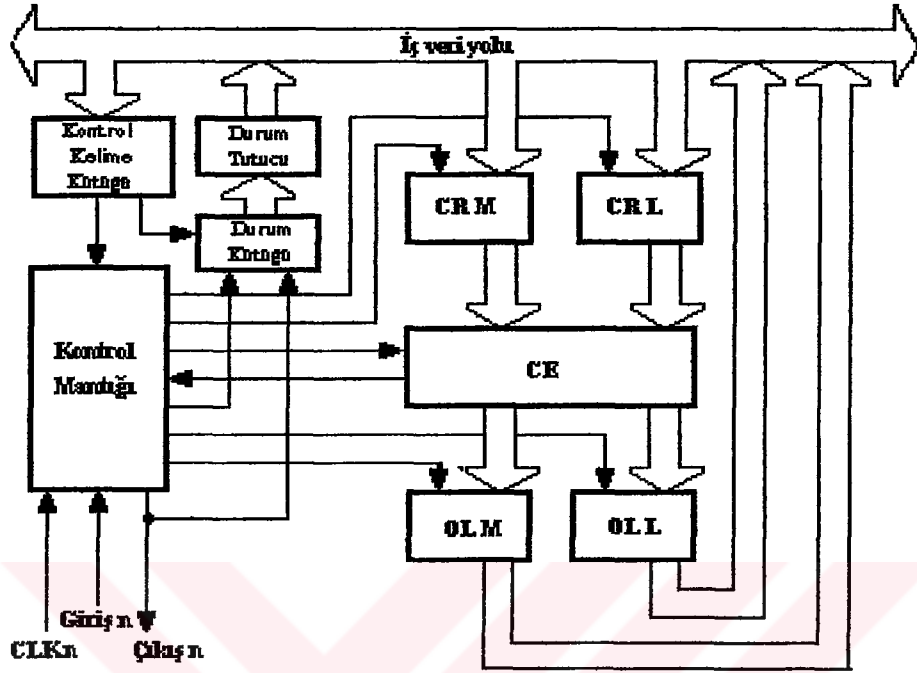


Şekil 3-9 8254-2 entegresinin sistem arayüzü

- **Sayıcı 0, Sayıcı 1, Sayıcı 2**

Sayıcılar tamamen birbirinin eşdeğeri olup bağımsız çalışabilirler.

- Kontrol kütüğü aslında sayıcının kendi parçası değildir ancak kontrol kütüğünün içeriği sayıcının çalışma şeklini belirler.
- Durum kütüğü tutulduğunda (latched) kontrol kütüğündeki mevcut bilgiyi içerir.
- Asıl sayıcı CE ile isimlendirilmiştir. 16 bitlik sıfırlanabilir bir geri sayıcıdır.
- OL_M ve OL_L iki 8 bit'lik tutucudur. OL “çıkış tutucusu”, alt indis M ve L ise sırasıyla “en büyük anlamlı bit” ve “en küçük anlamlı bit” demektir. Her ikisi birlikte bir birim olarak kabul edilir ve OL diye isimlendirilir. Bu tutucular normalde CE'deki sayma değerlerini takip ederler, ancak 8254-2 entegresine uygun bir tut komutu gönderildiğinde o anki sayıcı değerini tutarlar ve CPU bu tutulan değeri okuyana kadar da saklarlar. CPU okuma yaptıktan sonra OL tekrar CE değerini takip etmeye başlarlar. Sayıcı kontrol mantığı aynı anda iç veri yolundan yalnızca bir tutma değerini geçirir, böylece 16 bit'lik sayıcı 8 bit'lik iç veri yolunda iletişim kurar. Burada dikkat edilmesi gereken CE'nin okunamaz olduğu, sayıcıda yapılan okuma işleminin OL üzerinde olduğudur.
- Benzer şekilde iki tane 8 bit CR_M CR_L sayıcı kütükleri mevcuttur ve normalde ikisi birden CR olarak isimlendirilir. Sayıcıya yeni bir gecikme değeri yüklendiğinde, değer CR içinde saklanır ve sonra CE'ye aktarılır. Sayıcı kontrol mantığı bir anda iç veri yolundan yalnızca bir kütüğü (CR_M veya CR_L) geçirir. Her iki byte (kütük) CE'ye ard arda aktarılır. CR_M ve CR_L sayıcı programlanınca sıfırlanırlar. CE'ye yazma yapılamaz, yazma işlemi ancak CR' nin içine yapılabilir [5].



Şekil 3-10 8254 entegresinde bir sayıcının iç blok diyagramı

- **Kontrol mantığı**

Şekil 3-10 da kontrol mantığıda görülmektedir. CLK_n , $GATE_n$, OUT_n kontrol kütüğü üzerinden dış dünyaya bağlıdır.

3.2.4.2 8254-2 entegresinin çalışma prensibi [6]

8254-2 programlanabilir zamanlayıcı / sayıcı entegresi yazılım kullanılarak tasarlanan zamanlayıcı ve sayıcılara benzer fonksiyonlar içerir. Doğru zaman gecikmeleri yaratır ve zaman saati, sayıcı, kare dalga üretici ve karışık dalga üretici olarak kullanılabilir. Deney motorunun kontrol ve veri toplama işlemlerinde ;

- *Zaman saati* özelliği püskürtme süresini (enjektör açık kalma süresini)ayarlamak için kullanılırken,
- *Sayıcı* özelliği ateşleme avansını ayarlamak için (enkoderden gelen ÜÖN işaretlerini sayar) kullanılır

8254-2 programlanabilir zamanlama entegresi maksimum 10MHz saat frekansında çalışabilmektedir. Ayrıca 8254-2 entegresinin sayıcı değerleri entegrenin çalışması sırasında işlemler aksatılmadan okunabilir. 8254-2 entegresi birbirinin tamamen aynısı olan 3 adet 16-bit'lik sayıcı içerir ve bu sayıcılar birbirinden tamamen bağımsız olarak 6 değişik çalışma modunun herhangi birinde çalıştırılabilir .

Entegrenin elektrik beslemesi yapıldığında entegrenin konumu kararsızdır. Çalışma modu, gecikme değeri, ve tüm sayıcıların çıkışları tanımsızdır. Her sayıcının nasıl çalışacağı programlama ile belirlenir. Sayıcılar kullanılmadan önce mutlaka programlanmalıdırlar. Kullanılmayan sayıcıların programlanmasına gerek yoktur.

3.2.4.3 8254-2 entegresinin programlanması

Sayıcılar bir kontrol kelimesi ve ardından gecikme değeri yazılmasıyla programlanır. Kontrol kelimesinin formatı Tablo 3-3 de görülebilir. Tüm kontrol kelimeleri kontrol kütüğüne kaydedilir, ve kontrol kütüğü de ancak A1, A0 hatları 11 değerinde iken seçili durumdadır.

Tablo 3-3 Sayıcıların kontrol kelimesi

D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
SC1	SC0	RW1	RW0	M2	M1	M0	BCD

SC : Sayıcı Seçimi

SC0	SC1	
0	0	0. Sayıcı Seçimi
0	1	1. Sayıcı Seçimi
1	0	2. Sayıcı Seçimi
1	1	Sayıcılığı okuma

M : Mod

M2	M1	M0	
0	0	0	Mod 0
0	0	1	Mod 1
X	1	0	Mod 2
X	1	1	Mod 3
1	0	0	Mod 4
1	0	1	Mod 5

RW : Okuma / Yazma

RW1	RW0	
0	0	Sayıcılığı değeri tut
0	1	Sadece düşük 8 biti yazfoku
1	0	Sadece yüksek 8 biti yazfoku
1	1	Önce düşük sonra yüksek 8 biti kullan

BCD : BCD veya ikilik sistem

0	16 bit ikilik sayıcılar
1	4 dekad BCD sayıcılar

3.2.4.4 8254-2 entegresinin kontrol kelimesi

Kontrol kelimesinin kendisi hangi sayıcıyı programlandığını belirtir. Kontrol kelimesi kullanıcı tarafından kontrol kütüğüne girilerek 3 bağımsız sayıcıdan hangisinin programlanacağını ve 6 çalışma modundan hangisinde çalışılacağını belirler (Tablo 3-3). 8254-2 entegresinin çalışma şekli şöyle anlatılabilir :

1. Kullanıcı kontrol kelimesini entegrenin kontrol kütüğüne girer. Kontrol kelimesi kendi başına 3 bağımsız sayıcıdan hangisinin programlanmış olduğunu ve 6 çalışma modunun hangisinde çalışılacağını belirler
2. 16-bit'lik gecikme değeri sayıcıya yüklenir
3. Tetikleme girişinden başlama tetiklemesi yapılır
4. Sayma işleminin sonunda veya arasında sayıcı çıkış ucundan işaret verilir
5. Bu çıkışlar ile sistemde istenen şeyler yapılır (Ateşleme, püskürtme gibi)
6. Çıkışların türleri programlanan moda göre değişir

2.kademedan sonra sayıcı saat frekansına uygun olarak her saat çevriminde sayıcıya yüklenen gecikme değerini 1 azaltır. Bu değer 0 olduğunda çıkış ucu seviye değiştirir ve sayma işleminin sona erdiğini belli eder. Kullandığımız sistem için bir örnek verecek olursak ;

$$f = 500 \quad [\text{KHz}] , \text{ sistemin saat (sayma) frekansı}$$

$$T = 1 / f \quad [s] , \text{ sistemin saat (sayma) periyodu}$$

$$a = 1 \quad , \text{ entegrenin her saat periyodu için gecikme değerini azaltma miktarı}$$

$$t = ? \quad [ms] , \text{ entegreden istediğimiz gecikme zamanı}$$

$$K = ? \quad , \text{ sayıcıya yüklenen gecikme değeri}$$

olmak üzere $t = 2\text{ms}$ ' lik bir gecikme yaratmak istediğimizde sayıcıya yüklememiz gereken gecikme değeri K şöyle hesaplanabilir :

$T = 1 / f = 1 / (500 \times 10^3) = 2 \times 10^{-6} \text{ s}$ olarak sistemin sayma periyodu (a kadar azaltma yapması için geçen zaman) bulunur

$t = (K \times T) / a$ olduğundan, $t = 2\text{ms}$ gecikme için sayıcıya yüklenmesi gereken gecikme değeri

$$K = (t \times a) / T = (2 \times 10^{-3}) \times 1 / (2 \times 10^{-6})$$

$$= 1000$$

olarak bulunur.

Dolayısıyla gecikme değeri 8254-2 programlanabilir zamanlama entegresiyle 2 mikrosaniye hassasiyetle ayarlanabilmektedir.

Tasarlanan kontrol kartında 8254-2 entegresinin 6 değişik çalışma modundan Mod 1 olanı kullanılmıştır. Bu modda sayıcının çıkış ucu (Şekil 3-9' da "Çıkış n" ucu) başlangıçta +5V seviyesindedir. Tetikleme ucundan (GATE n) tetikleme yapıldığında çıkış ucu 0V seviyesine düşer. Sayıcıya yüklenen gecikme değeri sonuna kadar bu seviyede kalır. Gecikme değerinin 0'a ulaşmasıyla birlikte çıkış ucu tekrar +5V seviyesine çıkar. Böylece donanım kontrollü bir tetikleme darbesi elde edilir. Bu darbenin süresi, gecikme değerinin değiştirilmesiyle hassas bir şekilde ayarlanır.

Örneğin yakıt püskürtme enjektörü 8254-2 entegresinin bu modda çalıştırılmasıyla kumanda edilir. Tetikleme ucuna uygulanan tetikleme ile enjektör istenilen süre içinde açık kalarak yakıt püskürtür. Enjektörün açık kalma süresi entegrenin sayıcısına yüklenen gecikme değeri ile ayarlanır.

3.2.5 ADC0808 entegresi [7]

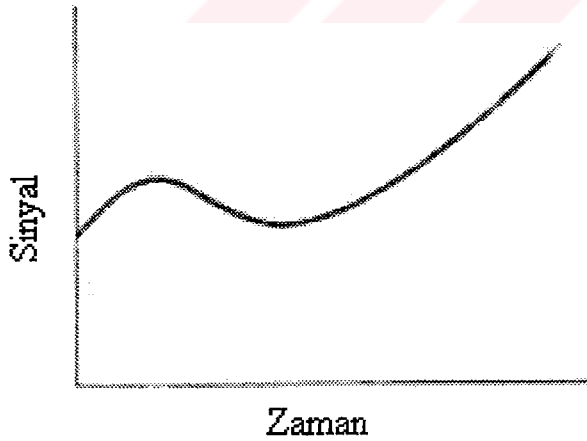
Hissediciler (Transducer) fiziksel bir olayı elektrik sinyallerine dönüştürür. Örneğin termokupullar, direnç termometreleri, termistörler, ve IC hissedicileri sıcaklığı gerilim ya da dirence dönüştürürler. Diğer örnekler gerilim ölçerler (strain-gage), akış hissedicileri, basınç hissedicileri olup kuvveti, akış miktarını, basıncı elektrik sinyallerine dönüştürürler. Her durumda üretilen elektrik sinyalleri hissedilen fiziksel büyüklükle orantılıdır. Hissedicilerin fiziksel büyüklükleri elektrik

sinyallerine gerilim olarak dönüştürmesi bilgisayar yardımıyla yapılan veri toplama işlemi için yeterli değildir. Çünkü bilgisayarlarda bilginin iletimi ve işlenmesi dijital (kesintili) olmaktadır, oysa hissedicilerin verdiği sinyaller analog (sürekli) sinyallerdir. Dolayısıyla bu analog sinyallerin bilgisayarın kullanabileceği dijital sinyallere dönüştürülmesi gerekmektedir. Bu dönüştürme işlemini İngilizce literatürde ADC (Analog to Digital Conversion) denilen cihazlar ile gerçekleştirmektedir. Analog ve dijital sinyallerin arasındaki farkı daha iyi anlayabilmek için sinyal tiplerini tanımak gerekir [8].

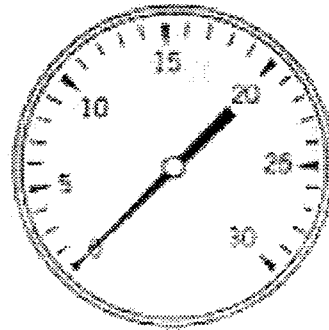
3.2.5.1 Sinyal Tipleri

- **Analog**

Analog sinyalin zamana göre sürekli olması demektir. Doğadaki fiziksel değişimler zamana göre sürekli olmaya yatkın olduğundan, analog sinyal doğadaki fiziksel değişimlerin zamanla olan ilişkisini temsil eder. Ayrıca sinyalin büyüklüğü değişkendir ve sinyal aralığında herhangi bir değeri alabilir. Analog sinyale bir örnek Şekil 3-11’da görülebilir; benzer bir sürekli (analog) sinyal bir ibrenin zamana bağlı hareketinin kaydedilmesi sonucu oluşacaktır.



(a) Analog sinyalin değişimi

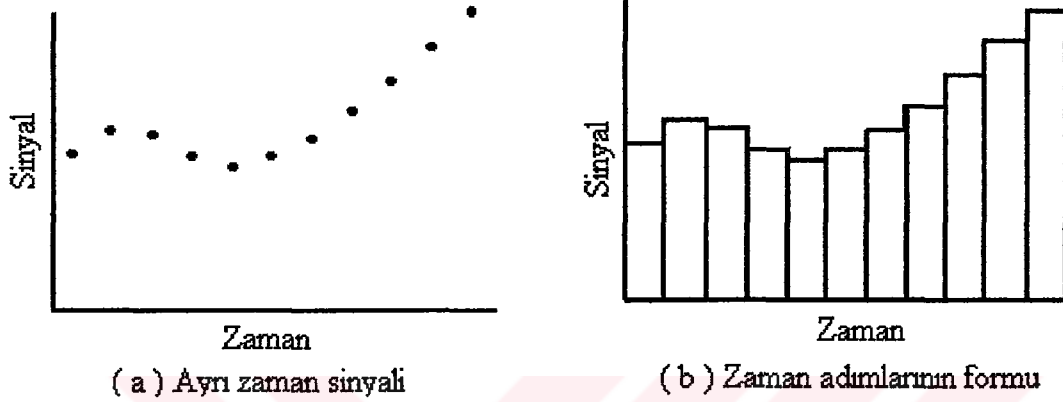


(b) Analog görüntü

Şekil 3-11 (a) Analog sinyalin değişimi (b) Analog görüntü

- **Zamandan Bağımsız**

Sürekli (Analog) sinyallerin tersi bir sinyal türü de zamandan ayrı sinyallerdir (discrete time). Burada sinyalin şiddeti ile ilgili bilgi zamanın ayrı noktalarında mevcuttur.



Şekil 3-12 (a)Ayrı zaman sinyali (b)zaman adımlarının formu

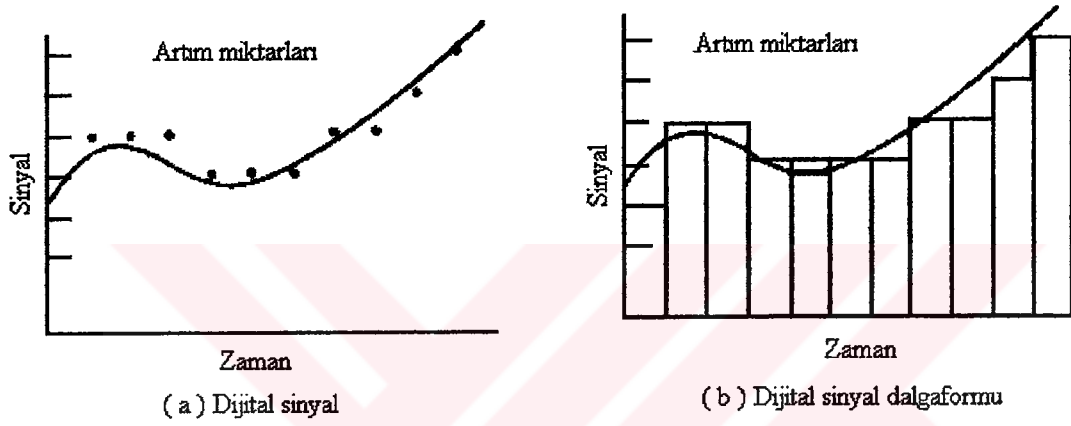
Zamandan ayrı sinyaller genellikle sürekli bir değişkenin sonlu zaman aralıklarında örneklenmesiyle elde edilir. Şekil 3-12’ de görülen sinyalin içindeki bilgi ayrı zamanlar için mevcut olduğundan (sürekli olmadığından), ölçülen değişkenin örnekleme yapılmadığı zamanlardaki şiddeti hakkında bazı kabuller yapılmak zorundadır. Genelde, sinyal şiddeti iki örnekleme arasında geçen zaman aralığında sabit kabul edebilecek kadar, sık sinyal örnekleme yapılır. Bu kabul sonucu oluşan sinyal dalgasının şekli Şekil 3-12’ de görülmektedir. Örnekleme (ölçümler) arasındaki zaman aralığı azaldıkça, zamandan ayrı değişkenler ile onların temsil ettiği sürekli sinyal arasındaki farklar da azalır.

- **Dijital**

Dijital sinyaller özellikle veri toplama ve veri analizini bilgisayarlarla yapıldığı zaman faydalıdır. Dijital sinyalin iki önemli özelliği vardır. Birincisi dijital sinyal, zamandan ayrı sinyale benzer şekilde, zaman içinde ayrı değerler olarak oluşur. İkincisi, dijital sinyalin şiddeti ayrıdır ve değerler atanarak zaman içinde her ayrı nokta için tanımlanmıştır. Değer atama, sürekli sinyalin şiddetinin belirli

aralıklarını temsilen tek tek sayıların atanmasıdır. Yani bir aralıktaki sürekli değer birçok alt aralıklara bölünür ve her alt aralığa karşılık da bir sayısal değer atanır.

Şekil 3-13’ da aynı sinyalin analog ve dijital şekli görülmekte, burada dijital sinyalin şiddeti sadece belirli aralıklarda değişmektedir. Dolayısıyla dijital sinyal zamanın belirli aralıklarında kademelendirilmiş bir şiddet sunar. Örneklenen iki nokta arasındaki sinyal şiddetinin değişmediği kabul edilerek oluşan sinyal dalgasının şekli Şekil 3-13’ de görülebilir



Şekil 3-13 (a)Dijital sinyal-(b) Dijital sinyal dalga formu

ADC cihazları yukarıda açıklanan analog (sürekli)sinyalleri dijital (sürekli olmayan) şekle dönüştürme işlevini gerçekleştirirler. Buradaki dönüştürme şeklinin nasıl olacağı dijital sinyali kullanacak cihaz ile ilgilidir. Hemen hemen bütün dijital ölçme sistemleri, sinyal bilgisini iletmek ve göstermek için, ikili sayı sistemlerinin bir türünü kullanırlar. İkili sistem 2 rakamını taban olarak kullanan bir sayı sistemidir. İkili sistemlerde dijit veya bit en küçük bilgi birimidir. Bir bit sadece bir dijit den oluşur, 1 ya da 0. Bit’lerin kombinasyonlarıyla 1 ve 0’dan daha büyük tamsayılar temsil edilebilir. Sayısal bilgileri temsil edebilen bit’lerden oluşmuş böyle kombinasyonlara “kelime” denir. Kelime uzunluğu 4bit’ten başlayıp 32’bit ve daha ilerisine kadar olabilir.

Elektrik cihazları ikili kodları farklı gerilim seviyelerini kullanarak gösterirler. Bir bit 1 ya da 0 değerlerinden yalnızca bir tanesine sahip olabileceğinden, belli bir gerilim (Yüksek) 1 ile temsil edilirken daha farklı bir gerilim (Alçak) 0 ile temsil edilir.

Örneğin bilgisayarlarda kullanılan yaygın bir metod +5V şeklindeki TTL (true transistor logic) sinyalleridir. Teorik olarak 1 bit'i +5V ile 0 bit'i ise 0V ile temsil edilir. Ancak gerilim dalgalanmaları sonucu oluşabilecek karışıklıkları önlemek ve yüksek güvenilirlik sağlamak için yüksek sinyal veya düşük sinyal seviyeleri kesin iki gerilim değeri ile değil de belirli gerilim aralıkları ile temsil edilmektedir.

TTL'de +2V ile +5.5V arasındaki gerilim seviyesi "yüksek" dolayısıyla "1" bitine karşılık gelirken; -0.6V ile +0.8V arasındaki gerilim seviyesi "alçak" dolayısıyla "0" bitine karşılık gelir. Fakat bu şekildeki dönüşüm tek dönüştürme çeşidi değildir. Birçok bilgisayar – modem bağlantıları +3V ile +25V arasındaki gerilim seviyesini "yüksek" değer olarak kabul ederken -3V ile -25V arasındaki gerilim seviyesini "alçak" değer olarak kabul eder.

İkili sayılar ise bu gerilim seviyelerinin kombinasyonlarından oluşur. Dolayısıyla ADC' ler, sürekli olan gerilim sinyallerini (analog sinyalleri) "quantization" yöntemiyle ikili voltaj seviyelerine (dijital) dönüştürerek, bu sürekli sinyallere karşılık gelen ikili sayıları üretirler. Bu dönüştürme her seferinde bir dönüşüm olacak şekilde gerçekleştirilir [7]

3.2.6 Kullanılması düşünülen A / D çevirici entegre ADC0808 :[9]

Tasarlanan kontrol kartında kullanılması düşünülen analog – dijital çevirici , ADC0808 tamamen mikroişlemcilerle çalışmak üzere tasarlanmış olup direkt mikroişlemciye bağlanan bacaklara sahiptir. Entegrenin teknik özellikleri :

- 8 kanallı seçici

ADC0808' in 8 adet tekli giriş hatlarının herhangi birisine, verilmiş olan adres bilgisine bakarak, doğrudan erişebilir.

- 8 bitlik paralel analog-dijital çevirici

$2^8 = 256$ çözünürlüğe sahip demektir. Yani dönüştürülmesi istenen analog gerilimi 256 alt gruba ayırıp onlara karşılık gelen sayısal değerler atayabilir. Örneğin 5V'lık bir gerilim aralığında dönüştürme yapılıyorsa

$5V / 256 = 0.02$ (0.0195) V lik aralıklarla dönüştürme yapılabiliyor demektir. Böylece entegrenin LSB (least significant bit) değeri 0.02V olur.

- Çalışma frekansı ,640KHz

Entegrenin işlem hızının göstergesidir. Buradaki hız entegrenin bir işlemi gerçekleştirmek için geçen zamandır. Entegrenin yapması gereken bir görevi tamamlaması için geçen süre doğal olarak işlem hızından daha yavaş olur (Bir görev çoğunlukla birden fazla işlemin yapılmasını içerir).

- Minimum çevirme süresi ,100µs
- Hassasiyeti , $\pm 0.5\text{LSB}$ (0.01V)

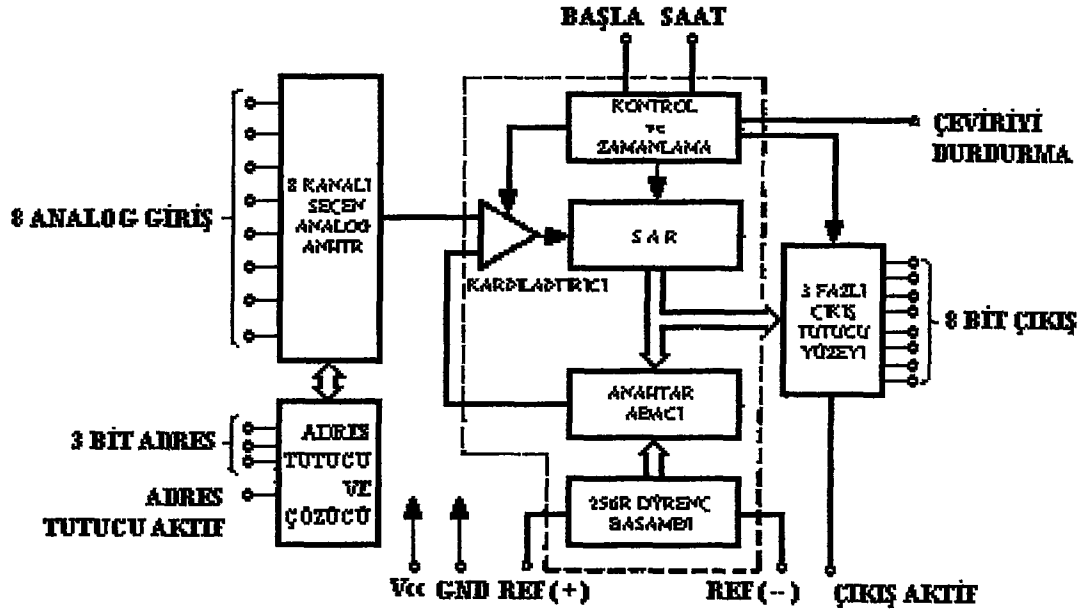
Entegrenin çevirme hassasiyeti LSB (en küçük anlamlı bit)'nin yarısı kadardır. Bu durumda sistemin duyarlılığı 0.02V olduğundan hassasiyeti de

$0.5 \times 0.02V = 0.01V$ olmaktadır.

- Çalışma sıcaklığı , -55 °C ila +125 °C arası
- TTL yapısı girişler ve çıkışlar
- 0V ila 5V arası giriş-çıkışlar, 28 uçlu yapı

3.2.6.1 Kanal seçici

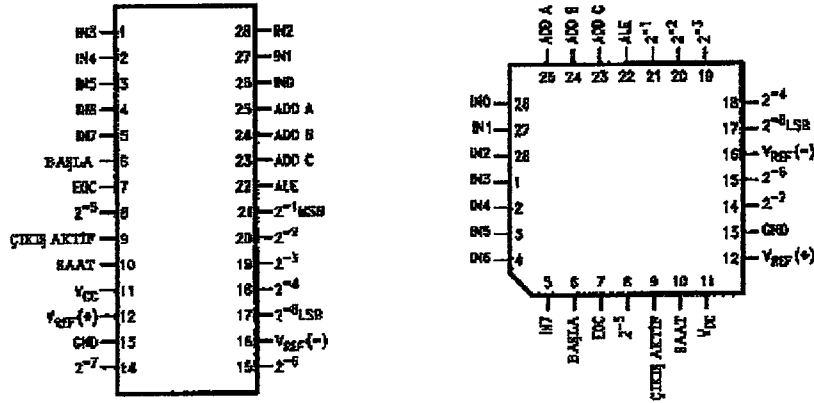
ADC0808, 8 adet tekli analog sinyal kanal seçicisine sahiptir. Yani cihazın 8 adet tekli analog sinyal giriş kanalı mevcuttur ve bu giriş kanallarından hangisinin seçileceği kanal seçici tarafından belirlenir. Kanal seçici 3 bit'lik kanal edresine göre kanalı seçer (Şekil 3-14).



Şekil 3-14 ADC0808 entegresinin blok diyagramı

3.2.6.2 Dönüştürücü

Bu tek yonga altında toplanmış veri toplama sisteminin kalbi dönüştürücü kısmıdır. Dönüştürücü ,oldukça geniş bir sıcaklık aralığında, hızlı, doğru ve tekrarlanabilir dönüştürmeler yapabilir. ADC0808 entegresi sistemden herhangi bir tetikleme işareti almadan kendi başına çalışabilecek şekilde ayarlanmıştır. Bu ayarlama entegrenin EOC çıkışının SC girişine bağlanmasıyla olur ancak dönüştürme işleminin başlaması için cihaz her açıldığında SC girişinden bir tetikleme yapılmalıdır.



Şekil 3-15 ADC0808 entegresinin bacak bağlantıları ve anlamları

Tablo 3-4 Giriş kanallarına karşılık gelen adres bilgileri

SEÇİLMİŞ ANALOG KANAL	ADRES HATTI (YOLU)		
	C	B	A
IN0	0	0	0
IN1	0	0	1
IN2	0	1	0
IN3	0	1	1
IN4	1	0	0
IN5	1	0	1
IN6	1	1	0
IN7	1	1	1

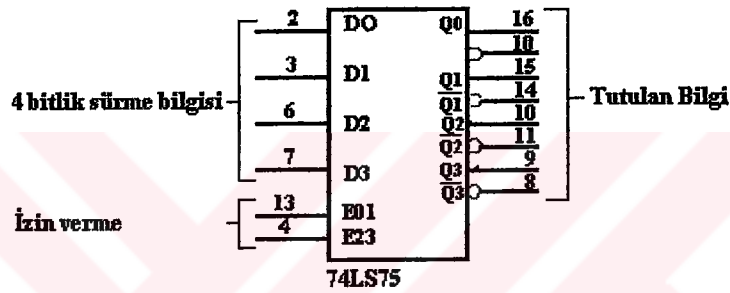
Böylece entegre sürekli olarak girişindeki analog gerilim sinyalini dijital hale dönüştürür ve istendiği zaman entegre üzerinden okuma yapılır.

ADC0808 entegresinin bir özelliği de dışarıdan saat darbesi üreticisine ihtiyaç göstermemesidir. Kendi içinde dahili bir saat üreticisi mevcuttur ve bu üreticinin frekansı dışarıdan bağlanan bir kapasitör ve direnç ile belirlenmektedir. 150 pf değerinde bir kapasitör ve 120 kΩ luk bir dirençle tipik 600KHz'lik saat frekansı sağlanmaktadır [3].

3.2.7 74LS75 entegresi

Deney motoru üzerinde kontrol amacıyla bulunan çeşitli adım motorlarının kumandası için kullanılır. Adım motorlarının kontrolü için 4 bitlik sürme bilgisi gerekmektedir.

4 bitlik adım motor kontrol bilgisi bu entegre üzerinde tutulur. Her adım motor için bir tane entegre kullanılmaktadır. 8255A entegresinden alınan 8 bitlik bilginin 4 biti adresi bilgisidir ve adım motorlarını seçmek için kullanılır diğer 4 bit ise motor sürme bilgisini taşır (Şekil 3-16).



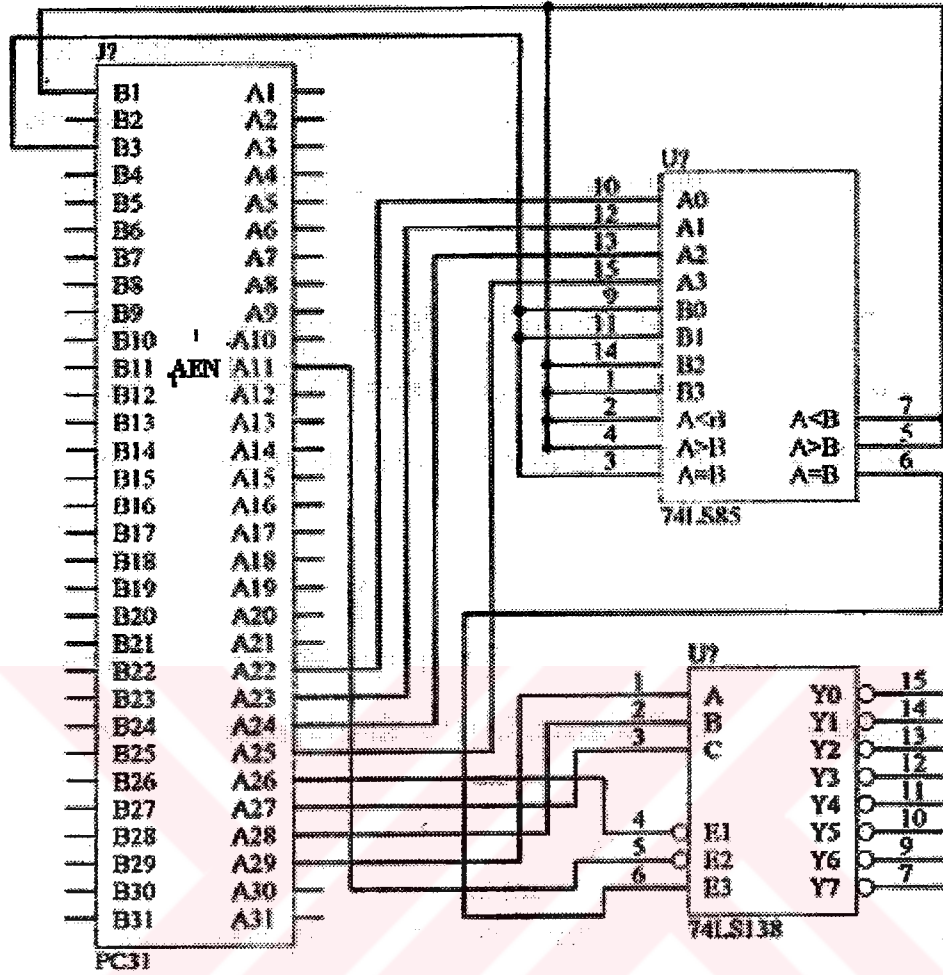
Şekil 3-16 74LS75 entegresinin bacak bağlantıları

Sürme bilgisi tüm 74LS75 entegrelerinin girişinde bulunur. Bu bilginin çıkışa aktarılması entegrenin izin bacaklarına +5V gerilim uygulanmasıyla gerçekleştirilir.

Bu işlemten sonra adım motor bir adım atmış olur, entegrenin izni kaldırılır ancak bu sırada entegre sürme bilgisini çıkışında tutar. 0 sürme bilgisi gönderilerek işlem ilk hale dönüştürülür [3].

3.2.8 74LS85 ve 74LS138 entegreleri

74LS85 entegresi bir karşılaştırma entegresidir. Entegrenin 8 bitlik veri girişi vardır ve bu girişlerin 4bit'i (A0,...,A3) adres hattına bağlanırken diğer 4bit'i (B0,...,B3) adres hattıyla karşılaştırılacak bilgiyi içerir. Seçilen duruma göre A0, A1, A2, A3 adres hattından gelen bilgi girişleri B0, B1, B2, B3 karşılaştırma bilgileri ile karşılaştırılır ve karşılaştırma sonuçlarına göre çıkışlar belli değerler alır (Şekil 13).



Şekil 3-17 74LS85 ve 74LS138 entegrelerinin 16 bit genişleme yuvası ile bağlantıları

Entegre karşılaştırma işlemini 3 şekilde yapabilmektedir ;

1. $A > B$
2. $A < B$
3. $A = B$

Örneğin karşılaştırmadaki değerler birbirine eşitse entegrenin $A = B$ bacağı +5V seviyesine yükselir. Benzer şekilde diğer karşılaştırma seçenekleri de kullanılabilir.

Şekil 3-17'de adres hattından gelen bilgi ve 74LS85 entegresinde ayarlanmış bulunan karşılaştırma bilgisi görülmekte. Adres hattından gelen 10 bitlik bilginin ilk

4 biti (1100) 74LS85 entegresinin adres hattına aktarılmıştır. Ayrıca daha önceden 74LS85 entegresinin karşılaştırma hattı da 1100 olarak ayarlanmıştır. 74LS85 entegresi her iki hattı karşılaştırarak $A = B$ olduğundan $A = B$ çıkışını +5V seviyesine yükseltir.

Tablo 3-5 74LS85 entegresinde örnek bir karşılaştırma

Adres hattından gelen bilgi	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Karşılaştırma bigisi	1	1	0	0	-	-	-	-	-	-
74LS85 entegresinin veri girişleri										
	Adres hattı				Karşılaştırma hattı					
	A0	A1	A2	A3	B0	B1	B2	B3		
	1	1	0	0	1	1	0	0		
Karşılaştırma	$A = B$									

74LS138 entegresi kod çözücü tipte bir entegredir. 3 bitlik bilgi girişine (A, B, C). ve 8 ayrı çıkışa sahiptir (Tablo 3-6). Çıkışlar seçilmedikleri durumda +5V seviyesinde iken, seçildikleri zaman ise 0V seviyesine inerler. Bu çıkışlar kart üzerinde mikroişlemci kontrollü diğer entegrelerin CS (Chip Select) uçları ile irtibatlıdır.

74LS138 entegresinin aktif hale gelebilmesi için 3 yetki ucu bulunur. Bu uçlardan yetki alındıktan sonra entegre aktif duruma geçer ve girişindeki 3 bitlik bilgiye göre çıkışlarından bir tanesini 0V seviyesine düşürerek bu ucun irtibatlı olduğu entegreyi aktif hale getirir. Tablo 3-6'da 74LS138 entegresinin 3 bitlik giriş değerlerine göre hangi çıkışın uyarıldığı gösterilmiştir.

Tablo 3-6 74LS138 entegresinin giriş değerlerine karşılık gelen çıkış uçları

Entegrenin Giriş Uçları			Girişe karşılık gelen çıkış
A	B	C	
0	0	0	Y0
0	0	1	Y1
0	1	0	Y2
1	0	0	Y3
1	0	1	Y4
0	1	1	Y5
1	1	0	Y6
1	1	1	Y7

Kartı oluşturan başlıca entegreleri tanıdıktan sonra daha genel anlamda kartın çalışma prensibini inceleyebiliriz.

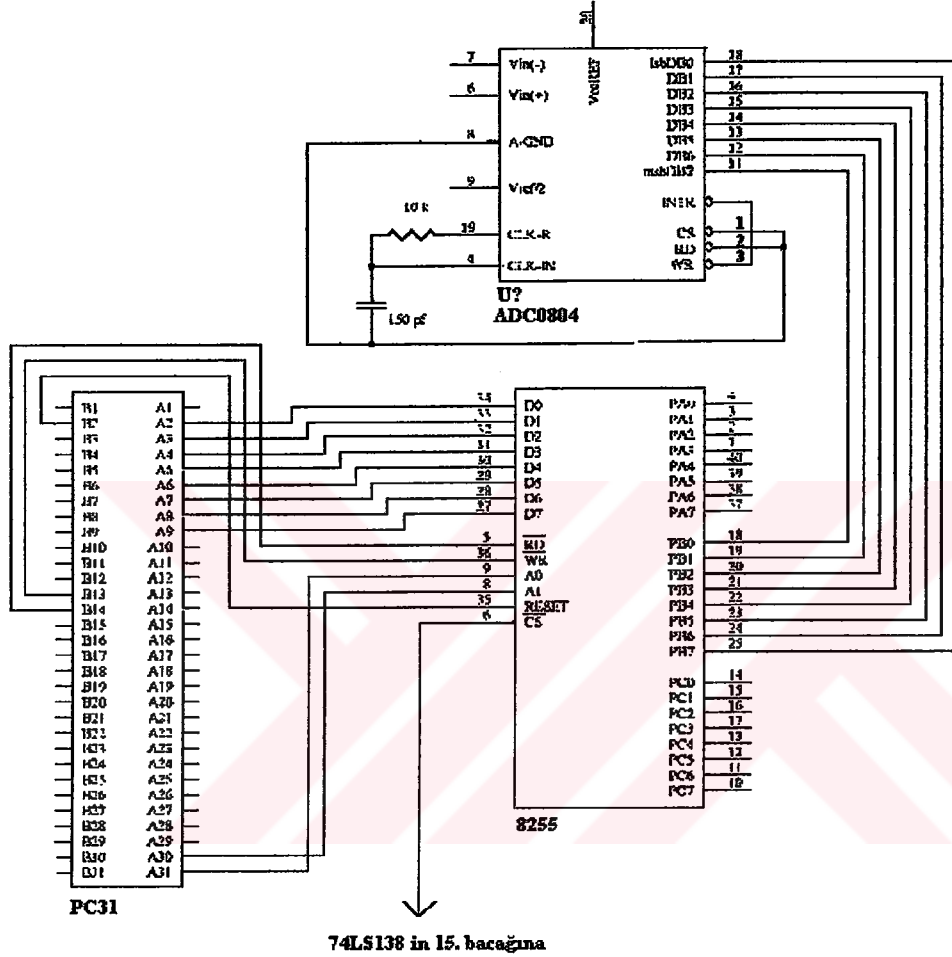
Kontrol kartı yukarıda tanıtılan entegreler ile birkaç tekil elemanın kullanılmasıyla oluşturulmuştur. Kartın ana özellikleri:

- Çalışma olarak 8 bitlik bir karttır
- PC uyumlu bilgisayarların 16 bitlik genişleme yuvasına takılabilir
- 500 KHz lik saat frekansında çalışır
- Dış ortamdan 24 bitlik bilgi alır

3.2.9 Kontrol kartının osilatör katı (saat frekansı üretici)

Daha önce ayrıntılı tanıtılan 74LS04 ve 74LS90 entegrelerinin birlikte kullanılmasıyla kontrol kartı için 500 KHz'lik bir saat frekansı üretilir ve kart bu

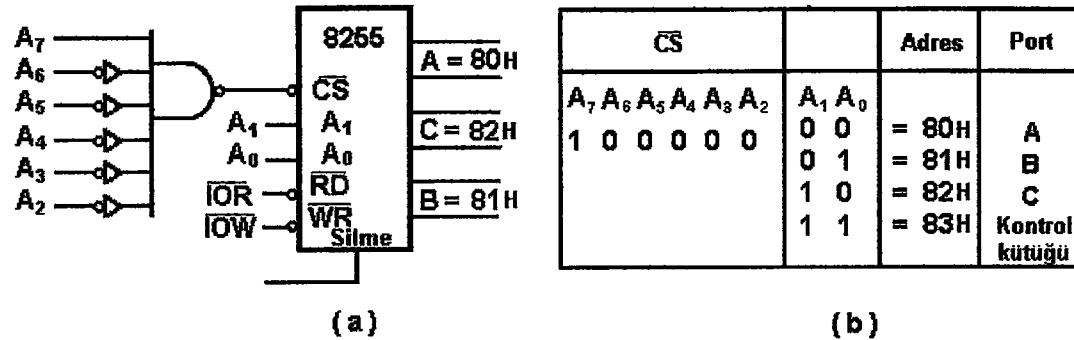
frekansta çalışır. Buradaki frekans 8254-2 programlanabilir zamanlama entegrelerinin saat girişlerinde kullanılarak yakıt püskürtme avansı ve ateşleme avansı ayarlanır.



Şekil 3-18 8255A arabirim entegresinin 16 bit genişleme yuvası ve ADC ile bağlantıları

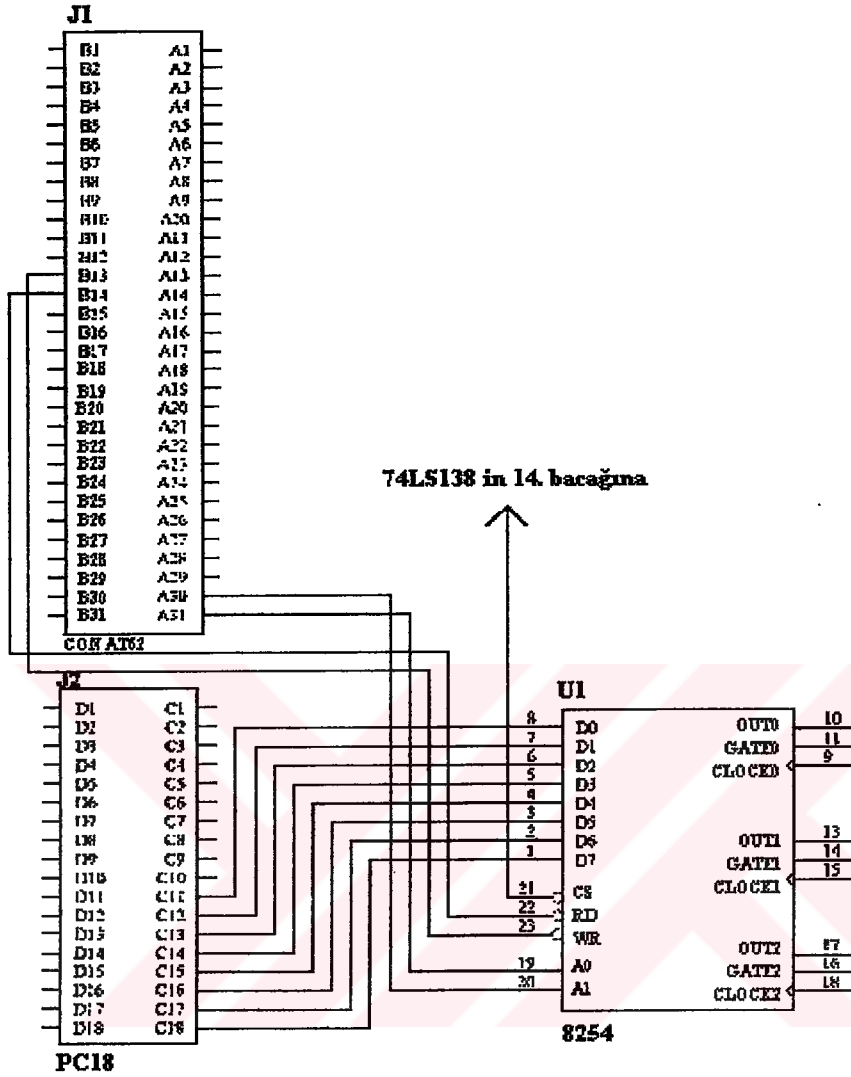
3.2.10 Kontrol kartının 8255A arabirim entegresi bölümü [3]

Kontrol kartının giriş ve çıkış işlemlerinde çevre birimler ile bilgisayar arasında arabirim görevini 8255A arabirim entegresi gerçekleştirir. Entegrenin toplam 24 adet olan çıkış hatları 8'er bitlik A, B, ve C portlarına bölünmüş durumdadır. Kontrol kartında C portu kullanılmamaktadır. B portu tümüyle ADC entegresinin çıkışlarına bağlıdır ve okuma modunda çalışmaktadır. A portu ise 4 adet adım



1. Entegre seçme mantığı ve A0, A1 adres hatlarındaki bilgiyle A, B, ve C portlarının ve kontrol kelimesinin adresleri belirlenir.
2. Kontrol kütüğüne kontrol kelimesi yazılır ve böylece hangi portların giriş hangilerinin çıkış olduğu belirlenir.
3. Giriş-Çıkış talimatları yazılır ve A, B, ve C portları üzerinden kenar cihazlarla iletişim kurulur.

8254-2 programlanabilir zamanlama entegresi kart üzerinde 16 bit’lik genişleme yuvasından veri alacak şekilde yerleştirilmiştir. Entegre 74LS138 adres çözücü entegrenin ikinci çıkış ucundan (Y1) yetki alır. Entegrenin adreslenmesi Şekil 3-20’ de gösterilmektedir.



Şekil 3-20 8254-2 entegresinin adreslenmesi

3.3 ELEKTRONİK ATEŞLEME SİSTEMİ [2,4]

Sistem inkremental enkoderden (açısal konum ölçerden) gelen Ü.Ö.N. sinyalini esas alarak ateşleme işlemini gerçekleştirmektedir. Ateşleme avansı tıpkı taşıt motorlarında olduğu gibi Ü.Ö.N referans alınarak belirlenmektedir. Ancak, krank milinin her turu için açısal konum ölçer Ü.Ö.N.sinyali verdiğinden, söz konusu Ü.Ö.N.nin hangi Ü.Ö.N. olduğunu (sıkıştırma sonu-yanma başlangıcı veya egzoz

sonu-emme başlangıcı) ayırt edebilmek gerekmektedir. Bu ayırım sisteme ilave edilen bir Ü.Ö.N. ayıracı ile yapılmaktadır.

Başlangıçta Tofaş tarafından kullanılan ve elektronik ateşleme sistemlerinde yer alan bir indiksiyon bobini kullanılmıştır. Ancak bobine kumanda etmek üzere yerleştirilen transistör, bobinin çok yüksek akım çekmesinden dolayı aşırı ısındığından, bu indiksiyon bobininden vazgeçilmiştir. Daha sonra direnci biraz daha büyük olan bir bobin seçilerek transistörde herhangi bir problem olmaksızın kullanılmıştır. Ateşleme sisteminin adaptasyonu çalışmaları Makina Mühendisi Ahmet AKIN tarafından gerçekleştirilmiştir.

3.3.1 Tanıtım ve çalışma prensibi

Motorun ateşleme sistemi PC üzerindeki kontrol kartı kullanılarak kontrol edilmektedir. Kontrol kartının ateşlemeyi kontrol etmesi için gerekli veriler şunlardır

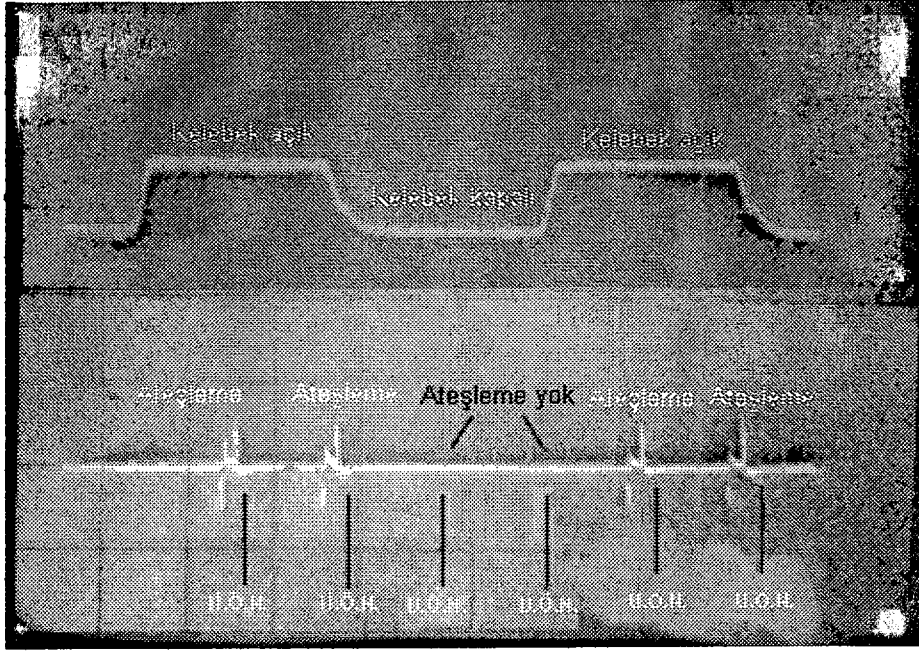
- Motorun krank milinin konumu
- Ü.Ö.N. (Üst Ölü Nokta) bilgisi
- Motorun dönme sayısı
- Motorun çalışma durumu

Motor krank milinin konumu krank miline doğrudan bağlanmış bir enkoder tarafından 1° KMA (Krank Mili Açısı) hassasiyetle ölçülür. Ayrıca enkoder, ateşleme için gerekli olan Ü.Ö.N. bilgisini de her turda kontrol kartına iletir.

Enkoder'den 1° KMA aralığında alınan sinyal ile motorun dönme sayısı hesaplanır.

İlaveten motorun periyot atlamalı çalışma durumunda periyot atlanan çevrim ile iş yapılan çevrimi birbirinden ayırabilmek için Ü.Ö.N. ayıracı'ndan da bir işaret alınır. Bu işaretin yardımıyla motorun çalışma durumuna uygun şekilde ateşleme gerçekleştirilir (Periyot atlatılan çevrimlerde ateşleme gerçekleştirilmez).

Şekil 3-21' de periyot atlamalı çalışmada, osiloskop üzerinde, ateşlemenin nasıl gerçekleştiği görülmektedir.



Şekil 3-21 Periyot atlamalı çalışmada ateşleme zamanları

3.3.2 Sistem kontrolü

Ateşleme ile ilgili yapılan kontroller,

- Ateşleme avansının kontrolü
- Dwell açısının ayarı
- Motorun çalışma şekline uygun ateşleme

olarak sıralanabilir.

Şekil 3-1’de görüldüğü gibi ateşleme avansı 0 ila 60 °KMA aralığında kontrol edilmektedir. Hızlı kontrol istendiğinde üst taraftaki kontrol düğmeleri kullanılır ve $\pm 5^\circ$ KMA adımlarla ateşleme avansı değiştirilirken, daha hassas kontrol istendiğinde alt taraftaki düğmeler kullanılarak $\pm 1^\circ$ KMA adımlarla ateşleme avansı değiştirilir.

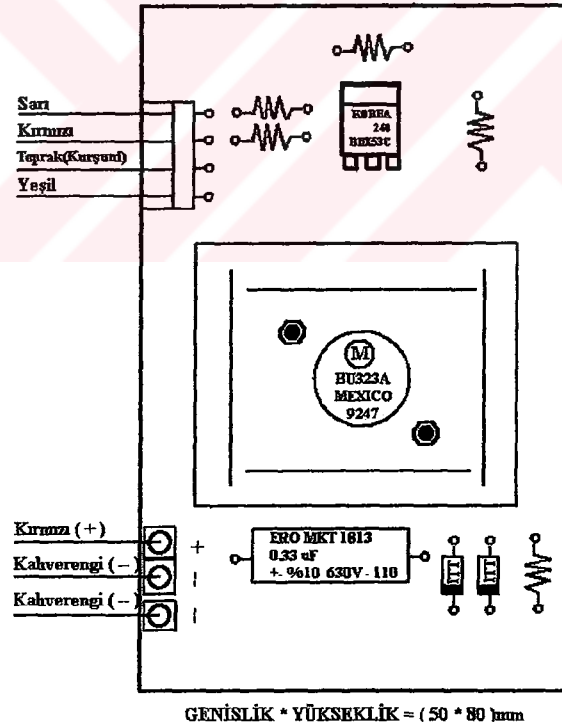
Ateşleme avansının yanısıra dwell açısı da, sistemi kontrol edilen yazılım tarafından, ayarlanabilmektedir. Ancak bu ayarlama işlemi Şekil 3-1 de görülen kontrol menülerinin içinde mevcut değildir. Dwell açısı ancak yazılımın içine girilerek

değiştirilebilmektedir. Başlangıçta deney motorunun 3000 d/d dönme sayısının üzerine çıkmayacağı düşünülerek uygun bir dwell açısı seçilmiştir (100 ° KMA).

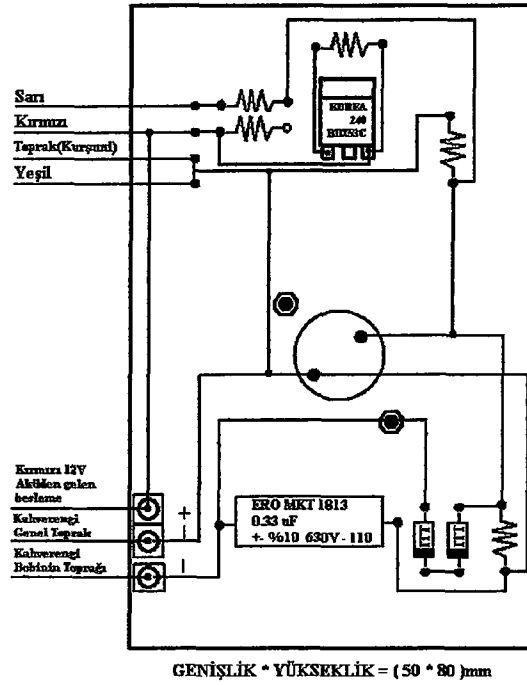
Bunun dışında motorun çalışma durumuna göre (normal çevrim ya da periyot atlamalı çevrim) ateşleme avansı aynı kalarak ateşleme sürer. Kontrol menüsünde (Şekil 3-1) periyot atlatma stratejilerinden birisi seçildiğinde, ateşleme kontrol kartının donanımı ile kontrol edilerek yeni stratejiye uyum sağlar. Yani periyot atlatılan çevrimlerde ateşleme yapılmazken normal çevrimlerde ateşleme gerçekleşir (Şekil 3-21).

3.3.3 Sistem elemanları

PC üzerindeki ana kontrol kartının haricinde tetikleme işlemini gerçekleştiren güç elemanları (transistör ve yardımcı elemanlar) ayrı bir Ateşleme Güç Kontrol Kartı üzerinde toplanmıştır (Şekil 3-22). Bu kart da motor üzerine monte edilmiş olup elektrik ihtiyacı akü tarafından karşılanmaktadır.



Şekil 3-22 Ateşleme Güç Kontrol Kartı



Şekil3- 23 Ateşleme Güç Kontrol Kartı Bağlantı Şeması

Ateşleme gücü kontrol kartının başlıca elemanları Tablo 3-7’de görülmektedir.

3.4 YAKIT PÜSKÜRTME SİSTEMİ [2,4]

Deneysel çalışmaların başlangıcında, Tofaş Tempra 1.6 i motorlarında kullanılan yakıt püskürtme elemanları kullanılmıştır. Sözü geçen motorda her bir silindirin strok hacminin 400 cm^3 olması ve bu değerin deney motrumuzun strok hacmine (454 cm^3) yakın olmasından dolayı seçilmiştir.

Ancak burada belirtilmesi gereken önemli bir nokta, Tofaş Tempra taşıtlarında kullanılan sistem, krank milinin her dönüşünde püskürtme yapmasına rağmen, deney düzeneğimizimizdeki kullanımda periyot atlama amcına uygun olacak şekilde, emme supabının açıldığı anda, yani krank milinin her iki dönüşünde bir defa püskürtme yapılmaktadır. Bu durumda eşdeğer yükte, daha uzun püskürtme süreleri gerekmektedir.

İlk yapılan deneylerde Tempra 1600 cm^3 enjektörünün debi özelliklerinin püskürtme süresini uzatmasından dolayı uygun olmadığı görülmüştür. Bu nedenle deneye daha sonra Tempra 2000 cm^3 enjektörü ile devam edilmiştir.

Tablo 3-7 Ateşleme sisteminin başlıca elemanları

No	Eleman adı	Adedi	Markası ve Modeli	Açıklama
1	Pertinaks kart	1	-	Ateşleme tetiklemesini yapan transistör ve yardımcı elemanların bulunduğu delikli pertinaks kart
2	Transistör	1	Mexico	BU323A 9247 20A güç transistörü
3	Transistör	1	Korea	BDX54C 17 92
4	Kondansatör	1	ERO MKT 1813	0.33 μ F
5	Diyod	2	ITT	200V Zener diyonu
6	Direnç	2	-	100 Ω
7	Direnç	1	-	1K Ω
8	Direnç	1	-	Watlı direnç (5W)
9	Diyod	1	-	Transistörü korumak için
10	Donanım bağlantısı	1		4 uçlu
11	Güç bağlantısı	1		3 uçlu
12	Bobin	1		Birinci devre 3.4 Ω İkinci devre 5.46 K Ω
13	Buji	1	Champion L87YC	Kısa vidalı 0.7 mm tırnak aralığında
14	Buji kablosu	1	Fiat Temptra 1.6l	10 K Ω direnç değerinde motorunun buji kablosu

3.4.1 Tanıtım ve çalışma prensibi

Yakıt püskürtme sisteminin çalışması ateşleme sistemine benzerdir. Aynı şekilde sistemin kontrolü PC üzerindeki ana kontrol kartı tarafından yapılır. Kontrol için ihtiyaç duyulan veriler ateşleme sisteminde ihtiyaç duyulan verilerin aynısıdır. Bu

veriler kullanılarak püskürtme kontrol kartındaki güç elemanları üzerinden enjektör tetiklenir ve enjektörün açık kaldığı süre (ms cinsinden) değiştirilerek püskürtülen yakıt miktarı ayarlanır. Ayrıca enjektörün püskürtmeye başlama zamanı (püskürtme avansı) da kontrol edilir.

Aynı ateşlemede olduğu gibi püskürtmede de motorun çalışma durumuna uygun şekilde püskürtme gerçekleştirilir (Periyot atlatılan çevrimlerde püskürtme gerçekleştirilmez).

3.4.2 Sistem kontrolü

Püskürtme ile ilgili iki tür kontrol gerçekleştirilir :

1. Püskürtme süresinin ms cinsinden değiştirilmesi

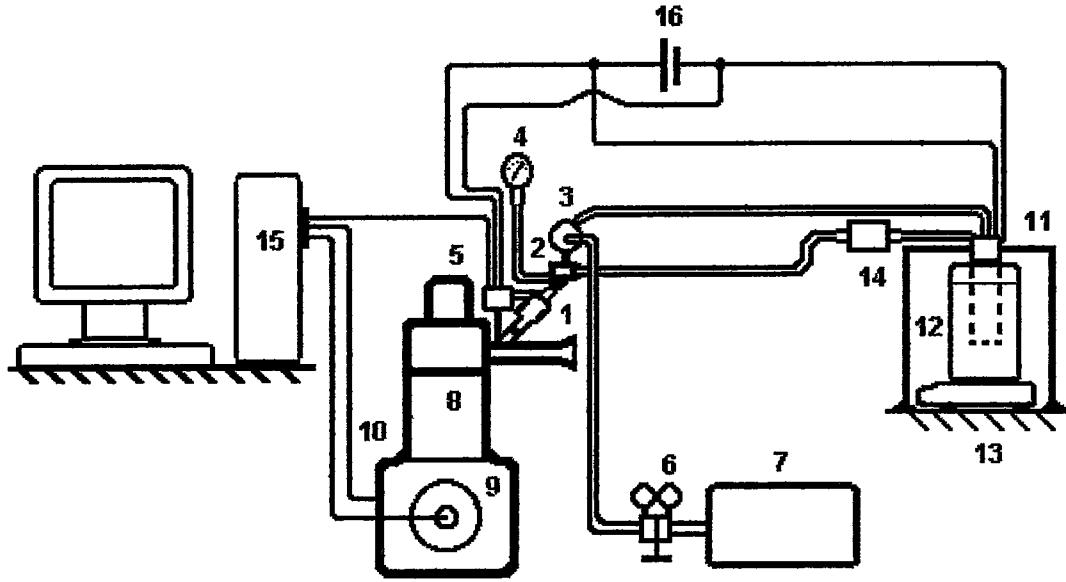
Şekil 1 de görüldüğü gibi püskürtme süresi 0 ila 30 ms zaman aralığında değiştirilebilir. Hızlı kontrol istendiğinde üst taraftaki kontrol düğmeleri kullanılır ve ± 1 ms zaman aralıklarıyla püskürtme süresi değiştirilirken, daha hassas kontrol istendiğinde alt taraftaki düğmeler kullanılarak ± 0.1 ms zaman aralıklarıyla püskürtme süresi değiştirilebilir.

2. Püskürtme avansının °KMA cinsinden değiştirilmesi

Püskürtme avansı motorun emme süpap'ının kapanmasını referans alır. Emme süpap'ı Ü.Ö.N.'yı 16 °KMA geçe kapandığından, püskürtme avansı 0 °KMA değerinde iken, püskürtme Ü.Ö.N.'yı 16 °KMA geçe olur. Şekil 1 de görüldüğü gibi püskürtme avansı 0 ila 540 °KMA aralığında kontrol edilmektedir. Hızlı kontrol istendiğinde $\pm 5^\circ$ KMA adımlarla püskürtme avansı değiştirilirken, daha hassas kontrol istendiğinde $\pm 1^\circ$ KMA adımlarla püskürtme avansı değiştirilebilir.

3. Püskürtme basıncının değiştirilmesi

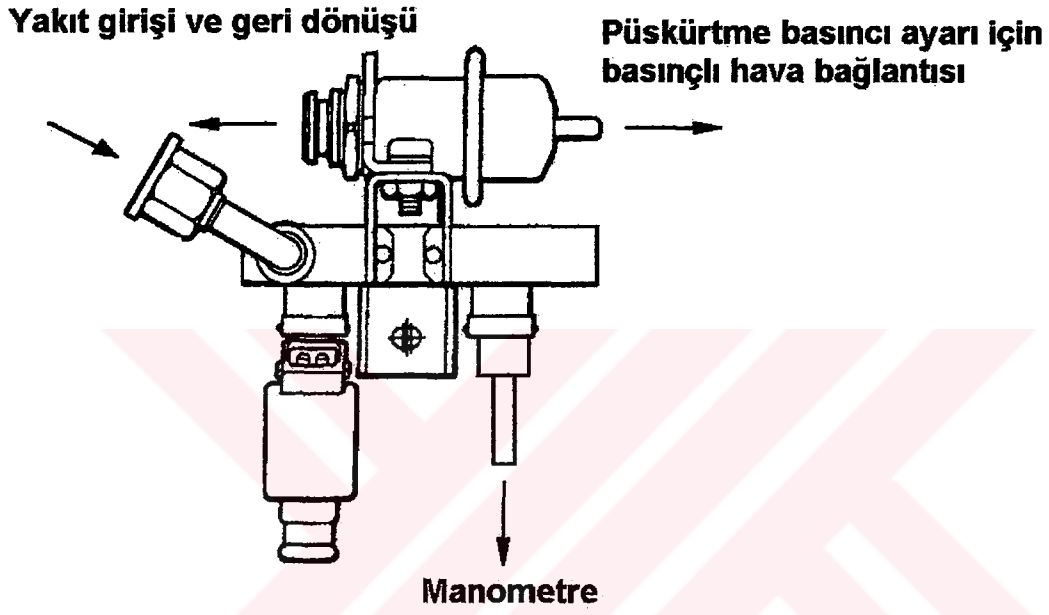
Püskürtme sistemi Fiat Tempra benzinli 1.6 motorunun püskürtme sistemi elemanlarından oluşur. Sadece enjektör, debisi yetersiz kaldığı için, Fiat Tempra 2.0 litre motorunun enjektörüyle değiştirilmiştir.



- | | |
|----------------------------|------------------------|
| 1- Enjektör | 9- Açısal konum ölçer |
| 2- Enjektör kutuğu | 10- Ü.Ö.N. ayırd edici |
| 3- Yakıt geri dönüşü | 11- Yakıt pompası |
| 4- Manometre | 12- Yakıt kabı |
| 5- Püskürtme kontrol kartı | 13- Elektronik terazi |
| 6- Detantör | 14- Yakıt filtresi |
| 7- Basınçlı hava tüpü | 15- Bilgisayar |
| 8- Motor | 16- Akü |

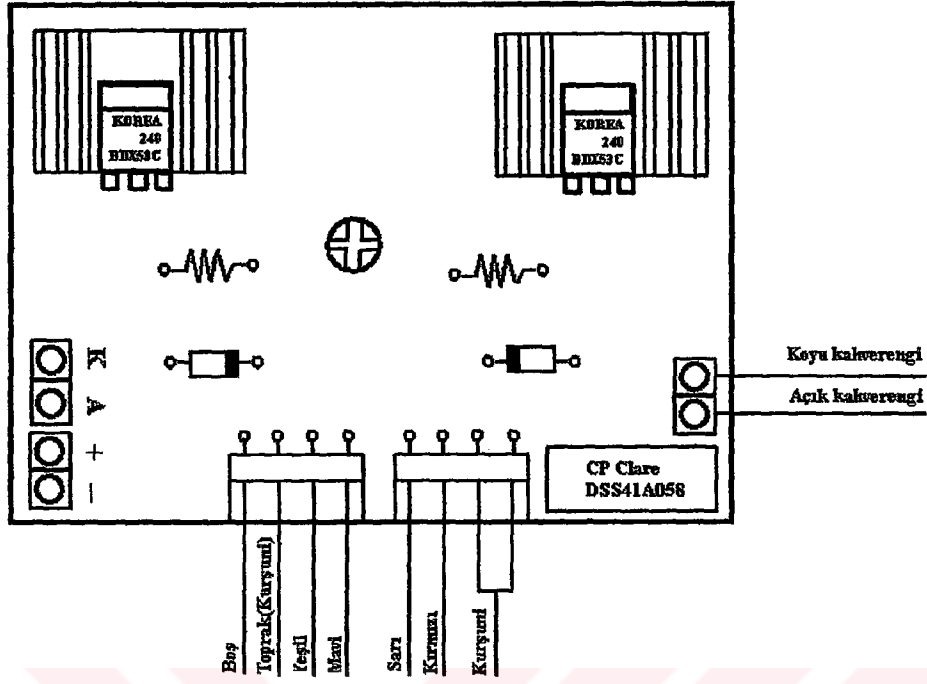
Şekil 3-24 Deney motoru yakıt püskürtme

Püskürtme sisteminin orijinal halinde yakıt pompası yakıtı 4.5 ila 6.5 bar basınç aralığında basınç regülatörüne gönderir. Basınç regülatörü, enjektörün bağlı olduğu yakıt manifoldu ile emme manifoldu arasındaki basınç farkı 3 bar olacak şekilde, püskürtme basıncını sabit tutar ve fazla yakıtı depoya gönderir (Şekil 3-25). Böylece sadece püskürtme süresi (enjektörün açık kalma süresi) değiştirilerek püskürtülen yakıt miktarı ayarlanabilir.



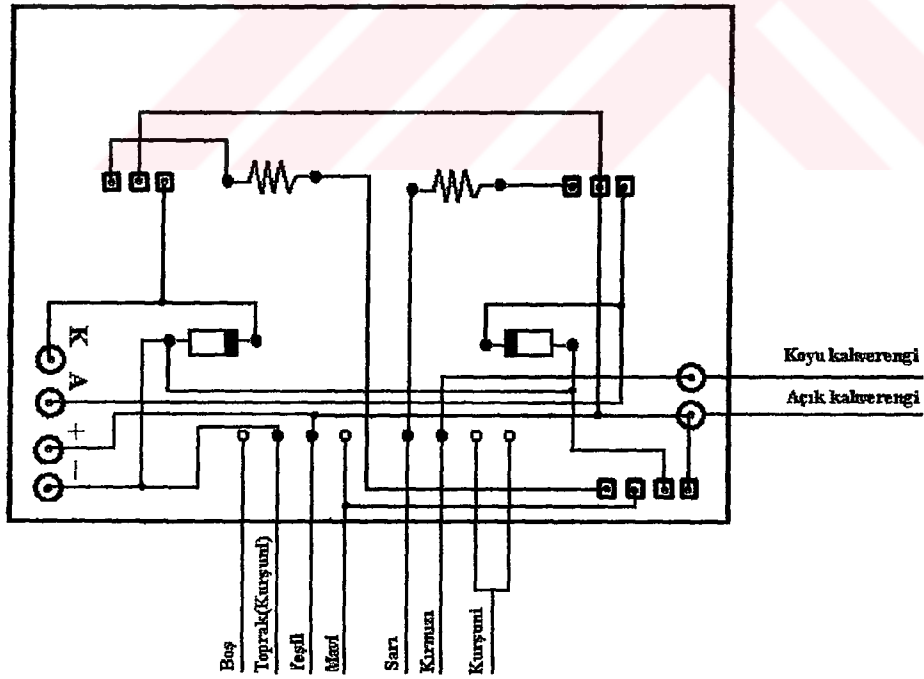
Şekil 3-25 Yakıt basınç regülatörü

Deney motoruna adapte edilirken sistem üzerinde yapılan değişikliklerden birisi de basınç regülatörünün emme manifolduna bağlanan ucundaki basıncın ayarlanması ile püskürtme basıncının değiştirilmesidir. Söz konusu uç, emme manifolduna bağlanmayıp, bu uca basınçlı hava verilerek sistemin orijinal püskürtme basıncının (3 bar) üzerinde püskürtme basıncı (4 bar) elde edilmiştir. Böylece basınç farkı arttığı için aynı enjektör açık kalma sürelerinde, daha fazla yakıt püskürtülebilmektedir.



GENİŞLİK * YÜKSEKLİK = (60 * 58)mm

Şekil 3-26 Püskürtme ve Solenoid Güç Kontrol Kartı



Şekil 3-27 Püskürtme ve Solenoid Güç Kontrol Kartı bağlantı şeması

3.4.3 Sistem elemanları

Enjektörü tetikleme işlemini gerçekleştiren güç elemanları (transistör ve yardımcı elemanlar) ayrı bir püskürtme kontrol kartı üzerinde toplanmıştır (Şekil 3-26). Püskürtme kontrol kartı aynı zamanda periyot atlatma keleşini de kontrol eden karttır ve motor üzerine monte edilmiştir. Kartın elektrik ihtiyacı ise, ateşleme kontrol kartında olduğu gibi, akü tarafından karşılanmaktadır. Sistemde ana kontrol kartı haricinde kullanılan başlıca elemanlar Tablo 3-8’ de görölmektedir.

Tablo 3-8 Püskürtme sisteminin başlıca elemanları

No	Eleman adı	Adedi	Markası ve Modeli	Açıklama
1	Yakıt pompası	1	Fiat Tempra	Dalgıç tipi
2	Yakıt filtresi	1	Fiat Tempra	
3	Besleme borusu		Fiat Tempra	
4	Yakıt manifoldu	1		Orijinal manifold kesilerek küçültüldü
5	Enjektör	1		Fiat Tempra 2.0 litre motorun
6	Basınç regülatörü	1	Fiat Tempra	
7	Dönüş borusu	1	Fiat Tempra	
10	Basınç kontrol vanası	1	-	Püskürtme basıncını artırmak için
11	Manometre	1		
12	Kontrol kartı	1	-	Püskürtme ve solenoid kontrolünü yapan transistör ve yardımcı elemanların bulunduğu delikli pertinaks kart
13	Transistör	2	Korea	BDX53C 240
14	Diyod	2	R104	1N4001
15	Direnç	2	-	1K Ω
16	Role	1	CP Clare	DSS41A058 38 – 81
17	Soğutucu	2	-	5V, 200mA

3.5 PERİYOT ATLATMA SİSTEMİ [1-4]

3.5.1 Tanıtım ve çalışma prensibi

Periyot atlatma sistemi, adından da anlaşılacağı gibi normal çalışmadaki periyotların bazılarının iptal edilmesi prensibine dayalıdır. Örneğin 4 zamanlı bir Otto motoru 720 °KMA da bir iş periyotunu tamamlar. Periyot atlatıldığı zaman, atlanan periyot ya da periyotlardaki ateşleme ve yakıt püskürtme işlemleri gerçekleştirilmez. Bunlara ilaveten, emme manifolduna yerleştirilen bir açma – kapama kelebeği vasıtasıyla, motorun emiş yapması engellenir. Dolayısıyla periyot atlatma işleminde kontrol edilecek olaylar ;

Ateşleme

Yakıt püskürtme

Açma – Kapama kelebeği

olarak sıralanabilir.

3.5.2 Sistem kontrolü

Periyot atlatma sisteminin kontrolü, kontrol programı (Proje yazılımı) çalıştırıldıktan sonra oluşan kontrol menüsü ile gerçekleştirilir. Şekil 3-1’de görüldüğü gibi toplam 5 ayrı çalışma modu (stratejisi) bulunmakta ve bunların bir tanesi normal çalışma modu, diğer 4 tanesi ise periyot atlamalı çalışma modlarıdır. Periyot atlatılan modlardaki “N” işareti “Normal periyotu”, “S” işareti ise “Atlanan periyotu” temsil eder.

Örneğin N-N-S-N-N işaretli çalışma modu ; iki periyot normal çalışma, sonraki periyot atlama, şeklinde bir çalışma modudur. Kontrol menüsünde istenen çalışma modu seçildiğinde kontrol donanımı motoru bu çalışma moduna göre kontrol etmeye başlar. Ateşleme, püskürtme ve açma – kapama kelebeği yeni çalışma moduna uygun olarak kontrol edilir. Hangi çalışma modunun aktif olduğu çalışma modlarının yanlarındaki kutuların renklenmesiyle anlaşılır.

Periyot atlama işleminin kontrolü bilgisayar ve kontrol kartının birlikte çalışmasıyla yürütülür. Bir kısım veri toplama ve sayma işlemleri kontrol kartı tarafından (donanım tarafından) yapılırken, bilgisayar da aktif olarak bazı yardımcı hesaplama ve sayma işlemlerini yapar.

Periyot atlatma sisteminin kontrolü için toplanması gereken veriler normal çalışmadaki n (dev / dak) ve Ü.Ö.N. işareti verilerine ilaveten Ü.Ö.N. ayırıcı işareti olmak üzere toplam üç tanedir. Kontrol normal çalışmadaki kontrole benzerlik gösterir ancak ilave olarak açma – kapama kelebeğinin kontrolü mevcuttur. Sistemin kontrol algoritmasıyla ilgili bilgi için ek-b'ye bakınız.

Sistemin kontrol mantığı şu şekildedir:

Bilgisayara Ü.Ö.N. işareti iletilir ve bilgisayar Ü.Ö.N.' yı referans alarak sıradaki çevrimde nasıl bir kontrol uygulayacağını belirler.Üç tane kontrol işlemi gerçekleştirilir,

1. Ateşleme kontrolü: Kontrol menüsünde ateşleme avansı için verilmiş değere göre 8254-2 sayma entegrelerinin bir tanesinin (Şekil 3-2' de 4 numaralı entegre) bir saatine sayma yapması için uyarı gönderilir. Örneğin o andaki ateşleme avansı değeri 20 °KMA ise, 8254-2 entegresinin birinci saati, bu değere karşılık gelecek şekilde enkoderden gelen KMA işaretlerini sayar ve entegrenin ikinci saatini tetikler. Böylece sıradaki çevrimde 20 °KMA ateşleme avansı ile ateşleme gerçekleştirilmiş olur.

Dwell süresi ise tetiklenen ikinci saatinin sayma değeri ile ayarlanır (dwell açısı 100° KMA olup sabittir)

2. Püskürtme kontrolü: Kontrol menüsünde püskürtme süresi ve püskürtme avansı için verilmiş değerlere göre 8254-2 sayma entegrelerinin bir tanesinin (Şekil 3-2' de 5 numaralı entegre) birinci saatine sayma yapması için uyarı gönderilir. Örneğin o andaki püskürtme avansı değeri 80 °KMA ve püskürtme süresi 10 ms ise, 8254-2 entegresinin birinci saati, bu değerlere karşılık gelecek şekilde enkoderden gelen KMA değerlerini sayar ve entegrenin ikinci saatini tetikler. Böylece sıradaki çevrimde 80 °KMA püskürtme avansı olacak şekilde

püskürtme başlatılır. Püskürtme süresi ise entegrenin tetiklenen ikinci saatinin yarattığı gecikme zamanıyla (bu örnekte 10ms) ayarlanır.

3. Açma – Kapama kelebeğinin kontrolü: Açma – Kapama kelebeğinin açılıp kapanma zamanlamaları emme supabının kapanmasını referans alacak şekilde kontrol edilir. Kontrol menüsünde açma – kapama kelebeği için *kapama avansı* (KA) ve *kapama süresi* (KS) olarak iki ayrı değişken mevcuttur. Teorik olarak $KA = 20^\circ KMA$ ve $KS = 0^\circ KMA$ değerleri için kelebek, tam emme supabı kapandığında kapanmaya başlar ve gerekli süre kadar kapalı kaldıktan sonra yine tam emme supabı kapandıktan sonra açılmaya başlar (Şekil 3-28). Ancak kelebeğin cevap süresi ve geri dönüş yayının gerginlik ayarı bu açılıp kapanma noktalarını etkiler.

Kapama avansı (KA) ve kapama süresi (KS) için verilmiş değerlere göre 8254-2 sayma entegrelerinin bir tanesinin (Şekil 3-2' de 4 numaralı entegre) üçüncü saatine sayma yapması için uyarı gönderilir. Örneğin o andaki kapama avansı (KA) değeri $20^\circ KMA$ ve kapama süresi değeri $0^\circ KMA$ ise, entegrenin üçüncü saati, bu değerlere karşılık gelecek şekilde enkoderden gelen KMA değerlerini sayar ve diğer 8254-2 entegresinin (Şekil 3-2' deki 5 numaralı entegre) üçüncü saatini tetikler. Böylece sıradaki çevrimde $20^\circ KMA$ kapama avansı olacak şekilde (tam emme supabı kapandığı anda) kelebek kapanır. Kelebeğin kapalı kalma süresi ise tetiklenen üçüncü saatin (Şekil 3-2) deki 5 numaralı 8254-2 entegresinin saatinin) sayma değeriyle ayarlanır.

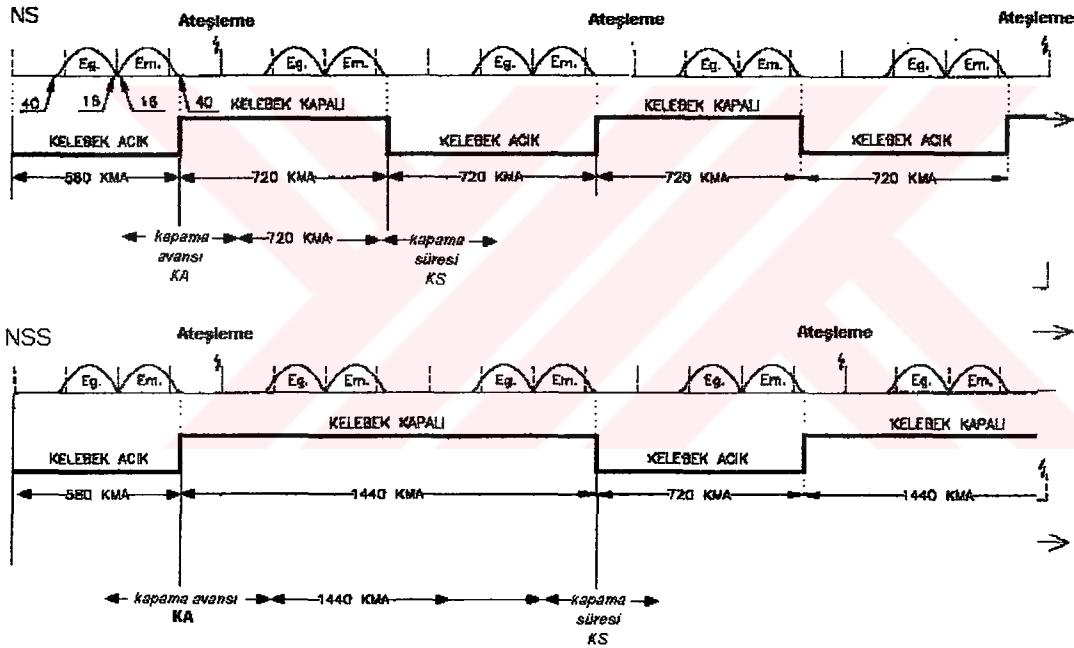
Esas olarak sayma değeri periyot atlama stratejisiyle ilgilidir.; 1 periyot atlamalı stratejide (NS stratejisinde) $720^\circ KMA$, 2 periyot atlamalı stratejide (NSS stratejisinde) $1440^\circ KMA$ gibi (Şekil 3-28). Ancak KA ve KS değerleri de sayma değerini etkileyerek, emme supabının kapanmasını referans alarak kelebeğin açılıp kapanma yerlerini ve kapalı kalma süresini değiştirir (Şekil 3-28).

Kapanma avansı'nın değiştirilmesiyle kelebeğin kapanmaya başlama yeri değiştirilir. Örneğin kapanma avansı $20^\circ KMA$ olduğunda, kelebek tam emme supabının kapandığı anda kapanmaya baslar. Benzer şekilde kapanma avansı 0°

KMA olduğunda, kelebek emme supabının kapanmasından 20° KMA önce kapanmaya baslar.

Kapanma süresinin değiştirilmesiyle kelebeğin açılmaya başlama yeri değiştirilir. Örneğin kapanma süresi 50° KMA ise sayma değerinin sonuna (periyot atlatma stratejisine göre 720, 1440, 1300 ° KMA) 50° KMA ilave edilir ve kelebek, sayma değeri sonundan, 50° KMA daha geç kapanır.

Şekil 3-28’de görüldüğü gibi kelebeğin toplam kapanma süresi, sayma değeri ile kapanma süresinin toplamıdır.



Şekil 3-28 Açma – Kapanma kelebeğinin zamanlama kontrolü

3.5.3 Osiloskop bağlantısı

Deney motorunun kontrolünde öngörülen kontrol değerlerinin gerçekleşip gerçekleşmediği osiloskop ile kontrol edilmiştir. Osiloskop ile yapılan kontroller deneme amaçlı ilk donanım hazırlanırken başlamış ve nihai sistem kurulduktan sonra (donanım ve yazılım son şeklini aldıktan sonra) da devam etmiştir. Deneyler

yürütülürken zaman zaman tüm sistemlerin (ateşleme, püskürtme, periyot atlatma) kontrolü yapılmış ve böylece sistemlerin doğru çalıştığından emin olunmuştur.

Ayrıca arıza olduğunda arızanın tetkiki için de osiloskop kullanılmış ve gerekli düzeltmeler yapıp arızalar giderilmiştir.

Farklı çalışma stratejilerinde açma – kapama kelebeğinin düzgün çalışıp çalışmadığı kontrol edilmiştir. Benzer şekilde ateşleme ve püskürtmenin de zamanlamaları osiloskop vasıtasıyla kontrol edilmiştir.

3.6 GAZ KELEBEĞİ KUMANDA SİSTEMİ

Bölüm 2.2.3.1’ de değinildiği gibi gaz kelebeğinin kontrolü mekaniktir. Gaz kelebeği emme manifoldunun en dış kısmına yerleştirilmiştir. Ayrıca gaz kelebeğinin konumunu izleyebilmek amacıyla kelebeğe, üzerinde derece cinsinden açılarının olduğu, saç bir skala adapte edilmiştir.

3.6.1 Kumanda sistemi

Gaz kelebeği motor üzerine monte edilmiş olan gaz kumanda koluna çelik bir tel vasıtasıyla bağlanmış ve geri dönüşü sağlamak amacıyla da karşı yay ile kumanda kolu dengelenmiştir.

Kelebeğin kumandası iki kademeli olup kaba kontrol yapılmak istendiğinde kumanda kolunun pozisyonunun ayarıyla gaz kelebeği ayarlanmaktadır. Ölçüm noktalarında gereken hassas kumanda ise gaz kelebeğini destekleyen civatalı bir mekanizma ile yapılmaktadır. Civatanın döndürülmesiyle, oluşan ileri ya da geri hareketle, gaz kelebeği dengeleme yayına karşı hareket ettirilmekte ve hassas olarak konum ayarı yapılabilmektedir.

3.6.2 Mekanik kumandanın mahsurları

Tamamen mekanik olan bu kumanda ve izleme sisteminin bazı sakıncaları mevcuttur. Gaz kelebeğinin kumandasının motor üzerinde olması nedeniyle kelebeği

kumanda etmek için her seferinde motorun yanına gidilmesi gerekmektedir. Bu da hem güvenlik hem de çalışma konforu açısından rahatsız edicidir.

Bu sakıncaların giderilmesi için kelebek kumandasının ve konum takibinin uzaktan yapılması gerekir. Gaz kelebeği kumandasında ve konum takibinde dikkat edilmesi gereken hususlar şöyle sıralanabilir :

Kumanda hassasiyeti : Gaz kelebeğinin konumunu değiştirme hassasiyeti diğer bir deyişle minimum açma ya da kapama miktarı. Deney noktalarında hassas olarak çalışabilmek için gereklidir.

Kumanda hızı : Gaz kelebeğinin kumanda hızıdır. Bu özellikle stasyoner olmayan (dinamik)motor deneylerinde önemlidir. Kumanda mekanizmasının hızının istenen çabuklukta olması gerekir. Ancak bu çalışmada olduğu gibi stasyoner (durgun)deneylerde kumanda hızı deney prosedürü bakımından önemli olmayıp sadece deney yapma hızını bir miktar yavaşlatır.

Kumanda emniyeti : Kumanda emniyeti aslında çok genel olan ve bilinen bir kuralın uygulamasıdır. “Her ne sebeple olursa olsun kontrolün kaybolduğu anda kumanda edilen nesnenin sistem için en güvenilir pozisyonda kalması” prensibi gözönünde tutulmalıdır. Örneğin elektrikle kumanda edilen bir vananın elektrik kesintisi olduğunda sistem için en güvenilir konumda kalması istenir. Güvenilir konumun hangisi olduğu ise tamamen vananın kullanıldığı sisteme bağlıdır. Bir sistem için vananın açık kalması güvenilir olabilirken diğer bir sistem için kapalı konumda kalması güvenilir olabilir. Gaz kelebeği kumandasını da bir elektrik motoru ile yaptığımızı düşünelim. Elektrik kesintisi olduğunda gaz kelebeği için güvenilir konum gaz kelebeğinin kapalı konumda kalmasıdır.

Ancak bu olumsuzlukların yanında gaz kelebeğinin mekanik olarak kumanda edilmesi güvenilir olarak nitelenebilir. Yukarıda sıralanan mekanik kontrolün sakıncalarından dolayı gaz kelebeğinin kontrolünün ileride bir servo motor kullanılarak yapılması planlanmaktadır.

3.7 SOĞUTMA SİSTEMİ [10]

3.7.1 Sistemin çalışma prensibi ve kontrolü

Motorun soğutması su ile yapılmaktadır. Bunun için plakalı ısı değiştirici ile ısı iletimini sağlayan bir soğutma sistemi tasarlanmıştır (Şekil 3-29). Sistem temelde iki tane ayrı su devresinden oluşur. Birinci devre motor soğutma suyunun devresidir ve kapalı devre sirkülasyon yapar. Motorun soğutma suyu motor içinde ısındıktan sonra ısı değiştiriciye giderek soğur. İkinci devre ise bu soğutmayı gerçekleştiren şebeke suyunun devresidir ve açık sistemdir, şebekeden alınan su ısı değiştiricide soğutma işlevini gerçekleştirdikten sonra dışarı atılır.

Birinci devredeki su, elektrikli ve 3 kademeli bir sirkülasyon pompası ile sirküle edilir. İkinci devredeki şebeke suyu ise şebeke basıncından yararlanılarak ısı değiştiriciden geçirilir. Sistemde sıcaklık ayarının kontrolü ikinci devre üzerine konulmuş iki adet kısıcı vana ile şebeke suyunun debisi değiştirilerek yapılır, ısınan şebeke suyu ise çevreye atılır. Bu tür ikinci devresi kontrol edilen soğutma sistemlerinde “İkinci devre kontrollü” sistemler denir. Isı değiştiricinin giriş ve çıkışına konulan sıcaklık ölçerlerle motor suyunun giriş ve çıkış sıcaklıkları gözlenir.

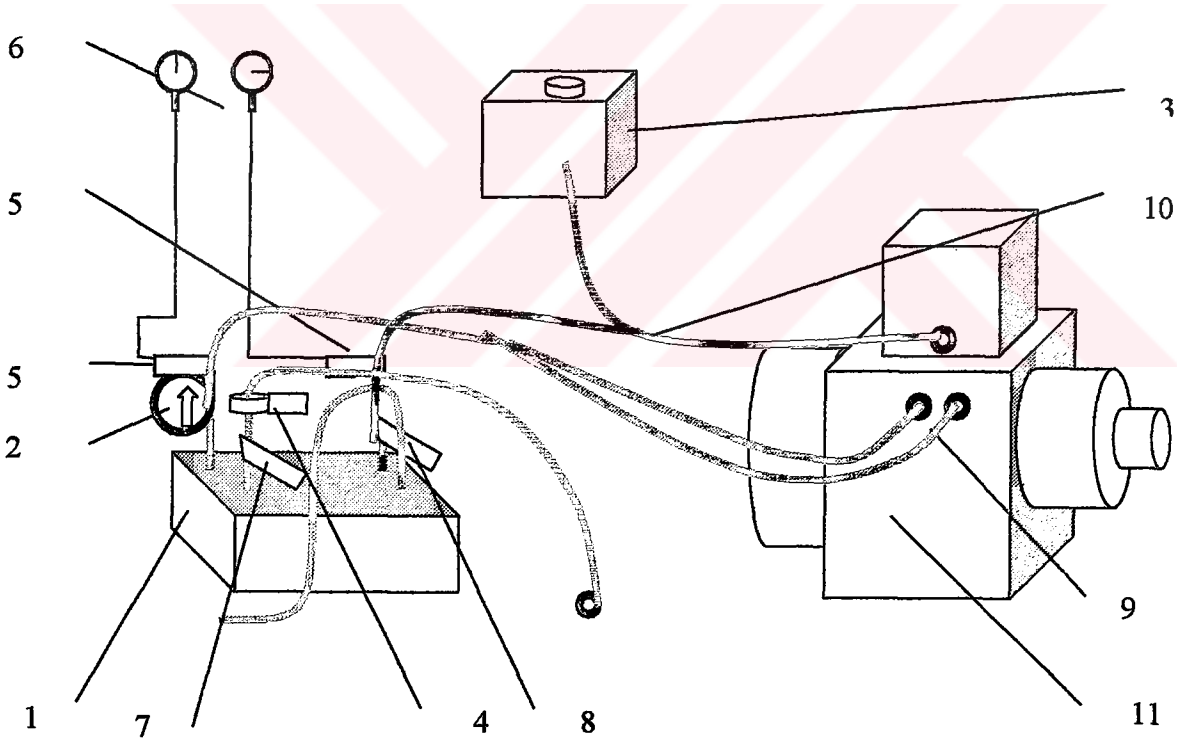
Sistemin çalışmasında karşılaşılan bazı sorunlar şöyle sıralanabilir:

- Soğutma için gereken ikinci devredeki şebeke suyunun debisi çok düşük olduğu için sistemin kapasite ayarı zorlaşmıştır. Şebeke suyunun debisindeki ufak değişiklikler soğutma kapasitesini fazlaca etkilemiş ve sistem üzerinde bulunan küresel ve iğneli vanalarla hassas debi ayarı yapmak oldukça zor olmuştur.
- Motorun şartları değiştirildiğinde (soğutma ihtiyacı değiştiğinde) şebeke suyunun debisinin, vanalar ile yeni soğutma ihtiyacına göre el ile ayarlanması gerekmiştir.

- Motor giriş suyu ve motor çıkış suyu sıcaklıkları arasındaki farkın istenen hassasiyette kontrolü zor olmuştur. Bu sıcaklık farkının kontrol etmek için birinci devredeki sirkülasyon pompasının 3 kademesi kullanılmıştır ancak pompanın kademeleri arasındaki debi farklılıkları az olduğu için kontrol kısıtlanmıştır.

Sıralanan bu olumsuzluklardan dolayı soğutma sistemi birinci devre kontrollü ve otomatik bir sistem olarak değiştirilecektir.

3.7.2 Sistem elemanları ve bağlantı şeması



Şekil 3-29 Soğutma sisteminin genel şeması

Tablo 3-9 Soğutma sisteminde kullanılan başlıca elemanlar

No	Eleman adı	Adedi	Markası ve Modeli	Açıklama
1	Isı değıştirici	1	Swep M10	Contalı, Sölülebilir ve temizlenebilir, 30 plakalı, Maksimum debide 5m basınç kaybı
2	Pompa	1	Grundfos UPS25-50 130	3 kademeli, monofaze, $h = 4m$, $Q = 3m^3 / saat$
3	Genleşme kabı	1		Tofaş Şahin' in plastik genleşme kabı
4	Vana	1	ECA	Küresel 1 parmak
5	Sıcaklık ölçer	2	NTC(İnter Elektronik Lt.Şrk. Tel:2936110)	NTC ölçü ucu, 0.1 °C hassasiyet, maksimum 180 °C, su akış yönüne ters 3cm daldırılır
6	Sıcaklık göstergesi	2	LCS Digital Panelmeter	12V küçük boy, (-40 ile +140) °C
7	Süzgeç	1	ECA	Şebeke suyu girişinde, 1 parmak
8	Süzgeç	1	ECA	Motor suyu çıkış devresinde, 1 parmak
9	İletim borusu		SU A K1	Motor suyu Giriş, TS2420 Ø12.5mm 100 °C sıcaklığa kadar dayanabilen plastik boru
10	İletim borusu		SU A K1	Motor suyu çıkış, TS2420 Ø12.5mm 100 °C sıcaklığa kadar dayanabilen plastik boru
11	Deney motoru			

3.8 ELEKTRİK SİSTEMİ

3.8.1 Motorun elektrik sistemi

Deney motorunun dizel olan orijinal halinden benzinli bir motora çevrilmesinden sonra gerekli olan elektrik sistemi kurulmuştur. Deney motoru üzerindeki sistemler 12V gerilim ile çalıştıklarından sistemin elektrik kaynağı olarak 12V akü kullanılmıştır. Aküden motorun marş sistemine gelen ana güç kablosundan bir hat alınarak sigorta kutusuna iletilmiş, sigorta kutusundan da gerekli birimlere dağıtım yapılmıştır. Sistem ilk kez tasarlandığı için sigortalara bağlı sistemlerin yük değerleri dikkate alınmayıp sadece merkezi bir terminalden dağıtım yapılabilmesi amaçlanmıştır. Ancak olası kısa devrelere karşı sigortalar görevini yerine getirmekte ve sistemleri koruyabilmektedirler. Kablomada toprak hattında kullanılan kablolar siyah ve kahverengi iken +gerilim bulunan kablolar kırmızıdır (Şekil 3-30).

Elektrik sistemindeki elemanlar :

1. Güç kaynağı (12V batarya)
2. Sigorta terminali
3. Sistemin ana şalteri
4. Marş starteri
5. Marş dinamosu
6. Marş anahtarı
7. Yağ basıncı uyarı lambası
8. Yağ muşiri

9. Yakıt Püskürtme ve Açma – Kapama kelebeği güç kontrol kartı

10. Enjektör

11. Ateşleme bobini

12. Ateşleme güç kontrol kartı

13. Buji

14. Yakıt pompası

15. Sıcaklık göstergesi (su)

16. Sıcaklık göstergesi (su)

17. Solenoid kontrol anahtarı (Açma – Kapama kelebeği)

18. Kondansatör (Solenoid kontrol anahtarının parazit yapmasını engellemek için)

19. Solenoid (Döner solenoid 28V, 8.4 A, C8001 A-1 tipinde)

20. Su sıcaklık algılayıcısı

21. Su sıcaklık algılayıcısı

22. Sirkülasyon pompası (Motor suyunu ısı değiştirici üzerinden sirküle etmek için)

23. Sıcaklık göstergesi (egsoz)

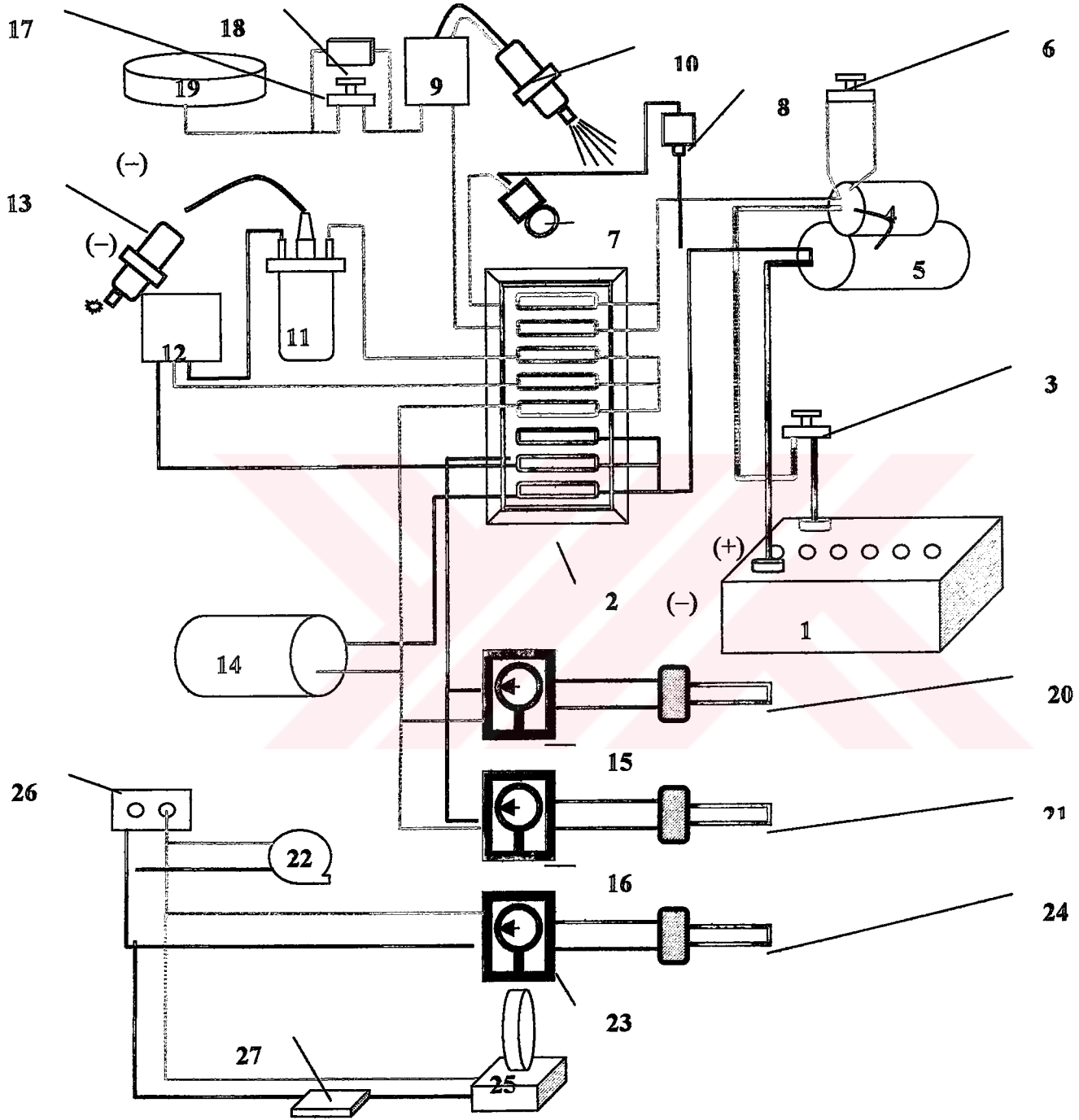
24. Egsoz sıcaklık algılayıcısı

25. Terazî (Yakıt ölçümü)

26. Güç kaynağı (220V)

27. Adaptör (220V A.C.→ 12V D.C.)

3.8.2 Sistem şeması



Şekil 3-30 Deney motorunun elektrik sistemi

3.9 YÜKLEME FRENİ [11]

Deneylerde kullanılan fren Schenk marka 70 kW kapasiteli manyetik frendir. Frenin baskülündeki kuvvet aralığı (0 – 150) N ve ölçme hassasiyeti 0.2N dur.

Stator sargıları arasında dönen disk üzerinde oluşan Foucault akımlarının şiddeti değiştirilerek frenin frenleme şiddeti değiştirilebilir böylece denenecek motor. Birçok şekilde yüklenebilir. Sistemin elektronik kontrol devreleri sayesinde bazı özel moment – devir fonksiyonlarına göre denenen motorun özellikleri ortaya çıkarılabilir

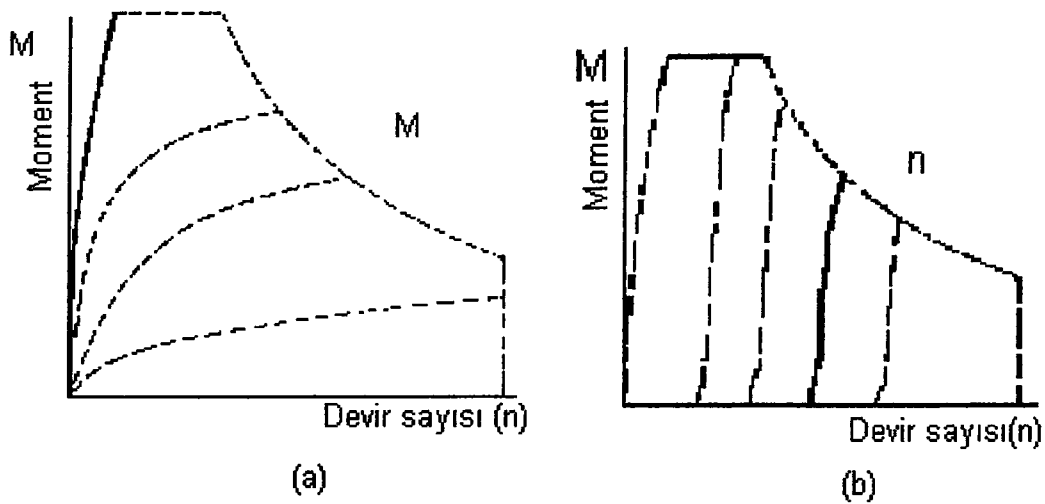
Bu da motorun özelliklerini bulmak istediğimizde motorun kullanım alanına uygun bir şekilde bir yaklaşım göstermemize imkan sağlar. Bu fonksiyonlar ve modlar şöyledir:

1. Moment ayar modu (M)

Motor freni belirli bir fonksiyona göre devir moment çizgisini takip eder (Şekil 3-31a)

2. Devir sayısı modu(n)

Motor freni, motorun dar bir devir aralığında kalmasını sağlayarak motordan alınan momentin artmasını ve ölçülmesini sağlar.(Şekil 3-31b)



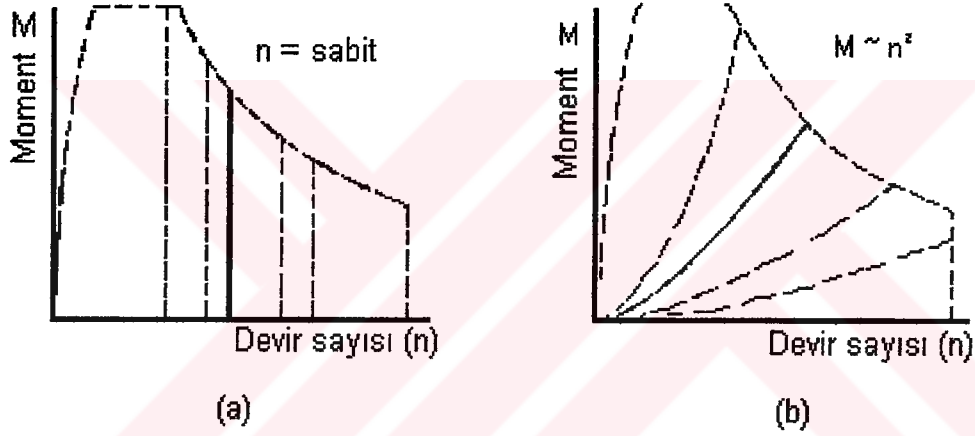
Şekil 3-31 Schenck W70 frenin (a) moment ayar modu; (b) devir sayısı modu

3. Sabit devir sayısı modu($n = \text{sabit}$)

Bir evvelki moda büyük benzerlik gösteren bu modda özel transistörlü bir elektronik devre sayesinde motorun devri belirli bir aralıkta değil tamamıyla aynı devirde kalarak motordan değişik moment alınmasına olanak sağlar. (Şekil 3-32)

4. Devrin karesiyle orantılı moment modu (Mn^2)

Bu mod genellikle sadece taşıt motorları için kullanılır. Bu frenleme karakteristiği taşıtlardakiaerodinamik direnci temsil ettiği için, kullanıcıya gerçekçi bir yükleme ve buna uygun bir ölçüm yapmamızı sağlar. (Şekil 3-32b)



Şekil 3-32 a,b Schenck W70 frenin (a) sabit devir sayısı modu; (b) devrin karesiyle orantılı moment modu

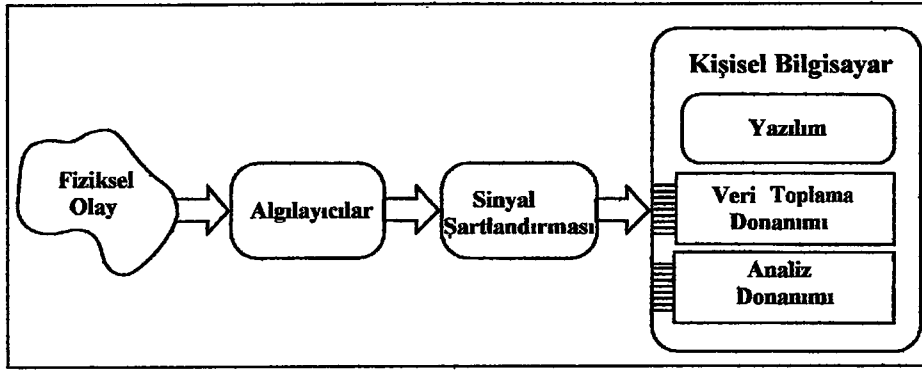
BÖLÜM 4 VERİ TOPLAMA ELEMANLARI

4.1 VERİ TOPLAMA TEMELLERİ [12]

Bugün, birçok bilimadamı ve mühendis laboratuvar araştırmasında, deney ve ölçmelerde ve endüstriyel otomasyonda veri toplamak için ISA, EISA, PCI, PCMCIA, Macintosh NuBus veya paralel ya da seri portlara sahip kişisel bilgisayarları kullanmaktadır. Birçok uygulamada bilgisayarın içine takılmış ilave donanımlar yoluyla veri toplanır ve iletilir, bazen de bilgisayardan ayrı veri toplama donanımları paralel ya da seri port ile bilgisayara bağlanarak veri toplama ve transfer işlemleri yapılır. Bilgisayar kullanan bir veri toplama sisteminden doğru sonuçlar alabilmek aşağıdaki sistem elemanlarına bağlıdır :

- Kişisel Bilgisayar
- Algılayıcılar
- Sinyal Şartlandırma
- Veri toplama DAQ (Data Acquisition) donanımı
- Analiz Donanımı
- Yazılım

Bu bölüm başlığında her elemanın genel özellikleri anlatılmış ve herbiri için en önemli kriterler sıralanmıştır. Ayrıca PC'ye dayalı veri toplama sisteminin elemanlarına özgü terminoloji de verilmiştir.



Şekil 4-1 Bilgisayar tabanlı bir veri toplama sisteminin elemanları

4.1.1 Kişisel bilgisayar (PC)

Veri toplama için kullanılan bilgisayar sürekli olarak veri toplayabileceğiniz hızı oldukça etkiler. Micro Channel, Macintosh II, ve IBM PS/2 üzerinde bulunan EISA, NuBus gibi yeni veriyolu yapıları PC/XT/AT veriyoluna göre çok daha hızlı veri toplamaya olanak tanır.

Bilgisayarın gerçekleştirebildiği veri transfer tipleri de veri toplama sisteminin performansını büyük ölçüde etkiler. Bütün kişisel bilgisayarlar *programlanabilir giriş/çıkış* ve *kesintili transfer yeteneğine* sahiptirler. Ayrıca *doğrudan hafızaya erişim* (DMA – Direct Memory Access) özelliği, donanımın veriyi doğrudan sistem hafızasına aktarabilmesini sağladığından, sistem hızını artırır. Böylece işlemci veri transfer işine karışmayarak yapması gereken diğer işlerle ilgilenebilir. DMA veya kesikli transfer yapabilmek için veri toplama kartı da bu tip transferleri yapmaya uygun olmalıdır.

Çok miktarda verinin toplanmasını sınırlayan en önemli eleman sistem kayıt diskidir. Bu nedenle yüksek frekanslı sinyalleri kaydetmek durumunda olan sistemlerde, yüksek hızlı bir sistem kayıt diski seçilmelidir. Bir veri toplam işlemini gerçekleştirmeden önce veriyi depolayabilecek büyüklükte bölünmemiş serbest disk alanının olmasına dikkat edilir. Bölünmüş bir sistem kayıt diski ,diske veri aktarma işleminin hızını etkiler.

Yüksek frekanslı sinyalleri gerçek zamanda işlemeyi gerektiren uygulamalarda, 32 bit, yardımcı işlemcisi ya da *dijital sinyal işleme* (DSP – Digital Siganal Processsing) ünitesi olan hızlı bir işlemciye gerek vardır. Eğer veri toplama işlemi saniyede bir ya da birkaç kez gibi yavaş hızlarda gerçekleşiyorsa düşük seviyeli bir PC yeterli olur. Aynı zamanda sistemi kullanacak olanları da düşünmek gerekir. Çünkü bazı sistemler diğerlerine göre daha çok kullanıcı dostu olarak bilinirler. Örneğin Macintosh grafik ağırlıklı uygulamarda basit grafik menüleri nedeniyle daha çok kullanıcı dostu olarak bilinir. Buna rağmen IBM sistemlerine aşina olanlar PC AT, EISA veya PS/2 kullanmaktan daha memnundurlar. Kişisel bilgisayar seçiminde etkili olan diğer faktörler ; bilgisayarı kullanacak olan başka kişiler , maliyet kısıtlamaları, farklı türde bilgisayarların bulunmasının mümkün olup olmaması olarak sıralanabilir.

4.1.2 Algılayıcılar

Algılayıcılar fiziksel olayları hissederek onları veri toplama donanımının kabul edebileceği elektrik sinyallerine dönüştürürlər. Örneğin termoelemanlar, elektrikli direnç termometreleri (RTD – Resistive Temperature Detectors), termistörler, IC algılayıcıları, sıcaklığı analog/dijital çeviricinin (ADC) ölçebileceği şekle çevirirler. Diğer örneklere , strain – gage’ ler (kuvvet ölçmek için), akış ölçerler (debi ölçmek için), basınç algılayıcıları (basınç ölçmek için) verilebilir. Her durumda üretilen elektrik sinyali gözlemlenen fiziksel olayla orantılıdır.

4.1.3 Sinyal şartlandırma

Algılayıcılar tarafından üretilen sinyaller veri toplama donanımının anlayabileceği şekle dönüştürülmelidir. Sinyal şartlandırmanın en başlıca görevi sinyali yükseltmektir. Örneğin düşük seviyeli termoeleman sinyalleri ölçme çözünürlüğünün artırılması için yükseltilmelidir. Mümkün olan en yüksek çözünürlük için, maksimum gerilim salınımının ADC’nin maksimum giriş aralığına denk gelecek şekilde yükseltilmesi gerekir. Ayrıca yükselticiyi algılayıcıya yakın yerleştirerek sinyalin, iletim hattına girip bilgisayara ulaşmadan önce,

yükseltilmesiyle, iletimi sırasında oluşabilecek gürültü ve bozulmalar minimuma indirilir.

Bir diğer sinyal şartlandırma işi doğrultmadır. Bazı sinyal şartlandırma üniteleri değişik tip termoelemanlarla çalışabilen, hem yükseltme hem de doğrultma işlemini gerçekleştirebilecek yapıdadırlar. Diğer sinyal şartlandırma üniteleri sadece sinyali yükseltir ve doğrultma işini yazılıma bırakır.

Uygun dijital sinyal şartlandırma ile düşük akımlı transistör – transitör mantık (TTL) sinyalleri, veri toplama donanımına doğru veya donanımdan dışarıya doğru ileterek, endüstriyel donanımdaki yüksek akım ve gerilimdeki sinyallerin kontrolü yapılabilir. Örneğin, bir vanayı açıp kapamak için 100V alternatif gerilim ve 2A akım gerekli olabilir. Dijital Giriş/Çıkış katının çıkışı 0 ile 5 V ve birkaç miliamper doğru akım olduğundan, bu akım ve gerilimin vanayı kontrol etmesi için bir röle kullanılması gerekir.

Bir diğer sinyal şartlandırma işlemi algılayıcı sinyallerinin güvenlik nedenlerinden dolayı, bilgisayardan yalıtımıdır çünkü gözlemlenen sistemler bilgisayara ya da kullanıcıya zarar verebilecek kadar yüksek gerilim içerebilirler.

Sinyal şartlandırmada genellikle istenmeyen sinyallerin filtrelenmesi işlemi de yapılır. Örneğin yanlış verilere sebep olabilecek yüksek frekanslar bir düşük frekans geçirgenliği olan filtreyle süzülebilir.

Sinyal şartlandırma bazı algılayıcılar için besleme işlevini de gerçekleştirebilir. *Strain – gage*'ler ve RTD' ler, harici beslemeye ihtiyaç gösterirler. Sinyal şartlandırma üniteleri bu tip algılayıcılar için kaynak uyarımını (beslemeyi) üretirler.

4.1.4 Veri toplama donanımı

- Analog girişler

Veri toplama ünitelerini tanımlayan ortak özellikler ; *kanal sayısı*, *örnekleme hızı*, *çözünürlük*, *ölçme aralığı*, *hassasiyet*, *gürültü*, *düzgünsüzlük*, olup bunların herbiri dijitalleştirilmiş sinyalin kalitesini etkiler. Analog kanal giriş sayısı ünitelerde hem tekli girişler için hem de ikili girişler için belirtilmiştir. Tek girişli kanallar tek bir

toprak hattını referans alırlar. Bu tip girişler yüksek seviyeli sinyaller (değeri 1 V dan daha yüksek) ve sinyal kaynağı ile analog giriş donanımı arasındaki mesafenin 5 metreden daha az olduğu durumlarda kullanılırlar. Eğer sinyaller bu şartlarda değilse ikili girişler kullanılmalıdır. İkili girişlerde her giriş kanalı kendine ait bir toprak hattını referans alır. Kablolardaki bağlantılarca algılanan *ortak modlu gürültü* yokedildiği için ikili girişlerde gürültü hataları azalır.

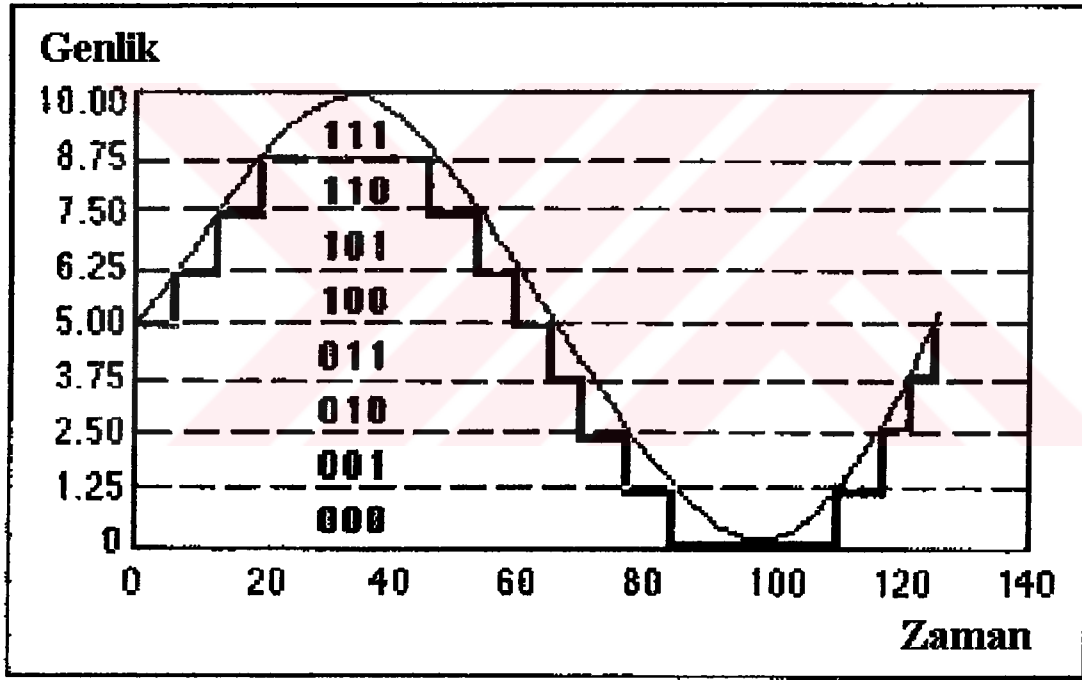
Örnekleme hızı dönüştürmelerin ne sıklıkta olacağını belirler. Hızlı örnekleme birim zaman için daha fazla örnek noktası anlamına geldiğinden gözlemlenen sinyal kaynağı daha iyi ifade edilmiş olur. Örneğin mikrofona tarafından elektrik sinyallerine dönüştürülen ses sinyalleri çoğu zaman 20kHz frekans bileşenlere sahiptirler. Bu sinyalin düzgün olarak örneklenebilmesi için *Nyquist örnekleme teorisine* göre, gözlemlemek istediğimiz maksimum frekansın en az iki katı hızda örnekleme yapmak zorundayız ve bizim örneğimizde bu 40kHz' den yüksek bir hız demektir.

Sıcaklık ölçerler tarafından üretilen sinyaller için genelde çok yüksek örnekleme hızları gerekmez çünkü birçok uygulamada sıcaklıkların değişim hızı yavaştır. Bu yüzden, düşük hızlı bir veri toplama ünitesi çoğunlukla sıcaklık sinyalini gözlemek için yeterlidir.

Çoğullama, bir ADC içindeki kanalları yönlendirerek kanal sayısını artırma yöntemidir. ADC önce bir kanalı örnekler sonra başka bir kanala geçer, daha sonra başka bir kanala geçer ve bu böylece sürüp gider. ADC bir kanalın yerine birden çok kanalı örneklemediğinden, kanal sayısının artmasıyla orantılı olarak, ADC' nin örnekleme hızı düşer. Örneğin 100 k.örnek (1000 örnek)/saniye hızında 10 kanaldan örneklem yapan bir ADC aslında her kanalı gerçekte 10 k.örnek/saniye hızında örnekleme yapmaktadır. Bu oranın hesabı aşağıdadır.

$$\frac{100 \text{ kornek/saniye}}{10 \text{ kanal}} = 10 \text{ kornek/saniye}$$

Çözünürlük ADC' nin analog sinyali temsil etmek için kullandığı bit sayısıdır. Çözünürlük ne kadar yüksekse, giriş geriliminin aralığı o kadar çok adıma bölünebilir ve bu yüzden hissedilebilen gerilim değişimi küçülür. Şekil 4-2' de 3 bitlik çözünürlükle dijitalleştirilmiş sinüs dalgası görülmektedir. 3 bit çevirici analog sinyali $2^3 = 8$ aralığa böler. Her bölüm 000 ile 111 arasındaki ikilik düzendeki bir sayıyla temsil edilir. Dijitale çevirme analog sinyalin temsili için iyi bir yöntem değildir çünkü dönüştürme işlemi sırasında bir kısım sinyal kaybolmaktadır. Bununla birlikte çözünürlüğü 16 bit'e çıkarmakla ADC'nin kod sayısı 8 den 65.536'ya yükselir. Böylece analog sinyalin temsili oldukça hassas bir şekilde gerçekleştirilebilir.



Şekil 4-2 3bit çözünürlükle dijitalleştirilmiş bir sinüs dalgası

Saha, ADC'nin çevirme yapabileceği minimum ve maksimum gerilim aralığıdır. Çok fonksiyonlu veri toplama üniteleri seçilebilir sahalara sahiptirler. Böylece farklı gerilim seviyelerindeki sinyalleri çevirebilirler. Bu özellik sayesinde giriş sinyalinin sahası algılayıcının gerilim aralığına göre seçilerek, sinyali ölçmek için mümkün olan en iyi çözünürlük elde edilebilir.

Bir veri toplama ünitesinde, saha, çözünürlük, ve kazanç, hissedilebilecek en küçük gerilim değişimini tanımlarlar. Gerilimdeki bu değişim dijital değerin en küçük anlamlı bit'ini (LSB – Least Significant Bit) temsil eder ve buna genellikle kod genişliği denir. ideal kod genişliği aşağıdaki formülle hesaplanabilir :

$$\text{İdeal kod genişliği} = \text{gerilim sahası} / [\text{kazanc} \times (2^{\text{çözünürlük}})]$$

Örneğin 16 bit çok fonksiyonlu bir veri toplama ünitesi, 0 dan 10 V' a, 0 dan 5 V'a, –10 dan 10 V'a veya –5 den 5 V'a seçilebilir sahalara ve 1, 10, 100, 500 veya 1, 2, 4, 8 seçilebilir kazançlara sahip olsun. Bu durumda 0 dan 5V'a olan sahada ve 500 kazanç değeriyle, ideal kod genişliği

$$5 / [500 \times (2^{16})] = 153\text{nV}$$

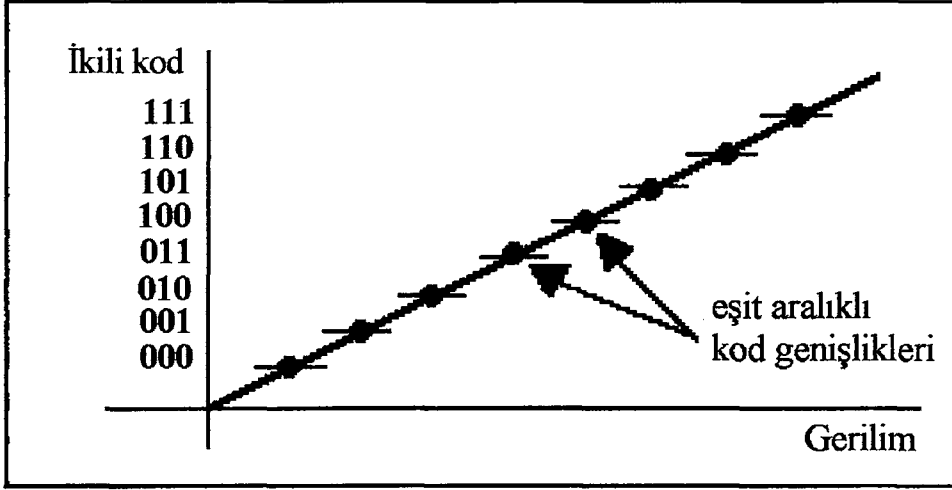
Yani bu örnekte dijitalleştirilmiş bir bit'in teorik çözünürlüğü 153nV tur.

Bu kod genişliği, bu saha içinde, ADC ye giren analog gerilim değerinin dijitalleştirilmesindeki ikilik kodun ölçeğidir. Bu çevrimin hassasiyetini *kazanc* ve *offset hataları* gibi birkaç tane hata kaynağı etkileyebilir. Bu gibi hatalar sinyal ADC'ye ulaşmadan önce genliğini etkileyerek , PC'nin ikilik kodu gerilim karşılığına dönüştürürken, kod genişliği ve saha için, yanlış değerleri kullanmasına neden olabilir.

Kazanc veya offset hataları yazılım ya da donanım kullanılarak kalibre edilebilir. Donanım kalibrasyonu girişe bilinen bir gerilim uygulanıp, potansiyometre ile skaladaki istenen değere ulaşılan kadar ayarlanarak, yapılır. Yazılımla da gerilim offset hataları karşılanabilir. Çevrilen büyüklüklerin gerçek değerlerinden ne kadar farklı oldukları tanımlamak ve bu farkı, skaladaki ölçeğe yazılım yoluyla ekleyerek, karşılamak gerekir.

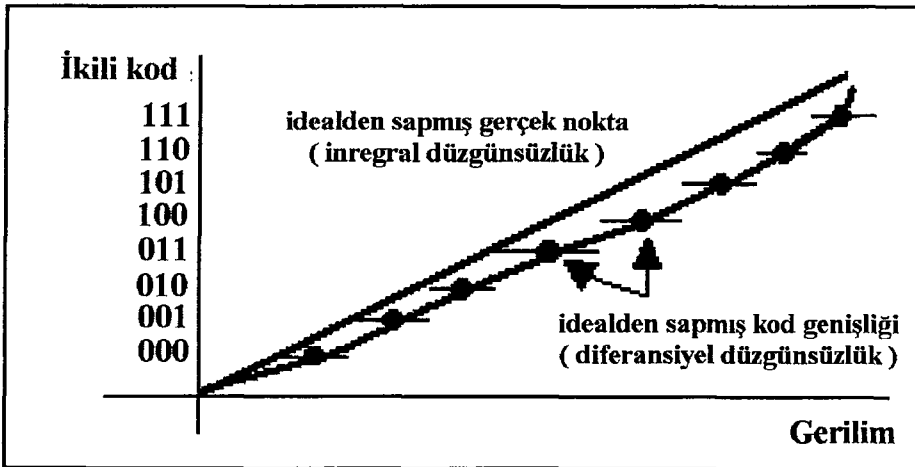
Analog girişi etkileyebilecek bir diğer hata türü de gürültüdür. Gürültü ADC' nin çözünürlüğünü azaltır çünkü gürültü seviyesi 1LSB'ye yaklaştığında ADC artık bir kod genişliğindeki sinyal artışlarını, eşdeğer seviyedeki, gürültüyle ayıramaz olur. Gürültü kaynaklı hatalar daha yüksek hızlarda örnekleme yaparak ve alınan verilerin ortalamasına bakılarak azaltılabilir.

Her gerilim bölgesi için ideal kod genişliği aynıdır ve ikilik kodlara karşılık gelen gerilimler işaretlendiğinde bir doğru elde edilmelidir (Şekil 4-3).



Şekil 4-3 Gerilim değerlerine karşılık gelen ideal kod genişlikleri

ADC için tanımlanan integral düzgünlük, noktaların ideal doğrudan ne kadar saptığını tanımlarken, diferansiyel düzgünlük kod genişliklerinin ne kadar eşit olduğunu söyler (Şekil 4-4).



Şekil4-4 Düzgünlüğü gösteren ikili kod ve gerilim noktaları

İntegral düzgünsüzlüğün az olması önemlidir. Çünkü ikili koddan gerilime doğru çevirme basit ölçeklendirmenin bir sorunudur. İdeal diferansiyel düzgünsüzlük, çevrilen (bizim tarafımızdan okunan) gerilimin, gerçek giriş gerilimine $\pm 0.5\text{LSB}$ yakın olduğunu belirtir.

- **Analog çıkışlar**

Analog çıkış devresi veri toplama sistemine bağlı bir işlem ya da birimi uyarmak için gereklidir. *Dijital / analog çeviricilerin* (DAC – Digital to Analog Converter) bazı özellikleri çıkış sinyallerinin kalitesini belirler, bunlar; *yatışma süresi*, *büyültme miktarı*, *çözünürlüktür*. Yatışma süresi ve büyültme miktarı birlikte çalışırlar.

Yatışma süresi, analog çıkışın arzulanan değere ulaşip sabit kalmasına kadar geçen süredir. Büyültme miktarı DAC' nin çıkış sinyalinde oluşturabileceği en büyük değişimdir. Dolayısıyla küçük doyma zamanı ve büyük yükseltme miktarı ile yüksek frekanslı sinyaller yaratılabilir çünkü çıkış gerilimini yeni bir gerilim seviyesine doğru olarak çevirmek için gerekli süre kısadır. Ses sinyallerinin yaratılması bu parametrelerin performansını çok iyi olmasını gerektirirken, bir ısıtıcının kontrolü gibi yavaş olan işlemde yüksek performans aranmaz çünkü ısıtıcı bu kadar çabuk değişimlere cevap veremez.

Çıkış çözünürlüğü giriş çözünürlüğüne benzer. Analog çıkışı yaratan dijital bit sayısıdır. Bit sayısının fazla olması çıkış gerilimlerinin büyüklüklerini azaltır ve böylece düzgün olarak değişen çıkış sinyalleri oluşturulabilir. Analog çıkış sinyalinin geniş bir dinamik sahada küçük artımlarla değişmesinin gerektiği uygulamalarda yüksek çözünürlükte çıkışlar gerekebilir.

- **Tetikleyiciler**

Birçok veri toplama uygulaması bir veri toplamayı başlatma veya bitirme işlemini bir dış olaya bağlı olarak gerçekleştirir. Dijital tetikleyiciler bu tetikleme işlemini harici bir dijital işaret ile yapar. Analog tetikleyiciler, çoğunlukla analog giriş işlemlerinde kullanılırlar. Giriş sinyali belirli bir analog gerilim seviyesine veya eğimine ulaştığında veri toplama işlemini başlatır ya da durdururlar.

- **Dijital Giriş/Çıkış**

PC veri toplama sistemlerinde dijital giriş/çıkış arayüzleri çoğunlukla işlemleri kontrol, test için modeller oluşturma ve ek birimlerle iletişim kurmak için kullanılırlar. Her durumda da önemli olan parametreler, eldeki mevcut dijital kanal sayısı, bu kanallarda her iki yönde dijital verinin iletim hızı ve bu kanalların kullanılabilirlik oranı olarak sıralanabilir. Eğer dijital kanallar ısıtıcı, motor ve ışık gibi şeylerin açılıp kapatılmasında kullanılacaksa yüksek veri iletim hızına ihtiyaç yoktur çünkü bu cihazlar bu hızlara cevap veremezler. Dijital kanal sayısı kontrol edilen ekipman sayısı ile eş olmalıdır.

- **Zamanlama Giriş/Çıkış**

Sayıcı/zamanlama devresi birçok uygulama için faydalıdır, bunlar : dijital bir olayın oluşumunun sayılması, dijital işaret zamanlamasını ölçme, kare dalgalar ve işaretler üretme olarak sıralanabilir. Bütün bu olaylar üç sayıcı/zamanlama sinyali kullanarak gerçekleştirilir, tetikleme, kaynak ve çıkış. Tetikleme, sayıcıyı aktif hale getiren ya da durduran, dijital bir giriştir. Kaynak, sayıcının her döngüsünde değerini artırarak sayma işlemini yapmasına neden olan, dijital bir zaman üreticidir. Son olarak sayıcı dijital dalgayı oluşturur ve bunu çıkışa gönderir.

Bir sayıcı/ zamanlama devresinin en önemli iki özelliği, çözünürlük ve saat frekansıdır. Çözünürlük sayabildiği bit sayısıdır. Örneğin 16 bit sayabilen bir sayıcı $2^{16} = 65536$ ya kadar sayabilir. Saat frekansı ise dijital kaynağın ne kadar hızda sayabildiğini (döngüyü tamamladığını) gösterir.

- **Analiz donanımı**

PC'lerin işlem kabiliyeti, birçok veri toplama ve analiz uygulamalarında hesaplama yapabilecek kadar artmıştır. Buna rağmen bazı yüksek hızlı uygulamalarda PC' nin mikroişlemcisi gerçek ortamdaki sinyale cevap verecek kadar hızlı işlem yapamaz. Diğer uygulamalar, birçok veri kütüğüyle büyük miktarda veri işlemesi ve yoğun hesaplamaları gerektirdiğinden, sonuçları alabilmek ancak bir süre bekledikten sonra mümkün olur. Analiz donanımı kullanılarak PC'nin mikroişlemcisinden çok daha

hızlı bir şekilde bu problemler çözülür ve bekleme süreleri kısaltılır. İlave olarak bu hesaplamalar analiz donanımına yüklenerek PC'nin mikroişlemcisi uygulama programını çalıştırdığında, işlemciyle eşzamanlı hesaplamalar yürütülür. Dijital sinyal işlemcisi ,bir saat çevriminde iki sayıyı çarpıp toplayarak,genel amaçlı mikroişlemciye oranla çok daha hızlı işlem yapabilir. Oysa PC'lerin içindeki genel amaçlı mikroişlemcinin aynı işlemi gerçekleştirebilmesi için birçok adım gerekir.

Analiz donanımının bu yüksek hesaplama gücünden birçok alanda faydalanılır. Yüksek frekansta sinyaller içeren ve gerçek zamanda cevap gerektiren uygulamalar artık PC'lerle ,barındırdıkları analiz donanımları sayesinde mümkün olabilmektedir. Dijital sinyal işleme donanımlarının en yaygın uygulama alanı akustiktir. Bunun yanı sıra görüntü işleme, iletişim ve cihaz tekniği de ilgili alanlardır.

4.1.5 Yazılım

Yazılım, PC ve veri toplama donanımını komple veri toplama analiz ve görüntüleme sistemine çevirir.

Veri toplama ünitesi içindeki kütüklerin doğrudan programlanması, veri toplama yazılımı geliştirmenin, en zor kısmıdır. Ünitedeki kütüklere yazmak için uygun ikili kodlar belirlenmelidir. Kullanılan programlama dili bilgisayara bağlı veri toplama ünitesinden okuma ve yazma işlemlerini yapabilmelidir. Ancak sıklıkla kullanıcıların veri toplama ünitelerini bu seviyede programlamak için istek, beceri ve zamanları olmaz.

Kütük seviyesindeki (düşük seviyeli) programlama karmaşıklığını ortadan kaldıran, veri toplama yazılımı ikiye ayrılır : sürücü seviyesinde yazılım ve uygulama seviyesinde yazılım.

Sürücü yazılımı, düşük seviyeli donanım programlama detaylarını dikkate alarak ve geleneksel programlama dillerinde bulunan yüksek seviyeli fonksiyonları kullanmaya olanak tanıyarak, veri toplama programlamasını basitleştirir.

Örneğin, bir analog giriş kanalından sinyal okuyup, göstermek için C programlama dilinde kullanılan bir fonksiyon çağırma örneği :

```
Main ()          /* analog bir girişi okumak ve ölçeklendirme programı */
{
int    brd,       /*hangi üniteden (board) analog girişin okunacağı*/
      chan,       /*değerin okunacağı analog giriş kanalı */
      gain,       /* yazılım tarafından belirlenen kanal kazancı */
      reading,    /* A/D çevriminin ikili kod değeri */
Double voltage;   /*ölçeklemeden sonra giriş kanalındaki gerilim değeri */
Brd=1;           /* board 1 den okuma yap, */
Chan=3           /* kanal 3, */
Gain=100         /* kazanç değeri 100 */
AI_Read(brd, chan, gain, &reading);          /*bir okuma al */
AI_Scale(brd, gain, reading, &voltage);       /*gerilime ölçeklendir */
Printf("\nThe voltage is %lf volts", voltage);
}
```

Uygulama yazılımları sürücü yazılımlarının üzerlerine analiz ve sunu yetenekleri eklenmiş halidir.

4.1.6 Kendi sistemini geliştirme

Ölçme ve kontrol ya da deney ve ölçme amacıyla yüksek kalitede bir veri toplama sistemi geliştirmek için veri toplama sisteminin oluşturan elemanları anlamış olmak gerekir. En çok dikkat edilmesi gereken ise sistemin yazılım kısmıdır. Çünkü ilave veri toplama sistemlerinin göstergeleri yoktur ve sizinle sistem arasındaki tek yüzey yazılımdır. Yazılım sistem ile ilgili tüm bilgiyi ileten ve sistemi kontrol eden bileşendir. Yazılım, algılayıcıları, sinyal şartlandırmayı, veri toplama donanımını,

analiz donanımını komple ve işlevsel bir veri toplama sistemi olarak biraraya getirir. Bu yüzden bir veri toplama sistemini geliştirirken, yazılımı değerlendirdiğinizden emin olun. Donanım cihazları, sistemle ilgili ihtiyaçlarınızı belirledikten ve donanım özelliklerinin sisteminize uyumlu olduğundan emin olduktan sonra seçilebilir.

Sürücü veya uygulama seviyesinde olsun yazılımın dikkatlice seçilmesi kullanıcıya hem zamandan hem de maliyetten büyük kazançlar sağlar

4.2 DENEYLERİN İSTATİSTİKSEL PLANLANMASI [13]

Deneylerin istatistiksel planlamasının yapılması aslında kısaca anlatılacak kadar basit bir konu değildir. Ancak bu başlık altında konunun önemi belirtilerek detaylı bilginin nereden ve nasıl edinilebileceği anlatılmıştır.

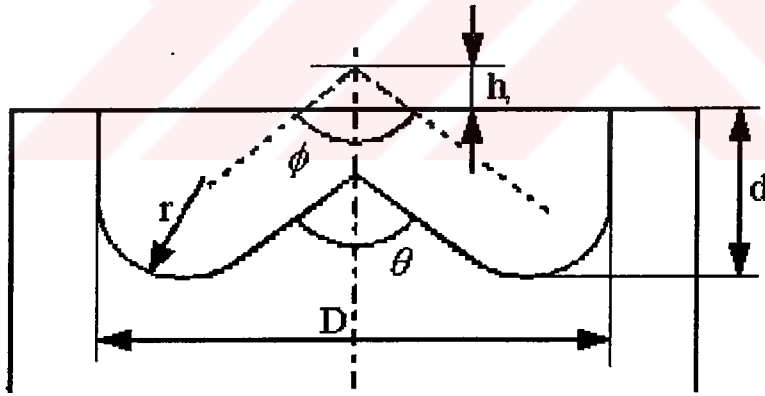
Mühendislikte geliştirme çalışmalarının temel kuralı, *“aynı anda tek birşeyi değiştirmektir”*. Bir tasarım değişikliğinin etkilerini tayin etmenin en iyi yolunun kalan verilerin hepsini sabit tutmak olduğu düşünülür. Ancak bu yöntemin de bazı sakıncaları vardır.

- çok yavaştır
- elde edilen bilgi yalnızca bir faktöre bağlıdır
- optimum değeri yakalanmış olsa bile diğer verilerde olacak değişimler optimum’u da değiştirebilecektir.

Çok değişken içeren bir geliştirme problemini ele alalım: direkt püskürtmeli diesel motorunun yanma odası optimizasyonu (Şekil 4-5). Pistonun oyğunun hacmi sıkıştırma oranıyla önceden tanımlıdır fakat içinde birtakım değişikliklerin yapılabileceği bir alan mevcuttur :

- boydan boya oyuk çapı D
- yarıçap r
- derinlik d
- merkezi konini açısı θ
- yakıt hüzmelerinin açısı ϕ
- enjektörün yüksekliği h
- püskürtme basıncı p

Açıkça görüldüğü gibi bu faktörlerin her seferinde sadece bir tanesini değiştirerek yanma odası tasarımını optimize etmeye çalışmak oldukça fazla zaman ve para gerektirir ve daha iyi bir yöntem olup olmadığı sorusu akla gelir.



Şekil 4-5 Diesel motoru yanma odası

İlk kez 1980'li yıllardan sonra Taguchi' nin kalite kontrol için değişik bir yöntem uygulamıştır. Bu yöntem *American Supplier Institute* tarafından ileriletilmiş ve istatistiksel bir temele dayalı endüstriyel deneyler için “*Taguchi metotları*” olarak uygulanmıştır. Ford Motor Şirketinde Grove ve Davis bu tekniğin, anlaşılır bir gösterimini, motor tasarımcısını ilgililendiren bir çalışma türünde vermişlerdir

Diesel yanma odasına geri dönersek, ilk olarak enjektör karakteristiklerinin etkilerine bir göz atalım:

- yakıt hüzmesinin koni açısı $\emptyset$
- enjektörün yüksekliği h
- enjektörün basıncı P

İlk testler için optimum değerlerdeki en iyi tahminlerimize karşılık gelen, her faktör için + ve – ile gösterilen iki değer seçelim. Daha sonra Tablo 4-1'e göre ilk testleri yapalım. Bu ortogonal sıra olarak adlandırılır. Özelliği şudur ;her giriş için +1 ve –1 yazılırsa herhangi iki kolonun ürünlerinin satır satır toplamı sıfırdır.

Son kolon bağımlı değişken özgül yakıt tüketimi cinsinden testlerin sonuçlarını göstermektedir. Seçilen değerler:

Tablo 4-1 Üç parametre için test programı

<i>Test</i>	$\emptyset$	H	P	<i>Özgül yakıt tüketimi</i> (g/kWsaat)
1	–	–	+	207
2	+	–	+	208
3	–	+	+	210
4	+	+	+	205
5	–	–	–	218
6	+	–	–	216
7	–	+	–	220
8	+	+	–	212

$\emptyset -$ 110°

$\emptyset +$ 130°

$h -$ 2mm

$h +$ 8mm

$P -$ 800 bar

$P +$ 1200 bar

Bu sonuçları göstermenin bir yolu da sırayla her faktöre göre, sonuçların her dört çiftinin değişimini işaretlemektir. Bu noktalardan bazı kesin sonuçlar çıkarabiliriz.

Açıkça belli olduğu gibi püskürtme basıncı yakıt tüketimi üzerinde ana etkiye sahiptir ve diğer üç faktörle de bir etkileşimi vardır. Daha fazla bilgiyi ortaya koyup deney prosedürünün ne yönde yürüyeceğini belirleyen daha birçok istatistiksel metod vardır.

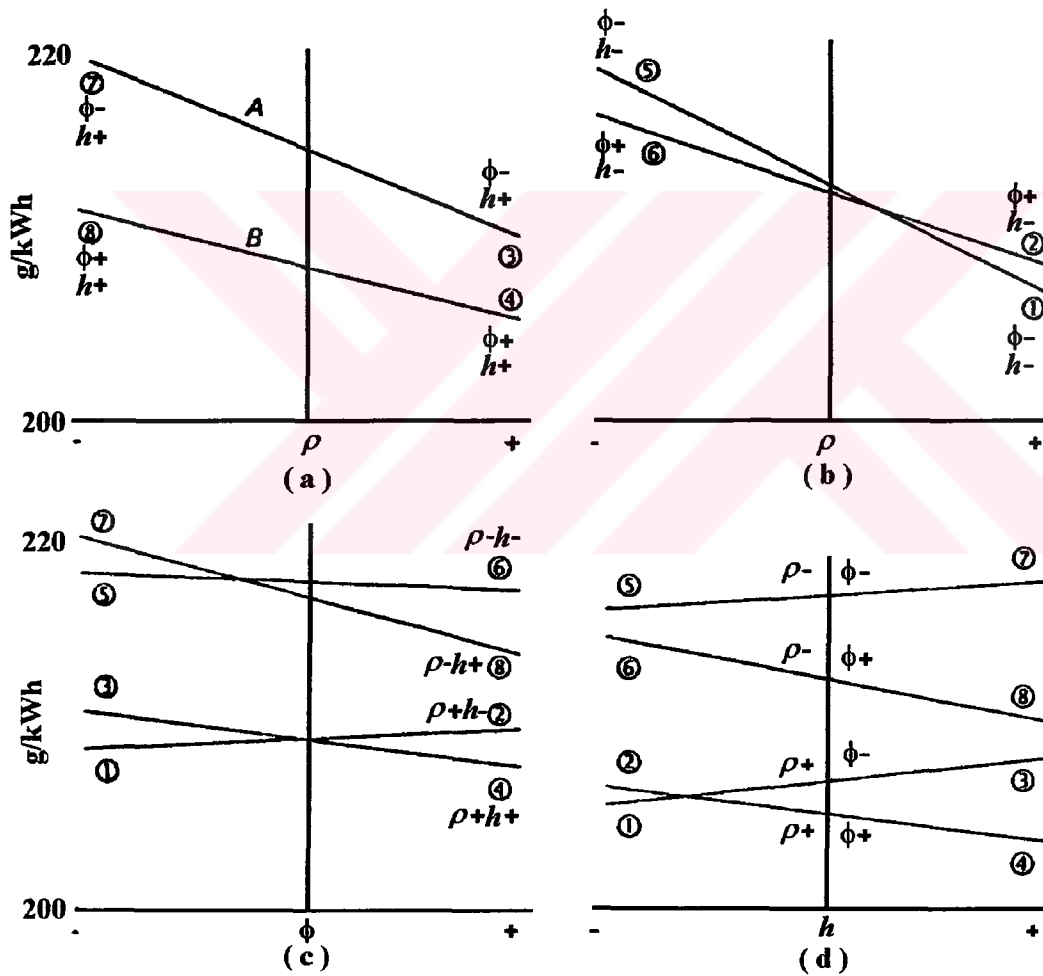
İlk adım her faktörün ana etkisini hesaplamaktır.

Şekil 4-6'daki *B* çizgisi püskürtme basıncının $-$ den $+$ 'ya değiştirilmesi özgül yakıt tüketimini 212'den 205g/kWsaat değerine düşürmüştür. Ana etki bu değişimin yarısı ya da 3.5 olarak tanımlanır. Dört çift deneyin ortalama ana etkileri Tablo 4-2'de gösterilmiştir. Bir diğer önemli husus da değişik faktörler arasındaki etkileşimdir. $\emptyset$ ile P arasındaki etkileşime $\emptyset \times P$ etkileşimi denir. Şekil 4-6'ya göre bu etkileşim; P nin $\emptyset +$ iken özgül yakıt tüketimine olan etkisiyle, $\emptyset -$ iken özgül yakıt tüketimine olan etkisinin farkının yarısı olarak tanımlanır. Yani formülasyon ile gösterilirse,

$$\frac{1}{2} [(205-212) - (210-220)] = +1.5$$

Şekil 4-6'daki doğruların paralel olması durumunda etkileşimin değeri 0 olacaktır. Ters etkileşimin de yani $PX\emptyset$ etkileşiminin de aynı olduğu gösterilebilir.

Ayrıca etkileşimin işaretinin, + veya -, ilgili faktörlerin işaretlerinin çarpılmasıyla oluştuğu da gösterilebilir. Tablo 4-2'de örneğimizdeki üç etkileşimin hesaplanmış büyüklükleri görülmektedir. Görüldüğü gibi en büyük etkileşim, negatif olup, h ile $\emptyset$ arasındadır. Buradan şunu hissedebiliriz ki, h daki bir artış ile $\emptyset$ deki azalma yakıt hüzmesini yanma odasındaki toroidal boşluğun aynı noktasına yönlendirir.



Şekil 4-6a,b,c,d Ana etkileri gösteren parametreler arası ilişki

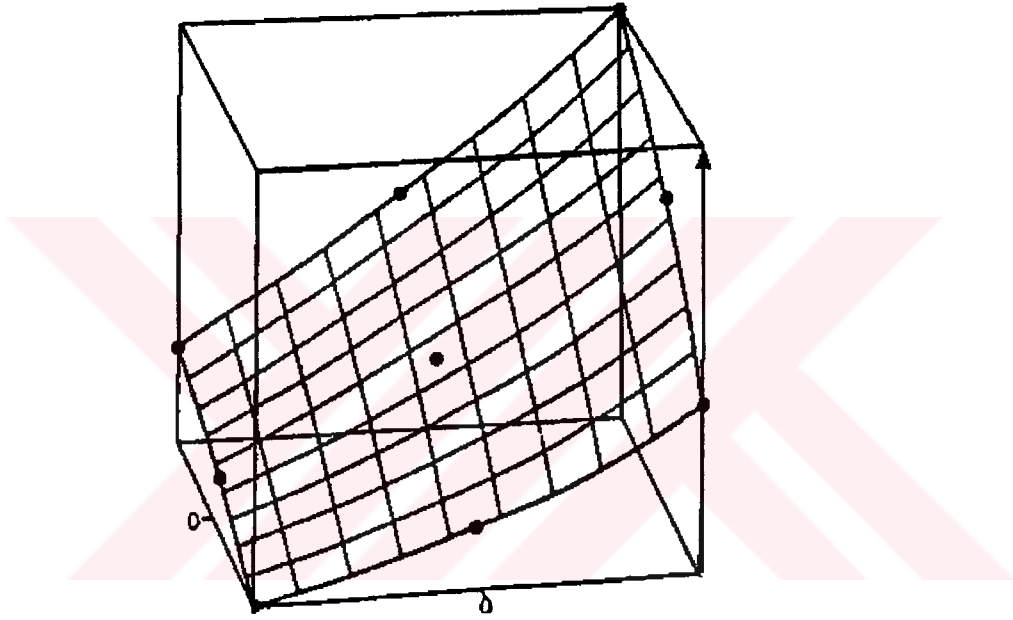
Tablo 4-2 Ana etkiler ve etkileşimler

<i>Test</i>	$\emptyset$	h	P	$\emptyset Xh$	$\emptyset XP$	HXP
1	–	–	+	+	–	–
2	+	–	+	–	+	–
3	–	+	+	–	–	+
4	+	+	+	+	+	+
5	–	–	–	+	+	+
6	+	–	–	–	–	+
7	–	+	–	–	+	
8	+	+	–			
–	+	–	–			
Ana etki	Etkileşim					
	–1.75	–0.25	–4.5	–1.5	+0.75	+0.25

Birçok faktörün olduğu benzer bir deney serisi bu yöntemin aynısıyla planlanabilir. Böylece tüm yedi tane faktör için ortogonal bir tablo oluşturulup ana etki ve etkileşimler hesaplanabilir. Sonuçlar, önemli faktörlerin hangileri olduğunu ve optimizasyon için ne yönde hareket edilmesi gerektiğini ortaya koyar. Bu tablo üzerinde yapılan deneyler, “aynı anda sadece birşeyi değiştirme” yöntemiyle yapılan deneylere oranla çok daha fazla bilgi verebilirler. Daha ileri istatistiksel analizlerle

hangi etkilerin belirgin olduğu, hangilerinin ise rastgele dağıldığı gibi ayrıntılı tanımlamalar yapılabilir.

Bu yöntemin daha ileri bir türünde üç boyutlu faktörler kullanılır (+, 0 ve -). Bu yöntem özellikle motor karakteristiklerinin haritasını çıkarılmasında faydalı olur. Çünkü motor karakteristiklerinin yüzey profilini tanımlayan dördüncü dereceden eşitliklerin katsayılarının türetilmesine olanak tanır (Şekil 4-7).



Şekil 4-7 Motor haritası, moment, hız ve yakıt tüketimi

Şekilde motor haritasının hız, moment ve yakıt tüketimi kısmını içeren kısmı görülmektedir. Yöntem üç faktörün seçilmesini gerektirir ve bu faktörler eşit aralıklarda haritaya taşınır.

Bu yöntemlerin anlaşılmasıyla, bu yöntemlerin değeri hakkında fikir sahibi olunabilir [13]/

4.3 DENEY PLANI

Deneylerin gerçekleştirilmesinde aşağıdaki çalışma sırası izlenmiştir :

- -Ana şalter açılır.Deney odasındaki ölçü ve kontrol aletlerinin ve motorun elektriksel bağlantıları kontrol edilir ve gerekli bağlantılar yapılır.
- -Egzoz emisyon aleti çalıştırılır (ısınma süresi 15 dakika).
- -Büyük bidondaki yakıt, küçük yakıt kabına aktarılır ve oradan motoru beslemek üzere yakıt ölçüm kabına doldurulur.Hassas terazi devreye alınır ve ölçüm kabının teraziye yerleştirilmesi ve hassas terazinin eğimi ve tara ayarları kontrol edilir.
- -Motor freninin soğutma suyu açılır.
- -Motor freni kontrol panosu çalıştırılır ve frenin yükleme tipiyle ilgili ayarları yapılır ve fren potansiyometresi boşta olacak şekilde ayarlanır.
- -Bilgisayar çalıştırılır ve Makina Mühendisi Ahmet AKIN tarafından hazırlanan "PROJE" isimli motor kontrol programı çalıştırılır.
- -Egzoz emisyon aletinin ısınmasıyla birlikte alet otomatik olarak kalibrasyonunu yapar .İlave olarak kaçak testi yapılır.
- -Motor ve yardımcı elemanlarının görsel kontrolü yapılır ve gerekli düzeltmeler uygulanır.
- -Motorun akü bağlantısı yapılır ve akü gerilimi kontrol edilir.-Yakıt pompası çalıştırılır.
- -Bilgisayar üzerinden yakıt püskürtme miktarı ve ateşleme avansı, motor rölantide çalışacak şekilde, ayarlanır.
- -Gaz keleşinin ilk çalıştırma için ayarı yapılır.
- -Marş motoru çalıştırılır ve motorun rölantide çalışması sağlanır.

- -Motorun ısınmasını hızlandırmak için fren potansiyometresi ile motor hafifçe yüklenir.
- -Motor çalışmaya devam ederken motor ve donanımıyla ilgili son görsel kontroller yapılır.
- -Motor ısındıktan sonra soğutma suyu pompası çalıştırılır ve su sirkülasyonu vanalar ve pompa debisinin ayarı ile kontrol edilerek, giriş - çıkış sıcaklıklarının stabil hale gelmesi sağlanır.
- -Egzoz emisyon aletinin numune alma borusu, sızdırmaz bir şekilde egzoz borusu üzerine takılır.
- -Ölçüm yapılacak olan yük, devir sayısı ve hava fazlalık katsayısı;

Gaz keleşbeği,yakıt püşkürtme miktarı ve fren potansiyometresi ile ayarlanır. Ayarların kontrolü fren skala değeri, bilgisayar ekranındaki devir sayısı göstergesi ve egzoz ölçüm aleti göstergeleri ile yapılır.

- -Optimum deney noktası (Tablo 4-3), sabit hava fazlalık katsayısında, en yüksek momenti veren ateşleme avansı ayarı ile belirlenir.
- -İstenen deney noktasına yeterince stabil olarak ulaşıldığında fren kuvveti,devir sayısı,egsoz ve soğutma suyu sıcaklıkları,emisyon değeri ve motorun çalışma şartlarıyla ilgili diğer veriler kaydedilir.Aynı anda yakıt tüketimi ölçümü yapılır.
- -Deney noktasıyla ilgili yeterince ölçüm alınınca yeni bir ölçüm konumuna geçilir.
- -Bir grup ölçüm sonucunda başlangıç prosedürünün tersi takip edilerek motor durdurulur ve deney odasında gerekli önlemleri alarak deney sonlandırılır.
- Tablo 4-3 ve Tablo 4-4' de deneysel çalışma noktalarının örnekleri görölmektedir.

Tablo 4- 3 Deneysel .çalışma noktaları

Ortalama efektif basınç - P_{me} (bar)	Motor hızı (d/dk)		
1	1200	1500	2000
2	1200	1500	2000
3	1200	1500	2000
4	1200	1500	2000
6	1200	1500	2000

Tablo 4-4 Periyot atlamalı deney noktalarına örnekler

Periyot atlama stratejisi	P_{me} (bar)	Motor hızı (d/dk)		
n-n-s	1	1200	1500	2000
	2	1200	1500	2000
	3	1200	1500	2000
	4	1200	1500	2000
n-s	P_{me} (bar)	Motor hızı (d/dk)		
	1	1200	1500	2000
	2	1200	1500	2000
	3	1200	1500	2000
	4	1200	1500	2000

n: normal dört zamanlı çevrim.

s:periyot atlatılan ve iş üretilmeyen dört zamanlı çevrim.

4.4 CİHAZ ve ALGILAYICI SEÇİMİ ÜZERİNE NOTLAR [13]

Burada motor testlerinde yer alann tüm cihaz ve algılayıcılardan bahsedilmemiş sadece bu çok geniş konunun bir kısmına değinilmiştir. Okuyucunu dikkati çok fazla çeşiti olan ölçü cihazları arasından nasıl seçim yapacağına ve bu seçimi yaparken nelere öncelik vereceğine çekilmiştir ve sadece standart ölçmelerle ilgili kısma değinilmiştir. Tablo 4-5’ de değişik ölçümlerin bir listesi görülmektedir. Her kategori içindeki ölçüm metodları ucuz olandan pahalıya doğru sıralanmıştır.

4.4.1 GENEL YORUMLAR

Birçok basit cihaz, yay dengelemeleri, manometreler, Bourdon köprüleri, sıvı termometreleri, veri kaydetme sistemlerine entegre edilemez. Bu önemli ya da önemsiz olabilir.

Hassasiyet para gerektirir. Birçok algılayıcı üreticisi, ürünlerini belirli hassasiyet seviyelerinde üretir ve hassasiyet arttıkça ürünlerin fiyatları aşırı derecede artar. Terarlanabilir olmayan hassasiyetin işe yararlılığı ise oldukça azdır.

Stokta mevcut olan bir cihazın satın alınması, özel bir cihaz istemekten daha ucuzdur.

Bazı algılayıcılar, özellikle kuvvet ve basınç hissedicileri, aşırı yükleme nedeniyle zarar görebilirler. Yeterli kapasite ve kapasite aşımına karşı koruma sağlanmalıdır.

Sıcaklık kompanzasyonu önemli olabilir.

Üreticinin cihazla ilgili kataloğunu mutlaka dikkatlice okunmalı ve hassasiyetler, kapasite aşımı, yorulma ömrü konularında not alınmalıdır.

4.4.2 Zaman aralığı

Motor deneyleri için gereken hassasiyetin çok daha üzerinde bir hassasiyette ve kolayca zamanı ölçmek mümkündür: Ancak bu zaman içinde gelişen olayların kesin yerlerini tespit etmek çok daha zordur. Birbirine bağımlı olaylar biraraya geldiğinde bu olayların hangi sırada gerçekleştiğini anlayabilmek son derece zorlaşır.

Tablo 4-5 Sıklıkla yapılan ölçmelerde gerek duyulan cihaz ve algılayıcılar

Ölçüm	Uygulama sahası	Metodu
Zaman aralığı	Dönme hızı	Takometre Tek işaret verici Volan çember dişleri Şaft enkoderi
Kuvvet, durgun	Fren momenti	Kalibrasyon kütleler +Yay dengeleme Hidrolik yükleme hücresi Strain –gage algılayıcı
Kuvvet, çevrimsel	Stres ve yatak yükü araştırmaları	Strain – gage algılayıcı Piezo – elektrik algılayıcı
Basınç, durgun	Akış sistemleri : yağlayıcılar, yakıt, su, basınç yükü, egzoz	Sıvı manometreler Bourdon köprüsü Strain – gage algılayıcı
Basınç, çevrimsel	Silindir içinde, emme, egzoz olayları. Yakıt püskürtme	Strain – gage algılayıcı Kapasitif algılayıcı Piezo – elektrik algılayıcı
Konum	Gaz keleş ve diğer kontroller	Mekanik bağlantı ve ibre, Sayıcı LVDT algılayıcı Şaft enkoder Adım motor
Yerdeğiştirme, çevrimsel	Supap hareketi, enjektör iğnesinin hareketi	İndüktif algılayıcı Boşluk etkili algılayıcı Kapasitif algılayıcı

İvmelenme	Motor dengeleme, NVH	Strain – gage ivmeölçer Piezo – elektrik ivmeölçer
Sıcaklık	Soğutma suyu, yağlayıcı, emme havası, egzoz, silindir içi, mekanik elemanlar	Sıvı termometresi Buhar basınç termometresi Çelik içinde sıvı termometresi Termoeleman Termistör Elektrik direnç termometresi Optik pirometre Emme pirometresi

Eğer dönme sayısını kullanarak, $Güç = moment \times devir\ sayısı \times sabit$, gibi bir büyüklük hesabı yapılmıyorsa, hız ölçümü için daima takometre kullanılmalıdır. Dönme sayılarını saymak daha iyi bir uygulamadır.

Volan çemberine monte edilmiş tek bir işaret verici sayma işlemleri için idealdir ancak Ü.Ö:N belirlemek için uygun değildir. Volan üzerinde birden fazla dişliden alınan işaretler uygun olabilir. Birçok motor freninde 60 dişli volan standart olarak bulunmaktadır. Bir dereceden bile daha hassas gösterimler için enkoder kullanılması gerekir. Ancak enkoderin montajı biraz sorunludur çünkü enkoderler genelde krank milinin volan olmayan serbest ucuna bağlanırlar ve bu uçta krank milinin burulma etkileri, silindirden silindire değişebilen, hatalı okumalara neden olabilir.

4.4.3 Durgun kuvvet

Birçok amaç için kalibrasyon kütlesi ve yay dengelemesi hala oldukça yeterlidir.

Hidrolik yükleme üniteleri de oldukça yaygın olarak kullanılan cihazlardır.

Basınç ve kuvvet ölçümü için strain – gage algılayıcı kullanımı neredeyse standart bir metod haline gelmiştir. Bu teknoloji oldukça bilinen ve kullanım alanı olan bir teknolojidir. Algılayıcıyla birlikte yükselticinin alınmasının avantajları vardır böylece sinyallerin iletim sırasında bozulması engellenebilir ancak bu durumda sıcaklık yönünden bazı sınırlamalar oluşur.

4.4.4 Çevrimsel kuvvet

Strain – gage algılayıcıların belirli bir ömrü vardır ve yüksek oranda çevrimsel kuvvetlerin ölçülmesi için uygun değildirler. Ama yine de, tahrik sistemlerindeki burulma titreşimlerinden kaynaklanan, yumuşak değişimlerin ölçümünde rahatlıkla kullanılırlar.

Piezo – elektrik hissediciler yorulmaya karşı dayanıklı olmakla birlikte, basınç değişimine bağlı, ürettikleri gerilimler çok küçük olduğu için bu gerilimlerin mutlaka yükseltilmesi gerekir. Bu algılayıcılar durağan olayları ölçmek için uygun değildir fakat silindir içi ve yakıt püskürtme basıncı ölçümü için evrensel cihazlar haline gelmişlerdir. Piezo – elektrik algılayıcılar ve sinyal şartlandırma üniteleri strain – gage’ lere oranla daha pahalıdır.

4.4.5 Durgun basınç

Normal basınçları belirlemek için sıvı manometresi oldukça uygundur. Ucuzdur kendi kendini kalibre edebilir , ve akış içindeki türbülans ve dalgalanmalardan kaynaklanan düzensizlikleri fazlaca göstermez. Ancak civa kullanıldığı durumlarda gerekli önlemler alınmalıdır. Geleneksel analog göstergeli Bourdon köprüsü birçok uygulama için otomatik olarak seçilir.

4.4.6 Çevrim basıncı

Strain – gage ve piezo – elektrik algılayıcılarının bağlı üstünlüklerinden çevrimsel kuvvet kısmında bahsedilmişti ve aynı şeyler çevrim basıncı ölçümü için de geçerlidir.

Kapasitif algılayıcılar düşük basınçların gözlenmesi için daha uygundurlar. Çalışma prensibi, bir diyaframın basınç altında şekil değiştirip kondansatörün plakaları arasındaki mesafeyi değiştirmesine dayanır. Strain – gage ya da piezo – elektrik hissedicilerin yeterince hassas olamadığı düşük basınç ölçümleri için uygundurlar.

4.4.7 Konum takibi

Basit bir mekanik bağlantı düzeneği, sürtünme ve geri dönmeleri göze almak şartıyla, yeterli olabilir. Esnek kablo ve bağlantılar bu tür sorunlara neden olabilir. LVDT (doğrusal mesafe değişimi algılayıcısı) basit doğrusal değişimlerin ölçümü için oldukça uygundur ve 0.25 mm ile 0.5m arasında strok uzunluğuna sahip olanlar vardır. Şaft enkoderleri de konum takibi için kullanılırlar. Adım motorlar ise hem kontrol için hem de konumun dijital gösterimi için kullanılırlar.

4.4.8 Yerdeğiştirme

İndüktif algılayıcılar temassız ölçümlerde kullanılabilirler. Algılayıcı bobin ile onun etrafında hareket eden iletken hedef arasındaki sahanın değişkenliğinin fonksiyonu olarak mesafe değişimi ölçülür.

Boşluk etkili algılayıcı diğer bir temassız çalışan mesafe algılayıcıdır. Çalışma prensibi, sürekli mıknatısın hareketinin altın kaplı folyo'dan oluşan algılayıcı üzerinde indüklenen gerilimde yükselmesine dayanır. Çok küçük boyutta olmasından dolayı genellikle enjektör iğnesinin hareketinin ölçümünde kullanılır.

Kapasitif algılayıcılar kapasitenin değişmesine dayanarak mesafe ölçümü yaparlar ve çok küçük boşlukların (çatlakların) ya da aşınmadan kaynaklanan şekil değişiminin ölçümünde kullanılırlar.

4.4.9 İvmelenme

Strain – gage ve piezo – elektrik algılayıcılara dayalı iki tür ivme ölçer vardır. Piezo – elektrik algılayıcılar 3Hz'den düşük frekanslarda kullanılmazlar ancak strain – gage' lere göre daha sağlamdırlar.

4.4.10 Sıcaklık

Sıvı termometreleri, basit, ucuz ve kolay taşınabilirler. Diğer taraftan okunmaları zor, ısı kapasiteleri yüksek, cevap süreleri uzundur.

Buhar basıncı yada çelik içinde sıvı termometreleri sıvı termometrelerine benzerler ancak onlar kadar hassas değildir. Ancak deney odası için daha uygundurlar ve okunmaları daha kolaydır.

Sıvı termometreleri -200°C ile $+500^{\circ}\text{C}$ arasında kullanılabilirler. Yukarıda bahsedilen diğer termometreler -20°C ile $+600^{\circ}\text{C}$ arasında kullanılabilirler.

Bunların yanında termoelemanlar en çok kullanılan sıcaklık ölçerlerdir. Birçok çeşiti ve üreticisi mevcuttur. Küçük çaplı termometreler özellikle sıvı ya da gaz sıcaklıklarını ölçmek için uygundur. Yardımcı ekipmanları genelde kompanze edilmiş soğuk junction olup basit ve ucuzdurlar. Doğru ölçüm için potansiyometre kullanılmalıdır, ayrıca küçük sıcaklık farkları birkaç tane termoelemanı birbirine seri bağlayarak ölçülebilir. Standartlaştırılmış termoeleman kabloları -200°C ile $+1450^{\circ}\text{C}$ arasında mevcuttur. Motor deneycisini ilgilendiren sıcaklık aralıklarına uygun termoelemanlar aşağıdadır :

	Bakır – Konstantan	-250°C ile $+400^{\circ}\text{C}$
J tipi	Demir – Konstantan	-200°C ile $+850^{\circ}\text{C}$
K tipi	Kromel – Alümel	-200°C ile $+1100^{\circ}\text{C}$

Termistörler, çok küçük sıcaklık değişimlerinde, kendi direnç değerlerinde artan ya da azalan yönde değişimler gösterirler. Özellikle güvenlik ile ilgili uygulamalarda tercih edilirler ve genellikle -50°C ile $+150^{\circ}\text{C}$ arasında çalışırlar.

Platin direnç termometresi ise -250°C ile $+600^{\circ}\text{C}$ aralığında kullanılabilirler. Termoelemanlardan daha fazla hassasiyete bile sahip olabilirler ve özellikle düşük sıcaklık aralıklarında kullanılırlar.

Optik ya da radyasyon pirometreleri (değişik türleri mevcuttur), temassız sıcaklık ölçerlerdendir. Alev sıcaklığının ölçülmesi ya da silindire açılan bir delikten piston segmanın yüzeyindeki sıcaklıkların ölçülmesi için kullanılabilirler. Yüksek sıcaklıkları ölçmek için en efektif cihazlardır.

Son olarak, genellikle bir termoeleman yardımıyla sıcaklık ölçme işini yapan emme pirometreleri, egzoz gazlarının sıcaklığını ölçmek için en uygun cihazlardır [13]

4.5 İÇTEN YANMALI MOTORLARDA ÖLÇÜM [13]

İçten yanmalı motorların amacı yakıtın kimyasal enerjisini mekanik enerjiye dönüştürmek olduğundan, doğrudan doğruya bu işlemle ilgili ölçümler özel önem gerektirir. Bu ölçüm sonuçları bize, motor tasarımcısının amaçlarını ne kadar sağlayıp sağlamadığını söyler. Bununla ilgili sadece birkaç faktör vardır :

Yakıt tüketim miktarı (kütlese) m kg / saat

Yakıt yoğunluğu ρ kg / m³

Yakıt tüketimi (hacimsel) $\dot{V}$ m³ / saat

Motor hızı N devir / dakika

Motor çıkış momenti T Nm

Moment hissedicisi kuvveti F N

Dinamometre moment kolu yarıçapı R m

Motor gücü P kW

Özgül yakıt tüketimi sfc kg / kWsaat

Bu büyüklükler arasındaki ilişkiler ise şöyledir :

Kütlesel ve hacimsel tüketim oranları

$$m = \rho V$$

Motor çıkış gücü

$$P = 2\pi \frac{N}{60} T \times 10^{-3}$$

$$T = FR$$

Özgül yakıt tüketimi

$$sfc = \frac{m}{P}$$

Burada son veri olan sfc önceki beş ölçüme bağlıdır : ρ, V, N, F, R .buradan çıkaracağımız sonuç ; sfc nin hassasiyeti her zaman için önceki beş bileşenin hassasiyetinden daha az olacaktır. Özetle motor performansı ile ilgili olan bu ölçümlerde ölçümlerin hassasiyeti çok büyük önem taşır.

4.5.1 MOTOR DÖNME SAYISI

Motorun dönme sayısının tespiti için inkremental enkoder (açısal konum ölçer) kullanılmıştır. Açısal konum ölçer'in kullanılmasıyla zamandan bağımsız olarak motorun bir çevrim içinde hangi konumda (hangi KMA pozisyonunda) olduğu takip edilebilmektedir. Böylece krank mili açısı referans alınarak ateşleme, püskürtme, periyot atlatma sistemlerinin kontrolü düzgün olarak gerçekleştirilebilmektedir.

Motor dönme sayısının tespiti için bir başka yöntem de belirli bir zaman aralığında dönme sayısının sayılarak, zamana göre ortalamasının alınmasıdır.

Bu yöntemde tespit edilen hız, bir çevrim için motorun ortalama hızıdır. Kontrol işlemleri de bu ortalama hız esas alınarak yapılır. Oysa bir çevrim içinde motor hızı

sürekli değişmektedir. Dolayısıyla gerçekte değişken olan hızın ortalamasının alınmasından kaynaklanan bir hata oluşur ve bu hata da kontrolü etkiler.

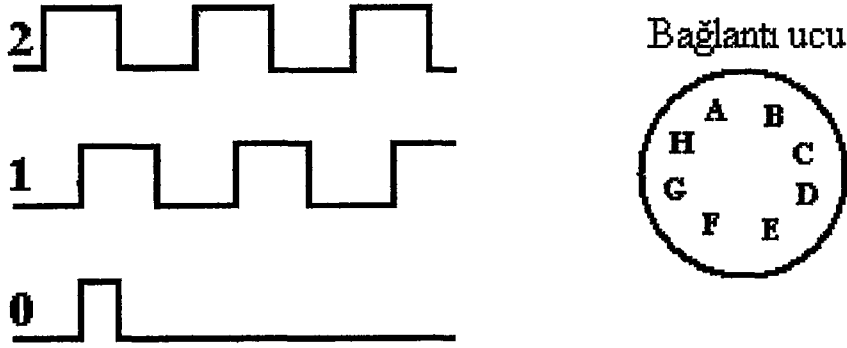
Ayrıca sayma ve ortalama hesaplama işlemleri bilgisayar tarafından yapılacağından bu hesaplamalar bilgisayara belirli bir işlem yükü getirir. Oysa enkoder kullanılması ile bu ilave hesaplama yükünden kurtulunmuştur.

Enkoder her bir tam turu için 360 tane kare sinyal üreterek, 1° lik aralıkla ölçüm yapma olanağı sağlamaktadır Ayrıca her tur için fazladan bir kare sinyal üreten bir çıkış yardımıyla motorun Ü.Ö.N (Üst Ölü Nokta)' sı belirlenmektedir (Tablo 4-6).

Tablo 4-6Kullanılan enkoderin özellikleri:

Markası	Leine&Linde
Mosel No	632006011
Çözünürlüğü	360 ppr (impuls / tur)
Çalışma gerilimi	5 V
Enkoderin Uçları	
Fonksiyonu	Ucun adı
1	A
1*	B
2*	C
2	D
+E V	E
0 V	F
0	G
0*	H

Motorun çalışması sırasında sürekli olarak enkoderden 1° KMA aralıklarla donanıma (kontrol kartına) gelen işaretler değerlendirilerek gerekli kontrol ve veri toplama işlemleri yürütülür. Enkoder üç farklı tipte işaret vermektedir (Şekil 4-8):



Şekil 4-8 İnkremental enkoderin sinyalleri

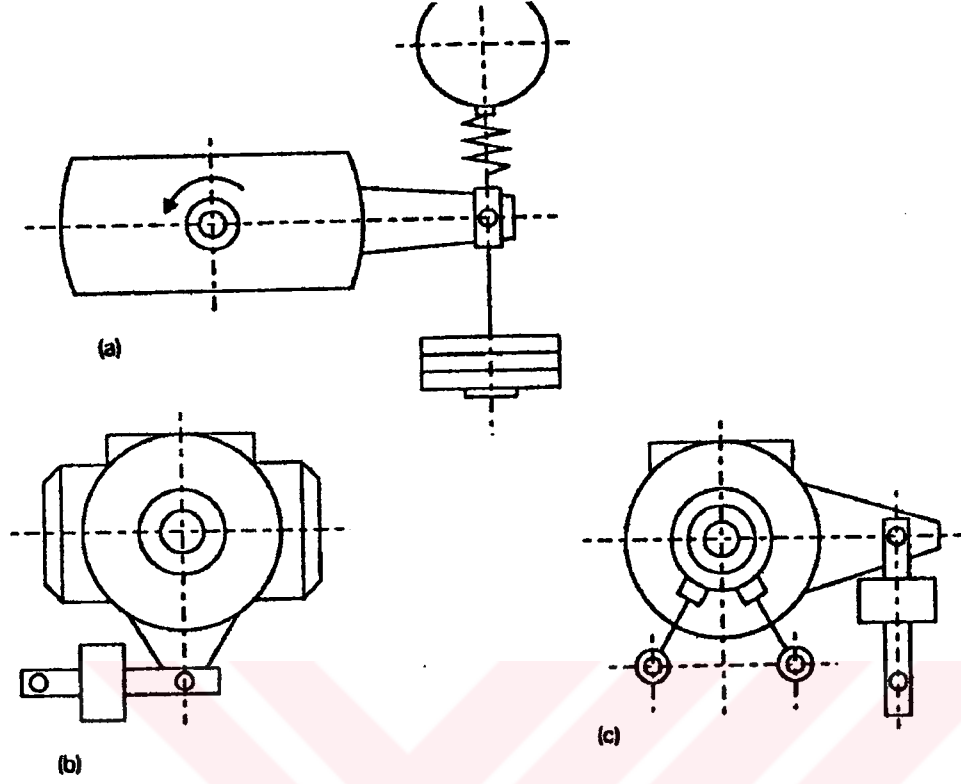
4.5.2 MOMENT

Genelde motor frenlerinin büyük çoğunluğunda frenin güç yutan elemanı (stator kısmı), motor miliyle eşeksenli yataklanır ve motorun momentini, motor milinin eksenine belirli bir mesafede, düşeyde hareket eden bir çeşit algılayıcı (transducer) tarafından ölçülür. Genelde çoğu frende algılayıcı, kalibrasyon kütlesi ve dengeleme yaylarının bileşiminden oluşur (Şekil 4.9).

Dengeleme ağırlığının rijidliği sınırlı olduğu için ve moment miktarına bağlı olarak hareket edebileceğinden, momente göre dengeleme kütesinin pozisyonunun tekrar ayarlanması gerekir. Böylece her zaman için moment ölçümünün tamamen düşeyde yapılması sağlanır.

Şekil 4.9.'daki gibi daha modern makinalarda strain – gage tipindeki algılayıcı köprü devresi ve yükselticisi ile birlikte kullanılır. Strain – gage algılayıcısının en büyük yararı hemen hemen hiç şekil değişimi olmadan ölçme yapılabilmesidir.

Böylece algılayıcının pozisyon ayarı yapılması sorunu ortadan kalkar: Ancak strain – gage algılayıcılar yorulma yaşlanmasına meyillidirler. Çok fazla yük tekrarından sonra bozulma olasılıkları vardır.



Şekil 4-9 Dinamometre bağlantısı ve moment ölçümü: (a) kalibrasyon kütleler ve yay dengemesi; (b) moment hissedicisi (transducer); (c) Schenck eğik bağlantı

Frenler genelde *trunnion* bağlantı üzerine yataklanmıştır. Trunnion bağlantı bilyalı ve silindirik makaralı yatakların kombinasyonundan oluşur. Ancak bu yataklar hissedilemeyecek kadar küçük açısal hareket ile çalışırlar ve bunun sonucu olarak yatakların dış kısımlarının zorlanması dolayısı yerel bozulmalara meyillidirler. Motor milinde iletilen titreşimler de bu bozulmayı artırır.

Şekil 4-9 'deki Schenck motor freninde, trunnion tipi yataklar yerine iki tane radyal eğik bağlantı kolu kullanılarak aşınma ile ilgili olumsuzluk giderilmiştir. Ancak bu tip frenlerde yataklamayı motor mili ile eşksenli olarak yapabilmek daha zordur ve eksenel kuvvetlere karşı frenin dayanımı azalmıştır (trunnion tipi yataklamada eksenel kuvvetler bilyalı yataklar tarafından taşınır).

Çok fazla hassasiyet gereken durumlarda, uluslararası standartlar laboratuvarında olduğu gibi, trunnion yataklamalar hareketli dış bileziklerle birlikte kullanılır ve zaman zaman yatakların bilezikleri döndürülerek ayarlama yapılır. Her iki yatak da ters yönde döndürülerek tüm parazit sürtünmeler elimine edilir.

4.5.2.1 MOMENT ÖLÇÜMÜNDE HATALAR

Moment ölçümündeki muhtemel hatalar şöyle sıralanabilir :

1. Trunnion yataklardaki sürtünme
2. Algılayıcı bağlantılarındaki sürtünmeler. Bu bağlantılar genelde oldukça fazla sürtünme kuvveti gösterebilecek küresel bağlantılardır. Genelde bu tip hataların çalışma sırasındaki titreşim ile giderildiği varsayılır. Kalibrasyon yapılırken bu hatalardan kurtulmak için uygulanan kalibrasyon kuvvetleri artırılıp azaltılır ve okunan değerlerin ortalamaları alınır.
3. Kalibrasyon kolundaki hatalar. Frenler genelde bir kalibrasyon kolu ile birlikte verilirler. Kalibrasyon kolu frenin karkasına bağlıdır ve bıçak sırtı üzerinde yataklanmış kalibrasyon kütlesi üzerinde taşır. Bıçak sırtının trunnion yataklara olan mesafesini ölçmek son derece zordur ve uygulamada fren üreticisinin verdiği değerlere güvenilir.
4. Yerçekimi ivmesi g deki değişimler. Bu etki genelde gözardı edilir. Oysa 9.81 m / s^2 olarak verilen yerçekimi ivmesi deniz seviyesinde 47° enlemde geçerlidir. Yerçekimi ivmesi kutuplara gidildikçe artarken ekvatora yaklaştıkça azalır. Dolayısıyla farklı yerlerde yapılan ölçümler arasında farklılıklar olur. Yüksek kaliteli bir yay dengeleme mekanizması kalibrasyon kütlesi mekanizmasına göre daha güvenilir bir ölçme sağlar çünkü yay mekanizması yerçekiminden etkilenmez.
5. Rüzgar. Elektrikli ve rüzgar ile soğuyan frenlerde, hava çalkantılarının oluşturduğu bir parazit direnç vardır.

6. Kablo ve hortumlardan kaynaklanan çekmeler ve hortumlardaki basınçlı sıvıların etkisi. Kalibrasyondan sonra hortum ve kablo bağlantılarında yapılacak değişikliklerde dikkatli olunmalıdır.
7. Düzgünsüzlük, sıfır kaçıklığı, algılayıcı ve beraberindeki elektronik ekipmanlardaki sıcaklık etkileri.

Açıktır görüldüğü gibi motor freninin ayarlanmasında, doğru ölçmeyi sağlayabilmek için, sorumlu mühendisin birçok husus dikkate alma zorunluluğu vardır.

4.5.2.2 İVMELENME DURUMLARINDA MOMENT ÖLÇÜMÜ

*İnstasyon*er deneylere olan ilginin artması neticesinde hız değişimlerinin, trunnion yataklı makinalarda “görünür” moment ölçümünü nasıl etkilediğinin farkında olmak gerekir. Temel prensip şöyledir :

Fren rotorunun ataleti I kg / m²

Hızdaki artım miktarı $\dot{\omega}$ rad / s²

$\dot{N}$ rpm / s

Frene giriş momenti T_1 Nm

Frenini okuduğu moment T_2 Nm

$$T_1 - T_2 = I \dot{\omega} = \frac{2\pi NI}{60} \text{ Nm}$$

$$= 0.1047 \dot{N} I \text{ Nm}$$

Buradaki düzeltme faktörünün mertebesini 150kW güç yutabilen ve maksimum 500 Nm moment kapasiteli bir *Eddy Akım freni* ile görelim. Frenin rotorunun ataleti

0.11 kg m² . Eşdeğer nitelikteki bir doğru akım üretici de 0.60 kg m² ataletle sahiptir.

Eğer bu iki makina 100 devirdakika / s gibi yavaşca hızlanan bir motora monte edilirse, ilk makina aşağıdaki miktar kadar momenti az okuyacaktır :

$$T_1 - T_2 = 0.1047 \times 100 \times 0.11 = 1.15 \text{ Nm}$$

Benzer şekilde ikinci makina da 6.3 Nm okuyacaktır.

Eğer motor yavaşlıyor olsaydı bu sefer de frenler gerçek moment değerinden daha fazla bir değer okuyacaklardı. Bilgisayar ile yapılan veri işleminde bu tür hatalar programlama ile düzeltilebilir [13].

Motor momentinin ölçümü için motor freninin baskül koluna kuvvet kaptörü monte edilerek kuvvet ölçülebilir. Kullanılacak kuvvet kaptörünün ölçme aralığı motor freninin ölçme aralığına yakın olmalıdır. Kullanılan frenin baskülündeki kuvvet aralığı 150 N, hassasiyeti ise 0.2 N dır.

4.5.3 ÜST ÖLÜ NOKTA(Ü.Ö.N) AYIRACI [4,14,15]

Enkoderden, her bir tam dönüşte alınan Ü.Ö.N işareti sistemi çalıştırmak için yeterli değildir. Çünkü enkoderden her bir tam dönüşte bir alınan Ü.Ö.N işaretinden hangisinin ateşleme ve püskürtmenin gerçekleşeceği Ü.Ö.N (sıkıştırma sonu Ü.Ö.N) işareti olduğu ayırt edilememektedir. Bu ayırımı yapabilmek için, ateşleme ve püskürtmenin yapılacağı Ü.Ö.N işaretini verecek, ilave bir algılayıcıya ihtiyaç vardır. Bu algılayıcıya Ü.Ö.N ayıracı adı verilmiştir.

Böyle bir ayıracın krank milinin iki tam dönüşünde bir kere işaret vermesi gerekir ve bunun için ayıraç krank milinin dönme sayısının yarısında dönen bir sistem ile irtibatlandırılmalıdır. Ayrıca daha önce hazırlanmış olan kontrol programının ve kontrol donanımının (kontrol kartının) yapısı gereği Ü.Ö.N ayıracından alınacak işaretin enkoderden gelen Ü.Ö.N işareti ile aynı anda alınması gerekmektedir.

Şöyleki ; enkoderden Ü.Ö.N işareti alındığı anda (tam Ü.Ö.N' dan geçildiği anda) Ü.Ö.N ayıracından da ilave işaretin alınıyor olması gerekmektedir. Böyle bir sistem motorun süpap tahrik mekanizmasından faydalanılarak kurulabilir çünkü supaplar

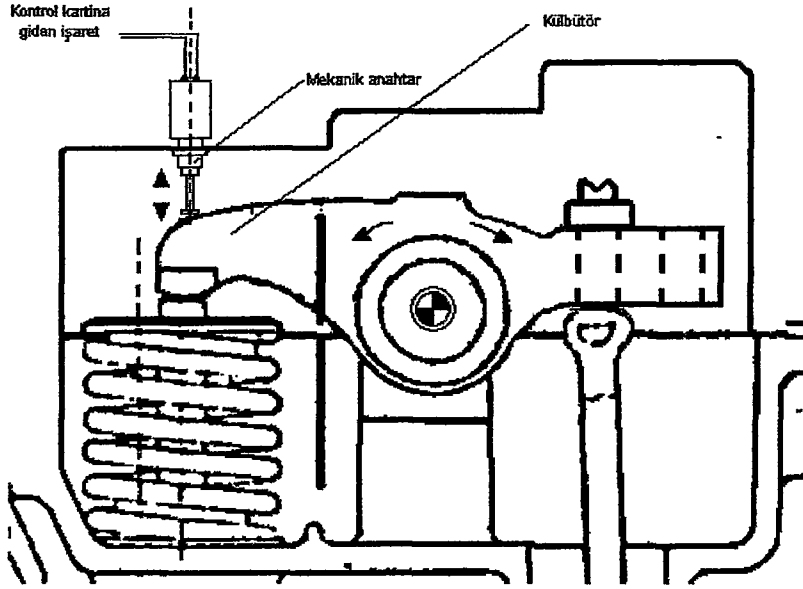
motorun bir iş çevrimi boyunca (karank milinin iki turunda) birer kere açılıp kapanırlar.

Deney motorunun süpap zamanlamaları incelendiğinde (Tablo 2-1) emme ve egzoz süpaplarının Ü.Ö.N da 16 °KMA, toplam 32° KMA bindirme yaptıkları görülmektedir. Her iki supabın hareketi gözönüne alınırsa, ilave bir işaret alabilmek için teorik olarak 32° KMA kadarki krank mili hareketinden faydalanılabilir. Yani enkoder Ü.Ö.N işaretini almadan 16° KMA önce ayırıcı işaret alınmaya başlanıp, Ü.Ö.N' yı 16° KMA geçene kadar sürdürülebilir. Ancak Ü.Ö.N ayırıcını emme ya da egzoz süpaplarından bir tanesi ile irtibatlandırılması halinde toplam 32° KMA olan süpap bindirmesinin 16° KMA kadarki kısmından faydalanılabilir. Çünkü enkoderden gelen Ü.Ö.N işareti gözönüne alındığında ilave bir işareti alabilmek için 16° KMA (Ü.Ö.N' dan önceki ya da sonraki 16° KMA) kadarlık bir karank mili hareketi mevcuttur. Yani krank milinin 16° KMA dönmesine karşılık supaplarda oluşan harekitten faydalanılabilir.

Böyle bir sistemin tasarlanması kararlaştırıldı ancak sözkonusu ayırıcın seçimi ve montajı birkaç denemeden sonra başarılı olabildi:

4.5.3.1 Birinci tip Ü.Ö.N. ayırıcı

İlk seçilen algılayıcı (Birinci tip Ü.Ö.N ayırıcı) mekanik ve yaylı bir anahtar olup montaj yeri olarak emme ya da egzoz supap külbütörlerinden birisinin uygun olduğu kararlaştırıldı. Böylece külbütörün aşağı - yukarı hareketinden faydalanılarak algılayıcı tahrik edilecek ve Ü.Ö.N ayırımı algılayıcıdan alınan bu ilave işaretlerle gerçekleştirilecekti. Motorun egzoz supabının külbütörünün uygun olduğu kararlaştırıldı ve anahtar, külbütörün supabı ittiği taraftaki ucundan tahrik edilecek şekilde, külbütör kapağına yerleştirildi (Şekil 4-10).



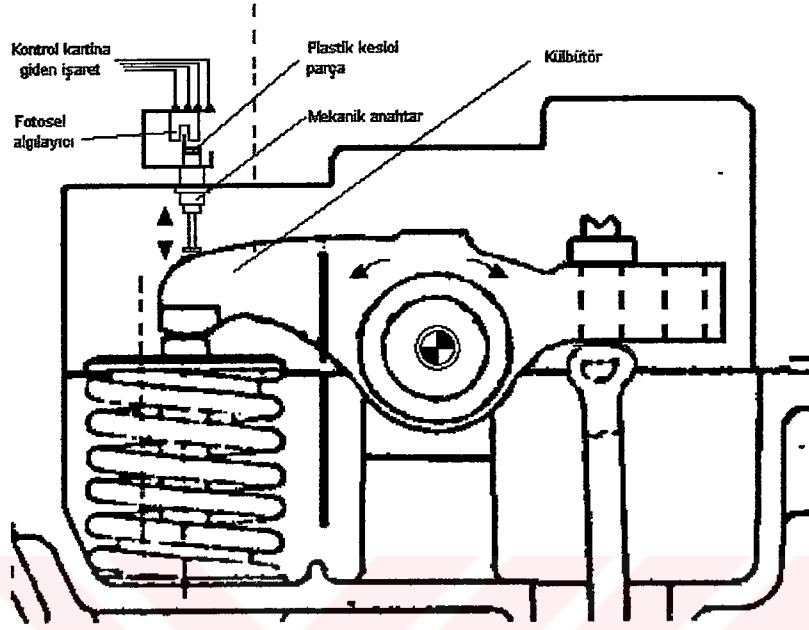
Şekil 4-10 Birinci tip Ü.Ö.N ayırıcı

Anahtarın külbütör ile temas eden parçası ayarlanabilir bir vidadır. İşaret verme anı, vidanın ayarlanmasıyla (külbütör'e olan mesafe değiştirilerek), enkoderden gelen işaret ile karşılaştırıldı. Ancak mekanik olan anahtar ilk seri deneylerde bozuldu. Bunun üzerine başka bir algılayıcı sistem (İkinci tip Ü.Ö.N ayırıcı) tasarlandı.

4.5.3.2 İkinci tip Ü.Ö.N. ayırıcı

İkinci tip Ü.Ö.N ayırıcı ilk uygulamada olduğu gibi tamamen mekanik bir anahtar değil temassız çalışan fotoselli bir algılayıcı (göz) ve bu algılayıcının arasına girip çıkarak ışığı kesen bir parçadan oluşuyordu. Birinci tip algılayıcının montaj yerinde değişiklik yapılarak bu algılayıcı yine supap külbütörlerinden tahrik edilecek şekilde yerleştirildi (Şekil 4-11). Ancak bir dizi deneyden sonra bu sistemde de aksaklıklar çıktı ve fotosel'in arasına giren kesici parçanın plastik olmasından dolayı motor kafasındaki yüksek sıcaklıklar sonucu kesici parça deforme oldu. Ayrıca fotoselin bağlı bulunduğu platformun yüksek dönme sayılarında titreşime uğraması ve mekanik anahtar kısmında zamanla aşınmadan kaynaklanan boşlukların oluşması

sonucu sistem iş göremez hale geldi. Bunun üzerine daha rijit bir sistem tasarlandı (Üçüncü tip Ü.Ö.N ayıracı).

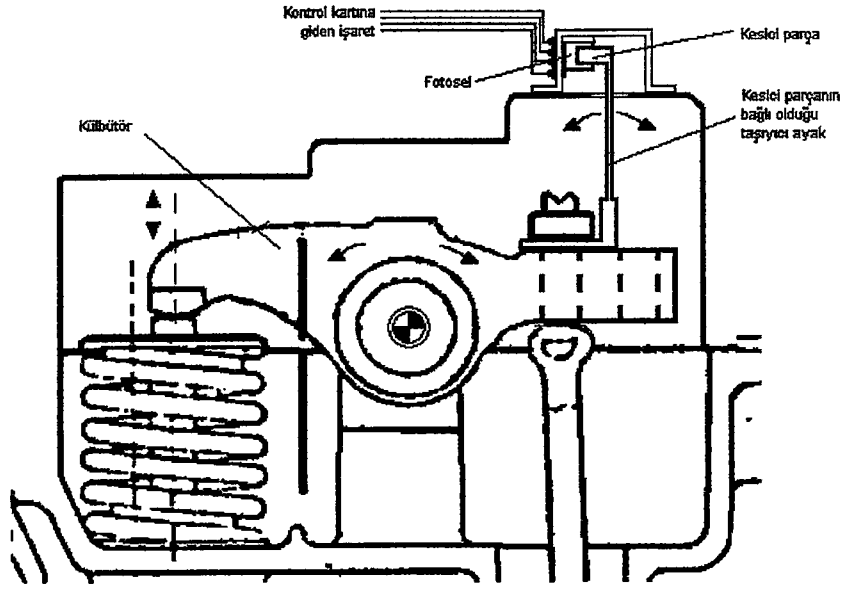


Şekil 4-11 İkinci tip Ü.Ö.N ayıracı

4.5.3.3 Üçüncü tip Ü.Ö.N ayıracı

Üçüncü tip Ü.Ö.N ayıracında da aynı fotosel kullanıldı. Ancak fotoselin arasına girip-çıkan kesici parça ve bu parçayı hareket ettiren mekanizma daha rijid olarak tasarlandı. Mekanizmanın tahriki, biraz daha farklı olarak, külbütör milinin supap iteceklerini tahrik ettiği ayağından yapıldı (Şekil 4-12).

Üçüncü tip algılayıcı ile uzun süre deneyler sürdürüldü ancak zamanla külbütör kapağının üstünden sızan yağın fotoselin arasına girip parazit yaparak çalışmasına engel olması, yüksek dönme sayılarında külbütör'e bağlanmış hareketli çubuğun rezonansa girmesi ve yüksek sıcaklıklardaki genleşme sonucunda mekanizmanın ayarının değişmesi gibi nedenlerden dolayı bir süre sonra bu sistem de çalışamaz duruma geldi.



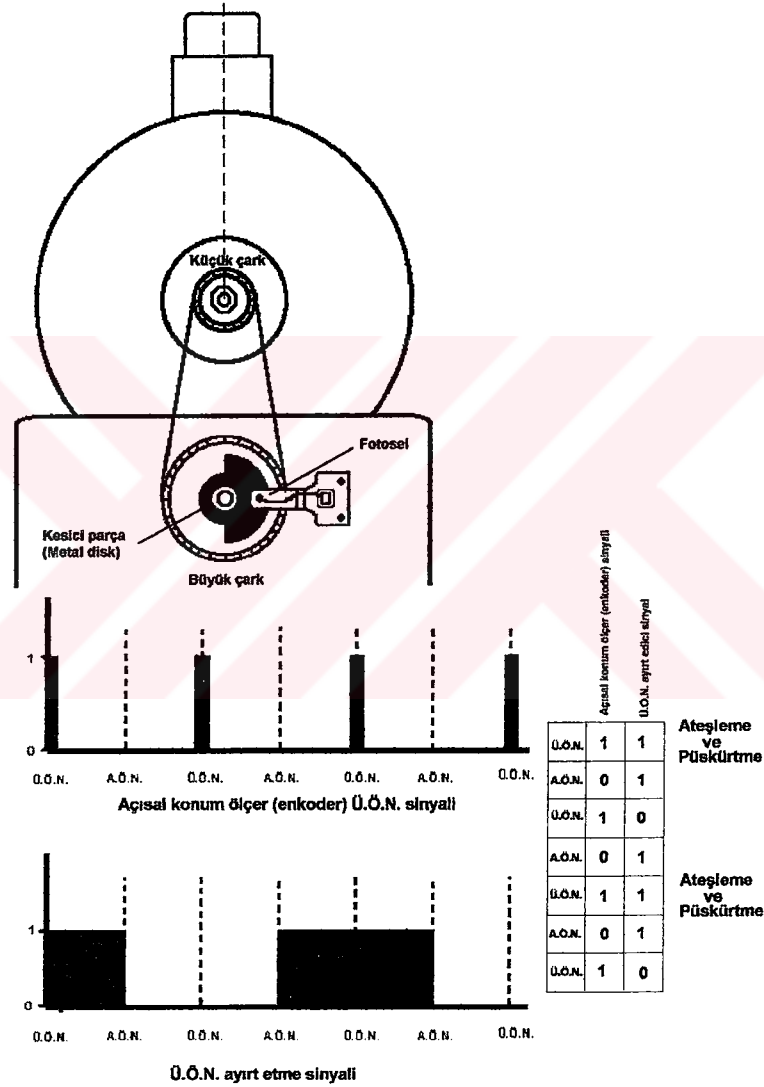
Şekil 4-12 Üçüncü tip Ü.Ö.N ayıracı

4.5.3.4 Dördüncü tip Ü.Ö.N. ayıracı

Yukarıda anlatılan denemeler sonucunda yine fotoselli ayıracın kullanılmasına ancak ayıracın tahrik edildiği mekanizmanın değiştirilmesine karar verildi. Çünkü işaret almak için mevcut olan 16° KMA krank mili dönmesine karşılık gelen supap hareketleri çok azdı ve bu sınırlı hareket ile çalışacak kadar hassas bir mekanizma kurulamadı. Bunun üzerine motorun eksantrik milinden hareket alınarak algılayıcının tahrik edilmesi düşünüldü. Ancak bu işlem için motor bloğuna delik açmanın gerekmesi ve bu delikte oluşabilecek muhtemel yağ sızıntılarının getireceği olumsuzluklar düşünülerek uygulanmadı. En nihayetinde Ü.Ö.N ayıracının motor üzerine yerleştirilmesinden vazgeçildi ve bu mekanizmanın motor freninin üzerinde kurulmasına karar verildi.

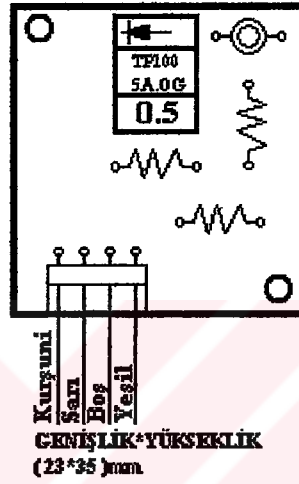
Motor freninin milinin serbest ucuna dişli bir çark monte edildi. Ayrıca bu çarkın iki katı büyüklüğünde bir karşı çark da yakın bir yerde yataklandı ve her iki çark triger kayışı ile irtibatlandırıldı. Böylece krank milinin yarısında dönen bir düzenek kuruldu. Fotoselli ayıraç ise büyük çarkın olduğu tarafa monte edildi. Çarkın

üzerine, fotoselli duyarganın arasına giren, disk şeklinde bir levha monte edildi ve disk levha 180° den oluşan iki kademeye ayrıldı. Bu yöntemle Ü.Ö.N ayırıcı işareti 16° KMA gibi dar bir aralıkta değil, 360° KMA aralığında alınmaya başlandı (Şekil 4-13). Böylece Motor krank milinin iki farklı Ü.Ö.N'sı birbirinden ayırt edilerek bilgisayar üzerindeki karta bilgi aktarıldı. Bu sayede ateşleme sistemi sadece sıkıştırma sonu Ü.Ö.N'sında ve yakıt püskürtme, emme başlangıcı Ü.Ö.N'sında tetiklenmektedir.

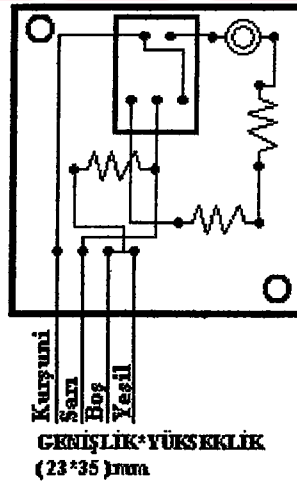


Şekil 4-13 Dördüncü tip Ü.Ö.N. ayırıcı [1]

Şekil 4-13’ de görüldüğü gibi kesici parça Ü.Ö.N ayırıcının fotoselini 360 °ar °KMA aralıklarla uyarır. Enkoderden ve Ü.Ö.N ayırıcından aynı anda işaret geldiğinde (11) kontrol kartı tetiklenir ve kontrol sistemi bir sonraki çevrimdeki ateşleme ve püskürtme için saymaya başlar. Sistemin çalışma aralığı çok geniş olduğundan (180° KMA) hata yapma olasılığı yoktur. Ayrıca sistem fren üzerine monte edildiğinden titreşim ve sıcaklık gibi çevre şartlarından etkilenmemektedir. Şekil 4-14 ve Şekil 4-15’de Ü.Ö.N ayırıcı ve bağlantı şeması görülmektedir.



Şekil 4-14 Ü.Ö.N ayırıcı kartı



Şekil 4-15 Ü.Ö.N ayırıcı kartı bağlantı şeması

Tablo 4-7 Ü.Ö.N ayırıcı elemanları

No	Eleman adı	Adedi	Markası ve Modeli	Açıklama
1	Ü.Ö.N ayırıcı devre kartı	1	-	Ateşleme ve püskürtmenin olduğu Ü.Ö.N ayırmasını yapan, optokuplor (optic coupler) ve yardımcı elemanların bulunduğu delikli pertinaks kart
2	Fotosel (Optokuplor)	1		TP1005A.OG 0.5
3	Direnç	1	-	100Ω
4	Direnç	2	-	1KΩ
5	Led	1	-	2.5 – 5.0 V led
6	Bağlantı	1		4 uçlu bağlantı

4.5.4 GAZ KELEBEĞİ KONUMUNUN ÖLÇÜMÜ

4.5.4.1 Kelebek konumunun mekanik ölçümü

Çeşitli deney noktalarından elde edilen veriler arasında karşılaştırma yapılırken gaz kelebeği konumunun ayırt edilebilmesi için gereklidir.

İlk uygulamada gaz kelebeğinin miline bir potansiyometre bağlandı ancak potansiyometre ile kelebek mili arasındaki bağlantı yeterince düzgün kurulamadığından ölçümde hatalar oldu. Ayrıca motorun çalışması sırasında oluşan

titreşimlerden dolayı potansiyometreden okunan değerde de sürekli oynamalar oldu ve bu sebeplerden dolayı potansiyometre bağlantısından vazgeçildi.

İkinci yöntem olarak kelebek konumunun mekanik olarak izlenmesine karar verildi ve kelebeğe, üzerinde derece cinsinden açıların olduğu, saç bir skala adapte edildi. (Resim A-1). Skala birer derecelik adımlardan oluşmuş olup toplam aralığı 90° dir. Motorun çalışması sırasında, oluşan titreşimler yine sorun yarattı ve dereceli skala üzerindeki değerler güçlkle okunabildi ve istenen hassasiyet sağlanamadı.

4.5.5 SICAKLIK ÖLÇÜMÜ

Deney motoru üzerinde egzoz ve soğutma suyu sıcaklıklarının ölçümü yapıldı. Egzoz sıcaklığı bir noktada ölçülürken soğutma suyu sıcaklığı giriş ve çıkış olmak üzere iki noktadan ölçüldü.

4.5.5.1 Egzoz sıcaklığı

Egzoz sıcaklığının kullanılan deney motoru için 400° C ila 700° C arasında değiştiği gözönüne alınarak uygun bir termoeleman seçilmiştir (Tablo 4-8).

Tablo 4-8 Egzoz sıcaklığı ölçüm elemanları

Eleman	Adedi	Markası	Açıklama
1	Sıcaklık ölçer	1	<600 °C için ±5 °C hassasiyet, maksimum 800 °C, ölçme ortamına 2cm daldırılmalı

4.5.5.2 Soğutma suyu sıcaklığı

Soğutma suyu sıcaklıklarının ölçümü için negatif direnç katsayılı elektrikli direnç termometreleri kullanılmıştır (Tablo 4-9). Sıcaklık ölçerler ısı değiştiricinin giriş ve çıkış bağlantıları üzerine yerleştirilmiştir.

Tablo 4-9 Soğutma suyu sıcaklık ölçerleri ve göstergesi

Eleman	Markası	Açıklama
1 Sıcaklık ölçer	2 NTC (İnter Elektronik Lt.Şrk. Tel:2936110)	NTC ölçü ucu, 0.1 °C hassasiyet, maksimum 180 °C, su akış yönüne ters 3cm daldırılır
2 Sıcaklık göstergesi	2 LCS Digital Panelmeter	12V küçük boy, (-40 ile +140) °C

4.5.6 PERİYOT ATLATMA KELEBEĞİNİN KONUM TAKİBİ [2,4]

Periyot atlatma kelebeğinin kontrolü kelebeği tahrik eden bir döner solenoid ile yapılmaktadır. Döner solenoid elektrik ile uyarıldığında, bir yay kuvvetini yenerek, kelebeği kapatmakta, elektrik uyarısı kaldırıldığında kelebeği serbest bırakmaktadır. Kelebeği kapatma işlemini döner solenoid gerçekleştirirken, açma işlemini yay kuvveti gerçekleştirmektedir. Ancak motorun farklı dönme sayılarında kelebeğin çalışma frekansı da değişmekte ve yüksek frekanslarda açma – kapama işleminde aksaklıklar olmaktadır. Bunun için yay kuvvetinin ayarlanarak açma – kapamanın tam olarak yapılması sağlanmalıdır. Dolayısıyla kelebeğin konumunun mutlaka izlenmesi gerekmektedir.

4.5.6.1 Potansiyometre kullanımı

Konum takibi için periyot atlatma keleşini kontrol eden döner solenoidin milinin serbest ucuna bir potansiyometre monte edildi. Potansiyometre, alınan işaretin kolay gözlenebilmesi açısından, osiloskoba bağlandı (Şekil 4-16).

Tablo 4-10 Konum takibi için kullanılan potansiyometre

Markası	Direnç değeri	Güç tüketimi (maksimum)	Boyutları (En×Yükseklik)
RUWIDO	800 Ω	2 W	Silindirik yapıda 20mm × 15 mm

Potansiyometre

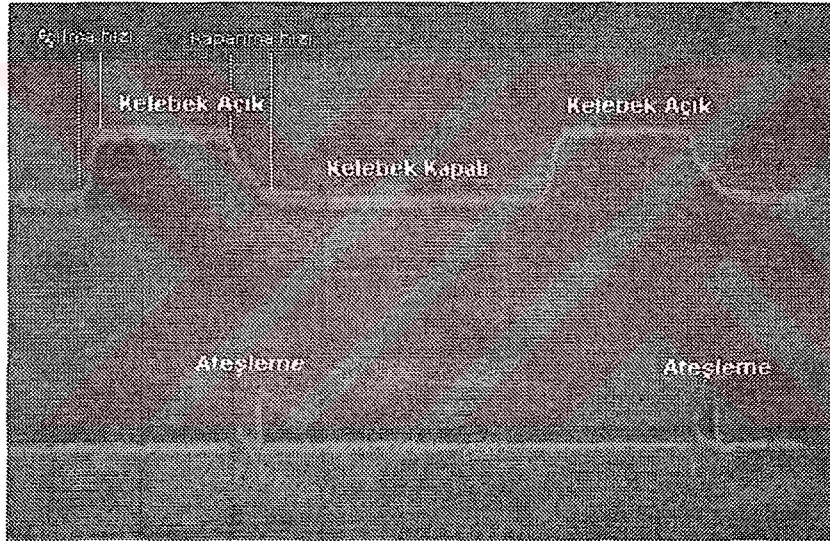


Şekil 4-16 Potansiyometre ile osiloskop bağlantısı

Ancak potansiyometrenin mekanik yapıda olması nedeniyle zamanla sürtünmeden kaynaklanan aşınmalar oldu ve potansiyometre deneyler tamamlandıktan hemen sonra çalışmaz hale geldi.

4.5.6.2 Osiloskop üzerinden kelebek konumunun takibi

İlk olarak motor çalıştırılmadan kelebek el ile hareket ettirilerek, kelebeğin tam açık ve tam kapalı olduğu konumlarda, osiloskop üzerindeki değişim gözlemlendi ve bu değişim miktarı kaydedildi. Daha sonra motor çalıştırılarak periyot atlatmalı çalışma stratejisinde kelebeğin konumu osiloskop üzerinden takip edildi. Potansiyometre kullanılarak osiloskopla yapılan konum takibiyle hem açma – kapamanın tam olarak gerçekleşip gerçekleşmediği kontrol edilebiliyor hem de açma – kapama hızları izlenebiliyordu (Şekil 4-17). Böylece motor deneyleri sırasında kelebeğin çalışması sürekli kontrol edildi ve gerektiğinde döner solenoidin karşı yayın kuvveti ayarlanarak kelebeğin açma – kapamasının düzgün olması sağlandı.



Şekil 4-17 Osiloskop ile kelebeğin konum takibi

4.5.7 YAKIT TÜKETİMİNİN ÖLÇÜMÜ [13]

Yakıt tüketimi ölçümü beraberinde bazı sorunlar getirir ve bu deneyin amacına göre bu sorunları gidermenin birkaç yolu vardır. Stasyonier çalışma şartlarında, gerçekten doğru bir sonuç elde etmek için, kümülatif ölçümden daha iyi bir metot yoktur. Bu

metot motor moment ve hızındaki kısa – süreli dalgalanmalardan kaynaklanan sorunu da giderir.

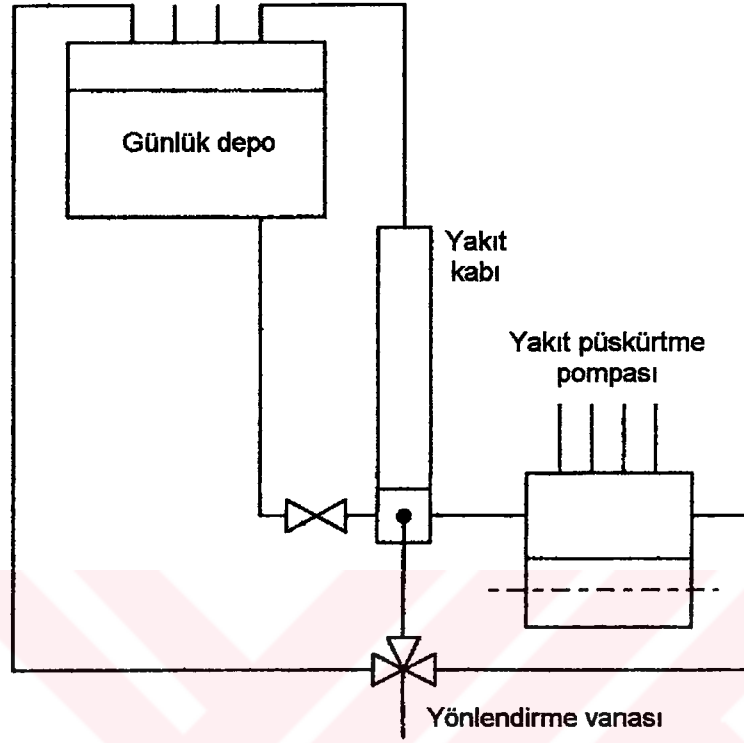
4.5.7.1 Kümülatif akış ölçerler

Piyasada, kümülatif ölçme yapmak için birkaç çeşit ölçme cihazı mevcuttur. Hacimsel ölçü cihazlarında kalibre edilmiş hacimler mevcuttur ve optik sistemler, ölçmenin yapılacağı hacmin başlangıcında ve sonunda işaret verirler. Bu işaretler gerekli sayıcıları harekete geçirir ve durdurur. Bir sayıcı ölçülen yakıtın tüketilmesi esnasındaki motor dönme sayısını sayar. Aynı zamanda bir bilgisayar bu aralıkta ortalama fren momentini hesaplar. Tecrübelerle göre tüketim ölçüm zamanı en az 30s olmalıdır.

Hacimsel kümülatif ölçü cihazlarından başka kütleli kümülatif ölçme cihazları da mevcuttur. Bu cihazlar bir tartı üzerine oturtulmuş ölçü kabından oluşur ve yakıt hacmini değil, kütleli ölçer. Ölçme işlemi sırasındaki sinyaller hacimsel ölçme sistemindeki gibi değerlendirilir.

Kütleli ölçümün hacimsel ölçüme göre avantajı, ölçülen kütleli miktarının keyfi olarak belirlenebilmesi ve yakıt tüketim miktarından bağımsız olarak ortak bir ölçüm periyotunun seçilebilmesidir. Özgül yakıt tüketimi doğrudan doğruya üç tane ölçülen değer ile hesaplanır : tüketilen yakıt kütleli, bu kütleli tüketilmesi sırasındaki tur sayısının toplamı ve ortalama moment. Kümülatif tüketim ölçümünün hassasiyet nedenlerinin birisi de budur. Miktar ölçümleri dört ya da, hacimsel ölçü durumunda, beş ölçü bileşenini içerir.

Bu tip (kümülatif) ölçü cihazlarının hepsi, püskürtme sistemi ile donatılmış motorlardaki, geri dönüş yakıtı sorununun üstesinden gelmelidir. Şekil 4-18’ de bu sorunu çözecek şekilde yakıt akış hattı ayarlanmış bir kütleli ölçü cihazı görülmektedir. Ölçüm yapılmadığı zamanlarda geri dönüş yakıtı üstteki depoya gönderilir. Ölçme anında ise bir solenoid valf, yakıt geri dönüşünü ölçü cihazının dibine yönlendirir. Yakıt geri dönüşü ölçü cihazından daha aşağı seviyedeki bir yakıt filtresine gönderilmemelidir çünkü her zaman için dönüş hattında yakıt içinde mevcut olan hava ve yakıt buharı hacimsel değişimler yaratarak yanlış tüketim ölçümlerine neden olur.



Şekil 4-18 Geri dönüş hatlı yakıt ölçüm sistemi

4.5.7.2 Oransal ölçme cihazları

Piyasada birçok çeşit oransal ölçme cihazı mevcuttur ve belirli bir uygulama için bunlardan en uygun olanını seçmek kolay değildir. Seçimde şu hususlar dikkate alınmalıdır

- hacimsel ya da kütleli prensip
- mutlak hassasiyetinin mertebesi
- ölçme aralığı
- sıcaklık ve yakıt viskozitesine karşı duyarlılığı
- çalışma için gerekli basınç kaybı

- aşınma ve kirlenmeye karşı direnci
- analog yada impuls – sayıcı’lı okuma
- stasyonere ya da mobil ölçüme uygunluk

Deney motorunda kümülatif hacimsel ölçme sistemi kullanılmıştır. Sistem hassas terazi üzerine oturtulmuş atmosfere açık 3000ml hacminde bir ölçme kabı ve bu ölçme kabı içine daldırılmış yakıt pompasından oluşur. Yakıt ölçümü şöyle gerçekleştirilir :

- her ölçümden önce kaptaki yakıt miktarı daha önceden belirlenmiş bir seviyeye kadar doldurulur
- hassas terazide belirlenen başlangıç değerine ulaşıldığında kronometre çalıştırılarak zaman tutulmaya başlanır
- hassas terazide belirlenen bitiş değerine ulaşıldığında kronometre durdurulur ve zaman kaydedilir

Tüm ölçümler daha önceden belirlenmiş aynı başlangıç ve bitiş değerleri için yapılır. Rölantideki tüketim ölçümleri için terazideki 10gr yakıtın tüketilmesi için geçen süre ölçülürken bunu dışındaki tüm ölçümlerde 30gr yakıtın tüketilmesi için geçen süre ölçülmüştür.

Şekil 4-19’ de görüldüğü gibi ölçme kabının içine yakıt pompası daldırılmıştır ve yakıt pompasının hacminden dolayı teraziye ilave bir kuvvet etkimektedir. Yakıt pompasını elemanlarının belirgin bir şekli olmadığından, ölçü kabının içine daldırılmasından oluşan tepki kuvvetinin doğurduğu ölçüm hatası hesaplanamamıştır.

Bunun yerine gerçek tüketim miktarları tartılarak yapılan hata belirlenmiştir,şöyleki :

- Önce terazideki başlangıç ve bitiş değeri arasındaki yakıt miktarı ölçü kabından başka bir ölçü kabına aktarılmıştır

Hassas terazinin göstergesinde 3010.70gr görülürken 2980.00gr değerine düşene kadar,

$$3010.70\text{gr} - 2980.00\text{gr} = 30.70\text{gr}$$

yakıt ölçü kabından alınarak başka bir ölçü kabına aktarılmıştır

- Daha sonra aktarılan yakıt diğer ölçü kabı içinde iken yine ölçülmüş ve 28.28gr değeri bulunmuştur
- Buharlaşma hızı 0.0076gr/s olarak ölçülmüştür
- Yakıt aktarımı ve ölçümünün 240s de tamamlandığı gözönünde tutularak

$$\text{Buharlaşan yakıt miktarı} = 240 \times 0.0076 = 1.82 \text{ gr}$$

olarak tespit edilmiştir.

- Teraziden alınan yakıtın ölçülen ve buharlaşan yakıtların toplamı olduğundan, teraziden alınan gerçek yakıt miktarı

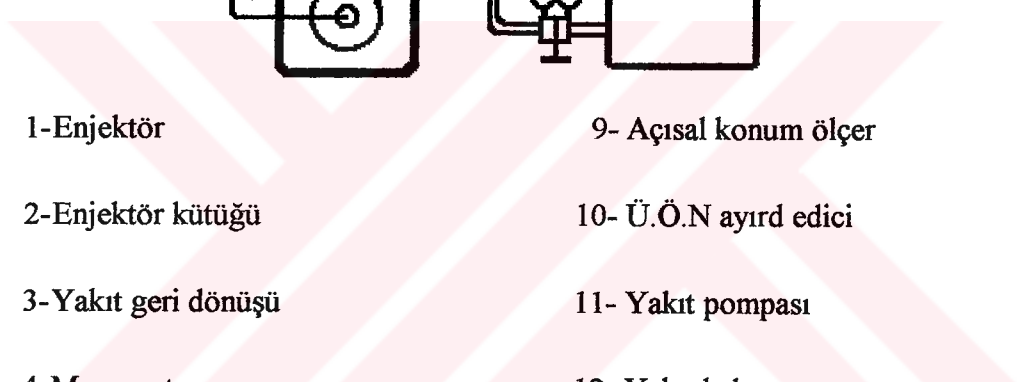
$$28.28 + 1.82 = 30.10\text{gr}$$

olarak bulunmuştur.

Yaklaşık 30gr yakıt tüketimi için yapılan ölçme hatası ($\ddot{O}H$)

$$\ddot{O}H = \frac{30.70 - 30.10}{30.70} \times 100 = 1.95 \cong \%2$$

olarak tespit edilmiştir.



- 8-Motor 16- Akü

Şekil 4-19 Deney motoru yakıt ölçme sistemi [1]

Ölçümler sırasında ölçümün hassasiyetini izleyebilmek için ara zamanlar da sürekli kaydedilmiştir. Tablo 4-11’ de doğru ve hatalı ölçümlerden birer örnek verilmiştir.

Tablo 4-11 Doğru ve Hatalı yakıt tüketimi ölçümüne birer örnek

TERAZİDE GÖZLENEN AZALMA MİKTARLARI (gr)		GEÇEN SÜRE (s)
DOĞRU ÖLÇÜM	10	104
	20	207(103)
	30	311(104)
HATALI ÖLÇÜM	10	95
	20	183(88)
	30	270(87)

Tablo 4-11’ te görüldüğü gibi bir deney noktasında yapılan iki ölçümden biri hatalı diğeri ise doğrudur. Hatalı ölçümde ilk ölçüm süresinin ikinci ve üçüncü sürelerden oldukça farklı olduğu görülmektedir (95s, 88s, 87s). Oysa doğru ölçümde tüm ölçüm süreleri birbirine çok yakındır (104s, 103s, 104s). Bu tür hatalar deney motorunun çalışma şartlarındaki değişimlerden ya da yakıt sisteminin içinde hava ve yakıt buharı oluşmasından kaynaklanmıştır. Böylece ölçüm süreleri kademe kademe kaydedilerek, bir aksaklık durumunda ölçümler tekrarlanmıştır.

4.5.8 EMME HAVASI DEBİSİNİN ÖLÇÜMÜ [13]

İçten yanmalı motorların hava tüketimini ölçmek büyük zorluklar arzeder ve oldukça önemlidir.

İçten yanmalı motor aslında hava ile çalışan bir kompresördür. İş yapan akışkan havadır, yakıtın fonksiyonu sadece gerekli ısıyı sağlamaktır. Yeterli miktarda yakıtın piston içine gönderilmesinde hiçbir zorluk yokken, yakıtla orantılı miktarda güç artışı elde edebilmek büyük ölçüde içeriye alınabilen hava miktarıyla sınırlıdır.

Dolayısıyla yüksek performanslı motorların geliştirilmesinde volümetrik verimi artırma en önemli amaçlardan birisidir ve emme – egzoz sistemi tasarımı bu çeşit motorların geliştirme çalışmalarının büyük bir kısmını teşkil eder.

Hava yaklaşık aşağıdaki oranlardaki gazların karışımından oluşur :

	Kütlesel	Hacimsel
Oksijen, O ₂	%23.15	%20.95
Azot, N ₂ + asal gazlar, çoğunlukla argon	%76.85	%79.05
	%100	%100

ilave olarak kuru havanın %0.2 ile %2.0 hacmi arasında değişkenlik gösteren su buharı (nem).

Havanın içindeki su buharı (nem) miktarı sıcaklık ve mevcut atmosfer şartlarına göre değişkenlik gösterir. Nem miktarı motor performansı üzerinde ve egzoz emisyonlarında da önemli etkilere sahip olabilir. Fakat hepsinin üzerinde nem en çok hava debisi ölçümünü etkiler. Buna rağmen her nedense bu etki çoğunlukla ihmal edilir.

Havanın basıncı, özgül hacmi ve yoğunluğu arasındaki ilişki ideal gaz denklemiyle tarif edilir

$$P_a 10^5 = \rho R T_a$$

Burada R , gaz sabitidir ve hava için değeri

$$R = 287 \text{ J/ kgK}$$

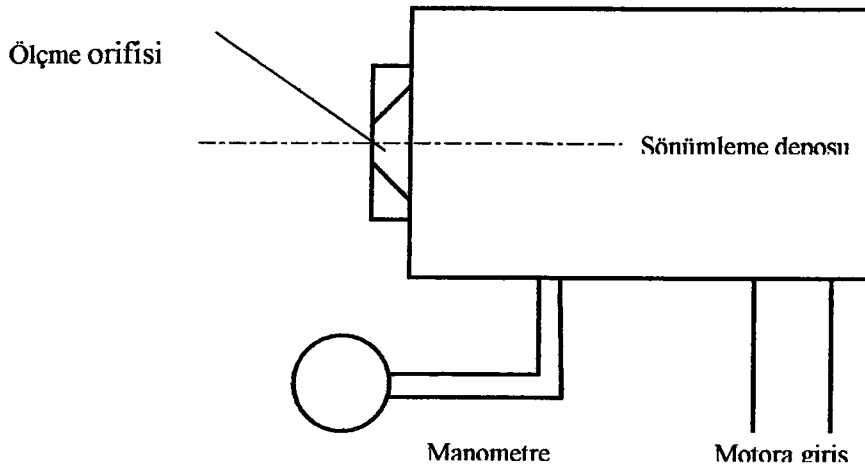
Deniz seviyesindeki atmosfer şartlarında havanın yoğunluğu

$$\rho = 1.2 \text{ kg/m}^3$$

olarak kabul edilebilir.

4.5.8.1 Sönümlleme deposu kullanarak hava tüketiminin ölçümü

En basit hava debisi ölçme yöntemleri, havayı bir orifisten geçirerek orifis üzerindeki basınç düşümünü ölçmeye dayanır (Şekil 4-20). İyi bir uygulama için orifisteki basınç düşümünü 125mmH₂O (1200 Pa)'dan fazla olmayacak şekilde sınırlamak gerekir. Çünkü bu basınçtan daha düşük basınçlar için hava sıkıştırılmaz kabul edilebilir ve böylece hava akış hesaplamaları oldukça basitleşir.



Şekil 4-20 Manometre ve orifis ile birlikte sönümlleme deposu

Tipik olarak hava debisi sönümleme deposunun bir tarafına monte edilmiş keskin kenarlı bir orifis ile ölçülür. Sönümleme deposunun diğer tarafı motora bağlıdır ve motor içine olan hava akışındaki kaçınılmaz çalkantıları sönümleyecek kadar bir hacme sahiptir. Hava akışındaki çalkantılar özellikle 4 zamanlı ve tek silindirli motorlarda en fazladır (

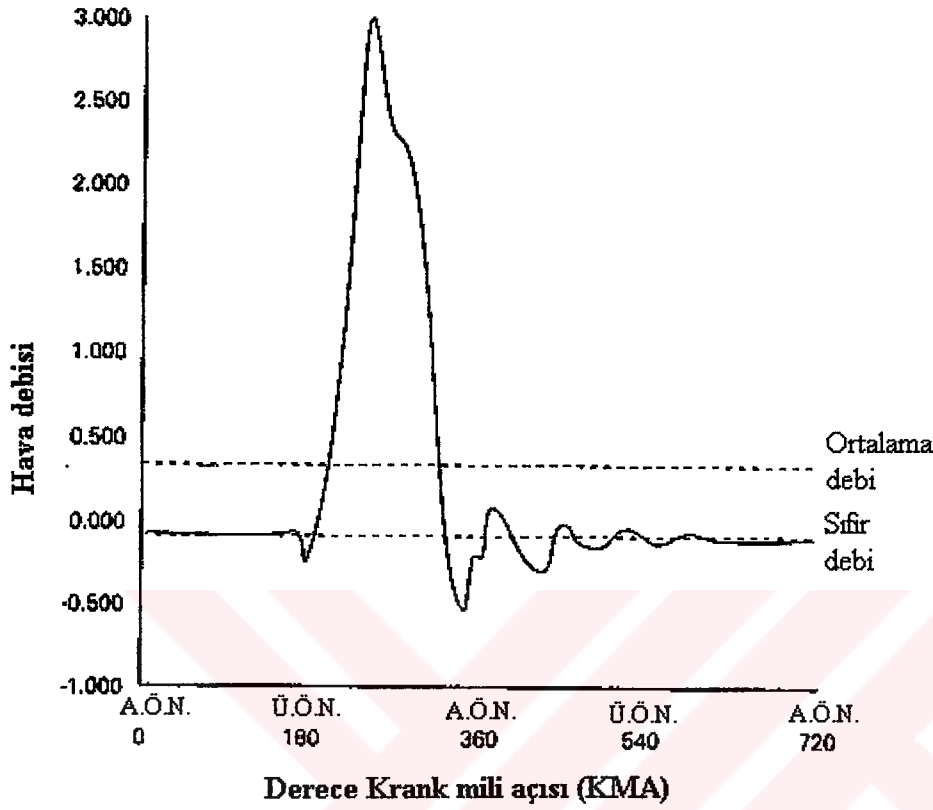
Şekil 4-21). Turbo beslemeli motorlarda ise emme havasının akışı daha düzgündür ve iyi boyutlandırılmış bir lüle, sönümleme deposu olmadan da, tatmin edici sonuçlar verebilir.

Aşağıda orifis boyutlarının seçimine yardımcı olmak için, standart atmosfer koşullarında bazı orifislerin debileri verilmiştir. Bu yöntemle basınç ölçümünün mahsuru, orifisdeki basınç değişiminin debinin karesi ile orantılı olmasıdır. Örneğin debideki 10:1 oranındaki bir azalma basınç farkındaki 100:1 oranındaki azalmaya karşılık gelir ve bu da düşük debilerde yetersiz hassasiyette ölçümlere neden olur.

Genelde büyük bir debi aralığında ölçüm yapılacaksa, maksimum 2.5:1 oranında debi değişkenliği gösterecek şekilde, farklı büyüklüklerde orifisler seçilmelidir.

Tablo 4-12 Orifisler için yaklaşık debiler

Orifis çapı (mm)	Debi ($m^3/saat$)	$\dot{m}$ (kg / s)
10	0.002	0.002
20	0.008	0.009
50	0.048	0.057
100	0.19	0.23
150	0.43	0.51



Şekil 4-21 Tek silindirli dört – zamanlı bir motorda emme havasının debisi

4.5.8.2 Motorların hava tüketiminin yaklaşık hesabı

Bir motorun hava tüketimi yaklaşık olarak şu formülden hesaplanabilir:

$$V = \eta_v \frac{V_s}{K} \frac{n}{60} \text{ m}^3/\text{s}$$

İki zamanlı bir motor için $K=1$,dört zamanlı bir motor için $K=2$ dir.

Ölçme orifisi (ρ_v) nin ilk boyutlandırılmasında, volümetrik verim atmosferik emişli motorlar için 0.8 kabul edilebilirken aşırı beslemeli motorlarda 2.5 seviyesine kadar çıkabilir.

4.5.8.3 Deney motoru için emme havası debi hesabı

Tablo 2-1 den görüldüğü gibi deney motorunun strok hacmi 0.5 litre (454cm³), maksimum dönme sayısı 3000 devir/dakika ve doğal emişli olmasından dolayı, motorun emdiği hava miktarı :

$$V = 0.8 \frac{0.00045}{2} \frac{3000}{60} = 0.009 \text{ m}^3 / \text{s} \text{ (540 l/dakika)}$$

Uygun orifis çapı Tablo 4-12'den 20 mm olarak seçilir.

4.5.8.4 Sönümleme deposunun minimum boyutları

Genelde sönümleme deposunun boyutu motorun strok hacminin büyüklüğü arttıkça, dönme sayısı ve silindir sayısı azaldıkça, büyür. Sönümleme deposu, debi ölçümlerini sağlıklı yapabilecek kadar düzgün hava akışı temin edecek, minimum boyutta olmalıdır.

Bununla ilgili bir çalışma *Kastner* tarafından yapılmış ve arzulanan minimum sönümleme deposunun boyutunu belirlemek amacıyla aşağıdaki ifade çıkarılmıştır :

$$V_b = \frac{417 \times 10^6 \times K^2 d^4}{N_c V_s n_{\min}^2}$$

Bu ifadede $n_{\min}^2$ doğru ölçmenin gerektiği en düşük dönme sayısıdır.

4.5.8.5 Deney motoru için minimum sönümleme deposu boyutu hesabı

Deney motorunda minimum 1000 devir/dakika hızlarında ölçüm yapılmaktadır,

$$V_b = \frac{417 \times 10^6 \times 2^2 \times 0.020^4}{1 \times 0.00045 \times 1000^2} = 0.59 \text{ m}^3$$

olarak deney motorunda hava debisi ölçümü için kullanılması gereken minimum sönümleme deposu hacmi bulunur. Deney motorunda kullanılan sönümleme deposunun hacmi 0.57m^3 tür (Şekil 4-22).

4.5.8.6 Sönümleme deposu ile motor bağlantısı

Sönümleme deposu ile motor arasındaki bağlantı mümkün olduğu kadar motorun gerçek işletme şartlarındaki bağlantıya yakın olmalıdır. Çünkü emme kanalında oluşabilecek basınç titreşimlerinin, hem volümetrik verim hem de pompalama kayıpları yönünden, motor performansı üzerinde büyük etkisi olabilir.

Örneğin “ 1 ” uzunluğunda, bir ucu kapalı diğer ucu açık bir borudaki rezonans frekansı $= a / 4 l$, a ses hızı olup yaklaşık değeri 330m/s. Bu verilere göre 1m boyunda bir boru yaklaşık olarak 80Hz rezonans frekansına sahiptir. Bu da 4 silindirli ve 4 zamanlı, 2400 devir/dakikada çalışan bir motorun emme supapının çalışma frekansına eşdeğerdir. Yani 1m uzunluğundaki bir bağlantı böyle bir motorun 2400 devir.dakikada çalışmasını oldukça etkileyecektir. Genelde emme hattındaki bağlantının mümkün olduğu kadar kısa tutulmasına çalışılır.

4.5.8.7 Hava tüketimini ölçümü: prosedür özeti

1. Motorun hava tüketim miktarı hesaplanır.
2. Tablo 4-12’ den uygun aralıktaki orifis boyutları seçilir.
3. Minimum boyutta bir sönümleme deposu hesaplanır.
4. Uygun bir emme girişi tasarlanır.
5. Alternatif olarak sönümleme deposu kullanımı gerektirmeyen viskoz akışlı, tamburlu ya da döner pistonlu bir debimetre bağlanır

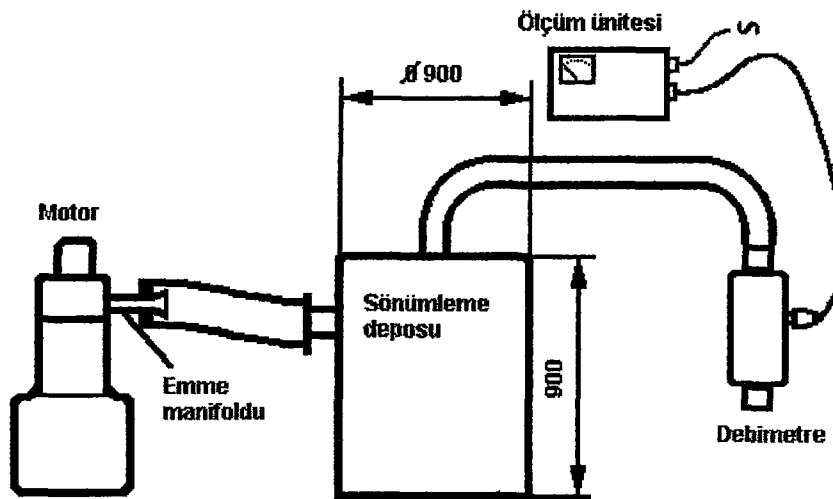
Deney motorundaki emme havası debi ölçüm sistemi iki parçadan oluşmaktadır. Birinci parça sönümleme deposu olup bir girişi 1.8 m uzunluğunda bir boru ile motor emme manifolduna sızdırmaz bir şekilde bağlıdır. Diğer ucu ise yine sızdırmaz olarak debi ölçüm aletine bağlıdır (Şekil 4-22).

Debi ölçümü için Blow-By meter olarak adlandırılan ve karter kaçaklarını ölçmekte kullanılan, AVL firmasının EM 4031 tipi debi ölçüm aleti kullanılmıştır. Debimetre, yaygın olarak flowmetre olarak adlandırılan ve hava akış hızıyla yukarı doğru hareket eden bir şamandıra sisteminden oluşmaktadır. Debi ölçüm ünitesi silindirik bir parça olup ölçüm için dikey konumda kullanılmaktadır. Akışın geçtiği kanal içinde ince bir tel ile bağlı olan yüzer plakanın (şamandıra) yer değiştirmesi indüktif olarak ölçülerek hacimsel debiye dönüştürülmektedir. Deneylerde iki farklı debi ölçer kullanılmıştır (Tablo 4-13).

Tablo 4-13 Deneylerde kullanılan debimetreler

Debimetre tipi	Ölçüm aralığı
EM 4031/150	20 - 150 l/dk
EM 4031/500	40 - 500 l/dk

Debi ölçerin hassasiyeti üretici firma tarafından en fazla $\pm\%5$ maksimum ölçüm değerine göre ölçüm aralığı olarak verilmiştir. Ölçüm düzeneğinin ve her iki debi ölçerin kalibrasyonu yüzer plaka konumunu üretici firma tarafından verilen master çubuklar ile maksimum ve minimum debiye göre yapılmıştır [1]



. Şekil 4-22 Emme havası debi ölçüm düzeneği

4.5.9 DÖNME SAYISI ÇALKANTISININ ÖLÇÜMÜ [4]

Kontrol sistemi normalde enkoder ile dönme sayısını ölçmektedir. Yazılımdaki düzenlemeyle motor üst üste 10 tam dönüşü tamamladığında, bilgisayarın zaman saati kullanılarak dönme sayısı / geçen süre hesaplanır ve “devir / dakika” olarak dönme sayısı tespit edilir. Dönme sayısındaki düzgünsüzlük özellikle periyot atlamalı çalışma durumunda önem taşır. Deney sırasında kontrol menüsündeki “Çalkantı kaydetme” tuşuna basıldığında sistem kendiliğinden çalkantı kaydını yapar. Yazılımın çalkantıyı ölçme mantığı

Çalkantı kaydı sırasında sistem 6 tam dönüşü arka arkaya 10° KMA, 15° KMA, 20°, 30° KMA kaydedip, daha sonra bu zamanların ortalamasını alarak ortalama dönme sayılarını hesaplayıp, kaydedebilir. 30° KMA açısı aralıklarla kaydedilen verilerle çizilen örnek çalkantı eğrileri ek c 'de verilmiştir.

4.5.10 EGZOZ EMİSYONLARININ ÖLÇÜMÜ

Genelde emisyon verileri ölçü cihazının ekranından takip edildi ancak ileride yapılacak çalışmalar için ölçü cihazı ile bilgisayar arasında veri toplama için RS232 veriyolu ile bağlantı kuruldu ve veriler yazılım tarafından hem kaydedildi hem de anında görüntü olarak kontrol menüsüne taşındı. Kontrol menüsüne Sun analiz cihazının göstergesi aynen aktarıldı (Şekil 1.1).

4.5.10.1 Ölçüm cihazı

Deneylerin yürütülüşünde egzoz emisyonları sürekli olarak takip edildi ve ölçüm için Sun MGA-1200 marka garaj tipi 4 gaz (%CO, %CO₂, %O₂, ppm HC) analiz cihazı kullanıldı. Adından da anlaşılacağı gibi, Bu alet ile egzoz gazı içindeki dört farklı gaz bileşeninin hacimsel konsantrasyonları ölçülmektedir. Ölçülen bileşenler CO₂, CO, HC ve O₂ olup, bu bileşenlerin konsantrasyonu ile hava fazlalık katsayısı da hesaplanmaktadır. Ölçüm aleti kendi kendini kalibre etmekte olup, deneyler öncesi kaçak kontrolleri yapılmıştır. Ölçüm aleti egzoz gazı debisinden bağımsız olarak numune almak için bir pompaya sahiptir. Ölçüm sisteminin kirlenmesine engel olmak için alet girişinde biri temizlenebilen, diğeri değiştirilen iki filtre seri olarak bağlanmış olup, filtrelerin tıkanması halinde, alet göstergesi numune akışının

azaldığına dair hata mesajı vermektedir. Bu durumda filtrelerden biri temizlenmekte diğeri ise değiştirilmektedir.

4.5.10.2 Ölçüm yeri

Emisyon ölçümü egzoz manifoldu ve egzoz borusu olmak üzere iki farklı yerde yapıldı. İlk deneylerde ölçü cihazının ölçme ucu manifold üzerinde açılan bir delik içine daldırıldı ve ölçümler buradan gerçekleştirildi. Ancak emisyon cihazının ölçme ucu manifoldtaki yüksek sıcaklıklar nedeniyle fazla ısındığından aksaklıklar çıktı. Bunun üzerine ölçme yeri egzoz manifoldundan uzaklaşarak daha düşük sıcaklıkların olduğu egzoz borusuna taşındı.

4.6 ORTAM ŞARTLARININ ÖLÇÜMÜ

Deneylerin yürütülüşünde ortamla ilgili kaydedilen veriler ve ölçü aletleri

4.6.1.1 Hava basıncı

Hava basıncı 920 mbar ile 1060 mbar ölçme aralığına sahip “Bourdon” tüpü ile ölçülmüştür. Cihazın algılama hassasiyeti 1 mbar dır.

4.6.1.2 Hava sıcaklığı

Hava sıcaklığı -20°C ila $+50^{\circ}\text{C}$ aralığında ölçme yapabilen bimetal termometre ile ölçülmüştür. Cihazın algılama hassasiyeti 1°C dir.

4.6.1.3 Havanın nemi

Havanın bağıl “Regle Generale” marka bir cihazla ölçülmüştür.

4.7 VERİ ANALİZİ

4.7.1 HASSASİYETİ İZLEME ve HASSASİYET TAKİBİ: DENEY SONUÇLARININ İSTATİSTİKSEL ANALİZİ [13,16]

Ölçmede doğrunun ne olduğunun bilinmesi ve takibi en önemli ve en zor konulardan birisidir. Modern cihaz tekniği ve veri kaydı hassasiyet ile ilgili soruları gözden ırak tutmakta ve genelde hassasiyeti ispatlanmamış deney sonuçlarını sihirli bir şekilde doğruymuş gibi göstermektedir. Bu bölümde bu sorunun tehlikesi vurgulanarak bu yanıltıcı görüntünün çok daha fazla farkında olunması gerektiği anlatılmaktadır.

Motor deneylerinin amacının bilgi toplamak olduğu ve toplanan bilginin değerinin de hassasiyetiyle orantılı olduğu açıktır. Bu deney yapan kişiyi bekleyen en büyük zorluktur, öyleki deneyleri yapacak olan kişi denenen motoru çok iyi tanımanın yanı sıra aşağıda sıralanan ilave birtakım becerilere sahip olmak zorundadır :

- cihazların doğru kullanılmasıyla ilgili tecrübe
- farklı ölçme yöntemlerinin birbirine göre üstünlüklerini ve sınırlarını ve bu yöntemlerin deneysel çalışmalara uygunluğunu anlayabilmek.
- deneysel büyüklüklerin gerçek ve ölçülen değerleri arasındaki farkları anlayabilmek.

Bu ancak tecrübe ile edinilebilecek bir beceri gerektirir. İlk yapılması gereken şey, deneysel ölçümlerin hepsine şüphe içinde yaklaşmayı ve ölçme aletlerinin hepsinin yanıltmaya meyilli olduklarını akıldan çıkarmamaktır.

Burada en büyük suçlu, tamamen hassasiyeti ispatlanmamış bir hassasiyet sihirbazı gibi görünen dijital gösterimdir. Örneğin 97.12 gibi bir değer ikinci hanesine kadar doğru olduğu inancı çok güçlüdür, ancak ortada inandırıcı bir kanıt yoksa rededilmek zorundadır. Bir termoelemanına bağlı analog gösterge çoğunlukla 1° C den daha

hassas okuma yapamaz ve tüm sıcaklık ölçme sistemi içinde bulunabilecek göstergeyi okuma hatası gibi, birçok hata kaynağı akılda tutulmalıdır.

Analog göstergeyi 0.1°C hassasiyette okuyabilen dijital bir tip ile değiştirdiğiniz zaman mevcut olan tüm hataları unutmak artık çok kolaydır. Dijital okumanın $\pm 0.05^{\circ}\text{C}$ adımlarda olabilmesi okumanın karşılaştırılabilir sınırlar içinde olduğu anlamına gelmez.

Bir *cihazın hissetme hassasiyeti* uygulanan sinyalde algılayabileceği en küçük değişim olarak tanımlanabilir. Bir *cihazın kesinliği (precision)* ise okumada gözlenebilen en küçük fark olarak tanımlanabilir. Örneğin yeterince durgun (değişmeyen) bir okumada skaladaki ölçeklemenin $1/10'$ u boşluklarda tahmin yapabilmek mümkün olurken, sürekli dalgalanan bir okumada *kesinliğin* çok daha azaltılmış olması gerekir. Ölçme cihazlarının ölçme yerine montajından kaynaklanan hatalara da dikkat edilmelidir.

Uzunluk, ağırlık gibi bazı ölçümler daha basit analizler gerektirirken, akış hızı gibi dikkate değer bazı kararsız ölçümler şüpheli bir değerlendirme gerektirir. Tecrübeli bir deney adamının farkı, alışkanlık ve eğitimi gereği, her deneysel gözleme sorgulamacı ve değerlendirci bir tavırla yaklaşmasından ileri gelir.

- **Bazı genel prensipler**

1. Kümülatif ölçümler genelde oransal ölçümlere göre daha doğrudurlar. Örnekler; bir zaman dilimi içinde dönme sayısının sayılarak hızın bulunması ve belli bir hacim ya da kütledeki yakıtın harcanması için geçen sürenin kaydedilmesiyle yakıt tüketiminin bulunması.
2. Anlık okumalarda ihtiyatlı olmak gerekir. Gözlenen olayların çok azı gerçekten karardır. Bu özellikle akış olaylarında doğrudur. Sözde kararlı gibi görünen bir akış içinde basınç veya hızı ölçmek istediğinizde bu olay belirgin olarak görülür. Su manometresi sürekli olarak, akış içindeki düzensizliklere bağlı olarak belli

frekanslarda dalgalanır. İçten yanmalı motorda da yanmanın olduğu çevrimlerden birbirinin aynısı olan iki tane çevrim yoktur.

Eğer anlık ölçme yapılması gerekiyorsa, kısa bir zaman aralığında birden fazla ölçüm yapıp, ortalamasının bulunması daha iyi olur.

3. Bir problem de “zamana bağlı değişim” problemidir. Eğer kararlı gibi görünen bir ortamdan bir zaman dilimi içinde çeşitli sayıda ölçümler yapılıyorsa, bu zaman aralığı içinde performansda bir değişiklik olmadığından emin olunmalıdır.
4. Mutlak ölçme yöntemleri kullanmak örneğin, su ya da civa ile basınç ölçümü, kuvvet ya da kütlenin kalibrasyon kütlesi ile ölçümü (yerçekimi ivmesindeki değişimleri de dikkate alarak)¹ daha az hataya meyillidir.
5. Cihaz tekniğinde de genel mühendislikte olduğu gibi basitlik makbuldür. Her ayrıntı aynı zamanda potansiyel bir hata kaynağıdır.

- **Hassasiyet ile ilgili tanımlamalar**

Bu özellikle bulanık bir konudur. “Bu cihaz $\pm 1\%$ oranında hassastır” demek ilave bir tanımlama daha olmadan tamamen anlamsızdır. Tablo 4-14 hassasiyetle ilgili tartışmalarda, çoğunlukla yanlış kullanılan, bazı hassasiyet terimlerini tanımlar.

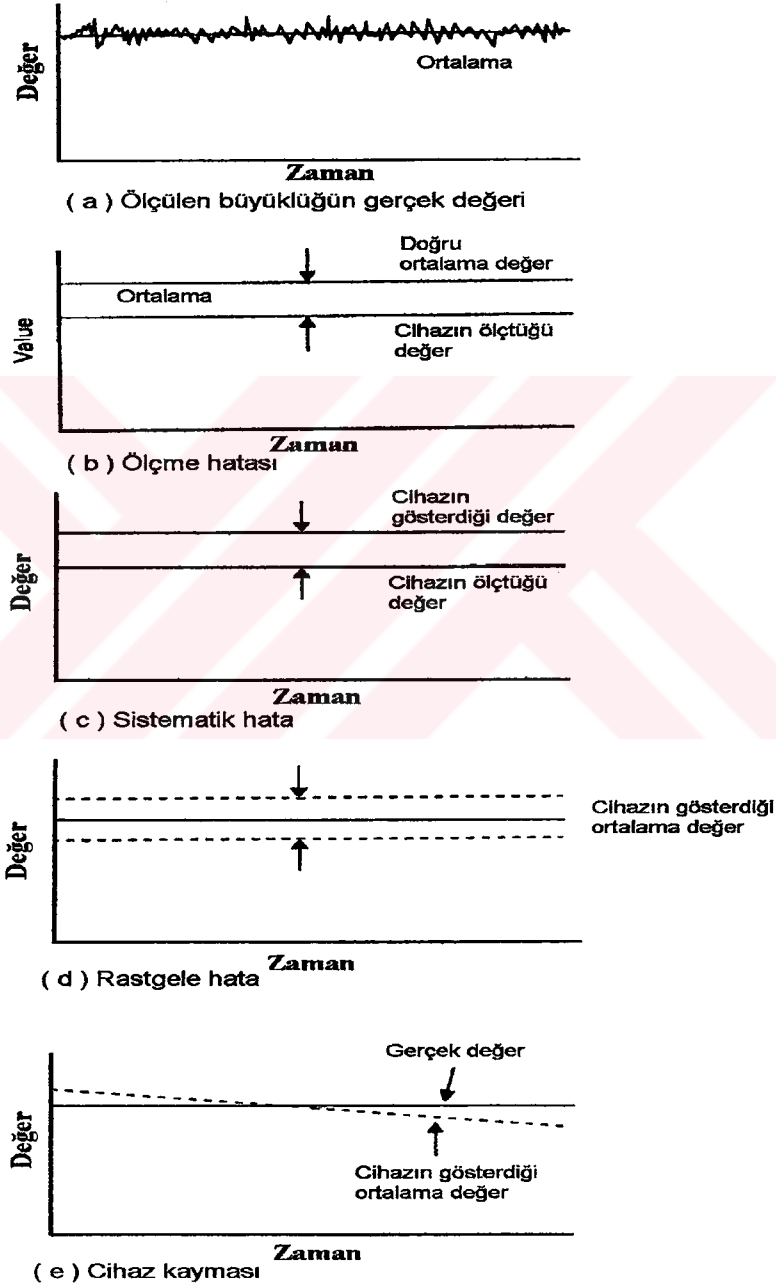
¹Yerçekimi değeri g deki değişimler genelde enlemlerin bir fonksiyonudur ve kütle ile kuvvet ölçümünde ya da kuvvet ile kütle ölçümünde hatalara neden olur. g normal değeri 9.81 m/s^2 'den kutuplarda $\pm 0.2\%$ ve ekvatorunda -0.3% oranında sapar.

Tablo 4-14 Hassasiyet tanımlamaları

Hata	Bir ölçümün mutlak ya da gerçek değeri ile ölçme cihazının gösterdiği değer arasındaki fark
Ölçme hatası	Ölçülen büyüklüğün gerçek değerini hissedecek cihazın bozulması sonucu oluşan hata
Sistematiik hata	Belli bir ölçme cihazıyla yapılan tüm ölçümlerin etkilendiğı hata; sistematiik hatalara örnekler, sıfır kaçıklığı, kalibrasyon hataları, düzgünsüzlük
Rastgele hata	Tahmin edilmesi mümkün olmayan türden hatalar. Meknizmalardaki sürtünme ve geri dönme eksikliklerine bağıdırlar
Gözlemci hatası	Gözlemcinin ölçme cihazını doğru okumamasından ya da okuduğunu doğru kaydetmemesinden kaynaklanan hatalar.
Tekrarlanabilirlik	Aynı büyüklüğün başarılı ölçümlerinin rastgele dağılımının ölçüsü
Hassasiyet	Bir ölçme cihazıyla algılanabilecek, ölçülen büyüklükteki en küçük değişim
Kesinlik	Ölçme cihazının göstergesinde görülebilecek en küçük değişim
Ortalama hata	Bir büyüklükle ilgili birçok ölçüm yapın, ortalamasını alın, sonra da herbir ölçümün ortalama dan farkını bulun. Bu farkların ortalaması ortalama hatadır; kabaca ölçümlerin yarısı, ortalama hatadan daha fazla, ortalama değerden farklı olacak ve diğer yarısı, ortalama hatadan daha az, ölçme değerinden farklı olacaktır.

- **Hassasiyet ile ilgili ifadeler : eleştirisel bir gözlem**

Bir gözlemin hassasiyeti ile gözlemlemek için kullanılan bir cihazın iddia edilen hassasiyetini ayırmak zorundayız (Şekil 4-23). Başlangıç noktası “ölçülecek büyüklüğün gerçek değeri” olmak zorundadır.



Şekil 4-23 Değişik türde hatalar : (a) ölçülen büyüklüğün gerçek değeri; (b) ölçme hatası; (c) sistemik hata (d) rastgele hata; (e) cihaz kayması

Aşağıda motor testi ile ilgili bazı büyüklükler sıralanmıştır.

- yakıt debisi
- hava debisi
- çıkış momenti
- çıkış hızı
- silindir içi basıncı
- emme ve egzoz manifoldu basınçları
- gaz sıcaklıkları
- egzoz bileşenlerinin analizi

Doğaları gereği bu büyüklüklerin hiçbirisi mükemmel kararlılıkta değildir ve örnekleme periyotlarıyla ilgili kararlar kritiktir.

ÖLÇME HATALARI

Bu hatalar değerlendirmesi özellikle zor olanlardır ve ancak aynı büyüklüğü farklı metodların kullanılmasıyla ölçüp, sonuçları karşılaştırarak gerçek anlamda belirlenebilirler. Ölçme hatalarının mertebesi oldukça büyük olabilir (Şekil 4-23). Ölçme hatalarının tipik nedenleri :

1. algılayıcının sıcaklığı ile gaz veya sıvı akımının sıcaklığı arasındaki uyumsuzluk;
2. basıncın gerçek değişimi ile algılayıcının bir bağlantı yolunun sonunda ölçtüğü değişim arasındaki uyumsuzluk;
3. algılayıcının dalgalanan bir büyüklüğün doğru ortalama değerini verememesi;
4. yakıt sistemleri içinde hava ya da yakıt buharı bulunması
5. değişken şartlarda algılayıcıların gecikmesi

Üreticinin iddia ettiği hassasiyetin ölçme hatalarını içermediğine dikkat edin. Bu hatalar kullanıcının sorumluluğundadır.

SİSTEMATİK CİHAZ HATALARI

Tipik sistematik hatalar (Şekil 4-23):

1. sıfır hataları : gözlenen büyüklüğün değeri sıfır olduğunda cihazın sıfır değerini göstermemesi (sıfırdan kaçık olması)
2. ölçekleme hataları : cihazın sistematik olarak az ya da çok okuması
3. düzgünsüzlük : büyüklüğün gerçek değeri ile gösterilen değer arasındaki ilişkinin tam olarak doğrusal olmaması
4. boyutsal hatalar : örneğin dinamometre moment kolunun uzunluğunun doğru olmaması

RASTGELE HATALAR

Rastgele hatalara örnekler (Şekil 4-23)

1. mekanik bağlantılardaki sürtünme
2. sürtünme etkisi, örneğin fren trunnion yataklarındaki sürtünmeler
3. titreşim etkisi veya titreşimin olmayışı
4. analogtan dijitale dönüştürme

KAYMA

Aşağıdaki nedenlerden ötürü cihazın kalibrasyon değerinde oluşan kaymalar(Şekil 4-23).

1. cihazın sıcaklığındaki değişim
2. titreşim ve yorulmanın etkileri
3. algılayıcının kirlenmesi ya da tıkanması

4. uzun süreli kararlı olma zayıflığı

Açıkça anlaşılacağı gibi bir gözlemin doğru olduğuna dair gerçekçi bir şekil vermek kolay değildir.

CİHAZIN HASSASİYETİ : ÜRETİCİNİN İDDİALARI

Bu düşünceleri akılda tutarak bir ölçü cihazı ile ilgili “Bu cihaz $\pm 1\%$ oranında doğrudur” ifadesine daha eleştirel yaklaşabiliriz. Birkaç çeşit yorum olasıdır.

1. Hiçbir okuma, tüm skalanın 1% ’ inden daha fazla, gerçek değerden sapmayacaktır. Bu, cihazın sistematik hatalarının toplamı artı, umulan en büyük rastgele hata bu sınırı aşmayacak diye yorumlanabilir.
2. Ortalama hata tüm skalanın 1% ’ inden fazla olmayacak. Ortalama hatanın tanımına bakın (Tablo 4-14). Bu, cihazın okumalarının yarısı ortalamadan tüm skalanın 1% ’ inden daha az sapacak ve diğer yarısı ise 1% ’ inden daha çok sapacak diye yorumlanabilir. Ancak tanımlama sistematik hataların ihmal edildiği anlamındadır, sadece rastgele hatalar dikkate alınmıştır.

Bu tanımlamalardan hiçbirisi yeterli değildir. Gerçekte tatminkar bir tanımlama ancak hataların matematiksel teorisi temeline inerek yapılabilir.

BELİRSİZLİK

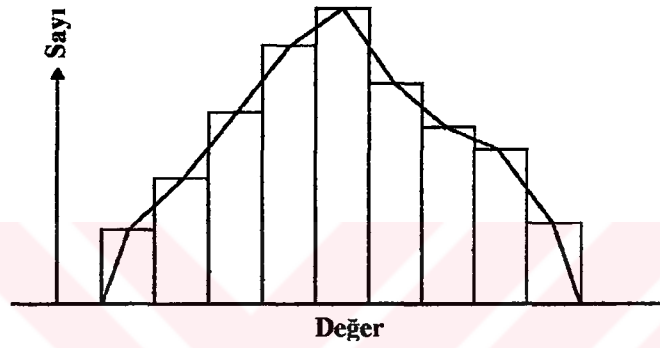
Özel bir cihazın veya ölçümün hassasiyet ifadelerinde nadiren bahsedilse de, belirsizlik hassasiyetle ilgili anlamlı bir tartışmanın odak noktasıdır. Belirsizlik ölçmenin bir özelliğidir, cihazın bir özelliği değildir.

Bir ölçümün belirsizliği, gerçek değer belirtilmiş bir olasılık seviyesinde, yanlış olma aralığıdır.

Olasılık seviyesi, güvenilirlik seviyesi, endüstride çoğunlukla 95% olarak kullanılır. Eğer güvenilirlik 95% ise tek bir ölçümün gerçek değerden belirsizlikten daha az bir miktarda sapma şansı 19:1 ve belirsizlik limitinin üzerinde sapma şansı ise 1:20 dir.

Eğer aynı büyüklük için çok fazla sayıda ölçme yapar ve ölçülen büyüklükleri arda arda belirli aralıklarla işaretlersek muhtemelen

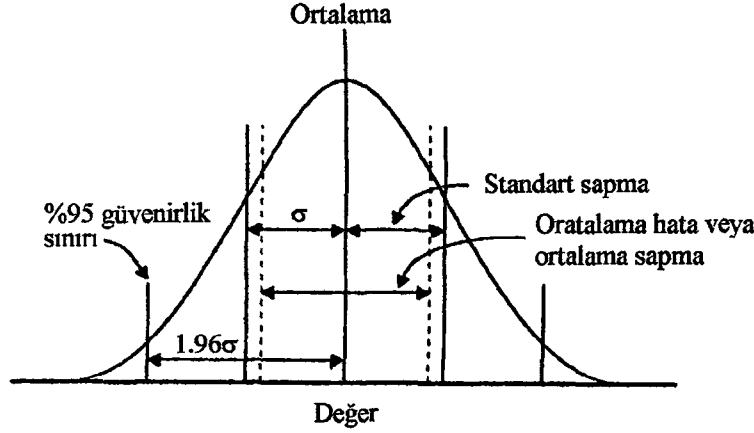
Şekil 4-24'deki gibi bir dağılım elde ederiz. Buna karşılık gelen teorik dağılım eğrisine normal ya da Gauss dağılımı deriz (Şekil 4-25). Bu eğri, herhangi bir olayın ya da ölçümün değeri çok sayıda bağımsız değişkenin (rastgele hata kaynaklarının) sonucudur kabulüyle çıkarılmıştır.



Şekil 4-24 Bir Frekans dağılımı

Normal dağılım Şekil 4-25'de görüldüğü gibi bazı özelliklere sahiptir :

- *Ortalama değer* basitçe tüm ölçümlerin ortalamasıdır.
- Verilen herhangi bir ölçme için *sapma* o ölçüm ile ortalama değer arasında olan farktır.
- *Sapma (variation)* σ^2 (sigma) ayrı ayrı tüm sapmaların karelerinin toplamının ölçüm sayısına bölünmesinden elde edilen değerdir.
- *Standart sapma* σ sapmanın kareköküdür.



Şekil 4-25 Normal (Gauss) dağılımı

Standart sapma ölçümlerdeki “dağılım” derecesini karakterize eder ve birçok sayıda özelliğe sahiptir. Özellikle %95 güvenirlik seviyesi $\sigma = 1.96$ 'ya karşılık gelir. Ölçümlerin %95' i bu sınırlar içinde kalırken, %5'i eğrinin her iki yanındaki uçlarda dağılacaktır.

Birçok durumda bir cihazın hassasiyeti söylendiğinde sadece sapmanın ortalama değeri kastedilir. Örneğin birçok sayıda ölçüm yapıldığında bu ölçümlerin yaklaşık olarak yarısı gerçek ya da ortalama değerden, ortalama sapmanın üzerinde, diğer yarısı da altında sapacaktır. Bu durumda ortalama sapma $\cong 0.8\sigma$ dır.

Bununla birlikte bu davranış sadece rastgele hataları kapsar :sistemik hatalar hala mevcuttur. Basit bir örnek olması açısından fren moment kolu kuvvet kaptörünün olağan kontrolü ve kalibrasyonunu düşünelim. Kalibrasyon kolu, 1m uzunluğunda, 10 kg kalibrasyon kütlesi taşımakta. 20 defa yük uygulanıp kaldırılarak gerilim yükseltici çıkışları kaydedilir. 4.935 V ile 4.982 V aralığında bir değişim ve 4.9602 V ortalama değer bulunur.

İlk anda bu ortalama değeri önemli derecede güvenilir hissedip bir kalibrasyon sabiti türetebilirdik :

$$k = \frac{4.9602}{10.00 \times 9.81 \times 1.00} = 0.050563 \text{ V/Nm}$$

TC. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMAN MERKEZİ

20 okumadan bir moment ölçümü için %95 güvenilirlik değerini türetebilir, kabul edilen sınır değerler için, ± 0.024 V, veya ± 0.48 , kabul edilebilir bir değerdir.

Ancak buna rağmen sistematik dört hata kaynağı vardır :

- yerçekimi ivmesi g ' nin tam 9.81 m/s^2 olmayabilir
- ölü ağırlığın kütlesi tam 10kg olmayabilir
- fren kalibrasyon kolunun uzunluğu tam olarak 1m olmayabilir
- kullanılan gerilim ölçerin kendi iç hatası olabilir

Gerçekte bu değerlerin hiçbiri tam doğruluğa ulaştırılamaz. Bu tür bilinmeyen hataları dikkate almak için %95 lik güvenilirlik sınırlarımızı genişletmek zorunda kalırız.

İZLENEBİLİRLİK

Uygun tasarlanmış bir deney departmanında bu konuya dikkatle eğilmek gerekir. Birçok küçük departmanda periyodik kalibrasyona verilen önem azdır. Birçok durumda ise, zaman zaman kalibrasyon yapılmaya çalışılsa da bu kalibrasyonlar için kullanılan iç standartların hataları gözardı edilir. Birilerinin kendi kalibrasyonlarına güvenebilmesi, için bu standartlarının zaman zaman kendileri tarafından kontrol edilmesi gerekir. İzlenebilirlik bu işleme işaret eder. Yukarıdaki örnekte bahsedilen kalibrasyon kütlesi için “izlenebilirlik basamakları” şöyledir :

- uluslararası kilogram birimi (Paris)
- İngiltere kopyası (NPL)
- ulusal ikincil standartlar (NPL)
- yerel standart ağırlığı (taşınabilir)
- kendi standart ağırlığımız

HATALARIN BİRLEŞİMİ

Türetilen büyüklüklerin birçoğu, herbiri kendine has hatalar içeren, birkaç ölçümün çarpımından oluşur. Örneğin bir motorun özgül yakıt tüketimini ele alalım. Birçok faktörü içerir ve tipik %95 güvenilirlikleri şöyledir :

- moment $\pm \%0.5$
- ölçülen kütledeki yakıtın harcanması için geçen dönme sayısı $\pm \%0.25$
- yakıtın gerçek kütlesi $\pm \%0.3$

Hatalar teorisine göre etkili olan her faktörün olaydaki etkisi 1.mertebeden ise bu faktörlerin oluşturduğu ifadenin (bizim örneğimizde özgül yakıt tüketimi) sonucundaki güvenilirlik ;herbir faktörün güvenilirliklerinin karelerinin toplamının kareköküdür. Bu örnekte özgül yakıt tüketiminin %95 güvenilirlik sınırı aşağıda hesaplanmıştır:

$$\sqrt{0.5^2 + 0.25^2 + 0.3^2} = \pm \%0.58$$

ÖLÇÜMLERDEKİ ANLAMLI HANE SAYISI

Deney sonuçlarının sunulmasında en sık yapılan hatalardan birisi de değerlerin çok haneli olarak sunulmasıdır ki çoğunlukla bu hanelerin birçoğunun bir anlamı yoktur. Birkez daha hassasiyet sihirbazı ile karşı karşıya kalıyoruz. Bu eğilim özellikle dijital ölçü aletlerinin kullanılmasından sonra büyük oranda artmıştır. Özgül yakıt tüketiminin ölçüm değerleri olarak aşağıdakileri ele alırsak :

motor momenti 110.3 Nm

dönme sayısı 6753

yakıt kütlesi 0.25 kg

özgül yakıt tüketimi

$$\frac{3.6 \times 10^6 \times 0.25}{2 \times \pi \times 6753 \times 110.3} = 0.1923 \text{ kg/kWsaat}$$

Bir önceki paragrafta belirtildiği gibi her faktörün %95 güvenilirlik sınırı olduğunu kabul edelim. Bu durumda özgül yakıt tüketiminin güvenilirlik sınırları $\pm \%0.58$, 0.1912 ile 0.1934 kg/kWsaat arasında olacaktır. Açıkça görüldüğü gibi özgül yakıt tüketimini 0.192 'den daha hassas ifade etmek anlamsızdır.

Genellikle amacın küçük gelişmeleri gözlemek olduğu geliştirme çalışmalarında bu hususun akıldan çıkarılmaması gerekir.

MUTLAK ve GÖRECELİ HASSASİYET

Motor test işinin büyük çoğunluğunda yapılan modifikasyonların etkisini ve göreceli (bağıl) değişimler ölçülür. Bir parametrenin modifikasyondan önceki ve sonraki mutlak değeri çoğunlukla bizi ilgilendirmez ve cihazların mutlak hassassiyeti ve izlenebilirliği ile uğraşmamız gerekmeyebilir. Hassasiyet ve kesinlik çok daha fazla önemli olacaktır.

HASSASİYETİN MALİYETİ

Cihazların seçiminden sorumlu bir mühendis belirli bir iş için kendi tespit ettiği gerekli şeyler ile gerçekte gerekli olan şeyler arasında bir uyumsuzluk olması tehlikesinin bilincinde olmalıdır. Belli bir işi yapan bir cihazın maliyeti işin önem derecesine göre değişebilir, birçok durumda teklif edilen ana değişken cihazın hassasiyetidir ve buna gerçekte ihtiyaç olup olmadığı düşünülmelidir. Örneğin motor yağ sıcaklığını gözlemlemek için basit kadranlı buhar basınçlı termometre kullanmak duruken, çok hassas bir termoeleman kullanmak gülünç olur.

Sonuç olarak Profesyonel kalitede bir test mühendisi için ana kriter hassasiyet konusunu anlama derecesidir. Doğru anlayabilmek geniş bir sahada bilgi birikimi gerektirir ve burada bu temel prensipler tanımlanmıştır. Bu tanımlama yapılırken de dijital okumaların getirdiği tehlikeler özellikle vurgulanmıştır.

Bu, üreticiler tarafından kullanılan hassasiyet ve hassasiyet terimlerinin anlamlarını tartışmaya öncülük etmiş ve değişik tipteki hatalar tanımlanmıştır. Belirsizliğin matematiksel teorisi verilmiş ve birleşik hatalarla ilgili metodlar tanımlanmıştır.

BÖLÜM 5 SONUÇLAR ve ÖNERİLER

5.1 SONUÇLAR

Bu çalışmayla Türkiye’de ilk defa tasarlanan bir deney motorunun kontrol ve veri toplamayla ilgili ne tür değişikliklere uğradığını ve ilave edilen bu elemanların yapısal özellikleri ve çalışma prensipleri anlatılmıştır. Çalışmada ayrıca söz konusu deney motoru dışında genel anlamda deney motorlarından veri toplamaya yönelik hususlarda da temel bilgiler verilmiştir.

Orijinali diesel olan deney motorunun çalışır hale gelmesi için öncelikle ateşleme ve yakıt püskürtme sistemleri hazırlanıp denenmiştir. Ateşleme ve püskürtme sistemlerinin elemanları piyasada kolayca bulunan çeşitli otomobil motorlarının parçalarından adapte edilmiştir. Ayrıca periyot atlama işlemi için bir döner selenoid mekanizması ilave edilmiş ve mekanizmanın kontrolü gerçekleştirilmiştir. Motor üzerinden veri toplamayla ilgili hazırlıklar yapılmış, dönme sayısı, kelebek konumunun takibi, dönme sayısı düzgünsüzlüğü gibi veriler elde edilebilmiştir. Veri toplamayla ilgili planlanan basınç ölçümü, basınç algılayıcılarının henüz motora yerleştirilememiş olmasından ötürü yapılamamıştır. Sıcaklık ölçümleri için ana kontrol kartında gerekli hazırlıklar yapılmıştır.

Kontrol işlemleri oldukça sağlıklı olarak gerçekleştirilebilen ve veri toplama uygulamaları için altyapısı oluşturulan bir yazılım ve donanım hazırlanmış ve deney motoru çalışır hale getirilmiştir.

Elde edilen sistem kullanıcıya birçok alanda esneklik sağlamaktadır. Deney motorunun ateşleme avansı, ateşleme dwell açısı, püskürtme avansı ve püskürtme süresi değiştirilebilmektedir. Ayrıca sıcaklık ölçümleri, elektrik motoru kontrolü, step motor kontrolü, sekiz adet açma kapama kontrolü yapabilecek özelliklere sahip olan sistem geliştirilmeye açıktır.

Sonuç olarak hedeflendiği gibi deney motoru çalışır hale getirilmiş olup deney motoru ile ilgili birçok kontrol işlemi ve bazı veri toplama işlemlerinin uygulaması gerçekleştirilmiştir.

Mevcut ortam şartlarında uzun süreli sağlıklı deneyler yapabilmek mümkün olmamaktadır ve deney motoru ile ilgili çalışmaların devam edebilmesi için güvenilir ve konforlu *uzaktan kumanda* edilebilen bir motor deney odasının hazırlanması gerekmektedir.

5.2 ÖNERİLER

Deney düzeneğinde kontrol edilen büyüklüklerin çokluğu deney süresini önemli ölçüde uzatmaktadır. Deney sırasında motor çevre koşullarının (soğutma suyu sıcaklığı, emme havası şartları gibi) daha hassas bir şekilde kontrol edilmesi ve bazı ölçüm sistemleri için daha hassas çözümler üretilmesi (yakıt tüketim gibi), deney tekrarlanabilirliğini artırarak deney süresini önemli ölçüde kısaltacaktır. Aşağıda deney motoru ve deney ortamıyla ilgili bazı öneriler verilmiştir :

- **Yakıt ölçüm sistemi**

Bölüm 4.5.7.1 de ayrıntılı anlatıldığı gibi yakıt tüketiminin ölçümünde bazı zorluklarla karşılaşmıştır.

Bir tek ölçümü tamamlamak için geçen süre oldukça fazladır ve ölçüm sonuçlarının kaydı ilave bir zaman ve dikkat gerektirmiştir.

Yakıt ölçümü ile ilgili bir diğer husus ölçme hatalarıdır. Söz konusu sistemde %2 ila %10 arasında değişen ölçüm hataları olabilmektedir. Ölçme hatalarının azaltıldığı daha güvenilir bir yakıt ölçüm düzeneği gerekmektedir.

Ölçüm değerlerinin bilgisayar ortamına aktarılması zaman ve kayıt açısından avantajlar getirecektir. Bu işlem için terazi ile bilgisayar arasındaki veri bağlantısı kurulmuştur. Ancak belirlenen ölçüm mantığına göre teraziden okuma yapabilecek bir yazılım gerekmektedir.

- **Gaz kelebeğinin konum takibi ve kumandası**

Başlangıçta gaz kelebeğinin konum takibi ve kontrolünün step motor ile yapılması planlanmıştır. Böylece konum takibi ile kontrol işlemi aynı elemanla yapılabilecektir. Ancak step motor ile kumanda için yapılan denemelerde mevcut step motorların kuvveti yetersiz kalmıştır. Step motorunun adım aralığı da çok önemlidir. Bulunabilen step motorları içinde adım en az aralığına sahip olanı 1.8° idi. Kuvveti artırmak ve daha küçük adım aralıkları elde edebilmek için step motor ile gaz kelebeği arasına, mekanik olarak çok hassas ve düzgün çalışabilen, bir kademelendirme gerekmektedir. Step motorunun bir olumsuz tarafı da konum takibi için çok güvenilir olmamasıdır. Step motorunun konumunda olabilecek kayma anlaşılamaz ve bu da hatalara neden olur. Bu olumsuzluklardan dolayı step motor kullanımından vazgeçilmiştir.

Gaz kelebeği kumandası için diğer bir yöntem servo motor kullanılmasıdır. Servo motor kullanıldığında konum takibinin ayrıca yapılması gerekir. Bunun içinde bir potansiyometre kullanılması düşünülmektedir.

- **Soğutma sistemi**

Motor suyunun soğutulmasında Bölüm 3.7.1 'de bahsedilen aksaklıklar nedeniyle yeni ve otomatik bir sistemin kullanılması düşünülmektedir. Sistemin hazırlık çalışmaları başlamıştır. Yeni kullanılacak sistem *birinci devre kontrollü* olacaktır. Böyle bir sistemle istenilen sıcaklık değerleri ve motor giriş ve çıkış suyu sıcaklıkları arasındaki fark otomatik olarak ayarlanabilecektir (Şekil A-7).

- **Emisyon ve sıcaklık değerlerinin okunması**

Deneyler sırasında emisyon ve sıcaklık değerlerinin göz yordamıyla takip edilmesi zaman kaybına ve konforsuz bir çalışmaya sebep olmaktadır.

Emisyon cihazının bilgisayar ile bağlantısı RS-232 seri veriyolu ile gerçekleştirilmiştir. Emisyon cihazının göstergesi, dijital olarak doğrudan bilgisayar ortamına aktarılabilmektedir. Kontrol menüsünde emisyon değerleri görüntülenebilmektedir. Ancak kayıt ile ilgili bir özellik kullanılmamaktadır. Kontrol menüsüne ve yazılıma kayıt seçeneği eklendikten sonra emisyon değerleri bilgisayar üzerinden takip edilebilecektir.

Sıcaklık bilgileri ise 8 bitlik ADC üzerinden alınacaktır. Kontrol kartının çalışma hızı; soğutma suyu, egzoz ve ortam sıcaklıklarını toplamak için fazlasıyla yeterlidir. Ancak öncelikle sıcaklık ölçümünde kullanılacak algılayıcılar seçilecek ve kalibrasyonları yapılacaktır.

Egzoz sıcaklığı ölçümü için uygun olan termoeleman demir – konstantan (ölçme aralığı -200°C ila $+800^{\circ}\text{C}$). veya NiCr-Ni kullanılabilir.

Soğutma suyu ve ortam sıcaklıkları daha hassas bir ölçüm yapmak istenirse Pt100 RTD kullanılabilir.

- **Periyot atlatma kelebeğinin konum takibi**

Periyot atlatma kelebeğinin konum takibi için potansiyometre yerine, Ü.Ö.N ayıracında kullanılan optik hissedicinin benzeri kullanılabilir. Böylece potansiyometre de mevcut olan aşınma sorunları önlenecektir.

Optik hissedici kullanılması durumunda kelebeğin tüm konumu tamamen değil sadece açılıp kapandığı andaki konumları izlenebilecektir. Yani potansiyometre de olduğu gibi açılma ve kapanma hızları izlenemeyecektir. Ancak, yazılımda yapılacak bir değişiklikle periyot atlatma stratejisiyle çalışma durumunda kelebeğin açılıp – kapanma hataları kaydedilecektir. Böylece belirli bir çalışma süresinde kelebeğin kaç kere tam olarak açılıp kapanmadığı bilinecektir.

- **Motor fren momentinin kuvvet kaptörü üzerinden okunması ve bilgisayar üzerinden takibi**

Motor frenine uygun bir kuvvet kaptörünün montajı bazı kolaylıklar sağlar. Freninin moment değeri bilgisayar üzerinden takip edilebilir ve ölçüm noktalarında güç ve yakıt tüketimiyle ilgili hesaplamalar anında yapılabilir. Böylece deneyler sırasında zaman kaybı olmadan değerlendirme yapma imkanı doğar.

Ayrıca motor momenti frenden uzakta bulunan bir ortama (motor deney odasına) aktarılarak ölçümler uzaktan izlenebilir.

Fren üzerinde bulunan baskül mekanizmasının yerine kuvvet kaptörü yerleştirebilmenin mümkün olup olmadığı belirlenip daha sonra belirlenen montaj yerine uygun ölçme aralığında bir kaptör seçilmelidir.

- **Basınç ölçümü**

İlerisi için planlanan en önemli işlem motor üzerinden basınç verisi toplanmasıdır. Bu işlem için mevcut kontrol kartının kullanılması düşünülmemektedir. Her ne kadar bu kartla bazı veri toplama işlemleri gerçekleştirilebilse de kartın çok fazla fonksiyon ile yüklenmesi efektif ve güvenilir değildir.

Deney motorunda yanma odası, emme ve egzoz manifoldu olmak üzere toplam üç noktadan basınç ölçümü planlanmaktadır. Yanma odası basınç ve sıcaklıkların ölçümü sayesinde ortalama indike basıncın ve ısı bilançosunun çıkartılması mümkün olabilir.

Basınç ölçümlerinin yapılabilmesi için basınç algılayıcılarının yanında yeterince hızlı bir A/D dönüştürücüye ihtiyaç vardır. Örnekleme hızı olarak en kritik durumda olan yanma odası içindeki basınçtır. Emme ve egzoz manifoldlarındaki basınç değişimleri nispeten daha azdır. Basınç ölçümü için mevcut bulunan, 16 tek kanallı, 12 bit çözünürlükte ve maksimum 50kHz örnekleme hızındaki I/O kartı kullanılabilir.

KAYNAKLAR

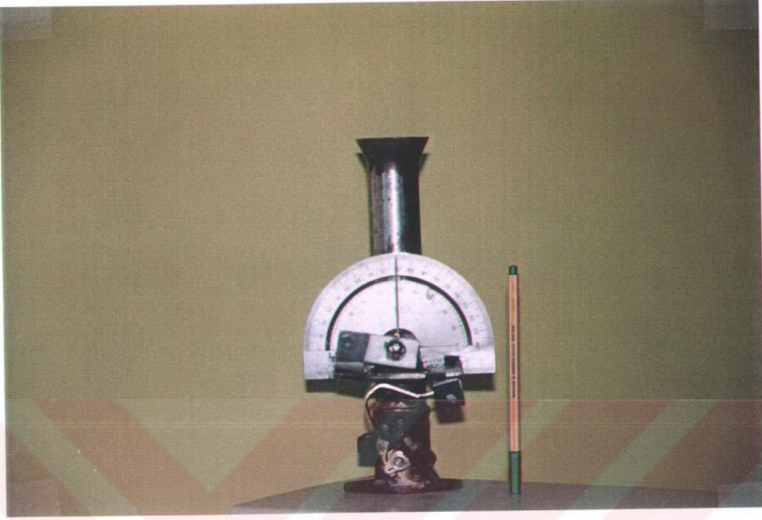
- [1] **KUTLAR, O.Akın.**, 1998. Dört zamanlı otto çevrimli motorlarda kısmi yükte yakıt tüketimini azaltmak için yeni bir yöntem (periyot atlatmalı motor), *Doktora Tezi*, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [2] **KUTLAR, O.Akın.**, 1998. Kişisel görüşme.
- [3] **AKIN, Ahmet.**, 1997. Benzin püskürtmeli bir deney motorunun bilgisayar ile kontrol edilebilmesi için gerekli kontrol ünitesinin tasarlanması, *Bitirme Çalışması*, İ.T.Ü. Makina Fakültesi Makina Mühendisliği Bölümü, İstanbul.
- [4] **AKIN, Ahmet.**, 1998. Kişisel görüşme.
- [5] 1994. 82C54 CHMOS Programmable Interval Timer, *Intel* .
- [6] 1979. MCS-Family User's Manual, Intel Corporation, Santa Clara, s.6-161.
- [7] **FIGLIOLA, S.Richard.**, 1995. Theory and Design for Mechanical Measurements, pp.38-40, 278-281, John Wiley&Sons,Inc., New York
- [8] 1998. Instrumentation Catalogue, National Instruments, pp.187, <http://www.natinst.com>
- [9] 1995. ADC0808/ADC0809, National Semiconductor, s.2,5.,<http://www.national.com>.
- [10] **ÇALIK, Alper Tolga.**, 1998. Motor Deney Düzeneklerinde Kullanılan Motor Soğutma Sistemlerinin Tasarımı, İ.T.Ü Otomotiv A.B.D. seminerleri, İstanbul.
- [11] **ATABEK, Aytunç.**, 1997. İki zamanlı motorun karakteristik eğrilerinin çıkarılması, *Bitirme Çalışması*, İ.T.Ü. Makina Fakültesi Makina Mühendisliği Bölümü, İstanbul.
- [12] **HOUSE, Rouse**, 1998. Data Acquisition Fundamentals, *Application Note*, 007, National Instruments Website, 1-9,11., <http://www.natinst.com/documentation/daq>.
- [13] **PLINT , Michael. ve MARTYR., Anthony.**, 1995. Engine Testing Theory and Practice, 261-266., 281-286., 136,137., Butterworth - Heinemann, Oxford.
- [14] **KAVİTAŞ, Mustafa.**, 1998. Kişisel görüşme.

[15] **ARSLAN, Hikmet.**, 1998. Kişisel görüşme.

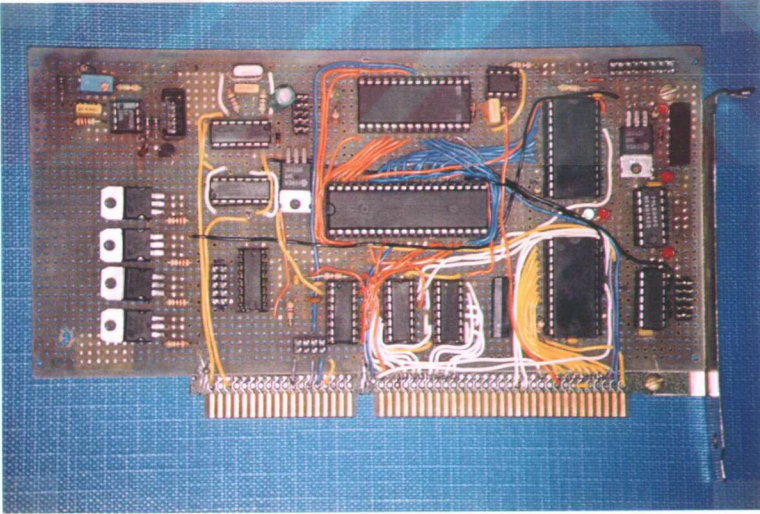
[16] **ARSLAN, Hikmet.**, 1997. Deney Mühendisliği Metodolojisi, Lisans Üstü Ders Notları, İ.T.Ü Makina Fakültesi Makina Mühendisliği Bölümü, İstanbul.



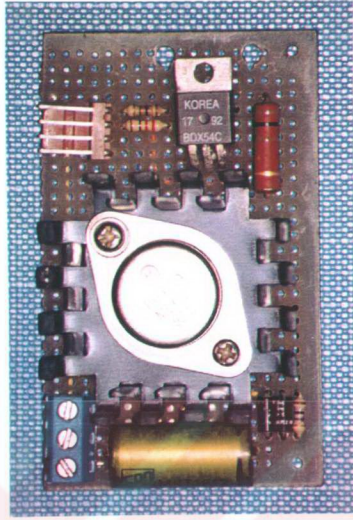
EKA



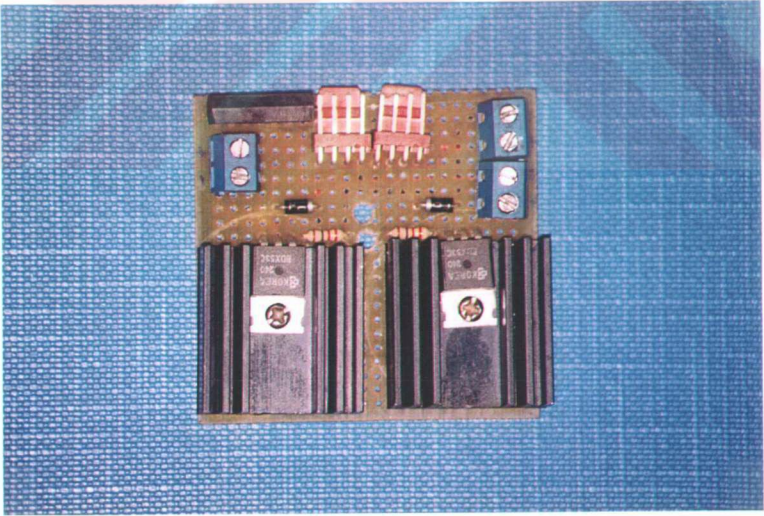
Şekil A-1 Gaz keleşi ve emme manifoldu



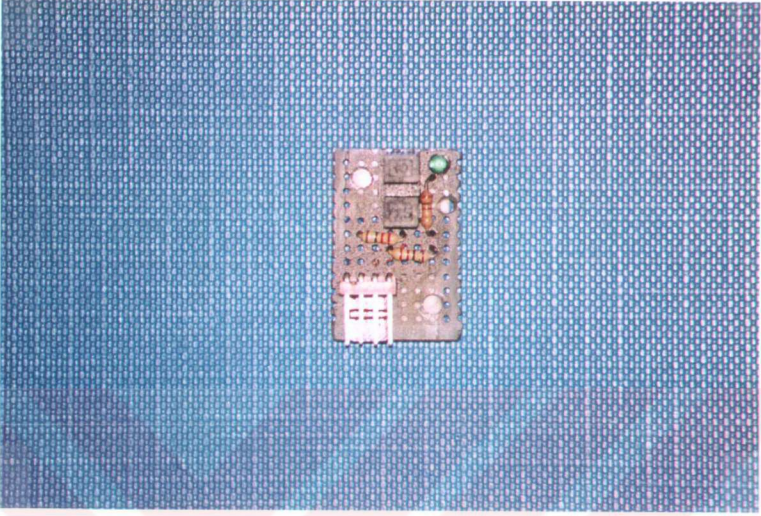
Şekil A-2 Ana kontrol kartı



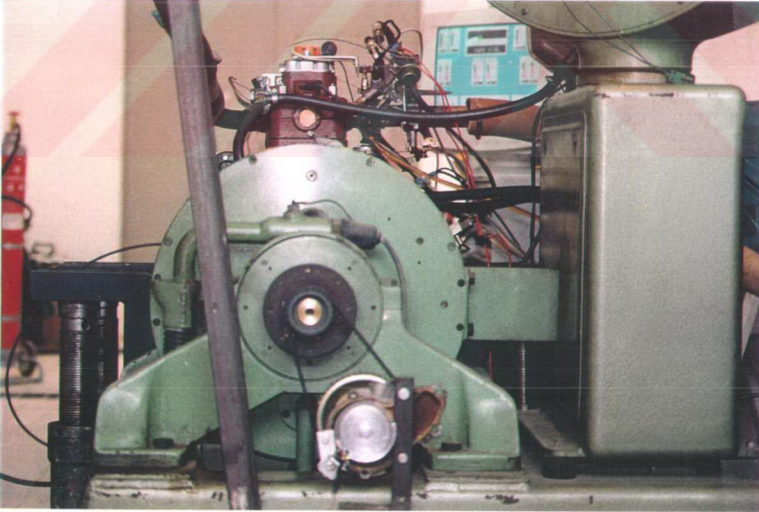
Şekil A-3 Ateşleme güç kontrol kartı



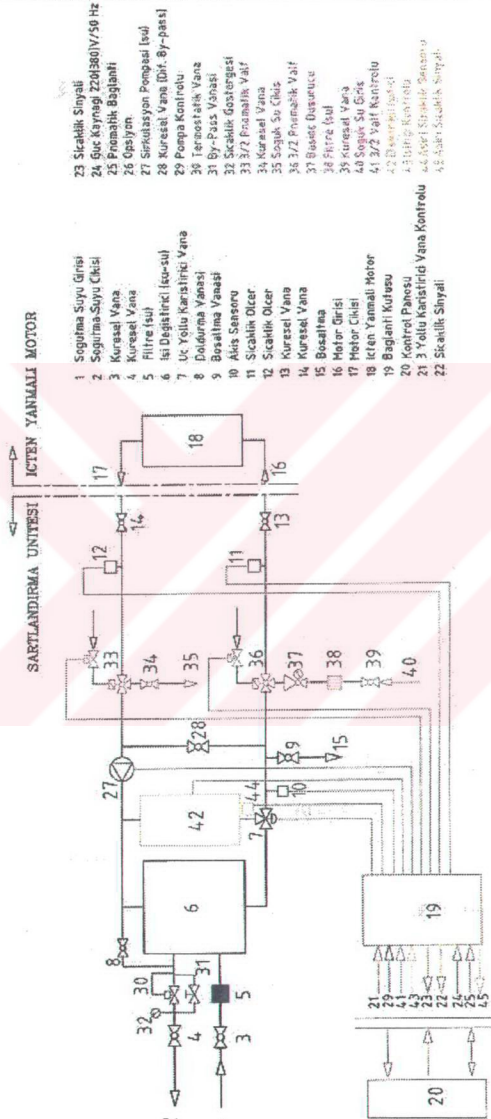
Şekil A-4 Püskürtme ve periyot atlatma güç kontrol kartı



Şekil A-5 Ü.Ö.N. ayırıcı kartı



Şekil A-6 Frene montajı yapılmış Ü.Ö.N. ayırıcı



Opsiyonlar

- Sıkıştırıcı Pompa (27-28-29)
- Termostatik Vana (30-31-32)
- Termostatik Ünitesi (33-34-35-36-37-38-39-40-41)
- Filtre (42-43-44-45)

Şekil A-7 Geliştirilmesi düşünülen birinci devre kontrollü su şartlandırma ünitesi

PERİYOT ATLATMA SİSTEMİNİN KONTROL ALGORİTMASI

1. Enkoderden Ü.Ö.N. işareti alınır
2. Aynı sırada Ü.Ö.N. ayırıcından işaret geliyorsa işleme devam edilir, değilse Satır 1'e gidilir
3. **fz değişkeni bir artırılır**
4. Kelebeğin durumuna bakılır (A : açık K : kapalı), kapalı ise satır 1'e döndülür.
5. **Ateşleme avansı** (α_{at}) okunur ve bilgisayar ateşleme için °KMA olarak saymaya başlar
6. **Püskürme avansı** ($\alpha_{püsk}$) ve **Püskürtme süresi** ($t_{püsk}$) okunur ve bilgisayar püskürtme için saymaya başlar
7. Çalışma moduna bakılır (N : normal S : periyot atlamalı), S ise satır 10'a gidilir : Kapat konumunda ise satır 106' ya gidilir
8. Enkoderden Ü.Ö.N. işareti alınır ancak Ü.Ö.N. ayırıcından işaret alınmadığından bir işlem yapılmaz
9. Ateşleme ve Püskürtme gerçekleştirilir, satır 1'e gidilir
10. Periyot atlamanın türüne bakılır NS ise satır 14' e gidilir
11. NNS ise satır 30' a gidilir
12. NSS ise satır 56' ya gidilir
13. NNSS ise satır 81' e gidilir

14. NS İLE ÇALIŞMA

15. fz / 2 işleminde kalan 0 ise satır 18' ye gidilir.

16. Enkoderden Ü.Ö.N. işareti alınır ancak Ü.Ö.N. ayırıcından işaret alınmadığından bir işlem yapılmaz

17. Ateşleme ve püskürtme yapılır, satır 1' e gidilir

18. **Kelebek kapama avansı (KA)** okunur

19. **Kapama süresinin değeri (KS)** okunur

20. 8254-2 sayıcı entegrenin birinci saati C1, $(560 + KA)^{\circ}KMA$ saymaya başlar

21. $(560 + KA)^{\circ}KMA$ sayma devam ederken, enkoderden Ü.Ö.N. işareti alınır ancak Ü.Ö.N. ayırıcından işaret alınmadığından bir işlem yapılmaz

22. $(560 + KA)^{\circ}KMA$ sayma tamamlanır ve C1, ikinci saat, C2'yi tetikler

23. 8254-2 sayıcı entegrenin ikinci saati, C2, **kelebeği kapatır** ve $(720 + KS)^{\circ}KMA$ saymaya başlar

24. $(720 + KS)^{\circ}KMA$ sayma devam ederken, ateşleme ve püskürtme olur

25. $(720 + KS)^{\circ}KMA$ sayma devam ederken, enkoderden ve Ü.Ö.N. ayırıcından aynı anda Ü.Ö.N. işareti alınır.

26. $(720 + KS)^{\circ}KMA$ sayma devam ederken, **fz değişkeni bir artırılır**

27. $(720 + KS)^{\circ}KMA$ sayma devam ederken, enkoderden Ü.Ö.N. işareti alınır ancak Ü.Ö.N. ayırıcından işaret alınmadığından bir işlem yapılmaz

28. $(720 + KS)^{\circ}KMA$ sayıldıktan sonra **kelebek açılır**

29. Satır 1'e dönülür

30. NNS İLE ÇALIŞMA

31. fz / 3 işleminde kalan 0 ise satır 34' e gidilir
32. Enkoderden Ü.Ö.N. işareti alınır ancak Ü.Ö.N. ayırıcından işaret alınmadığından bir işlem yapılmaz
33. Ateşleme ve püskürtme yapılır, satır 1'e gidilir
34. **Kelebek kapama avansı (KA)** okunur
35. **Kapama süresinin değeri (KS)** okunur
36. 8254-2 sayıcı entegrenin birinci saati C1, $(1280 + KA)^{\circ}KMA$ saymaya başlar
37. $(1280 + KA)^{\circ}KMA$ sayma devam ederken, Enkoderden Ü.Ö.N. işareti alınır ancak Ü.Ö.N. ayırıcından işaret alınmadığından bir işlem yapılmaz
38. $(1280 + KA)^{\circ}KMA$ sayma devam ederken, Ateşleme ve püskürtme olur
39. $(1280 + KA)^{\circ}KMA$ sayma devam ederken, Enkoderden ve Ü.Ö.N. ayırıcından aynı anda Ü.Ö.N. işareti alınır
40. $(1280 + KA)^{\circ}KMA$ sayma devam ederken, **fz değişkeni bir artırılır**
41. $(1280 + KA)^{\circ}KMA$ sayma devam ederken, Kelebeğin durumuna bakılır (A : açık K : kapalı), kapalı ise satır 44' e gidilir
42. $(1280 + KA)^{\circ}KMA$ sayma devam ederken, **Ateşleme avansı (α_{at})** okunur ve bilgisayar ateşleme için $^{\circ}KMA$ olarak saymaya başlar
43. $(1280 + KA)^{\circ}KMA$ sayma devam ederken, **Püskürme avansı ($\alpha_{püsk}$) ve püskürtme süresi ($t_{püsk}$)** okunur ve bilgisayar püskürtme için saymaya başlar
44. $(1280 + KA)^{\circ}KMA$ sayma devam ederken, Enkoderden Ü.Ö.N. işareti alınır ancak Ü.Ö.N. ayırıcından işaret alınmadığından bir işlem yapılmaz
45. $(1280 + KA)^{\circ}KMA$ sayma tamamlanır ve C1, ikinci saat, C2'yi tetikler.
46. 8254-2 sayıcı entegrenin ikinci saati, C2, **kelebeği kapatır** ve $(720 + KS)^{\circ}KMA$ saymaya başlar
47. $(720 + KS)^{\circ}KMA$ sayma devam ederken, Ateşleme ve püskürtme olur
48. $(720 + KS)^{\circ}KMA$ sayma devam ederken, Enkoderden ve Ü.Ö.N. ayırıcından aynı anda Ü.Ö.N. işareti alınır
49. $(720 + KS)^{\circ}KMA$ sayma devam ederken, **fz değişkeni bir artırılır**

50. $(720 + KS)^\circ$ KMA sayma devam ederken, Kelebeğin durumuna bakılır (A :
açık K : kapalı), kapalı ise satır 53' e gidilir.
51. $(720 + KS)^\circ$ KMA sayma devam ederken, **Ateşleme avansı** (α_{at}) okunur ve
bilgisayar ateşleme için °KMA olarak saymaya başlar
52. $(720 + KS)^\circ$ KMA sayma devam ederken, **Püskürme avansı** ($\alpha_{püsk}$) ve
püskürtme süresi ($t_{püsk}$) okunur ve bilgisayar püskürtme için saymaya başlar
53. $(720 + KS)^\circ$ KMA sayma devam ederken, Enkoderden Ü.Ö.N. işareti alınır
ancak Ü.Ö.N. ayırıcından işaret alınmadığından bir işlem yapılmaz
54. $(720 + KS)^\circ$ KMA sayıldıktan sonra **kelebek açılır**
55. Satır 1'e dönülür

56. NSS İLE ÇALIŞMA

57. fz / 3 işleminde kalan 0 ise satır 60' a gidilir

58. Enkoderden Ü.Ö.N. işareti alınır ancak Ü.Ö.N. ayırıcından işaret alınmadığından bir işlem yapılmaz

59. Ateşleme ve püskürtme yapılır, Satır 1'e gidilir

60. **Kelebek kapama avansı (KA)** okunur

61. **Kapama süresinin değeri (KS)** okunur

62. 8254-2 sayıcı entegrenin birinci saati C1, $(560 + KA)^{\circ}KMA$ saymaya başlar

63. $(560 + KA)^{\circ}KMA$ sayma devam ederken, Enkoderden Ü.Ö.N. işareti alınır ancak Ü.Ö.N. ayırıcından işaret alınmadığından bir işlem yapılmaz

64. $(560 + KA)^{\circ}KMA$ sayma tamamlanır ve C1, ikinci saat, C2'yi tetikler.

65. 8254-2 sayıcı entegrenin ikinci saati, C2, **kelebeği kapatır** ve $(1440 + KS)^{\circ} KMA$ saymaya başlar

66. $(1440 + KS)^{\circ} KMA$ sayma devam ederken, Ateşleme ve Püskürtme olur

67. $(1440 + KS)^{\circ} KMA$ sayma devam ederken, Enkoderden ve Ü.Ö.N. ayırıcından aynı anda Ü.Ö.N. işareti alınır

68. $(1440 + KS)^{\circ} KMA$ sayma devam ederken, **fz değişkeni bir artırılır**

69. $(1440 + KS)^{\circ} KMA$ sayma devam ederken, Kelebeğin durumuna bakılır (A : açık K : kapalı), kapalı ise satır 72' ye gidilir.

70. $(1440 + KS)^{\circ} KMA$ sayma devam ederken, **Ateşleme avansı** (α_{at}) okunur ve bilgisayar ateşleme için $^{\circ}KMA$ olarak saymaya başlar

71. $(1440 + KS)^{\circ} KMA$ sayma devam ederken, **Püskürtme avansı** ($\alpha_{püsk}$) ve **püskürtme süresi** ($t_{püsk}$) okunur ve bilgisayar püskürtme için saymaya başlar

72. $(1440 + KS)^{\circ} KMA$ sayma devam ederken, Enkoderden Ü.Ö.N. işareti alınır ancak Ü.Ö.N. ayırıcından işaret alınmadığından bir işlem yapılmaz

73. $(1440 + KS)^{\circ} KMA$ sayma devam ederken, Enkoderden ve Ü.Ö.N. ayırıcından aynı anda Ü.Ö.N. işareti alınır

74. $(1440 + KS)^{\circ} KMA$ sayma devam ederken, **fz değişkeni bir artırılır**

75. $(1440 + KS)^\circ$ KMA sayma devam ederken, Kelebeğin durumuna bakılır (A : açık K : kapalı), kapalı ise satır 78' e gidilir.
76. $(1440 + KS)^\circ$ KMA sayma devam ederken, **Ateşleme avansı** (α_{at}) okunur ve bilgisayar ateşleme için °KMA olarak saymaya başlar
77. $(1440 + KS)^\circ$ KMA sayma devam ederken, **Püskürme avansı** ($\alpha_{püsk}$) ve **püskürtme süresi** ($t_{püsk}$) okunur ve bilgisayar püskürtme için saymaya başlar
78. $(1440 + KS)^\circ$ KMA sayma devam ederken, Enkoderden Ü.Ö.N. işareti alınır ancak Ü.Ö.N. ayırıcından işaret alınmadığından bir işlem yapılmaz
79. $(1440 + KS)^\circ$ KMA sayıldıktan sonra **kelebek açılır**
80. Satır 1'e dönülür

81. NNSS İLE ÇALIŞMA

82. fz / 4 işleminde kalan 0 ise satır 85' e gidilir

83. Enkoderden Ü.Ö.N. işareti alınır ancak Ü.Ö.N. ayırıcından işaret alınmadığından bir işlem yapılmaz

84. Ateşleme ve püskürtme yapılır, Satır 1'e gidilir

85. **Kelebak kapama avansı (KA)** okunur

86. **Kapama süresinin değeri (KS)** okunur

87. 8254-2 sayıcı entegrenin birinci saati C1, $(560 + KA)^{\circ}KMA$ saymaya başlar

88. $(560 + KA)^{\circ}KMA$ sayma devam ederken, Enkoderden Ü.Ö.N. işareti alınır ancak Ü.Ö.N. ayırıcından işaret alınmadığından bir işlem yapılmaz

89. $(560 + KA)^{\circ}KMA$ sayma tamamlanır ve C1, ikinci saat, C2'yi tetikler.

90. 8254-2 sayıcı entegrenin ikinci saati, C2, **kelebeği kapatır** ve $(1440 + KS)^{\circ}KMA$ saymaya başlar

91. $(1440 + KS)^{\circ}KMA$ sayma devam ederken, Ateşleme ve Püskürtme olur

92. $(1440 + KS)^{\circ}KMA$ sayma devam ederken, Enkoderden ve Ü.Ö.N. ayırıcından aynı anda Ü.Ö.N. işareti alınır

93. $(1440 + KS)^{\circ}KMA$ sayma devam ederken, **fz değişkeni bir artırılır**

94. $(1440 + KS)^{\circ}KMA$ sayma devam ederken, Kelebeğin durumuna bakılır (A : açık K : kapalı), kapalı ise satır 97' ye gidilir.

95. $(1440 + KS)^{\circ}KMA$ sayma devam ederken, **Ateşleme avansı** (α_{at}) okunur ve bilgisayar ateşleme için $^{\circ}KMA$ olarak saymaya başlar

96. $(1440 + KS)^{\circ}KMA$ sayma devam ederken, **püskürtme süresi** ($t_{püsk}$) okunur ve bilgisayar **Püskürtme avansı** ($\alpha_{püsk}$) ve püskürtme için saymaya başlar

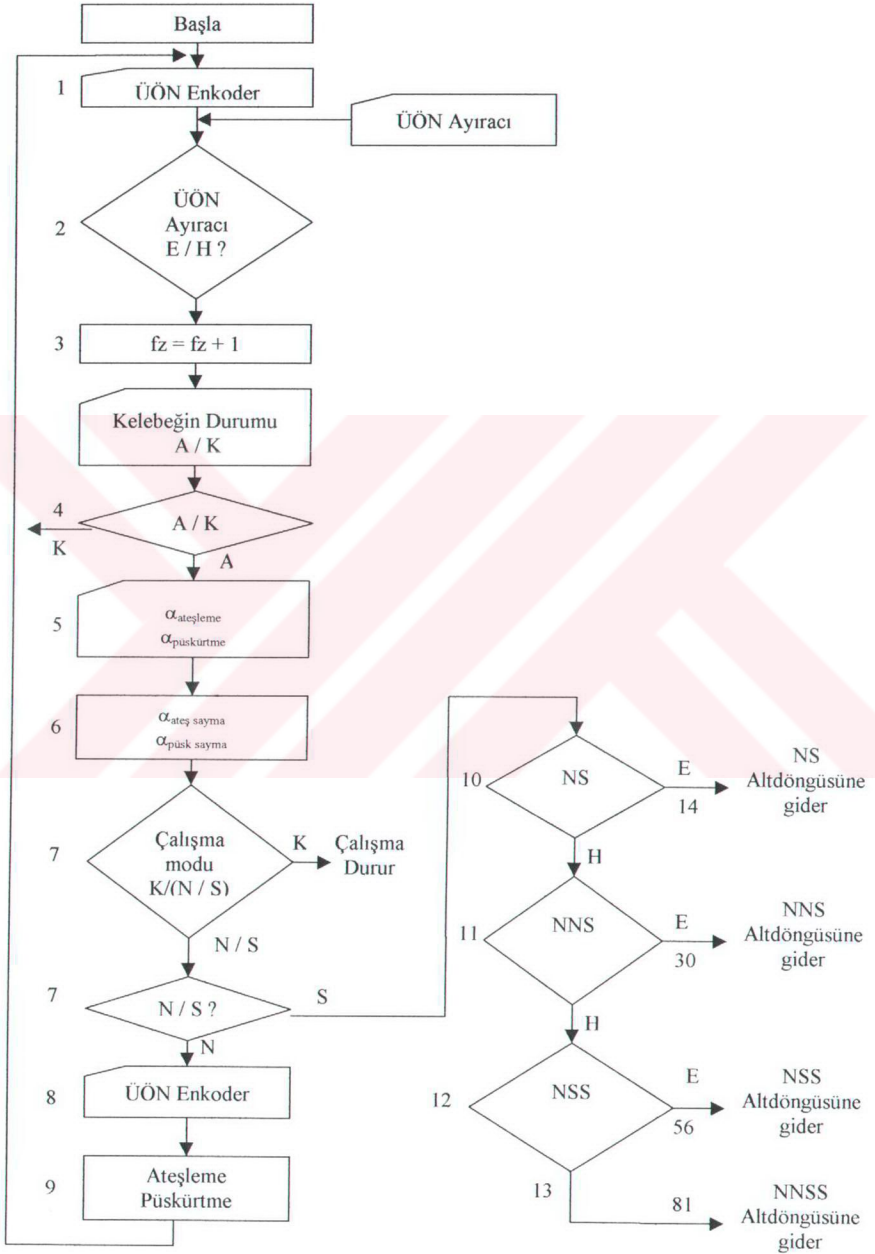
97. $(1440 + KS)^{\circ}KMA$ sayma devam ederken, Enkoderden Ü.Ö.N. işareti alınır ancak Ü.Ö.N. ayırıcından işaret alınmadığından bir işlem yapılmaz

98. $(1440 + KS)^{\circ}KMA$ sayma devam ederken, Enkoderden ve Ü.Ö.N. ayırıcından aynı anda Ü.Ö.N. işareti alınır

99. $(1440 + KS)^{\circ}KMA$ sayma devam ederken, **fz değişkeni bir artırılır**

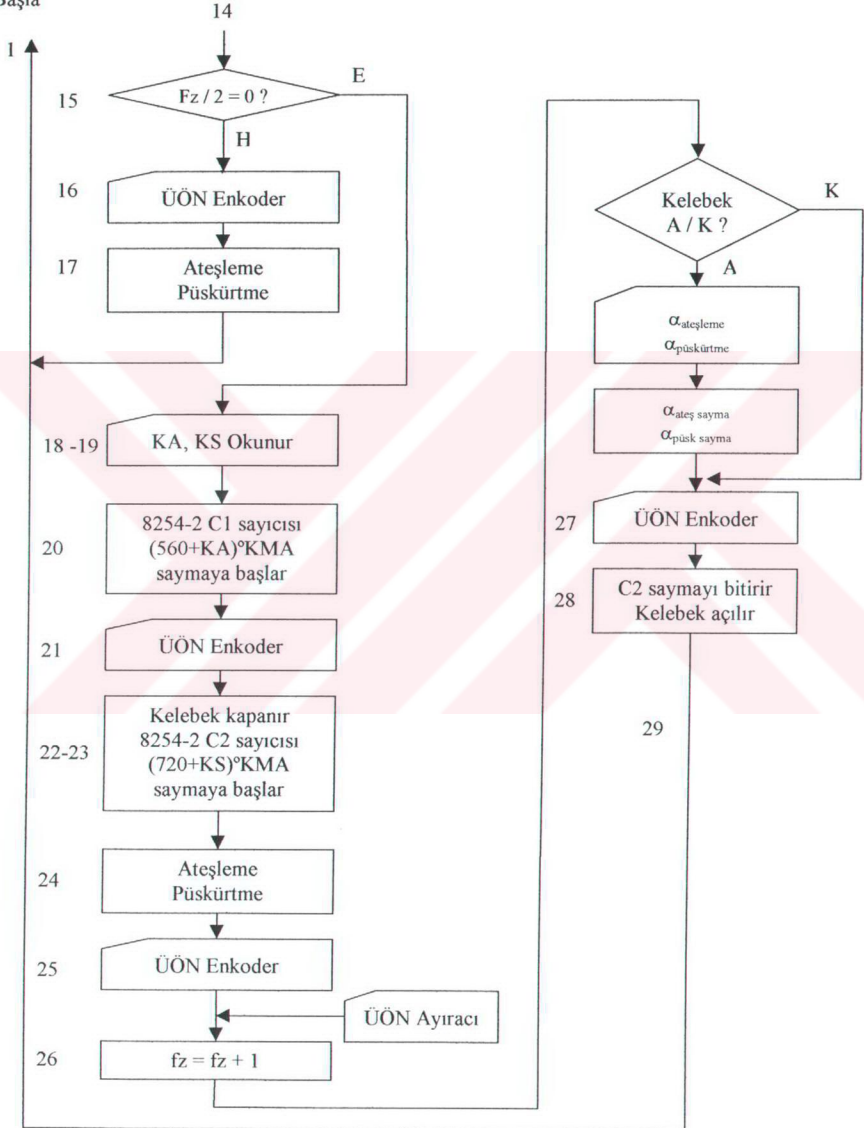
100. (1440 + KS)^o KMA sayma devam ederken, Kelebeğin durumuna bakılır (A : açık K : kapalı), kapalı ise satır 103' e gidilir
101. (1440 + KS)^o KMA sayma devam ederken, **Ateşleme avansı** (α_{at}) okunur ve bilgisayar ateşleme için °KMA olarak saymaya başlar
102. (1440 + KS)^o KMA sayma devam ederken, **Püskürme avansı** ($\alpha_{püsk}$) ve **püskürtme süresi** ($t_{püsk}$) okunur ve bilgisayar püskürtme için saymaya başlar
103. (1440 + KS)^o KMA sayma devam ederken, Enkoderden Ü.Ö.N. işareti alınır ancak Ü.Ö.N. ayırıcından işaret alınmadığından bir işlem yapılmaz
104. (1440 + KS)^o KMA sayıldıktan sonra **kelebek açılır**
105. Satır 1'e dönülür
106. Çalışma durdurulur

AÇMA KAPAMA KELEBEĞİ KONTROL ALGORİTMASI

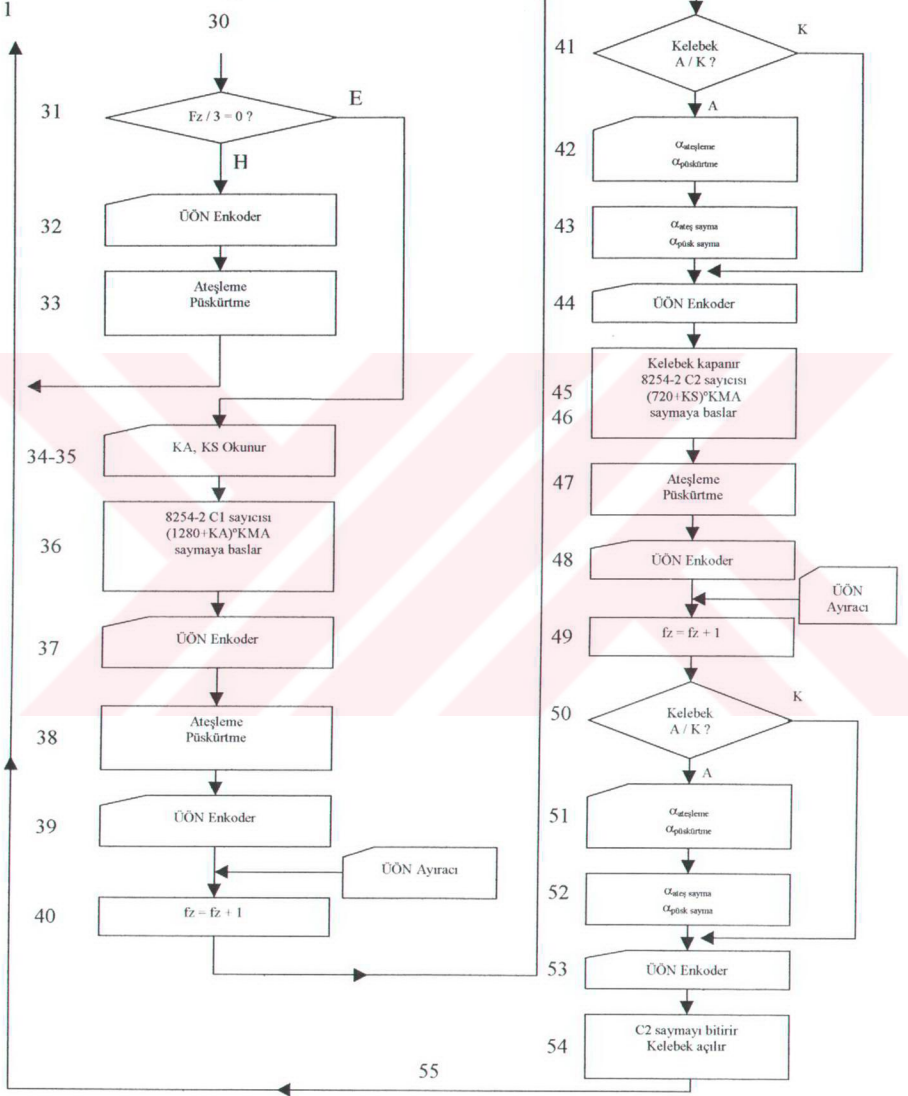


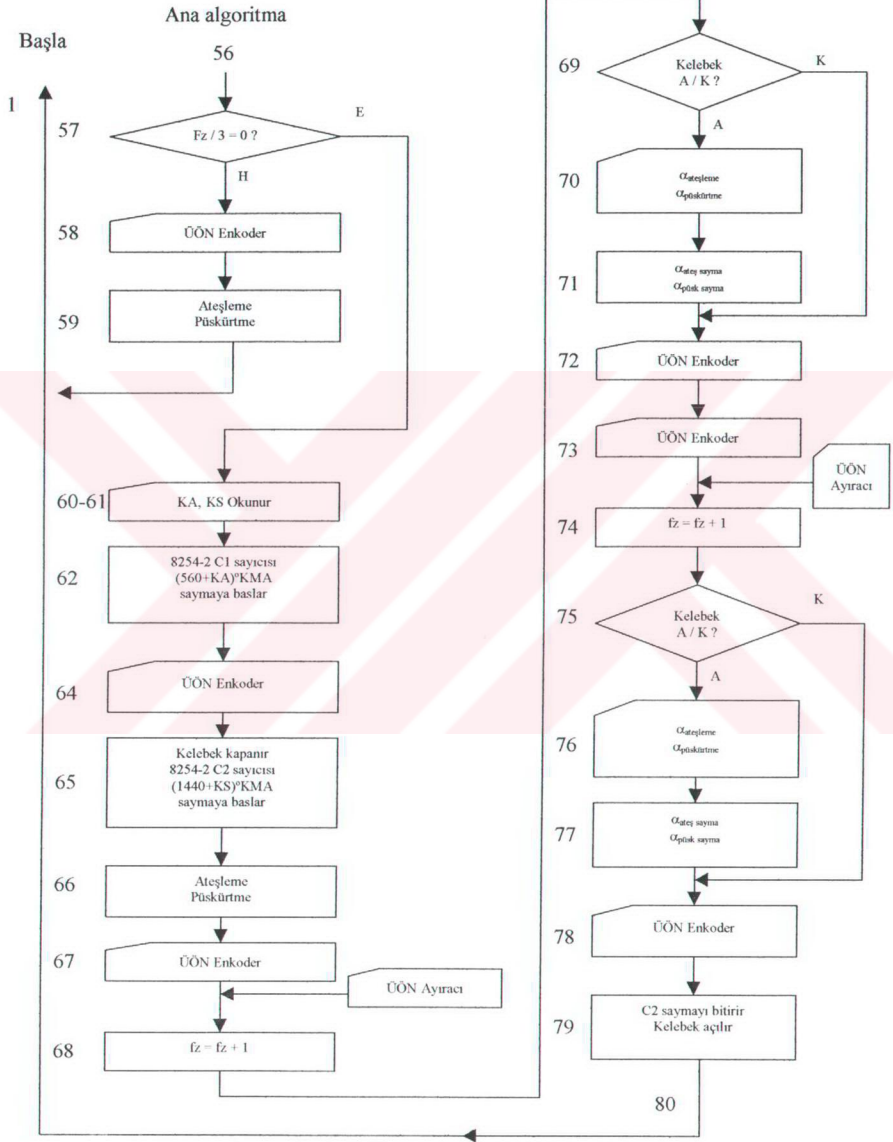
Ana algoritma

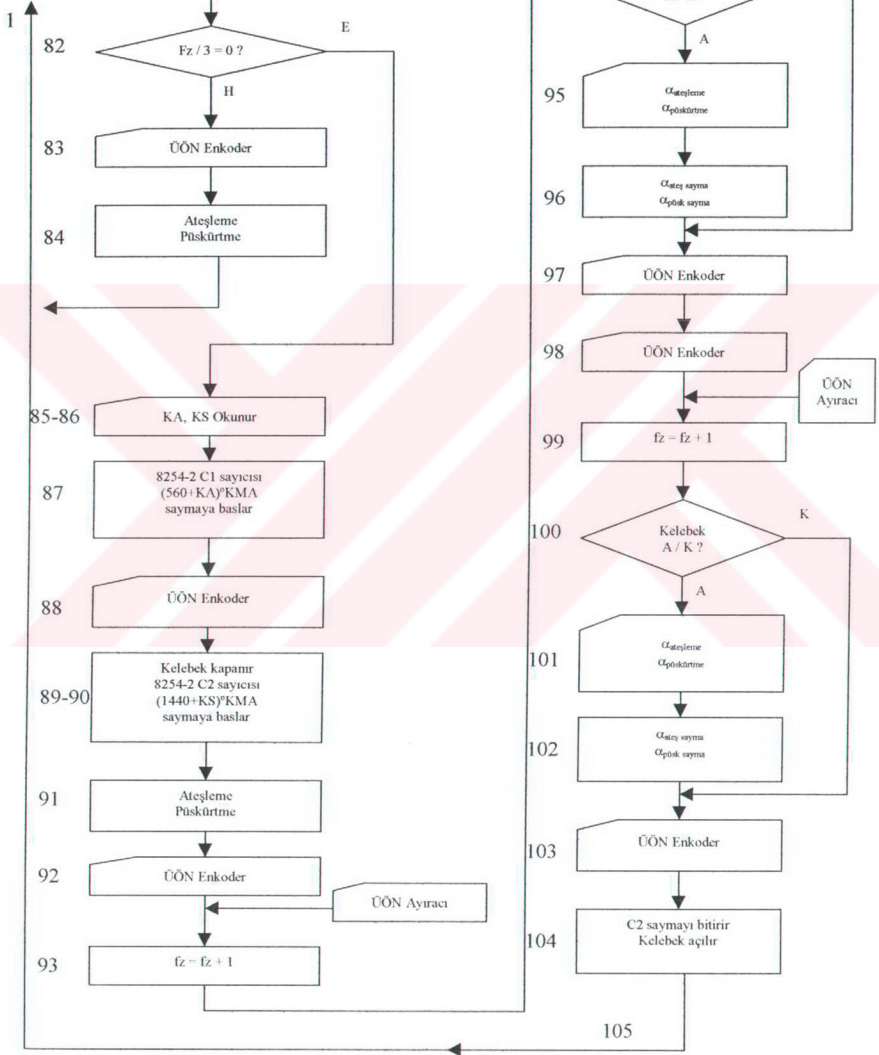
Başla



Başla

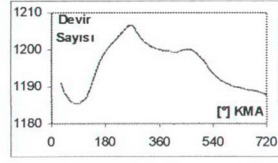




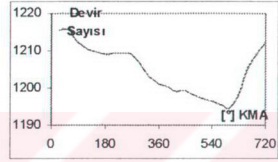


EK - C

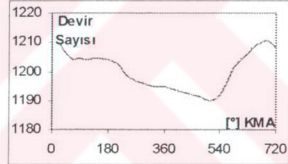
Deney I		Deney II	
Krank Mili	Devir Sayısı	Krank Mili	Devir Sayısı
Açısı		Açısı	
30	1191.0	30	1215.5
60	1186.5	60	1215.5
90	1185.4	90	1212.3
120	1187.5	120	1210.4
150	1194.4	150	1209.6
180	1199.4	180	1209.1
210	1202.3	210	1209.4
240	1205.0	240	1209.4
270	1206.4	270	1208.9
300	1203.3	300	1206.0
330	1201.1	330	1202.8
360	1200.1	360	1201.1
390	1199.7	390	1200.4
420	1199.4	420	1198.9
450	1199.9	450	1199.2
480	1199.4	480	1198.2
510	1197.2	510	1197.2
540	1193.4	540	1196.5
570	1191.5	570	1195.6
600	1190.3	600	1194.6
630	1189.6	630	1198.4
660	1189.1	660	1205.2
690	1188.7	690	1209.4
720	1187.7	720	1212.1
Deney III		Deney IV	
Krank Mili	Devir Sayısı	Krank Mili	Devir Sayısı
Açısı		Açısı	
30	1208.9	30	1207.4
60	1204.7	60	1203.5
90	1204.7	90	1201.3
120	1204.3	120	1197.5
150	1204.7	150	1196.0
180	1204.0	180	1194.6
210	1202.6	210	1194.1
240	1198.7	240	1193.4
270	1196.8	270	1193.2
300	1195.6	300	1192.2
330	1194.6	330	1191.3
360	1194.6	360	1190.3
390	1193.9	390	1189.4
420	1192.7	420	1191.7
450	1192.0	450	1199.2
480	1191.3	480	1204.0
510	1189.8	510	1206.7
540	1191.7	540	1209.6
570	1198.0	570	1210.6
600	1203.3	600	1207.7
630	1206.4	630	1205.2
660	1209.1	660	1204.5
690	1210.6	690	1204.0
720	1207.9	720	1203.8



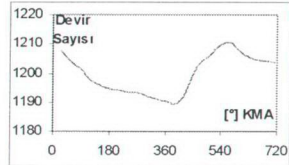
Deney I



Deney II



Deney III



Deney IV

Aynı işletme şartlarında arka arkaya yapılmış 4 çalkantı ölçümü.

Şekil C-1 Örnek dönme sayısı çalkantı verileri

ÖZGEÇMİŞ

Alper Tolga Çalık 1974 yılında Trabzon'da doğdu. İlk öğrenimine Trabzon Fatih İlkokulu'nda 1980 yılında başladı ve Samsun Mustafa Kemal İlkokulu'nda 1985 yılında tamamladı. Orta öğrenimini Samsun Anadolu Lisesi'nde bitirdikten sonra İstanbul Teknik Üniversitesi Makina Mühendisliği Bölümü'nde 1992 yılında lisans eğitimine başladı. Dört yıl süren lisans eğitiminin ardından aynı yıl İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Makina Mühendisliği Anabilim Dalı Otomotiv Programı'nda yüksek lisans eğitimine başladı.

1997 yılında altı ay süreyle MZ Kombassan Kanuni A.Ş.'nin Ar – Ge Bölümünde çalıştıktan sonra 1998 yılında İTÜ Makina Fakültesi Makina Mühendisliği Bölümü Otomotiv Anabilim Dalında Araştırma görevlisi olarak atandı. İyi derecede İngilizce bilen Alper Tolga Çalık halen aynı görevi sürdürmektedir.

**T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANTASYON MERKEZİ**