

**TEK SİLİNDİRLİ BUJİ ATEŞLEMELİ BİR
MOTORDA ELEKTROMEKANİK SUPAP
UYGULAMASI VE TESTİ**

**2016
YÜKSEK LİSANS TEZİ
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ**

Emre DEMİR

**TEK SİLİNDİRLİ BUJİ ATEŞLEMELİ BİR MOTORDA
ELEKTROMEKANİK SUPAP UYGULAMASI VE TESTİ**

Emre DEMİR

**Karabük Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Makine Mühendisliği Anabilim Dalı
Yüksek Lisans Tezi
Olarak Hazırlanmıştır**

**KARABÜK
Ocak 2016**

Emre DEMİR tarafından hazırlanan “TEK SİLİNDİRLİ BUJİ ATEŞLEMELİ BİR MOTORDA ELEKTROMEKANİK SUPAP UYGULAMASI VE TESTİ” başlıklı bu projenin Yüksek Lisans Tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Prof. Dr. Yakup SEKMEN
Tez Danışmanı, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

Bu çalışma, jürimiz tarafından oy birliği ile Makine Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir. 16/12/2015

Ünvanı, Adı SOYADI (Kurumu)

İmzası

Başkan : Prof. Dr. Yakup SEKMEN (KBU)

Üye : Doç. Dr. Abdurrazzak AKTAŞ (KBU)

Üye : Yrd. Doç. Dr. Fatih ŞAHİN (GÜ)

...../...../.....

KBÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu, bu tez ile, Yüksek Lisans Tez derecesini onamıştır.

Prof. Dr. Nevin AYTEMİZ
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

“Bu tezdeki tüm bilgilerin akademik kurallara ve etik ilkelere uygun olarak elde edildiğini ve sunulduğunu; ayrıca bu kuralların ve ilkelerin gerektirdiği şekilde, bu çalışmadan kaynaklanmayan bütün atıfları yaptığımı beyan ederim.”

Emre DEMİR

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

TEK SİLİNDİRLİ BUJİ ATEŞLEMELİ BİR MOTORDA ELEKTROMEKANİK SUPAP UYGULAMASI VE TESTİ

Emre DEMİR

Karabük Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

Tez Danışmanı:

Prof. Dr. Yakup SEKMEN

Ocak 2016, 66 sayfa

Elektromekanik supap (EMS) sistemleri içten yanmalı motorlarda kam milinden bağımsız bir çalışma sağlamaktadır. Bu özelliği sayesinde sonsuz değişkenlikte supap zamanlamasına imkân vermektedir. EMS mekanizmaları supabı çok kısa sürede açıp kapatmalı ve güvenilir bir supap performansı sağlamalıdır. EMS sistemleri, içten yanmalı motorlarda motor performansını yükseltip, özgül yakıt tüketimini ve çevreye atılan kirletici oranlarını azaltmaktadır. Bu çalışmada, düşük voltajlarla çalışabilen bir EMS mekanizmasının deney motoru silindir kapağına montajı yapılarak, motorun orijinal supap sistemi ve EMS sistemi ile performans ve emisyon testleri gerçekleştirilmiştir.

Anahtar Sözcükler : Elektromekanik supap, değişken supap zamanlaması.

Bilim Kodu : 914.3.026

ABSTRACT

M. Sc. Thesis

APPLICATION OF ELECTROMECHANICAL VALVE SYSTEM AND TEST IN A SINGLE CYLINDER SPARK IGNITION ENGINE

Emre DEMİR

Karabük University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Mechanical Engineering

Thesis Advisor:

Prof. Dr. Yakup SEKMEN

January 2015, 66 pages

The camshaft electro-mechanical valve (EMV) system, unlike conventional camshaft system, provides an independent performance in internal combustion engines. This property provides continuous variability valve timing. EMV mechanisms must open the valve and close fast enough to catch the motor speed and in the meantime it must provide reliable valve performance. EMV systems increase of engine performance, reduce specific fuel consumption and emissions of pollutants into the environment in internal combustion engine. In this study, EMV system that can operate with low voltage is mounted on the cylinder head and engine is operated separately with original valve system and electromechanical valve system and are performed of performance and pollutant emissions.

Key Words : Electromechanical valve, variable valve timing.

Science Code : 914.3.026

TEŞEKKÜR

Bu tez çalışmasının planlanmasında, araştırılmasında, yürütülmesinde ve oluşumunda ilgi ve desteğini esirgemeyen, engin bilgi ve tecrübelerinden yararlandığım, yönlendirme ve bilgilendirmeleriyle çalışmamı bilimsel temeller ışığında şekillendiren sayın hocam Prof. Dr. Yakup SEKMEN'e sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Deney kurulumu ve testler esnasında bilgi birikimi ve tecrübeleri ile desteklerini esirgemeyen sayın hocam Dr. Nida BİRGÜL'e ve bütün deney aşamalarında vermiş olduğu desteklerinden dolayı saygıdeğer arkadaşım Özkan ŞENER'e teşekkür ederim.

Bu tez çalışması KBÜ-BAP-14/2-YL-023 nolu proje ile Karabük Üniversitesi Bilimsel Araştırmalar Projeleri tarafından desteklenmiştir. Karabük Üniversitesi Bilimsel Araştırmalar Projeleri Komisyon Başkanlığına ve tüm çalışanlarına teşekkür ederim.

Maddi ve manevi hiçbir yardımı esirgemediğim yanımda oldukları için sevgili aileme ve saygıdeğer hocalarıma teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

Sayfa

KABUL.....	ii
ÖZET.....	iv
ABSTRACT.....	v
TEŞEKKÜR.....	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	ix
ÇİZELGELER DİZİNİ	xi
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	xii
BÖLÜM 1	1
GİRİŞ	1
BÖLÜM 2	4
LİTERATÜR ARAŞTIRMASI	4
BÖLÜM 3	10
SUPAP MEKANİZMASI, SUPAP ZAMANLAMASI VE DEĞİŞKEN SUPAP ZAMANLAMA SİSTEMLERİ	10
3.1. SUPAP MEKANİZMASI.....	10
3.2. SUPAP KALKMA MİKTARI, HIZI VE İVMESİ ARASINDAKİ İLİŞKİ ...	12
3.3. SUPAP ZAMANLAMASI.....	14
3.5. SUPAP ZAMANLAMASININ MOTOR GÜCÜ VE ÖZGÜL YAKIT TÜKETİMİNE ETKİSİ.....	16
3.6. DEĞİŞKEN SUPAP ZAMANLAMA SİSTEMLERİ	17
3.7. KAM MİLİNE BAĞIMLI DEĞİŞKEN SUPAP SİSTEMLERİ	18
3.7.1. Kam Profili ve Kam Fazı Değişen VVT (Değişken Supap Zamanlaması) Sistemleri.....	18
3.7.2. Sürekli Değişken Valf Kaldırma (CVVL) Sistemleri.....	29
3.8. KAM MİLİNDEN BAĞIMSIZ DEĞİŞKEN SUPAP SİSTEMLERİ	32

	<u>Sayfa</u>
3.8.1. Kamsız Supap Düzeneklerinin Çalışması.....	33
3.8.2. Elektromekanik Supap Sistemleri.....	33
3.8.3. Elektrohidrolik Supap Kontrol Sistemleri	35
3.8.4. Değişken Supap Sistemlerinin Karşılaştırılması	39
BÖLÜM 4	41
MATERYAL VE METOT	41
4.1. EMS SİSTEMİNİN YAPISI.....	41
4.2. DENEY DÜZENİĞİNİN KURULUMU.....	43
4.3. DENEY YÖNTEMİ	49
BÖLÜM 5	52
BULGULAR VE TARTIŞMA	52
5.1. EMS VE STANDART SUPAP SİSTEMİNİN KARŞILAŞTIRILMASI.....	52
5.2. EMS SİSTEMİNİN SİLİNDİR BASINCINA ETKİSİ.....	53
5.3. EMS SİSTEMİNİN ÖZGÜL YAKIT TÜKETİMİNE ETKİSİ	54
5.4. EMS SİSTEMİNİN EGZOZ EMİSYONLARINA ETKİSİ.....	55
5.4.1. Karbon Monoksit (CO).....	56
5.4.2. Hidrokarbonlar (HC)	57
5.4.3. Azot Oksitler (NO _x)	58
BÖLÜM 6	59
SONUÇLAR VE ÖNERİLER	59
KAYNAKLAR	61
ÖZGEÇMİŞ	66

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 2.1. Silindir kapağına yerleştirilmiş bağımsız valf tahrik sistemi.....	5
Şekil 3.1. I tipi motor.	10
Şekil 3.2. İki farklı kalkma miktarına sahip supapta kalkma, hız ve ivme değişimleri.....	13
Şekil 3.3. Klasik bir motorda supap zaman diyagramı.	14
Şekil 3.4. Emme supabı açılma zamanının volümetrik verime ve momente olan etkileri.	15
Şekil 3.5. Emme supabı açılma zamanının motor gücü ve özgül yakıt tüketimine etkisi.....	16
Şekil 3.6. VVTL-i sistemini.	19
Şekil 3.7. VarioCam Plus, hidrolik faz aktüatör ve değişken supap iticileri.	20
Şekil 3.8. Valvelift sistemi.	21
Şekil 3.9. Camtronic sistemi.	22
Şekil 3.10. İVLC sistemi.	23
Şekil 3.11. Düşük kaldırma ve yüksek kaldırma profilinin gösterimi.	24
Şekil 3.12. MIVEC sistemi.	25
Şekil 3.13. Düşük ve yüksek yüklemde sistemde meydana gelen değişiklikler	25
Şekil 3.14. Sürekli değişken supap zamanlama sistemi.	26
Şekil 3.15. Sistemin supap zamanlama diyagramı.	27
Şekil 3.16. Sistemin parçalarının gösterimi.	28
Şekil 3.17. Valvetronic sistemi	30
Şekil 3.18. Valvematic sistemi.....	30
Şekil 3.19. Sistemin düşük ve yüksek kaldırma konumunda çalışması.....	31
Şekil 3.20. Valeo EMS sisteminin parçaları ve genel görünümü.	34
Şekil 3.21. Multiair sisteminin parçalarının gösterimi.	36
Şekil 3.22. Multiair sisteminin farklı yüklerde supap kalkma miktarı.....	37
Şekil 4.1. EMS sistemini oluşturan elemanlar.	41
Şekil 4.2. EMS sistemini soğutmak için imal edilen kanatçıklar.....	43
Şekil 4.3. Selenoid ve hava kanatçıklarının alüminyum levha üzerine montajı.	44

Sayfa

Şekil 4.4. EMS sistemin deney motorunun silindir kapağı üzerine montajı.....	44
Şekil 4.5. Supap zamanlama sensörleri.....	45
Şekil 4.6. Kart üzerine yerleştirilmiş mikro denetleyici.	45
Şekil 4.7. TLP250 mosfet sürücü bloğu.....	46
Şekil 4.8. Mosfet güç sürücü ünitesi.	46
Şekil 4.9. Tek silindirli, buji ateşlemeli motor.....	47
Şekil 4.10. Deney motoru üzerine EMS, güç ünitesi ve kontrol sisteminin montajı	48
Şekil 4.11. EMS, güç ünitesi ve kontrol sisteminin çalışmasının şematik gösterimi	48
Şekil 4.12. Equus 3614 Innova kompresyon test manometresi	50
Şekil 4.13. Yakıt tüketimi ölçümü için kullanılan hassas terazi.	50
Şekil 4.14. Egzoz emisyon ölçüm cihazı.	51
Şekil 4.15. Yükleme cihazı.	51
Şekil 5.1. Standart supap sistemi ile EMS sisteminin karşılaştırması, 1000 1/min.	53
Şekil 5.2. Klasik supap sistemi ve EMS sistemi varken silindir basınç verileri.	53
Şekil 5.3. EMS sisteminin farklı motor yüklerinde özgül yakıt tüketimine etkisi..	54
Şekil 5.4. Klasik ve EMS sisteminin CO emisyonları	56
Şekil 5.5. Klasik ve EMS sisteminin hidrokarbon emisyonları	57
Şekil 5.6. Klasik ve EMS sisteminin azot oksit emisyonları	58

ÇİZELGELER DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
Çizelge 3.1. Değişken supap sistemlerinin karşılaştırması.....	39
Çizelge 4.1. Bobin ve hareketli kütle elemanlarının özellikleri.....	42
Çizelge 4.2. Deney motorunun teknik özellikleri.	47

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

SİMGELER

- sfc : Özgül yakıt tüketimi (g/kWh)
C : Karbon
CO : Karbon Monoksit
H₂ : Hidrojen
HC : Hidro Karbon
H₂O : Su
NO : Azot Monoksit
NO_x : Azot Oksit
O₂ : Oksijen
Me : Motor momenti (Nm)
Pe : Efektif güç (kW)
Pme : Fren ortalama efektif basınç (kPa)

KISALTMALAR

EMS	: Elektromekanik Supap
EMVA	: Electro-mechanic Valve Actuator
EMV	: Electro-mechanic Valve
HMEVA	: Hybrid Magnet Engine Valve Actuator (Hibrid Miknatıs Motor Supap Aktüatör)
PIC	: Peripheral Interface Controller (Çevresel arabirim denetleyici)
DGM	: Darbe Genişlik Modülasyonu
ÜÖN	: Üst Ölü Nokta
AÖN	: Alt Ölü Nokta
KMA	: Krank Mili Açısı
Em.A.A	: Emme Supabı Açılma Avansı
Em.K.G	: Emme Supabı Kapanma Gecikmesi
Eg.A.A	: Egzoz Supabı Açılma Avansı
Eg.K.G	: Egzoz Supabı Kapanma Gecikmesi
VVT	: Variable Valve Timing (Değişken Supap Zamanlaması)
VVTL-i	: Variable Valve Timing and Lift Intelligent System (Değişken Supap Zamanlaması ve Kaldırması)
VTEC	: Variable Valve Timing and Lift Electronic Control (Değişken Zamanlamalı Supap Kontrol Sistemi)
MIVEC	: Mitsubishi Innovative Valve Timing Electronic Control System (Mitsubishi Yenilikçi Valf Zamanlaması Elektronik Kontrol Sistemi)
VVC	: Variable Valve Control (Değişken Supap Kontrolü)
CVVL	: Continuous Variable Valve Lift (Sürekli Değişken Supap Kaldırma)
ECU	: Electronic Control Unit (Elektronik Kontrol Ünitesi)

BÖLÜM 1

GİRİŞ

Motorlu taşıtların kullanılması seyahat ve yol taşımacılığı gibi insan ihtiyaçlarının karşılanmasını hızlandırmış ve yaşam standardını artırmıştır. Dünya nüfusundaki artış trafikteki taşıt sayısını da artırmaktadır. Bu artış petrol kaynaklarını azaltmakta ve atmosferde biriken kirletici gaz oranını artırmaktadır. Kirletici gaz oranlarının insan sağlığını tehdit edecek düzeye ulaşması üretici firmaları daha az yakıt kullanan ve kirletici gaz emisyon değerleri daha düşük olan motorların tasarlanması için farklı teknolojilere yönlendirmiştir (Taşlıyol, 2011).

Elektronik kontrollü sistemlerin mekanik denetimli sistemlerin yerini alması ile motor performansları arttırılmış, yakıt tüketimleri azaltılmış ve kirletici gaz miktarlarında azalma sağlanmıştır. Günümüz motor teknolojilerinde mekanik denetimli sistem olarak yalnızca supap mekanizmaları kalmıştır. Kam mili tahrikli supap mekanizmalarında supap zamanlaması sınırlı denilebilecek düzeydedir (Aygül ve Özsezen, 2012). Motorun farklı çalışma şartları için supap zamanlamasının değiştirilmesi gerekir. Supap zamanlaması ancak değişken zamanlamalı supap mekanizmaları ile değiştirilebilir. Değişken zamanlamalı supap mekanizmaları elektromekanik, elektrohidrolik, elektropnömatik ve elektrik motoru tahrikli olmaktadır (Kamış, 2004).

Elektro-hidrolik supap mekanizmaları elektronik bir valf tarafından kontrol edilen basınçlı akışkan yardımıyla supapların açılıp kapanmasını sağlayan sistemlerdir (Aygül ve Özsezen, 2012). Bu tip supap mekanizmalarında supap zamanları ve sürekliliğin kontrolü hidrolik selenoid valfler tarafından sağlanır ve supap zamanlamasına ek olarak supap kalkış miktarı da kontrol edilebilmektedir (Pournazeri vd., 2011). Elektro-hidrolik supap mekanizmaları elektromekanik

sistemlere göre daha yüksek kuvvet uygulamalarına rağmen supap açma ve kapatma hızlarında daha yavaş kalmaktadırlar.

Elektrohidrolik ve elektro pnömatik supap mekanizmalarının çalışma şekilleri birbirleriyle benzerlik göstermektedirler. Pnömatik sistemlerde basınçlı hava kullanılırken, hidrolik sistemlerde ise basınçlı sıvılar kullanılmaktadır (Taşlıyol, 2011). Elektro pnömatik supap sistemleri boyutlarının büyük oluşu ve sürekli basınçlı hava gereksiniminden dolayı günümüzde otomobil motorlarında kullanılması pek mümkün olmamaktadır (Aygül ve Özseven, 2012).

Elektrik motoru ile tahrik edilen kam mekanizmalı supap sistemi üzerine de çalışmalar bulunmaktadır. Temelde bu sistemin değişken supap zamanlaması, değişken supap açıklığı mekanizmalarına sahip olmasının yanı sıra düşük güç tüketimine sahip olduğu da ifade edilmektedir (Birgöl, 2014).

EMS mekanizmaları kam milini devre dışı bırakarak supapların tamamen elektronik olarak açılıp kapanmasını sağlayan mekanizmalardır. Bu mekanizmalarda supaplar elektromıknatıslar sayesinde açılıp kapanmakta ve bu sayede emme ve egzoz supapları tüm motor devirlerinde kam milinden bağımsız olarak optimize edilebilmektedir (Yüksel ve Kamış, 2006). Ayrıca, bu sistem ile yüksek tork ve güç çıkışı elde edildiği, motorun soğukta ilk hareketi ve ısınması, geçici durum ve rölanti çalışması için optimum yakıt tüketimi sağladığı ve pompalama kayıplarını en aza indirdiği öne sürülmektedir (Wang vd., 2002).

EMS sistemleri, temel olarak her bir supap için iki adet elektromıknatıs ile supabın bağlı olduğu bir nüve ile bu sistemin denetimini ve işletmesini sağlayan elektronik kontrol ünitesinden oluşur. Bu sistemler üzerinde değişken supap zamanlaması, değişken supap açıklığı ve bazı silindirlerin devre dışı bırakılması sağlanabilmektedir (Atzler, 2001). Tüm bu uygulamaların sonucunda, geleneksel motorlara göre yakıt tüketiminde %11 azalma, ve torkta %5 artış gerçekleştiği vurgulanmaktadır (Özdalyan and Doğan, 2010). Supap oturma yüzeyine çarpma problemleri ve gürültü problemlerinin aşıldığı (Shiao, 2011; Peterson, 2004), düşük enerji tüketimleri ile bu sistemlerin çalıştırılabildiği ifade edilmektedir (Kim and Lieu, 2007).

Yapılan çalışmalarda supabı açma ya da kapama yönündeki tepki sürelerinin 4ms'den az olmasına karşılık genellikle 42 V ile 200 V arasında değişen çalışma gerilimlerine sahip oldukları görülmektedir (Yüksel, 2006; Wang, 2002). Günümüz taşıt elektrik sistemleri 12-24 V alışma gerilimlerine sahip olduğundan (Perreault, 2007), uygulamaların yapılabilmesi maksadıyla, bir kısım araştırmacılar tarafından taşıt elektrik sistemlerinin 42 V'a yükseltilmesi önerilirken, bir kısım araştırmacılar tarafından ise mevcut sistemlere uygun gerilimle çalışabilecek EMS sistemlerinin geliştirilmesinin uygun olacağı vurgulanmaktadır (Sağıroğlu, 2007; Doğan, 2006).

Bu çalışmada, tasarlanmış ve imalatı gerçekleştirilmiş düşük voltajlarla çalışabilen EMS mekanizmasının silindir kapağı üzerine montajı yapılarak, motor standart supap sistemi ve EMS sistemi ile çalıştırılarak performans ve kirletici emisyonları karşılaştırılmıştır.

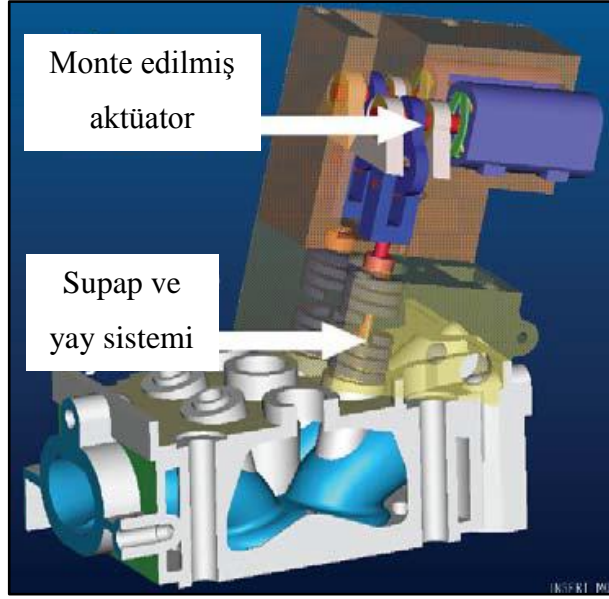
BÖLÜM 2

LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Yang ve arkadaşları tarafından yapılan çalışmada, 478 cm³ silindir hacmine sahip tek silindirli, dört zamanlı, buji ateşlemeli bir motorda aksel simetrik ve silindirik aktüatörü içeren EMVA uygulanmıştır. Enerji dengeleme kontrolörü ile prototip EMVA motorun emme valfi üzerine monte edilmiştir. EMVA için yumuşak valf iniş kontrolü Hall sensörü ile ölçülmektedir. Çeşitli motor performans deneyleri sonucunda fren-özgül yakıt tüketiminde beklenen gelişmelerin ve tüm motor hızlarında yaklaşık %25 daha az enerji tüketimim elde edildiği açıklanmıştır (Yang vd., 2012).

Vu ve Pyung tarafından yapılan çalışmada, deney motoruna uygulanmak üzere Hibrid Mıknatıs Motor Valf Aktüatör (HMEVA) tasarlanmıştır. Bobinin indüksiyonunu azaltmak ve başlangıçtaki tepkisini geliştirmek amacıyla EMV sistemine Shorted Turn eklenmiştir. Tasarlanan yeni HMEVA sistem geleneksel sistemlerle karşılaştırıldığında çok daha küçük bir güç tüketimine sahip olduğu ve içten yanmalı bir motora uygulama için uygun olduğu bildirilmiştir (Vu and Pyung, 2013).

Qiu ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada, 4 silindirli, 16 supaplı, 6000 1/min motor hızı ve 1,6 kW motor gücüne sahip deney motorunun silindir kapağı üzerine, EMV sisteminin pratikliğini geliştirmek amacıyla küçük bir alan içerisine yeni geliştirilen bir döner aktüatör tasarımı yapılmıştır. Rotor ataletini en aza indirmek için tek hareketli eleman üzerinde ortalananmış, aktüatör ekseninde dönen alüminyum içi boş armatür tasarlanmıştır. Sistemin analizleri sonucunda EMV sistemi üzerine eklenen mekanizma sayesinde, daha hızlı motor devirlerini karşılamının ve daha düşük güç tüketimi elde etmenin mümkün olduğu görülmüştür. Şekil 2.1'de silindir kapağına yerleştirilmiş bağımsız valf tahrik sistemi görülmektedir (Qiu vd., 2010).



Şekil 2.1. Silindir kapağına yerleştirilmiş bağımsız valf tahrik sistemi (Qiu, 2010).

Shiao ve Dat tarafından yapılan çalışmada, mevcut EMV sistemlerinin enerji tüketim ve iniş problemlerinin iyileştirilmesi için alternatif bir EMV sistemi geliştirilmiştir. Yeni geliştirilen bu sistemde sabit mıknatıs ve elektro mıknatıs birlikte kullanılmıştır. 12 V ile çalışan EMV sistemi 250 turunun her birinde 6 A'lık enerji tüketir. Sistem bir supap açma kapama döngüsü için toplam enerji 0,184 J harcamaktadır. Yeni geliştirilen sistem geleneksel EMV sistemleriyle karşılaştırıldığında, hızlı geçiş süresi, daha az enerji tüketimi ve düşük oturma hızı sağlamaktadır (Shiao and Dat, 2013).

Tsai ve diğerleri konvansiyonel bir motordaki EMV sisteminin, aşırı aşınma ve akustik gürültü gibi sorunlarını önlemek için yumuşak iniş kontrolü üzerine bir çalışma yapmıştır. Yumuşak iniş sorununu basitleştirmek için, valf kontrol algoritması yaklaşma ve iniş kontrolörlerine ayrılır. Bu çalışmada yaklaşma kontrolü üzerine yoğunlaşmıştır. Yaklaşım kontrolörlerinin ortak amacı iniş yörüngesinin arzu edilen başlangıç koşullarına sahip olmasını sağlamaktır. 42 V ile çalışan deney düzeneğinin 100-150 supap çevriminden sonra, Nelder Mead kontrolörünün 40 N bozukluk kuvvet etkisini kaybettiği görülmektedir. Sonuç olarak Nelder Mead denetleyici EMV yaklaşım kontrolü için optimizasyon yeteneği, bozukluk kuvvetlerine karşı sağlamlığı ve hesaplama verimliliği açısından tatmin edici sonuçlar üretmiştir (Tsai vd., 2012). (Nelder-Mead veya yokuş aşağı simpleks

yöntemi, alternatif yöntemlerle çözülebilir sorunlar için iyi tanımlanmış bir sayısal yöntemdir.)

Taşlıyol tarafından elektromekanik denetimli supap mekanizması tasarlanmıştır. Emme supabı elektro-manyetik şekilde tahrik edilerek kam mili dönüş açısına bağlı olarak supap zamanlaması değiştirilmektedir. İki farklı devir (1200 1/min ve 3600 1/min) için motor orijinal açılma ve kapanma zamanlamaları elektromekanik supap sistemine uyarlanmaktadır. Orijinal avans değerlerinin altında ve üstünde farklı avans değerleri ile farklı besleme gerilimlerinde elektro-mekanik supap sistemi tahrik edilmiştir. Her açılma ve kapanma avans değerleri ve supap konumu karşılaştırılmalı olarak incelenmiştir. EMS sistemde, farklı devir aralıklarında emme supabı açık kalma süresi, farklı açılma kapanma avans açısı değerleri değiştirilmiştir. Düşük devirlerde supap düşük besleme geriliminin yeterli olduğu ve devir yükseldikçe besleme geriliminin de yükselmesi gerektiği açıklanmıştır (Taşlıyol, 2011).

Turan yapmış olduğu çalışmasında, EMS mekanizması için kritik olan oturma hız denetimini teorik ve deneysel olarak analiz etmiştir. EMS mekanizmalarının tamamlayıcı kısmını teşkil eden denetim birimi olarak uygun bir PIC mikro denetleyici (PIC16F877) tabanlı devre tasarlanmış ve imalatını gerçekleştirmiştir. Elektromekanik supap mekanizmasının kapalı döngü denetiminin sağlanabilmesi için supap konum bilgisini içeren geri besleme sinyali alan etkili (hall-effect) konum algılayıcısı tarafından sağlanmıştır. Geri besleme sinyalini sayısal veriye çevirmek için mikro denetleyici içindeki A/D (Analog-Dijital) çeviriciden yararlanılmıştır. Akım denetimi için mikro denetleyici tarafından üretilen darbe genişlik modülasyon (DGM) sinyali kullanılmış ve akım sürücü devreye uygulanmıştır. Elektromekanik supap mekanizmasının denetimi uygun P (Proportional – Oransal), PD (Proportional and Derivative – Oransal ve türev) denetim yordamları ve DGM tekniği kullanılarak supap oturma hızının belli oranda azalttığını açıklamıştır (Turan, 2009).

Aygül çalışmasında, Honda GX 390 marka dört zamanlı tek silindirli benzinli bir motorun geleneksel kam mekanizması yerine tasarlanan EMS mekanizması monte etmiştir. İçten yanmalı motor elektrik motoru ile tahrik edilerek belirli devir ve emme supabı açılma zamanlarında testler gerçekleştirilmiştir. Bu testlerde silindir içi gaz

basınç ölçümlerinde, maksimum basınç her bir devirde ÜÖN'den 15° KMA önce supap açılma zamanlarında elde edilmiştir. Emme supabının açık kalma süresinin artması silindir içi basınçlarında da artış sağlamıştır. Ancak, bu artışlarda ÜÖN'den 20° KMA önce ve daha fazla olan supap açılma zamanlarında çok az değişiklikler olduğu tespit edilmiştir. Emme supabı açık kalma süreleri ölçülmüş ve bu sonuçlar teorik hesaplamalarla karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırmalar sonucunda farklı devir ve çevrimlerde emme supabı açılması ve kapanmasında yaklaşık olarak %1 ile %9 arasında gecikmeler olduğu tespit edilmiştir. EMS bobinlerinin 800 1/min de 16,69 V ve 4,331 A, 1000 1/min de 16,83 V ve 4,401 A, 1200 1/min de 17,11 V ve 4,448 A enerji tüketimine sahip olduğu tespit edilmiştir.

Deneysel çalışmalarda bobin tasarımında çeşitli problemlerle karşılaşmıştır. Bobin çekme kuvveti, silindir içi basıncını ve supap yayı kuvvetini yenmek zorundadır. Ancak çekme kuvveti yüksek bobinler daha fazla güç harcamakta ve daha fazla alan kaplamaktadır. Ayrıca, bu durumlarda bobinlerde ısınma problemleri de oluşmaktadır. Silindir kapağındaki sınırlı alandan dolayı bobin tasarımının optimum olması gerekmektedir. Karşılaşılan diğer bir sorun da supap oturma hızının yüksek olmasından dolayı gürültü problemlerinin oluştuğunu açıklamıştır (Aygül ve Özsezen, 2014).

Sağiroğlu yatığı çalışmada, Briggs and Stratton-Vanguard marka benzinli bir motor üzerine tasarlanan EMS sistemini eklemiştir. EMS sistemi sadece emme supabına uygulanmıştır. Kullanılan EMS sistemi 42 V doğru akım çeken ve mikro denetleyici kumandalı olarak tasarlanmıştır. Akım değişimlerinden mikro denetleyici devrenin hasar görmemesi için elektronik devrede mikro denetleyici ünitesi ile mosfet transistörler tarafından selenoid bobinlerin sürüldüğü güç ünitesi arasına optokuplör eklenmiştir. Tek sargılı EMS'li motorda 2200 1/min de en yüksek volümetrik verim, Em.A.A. 50° KMA, Em.K.G. -50° KMA ile sağlanmıştır ve klasik kam mekanizmasına göre %49,2'lik bir kayıp olmaktadır. Çift sargılı EMS'li motorda 2200 1/min de en yüksek volümetrik verimin sağlandığı supap zamanlaması Em.A.A. 10° KMA, Em.K.G. -50° KMA'nın olduğu zamanlamadır. Hava/yakıt oranı 2200 1/min de klasik kam mekanizması ile 14,7/1 iken tek sargılı EMV'de Em.A.A. 50° KMA, Em.K.G. -50° KMA'da 24,3/1 ve çift sargılı EMV'de Em.A.A. 10°

KMA, Em.K.G. -50° KMA'da cihaz ekranında “Az Hava” şeklindedir. Moment, 2200 1/min de klasik kam mekanizması ile 10,625 Nm'dir. Tek sargılı EMV'de momentin maksimum olduğu supap zamanlaması Em.A.A. 60° KMA, Em.K.G. -50° KMA'da 6,95 Nm'dir ve klasik kam mekanizmasına göre %34,6 ve çift sargılı EMV'de momentin maksimum olduğu supap zamanlaması Em.A.A. 10° KMA, Em.K.G. -50° KMA'da 4,775 Nm'dir ve klasik kam mekanizmasına göre %55'lik bir kayıp olmaktadır. Motor gücü, 1/min de klasik kam mekanizması ile 2,448 kW'tır. Tek sargılı EMV'de motor gücünün maksimum olduğu supap zamanlaması Em.A.A. 60° KMA, Em.K.G. -50° KMA'da 1,497 kW'tır ve klasik kam mekanizmasına göre %34,6 ve çift sargılı EMV'de motor gücünün maksimum olduğu supap zamanlaması Em.A.A. 10° KMA, Em.K.G. -50° KMA'da 1,100 kW'tır ve klasik kam mekanizmasına göre %55'lik bir kayıp olmaktadır. Özgül yakıt tüketimi, 1/min de klasik kam mekanizması ile 383,170 g/kWh'tir. Tek sargılı EMV'de özgül yakıt tüketiminin minimum olduğu supap zamanlaması Em.A.A. 40° KMA, Em.K.G. -50° KMA'da 466,149 g/kWh'tir ve klasik kam mekanizmasına göre %21,65 ve çift sargılı EMV'de özgül yakıt tüketiminin minimum olduğu supap zamanlaması Em.A.A. Ü.Ö.N.° KMA, Em.K.G. -50° KMA'da 585,029 kW'tır ve klasik kam mekanizmasına göre %52,68'lik bir kayıp olduğunu açıklamıştır (Sağiroğlu, 2006).

Doğan çalışmasında, tek silindirli, 4 zamanlı, üstten supaplı Briggs & Stratton Vanguard marka buji ile ateşlemeli bir motora EMS sistemini uygulamıştır. Yapılan deneylerde, tam yük ve değişik hızlarda yapılan ölçümlerde, elektromekanik supaplı motor çalışmasında geleneksel motor çalışmasına göre bütün hız aralıklarında, motor moment ve gücünde ortalama %7,9 oranında bir artış tespit edilmiştir. Özellikle emme supabı kesit alanının ve supap bindirme kesit alanının büyümesinin yanında mekanik parça sayısındaki azalma nedeniyle mekanik verimdeki artış özellikle orta hızlarda motor performansına yansımıştır. Özgül yakıt tüketimi, moment ve güçteki artışa paralel olarak önemli ölçüde iyileşme göstermiştir. Elektro-mekanik supaplı motor çalışmasındaki özgül yakıt tüketiminde, bütün hız aralıklarında ortalama %36'lık bir iyileşme tespit edilmiştir. Elektromekanik supaplı motor çalışmasında, geleneksel motor çalışmasına göre bütün hız aralıklarında, CO emisyonlarında ortalama %66 oranında iyileşme, CO₂, HC ve NOX emisyonları sırasıyla ortalama

%4,2, %11,8 ve %12,6 oranında bir artış göstermiştir. Elektro-mekanik supap sistemleri genellikle minimum 42 V'luk bir gerilim talep etmektedirler. Bu çalışmada gerçekleştirilen elektro-mekanik supap sistemi ise 33 V'luk gerilimle çalıştırılmıştır. Dolayısı ile sistemin gerilim gereksinimi %26 oranında azalma göstermiştir. Elektromekanik supaplı motor çalışmasındaki maksimum motor hızının da 150 1/min kadar artış gösterdiğini açıklamıştır (Doğan, 2006).

Birgöl tarafından yapılan çalışmada, yeni bir EMS sistemi tasarlanmıştır. Tasarlanan sistemin güç tüketimi ve açılma süreleri üzerine çeşitli deneysel ölçümleri yapılmıştır. Geliştirilen sistemin çalışma gerilimi 12 V olarak belirlenmiş ve uygulanmıştır. Çalışma gerilimi bakımından, diğer sistemlerin kullanmış olduğu 42 V, 100 V ve 200 V'luk değerler ile karşılaştırıldığında; sırasıyla %71, %88 ve %94 oranında daha düşük gerilimlerle çalışmanın mümkün olabileceği görülmüştür. Sistemden çekilen maksimum akım değeri 13,3 A. Bu bakımdan diğer çalışmalarda yer alan 5 A, 7,5 A ve 10 A değerlerine göre daha büyük, 15 A değerine göre daha küçük akım değerine sahip olduğu görülmüştür. Maksimum elektromıknatis kuvvet değeri 260,85 N. Bu değer, diğer çalışmalarda yer alan 69,6 N değerinden 3,73 kat daha fazla olduğu, 600 N ve 1300 N değerlerine göre ise sırasıyla %57 ve %80 daha az olduğu tespit edilmiştir. Hareketli nüvenin geçiş süresinin, 6 mm ve 8 mm supap çalışma aralıkları için sırasıyla 3,9 ms ve 4,4 ms olarak ölçüldüğünü açıklamıştır (Birgöl, 2014).

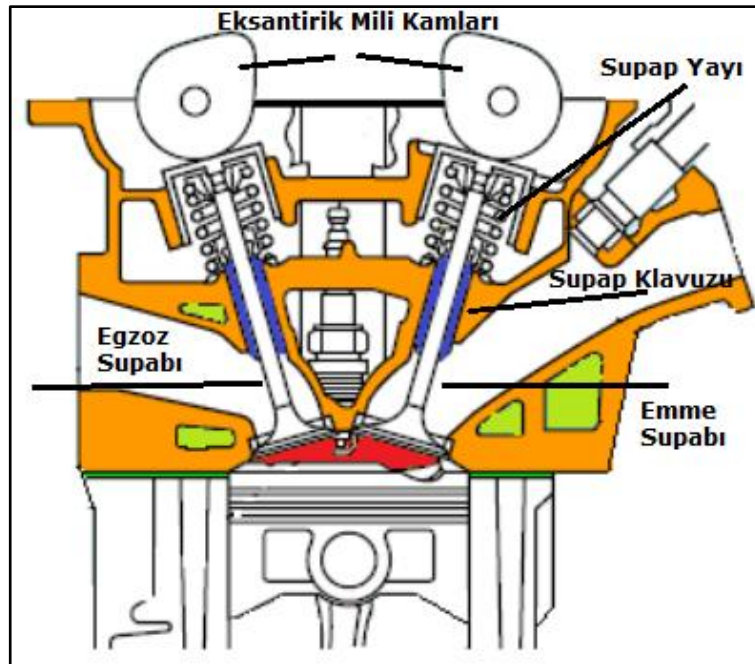
Elektromekanik supap sistemi üzerine literatürdeki mevcut çalışmalar sonucunda kamsız değişken supap zamanlamalı sistemler ile klasik supap kam sistemi olmaksızın motorların daha verimli çalışabileceği görülmektedir. Mevcut EMS sistemlerinin genel olarak kullanılan akım ve gerilim değerleri, EMS'nin açılma ve kapanma hızları, kullanılan elektromıknatisin kuvvet değerleri, volümetrik verim, motor gücü, motor devri, yakıt sarfiyatı ve egzoz emisyonlarını iyileştirmek için çalışılmaktadır.

BÖLÜM 3

SUPAP MEKANİZMASI, SUPAP ZAMANLAMASI VE DEĞİŞKEN SUPAP ZAMANLAMA SİSTEMLERİ

3.1. SUPAP MEKANİZMASI

Supap mekanizmasının görevi, zaman ayar mekanizması ile birlikte silindir içindeki pistonun konumuna göre supapların açılıp kapanmasını ve zamanların oluşmasını sağlamaktır. İçten yanmalı dört zamanlı motorlarda bir silindirde emme ve egzoz olmak üzere iki supap bulunur. Günümüz otomobil motorlarında supap sayıları performans artırmak için silindir başına üç, dört veya farklı sayıda kullanılmaktadır.



Şekil 3.1. I tipi motor (MEGEP, 2011).

Supapların motorun üzerinde bulunduğu yere ve konuma göre motorlarda sınıflandırma yapılmaktadır. Motor üretiminde supaplara hareketin iletilmesi, parçaların yağlanması, parçaların soğutulması, bakım ve onarımları gibi nedenlerden

dolayı supaplar L tipi, T tipi, F tipi, I tipi olarak dört şekilde konumlandırılmıştır. Günümüz motorlarında kullanılan supap yerleşim tarzı olan I tipine (Şekil 3.1), motor tasarımına göre tek ve çift kam mili ile hareket verilmektedir (MEGEP, 2011). İçten yanmalı motorlarda, silindir ile çevre arasındaki akışkan geçişini sağlayan parçalara supap adı verilmektedir. Motorlarda kullanılan supapların görevi kısaca şöyle sıralanabilir;

- Emme supapları emme zamanında açık kalarak buji ateşlemeli motorlarda yakıt-hava karışımının, dizel motorlarda sadece havanın silindire alınmasını sağlar.
- Egzoz supapları egzoz zamanında açık kalarak yanmış egzoz gazlarının atılmasını sağlar.
- Sıkıştırma ve iş zamanlarında her iki supap da kapalı kalarak silindir içinde basıncın oluşmasını sağlar.
- Supap bindirmesinde ise her iki supap açık kalarak egzoz gazlarının bir kısmının silindirde kalmasını sağlamaktır (MEGEP, 2011).

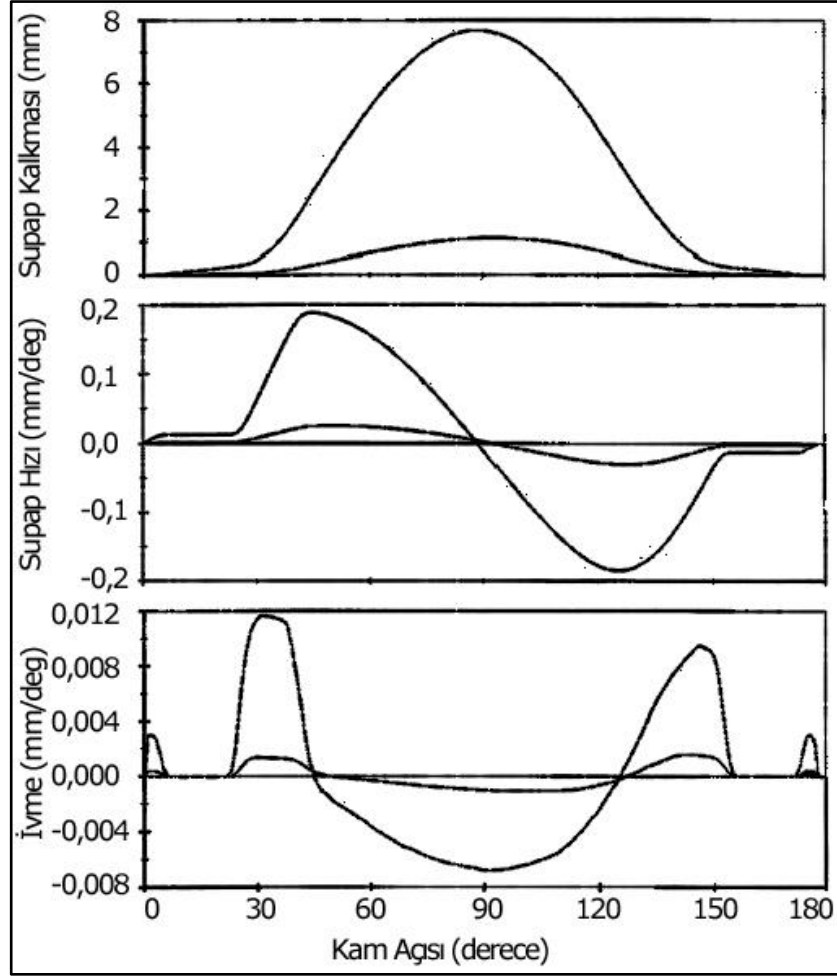
Supaplar sürekli mekanik zorlama ve yüksek sıcaklıklara maruz kalarak çalışmaktadır. Supaplar kapalı olduğunda supap yayları supap oturma yüzeyine sürekli baskı kuvveti uygular. Supaplar açılırken ise yay kuvvetine karşı eksantrik mili kamı supap başına baskı kuvveti uygular. İş zamanında meydana gelen yanmadan dolayı da sürekli yüksek ısıya maruz kalarak çalışmaktadırlar.

Supaplar krank milinden hareket alan kam mili ile tahrik edilir. Kam mili üzerinde bulunan kam çıkıntıları ve yaylar tarafından supapların açılıp kapatılmaları sağlanır. Supabın açılması sırasında kam burnu bir taraftan yayı sıkıştırırken diğer taraftan da supabı sap kısmından iter. Ekseni doğrultusunda harekete zorlanan supap, silindir kapağında bulunan oturma yüzeyinden uzaklaşır. Uzaklaşma hareketi kam burnunun maksimum yüksekliğe ulaşmasına kadar devam eder. Kam milinin dönüşüyle birlikte, yükselme sona erdiğinde supap maksimum açıklığa ulaşmış demektir. Kam milinin dönüşü sırasında kam yüksekliği sabit olduğu müddetçe supap, tam açık konumunu sürdürür. Daha sonra, kam milinin dönüşü ve kam burnu yükselmesinin azalması ile birlikte yay açılmaya fırsat bularak üzerindeki potansiyel enerjiyi kinetik enerjiye dönüştürür ve supabı Kam yüzeyine bastırır. Supap kam profilini takip eder

ve kam ökçesi supap sapı ile aynı doğrultuya geldiğinde supap, yay tarafından silindir kapağındaki oturma yüzeyine bastırılır. Bu durumda supap sızdırmaz bir şekilde yerine oturur ve silindir ile manifold arasındaki bağlantıyı keser. Kam milinin dönmeye devam etmesiyle kam ökçesi tekrar yükselmeye, supap da tekrar açılmaya başlar. Supabın açılıp kapanma olayları sürekli tekrar eder ve bu şekilde silindire gaz giriş çıkış olayları sürekli kontrol edilir (Birgül, 2014).

3.2. SUPAP KALKMA MİKTARI, HIZI VE İVMESİ ARASINDAKİ İLİŞKİ

Gerçek supap kalkma eğrisi, hareket iletme elemanlarının elastikiyetinden, kam milinin kendisinden ve tahrik şekilleri gibi mekanik etkilerden dolayı teorik kalkma eğrisinden daha farklıdır. Kuvvetler ve onların kam mili eksenine olan mesafelerinden dolayı dönme momenti meydana geldiğinden, kam ileri harekette geri kalır ve geri harekette ise ileri gider. Böylece hesaplara bulunan değere göre daha kısa açı ile daha yüksek hızlanma (ivmelenme) ve yavaşlama meydana gelir. Şekil 3.2’de iki farklı kalkma miktarına sahip supapta oluşan kalkma eğrisi, hız ve ivme değişimleri gösterilmiştir. Teorik supap kalkma eğrisinde kam profilinin supabı hareket ettirmesiyle supap hızı sıfır değerinden maksimum değerine çıkar. Bu aralıkta ivme pozitiftir. Pozitif ivmenin oluşturduğu eylemsizlik supabın kam profiline sürekli temas etmesini sağlar. Daha sonra supabın hızı maksimumdan sıfıra ininceye kadar geçen süreçte ivme negatiftir yani supap yavaşlamaktadır. Hareket halinde olan elemanların atalet kuvvetlerinden dolayı bu elemanlar kam profilinden uzaklaşmaya çalışır, fakat kuvvetli supap yayı bunu engellemektedir. Supap maksimum açıklığına eriştikten sonra ya bir müddet bu durumda kalır ya da kapanma evresine geçer. Kapanma evresinde de ivmenin negatif veya pozitif olduğu aralıklarda açılma sürecinde olduğu gibi mekanik etmenler oluşur (Koca ve Gün, 2006).



Şekil 3.2. İki farklı kalkma miktarına sahip supapta kalkma, hız ve ivme değişimleri (Gün, 2006).

Gerçek supap kalkma eğrisinde iki önemli nokta mevcuttur. Bunlardan birincisi kamın tepe noktası, ikincisi ise supap oturma anıdır. Şekil 3.2’de görüldüğü gibi kam tepe noktasına ulaştığında negatif ivme maksimumdur. Atalet kuvvetlerini dengelemeye çalışan supap yayı bu noktada gerekeni sağlayamaz. Supap kamın tepe noktasında sıçrar, tekrar kamın üzerine oturur ve tahrik elemanlarını sıkıştırmış olur. İkinci önemli nokta ise supabın yuvasına oturmasıdır. Bu anda oluşan darbe oldukça fazladır ve yuva yay tesiri yaparak supabı sıçratmaktadır. Bu iki durumda supaplarda istenmeyen durumdur. Supapların açılıp kapanmasında teori ile pratik arasında bu farklılıkları azaltmak için;

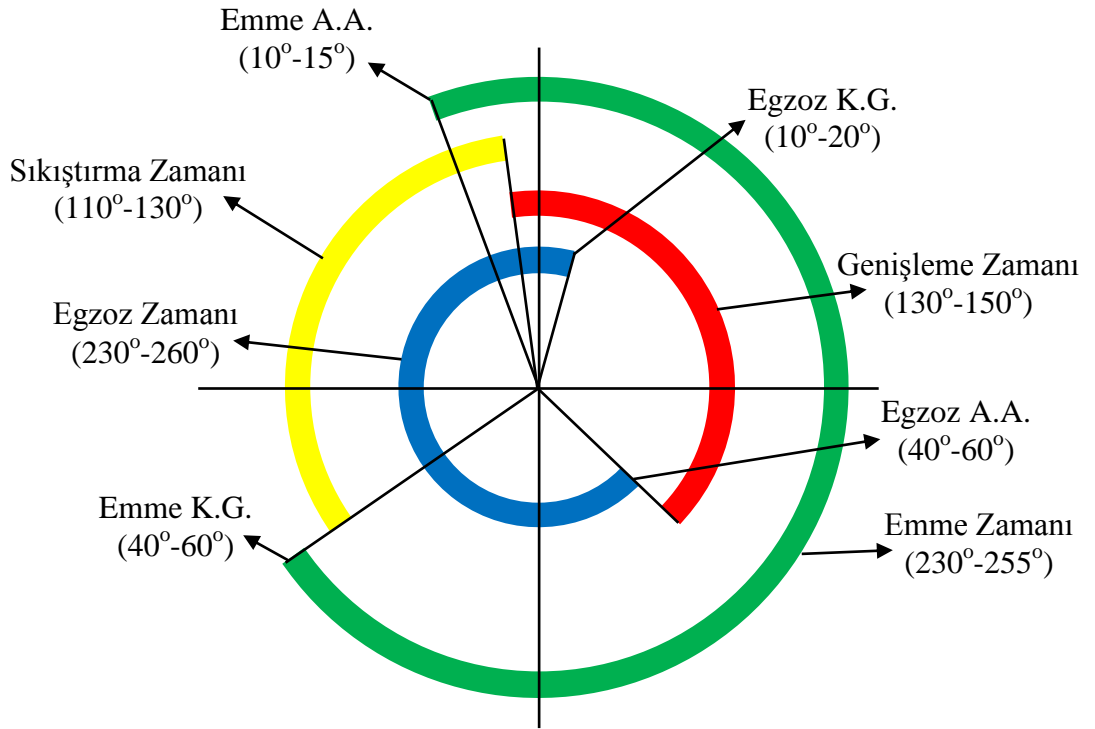
- Kütleler nispeten küçük ve dayanıklı olmalıdır.
- Kam mili burulmaya ve eğilmeye dayanıklı olmalı, yatak yerleri salgı yapmamalıdır.

- Kam mili, supap tahrik sistemi küçük elastikiyete sahip olmalıdır.

Kalkma miktarı azaldığında supap üzerinde oluşan ivme azalmış dolayısıyla atalet kuvvetleri de azalmıştır. Böylece daha düşük kalkma miktarlarında, hesaplanarak bulunan kalkma eğrisine çok daha yakın bir kalkma eğrisi elde edilebilir (Gün, 2006).

3.3. SUPAP ZAMANLAMASI

Bir motorda, karışımın her çevrim için silindir içerisine en uygun bir şekilde alınması ve yanmış olan gazların tamamen dışarıya atılması için supap zamanlaması çok önemlidir. Gelişmiş motorlarda her devir ve yüke göre ayarlanabilen değişken supap zamanlaması mekanizmaları kullanılmaktadır. Şekil 3.3'te dört zamanlı motorların supap zamanlama diyagramı görülmektedir.



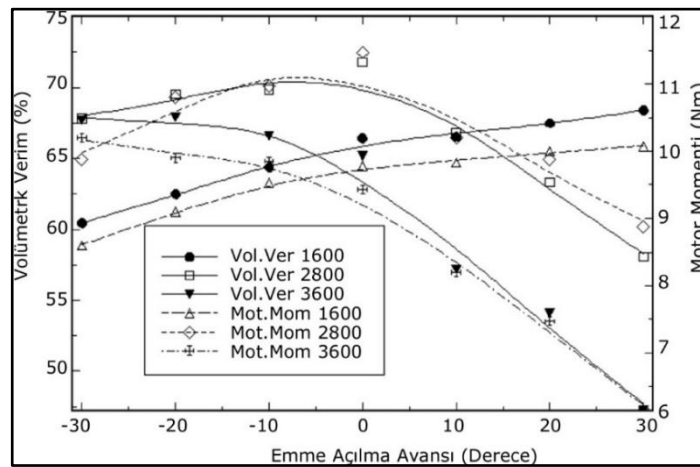
Şekil 3.3. Klasik bir motorda supap zaman diyagramı (Sarıdemir, 2009).

Gaz kelebeği tam açık konumda iken emme zamanında silindir içinde bulunan basınç atmosfer basıncından biraz düşüktür. Silindir içerisine daha fazla karışımın

girebilmesi için uygulamada emme supabı genellikle ÜÖN'den 10°-15° önce açılmaktadır. Böylece emme zamanı süresince emme supabı daha çok açık kalacağından dolayı, dolgudaki kısılma miktarı azalacak ve volümetrik verim artacaktır. Silindir basıncı AÖN'de emme manifoldu basıncından düşük olduğundan dolayı, silindir hacmi pistonun hızı dolayısıyla azalsa bile, piston AÖN'yi 40°-60° geçene kadar silindirlere karışımın dolgusu devam edecektir. Bu nedenle emme supabı AÖN'den sonra kapatılarak silindirlerin dolgu zamanı artırılabilir. Böylece emme olayı toplam 230-255° KMA kadardır.

Egzoz supabı silindir içerisindeki yanmış gazların boşaltılması için yeterli zaman sağlamak üzere genişleme periyodunun sonunda AÖN'den 40-60° önce açılacaktır. Böylece silindir içindeki az miktardaki basıncın etkisiyle yanmış egzoz gazlarının bir kısmı egzoz supabından kendiliğinden çıkacaktır ve egzoz zamanında piston silindir basıncına karşı çalışmayacağından çevrimin net işi artacaktır. Egzoz supabının açılma zamanı efektif genişleme oranını belirlediğinden dolayı, çevrimin verimini etkilemektedir. Egzoz manifoldunu terk eden egzoz gazlarının taşınma kapasitesini artırmak için egzoz supabı genellikle ÜÖN'den 10-20° sonra kapanmaktadır. Bu nedenle silindir basıncı düşeceğinden dolayı, emme zamanında daha çok dolgu silindire girerek volümetrik verimi artıracaktır (Sarıdemir, 2009).

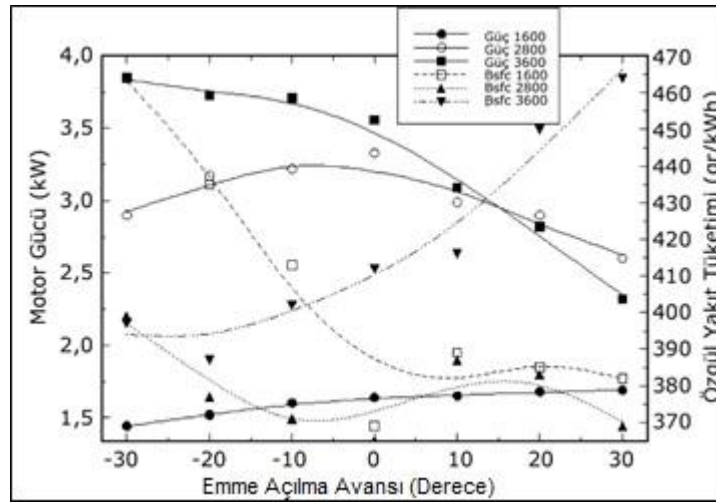
3.4. SUPAP ZAMANLAMASININ VOLÜMETRİK VERİM VE MOMENTE ETKİLERİ



Şekil 3.4. Emme supabı açılma zamanının volümetrik verime ve momente olan etkileri (Akbaş vd., 2001).

Şekil 3.4'te görüldüğü gibi volümetrik verim artışı motor momentinin de artmasına neden olmaktadır. Bunun sebebi içeri alınan dolgu miktarının artmasıdır. Düşük devirlerde emme supabı zamanlamasının standart zamanlamaya göre avansa alınması volümetrik verimi artırırken beraberinde motor momentini de artırmaktadır. 1600 1/min'de emme supabı 30° avansa alındığında volümetrik verim %68,40 iken 30° rötara alındığında %60,44 düşmektedir. Bu durumda moment ise 10,07 Nm'den 8,60 Nm'ye düşmektedir. Orta devirlerde, standart emme supabı zamanlaması için volümetrik verim %71,80 motor momentini ise 11,47 Nm ile en iyi neticeyi vermiştir. Supap açılma zamanının avansa veya rötara alınması volümetrik verimi ve momenti düşürmüştür. Yüksek devirler için rötara değerleri daha iyi neticeler vermektedir. 3600 1/min'de 30° rötara için volümetrik verim %67,69 motor momentini 10,20 Nm iken 30° avans değerinde volümetrik verim %47,26 motor momentini ise 6,15 Nm'ye düşmektedir. Sonuç olarak, motor devri arttıkça emme supabı zamanlamasının rötara doğru kaydırılması daha iyi volümetrik verim ve motor momentinin elde edilmesini sağlayacaktır (Akbaş vd., 2001).

3.5. SUPAP ZAMANLAMASININ MOTOR GÜCÜ VE ÖZGÜL YAKIT TÜKETİMİNE ETKİSİ



Şekil 3.5. Emme supabı açılma zamanının motor gücü ve özgül yakıt tüketimine etkisi (Akbaş vd., 2001).

Şekil 3.5'de emme supabı zamanlamasının motor gücü ve özgül yakıt tüketimine olan etkisi beraber gösterilmiştir.

Emme supabı zamanlaması düşük devirlerde avansa alındıkça hem motor gücünde hem de özgül yakıt tüketiminde belirgin bir artış olmaktadır. 1600 1/min'de motor gücü emme kamının 30° avansa alındığında 1,69 kW iken 30° rötara alındığında 1,44 kW düşmektedir. Bu durumda özgül yakıt tüketimi 382 g/kWh'den 464 g/kWh yükselmektedir. Avanslı çalışmada düşük devirde güç de %3'lük bir artış, özgül yakıt tüketiminde ise %12,69 luk bir iyileşme olmaktadır. Orta devirlerde ise standart supap zamanlaması en iyi neticeyi vermektedir. 2800 1/min'da standart zamanlama için güç 3,33 kW iken avans ve rötara değerlerinde bunun altında kalmaktadır. Özgül yakıt tüketimi ise buna paralel olarak 365 g/kWh ile en düşük değerdedir. Yüksek devirlerde ise kazanç rötara değerleri tarafındadır 3600 1/min'de en yüksek güç 3,85 kW ile 30° rötara değerinde elde edilmiştir. Özgül yakıt tüketimi de 30° rötarda en düşük değerinde 397 g/kWh çıkmaktadır (Akbaş vd., 2001).

3.6. DEĞİŞKEN SUPAP ZAMANLAMA SİSTEMLERİ

Değişken supap zamanlama sistemleri, motorun her bir devrine uygun supapların açık ya da kapalı kalma zamanlarını değiştirerek uygun yakıt ekonomisi ve motor performansı sağlar.

Değişken supap zamanlaması olmayan motorlardaki eksantrik mili ve üzerindeki kamlarda motorun kısmı yük durumlarına göre dizayn edilmiştir. Dolayısıyla rölanti ve yüksek devirlerde istenilen performansı değişken supap zamanlaması olan motorlara göre iyi değildir (Gün, 2006).

Günümüz motorlarında kullanılan değişken supap zamanlama sistemlerinde ana unsur kam milidir. Bu sistemlerde kullanılan kam milleri, supap zamanlamasının veya supap çalışma yüksekliğini değiştirmek, gelişmiş sistemlerde ise sayılan bu özelliklerin birleşimini sergilemek üzere tasarlanmış sistemlerdir. Bu sistemlerin temel özelliği her bir supap için birden çok kam profili düzenlemelerine sahip olmasıdır (Koca ve Gün, 2006).

Değişken supap zamanlaması her marka otomobil motorlarında aynı çalışma prensibi ile çeşitli isimlerde görülebilir. Çok değişik isimdeki bu supap zamanlamalarında

temel olan motorun çalışması esnasında supaba farklı kamlarla müdahale etmek ya da mevcut kamların açılma başlangıçlarını motor kontrol ünitesi içindeki yazılımlarla değiştirmektir (Birgöl, 2014).

3.7. KAM MİLİNE BAĞIMLI DEĞİŞKEN SUPAP SİSTEMLERİ

3.7.1. Kam Profili ve Kam Fazı Değişen VVT (Değişken Supap Zamanlaması) Sistemleri

Kam profili ve kam fazı değişen VVT sistemleri birleştirilerek, hem üst düzey güç gereksinimi hem de tüm devir aralığı boyunca esneklik karşılanabiliyor olmasına rağmen, sistem daha karmaşıktır (Wan, 2014).

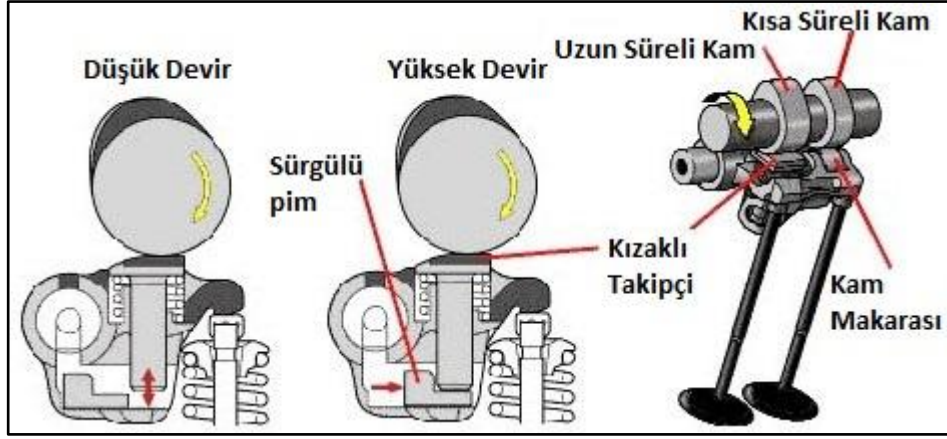
Toyota'nın VVT-i en gelişmiş VVT tasarımıdır. Sistemin güçlü fonksiyonları şunlardır:

- Kam fazı sürekli değişken supap zamanlaması,
- 2-aşamalı değişken supap kaldırma ve artı supap açma süresi,
- Her iki emme ve egzoz supapları uygulanabilmesi.

Sistem, değişken kaldırma mekanizması Honda'dan farklı olmasına rağmen, mevcut VVT-i ve Honda'nın VTEC kombinasyonu gibi görülebiliyordu.

VVT-i gibi, değişken supap zamanlaması eksantrik sonuna kadar bağlı bir hidrolik aktüatörü vasıtasıyla ileri veya geri, tüm eksantrik faz açısını değiştirerek yürütülmektedir. Zamanlama motor devri ve ivme gibi motor yönetim sistemleri dikkate alınarak hesaplanır. Ayrıca, varyasyon 60°'ye kadar geniş bir aralık boyunca süreklidir. Bu nedenle değişken zamanlama bugüne kadar belki de tek başına en mükemmel tasarımıdır (Wan, 2014).

VVT-i'yi sıradan bir VVT-i'den üstün yapan "L" bilindiği gibi supap kaldırma anlamına gelmektedir. VVT-i sistemi Şekil 3.6'de görülmektedir.



Şekil 3.6. VVTL-i sistemini (MEGEP, 2011).

VVTL-i'nin avantajı sürekli değişken kam fazında ve geniş devir aralığında tork dağılımını geliştirilmesi; değişken kaldırma ve zamanlama yüksek devir gücünü artırılmasıdır. Daha karmaşık ve pahalı olması VVTL-i'nin dezavantajıdır.

PORSCHE VARIOCAM PLUS, Porsche'nin bazı modellerinde kullandığı VarioCam sisteminin gelişmiş hali olduğu söylenmektedir. VarioCam ilk kez 1968 ile 1991 yılları arasında kullanılmıştır. Eksantrik faz açısını değiştirmek için zamanlama zinciri kullanılarak 3 kademeli değişken supap zamanlaması sağlanır. Ancak, gerçekte hidrolik kam fazlarına göre diğer otomobil üreticileri tarafından daha az tercih edilmektedir. Özellikle faz çok fazla varyasyon açısına izin vermez.

Bu nedenle, zincirli VarioCam yerine hidrolik kam fazı kullanan VarioCam Plus kullanılmaktadır. Ancak, VarioCam Plus'ın en önemli değişikliği değişken supap kaldırma sistemi eklenmesidir. Bu değişken hidrolik iticileri kullanılarak uygulanır. Resimde görüldüğü gibi, her supap 3 kam lobu tarafından sunulan merkez, daha az kaldırma (sadece 3 mm) ve valf açılması için daha kısa süreye sahiptir. Diğer bir ifadeyle, bu "yavaş" kamdır. Dış iki kam lobu hızlı zamanlama ve yüksek kaldırma ile (10 mm), tam olarak aynıdır. Kam loblarının seçimi aslında bir iç ve bir dış itici valf (halka şeklinde) ve değişken itici valf tarafından yapılır. Onlar kendilerine geçen bir hidrolik kumandalı pim ile birlikte kilitli olabilir. Bu şekilde, kam lobları "hızlı" supap hareketi, yüksek kaldırma ve uzun süreli açılma sağlar. Supap iticileri birlikte

kilitli değilse, supap iç itici valf üzerinden "yavaş" kam lobu tarafından çalıştırılacaktır. Dış itici supap fincanı bağımsız hareket edecektir (Wan, 2014).

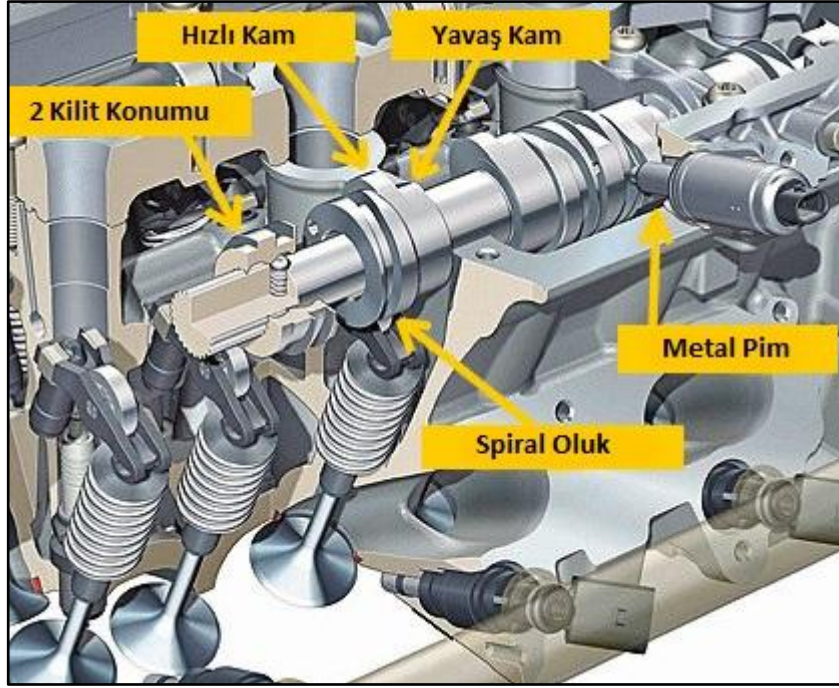


Şekil 3.7. VarioCam Plus, hidrolik faz aktüatör ve değişken supap iticileri (Wan, 2014).

Şekil 3.7’de görüldüğü gibi, değişken kaldırma mekanizması alışılmışın dışında basit ve yer tasarrufu sağlamaktadır. Değişken supap iticileri sıradan supap iticilerinden daha ağırdır ve neredeyse daha fazla yer kaplar.

VarioCam Plus’ın avantajları değişken kam fazı düşük / orta devir tork dağıtımını geliştirir; Değişken kaldırma ve süresi, yüksek devir gücünü artırır. VarioCam Plus’ın dezavantajı biraz daha karmaşık ve pahalı olmasıdır.

Audi-Valvelift sistemi bir kam-değiştirme tipi VVT’dir. Bu sistem karmaşık ara parçaları (hidrolik kumandalı kilitlenebilir külbütör kolları) kullanmadan değişken kaldırma yapar Şekil 3.8. Böylece, sürtünme kaybını azaltır ve teorik incelenabilirliği geliştirirken yer ve ağırlık tasarrufu sağlar.



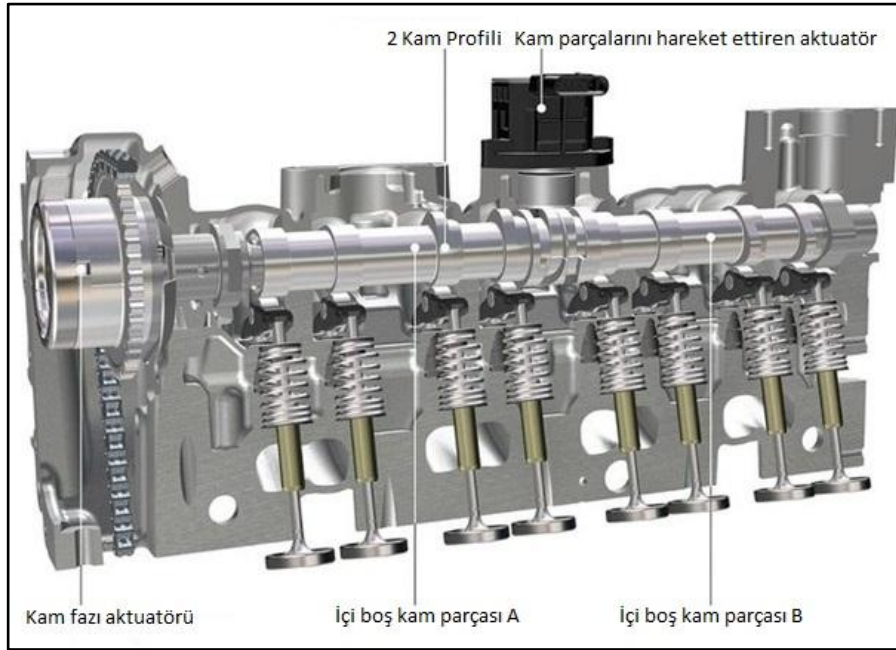
Şekil 3.8. Valvelift sistemi (Wan, 2014).

Her emme supabı bir hızlı kam (11mm kaldırma) veya yavaş kam tarafından tahrik edilebilir. İki kam bir tek kam parçası üzerine monte edilir. Silindir kam takipçisi kam hareketi, kam parçasının boyuna ve konumuna bağlıdır. Kam kapağı metal bir pim ile kontrol edilir. Eksantrik içine yuvarlanan bir spiral oluk vardır. Metal pim düştüğü zaman, eksantrik milini sarmal yiv yürütür ve boyuna doğrultuda 7mm olarak kam parçasını iter. Bir yay vasıtasıyla kam parçası yeni konumuna kilitlenir. Bu şekilde, çalışma kamlarının bir gruptan başka bir gruba geçişi sağlanır.

Başka bir metal pim ters spiral yive karşı basar ve orijinal konumuna kam parçasını geri taşır. Kam parçası tekrar yay yüklü kilit tarafından kilitlenir. Bir kam grubundan diğer bir kam grubuna değişim, bir yanma döngüsü, ya da iki motor devirlerinde alınır. Audi iki kam grubu arasında geçişi düzeltmek için ateşleme ve elektronik gaz keleşini yeniden programlayarak, zorlukla düzeltmiştir (Wan, 2014).

Audi Valvelift 'in avantajları, sürekli değişken kam fazı geniş devir aralığında tork dağıtımını geliştirir; değişken kaldırma ve zamanlama, yüksek devir gücünü artırır. Dezavantajları, daha karmaşık ve pahalıdır.

Mercedes-Camtronic'in ana hedefi gücü artırmak değil, yakıt tüketimini azaltmaktır. Düşük veya kısmi yükte, Camtronic hava giriş miktarını sınırlandırmak için düşük kaldırma kamlarına geçiş yapar, böylece gaz keleşbeği tam açık kalır ve pompalama kayıplarını azaltabilir. Bu prensip BMW Valvetronik sistemine benzer, ancak Camtronic sürekli değişken yerine 2 aşamalı bir sistemdir. Şekil 3.9 Camtronic Avrupa kombine çevrim testinde yakıtta yüzde 4 tasarruf sağlar (MEGEP, 2011).



Şekil 3.9. Camtronic sistemi (Wan, 2014).

Camtronic mekanizması oldukça basittir. Emme eksantrik mili, ucunda konvansiyonel değişken bir kam-fazı aktuatörü ya da Camtronic değişken supap kaldırma bileşenleri ile servis edilir. Eksantrik mili bir iç taşıyıcı mil ve 2 içi boş kam parçasından oluşur. Her biri 2 bitişik silindire hizmet vermektedir. Her bir kam, kam parçalarının boylamsal konumuna bağlı olarak birbirine geçen 2 profile (düşük kaldırma ve yüksek kaldırma) sahiptir. Motor kam profil kilitleri gerektiğinde, aktuatör kam parçaları üzerindeki yivlere çelik pimlerin uygulanması ile merkezi olarak monte edilir. Böylece eksantrik milinin dönmesi boylamsal doğrultuda kayacak şekilde kam parçalarını etkiler ve bir çevrim içinde alternatif kam profillerini birbirine bağlar (Wan, 2014).

Camtronic ilkesi Audi'nin valvelift 'ine çok benzer, ancak daha az kam parçası kullanır. Camtronic mekanizması avantajı yakıt tüketimi ve kurulum maliyetinin daha az olması. Dezavantajı ise yüksek devir ve güç arttırıcı olmamasıdır.

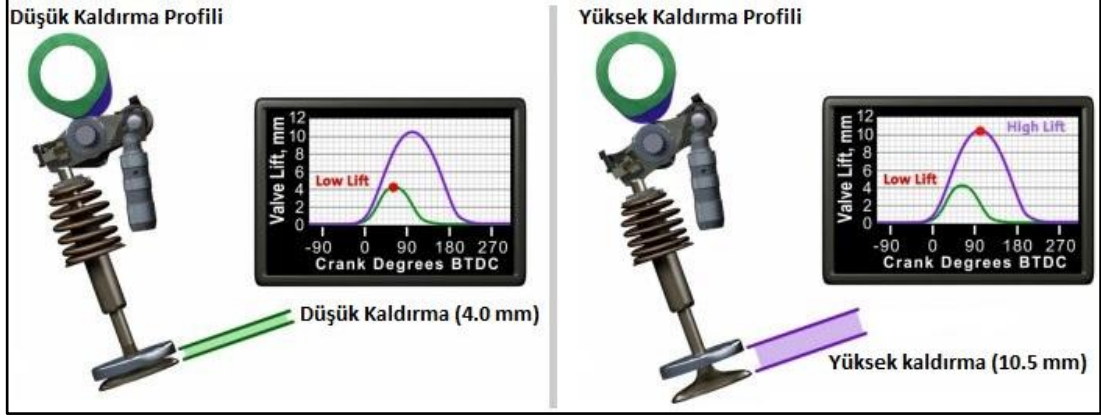
General Motors GM İVLC sistemini 2012 yılının sonlarında direkt enjeksiyonlu 2.5 litre dört silindirli motorunda ilk değişken supap kaldırma sistemi olarak uyguladı. İVLC (Emme Supabı Kaldırma Kontrolü) emme eksantrik miline uygulanır ve değişken kam fazı ile uyumludur. Değişken kaldırma işlevini gerçekleştirmek için özel bir silindir parmak takipçisi kullanır. Bu parmak takipçisi doğrudan emme supabı üzerinde hareket eden bir iç silindir parmak takipçisi ve bir dış silindir parmak takipçisi olmak üzere 2 bölümden oluşmaktadır. Yağ basıncı ile tahrik edilen ve ECU tarafından kontrol edilen parmak takipçileri, bağımsız olabilir ya da bir boşluk ayarlayıcı ile birlikte kilitlenebilir (Wan, 2014).



Şekil 3.10. İVLC sistemi (Uysal, 2012).

Şekil 3.10'da görüldüğü üzere diğer birçok VVL tasarımları gibi, emme supabı 3 kam profili (2 özdeş yüksek kaldırma / uzun süreli "hızlı kamlar" ve düşük kaldırma / kısa süreli "yavaş kam") ile servis edilir. Bunlar silindir parmak takipçisi yoluyla emme supabını etkinleştirir. Dış hızlı kamlar dış parmak takipçisine basar. Düşük devirde boşluk kilidi açılır, böylece dış parmak takipçisi supap üzerine basmadan aşağı ve yukarı serbestçe hareket eder. Bu sırada, iç yavaş kam iç silindir parmak

takipçisi üzerine etki eder ve supabı harekete geçirir Şekil 3.11. Bu nedenle motor, düşük supap kaldırma ile çalışır (MEGEP, 2011).

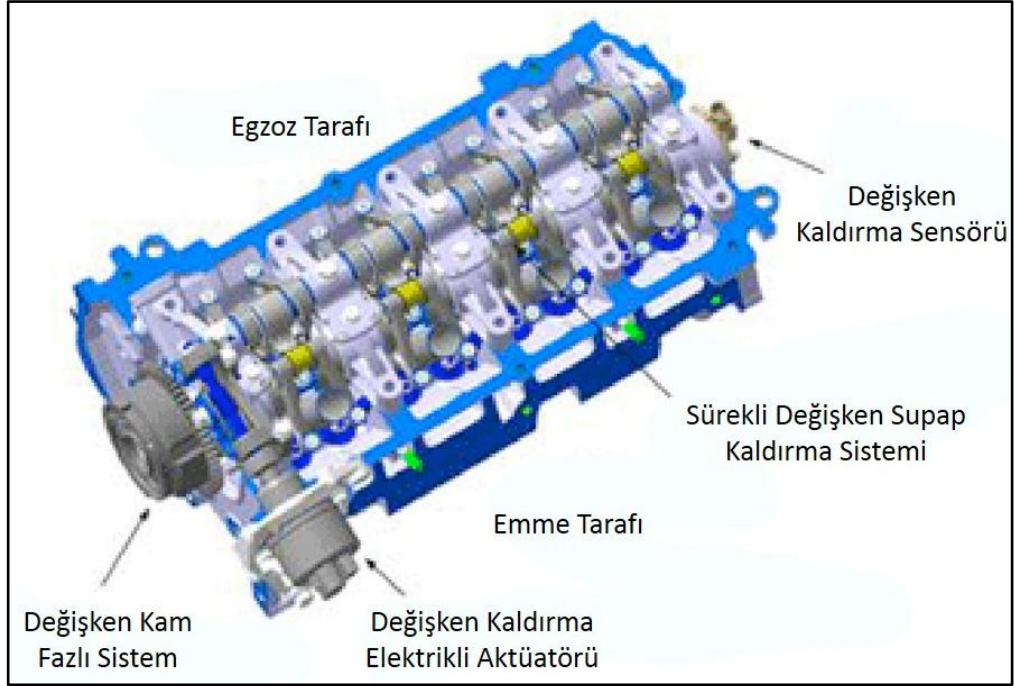


Şekil 3.11. Düşük kaldırma ve yüksek kaldırma profiline gösterimi (Uysal, 2012).

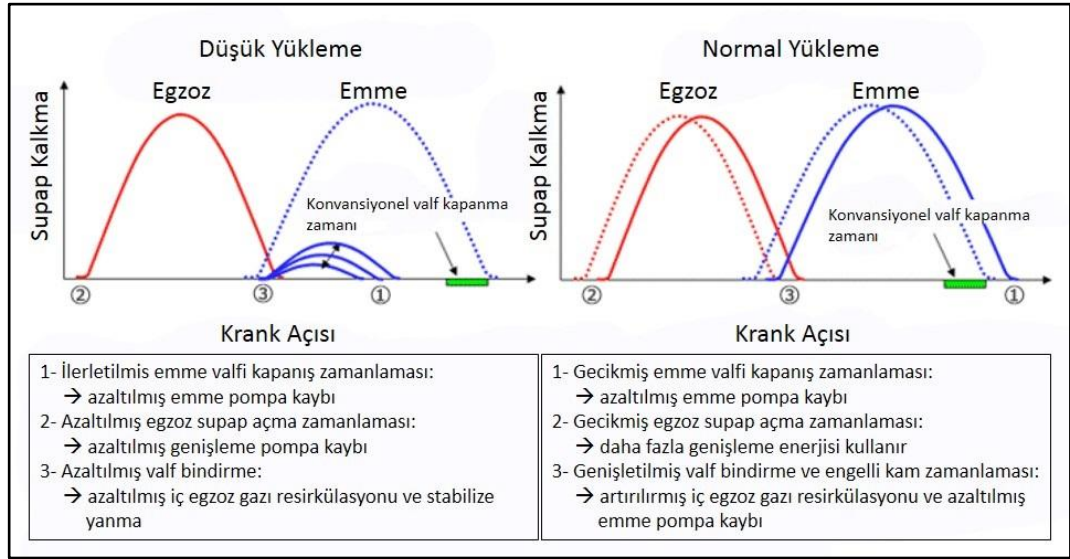
Daha fazla hava akışı gerekli olan yüksek devirde, boşluk dış ve iç parmak takipçileri ile birlikte kilitlenir. Böylece hızlı kamlar kilitli parmak takipçileri ile supabı, aktif hale getirebilir.

Avantajı daha geniş bir bant üzerinden güç ve tork geliştirilir. Dezavantajı ise ek sürtünme ve hareketli kitlenin çıktığı ve verimlilik sınırının olabilemesidir.

Mitsubishi MIVEC motoru, supap zamanlamasını dengeleyerek, motorun ne kadar hava, ne kadar benzin kullanılacağına kendisi karar verir. Yani düşük hızlarda, supaplar daha yavaş hareket eder, içeriye daha az benzin ve hava pompalar. Yüksek hızlarda ise supap kendiliğinden hızlanır ve performansı artar. Bütün bunları hesaplamak için de bilgisayar teknolojisini kullanır. Böylece düşük devirlerde yakıt ekonomisi sağlarken, yüksek devirlerde daha sportif ve atak bir sürüş keyfi sunar. Sadece yakıt ekonomisi sağlamak için üretilen motorlar gibi yüksek hızlara çıktığında yakıt sarfiyatı artmaz. Şekil 3.12'de sistem gösterilmektedir.



Şekil 3.12. MIVEC sistemi (Mitsubishi, 2012).

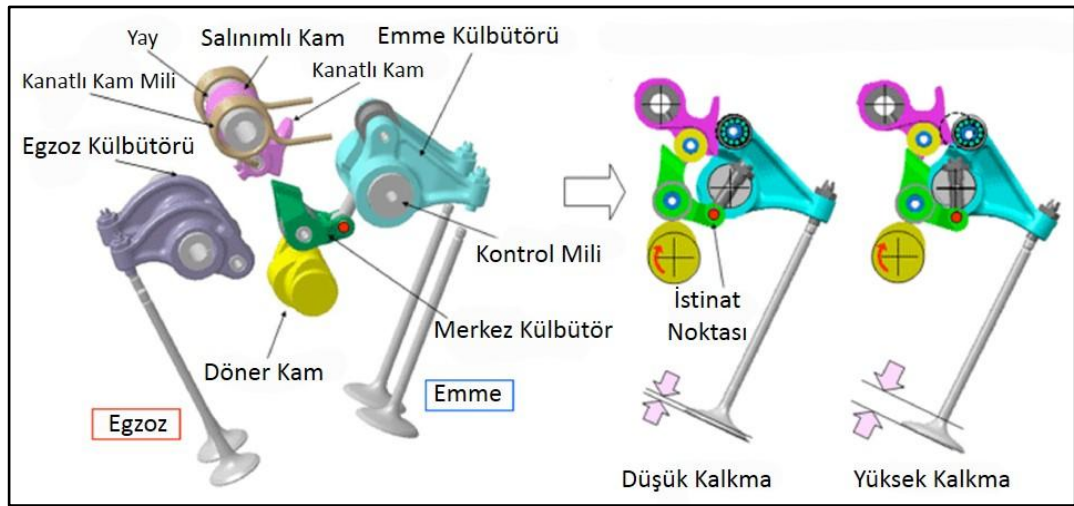


Şekil 3.13. Düşük ve yüksek yüklemelerde sistemde meydana gelen değişiklikler (Mitsubishi, 2012).

Konvansiyonel benzinli motorlarda içeriye giren hava gaz keleşi ile kontrol edilir. Pistonunun aşağıya inerken gaz keleşi içeriye giren havanın direncini artırır. MIVEC motoru aynı anda ve sürekli olarak emme supabı kalkışını ve supap açma/kapama zamanlamasını kontrol ederek, bu hava emiş direncini önler. Böylece

MIVEC motor emme sırasında pompalama kaybını azaltarak yakıt sarfiyatını geliştirir. Şekil 3.13'de Düşük ve yüksek yüklemde MIVEC sisteminde meydana gelen değişiklikler gösterilmektedir.

Şekil 3.14 sürekli değişken valf sistemi sürekli ve eş zamanlı şekilde değişken bir kontrol mili ile valf açma süresinin uzunluğu ve valf açma zamanlamasını valf kalkma strokunda yapar. Bu mekanik kilitleme yapısı ile hidrolik değişken valf zamanlama faz sisteminin ortak kontrolü gereksiz hale gelir. Buna uygun olarak MIVEC sistemi basit SOHC (Üstten Tek Eksantrikli) yapısı olarak benimsenebilir. Sonuç olarak, MIVEC hafif ve kompakt yeni bir motor haline gelmektedir.

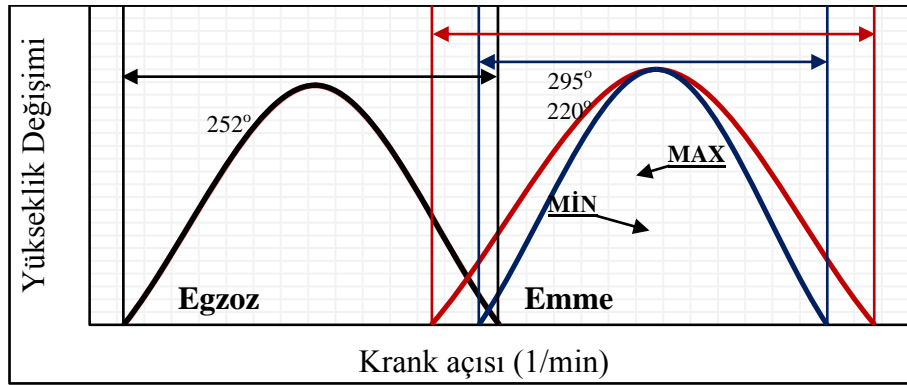


Şekil 3.14. Sürekli değişken supap zamanlama sistemi (Mitsubishi, 2012).

Yeni değişken valf yapısı basitçe salınımlı bir kam, destek mili, ve konvansiyonel SOHC döner kam merkezi külbütörü, külbütör ve külbütör milinden meydana gelir. Salınımlı kam hareket aralığı, bir elektrik motoru ile kontrol milinin (emme külbütör mili) dönmesiyle merkez külbütörü istinat noktası konumuna hareket ettirilerek sürekli değişken yapılır (Mitsubishi, 2012).

Rover'ın özgün VVC sistemi: İngiliz otomobil üreticisi Rover 1995 yılında VVC (Variable Valve Control) denilen kendi VVT sistemini tanıttı. Birçok uzman zamanının en iyi VVT sistemi olarak kabul etti. VVC en az 220 derece (krank açısı) den en fazla 295 dereceye kadar emme supabı açılış süresini sürekli değiştirebilir. Bu

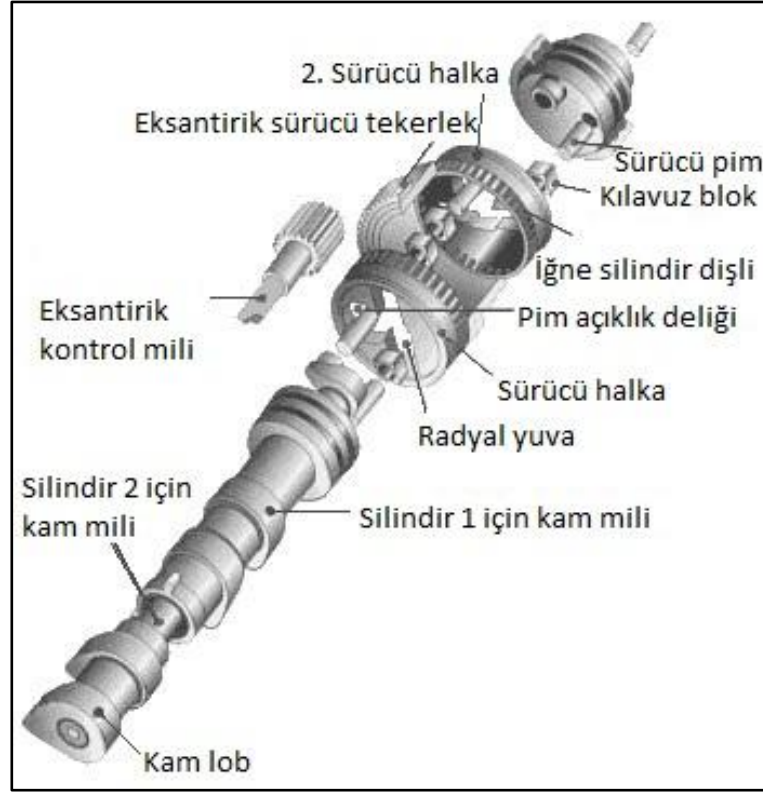
sistem kam fazını değiştiren VVT sistemlerinin aksine, sadece ileri veya geri açarak valfin konumunu değiştirir. Ancak valf açıklık süresi ile hiçbir ilgisi yoktur. Sonuç olarak, VVC st düzey g çıkışı sağlayarak, yüksek devirlerde yanma odalarına daha yüksek akış sağlar. Diğer taraftan, cam-değiştirme sistemlerinin aksine valf açıklık süresi sürekli olarak ayarlanır. Bu nedenle orta seviyede olan tork optimize edilir. şekil 3.15'teki diyagram supap zamanlamasını göstermektedir.



şekil 3.15. Sistemin supap zamanlama diyagramı (Wan, 2014).

Supap açılma süresinin sürekli değişimi büyük bir teknik sorundur. Yüksek devirde, emme supabı kapanma süresi kısaltılmış olacağı için emme supabı açılma süresi uzatılmış olacaktır. Bu nedenle, kam lobu emme supabını hareket ettirirken, emme eksantrik mili daha yavaş devire sahiptir. Supap kapatıldıktan sonra, eksantrik mili supap kapanma süresini kısaltmak için hızlandırılır. Bir sonraki çevrimde, eksantrik mili emme supaplarını tekrar yavaşlatır.

Rover VVC sistemini uygulamak için çok karmaşık bir mekanizma kullanır. Bunu anlamak zordur, ama özünde eksantrik tahrik tekerleğinin özel bir özelliğini kullanır. Eksantrik tahrik tekerleği, bir merkez dışı mili etrafında döndüğü için, sabit hızda dış tahrik halkası açılır ve mil sabit olmayan nabız atışına benzer bir şekilde döner. Hız farkı mil ve tekerlek merkezi arasındaki uzaklığa bağlıdır (daha uzun mesafe, daha büyük dönme hızı). VVC hız farkından dolayı bu mesafeyi değiştirmek için kayar bir mil kullanır. şekil 3.16'da sistemin parçaları gösterilmektedir (Wan, 2014).



Şekil 3.16. Sistemin parçalarının gösterimi (MEGEP, 2011).

Sistemin karmaşık olan tarafı, bir eksantrik milinin gereksinimleri farklı olan bir çok silindire hizmet verilmesidir. Örneğin, diğer silindirler emme valflerini kapatırken, silindir 1 emme safhasında çalışmaktadır. Motorun yüksek devirde çalıştığını varsayarsak, diğer silindirlerin daha hızlı dönmesi gerekirken emme eksantrik mili daha yavaş döndüğü için silindir 1'i çağırır. Sonuç olarak, VVC konvansiyonel motorlarda olduğu gibi tek bir emme eksantrik milini kabul edemez. Aslında, 4 silindirli motor için 4 eksantrik miline ihtiyaç vardır. Sağ üst taraftaki resim 4 eksantrik milinin 2 grupta düzenlendiğini gösterir. Her bir grupta içi boş eksantrik milinin içinde çalışan (dış silindir için) sert eksantrik mili (iç silindir için) vardır. Her bir grup 2 kam milini harekete geçirmek için 2 sürücü halkaya sahip olan bir çift-VVC çalıştırıcı tarafından idare edilir. Kam mili iki gurubun tamamı ile bağlı olmadığından, ek bir tahrik kayışı tahrik edilmelidir. Yer ve ağırlık tasarrufu için, sadece diğer emme eksantrik mili grubu sürücü egzoz eksantrik milini kullanır. Avantajı emme supabının açılma süresini sürekli değiştirdiği için güç ve esnekliği geliştirir. Dezavantajı karmaşık bir mekanizmaya sahip olduğu için pahalıdır (MEGEP, 2011).

3.7.2. Sürekli Değişken Valf Kaldırma (CVVL) Sistemleri

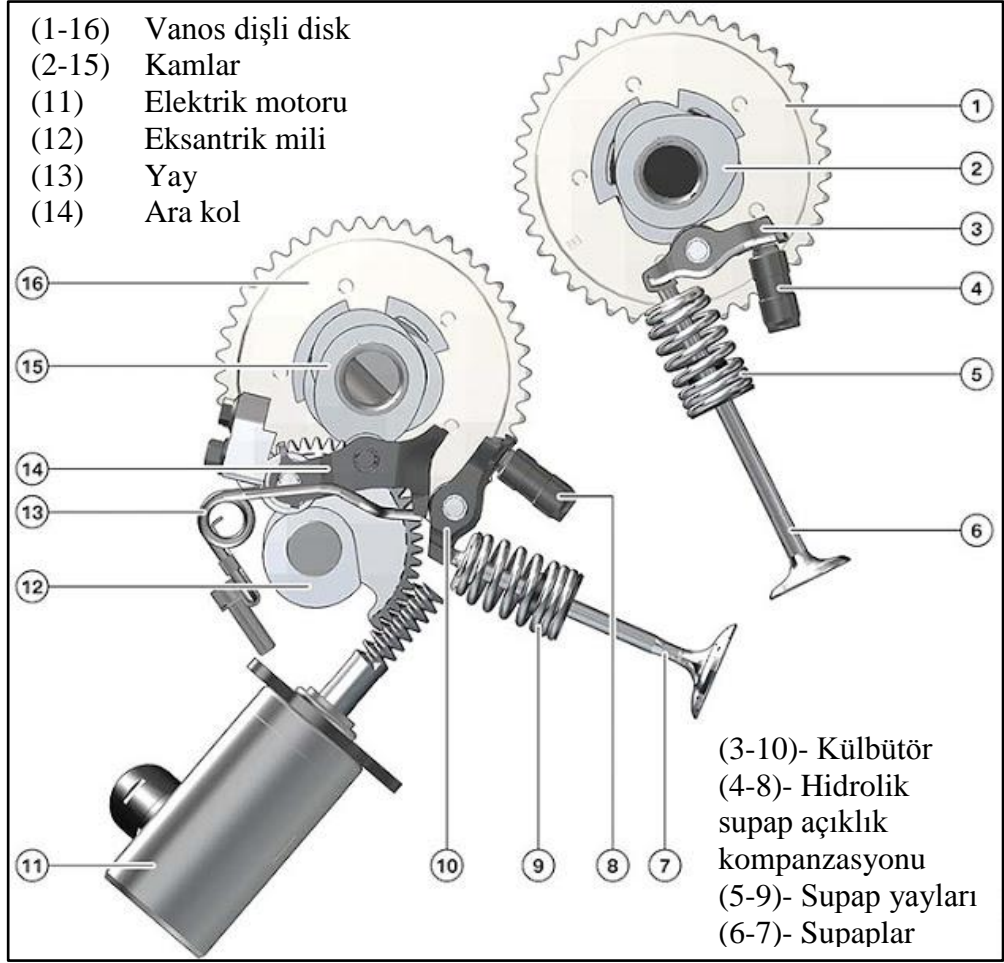
Honda VTEC gibi değişken supap kaldırma sistemleri ilk zamanlarda, bir eşik noktasında yavaş ve hızlı kamlar arasında geçiş yaparak supap kaldırmasını değiştirmekteydi. Bu tip ayırık mekanizmalar sadece güç eğrisinde bir adım oluşturur. İdeal değişken supap kaldırma (VVL) sistemi, sürekli devire (daha yüksek devir ve kaldırma) göre supap kaldırması değişen kapasitede olmalıdır. Sabit supap kaldırma ile tam orta menzilli devir karşılaştırıldığında, VVL emme için motora daha fazla hava sağlayarak yüksek devirde gücü artırır. Düşük devirde, indirgenmiş supap kaldırma hava / yakıt karışımının geliştirilmesi, hava akışını hızlandırır. Böylece daha iyi yakıt ekonomisi ve temiz emisyon elde edilir. Ayrıca, sistem gaz kelebek ihtiyacını azalttığı ve ortadan kaldırdığı için, otomobil üreticileri motor gücünü düzenleyen CVVL'yi kullanabilir (Wan, 2014).

BMW VALVETRONIC: Konvansiyonel gaz kelebeği yerine her bir silindirin üzerindeki bağımsız emme supaplarının açılma miktarını kontrol eden elektrikli bir mekanizma kullanır. Motor serbestçe emme yapar, daha az yakıt kullanarak daha iyi performans sunar.

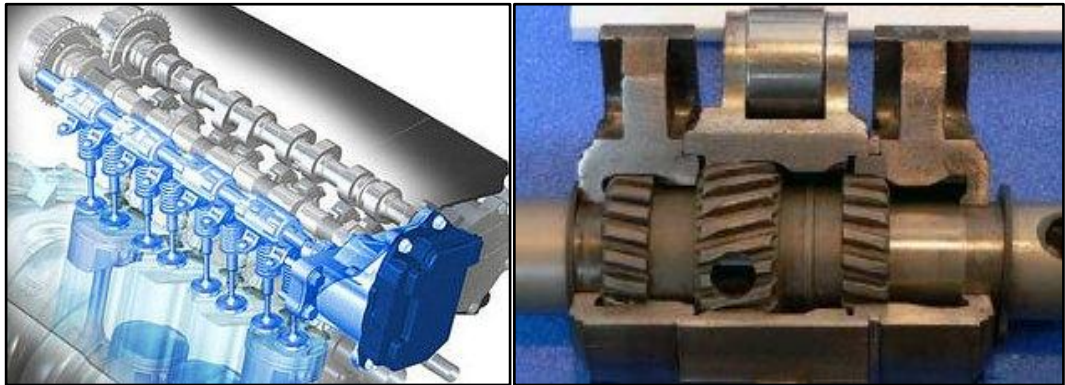
Konvansiyonel gaz kelebeğinden kaynaklanan pompalama kayıpları ve hava akımı düzensizliğinin ortadan kaldırılmasıyla motor performansı daha verimli ve gecikmesizdir. Hava, emme manifoldundan serbestçe geçebilir ve Valvetronic silindirlere giren hava miktarını hassas bir şekilde düzenler.

Valvetronic, supap açılma derecesini kontrol etmek için bir dizi ara supap iticisi ile donatılmış ikincil bir eksantrik şaftını yönetmek için bir kademe motoru kullanır. Hava akışını kontrol etmek için gaz kelebeğine artık ihtiyaç duyulmaz ancak güvenlik nedenleriyle bir acil durum yedeği olarak araçlara takılır.

BMW Valvetronic, yakıt/hava karışımı işlemini en uygun hale getirerek yüzde 10'a kadar varan yakıt tasarrufu sağlar. Valvetronic soğuk çalışma kabiliyetini geliştirir, egzoz emisyonunu azaltır ve daha akıcı, gecikmesiz güç sağlar (, 2012). Şekil 3.17'de sistemin parçaları detaylı bir şekilde gösterilmektedir.



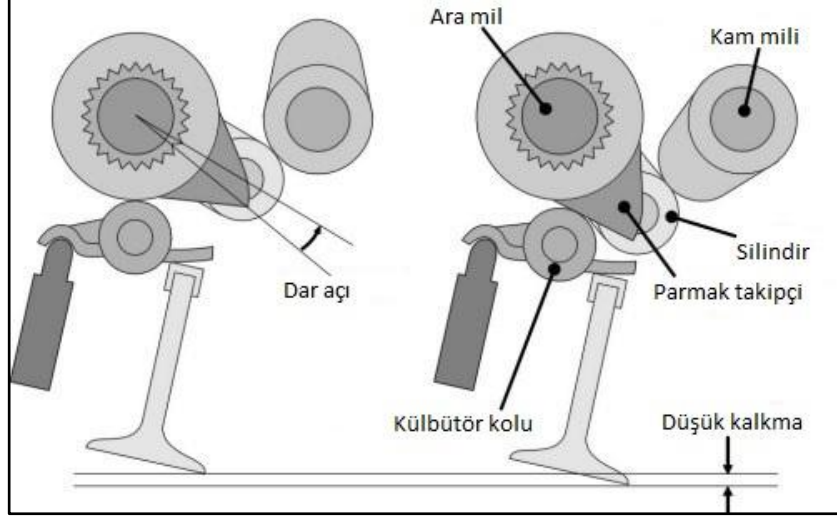
Şekil 3.17. Valvetronic sistemi (Wan, 2014).



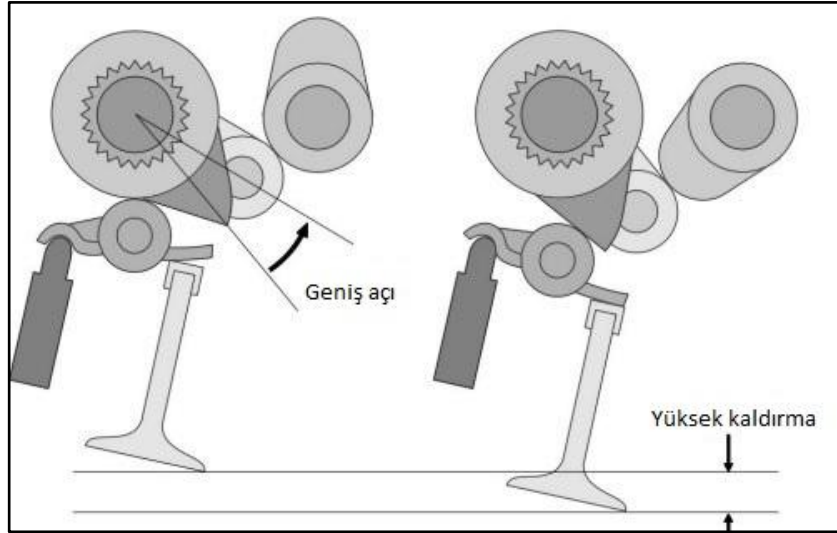
Şekil 3.18. Valvematic sistemi (Uysal, 2012).

Toyota Valvematic teknolojisi ile 2008 yılında CVVL kulübüne katıldı. BMW Valvetronic ve Nissan VVEL ile karşılaştırıldığında, Valvematic birçok yönden daha iyi görünmektedir. Yapısı nispeten basit, kompakt ve silindir kapağının yüksekliğini

arttırmaz. En önemli artışı, oldukça küçük atalet ve sürtünmeler ekler. Bu sayede en üst ve uç güçten ödün vermez. Toyota normal sürüş de %5-10 yakıt tüketimini azaltırken, güç çıkışının %10 geliştiğini iddia etmektedir. Şekil 3.18’de sistem parçaları görülmektedir.



a) Sistemin düşük kaldırma konumunda çalışması.



b) Sistemin yüksek kaldırma konumunda çalışması.

Şekil 3.19. Sistemin düşük ve yüksek kaldırma konumunda çalışması (Uysal, 2012).

Şekil 3.19’deki sol üst resimde görüldüğü gibi, parmak takipçisi silindir elemanı ile ilişkili olarak dar açıda ayarlandığı zaman, supap yüksekliği düşer. Parmak takipçisi açısı arttığı zaman, supap yüksekliği de artar. Bu şekilde, Valvematic parmak takipçi

açısını ayarlayarak supap yüksekliğini değiştirir. 2,0-litrelik Valvematic motorda, kaldırma 0,97mm den 11mm'ye kadar değişebilir. Gaz kelebeğine ihtiyaç duyulmadığı için kısmi yükte yakıt tüketimini azaltır. Sistemin en önemli avantajı güç artışı, düşük yakıt tüketimi ve kompakt yapısıdır (Wan, 2014).

Valvematic sürekli değişken supap kaldırmasına ulaşmak için bir ara mili kullanır. Ara mil, her bir silindir için bir tahrik elemanına sahiptir. Her tahrik elemanı bir silindir taşıyan elemanı üst üste getirerek iki parmak takipçisi yapılmaktadır. Parmak takipçileri iç dişli parçacığı ve ara milin sonuna kadar bağlı bir elektrik motoru ile silindir elemanına ilişkili olarak dönebilir. Silindir elemanı ve parmak takipçisi dişli parçacığının ters yönde olduğunu unutulmamalıdır. Mil dönerken, silindir elemanı ve parmak takipçileri ters yönde hareket edecektir. Bu şekilde, aralarındaki aks açısı elektrik motoru ile kademesiz olarak değiştirilebilir (MEGEP, 2011).

3.8. KAM MİLİNDEN BAĞIMSIZ DEĞİŞKEN SUPAP SİSTEMLERİ

Kamsız supap düzenekleri, supap hareketini bir aktüatör tarafından doğrudan alır. Herhangi bir kam mili veya bağlantı mekanizması mevcut değildir.

Elektro-hidrolik ve elektro-mekanik tipteki kamsız supap düzenekleri ile donatılmış otomotiv motorlarının üretimi için yaklaşık 20 yıldır çalışılmıştır. Ancak üzerinde bu sistemler bulunan motorların üretimi hala mevcut değildir (Birgül, 2014).

Aktüatör tasarımında göz önünde tutulması gereken konular şunlardır: Güvenilir bir supap performansı, maliyet, paketleme, güç tüketimi, gürültü ve titreşim.

Elektromekanik aktüatör teknolojisinin ana sorunu olarak tespit edilen gürültü, aktüatörün hareketli parçalarının yüksek temas hızlarından kaynaklanır. Bu gürültünün azaltılması için, supapların yumuşak inişinin elde edilmesi gerekir. Geleneksel supap düzeneklerinin yumuşak inişi mekanik kam mili lobunun şekli sağlanmaktadır (Gün, 2006).

Tipik bir içten yanmalı motorda supap düzeneği birkaç hareketli bileşenden oluşur. Bazısı döner ve bazısı da doğrusal bir şekilde hareket etmektedir. Supapları yataklarına geri döndürmek için kullanılan supap yayları ile külbütör kolları veya iticileri tarafından hareket ettirilen supaplar dâhildir. Kam mili, yaylar, kam iticileri ve diğer birbirine sürtünme sonucunda aşınan ve yıpranan parçalar, motor gücünü azaltır ve yakıt ekonomisini kötüleştirir. Krank mili ve diğer supap düzenekleri toplam çıkış gücünün yaklaşık %5-10 ile çalıştırmaktadır (Wan, 2014).

Elektronik olarak supap hareketlerinin değişmesi motor performansı üzerinde çok daha büyük bir etkiye sahip olacaktır.

3.8.1. Kamsız Supap Düzeneklerinin Çalışması

Geliştirilmekte olan kamsız değişken supap çalıştırma sistemleri, üç grupta sınıflandırılabilir: elektromekanik, elektrohidrolik ve elektropnömatik.

3.8.2. Elektromekanik Supap Sistemleri

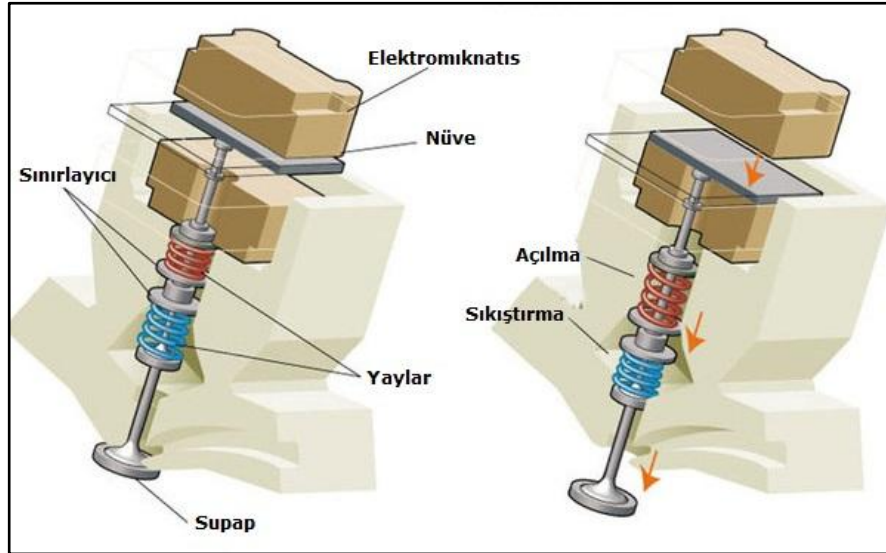
Elektromekanik supap sistemlerinde supap sapına bağlı bir armatür kullanılır. Armatürün dış kısmı bir manyetik bobinle kaplıdır. Supaplar açma ve kapama hareketini armatürün itme ve çekmesi ile yapmaktadır. Sistemin tasarlanan ilk örneklerinde itme ve çekme hareket prensibi ile çalışan, demir ve ya ferromanyetik manyetik armatürden oluşan selenoid ve mıknatıslar kullanılmıştır. Armatürün açma ve kapama bobini arasında hava boşluğu bulunduğu için, sistemin performansı sınırlıdır. Hava boşluğu büyüdükçe, itme ve çekme kuvvetinde bir azalma meydana gelir. Bu kuvveti de arttırmak için daha yüksek gerilimlere ihtiyaç duyulur. Yüksek gerilimle çalışan güçlü bobinler sert ve gürültülü bir çalışma yapar. Bu olumsuzluklar da sistemin dengesiz çalışmasına sebep olur.

Tasarlanan yeni sistemde demir ve ya ferromanyetik manyetik armatür yerine akım taşıma kapasiteli armatür bobinler kullanılmıştır. Bobinler hava boşluğunda sabit bir manyetik alan oluşturur. Bu manyetik alan istenilen supap hareketinin elde etmek

için, armatür pozisyon sensörü vasıtasıyla ECU tarafından kontrol edilir (Birgöl, 2014).

Elektromekanik supap mekanizması iki yönde de kuvvet oluşturma kabiliyeti ve her iki yönde armatüre uygulanan kuvvetin miktarını değiştirmesi bu tasarımın önemli bir avantajdır. Örneğin, bobin sargısı içindeki akım değerinin ve manyetik alan yoğunluğunu değiştirilmesi supabın açılma ve kapanma hızının kontrolüne olanak tanır. Bu yöntemle supap kapama hızı yavaşlatılarak gürültü ve supap oturma esnasındaki aşınmalar önlenebilir.

Valeo Elektromekanik supap sistemi: Elektromekanik supap sistemi krank milinden ve diğer supaplardan bağımsız bir şekilde bireysel olarak çalışır. Üst mıknatıs aktive edildiğinde, armatür plaka dik tutulur. Supap kapalı konumda yer almaktadır. Üst mıknatısın manyetik alanı bozulduğu zaman, armatür plaka yaylar tarafından aşağı çekilir. Alt mıknatısın çalıştırılması supapları açık konumda tutar. Şekil 3.20’de sistemin kesitinde parçaları detaylı olarak görölmektedir.



Şekil 3.20. Valeo EMS sisteminin parçaları ve genel görünümü (Birgöl, 2014).

Sistemin üstünlükleri;

- Yakıt tüketimi %15-20 oranında azaltılabilir.
- CO₂ emisyonlarının yaklaşık % 15-20 oranında azalır.

- Düşük-uç tork %15-20 oranında artmıştır.
- Hava-yakıt karışımının optimizasyonu.
- Motorun her bir supabı pistonun pozisyonundan ve diğerlerinden bağımsız bir şekilde çalışır.

Her supabın tam bağımsız olarak çalışması düşük motor hızlarında bazı silindirlerin devre dışı bırakılmasına olanak verir. Bu nedenle, 4 silindirli bir motorda 4 silindir yerine 2 silindir ile motor silindirlerinin yarısı çalışır.

Elektromekanik supap sistemi kademesiz olarak değişken supap zamanlaması ve supap açılma süresinin esnek olmasını sağlar. Bu kontrol esnekliği düşük motor devirlerinde torku artırır ve anlık güç gerektiğinde motorun çıkış gücünü düzenler (Birgül, 2014).

3.8.3. Elektrohidrolik Supap Kontrol Sistemleri

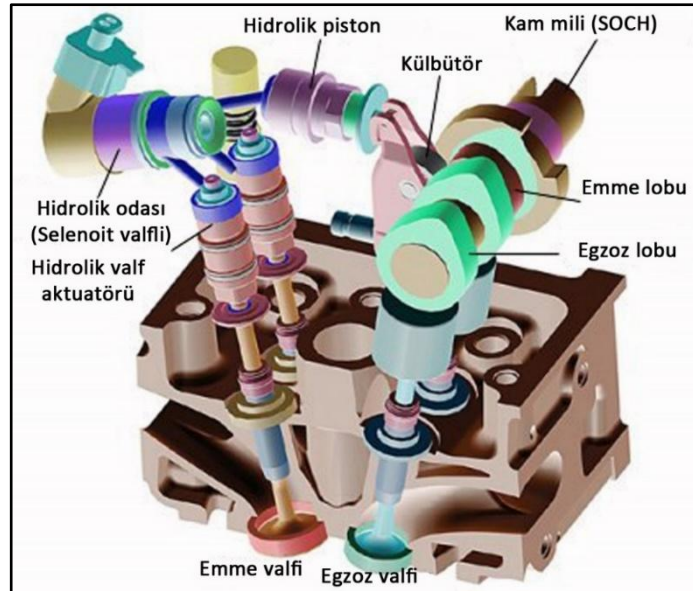
Elektrohidrolik ve elektro-pnömatik supap sistemleri elektromekanik supaplar gibi gelecekte içten yanmalı motorlar için önemli bir supap sistemi olarak araştırmacıların dikkatini çekmektedir. Her iki sistemde elektromekanik supap sisteminde olduğu gibi ECU'nun sensörler vasıtası ile krank milinden aldığı veriler ile kontrol edilmektedir. Ayrıca supapların daha kısa sürede açılıp kapanması temin edilmektedir (Wan, 2014).

Fiat Multiair, motordaki havanın ve yanma işleminin doğrudan ve dinamik kontrolünü sağlayabilen yeni elektro-hidrolik supap yönetim teknolojisidir. Multiair teknolojisi, motorla ilgili gelecekteki beklentileri karşılamak ve benzinli motorlarda turbo şarj ve direkt yakıt enjeksiyonu gibi her geçen gün daha da çok uygulanan diğer tekniklerle mükemmel bir uyum göstermektedir.

Geleneksel benzinli motorlarda silindirlere giren hava kütlesi, emme supaplarının açılmasını sabit tutup, girişteki basıncı bir gaz kelebeği ayarlama yoluyla kontrol edilir. Bu basit mekanik kontrolün dezavantajlarından biri, taze havanın egzozdaki

atmosfer basıncına göre daha düşük bir basınçla pompalanmasından doğan yaklaşık %10'luk bir enerji kaybına neden olmaktadır.

Multiair sistemi, gaz kelebeği kullanmadan, motorun emme supapları aracılığıyla havanın doğrudan kontrolü sayesinde, yakıt tüketimini azaltır; dolayısıyla zararlı gaz salınımları azalır ve yanma kontrolü sağlanır. Multiair, benzinli tüm motorlara kolaylıkla uygulanabilen, gelecekte dizel motorlara da uygulanması için gelişme potansiyeli olan çok yönlü bir teknolojidir. Şekil 3.21'de sistemin parçaları görülmektedir(FIAT, 2013).

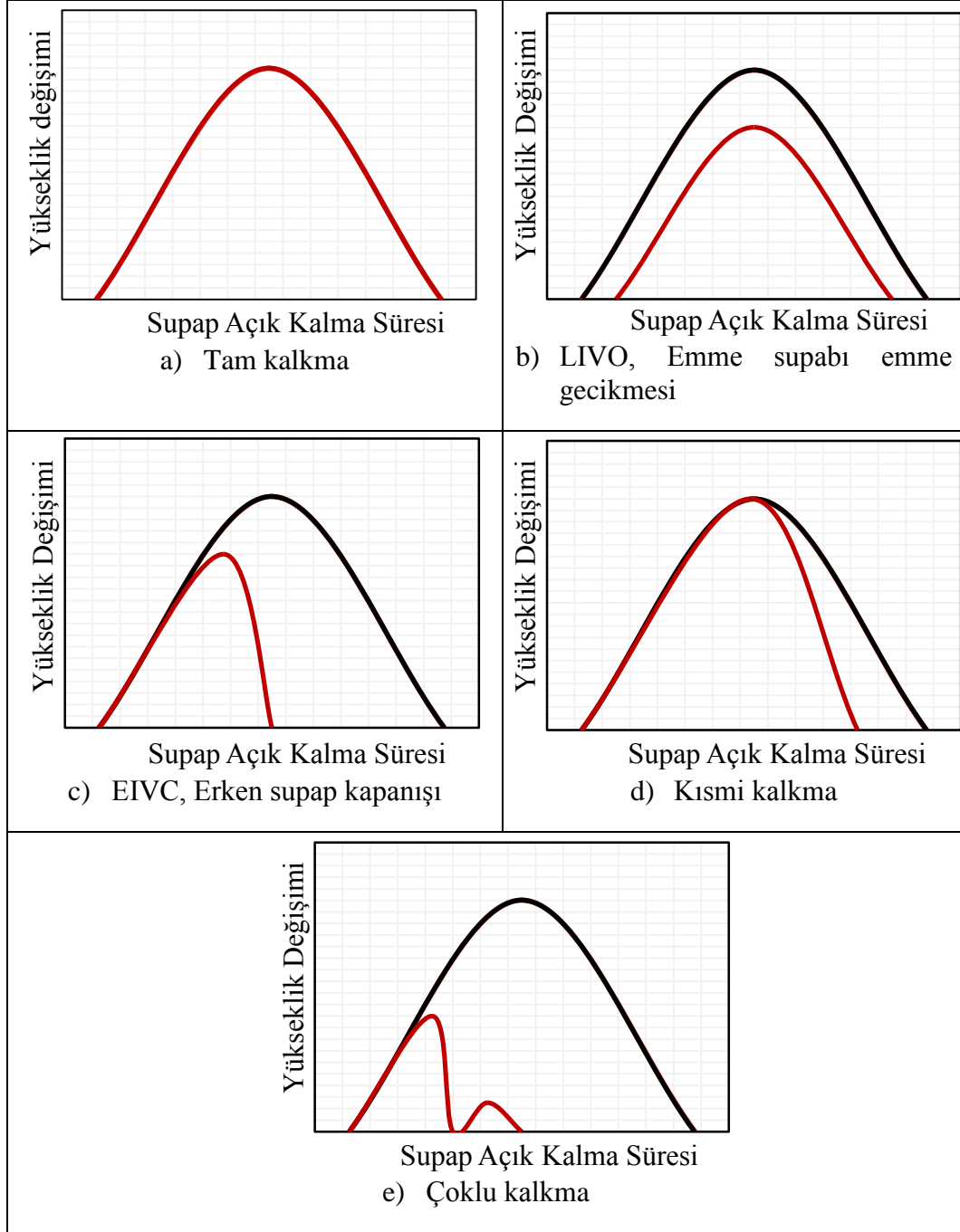


Şekil 3.21. Multiair sisteminin parçalarının gösterimi (Birgül, 2014).

Normalde, selenoid valf enerjisiz ve kapalı olduğunda yağ, hidrolik odasına giremez. Böylece yağ valf aktuatöre hidrolik piston tarafından doğrudan akar. Yağ hiçbir yerden kaçmadığı için bu hidrolik bağlantı katı bir gövde olarak görülmektedir. Bu nedenle, emme supabı hareketi tam olarak emme kamı lob profilini izler. Emme kam profili yüksek gücü lehine çevirmek için tasarlandığından, bu yöntem yüksek devirdeki çalışmalar için uygundur.

Selenoid valfe enerji verildiğinde, açılır ve yağın hidrolik odasına akmasına izin verir. Sonuç olarak, valf aktuatöre hiç yağ akmaz. Böylece emme valfi kendi geri

besleme yayının kuvveti altında kapanacaktır. Bu şekilde, MultiAir istenildiği anda emme valflerini kapatabilir.



Şekil 3.22. Multiair sisteminin farklı yüklerde supap kalkma miktarı (Uysal, 2012).

Emme valfinin bir süre kapandığını varsayalım, o zaman hidrolik odasının selenoid valfi tekrar kapanır. Bu durumda, yağ tekrar valf aktüatörüne doğrudan akacak, böylece emme valfi kam profilini takip edecek ve tekrar açılacaktır. Ancak, bazen

selenoid valfin açılması sırasında zaman ve yağ hacmi (hidrolik odasına) "kayıp" olacak ve supap kaldırma azalacaktır. Azalma derecesi selenoid valf kapanması anına bağlıdır. Daha sonra solenoit valf kapanır ve düşük supap kalkması elde edilir (Uysal, 2012).

Şekil 3.22'deki supap kalkma miktarına göre:

- Tam Kalkma: Yüksek devirlerdeki çalışmalar için uygundur.
- LIVO, emme supabı açılma gecikmesi: Düşük yük işlemi için uygundur. Bu emme supabı açılma gecikmesi yanma odası içinde kısmi bir vakuma neden olur. Düşük valf kaldırmanın yanında, emme hava akımını büyük ölçüde hızlandırır ve türbülans üretir. Bu nedenle hava ve yakıt karışımı geliştirilir. Böylece yakıt ekonomisi ve emisyonları iyileştirilir.
- EIVC Erken supap Kapanışı: Güç gereksinimine bağlı olarak, havanın miktarı, emme sisteminin erken kapanması ile kontrol edilebilir. Bu (BMW Valvetronic gibi) gaz kelebeğine olan gereksinimi ortadan kaldırır ve %10 oranında pompalama kayıplarını azaltır.
- Kısmi yük: Geliştirilmiş düşük devirli hızlar için tasarlanmıştır.
- Çoklu Kaldırma: "Multilift" modu çok düşük devirlerdeki çalışmalar için tasarlanmıştır (Wan, 2014).

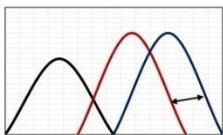
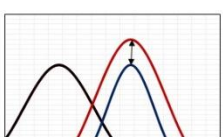
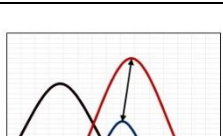
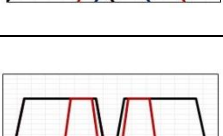
Multiair teknolojisinin avantajları: Benzinli motorlar için olan Multiair teknolojisinin potansiyel avantajlarını şöyle özetleyebiliriz:

- Güce odaklı bir mekanik kam profili uygulamasıyla maksimum gücün %10 oranında artması.
- Emme valfinin silindirlere giren havayı artıran erken kapanma stratejisi vasıtasıyla düşük devirdeki torkun %15 oranında düzelmesi.
- Aynı silindir hacmindeki gerek doğal emişli, gerekse turbo şarj motorlarda %10'luk bir CO₂ emisyonu ve yakıt sarfiyat azalmasıyla pompalama kayıplarının giderilmesi.
- Turboşarj ve azaltılmış silindirli (downsizing kavramı) Multiair motorlar aynı performansı sağlayarak, doğal emişli motorlara göre yakıt sarfiyatında %25'lik bir iyileşmeye ulaşabilir.

- Motorun ısınması ve egzoz gazlarının içeride yeniden dolaşımı esnasında, egzoz safhasında emme valflerinin yeniden açılışıyla gerçekleşen valflerin kontrol stratejilerinin optimizasyonu, HC/CO gaz salınımlarında %40, NO_x salınımlarında ise %60 oranında azalma sağlar.
- Doğal emişli motorlar için atmosferik, turbo motorlar içinse daha yüksek olan silindire girişteki sabit hava basıncı, hava kütlelerinin her bir silindirde ve strokta oldukça hızlı kontrolüyle birleşerek motorun daha dinamik bir tepki vermesine neden olur (FIAT, 2013).

3.8.4. Değişken Supap Sistemlerinin Karşılaştırılması

Çizelge 3.1. Değişken supap sistemlerinin karşılaştırması (Hara vd., 2009).

Tip		Supap Çalışma Profili	Faz Değişimi	Yükseklik Değişimi	Açık Kalma Süresi	Silindir Deaktivasyonu	Sürekli Kontrol	Motor Performansı	Montaj Kolaylığı	Maliyet
Kam Miline Bağımlı	Değişken Supap Zamanlaması		○	✗	✗	✗	○	Yüksek	İyi	Yüksek
	Kam Profili Değişimi		△ ○*	○	○	○	✗ △*	↓		
Kam Milinden Bağımsız	Değişken Supap Zamanlaması Yüksekliği		△ ○*	○	○	○	○		↑	↑
	Elektromekanik, Elektrohidrolik, Elektropnömatik		○	○	○	○	○	Düşük	Fakir	Düşük

Çizelge 3.1. (devam ediyor).

<p>O: Mümkün Δ: Kısmen mümkün X: Mümkün değil *: Ek Fonksiyonlar Supap Zamanlaması Kontrolü İle Birleştirilerek Mümkün Kılındı.</p>	
---	--

Değişken supap sistemlerinin kam miline bağımlı ve kam milinden bağımsız olarak faz değişimi, supap yükseklik değişimi, açık kalma süresi, silindir deaktivasyonu, sürekli kontrol, motor performansı, montaj kolaylığı ve maliyet bakımında karşılaştırması Çizelge 3.1’de verilmiştir.

Buna göre, değişken supap sistemleri kam miline bağımlı ve kam milinden bağımsız sistemler olarak sınıflandırılabilir. Kam milinden bağımsız sistemler esnek supap yüksekliği ve zamanlaması değişimine olanak sağlamaktadır. Kam miline bağımlı sistemler kam profiline bağılı oldukları için, supap açık kalma süreleri yönünden sınırlıdır. Değişken supap yükseklik değişimi ve açık kalma süresinin kontrolü, genellikle iki limit arasında kesikli ve sürekli olarak sağlanabilir.

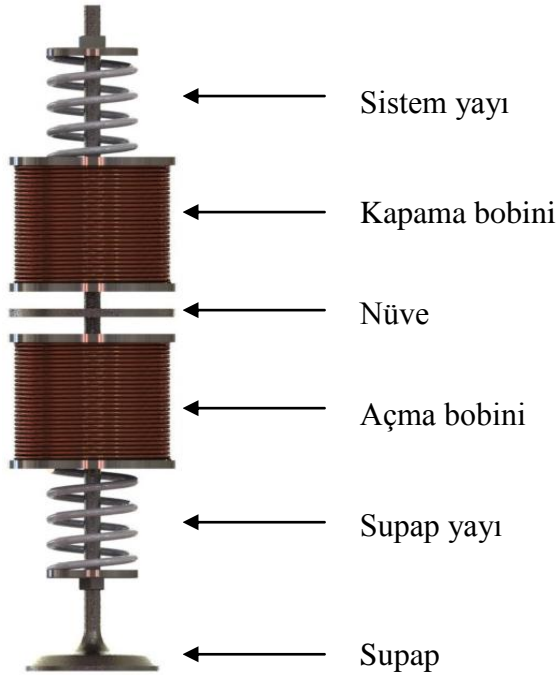
Kam milinden bağımsız sistemlerin, faz değişimi, supap çalışma aralığı, supap açık kalma süresinin değişimi gerektiğinde silindirlerin devre dışı bırakılmasına olanak verdiği için, kontrollerinin esnek olması sebebiyle motor performansını, yakıt sarfiyatını ve egzoz emisyonlarını iyileştireceği öngörülmektedir (Hara vd., 2009).

BÖLÜM 4

MATERYAL VE METOT

4.1. EMS SİSTEMİNİN YAPISI

EMS sistemleri, emme ve egzoz supaplarını kam mili olmaksızın çalıştıracak biçimde tasarlanıp imal edilmiştir. EMS sistemi, hall switch sensörler vasıtası ile elektronik kontrol ünitesi tarafından hareket ettirilen, iki adet bobin, iki adet yay, bir nüve ve bir supaptan meydana gelmektedir. Şekil 4.1'de EMS sistemini oluşturan elemanlar görülmektedir.



Şekil 4.1. EMS sistemini oluşturan elemanlar.

EMS sistemin denetimi için gerekli sinyaller hall switch sensörler vasıtası ile elektronik kontrol ünitesi tarafından sağlanmaktadır. Elektronik kontrol ünitesi tarafından gönderilen denetim sinyaline göre bobinlerden birinden akım iletilerek,

diğerinden akım kesilerek supap açılıp kapatılmaktadır. Meydana gelen elektromanyetik kuvvet nüveyi iki bobin arasında bulunan açıklık kadar hareket ettirir. Nüve ucunda yer alan supap ise nüve hareketini takip ederek açma ve kapama görevini yerine getirmektedir. Mekanizmada yer alan sistem yayı supabı açma yönünde, supap yayı ise supabı kapama yönünde kuvvet uygular. Sisteme herhangi bir sinyal uygulanmadığında hareketli nüve yay kuvvetleri etkisi altında orta konumda, supap yarı açık konumda tutulmaktadır.

EMS sisteminin üzerine uygulandığı motoru tüm çalışma devirlerinde kesintisiz olarak destekleyebilecek kapasiteye sahip olması gerekmektedir. Bu nedenle tasarım başlangıcında supap açılıp kapanma süreleri dikkate alınmalı ve motorun çalışma frekansına uyumlu tasarımlar yapılmalıdır.

EMS sistemlerinde hareketli kısımlar; supap, nüve ve yaylardan oluşan sistemdir ve bu sistem basit kütle yay sistemi olarak adlandırılır. Supap hareket süresi açık konumdan kapalı konuma geçiş ya da kapalı konumdan açık konuma geçiş süresi olarak adlandırılır ve yaklaşık olarak kütle-yay sisteminin doğal frekansı ile ilişkilidir. Bu çalışmada, kullanılan bobin ve hareketli kütle elemanlarının özellikleri Çizelge 4.1’de verilmiştir.

Çizelge 4.1. Bobin ve hareketli kütle elemanlarının özellikleri.

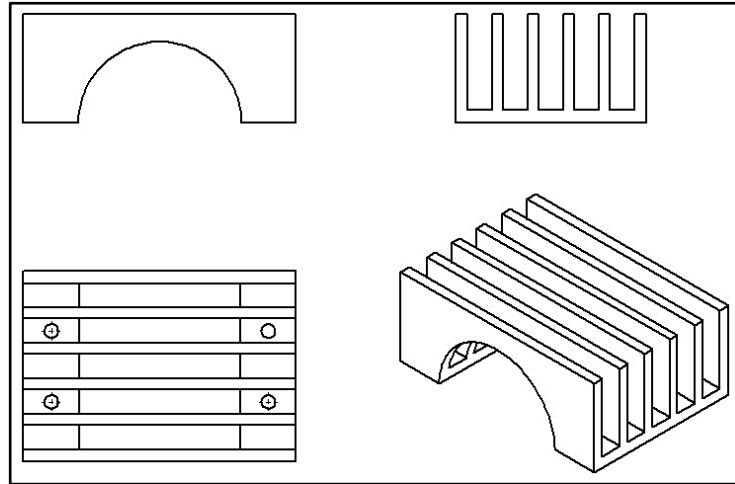
Nüve	215 g
Supap	60 g
Supap yayı	20 g
Sistem yayı	20 g
İletken çapı	1 mm
Sarım sayısı (çift sarım)	168x2
Yay sabiti	10 N/mm
Endüktans	1,352 mH
Direnç	1,2 Ohm

Elektromanyetik supap mekanizmasında kullanılan disk tipi mıknatıs devresinin genel yapısı, disk şeklindeki hareketli nüve ve manyetik alanın oluşmasını sağlayan bobin devresinden oluşmaktadır. Uygulamada kullanılan bobin, 3mm et kalınlığına sahip teflon malzemedan yapılmış olan makara üzerine sarılmıştır. Disk ise elektromanyetik kuvvet hatlarını en iyi biçimde kesecek özelliğe sahip ferromanyetik malzemedan yapılmıştır.

4.2. DENEY DÜZENEĞİNİN KURULUMU

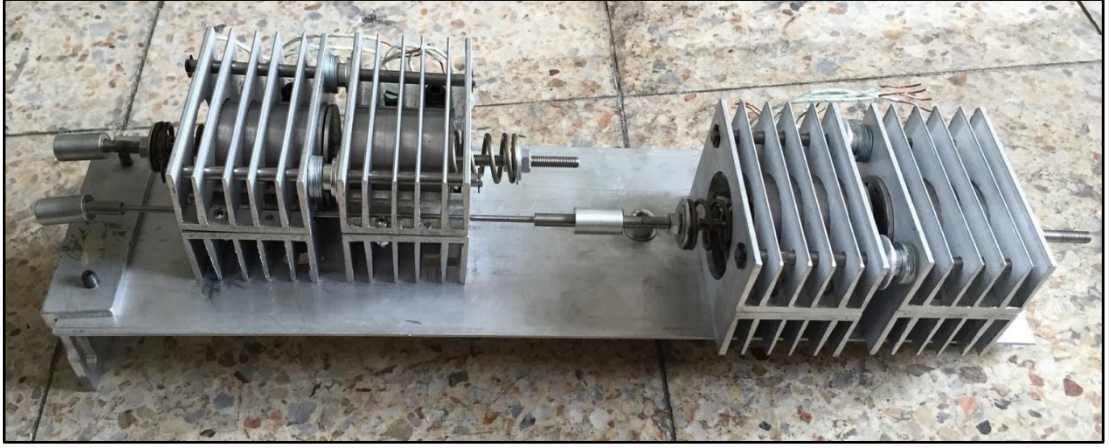
Elektromekanik supap sisteminin supapları çalıştıracak kısımları olan elektromanyetik selenoidlerin tasarımı ve imalatı yapılmıştır. Bu kapsamda her bir supap için bir açma ve bir kapama selenoidi ile nüve elemanı üretilmiştir.

Emme ve egzoz supapları için ayrı ayrı tasarlanan EMS sisteminin hızlı bir şekilde soğuması için alüminyumdan hava kanatçıkları imal edilmiştir. İmal edilen hava kanatçıklarının tasarımı Şekil 4.2’de görülmektedir.



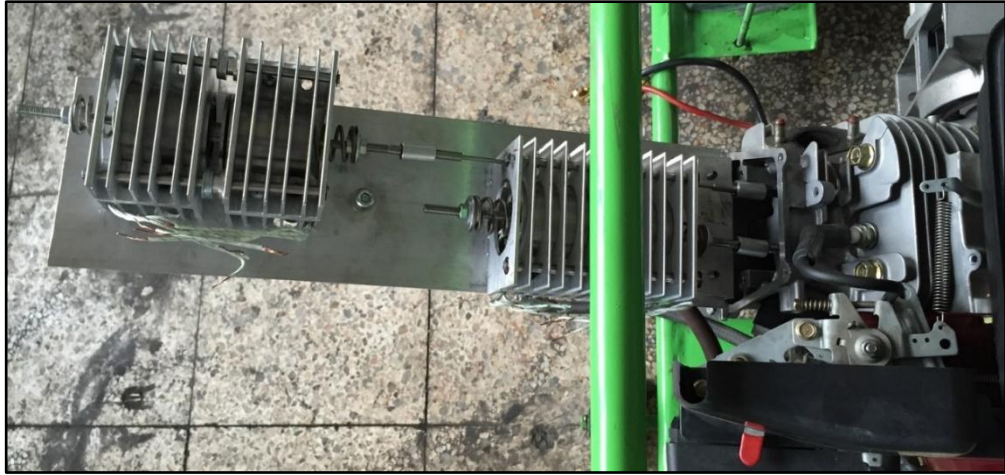
Şekil 4.2. EMS sistemini soğutmak için imal edilen kanatçıklar.

Elektromekanik supap sistemini silindir kapağına bağlama aparatlarının tasarımı yapılmış ve imalatı gerçekleştirilmiştir. Bu doğrultuda selenoidlerin hava kanatçıklarına ve alüminyum bir levha üzerine yapılan montajı Şekil 4.3’te görülmektedir.



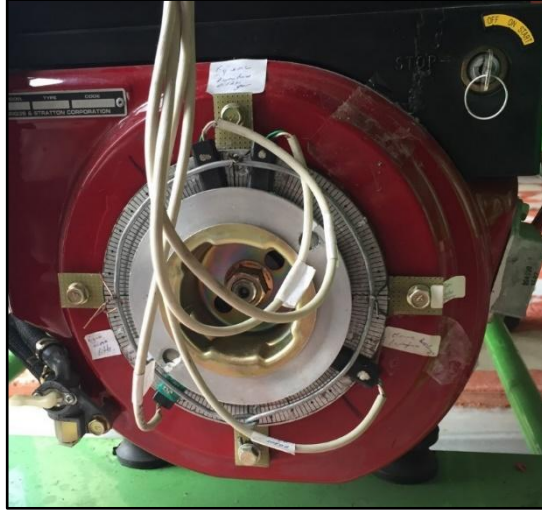
Şekil 4.3. Selenoid ve hava kanatçıklarının alüminyum levha üzerine montajı.

Montajı yapılan sistemin deney motorunun silindir kapağı üzerine montajı yapılmıştır. Montajı tamamlanan sistemin fotoğrafı Şekil 4.4’de sunulmuştur.



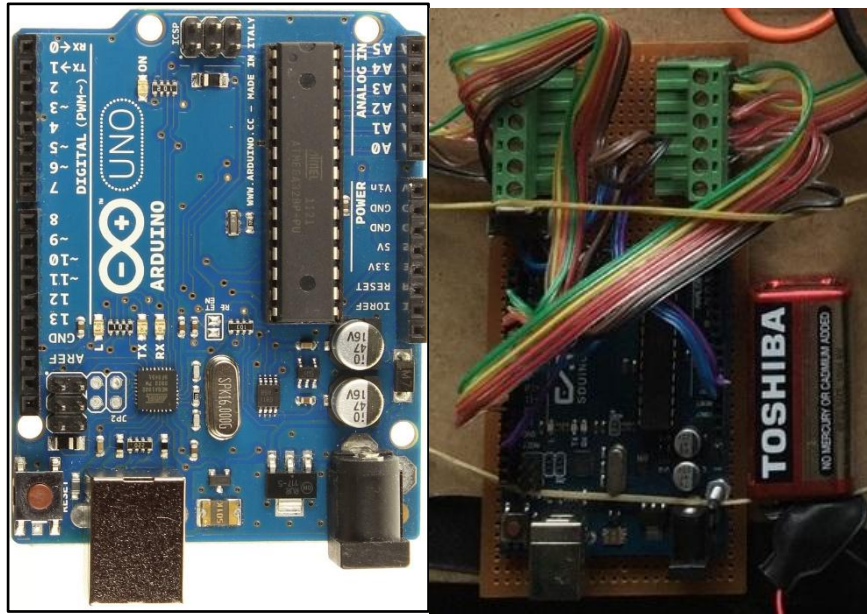
Şekil 4.4. EMS sistemin deney motorunun silindir kapağı üzerine montajı.

Supapların açılma ve kapanma zamanlamasının alınabilmesi için dört tane (emme açılma, emme kapanma, egzoz açılma, egzoz kapanma) UGN3112 hall switch sensör kullanılmıştır. Sensörlerin konum alabilmesi için krank mili çıkış kasnağına alüminyumdan imal edilmiş bir plaka monte edilmiştir. Alüminyum plaka üzerine supap açma kapanma açılarını hassas bir biçimde değiştirilmesi için her birinin arası 2° olan 180 tane çizgi çizilmiştir. Şekil 4.5’de plaka üzerine konumlandırılan hall switch sensörleri görülmektedir.



Şekil 4.5. Supap zamanlama sensörleri.

Hall switch sensörlerden gelen konum bilgileri mikro denetleyiciye gönderilir. Kart üzerine yerleştirilmiş ATmega328P mikro denetleyici kullanılmıştır. Şekil 4.6'da kart üzerine yerleştirilmiş mikro denetleyici ve diğer bağlantılar gösterilmektedir.



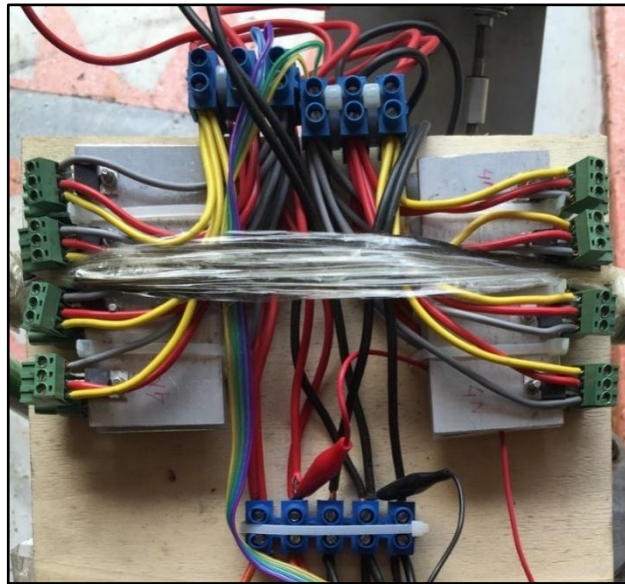
Şekil 4.6. Kart üzerine yerleştirilmiş mikro denetleyici.

Mikro denetleyici sensörlerden aldığı konumları programlandığı sıra ile supapların açılması için selenoidlere gerekli olan enerji sürmesi için TLP250 mosfet sürücü bloğu kullanılmıştır. TLP250 mosfet sürücü bloğu Şekil 4.7'de görülmektedir.



Şekil 4.7. TLP250 mosfet sürücü bloğu.

Selenoidlere gerekli olan gücün sürülebilmesi için mosfet güç sürücü ünitesi kullanılmıştır. Şekil 4.8’de ünitenin soğuması için alüminyum plakalar üzerine monte edilmiş mosfet güç sürücü ünitesi görülmektedir.



Şekil 4.8. Mosfet güç sürücü ünitesi.

Sistemin enerjisi 12 V 160 Ah güce sahip paralel bağlı iki adet aküden oluşan güç ünitesi tarafından sağlanmaktadır.

Deneyleer için tek silindirli, Briggs and Stratton-Vanguard marka benzinli bir motor kullanılmıştır. Şekil 4.9’da deney motoru görülmektedir. Çizelge 6.3’de deney motorunun teknik özellikleri verilmiştir.

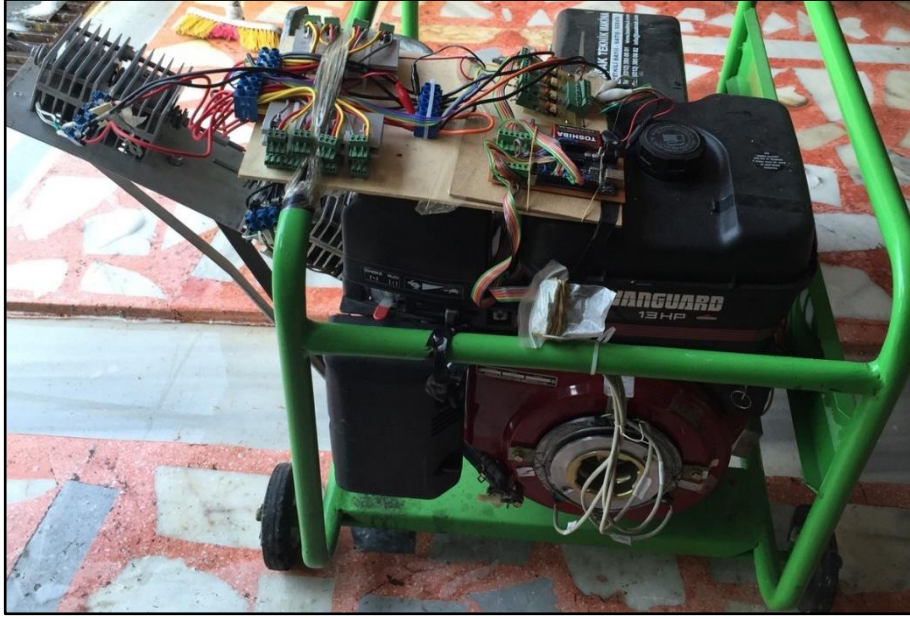


Şekil 4.9. Tek silindirli, buji ateşlemeli motor.

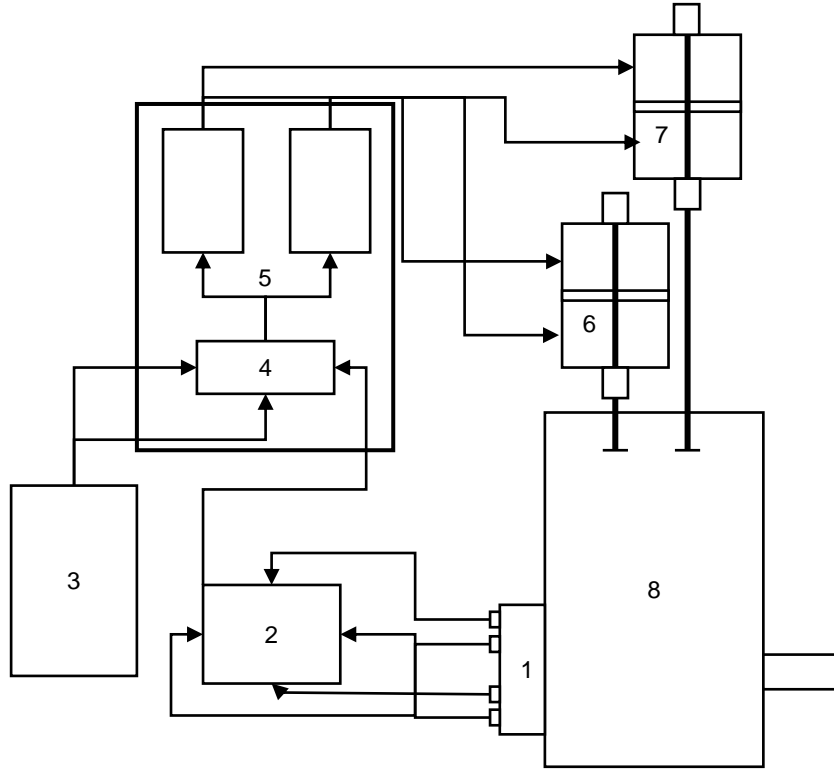
Çizelge 4.2. Deney motorunun teknik zellikleri.

Motor gücü	13 HP
Maximum motor devri	3600 1/min
Motor hacmi	392 cc
Silindir sayısı	1
Silindir apı	89,00 mm
Piston kursu	63,00 mm
Sıkıştırma oranı	8,6:1
Ateşleme	Magnetron-Elektronik
EmAA	16° KMA .N
EmKG	44° KMA s.AN
EgAA	45° KMA .AN
EgKG	15° KMA s.N
Supap yüksekliği	6 mm

Deney motoru zerine EMS, gücü nitesi ve kontrol sisteminin montajı Şekil 4.10’da görülmektedir.



Şekil 4.10. Deney motoru üzerine EMS, güç ünitesi ve kontrol sisteminin montajı.



Şekil 4.11. EMS, güç ünitesi ve kontrol sisteminin çalışmasının şematik gösterimi.

Şekil 4.11’de üzerine EMS, güç ünitesi ve kontrol sisteminin monte edilmiş deney motorunun çalışması şematik olarak gösterilmektedir. Sistemin çalışması aşağıdaki işlemlerin gerçekleşmesi ile sağlanmaktadır.

- Marş motoru ile motora ilk hareket verilir.
- 1 numaradaki hall switch sensörler krank milinin dönüşüne göre emme ve egzoz supaplarının açılma konumlarının sinyali 2 numarada bulunan mikro denetleyiciye gönderir.
- Mikro işlemci gelen konum sinyallerini kendinde yüklü olan yazılımsal sıralamaya göre 4 numarada bulunan mosfet sürücü bloğuna gönderir.
- Mosfet sürücü bloğu 6 ve 7 numarada bulunan selenoidlere gerekli olan enerjinin gönderimi için 5 numarada bulunan mosfet güç sürücü ünitesine gerekli sinyali gönderir.
- Mosfet güç sürücü ünitesi sistem için gerekli olan enerjiyi 3 numarada bulunan güç ünitesinden alıp, selenoidlere sevk eder.
- EMS sisteminin selenoidleri sıralı bir biçimde kendisine gelen enerji ile emme ve egzoz supaplarının gereken zamanda açılıp kapanmasını temin eder.
- 8 numarada bulunan motor bu döngünün tekrarı ile çalışır hale gelir.

4.3. DENEY YÖNTEMİ

Deney motorunun klasik ve EMS sistemi ile silindir basınçları ölçülmüştür. Silindir basınç ölçümü Equus 3614 Innova kompresyon test manometresi ile ölçülmüştür. Test cihazı maksimum 300 psi veya 20 bar değerine kadar ölçüm yapabilmektedir. Silindir basıncının ölçümü için test cihazının bağlantı kısmı silindir kapağı üzerinde bulunan buji yatağına monte edilmektedir. Ölçüm öncesinde cihazın içerisindeki havanın tahliyesi emniyet valfi yardımı ile yapılmaktadır. Test cihazının ibresi bir değerde sabitlenene kadar marş yapılır. Test işleminin sonunda göstergeden okunan değer silindir basıncını vermektedir. Şekil 4.12’de Equus 3614 Innova kompresyon test manometresi görülmektedir.



Şekil 4.12. Equus 3614 Innova kompresyon test manometresi.

Deney motorunun sabit bir motor hızında klasik ve EMS sistemi ile ayrı ayrı yakıt tüketimleri ölçülmüştür. Özgül yakıt tüketimleri motorun belirli kütledeki yakıt tüketme süresi belirlenerek hesaplanmıştır. Yakıt tüketiminin belirlenmesinde Şekil 4.13'de görülen hassas terazi kullanılmıştır.



Şekil 4.13. Yakıt tüketimi ölçümü için kullanılan hassas terazi.



Şekil 4.14. Egzoz emisyon ölçüm cihazı.

Deney motorunun klasik ve EMS sistemi ile çalışması sırasında egzoz emisyonları Şekil 4.14'de görülen Bilsa Mod 2210 emisyon ölçüm cihazı ile yapılmıştır.

Özgül yakıt tüketimi ve egzoz emisyonları ölçülürken deney motoruna bağlı olan jeneratörün üretmiş olduğu elektrik enerjisi Şekil 4.15'de gösterilen yükleme cihazına verilmektedir. Yükleme cihazının üzerinde her biri 400W dirence sahip 9 adet rezistans bulunmaktadır. Her bir rezistans için cihazın üzerine anahtarlar konulmuştur. Bu sayede motor 800, 1600, 2400, 3200 ve 4000 W ile farklı yüklenerek yakıt tüketimi ve kirletici egzoz emisyonları ölçülmüştür.



Şekil 4.15. Yükleme cihazı.

BÖLÜM 5

BULGULAR VE TARTIŞMA

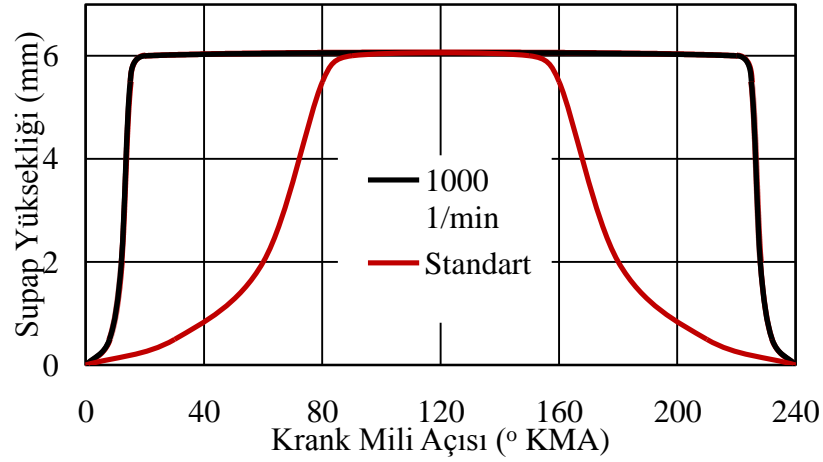
Bu çalışmada, tasarlanmış ve imalatı gerçekleştirilmiş düşük voltajlarla çalışabilen EMS mekanizmasının silindir kapağı üzerine montajı yapılmıştır. Motor standart supap sistemi ve EMS sistemi ile çalıştırılarak performans ve kirletici emisyon ölçümlerinden elde edilen veriler karşılaştırılmıştır.

EMS ve klasik supap sistemi ile motor 800, 1600, 2400, 3200 ve 4000 W değerlerinde yüklenmiştir. Her bir güç değerinde yükleme yapılırken yakıt tüketimi değerleri ve kirletici emisyon değerleri alınmıştır. Bütün ölçümler üç defa tekrar edilmiştir. Üç tekrarda benzer sonuç alınamayan ölçümler, deney şartları kontrol edilerek tekrar yapılmıştır. Beş yükteki her bir değer bu şekilde elde edilmiştir.

5.1. EMS VE STANDART SUPAP SİSTEMİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

Yapılan testlerde EMS sisteminin 6 mm supap yüksekliğinde, 5128.2 1/min motor hızına kadar çalıştırılabilmektedir. Standart supap sisteminde supapların açılıp kapanması krank açısı olarak devir değişikliğinden etkilenmez ve her devirde krank mili ile ilişkilendirilmiş çalışmayı sergiler. Buna karşılık EMS sisteminde, motor devri azaldıkça supabın tam açık ve tam kapalı konuma gelme süresi azalır. 5128 1/min hızında bile supabın tam açık ve tam kapalı konuma daha erken ulaşmaktadır.

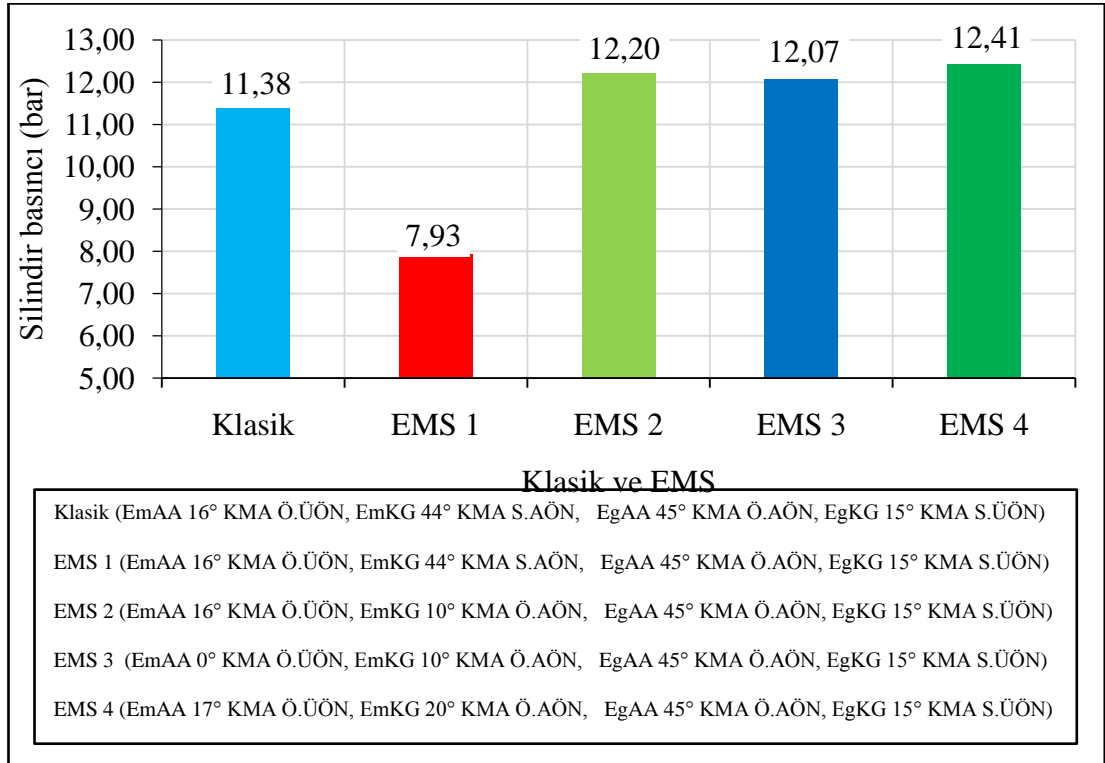
Standart supap sistemi ile EMS sisteminin 1000 1/min sabit motor devir performanslarının karşılaştırması Şekil 5.1'de verilmiştir. Buna göre 1000 1/min motor hızında EMS sistemi 30° KMA'ya karşılık gelen bir dönüş açısında tam açık konuma gelirken standart supap ise yaklaşık 100° KMA'ya karşılık gelen bir dönüş açısında tam açık konuma ulaşmaktadır. Kapanma olayı da bu sürelerle eşdeğer olarak gerçekleşmektedir.



Şekil 5.1. Standart supap sistemi ile EMS sisteminin karşılaştırması, 1000 1/min.

5.2. EMS SİSTEMİNİN SİLİNDİR BASINCINA ETKİSİ

Deney motorunun üzerinde klasik supap sistemi ve EMS sistemi varken kompresyon testleri yapılmıştır. Yapılan testlerde elde edilen veriler Şekil 5.2’de gösterilmektedir.



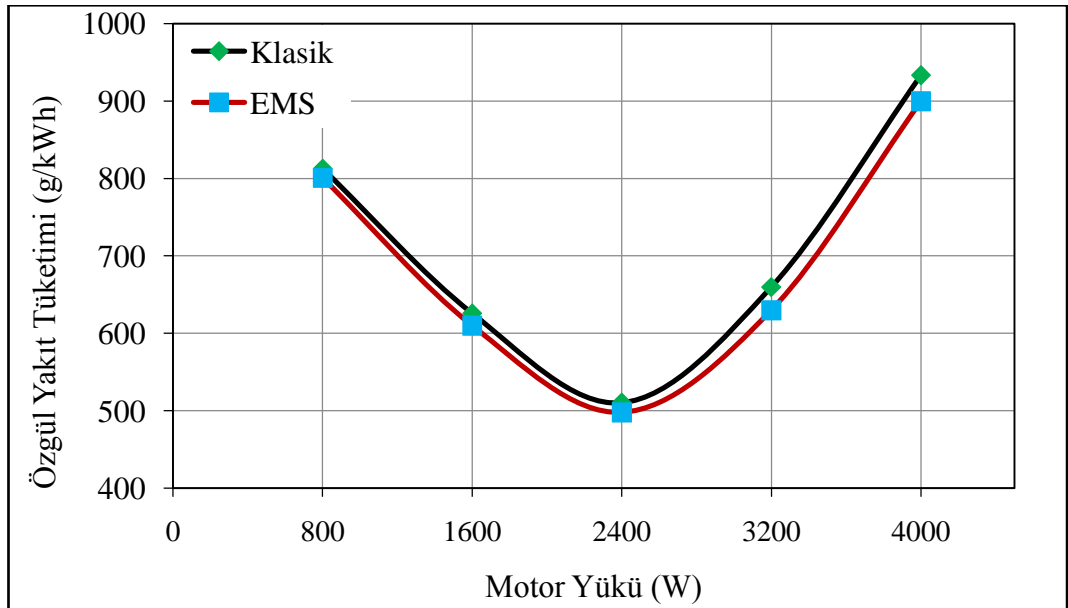
Şekil 5.2. Klasik supap sistemi ve EMS sistemi varken silindir basınç verileri.

Şekil 5.1’de klasik supap ve EMS sisteminin silindir basınçları karşılaştırılmıştır. EMS sistemi klasik supap sisteminin emme ve egzoz açılma kapanma zamanlarında iken silindir basıncında 3,447 bar’lık bir düşüş gerçekleşmektedir. EMS sisteminin emme açılma sensörü alt ölü noktadan önceye alındığında silindir basıncında klasik sisteme göre 1,034 bar’lık bir artış gerçekleşmektedir. EMS sisteminin emme ve egzoz supaplarının açılma kapanma sensörleri birçok farklı konuma getirilerek testler yapılmıştır. Ancak, en büyük farklılaşmalar emme kapanma sensörünün konumunun değiştirilmesinde elde edilmiştir. Özellikle emme açılma sensörü alt ölü noktadan önce 20° konumundayken en yüksek kompresyon basıncı elde edilmiştir.

5.3. EMS SİSTEMİNİN ÖZGÜL YAKIT TÜKETİMİNE ETKİSİ

Günümüz içten yanmalı motorlarında özgül yakıt tüketimini sıkıştırma oranı, hava-yakıt oranı, yakıt kalitesi, yardımcı sistemler, motor sürtünmesi, yanma odası tasarımı ve dolgu değişimi etkilemektedir.

EMS sistemi ile supaplar klasik sisteme göre daha hızlı açılıp kapatıldığı için silindir içine daha fazla dolgu alınmaktadır. Bunun sonucunda silindir içi basıncı artmakta ve yanma veriminin iyileşmesi beklenmekte ve özgül yakıt tüketimi azalmaktadır.



Şekil 5.3. EMS sisteminin farklı motor yüklerinde özgül yakıt tüketimine etkisi.

EMS ve klasik supap sistemi ile motorun 800, 1600, 2400, 3200 ve 4000 W değerlerinde yüklenmesiyle ölçülen yakıt sarfiyatı verilerine göre hesaplanan özgül yakıt tüketimi değişimi Şekil 5.3'de gösterilmektedir. Özgül yakıt tüketimi EMS sisteminde ortalama tüm yüklerde %2,64 kadar azalmaktadır.

5.4. EMS SİSTEMİNİN EGZOZ EMİSYONLARINA ETKİSİ

Yakıtlar temelde hidrojen (H_2) ve karbondan (C) oluşmaktadır. Yanma olayının yakıtın oksijenle (O_2) birleşmesi gibi bakılabilir. Yakıtın yanması, yakıtın içindeki yanabilen elemanları ile havanın oksijeni arasında yüksek hızla oluşan kimyasal reaksiyonlardır. İdeal yanmada hava içindeki O_2 , C ve birleşerek karbondioksit (CO_2) hidrojenle birleşerek de su buharını (H_2O) oluşturur. Havanın azotu (N_2) ise reaksiyona girmez. Reaksiyonlar sonucu ısı ve ışık açığa çıkar. Bu maddelerden H_2O zararlı değildir ve kirletici bir özellik taşımamaktadır. N_2 ise reaksiyona girmemekte ve alındığı gibi havaya geri verilmektedir. Karbondioksit doğrudan insan ve çevre sağlığı üzerinde zararlı etkilere sahip değildir. Ancak yanma sonucu atmosfere en çok salınan ve sera etkisi oluşturan bir gazdır. Bu nedenle içten yanmalı motorların verimliliği artırılarak yakıt tüketimi düşürülmekte ve yakıt tüketimine de sınırlar getirilerek CO_2 üretiminin kısıtlanmasına çalışılmaktadır.

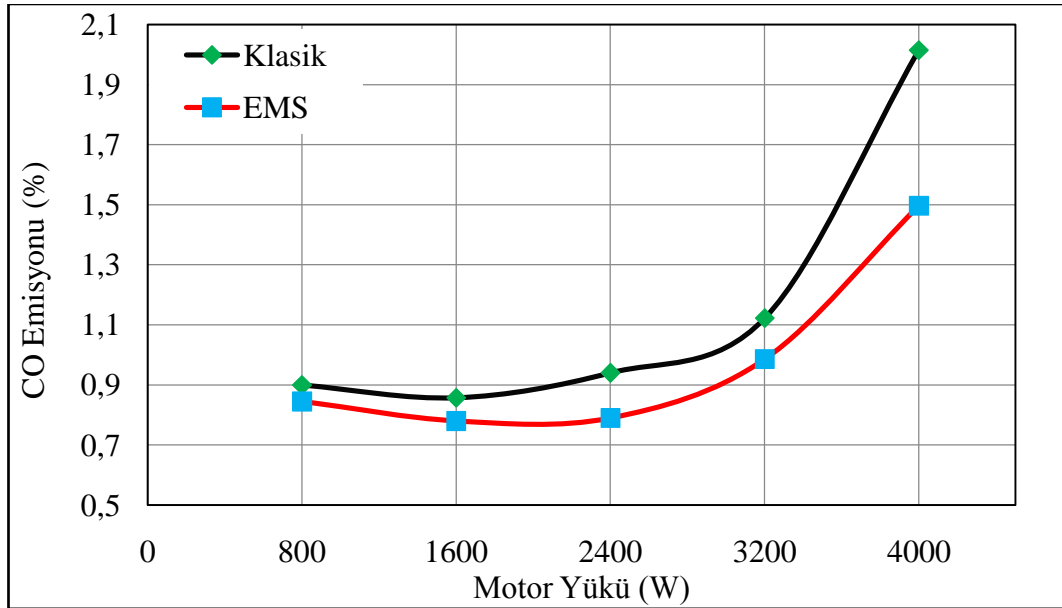
Benzinli bir motorun karbüratör karbüratörün de benzin ile hava karıştırılırken gerekenden daha çok benzin karıştırılıyorsa fazla olan kısım tam yanamayacak ve yanma sonucu CO_2 veya H_2O yanında CO ve HC oluşacaktır. Yanmaya katılan hava gereken miktarda olsa bile, yanma odasında yakıt ile havanın iyi karışmaması nedeniyle zengin ve fakir karışım bölgeleri oluşabilir. Her türlü ideal yanma koşulları sağlamsa bile yanmanın kimyası gereği, bir miktar kirletici dediğimiz tür bileşen oluşacaktır. Ayrıca hidrokarbon yakıtlar içerisinde bulunan farklı oranlardaki kükürt ve yakıtta çeşitli nedenlerle eklenen katkı maddeleri de yanma sonucunda kirletici madde olarak ortaya çıkmaktadır.

Bütün bu nedenlerle yanma sonucunda yanmamış karbon monoksit (CO), hidrokarbonlar (HC), azot oksitler (NO_x), aldehitler, is ve partiküller, kükürt dioksit (SO_2) ve kurşun bileşenleri ortaya çıkmaktadır (Kutlar, 1998).

5.4.1. Karbon Monoksit (CO)

CO emisyonu eksik ya da zayıf yanma sonucu oluşur. Düşük gaz sıcaklığı veya ortamda yeterli oksijenin olmaması eksik yanmaya neden olur. Bu da CO emisyonlarını arttırmaktadır. İçten yanmalı motorlardaki CO emisyonları hava-yakıt eşdeğerlik oranıyla kontrol edilir. Zengin yakıt karışımları için egzozdaki CO konsantrasyonu artan eşdeğerlik oranıyla artar, çünkü giren yakıt miktarı artmaktadır (Aydoğan, 2008).

Klasik ve EMS sistemi ile çalışan deney motorunun 800, 1600, 2400, 3200 ve 4000 W değerlerinde yüklenmesi sonucunda elde edilen CO emisyonları değişimi Şekil 5.4'de görülmektedir. EMS sistemi ile çalışmada klasik sisteme göre CO emisyonlarında azalma gerçekleşmiştir.



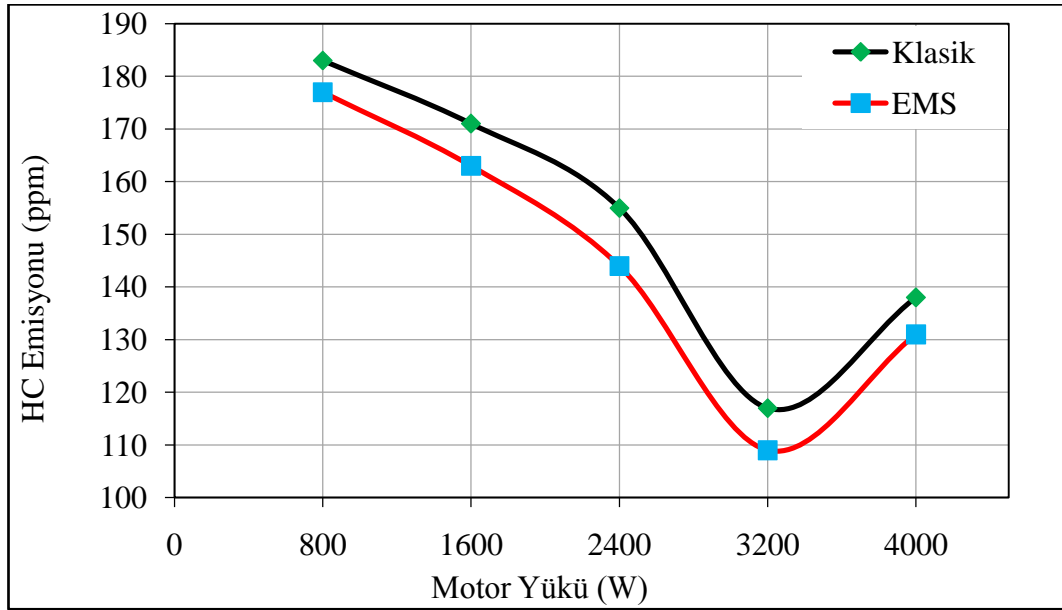
Şekil 5.4. Klasik ve EMS sisteminin CO emisyonları.

Şekil 5.4'de EMS sistemi dahil edilen motorun karbon monoksit emisyonlarında ortalama tüm yüklerde %13,74 kadar azalma gerçekleşmektedir. Bu gelişmenin sebebi emme zamanında EMS sayesinde daha fazla dolgu alınması sonucunda silindir içi basınç ve sıcaklığın artması sonucu daha verimli bir yanmanın gerçekleşmesidir.

5.4.2 Hidrokarbonlar (HC)

Hidrokarbonlar yakıtın eksik yanması sonucu oluşur. Egzoz gazları çok bol miktarda hidrokarbon bileşiklerini içerilerinde bulundurlar. Normal bir yanma prosesinde yakıtın yanmadan atılması için iki yol bulunmaktadır. Birincisi hava-yakıt karışımının silindir içinde tutuşma veya yanma odası içinde alevin ilerlemesini destekleyemeyecek kadar çok zayıf olmasıdır. İkincisi ise hava-yakıt karışımının silindir içinde yanma odası içinde alevin ilerlemesini destekleyemeyecek kadar gereğinden fazla zengin olması. Hidrokarbonlar yanmamış karışıma veya oksidasyon prosesinin bastırılmasına bağlı olarak yanmadan kalırlar (Aydoğan, 2008).

Klasik supap ve EMS sistemi üzerinde bulunan deney motorunun hidrokarbon emisyon ölçümleri yapılmıştır. Motorun 800, 1600, 2400, 3200 ve 4000 W değerlerinde yüklenmesi sonucunda elde edilen emisyon değerlerinin karşılaştırma grafiği Şekil 5.5’de görülmektedir.



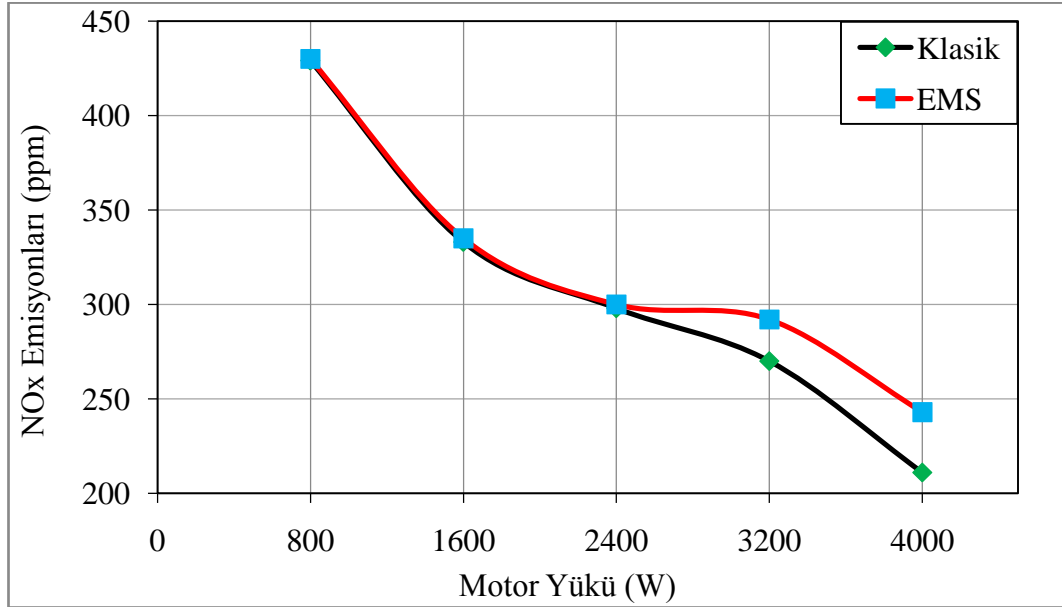
Şekil 5.5. Klasik ve EMS sisteminin hidrokarbon emisyonları.

Şekil 5.5’de görüldüğü gibi EMS sisteminde hidrokarbon emisyonlarında ortalama tüm yüklerde %5,23 kadar azalma gerçekleşmektedir.

5.4.3 Azot Oksitler (NO_x)

Azot oksitler (NO_x) yanma odasında yanma işlemi sürecinde atomik oksijen ve azotun reaksiyonuna bağlı olarak oluşurlar. NO_x oluşturan reaksiyonlar sıcaklığa bağlıdır. Bundan dolayı NO_x emisyonları motor yüküyle orantılıdır ve motor ilk çalışmasında ve ısınma sırasında bağlı olarak düşüktür. NO_x emisyonlarını büyük oranda azot oksit (NO), az miktarda azot dioksit (NO_2) ve diğer azot oksit bileşikleri oluşturmaktadır. Bunların hepsi birlikte NO_x olarak gruplandırılmaktadır. Bununla birlikte, yaygın kullanımda NO ve NO_2 gazlarının toplamı NO_x emisyonları olarak adlandırılmaktadır (Aydoğan, 2008).

Şekil 5.6'da klasik ve EMS supap sistemi ile 800, 1600, 2400, 3200 ve 4000 W yüklerde NO_x emisyonlarının değişimi görülmektedir. EMS sistemi ile çalışmada 2400W motor yüküne kadar klasik sisteme yakın iken 3200 ve 4000W yüklerde daha fazla NO_x emisyonları belirlenmiştir. Bu durum, 2400 W yükten sonra yanma sonu sıcaklığının artması ile açıklanabilir.



Şekil 5.6. Klasik ve EMS sisteminin azot oksit emisyonları.

BÖLÜM 6

SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, EMS sistemi 4 zamanlı tek silindirli buji ateşlemeli bir motora uygulanmıştır. Motorun üzerindeki klasik ve EMS sistemi ile kompresyon basıncı, özgül yakıt tüketimi ve egzoz emisyonları ölçülerek karşılaştırılmıştır. EMS sistemi motor üzerinde başarılı bir şekilde çalışmıştır.

EMS sisteminde 215 g kütleli hareketli nüve kullanılmıştır. Kullanılan bobinin iletken çapı 1 mm, sarım sayısı 168x2 çift sarım, iletken direnci 1,2 Ohm ve endüktans 1,352 mH'dir. Sistemin statik özelliklerinden maksimum elektromıknatis kuvvet değeri 76 N olarak ölçülmüştür. Sistemin çalışma aralığı 6 mm'de açma kapama hızı 8,5 ms olarak ölçülmüştür. Sistemin çalışma gerilimi 12 V, sistemden çekilen maksimum akım değeri her bir selenoid için 15 A olarak ölçülmüştür.

EMS sisteminde meydana gelen ısınmalar alüminyumdan imal edilen hava kanatçıkları ile azaltılmıştır. Buna rağmen 5 dakika çalışmadan sonra sistemde aşırı ısınma meydana gelmektedir. Bu sebeple sistemin yakıt tüketimi ve kirletici emisyon ölçümleri aralıklı olarak yapılarak sistemin zarar görmesinin önüne geçilmiştir.

Silindir basınç testi sonucunda emme supabı açılma sensörünün AÖN'den önceye alındığında en yüksek değerlerinin elde edildiği görülmüştür. Klasik sistemde 11,38 bar olan silindir basıncı EMS ile 12,41 bar basınca çıkararak 1,03 bar'lık bir artış elde edilmiştir.

Özgül yakıt tüketiminin EMS sisteminde klasik sisteme göre %2,64 kadar düştüğü görülmüştür.

Hidrokarbon emisyonları EMS sisteminde klasik sisteme göre %5,23 kadar azalmıştır.

Karbon monoksit emisyonları klasik sisteme göre EMS sisteminde %13,74 kadar azalma gerçekleşmektedir.

Azot oksit emisyonlarının, EMS sistemi ile çalışmada 2400W motor yüküne kadar klasik sisteme yakın olduğu, 3200 ve 4000W yüklerde ise arttığı belirlenmiştir. Bu durum, 2400 W yükten sonra yanma sonu sıcaklığının artması ile açıklanabilir.

EMS sistemi deney motoruna uygulanması sırasında bazı sıkıntılarla karşılaşmaktadır. Bunlar;

EMS sistemi emme ve egzoz supaplarının her ikisine birlikte uygulandığı için 12V sabit gerilim kullanmasına karşılık yüksek akıma ihtiyaç duyulmaktadır. Sistemin yüksek akım ihtiyacına bağlı olarak mosfet güç sürücü ünitesinde ve selenoidlerde aşırı ısınmalar meydana gelebilmektedir. Bu problem EMS sisteminin sadece emme supabına uygulanması ve EMS sisteminin optimizasyonu ile çözülebilir. Ayrıca, ısınma sorunu mosfet güç sürücü ünitesi ve selenoidlerin soğutucu bir akışkanın içine daldırması veya sistemin üzerine soğutma kanalları yapıp soğutma sıvısı dolandırılması ile çözülebilir.

İleriki çalışmalarda deney motorunun ateşleme ve yakıt sistemi EMS sistemi kontrol ünitesi tarafında denetlenir hale getirilebilir. Bu sayede bütün sistem bir yazılım ile kontrol edilerek çalışma performansları değerlendirilebilecektir.

KAYNAKLAR

1. Kutlar, A., “Taşıt Egzozundan Kaynaklanan Kirleticiler”, *Birsen Yayınevi*, İstanbul, 5-23 (1998).
2. Akbaş, A., Çınar, C. ve Sekmen, Y., “Buji ile ateşlemeli motorlarda değişken supap zamanlamasının performansa etkileri üzerine deneysel bir araştırma”, *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 7 (1): 35-38 (2001).
3. Koca, A. ve Gün, F., “Değişken supap zamanlamasının motor performansına etkilerinin deneysel incelenmesi”, *Gazi Üniversitesi Politeknik Dergisi*, 9 (4): 4-8 (2006).
4. Atzler, F., “On the future of the piston engine with internal combustion: An overview”, *Marie Curie Fellowship Conference*, Austria. (2001).
5. Aydoğan, B., “Biyodizel kullanılan dizel motorlarda NO_x emisyonlarının ve NO_x emisyonları azaltma yöntemlerinin incelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, *Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Denizli, 21-27 (2008).
6. Birgül, N., “İçten yanmalı motorlarda kullanılacak bir elektromekanik supap sisteminin tasarımı ve geliştirilmesi”, Doktora Tezi, *Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Karabük, 1-52 (2014).
7. İnternet: BMW, “BMW Technology Guide”, http://www.bmw.com/com/en/insights/technology/technology_guide/articles/mm_valvetronic.html?content_type=/com/en/insights/technology/technology_guide/articles/mm_valvetronic.html&source=/com/en/insights/technology/technology_guide/articles/vanos_double_valvetronic.html (2012).
8. Perreault, D. J., “Automotive applications of power electronics”, *Power Electronics Handbook*, (121): 635-659 (2007).
9. Doğan, O., “İçten yanmalı bir motorda elektro-mekanik supap uygulaması”, Yüksek Lisans Tezi, *Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Karabük, (2006).
10. Vu, D. T. and Pyung, H., “A novel of hybrid magnet engine valve actuator using shorted turn for fast initial response”, *International Journal of Information and Electronics Engineering*, 3 (1): 95-97 (2013).
11. İnternet: FIAT, “FIAT Teknoloji”, <http://www.fiat.com.tr/teknoloji/Sayfalar/MultiAir.aspx> (2013).

12. Gün, F., “Değişken supap zamanlamasının motor performansına etkilerinin deneysel incelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, 4-16 (2006).
13. Yüksel, İ. ve Kamış, Z., “Farklı bir elektromekanik supap mekanizmasının gerçek zamanlı denetimi”, *Uludağ Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 11 (2): 83-92 (2006).
14. Tsai, J., Koch, C. R. and Saif, M. “Cycle adaptive feed forward approach controllers for an electromagnetic valve actuator”, *IEEE Transactions on Control Systems Technology*, 20 (3): 738-746 (2012).
15. Kim, J. and Lieu, D. K., “A new electromagnetic engine valve actuator with less energy consumption for variable valve timing”, *Journal of Mechanical Science and Technology*, 21 (4): 602-606 (2007).
16. Peterson, K. S. and Stefanopoulou, A. G., “Extremum seeking control for soft landing of an electromechanical valve actuator”, *Automatica*, 40 (6): 1063–1069 (2004).
17. MEGEP, “Motorlu araçlar teknolojisi supap sistemleri”, *MEGEP*, 66-81, Ankara (2011).
18. İnternet: Mitsubishi, “Mitsubishi Motors Automobile Technology Library”, <http://www.mitsubishi-motors.com/en/spirit/technology/library/mivec.html> (2012).
19. Pournazeri, M., Khajepour, A. and Fazeli, A., “An efficient lift control technique in electrohydraulic camless valve train using variable speed hydraulic pump”, *SAE Technical Paper*, 1-940 (2011).
20. Birgül, N. ve Sekmen, P., “Bir elektromekanik supap (EMS) sisteminin değişik çalışma aralıklarındaki dinamik performansının araştırılması ve içten yanmalı bir motorun desteklenme limitlerinin belirlenmesi”, *Gazi Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 28 (3): 607-616 (2013).
21. Sarıdemir, S. “İçten yanmalı dört zamanlı bir motor için supap mekanizması tasarımı”, Doktora Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, 19-25 (2009).
22. Hara, S., Suga, S., Watanabe, S. and Nakamura, M., “Variable valve actuation systems for environmentally friendly engines”, *Hitachi Review*, 58 (7): 319-324 (2009).
23. Sağıroğlu, S. ve Salman, M. S., “Buji ile ateşlemeli bir motorda elektromanyetik kumandalı eyleyici mekanizmasının tasarımı, imalatı ve uygulanabilirliğinin araştırılması”, *Teknoloji*, 10 (2): 113-122 (2007).

24. Tanaka, H. and Toyoda, N. “Development of a sensor-less electro-hydraulic valve actuator for a cam-less engine”, *Proceedings of the JFPS International Symposium on Fluid Power (6)*, 256-261 (2005).
25. Taşlıyol, M., “Elektro-mekanik denetimli supap sisteminde değişken supap zamanlaması”, Yüksek Lisans Tezi, *Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Karabük, 20-45 (2011).
26. Uysal, F., “Değişken zamanlamalı supap kontrol sistemi tasarımı, imalatı ve performans etkileri üzerine bir araştırma”, Yüksek Lisans Tezi, *Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Karabük, 32-40 (2012).
27. Aygül, V. ve Özsezen, A. N., “İçten yanmalı motorlarda supap kontrol mekanizmaları”, *Tasit Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 4 (3): 15-22 (2012).
28. İnternet: Wan, M., “Autozine Technical School”, http://www.autozine.org/technical_school/engine/vvt_31.htm (2014).
29. İnternet: Wikipedia, “Motorlu Taşıtlarda Yakıt Ekonomisi”, http://tr.wikipedia.org/wiki/Motorlu_Ta%C5%9F%C4%B1tlarda_Yak%C4%B1t_Ekonomisi (2013).
30. Wang, Y., Megli, T., Haghgoie, M., Peterson, K. S. and Stefanopoulou, A. G., “Modeling and control of electromechanical valve actuator”, *SAE Technical Paper*, 1-1106 (2002).
31. Shiao, Y. and Dat, L. V., “Actuator control for a new hybrid electromagnetic valve train in spark ignition engines”, *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part D: Journal of Automobile Engineering*, 789-799 (2013).
32. Shiao, Y. and Pan, W. D., “Design of a 3-stage voltage controller for EMV actuation in SI engines”, *11th International Conference on Control, Automation and Systems (ICCAS)*, 611–615 (2011).
33. Yang, Y. P., Liu, J. J., Ye, D. H., Chen, Y. R. and Lu, P. H., “Multiobjective optimal design and soft landing control of an electromagnetic valve actuator for a camless engine”, *IEEE/ASME Transactions On Mechatronics*, 18 (3): 963-972 (2013).
34. Qiu, Y., Perreault, D. J., Kassakian, J. G. and Keim, T. A., “A custom-designed limited-angle actuator for an electromechanical engine valve drive. Part I”, *Conceptual Design. 5th IET International Conference on Power Electronics, Machines and Drives (PEMD 2010)*, 241 (2010).
35. Çengel, Y. A., “Mühendislik Yaklaşımıyla Termodinamik, Cilt 1”, *Literatür Yayıncılık*, İstanbul (1998).

36. Kamış, Z., “Elektromekanik supap mekanizmalarında tasarım parametrelerinin incelenmesi”, *Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 9 (2): 45-58 (2004).
37. Sekmen, Y., “Buji ile ateşlemeli bir motorda sıkıştırma oranının değiştirilebilir hale getirilmesi ve performansa etkisinin incelenmesi”, Doktora Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara (2003).
38. Turan, S., “Elektro-mekanik sistemlerin darbe genişlik modülasyon tekniği ile sürülmesi ve denetiminin incelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, *Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Bursa (2009).
39. Aygül, V., “Tek silindirli buji ateşlemeli bir motorda elektromekanik supap mekanizması uygulaması”, Yüksek Lisans Tezi, *Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Kocaeli (2014).
40. Bernardo, M. D., Gaeta, A. D., Velasco, C. I. H. and Santini, S., “Energy-based key-on control of a double magnet electromechanical valve actuator”, *Control Systems Technology IEEE*, 20 (5): 1133-1145 (2012).
41. Mohamed, E., “Modeling and performance evaluation of an electromechanical valve actuator for a camless IC engine”, *International Journal of Energy and Environment*, 3 (2): 275-294 (2012).
42. Wahyudie, A., Nakao, T., Kai, T., Seikoba, S., Mukai, M. and Kawabe, T., “Model predictive controller with a fixed compensator for an electromechanical valve”, *SICE Journal of Control, Measurement, and System Integration*, 3 (5): 381-387 (2010).
43. Liu, L., and Chang, S., “Improvement of valve seating performance of engine’s electromagnetic valve train”, *Mechatronics*, 21 (7): 1234-1238 (2011).
44. Samadi, M. F., and Saif, M., “Approach control of an electromechanical valve actuator using closed-loop iterative learning control”, *Decision and Control and European Control Conference (CDC-ECC)*, 5365-5370 (2011).
45. Muzakkir, S. M., Patil, M. G. and Hirani, H., “Design of Innovative Engine Valve: Background and Need”, *International Journal of Scientific Engineering and Technology*, 4 (3): 178-181 (2015).
46. Zhao, J and Seethaler, R. J., “A fully flexible valve actuation system for internal combustion engines”, *Mechatronics, IEEE/ASME Transactions*, 16 (2): 361-370 (2011).
47. Mercorelli, P., “A two-stage augmented extended kalman filter as an observer for sensorless valve control in camless internal combustion engines”, *Industrial Electronics, IEEE Transactions*, 59 (11): 4236-4247 (2012).

48. Verhelst, S., Demuynck, J., Sierens, R., & Huyskens, P., “Impact of variable valve timing on power, emissions and backfire of a bi-fuel hydrogen/gasoline engine”, *International Journal of Hydrogen Energy*, 35 (9): 4399-4408 (2010).
49. Muzakkir, S. M. and Hirani, H., “A magnetorheological fluid based design of variable valve timing system for internal combustion engine using axiomatic design”, *International Journal of Current Engineering Research*, 5 (2): 603-612 (2015).
50. Bonatesta, F., Waters, B. and Shayler, P. J., “Burn angles and form factors for Wiebe function fits to mass fraction burned curves of a spark ignition engine with variable valve timing”, *International Journal of Engine Research*, 11 (2): 177-186 (2010).
51. Daniel, R., Wang, C., Xu, H., and Tian, G., “Effects of combustion phasing, injection timing, relative air-fuel ratio and variable valve timing on SI engine performance and emissions using 2, 5-dimethylfuran”, *SAE International Journal of Fuels and Lubricants*, 5 (2012-01-1285): 855-866 (2012).
52. Ravi, N., Liao, H. H., Jungkunz, A. F., Widd, A. and Gerdes, J. C. “Model predictive control of HCCI using variable valve actuation and fuel injection”, *Control Engineering Practice*, 20 (4): 421-430 (2012).
53. Tomoda, T., Ogawa, T., Ohki, H., Kogo, T., Nakatani, K. and Hashimoto, E., “Improvement of diesel engine performance by variable valve train system”, *International Journal of Engine Research*, 11 (5): 331-344 (2010).
54. Jia, M., Xie, M., Wang, T., and Peng, Z., “The effect of injection timing and intake valve close timing on performance and emissions of diesel PCCI engine with a full engine cycle CFD simulation”, *Applied Energy*, 88 (9): 2967-2975 (2011).
55. Kocher, L., Koeberlein, E., Van Alstine, D. G., Stricker, K. and Shaver, G., “Physically based volumetric efficiency model for diesel engines utilizing variable intake valve actuation”, *International Journal of Engine Research*, 13 (2): 169-184(2012).
56. Sun, Z. and Kuo, T. W., “Transient control of electro-hydraulic fully flexible engine valve actuation system”, *Control Systems Technology, IEEE Transactions on*, 18 (3): 613-621 (2010).
57. Wang, T. Y., Peng, Z. J. and Wang, G. D., “In-cylinder air motion characteristics with variable valve lift in a spark ignition engine. Part 1: swirl flow”, *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part D: Journal of Automobile Engineering*, 225 (4): 479-497 (2011).

ÖZGEÇMİŞ

Emre DEMİR 1990 yılında Antalya’da doğdu; ilk ve orta öğrenimini aynı şehirde tamamladı. Antalya Anadolu Meslek Lisesi Gemi Makinaları Bölümü’nden mezun oldu. 2008 yılında Karabük Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Otomotiv Öğretmenliği Bölümü’nde öğrenime başlayıp 2012 yılında iyi derece ile mezun oldu. 2013 yılında Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Anabilim Dalı’nda başlamış olduğu yüksek lisans programında öğrenimine devam etmektedir.