

**ELEKTRO – MEKANİK DENETİMLİ SUPAP
SİSTEMİNDE DEĞİŞKEN SUPAP
ZAMANLAMASI**

**2011
YÜKSEK LİSANS TEZİ
MAKİNE EĞİTİMİ**

Mehmet TAŞLIYOL

**ELEKTRO – MEKANİK DENETİMLİ SUPAP SİSTEMİNDE
DEĞİŞKEN SUPAP ZAMANLAMASI**

Mehmet TAŞLIYOL

**Karabük Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Makine Eğitimi Anabilim Dalında
Yüksek Lisans Tezi
Olarak Hazırlanmıştır**

KARABÜK

Şubat 2011

Mehmet TAŞLIYOL tarafından hazırlanan “ELEKTRO – MEKANİK DENETİMLİ SUPAP SİSTEMİNDE DEĞİŞKEN SUPAP ZAMANLAMASI” başlıklı bu tezin Yüksek Lisans Tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Yrd. Doç. Dr. Bülent ÖZDALYAN
Tez Danışmanı, Makine Eğitimi Anabilim Dalı



Bu çalışma, jürimiz tarafından oy birliği ile Makine Eğitimi Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir. 04/ 02/ 2011

Ünvanı, Adı SOYADI (Kurumu)

İmzası

Başkan : Doç. Dr. M. Bahattin ÇELİK (KBÜ)



Üye : Doç. Dr. Raif BAYIR (KBÜ)



Üye : Yrd. Doç. Bülent ÖZDALYAN (KBÜ)



...../...../2011

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

Doç. Dr. Nizamettin KAHRAMAN
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.”

Mehmet TAŞLIYOL

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

ELEKTRO – MEKANİK DENETİMLİ SUPAP SİSTEMİNDE DEĞİŞKEN SUPAP ZAMANLAMASI

Mehmet TAŞLIYOL

Karabük Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Makine Eğitimi Anabilim Dalı

Tez Danışmanı:

Yrd. Doç. Dr. Bülent ÖZDALYAN

Şubat 2011, 51 sayfa

Günümüz motorlarında, supap sisteminin açılıp kapanması için kam mili kullanılmaktadır. Kam milinden hareket alan bu tip sistemler supap yüksekliği ve zamanlamasını sabit tutmaktadırlar. Supap zamanlamasının motor performansına ve özgül yakıt tüketimine olan etkisi bilinmektedir. Değişken supap zamanlaması ile supap sisteminin daha verimli kullanılması, motor performansını arttırmakla kalmayıp yakıt tüketiminde de iyileşmeler sağlamaktadır.

Yapılan sistem ile emme supabı elektro-manyetik şekilde tahrik edilerek kam mili dönüş açısına bağlı olarak supap zamanlaması değiştirilmektedir. İki farklı devir (1200 d/d ve 3600 d/d) için motor orijinal açılma ve kapanma avansları elektro-mekanik 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. Bu çalışmada, elektro-mekanik supaplı sistemde, farklı devir aralıklarında emme supabı açık kalma süresi, farklı açılma-kapanma avans açısı değerleri değiştirilmiştir. Düşük devirlerde supap sistemi besleme geriliminin daha düşük olduğu ve devir yükseldikçe besleme geriliminin de yükselmesi gerektiği sonucuna varılmıştır.

Anahtar Sözcükler : Kamsız Motorlar, Elektro-Mekanik Supap Sistemi, EMS,
Motor Performansı.

Bilim Kodu : 708.1.033

ABSTRACT

M.Sc. Thesis

CONTROLLED ELECTRO – MECHANICAL VALVE SYSTEM VARIABLE TIMING

Mehmet TAŞLIYOL

Karabük University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Mechanical Education

Thesis Advisor:

Assit. Prof. Dr. Bülent ÖZDALYAN

February 2011, 51 pages

Camshaft for opening and closing of the valve system used in today's engines. The height of the camshaft and timing of movement of the valve system of this type, constitute a fixed. The effect of valve timing on engine performance an specific fuel consumption is known. Valve engine with variable valve timing system's performance by increasing the use of more efficient, but also provide improvements in fuel consumption.

This study is beset on the prototype, driven by the camshaft intake valve electro - magnetic valve timing depending on the angle of rotation changed. Two different rpm (1200 rpm and 3600rpm) engine for the original opening and closing advances electro – mechanical valve system adapted original advance the values of different values and different supply voltages above and bellow the electro – mechanical valve system has been driven. Each different position of the valve

opening and closing an advance in comparison with the values investigated. In this study the electro – mechanical valve system, the intake valve open time in different speed ranges opening – closing values of advance angle changed. Ad low revs and the speed increases, the supply voltage is lower than the supply voltage also thinking that we must rise.

Key Words : Camless Engines, Electro-Mechanical Valve System, EMS, Engine Performance.

Science Code : 708.1.033

TEŞEKKÜR

Bu tez alıőmasının planlanmasında, araőtırılmasında, yürütülmesinde ve oluşumunda ilgi ve desteğini esirgemeyen, engin bilgi ve tecrübelerinden yararlandığım, yönlendirme ve bilgilendirmeleriyle çalıőmamı bilimsel temeller ışığında őekillendiren sayın hocam Yrd. Doç. Dr. Bülent ÖZDALYAN'A, kıymetli zamanını bana ayırmaktan çekinmeyen Doç. Dr. Raif BAYIR'A ve Otomotiv Ana Bilim Dalı hocalarıma teşekkür ederim.

Çalıőmalarım sırasında baőtan sona hep yanımda olan ve hiçbir yardımını esirgemeyen, çalışma hayatım boyunca kendisini hiç unutmayaım Arő. Gör. Oęuzhan DOğAN hocama sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Sevgili aileme maddi-manevi hiçbir yardımı esirgemedен yanımda oldukları için tüm kalbimle teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
KABUL	ii
ÖZET	iv
ABSTRACT	vi
TEŞEKKÜR	viii
İÇİNDEKİLER.....	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ	xi
ÇİZELGELER DİZİNİ	xiii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	xiv
BÖLÜM 1.	1
GİRİŞ	1
BÖLÜM 2.	3
LİTERATÜR TARAMASI.....	3
BÖLÜM 3.	7
SUPAP SİSTEMLERİ	7
3.1. İÇTEN YANMALI MOTORLARDA KULLANILAN SUPAP SİSTEMLERİ.....	7
3.2. SUPAP ZAMANLAMASI	10
3.3. KAM MİLİ.....	12
BÖLÜM 4.	14
KAMSIZ MOTORLAR	14
4.1. KAMSIZ SUPAP SİSTEMLERİ	14
4.2. ELEKTRO-MEKANİK KAMSIZ SUPAP SİSTEMLERİ	16
4.2.1. Elektro-Mekanik Supaplı Motorlardaki Sınırlılıklar	18

	<u>Sayfa</u>
BÖLÜM 5.	20
ELEKTRO-MEKANİK SUPAP SİSTEMİ DENETİMİ.....	20
BÖLÜM 6.	23
DENEYSEL ÇALIŞMALAR	23
6.1. MOTOR ORJİNAL SUPAP ZAMANLAMASI	30
6.1.1. 1200 d/d 24V’de Motor Supap Zamanlaması.....	30
6.1.2. 3600 d/d 48V’de Motor Supap Zamanlaması.....	32
6.2. 1200 d/d 24V VE 48V BESLEMEDE SUPAP ZAMANLAMASI.....	34
6.2.1. 24V Besleme Geriliminde Kapanma Açısının Değişimi	34
6.2.2. 24V Besleme Geriliminde Açılma Açısının Değişimi.....	35
6.2.3. 48V Besleme Geriliminde Kapanma Açısının Değişimi	36
6.2.4. 48V Besleme Geriliminde Açılma Açısının Değişimi.....	37
6.3. 3600 d/d 24V VE 48V BESLEME SUPAP ZAMANLAMASI.....	38
6.3.1. 24V Besleme Geriliminde Kapanma Açısının Değişimi	38
6.3.2. 24V Besleme Geriliminde Açılma Açısının Değişimi.....	39
6.3.3. 48V Besleme Geriliminde Kapanma Açısının Değişimi	40
6.3.4. 48VBesleme Geriliminde Açılma Açısının Değişimi.....	41
BÖLÜM 7.	43
SONUÇLAR VE ÖNERİLER	43
KAYNAKLAR.....	46

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 3.1. İçten yanmalı motorlardaki supap sistemi parçaları.....	8
Şekil 3.2. Motorlardaki sürtünme kayıplarının toplam sürtünmeye oranı	9
Şekil 3.3. Motor hızına göre sürtünme dağılımları	9
Şekil 3.4. Supap zaman ayar diyagramı ve profili	11
Şekil 3.5. Kam ve Krank mili dönüş hızı oranları	12
Şekil 3.6. Kam ve Kam Profili.....	13
Şekil 4.1. Elektro-hidrolik supap sistemi	15
Şekil 4.2. Elektro-mekanik supap sistemi	16
Şekil 4.3. Farklı elektro-mekanik supap sistemi.....	17
Şekil 4.4. Zamana bağlı supap yüksekliği ve bobin gerilimi değişimi	18
Şekil 4.5. Geleneksel supap oturma hızlarının motor hızı ile değişimi	19
Şekil 5.1. Elektro-mekanik supap sisteminin temel denetim şeması.....	20
Şekil 6.1. Elektro-mekanik supap sisteminin elemanları ve görünümü.....	24
Şekil 6.2. Elektro-mekanik supap sistemi şematik görünümü.....	25
Şekil 6.3. Deneylede kullanılan enkoderin çıkış sinyalleri görünümü	26
Şekil 6.4. Kontrol devresi şematik görünümü	27
Şekil 6.5. Elektro-mekanik denetleme devresi genel görünümü	27
Şekil 6.6. Elektro-mekanik supap sistemi güç kaynağı.....	28
Şekil 6.7. Supap yüksekliğini ölçmede kullanılan lineer cetvel	28
Şekil 6.8. PICOSCOPE otomotiv arıza teşhis seti.....	29
Şekil 6.9. 1200 d/d 24V orijinal supap zamanlaması ve konumu.....	31
Şekil 6.10. 1200 d/d 24V bindirilmiş orijinal supap zamanlaması görüntüsü.....	32
Şekil 6.11. 3600 d/d 48V orijinal supap zamanlaması ve görüntüsü.....	33
Şekil 6.12. 3600 d/d 48V bindirilmiş orijinal supap zamanlaması görüntüsü.....	34
Şekil 6.13. 1200 d/d 24V kapanma avansı ötelenmiş görüntüsü.....	35
Şekil 6.14. 1200 d/d 24V açılma avansı ötelenmiş görüntüsü.....	36
Şekil 6.15. 1200 d/d 48V kapanma avansı ötelenmiş görüntüsü.....	37

	<u>Sayfa</u>
Şekil 6.16. 1200 d/d 48V açılma avansı ötelenmiş görüntüsü.....	38
Şekil 6.17. 3600 d/d 24V kapanma avansı ötelenmiş görüntüsü.....	39
Şekil 6.18. 3600 d/d 24V açılma avansı ötelenmiş görüntüsü	40
Şekil 6.19. 3600 d/d 48V kapanma avansı ötelenmiş görüntüsü.....	41
Şekil 6.20. 3600 d/d 48V açılma avansı ötelenmiş görüntüsü	42

ÇİZELGELER DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
Çizelge 6.1. Deney motorunun teknik özellikleri.....	23
Çizelge 6.2. Kullanılan enkoderin teknik özellikleri	26
Çizelge 6.3. Kullanılan lineer cetvelin teknik özellikleri.....	29
Çizelge 6.4. PICOSCOPE teknik özellikleri	30

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

SİMGELER

- t_0 : Supabın açılmaya başladığı zaman
 t_1 : Yakalama geriliminin başlangıç zamanı
 t_2 : Tutma geriliminin başlangıç zamanı
 A : Akım
 V : Gerilim
 $^{\circ}$: Derece

KISALTMALAR

EMS	: Elektro-Mekanik Supap
EMSA	: Emme Supabı Açılması
EMSK	: Emme Supabı Kapanması
AA	: Açılma Avansı
KA	: Kapanma Avansı
AÖN	: Alt Ölü Nokta
ÜÖN	: Üst Ölü Nokta
AÖNÖ	: Alt Ölü Noktadan Önce
ÜÖNÖ	: Üst Ölü noktadan önce
KMA	: Krank Mili açısı
PWM	: Darbe Genişlik Modilasyonu (Pulsed Width Modulation)
PID	: Oransal – İntegral – Türev (Proportional-Integral-Derivative)
DC	: Doğru Akım
EMK	: Elektro Motor Kuvveti
m	: Metre
mm	: Milimetre
ms	: Milisaniye
d/d	: Bir dakikadaki devir sayısı
m/s	: Bir saniyede alınan yol
n	: Devir sayısı

BÖLÜM 1

GİRİŞ

İçinde bulunduğumuz her an dünya nüfusu artmaktadır. Dünya nüfusundaki bu artış trafiğe çıkan araç sayısını doğru oranda artırmaktadır. Dünyada 2002 yılında 750 milyon olan taşıt sayısı 2020 yılında 1 milyar 250 milyon, 2030 yılında ise 1 milyar 650 milyon olması beklenmektedir. Atmosfere yayılan kirliliğin çok büyük bir kısmını yol taşımacılığı sonucu ortaya çıkan emisyonlar oluşturmaktadır. Fosil yakıtları yakarak hareket ve güç üretmek hiç de temiz bir yol olmadığı gibi şu an toplumun yeterliliğine güvendiği toprak altındaki yakıt miktarı da sanılanın aksine çok uzun süre yetecek bir miktara sahip değildir [1].

Fosil yakıtların hızla azalması ve atmosferde biriken kirletici gazlar üretici firmaları farklı teknolojilere yönlendirmiştir. İçten yanmalı motorlar üzerine yapılan çalışmalarda, değişken supap zamanlaması bunların başında gelmektedir. Değişken supap zamanlaması, yakıt sarfiyatını ve kirletici gaz salınımını önemli ölçüde düşürmektedir.

Değişken supap zamanlaması silindir içine alınan karışımın süresi ile ilgilidir. Farklı bir ifadeyle, silindir içine alınan karışımın miktarı supap zamanlaması ile belirlenmektedir. Son yıllara kadar üretilen taşıt motorlarında supap zamanlaması sabitti. Gelişen teknoloji ile değişken supap zamanlamasından kam mili üzerinde yapılan değişiklikler ile yararlanılmaktadır. Fakat bu motorun kam milini çevirmeye harcadığı gücü azaltmamaktadır.

Değişken elektro-mekanik supap zamanlaması kam milinden bağımsız olarak çalışmayı sağlamaktadır. Bu sistemde supaplar elektro-mekanik olarak tahrik edilmektedir. Bu tip tahrik yeteneğine sahip sistemlerde geleneksel motorlarda bulunan kam miline, iticilere, itici çubuklarına ve külbütör sistemine olan ihtiyaç

ortadan kalkmaktadır. Bu sayede motor tarafından tekerleklere aktarılan güç miktarında artış olmaktadır. Bu çalışmada motor performansını doğrudan etkileyen çeşitli sürtünme kayıplarının önüne geçmek, emme supabını krank mili açısına bağlı olarak istenilen supap zamanlamasını uygulayabilmek, elektro – mekanik sistemin farklı devir aralıklarında güç gereksiniminin belirlenmesi hedeflenmiştir.

Bu çalışmanın ikinci bölümünde elektromekanik supap sistemleri üzerine yapılan çeşitli çalışmalara yer verilmektedir. Üçüncü bölümde günümüz motorlarında kullanılan supap sistemleri, supap zamanlaması, kam mili, sistemin avantaj ve dezavantajları ortaya konulmaktadır. Dördüncü bölümde ise elektro-mekanik supap sistemlerinin çalışması, sistemin elemanları, çalışmasına etki eden değişkenlere ve elektro-mekanik sistemin sınırlılıklarına yer verilmektedir. Beşinci bölümde ise zeki denetimli elektro-mekanik sistemlerin temel elemanlarına değinilmektedir. Altıncı bölümde tasarlanan denetleme devresinin kapalı şeması, denetleme devresinin çalışmasına ve deneyler sırasında kullanılan elemanların teknik özelliklerine yer verilmektedir. Yedinci bölümde ise farklı devirlerde motorun orijinal supap zamanlaması elektro-mekanik sistemde elde edilmektedir. Ayrıca bölümün devamında düşük ve yüksek devir aralıklarında, farklı besleme gerilimlerinde supap zamanlaması değiştirilmiş ve sistemin davranışı grafiklerle ifade edilmektedir. Sekizinci bölümde ise deney sonuçlarının değerlendirilmesi ve gelecekte konu ile ilgili yapılabilecek çalışmalar hakkında öneriler sunulmaktadır.

BÖLÜM 2

LİTERATÜR TARAMASI

İçten yanmalı motorlarda değişken supap zamanlaması fikri 19. yüzyılın sonlarına dayanmaktadır. Değişken supap zamanlamasının motor performansını arttıracığı öngörülmüştür. Tasarımlar ilk olarak elektro-pnömatik ve elektro-hidrolik olarak şekillenmiştir [1, 2, 3].

1991 yılında yapılan çalışmada kontrol sistemi için 16 bit mikroişlemci kullanılarak 1.9 litre standart Ford motora adapte edilmiş, sekiz adet pnömatik supap yerleştirilmiştir. Sistemin kapladığı alanın büyüklüğü ve güç gereksiniminin yüksek olması uygulanabilirliğini önemli ölçüde kısıtlamıştır [1].

Otomotiv teknolojisi hızla gelişmekte ve daha karmaşık hale gelmektedir. Bu sebeple farklı çalışma alanları otomotiv teknolojisi alanına her geçen gün dâhil olmakta, mevcut problemlere disiplinler arası çalışmalar yaparak çözüm aranmaktadır. Bu çalışma biçimi ‘otomotiv mekatroniği’ gibi kavramların türemesine yol açmıştır [2].

Yakıt tüketimi, kirletici oranlarının azaltılması ve motor performansının artırılması yönünde giderek artan baskılar kamsız supap mekanizması olarak adlandırılan alternatif bir supap mekanizması teknolojisine geçişe neden olmuştur. Kamsız supap mekanizması elektromekanik supap mekanizması olarak da adlandırılmakta olup kam mekanizması gibi mekanik bir bağlantıyı ortadan kaldırmaktadır [3].

Kamsız supap sisteminin günümüze kadar olan gelişim sürecine bakıldığında, yapılan çalışmaların elektro-mekanik, elektro-hidrolik ve elektro-pnömatik sistemlerin kullanıldığı görülmektedir. Supap sistemine dâhil edilen çift etkili silindirler içerisinde bulunan hava veya sıvı maddelerin akışkanlıkları kontrol edilerek supaplar tahrik edilmiştir [4].

Günümüz teknolojisinde üretilen otomobillerde, geçmişte kullanılan mekanik bağlantı ve sistemlerin yerini elektronik denetimli elektromekanik donanımlar almıştır. Elektronik denetimli sistemlerin mekanik sistemlerin yerine geçmesi ile motor performansı arttırılmış, yakıt tüketimi ve çevreye atılan kirletici oranları azaltılmıştır [5].

Pnömatik olarak tahrik edilen supap sistemleri genel olarak egzoz supabının kontrolünde yoğunlaşmıştır. Egzoz supabının açılmasından önceki basınç farkı temel alınarak supapların hareketi sağlanmıştır [5, 6].

Elektro-hidrolik sistemlerin çalışma şekilleri elektro-pnömatik sistemlere oldukça benzemektedir. İki kontrol sistemi arasında en önemli fark supap hareketinde kullanılan kaynak türüdür. Elektro-hidrolik sistemlerde pnömatik sistemlerden farklı olarak akışkan sıvılar kullanılmaktadır. Basıncı akışkanın kontrolü ise elektronik valfların supap zamanlamasını sağlayacak şekilde tetiklenmesi ile sağlanmaktadır [2, 3, 7 – 13].

Elektro-mekanik sistemler diğer kontrol tekniklerinden daha fazla tercih edilmektedir. Değişken supap zamanlamasında daha geniş açı yelpazesi, daha ekonomik oluşları, kapladıkları alanın daha az olması gibi avantajları tercih edilme nedenlerinin başında gelmektedir. Elektro-mekanik sistemlerle ilgili yapılan çalışmalar tam açık pozisyondan tam kapalı pozisyona geçme süresinin sağlanması, oturma sırasında gerçekleşen darbenin azaltılması, farklı çalışma koşullarında motor performansını arttırabilmesi ve güvenilirliği ile ilgilidir.

Geleneksel supap sistemlerinin elektro-mekanik sistemlere göre, kam milinin direkt temas etmesinden dolayı oturma hızı açısından daha iyi sonuçlar vermektedir. Diğer bir ifadeyle supap yüzeyinin oturma anındaki hızı elektro-mekanik sistemlere nazaran daha yumuşaktır.

Elektro-mekanik supap sistemleri geleneksel supap sistemlerinin sunduğu bazı özellikleri yerine getirebilmesi istenmektedir. Bu özellikler aşağıdaki gibi sıralanabilir. Bunlar;

- 1) Düşük açılış hızı ($<0,1$ m/s 1500 d/d)
- 2) Hızlı geçiş süresi ($\sim 3,5$ ms)
- 3) Güç kayıplarının az olması
- 4) Kontrol için ekonomik algılayıcılar
- 5) Doğrusal olmayan manyetik kuvvet karakteristikleri
- 6) Tasarımı yapılan sistemin maliyeti
- 7) Tasarlanan supap sisteminin yeteneği [14].

Elektro-mekanik supapların oturma hızları üzerine birçok çalışma yapılmıştır. Çalışmalarda farklı denetim yapıları kullanılmakta veya kullanılan mevcut denetim yapıları üzerinde iyileştirmeler yapılmaktadır [12 – 20].

Elektro – mekanik supap sistemlerinin tasarlanması yukarıda belirtilen maddeler doğrultusunda yapılmaktadır. Yüksek devirlere çıktığında; gürültünün engellenmesi ve mekanik parçalardaki aşınmanın en aza indirilebilmesi için oturma hızının $0,05$ m/s ile $0,1$ m/s aralığında, supap geçiş süresinin 3 ms ile 5 ms aralığında olması elektro – mekanik supap sistemlerinin kullanılabilirlik sınırlarını teşkil eder [12].

Tasarlanan elektro-mekanik supap sistemleri genellikle iki adet bobinden oluşmaktadır. Bobinlerin bir tanesi ana hareketin sağlanmasında kullanılırken, diğeri ise oturma anındaki hareketin sağlanmasında kullanılmaktadır. Oturma sırasında aktif olan bobin geri bildirim fonksiyonu kontrol tekniği kullanılarak, supap oturma yüzeyine 2 mm mesafede devreye girerek yumuşak oturmayı sağlar. Oturma bobini aktif iken asıl geçiş hareketini sağlayan bobin devre dışıdır. Geri bildirim fonksiyonu supap yüzeyinin oturma yüzeyine olan yüksekliğini kontrol ederek hangi bobinin devreye gireceğine karar vermektedir [13].

Elektro-mekanik sistemler için yapılan başka bir çalışmada, yumuşak oturmanın sağlanabilmesi için darbe genişlik modülasyonu (PWM) tekniği kullanılmıştır. Eddy akım sensörü supabın oturma yüksekliğine göre çıkış vermektedir. Sinyaller Matlab/Simulink içerisinde bulunan Dspace ile işlenerek sürücüyeye aktarılmıştır. Supap oturması $0,04$ m/s ve geçiş süresi $3,9$ ms olarak ölçülmüştür [16].

Elektro-mekanik sistemler en temel haliyle iki adet bobin, yay, nüve ve supaplardan oluşur. Sistemde kullanılan yaylar supap hareketlerini sağlamada önemli bir rol oynamaktadırlar. Yaylar supapları yarı açık pozisyonda tutarlar. Supap hareketinin sağlanmasında ve bobin tasarımında yay seçimi çok önemlidir.

Yapılan çalışmada elektro-mekanik supap mekanizmalarında kullanılan yayların sistemin dinamik davranışı üzerindeki etkileri incelenmiştir. Supap hareketinde yay enerjisinden yararlanılmayan iki model ve yay enerjisinden yararlanan bir model ele alınıp ve bu modeller birbiri ile karşılaştırılmıştır.

Yay enerjisinden yararlanan modelde sistemin dinamik performansının ve enerji tüketiminin daha iyi olduğu görülmüştür. Üç model için sistemin statik ve dinamik karakteristikleri MATLAB/Simulink programı yardımıyla elde edilmiştir. Yay kullanılmayan modellerde boyutların büyüdüğü ve bobin akımının yüksek olması gerektiği, yay kullanılan sistemlerin dinamik davranış karakteristiklerinin daha iyi olduğu görülmüştür [21].

2006 yılında yapılan bu çalışmada, supap zamanlaması değiştirilmeksizin, emme supabın elektro-manyetik olarak tahrik edilmesi suretiyle, motor performans değişkenlerinin ve egzoz emisyonlarının değişimi geleneksel haliyle karşılaştırmalı olarak incelenmiştir. Motor performansında %7,9, özgül yakıt tüketiminde %36 ve CO emisyonunda %66 iyileşme görülmüştür. CO₂, HC ve NO_x emisyonlarında ise sırasıyla %4,2, %11,8, %12,6 seviyesinde artış görülmüştür. Besleme gerilimi olarak 33V uygulanmıştır [22].

BÖLÜM 3

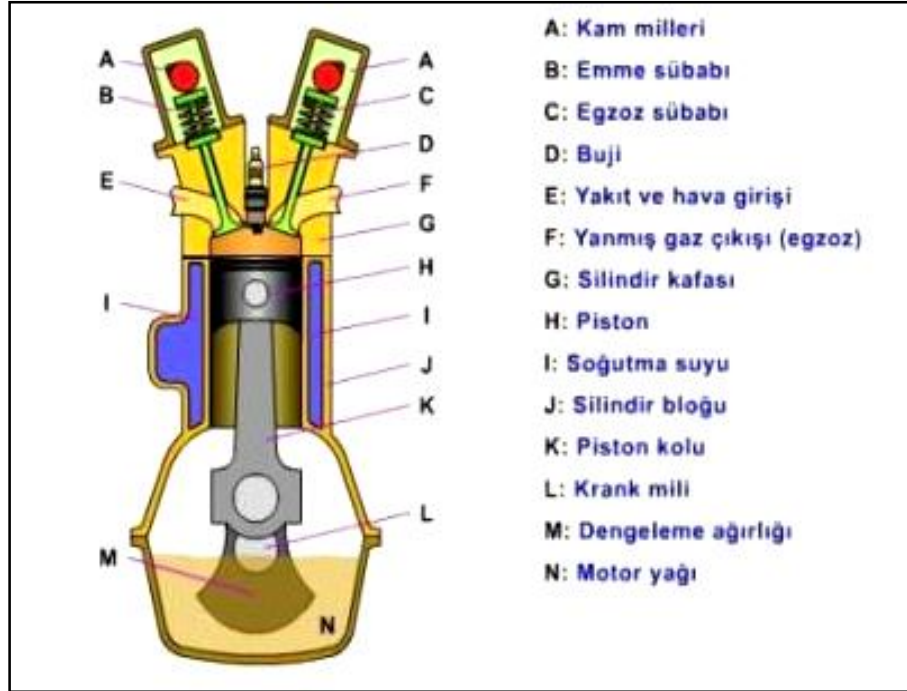
SUPAP SİSTEMLERİ

3.1. İÇTEN YANMALI MOTORLARDA KULLANILAN SUPAP SİSTEMLERİ

İçten yanmalı motorlarda fosil yakıtlar kullanılmaktadır. Fakat yakıt motorun içindeki silindire sıvı halde ve yalnız olarak girmez. Karbüratör sayesinde havayla karışan benzin buharlaşarak silindirin içine girer. Yakıt hava karışımının silindirin içinde bir kıvılcımla yanmasıyla bir patlama olur. Bu patlamanın yarattığı basınç, piston tarafından hareket enerjisine dönüştürülür. Pistonun krank miline verdiği hareket buradan kam miline geçer. Kam milinin yapısı gereği, pistonun silindir içindeki hareketine göre zamanların oluşumu esnasında, supapları açar veya kapatır. Pistonun iki kez aşağı inmesi ve iki kez yukarı çıkması ile motor teorik olarak 720° döner ve bir çevrimini tamamlar. Bir çevrimde dört zaman bulunur. Bunlar emme, sıkıştırma, iş ve egzoz zamanı olarak adlandırılır. Şekil 3.1'de içten yanmalı motorlarda kullanılan supap sistemi ve parçaları gösterilmiştir. Teorik olarak her zaman kam milinin 90° dönmesi ile oluşur ve pistonun silindir içinde yapmış olduğu yukarı veya aşağı hareketine bağlı olarak silindir içerisinde farklı olaylar gerçekleşir. Bunlar;

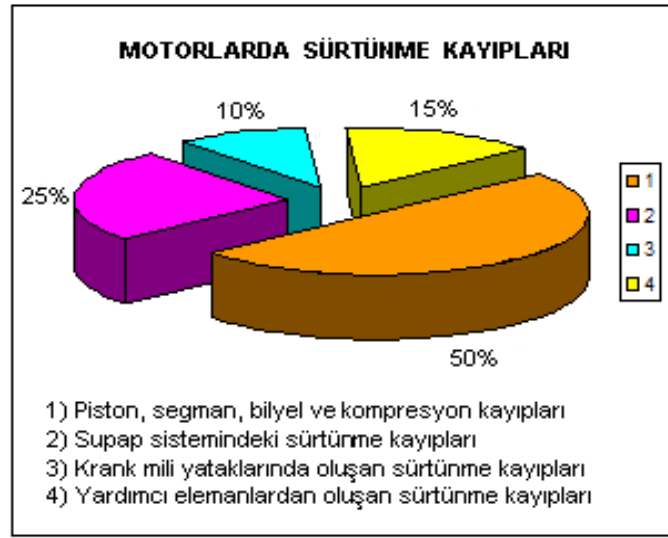
- 1) Emme zamanı: Karbüratörden gelen benzin ve hava karışımı, emme supabının açılmasıyla silindirin içine vakumdan dolayı dolar. Bu sırada piston aşağı doğru inmektedir.
- 2) Sıkıştırma zamanı: Emme ve egzoz supaplarının her ikisinde kapalı durumdadır ve piston yukarı doğru çıkar. Bu sayede benzin ve hava karışımı sıkıştırılır ve hacmi küçülür. Bu hacim küçülmesi aynı zamanda karışımın ısınmasına sebep olur.

- 3) İş zamanı: Sıkışan ve ısınan yakıt / hava karışımı, bujiden çıkan bir kıvılcımla yanar. Yanma bir patlama şeklindedir. Patlamayla oluşan basınç tek hareketli parça olan pistonu aşağı doğru iter.
- 4) Egzoz zamanı: Patlamayla aşağı inen piston ataletinden dolayı geri dönerek yukarı doğru hareket etmeye başlar. Piston yukarı çıkarken egzoz supabı açılır. Bu sayede yanmış gazlar dışarı atılır. Piston Ü.Ö.N'da iken emme ve egzoz supabının bir an her ikisinde açık kaldığı durum ortaya çıkar. Buna supap bindirmesi denir. Bundan sonra motor yeni bir çevrim ile emme zamanına başlar. Şekil 3.1'de içten yanmalı bir motorda kullanılan supap sistemi ve parçaları görülmektedir.



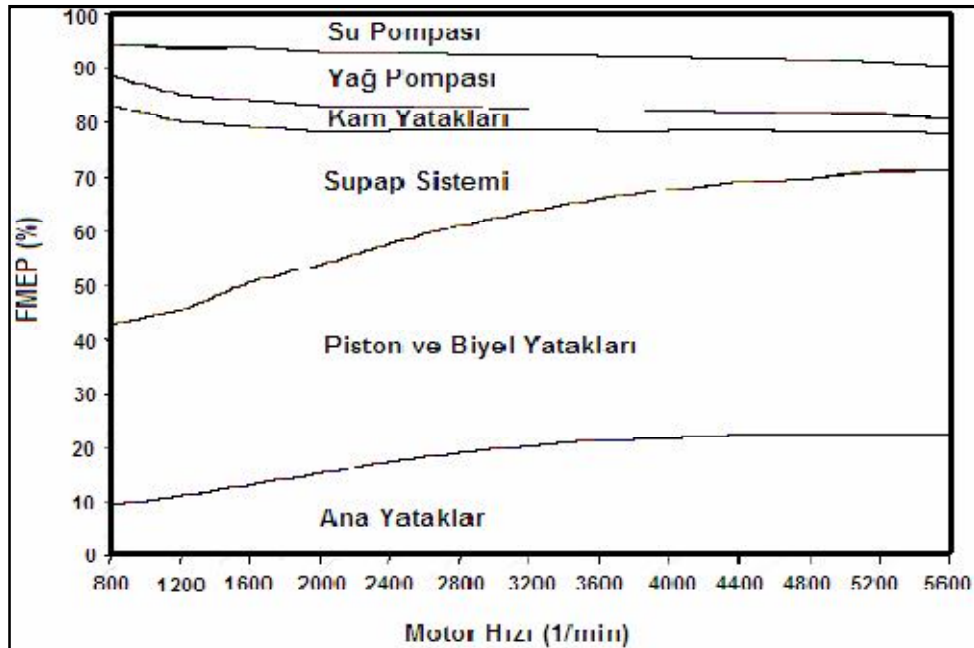
Şekil 3.1. İçten yanmalı bir motorda kullanılan supap sistemi ve parçaları [23].

Günümüz taşıt motorlarında üstten tek ve çift kamlı supap sistemleri kullanılmaktadır. Üstten kamlı supap sistemleri hareketini krank milinden supap zamanlama zinciri veya kayışı aracılığı ile alır ve supap iticisi aracılığı ile supap yaylarını yenerek supapları açar. Geleneksel içten yanmalı bir motorun gövdesi ve içinde çalışan parçalarının sürtünme kayıplarının toplam sürtünmeye oranı Şekil 3.2'de gösterilmektedir.



Şekil 3.2. Geleneksel içten yanmalı bir motorun gövdesi ve içinde çalışan parçaların toplam sürtünmeye oranı[24].

Supapların çalıştırılması motor sürtünme toplam kayıplarının %6'sını oluşturur. Bu nedenle kam mili, iticiler ve külbütör sisteminden bağımsız bir çalışma ile motordaki %6'lık bir kaybın önüne geçilebilir. Tam gaz açıklığında, 4 silindirli, 16 supaplı, 2,000 cm³ özelliklerine sahip, 6000 d/d'de çalışan bir motorun supap sistemi ile ilgili olarak ortalama güç kayıpları 3 kW olarak ifade edilmektedir [4].



Şekil 3.3. Motor hızına göre sürtünme dağılımları [25].

Motordaki hareketli olan mekanik kısımların tükettikleri güç dağılımları Şekil 3.3’de gösterilmiştir. Düşük devirlerde piston ve biyel yataklarındaki sürtünmeler yaklaşık olarak % 37’lik bir orana tekabül eder. Bu oran şehir içi trafiğinde seyreden bir araç için oldukça önemlidir. Supap sisteminin motor hızının artışına bağlı olarak azaldığı da görülmektedir. Yüksek motor hızlarında supap sisteminin sürtünmeler içindeki payı, % 6 kadardır [25].

Motordaki hareketli olan parçaların çektikleri güç azaltılırsa tekerleklere aktarılan güç artar şeklinde ifade edilir. Eğer motor çıkış gücü %6 artırılırsa, motorun yakıt sarfiyatı aynı kalacağından, motor verimi de %6 artırılmış olur. Otomobillerde yakıt ekonomisini etkileyen birçok faktör vardır. Bunlar taşıtın tasarımından, teknik durumuna, yol ve iklim şartlarından, sürücü deneyimine kadar çeşitli faktörleri içine alır. Her geçen gün taşıtların performansı, sürüş kolaylığı ve konforu arttırılmaya çalışılmakta, bunları sağlarken de yakıt ekonomisini en üst düzeyde tutmak için taşıtın toplam verimini yükseltmeye yönelik çalışmalarda yapılmaktadır. Motorlarda iyi bir yakıt ekonomisi için motordan güç yutan parçaların çalıştırılmasına olan ihtiyaç minimuma indirilmelidir. Bu nedenle elektro-mekanik, elektro-hidrolik veya elektro-pnömatik olarak supapların açılıp kapanmasını sağlayan sistemlerin bu potansiyeli taşıyabilecekleri düşünülmektedir.

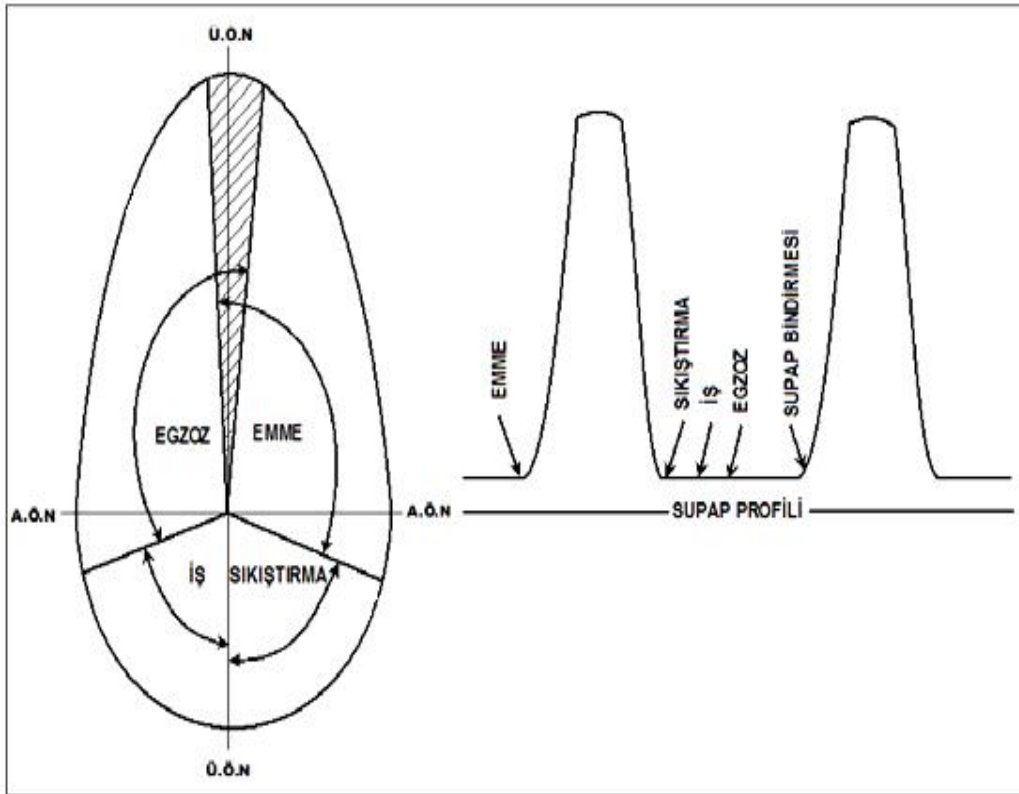
Kam mili ile çalışan motorlarda değişken supap zamanlaması olsa bile, motorun gücünden yararlandığından dolayı motor performansını olumsuz yönde etkilemektedir. Değişken supap zamanlaması olmayan motorlarda ise motor performansı istenilen seviyede tutulamaz. Bu sistemlerdeki mekanik aksamların aşınmaması için sürekli yağlanmasına ihtiyaç duyulmaktadır. Fakat elektro-mekanik sistemle nazaran düşük supap oturma hızı, daha az gürültü ve daha iyi kararlılık sağlamaktadırlar.

3.2. SUPAP ZAMANLAMASI

Emme ve egzoz supaplarının açılma ve kapanma zamanlarının dört zamanlı motorların performansına büyük etkisi vardır. Emme supabının görevi, emme zamanı süresince mümkün olduğu kadar çok hava yakıt karışımının alınmasını sağlamaktır.

Egzoz supabının görevi de, silindir içinde yakıtın yanmasından dolayı oluşan gazların silindiri tamamen terk etmesini sağlamaktır. Supap ayarı motorlarda verimi etkileyen en önemli parametrelerdendir. Motorlarda; en yüksek verimin elde dlebilmesi için supap ayarlarının hassas yapılması gerekmektedir.

Motorların çalışma prensipleri teorik olarak her 180 derecede kapanıp açıldığı varsayılır. Fakat gerçek mortların çalışması sırasında böyle olmadığı Şekil 3.4'de gösterilmiştir. İçten yanmalı motorlarda emme supabı Ü.Ö.N'den (10 – 15) derece önce açılır ve karışım silindirin içine dolmaya başlar. A.Ö.N'den (40 – 60) derece sonra emme supabı kapanır ve sıkıştırma zamanı başlar. Sıkıştırma zamanı boyunca supapların her ikisi de kapalıdır. Egzoz supabının ise A.Ö.N'den (40 – 70) derece önce açılması ve Ü.Ö.N'den (10 – 15) derece sonra kapanmasıdır. Egzoz zamanı sonunda, emme zamanı başlangıcında Ü.Ö.N'de bulunduğu anda; her iki supap (15 – 20) derece açık kalır. Bu supap bindirmesi olarak adlandırılır. Taralı alan ile gösterilmiştir.

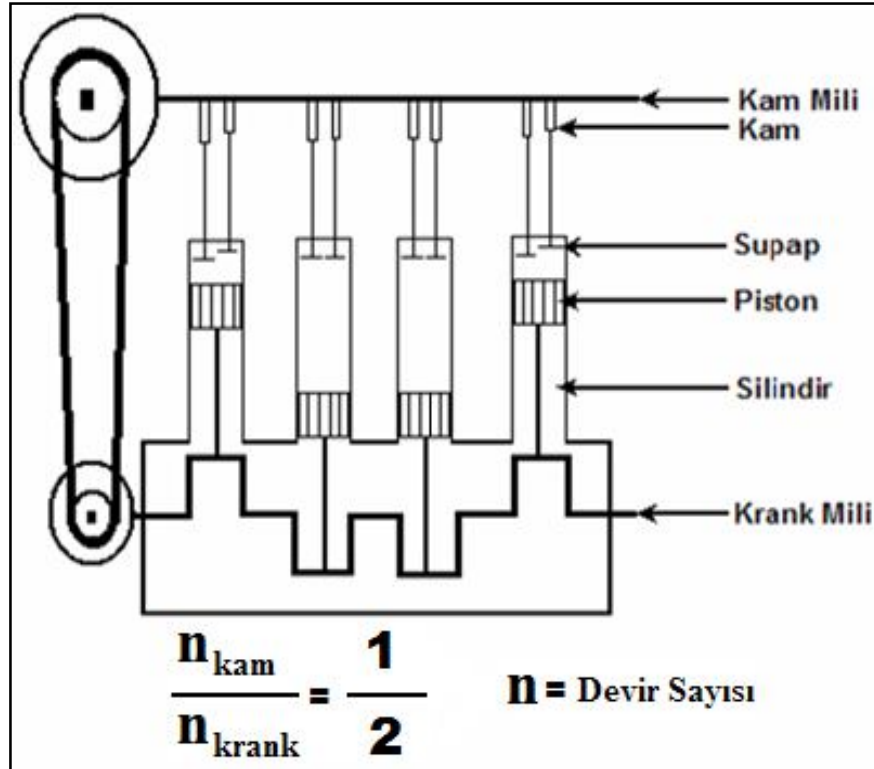


Şekil 3.4. Supap zaman ayar diyagramı ve profili.

3.3. KAM MİLİ

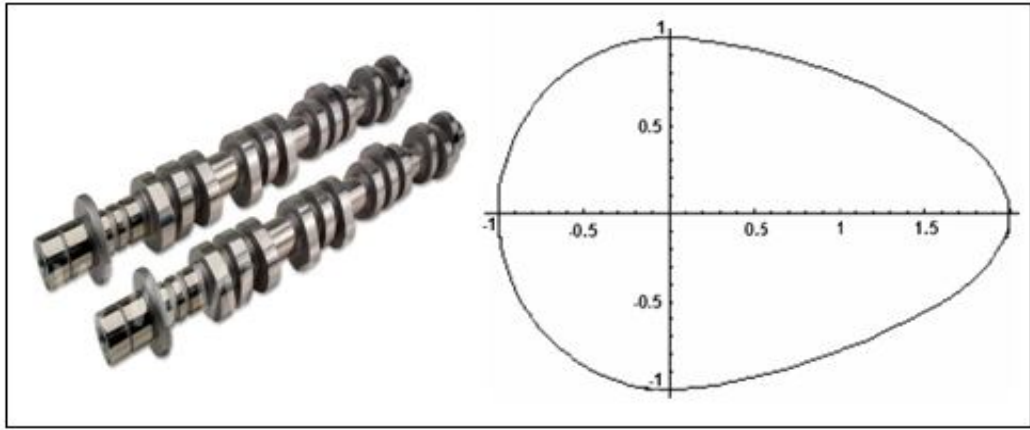
Hareketini krank milinden alan ve supap zamanlamasını gerçekleştiren motorun yardımcı milidir. Dört zamanlı bir motorda krank mili iki tur yaptığında kam mili bir tur yapar. Kam milinin amacı, supapların açılma ve kapanma zamanlarını ayarlamaktır. Kam mili bu esas görevinden başka motordan motora farklılık göstermekle birlikte distribütör, yağ pompası ve benzin otomatığı gibi parçaları da çalıştırır.

Şekil 3.5'te krank ve kam mili birlikte görülmektedir. Motor krank mili devriyle orantılı olarak çalışan bu mil, motorun düzgün çalışması için hassas ayarlanarak motor üzerinde konumlandırılmıştır. Kam mili hareketini krank milinden dişli, zincir veya kayış yardımıyla alır. Supaplar açma-kapma hareketlerini kam milinden değişik düzenekler yardımıyla alırlar. Kam mili bir tur döndüğünde krank mili iki tur dönmektedir. Farklı bir ifadeyle krank mili kam milinden iki kat daha fazla yol almaktadır.



Şekil 3.5. Kam ve Krank mili dönüş hızı oranları.

Supapların ne zaman açılıp, ne zaman kapanacağı kam milinin profiline göre belirlenir. Kam mili ve profili Şekil 3.6'da gösterilmiştir. Supap zamanlaması motor performansını bakımından önemlidir. Her yük altında değişebilen bir supap zamanlaması motor performansını, silindire giren yakıt / hava karışımının miktarını iyileştireceği için yanma sonu oluşacak basıncın pistonu itme kuvveti de artacak ve yakıt tasarrufu sağlayacaktır. Motorun değişik çalışma şartlarında silindir içerisine yeterli yakıt / hava karışımının alınması için yapılan çalışmalar hızla devam etmekte ve kamsız motor teknolojisini gündeme getirmektedir.



Şekil 3.6. Kam mili ve profili [27].

BÖLÜM 4

KAMSIZ MOTORLAR

4.1. KAMSIZ SUPAP SİSTEMLERİ

Kamsız supap sistemleri açma kapama hareketini kam mili olmadan yapmaktadırlar. Bu özellikleri sayesinde kamlı sistemlere göre bazı avantajları vardır. Bunlar;

- 1) Pompalama kayıplarında azalma
- 2) Yakıt tasarrufu
- 3) Daha az kirletici gaz salınımı
- 4) Sürtünme kayıplarında azalma
- 5) Motor performansında iyileşme

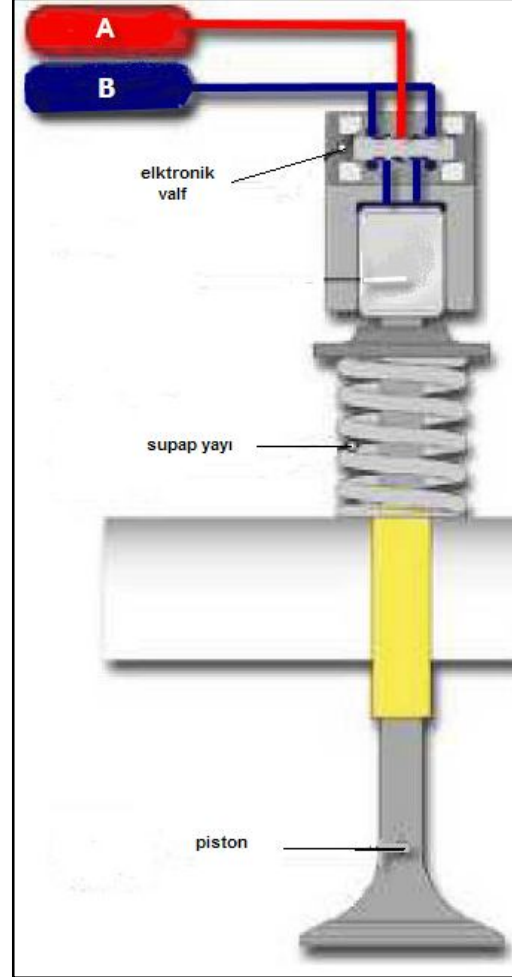
Kamsız supap sistemlerinin tasarımında üç farklı kontrol sistemi vardır.

- 1) Elektro-pnömatik kamsız supap sistemi
- 2) Elektro-hidrolik kamsız supap sistemi
- 3) Elektro-mekanik kamsız supap sistemi

Elektro-hidrolik ve elektro-pnömatik supap sistemlerinin çalışma şekilleri hemen hemen aynıdır. Aralarındaki en önemli fark kullanılan kaynak türüdür. Pnömatik sistemlerde basınçlı hava kullanılırken, hidrolik sistemlerde ise sıvılar kullanılmaktadır.

Elektro-hidrolik olarak çalışan kamsız supap sistemi Şekil 4.1'de göstermektedir. Elektronik bir valf yardımıyla basınçlı olan akışkan A kanalından hazneye doğru hareket eder. Akışkanın basıncı supap yayının kuvvetini yendiği anda supap açılır. Supabın kapanması için elektronik valfin enerjisi kesilir. Basınçlı olan akışkan B

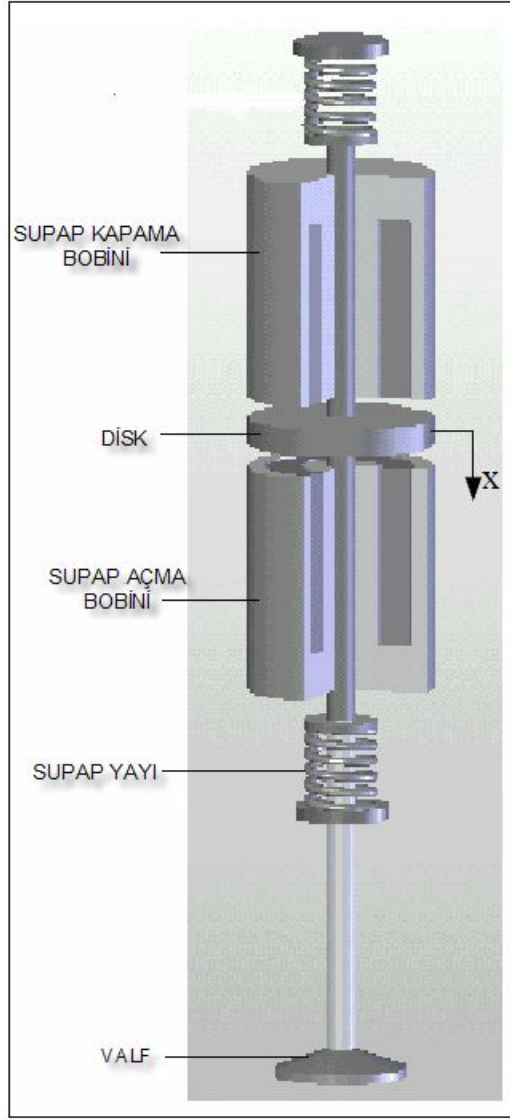
kanalından geri akmaya başlar. Supap yayı ters yönde hareket ederek supabı kapatır. Elektro-hidrolik sistemler son yıllarda önemli gelişmeler göstermektedir.



Şekil 4.1. Elektro-hidrolik supap sistemi [28].

Elektro-hidrolik sistemlerdeki gelişmeler değişken supap zamanlamasını yapabilir hale gelmiştir. Supap zamanlamasını gerçekleştirebilmek için farklı kontrol teknikleri kullanılmaktadır. Motorun devir sayısına göre supabın konumunu ve ne kadar süre açık kalacağını belirlemek için PID metodu ile kontrol sağlanmıştır[11].

Elektro-mekanik supap sistemi Şekil 4.2’de gösterilmiştir. Elektro-pnömatik ve elektro-hidrolik sistemlere nazaran supap zamanlaması değişimini daha geniş bir yelpazede yapılmasını sağlar. 1991 yılında elektro-hidrolik olarak yapılan çalışmanın kapladığı alan ve güç gereksinimi çok fazla olduğu için kullanımı oldukça zordur [1].

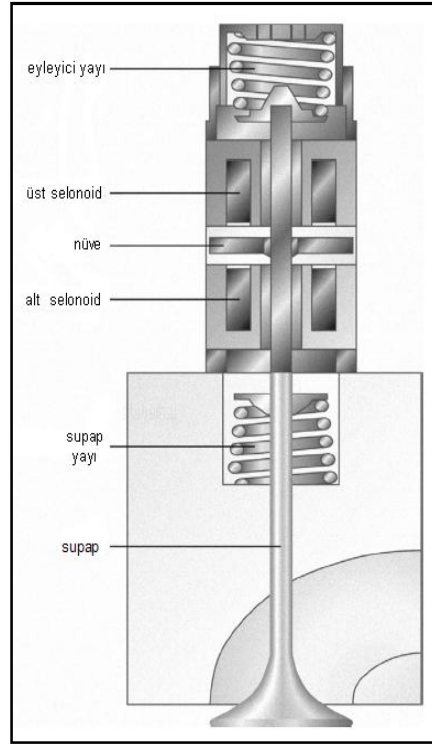


Şekil 4.2. Elektro-mekanik supap sistemi [29].

4.2. ELEKTRO-MEKANİK KAMSIZ SUPAP SİSTEMLERİ

Tipik bir elektro-mekanik supap sistemi Şekil 4.3'te gösterilmiştir. Sistem genel itibariyle supap yayı, alt ve üst senoidler, eyleyici yay ve bir demir nüveden oluşur. Alt bobine gerilim uygulandığında supap aşağı yönde hareket eder ve açılır. Üst bobine gerilim uygulandığında ise tam tersi yönde hareket eder ve supap kapanır. Bobinlere herhangi bir gerilim uygulanmaz ise yayların tesiri ile supap orta noktada yarı açık pozisyonda bekler. Elektro-mekanik supap sistemi tasarımında eyleyici ve supap yayları büyük öneme sahiptir. Alt ve üst senoidler sırasıyla enerjilendirilerek açma – kapama hareketini yaparlar. Eyleyici ve supap yayları ise bobinleri yarı yola

kadar hareketin başlamasında yardımcı olurken, diğer yarısında tamamlamalarına engel olurlar. Bu nedenle supap tasarımında yay seçimi önemli bir role sahiptir [21].

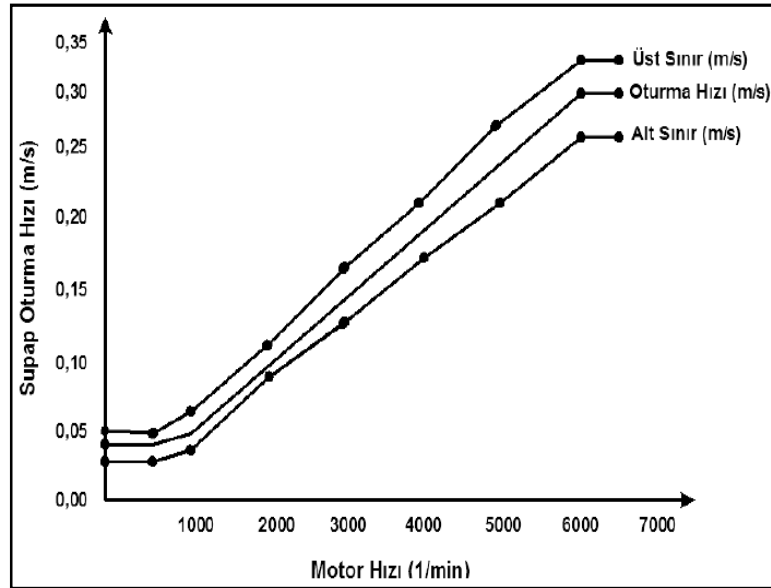


Şekil 4.3. Farklı bir elektro-mekanik supap sistemi [18].

Şekil 4.4'te supap yüksekliklerinin bobin geriliminin seviyesine göre zamana bağlı değişimi gösterilmektedir. Grafik incelendiğinde ilk anda supap kapalıdır. Grafikteki düz çizgi kapalı pozisyonda supabın tutma gerilimini gösterir. Bu anda gerilim üst bobine uygulanmaktadır. Üst bobinin tutma gerilimi kesildiği andan itibaren eyleyici yayı supabı açma yönünde hareket ettirir. Daha sonra alt bobine gerilim uygulanır. Böylece açılma anında eyleyici yayın itme kuvveti ile beraber alt bobine uygulanan tutma gerilimi supabı açar. Alt bobine uygulanan tutma gerilimi kesildiğinde supap yayı ve üst bobine uygulanan gerilim supabı kapatma yönünde hareket ettirir. Her iki bobinin enerjisi kesilinceye kadar çevrim bu şekilde devam eder. Elektro-mekanik supap sistemleri kontrolü elektriksel, manyetik ve mekanik olarak üç kısımdan oluşur. Elektriksel bölümde motordan gelen denetleme sinyali işlenir. Denetleme sinyali devir ve supap yüksekliği gibi bilgileri içerebilir. Gelen sinyalin içeriği bu bölümde değerlendirilerek manyetik bölüme yeni bir sinyal gönderilir. Manyetik bölüm elektriksel bölümden gelen sinyalleri değerlendirerek hangi bobinin

- 1) Hızlı geçiş süresi
- 2) Elektriksel güç kayıplarının en aza indirilmesi
- 3) Manyetik alan karasızlıklarının en aza indirilmesi
- 4) Çıkışları güvenilir sensör ihtiyacı olarak sıralanabilir [8].

Geleneksel supap sistemlerinin oturma hızları Şekil 4.5'te gösterilmiştir. Grafik incelenecek olursa üst ve alt sınırlar supaplarda aşınmaya ve gürültüye sebep olur. Bu supap sistemlerin çalışmasında istenmeyen bir durumdur. Alt ve üst sınırlarda çalışan sistemler motor performansını olumsuz yönde etkilemektedir.



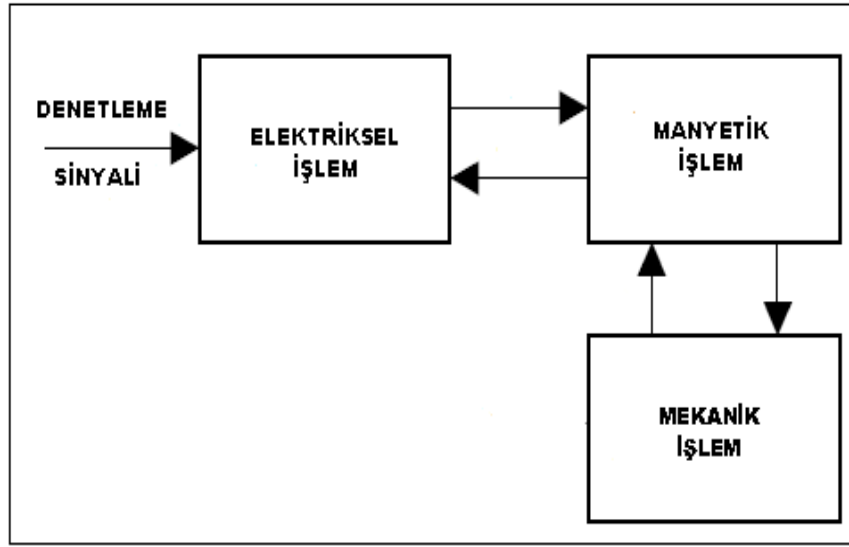
Şekil 4.5. Geleneksel supap oturma hızlarının motor hızı ile değişimi [31].

Elektro-mekanik supap sistemlerinin Şekil 4.5'te verilen alt ve üst sınırları içinde çalışması istenmektedir. Fakat bu elektro-mekanik sistemlerde kolay olmamaktadır. Ayrıca bu tip çalışan sistemlerde nüve sapının supap sapı üzerine oturma darbesi, supabın oturma yüzeyine olan darbesi ve nüvenin aşağı-yukarı hareketi sırasındaki bobinlere olan darbesi gürültüye neden olmaktadır. Elektro-mekanik supap sistemlerinde supap oturma hızı, motor devrine, geçiş süresine, bobinlerin yapısına, sarım sayısına ve elektro manyetik kuvvet yığılması gibi parametrelere bağlıdır. Birçok parametrenin kontrol edilme zorluğu geleneksel supap sistemlerini elektromekanik supap sistemlerinden daha fazla tercih edilmesine neden olur.

BÖLÜM 5

ELEKTRO – MEKANİK SUPAP SİSTEMİ DENETİMİ

Temelde elektro-mekanik supap sistemlerinin denetimi Şekil 5.1’de gösterilen biçimde yapılmaktadır.



Şekil 5.1. Elektro-mekanik supap sisteminin temel denetim şeması.

Denetleme sinyali supabın açık-kapalı kalma zamanını belirlemede temel teşkil etmektedir. Elektriksel işlem bölümünde denetleme sinyalinden alınan bilgi doğrultusunda, sinyal çeşitli işlemlerden geçirilerek işlenir ve manyetik işleme hazır hale getirilir. Manyetik işlem bölümünde, elektriksel işlem sonucunda oluşan sinyal bobinler yardımıyla manyetik alan oluşturur. Oluşan manyetik alan mekanik aksamı etkiler. Mekanik işlem bölümünde ise hareketli olan nüve manyetik işlem bölümü tarafından üretilen manyetik alana maruz kalır. Nüve manyetik alan yönünde hareket eder. Nüve hareketinin sonucu olarak supap açma-kapama hareketini gerçekleştirmiş olur. Şekil 5.1’de görülen denetim yapısına sahip sistemler, elektro-mekanik supap sistemlerinin bölüm 4’te değinilen gerekli geçiş süresi, manyetik alan kararsızlığı ve

elektriksel güç tüketimi gibi problemlere cevap verememektedirler. Elektro-mekanik bir sistemin zekiliğinden kastedilen, sistemin kullanıldığı alanda görevini en iyi şekilde yapması ve bunu en düşük güç tüketiminde gerçekleştirmesidir. Fark bir deyişle sistemin kendi içinde ve çevreyle optimizasyonu sağlanmasında zeki sistemler oldukça başarılıdır. Elektro-mekanik sistemin optimizasyonu yapılabilmesi için, elektriksel manyetik ve mekanik işlem bölümleri kendi içinde en iyi hale getirilerek yapılabilir.

Elektro-mekanik valf sistemlerine uygulanan denetleme sinyali hangi tür elemandan sağlandığı ve çıkış güvenilirliği çok önemlidir. Denetleme sinyalindeki her hangi bir problemin, birinin çıkış sinyali diğerinin girişi şeklinde takip eden yapılardan oluşan sistemlerin tüm işlem basamaklarına sirayet etmesi kaçınılmazdır. Bu sebeple denetleme sinyali elektro-mekanik valf sistemleri için var-yok sensörler veya enkoder yardımıyla alınıp bir sonraki işlem olan elektriksel işleme tabi tutulması gerekmektedir. Denetleme sinyali üretmek için seçilecek olan eleman, gerekli devir sayısına çıkabilmeli ve farklı devir aralıklarında karalı çıkış sinyalini sağlayabilmelidir. Elektriksel işlem optimizasyonu girişine uygulanan sinyalin doğru olarak işlenmesini ve manyetik işlem giriş sinyalinin üretilmesini içermektedir. Elektriksel işlem katı elektro-mekanik valf sisteminin kontrolörü konumundadır.

Elektriksel işlem katı denetleme sinyalini işleminin yanında kullanıcının farklı isteklerine cevap verebilmesi gerekmektedir. Bu istekler; değişken devir aralıklarını algılayabilmesi, bu aralıklara uygun değişken supap zamanlamasını gerçekleştirerek manyetik işlem giriş sinyalini oluşturabilmesi şeklinde sıralanabilir. Manyetik işlem katında bulunan bobinlerin enerjilendirilmesi elektriksel işlem içinde bulunan sürücü devreler yardımıyla yapılabilmektedir. Sürücü devreler sistemin güç tüketimini gerçekleştiren bobinlerin enerji ihtiyaçlarını kaynaktan sağlamaktadırlar. Sürücü devre tasarımı yapılacak olan elemanların seçimi tüm sistemin güç tüketimi açısından önem teşkil etmektedir. Elektro-mekanik valf sistemi için tasarlanmış sürücü devreler bobinlere supap hareketini gerçekleştirmeleri için enerji sağlarken kaynaktan gerektiği kadar akım çekmesi sağlanmalıdır. Bir önceki sayfada değinilen noktalar göz önünde tutularak tasarlanan elektriksel işlem katı sisteme en iyi şekilde uyum sağlayabilmektedir. Manyetik işlem katı elektriksel işlem katının çıkış

sinyalini giriş olarak alır ve bobinler yardımıyla bu sinyali manyetik alana dönüştürür. Manyetik işlem temelinde bobin tasarımını içermektedir. Elektromekanik valf sistemlerinin açma veya kapama yönündeki hareketleri yaylarla desteklendiğinde daha az enerjiye ihtiyaç duymaktadır [21].

Fakat yaylar hareket mesafesinin orta noktasından sonra hareket yönüne zıt bir kuvvet uygulamaktadırlar. Bobinler tam bu zıt yay kuvvetinin başladığı anda supap hareketini tamamlamak için kaynaktan maksimum akım çekerler. Bobin tasarımı da burada önem kazanmaktadır. Manyetik işlem katının optimizasyonu yay kuvvetini yenebilecek en az enerjiye ihtiyaç duyan bobin tasarımıyla gerçekleştirilmelidir.

Mekanik işlem katının en iyi hale getirilmesi için nüve görevini üstlenecek olan malzemenin mıknatıslanma özelliğinin yüksek olması gerekmektedir. Malzemenin mıknatıslık özelliği ve manyetik alanın içinde bulunduğu yer, supap zamanlamasının özellikle yüksek devirlerde çok kısa bir süre içerisinde gerçekleşmesi gerektiği düşünüldüğünde mekanik optimizasyonun temelini oluşturmaktadır.

Elektro-mekanik supap sistemi bir bütün olarak düşünüldüğünde sistemin zeki olmasını sağlayan en önemli kısım, elektriksel işlem içinde bulunan farklı giriş ve çıkışları değerlendiren, yüksek işlem kapasitesi olan ve kullanıcının istediğinde müdahale edebildiği kontrol birimleridir. Bu tasarıma sahip elektro-mekanik valf sistemleri bölüm 4.2.1’de bahsedilen sınırlılıkların çözümüne önemli ölçüde katkı sağlamaktadırlar. Tasarımı yapılan elektro – mekanik sistem Şekil 6.2’de ve sistemin kontrolü için imal edilen devre Şekil 6.4’te görülmektedir.

BÖLÜM 6

DENEYSEL ÇALIŞMALAR

Bu çalışmada supap yüksekliği 6 mm'ye ayarlanarak, emme supabına ait supap iticisi, itici çubuğu ve külbütör mekanizması olmaksızın, farklı besleme gerilimleri ve farklı devir aralıklarında elektro-manyetik olarak tahrik edilerek supap zamanlamasının değiştirilmesi amaçlanmaktadır.

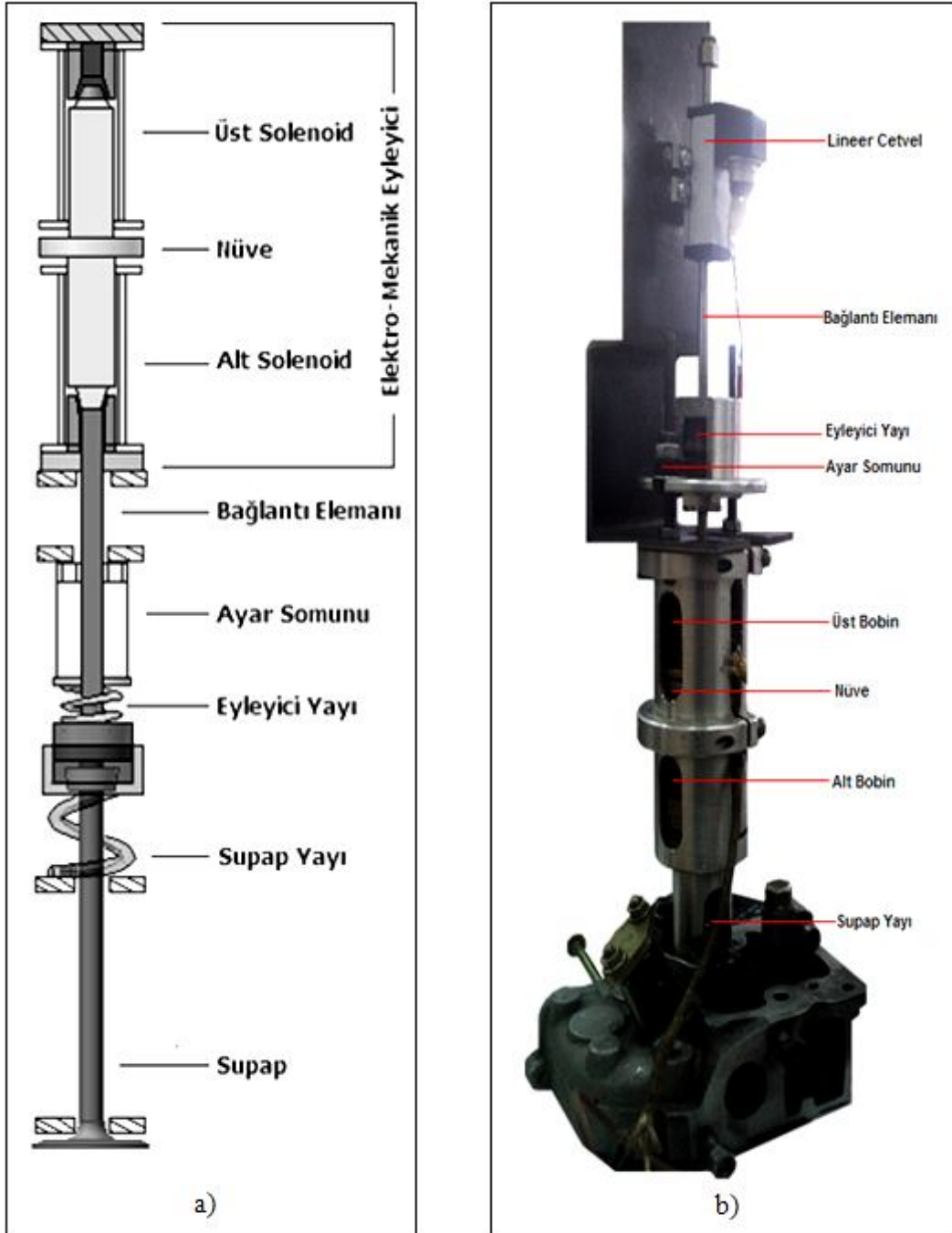
Deneylerde tek silindirli, 4 zamanlı, üstten supaplı KATANA 107F marka buji ile ateşlemeli bir motorun orijinal supap zamanlaması temel alınmıştır. Motorun teknik özellikleri Çizelge 6.1'de verilmiştir.

Çizelge 6.1. Deney motorunun teknik özellikleri.

Marka	Katana 107F
Silindir Sayısı	1
Kurs Hacmi	211 cc
Emme Supabı Açılması	18°
Emme Supabı Kapanması	45°
Supap Ayar Boşluğu	0,15 mm
Maksimum Hız	3600 d/d

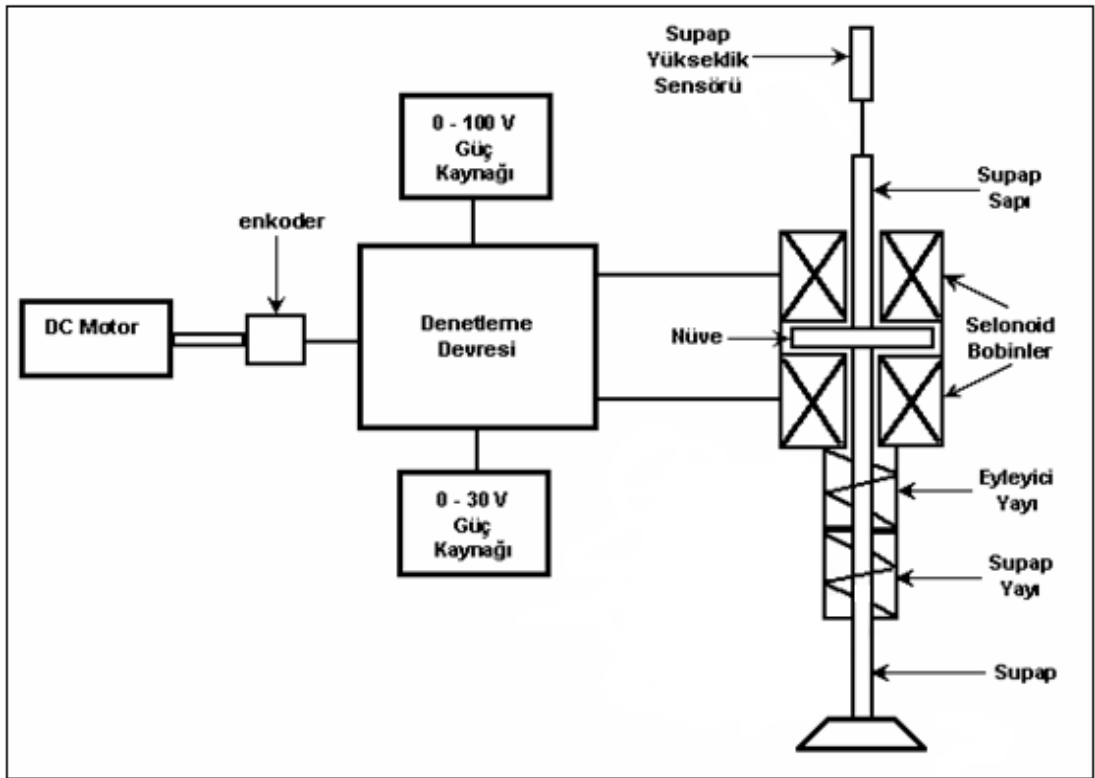
Deney motorunun emme supap zamanlaması Ü.Ö.N'den 18° önce ve A.Ö.N'den 50° sonradır. Şekil 6.1 a)'da elektro-mekanik supap sistemi, bir adet elektro-mekanik eyleyici, eyleyiciyi supaba bağlayan bağlantı elemanı, supap açılma miktarı ve yay tansiyonunu ayarlayan ayar somunu, eyleyici yayı, supap yayı ve supaptan oluşmaktadır. Bağlantı elemanı direkt supaba bağlı ve mıknatıslanma özelliği olmayan pirinç malzemeden üretilmiştir. Bağlantı elemanı supap sapı ve nüve arasındaki bağlantıyı sağlamaktadır (Şekil 6.1 a ve b). Ayar somunu supap açılma

miktarını ve yüksekliğini istenilen uzunluğa ayarlanmasını sağlamaktadır (Şekil 6.1 a ve b). Kullanılan eyleyici ve supap yayları aynı özelliindedir. Yaylar, supap tam kapalı veya tam açık pozisyonda iken hareketin başlamasına yardımcı olurken supap yarı yolu geçtikten sonra hareketin tamamlanmasına engel olarak yumuşak oturmayı sağlarlar (Şekil 6.1). Tasarımı yapılan supap sistemi elemanları Şekil 6.2 b)'de görülmektedir.



Şekil 6.1. Elektro-mekanik supap sisteminin a) Elemanları, b) Görünümü.

Elektro-mekanik supap sistemi deney düzeneği ise Şekil 6.2’de görüldüğü gibi; DC motor, enkoder, elektro-mekanik deney düzeneğini denetleyen bir denetleme devresi, supap sapı üzerine sabitlenmiş supap pozisyon sensörü, denetleme devresini besleyen ayarlı gerilim kaynağı, supap açma-kapama hareketini yapmasını sağlayan iki adet selonoid bobin, bobinlerin arasında hareket eden ve supap sapına tutturulmuş demir nüve, eyleyici yayı, supap yayı ve elektro-mekanik supap sistemini besleyen ayarlı (100V- 30A) güç kaynağından oluşur (Şekil 6.2).



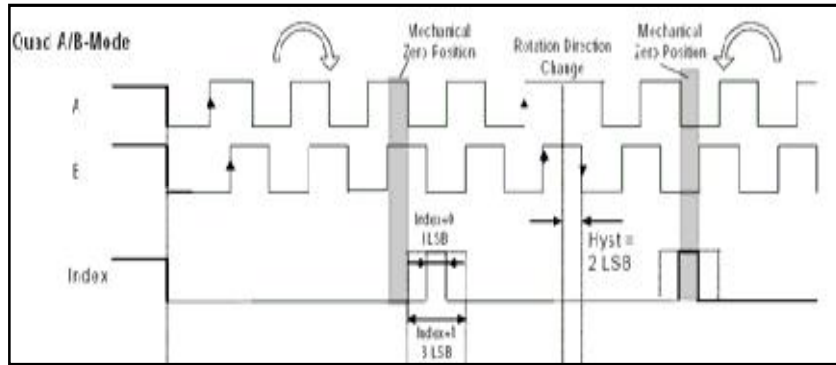
Şekil 6.2. Elektro-mekanik supap sisteminin şematik görünümü.

DC motora bağlı enkoder denetleme sinyalini üretir (Şekil 6.2). DC motorun besleme gerilimi, kullanıcı tarafından ayarlanarak farklı devir aralıklarında çalışması sağlanmaktadır. Devir ekrandan izlenerek istenilen devir sayısına ulaşıldığında gerilim sabitlenir. OPKON marka enkoder kullanılmış olup teknik özellikleri Çizelge 6.2 de verilmiştir.

Çizelge 6.2. Kullanılan enkoderin teknik özellikleri.

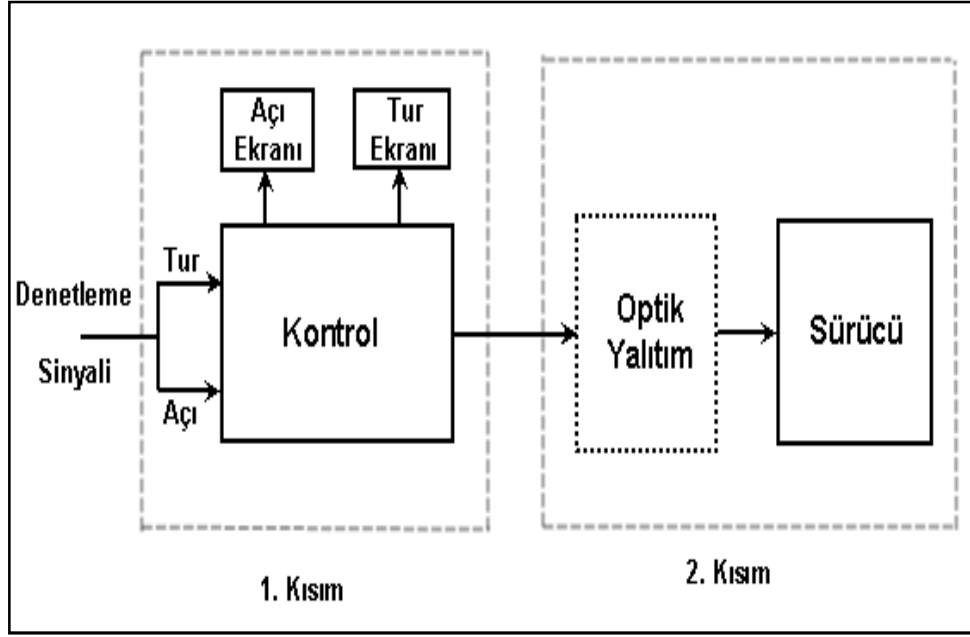
Markası	OPKON Optic Electronic Ltd.
Çözünürlük	100, 200, 360 tur
Çıkış Sinyalleri	A, B, Index
Besleme Voltajı	8-24VDC
Maksimum Hızı	5000 d/d
Sıcaklık Aralığı	-20 C° ... +80 C°
Koruma Sınıfı	IP 50

Şekil 6.3’de deneyler sırasında kullanılan enkoderin çıkış sinyalleri görülmektedir. Enkoder bir tam turuna karşılık olarak A çıkışından 360 tane, index ucundan ise bir tane kare dalga üretmektedir. A kanalının bu özelliği sayesinde bir tam tur 360 adıma bölünerek, her bir adımlık değişim 1° derecelik açısal yer değiştirmeye karşılık gelmektedir. Böylece enkoderin sabitlendiği döner milin açısal yer değişimi bilinebilmektedir. Index ucu ise milin birim zamandaki dönme sayısının bilinmesinde kullanılmaktadır. B kanalı çıkışı A kanalı çıkışının ötelenmesi ile elde edilmektedir. Bu kanal uygulamalarda genellikle yön tayininde kullanılmaktadır.

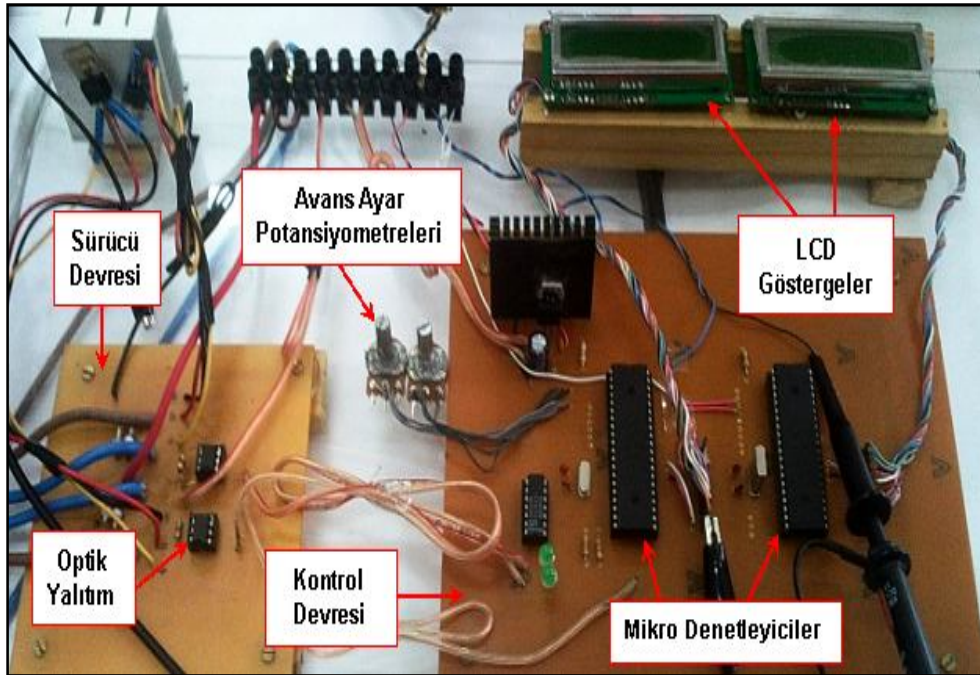


Şekil 6.3. Deneylerde kullanılan enkoderin çıkış sinyalleri.

Şekil 6.4’te görüldüğü gibi denetleme devresi kontrol ve sürücü olmak üzere iki farklı kısımdan oluşmaktadır. Kontrol ve sürücü devre arasında yüksek akım farkından dolayı optik yalıtım sağlayan optokuplörler bulunmaktadır (Şekil 6.4 ve 6.5). Sürücü kısım ile optik yalıtım sağlayan optokuplör elemanları aynı baskı üzerinde bulunmaktadır.



Şekil 6.4. Kontrol devresi şematik görünümü.



Şekil 6.5. Elektro-mekanik supap denetleme devresi genel görünümü.

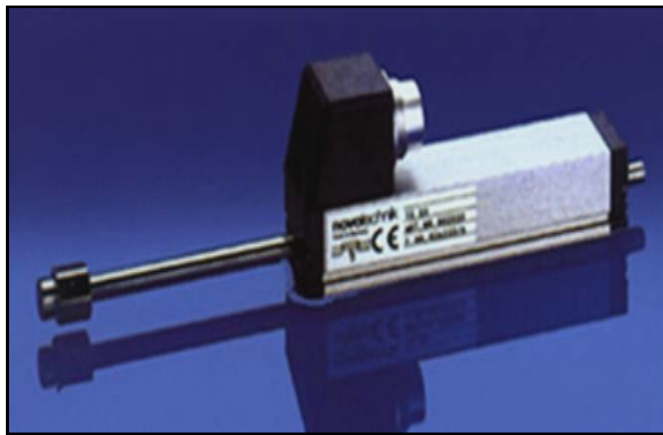
Denetleme sinyali tam tur bilgisini ve açı bilgisinden oluşmaktadır. Enkoderden gelen tam tur ve açı bilgisi denetleme devresi tarafından sürekli denetlenmekte ve bu iki bilgede LCD ekrana yazılmaktadır (Şekil 6.5). Açılma ve kapanma avansları mikrodenetleyici içerisine yüklenmiş olan program ile kontrol edilmektedir.

Denetleme devresi ilk anda referans noktasını beklemektedir. Referans noktası bilgisi algılandıktan sonra devre, kullanıcı tarafından belirlenen açı değerini sayarak supabın açma-kapama hareketini yapması için sinyaller üretir. Elektro-mekanik supap sisteminin beslemesinde kullanılan TDK-Lambda marka 100V – 30A çıkış gerilimi ve akımına sahip 230VAC girişi olan ayarlı güç kaynağı Şekil 6.6’da gösterilmiştir.



Şekil 6.6. Elektro-mekanik supap sistemi güç kaynağı.

Deneyler sırasında supap yüksekliğinin ölçülmesi ve krank açısına göre supabın her hangi bir andaki konumunu tespit etmek için kullanılan lineer cetvel Şekil 6.7’de gösterilmiştir. Kullanılan cetvel Novotechnik marka olup özellikleri Çizelge 6.3’de verilmektedir.



Şekil 6.7. Supap yüksekliğini ölçmekte kullanılan lineer cetvel.

Çizelge 6.3. Kullanılan lineer cetvelin teknik özellikleri.

Strok değeri	25 mm – 150 mm
Çözünürlük	Sonsuz
Tekrarlanabilirlik	<0,01%
Linearite	%0,09-%0,1
Direnç değeri	1,5 Kohm
İzolasyon direnci	≥ 10 Mohm
Maksimum akım	10 mA
Maksimum gerilim	42V
Sabitleme	Bağlantı klemensi
Gövde	Alüminyum çift yataklı mil
Koruma sınıfı	IP 40
Çalışma sıcaklığı	-30°C / +100°C
Mekanik ömür	100 milyon hareket
Hız	11m/s



Şekil 6.8. PICOSCOPE otomotiv arıza teşhis seti.

Şekil 6.8’de PICOSCOPE otomotiv arıza teşhis seti görülmektedir. Günümüz araçlarının her türlü elektronik devre elemanlarının test edilmesinde ve çeşitli devre ölçümlerinde kullanılmaktadır. Deneyler sırasında tüm akım ve gerilim ölçümleri bu cihazla gerçekleştirilmiş olup teknik özellikleri Çizelge 6.4’te verilmiştir.

Çizelge 6.4. PICOSCOPE teknik özellikleri.

Çözünürlük	12 – bit
Örnekleme hızı	80 MS/s
Veri ve güç arayüzü	USB 2.0
Kanal sayısı	4

Deneysel çalışmalarda elektro-mekanik supap sistemi 1200 d/d ile 3600 d/d olmak üzere iki farklı devir aralığında gerçekleştirilmiştir. Deneyler sırasında denenen farklı devir aralıkları için, elektro-mekanik supap sisteminin besleme gerilimi de farklı aralıklarda seçilmiştir. Yüksek devir aralıklarında besleme geriliminin yetersiz olduğu görülmüş ve gerilim iki katına çıkarılmıştır. Dolayısı ile bu çalışmada motorun düşük ve yüksek devirleri referans alınarak değişken supap zamanlaması gerçekleştirilmektedir.

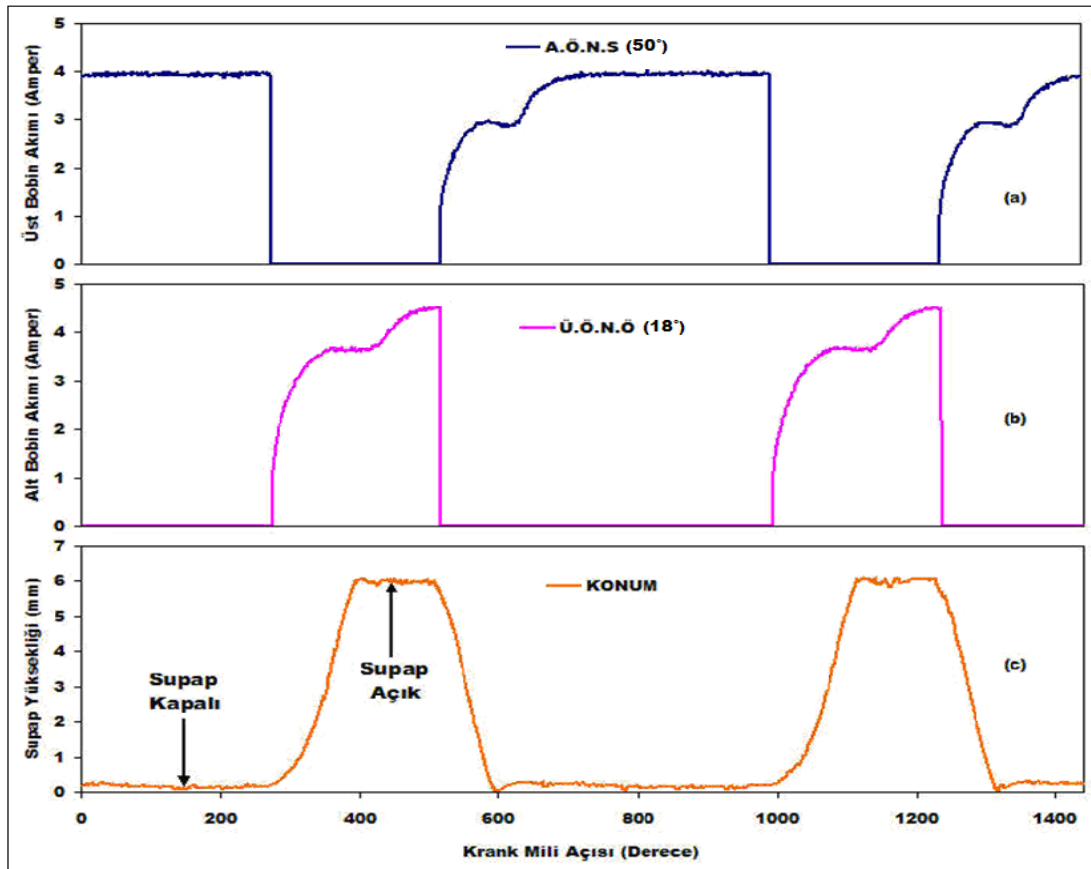
6.1. MOTOR ORJİNAL SUPAP ZAMANLAMASI

6.1.1. 1200 d/d 24V’da Motor Supap Zamanlaması

Orijinal supap zamanlaması kullanılan içten yanmalı motorun emme supap zamanlaması Ü.Ö.N’den 18° önce A.Ö.N’den 50° sonradır. Şekil 6.9’da motora ait 24V 1200 d/d’de orijinal supap zamanlamasının, elektro-mekanik supap sistemi prototipinde elde edilmiş hali görülmektedir.

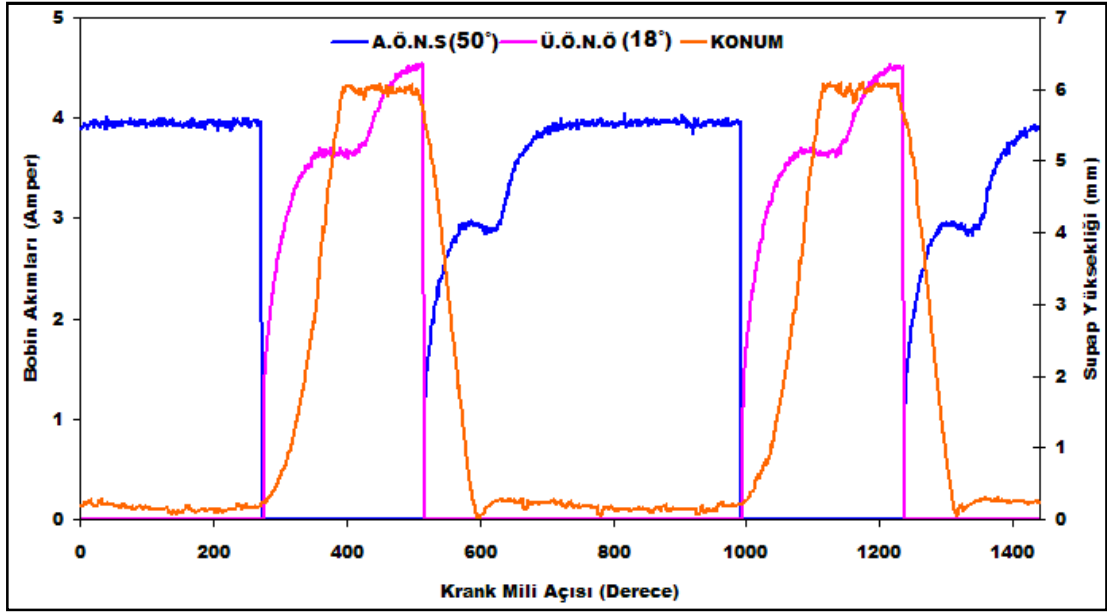
Şekil 6.9’da (a) supabın kapanma hareketini yapmasını sağlayan üst bobin akımı, (b) supabın açma hareketini yapmasını sağlayan alt bobin akımı ve (c) ise supabın konumunu ifade etmektedir. Supap hareketleri grafikten de görüleceği gibi krank mili cinsinden ifade edilmiştir. Şekil 6.9 (a)’da sistem yaklaşık 4A akım çektiği, (b)’de ise 4,5A akım çektiği görülmektedir. Bu fark bobinlerin sarım sayılarının farklı olmasından kaynaklanmaktadır. Alt bobinin sarım sayısı üst bobinden fazladır. Devre tasarımı gereği supap kapalı pozisyonda iken referans noktası bilgisi gelmektedir. Alt bobin sarım sayısı fazla tutularak, üst bobinden daha fazla akım çekmesi sağlanmıştır. Bu sayede supap açılma hareketi başlangıcının gecikmesi

önlenmeye çalışılmıştır. Alt ve üst bobin akımları incelendiğinde bir süre düşük seviyede seyrettiği ve daha sonra yükselme olduğu görülmektedir. Bobin akımlarındaki bu seviye değişikliğinin sebebi supap hareketine yardımcı olan yaylardan kaynaklanmaktadır. Supap tam açık veya kapalı pozisyonda iken hareket yönündeki yay sıkışmış vaziyettedir. Supap ters yönde harekete başladığı andan itibaren yay supabın kalkma hareketine yardımcı olur. Supap denge durumuna gelinceye kadar yay hareket yönünde supabı iter. Bu nedenle alt ve üst bobinler daha az akıma ihtiyaç duymaktadırlar. Supap orta noktayı geçtikten sonra diğer yayı sıkıştırmaya başlar. Bu andan itibaren bobin yayın hareket yönüne ters olan kuvvetini yenmek için daha fazla akıma ihtiyaç duyar. Şekil 6.9'da de görüldüğü gibi akım değerlerindeki dalgalanma bu sebepten dolayı kaynaklanmaktadır. Şekil 6.9 (c)'de supap konumu gösterilmektedir. Şekil 3.4'te supap bindirmesinin gerçekleştiği zaman taralı alan ile gösterilmektedir. Taralı alan içinde kalan Ü.Ö.N referans noktası olarak alınmıştır.



Şekil 6.9. Motora ait 24V 1200d/d' da orijinal supap zamanlaması görüntüsü
a) Üst bobin akımı, b) Alt bobin akımı, c) Supap yüksekliği.

Motora ait 24V 1200d/d'da orijinal supap zamanlaması ile bobin akımları ve supap konumunun üst üste bindirilmiş görüntüsü Şekil 6.10'da görülmektedir. Şekilde görüldüğü gibi supap yüksekliği 180°'de sıfır noktasına yaklaşabilmektedir. Bu durum bobinlerde meydana gelen zıt EMK yüzünden olmaktadır. Bu zıt EMK hareketin başlamasını geciktirmekte ve dolayısıyla ölü zamana neden olmaktadır.



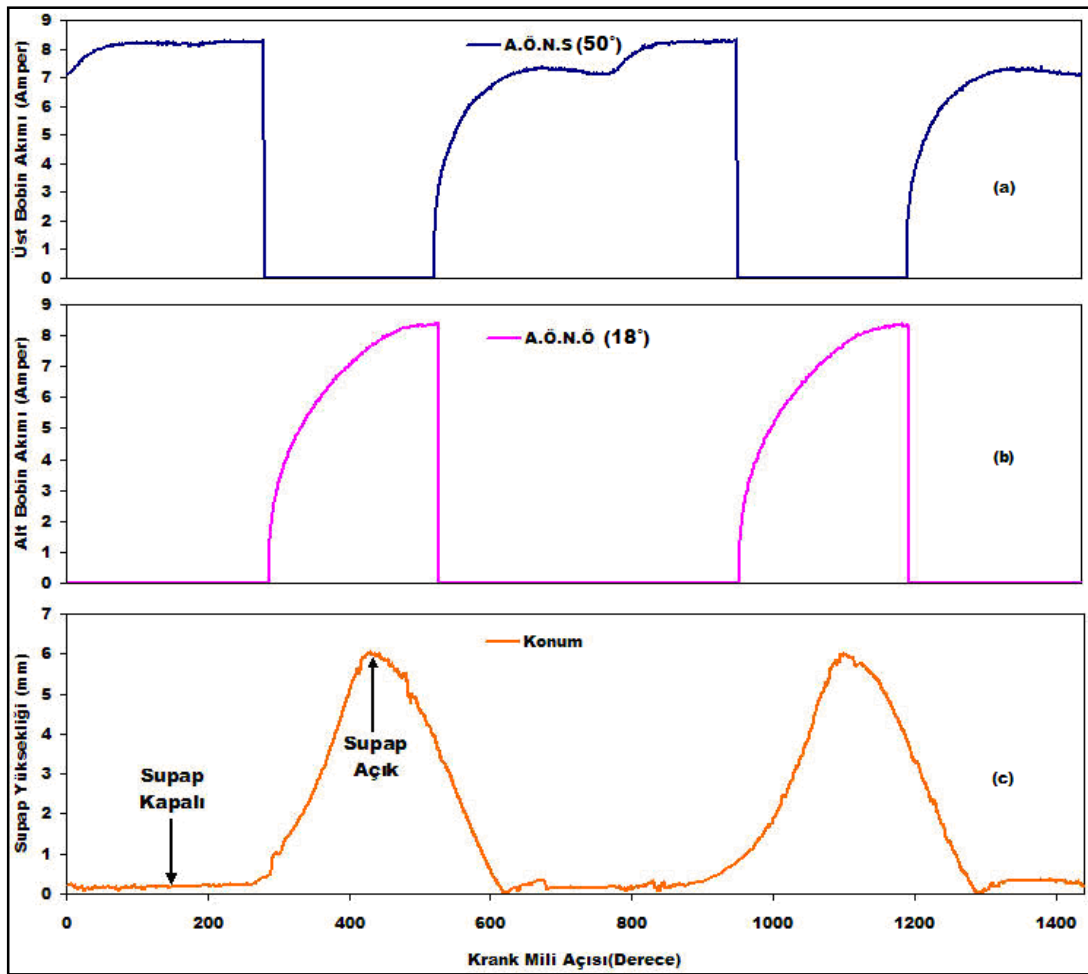
Şekil 6.10. Motora ait 24V 1200 d/d'da orijinal supap zamanlaması ile bobin akımları ve supap konumunun üst üste bindirilmiş görüntüsü.

6.1.2. 3600 d/d 48V'de Motor Supap Zamanlaması

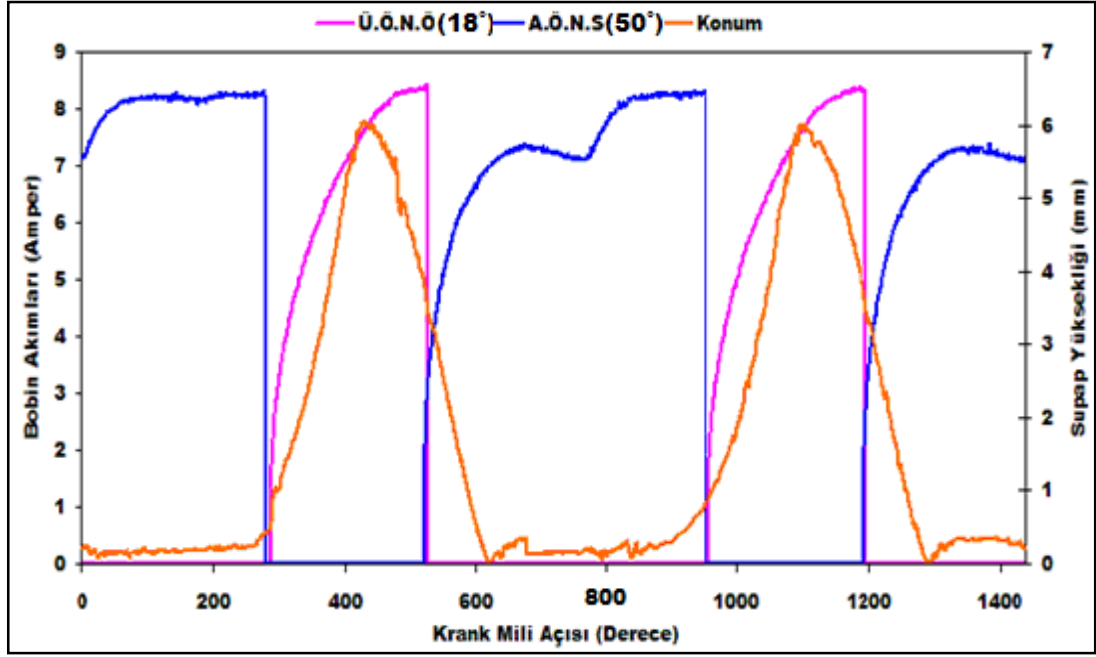
Şekil 6.11'de 3600 d/d ve 48V besleme geriliminde elektro-mekanik supap sistemine motor orijinal supap zamanlamasının uyarlanmış hali görülmektedir. Şekil 6.11'de görüldüğü gibi üst ve alt bobin akımları uygulanan besleme geriliminin artması nedeniyle yükselmiştir. Alt bobin akımının bir önceki grafikten farklı olduğu göze çarpmaktadır. Bu farklılık bir önceki başlıkta bahsedilen, yayın harekete olan yardımından dolayı daha az akım çeker ifadesine zıt bir görüntü vermektedir. Devirin yüksek olmasından dolayı supap açık kalma süresi bir önceki grafiğe nazaran üç kat azalmıştır. Dolayısıyla bobin akımına çok kısa bir süre için yayın katkısı vardır. Bu nedenden dolayı alt bobin grafiğinde farklılıklar görülmektedir. Şekil 6.11 (c)'de ise bobinin konumunu göstermektedir. Konum, grafikte de görüldüğü gibi sıfır noktasına neredeyse hiç inmemiştir. Bunun, motorun yüksek devirlerinde kullanılan elektro –

mekanik valf sistemi besleme geriliminin de yüksek olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Devirin yüksek olmasından dolayı çok kısa bir zamanda anahtarlama yapması gerekmektedir. Bunu yaparken üzerinde oluşan zıt EMK'yı sönmüleyememektedir. Bu sebepten dolayı konum daha sıfır noktasına ulaşmadan diğer bobin tetiklenmektedir. Yüksek devirlere çıkıldıkça sistemin cevap süresi uzamaktadır. Farklı bir ifadeyle elektriksel enerjinin mekanik enerjiye dönüşümü arasında geçen ölü zaman miktarı artmaktadır. Ölü zamanın uzaması supapların istenilen açma zamanlamasında ve istenilen yükseklik değerine çıkmasını engellemektedir. Motora ait 48V 3600 d/d'da orijinal supap zamanlaması ile bobin akımları ve supap konumunun üst üste bindirilmiş görüntüsü Şekil 6.12'de gösterilmiştir.



Şekil 6.11. Motora ait 48V 3600 d/d'da orijinal supap zamanlaması görüntüsü
a) Üst bobin akımı, b) Alt bobin akımı, c) Supap yüksekliği.



Şekil 6.12. Motora ait 48V 3600 d/d'da orijinal supap zamanlaması ile bobin akımları ve supap konumunun üst üste bindirilmiş görüntüsü.

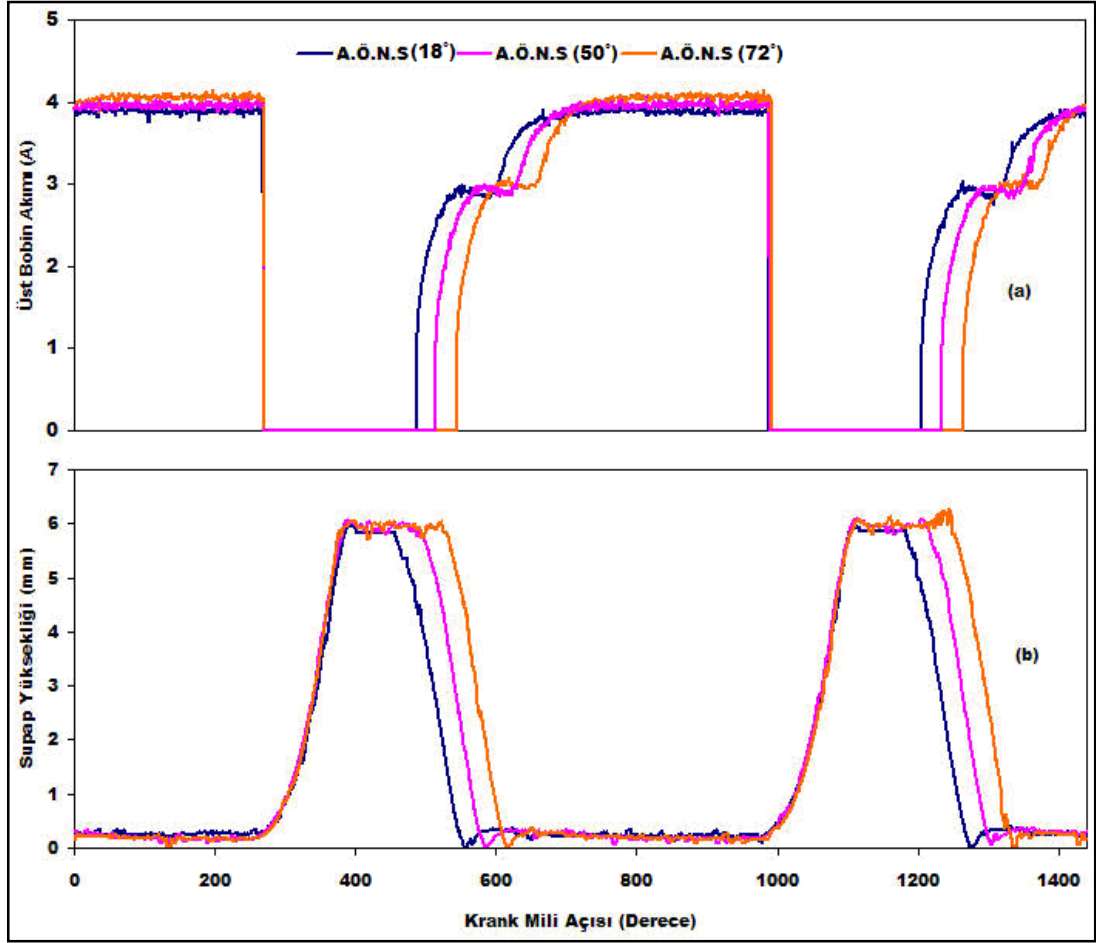
6.2.1200 D/D 24V VE 48V BESLEMEDE SUPAP ZAMANLAMASI

6.2.1. 24 V Besleme Geriliminde Kapanma Açısının Değişimi

Şekil 6.13'de görüldüğü gibi açılma avansı sabit kalarak kapanma avansı değiştirilmiştir. Supap kapanma açıları krank mili dönüş açısı cinsinden A.Ö.N'den sonra sırası ile 18°, 50° ve 72° derece ötelenerek supap kapanması başarılı şekilde gerçekleştirilmiştir.

Bu sayede motorun hacimsel verimi, motorun devrine göre, artırılarak yanma sonunda üretilen motor momentini en ekonomik bir şekilde elde etmek mümkün olacaktır. Akım grafiğindeki dalgalanma Şekil 6.9'un açıklamasında da değinildiği üzere zıt EMK değerinden, supap ve eyleyici yaylarından kaynaklanmaktadır.

Grafik incelendiğinde supap pozisyonunun tam açık olduğu anda dalgalanmalar görülmektedir. Dalgalanma en çok A.Ö.N.S 18°'de gerçekleşmiştir. Emme supabına ait bobinin tam açılması esnasında, nüvenin bobin yüzeyine çarparak nüvenin geri gelerek sekmesi supap konum grafiğindeki dalgalanmalara sebep olmaktadır.

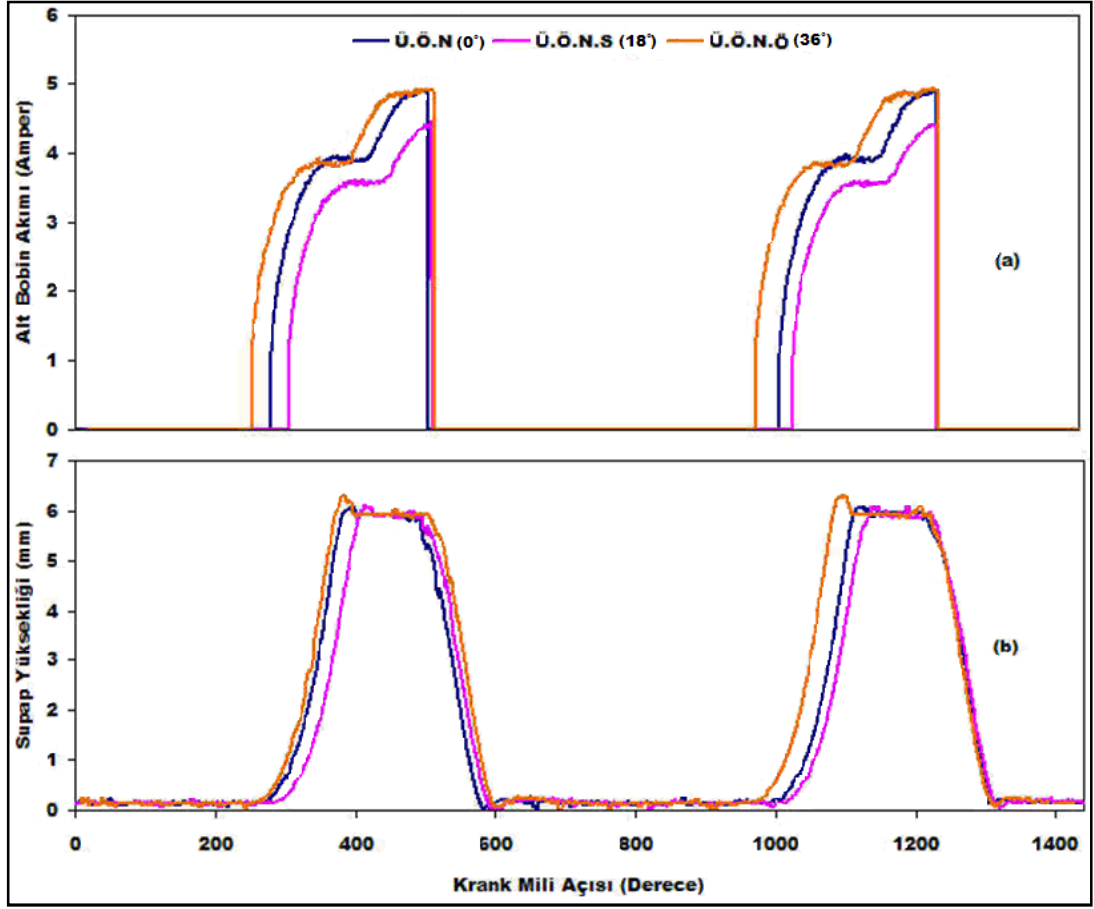


Şekil 6.13. 1200 d/d'de 24V besleme geriliminde açılma avansı sabit kapanma avansı ötelenmiş supap zamanlaması a) üst bobin akımı, b) supap konumu.

6.2.2. 24 Volt besleme Geriliminde Açılma açısının Değişimi

Şekil 6.14'de supap kapanma avansı sabit tutularak açılma avansının Ü.Ö.N'de, Ü.Ö.N'den 18° sonra ve 36° önce açıldığı görülmektedir. Şekil 6.14 (b) incelendiğinde supap konumu sıfır noktasına maksimum düzeyde oturabildiği görülmektedir. Her devir aralığına göre silindir içine alınan karışım miktarı maksimum düzeyde tutularak yanma sonunda pistonla iletilen gaz basıncı en üst düzeyde gerçekleştirilmiş olur.

Şekil 6.14 (a)'da alt bobin akımı incelendiğinde; kapanma avansının ilk anda birkaç derece saptığı fakat grafiğin devamında düzeldiği görülmektedir. Devir bilgisindeki küçük değişiklikler kapanma avansının sabitlenmesini zorlaştırmaktadır.

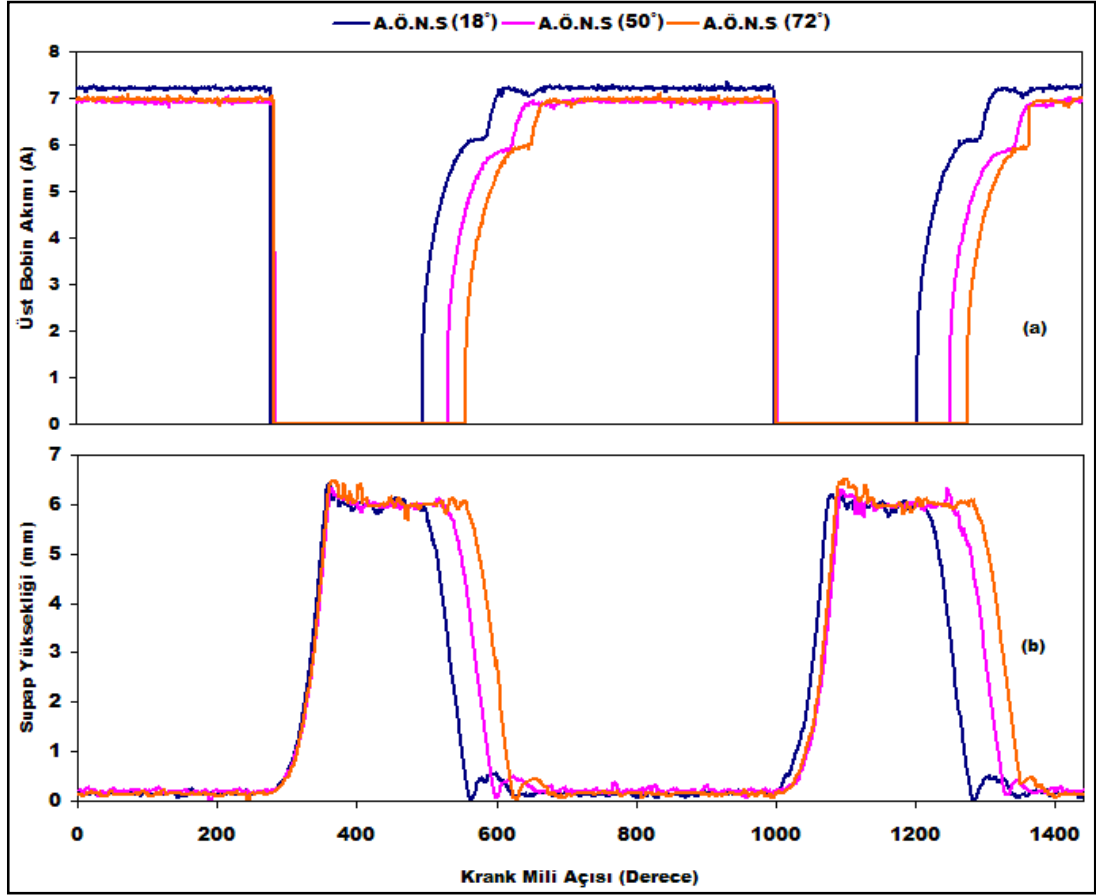


Şekil 6.14. 1200 d/d 24V besleme geriliminde kapanma avansı sabit açılma avansı ötelenmiş supap zamanlaması a) alt bobin akımı, b) supap yüksekliği.

6.2.3. 48 Volt besleme Geriliminde Kapanma Açısının Değişimi

Şekil 6.15’de 1200 d/d ve 48V besleme geriliminde açılma avansının sabit, kapanma avansının farklı açılarda ötelenmiş olduğu görülmektedir. Değişken supap zamanlaması, motor devrine göre supap zamanlamasının belirlenmesini ve her devirde en verimli çalışmayı sağlar.

Grafikte supap açılmasının sonlanmasından sonra sıçrama yaptığı görülmektedir. 48V besleme gerilimi uygulandığından dolayı supap çok hızlı bir şekilde oturma gerçekleştirmiş ve hemen akabinde geri gelip tekrar oturmuştur. Başka bir deyişle besleme geriliminin yüksekliği ve devirin düşük olması buna sebep olmaktadır. Bir önceki grafik ile karşılaştırma yapıldığında 24V besleme geriliminin düşük devirler için daha uygun olduğu görülecektir.



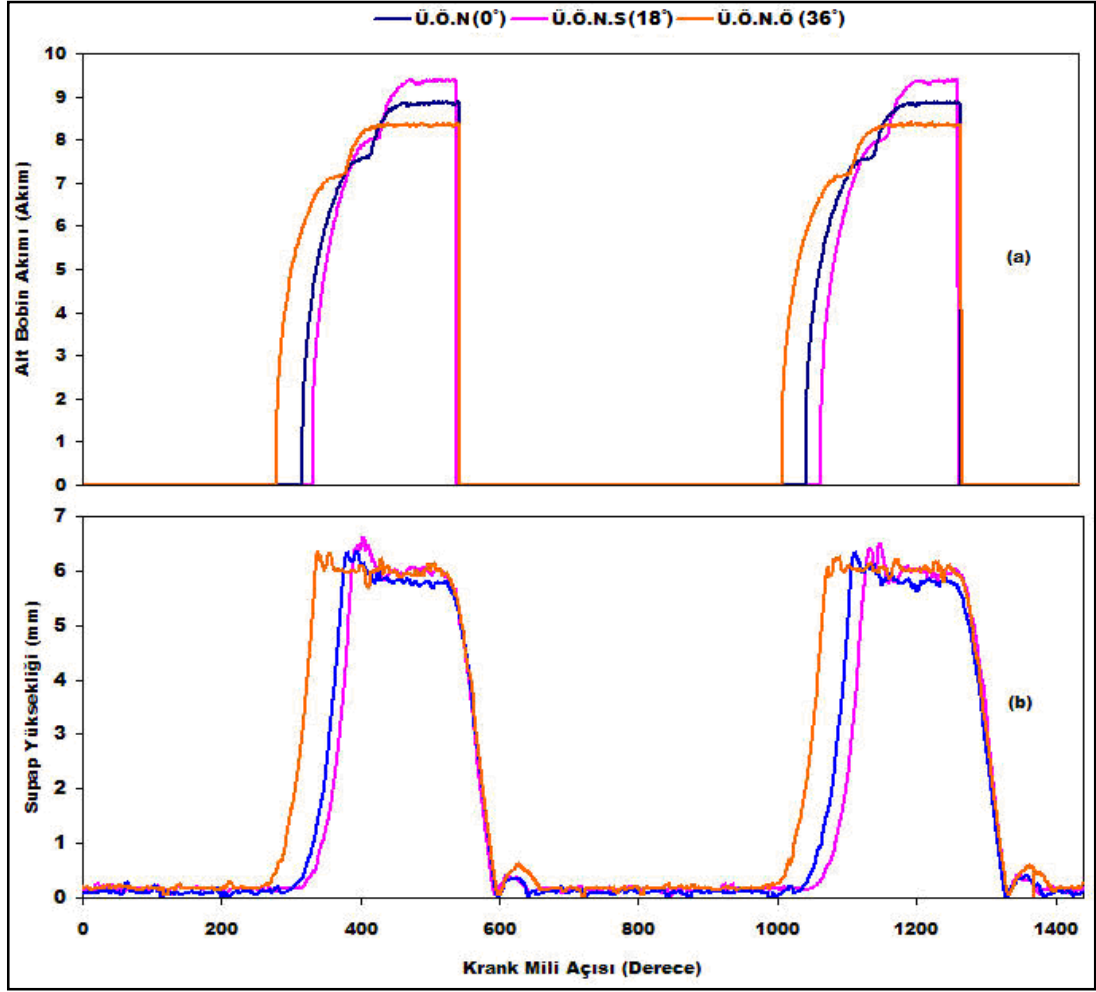
Şekil 6.15. 1200 d/d 48V besleme geriliminde açılma avansı sabit kapanma avansı ötelenmiş supap zamanlaması a) üst bobin akımı, b) supap yüksekliği.

6.2.4. 48 Volt besleme Geriliminde Açılma açısının Değişimi

Şekil 6.16 incelendiğinde supap sıfır konumuna uzun süre oturabilmiş ve sistem istenilen açılma avansı değişikliklerini gerçekleştirebilmiştir. Bobin üzerinde oluşan zıt EMK'yı sönmüleyebilmiş ve bir sonraki tetikleme için tam deşarj olabilmektedir.

Motorda değişken supap zamanlaması sayesinde maksimum güç elde edilerek daha yüksek devirlere çıkılabilecektir. Zamanlamadaki değişkenlik sayesinde silindir içine alınan karışımın tam yanması sağlanarak emisyon değerlerinin düşmesi sağlanır.

Şekil 6.16'da görüldüğü gibi alt bobin akımı ve supap yükseklik grafiklerinde dalgalanmalar bulunmaktadır. Akım ve konum grafiklerindeki dalgalanmalar yay ve besleme geriliminin yüksekliğinden kaynaklanmaktadır.



Şekil 6.16. 1200 d/d 48V besleme geriliminde kapanma avansı sabit açılma avansı ötelenmiş supap zamanlaması a) alt bobin akımı, b) supap konumu.

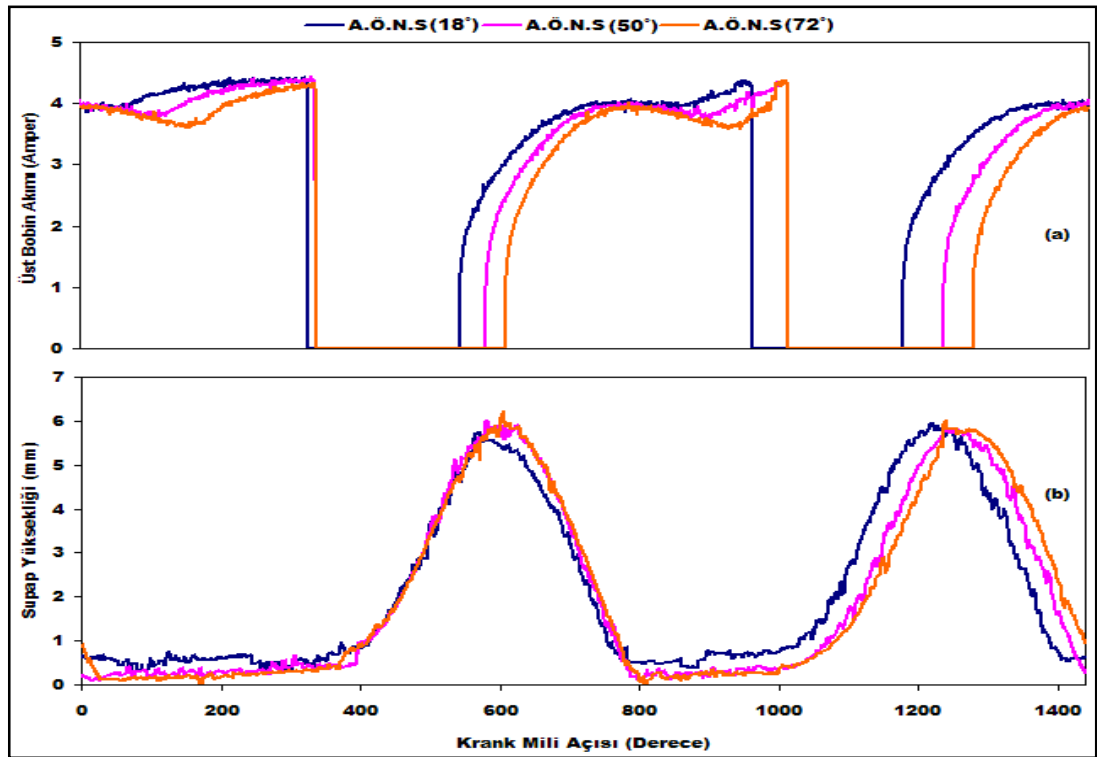
Değişken supap zamanlaması her iki besleme seviyesinde de yapılabilmektedir. 24V besleme geriliminde supap zamanlamasını sınırlayan zıt EMK değerinin ve supabın oturma yüzeyine olan darbesinin daha az olduğu ve supap sisteminin güç gereksiniminin sağlayabildiği görülmüştür. Dolayısı ile düşük devirler için 24V besleme geriliminin daha uygun olduğu sonucuna varılmıştır.

6.3.3600 D/D 24V VE 48V BESLEMEDE SUPAP ZAMANLAMASI

6.3.1. 24 V Besleme Geriliminde Kapanma Açısının Değişimi

Şekil 6.17'de 3600 d/d 24V besleme geriliminde üst bobin akımı ve supap konumu görülmektedir. Besleme gerilimi yetersiz olduğu için supap açma veya kapama

yönündeki hareketini tamamlamadan, diğer yönde harekete başlaması için tetikleme almaktadır. Supap hareketinin tamamlanmasında gerekli olan gücü kaynaktan bulamamakta ve Şekil 6.17 (b)'de görüldüğü gibi, supap tam açık veya tam kapalı pozisyonunu alamadan geri harekete başlamaktadır. Tam açık konumda da emme zamanını sağlayamadığı ve supabı istenilen açı değerinde kapatamadığı görülmektedir. Dolayısıyla bobinlere verilen tetikleme sinyalinin mekanik harekete çevrilerek emme supabının hareketlenmesi arasında geçen ölü zaman en üst düzeye ulaşmıştır.

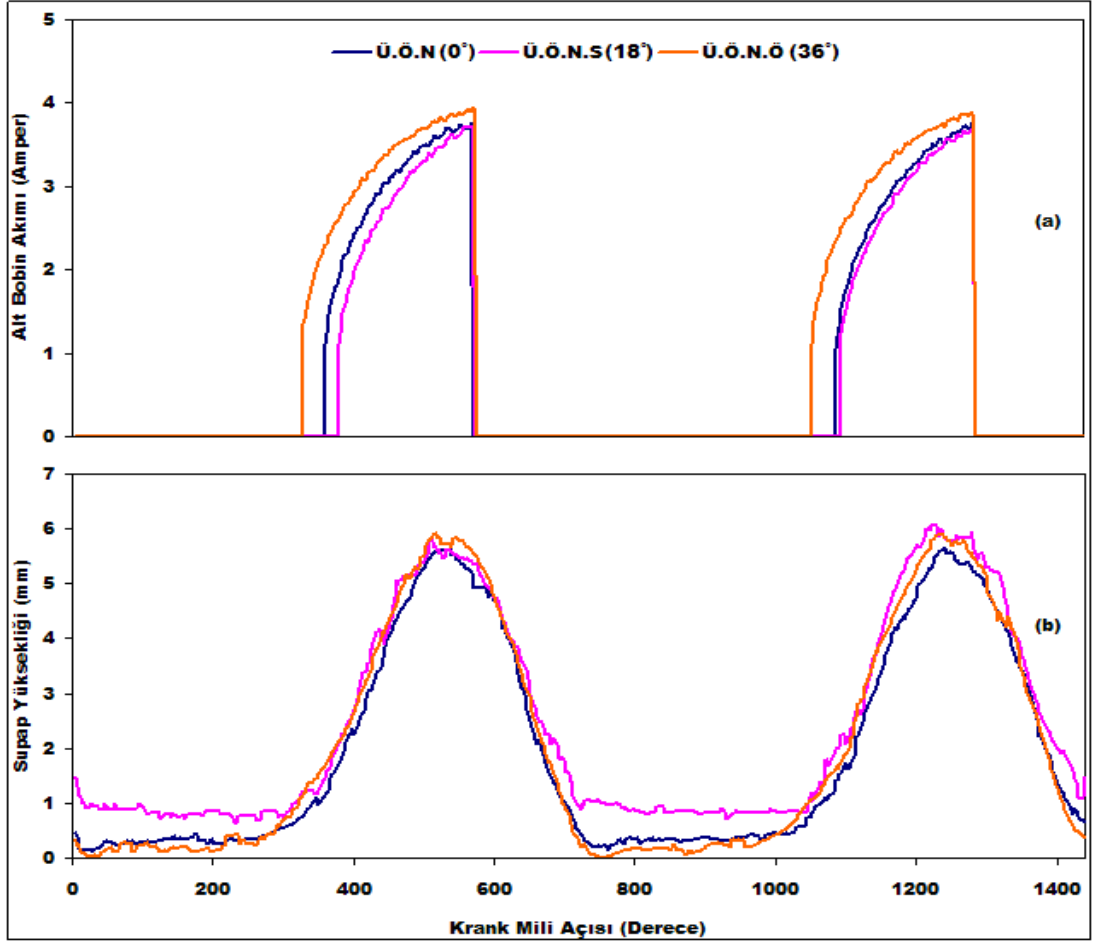


Şekil 6.17. 3600 d/d 24V besleme geriliminde açılma avansı sabit kapanma avansı ötelenmiş supap zamanlaması a) üst bobin akımı, b) supap yüksekliği.

6.3.2. 24 Volt besleme Geriliminde Açılma Açısının Değişimi

Şekil 6.18'de 3600 d/d 24V besleme geriliminde alt bobin akımı ve supap yüksekliği görülmektedir. Bir önceki başlıkta bahsedilen üst bobin gerilimi ve supap yüksekliğindeki problemler Şekil 6.18'de görülmektedir. Devir yüksek olması nedeniyle emme zamanının kısa olması, daha önceki akım grafiklerinde görülen dalgalanmanın olmasını engellemiştir.

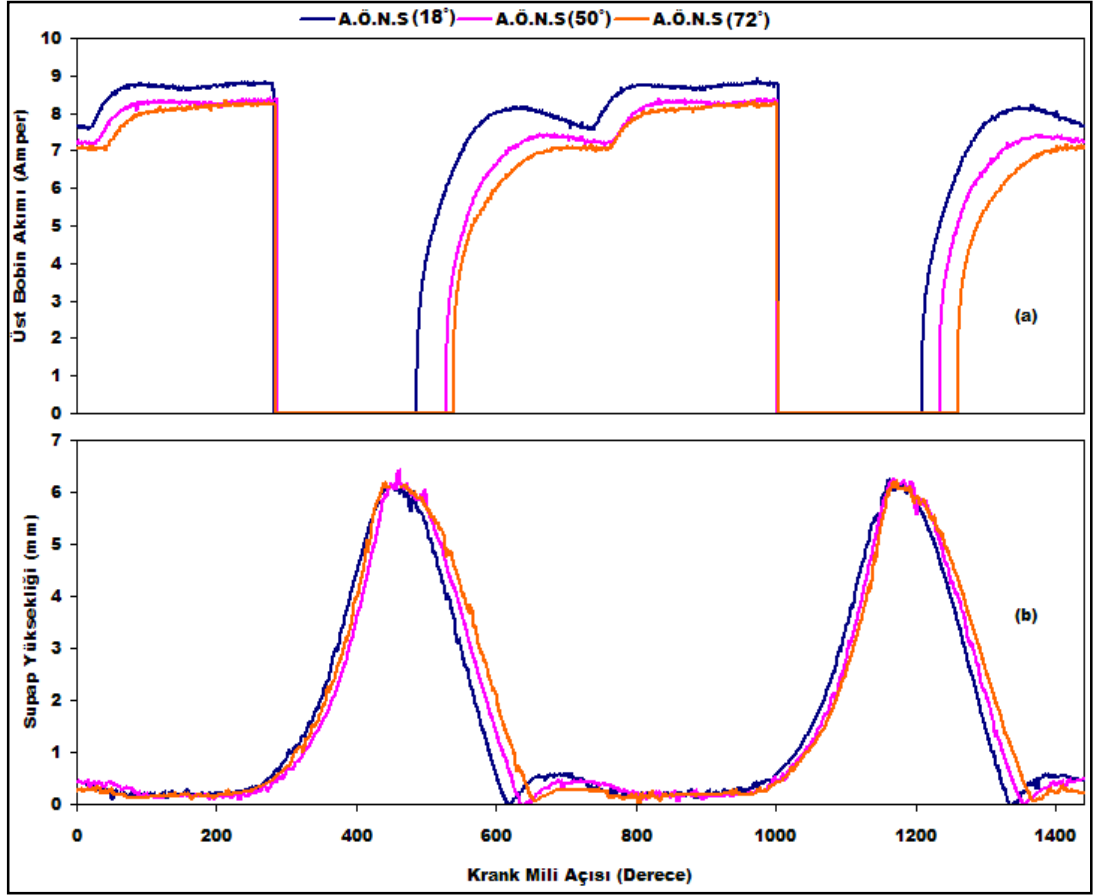
Şekil 6.17 ve 6.18 beraber değerlendirildiğinde 24V besleme geriliminin 3600 d/d için yetersiz olduğu, istenilen açıda supap hareketinin sağlanamadığı ve supap hareketi boyunca titreşimin fazla olduğu göze çarpmaktadır.



Şekil 6.18. 3600 d/d 24V besleme geriliminde kapanma avansı sabit açılma avansı ötelenmiş supap zamanlaması a) alt bobin akımı, b) supap yüksekliği.

6.3.3. 48 Volt besleme Geriliminde Kapanma Açısının Değişimi

Şekil 6.19 (a) incelendiğinde kapanma avansı başlangıç değeri sabit tutularak, kapanma avansı bitişi açı değerlerinin değiştirilebildiği görülmektedir. Şekil 6.19 (b)'de supap konumunun sıfır noktasına oturmadığı ve krank mili ikinci turunda supap açma hareketini aynı açı değerinde yapamadığı görülmektedir. Devirin de yüksek olduğu göz önünde bulundurulursa bobinlerin üzerlerinde depoladıkları enerjiyi boşaltmaları zaman almaktadır.

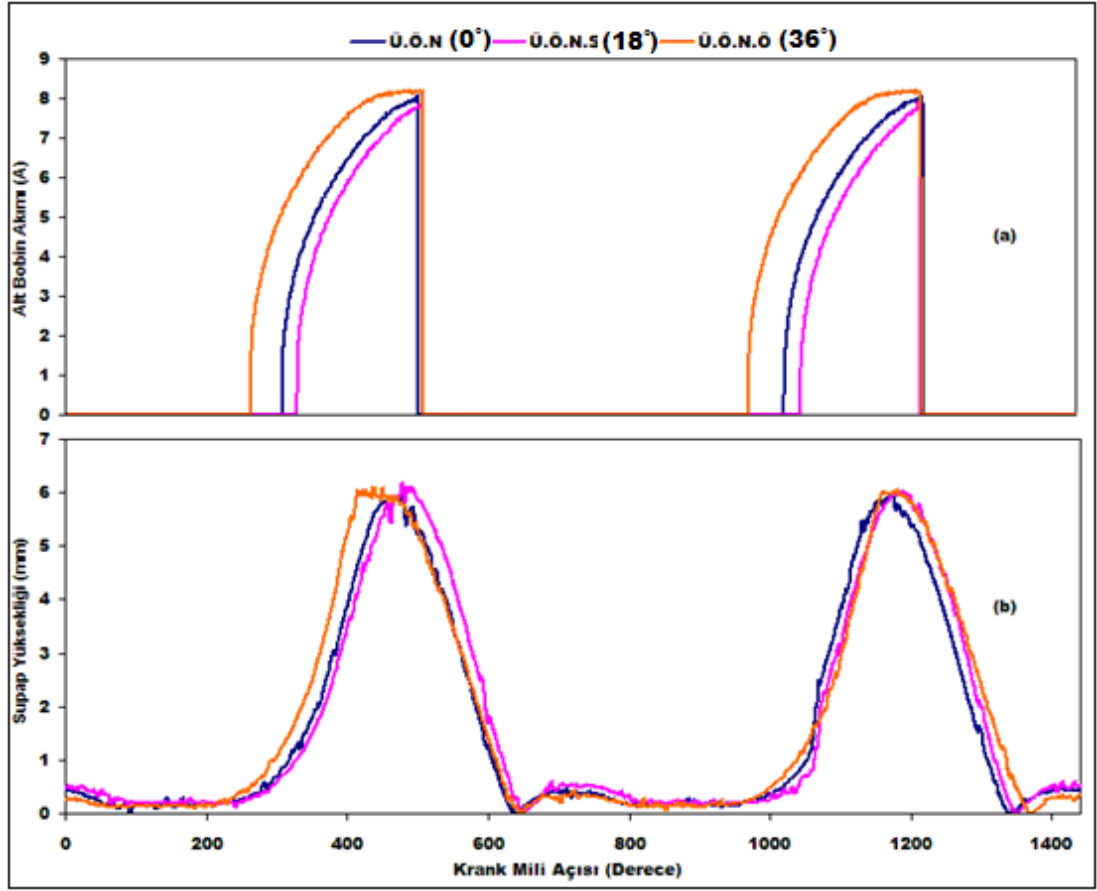


Şekil 6.19. 3600 d/d 48V besleme geriliminde açılma avansı sabit kapanma avansı ötelenmiş supap zamanlaması a) üst bobin akımı, b) supap yüksekliği.

6.3.4. 48 Volt besleme Geriliminde Açılma Açısının Değişimi

Şekil 6.20’de 3600 devir 48V besleme geriliminde alt bobin akımı ve supap yüksekliği görülmektedir. Bir önceki başlık altında değinilen problemlerin bu grafikte de görülmektedir. Alt bobinin sarım sayısının farklı olmasından dolayı çekilen akımlarda farklılık göstermektedir.

3600 d/d devrinde 24V besleme geriliminin yetersiz olduğu görülmüş ve besleme 48V seviyesine yükseltilmiştir. Sistem 48V besleme geriliminde daha dengeli çalışmaktadır. Bu besleme geriliminde sistem açılma ve kapanma açılarında ötelemeyi sağlayabilmektedir. Buna karşın bobinlerin üzerinde oluşan zıt EMK değerinin besleme geriliminin yüksekliği ile artmış ve 0,5 mm civarında sıçramaya sebep olmaktadır.



Şekil 6.20. 3600 d/d 48V besleme geriliminde kapanma avansı sabit açılma avansı ötelenmiş supap zamanlaması a) alt bobin akımı, b) supap yüksekliği.

BÖLÜM 7

SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Geleneksel içten yanmalı motorlar geçmişten yakın tarihe kadar önemli bir gelişim göstermemiştir. Kullanılan içten yanmalı motorların kam milinin profilini veya yerini değiştirerek motor performansının artırması ve motor sürtünmelerinin azaltılması amaçlanmıştır. Bu çalışmalar sayesinde performans ve yakıtta iyileşmeler görülse de istenilen seviyede bir ilerleme sağlanamamıştır. İçten yanmalı motorlardaki bu gelişim süreci supap zamanlamasının önemini arttırmış ve çalışmaların bu yönde ilerlemesini sağlamıştır.

Yapılan çalışmalar sonucunda supap zamanlamasının motor performansını arttıracığı ve yakıt tüketimini azaltacağı görülmüştür. Günümüz içten yanmalı motorların bir kısmında değişken supap zamanlamasını sağlamak için kam mili profili değiştirilerek mil ileri ve geri hareket ettirilmektedir. Bu tür supap sistemleri motor performansını kısıtlayan sabit supap zamanlamasının birçok problemine çözüm olarak görülmektedir. Fakat bu tip sistemlere sahip içten yanmalı motorlar sonsuz değişkenlikte supap zamanlamasını kullanamazlar. Sonsuz değişkenliğe sahip supap zamanlamasının elde edilebilmesi ancak elektro-pnömatik, elektro-hidrolik veya elektro-mekanik olarak tahrik edilen ve kam miline ihtiyaç duymayan supap sistemleri ile gerçekleştirilebilmektedir.

Elektro-mekanik sistemin supap zamanlamasını farklı açılarda gerçekleştirebilmesi ve gerçek zamanlı olarak devir bilgisini ölçebilmesi için elektronik veri toplama ve işleme devresi tasarlanmıştır. Gelen açı ve devir bilgilerinin toplanması, işlenmesi ve göstergelere yazılması için iki farklı mikrodenetleyici kullanılmış ve gerekli olan makine kodu mikrodenetleyicilere yüklenmiştir. Yazılan programın akış diyagramları ek açıklamalar bölümümde verilmiştir. Elektro-mekanik sisteme farklı devir aralıklarında farklı gerilimler uygulanmıştır.

Bu sayede elektro-mekanik supap sisteminin hangi devir aralığında ne kadar besleme gerilimine ihtiyaç duyduğu tespit edilmeye çalışılmıştır. Deneylerde iki farklı devirde çalışılmış her bir devirde elektro-mekanik supap sisteminin açılma avansı motorun orijinal değerinde tutularak, kapanma avansı değiştirilmiştir. Yine her bir devir için kapanma avansı sabit tutularak açılma avansı değiştirilmiştir. Supap zamanlamasında yapılan değişiklikler motor orijinal supap zamanlamasının bir alt ve bir üst değerinde gerçekleştirilmiştir.

1200d/d'da farklı açılma ve kapanma avans değerleri için 24V ve 48V besleme gerilimi uygulanmış, üst ve alt bobin akımları supap konumu krank mili açısı cinsinden karşılaştırılmıştır. 1200 d/d için yapılan deneylerden elde edilen grafikler incelenerek düşük devirler için farklı açılma ve kapanma avans değerlerinin 24V ve 48V besleme geriliminde aynı olduğu ve 24V besleme geriliminin uygun olduğu sonucuna varılmıştır. Bobinlerde oluşan zıt EMK değerinin çok küçük olduğu görülmüş, supap oturması çok küçük değerlerle değişerek gerçekleşmiştir. Devir sayısı 3600 d/d'ye çıkarılarak, aynı açılma ve kapanma avans değerleri ile deneyler tekrarlanmıştır. Yapılan deneyler sonucunda yüksek devirlerde 24V besleme geriliminin elektro-mekanik supap sisteminin beslenmesinde yetersiz olduğu, 48V besleme geriliminin daha uygun olduğu görülmüştür. Fakat yüksek devirlerde 48V besleme gerilimi uygulandığında bobinlerde oluşan zıt EMK değerinin büyüdüğü, bu nedenle supap sıfır noktasına tam oturamadığı tespit edilmiştir. Ayrıca yüksek devir aralıklarında supap açısı ötelemesi gerçekleştirilebilmiş fakat supap istenilen açılma değerlerinde hareketini tamamlayamamıştır.

Elektro-mekanik supap sistemlerinin kullanılması, geleneksel içten yanmalı motorlarda bulunan supap sistemine tahrik veren çeşitli mekanik aksamları ortadan kaldırmaktadır. Dolayısıyla motordaki supap sisteminden kaynaklanan sürtünme miktarı azalacağından dolayı tekerleklere aktarılan güç artmaktadır. Elektro-mekanik sistemlerin kullandığı motorlarda yakıt sarfiyatı ve kirlenici gaz oranları düşmektedir.

Elektro-mekanik supap sistemleri tam anlamıyla kullanılmadan önce, kapanma ve açılma hızlarının iyileştirilmesine ve yüksek anahtarlama hızında mekanik aksamda kullanılan metal malzemelerin, malzeme yorulmasının önüne geçilmesi

gerekmektedir. Gelen devir ve açı bilgilerinin sisteme girişi ve çıkışı arasında geçen l zamanın düşürülmesine, buna paralel olarak işlem hızı yüksek mikroşlemciler kullanılmasına ve özellikle yüksek devirlerde farklı besleme gerilimleri ve farklı avans değerlerinin uygulanmasına ihtiyaç vardır.

Bundan sonra yapılacak çalışmalarda, farklı devir aralıklarında farklı besleme gerilimlerini kullanan, supap zamanlamasını her devir aralığı için farklı açılma ve kapanma avans aıllarında gerçekleştiren ve buna kendi içinde karar verebilen zeki sistemlerin tasarlanmasıyla devam ettirilmesi planlanmaktadır.

KAYNAKLAR

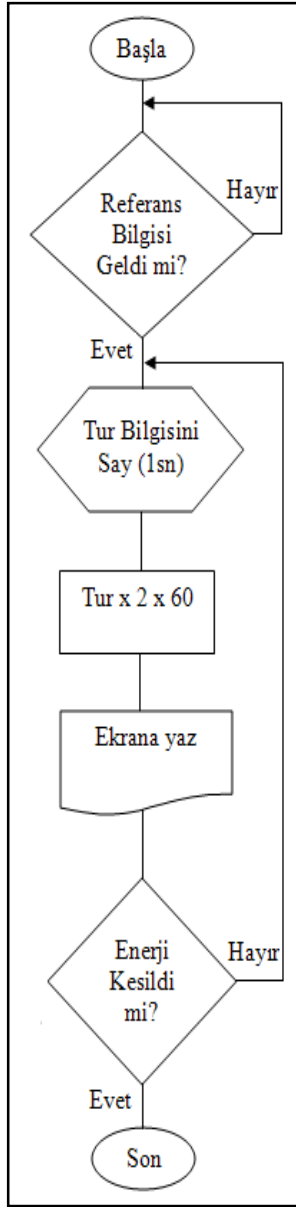
1. Gould, L., Richeson, W. and Erickson, F., “Performance evaluation of a camless engine using valve actuation with programmable timing”, *Society Automotive Engineers*, (910450):(1991).
2. Dobson, N. And Muddell, G., “Active valve train system promises eliminate camshafts”, *Automotive Engineer*, March (1993).
3. S, Anderson. M, Tsao. and Levin, M., “Adaptive lift control for a camless electrohydraulic valvetrain”, *Society Automotive Engineers*, (981029): (1998).
4. B, Otken. ve M.Ü, Gümüřay., “Kara yolundaki hareket halindeki taşıtların çevreye yaydıkları emisyonların analizi için çbs’ de arayüzlerin hazırlanması”, *Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası 12. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı*, 11–15 Mayıs (2009).
5. J, Ma., Guoming, Z., A, Hartsig. and H, Schock., “Model – based predictive control of an electro – pneumatic exhaust valve for internal combustion engines”, *American Control Conference*, Washington, USA, June 11-13, (2008).
6. Guoming, Z., J, Ma. and H, Schock., “An iterative algorithm for model-based predictive control of an electro-pneumatic valve actuator”, *American Control Conference*, St. Louis, USA, June 10–12, (2009).
7. Gillella, P. and Sun, Z., “Modeling and control design of a camless valve actuation system”, *American Control Conference*, St. Louis, USA, June 10–12, (2009).
8. Kosmidis, V., Panga, A., Sakizlis, V., Charles, G., Kenchington, S., Bozinis, N. and Pistikopoulos, E.N., “Output feedback parametric controllers for an active valve train actuation system”, *Proceedings of the 45th IEEE Conference on Decision & Control*, San Diego, USA, December 13-15, (2006).
9. Liu, F., Li, H., Gao, F., Wang, Y., Tan, M. and Guo, Y., “A new electro-hydraulic variable valve-train system for i.c engine”, *2010 2nd International Asia Conference on Informatics in Control, Automation and Robotics*, 3(174 – 179), China, March 6 – 7, (2010).

10. Anderson, M.D. and Tsao, T.C., “Adaptive lift control of an electrohydraulic camless valvetrain system”, *Proceedings of the American Control Conference* Philadelphia, USA , June (1998).
11. Sun, Z. and Kuo, T.W., “Transient control of electro – hydraulic fully flexible engine valve actuation system”, *IEEE Transactions On Control Systems Technology*, 18(3), May (2010).
12. Montanari, M., Ronchi, F. and Rossi, C., “Trajectory generation for camless internal combustion engine valve control”, *International Symposium on Industrial Electronics*, 1(40136), (2003).
13. Ronchi, F., Rossi, C. and Andrea Tilli, A., “ Sensing device for camless engine electromagnetic actuators”, *Dept. Of Electronics, Computer Science and Systems (DEIS)*, 2(40136), (2002).
14. Wang, Y., Megli, T. and Haghgoie, M., “ Modeling and control of electromechanical valve actuator ”, *SAE 2002 World Congress & Exhibition*, Detroit, USA, (2002).
15. Di Gennaro, S., Toledo, B.C. and Di Benedetto, M. D., “Nonlinear regulation of electromagnetic valves for camless engines”, *Proceedings of the 45th IEEE Conference on Decision & Control*, San Diego, USA, December 13–15 (2006).
16. Hoffmann , W., Peterson, K. and Stefanopoulou, A.G., “ Iterative learning control for soft landing of electromechanical valve actuator in camless”, *IEEE Transactions On Control Systems Tecnology*, 11(2), March (2003).
17. Montanari, M. and Ronchi, F., “ Control of a camless engine electromechanical actuator: position reconstruction and dynamic performance analysis”, *IEEE Transactions On Industrial Electronics*, 51(2), April (2004).
18. Liu, L. and Chang, S., “A moving coil electromagnetic valve actuator for camless engines”, *Proceedings of the 2009 IEEE International Conference on Mechatronics and Automation*, August 9 – 12, Changchun, China (2009).
19. Eyabi, P. And Washington, G., “ Modeling and sensorless control of an electromagnetic valve actuator”, *Mechatronics*, 16: 159 – 175 (2006).
20. Chang, S., Parlikar, T. A., Seeman, M. D., Perreault, D. J., Kassakian, J. G. and Keim, T. A., “A new electromagnetic valve actuator”, *Power Electronics in Transportation*, 109 – 118 (2002).

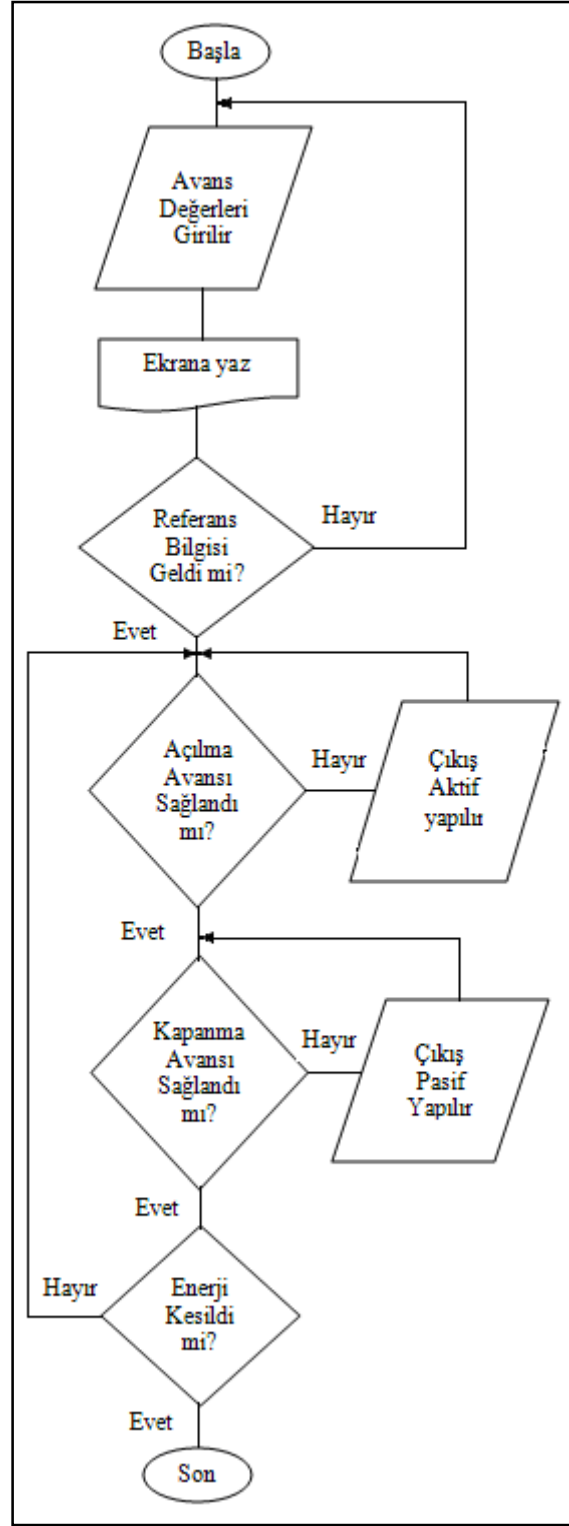
21. Kamaş, Z. ve Yüksel, İ., “Yay enerjisinin elektromekanik supap mekanizmalarının performansına katkısı”, *Mühendis ve Makine Dergisi*, 46(54372), (2005).
22. Doğan, O., “İçten yanmalı bir motorda elektro-mekanik supap uygulaması”, Yüksek Lisans Tezi, *Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Zonguldak, 10 – 70 (2006).
23. İnternet: Benzinli Motorlar ve Çalışma Prensipleri, <http://www.buzlu.org/benzinli-motorlar-ve-calisma-prensipleri/> (2010)
24. İnternet: Haskin İnş.San ve Tic.Ltd.Şti, <http://www.hyperbor.com/s-s-s> (2010)
25. İnternet: Friction Analysis by Strip-Method, <http://www.fev.com> (2004).
26. İnternet: Nadir Aksoy Kişisel Wep Sayfası, http://nadiraksoy.com/eliptik_motor.html (2010)
27. Pruvost, A., “Hybrid regulation of electromagnetic valves in automotive systems”, *Report for Training Course at the University of L’Aquila Department of Electrical Engineering*. (2005).
28. Sturman Industries, “The sturman dgital engine”, *Sturman Industries*, CA, USA, February 20 (2008).
29. Kamaş, Z. ve Yüksel, İ., “An investigation of effect of applied electrical voltage on system dynamic behavior and energy consumption of an electromechanical valve actuator”, *G.Ü. Fen Bilimleri Dergisi*, 17(3), (2004).
30. Hoffman, W. and Stefanopoulou, A., “Valve position tracking for soft land of electromechanical valvetrain”, *3th IFAC Conference Advances in Automotive Control*, 305–10 (2001).
31. Wang, Y., “Camless engine valvetrain: enabling technology and control techniques”, Ph. D. Thesis in Mechanical Engineering, *Universty of California*, 194 (2001).

EK AÇIKLAMALAR A

DEVİR VE AÇI PROGRAMLARI AKIŞ DİYAGRAMI



(a)



(b)

Şekil A.1. Akış diyagramları a) Devir akış diyagramı, b) Açık akış diyagramı.

ÖZGEÇMİŞ

Mehmet TAŞLIYOL 1982 yılında Karabük'te doğdu; ilk ve orta öğrenimini aynı şehirde tamamladı. Karabük Endüstri Meslek Lisesi Elektronik Bölümü'nden 2000 yılında mezun oldu. 2002 yılında Pamukkale Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Elektronik Öğretmenliği Bölümü'nde öğrenime başlayıp iyi derece ile mezun oldu. 2008 yılında ZKÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Eğitimi Anabilim Dalı'nda başlamış olduğu yüksek lisans programını, Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Eğitimi Anabilim Dalı'nda tamamladı. Şu an herhangi bir kurumda çalışmamaktadır.

ADRES BİLGİLERİ

Adres : Yazıköy No:124
Safranbolu / KARABÜK

Tel : (536) 890 0584

E-posta : mtasliyol@hotmail.com