



T.C.

BURSA TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
MÜHENDİSLİK VE DOĞA BİLİMLERİ FAKÜLTESİ
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ

YAKIT PÜSKÜRTME SİSTEMLERİ
DENEY FÖYÜ

Deney Tarihi:

Deney Yürütücüsü:

Öğrencinin Adı-Soyadı :

Numarası:

İmza :

© Makine Mühendisliği Bölüm Başkanlığı, BURSA

1. DENEYİN AMACI

Bu deneyde benzinli motor performansı için kritik önem arz eden yakıt püskürtme sistemleri incelenecektir. Deney düzeneğinde tek nokta yakıt enjeksiyon sisteminin simülasyonu yapılmaktadır. Deney sistemi öğrenciye tanıtıldıktan sonra arıza tespit çalışmasıyla öğrencinin sistemin çalışma prensibini iyice kavraması amaçlanmaktadır.

2. DENEYİN ÖĞRENME ÇIKTILARI

- Benzinli motorların temel komponentlerinin öğrenilmesi ve benzinli motorların çalışma prensiplerinin kavranması,
- Yakıt püskürtme sistemlerinin motor performansı ve emisyon etkilerinin incelenmesi ve kavranması,
- Benzinli motorlarda yakıt püskürtme sistemi ve diğer sistemler arasında ilişki kurulması ve sistemde hata analizi yapılabilmesi,
- Bir deney sisteminin yüksek doğruluklu ve emniyetli olarak yürütülmesi.
- Deneysel verilerin amaç doğrultusunda değerlendirilip ve raporlanması.

3. TEORİK BİLGİLER VE TANIMLAR

Karbüratörün özellikle uçak motorları için uygun olmaması ve bazı sakıncalar yaratması benzinin püskürtme yoluyla havaya karıştırılması fikrini yaratmıştır. Günümüzde de benzin püskürtmenin otomotiv alanına uygulanışı giderek artan bir seyirle yaygınlaşmaktadır. Benzin püskürtme sistemlerindeki gelişimin karbüratörlü sistemler ile rekabet edememesi Otto motorlarında gerekli olan karışımı oluşturmak için uzun yıllar karbüratör kullanılmasıyla sonuçlanmıştır. 90 lı yıllarda, hava kirliliğinin artması ve hükümetlerin egzoz emisyon değerlerini sınırlayıcı kanunları çıkarmasıyla benzin püskürtme sistemleri atılım göstermiştir. Otto motorlarında sıkıştırma oranı, tork üretimi, güç üretimi, yakıt ekonomisi ve kirlenici emisyonlar için önemli bir faktördür. Sıkıştırma oranı dizayn şartlarına ve yakıt püskürtme sisteminin yapısına göre değişkendir. Emme portuna yada direkt püskürtme sistemlerinde sıkıştırma oranı 13 e kadar çıkabilmektedir. Daha yüksek sıkıştırma oranları, yakıtın vurutuya karşı direnci sınırlı olduğundan benzinli motorlar için uygun değildir. Benzinli motorlarda hava yakıt karışımının tam yanmasının sağlanması stokiometrik karışım oranına bağlıdır. Stokiometrik oran, benzin için 1 kg yakıtta 14.7 kg hava dır.

Otto motorlarında yanma, ateşleme olayı ve ardından alev cephesinin oluşumuyla izlenir. Alev cephesinin yayılım hızı yanma basıncının fonksiyonu olarak artar. Ortalama alev hızı yaklaşık olarak 15~25 m/s arasındadır. Alev cephesinin yayılım hızını etkileyen önemli faktörlerden biri de hava fazlalık katsayısı λ dır. $\lambda=0.8$ 0.9 gibi az zengin karışımlarda maksimum yanma hızına ulaşılırken ideal sabit hacim yanma prosesine yaklaşılmış olur.

Bu şartlarda motordan en yüksek güç alınır. En iyi termodinamik verim, $\lambda=1.05\sim 1.1$ şartlarında yanma sıcaklığının en yüksek olduğu durumlarda elde edilmektedir. Bununla birlikte, yüksek yanma sıcaklıkları ve fakir karışım NO x lerin artmasına yol açmaktadır [1].

3.1. Karışım teşkili

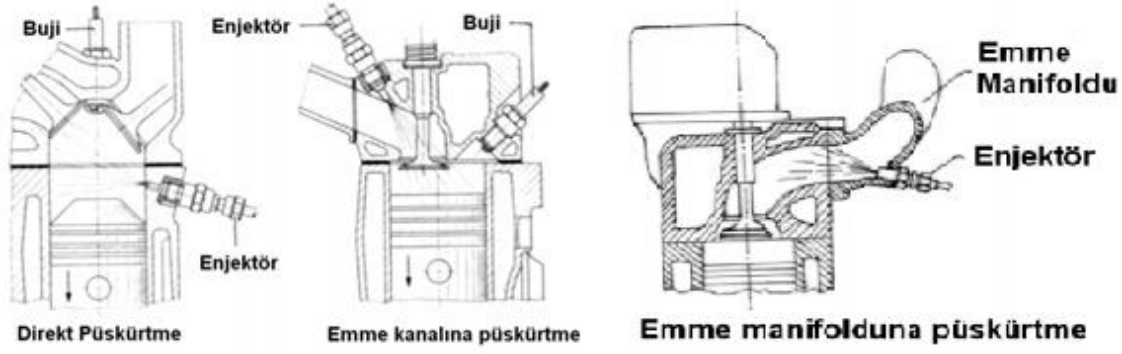
Silindir içerisinde yanmanın oluşabilmesi için yakıt ve havanın tutuşabilirlik sınırları içerisinde karıştırılması gerekir. Bu karışım oluşturma işlemine karışım teşkili denir. Sistemlerde, karışımın oluşturulmasında gözetilen temel ilke, yakıtın atomize olarak hızlı bir şekilde buharlaşması ve hava ile homojen bir şekilde karışmasıdır. *İki tür karışım teşkili sağlanmaktadır. Bunlar, karışımın yanma odası dışında oluşturulduğu sistemler ve karışımın yanma odası içerisinde oluşturulduğu sistemlerdir. Yanma odası dışında oluşturulmaya çok noktadan püskürtme ve yanma odası içerisinde oluşturulan sisteme de direkt püskürtmeli sistemler örnek olarak verilebilir. Püskürtme sistemleri Tablo 1'deki gibi sınıflandırılmıştır.*

Karışımın oluşturulduğu yere göre yakıt püskürtme sistemleri;

- 1- Direkt püskürtme
- 2- Emme kanalına püskürtme
- 3- Emme manifolduna püskürtme olarak sınıflandırılabilirler (Şekil 1).

Tablo1. Püskürtme sistemlerinin sınıflandırılması

KARIŞIM TEŞKİLİ				
Yanma Odası Dışında				Yanma Odası İçerisinde
Tek Noktadan püskürtme	Çok Noktadan Püskürtme			
Mono-Jetronik	Mekanik	Kombine	Elektronik	MED-Motronik
	K-Jetronik	KE-Jetronik	D-Jetronik L-Jetronik L3-Jetronik LH-Jetronik	
Ateşleme ve Püskürtme Kombine				
Mono-Motronik		KE-Motronik	M-Motronik ME-Motronik	



Şekil 1: Yakıt püskürtme sistemleri (karışımın oluşturulduğu yere göre)

3.2.Yakıt Enjeksiyon Sistemi Çeşitleri

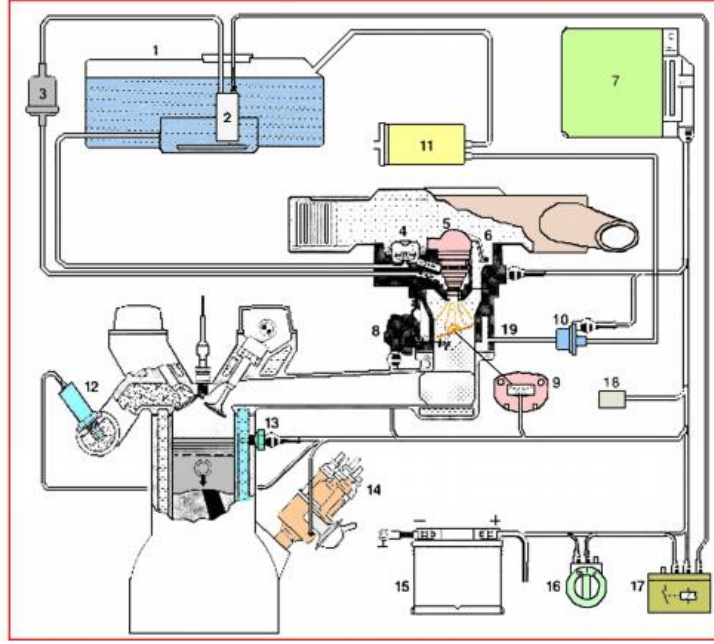
3.2.1.Tek Noktalı Püskürtme Sistemleri (SPI)

Tek bir enjektörün yakıtı emme manifolduna püskürttüğü sistemdir. Yakıtın emme manifolduna püskürtülmesi nedeni ile karbüratörlü sistemlere benzemekte fakat daha iyi bir yakıt hava karışımı hazırlanmasını sağlamaktadır. Bu sistem karbüratörlü sistemden daha verimlidir.

SPI sistemde yakıt, motorun her türlü çalışma koşulları için bir noktadan hazırlanmaktadır. SPI sistem, maliyet ve verim açısından karbüratörlü sistem ile MPI (çok noktalı püskürtme sistemi) arasındadır. Tek nokta enjeksiyon sistemi Şekil 2’te şematik olarak gösterilmiştir.

Elektronik kontrollü Mono-jetronic sistem, tek bir enjektörün yakıtı emme manifolduna püskürttüğü sistemdir. Manifold gövdesi içerisine giren havaya bir veya iki memeli enjektör tarafından yakıt püskürtülmektedir. Hava miktarı ölçücüsü, soğutma suyu sıcaklık sensörü ve gaz kelebeği şalterinden gelen sinyaller, ECU’de değerlendirilip tek bir enjektöre kumanda edilerek hava/yakıt oranı ayarlanır. Bu sistemde yakıt, karbüratörlerde olduğu gibi gaz kelebeğinin üst tarafındaki hava akımı içine püskürtülür. Yakıtı aralıklı olarak püskürten enjektörün tetikleme sinyali, ateşleme sinyalinden alınır. Enjektörden püskürtülen yakıt, çok ince damlalara ayrıldığından homojen bir karışım elde edilir ve yakıt silindirlere homojen dağılır. Yakıt pompasının bastığı yakıt basıncı, basınç regülatörü tarafından sabit tutulur. ECU tarafından kontrol edilen enjektörün açık kalma süresine göre püskürtülen yakıt miktarı azaltılır veya çoğaltılır. Enjektör, elektromekanik bir mekanizma olup enerjilendirildiğinde içerisindeki bobin, memeyi yerinden kaldırarak basınç altındaki yakıtın konik bir şekilde püskürtülmesini sağlamaktadır.

Enjeksiyon kontrol ünitesi, aldığı bu bilgileri hafızasına kaydedilmiş değerlerle karşılaştırarak ideal yakıt-hava karışımı ile enjektörün püskürtme süresini belirler [1].



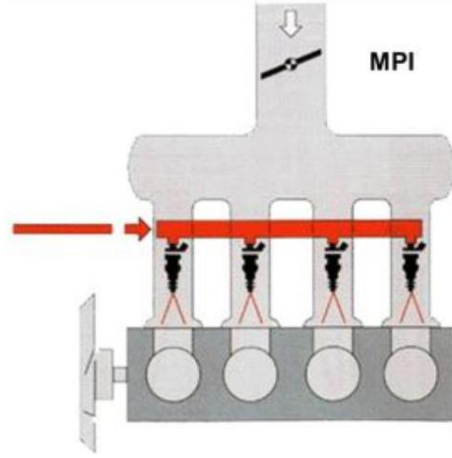
Şekil 2. Tek nokta enjeksiyon sistemi (1.Yakıt deposu 2.Elektro yakıt pompası 3.Yakıt filtresi 4.Basınç regülatörü 5.Enjektör 6.Hava sıcaklık sensörü 7.E.C.U 8.Gaz kelebeği 9.Gaz kelebeği şalteri 10.Potansiyometre 11.Ayarlama ventili, 12.Lambda sondası, 13.Termik zaman şalteri, 14.Distribütör, 15.Batarya, 16.Kontak anahtarı, 17.Röleler, 18.Teşhis bağlantısı, 19.Depoya dönüş)

3.2.2. Çok Nokta Yakıt Püskürtme Sistemleri (MPI)

SPI sistemde yakıt hava ile emme manifoldunun girişinde hazırlandığından silindire girecek olan karışımın kat ettiği mesafe farklıdır. SPI sistemde yakıt hava karışımı manifold içerisinde karıştığından ve motorun soğuk olduğu zamanlarda karışım içerisindeki yakıt manifold yüzeylerine yapışır ve silindir içerisinde homojen bir karışım sağlanamaz. MPI sistemlerde ise yakıt, emme supabının arkasına püskürtüldüğü için her bir silindire alınan yakıt-hava karışımının miktarı eşittir. Yakıtın hava ile karıştığı yer emme supabına çok daha yakın olduğu için, Yakıtın tamamına yakın bir kısmı silindir içerisine alınır. Motorun soğuk çalışmalarında çok daha çabuk uyum sağlar. Böylelikle yakıt tüketimi de azalır[1].

Çok nokta püskürtme, bu amaçları sağlayacak şekilde ideal başlama noktalarını sağlar. Çok nokta püskürtme sistemi her silindirin emme valfine yakıtı direkt püskürtecek ayrı enjektörler kullanır.

Bu dizayna örnekler KE-Jetronic ve L-Jetronic ve bunların değişik konfigürasyonları verilebilir. Çok nokta püskürtme sistemi Şekil 3'te şematik olarak gösterilmiştir.



Şekil 3. Çok nokta yakıt püskürtme sistemi

3.2.2.1 Çok Nokta Yakıt Püskürtme Tipleri

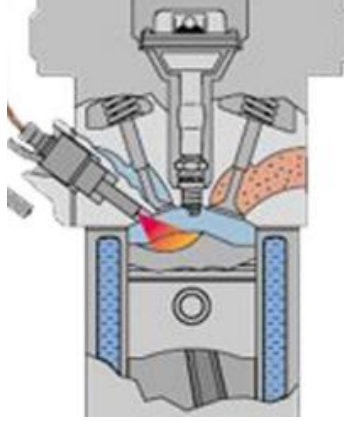
Kesikli püskürtme sistemlerinde yakıt, emme manifoldu girişine yerleştirilen merkezi bir enjektörden yada çok noktalı olarak değişik şekillerde püskürtülür. Bunlar;

- Eş zamanlı püskürtme
- Grup püskürtme
- Sıralı püskürtme (SEFI)
- Silindirlere ayrı ayrı püskürtme (CIFI)

3.1.3. Direk Enjeksiyon sistemleri (GDI)

Yakıt silindir içerisine direk püskürtülmektedir. Silindir içerisine püskürtülen yakıt miktarı değiştirilerek ayarlandığından, bu motorlar dizel motorlarına benzemektedir. Silindirlere hava herhangi bir kısılmaya maruz kalmadan alındığı için pompalama işi en aza indirilmektedir. Karışım buji ile ateşlendiği için, dizel motorlarındaki gibi karışımın kendiliğinden ateşlenmesi şartlarının ortaya çıkmasına gerek yoktur [3]. Ayrıca fakir çalışma şartları oluşturularak, özgül yakıt tüketimi azaltılmıştır. Kademeli dolgulu bu motorlarda, düşük ve orta yüklerde yakıt bujide kıvılcım çakmadan hemen önce silindir içerisine püskürtülmektedir. Bu durumda silindir içerisindeki yakıt/hava oranı değişmekte bujiye yakın yerlerde karışım zengin, silindirin diğer kısımlarında ise fakir olmaktadır. Dolayısıyla silindirin içerisi bütün olarak düşünüldüğünde

motor fakir karışımla çalışmaktadır. Relanti çalışma şartlarında karışım oranı 1/40'lara kadar düşmektedir. Tam yük çalışma şartlarında ise yakıt silindir içerisine emme zamanında püskürtülmeye başlanmakta, böylece karışım homojen dağılımlı ve stokiyometrik oranda olmaktadır [2]. Direk enjeksiyon sistemi Şekil 4'te şematik olarak gösterilmiştir.

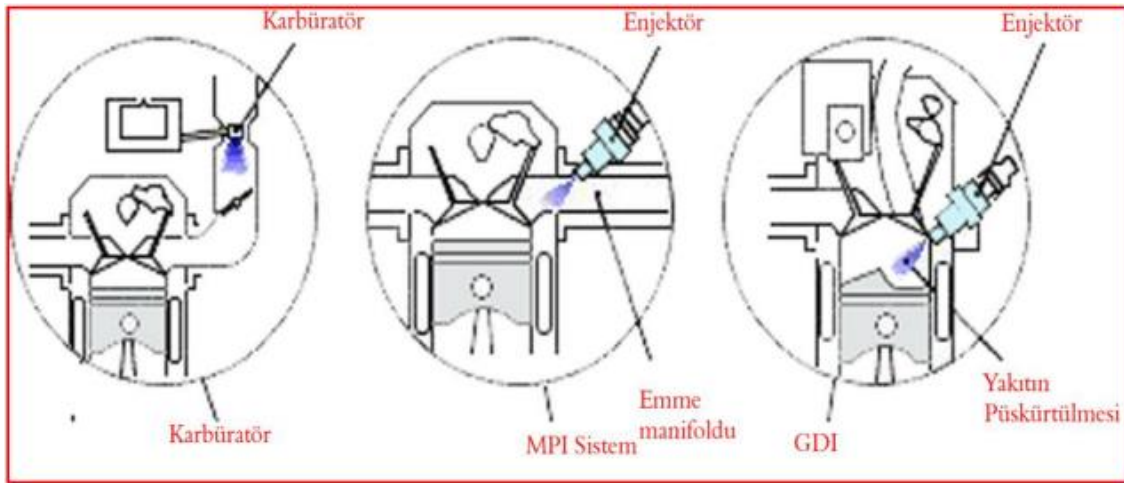


Şekil 4: Direk enjeksiyon sistemi

GDI motorun avantajları;

- Yüksek performans (düşük strok hacminden yüksek güç alınır),
- Daha az benzin tüketimi (%20 daha az),
- Düşük NO_x, Düşük CO₂ (%20 daha az) şeklindedir.

Şekil 5'te benzin yakıt sistemlerinin karşılaştırılmıştır.



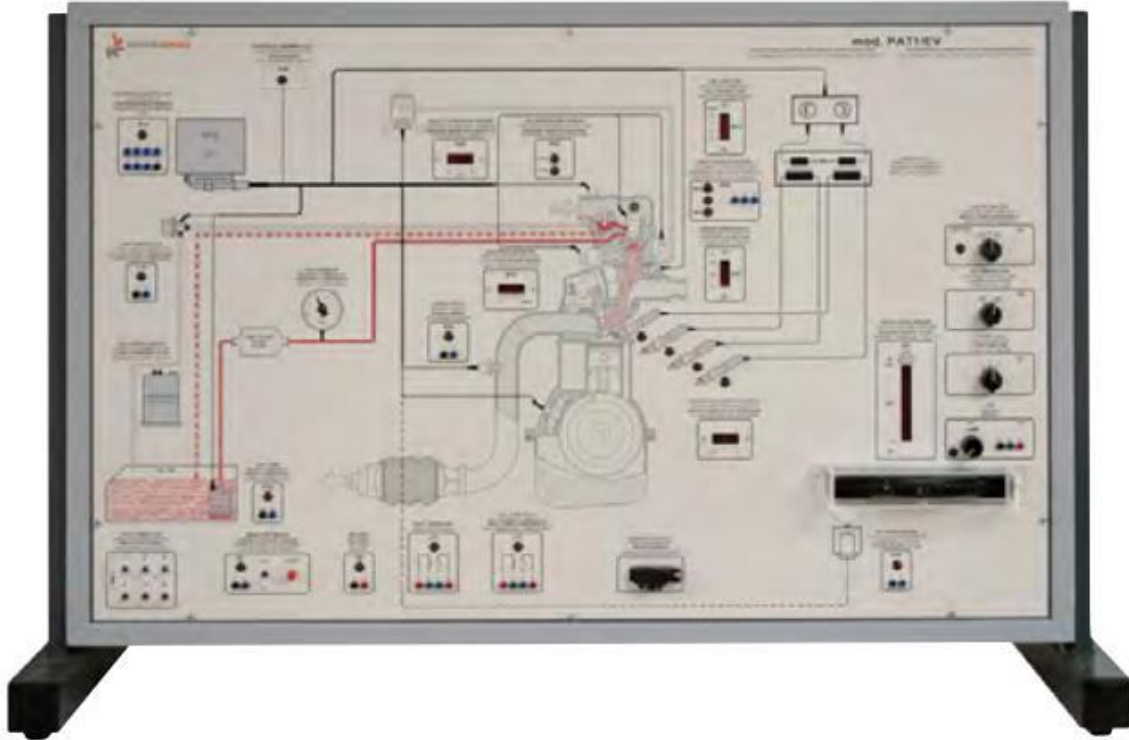
Şekil 5. Benzin yakıt sistemlerinin karşılaştırılması

4. DENEYİN YAPILIŞI

Yakıt püskürtme sistemleri deneyi kapsamında kullanılan deney seti tek nokta yakıt (benzin) püskürtme sistemidir.

Bu deney motorun çalışma sisteminin simülasyonu şeklindedir. Deney başlangıcında öncelikle genel olarak motorların çalışma prensipleri ve yakıt püskürtme sistemleri tanıtılır ve yakıt püskürtme sistemlerinin motorun çalışmasına etkisi anlatılır.

Ardından deneyin yürütücüsü deney düzeneğini detaylıca öğrenciye tanıtır. Sistemde yer alan komponentlerin görevlerinden bahseder ve sistemin çalışma prensibini anlatır. Her bir komponentte olması muhtemel bir arızanın sisteme etkilerinden bahseder. Sonrasında Şekil 6'da gösterilen deney düzeneğini çalıştırır ve deney düzeneğine bağlanan bir kumanda vasıtasıyla deney setinin manuelinde yer alan hata kodlarından birini girip sistemi tekrar çalıştırır. Öğrenci; (planlı arıza ile yeniden çalıştırılan) sistemdeki arızayı tahmin edip manueldeki ilgili kodu kumandaya girerek arıza tespiti yapmaya çalışır. Doğru arıza kodunu girdiğinde sistem sorunsuz çalışmaya başlar.



Şekil 6. Tek nokta enjeksiyon sistemi genel yapısı

Deney düzeneğinde püskürtmenin sağlanması aşağıdaki şekilde gerçekleşir;

Elektronik kontrol ünitesi, emme manifold basıncı, emme havası sıcaklığı, motor soğutma suyu sıcaklığı, gaz keleşi konumu, motor hızı ve püskürtme başlangıç sinyallerini alır ve bu dataları işleyerek enjektörlere göndermesi gereken puls süresini belirler. Bu sistemde yakıt püskürtme enjektörleri, emme kanalına kesikli olarak püskürtme yapmaktadır. Püskürtme başlangıcını ateşleme distribütöründeki özel bir kontak belirlemektedir. Kontak distribütör içerisinde santrifüj avans mekanizmasının altına yerleştirilmiştir. Ayrıca, EKÜ motor hızı ve tetikleme puls ları arasındaki zaman farkını bu kontakten elde ettiği dataya göre hesaplar. Motorun yük durumunu emme manifolduna yerleştirilmiş olan basınç sensöründen belirleyerek, motor hızı ve yüke göre püskürtme süresini hesaplar ve püskürtme için gerekli olan puls ları enjektörlere göndererek püskürtmenin oluşmasını sağlar.

5. RAPOR İÇİN İSTENENLER

Rapor hazırlanırken öncelikle deney teorik olarak açıklanmalıdır. Ardından aşağıdaki sorular yanıtlanarak rapor yazım kurallarına uygun hazırlanıp zamanında teslim edilmelidir.

1. Tek nokta yakıt enjeksiyon sistemlerinde karşılaşılması muhtemel arızalar nelerdir bilgi veriniz.
2. Günümüz araçlarında kullanılan yeni teknoloji yakıt enjeksiyon sistemi çeşitlerini araştırarak rapor haline getiriniz.
3. GDI teknolojisi hakkında bilgi veriniz.

6. KAYNAKLAR

[1] MEGEP, Benzinli Motorlar Yakıt ve Ateşleme Sistemleri Ders Notu, http://www.megep.meb.gov.tr/mte_program_modul/moduller_pdf/Benzinli%20Motorlar%20Yak%C4%B1t%20Ve%20Ate%C5%9Fleme%20Sistemleri%20.pdf, Eylül 2022.

[2] Cinar, C., Direkt Püskürtmeli Buji ile Ateşlemeli Motorlar, *Selçuk Teknik Online Dergisi*, **2016**, 2, 12001.

[3] Buchheim, R., Quissek, F., Ecological and Economical Aspects of Future Passenger Car Powertrains, *FISITA Technical Paper*, **1996**, P1404.