

## YAKIT SİSTEMLERİ



Prof. Dr. Selim ÇETİNKAYA

### İçten yanmalı motorlarda karışım hazırlama

- ◆ Otomotiv alanındaki gelişmeler, yakıt sistemlerinde de daha etkili karışım hazırlama sistemlerinin geliştirilmesine yol açmıştır.
- ◆ Başlıca sistemler:
  - Karbüratörlü yakıt sistemi
  - **Yakıt enjeksiyon sistemleri**
    - Tek nokta enjeksiyonlu
    - Çok nokta enjeksiyonlu
    - Direkt enjeksiyon

### İçten yanmalı motorlarda karışım hazırlama...

#### Karbürasyon ile enjeksiyon arasındaki farklar:

- ◆ En önemli fark, havayla yakıtın karışma biçimi ve yeridir.
- ◆ Karbüratörlü sistemde emilen hava, hava filtresinden sonra karbüratörün ventürü boğazından geçerken belirli miktarda yakıtı da ana memeden çekerek beraberinde sürükler ve emme manifoldu kollarından silindirlere dağılır.
- ◆ Enjeksiyon sisteminde yakıt, emme manifoldundaki havaya ya da direkt yanma odasının içine püskürtülür.
- ◆ Enjeksiyon sisteminin ana prensibi, yakıtın hava içerisine olabildiğince küçük partiküller halinde püskürtülmesi, böylelikle daha kolay karışması ve yüksek verimle yanmasıdır.
- ◆ Özellikle diesel motorlarında yakıt partiküllerinin yanma odasındaki hava içerisinde homojen olarak dağılması, yaşanan bölgesel yanmalara (vuruntu) engel olur.
- ◆ Enjeksiyon sistemleri karbüratörlü sistemlere oranla ~% 5 - % 15 yakıt ekonomisi sağlamaktadır.

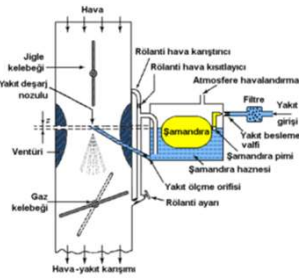
### Karbüratör

- ◆ Karbüratörün kelime anlamı "karbonlu bileşik karıştırıcı" dır ve 2000 yılı öncesi motorlarda çokça kullanılan karışım hazırlama düzeneğidir. Günümüzde yerini enjeksiyon sistemlerine bırakmıştır.
- ◆ Karbüratör, hava filtresinin hemen altında, emme manifoldunun girişinde yer alır. Silindirlere emilen hava, karbüratörden geçerken bir miktar benzini de beraberinde çekerek buharlaştırır ve hava ile karıştırır.
- ◆ Karbüratör, karışacak hava ve yakıt miktarlarını ek düzenekleriyle otomatik olarak ayarlar.
- ◆ Motor soğuk ve rölantide çalışırken, gaz kelebeği kapalı ve karbüratör boğazından geçen hava miktarı kısımlıdır fakat gaz kelebeğinin altındaki rölanti memesinden yakıt emişi artar. Bu durumda motora zengin hava-yakıt karışımı gönderilir.



### Karbüratör...

- ◆ Hızlanmak için gaza basıldığında da silindirlere daha fazla yakıt sağlanır.
- ◆ Gaz pedali açılırken, kapış pompası denen küçük bir pompa devreye girerek karbüratör boğazına ilave yakıt püskürtür. Bu bağlantı memelerden ilave yakıt gelmesini de sağlar.
- ◆ Sabit seviye haznesindeki benzin seviyesi düşünce şamandıra aşağı düşerek yakıt girişini açar ve şamandıra haznesine tekraryakıt alınır.



Basit karbüratör kesiti

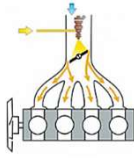
### Yakıt enjeksiyon sistemi...

- ◆ Yakıt enjeksiyonu, modern motorlarda tercih edilen hava-yakıt karıştırma sistemidir.
- ◆ Yakıt enjeksiyon sisteminin fonksiyonu, yakıtı depolamak, ölçmek atomize etmek buharlaştırmak ve hava ile karıştırmaktır.
- ◆ Yakıt enjeksiyon sisteminin elemanları:
  - Depo (tank)
  - Borular, hortumlar
  - Valfler
  - Filtreler
  - Solenoid
  - Sensörler
  - Pompa
  - Enjektör

### Tek nokta enjeksiyon sistemi

**Tek nokta enjeksiyon (single point injection -SPI) sistemi:**

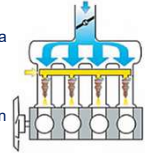
- ◆ Yakıtın, tek bir enjektörle tek noktadan emme manifolduna püskürtüldüğü sistemdir. Karbüratörlü sistemlerden sonraki sistemdir. Karışım karbüratördekinden daha iyi hazırlanır ve sistem daha verimlidir.
- ◆ Tek nokta enjeksiyonda, karışımın oluşturulması ve taşınması esas olarak emme manifoldunda gerçekleşir. Homojen karışım dağıtımında yetersizdir.
- ◆ Karbüratörlü sistemden daha iyi, fakat çok nokta enjeksiyondan daha kötüdür.
- ◆ Sistem çok yaygınlaşmıştır.



### Çok nokta enjeksiyon sistemi

**Çok nokta yakıt enjeksiyon (multi point injection -MPI) sistemi:**

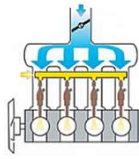
- ◆ Yakıtın, bir enjektör tarafından 3 bar basınçta her silindirin emme supabının arkasına, emme manifolduna püskürtülmesiyle çalışan sistemin adıdır. Bu sistemde her silindir için ayrı birer enjektör bulunduğu için, çok noktadan püskürtme denir.
- ◆ Sistem bazen, port yakıt enjeksiyonu (port fuel injection -PFI) olarak da adlandırılır.
- ◆ Yakıt enjektörleri ve ateşleme bobinleri, elektronik kontrol ünitesi (ECU) tarafından yönetilir.
- ◆ Motorun çalışması, onlarca sensörden gelen sinyallerle sürekli izlenir ve düzenlenir.
- ◆ Daha homojen bir yakıt-hava karışımı sağlar ve yakıt ekonomisi önceki sistemlerden üstündür. Hava emiş sistemi atmosferik veya turbo şarjlı olabilir.



### Direkt enjeksiyon sistemi

**Direkt benzin enjeksiyon (gasoline direct injection -GDI) sistemi:**

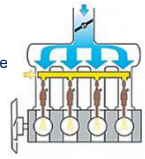
- ◆ Yakıt, yanma odasına 200 bara kadar basınçla direkt olarak püskürtülür.
- ◆ Enjektörler, ECU kontrolünde çalışır, püskürtme zamanı ve püskürtme süresi ÜÖN sensöründen gelen krank konum bilgisine ve faz sensöründen (kam mili konum sensörü) gelen kam mili konum bilgisine göre, sürücünün gaz pedalına basma miktarı esas alınarak hesaplanır ve uygulanır.
- ◆ Sensörlerden alınan bilgilerle mükemmel hava-yakıt karışımı oranı sağlanarak, performans artırılırken, yakıt tüketimi ve zararlı egzoz emisyonları azaltılmıştır.
- ◆ GDI motor bir bakıma dizel motorunu andırır.



### Direkt enjeksiyon sistemi...

**Ortak raylı (common rail -CR) enjeksiyon sistemi:**

- ◆ Dizel motorlar, ağır ve hafif ticari araçlar, binek otomobilleri, iş makineleri ve gemi motorlarında kullanılan sistemdir.
- ◆ Sistem, ECU yönetiminde, yakıtın depodan bir besleme pompasıyla yüksek basınç pompasına gönderilerek basıncının yükseltilmesi (1600 – 2000 bar), rayda (dağıtım borusunda) kısa süre depolanması ve enjektörlerle çok hassas olarak yanma odasına püskürtülmesi biçiminde çalışır.
- ◆ Common rail diesel CDI, HDI, TDCi, CR-V gibi kısaltmalarla da anılır.



### Direkt enjeksiyon sistemi...

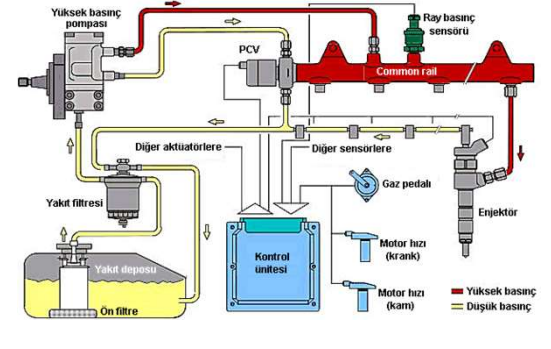
**Ortak raylı (common rail -CR) enjeksiyon sistemi...**

- ◆ Bazı sistemlerde kullanılan piezo enjektörler bir milisaniyenin çok küçük bir bölümünde açılır ve kapanır, 1/1000 gramdan daha az, yok denecek kadar az miktarlar püskürtülebilir.
- ◆ Yüksek düzeyde dinamik olan sistem, güç stroku başına püskürtme işlemlerinin sayısının geniş bir çeşitliliğe sahip olmasına izin verir - örneğin beş kadar kısmi püskürtme olabilir.
- ◆ Bu strateji, emisyonları azaltır ve ön püskürtme sayesinde daha sorunsuz bir yanma ve son derece olumlu motor akustığı olur.



### Direkt enjeksiyon sistemi...

**Ortak raylı (common rail -CR) enjeksiyon sistemi...**



### Direkt enjeksiyonlu diesel

- ◆ Diesel motorlarının son yıllardaki geri dönüşü sebebiyle, diesel verimine daha çok önem verilmiştir.
- ◆ Direkt enjeksiyonlu diesel motorları, yakıtı bir enjektörle doğrudan yanma odasına püskürtmektedir.
- ◆ Püskürtme hattına yerleştirilen bir ısıtma bujisi, ilk hareket sırasında çalışma kolaylığı sağlar.



### Direkt enjeksiyonlu diesel...

- ◆ Yakıt enjeksiyon sistemlerinin mekanik ve elektronik birçok çeşidi bulunsa da temel prensip aynıdır.



### Yakıt besleme pompaları

- ◆ Elektrikli yakıt pompaları hem benzinli hem diesel araçların yakıt depolarında bulunur ve motora yakıt beslemesi yapar.
- ◆ Besleme pompasının depo içinde olması sayesinde, hem pompa sesi önlenir, hem de pompanın soğutulması ve yağlanması yakıt tarafından gerçekleştirilir.
- ◆ Kontak açıldığı anda birkaç saniye çalışır ve durur, böylece motor çalıştırılmadan önce yakıt sisteminde bir ön yakıt basıncı oluştururlar. Motor çalıştıktan sonra da sürekli çalışmaya devam ederler.
- ◆ Çok nokta enjeksiyonlu benzinli araçlarda (MPI), depodaki yakıtı yaklaşık 5 bar civarı bir basınçla enjektörlere basar.
- ◆ Direkt enjeksiyonlu benzinli motorlarda (GDI), depodaki yakıtı bir yüksek basınç pompasına basar. Bu sistemde elektrikli yakıt pompası bir "ön besleme pompası" görevi görür. Basınç yaklaşık 3-5 bar civarındadır.
- ◆ Diesel taşıtlarda kullanılan elektrikli besleme pompası da yakıtı yine, ortak rayın (common rail) yüksek basınç pompasına gönderir.

### Yakıt besleme pompaları...

- ◆ Elektrikli yakıt besleme pompaları genellikle pozitif yer değiştirmeli tiplerdedir:

- Paletli tip (sliding vane type)
- Dişli tip (toothed ring type)
- Vida tipi (screw type)
- Rulmanlı tip (roller cell type)



- ◆ Besleme pompasının girişinde, depodaki pas, kir, vb. nin engellenmesi için ön filtre (süzgeç), çıkışında ise bir yakıt filtresi bulunur.

### Yüksek basınç yakıt pompaları

- ◆ Yüksek basınç yakıt pompaları mekaniktir ve tipik olarak kam mili tarafından döndürülür.
- ◆ Direkt enjeksiyonlu yakıt pompaları, çıkış veya basıncını artırmak için hızını motordan bağımsız olarak artıramadığı için, sıkıştırdığı yakıtın hacmini kontrol etmek zorundadır.
- ◆ Kam milindeki bir lob, bir pistonu hareket ettiren bir itici veya rulmanı iter. Pistonun bir emme ve bir de sıkıştırma stroku vardır.
- ◆ Pompanın yan tarafındaki solenoid, kompresyon strokunda ne kadar yakıt sıkıştırılacağını kontrol eder.
- ◆ Emme strokunda solenoid yakıt sisteminin düşük basınç tarafından pompaya yakıt dolmasına müsaade eder.
- ◆ Solenoid açıkken yakıt, yakıt sisteminin düşük basınç tarafına itilir. Solenoid kapandığında, yakıt sisteminin düşük ve yüksek basınç tarafları yalıtılır.

### Yüksek basınç yakıt pompaları...

- ◆ Solenoidin açık kalma süresi enjektörlere ne kadar fazla yakıt gideceğini belirler.
- ◆ Motorun yakıt ihtiyacı az ise solenoid daha uzun süre açık kalır ve daha az hacimde yakıt sıkıştırılır.
- ◆ Motorun yakıt ihtiyacı fazla ise solenoid daha erken kapanır ve daha fazla hacimde yakıt sıkıştırılır.
- ◆ Solenoidin çalışması motorun konumuna bağlıdır.
- ◆ ECU, kam mili konum sensöründen aldığı pompa lobu konum bilgisi ve motorun konum bilgisiyle, yüksek basınç yakıt pompasının solenoidinin görevini doğru şekilde zamanlar.
- ◆ If you hook up a scope to the solenoid, you will see a "peak and hold" signal that will change as demands on the engine change. On channel B, you can graph the camshaft position sensor to understand the location of the lobe.

### Enjektörler

- ◆ Enjektör yakıtın ölçerek püskürten elektromekanik bir araçtır.
- ◆ Yakıt pompası, yakıtı yakıt galerisine basar, enjektörlerde basınçlı olarak hazır bulunan yakıt, elektronik kontrol ünitesi (ECU) tarafından enjektör bobinine elektrik sinyali gönderilerek, tam zamanında ve en uygun püskürtme süresiyle püskürtülür.
- ◆ Elektrik akımı verildiğinde armatürü yukarı doğru kaldıran manyetik bir alan yaratılır. Bu hareket valfi yuvasından çıkarır ve basınç altındaki yakıt enjektör memesinden püskürür. Valfin şekli yakıtın "huni" şeklinde püskürtülmesini sağlar.
- ◆ Akım kesildiğinde, yay valfi geri iterek yakıt akışını durdurur.
- ◆ Çok nokta yakıt enjeksiyonlu motorlarda yakıt, 12 volt ile çalışan enjektörler tarafından, silindir kapağında bulunan emme portlarına yaklaşık 3-4 bar basınçla püskürtülür.
- ◆ Enjektörlerin püskürtme süresi 3 -10 milisaniye kadardır. Süre arttığında daha fazla yakıt püskürtülür, karışım zenginleşir, motorun devir ve gücü artar.

SON

