

BÖLÜM I

1. KARBÜRASYON

Otto motorlarında, emme strokunda silindire alınan yakıt hava karışımı, sıkıştırma strokunun sonuna doğru uygun bir zamanda bujinin yarattığı kıvılcımla ateşlenerek yakılır. Açığa çıkan enerji pistonu iterek mekanik işin oluşmasını sağlar. Silindirin dışında yakıtla havanın belirli oranlarda karıştırılma işlemi genel anlamda "**Karbürasyon**" bu karışımı sağlayan aygıt da "**Karbüratör**" olarak tanımlanır. Otto çevrimiyle çalışan motorlarda yaygın olarak kullanılan yakıt benzindir. Bunun yanında, metanol, benzon, alkol-benzin karışımı ve sıvılaştırılmış petrol gazı "LPG" de yakıt olarak kullanılabilirler. Yakıt cinsi değiştiği zaman, yakıtın içerdiği yanabilir maddelerin cins ve oranlarına bağlı olarak gerekli olan hava miktarıda farklı olacaktır.

Yaygın olarak kullanılan benzin-hava karışımının tutuşabilirlik sınırları yaklaşık M_y/M_h : 1/18-1/9 arasında değişmektedir. Diğer bir deyişle 1/18'den daha fakir ve 1/9 oranından daha zengin yakıt hava karışımı tutuşma sınırlarının dışında olduğundan yakılmaz. Karbüratörlerde ortalama değer olarak karışım oranı yaklaşık 1/15 (Stokiyometrik oran) mertebesinde gerçekleşir. Fakat, bu oranın, ilerde değinileceği gibi ortam ve motorun çalıştırılma şartlarına bağlı olarak daha farklı değerlerde olması gereklidir.

Genel çalışma şartları olarak değişken yük, devir sayısı ve ortam göz önüne alındığında, karbüratörlerden gerçekleşmesi beklenen özellikler aşağıdaki şekilde sıralanabilir.

- 1- Soğukta ilk hareket kolaylığı,
- 2- Her türlü çalışma aralığında istenilen oranda yakıt - hava karışımının temini,
- 3- Yakıtın tamamen pülvürize olarak emme havasına karışmasının sağlanması, böylelikle homojen bir karışımın elde edilmesi,
- 4- Ani hızlandırmalarda gerekli olan karışım oranının sağlanması,
- 5- Motor boşta çalışırken mümkün olduğu kadar ekonomiklik sağlanması,
- 6- Temizleme ve servis gereksiniminin kolaylıkla gerçekleştirilmesi için kolay sökülebilir, temizlenebilir ve ayarlanabilir bir yapıda olmasıdır.

Karbüratörde sağlanan karışımın çok zengin veya çok fakir olması motorda bazı olumsuzluklar yaratır. Hava fazlalık katsayısı $\lambda > 1.15$ şartındaki karışımlar çok fakir karışım olarak tanımlanır ve bu şartlardaki karışımla motorun çalıştırılmasında aşağıdaki olumsuzluklar ortaya çıkar:

- 1- Yanma süresi fakir karışımlarda uzayacağından, silindirde yanmanın tamamlanmaması sonucu, egzosta alev tepmesi başlar.
- 2- Egzos periyodu başladığında, yanmanın sürmesi egzoz supaplarının oturma yüzeylerinin aşırı sıcaklık nedeniyle tahrip olmasına sebep olur.
- 3- Özellikle egzoz supabı bölgesinde sıcaklıkların artmasına, vuruntu veya ön ateşleme gibi kontrolsüz ateşlemelerin ortaya çıkmasına sebep olabilir.

Karışımın çok zenginleşmesi, yaklaşık $\lambda < 0.84$ şartlarına uyan karışımla motorun çalıştırılmasında aşağıdaki olumsuzlukların ortaya çıkmasına sebep olur:

- 1- Piston üstü yüzü ve yanma odası cidarı kurumlanır. Silindir, segnan ve piston yüzeylerindeki aşınmalar hızlanır.
- 2- Kurumlanma, diğer bir deyişle karbon tabakasının yanma odası cidarlarında birikmesi kontrolsüz ateşlemenin ortaya çıkmasına sebep olur.
- 3- Tam yanmanın sağlanamaması, egzoz gazı emisyonlarından sağlığa zararlı CO ve yanmamış HC yüzdelerinin artmasına sebep olur. Buda hava kirliliğini artırır.
- 4- Silindire giren fazla benzin, özellikle motorun ısınma periyodunda silindir cidarındaki yağlama yağının viskozitesini düşürür. Sınır yağlama şartlarında yağ filmini incelterek silindirlerdeki aşınmaları artırır.
- 5- Yanma verimi düşeceğinden, motorun yakıt harcamı fazlalaşır.

Otto motorlarının çalıştırılma şartlarına bağlı olarak gerekli karışım oranları farklı mertebelerde olmalıdır. Karışım karakteristikleri olarak bilinen, karışım oranının farklı işletme şartlarındaki değişim sınırlarının incelenmesinde yarar vardır.

1.1. Karışım Karakteristikleri

Kararlı çalışmada karışım oranının değişimi işletme şartlarından **-motor hızı ve motor yükü-** belirler.

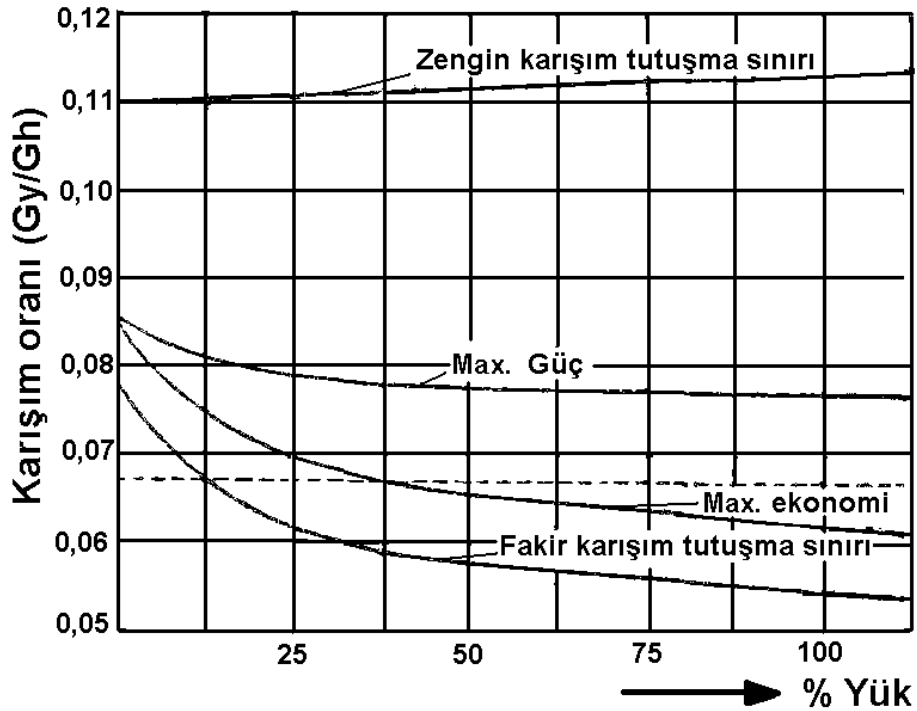
Motorun boşta (ralantide) çalıştırılmasında ve çok düşük yüklemelerde zengin karışıma gereksinim vardır. Çok zengin karışımın kullanılmasını gerektiren motorun ilk harekete geçirilme şartlarının dışında, bütün çalışma aralığında en zengin karışım oranı ralantide çalışmada sağlanmalıdır. En geniş çalışma aralığını kapsayan kısmi yüklerdeki çalışmada max. ekonomiklik etkin olmalıdır.

Karışım oranı parametre alındığında, belirli yük kademeleri için 4 ayrı karakteristik eğri elde edilir (Şekil 1.1). Bunlar; zengin karışım tutuşma sınırı eğrisi, max. güç gerçekleyen karışım oranı değişim seyri, max. ekonomi gerçekleyen karışım oranı değişim seyri ve fakir karışım tutuşma sınırı eğrisidir.

Tutuşma, silindirdeki karışımın homogenlik düzeyinden birinci derecede etkilendiğinden Şekil 1'de görülen zengin ve fakir karışım tutuşabilirlik sınırlarının saptanmasında pek kesinlik yoktur. Özellikle, çok silindirli motorlarda silindirler arası

karişım tevziinin dñzensizlięi bu sınırların belirlenmesini gñçleştirir. Daha fakir karişım alan silindirlerde tutuşabilirlik, zengin karişım alan silindirlere gñre daha erken ortadan kalkar. Çalışma ekonomikliği ve max. gñç birinci derecede gñz önñnde bulundurulması gerekli etkenler olduğundan zengin karişım tutuşabilirlik sınırı uygulamada pek önemli değildir.

şekil 1.1'de kesik çizgi stokiometrik karişım oranını göstermektedir. Uygulamada sadece bu karişım oranında çalışılmamasının nedeni'de şekilden açık olarak gñzñkmektedir. Stokiometrik oran, max gñç sağlaması için fakir, max yakıt ekonomisi için ise zengindir. Ayrıca, yñk azaldıkça, silindir içerisindeki artık egzoz gazı yñzdesindeki fazlalaşmanın sebep olduğu yanma hızındaki azalma, karişımın zenginleşmesini gerektirmektedir.

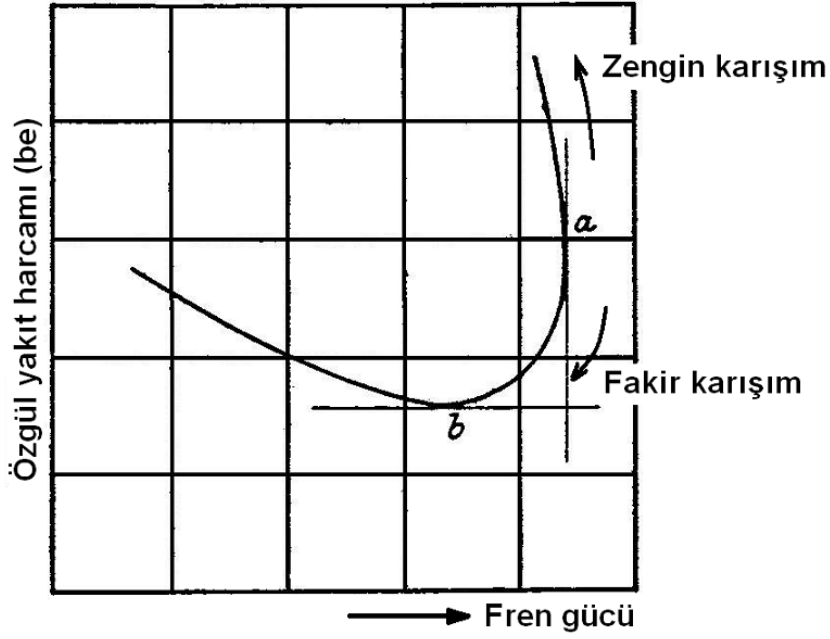


şekil 1.1 Yñke bağlı karişım karakteristiklerinin değişimi.

1.2. Karişım Oranının Gñç ve Termik Verim Üzerine Etkisi

Belirli bir devir sayısında çalıştırılan bir motorun, fren gñcü veya (P_{me}) fren ortalama efektif basıncı değişimine bağlı olarak özgül yakıt harcaması b_e ($gr/kW-h$)'nın değişim seyri şekil 1.2'de gñrñlmektedir. şekilde gñrñlen a noktası max. fren gñcññ, b noktası ise max. ekonomikliği karakterize etmektedir.

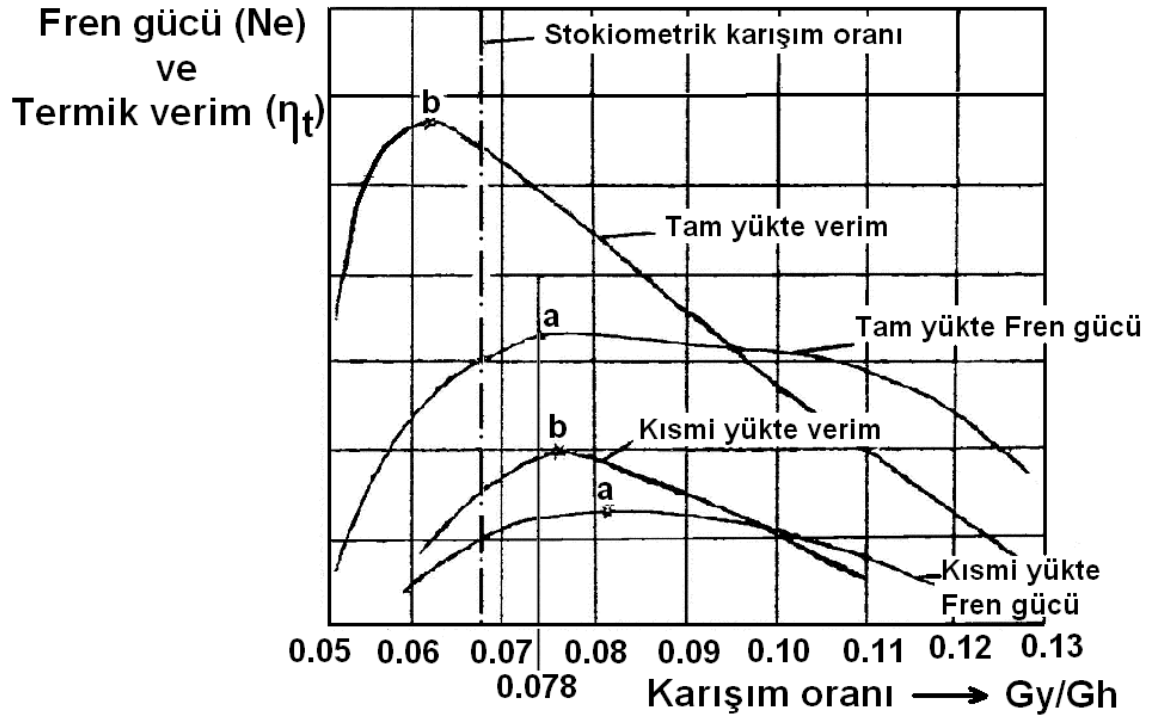
Belirli bir devir sayısında a noktasındaki şartlarda çalışan motorun sarfettiği yakıt, gaz kelebeği konumu değiştirilmeksizin azaltılırsa eğriden'de gñrñleceęi gibi fren gñcü veya P_{me} 'de dñřme ortaya çıkar. Bunun tersi olarak a noktasındaki çalışma şartlarında motora sevk edilen yakıt miktarı arttırılırsa (karişım zenginleştirilirse) özgül yakıt harcamasının artmasına karşın gñçte de bir azalma ortaya çıkmaktadır.



Şekil 1.2 Fren gücüne bağlı belirli bir devirde özgül yakıt harcamasının değişimi.

"a" noktasından itibaren karışımın fakirleştirilmesiyle birlikte özgül yakıt harcamasındaki azalma b noktasına kadar sürer. Bu noktadan sonra fakirleşmenin sürdürülmesi, güçteki düşme nedeniyle özgül yakıt harcamasını artırır. Bu eğride görülen

"a" noktası tam güç şartlarındaki karışım karakteristiğini, "b" noktası ise max. ekonomikliği sağlayan karışım karakteristiğini belirler.



Şekil 1.3 Karışım oranı değişiminin kısmi yükte ve tam yükte termik verime ve güce etkisi.

Şekil 1.3'de ise belirli bir devir sayısındaki karışım oranı değişimine bağlı güç ve toplam verimi (η_t) değişimlerinin seyri görülmektedir.

Bu eğrilerde gözüken birinci husus, fakir karışım bölgesindeki çalışma aralığının zengin karışım bölgesine göre daha dar sılar içerisinde olduğudur.

İkinci husus; max. fren gücünü sağlayan karışım oranı zengin bölgededir ve belirli bir devir sayısında motor yükü değiştikçe max. fren gücünü sağlayan karışım oranında pek fazla bir değişim ortaya çıkmamaktadır.

Üçüncü husus; belirli bir devir sayısında çalışma fren yükü azaldıkça, her bir yük kademesinde sağlanabilecek max. verim için daha zengin karışım gerekmektedir. Belirtilen özelliklerin dışında, farklı devir sayısı kademelerinde çalışmada, her bir devir sayısı kademesinde max. fren gücünü sağlayan karışım oranı pek değişmemektedir. Bu yakıt/hava oranı 0.078 mertebesindedir.

Farklı devir sayısı kademelerinde max. verimi gerçekleyen karışım oranları ise, her bir devir sayısı kademesinde motorun yüksüz (ralantide), kısmi yükte ve tam yükte çalıştırılma şartına bağlı olarak değişmektedir. Buna göre, max verimi gerçekleyen karışım oranları:

$$\text{Ralantide çalışmada : } \frac{M_y}{M_h} = 0.083 = \frac{1}{12}$$

$$\text{Kısmi yükte çalışmada : } \frac{M_y}{M_h} = 0.068 = \frac{1}{14.7}$$

$$\text{Tam yükte çalışmada : } \frac{M_y}{M_h} = 0.083 = \frac{1}{12}$$

mertebesinde olmaktadır.

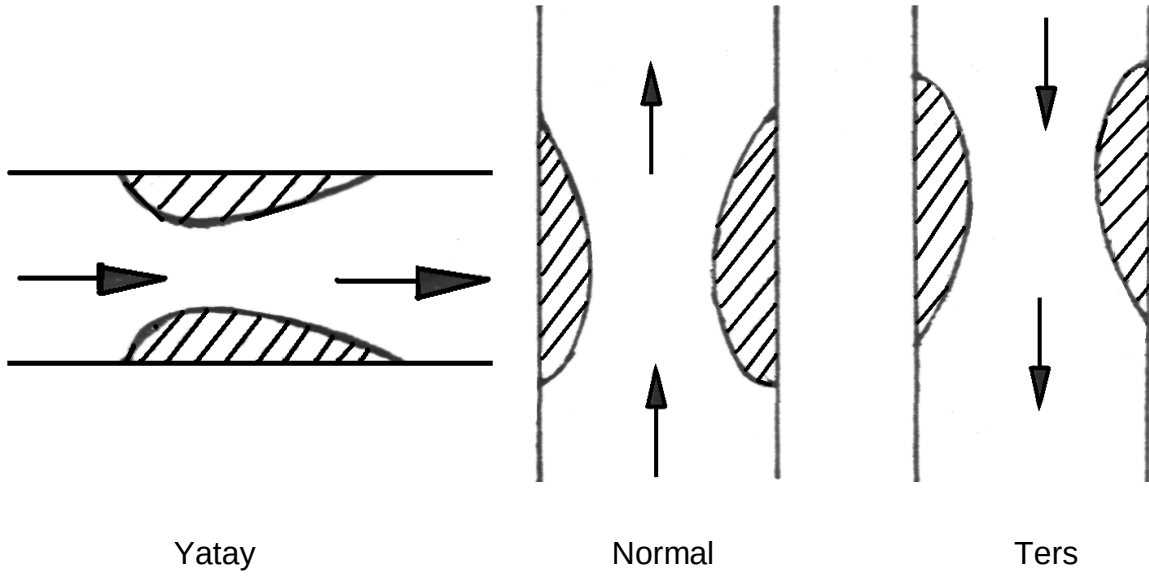
1.3. Karbüratör Çalışma Prensibi

Pistonun emme strokunda, silindir içerisinde yaratılan düşük basınç, atmosfer şartlarındaki havanın silindire dolmasını sağlar. Havanın silindire akış hızı genel anlamda strok hacmi ve piston ortalama hızına bağlıdır. Otto motorlarında yakıtla havanın karıştırılması şu şekilde olur. Emme kanalından silindire dolan havanın, kanalda kesit daraltılması sonucu akış hızı artırılır ve basıncın bu bölgede düşmesi sağlanır. Basıncın düşürüldüğü bölgeye ana meme vasıtasıyla bir ucu atmosfere açık yakıt sisteminden, ana meme vasıtasıyla istenilen karışım oranını sağlayacak şekilde yakıtın püskürmesi sağlanır.

Belirtilen çalışma prensibinin gerçekleyen basit karbüratör, şematik olarak Şekil 1.4'de görülmektedir.

Basit karbüratördeki ana memenin görevi, silindire dolan emme havasıyla, istenilen oranda karışımı gerçekleştirmek için venturiye gönderilen yakıt miktarını ölçmektir.

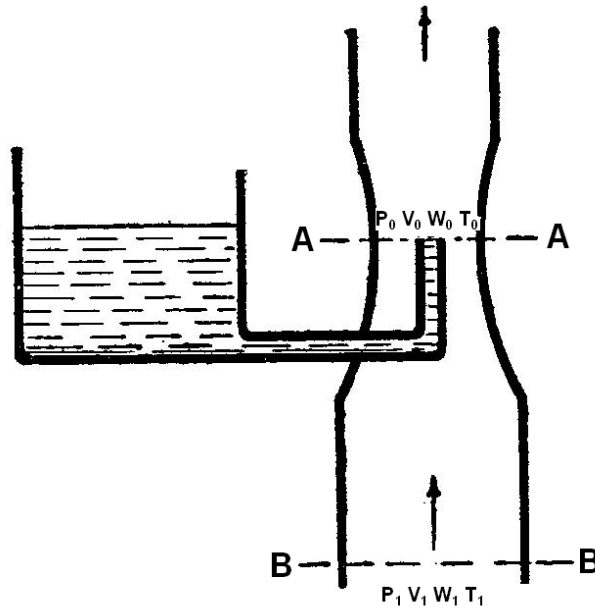
Karbürasyon sistemiyle çalışan otto motorlarında yük ayarı silindire giren dolgu miktarının değiştirilmesiyle sağlanır. Silindire giren dolgu miktarının değişimi ise, venturi ile silindir arasındaki emme kanalına kısııcı bir kelebeği yerleştirilmesiyle sağlanır.



Şekil 1.5 Hava akış doğrultusuna göre venturi yerleştirme şekilleri.

Venturi Şekil 1.5'de görüldüğü gibi yatay - normal ve ters konumlarda yerleştirilebilir.

1.4. Karışım Oranı Hesabı



İdeal gazın venturiye girişindeki şartlar P_1, V_1, T_1 venturi dar boğazındaki şartlar ise, P_0, V_0, T_0 indisleriyle gösterilirse, akış için genel enerji denklemi;

$$U_1 + P_1 V_1 + Q_{1,0} + \frac{W_1^2}{2} = U_2 + P_2 V_2 + L_m + \frac{W_0^2}{2} \quad 1.4.1$$

$$U_1 + P_1 V_1 = I_1 \quad U_2 + P_2 V_2 = I_2 = I_0 \quad 1.4.2$$

I = Entalpi

P_1 = Venturi girişindeki basınç

V_1 = Venturi girişindeki hacim

W_1 = Venturi girişindeki hava hızı

T_1 = Venturi girişindeki sıcaklık

P_0 = Venturi dar boğazındaki basınç

V_0 = Venturi dar boğazındaki hacim

W_0 = Venturi dar boğazındaki hava hızı

T_0 = Venturi dar boğazındaki sıcaklık

$Q = 0$ (Sistemde ısı alışverişi ve sürtünme yok)

$W_1 = 0$ (Venturiye girişte hava durgun ($W_1 = 0$))

$L_m = 0$ (Sistemde herhangi bir mekanik iş mevcut değil)

Yukarıda belirtilen ön şartlar genel akış denkleminde yerlerine konursa;

$$I_1 - I_0 = \frac{W_0^2}{2} \quad 1.4.3$$

bulunur. Diğer yandan;

$$I_1 - I_0 = C_p (T_1 - T_0) \quad 1.4.4$$

bağıntısı mevcuttur.

Venturiden geçen hava debisinin hesaplanabilmesi için venturi dar boğazından geçen hava hızının belirlenmesi zordur. 1.4.3 ve 1.4.4 eşitlikleri denklemlenip gerekli ifadeler aşağıdaki şekilde yerlerine konursa;

$$I_1 - I_0 = C_p (T_1 - T_0) = \frac{W_0^2}{2} \quad 1.4.5$$

$$T_1, T_0 = (^{\circ}K) \quad C_p = \frac{J}{kg^{\circ}K} \quad R = \frac{J}{kg^{\circ}K} \quad 1.4.6$$

$$\frac{W_0^2}{2} = C_p \cdot T_1 \left(1 - \frac{T_0}{T_1}\right) \quad 1.4.7$$

$$P_0 V_0 = R \cdot T_0 \quad P_1 V_1 = R \cdot T_1 \quad 1.4.8$$

$$T_0 = P_0 \cdot \frac{V_0}{R} \quad T_1 = P_1 \cdot \frac{V_1}{R} \quad 1.4.9$$

1-0 arasında adyabatik durum değiştirme olduğu varsayımından

$$\frac{T_0}{T_1} = \left(\frac{P_0 \cdot V_0}{P_1 \cdot V_1} \right) \quad 1.4.10$$

$$P_1 \cdot V_1^k = P_0 \cdot V_0^k = \text{cst} \quad 1.4.11$$

$$\frac{V_0}{V_1} = \left(\frac{P_1}{P_0} \right)^{\frac{1}{k}} \quad 1.4.12$$

$$\frac{T_0}{T_1} = \left(\frac{P_0}{P_1} \right) \cdot \left(\frac{P_1}{P_0} \right)^{\frac{1}{k}} = \left(\frac{P_0}{P_1} \right)^{1-\frac{1}{k}} \quad 1.4.13$$

$$\frac{T_0}{T_1} = \left(\frac{P_0}{P_1} \right)^{\frac{k-1}{k}} \quad 1.4.14$$

$$C_p - C_v = R \quad \frac{C_p}{C_v} = k \quad \frac{C_p}{C_p - C_v} = \frac{k}{k-1} \quad C_p = R \cdot \frac{k}{k-1} \quad 1.4.15$$

1.4.9, 1.4.14 ve 1.4.15 eşitlikleri 1.4.7 ifadesinde yerine konarak,

$$\frac{W_0^2}{2} = R \cdot \frac{k}{k-1} \cdot \frac{P_1 \cdot V_1}{R} \cdot \left[1 - \left(\frac{P_0}{P_1} \right)^{\frac{k-1}{k}} \right] \quad 1.4.16$$

$$W_0 = \sqrt{2 \frac{k}{k-1} P_1 \cdot V_1 \left[1 - \left(\frac{P_0}{P_1} \right)^{\frac{k-1}{k}} \right]} \text{ m/s} \quad 1.4.17$$

bulunur. Akışta sürtünmenin ve daralmanın etkileri dikkate alınır,

φ_h = Hız kayıp katsayısı

μ_h = Daralma katsayısı olmak kaydı ile efektif hava debisi,

$$G_h = W_0 \cdot \varphi_h \cdot \mu_h \cdot F_0 \cdot \rho_0 \text{ (kg/s)} \quad 1.4.18$$

bulunur. Burada; $\mu_h \cdot \varphi_h = 0.6-0.61$ arasında venturi çap oranı ve akıştaki Reynold sayısına bağlı olarak değişir.

F_0 = Venturi dar kesiti (m^2)

ρ_0 = Venturi dar boğazı şartlarında hava yoğunluğu (kg/m^3)

W_0 = Hava hızı (m/s)

G_h = Hava debisi (kg/s)

$$\rho_0 = \frac{1}{V_0} \text{ (kg/m}^3\text{)} \quad 1.4.19$$

$\rho_0 = \frac{1}{V_0}$ ve W_0 eşitliği 1.4.18 formülünde yerine konularak gerekli kısaltmalar

yapılırsa,

$$G_h = \mu_h \cdot \varphi_h \cdot F_0 \cdot \frac{1}{V_0} \cdot \sqrt{2 \frac{k}{k-1} P_1 \cdot V_1 \left[1 - \left(\frac{P_0}{P_1} \right)^{\frac{k-1}{k}} \right]} \text{ (kg/s)} \quad 1.4.20$$

$$P_1 \cdot V_1^k = P_0 \cdot V_0^k = \text{cst} \quad 1.4.21$$

$$V_0 = V_1 \cdot \left(\frac{P_1}{P_0} \right)^{\frac{1}{k}} \quad 1.4.22$$

$$\frac{1}{V_0^2} = \frac{1}{V_1^2} \left(\frac{P_0}{P_1} \right)^{\frac{2}{k}} \quad 1.4.23$$

$$G_h = \mu_h \cdot \varphi_h \cdot F_0 \cdot \sqrt{2 \frac{k}{k-1} P_1 \cdot V_1 \cdot \frac{1}{V_1^2} \left(\frac{P_0}{P_1} \right)^{\frac{2}{k}} \left[1 - \left(\frac{P_0}{P_1} \right)^{\frac{k-1}{k}} \right]} \text{ (kg/s)} \quad 1.4.24$$

$$G_h = \mu_h \cdot \varphi_h \cdot F_0 \cdot \sqrt{2 \frac{k}{k-1} \frac{P_1}{V_1} \left[\left(\frac{P_0}{P_1} \right)^{\frac{2}{k}} - \left(\frac{P_0}{P_1} \right)^{\frac{k+1}{k}} \right]} \text{ (kg/s)} \quad 1.4.25$$

İfadeden görüldüğü gibi belirli bir karbüratörde, belirli ortam şartlarında akan hava debisi (P_0/P_1) in fonksiyonudur. Kök içerisinde G_h 'yi etkileyen terimler Ψ_h ile ifade edilirse, ve

$$\Psi_h = \sqrt{\frac{k}{k-1} \left[\left(\frac{P_0}{P_1} \right)^{\frac{2}{k}} - \left(\frac{P_0}{P_1} \right)^{\frac{k+1}{k}} \right]} \quad 1.4.26$$

olmak kaydı ile $\rho_1 = 1/V_1$ alınarak hava debisi,

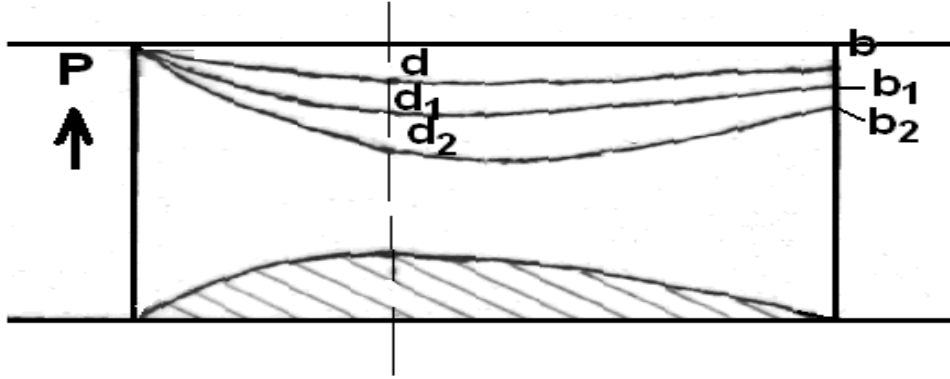
$$G_h = \mu_h \cdot \varphi_h \cdot F_0 \cdot \Psi_h \cdot \sqrt{2 \cdot P_1 \cdot \rho_1} \text{ (kg/s)} \quad 1.4.27$$

ifadesiyle bulunur.

Motor devir sayısı ve strok hacminin belli olması halinde G_h belirlenebilir. Homogen bir karışım teşkilinin sağlanabilmesi için venturi dar boğazında tek silindirli motorlarda 75 m/s, 3 silindir kadar 100 m/s, 4 ve daha çok silindirli motorlarda 120 m/s mertebesinde hava hızlarının yaratılması gereklidir. 1.4.27 formülünden hava hızı veya venturideki basınç düşüşünün bilinmesi halinde F_0 venturi dar kesiti hesaplanabilir.

Venturi dar kesitindeki hava hızı arttıkça sağlanan basınç düşüşü de artar. Venturiden sonra genişleyen kesitte oluşan basınç, kayıplar nedeni ile hiç bir zaman girişteki seviyesine ulaşamaz. Venturi sonrasında, emme kanalındaki basınç ne kadar düşerse motorun volumetrik verimi de o oranda azalır.

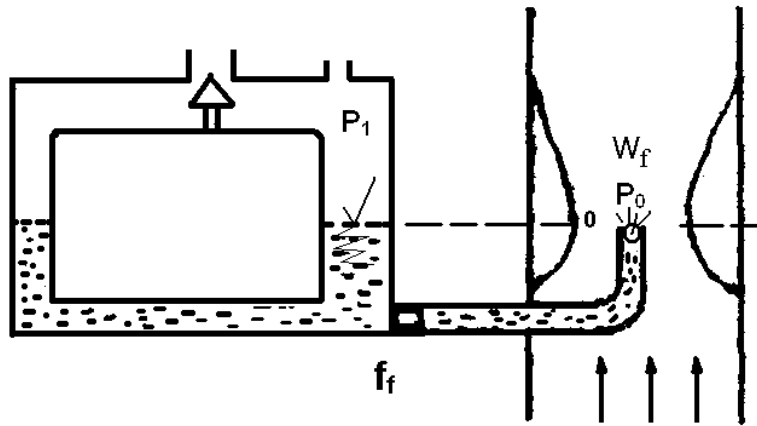
Şekil 1.6'da venturi dar boğazı küçüldükçe, ortaya çıkan basınç düşüşü de aynı oranda arttığı ($d > d_1 > d_2$) ve bağlı olarakta venturi sonrası kayıp basıncın da fazlalaştığı ($b > b_1 > b_2$) görülmektedir.



Şekil 1.6 Venturi kesit değişimine bağlı venturi boyunca basınç değişimi.

Belirtilen nedenlerle, yüksek hızlı motorlarda venturiden geçişteki hava hızı veya basınç düşüşünün az olması için büyük çaplı venturinin, düşük devili motorlarda ise, istenilen düzeyde homogen karışımın elde edilebilmesi için daha dar çaplı venturinin kullanılması uygundur.

1.4.1. Yakıt Debisinin Hesabı



Şekil 1.7 Basit karbüratörde yakıt akışını etkileyen parametreler.

1 ve 0 noktaları arasında Bernoulli denklemi uygulanırsa;

$$\frac{P_1}{\rho} + \frac{W_1^2}{2} = \frac{P_0}{\rho} + \frac{W_y^2}{2} + \Delta H \cdot g \quad 1.4.28$$

Ana meme kesitinden akıştaki hıza göre, sabit seviye kabı içerisindeki yakıt hızı çok düşük olduğundan $W_1=0$ alınabilir.

$Ah=0$ dır. (1-0) noktaları arasında statik seviye farkı yoktur.

$$W_y = \sqrt{\frac{2(P_1 - P_0)}{\rho_y}} \text{ m/s} \quad 1.4.29$$

$$W_y^* = W_y \cdot a$$

$$P_1, P_0: (\text{N/m}^2)$$

$$\rho_y: (\text{kg/m}^3)$$

Yakıt memesi kesiti (f) ve sürtünme kayıp katsayısı (a), akım daralma katsayısı (u) ise:

Yakıt debisi:

$$G_y = W_y^* \cdot f_y \cdot \rho_y \cdot \mu_y \text{ (kg/s)} \quad 1.4.30$$

$$G_y = f_y \cdot \mu_y \cdot a \cdot \rho_y \cdot \sqrt{\frac{(P_1 - P_0)}{\rho_y}} \cdot 2 \text{ (kg/s)}$$

Burada; $a \cdot \mu_y = 0.64 \div 0.74$ (Akış katsayısıdır). Bu akış katsayısı yakıt memesinin boyut ve şekillendirilmesinden etkilenir.

$$G_y = f_y \cdot \mu_y \cdot a \cdot \sqrt{2 \cdot (P_1 - P_0) \cdot \rho_y} \text{ (kg/s)} \quad 1.4.31$$

$$\text{Burada; } \psi_y = \sqrt{\left(1 - \frac{P_0}{P_1}\right)} \text{ ile gösterilirse} \quad 1.4.32$$

$$G_y = f_y \cdot \mu_y \cdot a \cdot \psi_y \cdot \sqrt{2 \cdot P_1 \cdot \rho_y} \text{ (kg/s)} \quad 1.4.33$$

1.4.2. Karışım Oranı Hesabı

$$\frac{G_y}{G_h} = \frac{f_y \cdot \mu_y \cdot a \cdot \psi_y \cdot \sqrt{2 \cdot P_1 \cdot \rho_y}}{F_0 \cdot \mu_h \cdot \varphi_h \cdot \psi_h \cdot \sqrt{2 \cdot P_{1h} \cdot \rho_h}} \quad 1.4.34$$

$$\frac{f_y \cdot a \cdot \mu_y}{F_0 \cdot \varphi_h \cdot \mu_h} = K \text{ dersek} \quad 1.4.35$$

$$\frac{1}{K} \frac{G_y}{G_h} = \frac{\Psi_y}{\Psi_h} \sqrt{\frac{P_{1y}}{P_{1h}}}$$

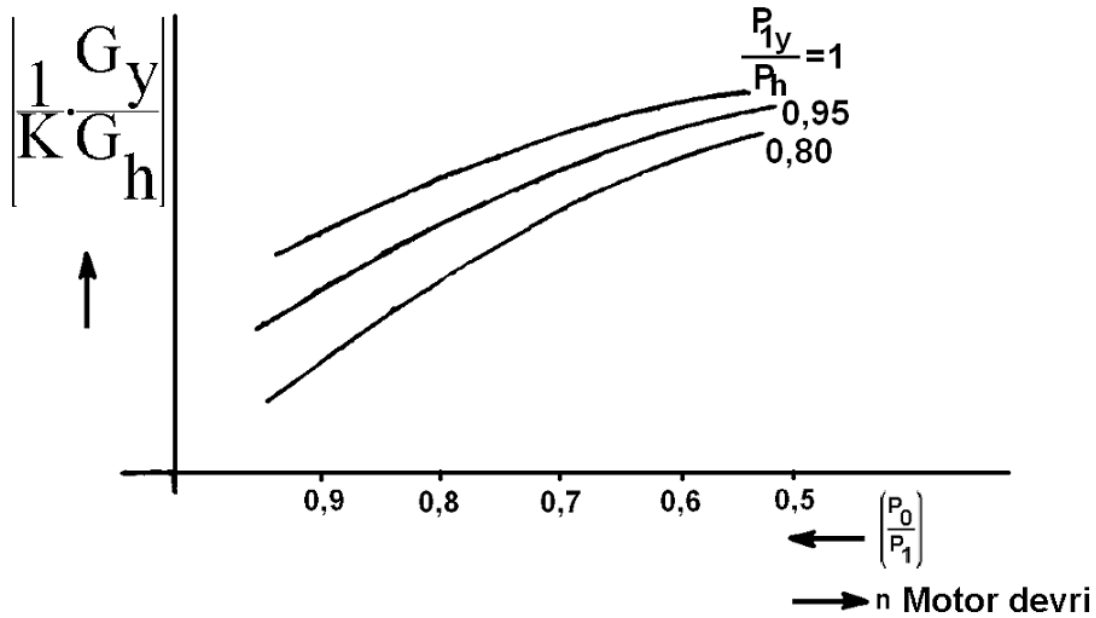
1.4.36

Bulunan bu formülde $\frac{\Psi_y}{\Psi_h} \sqrt{\frac{P_{1y}}{P_{1h}}}$ ifadesinin değerini $\left(\frac{P_0}{P_1}\right)$ 'e bağlı olarak hesaplamak mümkündür.

P_{1y} = Sabit seviye kabı içerisindeki basınç, uygulamada yakıtın yüzey gerilimi nedeni ile atm. basıncının biraz altındadır.

P_{1h} = Venturi girişindeki basınç ise,

$\frac{P_{1y}}{P_{1h}}$ = değeri uygulamada 0.95 mertebesindedir.



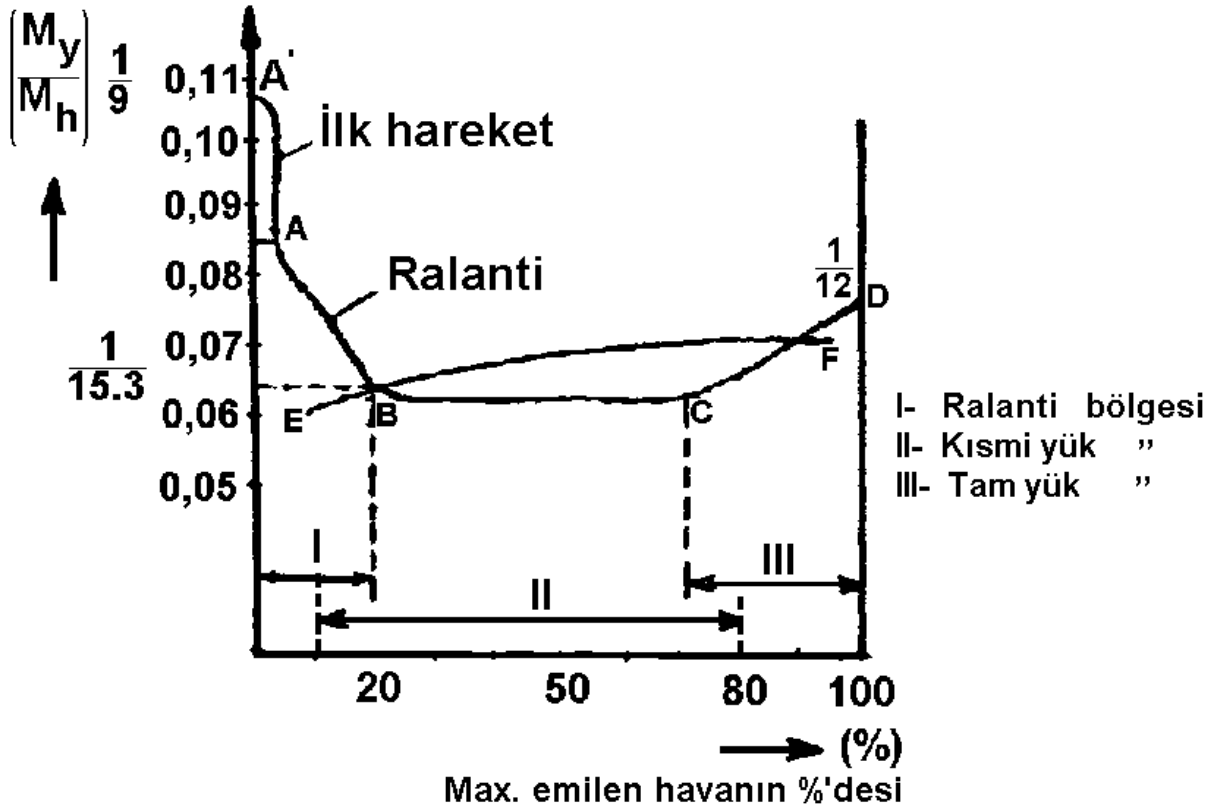
Şekil 1.8 Basit karbüratörde P_0/P_1 'e bağlı karışım oranı değişim seyri.

$\frac{1}{K} \frac{G_y}{G_h}$ değişimi $\left(\frac{P_0}{P_1}\right)$ 'e bağlı olarak hesaplanırsa Şekil 1.8'deki değişim elde edilir.

$\left(\frac{P_0}{P_1}\right)$ değerinin azalması, venturiden geçen hava hızının artması ile mümkündür.

Bu durum ise, belirli bir karbüratörde motor hızının artırılmasıyla sağlanır. Şekil 1.7'de görüldüğü gibi basit karbüratörde (P_0/P_1) 'in düşmesi veya motor devrinin artmasıyla elde edilen karışım oranı sabitliğini koruyamamakta, gittikçe zenginleşme eğilimi göstermektedir. Yüksek devirde istenilen karışım oranını gerçekleyen basit karbüratör, düşük devirde çalışmada, fakir karışım meydana getireceğinden yetersiz kalır.

Uygulamada, değişik yük ve devir sayısı kademelerinde çalışan karbüratördeki karışım oranı değişimin farklı çalışma şartlarında farklı değerlerde olması gerekmektedir. Bu durur, karışım karakteristikleri konusunda incelenmiştir.



Şekil 1.9 Motor hızına veya max. emilen hava yüzdesine bağlı karışım oranı değişimi.

Şekil 1.9'da değişik motor devir sayısı şartlarında çalışmada, sağlanması gerekli karışım oranı değişimi görülmektedir. Buna göre; ralantide çalışma (A-B) basit karbüratörün gerçekleğiğinden daha zengin bir karışım, kısmi yükte (B-C) sabit karışım oranına, tam yükte ise (C-D) daha zengince bir karışım gereksinme vardır. Basit karbüratörün gerçekleştirdiği (E-F) karışım oranı karakteristiği gereksinimine yanıt veremediği için, değişken yük ve devir sayısı kademelerinde çalışan motorlarda basit karbüratör kullanılamaz. Basit karbüratöre, istenilen karışım oranı karakteristiğini sağlayacak şekilde ek düzenler yerleştirilir.

1.5. Basit Karbüratöre Eklenmesi Gerekli Düzenler

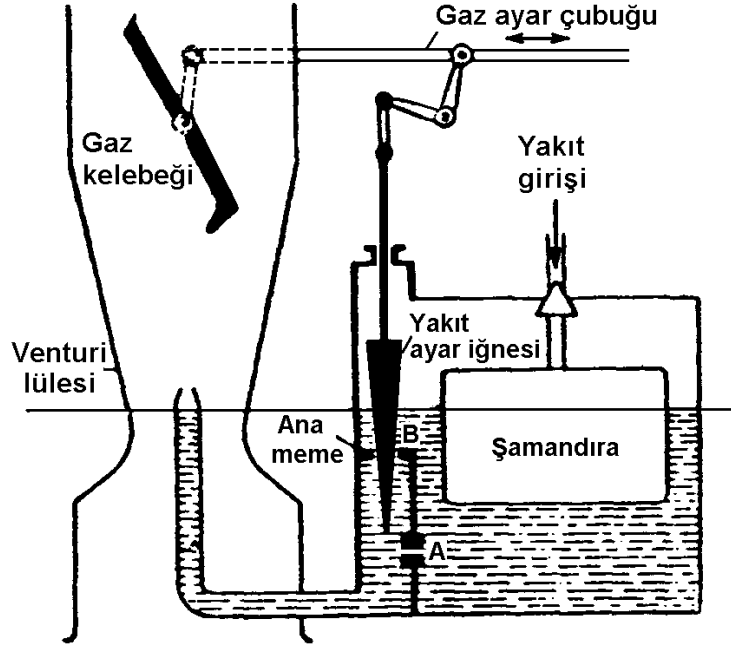
1.5.1. Ekonomi Düzenleri

Şekil 1.9'da görülen kısmi yükte çalışma bölgesi (B-C), taşıt motorlarının %80 çalışma aralığını kapsar. Motorun en fazla çalıştırıldığı bu kısmi yük bölgesinde karışım, çalışma şartları bozulmayacak oranda fakir olmalı ve sabitliğini koruyabilmelidir.

Motor düşük devir sayısında çalıştırılırken venturiye yakıt hem ana hem de yardımcı memeden sevk edilir. Yardımcı hazne içerisindeki yakıt seviyesi, sabit seviye kabındaki ile aynıdır. Devir sayısı arttığı zaman yardımcı hazneden emilen yakıt miktarı, hazneyi besleyen yakıt miktarını aştığı andan itibaren yardımcı haznedeki yakıt seviyesi düşmeye başlar. Yardımcı hazneden henüz frenleyici havanın geçmediği, yardımcı memeden gelen yakıtla yardımcı hazneden emilen yakıtın denk olduğu çalışma şartı Şekil 1.9'da (B) noktasına karşittir. Bundan sonra devir sayısı artırılırsa, ana memenin karışım karakteristiğini zenginleştirici etkisinin yanında, yaklaşık H statik yükseklği ile yardımcı hazneye akan yakıtla birlikte frenleyici hava, venturide basınç yükselteceğinden emilen yakıt miktarını azaltıcı veya diğer bir

değişle karışımı fakirleştirici etkiye bulunur. Devir sayısının artışı oranında venturi basıncı P düşer ve bunun sonucu venturiye yardımcı hazneden geçen frenleyici havada artarak P_0 basıncının düşme hızını yavaşlatır. Böylece karışım oranının sabitliği korunmuş olur (Şekil 1.10).

1.5.1.2. CARTER Ekonomi Düzeni



Şekil 1.11. Carter ekonomi düzeni prensibi.

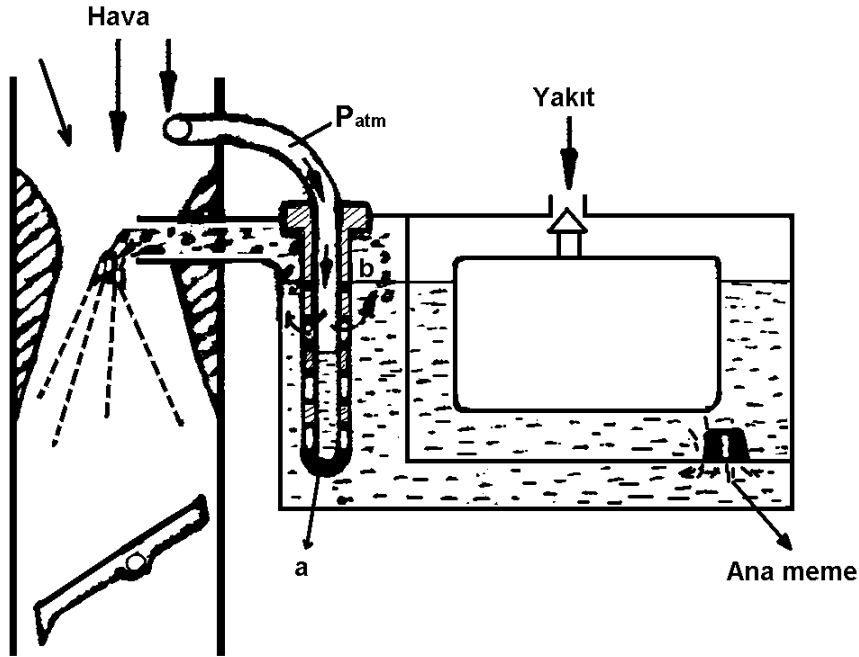
Karışım oranının düzenlenmesi, ana mene kesitinin çalışma şartına bağlı olarak değiştirilmesi prensibine dayanır. Tam gazda çalışmada istenilen karışım oranı A yakıt memesinden emilerek gerçekleşir. Bu çalışma şartında B yakıt memesini iğne tamamen kapatmıştır. Devir sayısının düşürülmesiyle ortaya çıkacak karışımındaki fakirleşme B memesinden ek yakıt sevkiyle gerçekleşir. B yakıt memesini kumanda eden konik veya çapı kademeli olarak değişen iğne, devir sayısındaki düşme oranında yukarı kalkarak toplam yakıt memesini kesitinin büyümesini ve böylece karışımın zenginleşmesini sağlar.

B yakıt memesi kesitini değiştiren iğne şekilde görüldüğü gibi mekanik olarak, hareketini gaz kelebeğinden alabileceği gibi, motor devri düştükçe artan manifold vakumundan etkilenen bir piston veya diyafram vasıtası ile de hareket ettirilebilir. Bu durumda vakum pistonun iğneye, devir sayısı düştükçe kesiti genişletecek şekilde hareket verir (Şekil 1.11).

1.5.1.3. WEBER Ekonomi Düzeni

Ana memeden ölçülerek gelen yakıt (b) emülsion tüpünün bulunduğu hazneye gelir. Motor çalışmaz iken sabit seviye kabında, (a) haznesinde ve emülsion tüpündeki sıra deliklerinden tüp içine dolan yakıtın seviyeleri aynı düzeydedir,

(b) tüpünün içinde venturi  artındaki atm. basıncı, dışında ise venturi dar boğazında oluşturulan P_0 düşük basıncı etkindir.



Şekil 1.12. Weber ekonomi düzeni prensibi.

Şekil 1.9'deki ekonomi bölgesinin alt sınırı olan "B" noktasına karşıt, kısmi yüklerde çalışmada, emülsiyon tüpündeki bütün sıra delikler yakıt içinde kalır, venturiye ana memeden    l rek gelen yakıt sevk olur. Bu noktadan sonra motorun devri arttırılırsa d   en P_0 basıncının etkisiyle emülsion tüpü içerisindeki yakıt seviyesi d   erek üst sıra deliklerin açılmasına sebep olur. Bu  alı ma şartında venturiye emilen yakıtla birlikte üst sıra deliklerden geçen frenleyici havanın oluşturduğu emülsion geçmeye ba lar. Motor devir sayısı arttıkça diğer sıra deliklerinde açılmasıyla birlikte venturiye gönderilen frenleyici hava miktarı artar. Böylelikle P_0 basıncının yüksek motor devirlerindeki düğüme hızı yava latılarak karışımın zenginleşmesi   lenir. Ford Cortina, Corsair, Fiat motorlarında uygulanan ekonomi düzenidir ( ekil 1.12).

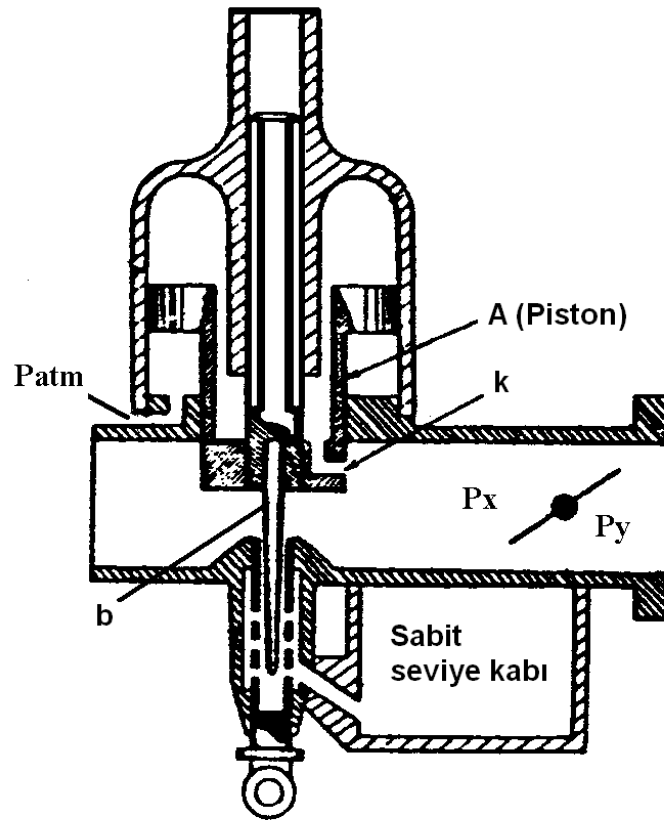
1.5.1.4. S.U Ekonomi Düzeni

Değişken venturi kesiti, farklı motor devir sayılarında otomatik olarak küçülüp büyüyerek venturi kesitindeki düşük P_0 basıncının sabit bir düzeyde kalmasını sa lar.

Venturi  ekil 1.13'de g r ld  u gibi bir yandan a a ı yukarı hareket serbestisi olan (A) pistonu ile, diğer yandan akış kesitini daraltan emme kanalı yüzeyi ile sınırlıdır.

(A) pistonunun alt dış yüzeyine atmosfer basıncı, i  yüzeyine "k" kanalından geçen düşük basınç etki eder ve piston normal çalışma şartında düşük basınç düzeyine bağlı olarak yukarı kalkmaya çalışır. Pistonun içerisindeki yay da basınç

farkının neden olduğu kaldırma kuvvetini karşılayarak pistonun yukarı doğru hareketini sınırlar.



Şekil 1.13 SU - Değişken venturili ekonomi düzeni.

Düşük motor devirlerinde çalışmada motorun emdiği hava miktarı az ve gaz keleşbeği kapalıya yakın pozisyonıdadır. Bu durumda gaz keleşbeğinin venturi tarafındaki P_x basıncı relatif olarak yüksektir. (A) pistonu iç yüzeyine etki eden P_x basıncı pistonun yay kuvveti etkisi ile aşıağı doğru hareketine engel olamaz. Düşük motor devrinde aşıağı doğru hareket eden (A) pistonu venturi kesitini daraltarak bu kesitteki emme havası hızının artmasına, diğer bir deyişle P_o basıncının belirli bir düzeyde kalmasını sağlar.

Motor devir sayısı arttıkça gaz keleşinin emme kanalında sebep olduğu kısılma azalır ve Px basıncı da bağılı olarak düşer. "k" kanalından etki eden düşük Px basıncı yay kuvvetini yenerek pistonun yukarı kalkmasını sağlar. Böylece genişleyen venturi kesitinden geçen hava debisinin artmasına karşın Po venturi basıncı sabit bir düzeyde kalır.

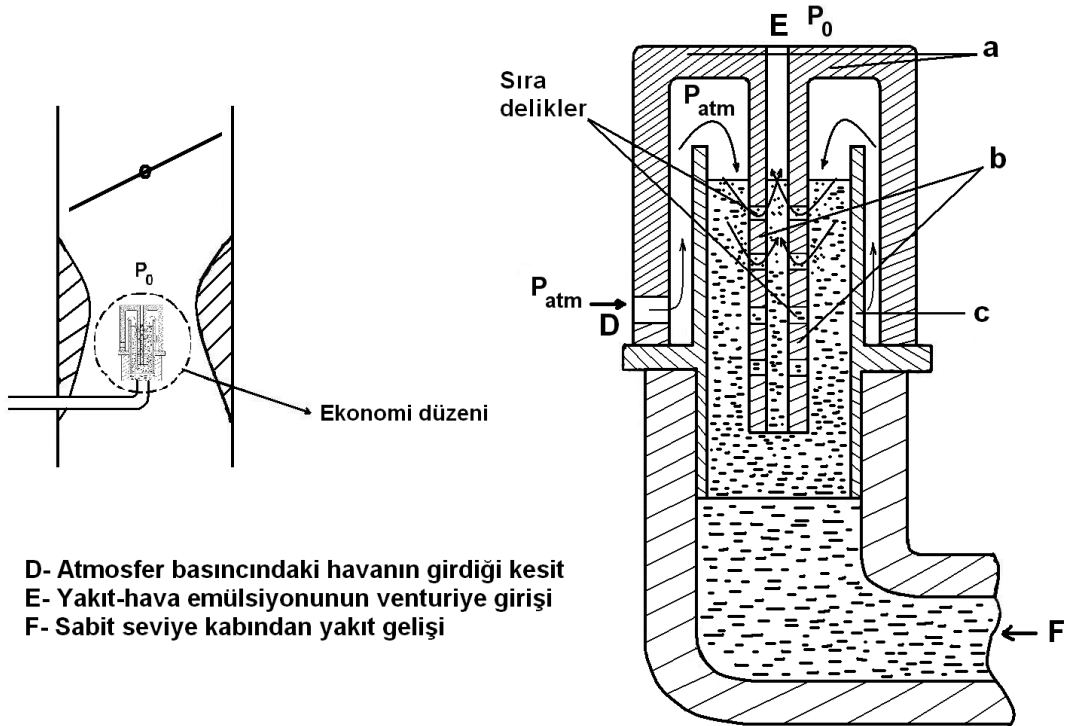
Venturi dar boğazına yakıt girişi, "A" pistonuna bağlı konik bir iğne ile, yakıt giriş deliği arasında kalan serbest kesitten sağlanır. Karışım oranının sabit tutulması, "A" pistonuna bağlı iğnenin serbest bıraktığı yakıt kesitinin devir sayısına bağlı değişimiyle gerçekleşir. Düşük motor devirlerinde "A" pistonu aşağıda, venturi kesitini daraltmıştır ve kesitten birim zamanda geçen az miktardaki havaya uygun

olarak birim zamanda az miktarda da yakıt emilmesi gereklidir. Az miktardaki yakıt emilmesi, konik iğnenin geniş tarafının yakıt geçiş kanalını daraltmasıyla temin edilir. Venturi dar boğazındaki basınç farkı yüksek motor devirlerinde de yaklaşık olarak sabitliğini koruduğuna göre, artan hava debisine uygun olarak emilen benzin debisinin artırılması, "A" pistonunun yukarı kalkması sonucu buna bağlı konik iğnenin yakıt geçiş kesitini genişletmesiyle sağlanır.

"A" pistonunun üst kısmında içi yağ ile dolu titreşim söndürücü bir damper yerleştirilmiştir. Aksi halde, yol titreşimlerinden etkilenen "A" pistonu, taşıtın maruz kaldığı titreşimler etkisiyle aşağı yukarı hareket ederek, istenmediği halde silindire giren dolgu miktarının değişmesine sebep olur.

S.U. değişgen venturili karbüratörler İngiliz Leyland firmasının ürettiği taşıt motorlarında uygulanmaktadır.

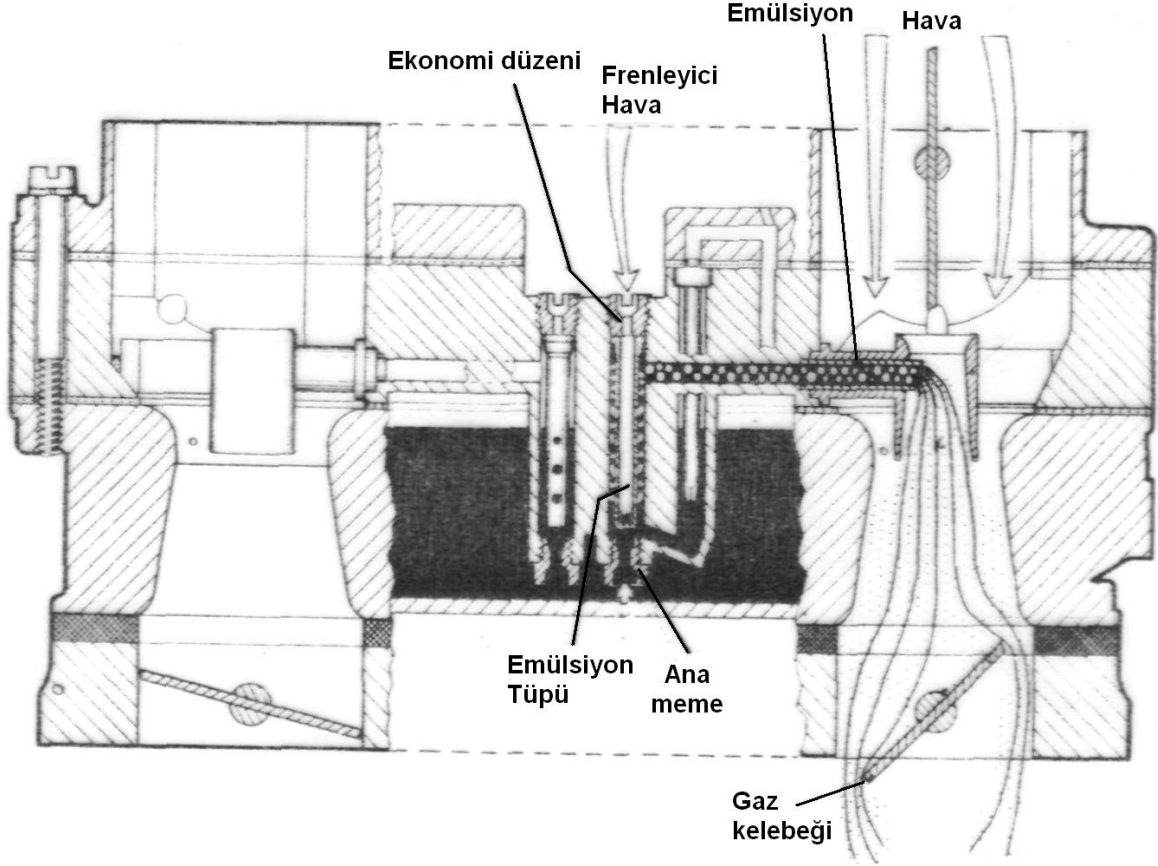
1.5.1.5. SOLEX Ekonomi Düzeni



Şekil 1.14 Solex ekonomi düzeni prensibi.

Şekil 1.14'de (b) borusunda çevresel sıra sıra delikler mevcut olup bu boru (c) yakıt borusunun içine gemiştir. (b) borusunun içinde venturi basıncı, dışında ise atmosfer basıncı etki etmektedir. Şekil 8'de B noktasına karşıt devir sayısında istenilen karışım oranı ana memeden gelen yakıtla sağlanır. Bu devir sayısının üstüne çıkıldığında, artan hava hızıyla, düşen P_0 basıncı, (b) ve (c) boruları arasındaki yakıt seviyesinin de düşmesine sebep olur. Yakıt seviyesinin düşmesiyle serbest kalan 1. sıra deliklerden atm. basıncındaki hava venturi dar boğazına sevk olur. Bu frenleyici hava P_0 basıncının düşme hızını yavaşlatır. Devir sayısının artışı

oranında azalan P_0 basıncı b-c boruları arasındaki yakıt seviyesini dahada düşürür ve (b) borusundaki diğer sıra deliklerden de venturiye frenleyici havanın geçmesine sebep olur. Yüksek devirlerde zenginleşen karışım karakteristiği artan frenleyici havayla dengelenerek karışım oranının sabit kalması sağlanır.



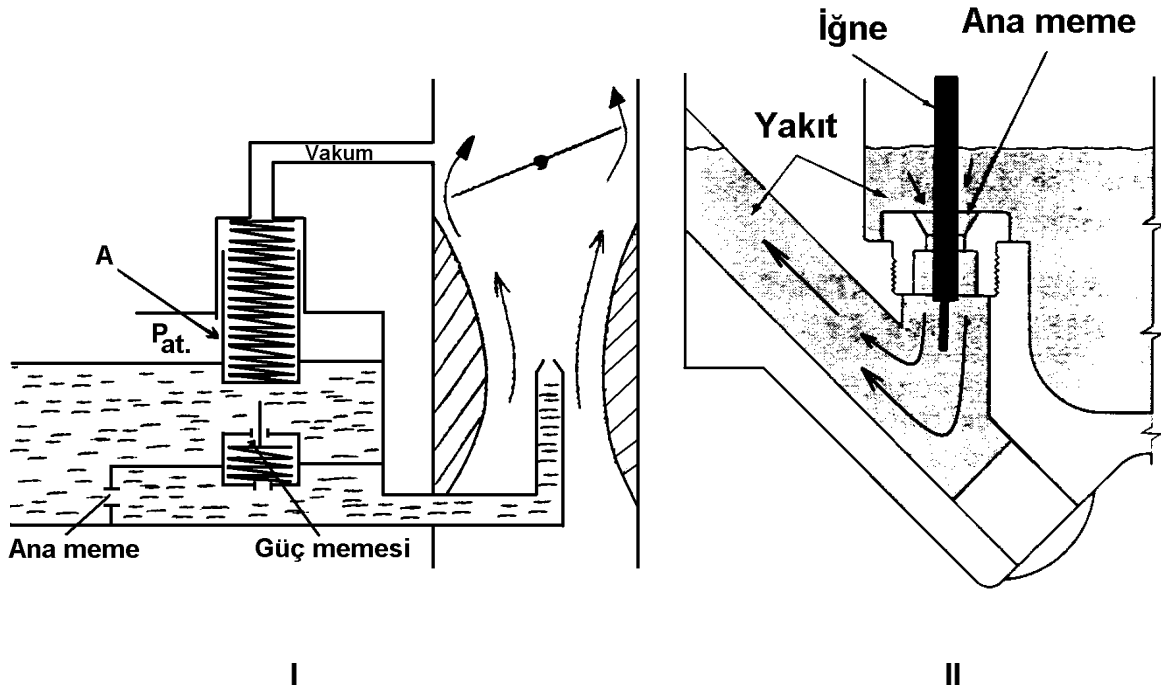
Şekil 1.15 Solex çift devreler karbüratöründe ekonomi düzeni.

1.5.2. Tam Güç Düzeni

Karışım karakteristikleri kısmında incelendiği gibi, belirli bir devir sayısında çalışmada motordan alınan güç karışımın zenginleştirilmesiyle artar. Bu nedenle, motorun yüklendiği çalışma şartlarında, (gaz kelebeğinin tam açık konumunda) ekonomi bölgesindeki (kısmi yüklerdeki) karışım oranından daha zengin karışımın teşkil edilmesi gereklidir.

Düşük devirlerde çalışmada, kapalıya yakın pozisyonda olan gaz kelebeğinin kısıtıcı etkisi nedeniyle manifold vakumu yüksektir. Gaz kelebeği açıldıkça kısıtıcı etkisi ortadan kalkacağından manifolddaki vakumda azalır. Vakumla kumandalı güç düzenleri, tam gaz konumunda emme kanalındaki vakum azalması özelliğinden yararlanarak çalışır. Şekil 1.16-l'de Zenith Vakum pistonlu düzen görülmektedir.

"A" vakum pistonu yay tarafından aşağı itilmeye, manifolddaki vakumun piston için yüzeyine etki etmesi sonucunda yukarı hareket etmeye zorlanır.



Şekil 1.16 Tam güç düzeni prensip şekilleri.

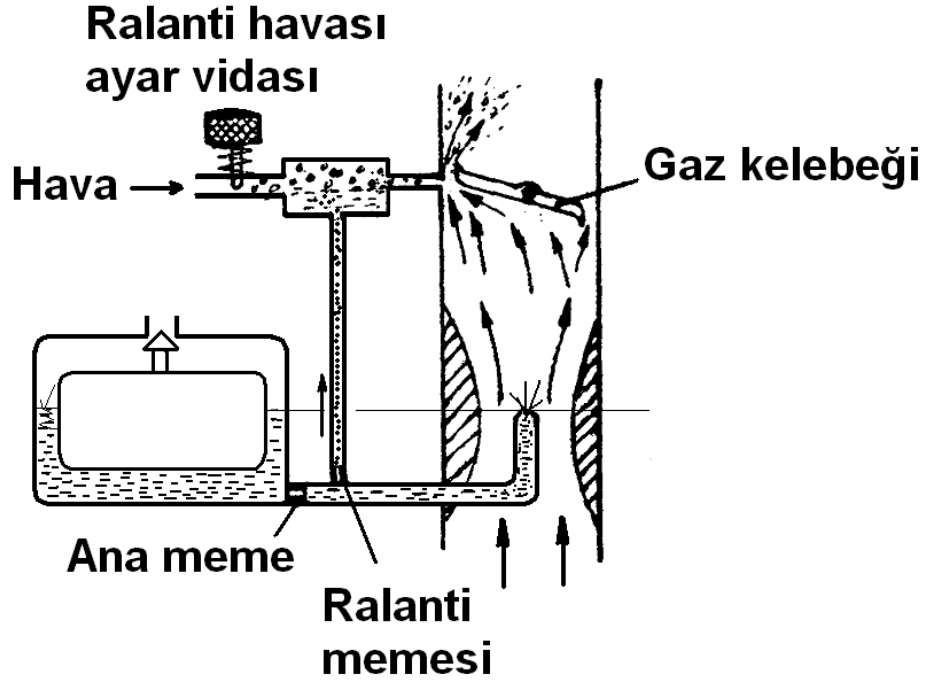
Kısmi yük pozisyonunda yüksek olan vakum nedeniyle piston "B" güç memesine temas etmez. Tam gaz pozisyonunda, manifold vakumun azalması, "A" pistonunun yay kuvveti etkisiyle aşağıya doğru hareket ederek güç memesinin açılmasına sebep olur. Güç memesinin açılması, venturiye ana memeden ölçülerek gönderilen yakıtı ek olarak güç memesinin de yakıt sevkini gerçekleştirir.

Mekanik kumandalı güç düzenine örnek olarak Ford karbüratörü gösterilebilir. Ana meme deliğine geçen ve gaz kelebeğinden mekanik olarak hareketini alan iğne kısmi yük pozisyonunda kesiti daraltır (Şekil 1.16-II).

Tam gaz pozisyonunda, gaz kelebeğinin açılmasıyla birlikte yukarı kalkan iğnenin küçük çaplı ikinci kademesi ana meme deliği içinde kalır. Böylelikle ana memeden yakıt geçiş kesitinin büyümesi ve tam gaz pozisyonunda daha fazla yakıtın venturiye geçmesi sağlanır.

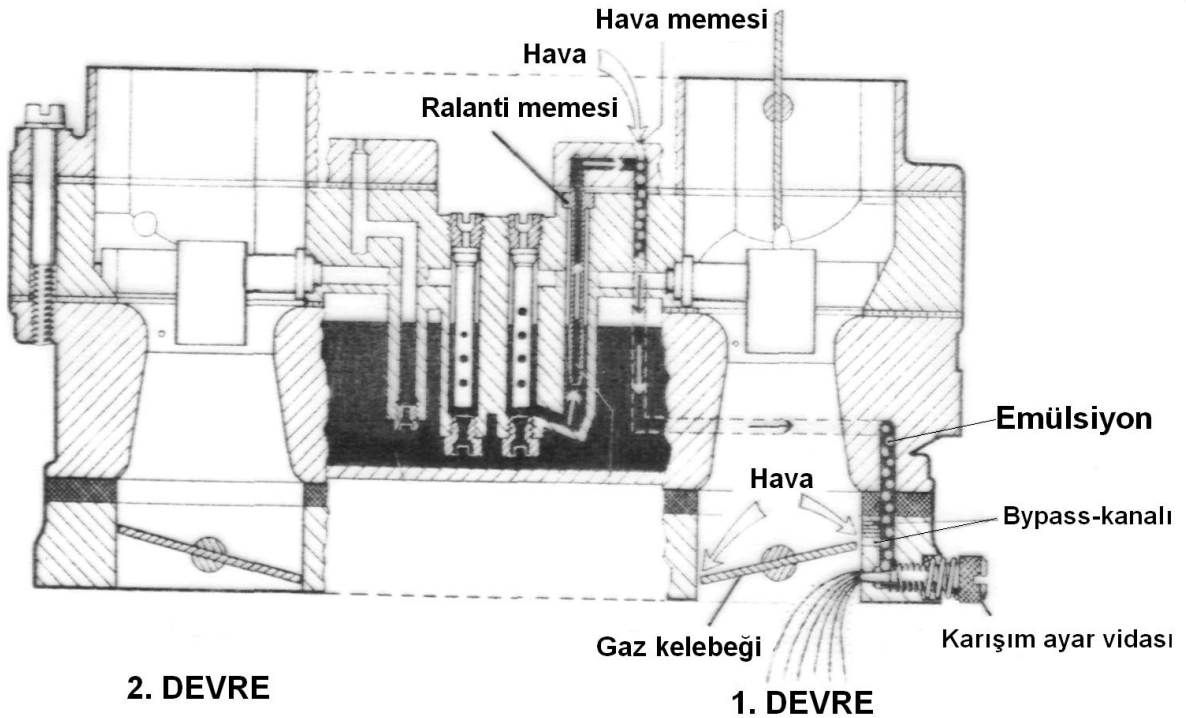
1.5.3. Ralanti Düzeni

Ralantide çalışma, mümkün olduğu kadar düşük devirde az yakıt sarfıyla gerçekleştirilmelidir. Motor ralantide çalışırken efektif olarak motordan güç çıkışı söz konusu değildir ve bu çalışma konumunda motorun gücü sadece iç sürtünmelerin yenilmesinde harcanır. Ralantide çalışmada motor devri (250-1100 d/d) düşük olduğundan gaz kelebeği kapalıya yakıt bir pozisyonundadır. Düşük motor devirlerinde az olan venturideki hava hızı, venturideki P_0 basıncının gerekli karışım oranını sağlayacak düzeyde düşmemesini sonuçlayacaktır.



Şekil 1.17 Ralanti düzeni prensip şekli.

Ralantide çalışmada, bir önceki periyottan kalan artık egzoz gazının yüzdesi fazladır. Yanmanın bozulmasına sebep olan bu durumun telafisi için daha zengince bir karışım teşkiline gereksinim vardır. Basit karbüratör ise düşük devirlerde çalışmada zengin karışım teşkili sağlamada yetersizdir. Bu nedenle ralantide çalışmada gereksinimi karşılayacak ayrıca bir düzen yapılması zorunludur.



Şekil 1.18 Solex çift devreli karbüratöründe ralanti düzeni.

Ralanti düzeninde (Şekil 1.17), kapalıya yakın konumda olan gaz kelebeği ile emme kanalı arasındaki dar kesitten yakıt emilmesi için yararlanılır. Dar aralıkta ses hızı mertebesinde geçen emme havası bu bölgede basıncın, kritik basınç oranına erişecek düzeyde düşmesini sağlar.

Bu bölgeye, ralanti memesinden ölçülerek gelen yakıt sevk edilirse basınç yeteri kadar düşük olduğundan istenilen zenginlikte ve hava hızı çok yüksek mertebe olduğundan istenilen homogenlikte karışım elde edilir. Yakıtın pülverizasyonunu arttırmak ve gerekli karışım oranını ayarlamak amacıyla atmosfer basıncındaki hava ralanti memesinden gelen yakıt sistemine bağlanır. Ralanti havasının miktarı bir vida yardımıyla ayarlanabilir.

Ralantide çalışmada gaz kelebeğiyle emme kanalı arasındaki dar kesitte kritik basınç oranına ulaşıldığına yukarıda değinilmişti. Kritik basınç oranının sağlanması aşağıda ifade edilen şekilde emilen hava debisinin sabit kalmasını sonuçlar.

1.5.3.1. Kritik basınç oranı hesabı

Karbüratörden geçen hava debisi;

$$G_H = \mu_h \cdot \varphi_h \cdot F_0 \cdot \Psi_h \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot P_1}{v_1}} \quad (\text{kg/s}) \quad (1.4.18) \quad \text{ve}$$

$$\Psi_H = \sqrt{\frac{k}{k-1} \left[\left(\frac{P_0}{P_1} \right)^{\frac{2}{k}} - \left(\frac{P_0}{P_1} \right)^{\frac{k+1}{k}} \right]} \quad (1.4.26)$$

Formülden görüldüğü gibi G_H hava debisi (P_0/P_1) basınç oranının fonksiyonudur.

(P_0/P_1) basınç oranına bağlı olarak Ψ_H değişimindeki max. nokta;

$$\frac{d\Psi_H}{d\left(\frac{P_0}{P_1}\right)} = 0 \text{ dan}$$

$$\frac{d\Psi_H}{d\left(\frac{P_0}{P_1}\right)} = \frac{\frac{k}{k-1} \left[\frac{2}{k} \left(\frac{P_0}{P_1} \right)^{\frac{2}{k}-1} - \frac{k+1}{k} \left(\frac{P_0}{P_1} \right)^{\frac{k+1}{k}-1} \right]}{2 \sqrt{\frac{k}{k-1} \left[\left(\frac{P_0}{P_1} \right)^{\frac{2}{k}} - \left(\frac{P_0}{P_1} \right)^{\frac{k+1}{k}} \right]}} = 0 \quad 1.5.3.1$$

$\Psi_H' = 0$ için pay sıfıra eşittir:

$$\frac{k}{k-1} \left[\frac{2}{k} \left(\frac{P_0}{P_1} \right)^{\frac{2}{k}-1} - \frac{k+1}{k} \left(\frac{P_0}{P_1} \right)^{\frac{k+1}{k}-1} \right] = 0 \quad 1.5.3.2$$

$$\frac{k}{k-1} \left[\frac{2}{k} \left(\frac{P_0}{P_1} \right)^{\frac{2-k}{k}} - \frac{k+1}{k} \left(\frac{P_0}{P_1} \right)^{\frac{1}{k}} \right] = 0 \quad 1.5.3.3$$

$$\left[\frac{2}{k} \left(\frac{P_0}{P_1} \right)^{\frac{2-k}{k}} - \frac{k+1}{k} \left(\frac{P_0}{P_1} \right)^{\frac{1}{k}} \right] = 0 \quad 1.5.3.4$$

$$\frac{2}{k} \left(\frac{P_0}{P_1} \right)^{\frac{2-k}{k}} = \frac{k+1}{k} \left(\frac{P_0}{P_1} \right)^{\frac{1}{k}} \quad 1.5.3.5$$

$$2 \cdot \left(\frac{P_0}{P_1} \right)^{\frac{2-k}{k}} = k+1 \left(\frac{P_0}{P_1} \right)^{\frac{1}{k}} \quad 1.5.3.6$$

$$\frac{2}{k+1} = \frac{\left(\frac{P_0}{P_1} \right)^{\frac{1}{k}}}{\left(\frac{P_0}{P_1} \right)^{\frac{2-k}{k}}} \quad 1.5.3.7$$

$$\frac{2}{k+1} = \left(\frac{P_0}{P_1} \right)^{\frac{1}{k} - \frac{2-k}{k}} = \left(\frac{P_0}{P_1} \right)^{\frac{k-1}{k}} \quad 1.5.3.8$$

$$\frac{P_0}{P_1} = \left(\frac{2}{k+1} \right)^{\frac{k}{k-1}} \quad 1.5.3.9$$

P_0 kritik basınç ile ifade edilirse, kritik basınç oranı;

$$\frac{P_{kr}}{P_1} = \left(\frac{2}{k+1} \right)^{\frac{k}{k-1}} \quad 1.5.3.10$$

olarak bulunur. Bu ifade Ψ_H' da yerine konursa;

$$\Psi_{Hmax} = \sqrt{\frac{k}{k-1} \left[\left(\frac{2}{k+1} \right)^{\frac{k}{k-1}} \frac{2}{k} - \left(\frac{2}{k+1} \right)^{\frac{k}{k-1}} \frac{k}{k} \right]} \quad 1.5.3.11$$

$$\Psi_{Hmax} = \sqrt{\frac{k}{k-1} \left[\left(\frac{2}{k+1} \right)^{\frac{2}{k-1}} - \left(\frac{2}{k+1} \right)^{\frac{k+1+1-1}{k-1}} \right]} \quad 1.5.3.12$$

$$\Psi_{Hmax} = \sqrt{\frac{k}{k-1} \left[\left(\frac{2}{k+1} \right)^{\frac{2}{k-1}} - \left(\frac{2}{k+1} \right)^{\frac{2}{k-1} + \frac{k-1}{k-1}} \right]} \quad 1.5.3.13$$

$$\Psi_{Hmax} = \left(\frac{2}{k+1} \right)^{\frac{1}{k-1}} \sqrt{\frac{k}{k-1} - \frac{k}{k-1} \left(\frac{2}{k+1} \right)} \quad 1.5.3.14$$

$$\Psi_{Hmax} = \left(\frac{2}{k+1} \right)^{\frac{1}{k-1}} \sqrt{\frac{k^2 + k - 2k}{(k-1)(k+1)}} \quad 1.5.3.15$$

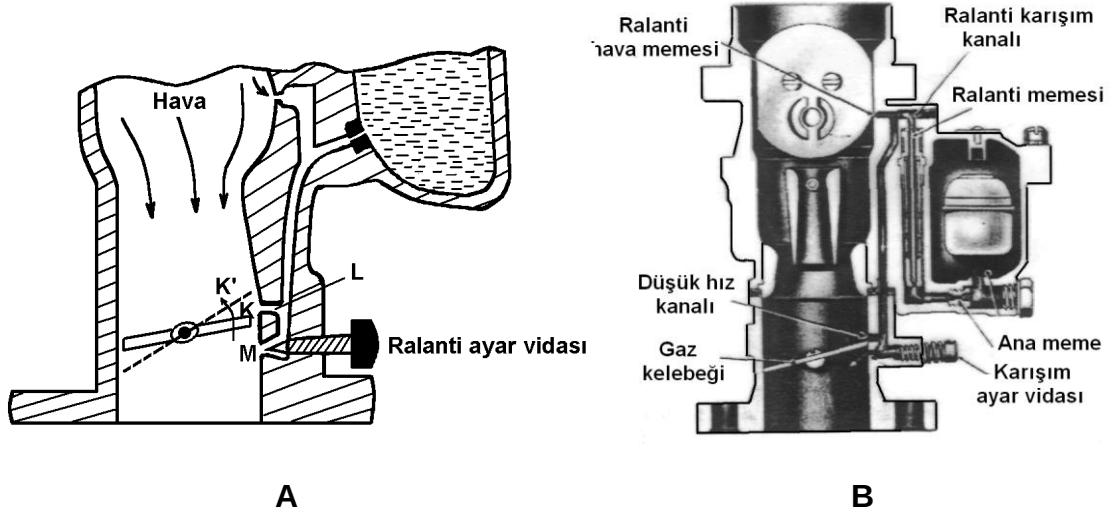
$$\Psi_{Hmax} = \left(\frac{2}{k+1} \right)^{\frac{1}{k-1}} \sqrt{\frac{k(k-1)}{(k-1)(k+1)}} \quad 1.5.3.16$$

$$\Psi_{Hmax} = \left(\frac{2}{k+1} \right)^{\frac{1}{k-1}} \sqrt{\frac{k}{(k+1)}} \quad 1.5.3.17$$

Gaz kelebeği ile emme kanalı arasındaki dar kesitte kritik basınç oranına ulaşıncaya kadar hava debisi artar. Bu sınırdan sonra hava debisi artma göstermez. Bu özellik otto motorlarının ralantide herhangi bir regülatöre gereksinim duyulmadan çalışmasını sağlar. Herhangi bir sebeple, ralantide çalışırken motorun devir sayısı düşse, belirli zaman aralığında geçen iş stroku sayısı azalır. Birim zamanda silindire giren dolgu miktarı değişmediğinden her bir iş çevrimine düşen dolgu miktarı artar. Bunun sonucu olarak çevrimde açığa çıkan daha fazla enerji motor devrinin artmasına sebep olur. Tersine, devir sayısı herhangi bir nedenle artsa, çevrim başına düşen dolgu miktarı azalacağından motor devri düşme eğilimi gösterir. Böylelikle otto motorlarının ralantide çalışması kendiliğinden ayarlanmış olur. Diesel motorlarında olduğu gibi ralantide çalışmada bir regülatöre gereksinim duyulmaz.

1.5.4. Düşük Hızda Karışım Kontrolü

Ralanti düzeninde belirtildiği gibi, motor düşük devirlerde çalışırken ana memeden sağlanan karışım oranını gerçekleştirmekten uzaktır. Ralantide, kapalıya yakın gaz kelebeği pozisyonunda, daha önce belirtildiği gibi gerekli karışımın temini ralanti düzeniyle gerçekleştirilir.



Şekil 1.19 Düşük hızda karışım kontrol prensibi (A) ve Zenith 31 serisi (B) karbüratörde düşük hız ve ralanti düzeni.

Motorun devir sayısı biraz arttırılmak istendiğinde gaz kelebeğinin pozisyonu, ralantideki kadar olmasada oldukça fazla kısılma yaratacak konumdadır. Zira, motorun düşük devirde çalıştırılması silindire gönderilen dolgunun azaltılmasıyla gerçekleşir. Bu çalışma şartında ise venturi dar boğazında gerekli karışım oranı sağlayacak düzeyde basınç düşüklüğü yaratılamaz.

Diğer yandan silindir içerisinde bir önceki çevrimde kalan artık egzoz gazının yüzdeside, oldukça fazladır. Bu şartlar altında, gaz kelebeğinin az açıldığı konumda, ana memeden emilen yakıtı ek olarak ayrı bir sistemle yakıt sevki gereklidir.

Düşük hızda çalışmada karışımın zenginleştirilmesinde ralanti düzeninden yararlanılır. Gaz kelebeğinin ralanti konumunda yakıt emilmesi Şekil 1.19'da görülen "M" kanalından gerçekleşir. Motor devri biraz arttırılmak istendiğinde gerekli zengin karışım kelebeğin "K" noktasının "L" kanalı ile karşılaşması sonucu, kelebek ile emme kanalı arasında meydana gelen düşük basınçla sağlanır.

Ralantide çalışırken yüksek basınca maruz kalan "L" yakıt kanalından emülsiyon teşkilini sağlayan hava, yakıt kanalına geçerken "K" kelebek pozisyonunda min. basınç "L" kanalının önündeki bölgede meydana geleceğinden, ralanti kanalından geçen yakıtla birlikte "L" kanalından da yakıt emilir. Böylece düşük hızlarda çalışmada gerekli karışım oranı sağlanır. Gaz kelebeği açıldıkça, ralanti ve "L" yakıt kanallarının önündeki basınç artacağından gerekli karışım teşkili ana memeden gelen yakıtla sağlanır.

1.5.5. İlk Hareket Düzenleri

Motorun ilk harekete geçirilebilmesi için silindir içerisine tutuşabilir karışımın alınması ve bu karışımın sıkıştırılarak ateşlenmesi gereklidir. Bu proseslerin sağlanabilmesi için de motor çalıştırılmak istendiğinde bir dış etken vasıtasıyla (elle veya bir elektrik motoruyla) döndürülür. İlk harekete geçirmede motora kazandırılan devir sayısı 150÷250 d/d mertebesindedir. Düşük devir sayısında dönen motorun,

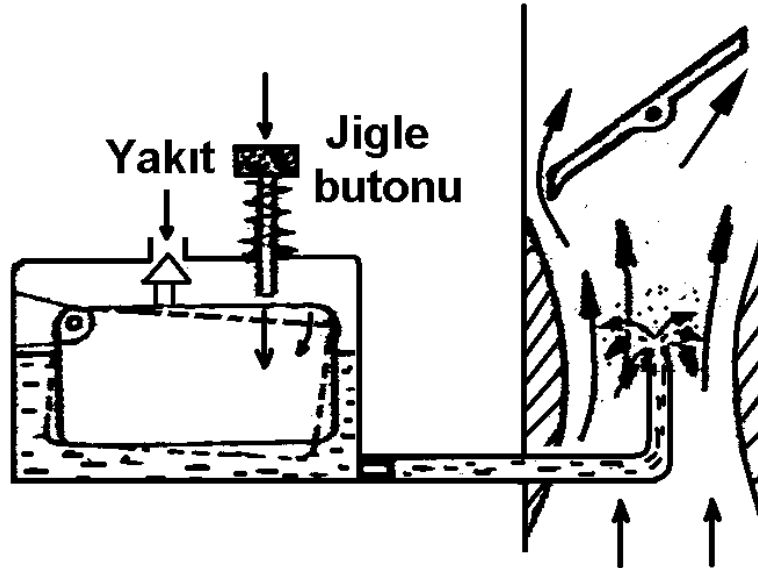
venturiden geçen emme havasına kazandırdığı hız da düşüktür. Bunun sonucu olarak venturi dar boğazında sağlanan P_0 basıncı tutuşabilir karışımı oluşturacak düzeyde yakıt emilmesini gerçekleştiremez.

İlk harekete geçirmede, venturiden geçen hava hızının düşüklüğü emilen benzinin pülverizasyonunu azaltır. Ayrıca venturideki P_0 basıncının yeteri kadar düşük olmaması, emilen benzinin venturideki buharlaşma yüzdesini düşürür. Sıvı fazda, yeteri kadar pülverize olmamış yakıt sağlanabilen karışımın heterogen bir yapıda olmasını sonuçlar.

Diğer yandan ilk harekete geçmede emme kanalları ve silindir cidarları soğuk olduğundan, karışımın içerisindeki yakıtın buharlaşmasına herhangi bir katkısı olmaz. Tam tersi, venturide düşük basınç nedeniyle kısmen buharlaşmış yakıtın ve karışımın içerisindeki sıvı yakıt zerreciklerinin emme manifoldu ve silindir cidarlarında büyük bir oranda yoğunlaşmasına sebep olur. Bunun sonucu olarakta, sıkıştırma stroku sonuna doğru ateşleme başlangıcında silindirin içerisinde heterogen ve tutuşma sınırlarının dışında fakir bir karışım mevcuttur. Bu şartlar altında silindir içerisindeki karışımın yakılabilmesi ve ilk harekete geçirilmesi güçtür. Belirtilen olumsuzluk, ortam sıcaklığının düşmesiyle daha da artar.

Motorun güvenle ilk harekete geçirilmesi için herşeyden önce silindirde tutuşabilir düzeyde karışımın sağlanmasıyla olur. Bunun içinde motor ilk harekete geçirilirken karışımın zenginleştirilmesi zorunludur. Uygulamadaki otto motorlarında kullanılan ilk hareket düzenleri şunlardır.

1.5.5.1. Jigle



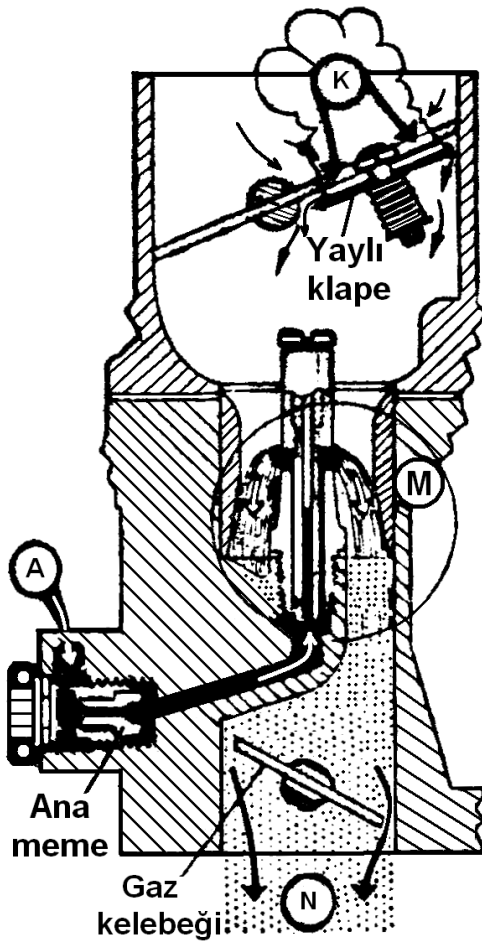
Şekil 1.20 Jigle ile ilk hareket prensibi.

En basit ilk harekete geçirme düzenidir. Sabit seviye kabı üstüne yerleştirilen bir butona elle kumanda etmek suretiyle şamandıra aşağı doğru bastırılır (Şekil 1.20).

Şamandranın aşağı doğru hareketi, yakıt girişini kapatan iğnenin girişi açmasına sebep olur. Sabit seviye kabına giren yakıt, kaptaki yakıt seviyesini yükselteceğinden venturiye yakıt taşmasını sağlar. Taşan yakıt emme havasıyla sürüklenerek zengin bir karışımın silindire dolmasına sebep olur.

Basitliği nedeniyle küçük stasyon motorlarda ve motosiklet motorlarında uygulama alanı vardır. Bununla birlikte yeterinden fazla benzinin venturiye taşırılması, silindirdeki karışımın tutuşma sınırının dışına çıkmasına veya fazla benzinin buji tırnak bölgesini ıslatarak yalıtımın zayıflamasına sebep olması motorun ilk harekete geçirilmesini engelleyeceğinden kullanımında melek gerektirir.

1.5.5.2. Hava keleşi:

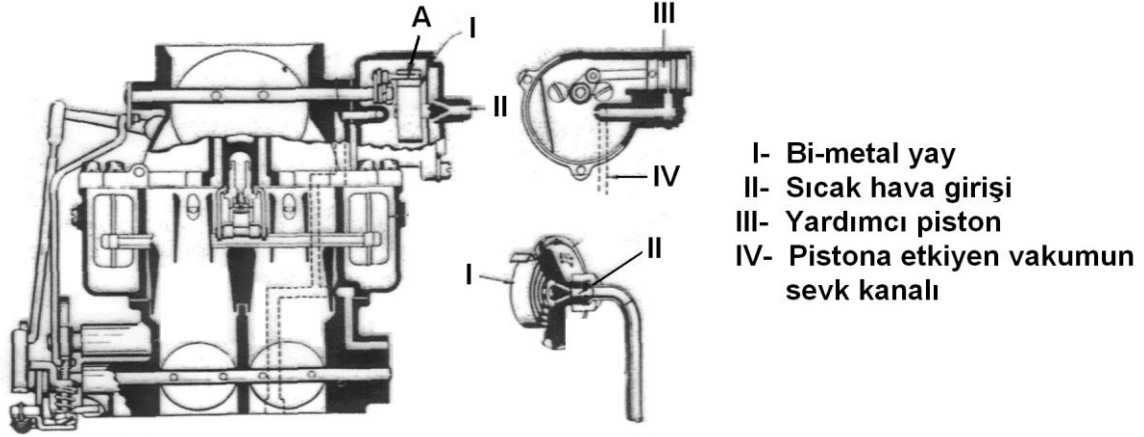


- A: Sabit seviye kabından yakıt girişı
- K: Klape nin açılmasıyla ilk harekette motora hava sevki
- M: Ana memeden geçen yakıtın emme havasıyla karışması
- N: Hazırlanan karışımın silindirlere gidişı

Şekil 1.21 Hava keleşi ile ilk hareket prensibi.

Venturiye gelmeden önce emme kanalına bir keleşek yerleştilir (Şekil 1.21). "Hava keleşi" olarak tanımlanan bu keleşek bir çubuk sistemi vasıtasıyla gaz keleşiğine irtibatlandırılmıştır. Motor soğukta ilk harekete geçirilmek istendiğinde hava keleşiği kapatılır. Hava keleşiğine bağı olan çubuk sistemi bu esnada gaz keleşiğinin bir miktar açılmasını sağlar. Hava keleşiğinin sebep olduğı emme kanalındaki kısılma, emme peryodunda keleşekle silindir arasındaki bütün bölgede basıncın düşmesine sebep olur. Yaratılan basınç düşüklüğünün mertebesi bazı tip karbüratörlerde hava keleşiğinin kesiti kapatma oranıyla, bazılarında ise, kesiti tam

kapatan hava kelebeği üzerindeki ikinci bir klappenin açılmasını sınırlayan yay basıncıyla gerçekleşir. Birinci tip hava kelebeğinde ana memeden emilen yakıtın miktarını kontrol etmek biraz daha güçtür. Yeterinden uzun süre kelebeğin kapalı tutulması aşırı benzin emilmesine sebep olur. Karışımın, tutuşma sınırının üstünde zenginleşmesi motorun ilk harekete geçirilmesini engeller (Motorun boğulması). Hava kelebeğinin üstünde yaylı bir klappenin bulunması, emme kanalında sağlanan basınç düşüşünün belli bir mertebeye erişmesiyle açılan klapeden silindire hava girişini sağlar. Böylece karışımın tutuşma sınırının dışına çıkacak oranda zenginleşmesinin önüne geçilmiş olur.



Şekil 1.22 STROMBERG AAV karbüratöründe otomatik hava kelebeği kontrol prensibi.

Bu tip karbüratörlerde hava kelebeğinin açılıp kapanması termostatik olarak kontrol edilir. Bunun amacı motor çalıştırıldıktan sonra hava kelebeğinin kapalı unutulması sonucu sürekli zengin karışımla çalışmanın önüne geçmek içindir.

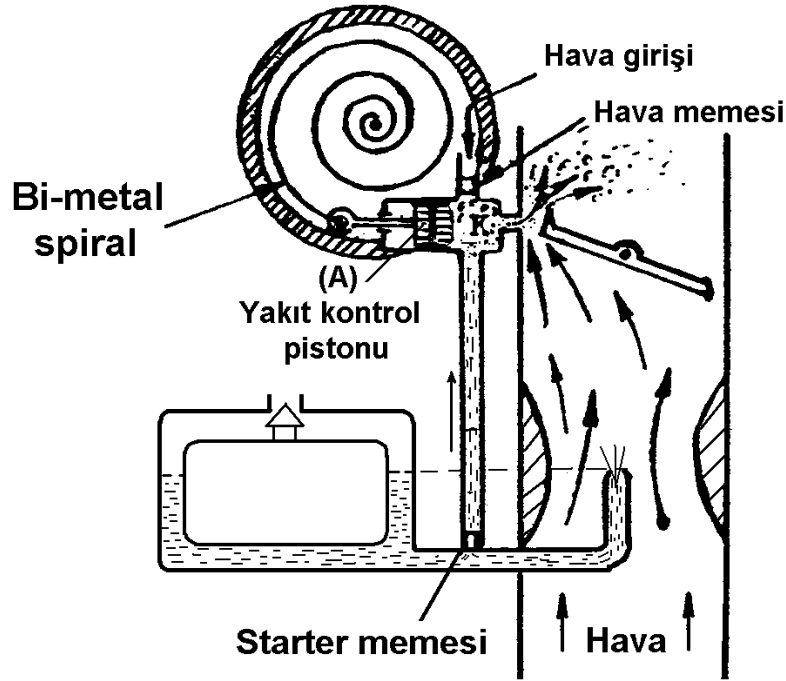
Bimetal malzemeden yapılmış spiral yay soğuk ortam şartlarında çubuk sistemiyle hava kelebeğini kapalı tutar. Bimetal spiral, motor sıcaklığından etkilendirilir. Bu durum yağlama yağı, soğutma suyu, emme havacı sıcaklığının motorun ısınma periyodundaki değişmesiyle sağlanır. Bimetal spiralın sıcaklığı arttıkça, genleşmeler nedeniyle "A" ucundaki konum değiştirme çubuk sistemiyle hava kelebeğini otomatik olarak açmasını sağlar (Şekil 1.22).

Bazı tip hava keleklerinde ise, hava kelebeğinin kontrolü, bimetal spiral ile birlikte, manifold vakum değişiminden etkilenen yardımcı piston veya diyafram düzeniyle sağlanır.

1.5.5.3. Starter

Hava kelekli ilk hareket düzeninin, kapalı unutulmasının dışında da motorun çalışmasına etkisi vardır. Emme kanalına yerleştirilen hava kelebeği düzeni, havanın silindire akışındaki kayıpları artırır. Volümetrik verimin azda olsa düşmesine sebep olur. Bu mahzurun giderilmesi için bazı tip karbüratörlerde, gaz kelebeğinin kapalıya yakın pozisyonunda (ralanti konumunda) emme kanalı ile arasındaki dar kesitte

yaratılan düşük basınçtan yararlanılarak ayrı bir düzende yakıt emilmesini sağlayan sistem kullanılmaktadır (Şekil 1.23).



Şekil 1.23 Otomatik sürgülü ilk hareket prensibi.

Starter düzeniyle ilk harekete geçirmede, gerekli yakıtın emilebilmesi için gaz kelebeğinin kapalı tutulması zorunludur. Aksi halde ilk hareket için gerekli yakıtın emilmesini sağlayan düşük basınç yaratılamaz. Şekil 1.23'deki yakıt kontrol pistonu starter memesinden gelen yakıtın manifolda girişini kontrol eder. Motor ilk harekete geçirilmezden önce, bimetel spiral pistonu, "K" yakıt kanalını açık tutacak şekilde tutar.

Motorun ilk harekete geçirilmesinde gerekli olan yakıt, starter memesinden ölçülerek gelir ve hava memesinden giren havayla birlikte düşük basınçlı bölgeye püskürtülür. Burada, havayla birlikte yakıtın sevk edilmesindeki amaç karışımın homojenliğini arttırmaktır. Motor ilk harekete geçirildikten sonra bimetel spiral sıcaklık artışından etkilenerek genişler ve "A" pistonunun "K" yakıt kanalını kapatacak şekilde hareket etmesini sağlar. Starter düzeni motor rejim sıcaklığına erişinceye kadar gaz kelebeğinin kapalı pozisyonlarında ilave yakıtın motora sevk edilmesini sağlar. Motor rejim sıcaklığına eriştikten sonra veya gaz kelebeğinin açık tutulması halinde devreden çıkar. Starter düzenlerinde yakıt sevkini kontrolü, şekilde görüldüğü gibi doğrusal hareketli pistonla veya döner muslukla sağlanabilir.

1.5.6. İvmelendirme Düzenleri

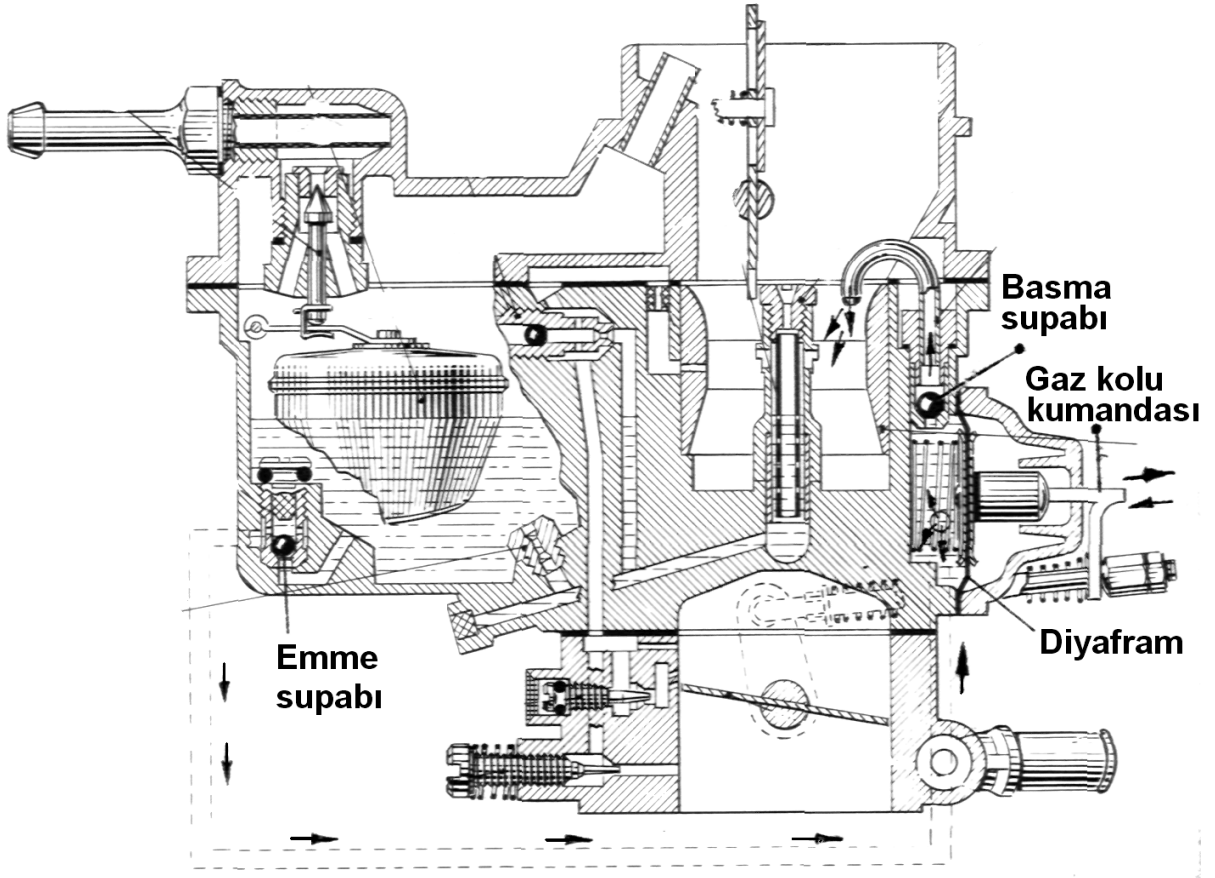
Motor sabit rejimde çalışırken, çalıştığı devir sayısı ve fren yüküne bağlı olarak belirli bir orandaki karışım silindirlere sevk olur. Fakat geçici rejimde (Ani güç gereksinimi nedeniyle gaz kelebeğinin açılması halinde) karbüratörün sağladığı

Gerek vakumla kumandalı, gerekse mekanik kumandalı ivmelendirme düzenleri uygulamada pistonlu veya diyaframalı olarak yapılmaktadır.

The diagram illustrates the carburetor's internal components and the flow of the air-fuel mixture. Air (Hava) enters from the bottom left, passes through a filter, and then through a venturi where fuel is injected from a fuel tank (Yakıt) via a fuel jet (Emme supabı). The mixture then passes through a throttle valve (Basma supabı) and finally through a choke valve (Gaz kelebeği) at the top. The piston (Piston) is shown at the top right, connected to the engine block.

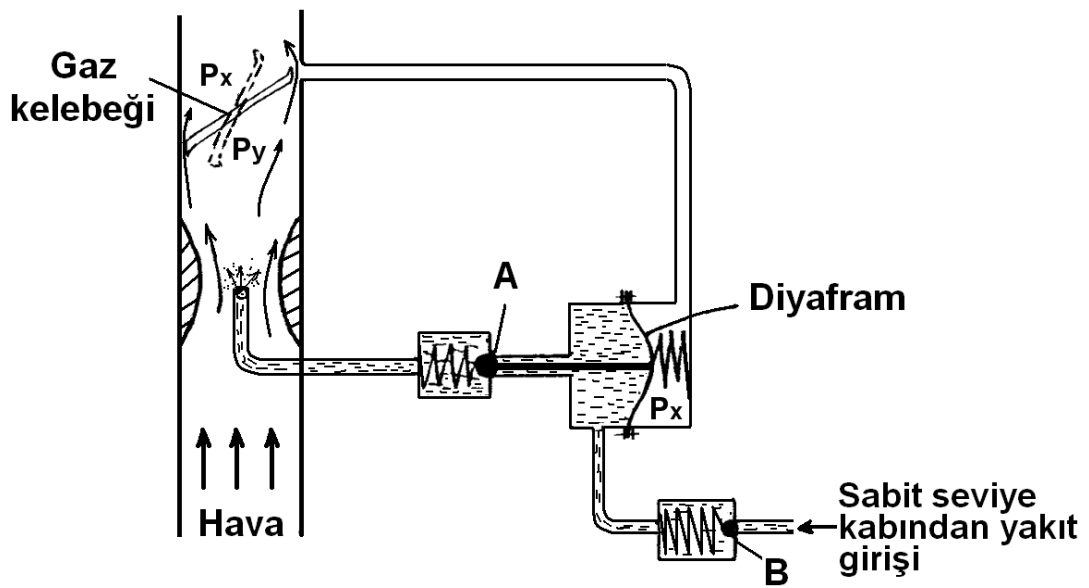
Gaz kelebeğinden hareketini alan mekanik bir sistem Şekil 1.24'de görüldüğü gibi pistonla kumanda eder. Piston, gaz kelebeğinin açılma oranında, aşağı hareket eder ve kelebeğin kapanmasıyla yay tarafından ilk konumuna geri getirilir. Pistonun yay etkisiyle yukarı hareketi esnasında sabit seviye kabından yakıt, pistonun içinde hareket ettiği hazneye dolar. Kelebek açıldığı zaman ise, aşağı doğru itilen piston

hazne içersindeki yakıtın venturiye püskürmesini sağlar. Pistonun hareketi gaz keleşinin açılması fazlalaştıkça venturiye püskürtülen yakıt miktarı da artar.



Şekil 1.25 SOLEX mekanik kumandalı diyaframlı ivmelendirme düzeni.

1.5.6.2. Vakumla kumandalı ivmelendirme düzeni



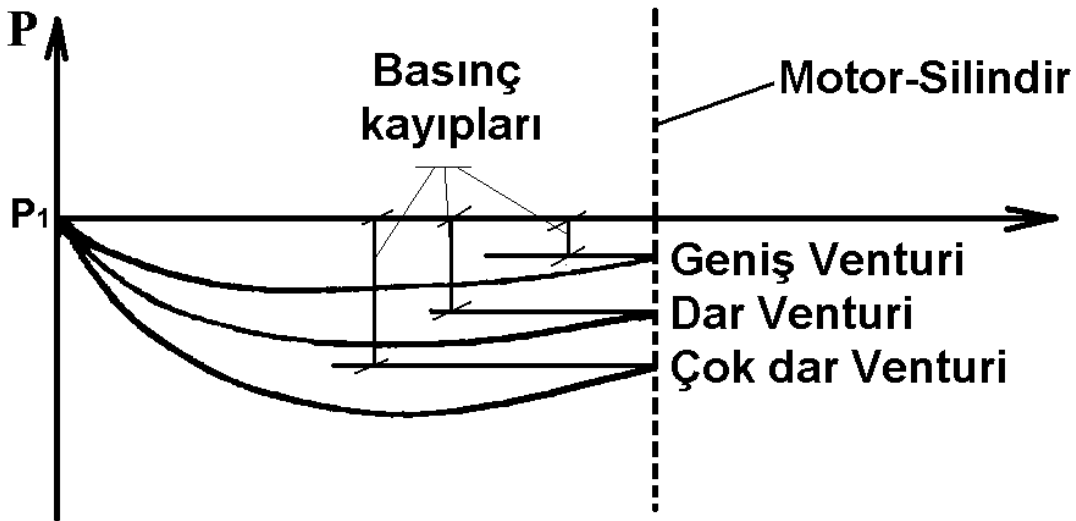
Şekil 1.26 Vakum kumandalı ivmelendirme düzeni prensibi.

Gaz kelebeği kapalıya yakın konumda iken venturi tarafındaki P_y basıncı kelebeğin neden olduğu kısılmayla düşen manifold tarafındaki P_x basıncından daha yüksektir. Kelebeğin açılmasıyla kısılma azalacağından P_x basıncı yükselme gösterir. Tam gaz konumunda, kelebek tam açık iken P_x ve P_y basınçları birbirine eşit olur. Şekil 1.26'da görülen diyaframın yakıtla temas eden yüzeyinde, sabit seviye kabı içerisindeki basınç, arka yüzüne ise, gaz kelebeğinin manifold tarafındaki P_x basıncı etki eder. Kelebeğin kapalı konumunda diyafram düşük P_x basıncı etkisiyle sabit seviye kabından hazneye yakıt emecek şekilde hareket eder. Bu esnada "A" supabı kapalı "B" supabı açıktır. Gaz kelebeği açıldığı zaman P_x basıncı yükselir ve diyafram itici yayın etkisiyle haznedeki yakıtı basacak şekilde hareket eder. Açılan "B" supabından venturiye püskürtülür.

Şekil 1.26'da görülen diyaframa bağlı tij, manifold basıncı belli bir değere ulaştıktan sonra (belli bir kelebek açıklığından sonra) diyaframın hareketiyle ileri itilir ve ileri itilme oranında "A" supabının açılmasını sağlar. Bazı tip karbüratörlerde ivmelendirme düzeni aynı zamanda tam güç düzeninin karışımı zenginleştirme görevini de yerine getirir.

1.6. Karbürasyon Sisteminin Arızaları

1.6.1. Kesit Daralması

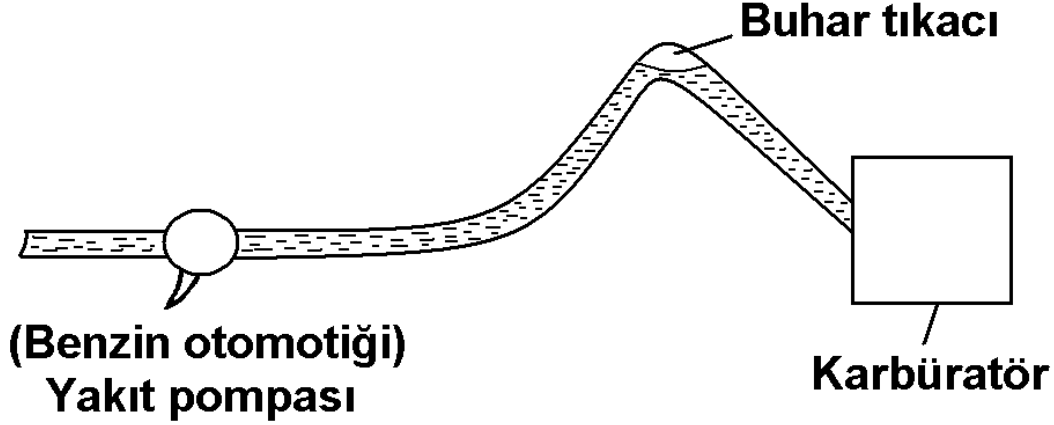


Şekil 1.27 Kesit daralması.

Emme kanalında venturi, kesit daralmasına sebep olduğundan kısılma kayıplarını arttırır. Silindire giren havanın basıncı venturideki kesit daralması oranında düşer. Bu durumda volumetrik verimin ve buna bağlı olarak motor gücünün azalmasına sebep olur. Karışımın teşkili için karbürasyon sisteminde bulunması gerekli olan venturi, yukarıda belirtilen mahzurun ortaya çıkmasına sebep olur (Şekil 1.27).

1.6.2. Buhar Tıkacı

Ortam sıcaklığının yüksek olduğu şartlarda yakıt sistemi içerisinde gaz fazına geçen hafif hidrokarbon yüzdesi artar.



Şekil 1.28 Buhar tıkacı oluşumu.

Gaz fazında bulunan sistem içerisindeki yakıt, özellikle yüksek bölgelerde ve dirseklerde toplanarak karbüratöre sevk edilen yakıtın geçtiği kesitin daralmasına sebep olur. Yeteri kadar yakıtın karbüratöre sevk edilememesi motorun fren gücünün düşmesini sonuçlar. Yakıt sisteminin bulunduğu ortamın sıcaklığının artması oranında ve yakıtın içerdiği hafif hidrokarbon yüzdesinin artması oranında belirtilen mahzurda da artış görülür (Şekil 1.28).

Sıcak havalarda ralantide çalışma halindeki anormallik ve uzun süre sıcak çalıştırılmış motorun durdurulmasından sonra tekrar çalıştırılmasında ortaya çıkan güçlük karışımın zenginleşmesiyle ilişkilidir. Motor ralantide çalıştırılırken yeteri kadar soğutucunun sirküle ettirilememesi motor gövdesindeki sıcaklıkların artmasına sebep olur. Radyasyon ve kondüksiyon yoluyla, ısı iletir yakıt pompası, yakıt boruları ve karbüratördeki sıcaklığı yükseltir. Bu durumda eğer yakıt sistemi buhar habbesi toplayacak özellikte değilse, sistemde yakıtın buharlaşması sonucu artan basınç sabit seviye kabındaki şamandıra iğnesini açarak kaba yakıt dolmasına sebep olur. Sabit seviye kabında yakıt seviyesinin yükselmesiyle venturi bölgesine gereken yere yakıt sevk edilmiş olur. Silindire giren karışımın aşırı zenginleşmesi gerek ralantideki çalışmanın bozulmasına ve gerekse sıcak motorun durdurulduktan sonra tekrar ilk harekete geçirilmesinin zorlaşmasına sebep olur. Belirtilen mahzurların giderilmesi için;

- Sıcak havalarda motorun uzun süre ralantide çalıştırılmasından kaçınmak,
- Durdurulmuş sıcak motorun tekrar çalıştırılmasında ya motorun yeteri kadar soğumasını beklemek veya gaz kelebeği tam açılarak motorun döndürülmesiyle tutuşma sınırının dışındaki zengin karışımın silindirden dışarı atılmasını sağlamak,
- Gerek karışımın zenginleşmesi ve gerekse buhar tıkacı mahzurlarının giderilebilmesi için yakıt sisteminin olanaklar içinde soğuk bölgede bulunmasını sağlamak,

- Yakıt sistemindeki basıncı olanaklar içinde yükseltmek böylece buharlaşma şartlarını ağırlaştırmak,
- Uygun özelliklerde yakıt kullanmak gerekmektedir.

Yakıtın özellikle %10÷30 hacmine karşıt kaynama sıcaklıklarının düşük olması gaz fazına geçen yakıtın artmasına sebep olacağından, kaynama eğrisinde %30 yakıt hacminin buharlaşmasını sağlayan sıcaklığın yaklaşık 75°C'den daha az olmaması istenir. İlk harekete geçirmede gerekli olan düşük sıcaklıkta buharlaşma özelliği, buhar tıkaçı olayı ile çelişir. Buhar tıkaçının önlenmesi amacıyla yakıtın, düşük sıcaklıklarda buharlaşan miktarının azalması, gerek ilk harekete geçirmede ve gerekse ivmelenmede mahzur yaratır. Bu nedenle yakıttan beklenen uçuculuğun belirli sınırlar arasında kalması zorunludur. Motor yakıtlarında uçuculuk özelliğini karakterize eden RVP (Reid buhar basıncı) değerinin (37.8 °C'da standart kapta yakıtın yarattığı basınç -kPa-) yazın kullanılan yakıtlarda 64.11 kPa'dan daha fazla olması sağlanmalıdır. Kışın kullanılan yakıtlarda, soğukta ilk hareketin temini için ise RVP 75,83 kPa mertebesinde olmalıdır.

1.6.3. Karbüratör Buzlanması

Silindire emilen hava, venturi dar boğazında politropik olarak genişlerken sıcaklığı düşer. Ayrıca venturi dar boğazında düşük basınç etkisiyle emilen yakıtın bir kısmı basıncın düşüklüğü nedeniyle kısmen buharlaşır. Yakıtın buharlaşması esnasında ortamdan çekmiş olduğu ısıda venturi bölgesi sıcaklığını düşüren bir etkidir. Bu şartlar altında, bölge sıcaklığının 0 °C'ın altına düşmesi halinde havanın içersindeki nem soğuyan venturi cidarında buz tabakasının oluşmasına sebep olur. Zamanla biriken buz tabakası venturi kesitini daraltarak volumetrik verimi düşürür ve gaz keleşinin hareket serbestisinin ortadan kalkmasına da neden olabilir. Buzlanma eğilimi, motor ilk çalıştırılmaya başladıktan sonra düşük ortam sıcaklıklarında artar. Motorun ısınmaya başlaması sonucu, venturi bölgesinin sıcaklığı belirli bir süre sonra yükselirse buzlanmanın olumsuzluğu hissedilmeden motor düzenli çalışmasını sürdürür. Aksi halde, aşırı soğuk ortam nedeniyle venturi bölgesinin motor ısısından etkilenmesi gecikirse cidarlarda buz tabakasının oluşması kaçınılmazdır.

"Yakıtın venturideki buharlaşmasının ortamı soğutması aşağıdaki sayısal değerle örneklenebilir."

1.2 lt. toplam silindir hacmindeki 4 zamanlı bir taşıt motoru, 5000 d/d hızda 5 dakika süreyle ısınma peryodunda çalıştırılırsa emilen benzinin %20'sinin venturide buharlaşması halinde karışımın sıcaklığını kaç °C düşürür.

$$n_v = 0,85, \rho_h = 1,293 \text{ kg/m}^3, C_{hava} = 0,616 \text{ kJ/kg}^\circ\text{C}, k = 1,39$$

$$C_{benzin} = 2,093 \text{ kJ/kg}^\circ\text{C}, \text{ Benzinin buharlaşma ısısı } r_B = 327 \div 502 \text{ kJ/kg}$$

Çözüm;

Motorun 5 dakikada emdiği hava miktarı,

$$G_H = \frac{V_T \cdot n}{2} \cdot n_v \cdot \rho_h \cdot 5 = \frac{1,2 \cdot 10^{-3} \cdot 5000}{2} \cdot 0,85 \cdot 1,293 \cdot 5 = 16,48 \text{ kg}$$

$$G_H = 16,48 \text{ kg}$$

$$\frac{G_y}{G_H} = \frac{1}{13} \text{ olduğuna göre 5 dakikada emilen yakıt miktarı :}$$

$$G_y = \frac{G_H}{13} = \frac{16,48}{13} = 1,267 \text{ kg benzin.}$$

$$\text{Buharlaşan benzin miktarı } G_b = 1,267 \cdot 0,2 = 0,254 \text{ kg}$$

0 dakikada geçen karışımın sıcaklığını 1 °C düşürmek için çekilmesi gerekli ısı:

$$2,093 \cdot 1,267 + 0,992 \cdot 16,48 = 20,06 \text{ kJ}$$

0,254 kg buharlaşan benzinin ortamdan çektiği ısı:

$$Q = 0,254 \cdot 334,9 = 84,88 \text{ kJ}$$

5 dakikada geçen karışımın sıcaklığını 1 °C düşürmek için çekilmesi gerekli ısı 20,06 kJ olduğuna göre, buharlaşan benzinin ortamdan çektiği 84,88 kJ ısıнын sebep olduğu sıcaklık düşmesi:

$$\frac{84,88}{20,06} = 4,23 \text{ °C olarak bulunur.}$$

Görüldüğü gibi, belirtilen çalışma şartlarında 0 °C ortam sıcaklığının mevcut olması halinde, emilen benzinin %20'sinin buharlaşması venturi bölgesinde sıcaklığın (-4 °C)'a düşmesine sebep olacaktır.

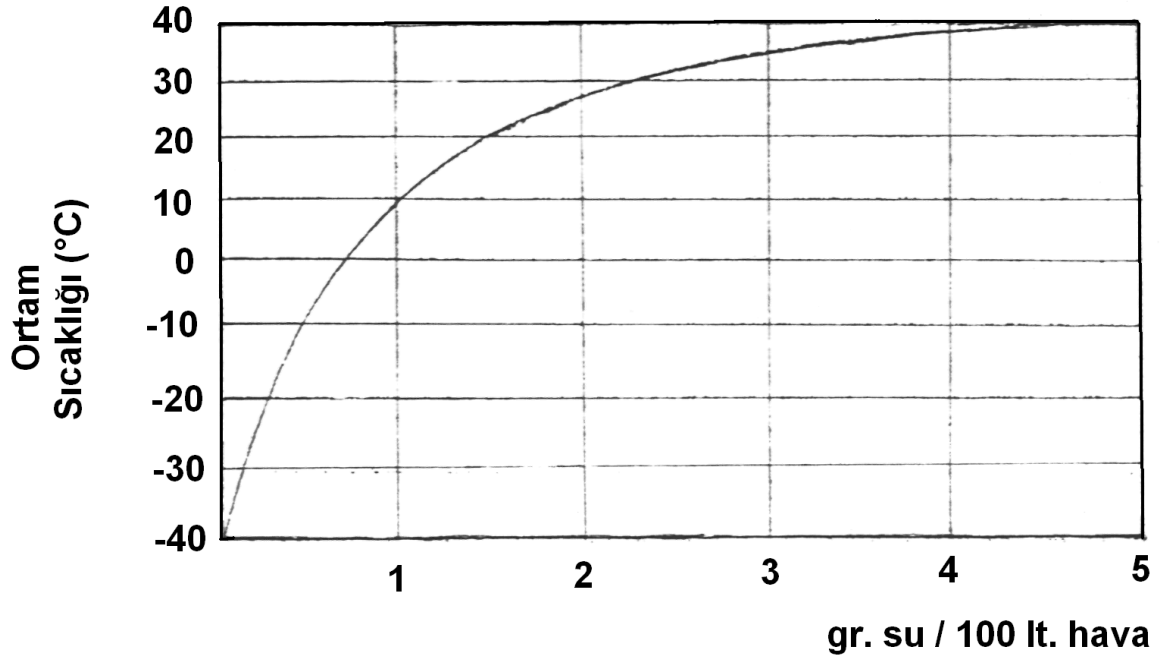
$\left(\frac{P_0}{P_1}\right)$ venturideki basınç düşme oranı 0,8 ise politropik genişleme sonucu havanın sıcaklığı venturide:

$$T_0 = T_1 \cdot \left(\frac{P_0}{P_1}\right)^{\frac{k-1}{k}} = 273 \cdot (0,8)^{\frac{1,39-1}{1,39}} = 256 \text{ °K}$$

$$t_0 = -16,5 \text{ C mertebesine inecektir.}$$

0 °C ortam şartında havanın venturideki genişlemesi ve yakıtın buharlaşması, yaklaşık olarak venturi bölgesinin sıcaklığın -20 C mertebesine düşmesine neden olur.

Ortam sıcaklığı düştükçe havanın bünyesinde tutabileceği nem oranı azalacağından, 0°C ortam şartıyla -20°C ortam şartında, havanın içindeki nem miktarlarının farkı venturi cidarında buz tabakasının oluşmasına neden olacaktır.



Şekil 1.29 Ortam sıcaklığına bağlı havadaki nem miktarı değişimi.

Şekil 1.29'da ortam sıcaklığına bağlı olarak 100 litre hava içerisindeki nem miktarının değişimi görülmektedir.

Karbüratör buzlanmasının önüne geçmek için aşağıdaki önlemler uygulanabilir:

- 1) Emme havasını, egzoz gazlarının ısısından yararlanarak ısıtıp venturiye göndermek,
- 2) Venturi çevresinde motorun soğutma suyu devresindeki suyu dolaştırarak ısınmasını sağlamak,
- 3) Motor ısınmaya kadar düşük devirde çalıştırarak emme havasının soğutucu etkisini azaltmak,
- 4) Benzin içine 5/100 oranında metil alkol karıştırmak veya venturi bölgesine ayrı bir sistemle alkol püskürtmek,
- 5) Karbüratör buzlanmasında etkin olan, yakıtın %50 ÷ 70 noktasına karşıt buharlaşma sıcaklığı yüksek olan (%50 noktası yaklaşık 93 °C ve %70 noktası yaklaşık 123 °C) yakıtın kullanılması, alınması gerekli önlemler olarak sayılabilir (Tablo 1.1).

Tablo 1.1 Su + Alkol karışımının donma noktaları.

Su içindeki alkol % desİ	Metil Alkol	Etil Alkol	n-Propil Alkol	İzo-Propil Alkol
10	-6	-3,5	-2	-2,5
20	-14	-7	-4,5	-6
30	-24	-14	-7	-11
40	-30'un	-22	-9	-14
50		-30	-11	-9
70	altında			
90		-30'un altında		
100			-19 -30'un altında	-30'un altında

1.6.4. Isınma

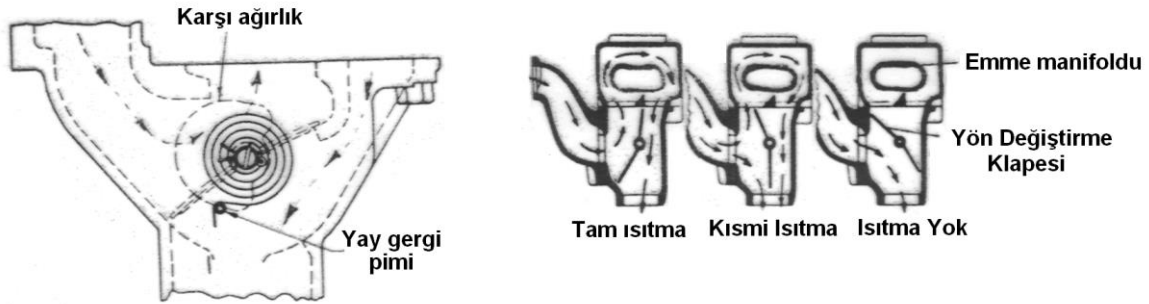
Motor ilk harekete geçirilirken gerekli olan zengin karışımın, motorun ısınmaya başlamasıyla, elle hava keleşine veya strater kumanda etmek suretiyle veya otomatik olarak motorun çalışması bozulmayacak şekilde fakirleştirilir. Bu yapılmazsa ilk hareket için gerekli olan zengin karışımındaki yakıttan manifold cidarlarında yoğunlaşan yakıtın da ısınma etkisiyle buharlaşması mevcut karışımın daha da zenginleşmesine sebep olur. Karışımın tutuşma sınırlarının dışında zenginleşmesi halinde ise motor stop eder. Motor ilk harekete zengin karışım ile geçirildikten sonra, ilk hareket düzeni devreden çıkarılırsa, soğuk emme kanallarında ve silindirde yakıtın buharlaşan yüzdesi az olacağından yanma başlangıcında karışım heterojendir. Bu şartlar altında motor ya düzensiz bir şekilde çalışmasını sürdürür veya çalışma şartları için karışımın yeterli zenginlikte olmaması nedeniyle stop eder. Yeteri kadar zengin olmayan karışım ile, motor ısıtılmadan yüke verilirse, karbüratör tarafına doğru alev tepmesi olur ve motor dudur.

Yukarda belirtilen nedenlerle motorun, herhangi bir problem olmaksızın yüke verilebilmesi için ilk harekete geçirildikten sonra fazla uygun olmamak koşuluyla belirli bir süre ısıtılması gerekir. Bu sürenin uzaması yakıt tasarrufunu olumsuz etkiler.

Motorun mümkün olduğu kadar kısa sürede ısınması istenir. Zira, bu evrede silindire giren aşırı yakıt silindir cidarlarındaki yağlama yağın temizler ve karterdeki yağında incelmeye neden olur. Isınma periyodunun uzamasına bağlı olarak silindirler daha elverişsiz yağlama şartlarında çalışacağından aşınmalar fazlalaşır ve motorun ömrü kısalır.

Isınma süresinin kısa sürede tamamlanabilmesi için, ilk hareket düzeni vasıtasıyla motor ralanti devrinin biraz daha üstündeki bir hızda çalıştırılır.

Rejim halindeki çalışmada da, ateşleme başlangıcında silindirde bulunan dolgunun homojenliği yüksek yanma verimi için önemlidir. Karbüratörle silindirler arasındaki dolgunun bekleme süresi dikkate alınarak, silindire gönderilen yakıtın buharlaşması için kontrollü olarak, dolgunun ısıtılması sağlanmalıdır. Dolgunun gereğinden az ısıtılması yakıtın buharlaşmasını azaltacağından, karışımın homojenliğini olumsuz etkiler. Fazla ısıtılması ise, volumetrik verimi ve bağlı olarak motorun gücünü olumsuz etkiler. Bu nedenle; homojen karışımda sağlanan yüksek yanma verimi için gereken dolgunun ısıtılması; diğer yandan volumetrik verimi azalttığından, elde edilen kazancın gereğinden fazla ısıtma ile kaybolmaması için, ısı kontrollü olarak yapılmalıdır. Dolgunun ısınması için, egzoz gazları veya soğutma suyu vanasıyla, emme manifoldu ısıtılır. Soğutma suyu ile emme manifoldun ısıtılması ısınma süresini, egzoz gazlarıyla ısıtmada olduğu kadar kısaltmadığından pek yaygın kullanılmaz. Egzoz gazlarının ısısıyla emme manifoldunun uygun bir bölgesinin ısıtılması en yaygın kullanılan yöntemdir. Emme manifoldunun gereğinden fazla ısıtılmasının motorun volumetrik verimini düşüreceğini göz önünde tutmak gerekmektedir. Emme manifoldunun tamamının egzoz gazlarından yararlanılarak ısıtılması, emme ve egzoz manifoldunun bölgesel ısıtılmasında genellikle en uygun yer karbüratörle emme manifoldu arasındaki kısımdır. Bu bölgede egzoz gazları emme manifoldunun çevresinde kısmen veya tamamen dolaştırılır (Şekil 1.30).



Şekil 1.30 Manifold ısı kontrol prensibi.

Yakıtın %50 hacmine karşıt kaynama noktası üstünde olmamalıdır. Aksi halde, silindire giren karışım içindeki yakıtın buharlaşma oranı azalacağından homojen karışım teşkili ve bunun sonucu verimli yanma sağlanamaz. Yakıtın %50 noktası, ısınma periyodunda olduğu gibi, ivmelenme yeteneği içinde önem taşımaktadır.

1.6.5. Karışım Tevzii

Çok silindirli motorlarda bütün silindirlerden aynı gücün alınabilmesi için, her silindire aynı miktarda ve aynı kalitede karışımın gönderilmesi gereklidir. Aynı miktarda silindirlere dolgu sevki, karbüratörden sonra her bir silindire akıştaki şartların denkleştirilmesiyle sağlanır. Bunun için karbüratörle silindirler arasındaki uzaklıklar ve akışkanın maruz kaldığı dirençlerin aynı düzeyde olmasına dikkat edilir.

Karışım tevziinde eşitlik sağlanması gerekli olan diğer bir konu, aynı (My/Mh) oranının her bir silindirde yaratılmasıdır. Homojen karışım tevziine en fazla etki eden faktör yakıtın emme manifoldundaki buharlaşma derecesidir. Manifold şartlarında yaklaşık, 1/20; 1/100 saniye gibi kısa bir sürede, karbüratörden emilen benzinin

tamamının buharlaştırılması olanak dışıdır. Yakıt içerisindeki ağır HC yüzdesinin artması (Kaynama eğrisinde son kaynama noktasının yükselmesi) buharlaşan yakıt miktarının daha da azalmasına sebep olur. Emme havasının içerisindeki sıvı yakıt zerreciklerinin yoğunlaştığı bölgeye bağlı olarak bazı silindirlere daha zengin, bazı silindirlere ise daha fakir karışımın girme olasılığı artar. Bu mahzur özellikle, buharlaşma şartlarının daha hafiflediği ve gaz keleşinin sebep olduğı dolgunun akış doğrultusundaki sapmaların ortaya çıktığı kısmi keleş açıkılığı pozisyonundaki çalışmalarda daha da bariz şekilde ortaya çıkar. Motor düzensiz karışım tevzii nedeniyle sarsıntılı olarak çalışır. Olanaklar içinde, farklı karışım tevziini önlemek için alınması gerekli önlem yakıtın manifoldtaki buharlaşan yüzdesini arttırmaktır. Bu ise;

- Yeterli düzeyde manifold ısı kontrolünün sağlanması,
- Kullanılan yakıtın %90 buharlaşma noktasının fazla yüksek olmaması (Yaklaşık 165°C),
- Manifold içindeki akışın türbölans derecesinin fazlalığı,
- Karışımın karbüratörle silindir arasındaki bekleme süresinin yeterince sağlanması ile mümkündür.

Yakıtın özelliklerini iyileştirmek amacıyla katılan katık maddelerinin silindirlere eşit tevzii edilmesinde denk güç çıkışı için gereklidir. Benzinin oktan sayısını arttırmak amacıyla katılan (TEL) ve bunun zararlı etkilerini azaltmak amacıyla katılan $C_2H_4Cl_2$, $C_2H_4Br_2$ gibi süpürücü katıklarının kaynama noktaları birbirlerinden farklıdır.

TEL(Kurşun tetra etil)	200°C sıcaklıkta kaynarken,
$C_2H_4Cl_2$	84°C sıcaklıkta kaynarken,
$C_2H_4Br_2$	132°C sıcaklıkta kaynamaktadır.

Farklı kaynama sıcaklıklarının sonucu olarak daha yüksek sıcaklıkta kaynamaya başlayan TEL karbüratöre en yakın olan silindire fazla, uzak olan silindire daha az miktarda girecektir. Bunun sonucu olarak TEL'in az girdiğı silindirlerde vuruntu daha fazla olacaktır.

Bu mahzurun hafifletilmesinde gidilebilecek yol vuruntu önleyici katık olarak 200°C'ta kaynamaya başlayan TEL yerine 110 °C sıcaklıkta kaynamaya başlayan "TML" (kurşun tetra metil)'in kullanılması ve manifold ısı kontrolünün gerekli düzeyde yapılmasıyla, yakıtla birlikte katıklarında buharlaşmanın sağlanmasıdır.

Yukarda belirtilen önlemlere rağmen, TEL karbüratörle beslenen çok silindirli motorlarda eşit karışım ve katık tevziini ideal ölçülerde sağlamak olanak dışıdır. Ancak; uygun özelliklerde yakıt kullanılması, eşit dolgu tevziini sağlayacak manifold dizaynı ve yakıtın içindeki katıkların buharlaşma oranını arttıracak manifold ısı kontrolünün gerçekleştirilmesi karışım tevziindeki dengesizliği azaltır. Çok silindirli motorlarda, karbürasyon sistemiyle karışım teşkilindeki dengeli karışım tevziinin sağlanması, karbüratörün beslediğı silindir adedinin azaltılması (birden çok karbüratör kullanılması) ve ideal çözüm olarakta herbir silindire bağımsız bir karbüratörün bağlanmasıyla mümkündür.

BÖLÜM 2

2. BENZİN PÜSKÜRTME

Karbüratörün özellikle uçak motorları için uygun olmaması ve bazı sakıncalar yaratması benzinin püskürtme yoluyla havaya karıştırılması fikrini yaratmıştır.

1912 yılında Robert Bosch ve ardından aynı yolda Alman Pallas firması benzin püskürtme çalışmalarını başlatmış, 1925 yılında Amerika'da Bendix-Stromberg sistemi geliştirilmiştir. Taşıt motorlarına benzin püskürtmenin uygulanışı Bosch firması tarafından DKW motorlarına 1935-1939 yılları arasında gerçekleştirilmiştir. Bosch yakıt püskürtme sistemli 1200 BG'lik ilk uçak motoru 1937 yılında seri üretime başlamıştır. 1955-56 yıllarında Amerika'da birçok aracın benzin püskürtmeli modelleri piyasaya sürülmüş ancak sistemden sağlanan güç artışı yanında maliyet yüksekliği ve servis zorluğu gibi olumsuzlukların etkisiyle araştırmalar karbüratörler üzerine yönelmiştir.

1970'lerde başlayan petrol krizi ve elektronik alanında sağlanan gelişmeler. Daha tasarruflu çalışmayı hassas ölçme ve kontrol ile, elde etme olanağı yaratmıştır. Günümüzde de benzin püskürtmenin otomotiv alanına uygulanışı giderek artan bir seyirle yaygınlaşmaktadır [8referansNO?].

2.1. Yakıt Püskürtme Sistemlerinin Tipleri

Püskürme bölgesi bakımından benzin püskürtmesi, uygulamada ya doğrudan silindirin içersine, emme kanalına veya emme manifolduna yapılmaktadır. (Şekil 2.1).

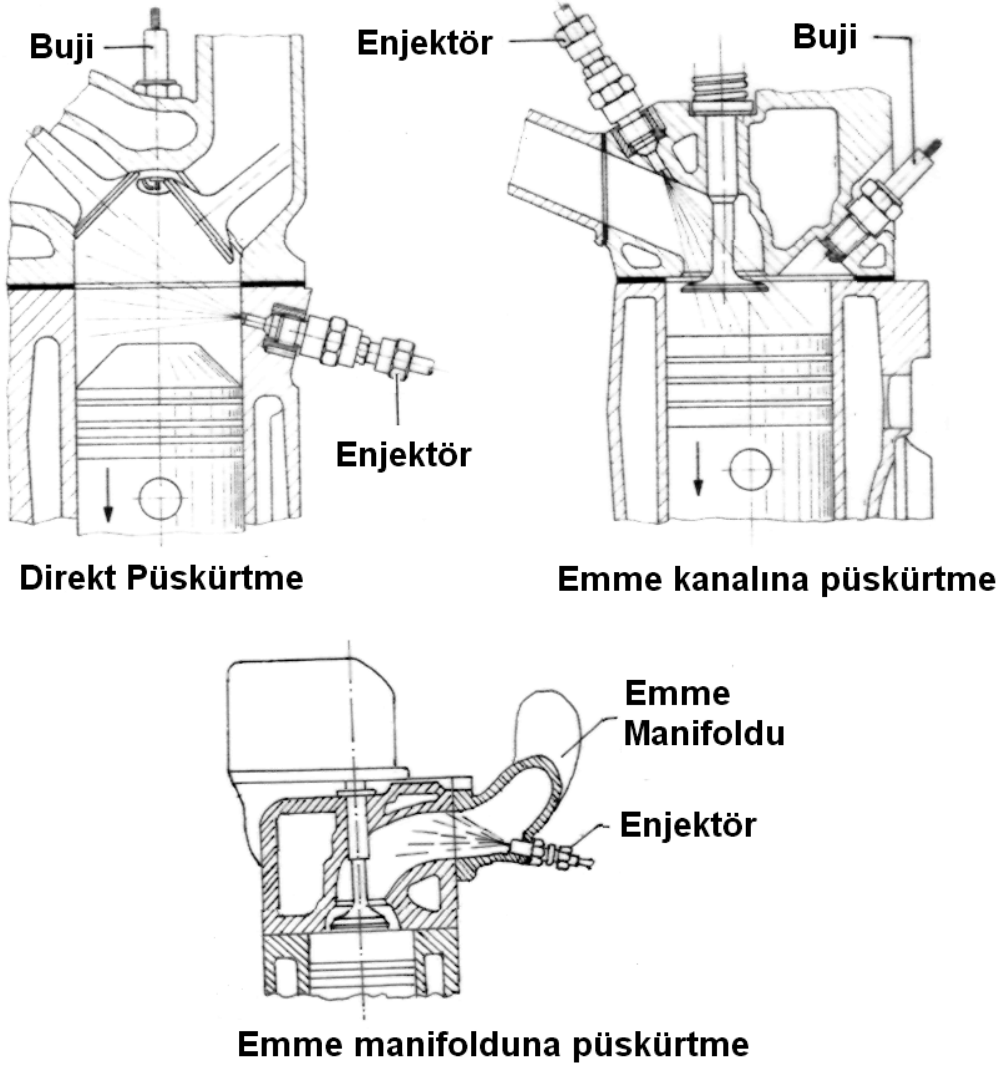
Uygulamada kullanılan benzin püskürtme sistemleri aşağıdaki şekilde sıralanabilir:

1- Kesintili püskürtme sistemleri:

1.1- Münferit elemanlı püskürtme sistemleri (Tek nokta yakıt püskürtme),

1.2- Tek elemanlı distiribütörlü püskürtme sistemleri (Çok nokta yakıt püskürtme).

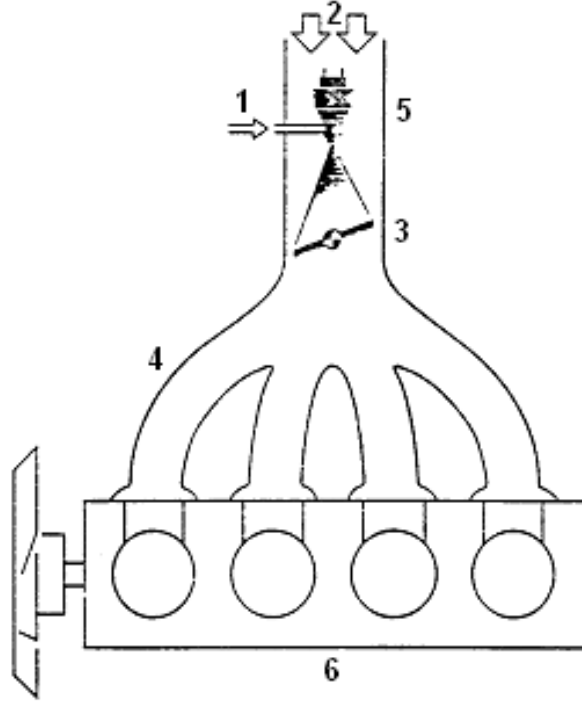
2- Sürekli püskürtme sistemleri.



Şekil 2.1 Püskürtme bölgesine göre benzin püskürtme tipleri [5].

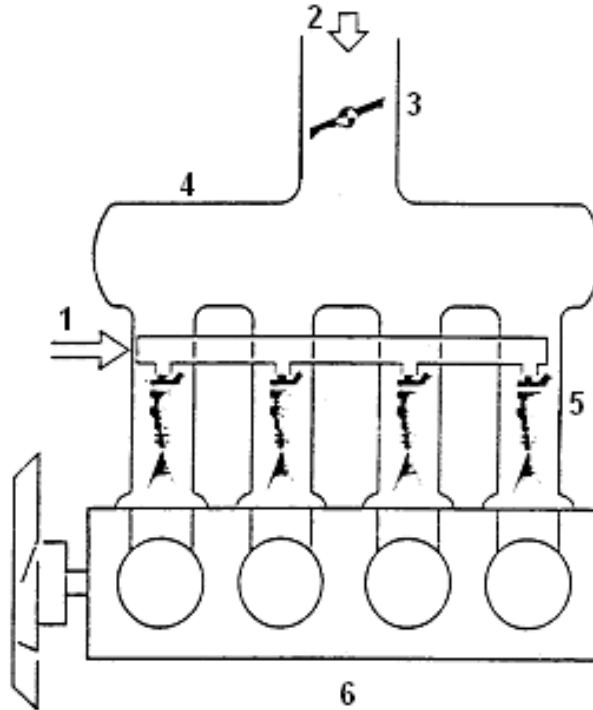
2.1.1. Tek Nokta Yakıt Püskürtme

Tek nokta püskürtme, elektromanyetik enjektörlü elektronik kontrollü püskürtme ünitesinin gaz kelebeği üzerine yerleştirilmesiyle oluşur. Bu enjektör yakıtı emme manifolduna kesintili tipte püskürtür. Mono-Jetronic, Bosch tek nokta püskürtme sisteminin adıdır. (Şekil 2.2).



1 Yakıt, 2 Hava, 3 Gaz kelebeği, 4 Emme manifoldu, 5 Enjektör, 6 Motor
Şekil 2.2 Tek nokta yakıt püskürtme.

2.1.2. Çok Nokta Yakıt Püskürtme



1 Yakıt, 2 Hava, 3 Gaz kelebeği, 4 Emme manifoldu, 5 Enjektörler, 6 Motor
Şekil 2.3 Çok nokta yakıt püskürtme.

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 (Şekil 2.3) [5].

2.1.3. Sürekli püskürtme sistemleri

Bu yöntemde yakıt, emme kanalı içersine sürekli olarak püskürtülür. Uygun karışım ünitesiyle birlikte kullanılması halinde en ucuz benzin püskürtme sistemidir. General Motor firmasının uygulaması bu yöneme örnek olarak gösterilebilir. Püskürtme basıncı tam yükte 12 at. mertebesindedir.

2.2. Püskürtme ile Karbüratör için Avantaj ve Dezavantajların Karşılaştırılması

2.2.1. Avantajlar

Karbürasyon sisteminde karışım teşkili emme strokunda yakıtın emilmesiyle sağlanmasına karşın, benzin püskürtme sistemlerinde yakıt, basınç altında emme kanalına, emme manifolduna veya doğrudan silindir içersine emme periyodunun belirli bir kısmında püskürtülür. Püskürtme yoluyla otto motorlarında karışım teşkilinin karbürasyona göre üstünlükleri şu şekilde sıralanabilir.

- 1- Karbürasyon sistemindeki venturiye gereksinim olmadığından motorun volümetrik verimi artar. Bunun sonucu olarak motorun max. gücünde %5÷10 arasında artış sağlanabilir.
- 2- Yakıt basınç altında püskürtüldüğünden, karbürasyon sistemine göre daha fazla pülverizasyon sağlanır. Yakıtın pülverizasyonunun artması, daha yüksek kaynama noktası olan yakıtların da kullanılabilme olanağını artırır. Sistemin yakıtı karşı hassasiyeti pek fazla değildir.
- 3- Emme manifoldu içersinde sürekli tutuşabilir karışımın bulunmaması, sistemin yangına karşı güvenilirliğini artırır.
- 4- Yüksek performanslı motorlarda (Sürekli püskürtme sisteminin dışında) subapların süper pozisyonunun artırılması suretiyle, silindirin içersindeki artık egzoz gazlarının süpürülmesi düzgünleştirilir. Süper pozisyon süresince yakıt henüz püskürtülmediği için, egzoz sistemine yakıtın kaçması söz konusu değildir.
- 5- Püskürtme sistemiyle silindir içersindeki karışım, buji tırnaklarında zengin ve uzak bölgelerde fakirleştirilip kademelendirilerek, ortalama değer olarak daha fakir karışımların yakılması sağlanır. Motor daha ekonomik çalışır.
- 6- Karbürasyon sisteminde görülen buzlanma, benzin püskürtme sistemlerinde söz konusu değildir.
- 7- Silindirlere eşit karışım tevzii, karbürasyon sistemine göre daha fazla hassasiyetle gerçekleşir.
- 8- Sıcak havalarda karbürasyon sisteminde görülen buhar tıkaçı, ralantide bozuk çalışma ve sıcak motorun ilk harekete geçirilmesindeki zorluk gibi mahsurlar, yakıt sistemindeki yüksek basınç nedeniyle benzin püskürtme sistemlerinde görülmez.

2.2.2. Dezavantajlar

- 1- Sistem karbüratörlere göre daha karmaşık ve hassastır.
- 2- Servis gereksinimi daha fazla hassasiyet gerektirir.
- 3- Karbüratöre göre benzin püskürtme sisteminin maliyeti daha yüksektir. 1960'larda benzin püskürtme metodu standart üretim araçlar için değil yüksek performans üretimi ve yarış arabaları için kullanılmaktaydı [2].

2.3. Yakıt Püskürtme Sistemleri

Karbüratörün ve püskürtme sistemlerinin görevi, motorun çalışma koşullarında gerekli optimum hava-yakıt karışımını sağlamaktır. Yakıt püskürtme sistemi tercih edilen metod olarak sunulmaktadır ve gelişimi, yakıt püskürtülmesinin ekonomi, performans, kullanım kolaylığı ve düşük egzoz emisyonları alanlarındaki sağladığı avantajlar nedeniyle hızlanmıştır. Yakıt püskürtme mükemmel derecede ölçüm, istenen çalışma ve yük koşullarında yakıt miktarının sağlanması ve egzoz emisyonlarında minimum değerler olması nedeniyle uygulanabilmektedir. Karışımın birleşimi düşük emisyonu sağlamak için kontrol edilir.

Her silindirin emme kanallarına ayrı ayrı yapılan püskürtme ile bütün motorun silindirlerine dağılacak şekilde emme manifolduna püskürtme birbirlerinden ayrılmaktadır. Silindire püskürtmede her yakıt püskürtülmesi doğru olarak zamanlanmalı böylece püskürtmenin emme veya sıkıştırma strokunda yer alması sağlanmalıdır. Ortak püskürtmede ise, yakıt, karbüratördeki gibi sürekli olarak belli sayıdaki silindirlere gönderilir. Silindire püskürtmeyi tartışırken öncelikle yakıt dağıtımının ilk görevi, her silindire üniform bir ölçüm yapması olduğu düşünülmelidir. Karbüratör çalışmasıyla kıyaslandığında, püskürtme, karışımın daha iyi dağıtılmasına yol açmaktadır.

Sıkıştırma sırasında ve sonrasındaki yüksek sıcaklığa ve silindirin dolması nedeniyle oluşan güçlü türbülansa bağlı olarak, hemen hemen bütün yakıt buharlaşır ve yükleme ve motor arasındaki hava kanallarında yoğunlaşma olmaz. Silindire püskürtme emme stroku sırasında en çok uygulanmaktadır ama bazen sıkıştırma strokunda püskürtme de tercih edilir.

Prensipite, Alman motorlarında kullanılabilirliği ispatlanmış olan seçim, emme havasına yakıt demetinin iyi dağılacak şekilde püskürtülme periyodunun seçimi ve emme hava akımına doğru açıda direkt olarak yakıtı göndermek, veya alternatif olarak, hava akımına karşı göndermektir.

Direkt olarak emme havasının akımına püskürtme çoğu durumda elverişsizdir. Püskürtme emme stroku sırasında erken başlamalıdır. İyi atomizasyon yüksek püskürtme basıncı gerektirir ama aşırı karışımın nüfuz etmesinden kaçınmak gerekir. Çünkü püskürtme emme strokunda düşük yoğunluktaki havaya yapılmakta ve silindir duvarına çarpan yakıt demetinin kötü karışım dağılımı ve yağlayıcının seyrrelmesine neden olmaktadır. Emme strokunun sonundaki geç püskürtmede de emme stroku sonundaki düşük hava hızı sebebiyle kötü karışım oluşumuna neden olur. Toplam püskürtme süresinin, püskürtmenin başlama anının belirlenmesi kadar önemli olduğu kanıtlanmıştır. Hava içindeki yakıtın dağıtımı süreç içinde ve yüksek hava hızlarında

püskürtmeye bağlıdır. Maksimum güç ve minimum tüketim 60° - 90° krank açılarındaki püskürtme periyodunda sağlanmaktadır. Püskürtmenin başlangıcının üst ölü noktadan 120° sonrasında daha geç olmasına izin verilmez, aksi halde güç kaybı ve yüksek yakıt tüketimi meydana gelir. Ayrıca, püskürtmeyi üst ölü noktadan 70° sonrasında erken yapmak da arzu edilmez. Süpürme nedeniyle yakıt kaybı, egzoz supabı püskürtme başladığında çoktan kapanmış olduğu için, bu püskürtme sürelerinde görülmez. Püskürtme çok geç başlamamalıdır, aksi halde buharlaşma sırasındaki soğuma nedeniyle silindir dolgusundaki iyileşme etkili olamaz. Tam yükte püskürtme süreci 80° - 100° krank açısı olabilirken, kısmi yükte ise daha kısadır. Örneğin, ralanti sırasında püskürtme süreci 30° krank açısı olarak deneylerde görülmüştür. Sıkıştırma strokundaki püskürtme araştırmaları, iyi karışım yapısının, 19° - 25° krank açısı (1000 d/d) püskürtme periyodunda yeterli türbülansın silindirde bulunması sırasında oluştuğunu göstermiştir.

2.3.1. Benzin Püskürtmede Yük Ayarı ve Karışım Kontrolünün Sağlanması

Karbürasyon sisteminde olduğu gibi benzin püskürtme sistemiyle karışım teşkilinde de güç ayarı silindire giren hava miktarını değiştiren gaz kelebeği yardımıyla sağlanır. İstenilen çalışma şartına uygun yakıt şevki ise bir regülatör vasıtasıyla gerçekleşir. Farklı püskürtme sistemlerinde, farklı dizayn tefarruatına rağmen, regülasyon sisteminin çalışma prensibi aşağıdaki şekilde özetlenebilir.

Motorun çalıştırıldığı şarta bağlı olarak değişen değerlerde karışım oranının sağlanması zorunludur. Bu nedenle herhangi bir çalışma şartı için sadece silindire giden hava miktarını değiştirerek motor gücünü kontrol etmek uygun değildir. Silindire giren hava miktarıyla birlikte püskürtülen yakıt miktarında değiştirilmesi zorunludur. Bu şartlar altında regülasyon sistemi; değişen hava miktarına uygun olarak yakıt miktarını değiştirmek ve ayrıca çalışma şartının gerektirdiği karışım oranını sağlamak görevlerini yerine getirmelidir.

Silindire giren hava miktarını ayarlayan gaz kelebeğinin konumuna bağlı olarak, kelebeğin silindirler arasındaki emme sisteminin basıncı değişir. Emme manifoldundaki basınç değişimi giren hava miktarını etkileyeceğinden püskürtülen yakıt miktarında uygun olarak değişimini sağlayabilmek için, manifold basıncı yakıt sistemine kumanda ettirilir.

Silindire giren hava miktarı, havanın sıcaklığından da etkileneceği için, manifold basıncının yanında, manifoldtan geçen havanın sıcaklık değişimi de yakıt sistemine etki ettirilerek her bir çevrimde püskürtülmesi gereken yakıt miktarı ayarlanır.

Benzin püskürtme sistemlerinde, karbürasyon sisteminde olduğu gibi; ilk harekete geçirmede, tam yükte çalışmada, boşta çalışmada ve motorun ivmelenmesinde gerekli olan karışım oranlarının sağlanabilmesi için yukarıda belirtilen, silindire girişteki havanın basınç ve sıcaklığı, motor soğutma suyunun sıcaklığı, motorun çalıştırıldığı devir sayısı gibi çalışma şartlarına bağlı değişen parametrelerin değişim oranlarından yararlanılır. Belirtilen çalışma şartlarında gerekli karışım oranları bazı sistemlerde tek enjektörle gerçekleştirirken, bazılarında ise ikinci bir enjektörün uygun zamanlarda devreye girmesi veya çıkarılmasıyla sağlanmaktadır.

2.3.2. Optimum Yakıt Tüketimi ve Maksimum Motor Çıkışı için Püskürtme Sistemi Kontrolü

Otto motorlarda, güç çıkışının düzenlenmesi genelde silindire giren hava miktarının artırılması ile elde edilir. Uygun yakıt miktarı mevcut hava miktarına uyuşacak şekilde ölçülür. Karbüratörde karışım oranının doğru düzeni hava akımının yarattığı basınç farkı ile sağlanır. Karbüratörde düzenleme aygıtları sadece doğrulama durumlarında kullanılır. Ancak, püskürtmeli Otto motorda tek regülatör vasıtasıyla her strokta yakıtın miktarının ölçülmesi istenir.

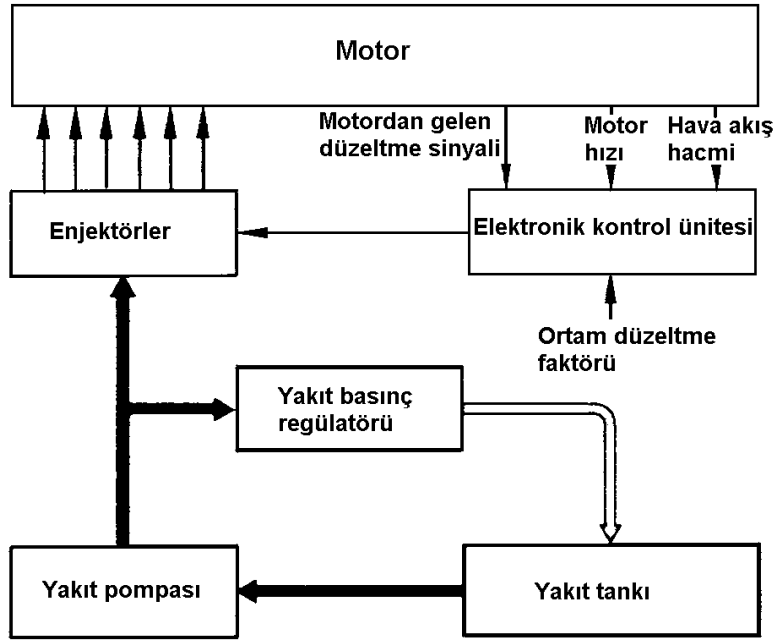
Motor çıkışının düzenlenmesi hava miktarının ayarı ile sağlanması gerekmez. Bu işlem yakıt miktarının değişken ve hava miktarının bağımlı değişken olarak alınmasıyla başarılır. Ancak, karbüratörlü motorlarda analog elde edilen koşullar alışılmış olarak gaz kelebeğinin çıkış regülatörü olarak kullanılması ile olur. Eğer sadece hava miktarına gelen yakıt oranının ölçümü konu olsaydı, düzenleme basit olabilirdi. Ama problem bu değildir. Motor çalışma işleminin özel içeriğine nazaran, farklı çalışma aralığında karışım oranlarının çeşitlendirilmesi gereklidir. Bu nedenle regülatör belli amaca sahiptir, ilk olarak hava/yakıt miktarlarının oranlanmasını sağlamak, ikinci olarak hava ve yakıtın karışım oranının düzenlenmesinin sürdürülmesidir. Bunun için, öncelikle, regülatörün çalışmasında emme manifoldundaki havanın basınç ve sıcaklığı göz önünde tutulmalıdır. Bu sırada silindir içinde kalan hava ağırlık oranındaki sapmalar düzeltme faktörü olarak ele alınmalıdır [8].

Yakıt püskürtme periyodunun süresi temelde hava akış sensöründeki kelebeğin pozisyonuna bağlıdır. Bu pozisyon motor hızıyla beraber kontrol ünitesine sağlanan temel unsurdur. Ayrıca, düzeltme sinyalleri çeşitli kaynaklardan çıkarılır, örneğin motor sıcaklığı (sıcaklık sensörü) ve tam yük ve ralantide gaz kelebeği pozisyonu (gaz kelebeği anahtarı). **Elektronik kontrol ünitesi** (EKÜ) püskürtme periyodunu ve püskürtülen yakıt hacmini belirlemek için bu girdilerin işlemini yapar.

2.4. Elektronik Kontrollü Yakıt Püskürtme

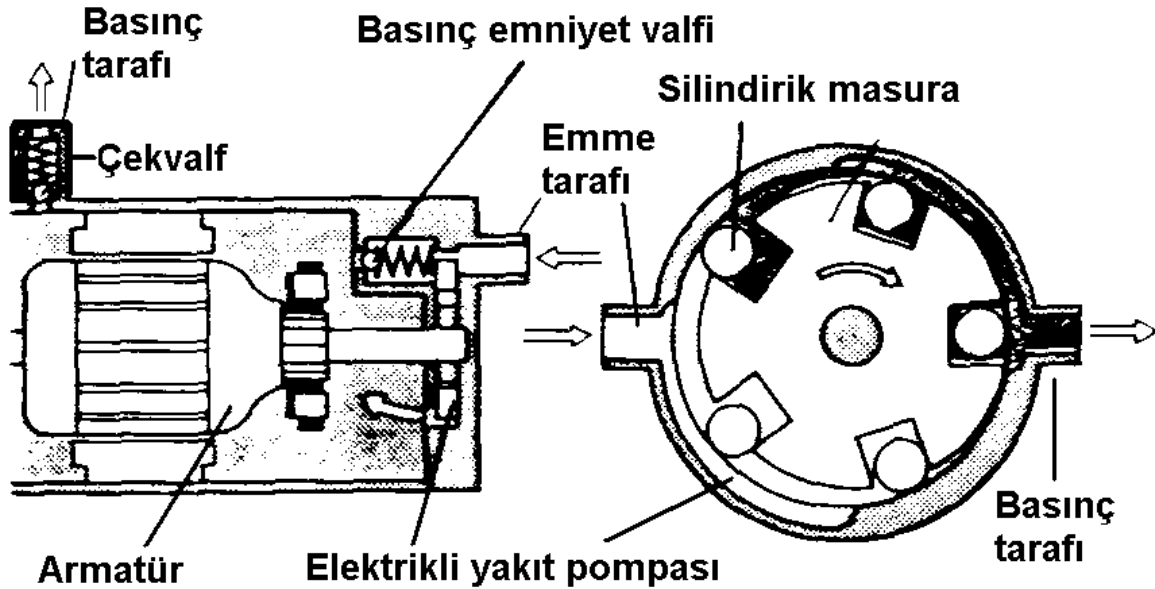
Püskürtme sistemi; yakıt besleme sistemi, hava debisi, ölçülmüş veri sensörleri (ısı duyarlı zaman anahtarı, sıcaklık sensörü) ve elektronik kontrol ünitesinden oluşur (Şekil 2.4).

Yakıt besleme sistemi; elektrik yakıt pompası, yakıt filtresi, basınç regülatörü, soğukta ilk hareket enjektörü (elektrikli başlatma valfi) ve yakıt pompasını açacak olan röleden oluşur. Hava akış sensörü, kontrol ünitesini içeri giren hava hacminden elde edilen bilgilerle destekler. Ölçüm sensörleri yakıt dağıtımı için gereken bütün değerleri belirler ve bunları kontrol ünitesine yollar. EKÜ; hava hacmi, sıcaklığı, gaz kelebeği pozisyonu, motor hareket ve çalışma hızının bilgilerini toplar. Bu bilgiler işleme tutulur ve püskürtme periyodunun uzunluğu hesaplanır ve enjektörlere elektrik sinyali olarak yollar.



Şekil 2.4 Elektronik yakıt püskürtme sisteminin şematik diyagramı.

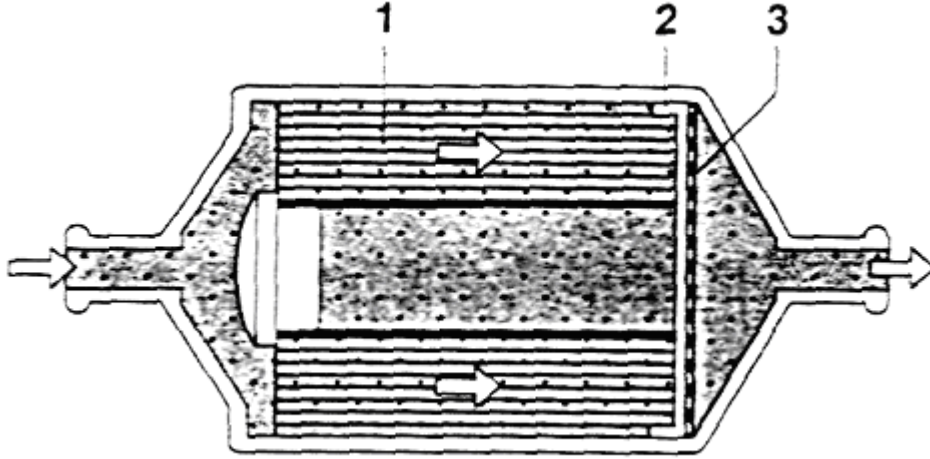
Yakıt pompası, yakıt besleme sisteminde, yakıtı tanktan alıp yakıt hattına ve enjektörlere giden hatlara gönderir. Yakıt basınç regülatörü yakıtı boru hattında ve motor tipine bağlı olarak enjektörlerde 2.5-3 bar seviyesinde sabit basınçta tutar. Dağıtım pompasından gelen fazla yakıt sıfır basınçta tanka geri döner.



Şekil 2.5 Elektrikli yakıt pompası.

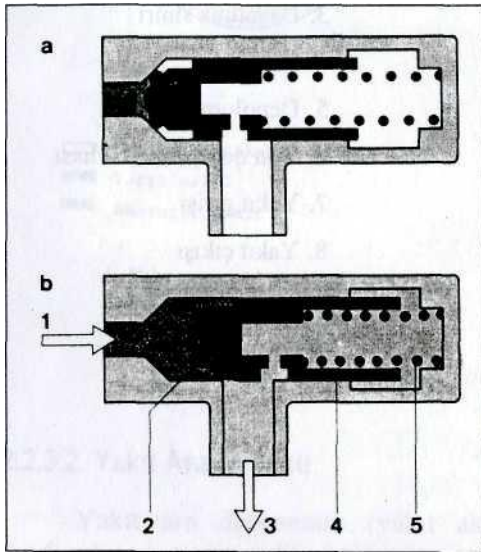
Yakıt pompası (Şekil 2.5) elektrik motoruyla kumanda edilen yakıtı daldırılmış silindirik masuralı tiptedir. Patlama riski taşımaz çünkü motor ve pompa muhafazalarında yanabilir hava-yakıt karışımı yoktur. Ateşleme başladığında, pompa sadece başlatma anahtarı çalıştığı sürece çalışmaktadır. Pompa kalıcı olarak, motor

çalışmaya başlamadıkça kontrol ünitesi tarafından kapalı tutulur. Eğer enjektör hatalı olursa ve motor çalıştığında olası zararlar oluşturabilirse, bu taşmayı önleyen güvenlik devresi silindirin yakıt ile dolmasını engeller. Yakıt pompasının dağıtım oranı motorun ihtiyacı olan maksimum yakıt miktarından yüksektir, böylece bütün çalışma durumlarında yakıt besleme sisteminde doğru basınç sağlanır ve buhar tıkaçı oluşmaz.



1 Kağıt filtre, 2 Süzgeç, 3 Destek levhası
Şekil 2.6 Yakıt filtresi.

Yakıt filtresi, yakıt içinde bulunan püskürtme sisteminin çalışmasına zarar verebilecek maddeleri filtreler. Filtre, ortalama $10\mu\text{m}$ boyutlu gözenek bulunan ve yün süzgeçle desteklenen kağıt eleman içerir (Şekil 2.6). Bu kombinasyon yüksek derecede filtreleme sağlar. Destek levhası filtreyi metal yuvasında korur. Filtre yakıt hattında yakıt akümülatörünün çıkışına konur.



a. Boş konumu
b. Çalışma konumu

1. Yakıt girişi
2. Conta (segman)
3. Geri dönüş
4. Piston
5. Basınç düzenleyici yay

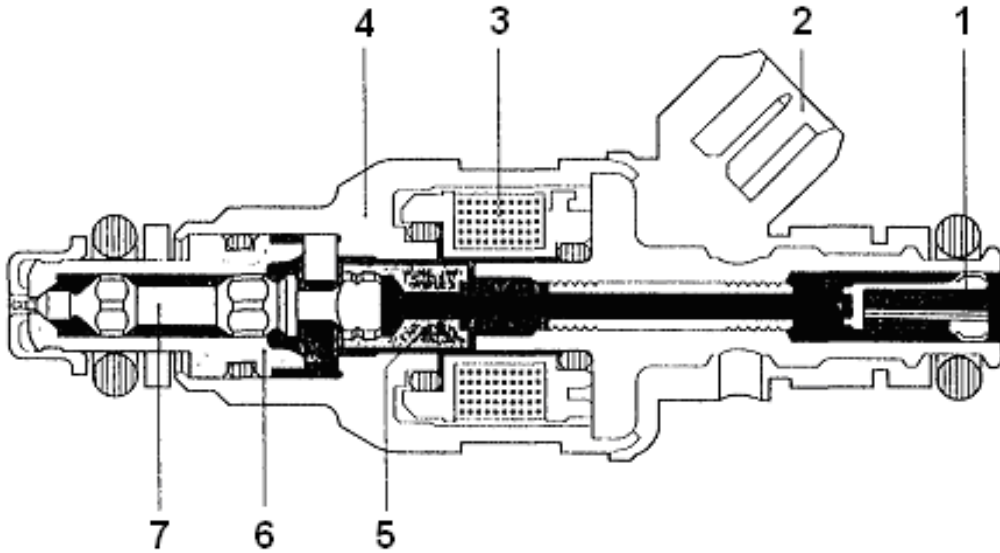
Şekil 2.7 Yakıt basınç regülatörü [6].

Basınç regülatörü (Şekil 2.7) Sistemdeki basınç düzenleyici (ayarlayıcı-

regülatör), yakıt donanımındaki yakıt basıncını sabit tutmaya çalışan bir elemandır. Regülatörün içindeki piston-yay düzeni yakıt basıncını 5 bar'lık bir basınç altında tutar.

Basınç düzenleyici , yakıt pompası sürekli yakıt bastığından, bir piston aracılığı ile geri dönüş kanalını açarak fazla yakıtın depoya geri dönmesini sağlar. Donanımdaki basınç, yakıt basıncı ve piston etkileyen yay kuvveti ile dengelenir. Pompa ihtiyaçtan az yakıt bastığında, devre basıncı düşeceğinden, yay pistonu iterek geri dönüş kanalını kısmen ya da tamamen kapatır. Basılan yakıt artıp basınç yükselmeye başladığında, yakıt basıncı yayın basıncını yenerek geri dönüş kanalının açılmasını sağlar. Bu yolla devredeki basınç sabit tutulur.

Motor stop edildiğinde yakıt pompası durur, devrenin basıncı düşer. Bu durumda basınç ayarlayıcı geri dönüş kanalını kapatarak devre basıncının belli bir süre düşmesini önler. Böylece, motorun kısa bir aradan sonra tekrar çalıştırılması kolaylaşır [6].

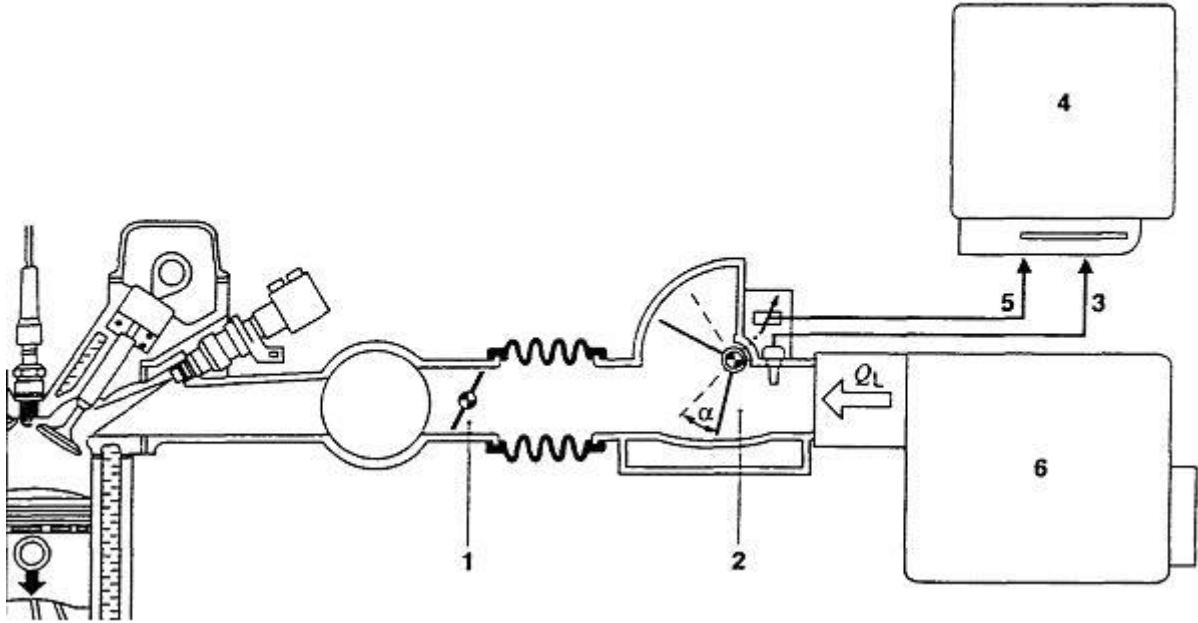


1 Yakıt girişinde filtre, 2 Elektrik bağlantısı, 3 Solenoid sargısı, 4 muhafaza,
5 Armatür, 6 Meme gövdesi, 7 Meme iğnesi
Şekil 2.8 Enjektör (Solenoid kumandalı yakıt püskürtme enjektörü).

Elektronik kontrollü enjektörler ölçülen yakıtı emme kanalına ve emme supabı üzerine püskürtür (Şekil 2.8). Her silindir kendi yakıt püskürtme enjektörüne sahiptir. Bunlar solenoid kumandalıdır ve elektronik kontrol ünitesinden gelen elektrik sinyalleri ile açılıp kapanır. Yakıt püskürtme enjektörü, gövdesi ve solenoid donanımlı iğneli memeden oluşur. Enjektör gövdesi solenoid sargısı ve iğneli meme kılavuzdan oluşur. Solenoid sargıdan akım geçmezken, iğneli meme helisel yay tarafından enjektör çıkışındaki yuvasında basılıdır. Akım geçtiğinde iğneli meme yaklaşık 0.1 mm yuvasından kalkar ve yakıt duyarlı halka delik arasından püskürtülür. İğneli memenin ön ucu yakıtı atomize edecek şekilde özel yapıdadır. İğnenin kalkıp inme süreci 1-1.5ms aralığındadır. İyi yakıt dağıtımını düşük

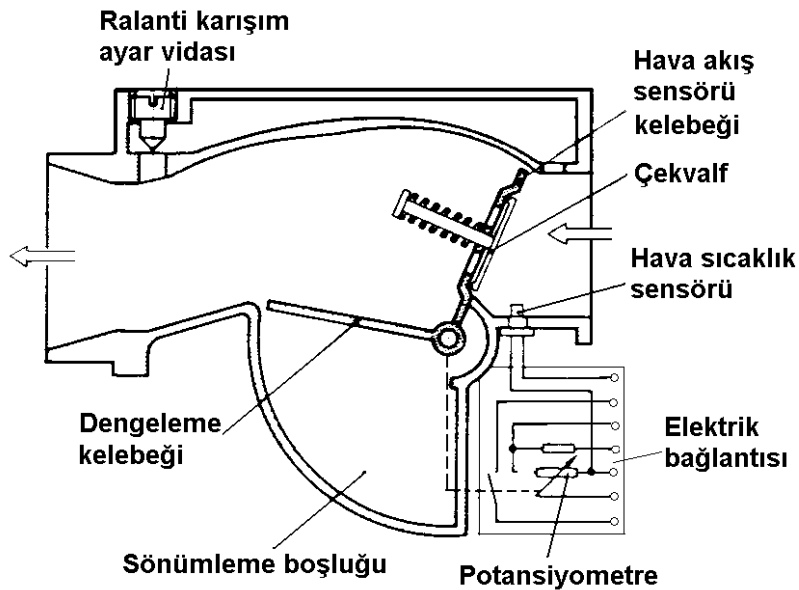
yoğunlaşma kaybı ile beraber sağlamak için, emme manifoldu duvarlarının ısıtılmasından kaçınmak önemlidir.

Hava akış sensörünün prensibi (Şekil 2.9) motora giren hava akımından çıkan kuvvetin ölçümüne dayanır. Hava akış sensöründe spiral yay tarafından kapalı tutulan eksen üzerinde dönen kelebek bulunur.



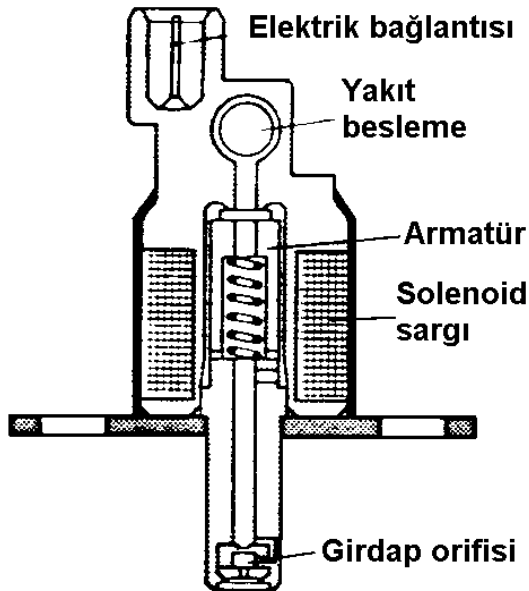
1 Gaz kelebeği, 2 Hava akış sensörü, 3 EKÜ'ye giden emme havası sıcaklığı sinyali, 4 EKÜ, 5 EKÜ'ye giden hava akış sensörü sinyali, 6 Hava filtresi, Q_L Emme havası miktarı, α Sapma açısı

Şekil 2.9 Emme sisteminde hava akış sensörü.

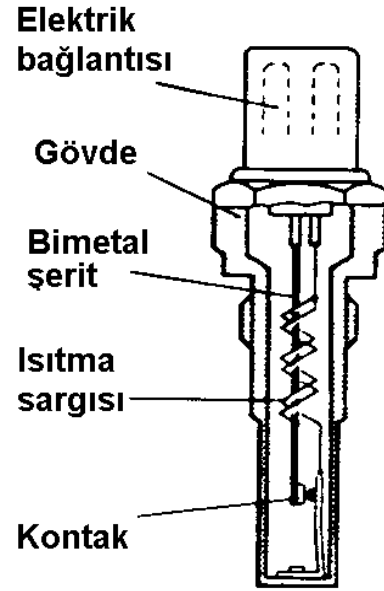


Şekil 2.10 Hava akış sensörü.

Hava akış sensörünün kelebeğine etki eden dönüş yayının kuvvetine karşılık, bir kuvvetin etki etmesi gerekir (Şekil 2.10). Emme hava akışı, kelebeği, daha fazla hareket etmesi yay tarafından engellenene kadar verilen açıya getirir. Bu açı değişken potansiyometreye transfer edilir ve temel elektrik sinyallerinden biri olarak kontrol ünitesine gönderilir. Sensör kelebek pozisyonuna minimumdan daha fazla etki olması halinde emme stroku esnasında oluşan emme sistemindeki dalgalanmaları önlemek için, dengeleme kelebeği rijit şekilde sensör kelebeğine eklenmiştir. Dengeleme kelebeği, ana kelebek yataklarına stabil olarak hava yastığına karşı bağlanmıştır ve mekanik dış etkilerden (titreşim, salıntı) ve hava akışındaki karşı basınçlardan sinyallerin etkilenmesinden kaçınmak için sönümleyici gibi davranır. Basınç dalgalanmaları iki kelebeğe de aynı etkileri verir ve kuvvetin momentleri birbirlerini dengeler, bu nedenle ölçüm etkilenmez. Sensör kelebeğin açısal pozisyonu potansiyometre tarafından voltaja çevrilir. Havanın ürettiği iş ve voltaj çıkışı arasında ters orantı olacak şekilde potansiyometre kalibre edilmiştir. Çek valf, hava akış ölçeri, motorda geri tepme gibi ani karşı basınç yükselmelerinin neden olacağı zarardan korur.



Şekil 2.11 Soğukta ilk hareket enjektörü

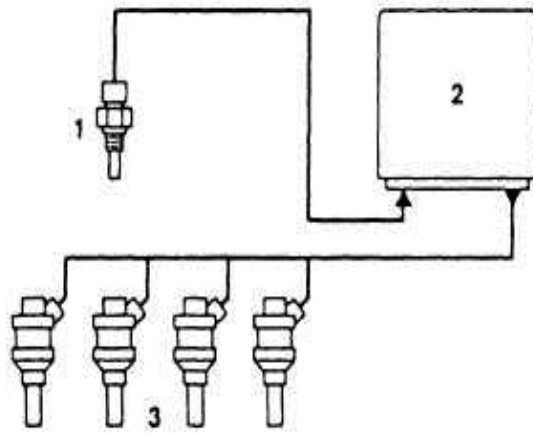


Şekil 2.12 Termik zaman anahtarı

Soğukta ilk hareket enjektörü (elektrikli başlatma enjektörü, Şekil 2.11) soğuk motor çalıştığında karışımı ek yakıt vererek zenginleştirir. Bu enjektör solenoid kumandalıdır. Solenoid sargısı enjektörün içine yerleştirilmiştir. Nötr pozisyonda, helisel yay hareket edebilen solenoid armatürü sızdırmazlık elemanına doğru bir baskı uygular, böylelikle enjektörü kapatır. Akım solenoidden geçtiğinde armatür yuvasından kalkar ve armatürün kenarlarından memeye yakıt helezon şeklinde dönerek akar. Helezon meme yakıtı çok iyi atomize eder ve sonuçta emme manifoldunda havaya yakıt katarak zenginleştirir. Soğukta ilk hareket enjektörü emme manifoldunun üstüne, bütün silindirlere hava-yakıt karışımının arzu edilen dağılımının sağlanacağı şekilde, monte edilir.

Termik zaman anahtarındaki (Şekil 2.12) elektrikle ısıtılan bimetalik eleman soğukta ilk hareket enjektörünü kontrol eder. Anahtar, motor sıcaklığına bağlı olarak

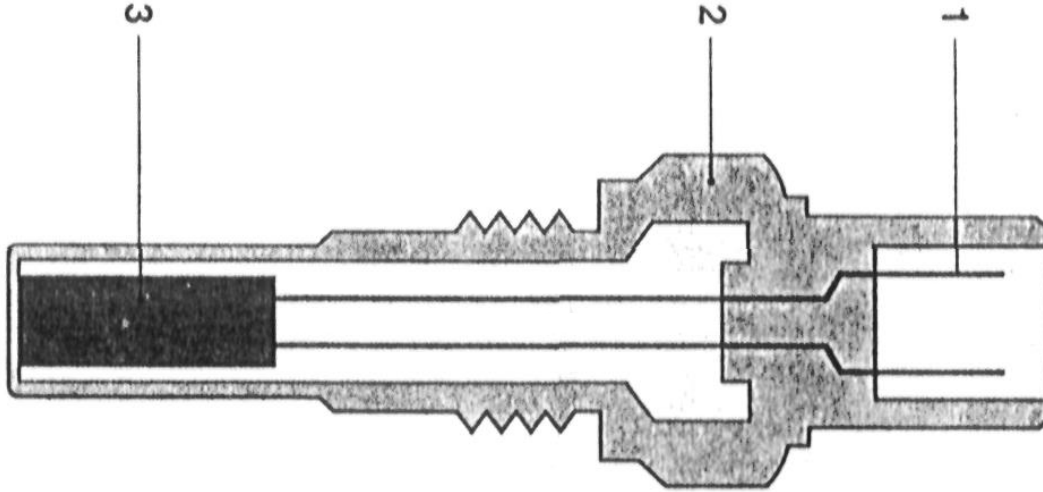
soğukta ilk hareket enjektörünün püskürtme süresini sınırlar. Elektrikle ısıtılan bimetal bir anahtardır ve sıcaklığına göre kontağı açıp kapatır. Ateşleme ve ilk hareket anahtarları yoluyla kontrol edilir. Termik zaman anahtarı motor sıcaklığı gösterge konumuna bağlıdır. Tekrarlanan başlama girişimi durumunda veya başlama çok uzun sürerse soğukta ilk hareket valfi püskürtmeyi durdurur. Açık kalma süreci, kendi elektrik ısıtıcısı yanında motor ısısı tarafından da ısıtılan termik zaman anahtarı tarafından belirlenir. Elektriki ısıtma her koşulda soğukta ilk hareket enjektörünün açık kalma süresinin sınırlanması ve motorda yakıt taşmasının önlenmesi için gereklidir. Gerçek soğukta çalışma anında ısıtma sargısı tarafından üretilen ısı temelde açık kalma süresi için sorumludur (kapanma, örneğin, yaklaşık 7.5 s sonra 20 °C sıcaklıkta olur). Sıcak motorda termik zaman anahtarı motor ısısıyla ısınmıştır, böyle bir durumda açık kalıp soğukta ilk hareket enjektörünün çalışmasını engeller.



1. Sıcaklık sensörü 2. Kumanda cihazı 3. Enjektörler

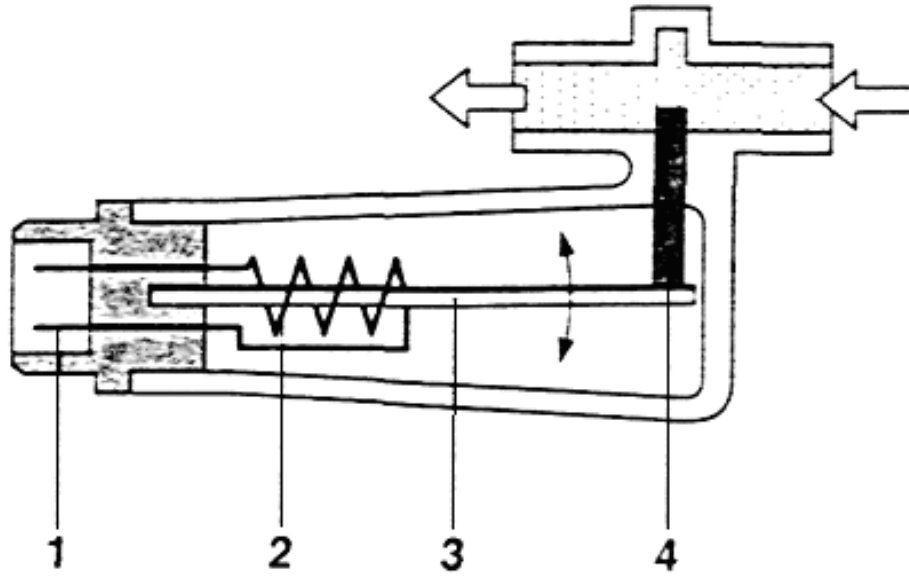
Şekil 2.13 Isınma evresinde karışım zenginleştirme evresi[6].

İlk hareketten sonra motorun ısınma evresi başlar. Bu dönemde yakıtın ağır kısmı, yoğunlaşma sonu olan 60°C' ye kadar, silindir çeperinde yoğunlaşmaya devam eder. Yoğunlaşan yakıt (benzin) silindir çeperindeki yağ filmini yırtarak sürtünme direncinin artmasına neden olur. Ayrıca, soğukta ilk hareket enjektörü de henüz ek yakıt vermediğinden, motor devri düşmeye başlar. Bu durumda artan iç direnci yenerek normal çalışmayı sürdürebilmek için yakıtça zengin karışıma ihtiyaç vardır. İlk hareketten hemen sonra, ısınma evresinin ilk aşamasında, örneğin - 20°C'de, motor tipine ara 2-3 katı fazla yakıt gereksinim vardır. İlk hareket sonrası zenginleştirme için gerekli ara ortalama 20 saniyedir. Bu dönemde karışım, normale göre, sıcaklığa bağlı olarak % 30-60 arasında yakıtça zenginleştirilir. Isınma evresi sona erdiğinde, sıcaklık artışına paralel olarak motora daha az yakıt gider. Şekil 2.13'de, motorun ısınma döneminde yakıt zenginleştirme devresi görülmektedir. Zenginleştirme, motor soğutma suyu sıcaklık sensörü ile gerçekleştirilir. Bir dirençten oluşan sensörde, direncin değeri motor sıcaklığı arttıkça azalır. Sensör, motor soğuk iken püskürtme zamanını, kumanda cihazı aracılığı ile uzatarak daha fazla yakıt püskürtülmesini sağlar. Motor ısındıkça püskürtme zamanı kısılır; yakıtın silindirlerde yoğunlaşma sıcaklığı aşıldığında ise normal püskürtme evresi başlar[11].



1 Elektrik bağlantısı, 2 Muhafaza, 3 NTC direnç (NTC rezistör)
Şekil 2.14 Motor sıcaklık sensörü.

Motor sıcaklık sensörü (Şekil 2.14) motorun sıcaklığını ölçer ve bunu EKÜ için elektrik sinyaline çevirir. Hava soğutmalı motorlarda motor bloğu üzerine monte edilir. Su soğutmalı motorlarda soğutucuya bağlanır. Sensör, detaylı motor sıcaklığını EKÜ'ye direnç değeri olarak rapor eder. Ekü ilk hareket ve ısınma süreçlerinde püskürtülecek yakıt miktarını ayarlar. Sıcaklık sensörü, vidalı kaba gömülmüş Negatif Sıcaklık Katsayı (NTC) rezistöründen oluşur. Sıcaklık arttığında rezistörün yarı iletken elektrik direnci düşer.



1 Elektrik bağlantısı, 2 Elektrikli ısıtma elemanı, 3 Bi-metalik şerit, 4 Delikli levha
Şekil 2.15 Elektrikle ısıtılan yardımcı hava tertibatı.

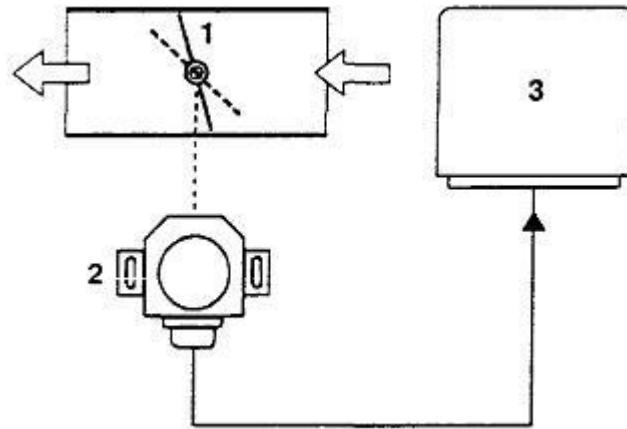
İç sürtünmeleri yenmek için ralantide soğuk motor tarafından daha fazla güç üretilmelidir. Bu nedenle ısınma sürecinde motor çok fazla hacimde hava-yakıt karışımına ihtiyaç duyar. Hava ek bir hava valfinden elde edilir ve kontrol ünitesi gerekli ek yakıtı enjektörlere ayırır. Yardımcı hava tertibatı, bimetalik şerit tarafından harekete geçirilen ve bypass kanalının kesitini kontrol eden delikli levhayı birleştirir

(Şekil 2.15). Delikli levhanın açtığı bypass kesidi motor sıcaklığı tarafından belirlenir, böylelikle soğukta ilk harekette bypass açıklığı yardımcı hava ihtiyacı için yeterlidir. Açıklık motor sıcaklığının artmasıyla durmadan kapanır ve sonunda tamamen kapanır. Bimetalik şerit elektrikle ısıtılır ve bu açılma süresini sınırlar, motor sıcaklığına bağlı olan ilk ayarlardan başlar. Yardımcı hava tertibatı motor sıcaklığını anlayacak şekilde motor üstünde en iyi pozisyonudadır. Motor sıcakken görevi yoktur. Motor normal çalışma sıcaklığındayken yardımcı hava valfinin etkilenmesi engellenmiştir.

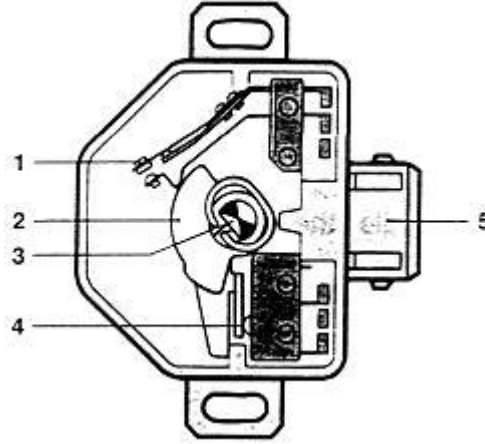
Kısmi yük motorun çoğunlukla çalıştığı aralıktır. Bu aralık için yakıt ihtiyaç eğrisi EKÜ'de programlanmıştır ve sağlanacak yakıt miktarını belirler. Eğri kısmi yükte motorun yakıt tüketiminin düşük olmasını sağlayacak şekildedir.

İvmelenme sırasında sistem motora gereken ek yakıtı ölçer. Gaz kelebeği aniden açılırsa, hava- yakıt karışımı bir an için fakirleşir ve iyi bir karşılık sağlamak için kısa bir süre karışım zenginleştirilmesi gerekir. Gaz kelebeğindeki bu ani açılma ile, yanma odasına giren havanın miktarı, manifold basıncını yeni seviyeye arttırmak için gereken hava miktarı ile birleşip hava akış sensöründen geçer. Bu sensör levhasının fazla salınmasına neden olur ve sonucunda motora daha fazla yakıt gitmesi (ivmelenme zenginleşmesi) ve iyi ivmelenme karşılığı sağlar. Bu ivmelenme zenginleşmesi ısınma aşamasında yeterli değildir. Kontrol ünitesi ayrıca bu çalışma modu sırasında sönsör kanadının yönünün değiştiği hızda sinyalleri değerlendirir.

Tam yük zenginleştirmesinde kısmi yüke göre daha fazla hava-yakıt karışımı zenginleştirilmelidir ve motor maksimum torku momenti yükte verir. Kısmi yükte minimum yakıt tüketimi ve düşük emisyon için yapılan ayara ters olarak tam yükte hava-yakıt karışımını zenginleştirmek önemlidir. Bu zenginleştirme elektronik kontrol ünitesinde motora özgü şekilde programlanır. Yük koşulundaki bilgi kontrol ünitesine gaz kelebeği anahtarı tarafından verilir.



1 Gaz kelebeği, 2 Gaz kelebeği anahtarı, 3 EKÜ
Şekil 2.16 Ralanti/Tam yük düzeltmesi.

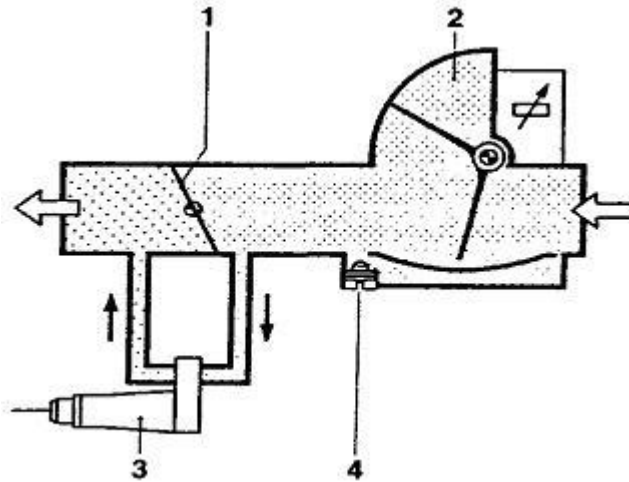


1 Tam yük kontağı, 2 Dış hat kılavuzu, 3 Gaz kelebeği mili, 4 Ralanti kontağı, 5 Elektrik bağlantısı

Şekil 2.17 Gaz kelebeği anahtarı.

Gaz kelebeği anahtarı (Şekil 2.16 ve 2.17) ralanti ve tam yük gaz kelebeği pozisyonlarını kontrol ünitesine bildirir. Gaz kelebeği bölgesine bağlanır ve gaz kelebeği mili tarafından harekete geçirilir. Dış hat kılavuzu bir uçta ralanti kontağını ve diğer uçta tam yük kontağını kapatır. Uygun kontaklar kapalıyken bir sinyal kontrol ünitesine gönderilir, böylelikle püskürtme periyodunun uzunluğu ralanti ve tam yükte çalışma koşuluna uyacak şekilde değişebilir [9].

Ralanti hızının kontrolü için, hava-akış sensörü, küçük bir miktar havanın sensör kelebeğini by-pass edebildiği ayarlanabilir bypass içermektedir. Ayarlanabilen ralanti karışım ayar vidası by-pass kesidini değiştirerek, hava-yakıt oranının belirlenmesine veya karışım zenginleştirilmesine izin verir (Şekil 2.18). Ralantide yumuşak bir çalışma sağlamak için ralanti hız kontrolü ralanti hızını artırır. Bu ayrıca motorun daha hızlı ısınmasını sağlar. Motor sıcaklığına bağlı olarak, gaz kelebeği çevresinde bypass şeklinde elektrikle ısıtılan yardımcı hava tertibatı motora daha fazla hava sağlanmasına izin verir.



1 Gaz kelebeği, 2 Hava akış sensörü, 3 Yardımcı hava tertibatı, 4 Ralanti karışım ayar vidası

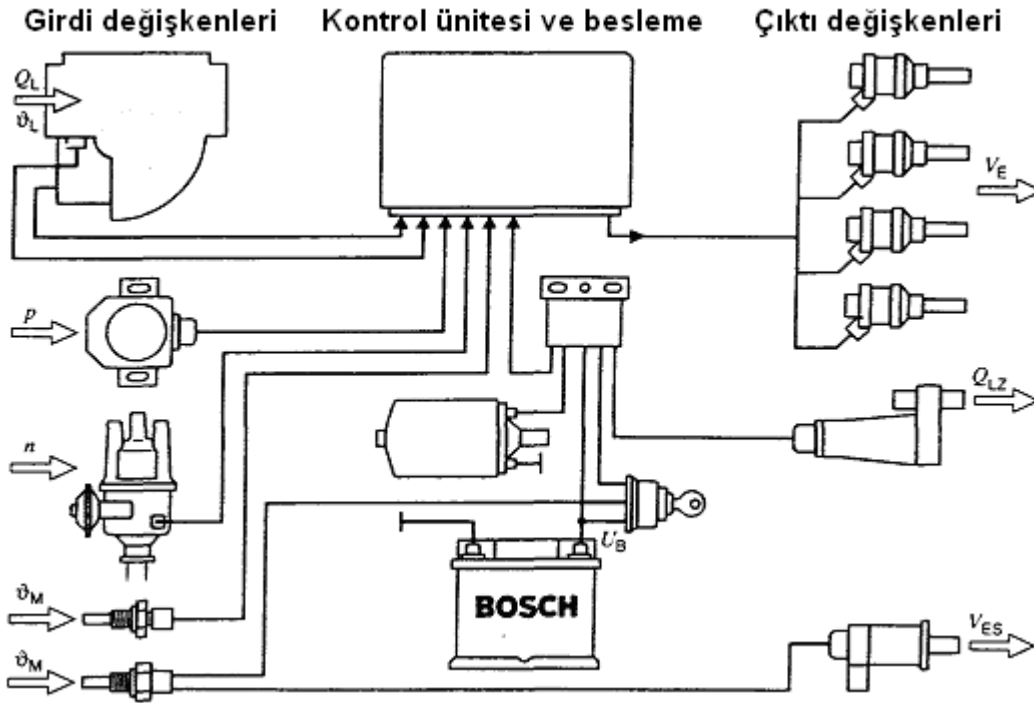
Şekil 2.18 Ralanti hız kontrolü.

Elektronik kontrol ünitesi (EKÜ) (Şekil 2.19) motor çalışma koşullarıyla ilgili çeşitli sensörlerden gelen verileri değerlendirir ve kontrol sinyali oluşturur. Sensörler motorun çalışma modunu algılar ve bu koşulları kontrol ünitesine elektrik sinyali olarak yollar. Sensörler ve EKÜ **kontrol sistemini** oluşturur.

Motorun çalışma durumunu karakterize eden ölçüm değişkenleri şunlardır:

- 1) Temel ölçüm değişkenler.
- 2) Düzeltme için ölçülen değişkenler.
- 3) Hassas düzeltme için ölçülen değişkenler.

EKÜ bütün ölçülen değişkenleri beraber değerlendirir, böylece motor çalışma durumları için gerekli net yakıt miktarı ile beslenir. Bu da optimum kullanım kolaylığı sağlar.



Şekil 2.19 EKÜ'de sinyaller ve kontrol değişkenleri.

Q_L emme hava miktarı, V_L hava hızı, n motor hızı, P motor yük aralığı, V_M motor sıcaklığı, V_E püskürtülen yakıt miktarı, Q_{LZ} yardımcı hava, V_{ES} başlatma için artırılabilecek yakıt, U_B araç sistem voltajı.

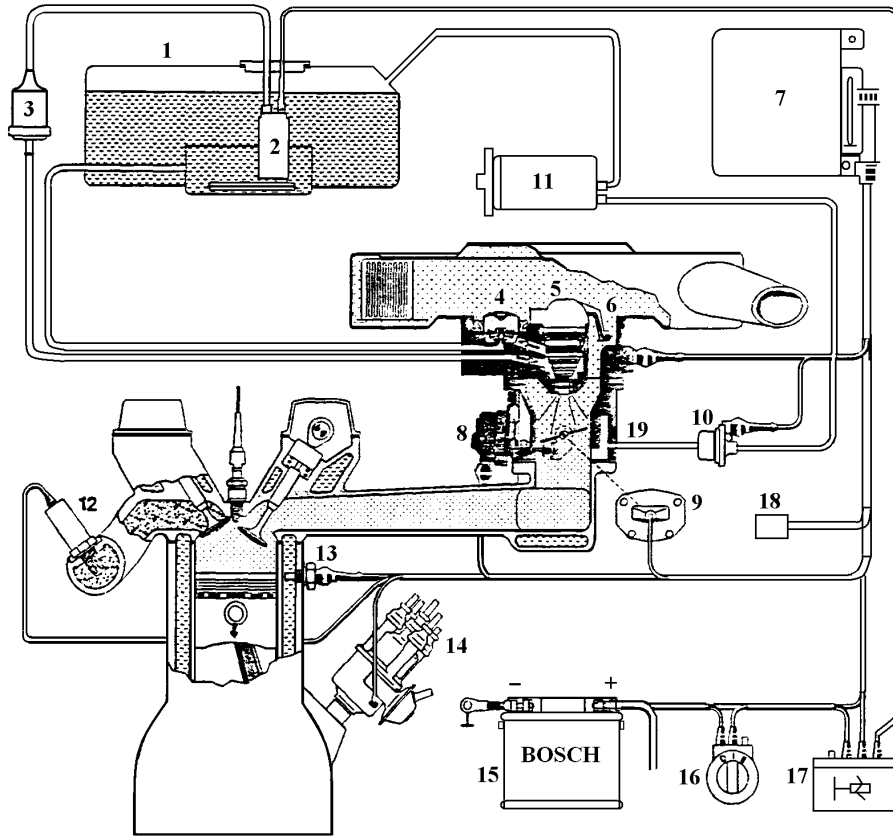
Temel ölçüm değişkenleri motor hızı ve motora alınan hava miktarıdır. Bunlar motor yüküne bağlı olarak ölçülen ve strok başına düşen hava miktarını belirler.

Düzeltme için ölçülen değişkenlerde, karışım, soğukta ilk hareket ve ısınma ve normal işletim şartındaki çalışmadan sapan değişik yük koşullarına uyum sağlamalıdır. İlk hareket ve ısınma koşulları, motor sıcaklığını kontrol ünitesine ileten sensörler tarafından algılanır. Çeşitli yük koşullarının düzeltilmesi için yük aralığı

(ralanti, kısmi yük, tam yük) kontrol ünitesine gaz kelebeği anahtarı tarafından gönderilir.

Hassas düzeltme için ölçülen değişkenlerde, farklı çalışma aralıkları ve etkileri optimum kullanım davranışı sağlamak için dikkate alınır. Sensörler, ivmelenmeye geçiş durumunu, maksimum motor hızı sınırlandırılması ve aşırı işletme süreci için verileri belirler. Sensör sinyalleri bu çalışma aralıklarında birbirleriyle özel bir ilişkiye sahiptir. Kontrol ünitesi bu ilişkileri tanır ve enjektörlerin püskürtme kontrol sinyallerini kontrol eder.

2.5. Mono-Jetronic



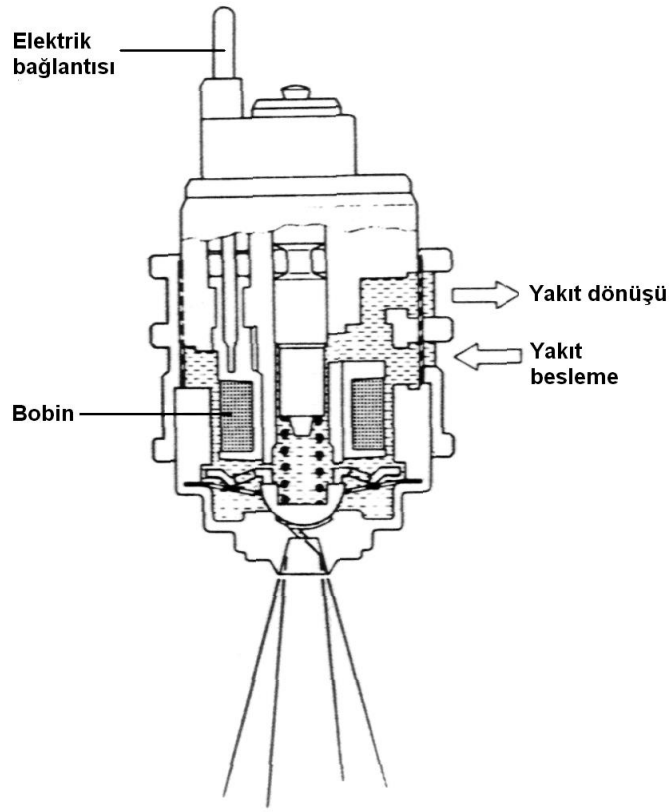
Şekil 2.20 Mono-Jetronic şematik diyagramı.

1 Yakıt tankı, 2 Elektrikli yakıt pompası, 3 Yakıt filtresi, 4 Yakıt basınç regülatörü, 5 Solenoid kumandalı yakıt enjektörü, 6 Hava sıcaklık sensörü, 7 EKÜ, 8 Gaz kelebeği çalıştırıcısı, 9 Gaz kelebeği potansiyometresi, 10 Kanister boşaltma valfi, 11 Karbon kanister, 12 Lambda oksijen sensörü, 13 Motor sıcaklık sensörü, 14 Ateşleme distribütörü, 15 Akü, 16 Ateşleme başlatma anahtarı, 17 Röle, 18 Tanı bağlantısı, 19 Merkez püskürtme ünitesi.

Mono-Jetronic elektronik kontrollü düşük basınçlı tek nokta püskürtme sistemidir. Solenoid kumandalı yakıt enjektörü 4 silindirli motorlar için gaz kelebeğinin üzerindeki merkeze yakıt püskürtür. Ekonomik bir sistemdir ve küçük ve orta büyüklükteki araçlara uygundur. Sürüş koşulları değiştiğinde ve motor eskidiğinde,

Mono-Jetronic lambda kapalı çevrim kontrolü kullanarak doğru hava yakıt karışımını sağlar. KE ve L-jetronic gibi emme kanalına püskürtme sistemleri her silindire ayrı bir enjektör verirken, Mono-Jetronic tek bir merkeze konan solenoid kontrollü püskürtme valfini bütün motor için görevlendirir.

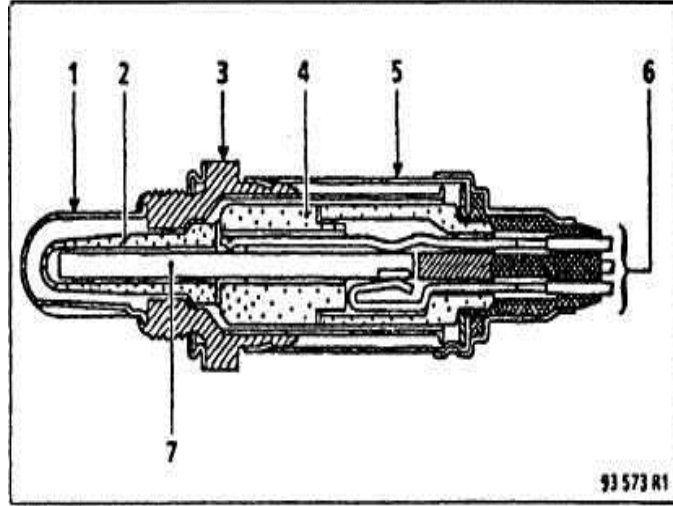
Mono-Jetronic sisteminin kalbi merkezi püskürtme ünitesidir (Şekil 2.20). Gaz kelebeği üzerine kesintili püskürtme için tek solenoid kumandalı enjektör kullanır. Yakıt emme manifoldundan her bir silindirlere dağılır. Değişik yapıdaki sensörler motor çalışmasını izlemek ve optimum karışımın sağlanması için ana kontrol parametrelerini düzenlemek amacıyla kullanılır. Bunlar gaz kelebeği açısı, motor hızı, motor ve emme havası sıcaklığı, gaz kelebeği pozisyonları (ralanti veya tam yük), egzoz gazının arta kalan oksijen içeriği ve (aracın ekipman seviyesine bağlı olarak) otomatik şanzıman, klima ayarları ve kavrama- kompresör gibi verileri içerir.



Şekil 2.21 Düşük basınçlı enjektör.

Bütün silindirler tek enjektörden beslendiği için, her çevrimde püskürtülen hacim fazladır, bundan dolayı tek delik ünitesi yetersiz olmaktadır. Bu nedenle, enjektörün ucunda (Şekil 2.21) 6 adet açılı radyal delik bulunup konik bir püskürtme hüzmesi oluşturur. Bu iki parçaya ayrılır ve her biri gaz kelebeği ile yatağı arasında açılan hilal şeklindeki açıklığa yönlendirilmiştir. Püskürtme karakteristiği, hareketleri kontrol eden bir plaka ve girdap etkisinin birleşimi ile en iyi şekilde kullanılmaktadır.

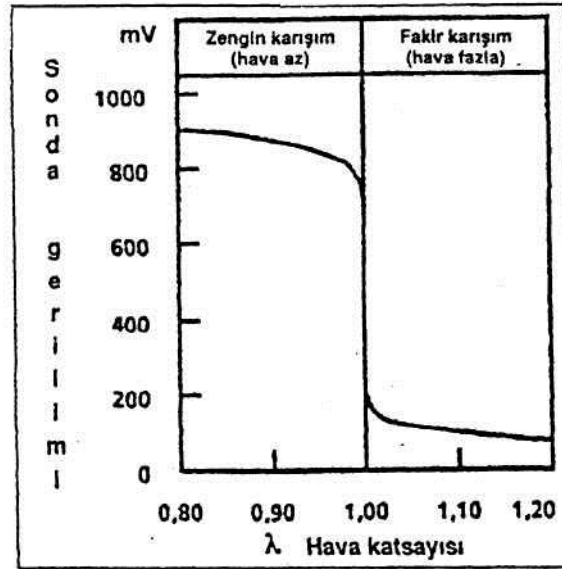
Motor hız sinyali ateşleme sistemi ile sağlanır. Diğer sensörler motor hızı ve hava sıcaklığı sinyallerine bağlı olarak gaz kelebeği potansiyometresi dahilinde hava akış debisini belirler. Hava sıcaklık sensörü, gaz kelebeğine doğru hava geçiş



Şekil 2.23 Sistemde kullanılan lamda sondası (oksijen sensörü) [4]

1 Koruyucu manşon, 2 Seramik gövde, 3 Metalik koruyucu, 4 Seramik duvar, 5 Koruyucu duvar, 6 Elektrik bağlantısı, 7 Isıtıcı eleman (elektrot).

Lamda kontrol devresinde kullanılan oksijen sondası (sensörü) egzoz manifolduna yerleştirilmiş olup, egzoz gazındaki O_2 miktarını gerilim olarak elektronik beyine verir. Sensörün, seramik gövdesinin dış bölümü daha önce açıklandığı gibi, egzoz gazı ile, iç bölümü ise dış atmosferle temaslıdır (Şekil 2.23).

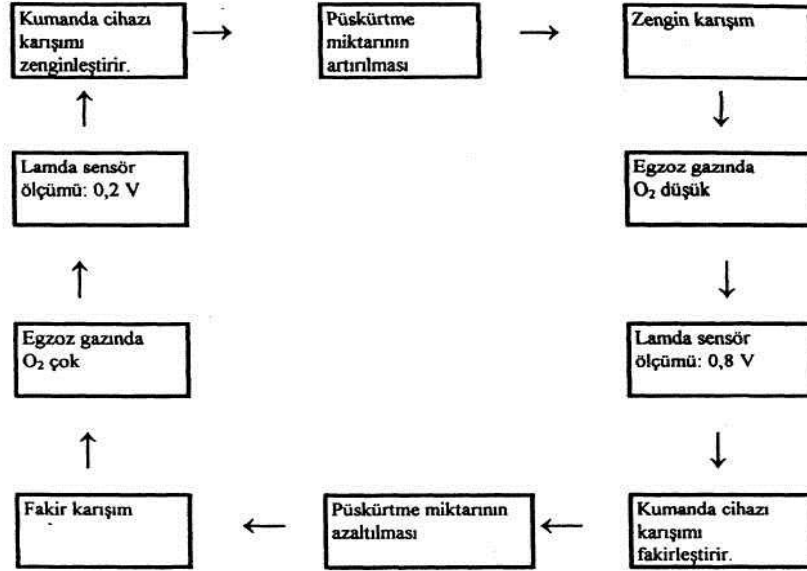


Şekil 2.24 Hava fazlalık katsayısı ile oksijen sondası gerilimi arasındaki ilişki ve gerilim değerleri [4]

Sondanın çalışma sıcaklığı, kullanılan seramiğin özelliğine bağlı olmakla birlikte 250°C 'dir. Çalışma sırasında seramiğin iki tarafındaki oksijen miktarı aynı değilse, bu iki yüzey arasında, **Şekil 2.24??(OKUnması gerekli)'de** görüldüğü gibi, elektrik gerilimi oluşur. Bu gerilim, egzoz gazındaki oksijen miktarının elektriksel bir

göstergesi olup, elektronik beyinde, püskürtme zamanlamasının düzenlenmesinde kullanılır. Bazı sondalar, sondanın etkisini çabuklaştırmak için, kontak sonrası + akım ile beslenen ısı direnciyle donatılmışlardır.

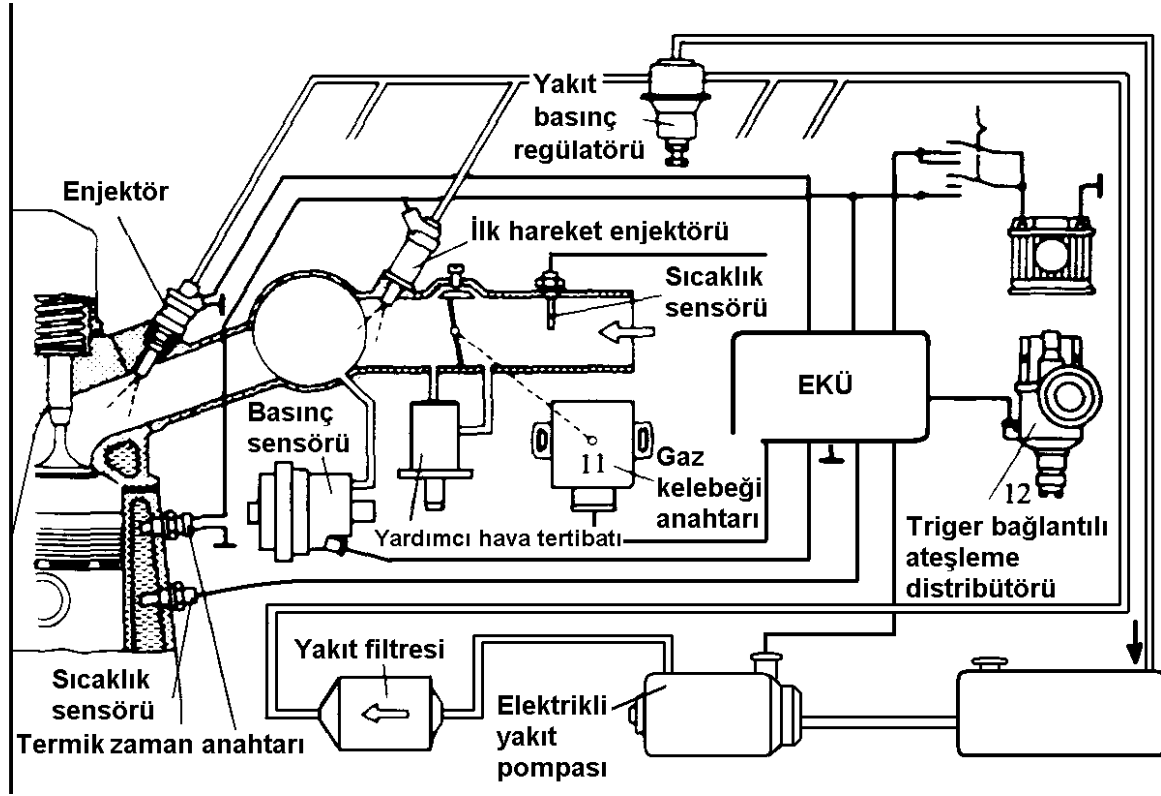
Motora sevk edilen karışımdaki hava fazlalık katsayısı ile oksijen sondası elektriksel gerilim arasındaki ilişki Şekil 2.24'te gösterilmiştir.



Şekil 2.25 Elektronik beyin ve lamda kontrolü ile karışım oranının düzenlenmesi

Lamda kontrolü ile karışım oranı, $HFK = 1$ koşuluna göre, teorik karışım oranına yakın sınırlar içinde ayarlanabildiğinden egzozdaki kirleticiler en aza indirilmekte, yakıt tüketimi azaltılmakta, sürüş rahatlığı-konforu sağlanmakta, en önemlisi, egzoz sisteminde katalizör kullanma mümkün olmaktadır. Şekil 2.25'de, bu tür düzenleme (regülasyon) ile karışım oranını ayarlama süreci görülmektedir.[4]

2.6. D-Jetronic



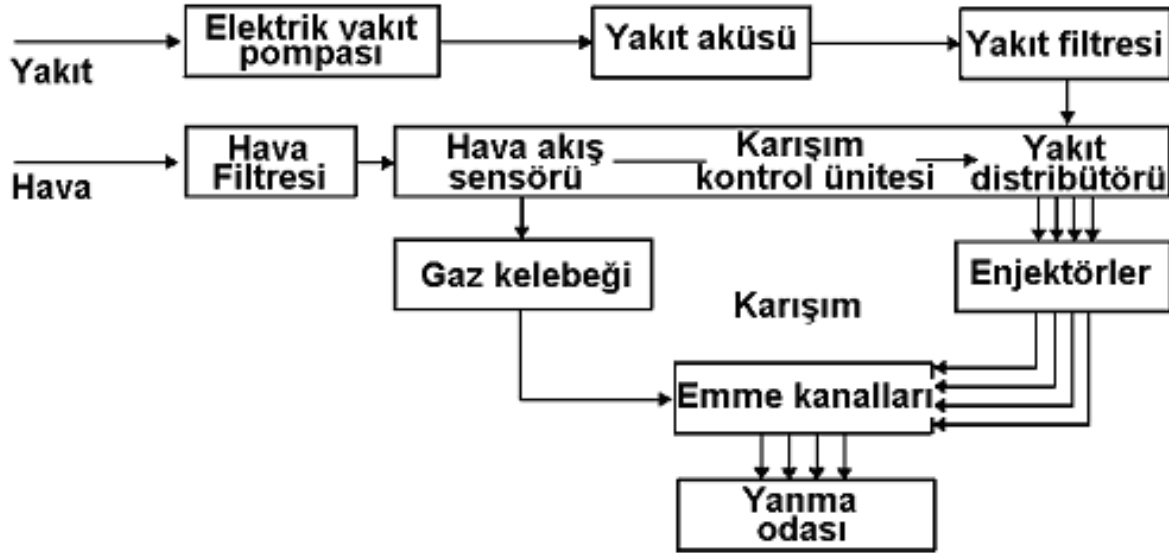
Şekil 2.24 D-Jetronic şematik diyagramı.

D-Jetronic, basınç sensörü ile elektronik kontrollü bir sistemdir. Şekil 2.24, motor hava debisinin hesaplanmasında kullanılan motor hızı, manifold basıncı ve hava sıcaklığının kullanıldığı hız-yoğunluk sistemini göstermektedir. Elektrikli yakıt pompası, yakıtı bir filtreden yakıt hattına dağıtır. Basınç regülatörü enjektörlerdeki sabit basınç düşüşüne bağlı olarak hattaki basıncı sabit bir değerde tutar (270 kN/m^2). Fazla yakıt depoya geri döner.

Sargılardaki uyarı süresi veya genişliği elektronik kontrol ünitesi tarafından ayarlanır. Hız-yoğunluk sisteminde, EKÜ'ye gelen girdilere göre alınan çıktılar manifold basınç sensöründen, motor hız sensöründen (genelde distribütörle bütün olarak) ve hava sıcaklığının algılandığı emme manifolduna yerleştirilen sıcaklık sensörü ile motor bloğundaki soğutma suyu sıcaklığının ölçüldüğü (ilk hareket ve ısınma süreci için sağlanan zengin karışımın sağlandığı) sıcaklık sensörlerinden alınan bilgilerdir. EKÜ enjektör solenoidini uyaran sinyali biçimlendirir. Sinyal genişliği öncelikle manifold basıncına bağlıdır, bu aynı zamanda hava sıcaklığındaki değişime bağlı olarak hava yoğunluğundaki değişim ile hıza göre volümetrik verimdeki değişime de bağlıdır. Kontrol ünitesi, gaz kelebeği sensörü tarafından algılanan, soğukta ilk hareket ve ivmelenme süresince gerekli zengin karışım ihtiyacını düzenler [11].

2.7. K-Jetronic ve KE-Jetronic

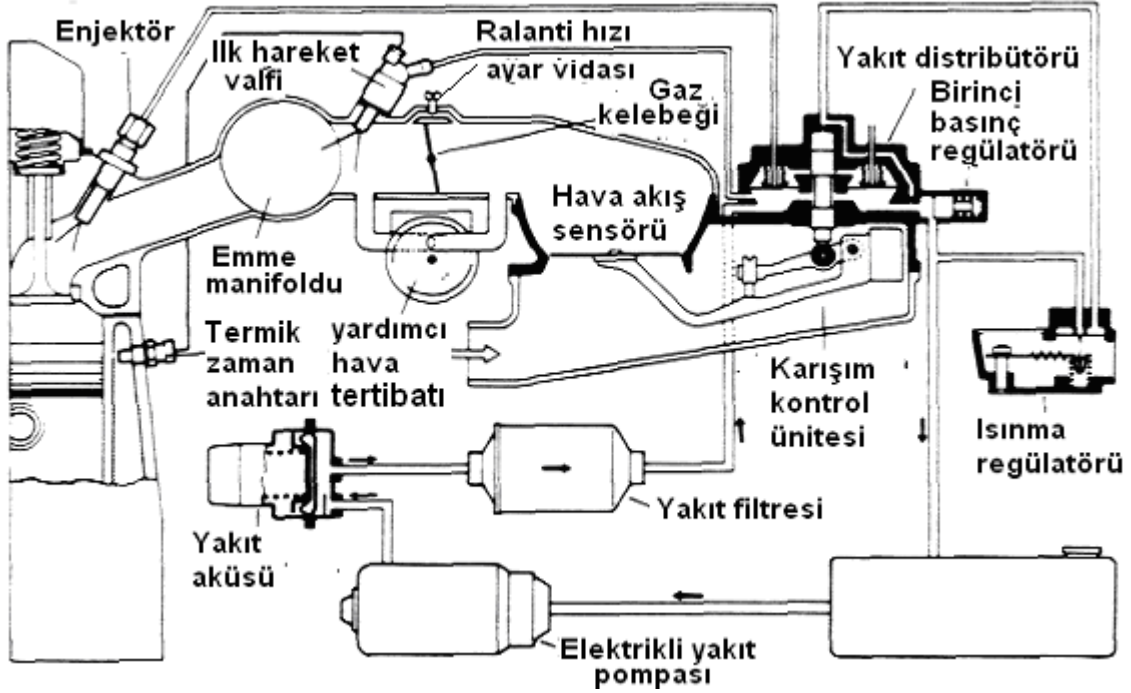
K-Jetronic mekanik ve hidrolik kontrollü yakıt püskürtme sistemi olup yakıtı emilen hava miktarının fonksiyonu olarak ölçüp emme sübaplarının üzerine sürekli püskürtür. Motorun spesifik işletim şartları karışımın yapısında düzeltici işleme ihtiyaç duyar ve bu işlemler ilk hareket ve sürüş performansı, güç çıkışı ve egzoz bileşimini optimize etmek amacıyla K-Jetronic sistemi tarafından yapılır.



Şekil 2.25 K-Jetronic sistemin fonksiyonel şeması.

K-Jetronic yakıt püskürtme sistemi yakıt besleme, hava akış ölçümü ve yakıt ölçümünden oluşur. **Karışım kontrol ünitesi** karışımındaki yakıt ve hava oranlarını ve motorun değişik işletim şartlarındaki ihtiyaç duyulan hacmi belirler. Yakıt besleme sistemi elektrikli yakıt pompası, yakıt aküsü, filtre, primer basınç regülatörü ve enjektörleri kapsar (Şekil 2.25).

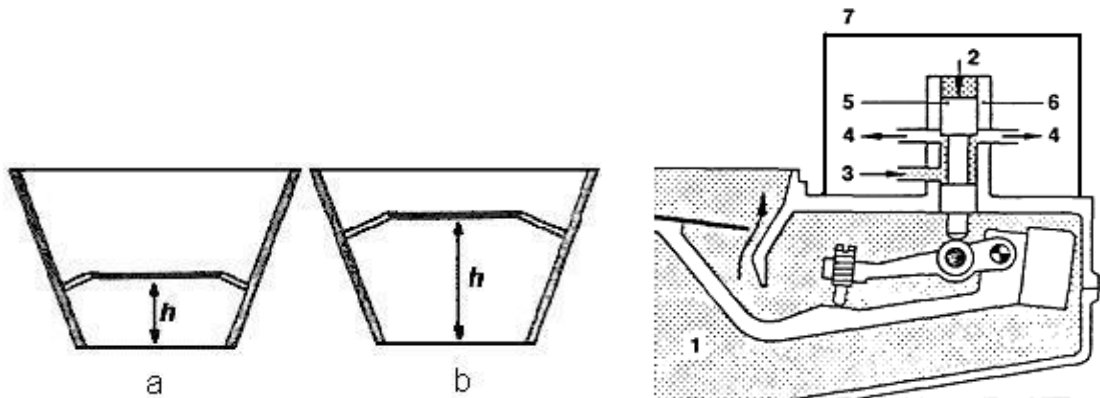
K-Jetronic orjinal olarak hava akış tabanlı ölçüm yapan sürekli püskürtmeli mekanik püskürtme sistemi şeklinde dizayn edilmişti. Şekil 2.26 Bosch K-Jetronic sistemin şematik resmini göstermektedir. Hava, filtre içinden geçtikten sonra hava akış sensöründen, gaz kelebeğinden geçer ve emme manifolduna dolayısı ile her bir silindire akar. Elektrik kumandalı silindirik hücre pompası yakıt tankından 5 bar üzerinde basınçla yakıt aküsüne ve filtre içinden yakıt distribütörüne pompalar. Yakıt distribütöründe ilk basınç regülatörü yakıt basıncını sabit tutar. Motor için gerekmeyen fazla yakıt tanka döner. Motora giren hava miktarı gaz kelebeği tarafından kontrol edilir ve hava akış sensörü tarafından ölçülür. Motora alınan hava miktarı gaz kelebeğinin konumuyla ilgili olarak, ilgili silindire giden yakıtın ölçümü için kriterdir.



Şekil 2.26 K-Jetronic şematik diyagramı: Mekanik çok nokta püskürtme sistemi (EKÜ hariç)

Motora giren hava miktarı hava akış sensörü ile ölçülür dolayısıyla yakıt distribütörü kontrol edilir.. Hava akış sensörü ve yakıt distribütörü, karışım kontrol ünitesinin önemli bir kısmını teşkil eder ve yakıt distribütöründeki ölçüm kesidini kontrol ederek silindirlere giden gerekli yakıtın ölçümünü sağlar.

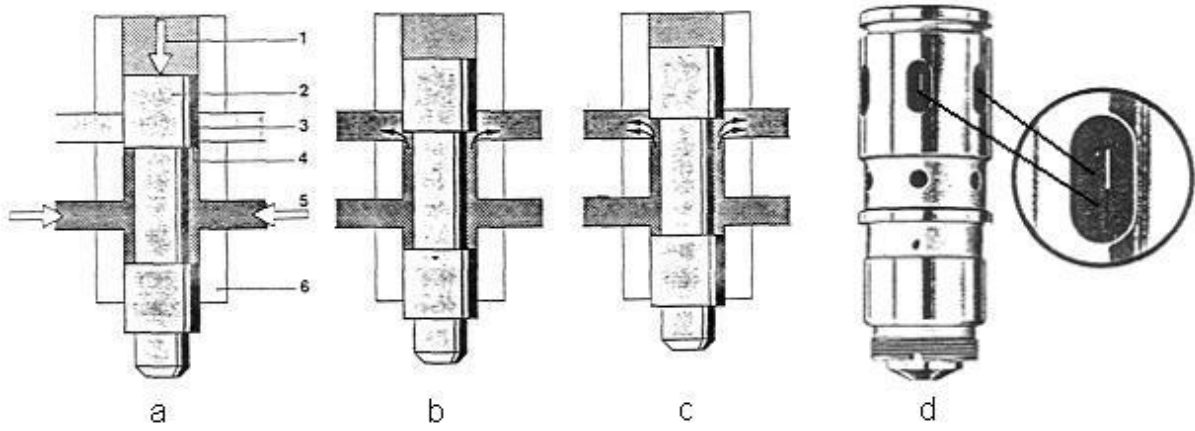
Motora alınan hava miktarı işletim yükünün kesin ölçütüdür. Hava akış sensörü (Şekil 2.27) asılı gövde prensibiyle çalışır ve motora alınan havanın miktarını ölçer. Emilen hava miktarı temel püskürtme miktarının belirlenmesinde ana değişkendir. Motora alınan hava, motora gelmeden önce hava akış sensöründen geçmek zorunda olduğundan, silindirlere girmeden ölçülür ve kontrol sinyali üretilmiş olur.



Şekil 2.27 Hava akış sensörünün prensibi (a,b) ve ölçüm kesitleriyle kovan (sağda)
a) Az miktarda hava alınmakta: sensör levha biraz kalkmış, b) Çok miktarda hava alınmakta: sensör levha daha fazla kalkmış.

1 Emme havası, 2 Kontrol basıncı, 3 Yakıt girişi, 4 Ölçülen yakıt miktarı, 5 Kontrol planceri, 6 Ölçüm kesitleriyle kovan, 7 Yakıt distribütörü

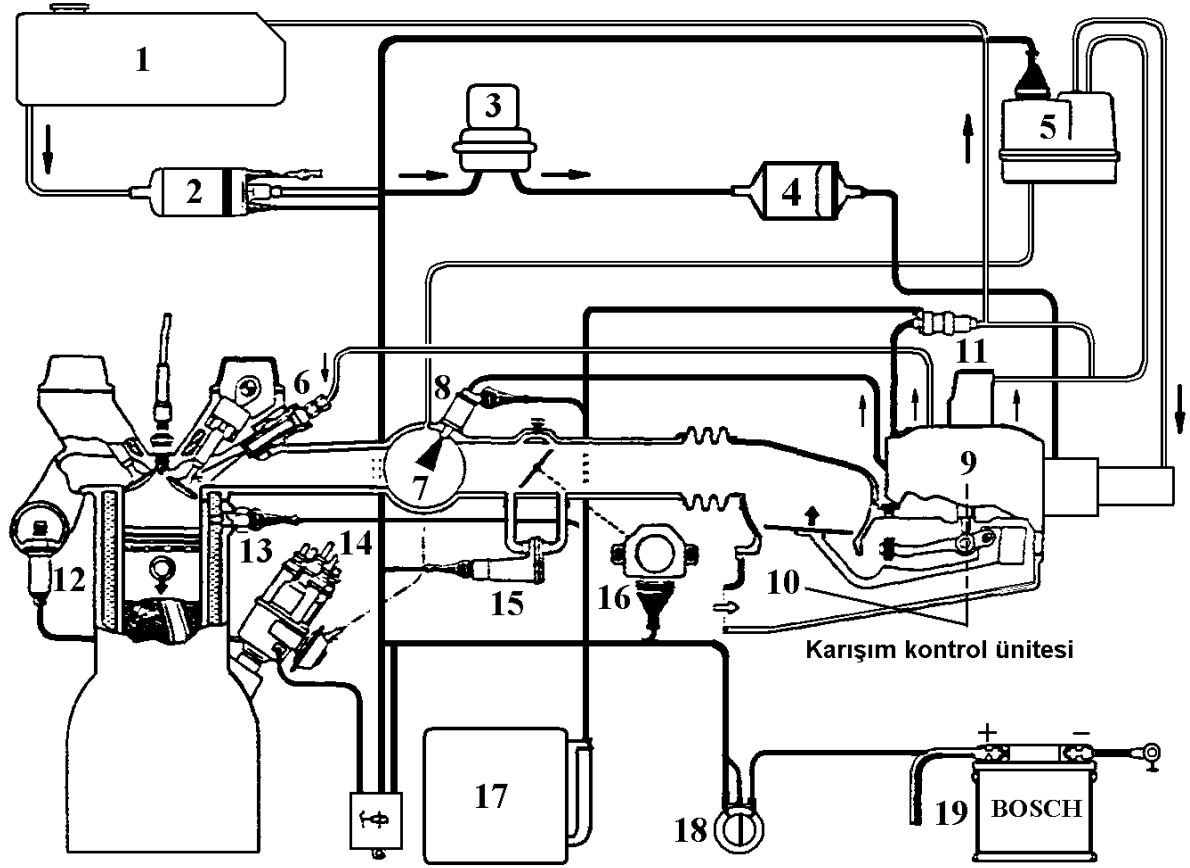
Kovandaki ölçüm kesitlerindeki pozisyonuna bağlı olarak, kontrol planceri kesitleri genişletip daraltarak açar ve kapar. (Şekil 2.28). Yakıt açık kesitten akar ve enjektörlere ulaşır. Sensör levhanın hareketi az olursa, kontrol planceri az kalkar ve sonucunda yakıt kesidi için az bir kesit olur. Fazla plancer hareketiyle, kesidin daha geniş kısmı açılır ve daha fazla yakıt geçer. Sensör levha hareketi ile kovandaki yakıt akışı için açılan kesit arasında lineer ilişki vardır. Kontrol basıncından oluşan hidrolik kuvvet kontrol plancerine uygulanır. Bu sensör levhanın sapmasından doğan harekete gelir. Görevlerinden biri, kontrol plancerinin sensör levhanın ani hareketini hemen takip etmesi ve bu esnada sensör levha tekrar aşağı hareket ettiğinde en üst pozisyonunda durmamasını sağlamaktır.



Şekil 2.28 Ölçüm kesitli kovan ve kontrol planceri.

a) Stop (işletilmeyen pozisyon), b) Kısmi yük, c) Tam yük, d) Kesit (~2mm) genişletilmiş

1 Kontrol basıncı, 2 Kontrol planceri, 3 Kovanda ölçüm kesidi, 4 Kontrol köşesi, 5 Yakıt girişi, 6 Ölçüm kesitli silindir



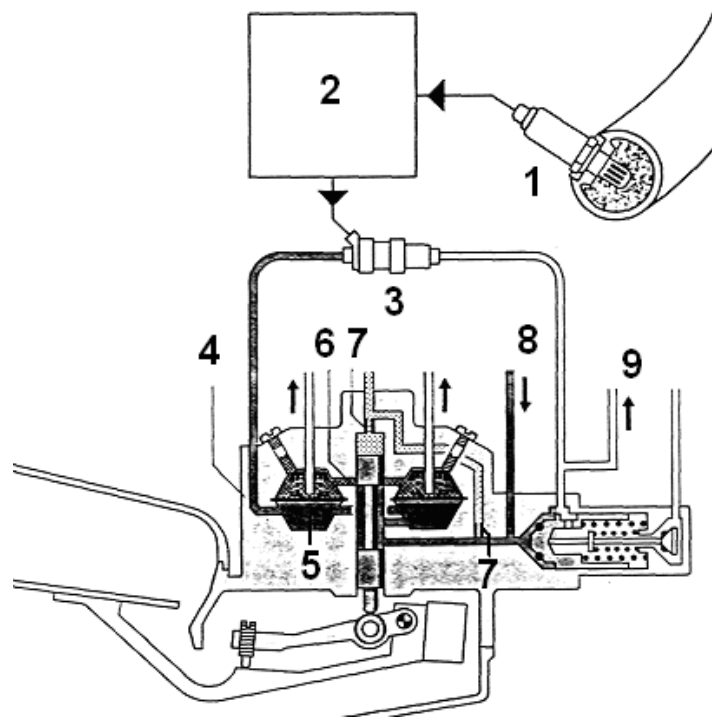
Şekil 2.29 Kapalı çevrim lambda kontrollü K-Jetronic sistem (EKÜ dahil).

1 Yakıt tankı, 2 Elektrik yakıt pompası, 3 Yakıt aküsü, 4 Yakıt filtresi, 5 Isınma regülatörü, 6 Enjektör, 7 Emme manifoldu, 8 Soğukta ilk hareket valfi, 9 Yakıt distribütörü, 10 Hava akış sensörü, 11 Zamanlama valfi, 12 Lambda sensörü, 13 Termik zaman anahtarı, 14 Ateşleme distribütörü, 15 Yardımcı hava tertibatı, 16 Gaz kelebeği, 17 EKÜ, 18 Ateşleme ve başlatma anahtarı, 19 Akü.

Ek olarak; aşırı hız yakıt kesilmesi, motor hız sınırlaması ve kapalı çevrim lambda kontrolü gibi ilave işlevler mümkündür (Şekil 2.29). Bugün, yardımcı elektronik ekipman kullanımıyla sistem ayrıca lambda kapalı çevrim kontrolünün kullanımına imkan tanır. Yumuşak yakıt kesme, aşırı hızda etkin olup motor hızının fonksiyonu olarak yanıt verir. Motor hızı bilgisi ateşleme sistemi tarafından sağlanır. Hava bypassı sensör levhanın etrafında olur. Elektronik hız anahtarı ile kontrol edilen solenoid valf spesifik motor hızında bypassı açar. Daha sonra sensör levhası sıfır pozisyona geri döner ve yakıt ölçümünü keser. Aşırı hız sırasında yakıt beslemenin kesilmesi yakıt tüketiminin azalmasına izin verir.

Üç yollu katalitik konverterin bulunması gereken **Lambda kapalı çevrim kontrol** sistemi K-Jetronic sisteminde Elektronik Kontrol Ünitesinin kullanımını zorunlu kılar. Bu kontrol ünitesi için önemli girdi değişkeni lambda sensör tarafından sağlanan sinyaldir. 1:1 hava-yakıt oranına istenilen yakıt miktarını püskürtmek için yakıt distribütörünün alt odalarındaki basınç değiştirilir. Alt odalardaki basınç düşerse ölçüm kesitlerindeki fark basıncı artar ve püskürtülen yakıt miktarı artar. Standart K-

Jetronic yakıt distribütörüne kıyasla, alt odalardaki basıncın değişmesine izin vermek için, bu odalar ilk basınçtan sabit sınırlayıcı yoluyla ayrılmıştır (Şekil 2.30).



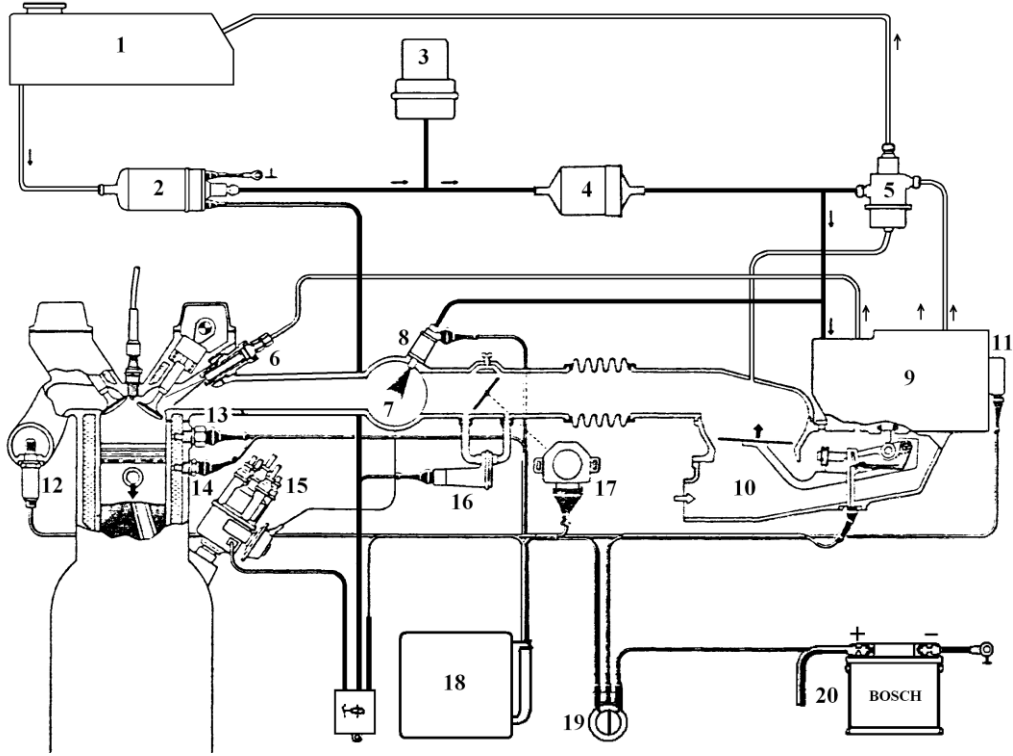
Şekil 2.30 Lambda kapalı çevrim kontrolü için ek parçalar.

1 Lambda sensör, 2 Lambda kapalı çevrim kontrolcüsü, 3 Değişken sınırlayıcı, 4 Yakıt distribütörü, 5 Basınç farkı valfinin alt odaları, 6 Ölçüm kesitleri, 7 Sabit sınırlayıcı, 8 Yakıt girişi, 9 Yakıt dönüş hattı.

Sınırlayıcı değişkendir: açıksa alt odalardaki basınç düşer, kapalıysa alt odalardaki birincil basınç basınç artar. Eğer sınırlayıcı hızlı ritmik sırayla açılıp kapanırsa alt odalardaki basınç kapanma zamanının açılma zamanı oranına bağlı olarak değişebilir. Değişken sınırlayıcı Lambda kapalı çevrim kontrolcüsünden gelen elektrik sinyalleri tarafından kontrol edilir.

Mekanik hidrolik püskürtme sistemi, K-Jetronic'te olduğu gibi, KE-Jetronic'te de aynı temel prensiple çalışır (Şekil 2.31). Diğer fonksiyonları mümkün kılmak ve esnekliği arttırmak için ana sisteme bir elektronik kontrol ünitesi eklenir. Diğer parçalar şunlardır:

- 1- Motor tarafından emilen hava miktarı için sensor,
- 2- Karışıma müdahale eden basınç düzenleyicisi,
- 3- İlk basıncı sabit tutan ve motor durduğunda özel kapanma fonksiyonu uygulayan basınç regülatörü.

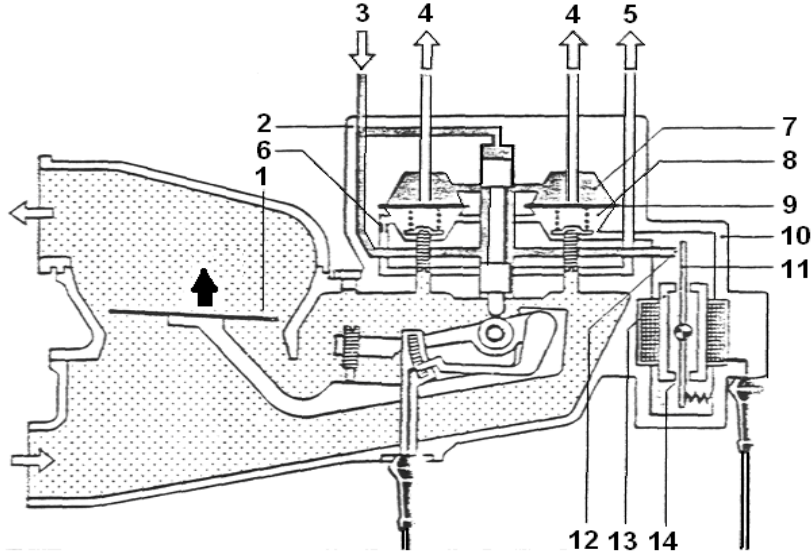


Şekil 2.31 Lambda kapalı çevrim kontrollü KE-Jetronic sistemin diyagramı.

1 Yakıt tankı, 2 Elektriki yakıt pompası, 3 Yakıt aküsü, 4 Yakıt filtresi, 5 İlk basınç regülatörü, 6 Enjektör, 7 Emme manifoldu, 8 Soğukta ilk hareket valfi, 9 Yakıt distribütörü, 10 Hava akış sensörü, 11 Elektro-hidrolik basınç çalıştırıcısı, 12 Lambda sensör, 13 Termik zaman anahtarı, 14 Motor sıcaklık sensörü, 15 Ateşleme distribütörü, 16 Yardımcı hava tertibatı, 17 Gaz kelebeği anahtarı, 18 Kontrol ünitesi, 19 Ateşleme ve başlatma anahtarı, 20 Akü.

Hava akımı tarafından yönlendirilen sensör levhası yakıt ölçüm plancerini kontrol eder ve ölçüm kesitlerini en geniş veya en dar boyuta açar. Temel çalışmada, KE-Jetronic, motor tarafından emilen hava miktarının fonksiyonu olarak yakıtı ölçer. Ancak K-Jetronic sistemden farklı olarak KE-Jetronic püskürtme sistemi, çıkış sinyalleri elektronik EKÜ tarafından işleme tabi tutularak motorun çalışma verilerini sensörler yoluyla iletilir. Yakıt, diyafram tipte ilk basınç regülatörü içinden, eş zamanlı olarak, elektro-hidrolik basınç düzenleyicisi ve kontrol planceri üzerindeki boşluğa gönderilir. K-Jetronic sistemde yakıt distribütöründe, diyaframların altındaki basınç sabit ilk basınç ile aynıdır ve püskürtme oranı, bunların üzerindeki basıncın değiştirilmesiyle düzenlenir. KE-Jetronic sistemde basınç sabit tutulur ve püskürtme oranı, yakıt distribütöründeki diyaframların altındaki basıncın değişimiyle düzenlenir. Bu elektro-hidrolik basınç düzenleyicisi tarafından yapılır, EKÜ tarafından düzenlenir.

EKÜ, değişken çalışma koşullarında gerekli püskürtülen yakıt miktarını ayarlayan, elektro-hidrolik basınç düzenleyicisini kontrol eder. Eğer bozuk çalışma meydana gelirse, KE-Jetronic temel çalışmasına geri döner. Sürücü, hala motor sıcakken dahi iyi çalışan püskürtme sistemine sahiptir.



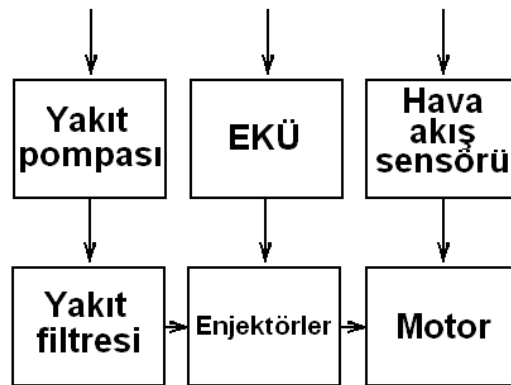
Şekil 2.32 Yakıt distribütörüne bağlı elektro-hidrolik basınç çalıştırıcısı.

1 Sensor levha, 2 Yakıt distribütörü, 3 Yakıt girişi (ilk basınç), 4 Enjektöre gelen yakıt, 5 Basınç regülatörüne yakıt dönüşü, 6 Sabit sınırlayıcı, 7 Üst oda, 8 Alt oda, 9 Diyafram, 10 Basınç çalıştırıcısı, 11 Bölme levhası, 12 Nozul, 13 Manyetik kutup, 14 Hava boşluğu.

Motorun çalışma durumuna ve EKÜ tarafından alınan akım sinyalinin sonucuna bağlı olarak, elektro-hidrolik basınç düzenleyicisi diferansiyel basınç supablarının alt odalardaki basıncını ayarlar. Dolayısı ile enjektörlere gönderilen yakıt miktarı değiştirilir. EKÜ'den gelen kontrol sinyali bölme levhasının (11) pozisyonuna müdahale eder. Böylece diferansiyel basınç supablarının üst odalarındaki yakıt basıncını değiştirir ve sonuçta enjektörlere gönderilen yakıtın miktarı değişir.

Elektro-hidrolik basınç düzenleyici (Şekil 2.32) yakıt distribütörü üzerine monte edilmiştir. Düzenleyici, meme ile bölme levhası prensibine göre çalışan diferansiyel basınç farkını kontrol eder ve basınç düşüşü EKÜ'den gelen akım girdisi tarafından kontrol edilir. Manyetik olmayan malzemeli gövdenin içinde, sürtünmesiz gergin bant süspansiyon elemanı üzerinde asılı bulunan armatür iki çift manyetik kutup arasındadır. Armatür esnek malzemeden yapılmış diyafram levha formundadır.

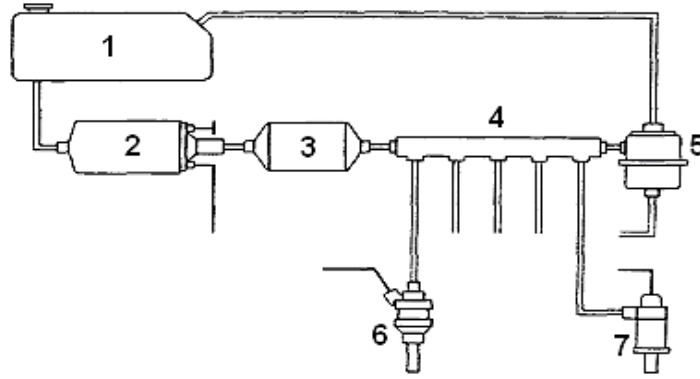
2.8. L-Jetronic



Şekil 2.33 L-Jetronic sistemin basitleştirilmiş çalışma prensibi.

L-Jetronic, emme kanalına yakıtı kesintili püskürten elektronik kontrollü yakıt püskürtme sistemidir. Herhangi bir tahrik sistemine ihtiyacı yoktur. Doğrudan hava ölçüm ve elektroniğin avantajlarını birleştirmektedir.

Benzin püskürtme sistemlerindeki amaç, motorun işletim şartlarının gerektirdiği anda doğru yakıt miktarını her silindire eşit dağıtmaktır. Motorun çalışma koşulu hızlı bir şekilde değişmesinden dolayı, o andaki sürüş durumuna göre yakıt dağıtımını hızla adapte etmek temel gerekliliktir. Elektronik kontrollü benzin püskürtme burada uygundur. Aracın herhangi bir konumundaki kullanım verilerini kaydetmeye ve sensörler tarafından elektrik sinyaline çevrilmesine imkan verir. Bu sinyaller daha sonra yakıt püskürtme sisteminin kontrol ünitesine gönderilir ve kontrol ünitesi sinyalleri işleme tabii tutup püskürtülecek yakıt miktarını hesaplar (Şekil 2.33).



Şekil 2.34 Yakıt besleme sistemi.

1 Yakıt tankı, 2 Elektrik yakıt pompası, 3 Yakıt filtresi, 4 Yakıt hattı, 5 Yakıt basınç regülatörü, 6 Enjektör, 7 Soğukta ilk hareket valfi.

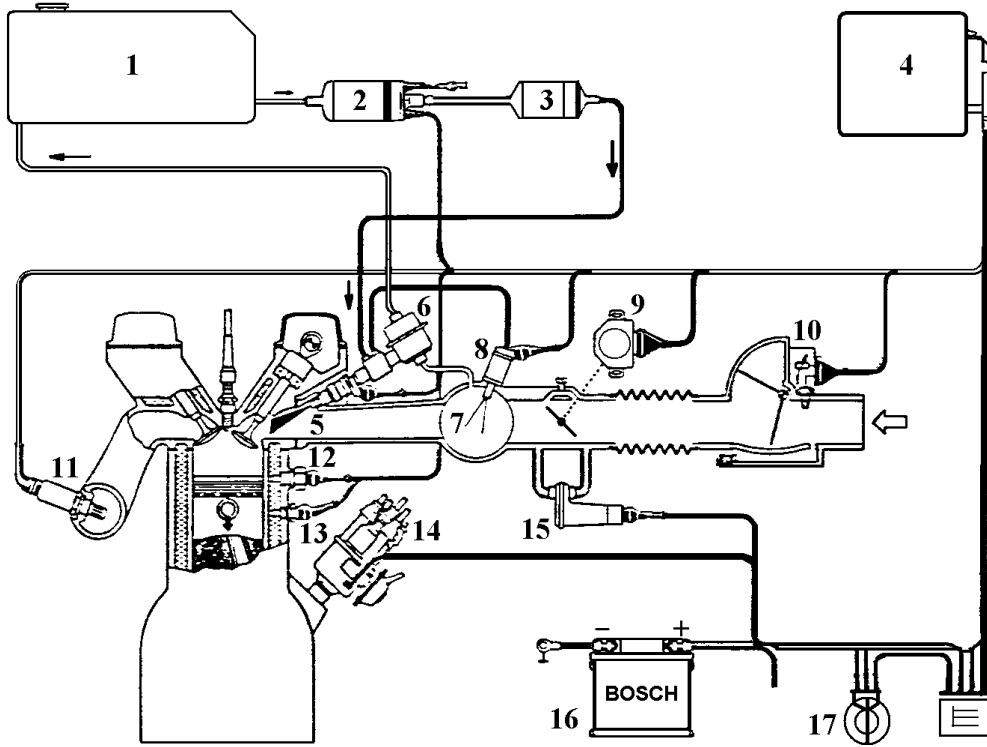
Pompa yakıtı motora gönderir ve püskürtme için gerekli olan basıncı yaratır. EKÜ'nün kumanda ettiği enjektörler yakıtı her bir emme kanallı ve emme sübapları üzerine püskürtür. L-Jetronic şu görev gruplarını içerir:

- 1) Yakıt besleme sistemi, 2) İşletim veri ölçüm sistemi, 3) Yakıt ölçüm sistemi

Yakıt sistemi (Şekil 2.34) enjektörleri yakıt tankından aldığı yakıtla besler, püskürtme için gereken basıncı yaratır ve bunu sabit seviyede tutar. Yakıt besleme sistemi; elektrikli yakıt pompası, filtre, yakıt hattı, basınç regülatörü ve enjektörlerden oluşur. **Yakıt hattı** bütün enjektörleri eşit miktarda yakıtla besler ve bütün enjektörlerde aynı yakıt basıncını sağlar. Hattın depolama görevi de bulunmaktadır ve motorun her iş çevrimi esnasındaki püskürtülen yakıt miktarına kıyasla, hacmi, basınç değişimlerini önleyecek kadar yeterli büyüklüktedir. Yakıt hattına bağlı olan enjektörler aynı yakıt basıncına ayarlıdır. Yakıt hattı ayrıca enjektörlerin kolay bağlantısına da imkan verir.

İşletim verileri ölçüm sisteminde sensörler, motorun çalışma tipini karakterize eden ölçüm değişkenlerini kaydeder. En önemli ölçüm değişkeni motora alınan ve hava akış sensörü tarafından kayıt edilen hava miktarıdır. Diğer sensörler gaz keleşği pozisyonunu, motor hızını, hava sıcaklığı ve motor sıcaklığını belirler.

Yakıt ölçüm sisteminde sensörler tarafından gönderilen sinyaller EKÜ'de değerlendirilir ve enjektörler için uygun kontrol sinyali üretilir.



Şekil 2.35 Lambda kapalı çevrim kontrollü L-Jetronic sistem diyagramı.

1 Yakıt tankı, 2 Elektrik yakıt pompası, 3 Yakıt filtresi, 4 EKÜ, 5 Enjektör, 6 Yakıt hattı ve basınç regülatörü, 7 Emme manifoldu, 8 Soğukta ilk hareket valfi, 9 Gaz kelebeği anahtarı, 10 Hava akış sensörü, 11 Lambda sensörü, 12 Termik zaman anahtarı, 13 Motor sıcaklık sensörü, 14 Ateşleme distribütörü, 15 Yardımcı hava tertibatı, 16 Akü, 17 Ateşleme ve başlatma anahtarı.

L-Jetronic sistemin avantajlarından biri düşük yakıt tüketimidir. Sistemde (Şekil 2.35) her silindir kendi enjektörüne sahiptir. Enjektörler merkezi kontrol edilir, böylelikle her silindir herhangi bir anda ve herhangi bir yükte eşit yakıt miktarı alır.

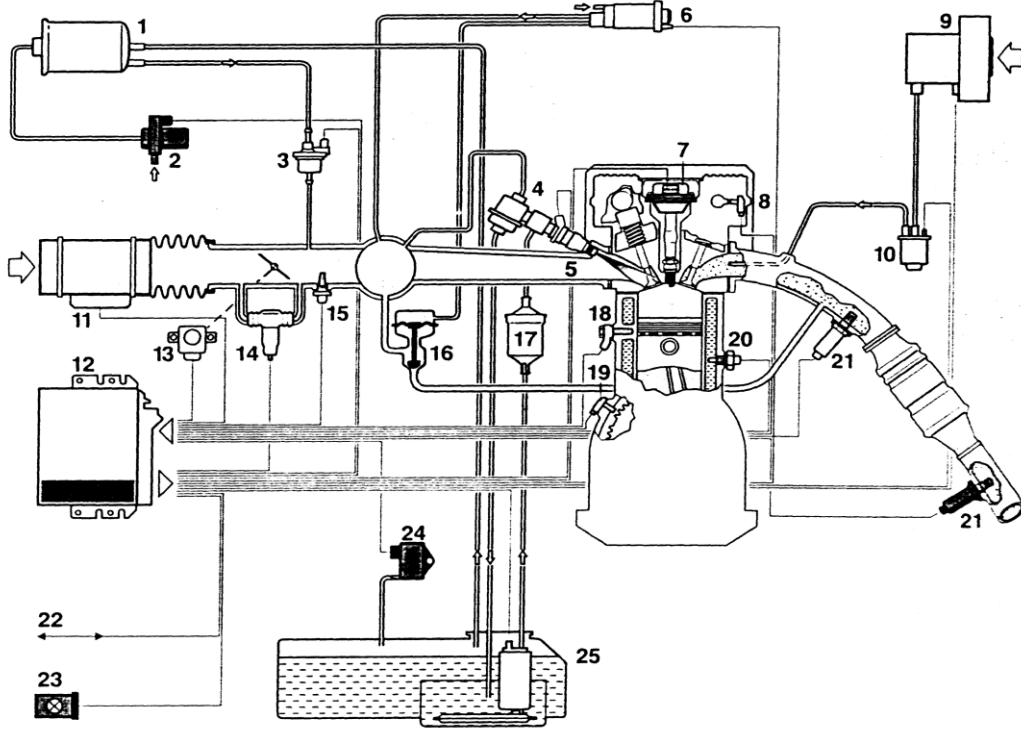
Değişken yük koşullarında, L-Jetronic sistemi anında adapte olabilmektedir. Çünkü EKÜ tarafından gereken yakıt miktarı milisaniye seviyelerinde hesaplanır ve emme sübapları üzerine enjektörler tarafından püskürtülür.

2.9. Motronic

Motronic sistem ateşleme ve püskürtme sistemlerini birleştirmekte ve ikisine de elektronik olarak kumanda etmektedir. Böylelikle, diğer bireysel sistemlere göre, daha çok fonksiyon ve daha iyi esneklik oluşturması için, ateşleme kontrolü ve yakıt ölçümünün birlikte optimize edilmesine imkan tanır. Karakteristik özelliklerden biri, gerektiğinde programlanabilen 3 boyulu ateşleme haritalarının sayısının fazlalığıdır. Motronic sistemin kalbi dijital mikrobilgisayar içeren elektronik kontrol ünitesidir.

Mikrobilgisayarlar, yakıt püskürtmesinin ve ateşlemenin beraber kontrolüne izin verir. Sadece bir mikrobilgisayar, bir voltaj besleme ve bir muhafaza, kontrol ünitesi

için gereklidir. Aynı sensörler yakıt püskürtme ve ateşleme için kullanılabilir. Bunlar düşük maliyetle yapılabilir. Temel avantaj, buji ile ateşlemeli motorlara daha yüksek verim, düşük emisyon ve gelişmiş çalışma yeteneği sağlayan Motronic sisteminin kullanımıdır.



Şekil 2.36 Entegre sorun giderici ile Motronic sistem şeması.

1 Karbon kanister, 2 Kapatma valfi, 3 Kanister boşaltma valfi, 4 Yakıt basınç regülatörü, 5 Enjektör, 6 Basınç çalıştırıcısı, 7 Ateşleme sargısı, 8 Faz sensörü, 9 İkinci hava pompası, 10 İkinci hava valfi, 11 Hava kütle ölçer, 12 EKÜ, 13 Gaz kelebeği sensörü, 14 Ralanti çalıştırıcı, 15 Hava sıcaklık sensörü, 16 EGR valfi, 17 Yakıt filtresi, 18 Vuruntu sensörü, 19 Motor hız sensörü, 20 Motor sıcaklık sensörü, 21 Lambda oksijen sensörü, 22 Tanı arabirimi, 23 Tanı lambası, 24 Basınç farkı sensörü, 25 Elektrikli yakıt pompası.

Motora monte edilen izleme cihazları (sensörler) gereken çalışma verilerini toplarlar ve bilgileri şu elemanlara iletir:

Ateşleme için **girdi devreleri** (açık/kapalı), kam mili pozisyonu, araç hızı, vites seçimi, şanzıman kontrolü, klima.

Görüntülü analog verileri; akü voltajı, motor sıcaklığı, emme havası sıcaklığı, hava miktarı, gaz kelebeği açısı, lambda oksijen sensörü, vuruntu sensörü, motor hızını içerir.

Motronic diğer araç sistemlerindeki kontrol ünitelerini destekler. Örneğin, otomatik şanzımanın kontrol ünitesiyle beraber çalışıp vites değişimindeki moment düşüşünü sağlayarak şanzıman aşınmasını azaltır. Motronic ayrıca ABS kontrol ünitesiyle beraber çalışıp çekiş kontrol sistemi (ASR) sağlar ve araç güvenliğini artırır. Şekil 2.36 azami konfigürasyonlu Motronic sistemini göstermektedir.

Yakıt kütlesi, emme havasının miktarına uyacak biçimde tam ölçülmüş miktarlarda püskürtülmelidir. Bu nedenle, her silindire elektromanyetik enjektör (solenoid kumandalı yakıt püskürtme valfi) tahsis edilmiştir.. EKÜ tarafından belirlenen bir anda, enjektör yakıtı net miktarda emme süpablarına doğru püskürtür. İstenen lambda değerinden sapmalara yol açacak emme kanalı boyunca yoğunlaşma olayından sakınılmıştır.

Elektrikli pompa yakıtı tanktan alıp filtre içinden geçirip, yakıt dağıtım hattına ve elektromanyetik enjektörlere gönderir. Enjektörler yakıtı motorun emme kanalına ölçülen miktarlarda püskürtür. Fazla yakıt basınç regülatöründen yakıt tankına geri döner. Yakıt pompası EKÜ tarafından harekete geçirilir.

Basınç regülatörü genelde emme manifoldundaki basıncı referans olarak algılar. Bu karakteristik basınç yakıt hattı içindeki sabit akışla kombinasyon içinde çalışır, böylece yakıt içinde buhar kabarcığı oluşumunu engeller. Sonuçtaki basınç farkı enjektörlerde genelde 300kPa seviyesinde sabit kalır.

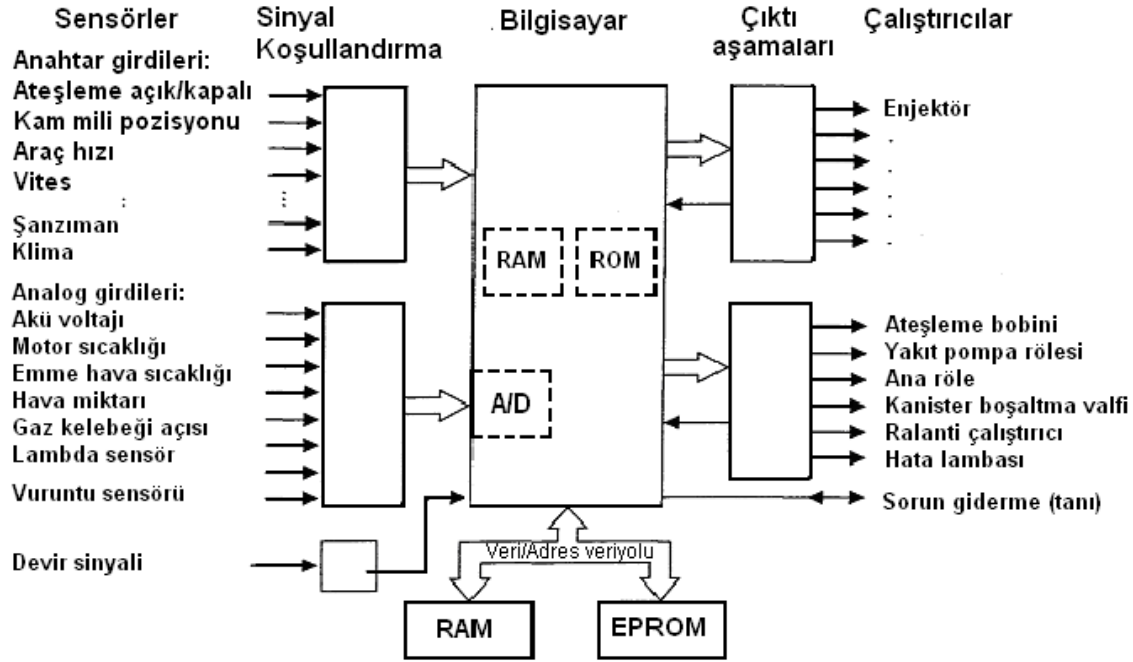
Püskürtme miktarı ve ateşleme avans açısını belirlemek için kullanılan en önemli değişkenlerden biri motor yük durumudur. Motronic sistemler motor yükünü izlemek için şu yük sensörlerini kullanır:

1) hava akış sensörü, 2) kızgın telli hava kütle ölçer, 3) kızgın şeritli hava kütle ölçer, 4) emme manifoldu basınç sensörü, 5) gaz kelebeği sensörü.

Motronic sistemde gaz kelebeği sensörü genelde ikincil yük sensörü fonksiyonu görür ve yukarıda sıralanan birincil yük sensörlerinden birini güçlendirir. Hava akış sensörü hava filtresi ve gaz kelebeği arasında bulunur ve silindire giren havanın volümetrik akış oranını [m^3/h] izler. Hava kelebeği sapma açısı potansiyometre tarafından izlenir, ve bu voltaj potansiyometrenin önceki besleme voltajı ile kıyaslamak için EKÜ'ye gönderilir. Elde edilen voltaj oranı emme havasının volümetrik akış oranı göstergesi olarak iş görür. Kızgın telli ve kızgın şeritli hava kütle ölçerler termal yük sensörleridir. Motora emilen havanın kütleli debisini gösteren hava filtresi ve gaz kelebeği arasına bulunmaktadır. İki ölçer ortak prensibe göre çalışır. Emme havası sıcaklığı verilerini düzenlemek için sıcaklık sensörü kızgın telli hava kütle ölçer içerisinde bütünleşik olarak çalışmaktadır. Isıtma akımı EKÜ'ye gönderilen voltaj sinyali üretir. Emme manifoldu, pnömatik bir kanal ile emme manifoldunun mutlak basıncını [kPa] görüntüleyen emme manifoldu basınç sensörüne bağlıdır. Ünite EKÜ için kurulum elemanı veya emme manifolduna kurulan uzaktan algılama sensörü olarak kullanılabilir. Kurulum ünitesini manifolda bir hortum bağlar.

İlave açık ve kapalı çevrim kontrolü, egzoz emisyon azaltım yasaları ve yakıt tüketimi nedeniyle gereklidir. Bu kontrol, Motronic özelliklerine, egzoz gazlarına etki eden tüm bileşimlerin izlenmesine imkan veren yeni özellikler ekler. Bunlar ralanti hız kontrolü, lambda oksijen kontrolü, buharlaşan emisyon kontrolü, vurunu kontrolü, egzoz gazı geri dönüşümü (EGR) kontrolünü kapsar.

Buharlaşabilen emisyonların kontrol sistemi, genelde sistem dönüş hattındaki fazla yakıtın veya yakıt deposundan buhar halindeki ısı radyasyon olarak yayılan HC emisyonlarını engeller. Bu sistemler yakıt deposunun havalandırma hattının ucuna konan aktif odun kömürü filtresi (karbon kanister) içermektedir. Kanister içindeki aktif odun kömürü yakıt buharını tutar ve sadece havanın atmosfere kaçmasına izin verir. Aktif odun kömürü içinde saklanan yakıt buharı hava akımı tarafından çekilir ve yanma için motora iletilir. Kanister boşaltma valfinin kontrol mekanizması, Lambda sapmalarını minimumda tutarken, karbon kanisterin yeterli hava boşaltmasını sağlamalıdır.



Şekil 2.37 Motronic blok diyagramı.

EKÜ, motor yönetim sisteminin bilgisayar ve kontrol merkezidir. Sensörler tarafından gönderilen girdi sinyallerini işleme tutmak için kaydedilmiş olan fonksiyon ve programları kullanır. Bu sinyaller, çalıştırıcılara (ateşleme bobini, enjektör gibi) giden kontrol sinyallerinin hesaplanması için temel oluşturur (Şekil 2.37).

EKÜ, aşırı sıcaklığa, neme ve mekanik yüklere çalışmada hiç bozulma olmaksızın karşı koymalıdır. Elektromanyetik karışma direnç ve yüksek frekans statüğün radyasyonunu bastırma yeteneği önemlidir. -30°C'den +60°C'ye kadar değişen çalışma aralığında, 6V'dan 15V'a kadar akü voltajlarında hatasız sinyal işleme yeterliliği olmalıdır.

Voltaj regülatörü EKÜ için dijital devreye gereken sabit 5V çalışma gerilimini sağlar. Çeşitli işlemler EKÜ'ye girdi sinyali göndermek için yapılmaktadır. Sinyal dönüştürücüler ve yükselticiler çalışma halindeyken, sinyaller koruyucu devreler içinden iletilir. Mikroişlemci bu sinyalleri doğrudan işleme alır. Mikroişlemci içindeki analog/dijital dönüştürücü (A/D) analog sinyalleri (emme havası miktarı, motor ve emme havası sıcaklığı, akü voltajı, Lambda oksijen sensörü) dijital yapıya dönüştürür.

Girdi sinyalleri EKÜ'deki mikroişlemci tarafından alınır. Görevini yerine getirebilmesi için bu mikroişlemcinin geçici olmayan bellekte (ROM veya EPROM) saklanan sinyal işletim programı ile donatılması gerekir. Bu program ayrıca motor kontrolü için kullanılan performans eğrileri ve program haritalarını içerir.

Mikroişlemci tarafından tetiklenen **çıktı sinyalleri** çalıştırıcıların doğrudan kontrolü için yeterli gücü destekler. Çıktı sinyalleri kendini yok edebilecek kısa devreye, akü voltajı düzensizliğine ve elektrik aşırı yüküne karşı korur. Çeşitli çıktı aşamalarında OBD sorun tesbit fonksiyonu hataları tanır ve kusurlu çıkışı etkisizleştirir. Hata girişi RAM içinde saklanır.

Motronic sistemi, karbüratör ve bobin ateşlemeye, ayrıca benzin püskürtme ve geleneksel transistörlü ateşlemeye kıyasla aşağıdaki nedenlerle yakıt tasarrufu sağlar:

- Isınma sırasında net ölçülen karışımın zenginleştirmesi ve ateşleme anının uygun ayarı nedeniyle yakıt tasarrufu sağlanır.
- Tam yük çalışmada karışımın zenginleşmesine bağlı olan net ölçülen devir sayısı nedeniyle yakıt tasarrufu sağlanır. Aşırı çalışma yakıt kesilmesi de yakıt tüketimini düşürür.
- Emisyon düzenlemelerini karşılamak için, ateşleme avansını tüm çalışma koşullarına uyarlama nedeniyle yakıt tüketiminde azalma.

Motronic sistem çalışma koşullarına optimum uyum sağlar ve motorun ömrü boyunca ateşleme karakteristiğinde değişim olmaz. Nedenleri:

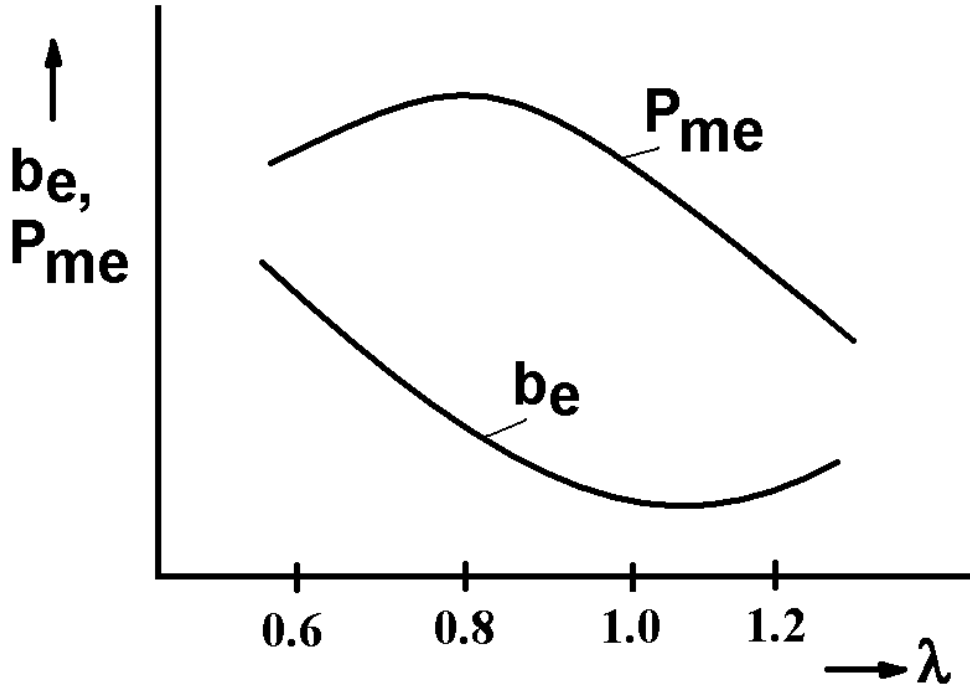
- İlk harekette optimum ateşleme avansı ve net yakıt ölçümü, güvenilir başlatma ve soğukta ilk hareket karakteri verir.
- Düşük motor hızlarında iyi moment karakteristiği motor esnekliğini artırır, böylece düşük hızlarda büyük viteslerde çalışmada yakıt tasarrufu sağlar.
- Tam yük ateşleme avansı vuruşu sınırı düşünülerek maksimum moment için ayarlanır, ve kısmi yükte emisyon sınırlamalarını karşılayacak şekilde minimum yakıt tüketimine ayarlanır.
- Durağan uyumun avantajları ile durağan olmayan işlemlerin optimize edilmesi.
- Yük koşullarına uyan düşük emisyon, mükemmel yakıt miktar ayarı ve ateşleme avansı.
- Lambda kontrolü ve katalitik konverter ile emisyonların azaltılması.
- Motor ömrü boyunca ateşleme karakteristiğinde değişim olmaması.

Kontrol sisteminin parçaları araçta çok az yer gerektirir. Motronic, sensörlerden, ara devrelerinden, düzenlenen bilgilerden, mikroişlemci kavramlarının yüksek esnekliğinden, ateşleme haritaları ile dijital sistemden maksimum yararlanma sağlar.

BÖLÜM 3

3. KADEMELİ DOLGULU MOTORLAR

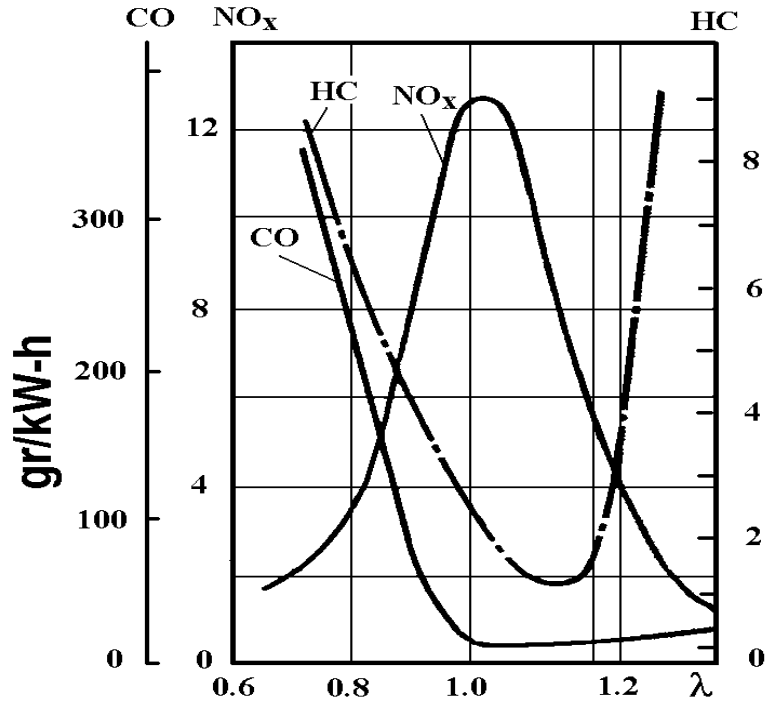
Karbürasyon bölümünün karışım karakteristikleri kısmında incelendiği gibi max. gücü sağlayan karışımın oranı max ekonomiyi sağlayan karışım oranından daha zengindir.



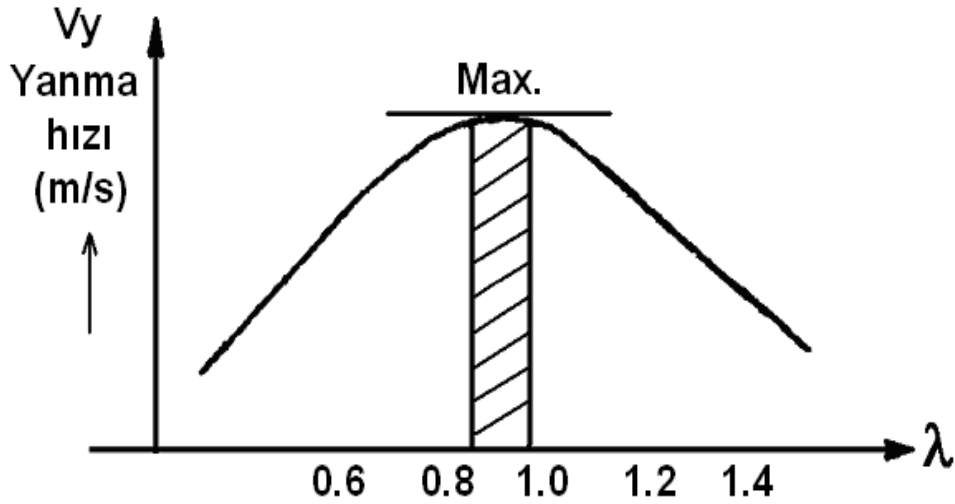
Şekil 3.1 Özgül yakıt harcamı ve P_{me} 'nin hava fazlalık katsayısına bağlı değişimleri.

Öncelikle, motorun ekonomik çalışması göz önüne alınırsa silindir içindeki karışımın hava fazlalık katsayısı $\lambda > 1$ ($\lambda = 1,1 \div 1,2$) şartını sağlamalıdır. Hava fazlalık, katsayısının fazla artması ($\lambda > 1,2$) gerek ateşlemede aksaklıkların ortaya

çıkmasına ve gerekse yanmanın uzun sürmesi nedeniyle motorun iç veriminin düşmesine sebep olmaktadır. Bunun sonucu olarakta yaklaşık $\lambda > 1,2$ sınırlarından sonra özgül yakıt harcamı artış göstermektedir (Şekil 3.1).



Şekil 3.2. Hava fazlalık katsayısının egzoz emissionlarının etkisi.



Şekil 3.3 Hava fazlalık katsayısının alev hızı değişimine etkisi.

Diğer yandan $\lambda < 1$ şartlarındaki karışımda, yanma tam olmadığı için, egzoz gazları içerisindeki CO ve HC gibi insan sağlığına zararlı emisyonlar λ 'nın küçülmesiyle artmaktadır. Şekil 3.2'de λ hava fazlalık katsayısına bağlı olarak egzoz gazı emissionlarının değişimleri görülmektedir. Özellikle büyük kentlerde taşıt motorlarının neden olduğu hava kirliliği ihmal edilemeyecek düzeydedir. Bu konuda

endüstrileşmiş ülkeler üretilen motorların egzoz gazları içersindeki emission seviyelerinin yasalarla sınırlandırılması yoluna gitmektedirler.

Motorun ekonomik çalışmasının arttırılmasının dışında egzoz gazlarındaki insan sağlığına zararlı emissionların'da azaltılması için karışımın fakirleştirilmesi gereken bir yoldur .

Karışımın fakirleşmesiyle birlikte (λ 'nın artmasıyla) ortaya iki önemli problem çıkmaktadır. Bunlardan birincisi fakir karışımlarda dolgunun ateşlenmesinin güçleşmesi, bunun sonucu olarakta, bazı çevrimlerde buji tırnak bölgesinde çok fakir karışımın bulunması olasılığıyla karışımın ateşlenememesi mahzurudur. Bunun sonucu olarak hava fazlalık katsayısının artışı oranında motorun düzensiz çalışma olasılığını da arttırmaktadır. İkinci mahzur ise fakir karışımda alevin ilerleme hızının düşük olmasıdır (Şekil 3.3). Yanma hızının düşük olması belirli çevrim süresi içinde yanmanın tamamlanamamasına sebep olur ve motorun özgül yakıt harcamı, iç verimin azalması sonucu, hava fazlalık katsayısının artmasıyla birlikte yükselme gösterir.

Fakir karışımın getirdiği olumlu özelliklerden yararlanabilmek için, birlikte ortaya çıkan, ateşlemenin ve yanmanın bozulması manzurlarının giderilmesi gerekmektedir. Mahzurların giderilmelerinde günümüz uygulamasında alınan önlemlerden biri silindir içindeki dolguyu birden fazla arkla tutuşturmadır. Böylece, tek arka rastlaması muhtemel fakir karışım bölgesinin yakılamaması mahzuru azaltılmaktadır. Fakir karışımın yakılabılmesinde alınan önlemlerden ikincisi, dolgunun kademelendirilmesi yoluna gitmektir. Kademeli dolguda, buji tırnağına yakın bölgelerde ateşleme özellikleri uygun olan zengin karışım, buji tırnağına uzak olan bölgelerde fakir karışım oluşturulur. Böylelikle hem zengin karışımın kolay ateşlenme özelliğinden yararlanılır ve hem de zengin karışımda yüksek olan alevin yayılma hızının etkisiyle fakir bölgedeki karışımın da yüksek sıcaklık etkisiyle yanmaya katılması sağlanmış olur. Dolgunun kademelendirilmesinde silindir içersindeki ortalama hava fazlalık katsayısının maksimum ekonomiye uygun $\lambda=1.1 \div 1.2$ mertebesinde olması sağlanır.

Uygulamada kademeli dolgunun teşkili, karbürasyon ve benzin püskürtme sistemleri ile yapılabilir. Karbürasyon sistemi ile kademeli dolgunun sağlanabilmesi için, biri fakir diğeri zengin karışım sağlayan çift karbürasyon sistemi kullanılır. Zengin karışım silindire girişte, buji tırnak bölgesinde toplanacak şekilde yönlendirilir.

Püskürtme sistemiyle dolgunun kademelendirilmesi ise; iki şekilde sağlanır:

Birinci yöntem, çift enjektörden yakıtın püskürtülmesiyle sağlanır. Bunlardan birisi emme manifolduna veya emme kanalına fakir karışım oluşturacak şekilde, diğeri buji tırnak bölgesine yönlendirilerek bu bölgedeki karışımı zenginleştirecek şekilde püskürtme yapması sağlanır.

İkinci yöntemde ise; havaya silindir içersinde dönme hareketi kazandırılır. Püskürtme sıkıştırma strokunda doğrudan silindir içine ve buji tırnağına doğru yönlendirilir.

3.1. Kademeli Dolgu Motor Örnekleri

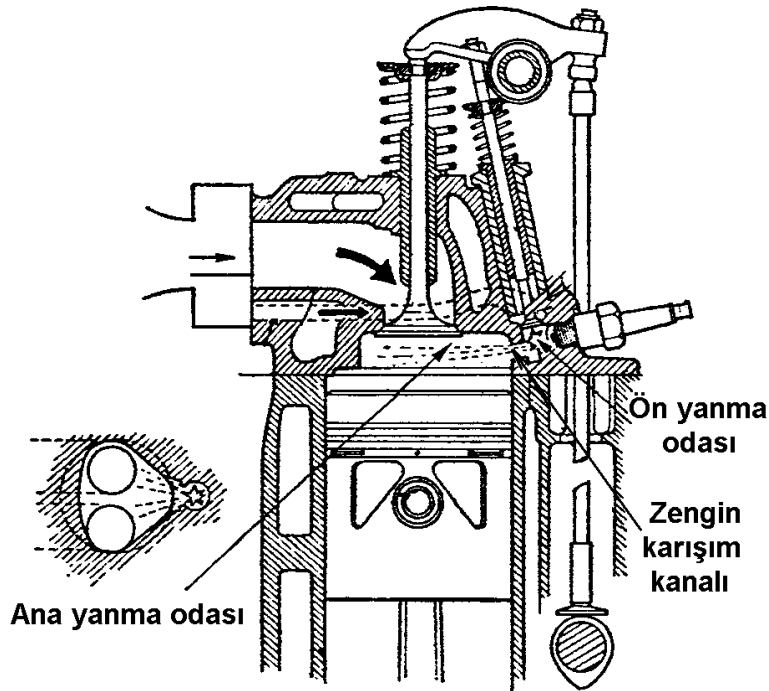
3.1.1. RICARDO Kademeli Dolgulu Motor

Kademeli dolgu motorlarının ilk öncülerinden olan Ricardo, 1922 senesinde konuyla ilgili çalışmalara başlamıştır. Küresel yanma odalı motorun, silindir kafasında, ana yanma odasına dar bir kanalla bağlı küçük bir bölünmüş yanma odası oluşturmuştur. Emme esnasında otomatik olarak açılan bir supaptan bölünmüş yanma odasına zengin karışımı sevk ederek, emme strokunun yaklaşık % 20'sinde açılan emme supabı vasıtasıyla da ana yanma odasına sadece hava girmesini sağlamaktadır. Ana yanma odasına emme strokunda giren havanın yanında kısmen de, bölünmüş yanma odasından bir miktar zengin karışım kaçar. Bölünmüş yanma odasına yerleştirilen buji, sıkıştırma stroku sonunda zengin karışımı ateşleyerek, bölünmüş yanma odasında yaratılan ani basınç artışı ve türbülans ile, ana yanma odasına doğru, sağlanan hızlı gaz akışı suretiyle, zengin karışımın ana yanma odasındaki hava ile karışarak yanması sağlanır.

Ricardo, motorun güç ayarı için, silindire gönderilen sadece yakıt miktarının değiştirilmesini veya bölünmüş odaya giren karışımın miktarının değiştirilmesinin gerektiğini belirtmiştir. Uygulamada ise maksimum termik verimin sağlanabilmesi için her ikisinde değiştirilmesi gerekmektedir.

3.1.2. GAZ-52 Kademeli Dolgulu Motor

Ricardo'nun geliştirdiğinden daha modern kademeli dolgulu motor 1954 yılında Sovyet Gorki firması tarafından geliştirilmiştir. İki ayrı karbürasyon sistemi tarafından silindire dolgu sevki gerçekleştirilen motorda, diğer kademeli dolgu motorlarda olduğu gibi silindir içinde ayrıca bir ön yanma odası yapılmıştır (Şekil 3.4).



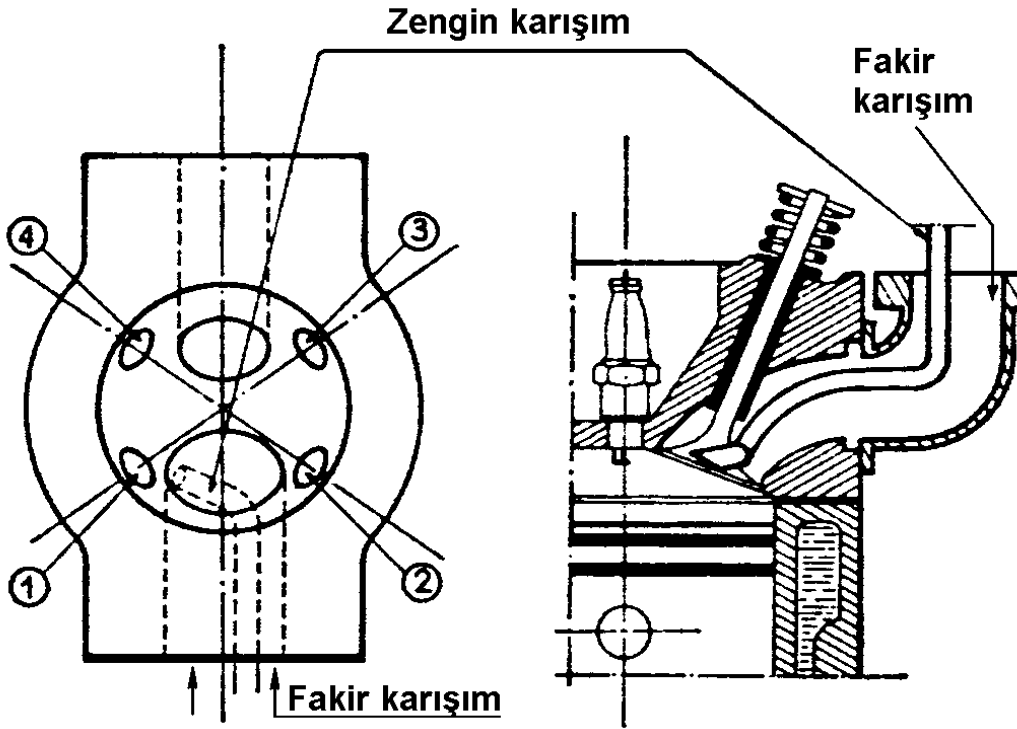
Şekil 3.4 GAZ 52 Kademeli dolgulu motoru.

Ana yanma odasına dolgunun büyük bir kısmını teşkil eden fakir karışım, ön yanma odasına ise, ayrıca bir karbüratörden fakir karışım sevk edilir. Ön yanma odasına buji tarafından ateşlenen zengin karışımın alevi geçiş kanalından ana yanma odasındaki fakir karışımın yanmasını sağlar. Termik verimin arttırılması ve vuruntusuz yanmanın sağlanması sonucu, aynı strok hacmindeki normal motora göre güç ve moment'te yaklaşık %12 mertebesinde bir artış sağlandığı belirtilmiştir.

3.1.3. IFP Kademeli Dolgulu Motor

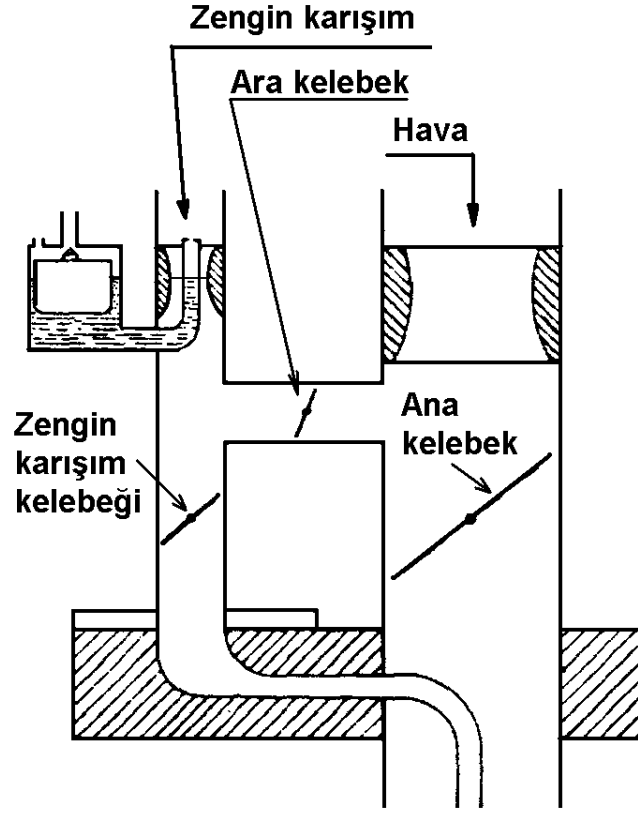
IFP (INSTITUT FRANÇAIS DE PETROL) 1961 senesinde tek silindirli Renault CNRS (Centre Natinal de la Recherche Scientifique) motoruna kademeli dolguyu uygulamıştır. Şekil 3.5'de görülen emme kanalının ortasındaki borudan zengin karışım, emme kanalından ise fakir karışım silindire sevk edilmiştir. Zengin karışım kanalı buji tırnak bölgesine doğru yönlendirilmiştir. Araştırmacılar şekilde görülen (1) noktasının buji için en uygun bölge olduğunu belirtmişlerdir.

IFP sisteminde fakir karışın oranının ayarlanması, zengin karışım sevk kanalı ile fakir karışım sevk kanalı arasına yerleştirilen ara kelebek düzeniyle sağlanır. Ayrıca fakir karışımın miktarının ayarı ana kelebek vasıtasıyla, zengin karışım miktar ayarı da ayrıca bir kelebek vasıtasıyla yapılır (Şekil 3.6).



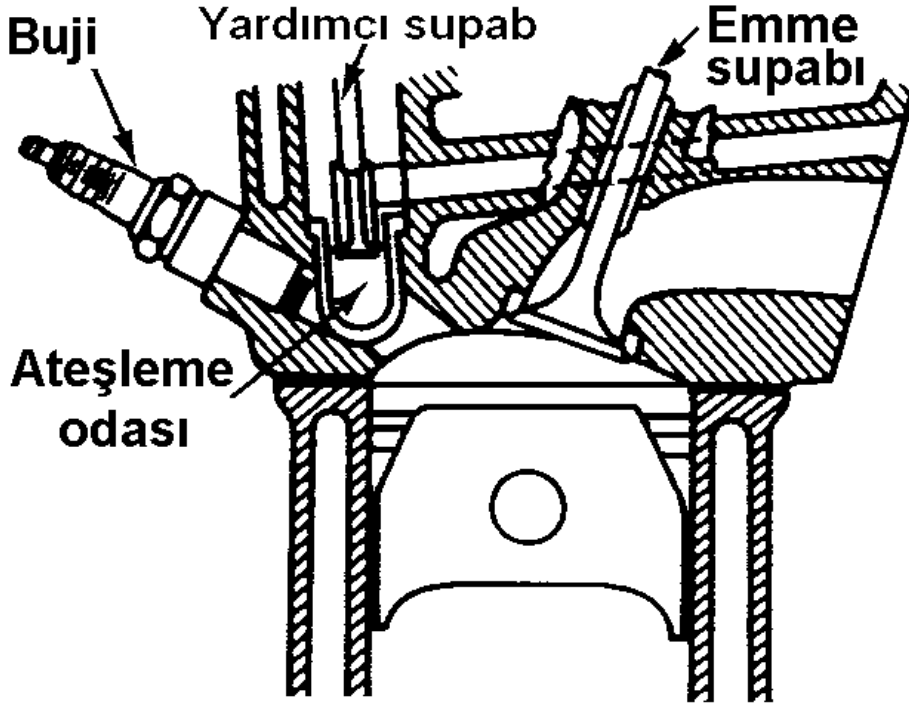
Şekil 3.5 IFP Kademeli dolgulu motor.

Çalışma şartlarına uygun olan karışım oranlarının sağlanabilmesi için şekilde görülen her üç kelebek birbiriyle akortlu olarak hareket ettirilmelidir. %50-%100 yük konumlarında ara kelebek, zengin karışım tarafından fakir karışım kanalına dolgu sevkini uygun şekilde gerçekleştirir.



Şekil 3.6 IFP Kademeli dolgu teşkili prensibi.

3.1.4. HONDA (CVCC) Kademeli Dolgulu Motor



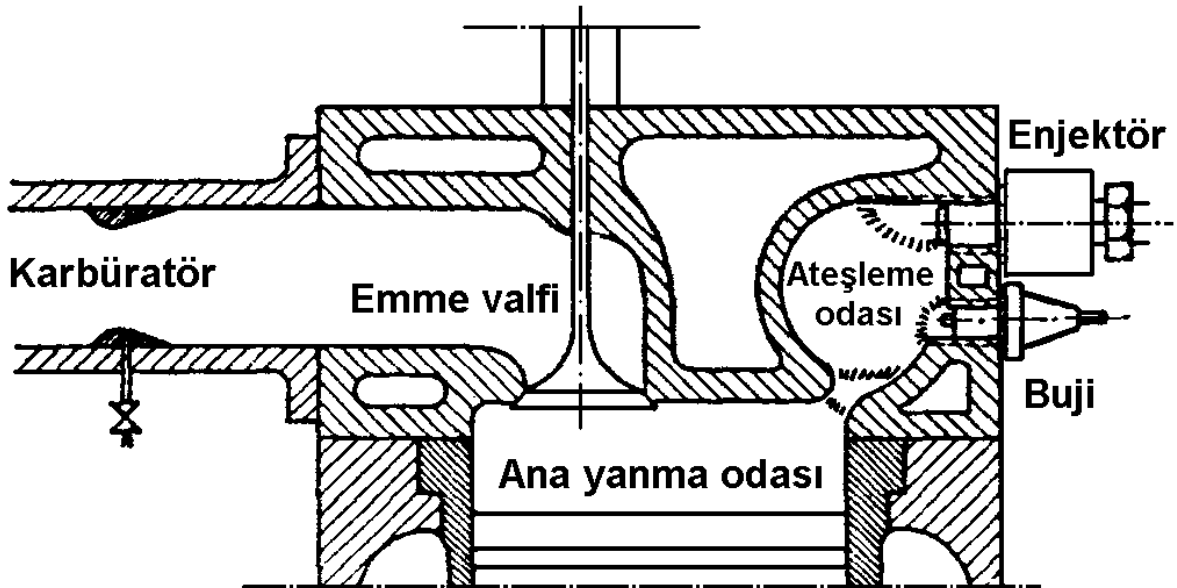
Şekil 3.7 Honda Kademeli dolgu motoru.

Japon Honda firması tarafından geliştirilen motorda ateşleme odası ve ana yanma odası ayrılmıştır. Motor 1950 senelerinde yapılan Sovyet Nilov motorunun adaptasyonudur (Şekil 3.7).

Honda motorunda iki boğazlı karbüratör mevcuttur. Karbüratörde sağlanan fakir karışım emme supabından ana yanma odasına sevk edilmektedir. Ateşleme odasına ise dolgu girişini kontrol eden üçüncü süpab vasıtasıyla zengin karışım gönderilmektedir. Emme supabı ve üçüncü süpab aynı anda açılıp kapanmaktadır. Ateşleme odasında zengin karışımın yanmaya başlatılmasıyla, ana yanma odasına doğru vorteksli bir akış sağlanır. Böylece ana yanma odasındaki fakir karışımla ateşleme odasından gelen zengin karışımli yanma gazları hızla karışır. CVCC (Compound Vortex Controlled Combustion) kontrollü bir vorteksin oluşturulduğunu tanımlamaktadır.

3.2. Benzin Püskürtme Sistemiyle Kademeli Dolgu Teşkili

Püskürtme yöntemiyle kademeli dolgu teşkili, birçok araştırmacı tarafından daha gerçekçi bir yöntem olduğu öne sürülmektedir. Bunun nedeni, karbürasyon sistemiyle sağlanan farklı karışımların, silindir içinde, sıkıştırma stroku boyunca ateşlemenin yapıldığı ana kadar istenilen bölgelerde oluşup oluşmadığının belirsizleşmesidir. Zira emme periyodu boyunca ve sıkıştırma periyodunda meydana gelen kaçınılmaz türbülans dolgunun kademelendirilmesini olumsuz etkiler. Püskürtme sistemiyle kademelendirmede genellikle fakir karışım emme periyodu boyunca silindire alınır. Fakir karışım, karbürasyon veya püskürtme sistemiyle sağlanabilir. Zengin karışım ise, silindir içinde, genellikle bölünmüş bir odacık içinde, sıkıştırma strokunun uygun bir kesiminde püskürtme yoluyla sağlanır. Bujuin de yerleştirildiği bu odacıkta, püskürtülen yakıt miktarıyla karışımın zenginlik düzeyi kolaylıkla ayarlanabilir.



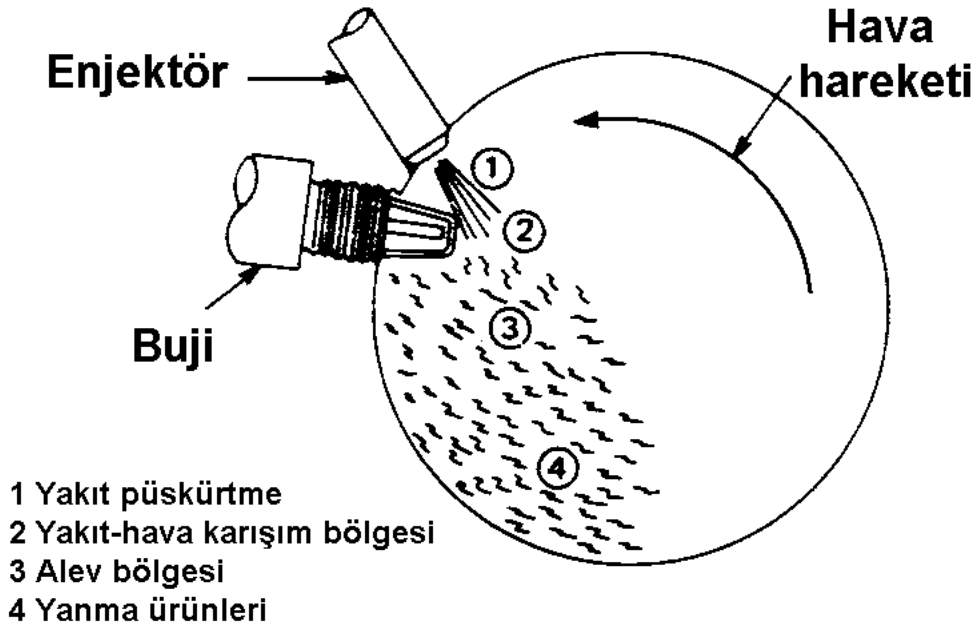
Şekil 3.8 SCHLAMANN Kademeli dolgulu motorunun kesiti.

Schlamann (1954) kademeli dolgu motorunda basit bir karbüratörden, motorun emme strokunda fakir karışım silindire alınır. Şekil 3.8'de görüldüğü gibi ateşleme odası ve yanma odası dar bir kanalla birbirine bağlanmıştır. Sıkıştırma strokunun sonuna doğru, ateşleme odasına bir enjektör vasıtasıyla yakıt püskürtülerek ateşleme odasında zengin karışımın oluşumu sağlanır. Ateşleme odasına yerleştirilen buji uygun zamanda çakarak zengin karışımı ateşler. İki odayı birleştiren kanaldan yanma odasına geçen alev fakir karışımında yanmaya katılmasını sağlar. Bu motorda aynı strok hacmindeki karbürasyonlu motora göre, gerek güç ve gerekse özgül yakıt hacminde olumlu sonuçlar alınmıştır.

3.2.1. TEXACO (TCCS) Direkt Püskürtmeli Kademeli Dolgu (1976)

TCCS (Texaco Controlled Combustion System) sisteminde emme havasına dönme hareketi kazandırılır. Direkt püskürtmeli yüksek hızlı diesel motorlarında olduğu gibi pistonun üzerine oyuk açılmıştır. Yakıt yanma odasına yaklaşık 100 ÷ 150 atm. basınç altında püskürtülmektedir.

Ateşleme sistemi, özel olarak motor için geliştirilmiş olup yüksek enerji seviyeli, çok arklı ve ark süresi kontrol edilebilir özelliklere sahiptir.



Şekil 3.9 TEXACO Kademeli dolgu teşkili prensibi.

Yakıt sıkıştırma stroku sonuna doğru püskürtülür. Püskürtme buji tırnağına doğru yönlendirilmiştir (Şekil 3.9). Buji tırnaklarına erişen ilk yakıt ark vasıtasıyla hemen yakılarak alev yüzeyi oluşturulur. Bir yandan püskürtme sürerken, buji tırnak bölgesindeki alev yüzeyine erişen ek yakıt ve hava hızla yanmaya katılır. Tam yük şartında çalışmada püskürtme süresi, yaklaşık havanın bir tur dönmesi kadar devam eder ve karışım oranı da stokiometrik oran mertebesinde. Düşük yük kademelerinde karışım fakirleştirilir ve karışım oranı ralantide çalışmada yaklaşık 1/100 mertebesine kadar düşer.

TEXACO (TCCS) Kontrollü yanma sisteminde aşağıda belirtilen üstünlüklerin sağlandığı belirtilmiştir.

- 1- Kısmi yüklerde çalışmada yüksek termik verim,
- 2- Düşük HC ve CO emission seviyelerinin sağlanması,
- 3- Yüksek basınçta yakıtın püskürtülmesi yoluyla, uçuculuk özelliğine karşı hassasiyetin giderilmesi,
- 4- Daha düşük oktan sayılı yakıtların vuruntusuz kullanılabilme olasılığı,
- 5- Daha kısa sürede ısınma periyodunun tamamlanabilmesidir.

3.3. Direkt Püskürtmeli Benzinli Motorların Gelişimi ve Karakteri

Son yıllarda toplumumuzda enerjinin ve çevresel korunma ana konulardan biri olmuş, bilhassa otomotiv endüstrisinde taşıt motorlarında en iyi yakıt ekonomisi isteği gereksinim göstermiştir. Ancak, müşteri memnuniyeti için her zaman yüksek çıkış gücü arzu edilmiştir.

Dört stroklu benzinli motorlarda yakıtı direkt olarak yanma odasına yollayan motorların gelişimi otomobil endüstrisinde bütün dünyada atılan en önemli adımıdır. Bu motorların termodinamik potansiyelleri yakıt ekonomisini arttırmak, daha hızlı tepki ve ilk harekette hidrokarbon emisyon seviyeleri gibi konular hakkında hakkında bir çok araştırma yapılmasına ve direkt püskürtmeli yanma sistemlerini anlamak, geliştirmek ve incelemek üzere yeni araştırmaların ortaya çıkmasına neden olmuştur.

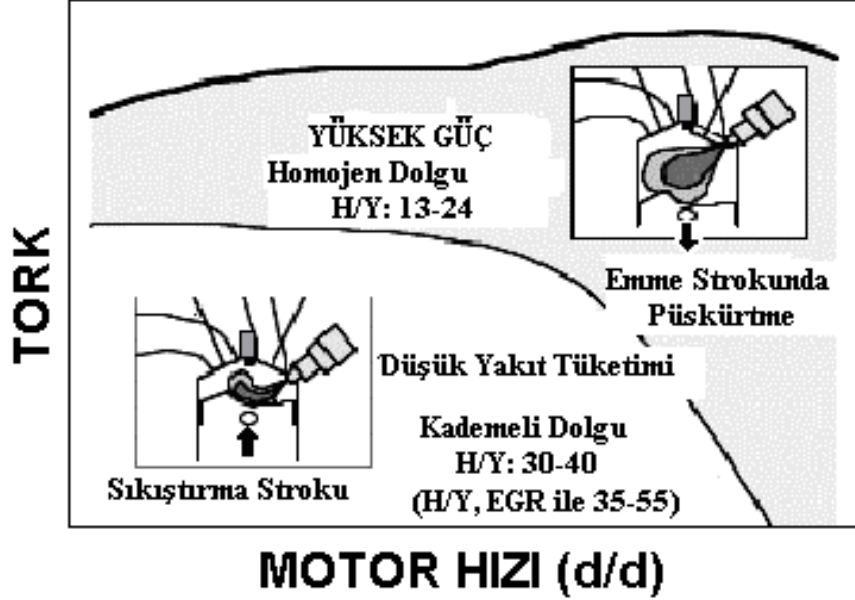
Asıl motor biçimlenmesinde yakıt ekonomisi ve emisyon verileri araştırmacılar için önemlidir. Yakıt ekonomisindeki önemli gelişmeler arttıkça, otomotiv mühendisleri gelecekteki emisyon gereksinimleriyle uyuşan özgül yakıt sarfiyatını azaltıcı yönde çaba göstermektedirler. Araştırmacılara göre bu hedefi başaracak olan motor 4 stroklu, direk püskürtmeli ve emmede yük kontrolünün sağlanması için karışımın bir dar boğazdan geçmediği buji ateşlemeli bir motordur. Bu motorda, yakıt demeti doğrudan silindir içine yollar ve buji bölgesinde ateşleme zamanında ateşlenebilecek seviyede bir yakıt-hava karışımı sağlanır.

GDI motoru yakıtı direk olarak silindirin içine yollar ve işlem sırasında çok fakir karışım oranında yanma elde edebilmek için püskürtme süresini kontrol eder. Daha yüksek volümetrik verim ve sıkıştırma oranı sayesinde daha önceki motorlara göre hızlı cevaplar alındığı anlaşılmıştır.

GDI'da en önemli karakteristik ve kazanç, performans artışı ile başlar. Önemli bir faktör, bugünkü konvansiyonel sistemlerde emme kanalına püskürtme sistemlerinde mevcut pompalama kayıplarından kaçınarak, kısmi yükte, emme manifoldundaki tam olarak açılmış bir gaz kekebeği ile çalışmadır.

Bütün GDI sistemlerde, emme havasından ziyade, sevki kontrol eden kelebeğin hareketi sayesinde yakıt direk olarak yanma odasına yollar. Karışım türbülansı ve dönme oranı, yakıt hüzmelerinin çarptığı özel şekilli piston başına enjektör memesinin yönlendirilmesi ile sağlanır. Püskürtme basınçları 3.8 bar olan benzin püskürtme sistemlerine göre 120 bar civarında olup daha iyi pülverizasyon sağlar. Vuruntunun azaldığı GDI sistemlerinde daha yüksek sıkıştırma oranlarına erişilebilmesi termik

verimi arttırmaktadır. Bu kombinasyonlardan yararlanarak otomotiv üreticileri aynı performans için motor boyutlarının küçültülmesi ile ekonomik kar sağlayacağını görmekte ve bilhassa ralanti ve düşük hız kademelerinde %30'a varan yakıt tasarrufu sağlayacağını raporlarında olduğunu bildirmektedirler.



Şekil 3.10 Yüksek ekonomi ve düşük güç sağlamak için kademeli yanmada yakıt sıkıştırma strokunda ateşlemeye az bir zaman kala püskürtülüyor. Homojen yanmada yakıt konvansiyonel motorlardaki gibi emme strokunda püskürtülüyor.

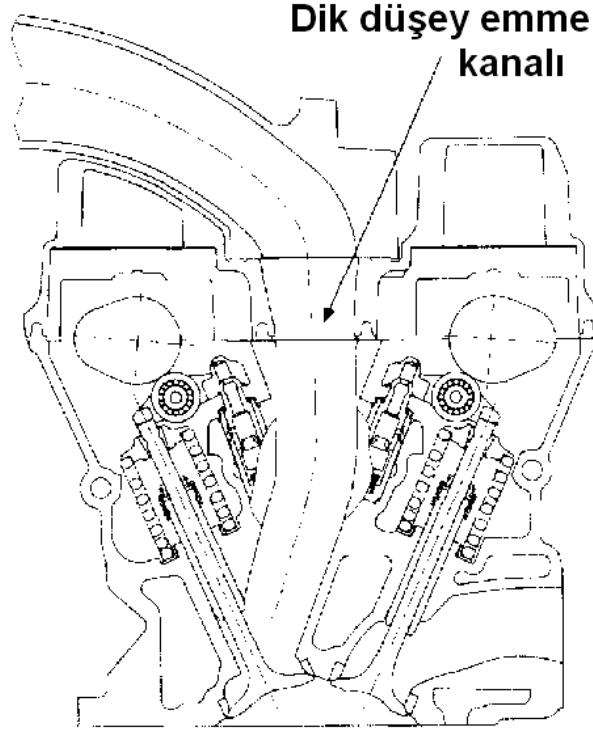
GDI iki kademeli yanma prosesi olup kısmi yükte çalışmada veya ralantiden orta hız seviyesine kadar kademeli dolgu başlar. Bu aşamada doğrudan doğruya bujiye yönlendirilen püskürtülen yakıt ile fazla miktarda emilen hava mevcuttur. Hava-yakıt karışımındaki yerel konsantrasyon kolayca ateşlenir ve yanma tüm odaya yayılır ancak fakir karışım ile yanma motora sınırlı güç sağlar (Şekil 3.10).

Yüksek performans istendiğinde motor kontrol ünitesi hemen stokiometrik dolgunun tümüyle yandığı homojen yanma sistemine döner. Bu aşamada silindir üniform olarak stokiometrik karışım ile dolar ve emme manifoldundaki gaz keleşi hava sevkini sağlamak için amacıyla harekete geçirilmiştir.

Kademeli dolgulu yanmada zengin karışım bölgeleri yerel olarak yüksek sıcaklıkların elde edilmesini sağlayacak ve NO_x emisyonları da artacaktır. Yüksek oranlarda egsoz gazı resirkülasyonu (EGR) uygulaması sonucu NO_x emisyonunda azalma sağlanabilecektir. Ancak GDI benzinli motorların günümüz teknolojisinde sorunu NO_x emisyonları olarak gözükmektedir. Yüksek EGR oranları, yakıt sarfiyatının ve NO_x emisyonunun azaltılmasında önemli bir kazançtır.

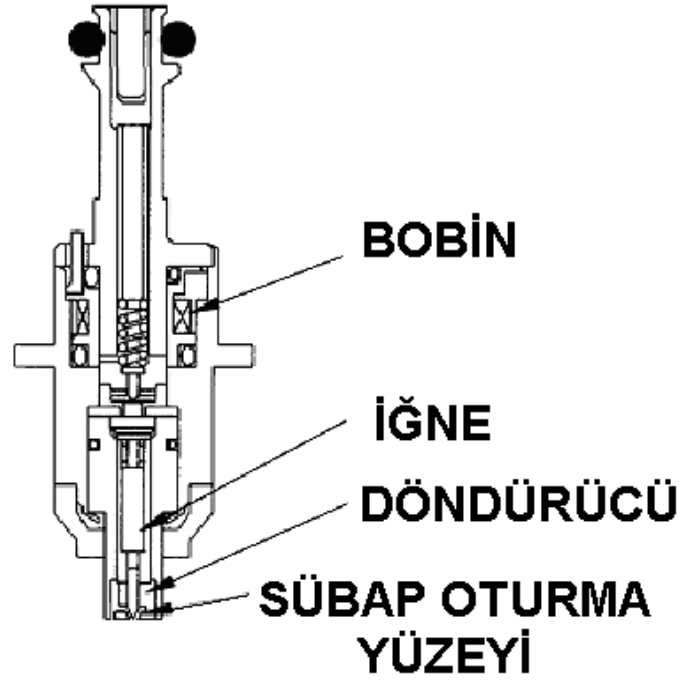
GDI motorlarının en temel hedefleri dizel motorlarında olduğu gibi kısmi yük koşullarında çok fakir kademeli yanma yaparak en az yakıt tüketimi sağlamak ve benzinli motorlarda olduğu gibi tam yük koşullarında homojen yanmada daha yüksek çıkış performansları sağlamaktır.

GDI aşağıdaki 4 temel özelliğı içerir:



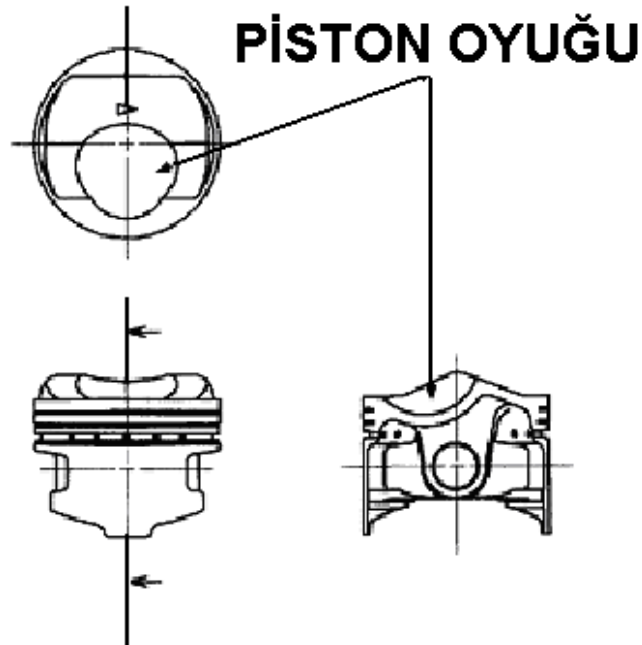
řekil 3.11 Dik dűşey emme kanalları.

- 1) Dik ve dűşey emme kanalları; kuvvetli ařağı doğıru akıř emme stroku boyunca silindire doğıru verilir ve dűnme hareketi ise karřıt yűnde silindirde sağılanır. Bu tip silindir içerisine akıř GDI motorlarına hastır. Yűksek ıkıř dűřűk hava direnci ile sağılanır (řekil 3.11).
- 2) Yűksek basınçlı yakıt pűskűrtme pompası; yűksek volűmetrik verim için kullanılan eksenel plancer pompası, yűksek basınçlı pűskűrtmenin direkt olarak silindire gitmesini sağılar. Eksantrik mile doğırudan bağılı olarak bir kullanılma methodu vardır bűylece daha dűřűk hız aralığında ve daha dűřűk çekiř kayıplarında kullanılır. Yakıt demeti boyutlarını ve sűrtűnme kayıpları gűz űnűnde tutulursa yakıt pűskűrtme basıncı silindire pűskűrtme ile kıyaslandığında oldukça dűřűk olan 5 MPA olarak belirlenmiřtir.
- 3) Yűksek basınçlı, girdap hareketi sağılayan enjektűrler; hassas ve tam pűskűrtme miktar ve zaman kontrolű sağılayan elektromanyetik enjektűr geliřtirilmiřtir. Geliřtirmedeki amaç iyi bir atomizasyon için geniř ve dinamik akıř aralığı ve yakıtın nűfűz etmesini arttırmaktır (řekil 3.12). Nispeten dűřűk 5 Mpa'lık pűskűrtme basıncı daha iyi bir yakıt pűlverizasyonu sağılamıřtır. Girdap hareketi enjektűr memesinin kendiliğınden temizlenmesini sağılar bűylece űmrű artar.



Şekil 3.12 Yüksek basınçlı dönme enjektörü.

- 4) Küresel piston başı; zengin karışımın buji tırnağına gönderilmesi ve dik-düşey emme kanalından gelen hava hareketini güçlendirmek amacıyla, tam buji tırnağının ucunda, piston üst yüzü oyuk olarak dizayn edilmiştir (Şekil 3.13).



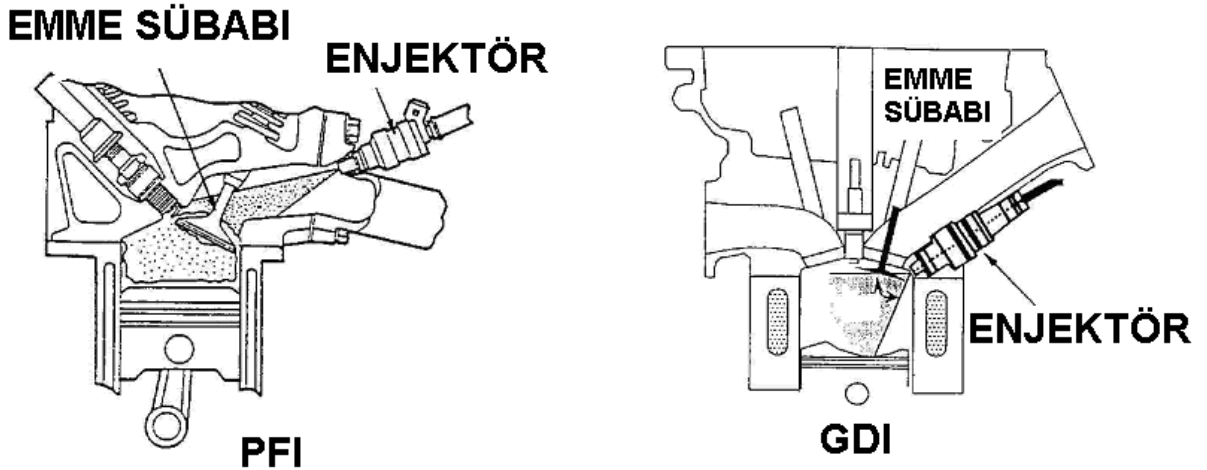
Şekil 3.13 Piston üst yüzey kesiti

GDI benzin motorlarında, tüketilen yakıt miktarları değişmeden ortalama efektif basınçtaki artış sonucu, motor performansı iyileşmekte, motorun özgül yakıt tüketimi azalmaktadır. Hava yakıt karışım oranı stokiometrik değerden 40:1 mertebesine ulaştığında yakıt ekonomisindeki iyileşmede %25 düzeyine ulaşmaktadır. Ayrıca vuruntu meyilinin azalması sıkıştırma oranının artmasına izin vermektedir. Tam yük durumunda yakıtın emme strokunda silindir içersine püskürtülmesi, yakıtın erken buharlaşmasını sağlayarak soğutma etkisi yaratmakta ve vuruntu meyilini azaltmaktadır.

Fakir karışimli motorlarda genellikle ilk tutuşma zorlaşmakta ve yanma kararlılığı azalmakta, çevrimden çevrime farklılıklar artarak motor performansını olumsuz yönde etkilemektedir. Ortalama indike basınç değerinin standart sapmasının, ortalama değerine oranı olarak tanımlanan basınç değişimi katsayısı pratikte %10 düzeyini aştığında taşıtın sürüş yeteneği de olumsuz olarak etkilenmektedir. Bu nedenle fakir karışimli yanmada genelde bazı önlemler alınması gerekmektedir. Benzinin direk olarak silindirin içine püskürtülmesi ve kademeli dolgu elde edilmesi kararlı yanma ortamı sağlamaktadır. Emme manifoldu tasarımına bağlı olarak, silindir içersinde yaratılan gaz hareketleri de yanma kararlılığına ayrıca olumlu katkıda bulunmaktadır.

Motorun tam yük civarında çalışması durumunda, istenilen yüksek performans stokiometrik karışım oranında sağlanabilecektir. Kademeli dolgu uygulandığında zengin karışım bölgesinde is oluşacaktır. Bu nedenle özellikle fakir karışım oranlarından stokiometrik karışım ile çalışma bölgesine gelindiğinde karışımın tam homojen olması önem taşımaktadır.

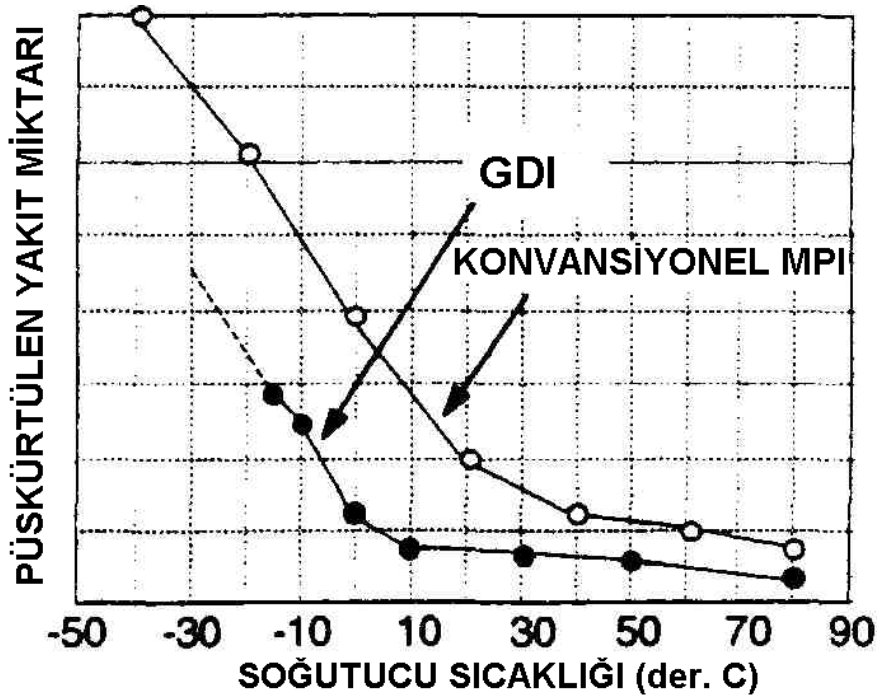
3.4. GDI ve PFI Motorlarının Karşılaştırılması



Şekil 3.13 PFI ve GDI karışım hazırlama sistemlerinin karşılaştırılması.

PFI ve GDI motorlarının ana farkları karışım hazırlama stratejileridir. PFI motorlarda yakıt her bir silindirin emme kanalına püskürtülür ve püskürtme olayı ile hava-yakıt karışımının silindire girmesi arasında bir zaman farkı vardır. Şu anki PFI motorlarının büyük bir çoğunluğu kesintili püskürtme sistemini kullanmaktadır. İlk hareket etmede kanalın emme supabı etrafında sıvı yakıt birikintisi veya film

tabakası oluşur. Bu durum kısmi buharlaşmaya bağlı ve stokiometrik oran olarak yakıt yollama gecikmesi ve gereksiz yakıt miktarı göndermeye neden olur. Bu sorunlar yanmamış hidrokarbon emisyonunun artması ile motorun ilk 4-10 çevriminde kötü ateşleme ve kısmi yanma gibi problemleri doğurur. Oysa ki yakıtı direk olarak silindirin içine yollamak bu problemleri ortadan kaldırdığı gibi her yanma işleminde silindire giren yakıt miktarının değiştirebilmesini sağlar ve yakıtın sevk süresini kısaltır. Silindire giren yakıtın miktarı PFI motorlara göre GDI motorlarda daha iyi kontrol edilir. GDI motorları daha fakir karışımda yanma, silindirler arası hava-yakıt karışımı farklılıklarının azalması ve daha düşük yakıt sarfiyatı sağlar. Direk püskürtme sayesinde yanmamış hidrokarbon emisyonları ilk harekette azalır ve motorun tepki süresi kısalır. GDI sisteminin PFI sistemlerine göre daha yüksek yakıt basıncına sahip olmasından dolayı, özellikle daha fazla yakıt buharlaşmasına gerek duyulan soğuk çalışma şartlarında silindire giren yakıtın pülverizasyonu daha fazladır.



Şekil 3.14 Değişik sıcaklıklarda GDI ve PFI motorlarını çalıştırmak için gerekli yakıt miktarlarının karşılaştırılması.

GDI kavramı PFI motorunun özellikle emme kanalında ıslanmaya bağlı konular üzerinde gerekli sınırlamaları sağlamada birçok imkan sunar. PFI motorunun emme kanalındaki yakıt filmi bir kapasitör görevi görür yani motor, enjektör tarafından hassas olarak ölçülen yakıt yerine oluşan bu filmdeki havuza göre çalışır. Dört zamanlı benzinli motorda direkt püskürtme emme kanalındaki oluşması muhtemel bu yakıt filmi ortadan kaldırır. Direkt püskürtmeli benzin motorlarında soğukta çok az veya hiç bir zenginleştirme yapmadan ikinci krank çevriminde motorun çalışmasını sağlar ve yük değişimlerinde yanmamış hidrokarbon emisyonlarında ciddi bir düşüş gösterir. GDI ve PFI motorlarını çalıştırmak için gerekli yakıt miktarının karşılaştırılması Şekil 3.14 gösterilmiştir. GDI motorları ilk harekette daha az yakıt gerektirdiği açıktır ve gerekli minimum yakıt miktarındaki bu fark dış ortam sıcaklığı düşüğe artmaktadır.

3.4.1. GDI Motorlarının PFI Motorlara Göre Avantajları

- 1) Yakıt ekonomisindeki artış (test çevrimine bağlı olarak %25 e varan gelişme) nedenleri:
 - a) daha az pompalama kaybı,
 - b) daha az ısı kaybı,
 - c) yüksek sıkıştırma oranı,
 - d) düşük oktan sayılı yakıt,
 - e) volumetrik verim artışı,
 - f) yavaşlamada yakıtın kesilmesi
- 2) Motor tepki süresinde azalma:
 - a) ivmelenme sırasında daha az zengin karışım isteği
- 3) Daha hassas hava yakıt oranı kontrolü:
 - a) daha hızlı kalkış,
 - b) soğukta ilk harekette daha az yakıt sarfıyatı
- 5) Yüksek EGR tolerans sınırı
- 6) emisyon avantajları:
 - a) soğukta ilk harekette yanmamış hidrokarbon emisyonlarının azaltılması,
 - b) CO emisyonlarının azaltılması,
 - c) Sistem optimizasyonu için geliştirilmiş potansiyel

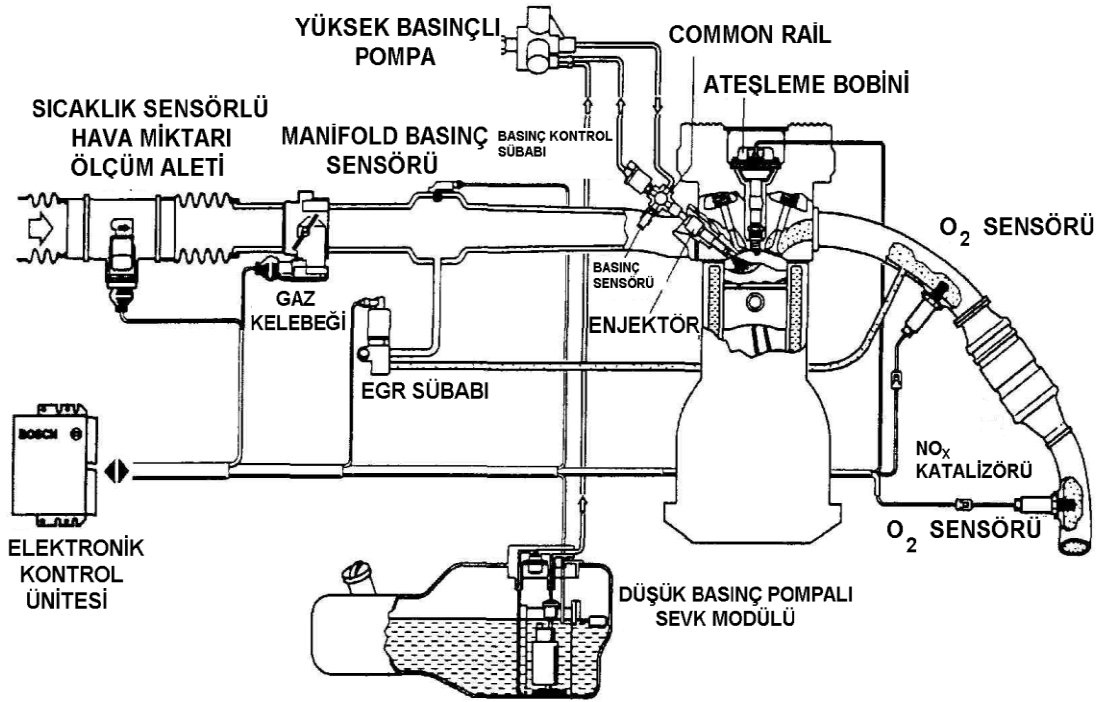
GDI motorları bu avantajlara sahip olmasına rağmen tıpkı daha önceki yıllarda geliştirilmiş kademeli dolgulu motorlarda olduğu gibi bazı problemlere de sahiptir. PFI motorunun yerine GDI motorunun geçirilmesinde otomotiv üreticilerini şu alanlar zorlamaktadır.

- 1) Arzulanan işletim aralığında kademeli dolguda yanmayı kontrol etmekteki zorluklar,
- 2) Değişken yük koşullarında, kontrol ve püskürtme teknolojilerinin karmaşıklığı,
- 3) Nispeten daha yüksek oranlarda enjektörlerde tortu oluşumu veya ateşleme bozukluğu,
- 4) Nispeten kısmi yükte yanmamış hidrokarbon emisyonu,
- 5) Aşırı yükte yüksek NO_x emisyonu,
- 6) Kısmi yükte, kademeli dolgulu çalışmada yerel NO_x oluşumunun yüksek oluşu,
- 7) Tam yükte çalışmada yüksek is oluşumu,
- 8) Partikül emisyonunun artması,
- 9) Üç yollu katalizör yüksek verimde çalıştırılmaması,
- 10) Yüksek basınç ve düşük yakıt yağlaması sonucu yakıt sistemindeki elemanlarda aşınma,
- 11) Silindir çeperlerinde artan aşınma,
- 12) Sürücü ve enjektörlerin elektrik gücü ve voltaj gereksinimi artışı,
- 13) Yakıt sistem basıncının artışı ve yakıt pompası kayıpları.

Otomobil firmaları, araştırma enstitüleri ve yakıt püskürtme sistemi imalatçıları tarafından direk püskürtmeli, 4 stroklu, benzinli motorlar için birçok yeni karışım hazırlama ve yanma kontrol stratejileri 1990 yılından beri uygulanıp geliştirilmektedir. Günümüzde bazı otomobil firmaları bu motor teknolojisini japon ve

avrupa piyasasına sürmüşlerdir. Bunlar 3. Jenerasyon GDI motorları olarak sınıflandırılmaktadırlar.

GDI motorları için yakıt püskürtme sistemleri kademeli dolgu için hem kısmi yükte geç püskürtmeyi, hem de tam yükte emme strokunda homojen dolgu için gerekli püskürtmeyi sağlayabilmelidir. Hızlı karışım oluşumu ve kontrollü kademelendirilme elde edebilmek için kısmi yüklerde iyi atomize olmuş bir hüzme istenir. Tam yükte, büyük miktarlarda dahi homojen bir dolgu yaratmak için iyi pülverize olmuş yakıt veya karışım istenir. Sonuçta bu yakıt sistemi gereksinimleri Diesel ve PFI motorlara göre daha kapsamlıdır. Elektromanyetik enjektörlü Common-Rail sistemlerde bu gereksinimlere cevap verdiği yapılan araştırmalar sonucu görülmüştür.

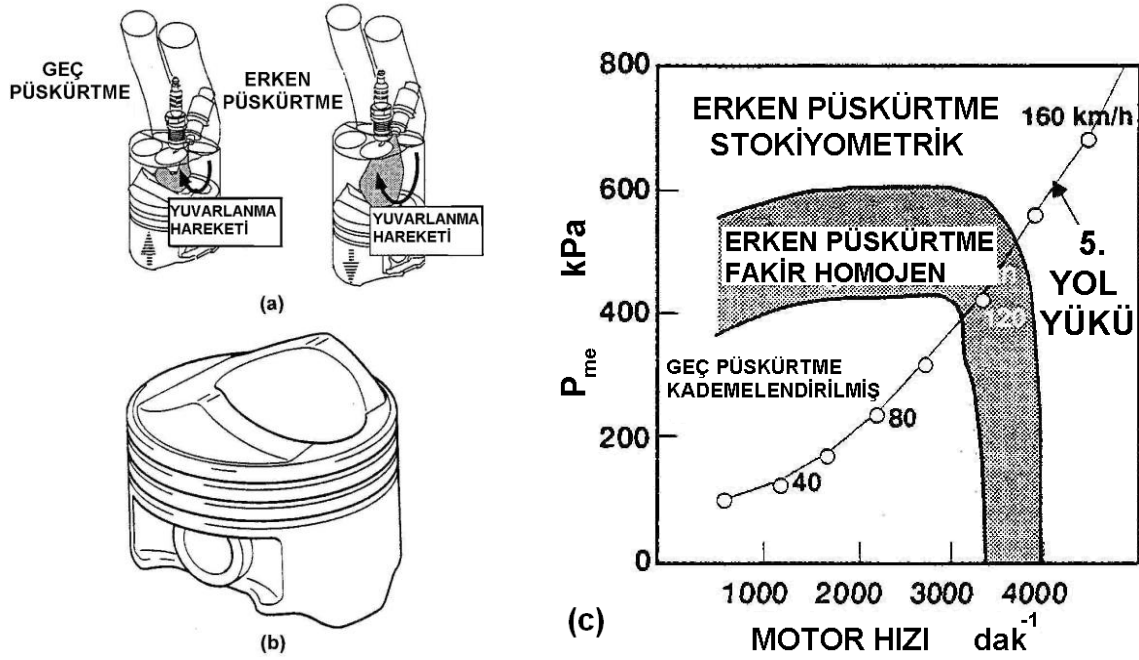


Şekil 3.15 Tipik bir GDI motor sisteminin yapısı

Bir GDI motorunun common rail yakıt sistemi elemanları Şekil 3.15 gösterilmiştir.

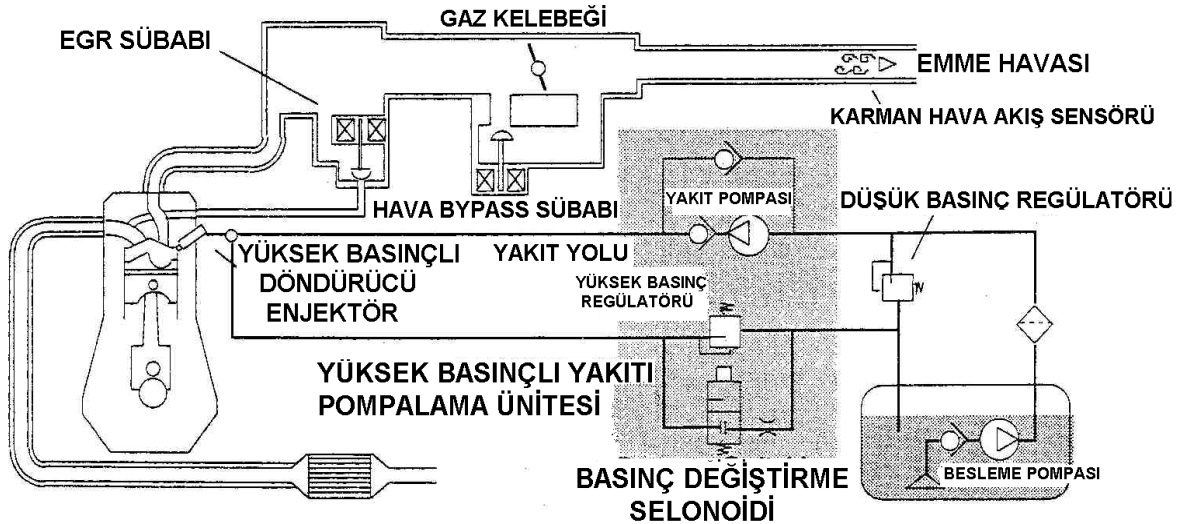
3.5. Mitsubishi Yanma Sistemi

Mitsubishi'nin GDI (Doğrudan benzin püskürtmeli) motoru, benzinli motorlar teknolojisinde bir devrim niteliği taşımaktadır. Sunduğu üstün yakıt tasarrufu ve düşük emisyon değerleri ile çevreye karşı duyarlıyken aynı zamanda eşdeğer konvansiyonel benzinli motorlardan daha güçlüdür. GDI teknolojisinin yeni yüzyılın motor teknolojisini sürükleyeceği sadece Mitsubishi'nin görüşü değildir. Diğer otomobil üreticileri, akademisyenler ve gazeteciler aynı görüşü belirtmektedir. GDI, benzinli motorun geleceği tanımlamasına rağmen halen yüzbinlerce araca güç vermektedir.



Şekil 3.16 Mitsubishi GDI yanma sisteminin reimlerle şematik olarak gösterilmesi. (a) yakıt püskürtme stratejileri (b) piston geometrisi (c) yanma biçimi ayarları

Mitsubishi yanma sistemi şematik olarak şekil 3.16 ve 3.17 de gösterilmiştir. Erken püskürtme sistemi ağır yük koşullarında kullanılır. Bu sırada motor stokometrik karışım kullanır, tam yük konumunda ise zengin karışım kullanır. Az yük koşullarında motor homojen dolgulu fakir karışımli olarak yakıt ekonomisini sağlamak için çalışır. Hava yakıt karışımı 20-25 aralığındadır.

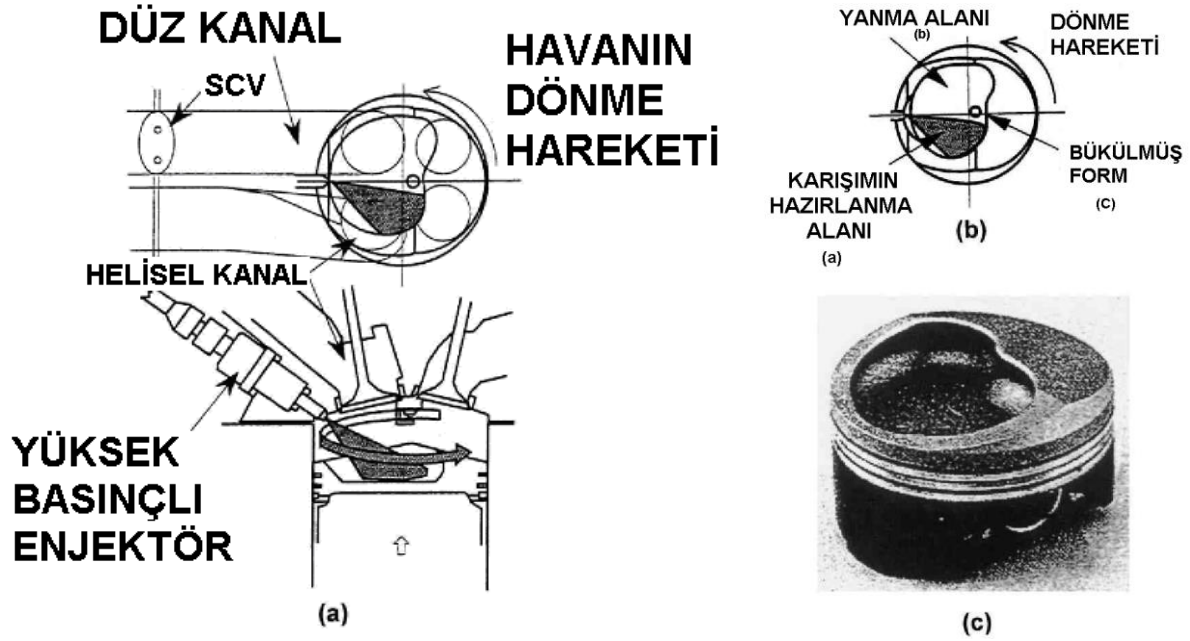


Şekil 3.17 Mitsubishi GDI motoru sistem yapısı

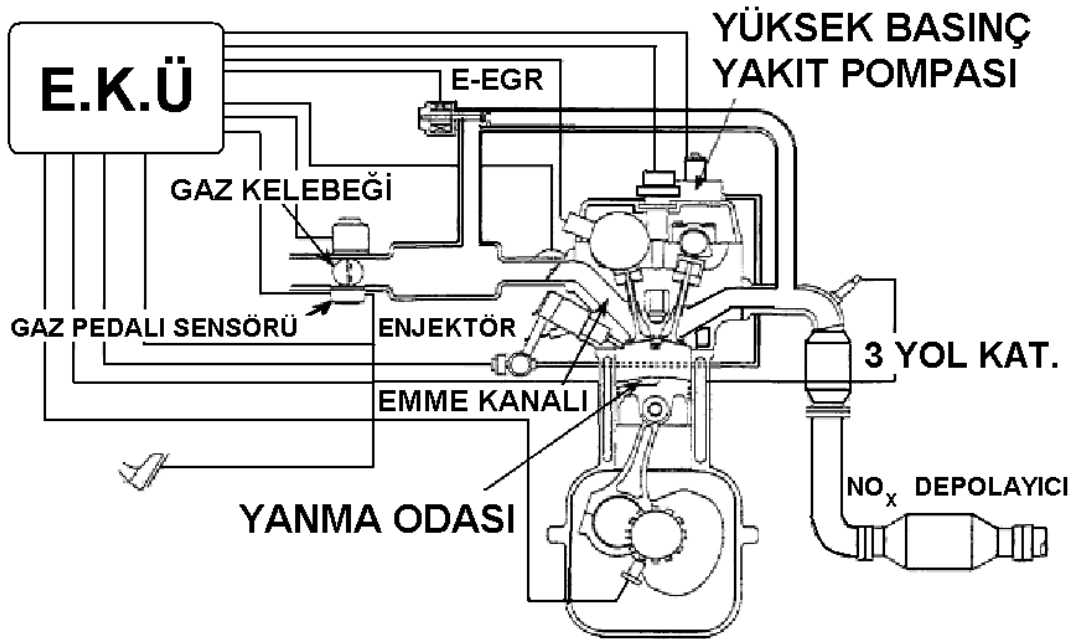
İlk GDI motoru Japonya'da 1996 yılında 4G93 SI motorunun temelinden faydalanılarak 4 sübaplı 4 silindirli olarak yapılmıştır.?? 4G63 motorundan ayrılan başlıca özellikler silindir kafası ve piston dizaynı ve yüksek basınçlı pompa ve enjektördür. Mitsubishi'de çift katalizör sistemi vardır. Birincisi fakir karışım'da kullanılan saf iridiumdur ve normal platinyum katalizör'de fakir olmayan periyotta

gazları katalize etmek için akıntı yönüne doğru yerleştirilmiştir. Konvansiyonel PFI motorlarına göre 0-100 km/h hızlanma zamanında mitsubishi 4G93 GDI motorunun aynı hacimde %5 oranında yakıt tasarrufu sağladığı görülmüştür. Silindir içinde dolgunun soğutulmasındaki değişiklikler ve emme boğazındaki dizayn değişikliklerinden dolayı volümetrik verim %5 oranında artmıştır. Sıkıştırma strokunun 12 değerinden daha fazla yükselmesi ve diğer gelişmelerle kombinasyonları çıkış gücünü %10 artmıştır.

3.6. Toyota Yanma Sistemi

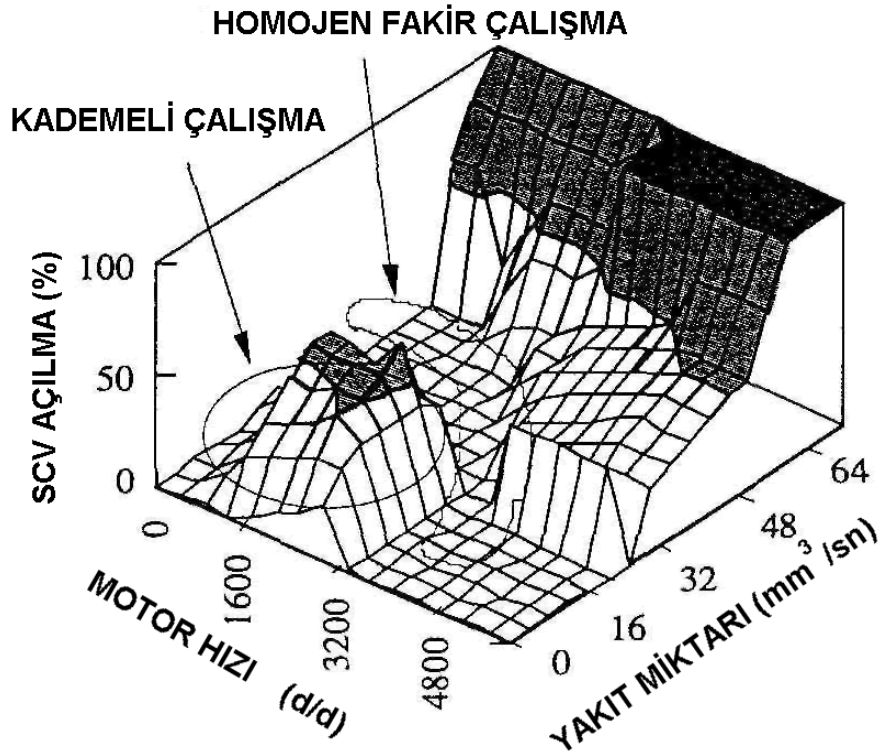


Şekil 3.18 TOYOTA GDI motorunun yanma odası konfigürasyonu.



Şekil 3.19 Toyota GDI motoru sistemi.

D-4 adı verilmiş GDI motorunun başlıca elemanları ve kademelendirme konsepti 3.18 ve 3.19 da gösterilmiştir. Şekil 3.18 de gösterildiği gibi değişik bir piston oyuğu kullanılır. Oyuğun (a) ile gösterilmiş alanı karışım hazırlanma bölgesidir ve üstündede buji bölgesi vardır. Daha geniş olan (b) alanı ise yanmanın gerçekleştiği bölge ve hızlı karışımın sağlandığı yerdir. Akışın dönüş yönündeki enlemesine artış kademelendirilmiş dolgu ateşlendiğinde yanma uzunluğunun değişmesini sağlar. (c) şeklide buharlaşmış yakıtın buji bölgesine yönlendirilmesi için dizayn edilen pistondur. Emme sistemi bağımsız olan helisel kanal ve düz kanaldan oluşmuştur. Elektrik kumandalı dönüş kontrol sübabı (kelebek tipi) düz emme kanalının üstüne yerleştirilmiştir. SCV kapandığında dönme oranı 2.1 olur. Helisel emme kanalı emme kammili üzerinde akıllı sübap zamanlı (VVT-i) kam evresini kullanır. Bu sübablar DC motor tarafından tahrik edilir ve motor çalışma şartlarına bağlı olarak istenilen sübap açılma açısı kontrol edilir.



Şekil 3.20 Toyota GDI motorunun SVC çalışma detaylı haritası.

Şekil 3.20 SCV operasyon haritasını detaylı olarak gösterilmiştir. Düşük yük koşullarında SCV kapanır buda yakıtın helisel emme kanalından gelmesini sağlar böylece dönen bir akım meydana gelir. İyice ayrıştırılmış yakıt dönen akışkana sıkıştırma strokunun sonuna doğru püskürtülür. Akış zengin karışımı buji bölgesine doğru yollarken yakıtın bir kısmı yanma odasına dağılır, böylece kademeli bir dolgu meydana gelir. Ağır yük koşullarında ise SCV açılır ve emme havası silindirin içine düşük bir basınç kaybıyla dolar. Yakıt emme strokunda püskürtülür ve homojen bir karışım meydana gelir.

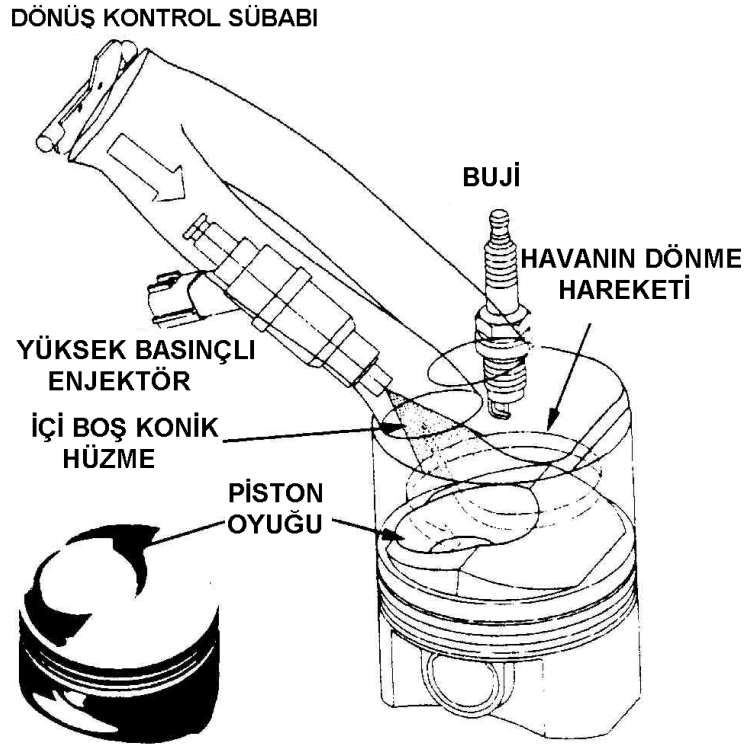
Hem homojen dolgulu çalışmada erken püskürtme modu için hemde kademeli dolgulu çalışmada geç püskürtme modu için, GDI yanma sistemleri oldukça kullanılmaktadır fakat mod değişimi sırasında fakir karışımdan dolayı ateşlememe ve

kısmi yanma problemleri yaşanabilir. Mod değişimi için iki kademe veya ani püskürtme stratejileri kullanılabilir. Cıvaz kademelendirmeyi düzeltmek için yakıt miktar emme, bir miktarda sıkıştırma stroku sırasında püskürtülür. Böylece ne aşırı zengin nede fakir karışım olmaksızın sabit bir yanma meydana gelir.

Toyota D-4 GDI motoru değişik karışım stratejileri için tamamen farklı 4 rejim kullanılır. Birincisi kademeli dolgu operasyondur ve hava yakıt oranı 20-25 arasındadır. Taşıt bu çok fakir karışımı sabit düşük yük koşullarında 100 km/h hıza kadar kullanabilir. 2. ise mod değişimidir. Yarı kademelendirilmiştir, hava yakıt oranı 20-30 arasındadır. Bunda yakıtın bir kısmı sıkıştırma strokunda, diğer kısmında emme strokunda püskürtülür. 3. ise emme strokunda yapılan püskürtmeyle hava yakıt oranı 15-23 olan homojen bir yanma sağlanmasındır. 4. sü 3. ye benzer fakat hava yakıt oranı 12-15 civarındadır. Common rail yakıt basıncı kontrol sistemi tarafından 8 ile 13 MPA aralığına ayarlanmıştır böylece püskürtme oranını en iyi seviyeye getirir. Soğuk kalkışı kolaylaştırmak için bir düşük basınçlı yakıt enjektörü yardımcı boğaza yerleştirilmiştir.

Toyota D4 motorunun yakıt ekonomisi motor 4 vitesli otomatik şanzıman ile kullandığında konvansiyonel PFI motorundan %30 daha iyi olduğu belirtilmiştir. Japon şehiriçi 10/15 modlu çevrim için 17.4 km/l lik bir yakıt sarfiyatına ulaşılmıştır. Bu değer konvansiyonel PFI motorlarda 13 km/l dir. Ayrıca ivmelendirmenin yaklaşık %10 artırılarak 0-100 km/sa hızlanmanın 10 saniyenin altına indiği belirtilmiştir.

3.7. Nissan Yanma Sistemi

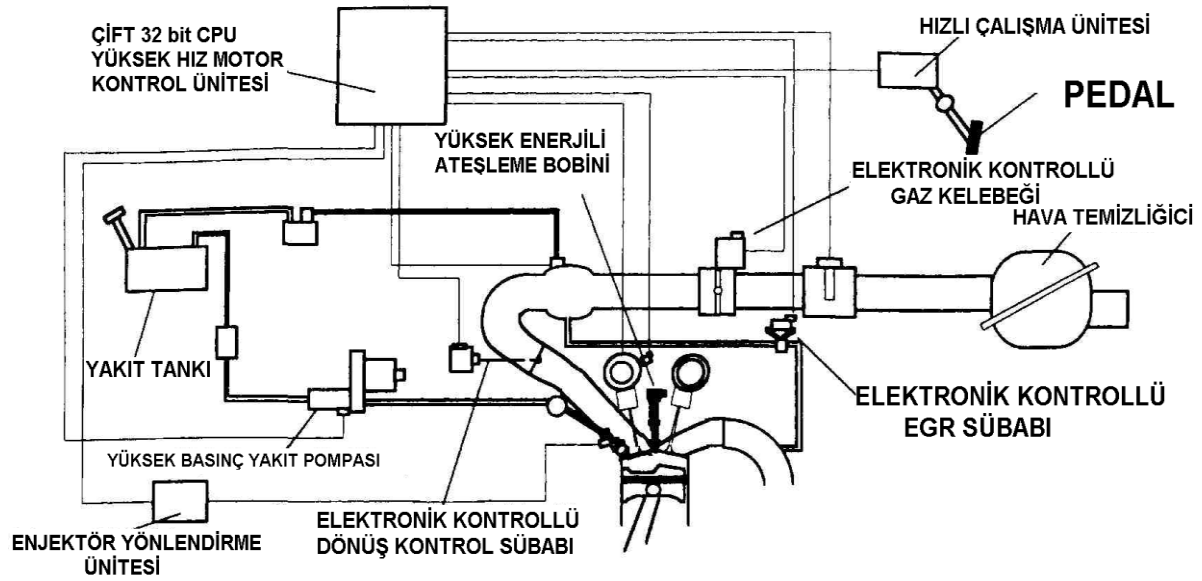


Şekil 3.21 Nissan GDI yanma sistemi.

Direk püskürtmeli benzinli motorlar, diğer alısılmış çok delikli (MPI) püskürtme sistemli motorlara göre, yeni bir buji ateşleme teknolojisini, daha temiz egzoz süreci, yakıt tasarrufu ve daha büyük bir çıkış gücü sağlamaktadır. Ayrıca bu motorlar emme strokunda yakıt alınırken homojen dolgulu bir yanma sağlamak için çaba sarfederler.

Daha ötesi direk püskürtmeli benzinli motorlar kademeli dolgulu yanmada meydana getirebilirler çünkü yakıt enjektörleriyakıt demetini direk olarak sıkıştırma stroku sırasında yanma odasına yollama kapasiteleri vardır. bunun sonucu olarak direk püskürtmeli motorlar hava yakıt karışımı 40:1 gibi bir oranla çalışabilmektedir. karşıt olarak, NO_x emisyonundaki düşme ve yakıt ekonomisindeki artmaya rağmen MPI motorlarda karışmış zayıf prosesinde sabit bir 25:1 hava yakıt karışımı vardır.

Nissan GDI motoru (NEODİ), merkeze yerleştirilmiş bir buji ve iki emme sübabının arasına, emme kanalının altına yerleştirilmiş bir enjektöre sahiptir. Yanma odasının yerleşim planı ve sistem diagramı şekil 3.21 ve şekil 3.22 de gösterilmiştir. Motor hem kademeli dolgu prensibine hemde homojen dolgu prensibine göre çalışır, ilk kalkışta PFI motorlarına göre %30 oranında bir yanmamış hidrokarbon azalması sağlar. Aynı zamanda motor PFI motorlara göre, hava yakıt oranı 40 olan daha fakir bir karışım kullanarak stabil bir yanma sağlar ve %20 civarlarında yakıt ekonomisi elde eder.



Şekil 3.22 Nissan 1.8L Inline4 GDI motor sistemi.

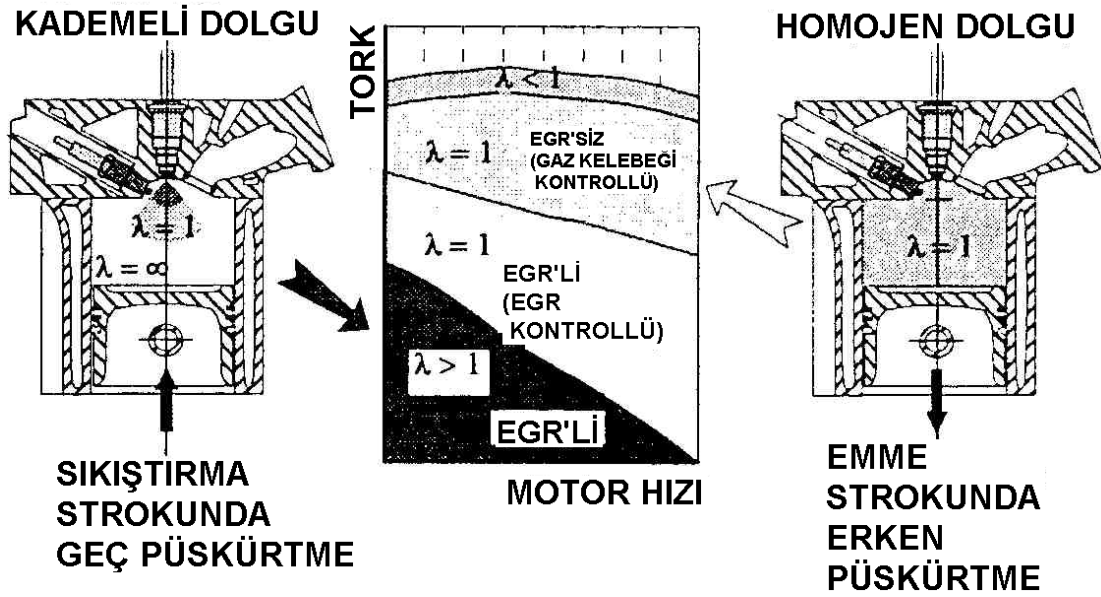
Homojen dolgulu yanma prosesinde yakıt emme periyodunda silindire yolların böylece buharlaşma için gerekli zaman ve ateşlemeden önce iyi bir karışım teşkili elde edilir. Kademeli dolgulu motorlarda ise yakıt sıkıştırma strokunda yolların böylece yakıtın sıvı kısmı buharlaşırken aşırı doldurmadan kaçılır bunun amacı karışımı buji bölgesi civarında tutmaktır. Homojen ve kademeli dolgulu motorları ayıran bir başka ana faktörde püskürtmenin dağıtım gerksinimleridir. Bu gereksinimler yakıt ekonomisini arttırmak amaçlıdır. Püskürtme zamanı püskürtme modelinde büyük bir etkiye sahip olabilir çünkü emme strokunda art püskürtme

düşük, sıkıştırma strokunda ise yüksektir. Bu olay aynı zamanda eğer herhangi bir gereksinim varsa aynı enjektörün değişik püskürtme gereksinimlerinde de kullanılmasını sağlayabilir.

Piston üst kısmı silindir içi hava akım alanında minimum bir etki yaratması için dar bir tabakayla birleştirilmiştir. Bu oyuk dizaynı homojen modlu çalışmada verimli bir yanmayı sağlaması için yapılmıştır.

Yüksek basınç enjektörü konvansiyonel emme kanalının tabanına yerleştirilmiştir ve dönüş kontrol sübabı yuvarlanma hareketi sağlar. İçi boş konik püskürtme üst ölü noktadan 40 derece önce piston oyukuna doğru yapılmıştır. Püskürtülen yakıt 30 dereceye kadar oyuk içinde saklanır. 20 derece kala buji civarına doğru karışım süzülür. İlerlemenin ve gaz hareketlerinin bir sonucu olarak yakıt demeti oyuk duvarına çarpar, buharlaşma ve karışma meydana gelir. Yakıt duvardan yukarıya doğru harekete başlar. Yakıt demetinin ilerleme momentumuna ve gaz hareketlerine bağlı olarak yakıt buharı duvardan yukarıdaki bölgeye doğru bujinin altına doğru ilerler. Ateşleme zamanında karışım buji çevresini sarmalamıştır.

3.8. Mercedes Benz Yanma Sistemi

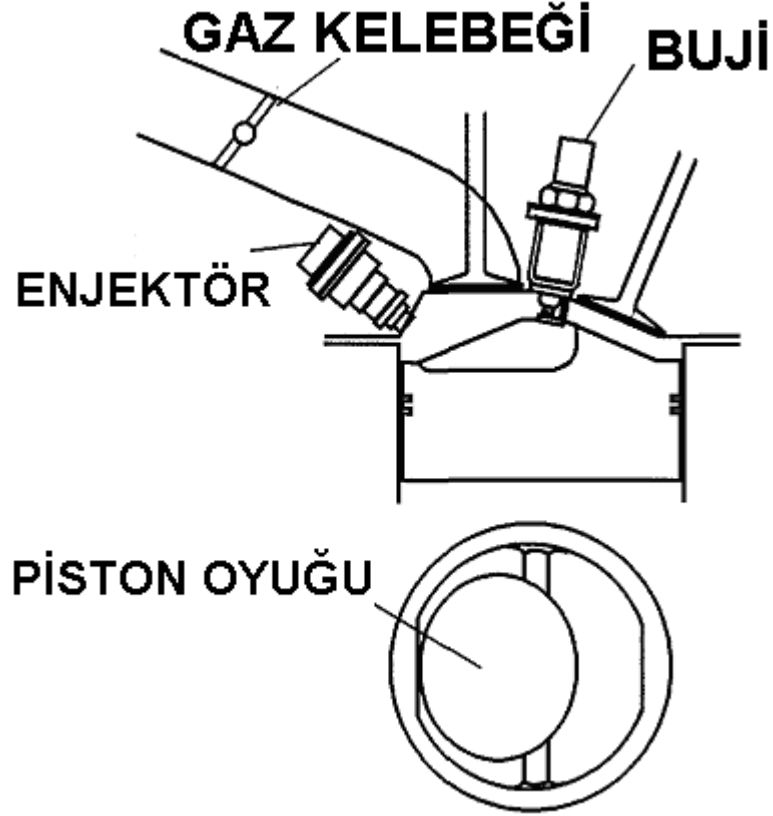


Şekil 3.23 Mercedes – Benz GDI yanma sistemi

Mercedes benz yanma sisteminde dikey ortaya yerleştirilmiş bir enjektör vardır. Yanma odasının şematik şekli ve kontrol haritası şekil 3.23 de gösterilmiştir. 4-12 mpa enjektör basınçları arasında yapılan mercedes benz yanma sistemi dinometre testleri gösteriyorki, yakıt tüketimi, yanmamış hidrokarbon emisyonu ve indike ortalama efektif basınç katsayısı 8 mpa da minimuma inmektedir fakat NOx emisyonu maksimum olmaktadır. Bilgiler gösteriyorki 8 mpa yakıt püskürtme basıncında yanma zamanı minimum fakat sıkıştırma strokunda piston üst ölü noktaya gelmeden önce yaklaşık %50 oranında ısı serbest kalmaktadır. Yakıt ekonomisinin yanında konvansiyonel PFI motorlara göre NOx emisyonu %35 oranında azalmakta fakat yanmamış hidrokarbon emisyonu daha fazla olmaktadır. 2000 (d/d) motor

hızında 0,2-0,5 indike ortalama efektif basınç yük aralığında minumum özgül yakıt sarfiyatı gözlenmektedir. Anlaşılmaktadırki yavaş veya yüksel hızlarda karışım homojenliğini yitirdikçe yakıt tüketimi artmaktadır.

3.9. Mazda Yanma Sistemi



Şekil 3.24 Mazda GDI yanma sistemi.

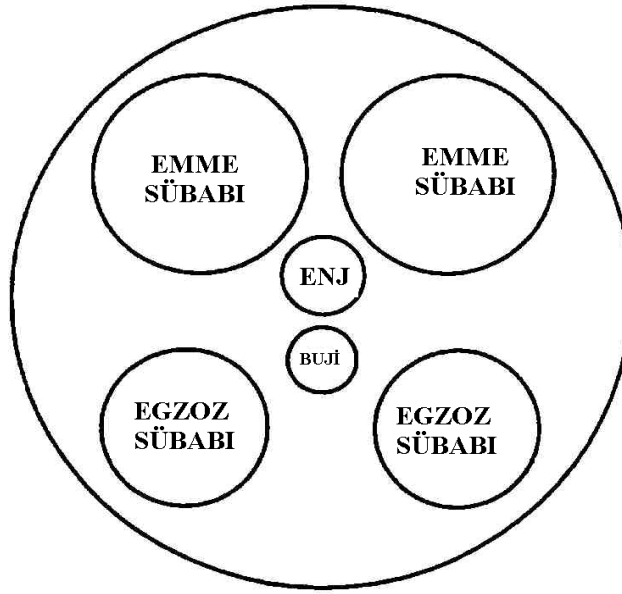
Mazda GDI motoru protipinin yanma sistemi şekil 3.24 te gösterilmiştir. Son zamanlarda, küresel ısınmayı azaltmak için motorda CO₂ emisyonlarının azaltılması tercih edilir. Direkt püskürtmeli benzin motorları hem sıkıştırma strokunda kademeli dolgu sağlayarak yakıt ekonomisini geliştirirler hemde emme strokunda homojen dolgu sağlayarak yüksek çıkış gücü elde ederler. Yanlız, karışım oluşumu kontrolü bu etkileri elde etmek için vazgeçilmezdir. Silindirdeki hareketler ve piston üst yüzü şekli karışımın oluşmasında oldukça etkilidir.

Direk püskürtmeli kademeli motorlarda çalışmada, silindir hava hareketlerinin karışımı bujiye taşımalarını ve motor yüküne bağlı olarak karışım etki kontrolünü yapması istenir. Havanın dönme hareketi karışımı dağıttığı için orta yüklerde etkilidir. Yanlız, havanın yuvarlanma hareketinin sıkıştırma stroku sonunda hafif yüklerde buji çevresinde karışımı kademelendirme avantajı vardır. Yarıküresel piston oyuğu bu hava hareketlerinde karışımın taşınma yoluna uygunluk gösterir.

Performans testlerine ve silindir içindeki gaz örneklemelerine bakarak direk püskürtmeli motorlarda silindir hava hareketlerinin ve piston oyuğu dizaynının birbirlerini büyük oranda etkiledikleri söylenebilir.

- 1) Hafif yüklerde havanın dönme hareketi düzgün ve yeterli karışım oluşumunu, fakir karışımlı çalışmayı engeller.
- 2) Daha genişçe ve derince olan piston boşluğu eğrilmiş yakıt demetini tamamen tutabilir ve büyük bir motor yükü ve hızı aralığında en optimize şekilde karışım oluşumunu sağlayabilir.

3.10. Ford Yanma Sistemi



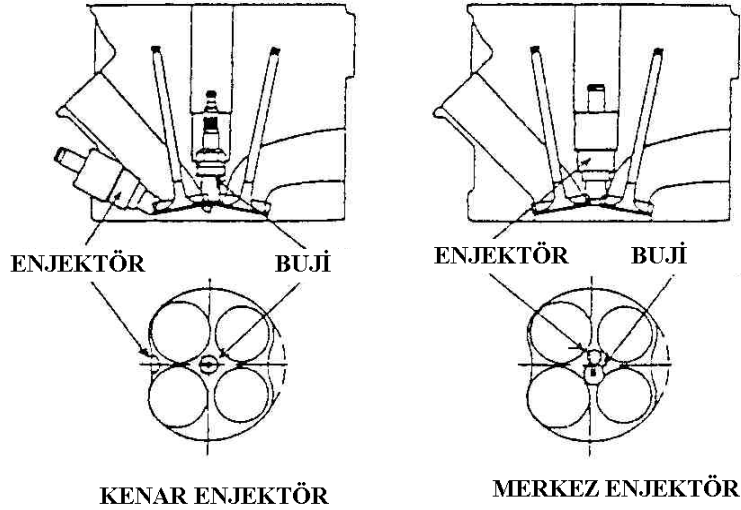
Şekil 3.25 Ford yanma sistemi silindirin üstten kesiti.

Ford GDI motorunun protipi homojen stokometrik modda çalışmak için dizayn edilmiştir. merkeze yerleştirilmiş yakıt enjektörü ve bujisi vardır. Yanma odasının şematik hali şekil 3.25 de gösterilmiştir. Sübapların emme kanalları ve silindir kafası volümetrik verimi arttırıcı şekilde dizayn edilmiştir.

Stokometrik oranda çalışan ford GDI motoru için kısmi yükte %5, yavaş hızda %10 oranda yakıt tüketiminde gelişmeler görülmüştür. Kısmi yükte fakir çalışmada ise %12 gibi bir yakıt tasarrufu sağlar fakat emisyonlar tartışılabilir. Yanmamış hidrokarbon emisyonunun artmasının sebebi sıkıştırma oranındaki artmadan kaynaklanmıştır. Nox emisyonu ise ford PFI motorlarına göre azalmıştır.

3.11. ISUZU Yanma Sistemi

Dört valfli SI motoru direk püskürtmeli benzinli motora dönüştürülmüştür. Bu protipin, araştırma motorunun merkeze yerleştirilmiş ve kenara yerleştirilmiş olmak üzere 2 tipi vardır. Şekil 3.26 yanma odasının şeklini ve enjektörün yerini gösterir. Merkezi yerleştirilmiş ve kenara yerleştirilmiş enjektörlü motorların bir karşılaştırması yapılmıştır.

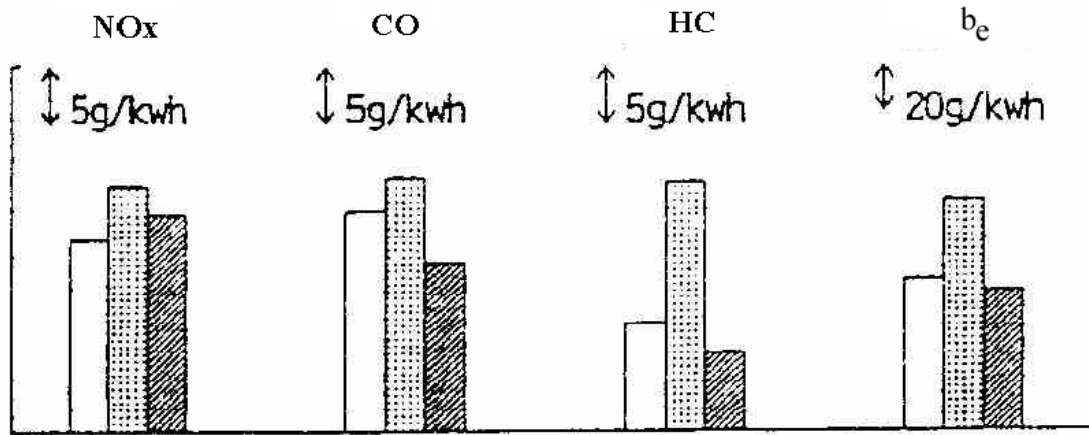


Şekil 3.26 ISUZU GDI motorunun yanma odasının şekli ve enjektörün yeri.

Şekil 3.27 enjektör pozisyonuna göre kısmi yükte motor performansını ve emisyonlarını gösterir. Merkeze yerleştirmede PFI motoruyla aynı seviyede egzoz emisyonları görülür. Kenara yerleştirmede ise yanmamış hidrokarbon emisyonunda ve yakıt tüketiminde belli bir artış gözlenmiştir. Merkeze yerleştirilmiş enjektörlü motorlarda yakıt emme strokunun erken kısmında püskürtüldüğünde PFI motorlarla aynı emisyonları ve performansı gösterir.

2000 rpm 0.25 mpa P_{me} $\lambda = 1$
PÜSKÜRTME ZAMANI -300 ATDC

□ MPI
▨ KENAR ENJEKTÖR
▩ MERKEZ ENJEKTÖR



(b)

Şekil 3.27 enjektör pozisyonuna göre kısmi yükte motor performansını ve emisyonlarını gösterir.

Üretici	Hacim (cm ³)	Çap strok (mm)	Silindir sayısı	Valf sayısı	Sıkıştırma oranı	Piston geo.	Enjektör konumu	Buji konumu	Yakıt basıncı (bar)
Audi	1196		3	5		Oyuk	Emme tarafı	Merkez	100
Fiat	1995		4	4	12		Merkez	Merkez	
Ford	575	90,2-90	1	4	11,5	Düz	Merkez	Merkez	50
Honda	1000		3	4		Oyuk	Merkez	Merkez	
İsuzu	528	93,4-77	1	4	10,7	Düz	Merkez	Merkez	50
Mazda	1992	83-92	4	4	11	Oyuk	Emme tarafı	Merkez	7
Mercedes	538,5	89-86,6	1	4	10,5	Oyuk	Merkez	Merkez	40-120
Mitsubishi	1864	81-89	4	4	12	Oyuk	Emme tarafı	Merkez	50
Mitsubishi	1468	75,5-82	4	4	11	Oyuk	Emme tarafı	Merkez	50
Mitsubishi	3496	93-85,8	V6	4	10,4	Oyuk	Emme tarafı	Merkez	50
Nissan	1838	82,5-86	4	4	10,5	Oyuk	Emme tarafı	Merkez	100
Nissan	1769	80-88	4	4	10,5	Oyuk	Emme tarafı	Merkez	70
Nissan	2987	93-73,3	V6	4	11	Oyuk	Emme tarafı	Merkez	70-90
Orbital	1796	80,6-88	4		10,4				7,2
Renault	2000		4	4		Oyuk	Merkez	Merkez	50-100
Subaru	554	97-75	1	4	9,7	Oyuk	Merkez	Emme tarafı	70
Toyota	1998	86-86	4	4	10	Oyuk	Emme tarafı	Merkez	80-130

BÖLÜM 4

4. BENZİN MOTORLARINDA ATEŞLEME

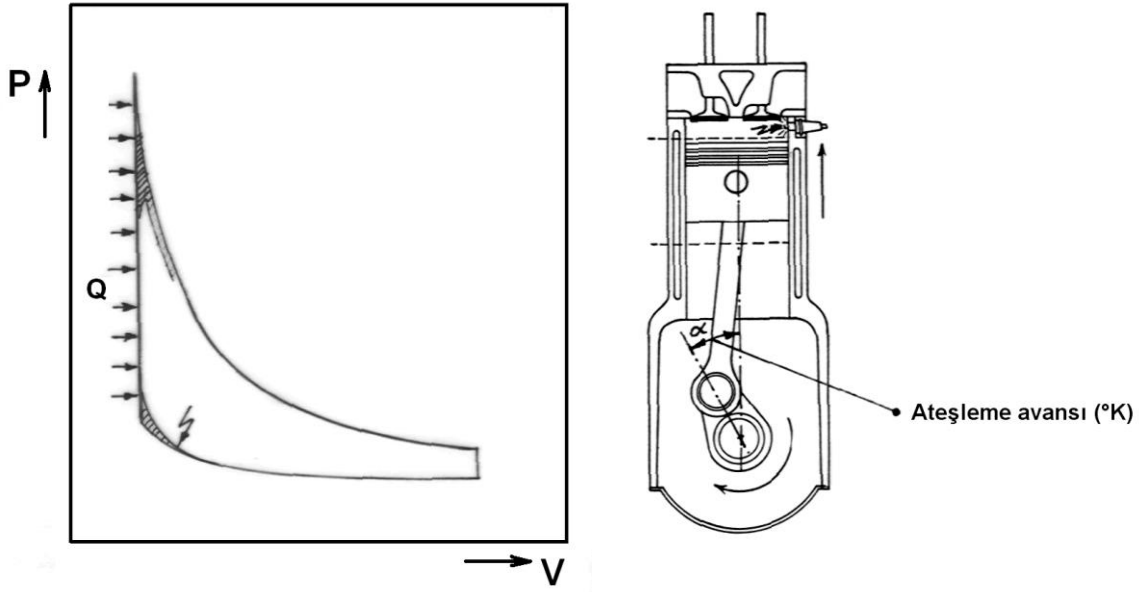
Bir benzin motorunun çalışabilmesi için üç temel unsura ihtiyaç vardır. Bunlar;

- a) Tutuşabilir karışım,
- b) Kompresyon (Sıkıştırma),
- c) Tutuşabilir enerji seviyesi.

Stokiometrik orandaki karışımı elektrik arkı ile ateşlemek için ~0,2 mJ zengin ve fakir karışımlarda >3 mJ enerji yeterlidir. Fakat güvenle ateşleme yapılabilmesi için uygulamada daha fazla enerji ile ateşleme yapılır. Ateşlemenin yapılamaması halinde, silindirdeki karışım yakılmadan ekzodan dışarı atılır. Ateşlemenin güvenle yapılabilmesi için silindirde oluşturulan arkın daha uzun süreli olması ve ark boyunun uzun olması gereklidir (Buji tırnak aralığı büyük olmalı). Bu özelliklerin sağlanması ise ateşleme sisteminin dizaynıyla ilgilidir. Motor şartlarında güvenli ateşlemenin yapılabilmesi için gerekli ateşleme voltajı 25 - 30 kV mertebesinde.

Ateşleme sisteminin servisine yeterince dikkat edilmemesi ateşlemenin kesintili olmasına sebep olur. Bu durum, motorun performansını kötüleştireceği gibi, yakıt harcamının da artmasına sebep olur. Servis gereksiniminin daha da fazla ihmâl edilmesi halinde ise özellikle düşük motor devirlerinde motor sarsıntılı çalışmaya başlar ve ilk harekete geçmesi zorlaşır. Bu olumsuzlukların yanında, bazı çevrimlerde hiç ateşlemenin yapılamaması, veya yetersiz ateşleme nedeniyle tamamlanamamış yanma, ekzos gazlarındaki sağlığa zararlı emisyonların da artmasına neden olurlar.

Termodinamik bakımdan çevrim verimin maximum olabilmesi için, ısının tam üst ölü noktada (Teorik çevrimde olduğu gibi maximum kompresyon anında) çevrime sokulması gereklidir. Bu da ancak yanmanın sonsuz hızda olması ile mümkün olur. Gerçekte ise yanma hızı sonsuz değildir. O halde yanmanın tam ölü noktada tamamlanabilmesi için karışımın, piston üst ölü noktaya gelmeden ateşlenmesi gerekir. Ateşleme Avansı θ_{KA} (derece krank açısı) ile ifade edilir (Şekil 4.1).



Şekil 4.1 Yanmanın sonlu hızda oluşunun yarattığı kayıp iş alanı ve ateşleme avansı.

Yukarıdaki şekilde teorik çevrim ile gerçek çevrim arasındaki taralı alanlar, yanmanın sonsuz hızda olmamasından doğan kayıp alanlardır.

Ateşleme Avansı, motorun çalışma şartlarına göre değişir.

Ralantide= 10 - 15 °KA

Maximum devirde= 40 - 45 °KA mertebesindedir.

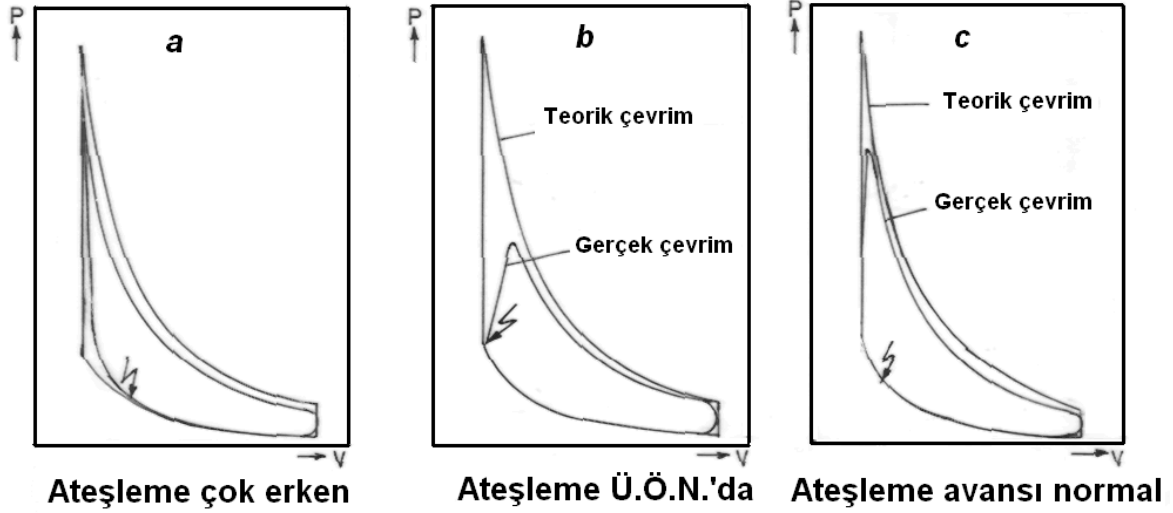
Yarış otomobilleri ve yüksek devirli motorlarda 60 - 70 °KA'na çıkabilir.

Ateşleme Avansı motorun gücüne etki eden çok önemli bir faktördür. Dolayısı ile motorun çalışma şartlarına göre Ateşleme Avansını uygun seçmek gerekir. Ateşlemenin gereğinden erken veya geç yapılmasının olumsuz etkisi, motorun gücünde, yakıt harcamında veya vuruntu nedeni ile termik zorlamaların artmasında, belirgin olarak kendisini hissettirir.

Ateşleme avansının değişik değerleri için, endikatör diyagramında faydalı iş alanına etkileri:

Ateşleme çok erken yapılırsa;

Ateşlemenin çok önce yapılması halinde, ateşlemenin yapıldığı andan başlayarak alevin yayılması ile silindir içindeki basınç artacaktır. Öte yandan piston yanan gazları sıkıştırmaktadır, dolayısı ile silindir basıncı çok hızlı artış gösterecektir ve genişleme işi ile sıkıştırma işi arasındaki fark yani indike iş azalacaktır. Eğer yakıtın vuruntuya direnci fazla ise şekildeki gibi bir basınç değişimi meydana gelir, aksi halde kaçınılmaz vuruntu nedeni ile silindirde ani basınç ve buna bağlı olarak sıcaklık yükselmeleri, mekanik ve termik zorlamalara neden olacaktır.



Şekil 4.2 Ateşleme avansının indikatör diyagramına etkisi.

Şekilde oluşan basınç değişimi ise pistonun hareketini durduracak tarzda karşı direnç kadar iş alanı absorbe ederek endikatör diyagramında kayıp alanın artmasına neden olacaktır (Şekil 4.2-a).

Ateşleme tam Üst Ölü Noktada yapılırsa;

Ateşleme anında piston AÖN'ya doğru harekete başlamıştır. Dolayısı ile hacim gelişmekte, basınç düşmektedir. Öte yandan, yanma nedeni ile basınç yükselmektedir. Fakat hacim genişlemesi dolayısı ile basınç artışı pek fazla olamayacağından kayıp iş alanı artacak dolayısı ile motor gücü düşecektir (Şekil 4.2-b).

ÜÖN'dan sonra silindir içi basıncı hızla düşecektir. Bu anda ateşleme yapılırsa basınç yeteri kadar artmayacak dolayısı ile kayıp alan artacaktır.

Ateşleme avansı normal;

Ateşleme avansının optimum bir değerde seçilmesi gerek endikatör diyagramı ile teorik diyagram arasındaki kayıp alanın minimum olmasını sağlar. Karışımın belirli bir hızda yanması ateşlemenin ÜÖN'dan önce yapılmasını gerektirir, böylece çevrime tüm ısı sokumunun ÜÖN civarında olması sağlanır (Şekil 4.2-c).

Ateşleme Avansının en uygun değeri RICARDO tarafından endikatör diyagramında maximum basıncın ÜÖN'dan 10-12 °KA'sı sonra meydana geldiği değer olarak tanımlanmaktadır.

Öte yandan, AA's ı silindirdeki basınç artış hızını belirlediğinden, minimum kayıp alanın meydana geldiği basınç artış hızı da ($\text{kp/cm}^2/\text{°KA}$) en uygun Ateşleme Avansının belirlenmesinde kıstas olarak kullanılmaktadır. $dP/d\alpha = 2,5$ ($\text{kp/cm}^2/\text{°KA}$) basınç artış hızını meydana getiren AA'sı uygun bir değerdir.

Uygulamada AA'sı vuruntu ve yanma hızı faktörlerinin etkisi ile belirlenir. Vuruntu olasılığını herhangi bir faktörün arttırması halinde AA'sı azaltılmalı ve yanma hızını azaltan şartın mevcudiyeti halinde ise, AA'sı arttırılmalıdır.

AA'sının mertebesinde etki eden bazı konstüriktif ve işletme faktörleri mevcuttur. AA'sının en uygun değerinin belirlenmesinde bu faktörleri ve bu faktörlerin etki yönlerini bilmek gereklidir.

4.1. Ateşleme Avansına Etki Eden Faktörler

4.1.1. Motor Yükü

Motor yükünün artması; silindire daha fazla dolgu sevkini gerektirdiğinden, açığa çıkan enerjinin ve dolayısıyla çeper sıcaklıklarının alınan tam dolgunun hazırlanma zamanını kısaltarak kendiliğinden tutuşma eğilimini arttırır. Ön ateşleme veya vuruntuya sebep olabilecek bu durumdan kaçınmak için AA'nın azaltılması yoluna gidildi. Uygulamada yüke bağlı AA değişimi, ilerde değinilecek olan vakumlu avans ayar düzeni ile sağlanır.

4.1.2. Motor Dönme Hızı

Motorun dönme hızı arttığı zaman, silindirdeki gaz hareketleri ve türbülansın fazlalaşması nedeniyle, yanma hızı da artar. (m/s) olarak izlenen yanma hızındaki artış, (m/s°KA) olarak motor hızlandıkça azalır. Motorda °KA başına silindir basıncının değişimi (yanmanın yayılması) önem taşıdığından, motor hızlandırılınca ateşleme avansının sabit tutulması halinde, °KA başına basınç artışı azalacaktır. Bu durum, silindire gecikmeyle ısı sokumuna sebep olacağından termik verimi azalacaktır.

Motor hızı arttıkça, °KA başına azalan yanma hızı sebebiyle ÜÖN dolayında silindire ısı sokumunun gerçekleştirilebilmesi için ateşlemenin daha erken yapılması, diğer bir değişle AA'nın arttırılması gereklidir. Uygulamada (AA) değişimi en fazla motor hızından etkilenmektedir, ilerde değinilecek otomatik avans ayar düzeniyle, hıza bağlı otomatik AA değişimi sağlanmaktadır.

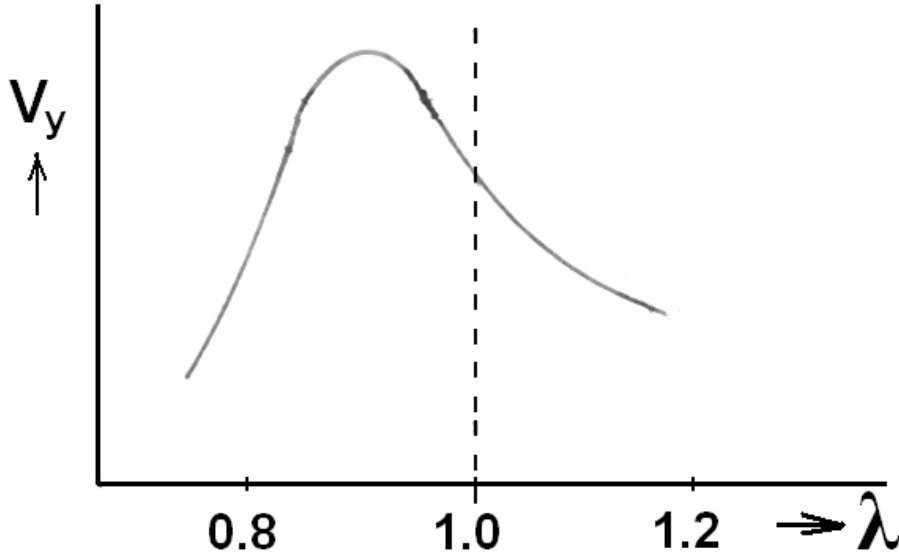
4.1.3. Sıkıştırma Oranı

Sıkıştırma oranının artması sıkıştırma sonu basınç ve sıcaklığı arttıracağından, vuruntu ihtimalini fazlalaştırır. Bu yüzden sıkıştırma oranı arttıkça AA'nın azaltılması gerekir.

4.1.4. Yakıtın Oktan Sayısı

Yakıtın vuruntuya direncini karakterize eden Oktan sayısı azaldıkça vuruntulu çalışma ihtimali ortaya çıkacağından, vuruntusuz çalışma sağlanabilmesi için AA'nın azaltılması gerekir.

4.1.5. Karışım Oranı



Şekil 4.3 Hava fazlalık katsayısının yanma hızına etkisi.

Çok zengin ve çok fakir karışımlarda yanma hızı düşüktür. Dolayısı ile AA'sını arttırmak gerekir (Şekil 4.3).

Hava fazlalık katsayısı: $\lambda = 0,85 \div 0,90$ mertebelerinde yanma hızı maximum ($V_y = 25 \div 30$ m/s) olup, bu karışım oranı mertebelerinde AA'sının azaltılması gerekir.

4.2. Ateşleme Sistemleri

Ateşleme enerjisinin temin ediliş tarzına göre ateşleme sistemleri iki çeşittir:

1. Bataryalı Ateşleme Sistemi,
 - 1.1. Normal Bobinli Ateşleme Sistemi,
 - 1.2. Elektronik ateşleme,
2. Manyetolu Ateşleme Sistemi.

4.2.1. Bataryalı Ateşleme Sistemi

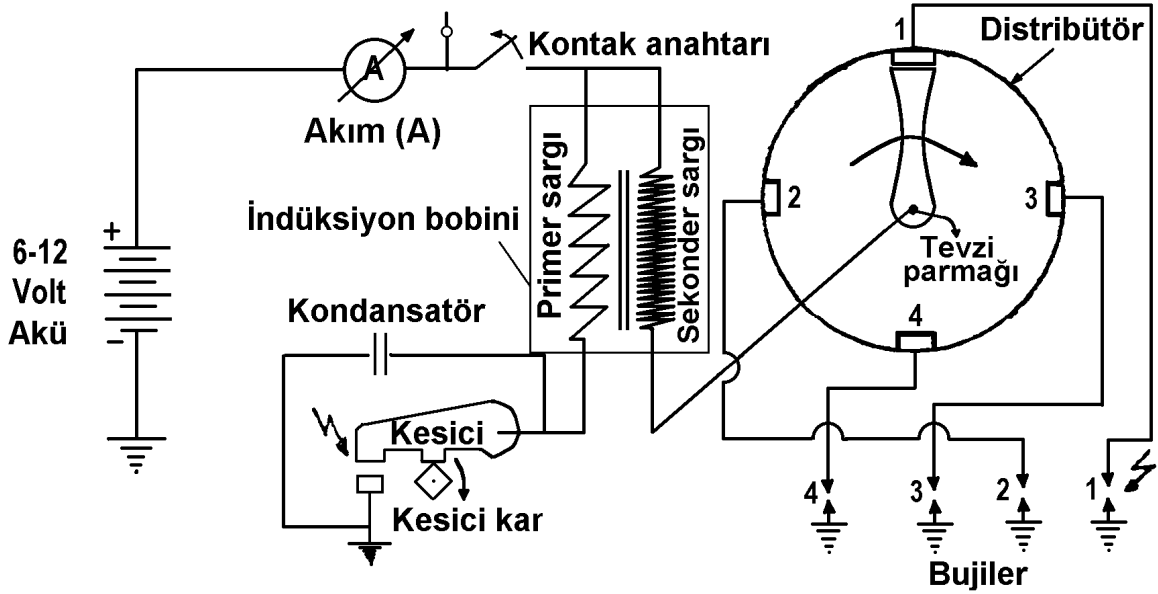
Alternatörden gelen enerji, akü deşarjlı ise aküyü, akü şarjlı ise devreyi besler.

Kesici (Platin) Primer devre akımını kapatıp açarak indüksiyon bobininde manyetik alan değişikliği yaratır. **Kesici kamı** tevzii parmağı ile aynı mil üzerindedir ve kam mili devri ile döner. **İndüksiyon bobini** transformatör görevi görür.

1-3-4-2 : Dört silindirli motorlarda ateşleme sırası

1-5-3-6-2-4 : Altı silindirli motorlarda ateşleme sırası

Karışımın ateşlenebilmesi için 20-30 kV gerilime gereksinme vardır. Halbuki bataryalı ateşleme sisteminde enerji kaynağı akünün voltajı olan 6-12 voltur. Bu nedenle düşük doğru akımın voltajının yükseltilmesi gerekir.

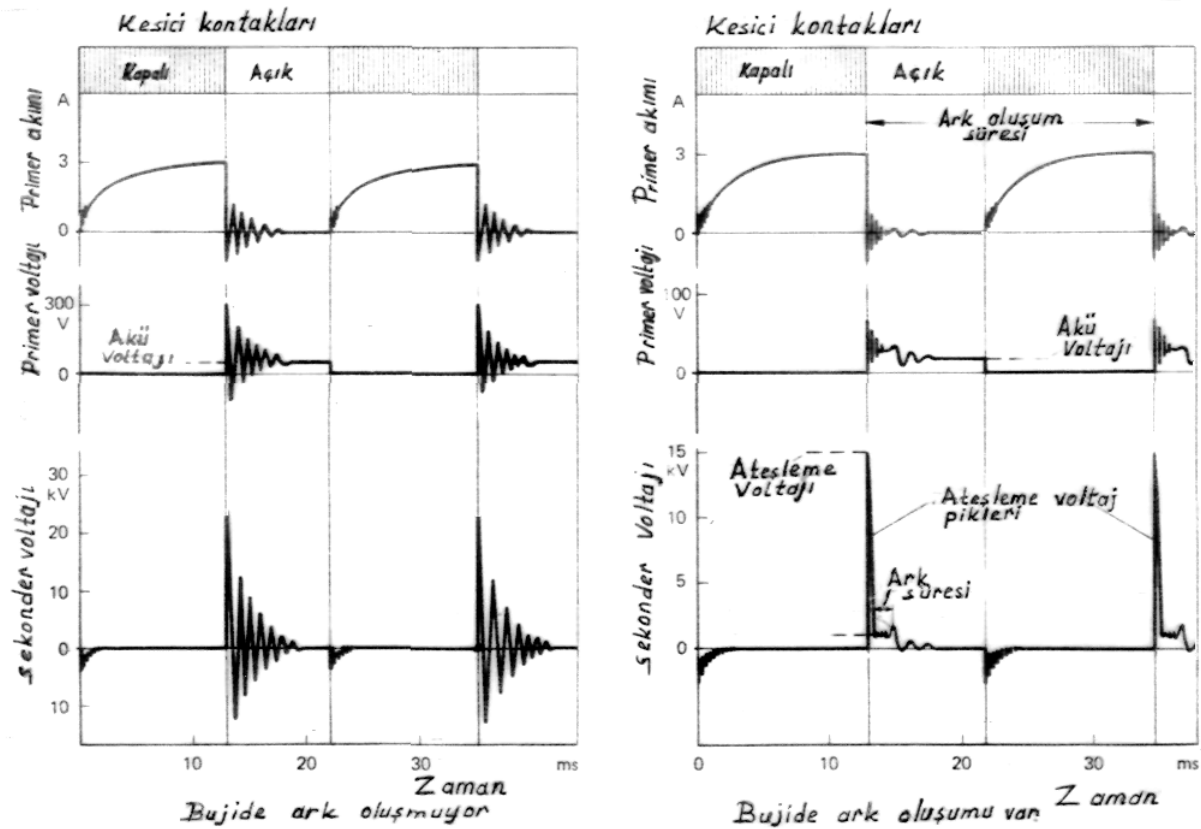


Şekil 4.4 Bataryalı ateşleme sisteminin elemanları ve sistemin prensip şeması.

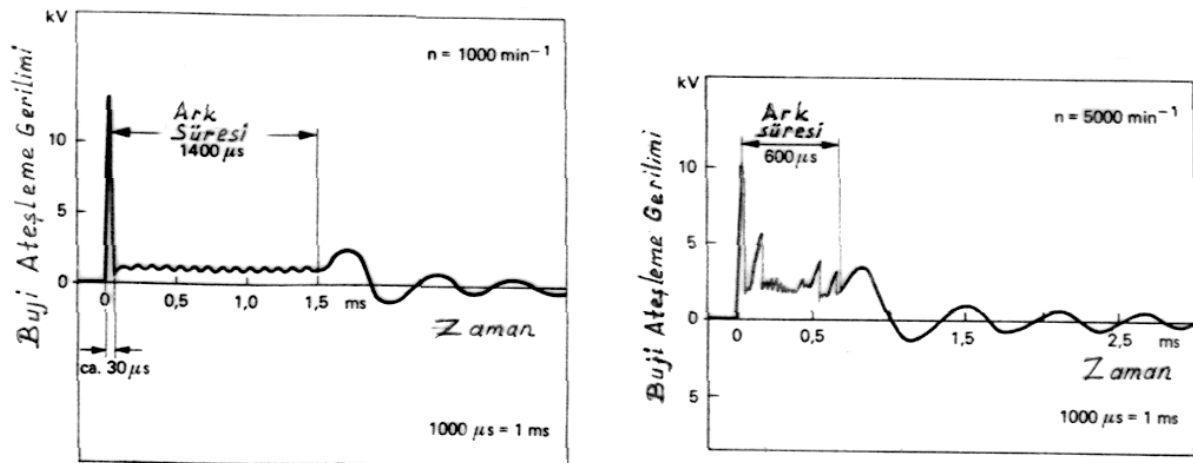
Kesici kapandığı zaman, devre direncine uygun olarak belirli bir akım çekilir. Geçen akımın etkisi ile indüksiyon bobininin primer sargılarında (Yaklaşık 200 sarımlı) bir manyetik alan doğar. Sistemden geçen akım doğru akım olduğundan indüksiyon bobininde oluşan manyetik alan yönü sabittir. Sekonder sargılarında (Yaklaşık 2000 sarımlı) elektrik akımının indüklenmesi için değişken bir manyetik alan ortamına ihtiyaç vardır. Bu değişken manyetik alan ise kesici vasıtası ile sağlanır.

Bir kam tarafından kumanda edilen kesici, kapandığı anda belirli bir seviyede olan primer devre akımı, kesici açıldığı anda hızla sıfıra düşer. Bağlı olarak indüksiyon bobininde oluşan manyetik alanda aynı şekilde sıfıra düşer. İşte, manyetik alanın belirli seviyeden sıfıra düşmesi ile yaratılan değişkenlik bobininin sekonder sargılarında sarım sayısı ile orantılı olarak indüksiyon akımının doğmasına sebep olur. Sekonder sargılarda elde edilen gerilim, bobinin içindeki primer ve sekonder sargıların sarım sayısı ile orantılıdır. Elde edilen bu yüksek gerilim, distribütöre iletilerek, ateşleme sırasına göre tevzi parmağı vasıtası ile bujilere dağıtılır (Şekil 4.4, 4.5, 4.6).

Kesici açıldığı anda oluşan manyetik alan değişiminden sekonder sargılar gibi, primer sargılarda etkilenir. $6 \div 12$ volt olan gerilim bu akımın etkisiyle yaklaşık $200 \div 250$ volt mertebesine çıkar.



Şekil 4.5 Bujide ark oluşmaması ve oluşması halinde zamana bağlı primer akımı, Primer voltajı ve sekonder voltajı değişim seyirleri.



Şekil 4.6 1000 (1/min) ve 5000 (1/min) motor hızlarında ark süresi ve ateşleme gerilimi değişim seyirleri.

Oluşan bu gerilim nedeni ile kesicinin tam açılma başlangıcında kontak yüzeylerinde bir ark teşekkül ederek bu yüzeylerin tahrip olmasına sebep olur. Tahrip olan kesici yüzeyleri ise, primer akımının kapanma ve açılmasında normal işlevin yerine gelmesini önler.

Kesici temas yüzeylerinde ark teşekkülünü önlemek amacı ile devreye paralel olarak *KONDANSATÖR* yerleştirilir. Kondansatörün kapasitesi yaklaşık olarak $0,25 \div 0,40$ mikrofarad'tır.

4.2.1.1. Kondansatörün görevleri

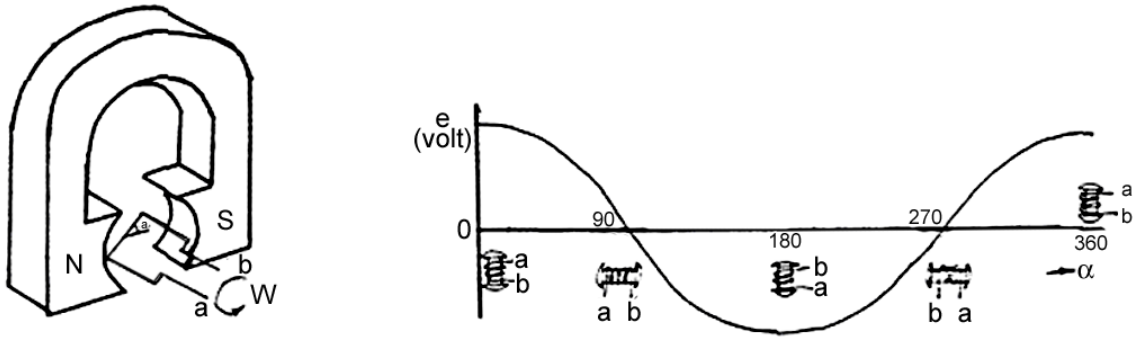
- Kondansatör iç direnci düşük olduğundan, kesicinin tam açıldığı anda primer devre akımını depolar. Böylece kesici kontak yüzeylerinde ark oluşmasını önler.
- Kesicinin tam açıldığı anda primer devre akımının hızla sıfıra düşmesini sağlar. Böylece zamana göre akım değişimi dI/dt ve manyetik alan değişimi $d\Phi/dt$ artarak, sekonder sargılarda indüklenen gerilimin artmasına neden olur.
- Kesici açılma başlangıcında şarj ettiği indüksiyon akımını, kesici kapandığı anda aküden çekilen akıma ek olarak devreye vererek primer akımın şiddetinin artmasına ve bağlı olarak meydana gelen manyetik alan şiddetinin artmasına neden olur.

Kesici kamında motorun silindir sayısı kadar köşe vardır. Kam 4 zamanlı motorlarda krank mili yarı hızı ile (kam mili hızı ile), 2 zamanlı motorlarda krank mili hızı ile (devri ile) döner.

4.2.2. Manyetolu Ateşleme Sistemi

Genellikle küçük şantiye motorlarında, aydınlatmaya ihtiyaç duyulmayan şartlarda çalışan motorlarda ucuzluğu nedeni ile kullanılır.

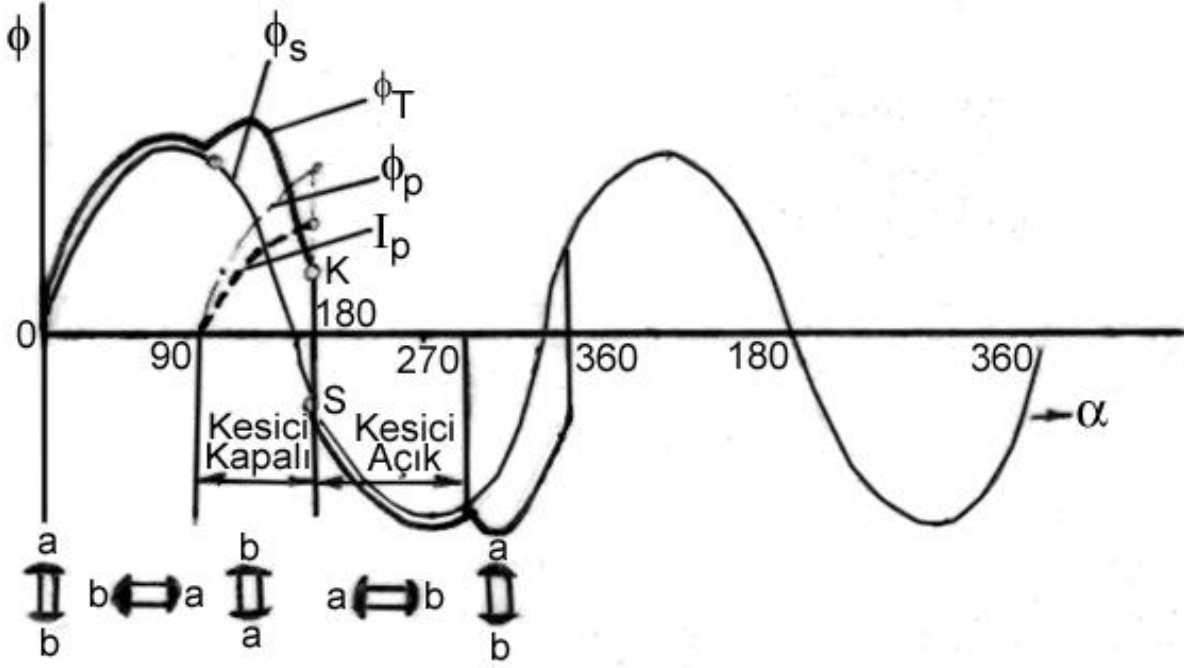
Manyetoların çalışma prensibi, değişken manyetik alan ortamında bırakılan sargılarda indüksiyon akımının doğması temeline dayanır.



Şekil 4.7 Rotor pozisyonuna bağlı olarak sargılarda indüklenen voltaj değişimi.

Manyetik alan üreticisi olarak mıknatıs kullanılır. Değişken manyetik alan ise, iki yolla sağlanır.

- Mıknatıs kutupları sabit tutulur, sargılar sabit kutuplar arasında doğan manyetik alan içinde döndürülerek pozisyonuna göre farklı manyetik alan şiddetine maruz kalır. Değişken manyetik alana maruz kalan sargıların uçlarında indüksiyon voltajı doğar (Şekil 4.7).



Şekil 4.9 Manyetolu ateşleme sisteminde kesici konumuna bağlı, sargıların maruz kaldığı manyetik alan şiddeti.

Kesici, primer devre akımı, maximumu biraz geçtiği anda devreyi açar, bu sırada primer sargılardaki akım hızla sıfıra düşer. Primer devre akımının sıfıra düştüğü anda, primer akımın yarattığı manyetik alan ile, o anda mıknatısın ürettiği manyetik alan şiddetlerinin toplamı değerdeki manyetik alan şiddeti, K noktasında ani olarak sadece mıknatısın manyetik alan şiddeti değerine düşer. Zira bu anda primer akımı kesici açıldığından sıfır olmuştur ve primer akımının yarattığı manyetik alan şiddeti de ortadan kalkmıştır ((K) noktasından (S) noktasına düşer). Hızlı manyetik alan değişimi, çok sarımlı sekonder sargılarda yüksek gerilim indüklemesine sebep olur. Bu yüksek gerilim tek silindirli motorlarda doğrudan bujiye, çok silindirli motorlarda ise distribütöre gönderilir ve distribütör vasıtası ile de ateşleme sırasına göre bujilere dağıtılır (Şekil 4.8, 4.9).

İki silindirli motor için yapılan manyeto tek silindirli motorlarda kullanılabilir, çünkü, oluşan ilk ark ateşlemeyi gerçekleştirirken ikinci ark egzost periyodunda meydana geleceğinden bir mahzuru olmaz.

Dört zamanlı motorlarda, distribütör mili ve ona bağlı tevzii parmağı krank milinin yarı devri ile döner.

İki zamanlı motolarda ise distribütör mili ile krank mili aynı devir sayısı ile dönerler.

Manyeto rotoru iki veya dört kutuplu olarak yapılabilir. İki kutuplu olması halinde bir rotor devrinde iki defa yüksek gerilim elde edilirken, dört kutuplu rotor kullanıldığında bir rotor devrinde dört defa maximum voltaj elde edilir.

Örneğin; Dört zamanlı, (z) silindirli bir motorda, iki kutuplu manyeto rotoru kullanıldığında, krank mili iki defa döndüğünde, manyeto rotorunun (z) defa yüksek gerilim meydana getirmesi gereklidir. Bunun içinde manyeto rotorunun, krank milinin bir devrinde dönme miktarı aşağıdaki formülle belirlenir.

$$n_r = \frac{z}{k.a}$$

n_r = Rotor dönme sayısı (Krank mili bir defa döndüğü zaman)

z = Silindir sayısı

k = Rotor kutup sayısı

$a = 2$ (Dört zamanlı motorlarda)

$a = 1$ (iki zamanlı motorlarda)

ÖRNEK-1) Sekiz silindirli, dört zamanlı bir benzin motorunda krank mili devri $n_{kr} = 5000$ dev/dak. olduğuna göre, tevzii parmağı ve manyeto rotoru devir sayıları ne olur? (Manyeto rotoru iki kutupludur.)

$$n_t = \frac{n_{kr}}{2} = 5000/2 = 2500 \text{ dev/dak olarak tevzii parmağı devri bulunur.}$$

Manyeto rotoru dönme sayısı;

$$n_r = \frac{z}{k.a} = \frac{2}{2.2} = 2 \text{ olarak bulunur. (Krank mili bir defa döndüğünde).}$$

0 halde, manyeto rotoru krank milinin iki katı devirle dönmektedir. Yani, $n_r = 2.n_{kr} = 2.5000 = 10.000$ dev/dak'dır.

ÖRNEK-2) Dört silindirli, iki zamanlı bir benzin motorunda, krank mili devri $n_{kr} = 4000$ dev/dak, ve kullanılan manyeto rotoru dört kutuplu olduğuna göre, manyeto rotorunun ve tevzii parmağının devir sayıları ne olur?

Krank mili 1 defa döndüğünde, Distribütör mili 1 defa döner ve 1 dönmede 4 defa ateşleme yapar. 4 defa ateşleme yapabilmesi için rotorun 1 defa dönmesi gereklidir.

Buna göre; krank mili ve manyeto rotoru aynı devirle dönmektedirler.

$$n_r = n_{kr} = 4000 \text{ dev/dak.}$$

Distribütör mili ve bu mile bağlı tevzii parmağı da krank mili devri ile dönmektedirler.

$$n_t = n_{kr} = 4000 \text{ dev/dak.}$$

Örneklerden görüldüğü gibi, rotor çok yüksek devirlerde dönmektedir. Rotorun böyle hızlı dönmesinin bazı mahzurları vardır. Bunlar,

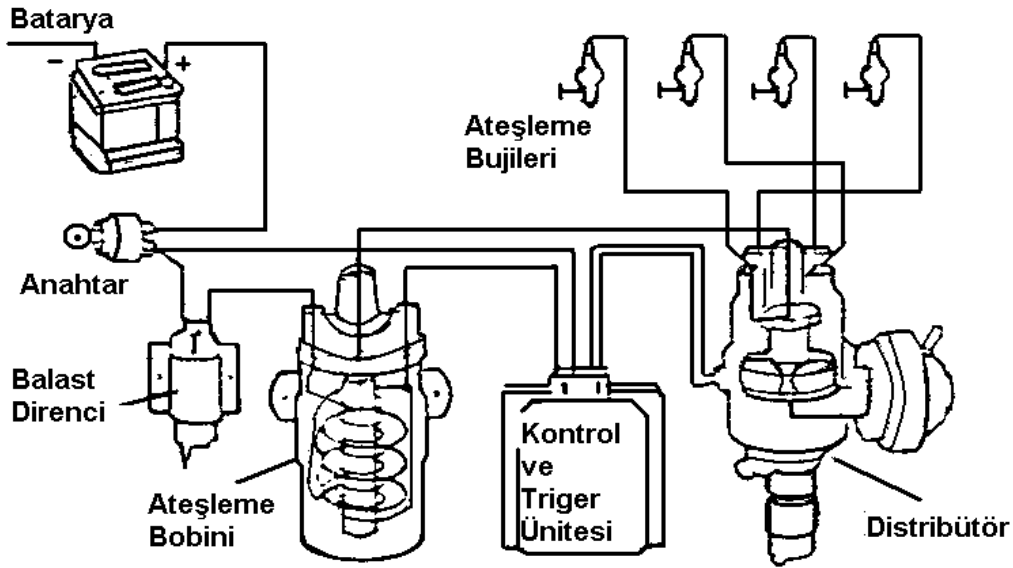
- 1) Rotor sargılarının manyetik alan içinde yüksek hızla dönmesi çok kuvvetli indüksiyon akımı doğurur. Bu da kesici açık iken bile istenmeyen voltajların hasıl olmasına ve istenmeyen ateşlemelerin meydana gelmesine neden olur.

- 2) Kesicinin (Platinin) açılma frekansı yüksek devir sayılarında arttığından aleti nedeni ile kesici kapandıktan sonra sıçramalarla zamansız açmalar yapar ve kesici kontak yüzeyleri arasındaki boşluk (Platin ayarı) kısa sürede bozulur, sık sık ayar yapmayı gerektirir.
- 3) Rotordaki sekonder sargı tel çapları ince olduğundan merkezkaç kuvveti etkisi ile kopabilirler.

4.2.3. Elektronik Ateşleme

Klasik ateşleme sistemlerinin ateşleme enerjisi, ürettikleri yüksek voltaj ve işleme hızı temelde kesicinin elektriksel ve mekanik açma/kapama kapasitelerine bağlıdır. Bununla birlikte elektronik ateşleme sistemlerinde kesiciler, kesicisiz, korunmamış sinyal jeneratörleri ve elektronik güç anahtarları ile yer değiştirmiştir. Tipik bir elektronik ateşleme sistemi şu parçalardan oluşmaktadır :

- 1) Ateşleme bobini
- 2) Distribütör ve distribütör gövdesi içerisinde yer alan rotor, ve klasik ateşleme sistemindeki gibi çalışan avans/geciktirme mekanizması
- 3) Elektronik anahtar
- 4) Ateşleme kabloları ve bujiler

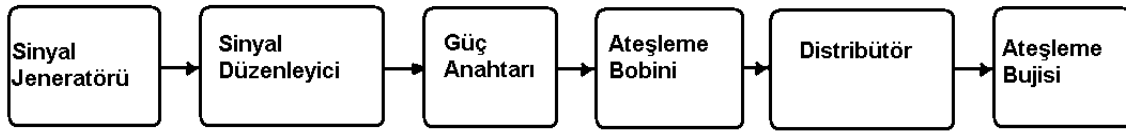


Şekil 4.10 Kesici kumandasız basit bir ateşleme sistemi (Ateşleme bobini primer sarımı düşük empedanslı ve ikincil sarımı yüksek empedanslı, 250:1 sarım oranı).

Şekil 4.10'de basit bir ateşleme sistemi gösterilmektedir. Birçok ateşleme sisteminde kullanılan ateşleme bobininde, bobin performansını arttırmak amacıyla endüktansı azaltan primer sarım alçak empedansa sahiptir. Bu , basit olarak primer sarımdaki sarım sayılarını azaltarak yapılır ki bunun sonucunda sarım oranı 250-300:1'e kadar çıkar. Primer akımı sınırlamak için balast direnci konulmuştur. Balast direnci (0.65 ohm) ayrıca aşırı ısınmayı önler ve termal ayarlama sağlar. Soğukta iken direnç düşüktür, dolayısıyla primer akım ve sekonder voltaj yüksektir. Boşta çalışma sırasında direnç ısınır, artar ve primer akım azalır. Yüksek devirlerde primer

devrenin kapalı kaldığı süre çok kısadır, dolayısıyla direncin ısınımı limitlidir ve primer akım yüksek kalır. Marş motoru çalışmaya başladığında balast direnci bypass edilir. Bunun nedeni de yüksek başlatma akımı aküden çekildiği zaman oluşan voltaj kaybını telafi etmektir ki bu da ilk harekete geçmede en iyi şartları sağlar.

Basit elektronik ateşleme sisteminden gelişmiş diğer sistemler de şu an çeşitli genel amaçlarda kullanılmaktadır. Tüm sistemler, mekanik kesicinin (platinler) sinyal jeneratörü tarafından değiştirilmesi prensibine dayanır. Sinyal jeneratörünün görevi pistonların pozisyonlarını haber veren sinyaller üretmek ve bunları bir kontrol ünitesine göndermektir. Bu bağlamda, sinyal jeneratörü distribütör içerisine (sistemin kesicisinin bulunduğu gibi) yerleştirilebilir veya piston pozisyonlarının elde edilebileceği herhangi bir noktaya, örneğin direkt volan veya kam mili üzerine, konulabilir. Kontrol ünitesinde sinyaller, güç transistörlerini tetikleyecek yeterli büyüklükteki kontrol dalgasını oluşturacak şekilde yapılandırılırlar. Bu, sırasıyla tetikleme sinyali darbesiyle senkronize olan ateşleme voltajını tetikler. Distribütör, bobinin sekonder voltajını doğru zamanlamayla doğru sıradaki ateşleme bujisine bağlar (4.11).



Şekil 4.11 Pek çok sistemde kullanılan basit elektronik ateşleme sistemi diyagramı.

Bütün elektronik ateşleme sistemleri aynı basit formatı izler. Bu format da kıvılcım sinyal jeneratöründen gelen sinyalin direkt bir sonucudur. Sinyal şekillendirici sinyal jeneratöründen gelen sinyali şekillendirir ve yükseltir. Yükselttiği seviye ateşleme bobininin primer sargısındaki akımı açıp kapayan güç anahtarını (genelde transistördür) yönlendirecek düzeydedir. Elektronik ateşleme sistemlerini birkaç sinyal üretme metoduyla sınıflandırabiliriz.

4.2.3.1. Transistörlü Ateşleme Sistemleri

Otomotiv sektöründe, daha az bakım gerektiren ateşleme sistemleri, uzun ömürlü bujiler, ateşleme için gereken kimyasal karışımlar, gelişmiş güvenilirlik, daha yüksek çıktı voltajı, elektronik ayarlama gerekmeksizin gerekli zamanlamayı yapan elektronik tetikleme sağlayan otomatik bobinli ateşleme sistemlerinin kullanılmasını sağlamıştır ve tüm bunlar bu sistemlerin temel avantajlarıdır. Bu tür sistemlere transistörlü ateşleme sistemi veya yüksek enerjili elektronik ateşleme sistemleri denir. Bu sistemlerde yüksek çıkış voltajı gereklidir çünkü buji aralıkları daha büyüktür (Örnek: 1 mm). Buji aralıklarının büyük olmasının sebebi motorun daha geniş çalışma koşullarındaki yakıt karışımını ateşleyebilme kabiliyetini arttırmaktır. Ayrıca yüksek çıkış voltajı, uzun süreli buji değiştirme aralıklarında elektrotlardaki aşınmanın boşluğu arttırmasından dolayı gereklidir. Otomotiv sektöründe ateşleme voltajı olarak 35kV kullanılır. Yüksek voltaja ek olarak daha uzun kıvılcım süresi (yaklaşık 2ms) başarılı bir ateşlemenin elde edilebilmesi için gereken faktörler olarak bulunmuştur.

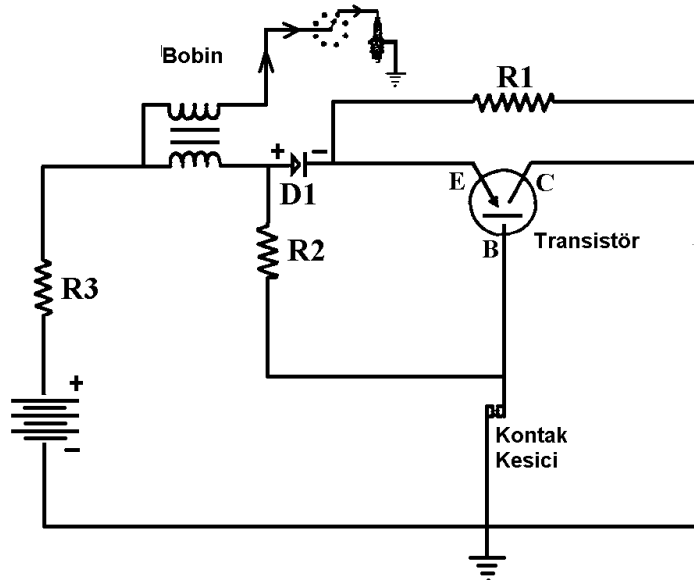
Sıkıştırma oranları 10:1 üzerinde olan yüksek hızlı motorlarda sıradan bobin ve manyeto ateşleme sistemlerinin yetersizlikleri ve bu yetersizliklerin üstesinden gelen transistörlü sistemlerin araştırılmasını sağlamıştır. Bu sistemlerin yüksek performanslı motorların ateşleme gereksinimlerini karşılayacak yadsınamaz avantajları olduğu bir kez daha tespit edilmiştir.

Transistör, radyolardaki tüp gibi , bir tür kristal olarak da adlandırılabilir ve akımları büyütme gücüne sahiptir. Transistörler elektrik mühendislerinin projelerinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Tüplere oranla ufak boyutları, güçlü yapısı, düşük güç kullanımı ve küçük ısı yayınımla transistörler elektronik amaçla birçok alanda kullanılmaktadır.

4.2.3.1.1. Kesici Kumandalı Transistörlü Ateşleme Sistemi

Günümüzdeki uygulamalarında transistörler, çok düzgün ve kararlı anahtarlama ile yükseltme sağlayan devreyi açıp/kapama operasyonlarında kullanılan parçalardır. Transistörler, bir ateşleme bobininin primer ateşleme devresi olarak veya sekonder devrede maksimum iletim etkisini yaratacak şekilde kullanılabilir. Dahası normal bir yükün %4'ü oranında, sadece çok küçük bir akım transistörün kontrolü için yeterlidir. Bunun yanında kesiciler sadece çok ufak akımlarla karşı karşıya kalmaktadırlar , bu da kontaklarda yanma olayını oldukça azaltan önemli bir faktördür.

Silisyum ve germanyum olarak adlandırılan iki alternatif transistörden ikincisi tercih edilmiştir. Bu transistör 30 amperlik bir akımı idare edebilecek bir yapıdadır. Fakat transistörün, klasik bir ateşleme bobininin 400 volta kadar artabilecek ters akımına dayanabilmesi gerekmektedir, bu nedenle özel bir bobin veya H.T Bobini kullanılır. Bu “yavaş” bobin olarak adlandırılır.

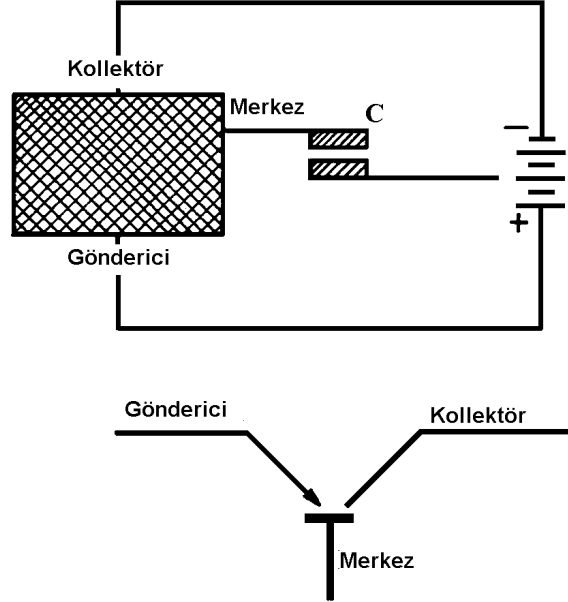


Şekil 4.12 Transistörlü yüksek voltaj sistemi.

Şekil 4.12’teki transistörlü yüksek voltajlı ateşleme sistemi motor hızı değişimi boyunca diğerlerine oranla daha düzgün bir voltaj çıkış grafiği çizer. Bu da,

düşürülen primer akım sonucunda kontak kesme noktalarına sınırsız ömür ve güvenilirlik veren bir sistemdir.

Şekil 4.13'te görüldüğü gibi işletim prensibi transistörün akımı yükseltme özelliği üzerine kuruludur. C kontaktarı kapalı olduğu zaman emitter (E) baz (B) devresinden çok ufak bir akım akar, bu da "emitter ve kolektör üniteleri"nin arasından daha büyük akımların geçmesine sebep olur.



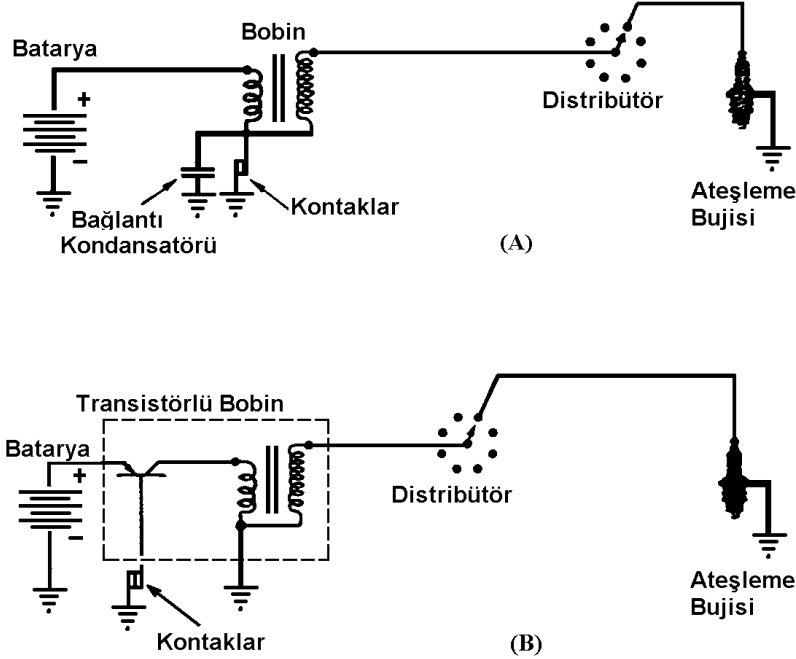
Şekil 4.13 Transistörlü sistem şematik diyagramı.

Şekil 4.24'teki sistemin işleyişi daha detaylı olarak şu şekildedir: Diyot D1 kesici açıkken emitörden baz ucuna ters ön gerilim alınmasını sağlar. Bu da yüksek sıcaklıklarda bile başarılı transistör açma/kapamasını sağlar.

R1 direnci devamlı olarak D1'den küçük bir akımın geçmesini sağlar. Bu durum D1 noktasında 0,5-0,75 V'luk bir voltaj düşüşüne sebep olur. Transistör bazı diotun pozitif tarafına bağlı olduğunda (diot R2 arasındayken) ve emitör diotun negatif tarafına direkt bağlı olduğunda kontaklar açıkken ara potansiyel emitöre göre 0,5-0,75 V değerindedir. Bu da transistördeki açıp kapamayı veya kesmeyi sağlar. Bu işlem sırasında R2 çok küçük tutulmamalıdır. Aksi takdirde kontak noktalarına iletim işlemi esnasında çok fazla miktarda akım gönderilecektir. Kontaklar kapalıyken dwell periyodu sırasında transistör bazı direkt olarak kolektöre bağlıdır. Bu da maksimum akımın akmasına izin verir. Başlangıç akımı H.T bobin T1'in indüklenmesiyle sınırlanır, fakat sonuçta R3 direnci tarafından engellenir.

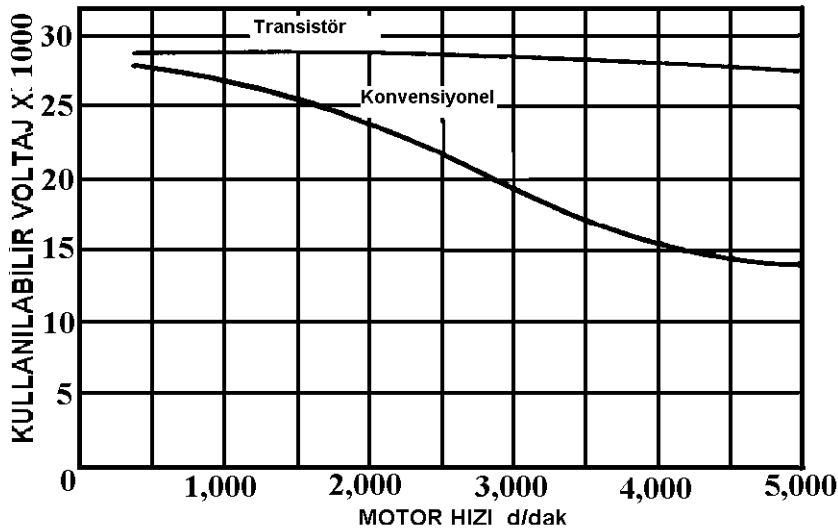
Kontak noktaları transistör bazı (B) ve akımın topraklanmış kısmı arasında bağlıdır. Kontaklar kapandığı zaman baz elektriksel olarak toprağa bağlıdır. O anda akım taşıyıcılar emitörle (E) ve bazdaki kolektörde (C) de ortaya çıkarlar. Böylece akım bobinin primer sarımından akabilir. Bu durum transistörü iletken halde tutar. Primer sarımın düşük endüktansı çok güçlü bir manyetik alan yaratır. Kontak noktaları açıkken akım taşıyıcıları artık transistör bazında bulunmaz. Akım transistörlerden akmaz, H.T. bobininin sekonder sargısındaki yüksek voltaja neden

olarak bobindeki manyetik alan yok olur. Bu yüksek voltaj dalgası ateşlemeye hazır olan doğru bujiye aktarılır, bu işlem distribütör tarafından yapılır. Kontak kesme noktalarından sadece küçük akımların geçtiğini dikkate almalıyız. Bu nedenle kontaklar bobin primer devresini kesmeye gerek duymadan daha uzun bir ömür sürerler, bu işi transistör yapar. Ortodoks (doğru) tip bobin ateşleme devrelerindeki değişim işlemlerinin olduğu kondenserler günümüz sisteminde artık daha fazla kullanılmamaktadır.



Şekil 4.14 Klasik ateşleme sistemiyle transistörlü yüksek voltaj sisteminin karşılaştırılması.

Şekil 4.14'da sıradan bir bujiye bağlanmış olan klasik ateşleme (A) ile transistörlü yüksek voltaj ateşleme devresi (B) karşılaştırılmıştır. Yüksek voltaj ateşleme devreleri günümüzde yüzeysel desarj veya yüzey-boşluk sistemlerinin geliştirilmesi esnasında kullanılmaktadır.



Şekil 4.15 Konvansiyonel (klasik) ve transistörlü ateşleme sistemlerinin performans eğrileri.

İki sistemin karşılaştırmalı voltaj değerleri Şekil 4.15’de gösterilmiştir. Bu şekilde transistörlü sistemin sabit ve daha yüksek voltaj üretiminin daha alçak ve düşük voltaj üretimine sahip olan klasik bobin ateşleme sistemine karşı avantajlı olduğu görülmektedir.

Transistörlü ateşleme sisteminin avantajları :

- 1) Uzun periyotlar sonunda kesici kontaklarının yanmasının önlenmesi,
- 2) Motorun değişken hız aralığında hemen hemen sabit kalan yüksek voltaj üretimi (bu yüksek hız motorlarında daha iyi yüksek hız performansı verir),
- 3) Gelecekteki motor gelişimi bu tip yüksek voltajlara ihtiyaç duyabilir.

Testler sonucunda aynı motora sahip, birinde klasik diğerinde transistörlü ateşleme sistemi kullanılan 2 araba üzerinde yapılan araştırmalarda 1500 saat sonunda klasik ateşleme sistemine sahip arabada motor sisteminin aşındığı ,hatta kullanılmaz hale geldiği, transistörlü ateşleme sisteminde aşınma görülmediği sadece hafif bir renk değişikliği olduğu gözlemlenmiştir.Bu da transistörlü sistemin yaklaşık 100.000 mil boyunca kusursuz çalışma imkanının bulunduğu kanıtlanmıştır.

Sistemin ana dezavantajları şunlardır :

- 1) Motorun maksimum hızı hala kesici mekanizmasının yapısıyla sınırlanmaktadır. Örnek: yüksek hızlarda titreme yapan hareketli parçalar.
- 2) H.T. transformatörü ,transistörü ,direnci gibi parçaları ihtiva eden üniteler klasik ateşleme ünitelerine göre daha pahalıdır.
- 3) Bu üniteler 350 °F’i aşan sıcaklıklarda çalışmak için dizayn edilmemiştir.
- 4) Sistem Britanya ve belli başlı diğer ülkelerde kullanılan pozitif topraklanma yerine, negatif topraklanmaya göre dizayn edilmiştir.

4.2.3.1.2. Kesici Kumandasız Transistörlü Bobin Ateşleme Sistemleri

Yarı iletken elektronik aparatlar sadece ateşleme sisteminde değil, motorun yakıt ölçme, motor hızı ölçme, ayarlama, hava ve soğutma sıcaklığı ölçümü, egzoz emisyonu kontrolü, hız sabitleme, fren tertibatı gibi birçok alanda da kullanılmaktadır. Elektronik ateşleme öncelikli olarak primer sarım devresindeki açma/kapama ile ilgilidir. Sabit durumdaki yarı iletken cihazlar, büyük oranda klasik mekanik kesicilerle değiştirilmektedir.

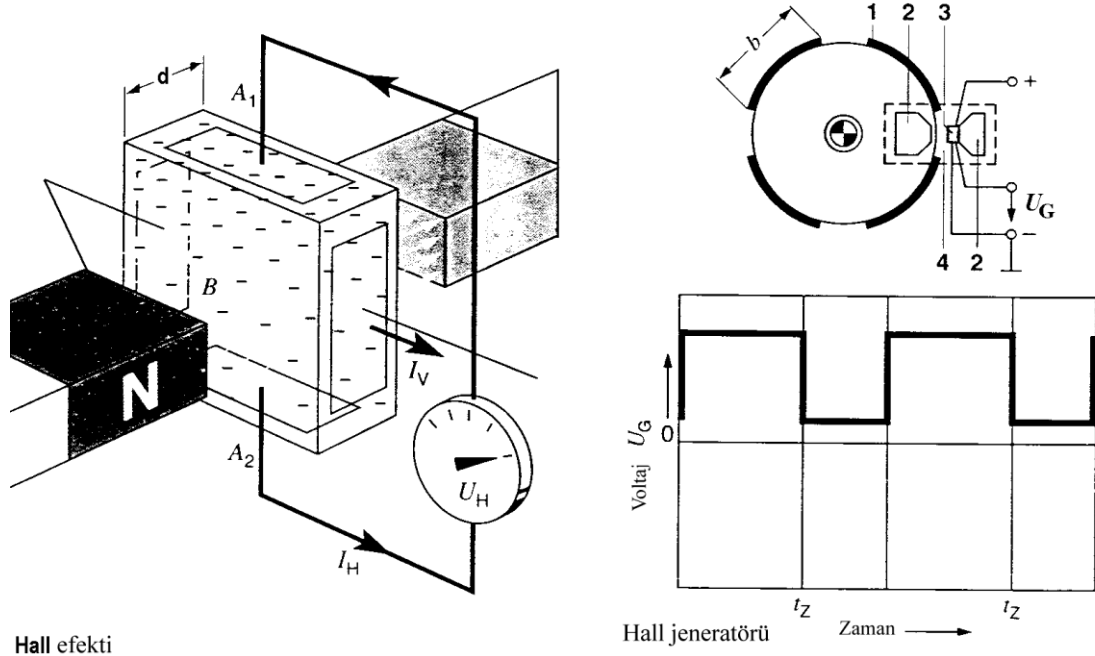
Transistörlü bobin ateşleme sistemlerini, mekanik kesici yerine elektronik ateşleme üreticileriyle kontrol etmenin avantajları şunlardır ;

- 1) Mekanik aşınma yoktur bu da rutin bakım gereksinimini ortadan kaldırır.
- 2) Ateşleme zamanı herhangi bir motor hızında veya yükünde çok daha doğru bir şekilde kontrol edilebilir.

Distribütör mekanik olarak iyi bir durumda oldukça ateşleme ayarında göze batan bir değişme olmaz.

Ateşleme jeneratörü mekanik olarak işleyen kesici gerekmezsin ateşleme kontrol sinyali üreten bir yapıdır. Üretilen bu sinyaller elektronik kontrol ünitesine verilerek kıvılcımın doğru zamanda çıkmasını sağlar.

4.2.3.1.3. Hall Jeneratörlü Transistörlü Ateşleme Sistemi



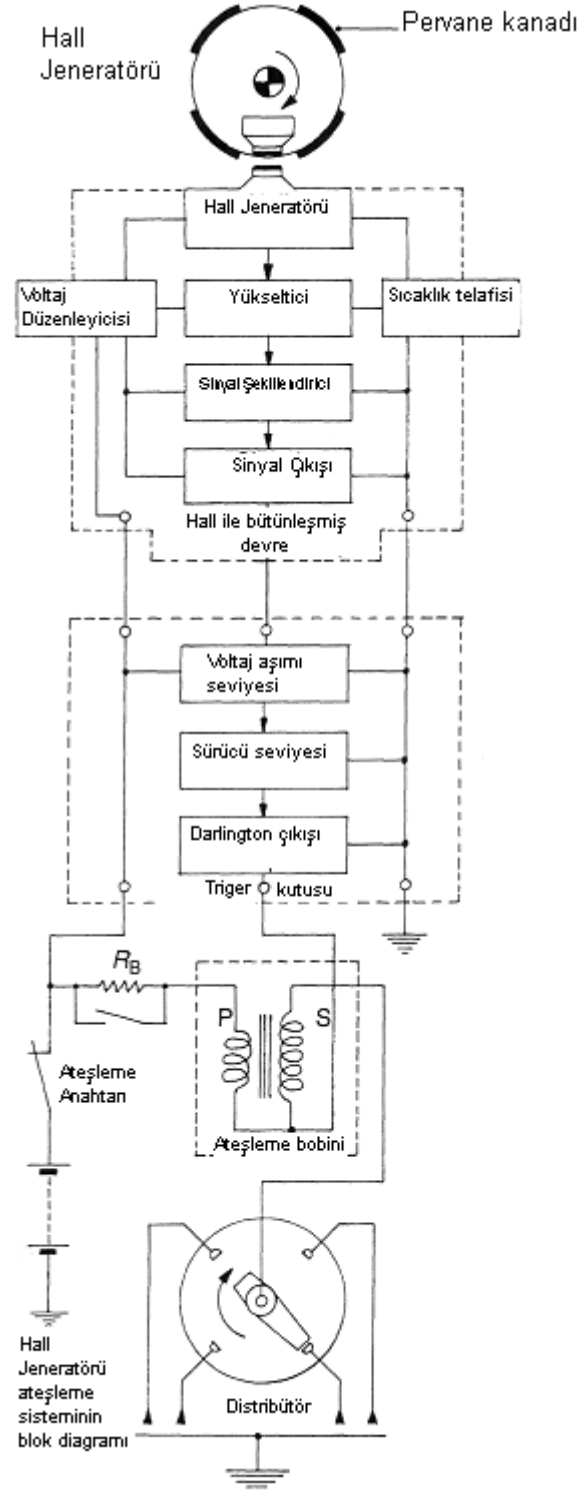
Şekil 4.16 Hall efekti (B : manyetik alanın akı yoğunluğu, I_H : Hall akımı, I_V : Besleme akımı, U_H : Hall voltajı, d : Kalınlık) ve Hall jeneratörü (Üst: Esas, Aşağıda: Hall voltajı üzerindeki jeneratör voltajı U_G) 1 b genişliğindeki kanat, 2 kalıcı mıknatısla birlikte yumuşak manyetik iletken elementler, 3 Hall entegre devresi (IC), 4 Hava boşluğu.

Şu anda kullanılan hareketsiz parçalı ateşleme sistemleri basit bir prensiple çalışır. Klasik ateşleme sistemindeki distribütör kontakları ve kam, distribütörün şaft pozisyonunu belirleyen ve elektronik kontrol modülüne sinyal gönderen bir sinyal üretim sistemiyle yer değiştirmiştir. Elektronik kontrol modülü bobinin primer sarımına giden akımı keserek, klasik ateşleme sistemlerindeki gibi bujilere dağıtılan sekonder sarımdaki yüksek voltajın oluşmasına neden olur. Kontrol modülü primer devreyi kapatarak primer devre akımının oluşmasını sağlayan zamanlama devrelerine sahiptir (Şekil 4.16).

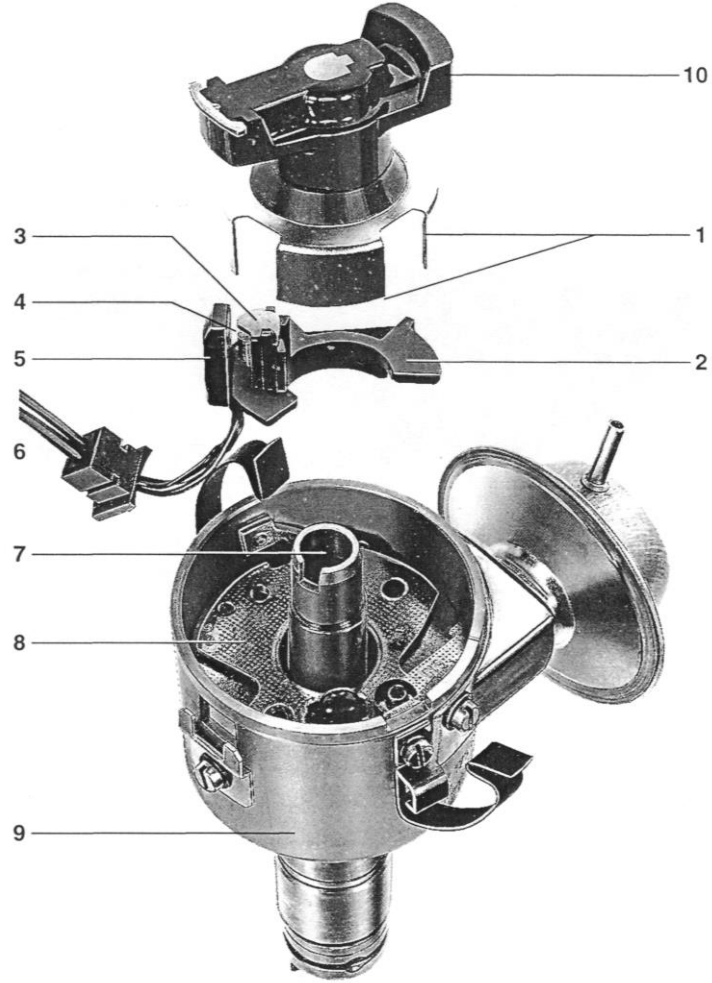
Eğer elektronlar manyetik alan çizgisinin etki ettiği bir iletken içerisinde hareket ederlerse, elektronlar bu çizgiye ve manyetik alan yönüne dik olacak şekilde sapar. A_1 de bir elektron fazlalığı, A_2 de ise elektron eksikliği meydana gelir. Mesela Hall voltajı A_1 ve A_2 boyunca meydana gelmektedir. Bu da yarı iletkenlerde Hall efektini özellikle önemli kılar.

Hall entegre devresi herşeyden önce bir transistörü, çok küçük trapez şekilli Hall voltaj sinyalini yükseltmesi için kullanır. Transistör kullanan sinyal şekillendirici devre

bu sinyalleri dikdörtgen şekline çevirir ve sonrasında transistör tarafından uygulanan yükseltme işlemiyle çıkış sinyal seviyesine erişilir.



Şekil 4.29 Hall jeneratörü ateşleme sistemi blok diyagramı.



Şekil 4.31. Hall jeneratörlü ateşleme distribütörü.

1 Kapakçık, 2 Kapakçık Düğmesi, 3 İletken Eleman, 4 Hava Boşluğu, 5 Hall 1C'li Seramik Yapı, 6 3 Çekirdekli (Merkezli) Hall Üreticisi Kılavuzu, 7 Distribütör Şaftı, 8 Taşıma Tabakası, 9 Distribütör Kabı, 10 Distribütör Rotoru

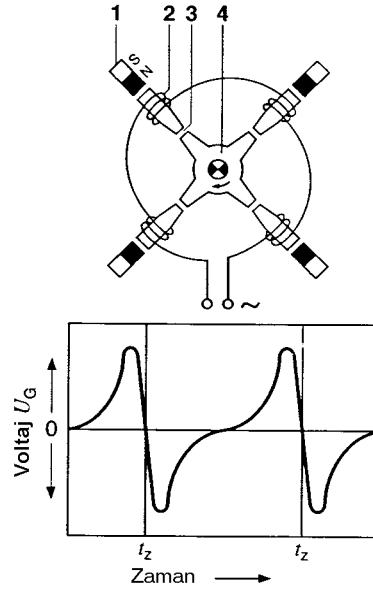
Hall jeneratörü ateşleme distribütörü içindedir. Manyetik bariyer ise, hareket edebilir taşıma tabakasıdır.

Hall entegre devresi seramik bir yapının üzerindedir. İletken elementlerle beraber nem, kir, fiziksel darbelere karşı plastik bir yapıyla korunmuştur. İletken elementler ve tetikleyici tekerlek yumuşak manyetik maddelerdir. Kapakçıkların sayısı silindir sayısına eşittir. Kapakçıkların genişliği (b), maksimum dwell açısını ateşleme tetikleme kutusuna bağlı olarak belirleyebilir. Hall jeneratörünün çalışması sırasında dwell açısı çoğunlukla sabittir. Bu nedenle ayarlamaya gerek yoktur, Hall jeneratörünün dizaynı ve çalışma modu ateşleme sistemlerini motor kapalıyken de hazır halde tutar. Teknik önşartlar ve sistemin kurulumu klasik ateşlemenin kesicisiz ateşlemeye dönüşmesine önemli etkenlerdir.

4.2.3.1.4. İndüksiyon Tipi Sinyal Jeneratör Sistemli Transistörlü Ateşleme

Bu sistem hall-jeneratör ateşleme sistemi gibi yüksek performanslı ateşleme sistemidir.

Sinyal jeneratör, ateşleme sisteminin elektronik devresini tetikler. Distribütör şaftı ile çalıştırılan, dişli çark şeklindeki rotor içinde bulunan manyetik sinyal jeneratörü, statorun sabit kutup parçasını geriye döndürür. Rotor üzerindeki dişlerin sayısı, silindir sayısı ile aynıdır. Manyetik alan daimi mıknatıs ile sağlanır. Kutup parçasından geçen her bir rotor dişi, manyetik alanın gücünü, önce yükseltir sonra düşürür. Bu manyetik alan gücü, zamanla orantılı olarak voltaj sinyali üreten, bobin ile bağlantılıdır. Rotor dişi hizadan geçtikçe elektronik modül (tetikleme kutusu) bobin akımını, kıvılcım üretmek için keser ve bobin voltajı aniden ters dönüp sıfırdan geçer. Voltajın tersine dönmesinden sonra, voltaj dalga formunun yükselen bölümü, primer bobin akımının bir sonraki ateşleme sinyali için açıldığı andaki noktayı saptamak için elektronik modül tarafından kullanılır.



Şekil 4.32 İndüksiyon tipi sinyal jeneratörlü ateşleme distribütörü.

Üst: Prensip. Alt: İndüklenmiş voltaj. 1 Daimi mıknatıs, 2 İndüklenebilir sarım, 3 Değişken hava boşluğu, 4 Rotor.

İndüksiyon tipi sinyal jeneratör elemanları şunlardır:

Daimi mıknatıs, indüklenebilir sarım ve statorun çekirdeği. Ateşleme distribütör şaftında(rotor) bulunan tetik tekerleği sabit montaja nazaran dönerler. Çekirdek ve rotor yumuşak manyetik çelikten imal edilmiştir. Diş şeklinde uzantıları vardır (stator dişi ve rotor dişi).

İşletme prensipleri; rotor döndüğü zaman, rotor ve stator dişleri arasındaki hava boşluğunun değişmesi gerçeğine dayandırılmıştır. Bu aynı zamanda manyetik akışı da değiştirir. Eğer, rotor ve stator üzerindeki çıkıntılar direk olarak diğerinin tersi durumundaysa en yüksek voltaj indüklenir. Rotor dönmeye devam ettikçe dişler arasındaki hava boşluğu boyutları büyür ve indüklenen voltaj aniden düşer. Sinyal jeneratördeki bu voltaj düşüşü, kontrol birimindeki ateşleme kıvılcımını söndürmek için kullanılır. Akıştaki değişim indüklenebilir sarımdaki AC voltajı indükler ve max voltaj ($\pm U$) motor hızına bağlıdır (Düşük motor hızında yaklaşık 0,5 V ve yüksek motor hızında yaklaşık 100 V) Bu AC voltajın frekansı(f) kıvılcım oranı ile benzerdir:

$$f = z.n/2$$

f: Çakma oranı veya frekans (dk^{-1}) z: Silindir sayısı n: Motor hızı (dk^{-1})

Tetikleyici rotor ve statorun dişleri birbirlerinin tersi durumundayken aralarında 0,5 mm'lik hava boşluğu oluşur. Bu pozisyonda, daimi mıknatıs stator dişleri tarafından saptanan manyetik akış, tetik rotor dişleri ile azami bağlantı sağlar. Tetikleyici rotor döndüğü zaman, dişlerin iki grubu aynı hizaya gelebilir veya birbirlerinden ayrılır. Buna karşılık; dişler arasındaki mesafe değiştikçe, manyetik akışın gücü değişir ve bu, alternatif voltajı indüklenen stator sarımına indükler. Böylece dönen dişler stator dişlerine yaklaştıkça manyetik akış şiddetlenir, azami noktaya ulaşma , dişlerin zıt konuma gelmesinden hemen önce oluşur. Diğer dönüşlerle birlikte, dişler arasındaki mesafe artar ve üretilen voltaj kutuplaşmayı oluşturur ve bu noktada ateşleme oluşur.

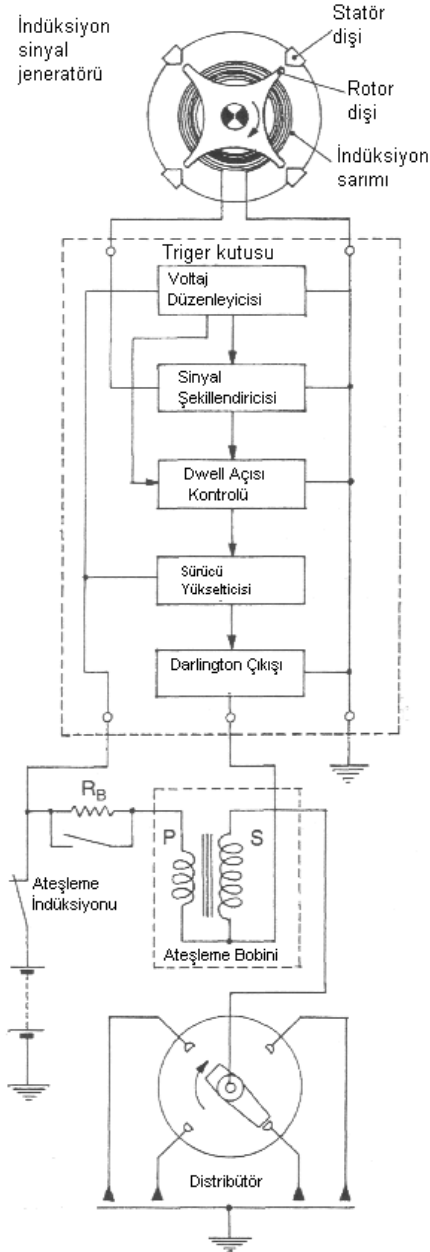
Sinyal jeneratörü, alternatif voltaj üretmek için kullanılır. Üretilen bu voltaj, ateşleme bobininin primer sarımında oluşturulan akımın yaratılması ve kesilmesinin kontrolünü sağlayan kesici yerine kullanılır. İndüklenen voltajı meydana getiren frekans, motor hızı ve motordaki silindir sayısı ile orantılı olarak meydana gelir.

Sinyal jeneratörde indüklenen voltaj ana kablo üzerinden geçerek **elektronik kontrol modülünü** besler. Sinyal ulaştırılır, yükseltilir ve şekli değişir. Bataryadaki kaynak voltaj çok iyi ayarlanmalıdır ki üretilen giriş sinyali tam olarak şekillenebilsin ve istenen dwell açısını sağlamak için uzatılabilir. Bu; direnç , kapasitör ve zener diod (ZD) kullanan **voltaj dengeleme** devresi ile sağlanır.

Sinyal şekillendirme devresi, sinyal jeneratörünün alternatif kontrol voltajını, düzeltilmiş dikdörtgen biçimindeki akım sinyallerine dönüştürmekte kullanılan bir fonksiyondur. Bu devre, Schmidt tetiği diye de bilinen eşik anahtarlama devresi tarafından meydana getirilir.

Dwell açısı kontrolü; ateşleme bobininin primer sarımına enerji verildiği sürece, klasik distribütörde kesici kapalı kaldığında, açılma periyodu bakar. Dwell açısı kontrolü, kesilme sabitlendiğindeki (ateşleme noktası) ve artan motor hızıyla başlayan dwell periyodundaki noktaya otomatik olarak avans verir. Ana sarım devresindeki akımın geçişine izin verildiğindeki periyot uzar. Dwell süresi kontrolü, devrenin anahtarlama safhası transistörler tarafından kontrol edilirken, dirençler yoluyla kapasitörü doldurup boşaltan bir direnç-kapasitör ağı ile sağlanır.

Bu kontrol, transistörün kollektör akımındaki kapasitörün polarite yükü değişikliğinden türetilmiştir. Ateşleme bobini primer sarımı enerjisi, güç transistörü (kollektör-emitör) yolu devre akımı tarafından sağlanır. Motor hızının artmasıyla kapasitörün batarya voltajına kadar şarj olma süresi yetersiz kalır ve bundan dolayı kapasitör, ateşleme noktasından erken boşalır, bunun sonucu olarak kapasitör kutupsal değişim noktası da erken oluşur. Böylece, kutupsal değişim noktası transistörü açtığı andan itibaren, dwell periyodunun başlangıcı gelişir ve sonuç olarak ateşleme bobininin primer akımının akış süresi uzar.

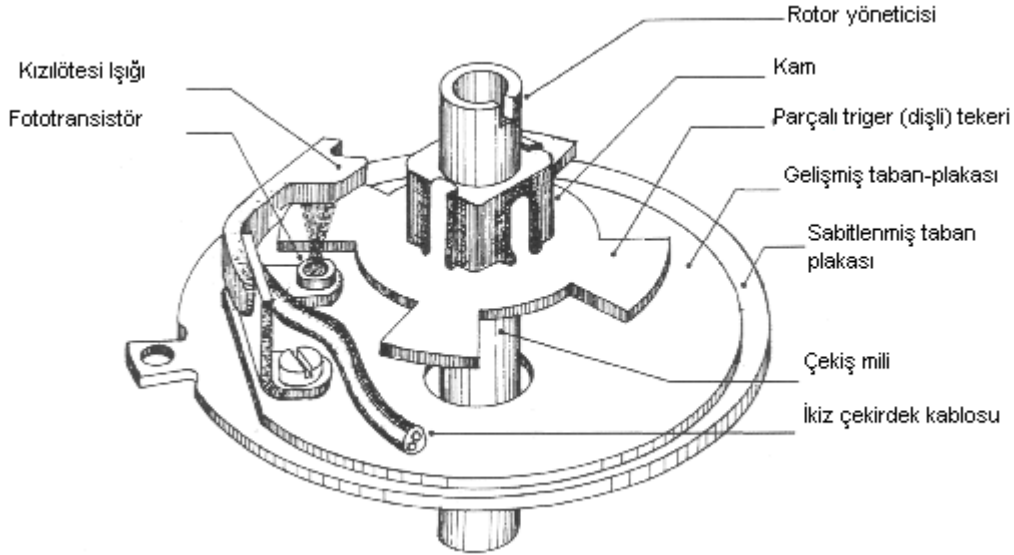


Şekil 4.33. İndüklenebilir sinyal jeneratörlü ateşleme sisteminin blok diyagramı.

Sürücü ve Darlington çıkış evresi dwell açısı kontrolü akım sinyalini genişletmeyi amaçlar, böylece; görevi enerji üretimini ve ateşleme bobininin primer sarımındaki akımın kesilmesini ve enerji verilmesini düzenlemek olan, güç çıkış transistörüne giriş sinyali gibi davranabilir. Dikdörtgen şeklindeki akım sinyali, transistörün (T) bazından (B) akar; yükselmiş kollektör-emitör birleşim akımı güç transistörünün bazından (B) girer. Transistörün kollektör-emitör yolu artık batarya ve primer devrenin anahtarı gibi çalışır, dolayısıyla çalıştırıldığı zaman bobin sarımı enerji yüklenir. Transistöre giden base akımı kesildiğinde, transistör ateşleme bobini primer devresini bloke eder, dolayısıyla yüksek gerilimli voltaj hemen sekonder buji devresinde oluşturulur.

4.2.3.1.5. Optik Tetikleme Devresi Sistemiyle Transistörlü Ateşleme

Optik tetikleme üniteleri distribütör kapağı içerisine monte edilmiş ve platin kesicilerin yerini almıştır. İki ana bölümü vardır, bunlar: Distribütör sürücü kamına bağlanan parçalara ayrılmış dönen disk (pervaneye benzeyen , silindir sayısı kadar ağız bulunan) ve fotosele yönlendirilmiş bir sabit ışık kaynağından oluşur. (Şekil 4.34)



Şekil 4.34. Optik kızılötesi ışın tetikleyici.

Radyasyon kaynağı, ZD stabilizatörü vasıtasıyla sabit seviyede işlem yapan bir Gallium Arsenide'dir ve fotosel ise ikinci bir transistöre direkt bağlanan bir silikon fototransistördür. İki transistör birlikte "Darlington Amplifikatörü"nü oluşturur. Gallium Arsenide lambası (hücre) spektrumun kızılötesi kısmına yakın bir bölümde radyasyon ışınlarını oluşturur (dalga boyu $0.94 \times 10^{-6} \text{ m}$). 1.25 mm genişlikte ışın demetlerine odaklanan ve kir birikmesine rağmen anahtarlama işleminin bu genişliğin yarısında dahi devam ettiği hemen hemen yarımküresel bir merceğe sahiptir. Fototransistörler genellikle, üst katmanı korumayı sağlayan ve yarı-iletken merkez eklemlerine radyasyon ışınlarının odaklanması için lens gibi davranan transparan plastik ile kaplanmıştır. Eğer radyasyon demeti yarı iletken malzemenin üzerine gelirse valans elektronları serbest kalır ve delikler meydana gelir. Sonuç olarak, bir merkez akım dolaşır ve transistörün kollektör-emitör devresini aktif hale geçirir.

Motor döndüğünde, dönen disk periyodik olarak radyasyon demetlerinin fotosele ulaşmalarını engeller. Sonuç olarak ana akım kesilir ve fototransistör bloke duruma gelir. Kesici yaprakların eni ve aralığı öyle belirlenmiştir ki %66'lık sabit dwell periyoduyla fototransistörün açma-kapama işlemini hatasız yapmasını sağlar.

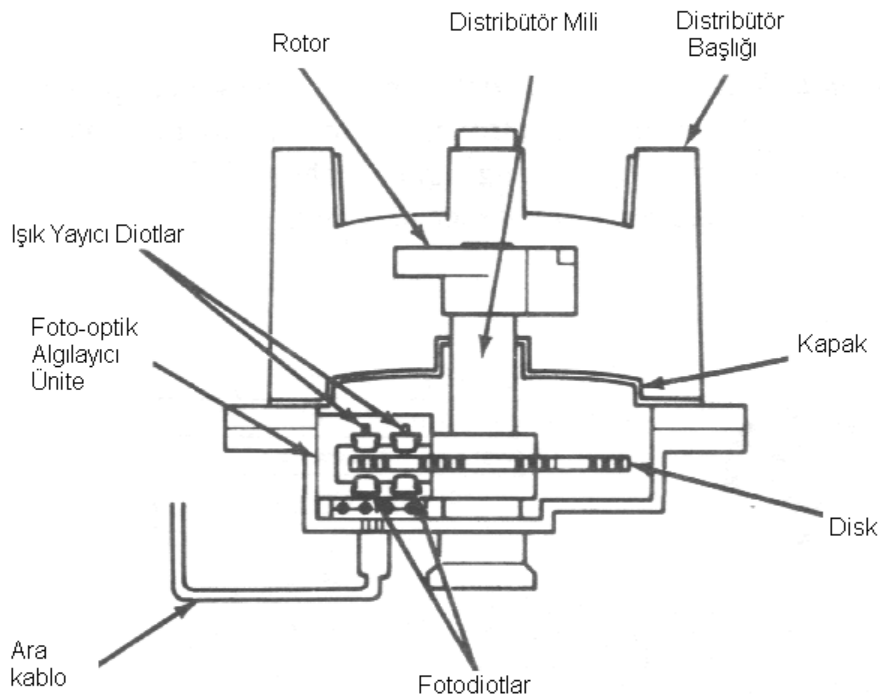
Ateşleme anahtarı kapalı olduğunda, ışık fototransistör (PT) üzerine düşer, yarı iletken kristalinde yeni delikler ve serbest elektronlar meydana gelir. Böylece akım, merkezinde dolaşacak ve kollektör-emitör devresini aktif hale getirmek için yeterli

büyükölge sahip olacaktır. Bu nedenle direnç ve PT kollektör-emitör devresi vasıtasıyla transistörün bazına pozitif sapmalı bir voltaj uygulanacaktır.

Motor döndüğünde, dönen disk motor zamanlama gereksinimlerine eşzamanlı olarak fototransistör'ün (PT) ışığını kesecek ve anında kendi base akımı kesilecektir, böylece fototransistör ve Darlington Amplifikatörü transistörü eski kapalı konumlarına geri dönerler.

Transistör kapalı konuma geçtiğinde primer sarım akımının dolaşmasını engeller. Akımın bobinde hızlı bir şekilde düşmesi ikinci bobinde ve bujide yüksek gerilim oluşmasına sebep olur.

4.2.3.1.6. Optik Fotodiyot Distribütör Sistemiyle Transistörlü Ateşleme



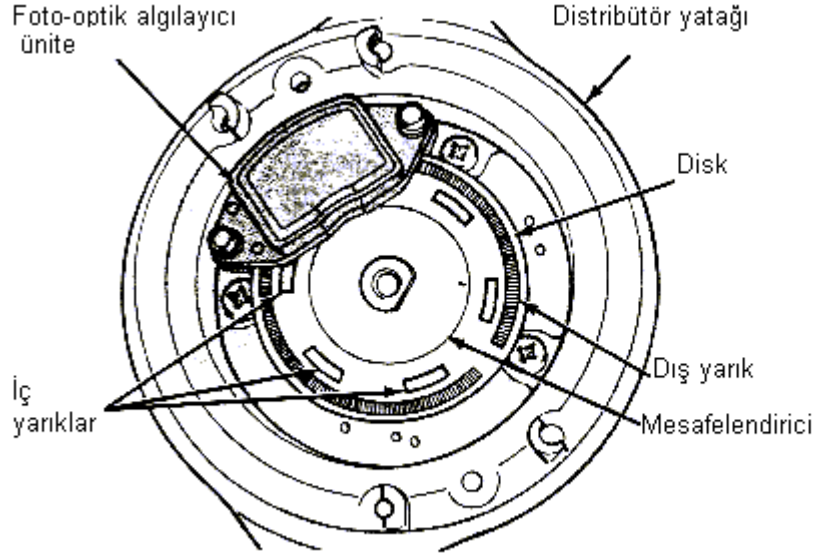
Şekil 4.35 Primer devreyi kontrol etmek için ışık demetinin açma-kapama etkisini kullanan fotodiyot veya optik distribütör (Chrysler Şirketi).

Fotodiyot veya optik distribütörler primer devreyi kontrol etmek için ışık demetini kullanırlar. Diyet uygulanan voltajı açmak ya da kapamak için ışığın varlığını ya da yokluğunu kullanır . Distribütörde ışık demetini ışık yayıcı diyet (LED) sağlar.

İki adet LED ve iki adet fotodiyot, delik açılmış diskin karşılıklı taraflarına yerleştirilmiştir. Disk distribütör şaftıyla birlikte döner. Delik LED'in altına geldiğinde ışık demeti fotodiyota çarpar. Döner disk ışık demetini engelleyene kadar açık kalır. Daha sonra fotodiyot kapanır. Bu durum fotodiyotta alternatif bir gerilim yaratır. Distribütördeki foto-optik algılama ünitesindeki bir entegre devre, voltajı açık-kapalı sinyallere dönüştürür. Bunlar, motor hızı ve krank mili pozisyonu sinyallerinin elektrik kontrol modülüne (EKM) ulaşımını sağlar. Ayrı bir tutuşturma modülü kullanılmaz.

EKM bu sinyalleri benzin enjeksiyonu , tutuşturma zamanı ve ralanti devrini kontrol etmek için kullanır.

Distribütördeki zamanlama cihazı iki sıra delikten oluşan ince bir disk (şekil 1.14). Her bir sıra, fotodiyotların birinde bir voltaj sinyali oluşturur. Dış ya da yüksek-veri-sınıfı delikleri her krank mili dönüşünün iki derecesinde bir meydana gelir. Bu deliklerden gelen sinyaller krank mili pozisyonu algılamasında veya motorun 1200 d/dak'ya kadar çıkan devirlerindeki ateşleme zamanlamasında kullanılır.



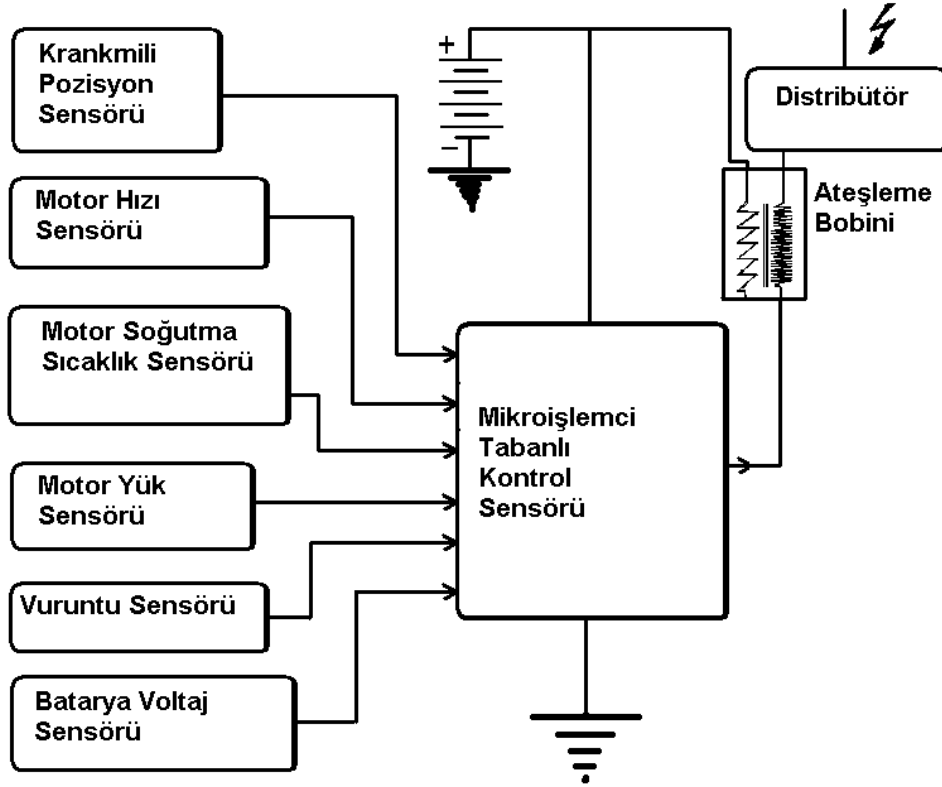
şekil 4.36 Optik distribütörün delikli disk ve foto-optik algılama ünitesini gösteren yukarıdan görünüşü (Chrysler Şirketi).

İç ya da düşük-data-sınıfı delikleri motorun sahip olduğu silindir sayısı kadar delik sayısına sahiptir. Bu sinyal her pistonun üst ölü noktasını belirler ve benzin enjeksiyonunu tetikler. Ayrıca motorun 1200 d/dak'nın üstündeki hızlarında ateşleme zamanlaması için kullanılır.

4.2.3.2. Yarı İletken Ateşleme Sistemi

Kesicisiz distribütör kullanılan elektronik ateşleme sistemlerindeki santrifüj ve vakum avansları modern bir motorun ihtiyaçlarını karşılayamaz. Dijital elektronik ateşleme sistemleri sabit enerji, akım sınırlayan indüktif deşarj özelliği içerir ve motor durumu, hız, şarj, sıcaklık ve daha fazla yakıt tasarrufu ve temiz egzoz emisyonları sağlamak için daha kesin ateşleme avans ayarı sağlar. Bununla birlikte zamana bağlı avans değişimleri yada mekanik parçalardaki aşınmalar yoktur.

İyi ilk hareket sağlanmıştır. Ralanti hız kontrolü geliştirilmiştir ve en önemlisi vuruntu kontrolü, motor vuruntu eşiğine yakın çalıştırılarak sağlanır, bu da vuruntu olmadan verim artışı sağlar.



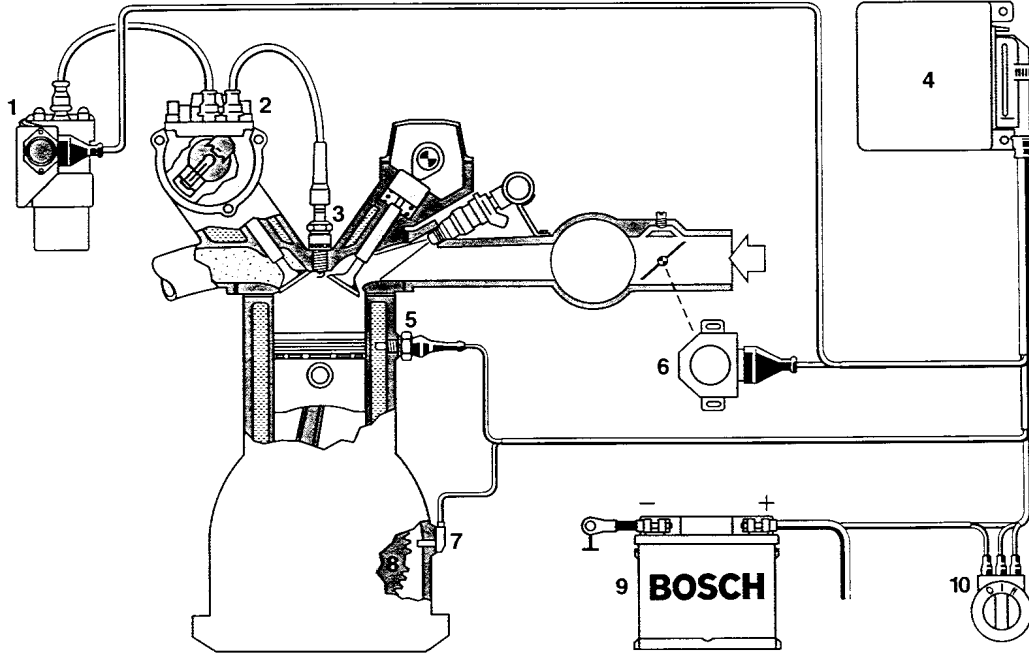
Şekil 4.37. Dijital yarıiletken elektronik ateşleme sistemi blok diyagramı.

Dijital yarı iletken elektronik ateşleme sistemi aşağıdaki özellikleri içerir.

- Krank mili pozisyon sensörü
- Motor devir sensörü
- Motor soğutucu sıcaklığı sensörü
- Motor yükü sensörü
- Vuruntu sensörü
- Batarya voltaj sensörü
- Elektronik mikroişlemci tabanlı kontrol ünitesi
- Ateşleme bobini
- Yüksek Gerilim dağıtıcısı

Bütün sürüş koşulları için optimum ateşleme zamanı kullanılan kontrol ünitesinin elektronik hafızasında önceden programlanmıştır. Gerçek ateşleme zamanı çeşitli sensörlerden gelen giriş sinyalleri göz önünde bulundurarak mikroişlemci tarafından belirlenir.

Şekil 4.38'deki yarı iletken ateşleme sisteminde, distribütörde mekanik ateşleme avansı sistemi kullanılmamaktadır. Onun yerine ateşlemeyi tetiklemek için motor devir sinyali şeklinde sinyal jeneratör sinyali kullanılır. Bir ek basınç sensörü yük sinyallerini besler. Mikroişlemci, gerekli ateşleme nokta ayarlamasını değerlendirir ve çıkış sinyalini ateşleme kutusuna göre ayarlar.



Şekil 4.38 Yarı İletken Ateşleme Sistemi.

1 Ateşleme bobini, 2 Yüksek gerilim distiribütörü, 3 Buji, 4 EKÜ, 5 Motor sıcaklık sensörü, 6 Kısmi valf düğmesi, 7 Rotasyonel hız sensörü ve referans işaret sensörü, 8 Ring dişlisi, 9 Akü, 10 Ateşleme ve kontak anahtarı

4.2.3.3. Elektronik Kontrol Ünitesi

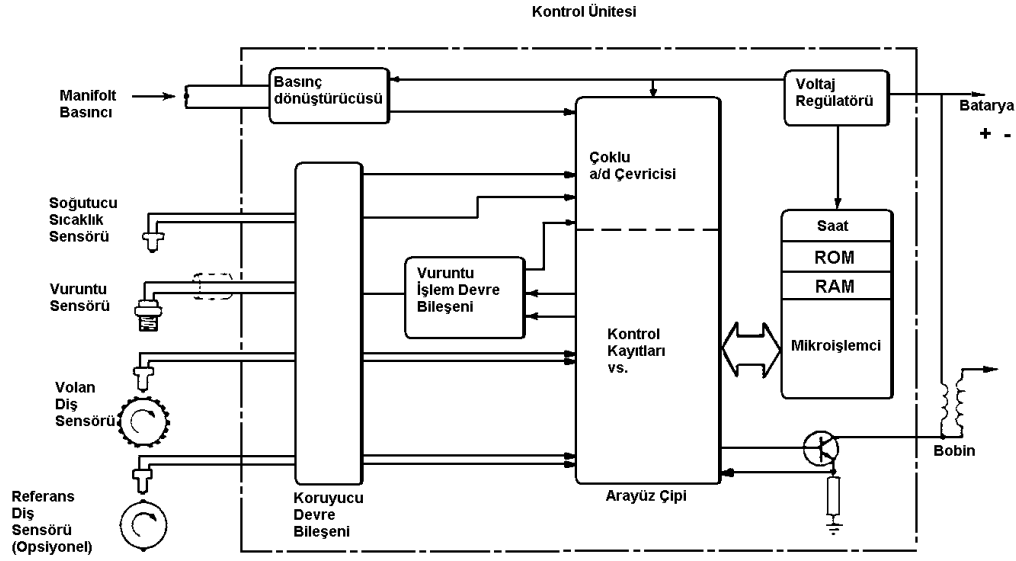
Kontrol ünitesinin 2 önemli fonksiyonu;

- 1) Ateşleme zamanını, çeşitli sensörlerden gelen bilgileri kullanarak ve elektronik hafızanın ateşleme haritası özelliğini kullanarak kontrol etmek,
- 2) Ateşleme bobinine, açılıp kapanan bobin primer akımını kontrol ederek, sürekli enerji girişi elde etmek.

Tipik bir kontrol ünitesi, merkezi işlem birimine (CPU) dayalı bir mikro-işlemci, sadece okunabilir hafıza (ROM), rastgele erişilebilir hafıza (RAM), zamanlayıcı, kuvars osilatörü, multiplexer ve güç anahtarlayıcısından oluşur.

Sensörlerden gelen analog giriş sinyalleri kontrol ünitesine yollanır. Orada mikroişlemci tarafından işlenebilecek dijital sinyallere dönüştürülürler. Örnek olarak; basınca sıcaklığa ve taşıt voltajına bağlı sinyal değişkenleri, şarj olan bir kapasitör aracılığıyla oransal zaman periyoduna dönüştürülürler;.Bundan sonra kontrol ünitesi zamanlayıcısı gerekli periyod-dijital değişimini üretir. Tek seferde sadece bir değişken seçilebilir. Böylece başlangıçta hepsi analog çok düzeyli birleştiriciye uygulanabilir ve mikroişlemci hangisinin dönüştürüleceğini seçer. Kontrol ünitesi yazılımı, aynı anda ya da maksimum motor hızına kadar sırayla hızlı meydana gelen bütün gerçek zamanlı olayları işleyebilmek için tasarlanmıştır.

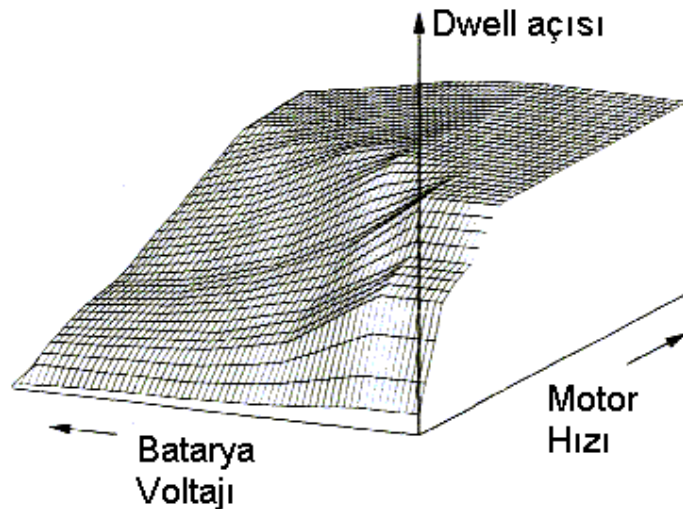
Güç durumu, uygun elektronik sürücüler kullanılarak mikroişlemci tarafından kontrol edilir.



Şekil 4.39 Dijital ateşleme kontrol ünitesindeki sinyal işlemi.

Mikroişlemcinin sinyal işlemede, manifold basıncını ,motor sıcaklığını ve akü voltajını ölçen analog sensörlerden gelen bilgiler, kontrol ünitesi analog-dijital çeviricide sayısallaştırılır. Motor devir ve krank mili pozisyonu zaten dijital sinyallidir ve dönüşüme ihtiyaç duymaz. Mikroişlemci, saat sinyali üretmek için kuartz kristalli osilatöre sahiptir. Kalıcı depolanmış bilgi için sadece okunabilir bellek (ROM) , sürekli değişken bilgi için rastgele erişilebilir belleğe (RAM) sahiptir. Ateşleme değerleri ve dwell periyotları ünitenin modeline bağlı olmak üzere RAM'de dakikada 9300 defa güncellenir. Bu değerler motorun herhangi bir hızında optimum ateşleme noktası üretmek için tekrar hesaplanır. Ateşleme bobininin primer devresi güç transistörü tarafından anahtarlanır. Sekonder voltajın çalışma koşullarına bağlı kalmaksızın sabit kalması için dwell periyodu kontrol edilir.

Mikroişlemcinin elektronik hafızasında motorun ateşleme özellikleriyle ilgili temel bilgiler bulunur. Ateşleme verisi; üç boyutlu ateşleme avansı haritalarından elde edilir ve tablo olarak elektronik ortamda saklanır. Bu bellek haritası düzenlemeleri ateşleme zamanını etkileyen parametreler için en doğru ateşleme noktasını verir.

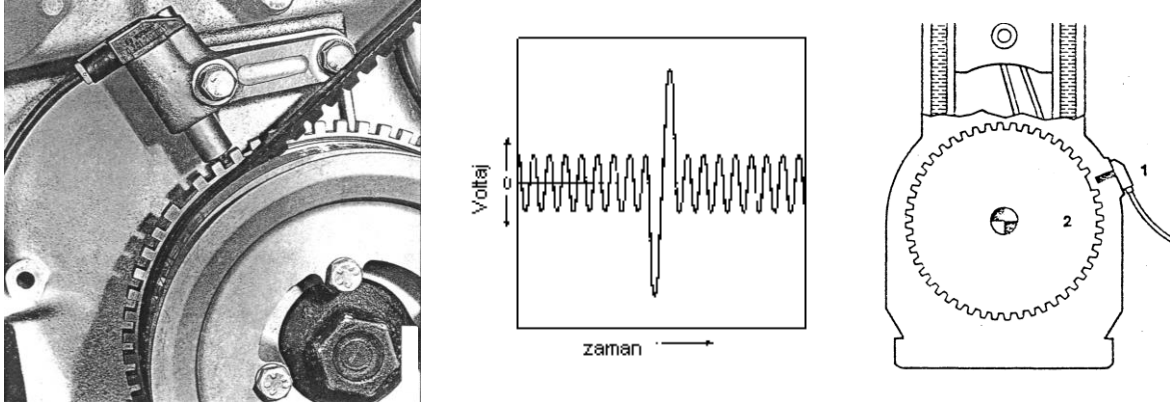


Şekil 4.40. Dwell-açısı haritası.

Ateşleme bobinin primer devresi elektronik kontrol ünitesindeki güç çıkış durumuna göre değiştirilir. Dwell periyodu kontrol edilir. Böylece sekonder voltaj, motor hızı ve akü voltajından bağımsız olarak sabit kalır. Dwell periyodu ya da dwell açısı her motor hızı ve akü voltaj durumuna göre yeniden belirlendiği için bu işlem ilave bir ateşleme haritasına ihtiyaç duyar: Dwell açısı haritası Şekil 4.40'da görüldüğü gibi ateşleme avans haritasındaki durumda interpolasyonun yapıldığı veri noktalarının ağını içerir. Böyle bir dwell açısı haritası kullanımı ateşleme bobinindeki depolanmış enerjinin, dwell açısı kapalı devir kontrol sistemi kadar kesin ölçülmesine izin verir. Buna rağmen dwell-açısı kapalı devir kontrolünün dwell-açısı haritası üzerine yerleştirildiği yarı-iletken ateşleme sistemleri de mevcuttur. Bu kapalı çevrim kontrol sistemleri her silindir için dwell-açısını bağımsız olarak optimize eder.

4.2.3.3.1. Sinyal İşleme

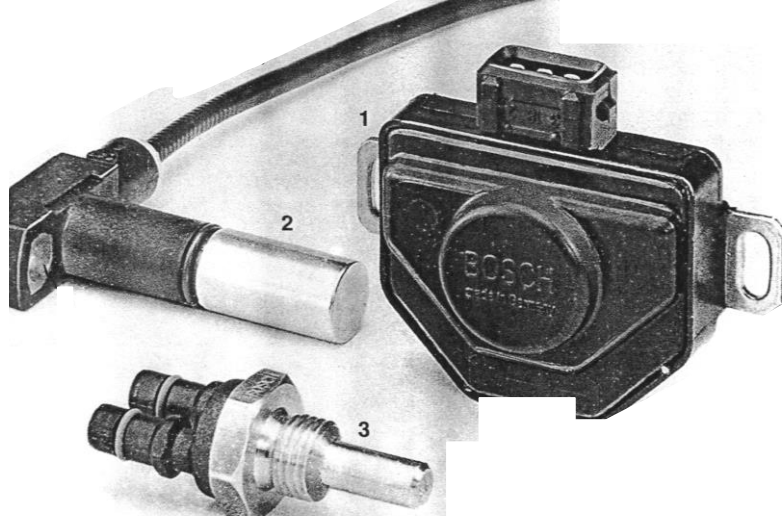
Dijital elektronik ateşleme sistemlerinin başarısı büyük ölçüde çeşitli sensörlerin giriş sinyallerindeki kalite ve güvenilirliğe bağlıdır.



Şekil 4.41 Halka dişli (krank mili üzerinde) indüksiyon tipi sinyal jeneratörü (sol) ve hava boşluk pozisyonuyla indüksiyon voltaj eğrisi: 1 sensör 2 halka dişlisi (sağ).

Krank mili sensörleri kartere bağlanmıştır ve volan yüzünün motor tarafına bağlı olan volan halka dişlisine yönelmiştir. Sensör armatürü, halka dişlisi dişine yakın veya küçük fakat önemli bir hava akımı sağlayan relüktör diskinin üzerindeki iki set relüktör dişlisi arasında çalışır. Volan döndüğünde hava boşluğu, diş ile sensörün karşılaştığı minimum değeriyle, sensörün dişler arasındaki boşlukla karşılaştığı maksimum değeri arasında değişir. Bu manyetik akı yolu direncini eğiştirir ve sensörün çıkış terminallerinde voltaj üretilmesine neden olur. Manyetik akıdaki değişiklikler, kontrol ünitesi tarafından değerlendirilen AC voltajını indükler. Bu dişli çark sinyal jeneratörü tarafından belirlenen bir boşluğa sahiptir ve sinyal krank mili pozisyonunun hesaplanması ve doğru şekilde saptanması için özel bir devre tarafından işlenir (Şekil 4.41).

Basınç sensörü emme manifoldu mutlak basıncını saptayarak motorun yükünü ölçer. Genelde basınca dayanıklı bir yarı-iletkenlerdir. Bu tip sensörler hızlı ve yeterince doğru yük algılamayı sağlarlar. Emme manifoldundan yapılan dolaylı ölçmeye ek olarak birim zamandaki hava kütlesi ve yoğunluğu o anki silindir yükünün daha iyi belirlenmesini sağladığından yük sinyali olarak özellikle uygundur. Elektronik yakıt enjeksiyon sistemiyle donatılmış motorlarda yükleme sinyali sadece yakıt yönetiminde değil ayrıca ateşleme için de kullanılmaktadır. Basınç sensörü genelde kontrol ünitesi üzerinde olur.

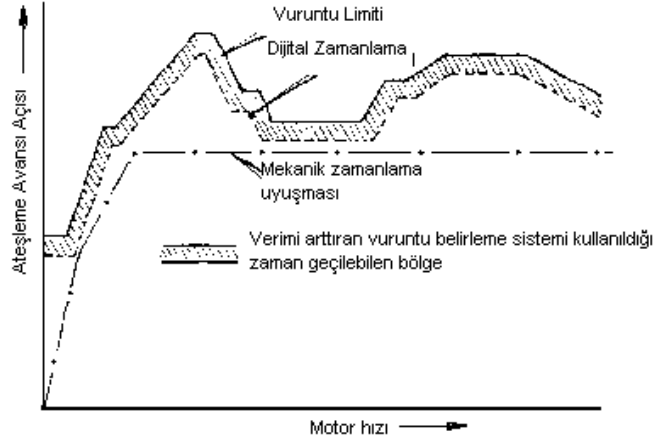


Şekil 4.42. Adaptasyon bileşenleri.

1 Kısma valfi anahtarı, 2 Sinyal jeneratörü, 3 Motor sıcaklık sensörü

Kısma valfi anahtarı, motor boşta veya tam yükte çalışırken açma/kapama sinyalleri sağlar. Motor bloğundaki su veya motor soğutma sıcaklığı sensörü kontrol ünitesine motor sıcaklığı ile ilgili olarak sinyaller sağlar. Hava giriş sıcaklığı ihtiyaçlara bağlı olarak ya ince nikel film sensörü tarafından ya da negatif sıcaklık sabitli yarı iletken sıcaklık sensörü (NTC) tarafından belirlenir. Sensör malzemesinin direnci, sıcaklıkla değişerek kontrol ünitesinin kullanabileceği bir ölçü sağlar. Tipik bir operasyon aralığı -40°C 'den 140°C 'ye kadardır. Batarya voltajı da ayrıca kontrol ünitesi tarafından algılanan düzeltici bir niceliktir. (Şekil 4.42).

Emme-manifold basıncı, motor sıcaklığı ve batarya voltajı analog değişken formlarındayken analog-dijital çeviricisinde sayısallaştırılır. Motor hızı ve krank mili pozisyonu ve gaz kelebeği dijital değişkenlerdir ve direkt olarak mikroişlemciye yönlendirir. Sinyal işleme, saat darbesi üretmek için kuvars osilatör kristal kullanan mikro işlemciden oluşan mikro bilgisayarda yapılır. Bu bilgisayarda güncelleştirilmiş ateşleme açısı ve dwell periyotları her ateşleme için yeniden hesaplanır ve bunun sonucunda motorun her türlü çalışma şartında optimum ateşleme noktası mevcuttur.



Şekil 4.43. Dijital elektronik ateşleme sistemlerinin vuruntu limitine yakın seviyedeki motoru nasıl çalıştırdığı görülmektedir. (Hatta, vuruntu belirleme sistemi kullanıldığında limitte çalıştırılır). Mekanik veya konvansiyonel ateşleme sistemleri motoru, vuruntunun hiçbir koşulda oluşmaması için vuruntu limitinden çok uzakta çalıştırırlar.

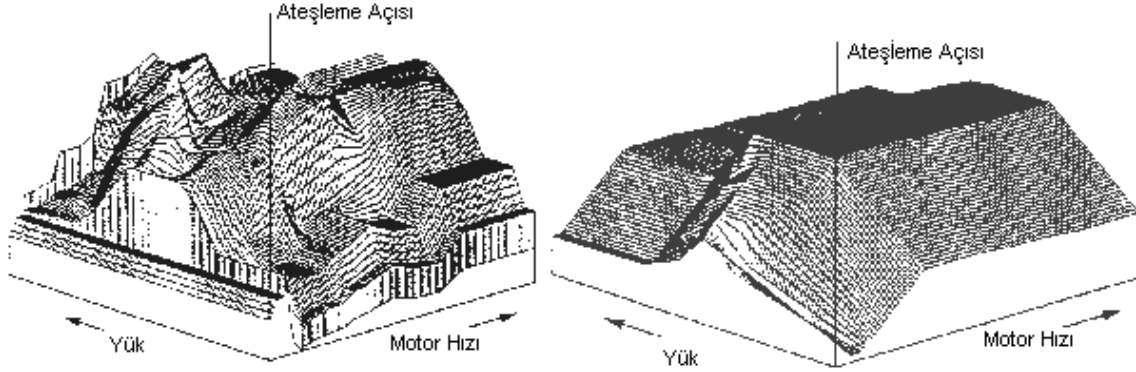
Vuruntu sensörü, yanmadaki vuruntuyla oluşan titreşimlerin algılanmasıyla orantılı olarak çıkış voltajı üreten bir piezo-elektrik hız ölçeridir. Vuruntulu yanma silindirdeki hava-yakıt karışımının normal olarak yanmaması durumudur. Bu yanma sırasında basınç artışı duyulabilir bir detonasyon veya vuruntu ile birlikte normal yanmaya göre çok hızlıdır. Vuruntuyu önlemek çok önemlidir ancak düşük seviyedeki vuruntu verimli çalışma için kabul edilebilir. Mekanik ya da klasik elektronik ateşleme sistemlerinde vuruntu ancak motoru vuruntunun oluşmadığı seviyeye çekilerek giderilir. Bazı belirli operasyon koşullarında motor ekonomik çalışmayarak vuruntu limitinden uzak kalabilmektedir. Diğer bir taraftan, dijital bir elektronik ateşleme sistemi gerçek vuruntu limitini daha yakın takip etmek için programlanabilir. Üstelik vuruntu eşiği belirleyicili dijital elektronik ateşleme sistemi bir vuruntu sensörü ile ateşleme avansını motorun vuruntu limitinde düzenli çalışması için ayarlayabilir.

Vuruntu sensörü ve kapalı devre geri besleme sistemi motorun vuruntu limitine daha yakın çalışmasına olanak sağlamaktadır.

Vuruntu sensöründen gelen bilgi mikroişlemcide herhangi bir silindirde vuruntu limitinin aşılmasının farkına varılmasına olanak tanır. Vuruntu oluştuktan sonra dördüncü ateşleme sinyalinde (veya altı silindirli bir arabada altıncı) zamanlama spesifik adımlarla (3-5 derece) 20 dereceye kadar vuruntu durana dek geciktirilebilir. Bu durum vuruntu sona erinceye kadar oluşur. Vuruntu önlendiğinde ateşleme noktası daha önce programlanmış olan değerlere geri döner. Bir dizaynda normal ateşlemeye dönmenin gerçek oranı 0,625 derece/16 ateşlemedir.

4.2.3.3.1.2. Avantajları

- Ateşleme avansı motorun bireysel ve çeşitli ihtiyaçlarıyla daha iyi eşlenebilir.
- Diğer kontrol parametrelerini eklemek mümkündür.(ör: motor ısısı)
- Daha kolay ilk hareket , gelişmiş ralanti kontrolü ve daha az yakıt tüketimi
- Geliştirilmiş işletme-veri edinme
- Vuruntu kontrolü uygulanması mümkündür.



Şekil 4.44 Geliştirilmiş elektronik ateşleme-avans haritasının (solda) mekanik ateşleme-avans sistemi (sağda) ile karşılaştırılması.

Her çalışma noktasında ateşleme açısı bulunan, yarı iletken ateşleme sisteminin avantajları, ateşleme-avans haritasında açıkça ispat edilmiştir (Şekil 1.22). Bu ateşleme açısı motor dizaynı sırasında her motor hızına ve her yükleme durumuna göre seçilmiştir. Özel bir çalışma noktasına göre seçilen ateşleme açısı şunları temel alır: Yakıt sarfiyatı, tork, egzoz gazı, vuruntu limitinin emniyet sınırı, motor sıcaklığı, yol tutuş v.b. Yarı iletken bir ateşleme avans sisteminin ateşleme-avans haritası satrifuj ve vakum avansa sahip bir sistemin ateşleme haritasıyla karşılaştırıldığında sıklıkla çok engebeleli ve çentikli görünür.

Gaz kelebeği kapandığında, özel boşta çalışma/yüksek devirde çalışma karakteristik eğrisi seçilir. Ateşleme noktasına, normal ralanti devrinin altındaki motor hızlarında boşta çalışma stabilizasyonunu sağlamak için tork artırılarak avans verilir. Ateşleme noktası yüksek devirde çalışırken egzoz gazına, yol tutuşa, sürüşe göre ayarlanır. Tam yüklemede, tam yükleme eğrisi seçilir. Bu eğri vuruntu limitine göre programlanmış ateşleme parametreleri içerir. Başlangıç için özel sistemler, ateşleme noktasının ilerlemesi, ateşleme ilerleme haritasının serbestliği, motor hızına ve motor sıcaklığına göre programlanabilir. Bu ilk çalışmada zıt torklar oluşmadan yüksek motor torklarına ulaşmasına izin verir.

Gerekli ihtiyaçlarına göre ,ateşleme-avans haritasını farklı güçlük derecelerinde veya sadece birkaç programlanabilir avans eğrisiyle programlamak mümkündür. Elektronik ateşleme avansı çeşitli yarı iletken ateşleme sistemlerinin çatısı altında mümkün olabilir. Örneğin; Motronik sistem tamamıyla entegre ateşleme avansını kapsar. Ancak ateşleme-avans sistemini tamamlamak ayrıca transistörlü ateşleme

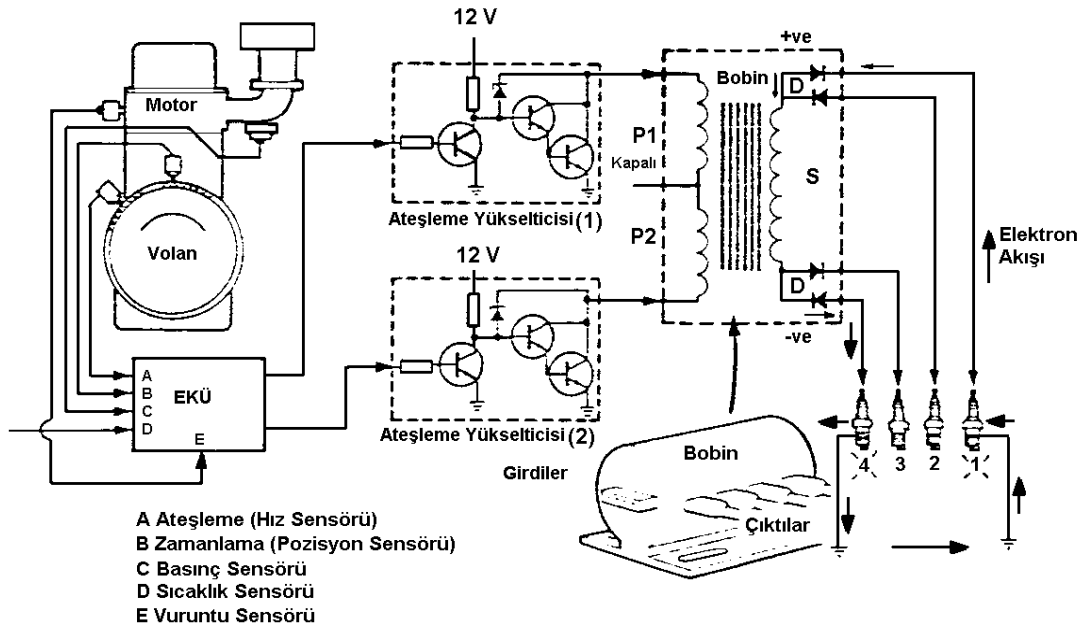
sistemine ekleme yapılarak olabilir (ilave avans formundadır) veya entegre çıkış seviyesinde bir aygıt ile sağlanabilir.

4.2.3.2. Distribütörsüz Ateşleme Sistemi

Klasik distribütörler iki temel işlevi yerine getirir:

- 1) Distribütörler sekonder elektrik enerjisini uygun ateşleme bujisine sırayla dağıtırlar. Bu işlem kam mili rotoru, distribütör kapağı ve uygun şekilde bağlanmış buji ara kabloları tarafından yerine getirilir.
- 2) Sekonder voltajın uygun krank açısında üretilmesini sağlarlar.

Ateşleme sistemine elektroniğin katılmasıyla kıvılcımı yaratma ve ateşleme zamanını değiştirme görevi çoğu distribütörden alınmıştır. Fakat rotor ve kapak mekanik bir işlevi olan ilk operasyonu halen yerine getirmektedir. Günümüzde mekanik dağıtım yapan distribütöre bir alternatif mevcut olup, distribütörü tamamı ile gereksiz hale getirmiş ve distribütörsüz elektronik ateşlemeyi ortaya çıkarmıştır.



Şekil 4.45. Distribütörsüz ateşleme sistemi blok diyagramı. Ford Escort RS 1600i ve XR4i de kullanılan bu sistem, özel bir bobin ve elektronik kontrol ünitesi (EKÜ) kullanılır. EKÜ kontrol, yakıt yönetim sistemi ve yükselticilerle paylaşılır.

Distribütörsüz ateşleme sistemi iki özelliği ile karakterize edilmiştir: yarı iletken ateşleme sisteminin işlevlerini yerine getirir fakat ateşleme distribütörü kullanan mekanik yüksek-voltaj dağıtım sistemi içermez. Bu elektronik ateşleme sistemi (Şekil 4.45), EKÜ, giriş sensörleri ve bobin ile distribütörün işlevlerini birleştiren özel bir ateşleme bobini ihtiva eder. 4 ateşleme bobinli yüksek-voltaj dağıtımda bobin 2 primer sarım ve 1 çift sonlu sekonder sarım içerir. İki ateşleme yükselticisi her bir primer sarımdaki primer akımı değiştirir, ve bu değişim sekonder sarıma bağlı yüksek

voltaj diyotlarının düzenlemesiyle, bobin tarafından elektronik olarak seçilen sekonder sarım bujilerinde bir itme çekme efekti yaratır.

Primer sarımdaki (P_1) akım kesildiğinde 1. bujiyi ateşleyen sekonder sarımın üst noktasında pozitif bir voltaj yaratılır. Aynı anda 4. buji de sekonder sarımın alt noktasında oluşan negatif voltaj ile ateşlenir.

P_2 deki akım kesildiğinde ters kutup voltajları sekonder sarımda yaratılır, pozitif voltaj 3. bujiyi negatif voltaj da 2. bujiyi ateşler.

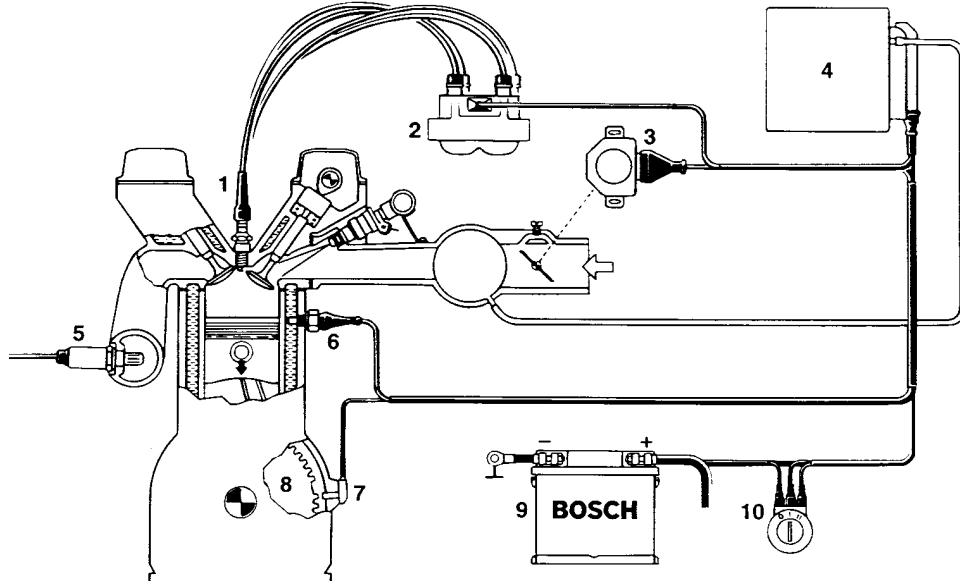
Beraber ateşlenen bujiler birbirlerine 360° KMA farkla dururlar. Bu zamanlama ve eşleme farkı bujilerden bir tanesinin, yanma ateşlemesi için yapılan sıkıştırma strokundaki üst ölü noktadan (ÜÖN) hemen önce, diğerinin ise egzoz strokundaki diğer silindirde ateşlenmesini sağlar.

Tek ateşleme bobinli yüksek voltaj dağıtımında tek sayılı silindir içeren bir distribütörsüz bir ateşleme sisteminde her bir silindir için bir ateşleme bobini gerekmektedir. Yüksek voltajın ateşleme bobinlerine doğru dağıtımı güç modülündeki düşük voltaj devresinde distribütör mantığıyla gerçekleştirilir. Tek sayıda silindir içeren bir motorda bir çevrim krank milinin iki devrini içerir. Bu nedenle, krank milinden gelen bir (ÜÖN) sinyali bu durumda yeterli değildir. Senkronizasyonu sağlamak için, kam mili tarafından her kam mili devri başına bir sinyal tetiklenmelidir.

Distribütörsüz yarı iletken ateşleme sistemindeki elektronik kontrol ünitesi genel olarak yarı iletken ateşleme sistemindekiyle aynıdır. Ateşleme çıkış aşaması, kontrol ünitesine entegre edilebilir (çift kıvılcımlı veya dört kıvılcımlı ateşleme bobini olması durumunda) veya, güç modülüne distribütör mantığıyla ya da ilgili ateşleme bobinine bağlayarak, harici olarak (tek kıvılcımlı ateşleme bobini olması durumunda) uygulanabilir.

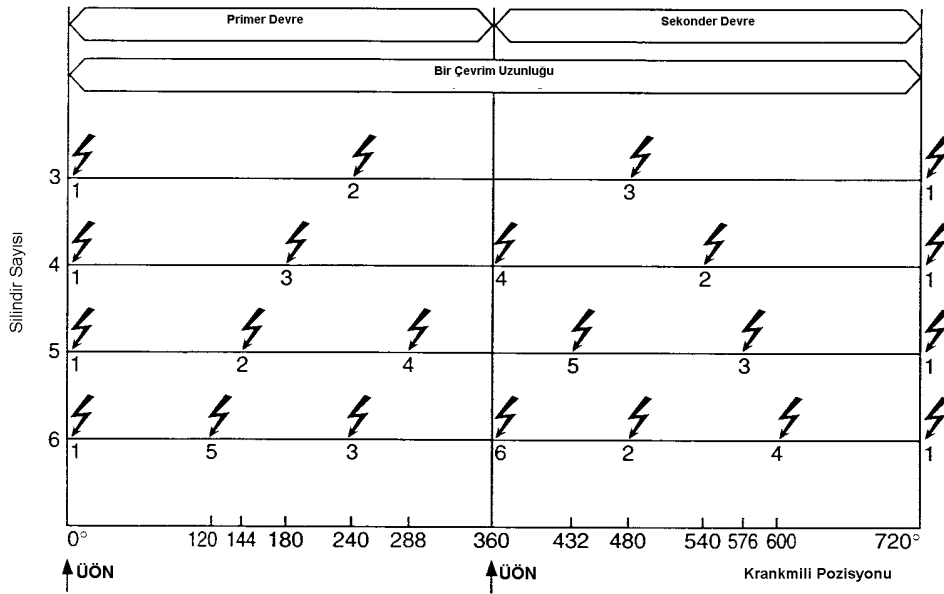
Şekil 4.46 iki adet çift kıvılcımlı ateşleme bobiniyle dağıtım yapan distribütörsüz ateşleme sisteminin şematik diyagramını göstermektedir. Krank mili üzerindeki referans işaret sensörü tetikleyiciye doğru ateşleme bobinini sunar ve ek olarak ateşleme açısını hesaplar.

Çift kıvılcım ateşleme bobini ilkinde göre 180° (krankmili) sapmayla 2 kıvılcım üretir. 4 silindirli bir motoru örnek alırsak 1 ve 4 numaralı ve 3 ve 2 numaralı silindirler aynı anda ateşlenir.



Şekil 4.46. Distribütörsüz ateşleme sisteminin şematik bir diyagramı

1 Buji, 2 2x çift kıvılcım ateşleme bobini, 3 Kısmi valfi anahtarı, 4 Sürücü aşamaları entegre edilmiş kontrol ünitesi, 5 Lambda sensörü, 6 Motor ısı sensörü, 7 Motor hızı ve referans işareti sensörü, 8 Halka dişli, 9 Batarya, 10 Ateşleme ve başlama anahtarı.



Şekil 4.47 İki krank mili devri boyunca dört stroklu motorda oluşan ateşleme sırası. Çift sayıda silindiri bulunan motorlar ÜÖN deki silindir gruplarındaki ateşleme için temiz bir sinyal sağlar (0° ve 360°).

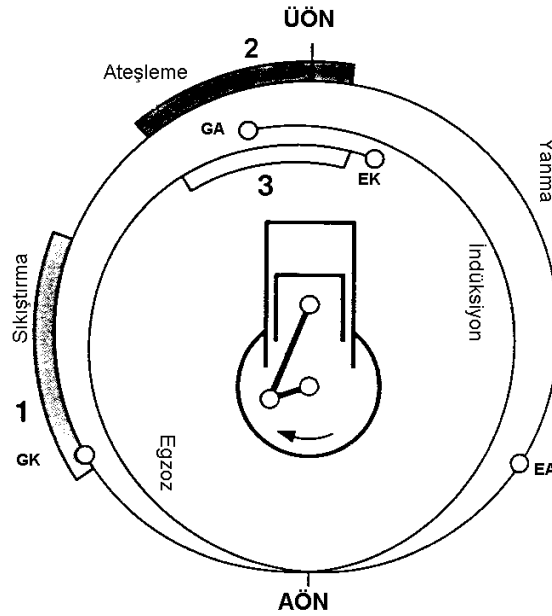
Bobinler sırayla ateşlenirken, sıradaki ateşlenecek bobin için devrin başlangıcını bildiren bir sinyal gereklidir. ÜÖN sinyali ateşlemenin 1-4 numaralı silindirlerde yapılması gerektiğini belirtir. Bundan sonra EKÜ krank milinin 180° döndüğünü algılar ve diğer bobinin 3-2 numaralı silindir çiftini ateşlemesini başlatır. Bu zorunlu eş zamanlama sistemi, herhangi bir aksamada doğru ateşleme sıralamasının korunmasını devam ettirir. Bu tür bir stabilite için çift sayıda silindir sayına sahip motor gerekmektedir.

4.2.3.2.1. Ateşleme Bobinleri



Şekil 4.48 Çift kıvılcımlı ateşleme bobini.

Çift kıvılcım ve 4 kıvılcımlı ateşlemeli bobinler plastik kaplamalı olarak dizayn edilmişlerdir. Ortaya çıkan yoğun dizayn üst kenardaki geniş alanla birlikte bu ateşleme bobinleri üzerinde iki ayrı yüksek voltaj kulesine izin verir. Bobin harici olarak bağlı olan demir çekirdek tarafından soğutulur ve korunur. (Şekil 4.48)



Şekil 4.49 Dört stroklu bir motor devrindeki çift kıvılcım ateşleme bobininin ateşleme kıvılcımlarının oluşumu.

1 Primer akımın başlangıcı, 2 Birinci ateşleme kıvılcımının ateşleme menzili, 3 İkinci ateşleme kıvılcımının ateşleme menzili. (ÜÖN: üst ölü nokta, AÖN: alt ölü nokta, EmA: giriş valfi açılır, EmK: giriş valfi kapanır, EgA: egzoz valfi açılır, EgK: egzoz valfi kapanır)

Tek silindirli 4 stroklu motorun çevrimini incelersek (2 devir) , çift kıvılcım ateşleme bobininden meydana gelen ateşleme kıvılcımlarının motor stroğu süresince nasıl oluştuğunu görebiliriz. İlk devir EmA dan kısa süre sonra başlar ve ÜÖN ye kadar sürer. İkinci devir ÜÖN de başlar ve EK başlamadan kısa süre önce biter. Çalışma stroğu boyunca, ateşleme ÜÖN den hemen önce ve sonra ateşleme avans haritasındaki noktasına bağlı olarak oluşur. (Şekil 4.49)

4.2.3.2.1.1. Avantajlar

Ağırlık açısından bakıldığında hiçbir avantajı olmamasına rağmen, sabit yüksek voltaj dağıtımı aşağıdaki avantajlara sahiptir.

- Açık kıvılcım oluşmadığı için çok daha düşük elektromanyetik radyo paraziti
- Dönen parça olmaması
- Ses azalması
- Daha az yüksek voltaj bağlantıları ve
- Motor üreticileri için dizayn avantajları

4.2.3.2.2. Toyota Distribütörsüz Ateşleme Sistemi

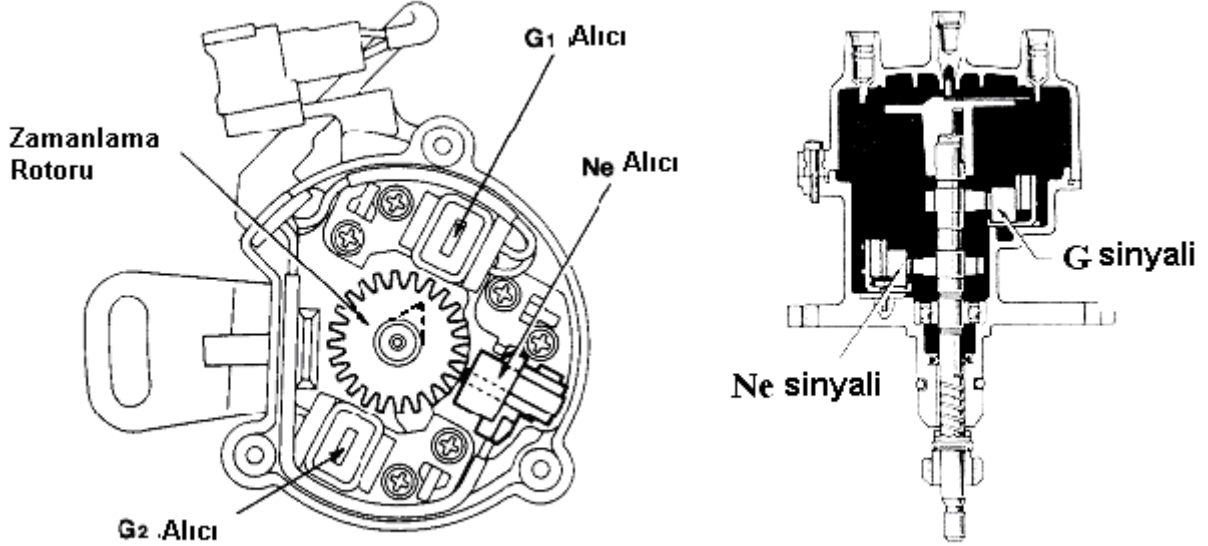
Distribütörsüz ateşleme sistemi distribütör kullanılmayan bir ateşleme sistemidir. Distribütörü ortadan kaldırmak mekanik bileşenlerin sayısını azaltarak güvenilirliği artırır. Diğer avantajları:

- 1) Ateşleme kıvılcımı üretiminde daha iyi kontrol-hava/yakıt karışımını ateşleyecek olan kıvılcımı üretmek için gerekli olan yeterli manyetik alanı oluşturabilmek için bobine daha fazla zaman sağlar.
- 2) Distribütörün elektriksel paraziti ortadan kaldırılır- ateşleme bobinleri bujilerin üstüne veya yakınına yerleştirilebilir. Bu elektriksel paraziti ortadan kaldırır ve güvenilirliği artırır.
- 3) Ateşleme zamanı daha geniş bir aralıkta kontrol edilebilir- bir distribütörde çok fazla avans uygulanırsa sekonder voltaj yanlış silindire yönlendirilecektir.
- 4) Yukarıdaki gelişmeler yanlış silindir ateşlemesi olasılığını düşürür ve bu da egzoz emisyonunu azaltır.

Distribütörsüz ateşleme sistemleri genel olarak iki silindir için iki buji kablosu olan bir ateşleme bobini içerir şekilde tanımlanır. Bu sistemler eşzamanlı ateşleme (boşa kıvılcım olarak da adlandırılır) olarak adlandırılan bir metot kullanırlar. Bu metotta piston pozisyonuna göre eşlenmiş 2 silindir için bir ateşleme bobininden eşzamanlı olarak ateşleme kıvılcımı üretilir. Bu metodun ateşleme zamanını basitleştirme ve sekonder voltaj ihtiyacını azaltma etkisi vardır. Bu sistemde (2 silindir için 1 bobin) bir ateşleme bobini doğrudan 1 bujiye monte edilir ve yüksek gerilim kablosu diğer bujiye bağlanır. Her iki silindirde de kıvılcım eşzamanlı olarak üretilir.

7M-GTE (6 silindir) Toyota motorunda kullanılan sistemde elektronik kıvılcım dağıtma sistemi sekonder akımı doğrudan ateşleme bobinlerinden alarak herhangi bir klasik distribütör kullanmadan bujilere aktarır. Sistem aşağıdaki başlıca bileşenleri içerir:

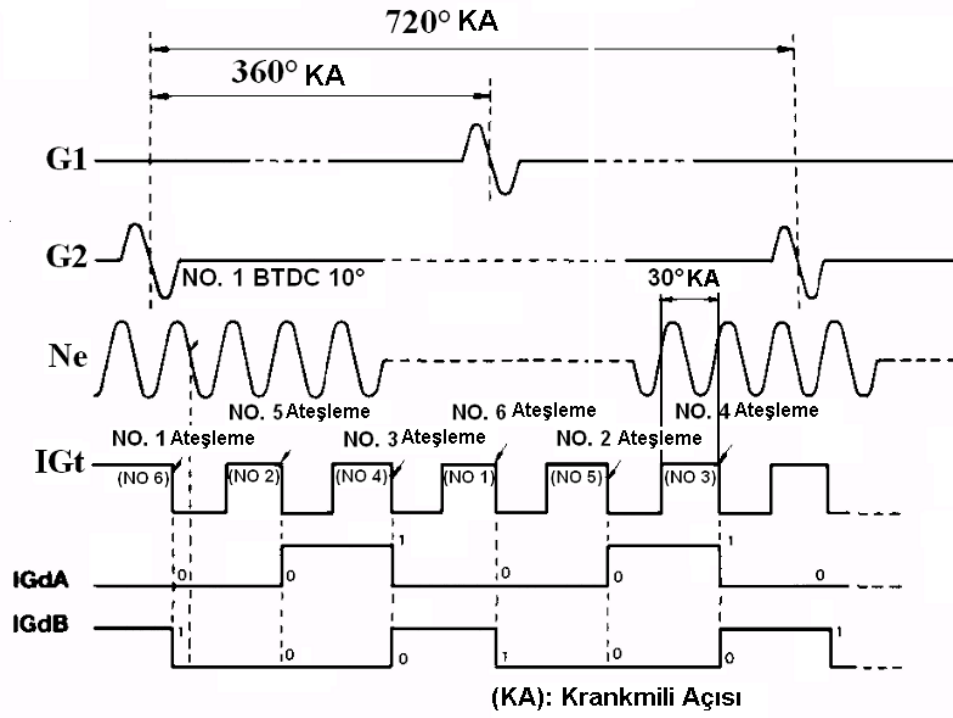
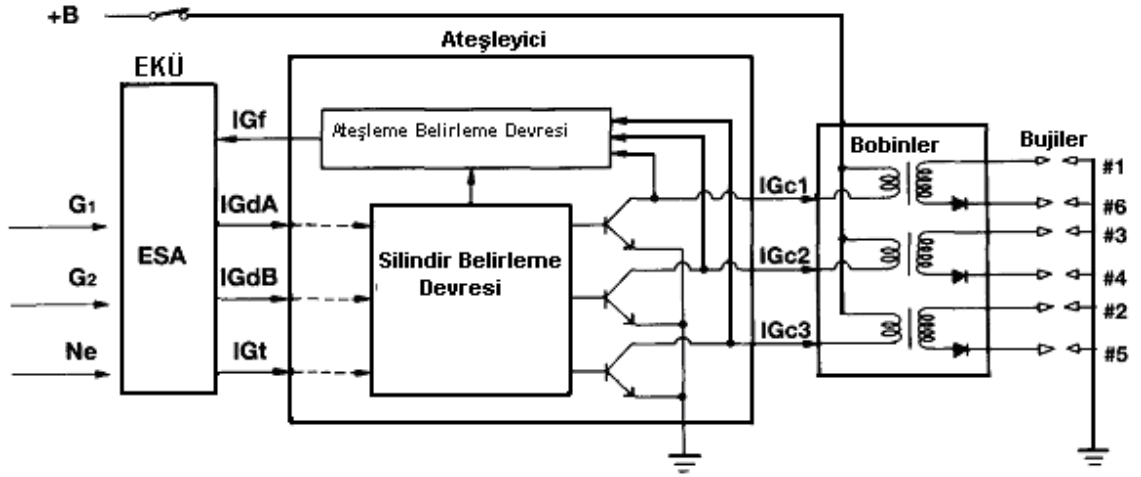
- 1) Kam pozisyon sensörü,
- 2) Ateşleyici,
- 3) Ateşleme bobinleri.



Şekil 4.50. Kam pozisyon sensörü.

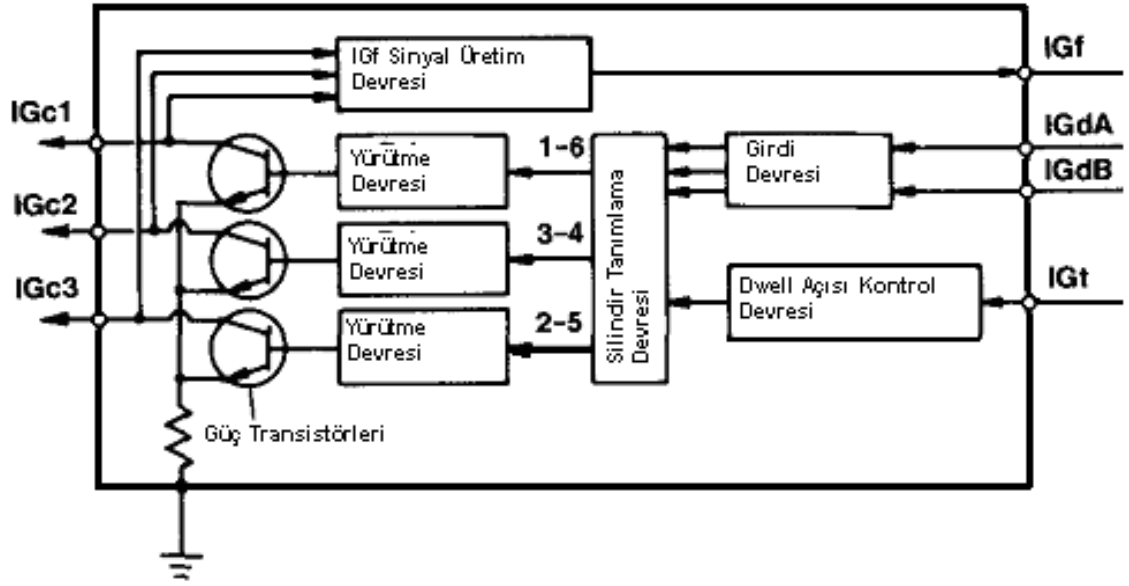
Kam pozisyon sensörü (Şekil 4.50) Ne, G1 ve G2 sensörlerini barındırır. Ne toplayıcı relüktörün 24 dişi vardır, sinyali krank mili hızını temsil eder. G1 ve G2 toplayıcıları, tek dişli relüktörle 1. ve 6. silindirler için ÜÖN sıkıştırma stroğu yakınında sinyaller üretir. Bu sinyaller standart krank mili açısı ve silindir tanımlamasını temsil eder.

Motor çalıştırıldığında alternatif akım sinyalleri, 24 dişli Ne ve iki G sensörü (G1 ve G2) tarafından üretilir. (Şekil 4.51). G sensörleri fazın 360° dışındadır. G sensörleri sıkıştırma strokundaki ÜÖN ye yaklaşan 1. ve 6. pistonları temsil eder. Bu sinyaller EKÜ tarafından alınır ve burada elektronik kıvılcım avansı (EKA) mikro işlemcisi tarafından işlenir. EKA mikro işlemcisi iki işlev sunar: IGt ve silindir tanımlama sinyalleri, IGdA ve IGdB yi, üretir. Bu sinyaller ateşleyicinin motoru döndürürken doğru bobini tetiklemesini sağlar. Bu sinyaller, IGdA ve IGdB sinyallerinin kombinasyonu üzerine temellendirilmiş uygun primer sinyal dağıtımını, elektronik olarak belirleyen ateşleyiciye gönderilir. Ateşleyici IGt sinyalini uygun bobin sürücü devresine dağıtır ve dwell periyodunu bobin primer akımına bağlı olarak belirler. Ateşleme avans açısı için yapılan EKA hesaplamaları distribütörlü ateşleme sistemleri ile aynı şekilde yapılır.



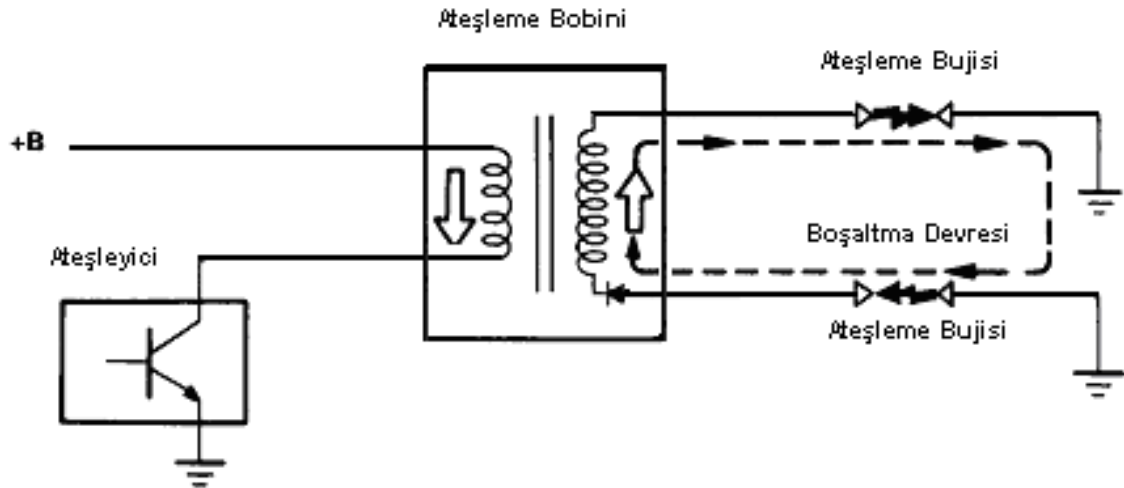
Dağıtım Sinyali		Silindir
IGdA	IGdB	
0	1	No. 1, No. 6
1	0	No. 3, No. 4
0	0	No. 2, No. 5

Şekil 4.51 Distribütörsüz Ateşleme Sistem Operasyonunun Şematik Diyagramı.



Şekil 4.52. Ateşleyici.

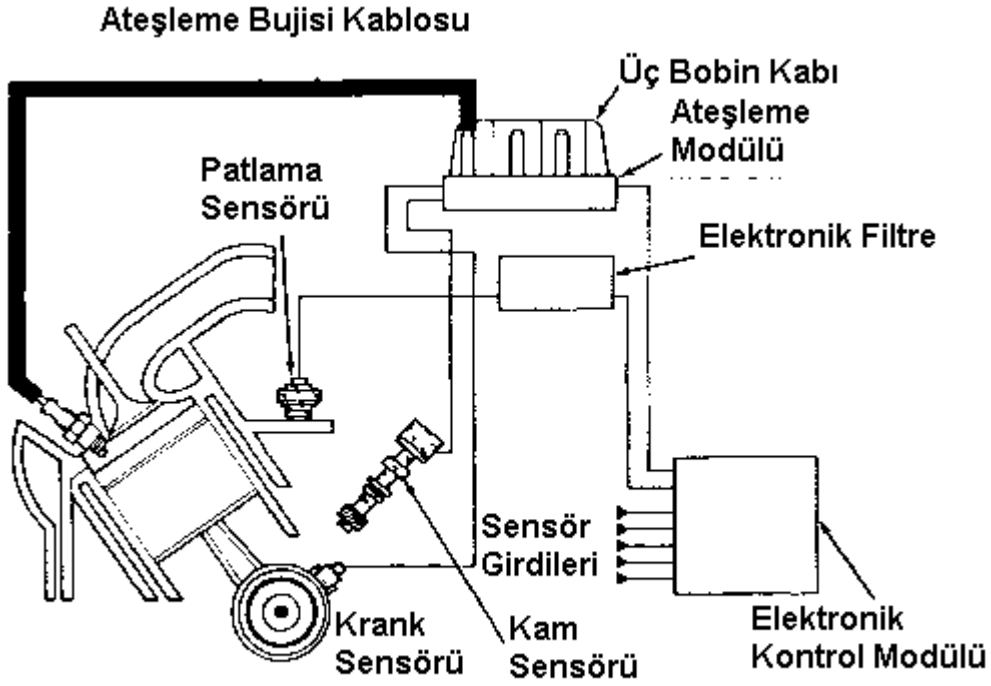
Ateşleyici (Şekil 4.52) distribütör tipi ateşleme sistemlerindeki gibi fakat 3 farklı primer devreyle beraber çalışır. Ateşleyici 3 primer devrenin zamanlamasını EKÜ'dan gelen IGdA ve IGdB girdi sinyallerinin kombinasyonlarıyla belirler. IGt sinyali, ateşleyici tarafından ateşleme olayını doğru bobinde tetikleyebilmek için uygun güç transistörüne gönderilir. Ateşleyici ayrıca her bir gerçekleşen ateşleme olayından sonra EKÜ'ye standart IGf doğrulama sinyalini yollar.



Şekil 4.53 Ateşleme Bobini.

Her **ateşleme bobini** eş silindirin bujileri arasında seri şekilde bağlıdır. Her motor çevrimi için (720° krank mili rotasyonu) ateşleme, her buji eş zamanlı ateşlenmek kaydı ile, her bobinde 2 kere gerçekleştirilir. Bujilerden bir tanesi sıkıştırma stroku üzerindeki ÜÖN den önce ateşlenirken diğer bobin aynı pozisyonda egzoz stroku üzerindeki ÜÖN de ateşlenir. Bu tip sekonder dağıtım, boşa kıvılcım olarak adlandırılır.

4.2.3.2.3. General Motors (Çoklu Bobin) Distribütörsüz Ateşleme Sistemi

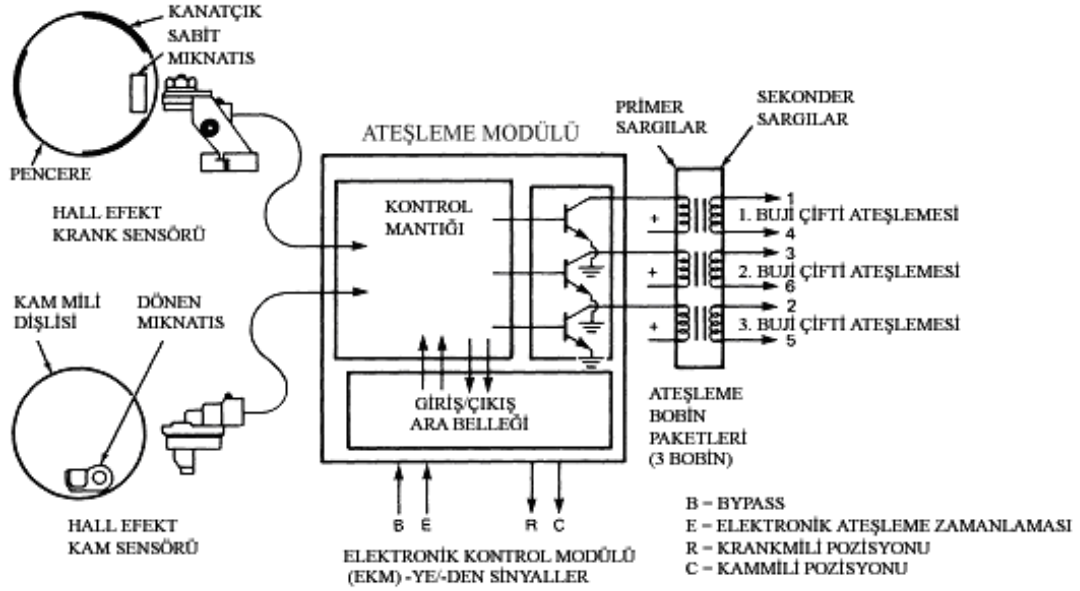


Şekil 4.54. Ayrı bir ateşleme distribütörü olmayan distribütörsüz ateşleme sistemi.

Çoğu motor distribütörsüz bir ateşleme sistemine sahiptir. Bu, elektronik ateşleme avansı olan fakat distribütör olmayan bir elektronik ateşleme sistemidir. Sensörler krank milinin ateşleme modülüne göre pozisyonunu bildirirler. Daha sonra elektronik kontrol modülüyle birlikte çalışarak bujilere yüksek voltajın zamanlaması, dağıtılması ve tetiklenmesini sağlar. Distribütörün olmaması daha az hareket eden parçanın var olmasını sağlar. Ayrıca distribütör kapağı ve rotor tarafından oluşturulan yüksek voltaj anahtarlamasını da sistemden kaldırır. Bu durum daha az bakım yapılmasını sağlar ve ateşleme zamanlaması için gerekli olan mekanik ayarlamaların gerekliliğini elimine eder. Ayrıca bu sistemle daha az radyo paraziti ve arttırılmış ateşleme zamanlama kesinliği sağlar.

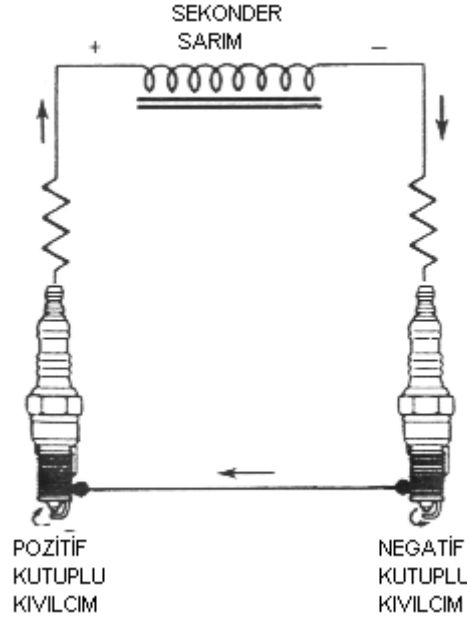
Şekil 4.54 krank mili sensörü ve kam mili sensörleri konumlarıyla birlikte distribütörsüz ateşleme sistemini göstermektedir. Kam sensörü eskiden ateşleme distribütörünün olduğu boşluğa monte edilmiş durumdadır. Kam sensörü, kam milindeki spiral dişlilerle aynı şekilde çalıştırılır. EKÜ bu sensörden ve diğerlerinden sinyal alır. EKÜ daha sonra bu bilgiyi ateşleme sistemi, yakıt sistemi ve emisyon kontrollerini yönetmek için kullanılır. **Krank mili-pozisyon sensörü** yada basit olarak krank sensörü krank mili hızını ve pistonun ateşleme modülüne göre pozisyonunu bildirir. Bu sensör birinci silindirin içindeki pistonun sıkıştırma stroku üzerindeki ÜÖN ye ne zaman yaklaştığını bilmesi gerekir. Bu an, ateşleme sisteminin bu silindir içindeki bujiye bir kıvılcım yollaması gereken andır. **Kam mili pozisyon sensörü** ayrıca kam sensörü ve silindir tanımlama sensörü olarak da adlandırılır. Bu sensör ayrıca birinci pistonun pozisyonunu belirten voltaj sinyalleri

sağlar. Sensör genel olarak bir Hall anahtarıdır. Ateşleme modülü kam sensörü sinyalini her bir ateşleme çevriminin başlangıcı olarak alır. Bu, bir tam motor operasyonu çevrimi boyunca bütün bujilerin ateşlenmesidir. Şu da unutulmamalıdır ki bazı distribütörsüz ateşleme sistemleri kam sensörü kullanmaz; krank sensörü gerekli bilgiyi sağlar.



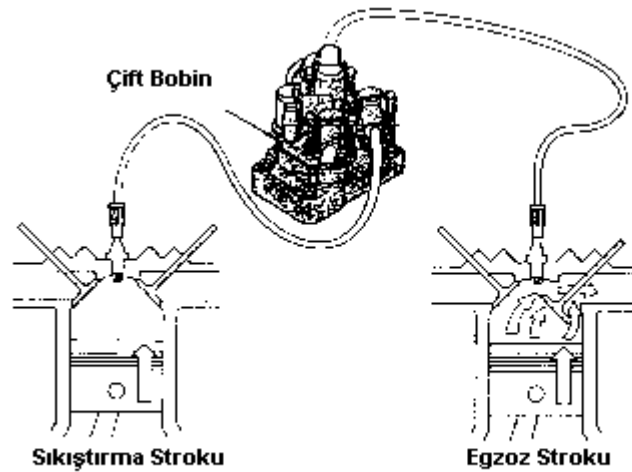
Şekil 4.55 V-6 motoru için distribütörsüz ateşleme sisteminin şematik şekli. Üç ateşleme bobininin altı bujiyi nasıl ateşlediği görülmektedir (General Motors Şirketi).

Şekil 4.55 distribütörsüz ateşleme sistemli bir V-6 motorunu göstermektedir. Sistem, ateşleme modülü, üç ateşleme bobini içeren bir bobin paketi, bir krankmili sensörü, bir kam mili sensörü içermektedir. Her ateşleme bobini aynı anda iki bujiyi ateşlemektedir. Bobinin sekonder sarımının iki ucu da 1 ve 4 nolu silindirlerdeki bujiye bağlıdır. 1 numaralı silindir sıkıştırma stroğunun sonunda ateşlendiğinde, kıvılcım yakıt-hava karışımını ateşler ve güç çıkışı başlar. 4 nolu silindirdeki kıvılcım ise boşa harcanmıştır. Egzoz gazı içinde meydana gelir ve hiçbir işe yaramaz. Sonrasında 3 ve 6 nolu silindirler ateşlenir ve bunu 2 ve 5 nolu silindirler takip eder. Bu sıra motor çalışıkça devam eder.



Şekil 4.56 Boşa giden kıvılcım metodu ile kıvılcım dağıtımı. Ateşleme bobini ikincil sarımının nasıl iki bujiyi bir kerede ateşleyebildiği gösterilmiştir.

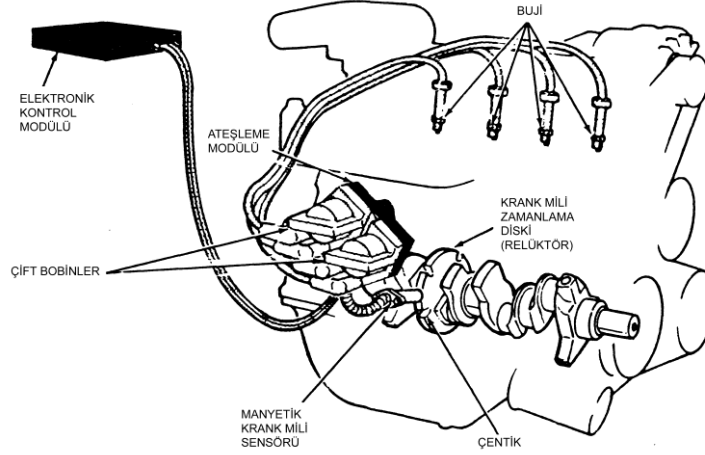
Hall sensörü, kam mili dişlisi üzerine monte edilmiş küçük bir mıknatısın yer değiştirmesiyle açılır ve kapanır. Ateşleme bobini sekonder sarımı, iki bujiyi aynı anda ateşler (Şekil 3.11). Ateşleme sırasını belirler ve ateşlenecek bobini seçer. Daha sonra, EKM, ateşleme modülüne devreyi ne zaman açacağını sinyalle bildirir. Sekonder sarımda ortaya çıkan yüksek voltaj, kıvılcımların her iki buji boşluğunu aşmasını sağlar.



Şekil 4.57 Piston eşi olan silindirler içindeki iki bujiyi ateşleyen bir bobin. Pistonlar 4 stroklu çevrimin değişik stroklarında olmak üzere yukarı ve aşağı beraber hareket ederler. Bir kıvılcım boşa harcanır (Ford Motor şirketi).

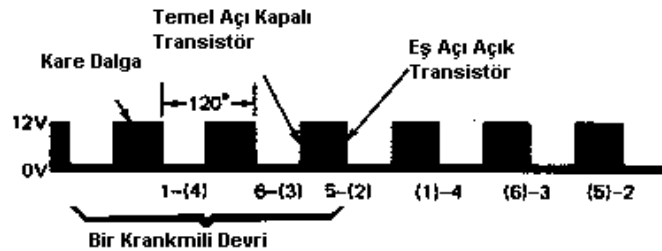
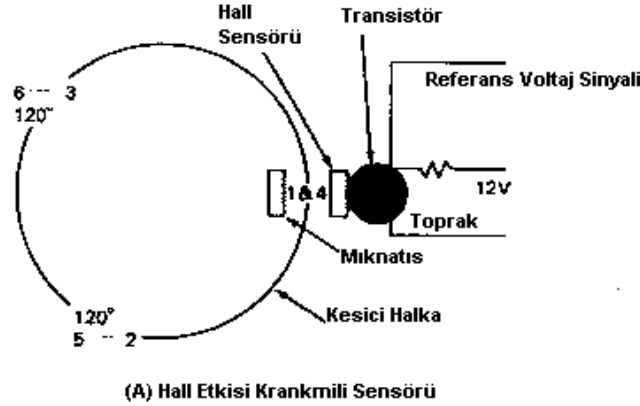
Bir bobinin iki bujiyi aynı anda ateşlemesi kıvılcım dağıtımı boşa harcanan kıvılcım metodu adını alır. Sistem eş pistonları ateşler ve bu pistonlar yukarı aşağı

birlikte hareket ederler. Pistonlardan biri sıkıştırma strokunu bitirdiğinde diğeri de egzoz strokunu bitirmektedir. Egzoz strokundaki silindirin içindeki bujinin ateşlenmesi için çok küçük bir enerji gerekir. Egzoz gazının çoğu dışarı çıkmıştır ve silindirin içindeki basınç azdır. Kıvılcım buji boşluğundan kolayca atlar. Bu durum enerjinin büyük bölümünü kullanılabilir halde bırakır ve bu enerji de sıkıştırma strokundaki silindirin içindeki bujinin ateşlenmesini sağlar.



Şekil 4.58 Manyetik krankmili sensörü. Dönen krankmili zamanlama diskisi üzerindeki çentikler krankmili hızı ve pozisyonunu bildiren voltaj sinyalleri üretirler. (General Motors Şirketi).

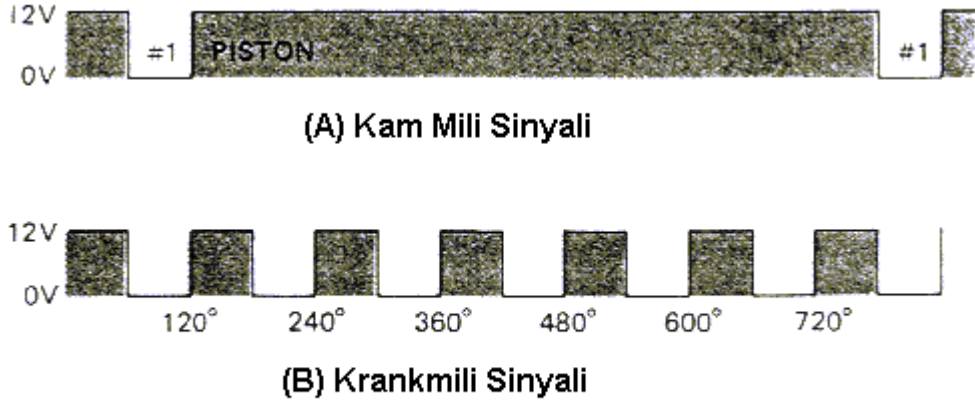
Genel olarak, krank sensör sinyali zamanlama diskinde veya krank miliyle beraber hareket eden sinyal halkasında başlar. Bir diş veya disk üzerindeki çentik sensör ile hizaya geldiğinde bir voltaj sinyali üretir. Bu sinyal ateşleme modülüne krank mili hızı ve pozisyonunu bildirir. Krank mili sensörü bir Hall etkisi anahtarıdır.



Şekil 4.59. Referans voltaj sinyalini değiştiren transistörü açıp kapatan Hall etkisi anahtarının çalışması (General Motor Şirketi).

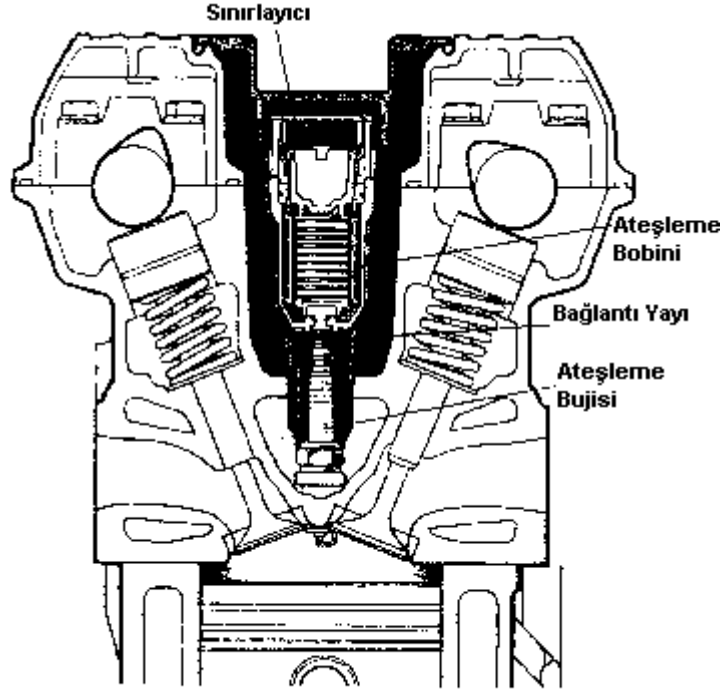
Krank sensörü, ateşleme modülü tarafından sağlanan voltajı açıp kapatmak için Hall etkisi anahtarını kullanır. Referans voltajındaki değişimler bir eşit sinyaller serisi sağlar. Krank mili titreşim yutucusu arkasındaki kesici halka sinyaller yaratır. Eşit aralıklarla halkanın üzerine yerleştirilmiş kanatçıklar ve pencereler daimi bir mıknatıs ve Hall etkisi sensörü arasındaki hava boşluğunda hareket ederler. Bu, Hall voltajını açar ve kapatır. Şekil 4.59 Hall etkisi anahtarının bir transistörü nasıl açıp kapattığını göstermektedir. Bir pencere mıknatıs ve Hall etkisi sensörü arasındaki boşluktan geçtiğinde manyetik alan sensöre ulaşır. Bu daha sonra transistörü açan voltajı üretir. Bu durum ateşleme modülüne gönderilen referans voltajında bir düşüşe neden olur. Bir sonraki kanatçık hava boşluğuna girdiğinde, kanatçık manyetik alanın Hall sensörüne ulaşmasını engeller. Manyetizma olmayınca Hall voltajı kesilir. Bu transistörü kapatır ve ateşleme modülüne yollanan yüksek referans voltaj sinyalini eski haline getirir.

İki krank mili devri boyunca (720°) krank sensörü motorun sahip olduğu silindirlerle aynı sayıda sinyal üretir (şekil 4.60) Kam sensörü sadece bir sinyal sağlar. Sensör ateşlenecek bobini belirler ve uygun bobin ateşleme sırasını tekrar oluşturur.



Şekil 4.60 Kam mili sensörü , krank mili sensörü sinyaliyle ilişkilidir. İki krank mili devri boyunca krank mili sensörü (B) motorun sahip olduğu silindirlerle aynı sayıda sinyal üretir. Kam mili sensörü (A) sadece bir sinyal üretir. (General Motors).

4.2.3.2.3. Distribütörsüz Doğrudan Kapasitör-Deşarj Ateşleme Sistemi

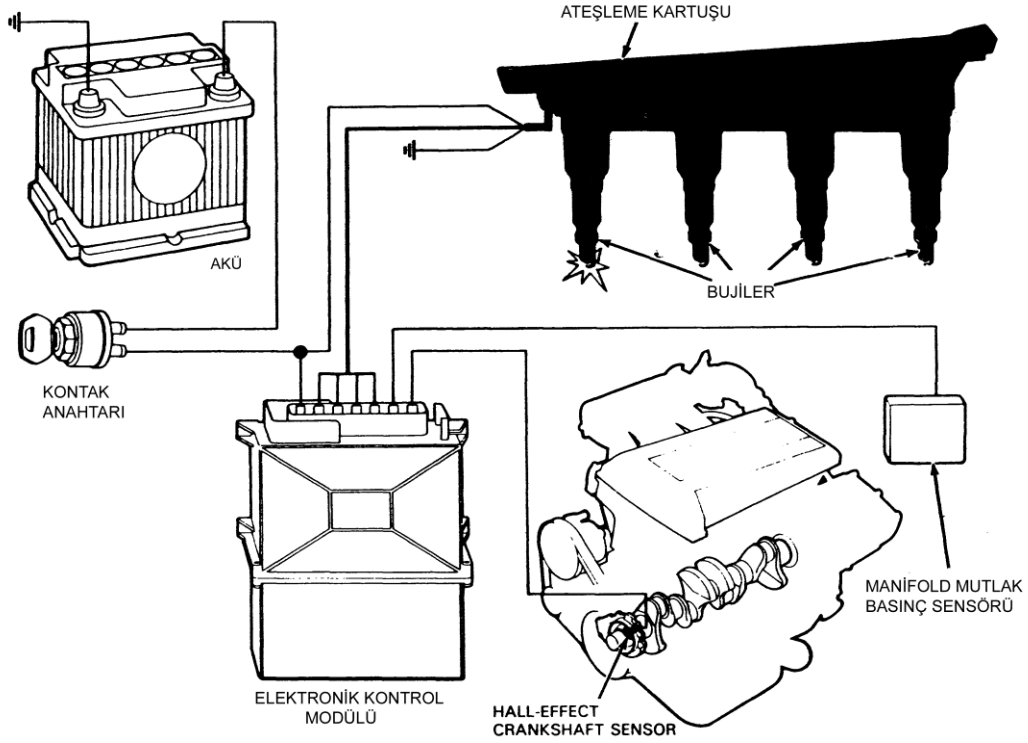


Şekil 4.61 Kapasitör boşaltma ateşleme sistemi. Her bir buji kendi ateşleme bobinini ve buji üzerine monte edilmiş ateşleme kartuşlarına oturan bir kapasitöre sahiptir (SAAB arabaları ABD).

Yukarıda tarif edilen bütün ateşleme sistemleri indüktif ateşleme sistemleridir. Primer enerji bir bobin veya indüktörde depo ederler. Bir kapasitör boşaltma (KB) ateşleme sistemi primer enerjiyi bir kapasitör veya kondenserde depo eder. Bu elektrik aleti küçük bir elektrik şarjını geçici olarak tutabilir.

Bir KB ateşleme sisteminde kıvılcım, bir anahtar veya transistör primer devreyi kapattığında oluşur. Daha sonra, yüklü bir kapasitör yükünü ateşleme bobini yoluyla boşaltır. Bu bujideki kıvılcımı yaratan yüksek voltaj dalgasını üretir. Şekil 3.14 SAAB arabalarındaki kapasitör boşaltma ateşleme sistemini gösterir. Her bir buji kendi ateşleme bobini ve kapasitörüne sahiptir.

Parçalar bujilerin üzerinde monte edilmiş ateşleme kartuşlarına oturur. Sistem 40000 volt'a kadar sekonder voltajı bujilere dağıtır. Voltaj artışı iki adımda gerçekleştirilir. İlk adım batarya voltajını 400 volt'a yükseltir. Daha sonra ikinci adım voltajı 40000 volt'a yükseltir. Batarya voltajı primer bobin sarımı boyunca küçük bir akıma neden olur. Birincil devre açıldığında manyetik alan yok olur. 400 volt'a kadar olan bir voltaj primer devrede oluşur ve kapasitörü yükler. Elektronik kontrol modülü(EKM) Hall etkisi krank milinden gelen sinyallere bağlı ateşleme zamanlamasını kontrol eder. Manifold mutlak basıncı sensörü EKM ye motor yükü hakkında bilgi sağlar. Bir patlama veya vuruş sensörü patlama olduğunda sinyal verir. Bu daha az bir ateşleme avansı için gerekliliği belirtir.



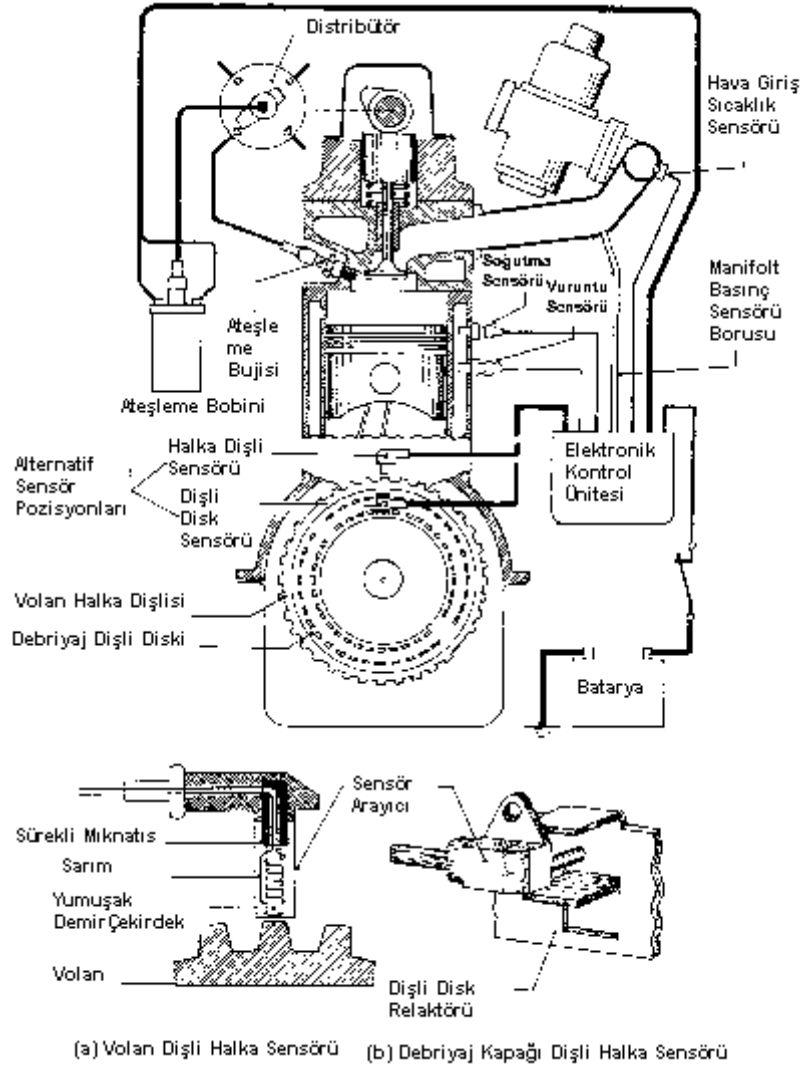
Şekil 4.62 Ateşleme kartuşlarını gösteren kapasitör desarjlı ateşleme planı. Anahtar veya transistör primer devreyi kapadığında ateşleme meydana gelir. Bu, kapasitörün ateşleme bobinine boşalması sonucu yüksek voltaj kıvılcımlarının oluşmasını sağlar. (Saab Cars USA, Inc.).

EKM, doğru bobini doğru zamanda ateşlenmesi için tetikler. Ateşleme bobinlerinin bireysel kontrolü EKM'nin silindirden silindire ateşleme zamanını değiştirmesini sağlar. Bu aynı krank mili devri sırasında yapılabilir.

Kontakt anahtarını açar açmaz her bir buji sırayla 50 defa ateşlenir. Bu bujilerin elektrotlarını çalışmaya başlamaya yardımcı olmak için temizler ve kurular. Eğer motor çalışmayı başaramazsa bujilerin hepsi beraber 1000 kere ateşlenir. Bu, sürücü kontağı kapatınca ve tekrar çalıştırmayı deneyince meydana gelir. Motor 600 d/dak veya daha üstü çalıştığında ateşleme sistemi buji başına sadece bir kıvılcım üretir.

4.6. Elektronik Ateşleme Avansı

Eğer motor hızı ve krank açısı pozisyonlarının ikise de doğru olarak tahmin edilebilirse ateşleme ayarı sürekli olarak motorun değişen çalışma koşullarına bağlı olarak değiştirilebilir. Bu durumda distribütör tetikleyici tekerini kontrol etmek için daha kesin bir metod gereklidir. Ateşlemeyi tetiklemek için alternatif bir yol olarak volan başlangıç halka dişi kullanarak veya dişli bir disk kavrama basınç plakasına ekleyerek tetikleme kullanılır.



Şekil 4.63. Elektronik kontrollü ateşleme avansı.

Bir düzenleme şekli olarak şekil 4.63 10^0 'lik aralıklarla yerleştirilmiş 34 dişli volan triger diski kullanır.

Krank mili döndüğünde, triger disk dişlisi sensör probundan geçer ve elektronik kontrol ünitesine gönderilen seri sinyaller oluşturur. Kontrol ünitesi eksik sinyalleri her 180^0 'de toplar ve böylece ÜÖN pozisyonu doğru şekilde ayarlanır. Krank milinin her 10^0 'lik dönüşü kontrol ünitesinin açısal motor pozisyonunu ve hızını doğru şekilde belirlemesini sağlayan bir sinyal tarafından temsil edilir.

Ateşleme avans açısını kontrol etmek için değişken motor yükleri ve hızlarının ateşleme zamanlamasını ihtiva eden bir program planı EKÜ'nün hafızasında depo edilir. Bu ateşleme avans açısı düşük yakıt tüketimi ve egzoz emisyonu için optimize edilmiştir.

Motor yükü endüksiyon manifold basıncındaki değişimlerle ölçülür. Bu, kontrol ünitesindeki basınç transdüzerinin manifolda bir boru ile bağlanmasıyla sağlanır. Hava giriş sıcaklığı, soğutucu sıcaklığı ve silindir basınç dalgaları (sadece turbo motorlarda) gibi bilgiler diğer sensör üniteleri tarafından sağlanır.

Değişken bireysel girdiler toplanır ve kontrol ünitesinin hafızasında saklı olan ateşleme özellikleri ile karşılaştırılır ve böylece belirli bir ateşleme avansı veya gerilemesi optimum motor performansı için seçilir.

Sonuç olarak; elektronik kontrol ünitesi ateşlemeyi belirli bir krank açısı pozisyonu için ayarlar ve ateşleme bobini primer devresini tetikler. Böylece sekonder devreye ve normal zamanlama sırasındaki bujiye yüksek gerilim voltajı uygulanır.

ATEŞLEME SİSTEMLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI:

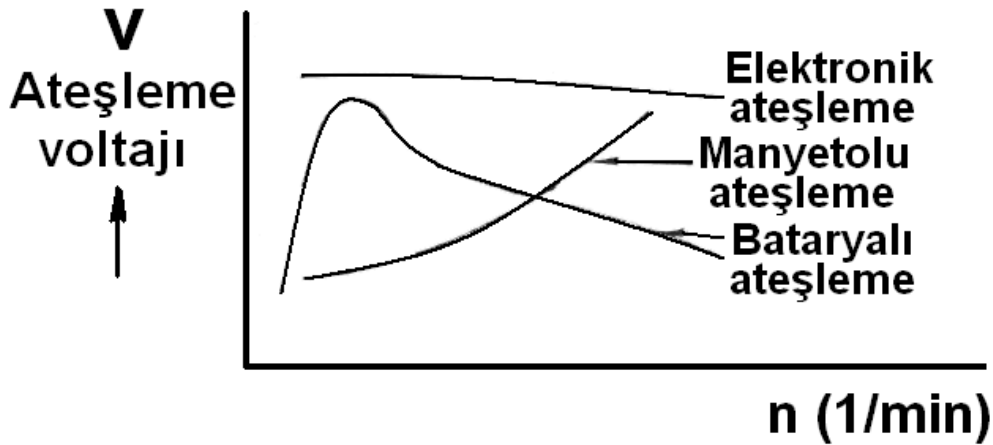
Bataryalı ateşleme sisteminde, çok düşük motor devirlerinde (İlk hareket esnasında) manyetik alan değişim hızı düşük olduğundan, primer akımın yüksek olmasına rağmen kesicinin (Platinin) kapalı kalma süresi arttığından dolayı sekonder devre gerilimi düşüktür.

Düşük devirlerde, sekonder devre gerilimi yüksektir. Motor devri arttıkça, kesici kontaklarının kapalı kalma süresi kısılacığından, primer devre akımı, devir sayısı artış oranına bağlı olarak azalır. Primer devre akım şiddetinin azalması ise, manyetik alan şiddetinin ve bunun sonucu olarak sekonder voltajın azalmasına neden olur.

Manyetolu ateşleme sisteminde, daha önce de açıklandığı gibi, sekonder devre voltajı manyetik alan değişimi $\frac{d\Phi}{dt}$ 'nin fonksiyonudur. Manyetik alan değişimi motor devri arttıkça artacağından manyetolu ateşleme sisteminde sekonder voltajı devir sayısı arttıkça artar.

Bu nedenle, yüksek devirli uçak ve yarış otomobillerinin motorlarında, ucuzluğu nedeni ile aydınlatma sistemi gerektirmeyen küçük stasyonere ve motosiklet motorlarında manyetolu ateşleme sistemi kullanılır.

Elektronik ateşleme sisteminde, sekonder devre voltajı devir sayısına bağlı olmaksızın sabit kalır



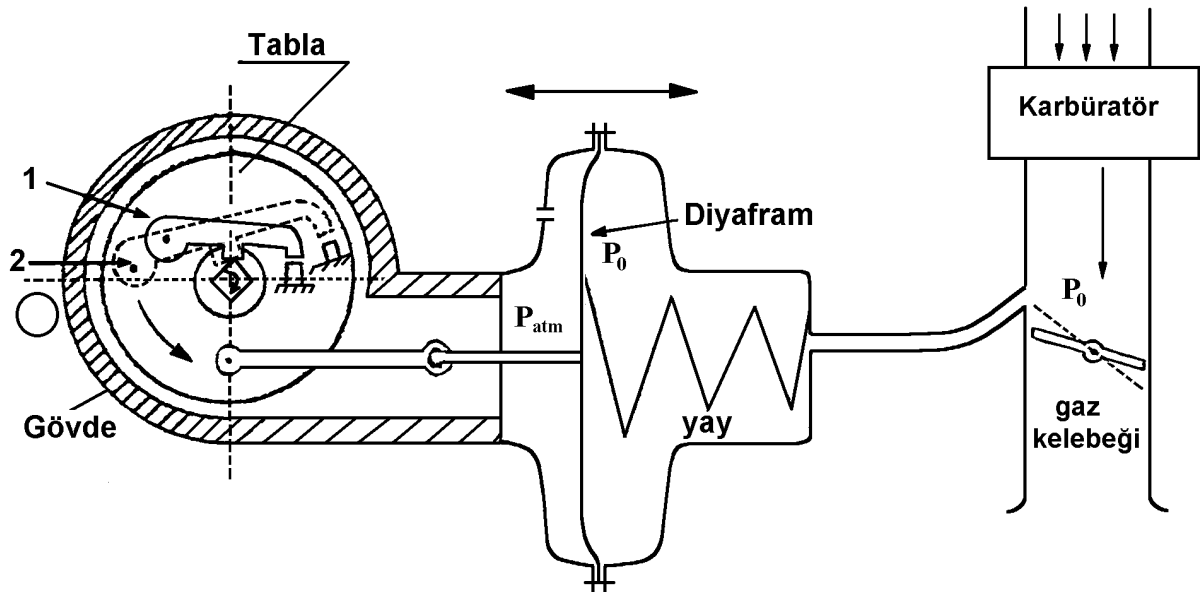
VAKUMLA KUMANDALI AVANS AYAR DÜZENİ:

Vakum avansı yüke bağlı olarak ateşleme avansı değişimini sağlar. Daha önce belirtildiği gibi motor yükünün artırılması halinde, aynı dönme sayısında çalışmayı koruyabilmek için silindire daha fazla dolgu sevketmek gerekir. Daha fazla dolgu nedeniyle her çevrimde açığa çıkan daha fazla enerji çeper sıcaklıklarının artmasına sebep olur. Artan çeper sıcaklıkları dolgunun bujideki arkın dışında, kontrolsüz olarak yanmaya başlama eğilimini artırır. Kontrolsüz yanma buji çalışmadan önce veya sonra başlayabilir. Her iki halde de, motorun vuruntulu çalışması söz konusudur. Bu nedenle belirli bir devir sayısında çalışmada, yük arttıkça AA'nın azaltılarak vuruğu eğiliminin giderilmesi gereklidir. Vakum avans düzeni, gaz kelebeğinin bulunduğu uygun bir bölgedeki vakum değişiminden etkilenecek çalışır.

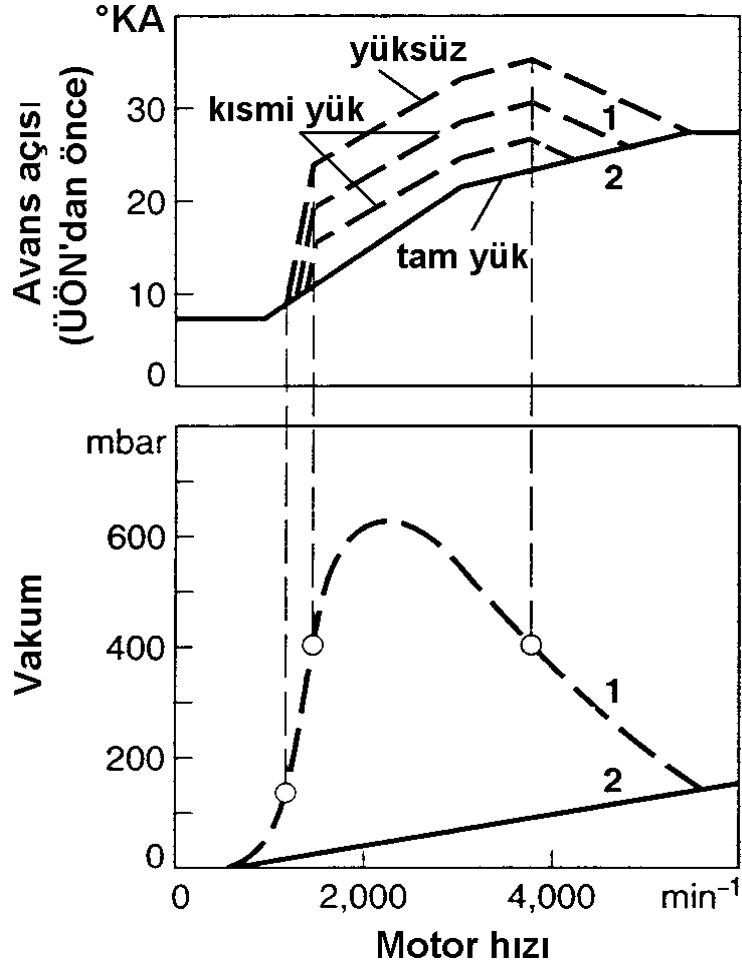
Vakum kanalı karbüratörde gaz kelebeğinin hemen üstünde hava giriş tarafına bağlanır. Düşük devir sayılarında (ralantide), kısıcıcı, etki yüksek mertebede olduğundan dolayı gaz kelebeğinin üzerindeki basınç yüksektir. Dolayısı ile diyaframın (A) yönüne doğru çekilip sisteme bir avans verilmesi engellenir.

Motor devrini yükseltirsek, gaz kelebeği tam vakum kanalının hizasına geldiğinde, yani karışım geçiş kesitinin minimum olduğu anda, bu dar kesitten geçen karışımın hızı çok yüksek olduğundan basınç düşüşü fazlalaşacaktır. Bu anda kanaldaki vakum maximumdur. Dolayısı ile diyafram $P_{atm} - P_{0\ atm}$ basınç farkı ile (A) yönüne doğru itilecek ve diyaframa bağlı kol tablayı çekerek ateşleme avansını arttıracaktır (Şekil 68).

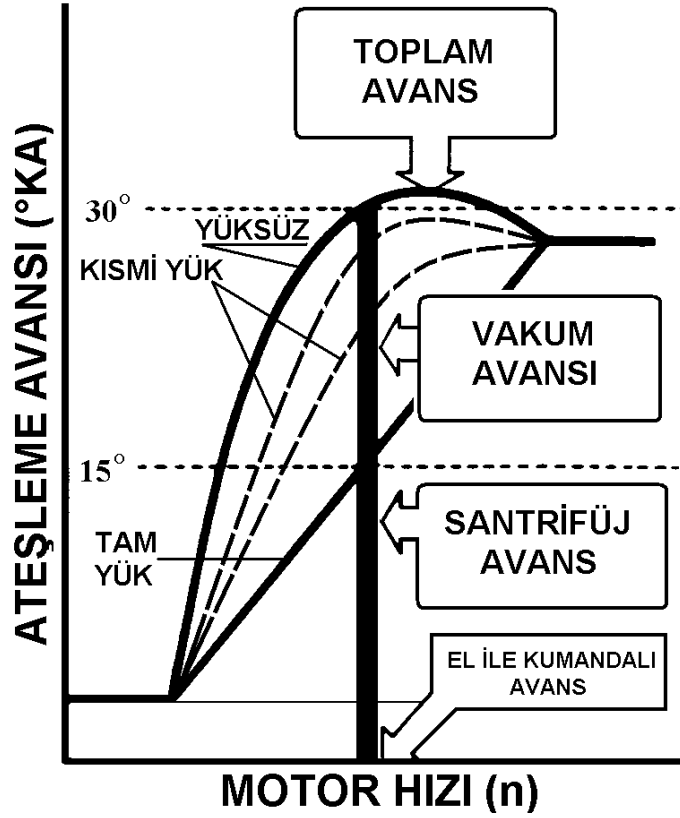
Bu konumdan sonra, motora daha fazla gaz verildiğinde vakum kanalı hizasındaki karışım geçiş kesiti artacağından kısılma ortadan kalkar, dolayısı ile vakum azalır. Yani, vakum değişimi Şekil 69'da görüldüğü gibi seyrederek.



Şekil 68. Vakum kumandalı avans ayar düzeni prensibi.



Şekil 69. Vakum avans düzeninde hıza bağlı vakum değişimi
(1 kısmi yük, 2 tam yük)



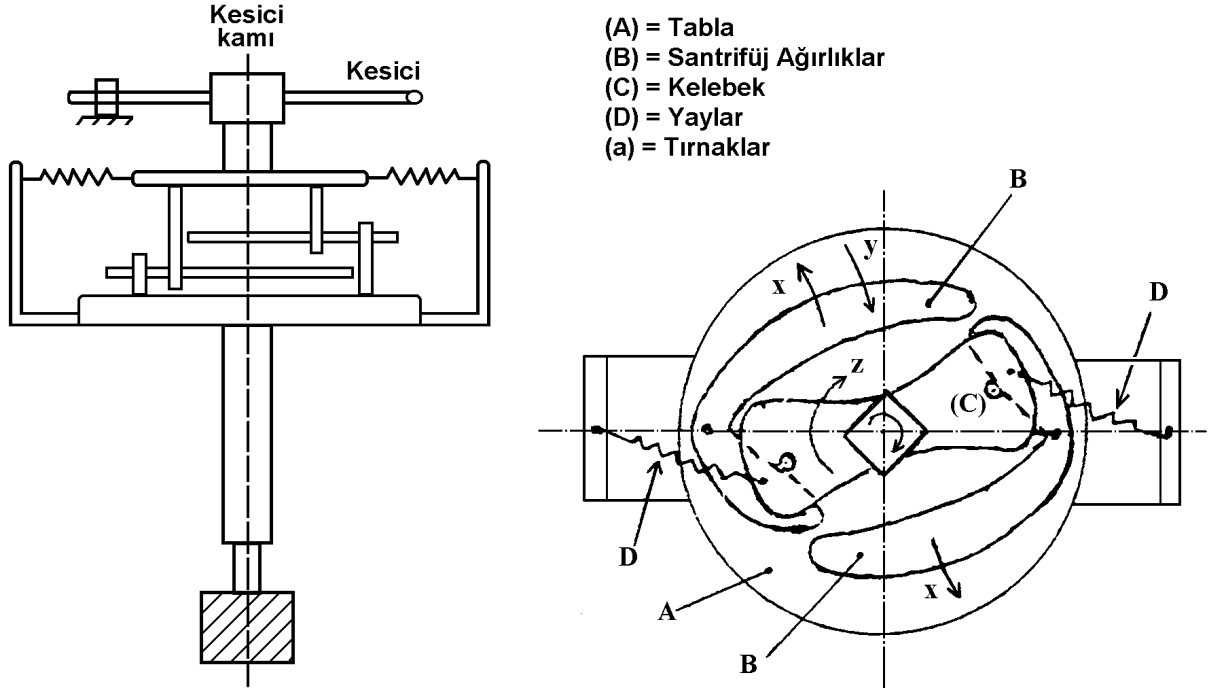
Şekil 70. Motor hızına ve yüke bağlı toplam avans değişimi.

Belirli bir devir sayısında, yük artırıldığı zaman aynı devir sayısında çalışmayı koruyabilmek için gaz kelebeğinin bir miktar daha açılması gerekir. Yükün artışına bağlı olarak daha fazla açılan kelebek vakum kanalının bulunduğu bölgedeki vakumun azalmasına sebep olur. Buda, vakum avans ayar düzeninin, kesiciyi devri azaltacak yönde hareket ettirmesine sebep olur (Şekil 70).

Motorlarda kullanılan avans ayar düzenlerinin etkin olduğu devir sayıları aralıkları motorun kataloğunda verilir.

3. SANTRİFÜJ AĞIRLIKLIL AVANS AYAR DÜZENİ:

Mekanik kumandalı avans ayar düzeni değişken şartlarda çalıştırılan benzin motorlarında, ateşleme avansının motorun çalıştırıldığı devir sayısında uygun değerde otomatik olarak ayarlanabilmesi için kullanılır. Otomotiv motorlarının çalıştırılma şartları değişken olduğundan, mekanik kumandalı avans ayar düzeninin sistemde bulunması zorunludur.



Şekil 71. Santrifüj ağırlıklı avans ayar düzeni.

Motor devir sayısından etkilenecek ateşleme avansının değiştirilmesi amacı ile distribütör mili iki parçalı olarak yapılmıştır. Kam milinden hareketini alan milin (A) parçası ve üzerinde kesici kamı olan (C) parçası, birbirlerine (D) yayları vasıtası ile bağlanmışlardır. Motor çalıştığı sürece aynı devir sayısı ile dönen (A) ve (C) parçalarından (C) parçasının, (A) parçasına göre dönebilme hareket serbestisi vardır (Şekil 77).

Düşük motor devirlerinde, (B) ağırlıklarına etki eden merkezkaç kuvvet az olduğundan, (D) yayları vasıtası ile (C) parçası, (B) ağırlıklarını "y" doğrultusunda kapanmaya zorlar. Devir sayısının artması ile, ağırlıklara etki eden merkezkaç kuvvet ağırlıkların "x" doğrultusunda açılmasına sebep olur. Ağırlıkların açılması esnasında "a" tırnakları vasıtası ile kesici kamının bağlı olduğu (C) parçası, devir sayısının artışı oranında "z" yönüne dönmeye zorlanır. Kesici kamının, distribütör milinin (A) parçasına göre dönmesi, sabit pozisyonda olan kesicinin açma zamanının değişmesi demektir.

71'e ŞEKİL EKLE ??

Şekil 71'den görüldüğü gibi, düşük motor devrinde ateşleme yapıldığı anda, belirli bir piston konumundaki kesici kamının A köşesi, yüksek motor devirlerinde avans düzeni vasıtası ile dönerek A' konumuna gelir.

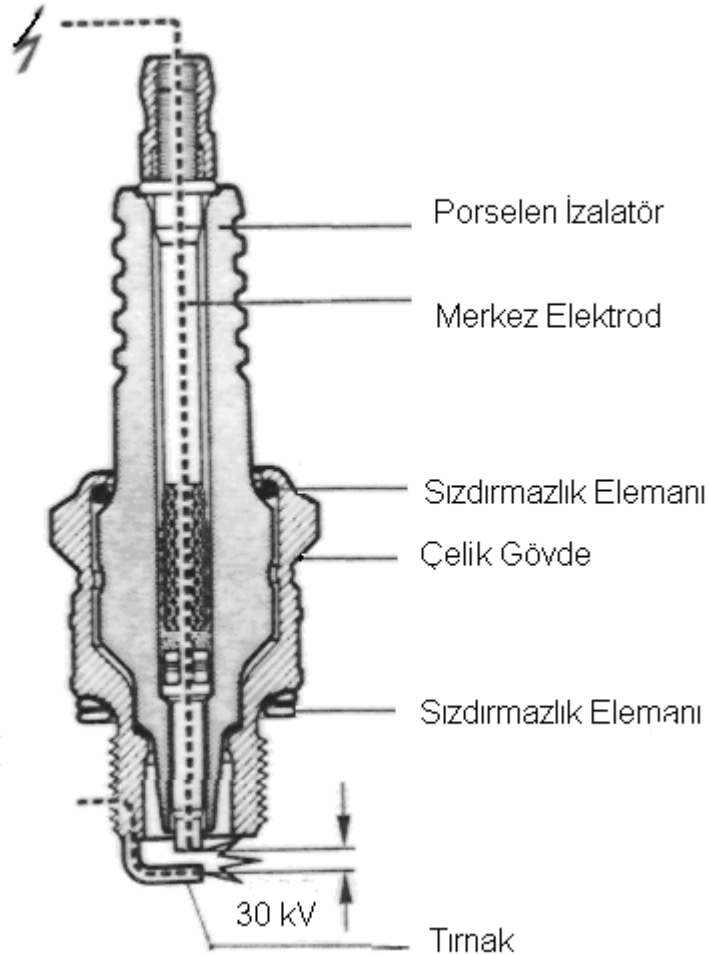
Pistonun konumunun değişmediği ikinci halde (devir yüksek) distribütör milinin dönüş yönüne göre, kam köşesinin A pozisyonuna gelmesi kesicinin daha erken açılması, yani düşük devirde pistonun bulunduğu konumdan daha önce bujile arkın çakma sı demektir. Böylelikle, devir sayısı artışı oranında, kesici kamındaki relatif dönme nedeni ile ateşleme avansı arttırılmış olur.

Düşük devir sayılarında santrifüj ağırlıklı avans düzeni görev yapmaz. Bu mahzur vakum avans düzeni ile telafi edilir. Değişken şartlarda çalıştırılan bir motordaki, santrifüj, vakum ve el ile kumandalı düzenlerle sağlanan ateşleme avanslarının seyirleri Şekil 70'de verilmiştir.

4.5. BUJİLER

Sekonder devreden gelen yüksek gerilim bujinin merkez elektrotuna bağlanır. Arkın meydana geldiği buji tırnağı bujinin çelik muhafazasına bağlı olduğundan, motor gövdesi vasıtası ile elektrik akımının (-) kutbunu teşkil eder. Yaklaşık 20.000 V'luk yüksek bir ateşleme geriliminin bujide mevcudiyeti merkez elektrot ile buji çelik muhafazasının arasında yeterli izolasyon yapılmasını gerektirir. Bu durum merkez elektrotla çelik muhafaza arasında personel izolatör yerleştirilmesi ile sağlanır.

Diğer yandan buji tırnak bölgesi yanma odasına açık olduğundan gerek merkez elektrotla personel izolatör ve gerekse porselen izolatör ile çelik muhafaza arasında sızdırmazlık sağlanmalıdır. Bu durum, buji yapımında porselen ile çelik muhafaza arasına yerleştirilen sızdırmazlık elemanları ile sağlanır (Şekil 4.72)

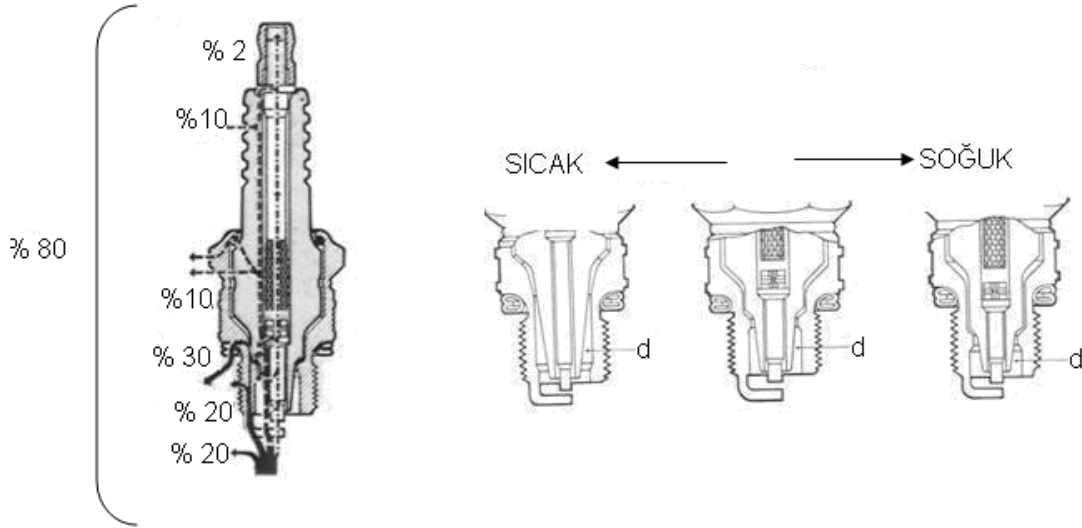


Şekil 4.72 Buji kesit resmi ve esas kısımları

Bujinin, yanma odasında sıcak gazlarla temas eden bölgesinin sıcaklığı, silindirdeki dolgunun düzgün ateşlenmesine etki eder. Eğer yanma odasına giren

porselen kütlesi uzun ise, tırnak bölgesindeki porselenden ısı transferi güçleşir ve porselenin sıcaklığı artar. Diğer taraftan, yanma odasına giren porselen boyunun kısa olması halinde ise transferi kolaylaşacağından tırnak bölgesindeki porselen sıcaklığı düşer (Şekil 4.73: A, B).

Tırnak bölgesindeki porselenin sıcaklığının, dolgunun kendine yanma sıcaklığı olan yaklaşık 900°C 'nin üstüne çıkması, bujideki arkın dışında kontrolsüz yanma (ön ateşlemeye) başlatır.



Şek

il 4.73 Bujilerde ısı iletimi, sıcak ve soğuk bujilerde tırnak bölgeleri.

Buji tırnak bölgesindeki sıcaklığın, karbonun yanma sıcaklığı yaklaşık 500°C 'dan düşük olması halinde, silindir içinde yanmaya katılamayan karbon partikülleri soğuk yüzeyde birikerek tortu tabakası oluşmasına sebep olur. Tırnak bölgesindeki porselen üzerinde 'C' karbon tortusunun birikimini engellemek ve silindirdeki dolgunun, sıcak porselen kütlesi nedeni ile kontrolsüz olarak yanmasını ortadan kaldırmak için tırnak bölgesindeki porselen kütlesinin sıcaklığının 500°C 'dan büyük ve 900°C 'dan küçük olması gereklidir. Motorun çalıştırılma şartlarında da etkilenen bu bölgenin sıcaklığının yaklaşık $600-650^{\circ}\text{C}$ arasında olması sağlanmalıdır.

Belirli şartlar altında çalıştırılmış bir motorun bujisi söküldüğünde tırnak bölgesinde karbon tortusunun birikip birikmediği ve oluşan tortu rengi, o çalıştırma şartına uygun buji tırnak bölgesi sıcaklığı hakkında bilgi verir.

Yukarıda belirtilen nedenlerle, bujiler yanma odasına giren porselen kütlesinin uzunluğuna bağlı olarak sıcak ve soğuk bujiler olarak sınıflandırılırlar.

SOĞUK BUJİ: (Şekil 4.73:A) Yanma odasına giren porselen boyu kısa olduğundan ısı iletimi daha kolaydır. Dolayısıyla tırnak bölgesindeki porselen daha kolay soğur ve sıcaklığı düşüktür. Sürekli yük altında çalıştırılan motorlarda, porselenini ısıtarak ateşleme arızasına neden olmaması için bu tip buji kullanılır.

SICAK BUJİ: (Şekil 4.73:B) Yanma odasına giren porselen kısmı uzun bir ısı geçiş yolu mevcuttur. Bu nedenle porselenin soğuması güçleşeceğinden tırnak bölgesindeki porselenin sıcaklığı artar. Rejim sıcaklığına erişmeden sürekli olarak çalıştırılıp durdurulan motorlarda, soğuk kalan buji tırnak bölgesinde yüzey ateşlemeye neden olabilecek karbon birikimini önlemek için bu tip bujiler kullanılır.

Belirli şartlar altında çalıştırılan bir motorda buji söküldüğü zaman, tırnak bölgesinin görünümü o çalışma şartı için bujinin uygun olup olmadığı hakkında bir fikir verir.

4.6. ATEŞLEME ARIZALARI

Silindirdeki karışımın, bujide yaratılan arkın dışında herhangi bir nedenle istenmeyen anda yanması veya istenildiği anda karışımın yakılamaması ateşleme arızası olarak tanımlanır. Ateşleme sistemindeki elemanların ayar ve bakım noksanlığı neden ile veya beklenmedik anda fonksiyonlarını yerine getirememeleri yukarıdaki tanımın dışında tutulmuştur.

Ateşleme arızalarının üç ana başlık altında toplamak mümkündür.

4.6.1. VURUNTU:

Alev yüzeyi ile temas etmemiş karışımın bir veya birkaç noktada birden yanmaya başlamasıdır. Aşırı ısı ve mekanik zorlamalara neden olur. 'Benzin Motorlarında Vuruntu' konusunda geniş olarak incelenmiştir.

4.6.2. YÜZEY ATEŞLEME:

Yanma odası cidarlarındaki sıcak noktaların karışımının ateşlenmesine sebep olması olarak tanımlanır. Buji çıkmadan önce meydana gelen yüzey ateşleme, 'ön ateşlemeye', buji çıktıktan sonra alev yüzeyi ile yanması da 'vuruntu'ya sebep olur.

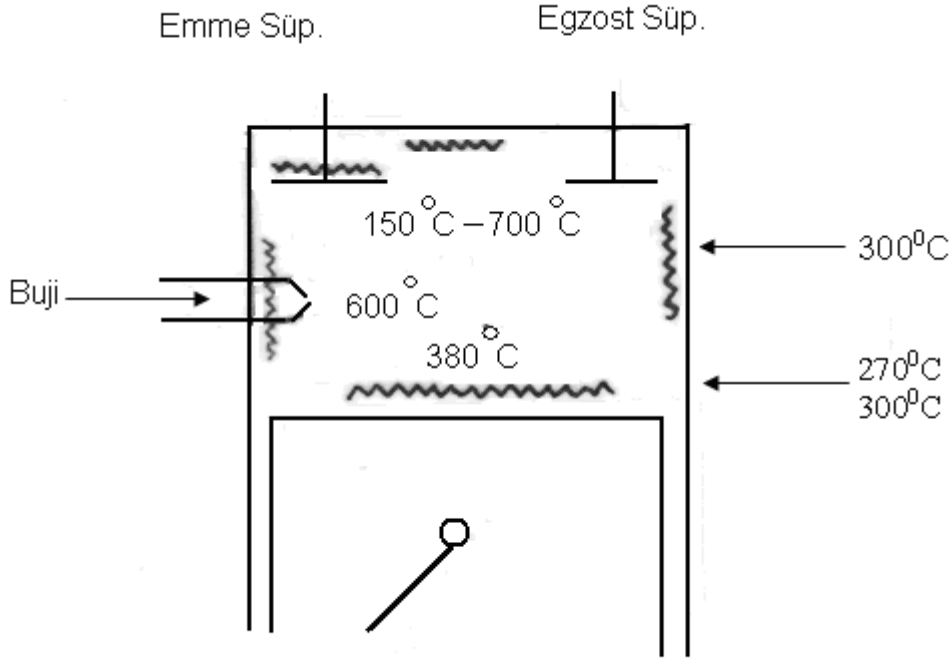
Yüzey ateşleme iki nedenle oluşur.

- 1-Tortular,
- 2-Oktan sayısının yeteri kadar yüksek olmamasıdır.

4.6.2.1. TORTULAR

Yakıtın özelliklerini iyileştirmek veya yeni özellikler kazandırmak amacı ile içine bazı katıklar karıştırılır. Pb, Cl, Br gibi elemanlar içeren katık maddeleri, yanma odası içerisindeki değişik bölgelerde meydana gelen farklı sıcaklıklarda farklı yapıda tortu maddelerinin oluşmasına neden olur.

Zamanla biriken bu tortular, yanma odası cidarlarında sert bir tabaka meydana getirirler. Cidarlarda tortu birikimi yanma odası çeperlerinde ısı iletimini güçleştirir ve tortu tabakasının kalınlaşması oranında, yanma odası çeper sıcaklığı artar (Şekil 4.74).



Şekil 4.74 Yanma odasında ortalama sıcaklık dağılımları

Diğer taraftan, yakıtın ana maddesini oluşturan karbon her türlü şart altında tamamen yanmaya katılmayabilir. Yanma odası içerisinde yeteri kadar oksijen bulunmayan bölgelere tam yanmayan karbon katı partiküllere dönüşür ve birikimine uygun olan sıcaklık bölgelerinde yanma odası cidarlarında yapışarak yukarıda belirtilen elemanların dışında tortu tabakası oluşturur. Karbonun kendi kendine yanma sıcaklığı yaklaşık 400°C mertebesindeyken, yüzeydeki diğer tortu maddeleri ile birleşmesi halinde tortuların kor haline gelme sıcaklığının düşmesine sebep olur.

Örneğin;

$\text{C} + \text{PbO} + 202^{\circ}\text{C}$ 'de yanmaya başlar.

$\text{C} + 2\text{PbO} + 227^{\circ}\text{C}$ 'de yanmaya başlar.

Yanma odası cidarındaki tortu maddeleri yeteri kadar kalınlık teşkil etmiş ise yukarıda belirtilen nedenle, yüzeyde karışımı tutuşturabilecek mertebede sıcak noktaların meydana gelmesi kaçınılmaz olacak ve dolgu istenmeyen bir anda kontrolsüz olarak yanacaktır.

Bu mahzurun giderilebilmesi için, tamamen oluşumun engellenmesi mümkün olmayan tortuların yanma odası cidarlarından belirli sürelerde temizlenmesi gereklidir. (Taşıt motorları için yaklaşık 50.000 km de bir silindir kafası açılarak tortu temizlenmesi yapılmalıdır.)

Tortuların mahzurunun azaltılmasında diğer bir yolda benzinin içerisine fosforlu katık katılmasıdır.

Fosforlu katıklar, tortu maddelerinin ergime sıcaklıklarının yükselmesine sebep olduğundan, ergime sıcaklığına erişemeyen tortuların yüzeye yapışma şansı azalır ve egzost gazları ile büyük oranda dışarı atılması sağlanır.

Fosforlu katıklar, tortu birikimini azaltıcı özelliğinin yanında tortuların kor haline gelme sıcaklığının da yükselmesine sebep olurlar.

Örneğin;

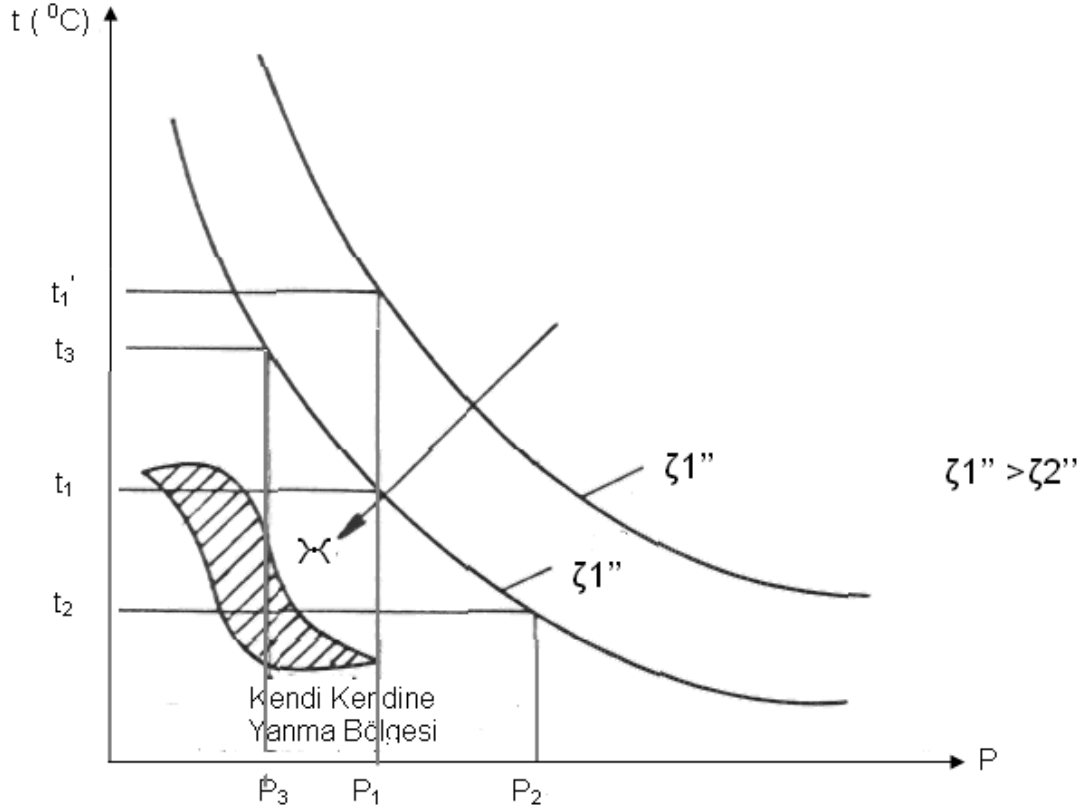
$(C + PbO) \rightarrow 202\text{ }^{\circ}\text{C}$ sıcaklıktan kor haline gelirken, fosforlu katık içeren yakıtta oluşan,

$(C + Pb(PO_4)_2)$ tortusu, $470\text{ }^{\circ}\text{C}$ sıcaklıkta kor haline gelir ve böylelikle yüzey ateşleme olasılığının azalması sağlanmış olur.

4.6.2.2. OKTAN SAYISININ YETERİ KADAR YÜKSEK OLMAMASI

Yakıt-Hava karışımının ark vasıtası ile yakılmasında, yanma başlangıcı karışımın basınç ve sıcaklığına bağlı olarak belirli bir gecikmeyle gerçekleşir. Örneğin; P_1 basıncındaki dolgu t_1 sıcaklığında t_1'' gibi bir sürede yanmaya başlar.

Aynı dolgunun basıncı arttırılırsa aynı t_1'' yanması için daha düşük sıcaklığa, basıncı azaltılsa daha yüksek sıcaklığa gereksinme vardır. P_1 basıncındaki karışım t_1' gibi daha yüksek sıcaklıktaki bir arkla yakılsa ark çaktıktan sonra t_1'' den daha kısa t_2'' gibi bir sürede yanma başlamaktadır. Özetle söylemek gerekirse, ateşleme sıcaklığının ve dolgu basıncının artması, ark çaktıktan sonra karışımın yanmaya başlaması arasında geçen süreyi kısaltmaktadır (Şekil 4.75).



Şekil 4.75 Dolgu basınç ve sıcaklığına bağlı olarak tutuşma süresi değişimi.

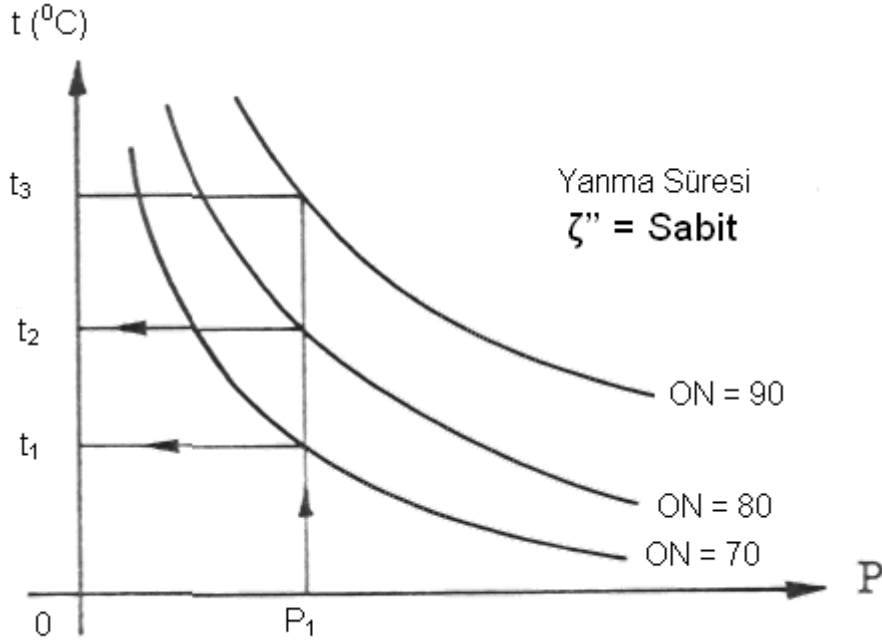
Benzin motorları durdurulduğu zaman ateşleme devresine gönderilen akım kesilerek bujide ark oluşumu durdurulur. Ateşleme devresine gönderilen akım kesildiği anda belirli bir hızla dönen motor, hareket eden kütlelerin ataleti nedeni ile bir süre daha dönmesini sürdürür.

Motor döndüğü sürece, her emme periyodu geçtiğinde silindire dolgu girişi de devam eder. Bir yandan motor iç sürtünmelerinden dolayı gittikçe dönme hızının düşmesi, diğer yandan krank-biyel mekanizmasının kinematikinden dolayı ÜÖN'da piston hızının düşmesi sonucu silindire alınan dolgunun sıkıştırma periyodu sonucu artan basınç ve sıcaklık ortamında bekleme süresi uzayacaktır.

Bekleme süresinin uzaması şekilde görülen eğrilerin x doğrultusunda kayması demektir. Böylelikle daha düşük basınç ve sıcaklık şartlarında dolgunun ateşlenmesi mümkün olacaktır.

Yanma odasına buji tırnak bölgesinde, egzost supabının bulunduğu bölgede veya sıcaklığın yüksek olduğu herhangi bir bölgede, kendi kendine yanma şartlarının oluşması halinde (basınç-sıcaklık ve yeteri kadar bekleme süresi) dolgu kendiliğinden yanmaya başlayacaktır. Motor durdurulmak istenildiği halde, belirli bir süre daha düzensiz olarak (farklı ateşleme zamanlarında yanmanın gerçekleşmesi ve bazı silindirlerde hiç yanma meydana gelmemesi nedenleri ile) çalışmasını sürdürecektir.

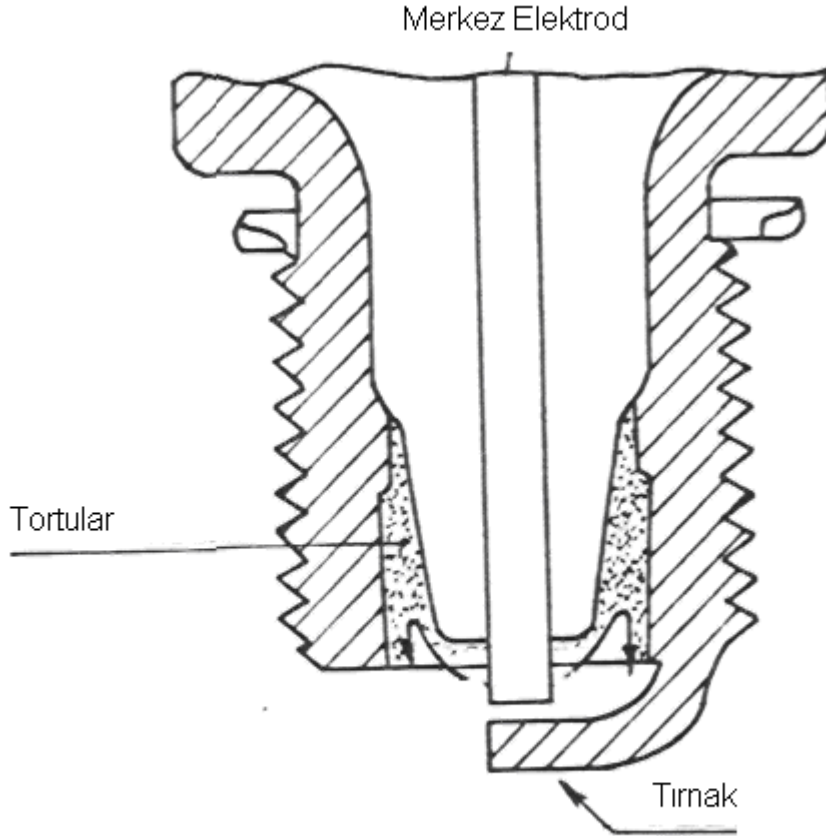
Karışımın aynı gecikme süresinde basınç ve sıcaklığa bağlı olarak değişik oktan sayılı yakıtlar için yanma eğrileri şekil 4.76'da görülmektedir. Buna göre yüksek oktanlı yakıtların aynı gecikme süresi içerisinde yanmaya başlaması için daha ağır şartlara gereksinme vardır. Bu nedenle kendi kendine yanma bölgesini yüksek oktanlı yakıtla daha ağır basınç ve sıcaklığa öteleme yapması sıkıştırma sonunda sağlanan belirli mertebedeki basınç ve mevcut çeper sıcaklığının kendi kendine yanma bölgesine girmesini güçleştirir. Yanabilmesi için daha yüksek basınç veya sıcaklık gerektiren yüksek oktanlı yakıt kullanımı ile bu mahzur giderilir.



Şekil 4.76 Değişik oktan sayılı yakıt ile hava karışımının belirli tutuşma süresindeki basınç ve sıcaklık değişimleri.

Olanaklar içerisinde sağlanabilen yakıtla yukarıda belirtilen kontrolsüz yanmanın önlenmesi için dikkat edilmesi gerekli diğer bir husus da motor durdurulmadan önce rölantide belirli bir süre çalıştırılarak çeper sıcaklığının düşmesini sağlamaktır.

4.6.3. BUJİ ARIZALARI

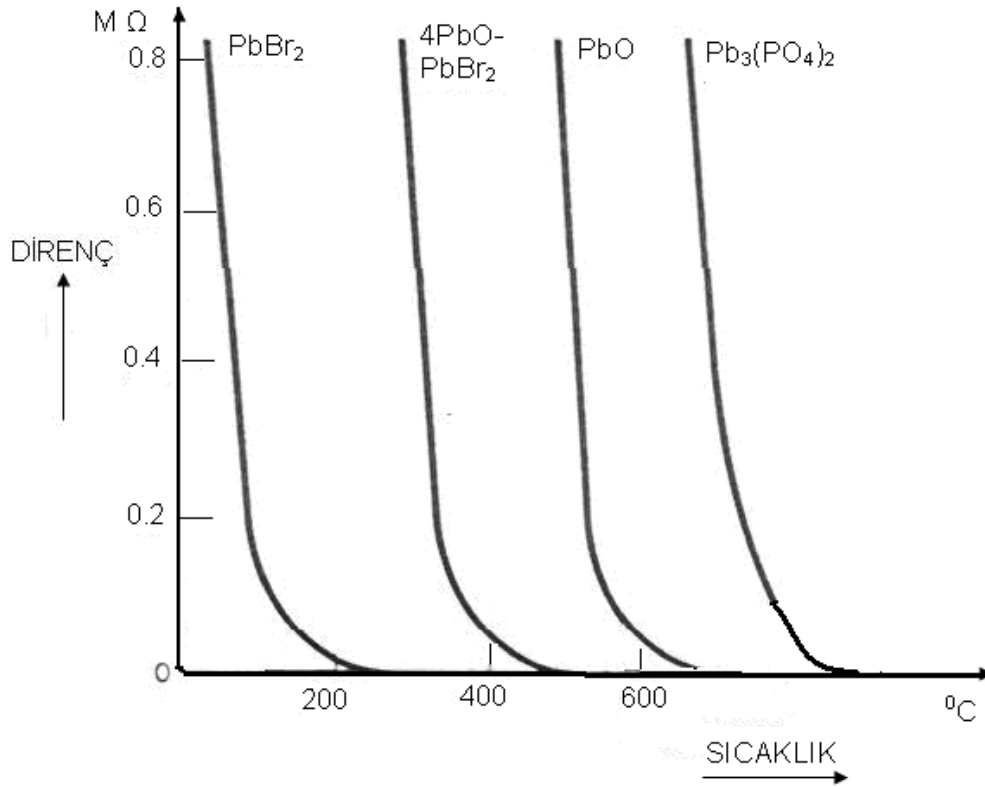


Şekil 4.77 Buji tırnak bölgesinde tortu birikimi

Elektrik akımı, direnci en az olan yoldan geçer. Buji tırnak bölgesindeki porselen üzerinde biriken tortu tabakasının artması elektrikli dirençlerin sebep olur. Tortu maddelerinin diğer bir özelliği de sıcaklık artışı ile elektrikli özgül dirençlerin hızlı bir düşme göstermesidir. Tırnak bölgesindeki porselen üzerinde biriken tortuların, birikme miktarlarına ve buji tırnak bölgesindeki porselenin maruz kaldığı sıcaklığa bağlı olarak elektrikli dirençleri düşecektir.

Merkez elektrottaki yüksek voltaj, kısmen veya tamamen tortular üzerinde geçerek devresini tamamlayacağından buji tırnaklarında oluşan ark zayıflayacak veya tamamen ortadan kalkacaktır. Buji tırnaklarında yeteri kadar enerji seviyesinde arkin oluşması silindirdeki karışımın ateşlenmesine veya yetersiz enerji ile ateşlenmesine sebep olur (Şekil 4.77).

Yakıt fosforlu katık katılması, yüzey ateşlemedeki olumlu katkısının yanında yukarıda belirtilen buji arızasını da hafifletir. Fosforlu katıklar tortu maddelerinin sıcaklığa bağlı elektrikli özgül direnç değişim eğrilerinin yüksek sıcaklıklara öteleme yapmasına neden olur. Norma çalışma şartlarında oluşan tırnak bölgesi sıcaklıklarında, fosforlu katık kullanılması haline biriken tortuların elektrikli dirençleri artacağından tortular üzerinden akım geçme olasılığı azalır (Şekil 4.78).



Şekil 4.78 Değişik tortu maddelerinin sıcaklığa bağlı elektrikli özgül dirençlerinin değişimleri

REFERENCES

- 1) Maleev V.L., M.E., Dr. A.M., "Internal-Combustion Engines Theory and Design", Second Edition, Third Impression, McGraw-Hill Book Company, Inc., New York and London, 1945.
- 2) Judge Arthur W., "Carburettors and Fuel Injection Systems", The theory, practice, testing, tuning and maintenance of carburettors and fuel injection systems, Motor Manuals Volume 2, Chapman and Hall Ltd., 11 New Fetter Lane, London E.C.4, 1965.
- 3) Fisher Charles H., "Carburation", Volume 1, Fourth Edition, London Chapman & Hall Ltd., 37 Essex Street, W.C.2, 1963.
- 4) Taylor Charles Fayette, "The Internal-Combustion Engine in Theory and Practice", Volume II: Combustion, Fuels, Materials, Design, The M.I.T. Press, Massachusetts Institute of Technology Cambridge, Massachusetts, and London, England, 1979.

- 5) Bosch Robert, "Engine management for spark-ignition engines", Motronic Engine Management, Edition 94/95, Bosch Technical Instruction, Edition 3, August 1994, Stuttgart, Germany.
- 6) Fisher Charles H., "Carburation Spark-Ignition Engines: Fuel Injection Systems", Volume II, M.I.Mech.E., M.S.A.E., Fourth Edition, Chapman&Hall Ltd., London, 1966.
- 7) Fisher Charles H., "Carburation Spark-Ignition Engines: Fuel Injection Systems, Volume III, M.I.Mech.E., M.S.A.E., Fourth Edition, Chapman&Hall Ltd., London, 1966.
- 8) Schmidt Fritz A. F., "The Internal Combustion Engine", Chapman&Hall Ltd., 11 New Fetterlane, London, 1965.
- 9) Gerschler H., "Technology for the Automotive Trade", Volume 2, Automotive Engineering, Verlag Europa-Lehrmittel, Nourney, Vollmer GmbH&Co., Dusselberger Strasse 23, Postfach 2160-5667 Haan-Gruiten, Germany, 20th Edition, Copyright 1980.
- 10) Bosch Robert, "Engine management for spark-ignition engines", Gasoline Fuel-Injection System Mono-Jetronic, Edition 97/98, Bosch Technical Instruction, 2nd Edition, December 1998, Stuttgart, Germany.
- 11) Heywood John B., "Internal Combustion Engine Fundamentals", McGraw-Hill International Editions, Automotive Technology Series, 1989.
- 12) Bosch Robert, "Automotive Electric/Electronic Systems", 1988, Stuttgart, Germany.
- 13) Stone Richard, "Introduction to Internal Combustion Engines", Brunel University Uxbridge, Middlesex, Published by Macmillan Education Ltd., Houndmills, Basingstoke, Hampshire RG21 2XS and London, reprinted in 1991.
- 14) Benson Rowland S. and Whitehouse N. D., "Internal Combustion Engines: A detailed introduction to the thermodynamics of spark and compression ignition engines, their design and development", Volume 1, Pergamon Press Ltd., First Edition 1979.
- 15) Judge Arthur W., "Modern Electrical Equipment for Automobiles", Motor manuals Volume 6, second edition, Chapman&Hall Ltd., 11 New Fetterlane, London E.C-4, 1970.
- 16) Bosch Robert, "Ignition:Gasoline-engine management", Bosch Technical Instruction, 4th revised edition, September 1999, Stuttgart, Germany.
- 17) Crouse William H. and Anglin Donald L., "Automotive Mechanics", Glencoe Division, Macmillan/McGraw-Hill 936 Eastwood Drive Westerville, OH 43081, Tenth Edition 1993.
- 18) Garrett T.K., "Automotive Fuels and Fuel Systems, Fuels, Tanks, Delivery, Metering, Mixing and Combustion and Environmental Considerations", Volume 1: Gasoline, Society of Automotive Engineers, Inc., Warrendale, PA, USA, Pentech Press Ltd., London, England 1991.
- 19) Kamura Hitoshi, Takada Kouichi, "Development of in-cylinder gasoline direct injection engine", New Technologies and New Cars, JSAE Review (19) 1998, pp. 175-180.
- 20) Scott David, "Europeans Advance on Gasoline DI; Leads to fuel economies, smaller engines, but exhaust emissions still a challenge", Ward's Auto World, Detroit, Vol. 38/7, July 2002, pp. 34-35.

- 21)Zhao F., Lai M. C., Harrington D.L., "Automotive spark-ignited direct-injection gasoline engines", Progress in Energy and Combustion Science (25) 1999, 437-562.
- 22)Itoh Teruyuki, Liyama Akihiro, Muranaka Shigeo, Takagi Yasuo, "Combustion characteristics of a direct-injection stratified charge S.I. engine", JSAE Review (19) 1998, 217-222.
- 23)Yamashita Hiroyuki, Aoki Osamu, Kudou Hidetoshi, Marubara Masashi, Ohta Noriyuki and Yamamoto Hiroyuki, "Mixture formation of direct gasoline injection engine: in-cylinder gas sampling using fast flame ionization detector", JSAE Review (20) 1999, 23-29.
- 24)Heisler Heinz, "Advanced Engine Technology", Head of Transport Studies, The College of North West London, Willesden Centre London, UK , 1995.
- 25)Mellord Trevor, "Automotive Electronic Systems", English Language Book Society, 1987.
- 26)Crouse William H., "Automotive Mechanics", Sixth Edition, McGraw-Hill Book Company, 1956.
- 27)Yavaşlıoğlu İrfan, "İçten Yanmalı Motorlar", Yıldız Üniversitesi, 1988.