



YAKITLAR VE YANMA

LPG ve Doğal Gaz Yakıt Sistemleri

Araçlarda yakıt olarak iki tip gaz kullanılmaktadır.

- **LPG:** Sıvılaştırılmış petrol gazı
- **Doğal gaz**
 - **LNG:** Sıvılaştırılmış doğal gaz
 - **CNG:** Sıkılaştırılmış doğal gaz

LPG büyük oranda propan (C_3H_8) gazından oluşur. Propan düşük egzoz emisyonu verir, ani yanması sonucunda daha az miktarda zararlı bileşikler ortaya çıkar. Yüksek oktan sayısına sahiptir. LPG'nin en önemli üstünlüğü metana göre daha kolay sıvılaştırılabilmesidir.

Sıvılaştırılmış petrol gazının 103- 105 gibi yüksek oktan sayısı vardır. LPG'nin en önemli yetersizliği ise petrole göre kütleli olarak %11, hacimsel olarak %33 az enerji bulundurmasıdır. Setan sayısı düşük olduğu için dizel motorlarında kullanılmaya uygun değildir.

Doğal gaz ise saf halinde iken renksiz, kokusuz ve tatsız bir gazdır. Güvenlik amacıyla kokulandırılmıştır. Doğal gaz hacimsel olarak % 70-99 metan (CH₄) gazından oluşmaktadır. Doğal gazı taşıtlarda yakıt olarak depolamak ve kullanmak için iki metot kullanılmaktadır.

İlk yöntem basınç altında sıkıştırılmış doğal gaz (CNG) dir. Otomobillerde kullanılan doğal gazın depolama basıncı 200-250 bar kadardır.

Doğal gazın depolanmasında ikinci yöntem ise sıvılaştırılmış doğal gaz (LNG) dir. Sıvılaştırılmış doğal gazda az hacme daha çok kütle depolanabilmektedir. LPG ve doğal gazı, taşıtlarda yakıt olarak kullanmak için birbirine benzeyen dönüşüm sistemleri kullanılmaktadır.

LPG/Doğal Gaz Motorunun alışma Prensibi

LPG benzinli motorlarda, doğal gaz ise hem benzinli hem de dizel motorlarda alternatif yakıt olarak kullanılmaktadır.

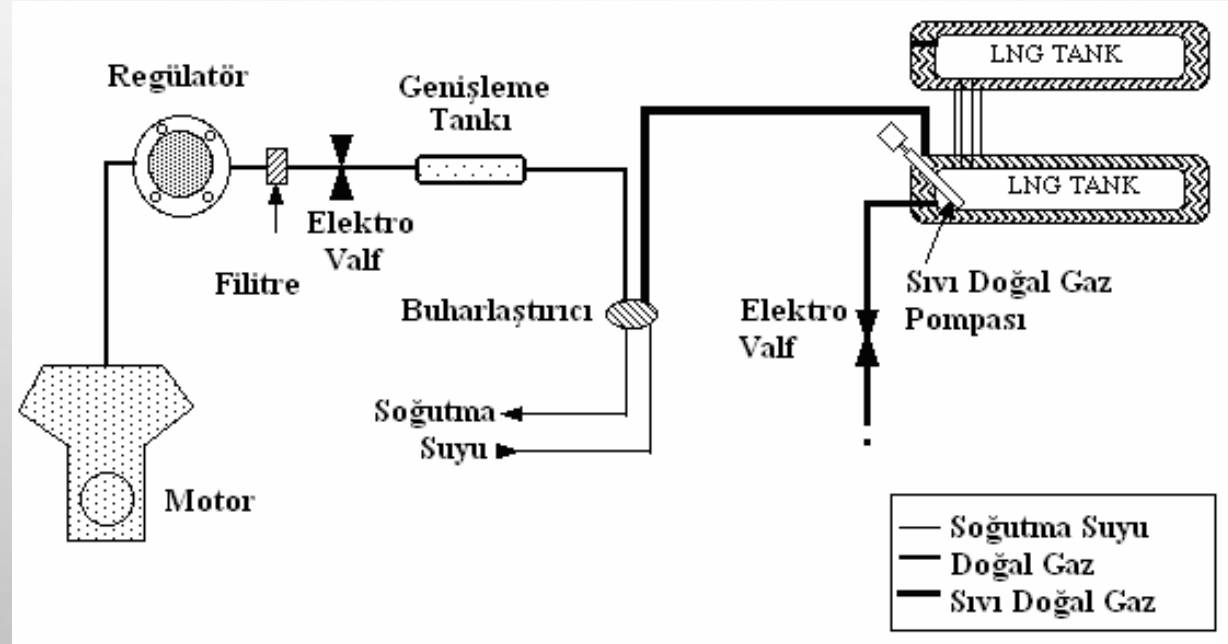
LPG'nin alternatif yakıt olarak kullanılabilmesi için normal hava sıcaklığında ve belirli bir basınçta (2-5 bar) 30 ve 60 litre elik tanklarda depo edilmesi gerekmektedir.

Doğal gaz ise iki yöntem ile depo edilmektedir. İlk olarak basınç altında sıkıştırılarak (yaklaşık 250 bar) elik ve basınca dayanıklı tüplerde depo edilmektedir. Diğer bir yöntem ise normal atmosfer basıncında ve $-160\text{ }^{\circ}\text{C}$ sıcaklıkta kaynayan soğuk sıvı olarak depo edilmektedir.

LPG ve Sıvılaştırılmış doğal gaz (LNG) alışma şekillerine göre benzerlik gösterirken basınçlı depo edilen doğal gaz (CNG) daha farklı sistemler kullanılarak otomobil ve büyük araçlarda alternatif yakıt olarak kullanılmaktadır.

LPG ve LNG Yakıt Sisteminin Çalışması

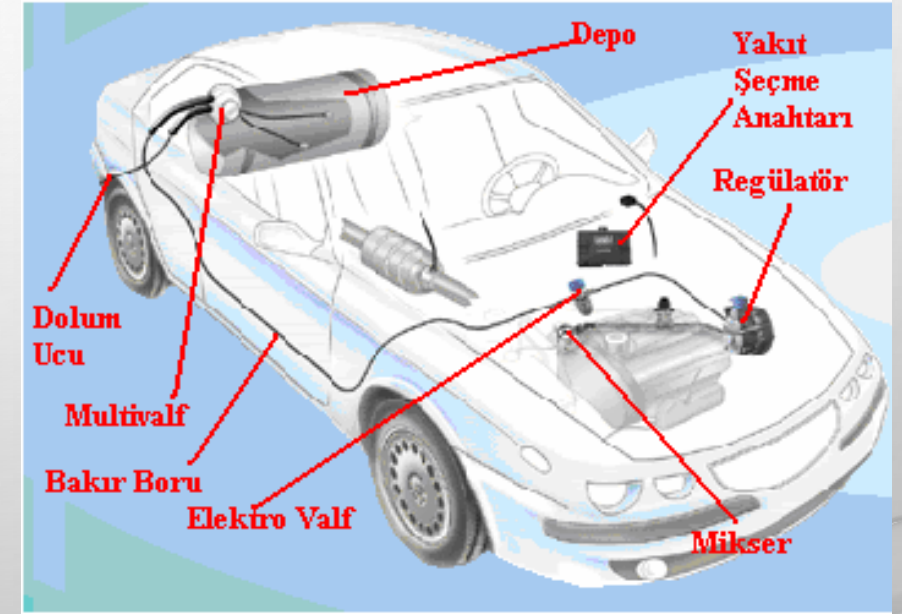
Yakıt seçme düğmesinden seçilen yakıt tipine göre sisteme monte edilmiş elektro valfler benzin veya LPG/LNG'ye yol vermektedir. Yakıt seçme düğmesi LPG/LNG pozisyonuna alındığında benzin hortumu üzerinde bulunan elektro valf benzinin karbüratör veya enjeksiyon sistemine gitmesini engeller. LPG depo içerisindeki sahip basınç sayesinde multivalften geçerek yüksek basınç borularına ve boru üzerinde bulunan elektro valfe ulaşır. LNG ise depo içerisinde bulunan bir elektrik motoru sayesinde sistemde dolaştırılır.



LNG yakıt sistemi

Yüksek basınç hattında bulunan LPG (sıvı halde), kontak anahtarının açılması ile elektro valften geçer ve filtre edilerek buharlaştırıcıya (regülatör) ulaşır. Regülatör üzerinde bulunan elektro valf kontak anahtarına bağlı olduğu için açılır ve LPG/LNG regülatör içerisinde bulunan hazneye dolar. Regülatöre dolan gazın basıncı düşürülerek miksere (gaz karıştırıcı) ulaşır. Mikserde hava ile karışarak emme manifoldu içerisine dolar. Motora marş yapılması ile emme manifoldunda bulunan LPG/LNG silindir içerisinde yakılarak kullanılır.

Eğer belirli bir süre marş yapılmazsa yüksek basınç hattına ve regülatör üzerinde bulunan elektro valfler kapanarak gaz geçişi engellenir. Bu durum regülatörün içinde bulunan gazın emme manifolduna dolmasını engellemek ve gaz kaçaqlarının önüne geçmek için yapılmaktadır.

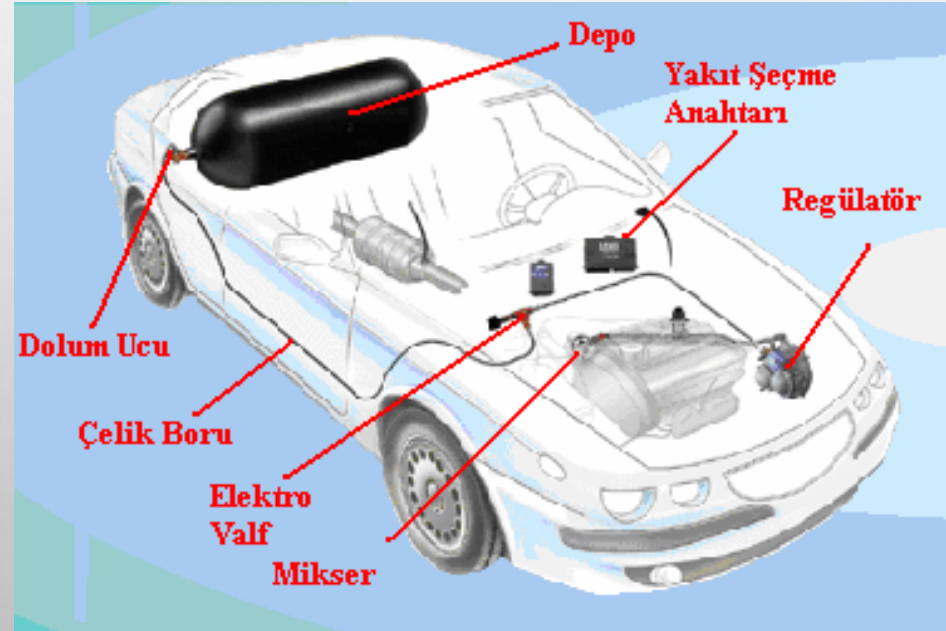


Marş anında motorun yakıt sisteminin özelliğine göre mikser veya enjektörlerden gaz emme manifolduna verilir. Depoda bulunan LPG kendi basıncından dolayı buharlaştırıcıya gelir. LNG ise depoda bulunan pompa sayesinde regülatöre gelir. Regülatörde istenilen miktarda emme manifolduna girer.

Sıvı halde bulunan LPG/LNG emme manifoldunda hemen buharlaşmaz ve silindir içine sıvı halde girebilir. Bu nedenle de motor çalışmayabilir. LPG sistemlerinde motor ilk çalıştırma anında bir müddet benzin ile çalıştırılır. Bu sayede motorun soğutma suyu ısınarak buharlaştırıcıyı ısıtır ve buharlaştırıcı içinde bulunan sıvı LPG/LNG manifold içine gaz halde girer. Regülatör ısındıktan sonra motor LPG ile daha rahat çalıştırılır.

CNG Yakıt Sisteminin Çalışması

Yüksek basınçlı tüplerde bulunan sıkıştırılmış doğal gaz (CNG) yüksek basınç borusunun üzerinde bulunan filtreden geçer. Gaz basıncının 12-15 bara düşürüldüğü yüksek basınç regülatörüne gönderilir. İkinci bir regüle edici valf olan düşük basınç regülatörü basıncı daha da düşürür ve gaz kontrol valfine uygun bir besleme basıncı düzeyine indirir. Kontrol valfi (buharlaştırıcı) gazı motorun soğutma suyundan yararlanarak ısıtır. Sistemde ani basınç düşüşü, gaz kaçağı gibi durumlar olduğunda otomatik olarak kapanacak şekilde tasarlanmıştır.



LPG / Doğal Gaz Yakıt Sisteminin Avantaj ve Dezavantajları

LPG/doğal gaz kullanılan yakıt sisteminin diğer petrol ürünleri kullanan yakıt sistemlerine göre **avantajları** şunlardır:

- Benzinli araçlara göre daha ekonomiktir. Doğal gaz ve LPG, benzin ve motorinden litre fiyatı olarak oldukça ucuzdur.
- LPG/doğal gaz içerisinde kurşun, vernik ya da karbon atığı çıkarmadığı için motor yanma odası ve karterini kirletmez.
- Ekzoz borusu ve susturucuların ömrü uzun olmaktadır.
- Ekzoz emisyonları açısından daha çevrecidir.

Dezavantajları:

- Büyük hacimli yakıt tüpleri fazla yer kapladığı için bagaj hacmini küçültür.
- NOx emisyon problemleri olabilmektedir.
- LPG/doğal gaz sistemi ekstra yapım maliyeti getirmektedir.
- Karakteristik özelliklerine bağlı olarak motor performansı bir miktar düşmektedir.
- Isı arttıkça basıncı artarak kritik bir sıcaklık ve basınçta içinde bulunduğu tankın patlamasına neden olabilir.

LPG/ Doğal Gaz Yakıt Sisteminde Emniyet Kuralları ve Güvenlik

LPG/doğal gaz güvenli bir motor yakıtıdır. LPG/doğal gaz havadan hafif olması nedeni ile çabucak yayılarak dağılır. Benzinden farklı olarak açık havada patlama yapmaz. Benzin ve motorinden farklı olarak havada sadece sınırlı bir konsantrasyon aralığında yanabilmektedir.

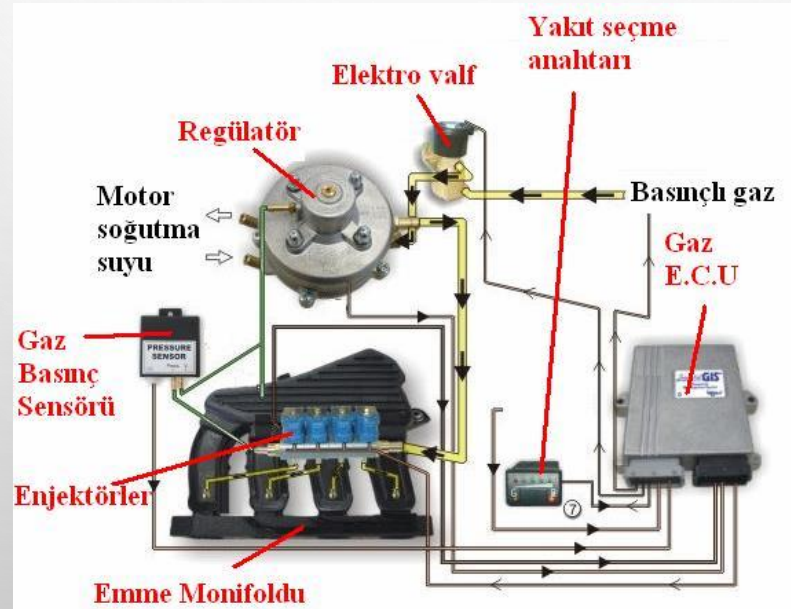
Özellik	LPG / Doğal gaz	Benzin	Motorin
Yanabilirlik Sınırları (Havada Hacimsel Olarak %)	5-15	1,4-7,6	0,6-5,5
Kendi Kendine Tutuşma Sıcaklığı (°C)	450	300	230
En az ateşleme enerjisi (10^{-6} kJ)	0,26	0,22	0,22
Maksimum Alev Sıcaklığı	1885	1977	2054

LPG/doğal gaz tanklarının kullanım ömrü en fazla 10 yıldır. LPG basınç boruları 1 mm kalınlığında bakır ve üzeri PVC kaplı olmalıdır. Doğal gaz boruları ise 1 mm çelik boru ve üzeri PVC ile kaplı olmalıdır.

Aracın LPG/doğal gazlı olduğunu belirten uyarıcı etiketler mutlaka aracın ön ve arka camına yapıştırılmalıdır.

ENJEKSİYONLU MOTORLARDA LPG/DOĞAL GAZ YAKIT SİSTEMLERİ

Enjeksiyon sistemlerde gaz kontrolü elektronik olarak yapılmaktadır. Benzin enjeksiyonlu sistemlerde, enjektörler vasıtası ile emme manifoldunun içine enjeksiyon sırasına göre püskürtülmektedir. Elektronik gaz enjeksiyonu da aynı tip enjektörler ile emme manifoldunun içine LPG/doğal gazın elektronik olarak püskürtülmesidir.



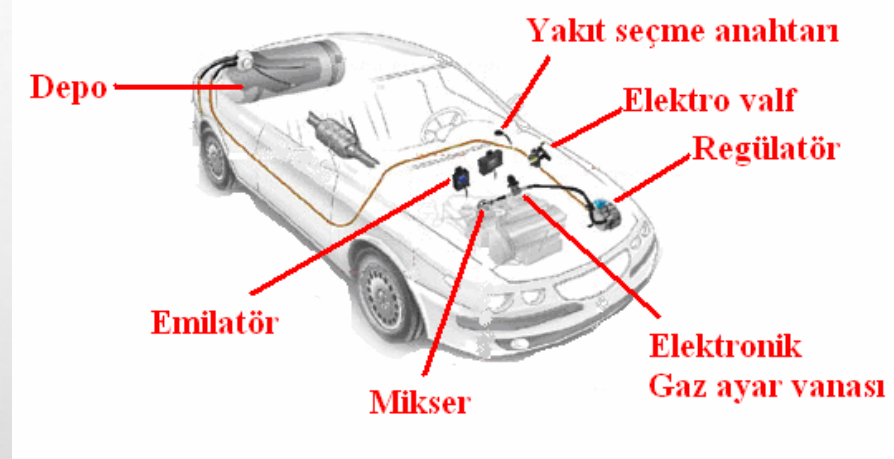
Elektronik gaz enjeksiyonunun çalışması için yakıt seçme anahtarının LPG/doğal gaz pozisyonunda olması yeterlidir. Enjeksiyonlu motor LPG/doğal gaz ile çalışması sırasında benzin elektro valfi, benzinin yakıt tüpüne gelmesini engellemektedir. Aynı zamanda benzin deposunun içerisinde bulunan elektrikli pompanın çalışması da durdurulmaktadır. Sistem LPG/doğal gaz ile çalışması esnasında benzin enjektörlerinin boşa çalışmaması için sisteme emilatör takılmaktadır.

Emilatör, motorun kendi elektronik kontrol ünitesinden (ECU) benzin enjektörlerine giden sinyalleri emerek enjektörlerin çalışmasını engellemektedir.

Emilatör benzin enjektörlerinin çalışmasını engellerken, gaz enjeksiyon beynine sinyaller yollayarak gaz enjektörlerinin çalışması sağlanmaktadır.

Motor benzin ile çalıştırılmak istenirse yakıt seçme anahtarı benzin pozisyonuna alınarak LPG/doğal gaz deposundan gelen gazın yolu elektronik valfler ile kapatılır. Emilatör devre dışı kalarak benzin enjektörlerinin çalışması sağlanır.

Benzin elektro valfı benzin yolunu açar ve benzin pompası çalışır. Motorun normal olarak benzin ile çalışması sağlanır.



LPG/doğal gaz yakıt sistemlerinde, emme manifoldunun girişine mikser takılmaktadır. Motorun LPG/doğal gaz ile çalışması sırasında benzin enjektörlerinin bir emilatör vasıtası ile çalışması engellenmektedir. Miksere giden gaz elektronik olarak yapılabilmektedir.

LPG/doğal Gaz Enjeksiyon Sisteminin Parçalarının Özellikleri ve Çalışma Prensipleri

Dışarıdan kesinlikle gaz ayarı değiştirilememektedir. Motor üretici firmasının motorun çalışma koşullarına göre hazırladığı elektronik kontrol ünitesinin verilerini kullanarak LPG/doğal gaz enjektörlerinin açılması sağlanmaktadır. Enjeksiyonlu LPG/doğal gaz yakıt sisteminin başlıca parçaları şunlardır:

Sensörler: LPG/doğal gaz sisteminde LPG ve doğal gazın basıncı ve sıcaklığını ölçen parçalardır. LPG/doğal gaz yakıt sisteminde regülatörden çıkan gazın sıcaklığını ölçmek için aşağıdaki LPG/doğal gaz sıcaklık sensörü kullanılmaktadır.



Basınç ayar regülatörü: Regülatörden gelen gazın basıncını ölçmek, istenilen basınçta tutmak için aşağıda verilen basınç ayar regülatörü kullanılmaktadır.



Basınç ayar regülatörü yakıt tüpünün içinde bulunan gazın basıncını ölçerek LPG/doğal gaz elektronik kontrol ünitesine iletir. Elektronik kontrol ünitesi emme manifolduna püskürecek olan LPG/doğal gazın basıncını aynı sensör üzerinde bulunan basınç ayar regülatörüne iletir. LPG/doğal gaz basınç ayar regülatörü yakıt tüpünde bulunan LPG/doğal gazın basıncı fazla ise bir miktar gazı emme manifolduna kaçırmak suretiyle yakıt tüpünde gazın basıncını istenilen seviyede tutmaktadır.

Motor devir sensörü, mevcut sistemde bulunan krank mili devir sensöründen faydalanılarak motorun devri LPG/doğal gaz elektronik kontrol ünitesine iletilir.

Enjektör rampası: LPG/doğal gaz regülatöründen çıkan gazın geldiği ve enjektörlere iletildiği plastik veya çelikten yapılmış yakıt tüpüdür. Üzerinde enjektörleri taşımaktadır. Yakıt rampası motorun silindir sayısına göre değişiklik arz etmektedir.



LPG/doğal gaz yakıt rampası (rail)

Basınç ayar regülatörü yakıt rampasının içerisinde bulunan gazın basıncını ayarlamaktadır.

Yakıt rampasında gazın basıncı yaklaşık 0.65-0.85 bar arasındadır.

Enjektör Boruları: Enjektörlerden çıkan LPG/doğal gazın emme manifolduna ulaşmasını sağlayan ısıya dayanıklı plastik borulardır. Bir ucu enjektör çıkışına bağlanacak özel rakorlu diğer ucu ise manifoldta monte edilen nozula girecek şekilde kesilmiş olarak gelmektedir.



Enjektörler: Yakıt rampasında bulunan LPG/doğal gazın emme manifolduna motorun çalışma sırasına göre iletilmesini sağlamaktadır. Enjektör -35°C ile $+120^{\circ}\text{C}$ arasında çalışabilecek şekilde tasarlanmıştır. LPG/doğal gaz enjektörleri gazı emme manifoldunda benzin enjektörlerinin bulunduğu bölgeden püskürtmektedir.



LPG/doğal gaz enjektörü



LPG/doğal gaz enjektörü

Elektronik Kontrol Ünitesi (ECU)

Elektronik kontrol ünitesi; motorun değişik yük ve yol şartlarına göre en iyi karışım miktarını hazırlamak ve bu hazırlanan karışımın en doğru zamanda emme manifolduna iletmek için enjektörleri açar.

LPG/doğal gaz miktarının hazırlanması için LPG/doğal gaz basınç sensöründen, LPG ısı sensöründen, motor devir sensöründen ve emilatörün benzin enjektörlerinden aldığı sinyaller LPG/doğal gaz elektronik kontrol ünitesine iletilir.



LPG/doğal gaz elektronik kontrol ünitesi

Elektrik Bağlantıları: Elektronik kontrol ünitesinden diğer bütün LPG/doğal gaz elemanlarına elektrik bağlantıları yapılmasında kullanılmaktadır.

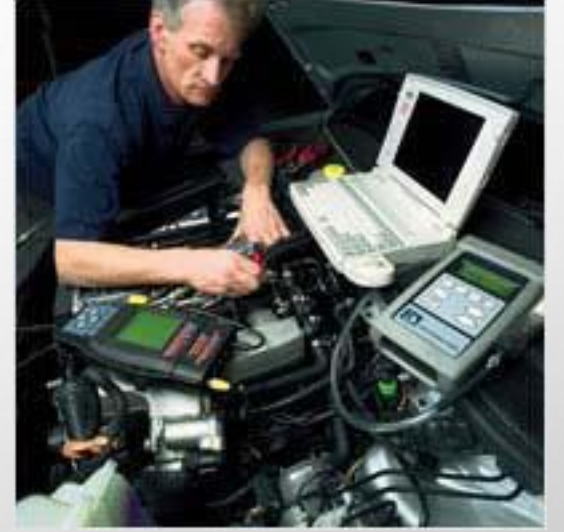
LPG/Doğal Gaz Enjeksiyon Sisteminin Ayarları

LPG/doğal gaz yakıt sisteminde gaz ayarı yapılır. Ayarlama da kullanılan test cihazları, LPG/doğal gaz sisteminde kullanılan ECU'nun bilgi giriş ucuna takılabilen farklı konnektör bağlantılarına sahiptir.

Test cihazı ile LPG/doğal gaz sisteminde şu verileri kontrol edebiliriz.

- Motorun devri
- LPG/doğal gazın regülatördeki sıcaklığı
- LPG/doğal gazın yakıt rampasında basıncı
- LPG/doğal gaz enjektörlerinin açılma süresi
- Benzin enjektörlerinin açılma süresi

Sistem çalışma esnasında kendi gaz miktarını yol ve yük şartlarına göre otomatik ayarlamaktadır. Enjeksiyonlu LPG/doğal gaz sistemlerinde LPG ile motorun çalışması için ayar yapılmaktadır. LPG/doğal gaz sisteminde genellikle benzin ve LPG/doğal gaz geçiş ayarı yapılmaktadır. Geçiş ayarı her markada farklılık gösterebilir. LPG/doğal gaz sisteminde motoru ilk çalıştırma esnasında geçiş ayarı genelde şu iki senaryo üzerine kurulur.



➤ Motorun soğuk olması durumunda LPG/doğal gaz sistemine geçiş aşağıdaki şartların gerçekleşmesi durumunda gerçekleşir.

- Motorun çalışmasından en az 60 saniye sonra,
- Motor soğutma suyu sıcaklığının 40 dereceye ulaşması durumunda,
- Motor devrinin 2000 dev/dak ulaşması durumunda.

➤ Motorun sıcak olması durumunda LPG/doğal gaz sistemine geçiş aşağıdaki şartların gerçekleşmesi durumunda geçilir.

- Motorun çalışmasından 10 saniye sonra,
- Motor sıcaklığının 40 derece veya üzerinde olması durumunda,
- Motor devrinin 2000 dev/dk ulaşması durumunda.

Bitkisel Yakıtlarla Çalışan Motorlar

Genellikle kolza, soya, mısır, pamuk ve ayçiçeği gibi bitkisel ürünlerin yağlarından biomotorin yakıt üretiminde faydalanılır. Biodizel saf olarak kullanılabileceği gibi petrolden elde edilen motorinle karıştırılarak da kullanılmaktadır.

Bitkisel yağlar, organik olarak metil veya etil esteridir. Biodizel üretiminde en çok tercih edilen bitki ise soya fasulyesidir.

Biodizel Eldesi: etanol ve sodyum hidroksit karıştırılarak tepkime gerçekleşir. Bu kimyasal reaksiyon sonunda bir ester ve gliserin oluşur. Bu tehlikeli sıvı bitkisel yağla karıştırılıp dinlenmeye bırakılınca gliserin dibine çöker ve metil ester (biomotorin) üstte kalır. Ester yakıt olarak kullanılırken gliserin de sabun, gübre ve daha birçok endüstriyel ürün yapımında kullanılır. Bu kimyasal tepkimeye «**transesterifikasyon**» yöntemi denilmektedir.

Bir diğer yöntemde ise bitkisel yağlar veya kullanılmış eski yağlar süzülerek filtre edildikten sonra maksimum %20 oranında motorine karıştırılarak kullanılmaktadır.

Biomotorin üretilebilecek bitkiler ve yağ verimleri

Yağ Bitkisi	Kg Yağ/Hacim	Yağ İçeriği
Acı Bakla	195	6-9
Aspir	655	25-37
Ayçiçeği	800	35-40
Badem	1125	25-50
Bal kabağı	449	24-30
Bezir Yağı	442	49-51
Ceviz	4500	60
Fındık	405	65-75
Hardal	481	27-35
Haşhaş	978	40-50
Jajoba	528	48-52
Jatropha	1590	50
Kakao	863	50
Kenevir	305	30-35
Keten	402	38
Kolza	1000	33-40
Mahun Cevizi	148	38-46
Mısır	145	5-6
Palm	189	50
Pamuk	273	20
Soya	375	17-26
Susam	585	50
Yer Fıstığı	890	36-50
Zencibar	1119	35-38
Zeytin	1019	35-70

Bitkisel Yakıtların Avantaj ve Dezavantajları

Avantajları;

- Ülkenin dışa bağımlılığını azaltır.
- Tarımsal alanın güçlenmesini ve şehre göçü azaltır.
- Tarımsal atıklardan üretilebilir ve üretimi kolaydır.
- Motorinle farklı oranlarda karıştırılabilir.
- Zehirli atıklar içermez ve doğaya zarar vermez (kükürt oksit SO_x atılmaz)
- Yakıt filtrelerinde veya yakıt pompalarında herhangi bir probleme oluşturmaz ve motor üzerinde bir değişiklik olmadan biodizel kullanılabilir.

Emisyon Değerleri

EMİSYONLAR	Benzinli Taşıt	Dizel Taşıt	Biodizel Taşıt
CO (10.000 km/g Karbon Monoksit)	21	7.5	4.9
HC (10.000 km/ppm (Hidro Karbon))	36	1.5	2.0

Dezavantajı:

- Maksimum %5'lik bir verim kaybına neden olurlar.
- Tarım sektöründe yeterli ekim yapılmaması ve vergilerin azaltılmaması, bu ürünün pahalı olmasına sebep olacaktır.
- Yapılan araştırmalar devam etmekte olup, tam bir faydalı üretim şekli geliştirilememiştir.

Bitkisel yakıtlar, günümüzde en çok dizel motorlu araçlarda kullanılmaktadır. Sistemde genelde hiçbir değişiklik yapılmamaktadır.