

SIVILAŞTIRILMIŞ PETROL GAZI (LPG) SİSTEMLERİ

Nihat TURGUT 1

ÖZET :

Doğal gaz ve hafif hidrokarbonlar uzun yıllardan beri binaların ısıtılması işlevi yanında içten yanmalı termik motorlarda da benzinin yerine motor yakıtı olarak kullanılmıştır. Normal koşullarda ve donma noktası üzerinde gaz formunda bulunan bu hafif hidrokarbonlar petrolün rafinerilerde damıtılması sırasında elde edilerek çelik kaplarda basınç altında sıvılaştırılmış olarak depolanır. Bu şekildeki gaz yakıtlara sıvılaştırılmış petrol gazları (LPG) veya kısaca tüp gaz adı verilmektedir.

İçten yanmalı otto motorlarında kullanılan ticari LPG propan (C_3H_8), butan (C_4H_{10}) ve çok az miktarda 5 karbonlu diğer hidrokarbonların karışımı şeklindedir. Sıvılaştırılmış olarak basınca dayanıklı tüplerde depolanan yakıt motorda kullanılabacağı zaman uygun basınç düşürücülerle basıncı 35-105 KPa'a düşürülerek kullanılır. Bu nedenle yakıt boruları ve bunları birleştiren parçaların basınca dayanıklı ve gaz sızdırmıyacak şekilde yapılması sistemin emniyeti yönünden zorunludur.

1. GİRİŞ

Hafif hidrokarbonlardan propan (C_3H_8) ve butan (C_4H_{10}) petrolün rafinerilerde damıtılması sırasında elde edilerek 1200-1300 KPa basınç altında sıvılaştırılmış olarak çelik tüplerde depolanırlar. Bu şekildeki gaz yakıtlara sıvılaştırılmış petrol gazları (LPG) adı verilmektedir. Sıvılaştırılmış petrol gazlarının içten yanmalı termik motorlarda benzinin yerine kullanılması 1950 yılından sonra hızla artmaya başladı. Buna paralel olarak benzinle çalışan birçok motor, eklenen yeni sistemlerle LPG ile çalıştırılmaya ve birçok motor yapan firma da LPG'na uygun yüksek sıkıştırma oranlı motorları yapmaya başladılar (Lubrication, 1956, 3Vol: 42 No. 11 s. 133).

Sıvılaştırılmış petrol gazlarının diğer sıvı yakıtlara göre şu üstünlükleri sayılabilir (Kuşhan, 1974 s. 116; Stockel, 1969 s. 153):

(1) Dr. Nihat TURGUT, Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Mekanizasyon Bölümü Araştırma Görevlisi.

- 1— Soğuk motorda ilk hareketin kolay olmasını sağlarlar,
- 2— Yüksek oktan sayısına sahip olmaları nedeniyle silindirlerde vuruntusuz olarak yanarlar,
- 3— Sıvı yakıtlar gibi soğuk iklim koşullarında motorun soğukta çalıştırılması sırasında yoğunlaşarak karter yağını kirletmezler,
- 4— Silindirlerde vuruntusuz yanmaları nedeniyle motor parçalarının aşırı yüklenmesini önleyerek onların daha az aşınmasını ve daha uzun ömürlü olmasını, sağlarlar,
- 5— Oktan sayısının yüksek olması nedeniyle termik motorlarda motor verimi ile ilgili olan sıkıştırma oranının arttırılmasına olanak verirler,
- 6— Motorda artık bırakmadan yandıkları için piston yüzünde, süpablarda ve yanma odası içerisinde istenmeyen karbon birikimleri önlenmiş olur.

2. SIVILAŞTIRILMIŞ PETROL GAZININ (LPG) ÖZELLİKLERİ

LPG hafif hidrokarbonlar olup, normal koşullarda ve donma noktası üzerinde gaz formunda bulunurlar. İçten yanmalı termik motorlarda kullanılan ticari LPG butan, propan ve çok az miktarda 5 karbonlu diğer hidrokarbonların karışımı şeklindedir. Basınç altında bu gazlar sıvı halde bulunurlar. Gazların bu şekilde taşınması ve depolanması daha kolaydır. LPG'nin sıvılaştırılma basıncı onun bileşimi ile değişir (Crouse, 1956 s. 222).

Ham petrolün damıtılması sırasında elde edilen LPG'yi kükürt bileşiklerini ve diğer yabancı maddeleri de içerdikleri için yakıt olarak kullanıldığı zaman motor parçalarına zarar verebilecek durumdadır. Bu yabancı maddelerin en az düzeylerde tutulmasıyla motorun kullanılma ömrü uzatılabilmektedir. Çizelge 1'de LPG'nin özellikleri ve Çizelge 2'de termik motor yakıtlarının özellikleri karşılaştırılmalı olarak görülmektedir.

Çizelge 1 ve 2'nin incelenmesi ile LPG'nin benzinle çalışan motorlar için uygun bir yakıt olduğu kolayca anlaşılmaktadır. Propanın kaynama noktasının (-42°C), butanın kaynama noktasından (0°C) çok düşük olması özellikle soğuk iklim koşullarında motorun kolayca çalışmasına olumlu yönde etki etmektedir.

Propanın, butanın ve bunların belirli oranlardaki karışımlarının basınç-sıcaklık değişimleri Şekil 1'de verilmiştir. Şekil 1'de görüldüğü gibi butan 0°C 'nin altındaki sıcaklıklarda sıvı formundadır. Bu şekilde saf butanın motor yakıtı olarak soğuk bölgelerde kullanılması onun motor isteklerine uygun olacak şekilde buharlaşmaması nedeniyle sakıncalı olmaktadır. Bunun için yakıtın ısıtılması yahut butana hafif hidrokarbonların eklenmesi gerekir. Bunlardan yakıtın ısıtılması tehlikeli olduğu için ikinci çözüm çoğunlukla tercih edilmektedir.

Çizelge 1. Sıvılaştırılmış petrol gazının özellikleri

Özellikler	Ticari Propan	Ticari Butan	Propan+Butan Karışımı
Bileşimi	En az % 95 propan	Yaklaşık % 95	Propan+Butan Karışımı
Buhar basıncı (max) (38°C'de—KPa)	1485	483	1485
Toplam kükürt (max) (mg/m ³)	247	247	247
Hidrojen sülfür (H ₂ S)	—	—	—
Aşınma (Bakır şeritte 3 saatte) Su (%)	Yok Yok	Yok Yok	Yok Yok
% 95'nin buharlaşma sıcaklığı, 740 mm Hg'da-°C	—	1.1	1.1
Artık (%)	2	—	—

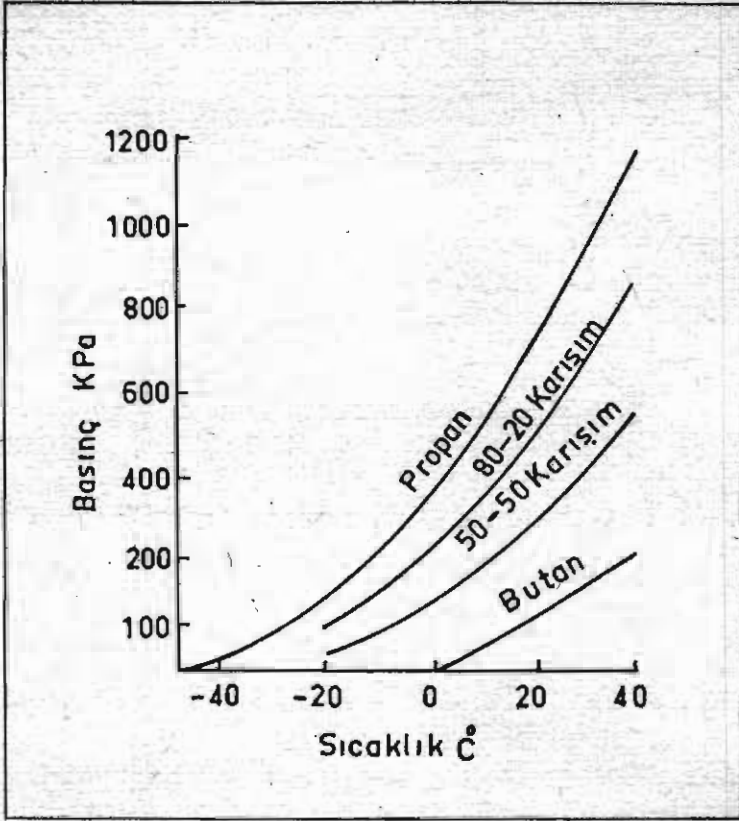
Çizelge 2. Termik motor yakıtlarının özellikleri.

İsim	Propan	Butan	Benzin	Gazyacağı	Diesel Yakıtı
API yoğunluğu	147	111	60	42	35
Kaynama noktası (°C)	—42	0	32—215	150—260	175—358
Buhar basıncı, 38°C'de —(KPa)	1275	365	41—103	7	7
Yoğunluk (15,5°C'de)	0,508	0,584	0,74	0,82	0,85
Alt ısıl değeri (Kj/k)	45800	45300	44000	43200	42800
Oktan sayısı	Araştırma	100	94	85—100	—
	Motor	97	90	75—95	—
Stokiyometrik	Hava Yakıt	15,7:1	15,5:1	14,7:1	—

3. SIVILAŞTIRILMIŞ PETROL (LPG) SİSTEMLERİ

3.1. Tanktan Sıvı Şeklinde Yakıt Alma Sistemi,

Tanktan sıvı halde yakıt alma sistemi en fazla kullanılan bir yöntemdir. Bu sistemde çelik tüpte 1300 KPa basınç altında depolanmış olan sıvı yakıt, ince bir yakıt alma borusu yardımıyla önce filtreye buradan da birinci kademe regülatörüne taşınır. Yakıtın buradaki basıncı 35-105 KPa'a düşürüldüğü için yakıt hızlıca buharlaşır. Sıvı yakıtın buharlaşması sırasında dışarıdan ısı alındığı için basınç düşürücü sistemde donma meydana gelir. Bu aşırı soğutma nedeniyle regülatörün ısıtılması gerekir. Bu işlem çalışma sırasında sıcaklığı 75-85°C'lar arasında değişen motor soğutma suyu ile yapılır (Hunt, 1977 s. 228).

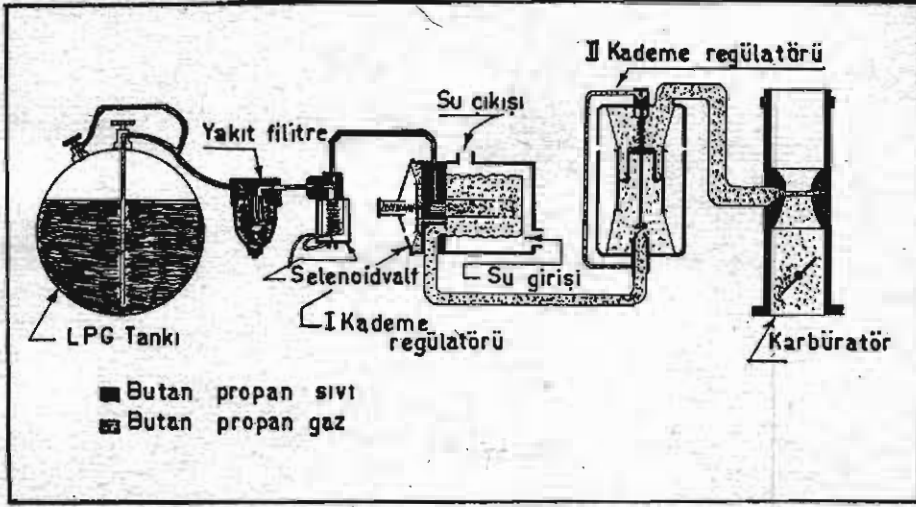


Şekil 1. Butan-Propan buhar basınç diyagramı.

Birinci kademe regülatöründen sonra gaz formuna dönüştürülen yakıt 35-105 KPa basınç altında ikinci kademe regülatörüne gönderilir ve burada yakıtın basıncı atmosfer basıncı altına düşürülerek gaz sızıntılarının meydana gelmesi önlenmiş olur. Motorun çalıştırılması sırasında emme manifoldunda oluşan düşük basınç nedeniyle ikinci kademe regülatöründen gelen gaz yakıt karbüratör üzerinden motora alınır (Şekil 2).

LPG sisteminde kullanılan karbüratör basit yapılıdır. Karbüratörün venturisine açılan yakıt borusu civarındaki basınç gaz kelebeği ile kontrol edilir. Motorun çalışma hızına uygun olarak hava yakıt karışımı burada hazırlanır. Karbüratörün ekonomi kısmı havayakıt oranını zayıflatır, ilk hareket düzeni ise jigle kelebeği yardımıyla motorun soğukta ilk hareketini kolaylaştırmak üzere zengin karışım hazırlar.

LPG tankları hiç bir zaman % 100 doldurulmaz, Sıcaklık artmalarına karşılık tankın % 10-20'si kadarı boş bırakılır, Bu değer yaklaşık 38°C'lik sıcaklık değişimi içindir. Bu nedenle çeşitli yapımçı firmalar tankın emniyetle kullanılabilmesi için tanka % 20 boş bırakma uyarı göstergeleri eklemiştir.



Şekil 2. Tanktan sıvı halde yakıt alma sistemi.

3.2. Tanktan Gaz Şeklinde Yakıt Alma Sistemi.

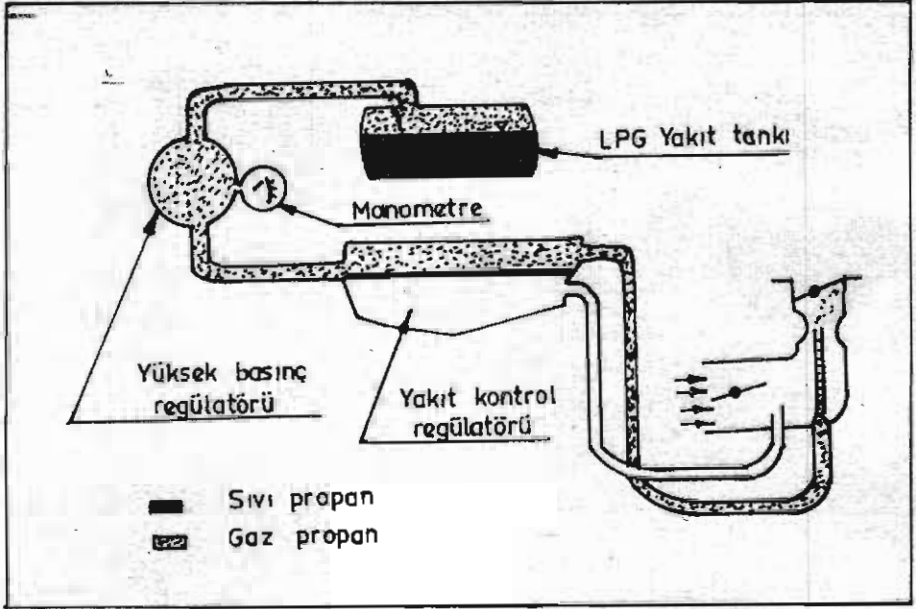
Bu sistemde yakıt buharı doğrudan doğruya tanktan alınarak basınç düşürme regülatörüne oradan da karbüratöre gönderilir (Şekil 3). Bu sistemde yakıt gaz formunda olduğu için regülatörün ısıtılmasına gerek yoktur. Yalnız bu sistem kaynama noktası düşük hafif hidrokarbonlar için uygundur. Örneğin, propan bu sistem için elverişli bir yakıttır. Soğuk iklim bölgelerinde başarı ile kullanılmaktadır (Jones, 1963 s, 189). Motor için gerekli hava-yakıt karışımı yukarıda anlatılan sisteme benzer şekilde karbüratör tarafından hazırlanarak silindirlere gönderilir.

4. LPG İLE ÇALIŞAN MOTORLARDA İŞLETME ÖZELLİKLERİ

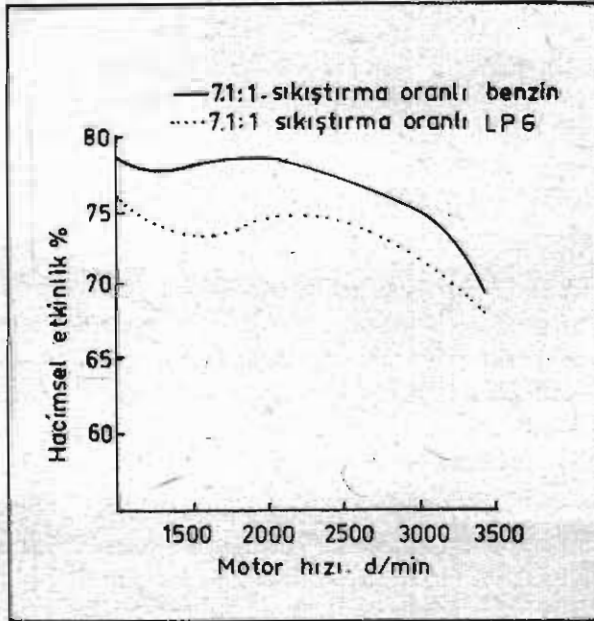
4.1. Hacimsel Etkinlik.

LPG ile çalışan motorların emme manifoldunda LPG buharı ve hava karışımı bulunduğu halde, benzinle çalışan motorların emme manifoldunda hava, benzin buharı, sis halinde benzin ve bir miktar da sıvı halde benzin bulunur. LPG motorlarının emme manifoldunda yakıtın buharlaşma problemi olmadığı için eksoz ve emme manifoldları ayrı olarak yapılır ve bu şekilde havanın motora alınması sırasında yoğunluğu ısı etkisiyle azaltılmamış olur. Benzin motoru eğer LPG ile çalıştırılacaksa emme manifoldu mümkün olduğu kadar serin tutulmalıdır.

Benzinle çalışan motorların emme manifoldunda yakıt kısmen sıvı halde bulunduğu için bu yakıtın buharlaşması ile silindire alınan hava-yakıt karışımının yoğunluğu LPG motoruna göre daha fazladır. Bu da motorun hacimsel etkinliğini artırır. Şekil 4'de hacimsel etkinliğin motor hızına göre değişimi görülmektedir.



Şekil 3. Tanktan gaz şeklinde yakıt alma sistemi.

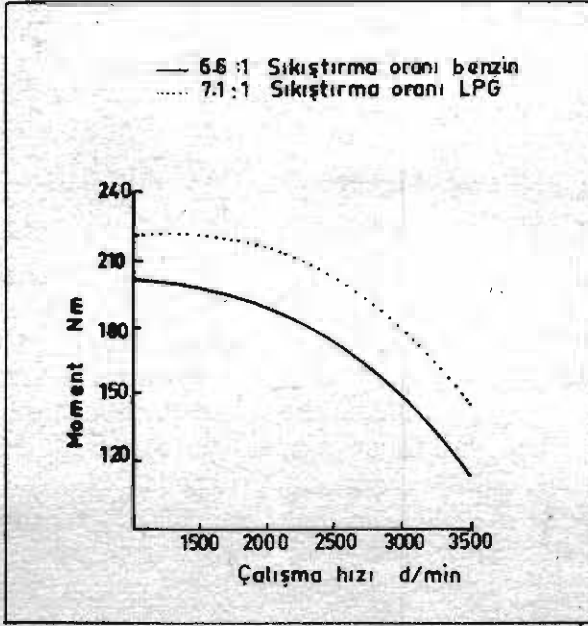


Şekil 4. Hacimsel etkinliğin motor hızına göre değişimi.

LPG motorunda hacimsel etkinliği artırmak için alınacak önlemleri řu şekilde sıralıyabiliriz (Lubrication, 1956 s. 143):

- 1— Motorda emme ve eksoz manifoldları ayrı ayrı yapılmalı veya aralarına çelik bir plaka yerleştirilmeli,
- 2— Emme süpablarının çapı büyütülmeli,
- 3— Motor sıkıştırma oranı arttırılmalıdır.

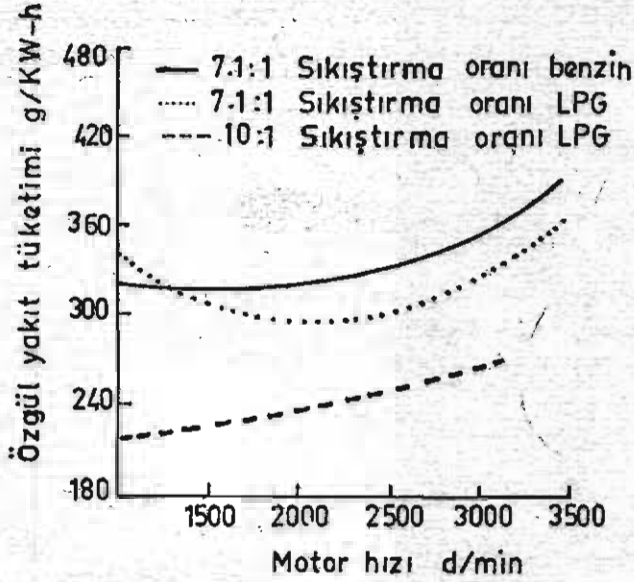
şekil 5'de sıkıştırma oranına bağlı olarak motor moment değerleri görülmektedir. Burada görüldüğü gibi LPG motorunun sıkıştırma oranı benzin motoruna göre arttırıldığında hacimsel etkinlik ve buna bağlı olarak momentte artmaktadır.



şekil 5. Moment-Hız değişimi.

4.2. Özgöl Yakıt Tüketimi.

Benzin motoru ile benzin motorundan LPG motoruna dönüştürülmüş iki motorun özgöl yakıt tüketimleri incelenecek olursa LPG motorunda düşük tüketimin olduğu şekil 6'da görülmektedir. Bu fark LPG özelliklerine uygun olarak yapılan 10:1 sıkıştırma oranlı ve manifoldları ayrı bir LPG motorunda çok daha farklı olmaktadır (Lubrication, 1956 s. 144).



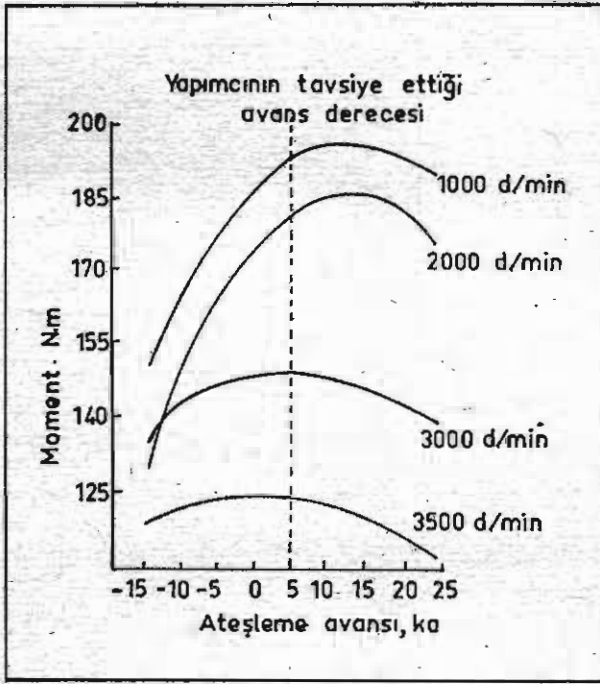
Şekil 6. Özgül yakıt tüketimi değişimi.

4.3. Ateşleme Avansı.

LPG'nin yanma özelliği benzine göre farklı olduğu için LPG motorlarının ateşleme avansı da farklıdır. Şekil 7'de benzin motorundan LPG'na dönüştürülen bir motorun değişik ateşleme avansı derecelerine göre moment değişimi görülmektedir. Burada maksimum moment düşük motor hızlarında ve büyük ateşleme avansında olduğu halde, yüksek hızlarda maksimum moment düşük ateşleme avansı ile elde edilmiştir. Buna göre LPG motorlarında kullanılacak distribütörler düşük motor devirlerinde büyük ateşleme avansı vermeli, yüksek motor hızlarında ise tersine düşük ateşleme avansı açısıyla çalışmalıdır.

4.4. Buji Gereksinimi.

LPG'nin benzine göre tutuşma sıcaklığı yüksek olduğundan motorun çalışması sırasında motor parçaları özellikle süpablar aşırı derecede ısınmakta ve onların hasar görmesi kolaylaşmaktadır. Bu özellikler dikkate alınarak LPG motorunda süpabların daha iyi malzemeden yapılması gerekmektedir. Ayrıca yanma odası sıcaklığının da benzin motorlarına göre yüksek olması buji arızalarına neden olmaktadır. Bunu önlemek için bujilerin soğuk tip olanlarının kullanılması ile bu arızalar giderilebilmektedir. Çizelge 3'de yakıtların tutuşma sıcaklıkları görülmektedir.



Şekil 7. Ateşleme avansı değişimi.

Çizelge 3. Yakıtların tutuşma sıcaklıkları (°C).

Yakıtlar	Atmosfer basıncında	1400 KPa basıncıta (mutlak)
Propan	510-580	370
Butan	475-550	355
Normal Benzin	460	295

4.5. Yağ Gereksinimi.

Benzin ve LPG motorları ile yapılan karter yağı denemelerinde LPG kullanan motorlarda katıksız saf madensel yağların bakır kurşun yatakları aşındırdığı, sıcaklık nedeniyle viskozitesinin arttığı saptanmıştır (Çizelge 4). Bu nedenle hiç bir yanpımcı firma LPG motorlarına katıksız saf madensel yağı, karter yağı olarak önermemektedir. En uygun yağ olarak supplement I kalitesindeki yağlar önerilmekte ve API (American Petroleum Institute) hizmet sınıfı MM, MS veya ağır koşullar için MS, DG yağlarının da uygun karter yağı olduğu belirtilmektedir (Lubrication, 1965 s. 148).

Çizelge 4. Bakır-Kurşun yatak aşınma testi.

Özellikler	Ticari LPG Motoru		Benzin Motoru
	Katıksız madensel yağ SAE 30	Oksidasyon önleyici SAE 30	Oksidasyon önleyici SAE 30
Yağ Cinsi			
Temizlik oranı (%) Piston	82	95	90
Yatak aşınması mg/yatak	4186	1183	90
Nötralizasyon sayısındaki artış	5,4	3,2	2,2
Viskozite artışı (98°C'de) SÜS	36	6,8	3

5. SONUÇ

LPG'ı benzin özelliklerini taşımasına karşın, bunun hiç bir önlem alınmadan benzin motorlarında kullanılması, birçok yararlarını yok etmektedir. Bu bakımdan motordan arzu edilen performansın sağlanması ancak motorun LPG özelliklerine göre düzenlenmesine bağlıdır. Bu da birçok motorda LPG uygulamasına karşın en iyi performansın, LPG isteklerine uygun olarak hazırlanmış olan motorlardan elde edildiğini, yapılan test sonuçları kanıtlamaktadır.

LİTERATÜR ÖZETİ

- Crouse, W.H., 1956. Automotive Mechanics Mc-Graw Hill Book Company, Inc. New York s. 220-224.
- Hunt, D., 1977. Farm Power and Machinery Management Iowa State University Press, Ames, Iowa s. 228.
- Jones, F.R., 1963. Farm Gas Engines and Tractors Me-Graw Hill Book Company Inc. New York s. 186-191.
- Kuşhan, B., 1974. Zirai Kuvvet Makinaları İçten Yanmalı Motorlar ve Traktör, Atatürk Üniversitesi Ziraat Fak. Yayınları No: 172, s. 116-118.
- Liljedahl, J.B. ve Arkadaşları, 1979. Tractors and Their Power Units John Willey and Sons New York s. 76-77.
- Lubrication, 1956. LPG-Engine Fuel and Lubricant Requirements The Texas Company, Vol: 42, No: 11, s. 133-148.
- Stockel, M.W., 1969. Auto Mechanics Fundamentals. The Goodheart Willcox Company, Inc. South Holland, Illinois s. 153.