

75136

BOSCH 2400 S BENZİNLİ ELEKTRİK JENERATÖRÜNÜN LPG İLE
ÇALIŞTIRILMASI

75136

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Mak. Müh. C. Aydın İŞLER

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 19.01.1998

Tezin Savunulduğu Tarih : 13.02.1998

Tez Danışmanı

: Prof. Dr. Metin ERGENEMAN 9.2.98 112

Diğer Jüri Üyeleri

: Prof. Dr. Ertuğrul ARSLAN 13.3.98 112

Doç. Dr. Turgut ÖZAKTAŞ 9.3.98 112

ŞUBAT 1998

ÖNSÖZ

Bu çalışma kapsamında 2. 5 kVA sürekli çıkış gücünde, Suzuki V 160 A motoru ile tahrikli BOSCH elektrik jeneratörü, LPG ile çalışacak şekle dönüştürüldü.

Temel olarak yapılan dönüştürme işi yeni bir kavram olmamasına rağmen, böyle bir elektrik jeneratörü üzerinde yapılan ilk çalışma olması, yapılan çalışmaya önem kazandırıyor.

Bunun yanında lisans ve yüksek lisans yılları boyunca yaptığım en zevkli çalışmayı yapma imkanı buldum.

Bu çalışmalar boyunca bana önderlik eden, yol gösteren, çalışmayı yöneten ve sabrını hiç esirgemeyen sayın hocam Prof. Dr. Metin Ergeneman'a, deneylerin sağlıklı bir şekilde yapılmasını ve bilgi kaynaklarına ulaşmamı sağlayan sayın Araş. Gör. Mehmet Mutlu'ya, ayrıca yine engin tecrübesi ile çalışmaya katkıda bulunan sayın Mustafa Kavitaş Bey'e ve diğer otomotiv kürsüsü personeline, deneyde kullandığımız Bosch 2400 S 2.5 kVA jeneratörü çekinmeden veren ve Bosch Jeneratör Fabrikası ile bağlantıya geçmemi sağlayan sayın Sacit İşbilir'e, büyük yardım ve hoşgörülerinden dolayı Onur Özdağdeviren ve ailesine, ve son olarak her zaman tecrübesi, bilgisi ve emeği ile beni her konuda desteklemiş olan sevgili babam İhsan İşlier'e teşekkür etmeyi bir borç biliyorum.

C. Aydın İŞLİER

OCAK 1998

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ	II
İÇİNDEKİLER	III
SEMBOL LİSTESİ	V
ŞEKİL LİSTESİ	VI
TABLO LİSTESİ	VII
ÖZET	VIII
SUMMARY	IX
BÖLÜM 1 GİRİŞ	1
BÖLÜM 2 İÇTEN YANMALI MOTORLARDA KULLANILAN YAKITLAR	3
2. 1 KATI YAKITLAR	3
2. 2 SIVI YAKITLAR	3
2. 3 GAZ YAKITLAR	5
2. 4 LPG'NİN KİMYASAL ÖZELLİKLERİ	7
BÖLÜM 3 YANMA OLAYI	9
3. 1 YANMA TEPKİMESİ	9
3. 2 YANMA ÇEŞİTLERİ	11
BÖLÜM 4 SIVI YAKITLI MOTORLARIN GAZ YAKITLI MOTORLARA DÖNÜŞTÜRÜLMESİ	13
4. 1 OTTO ÇEVİRİMLİ MOTORLARIN SIVI YAKITTAN GAZ YAKITA DÖNÜŞTÜRÜLMESİ İLE İLGİLİ ESASLAR	13
4. 2 BASİT LPG DÖNÜŞÜM SİSTEMLERİ	14

BÖLÜM 5	BOSCH 2400 S JENERATÖR VE LPG	20
5. 1	KULLANILAN ÖLÇÜM METODLARI VE ÖLÇÜM METODLARININ TANITILMASI.....	21
5. 2	DENEYLERİN YAPILIŞI.....	25
5. 3	DENEYLERİN SONUÇLARI VE SONUÇLARIN İRDELENMESİ	29
BÖLÜM 6	LPG'Lİ SİSTEMİN SATIŞA SUNULABİLİR HALE GETİRİLMESİ	33
BÖLÜM 7	KARŞILAŞILAN SORUNLAR, ÇÖZÜMLERİ VE EDİNİLEN TECRÜBELER	34
7. 1	HAVA DEBİSİ ÖLÇME SİSTEMİNDE HAVA DİRENCİ AYARLANMASI.....	34
7. 2	EGZOS GAZLARININ SAĞLIKLI ÖLÇÜLMESİ.....	34
7. 3	LPG'Lİ DENEYDE GAZ KAÇAKLARI	35
7. 4	HAVA DEBİSİ ÖLÇME SİSTEMİNİN KALİBRASYONU.....	35
BÖLÜM 8	SONUÇLAR VE ÖNERİLER	37
8. 1	SONUÇLAR	37
8. 2	ÖNERİLER	38
KAYNAKLAR.....		40
EKLER.....		41
Ek A.....		42
ÖZGEÇMİŞ.....		43

SEMBOL LİSTESİ

O_{min}	:	Tam yanma için gerekli olan oksijen miktarı
I_{min}	:	Tam yanma için gerekli olan hava miktarı
c	:	Yakıt içindeki kütleli karbon oranı
h	:	Yakıt içindeki kütleli hidrojen oranı
s	:	Yakıt içindeki kütleli kükürt oranı
o	:	Yakıt içindeki kütleli oksijen oranı
λ	:	Hava fazlalık katsayısı
l	:	Yanma reaksiyonuna katılan gerçek hava miktarı
m_h	:	Motora giren hava miktarı
m_g	:	Motora giren gaz miktarı
A_h	:	Gaz karbüratörü ventüri lülesi dar kesit alanı
A_g	:	Gaz memesinin dar kesit alanı
ρ_h	:	Havanın yoğunluğu
ρ_g	:	Gazın yoğunluğu
p_1	:	Emme filtresinden sonraki havanın basıncı
p_2	:	Gaz karbüratörünün ventüri lülesindeki basınç
p_3	:	Gaz besleme basıncı

ŞEKİL LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 4.1 Basit LPG Dönüşüm Şeması	15
Şekil 4.2 Ventüri tipi gaz karbüratörü	17
Şekil 4.3 Ventüri tipi gaz karbüratöründe hava fazlalık katsayısı karakteristiği	18
Şekil 5.1 Bosch 2400 S Elektrik Jeneratörü	19
Şekil 5.2 Elektriksel Yükleme Sistemi	21
Şekil 5.3 Hava Debisi Ölçme Sistemi	22
Şekil 5.4 Sun MGA 1200 Gaz Analiz Cihazı	22
Şekil 5.5 Ölçme Çantası	22
Şekil 5.6 LPG'li Sistem	23
Şekil 5.7 Gaz Karbüratörü	23
Şekil 5.8 Benzinli işletmede ölçülen ve hesap edilen λ 'lar	25
Şekil 5.9 LPG'li işletmede ölçülen ve hesap edilen λ 'lar	25
Şekil 5.10 (Kumanda Mekanizması çizimi)	24
Şekil 5.11 Ayar iğnelerinin sabit konumları için, yüke göre λ 'nın değişimi	26
Şekil 5.12 Sun MGA 1200 ile ölçülen hava fazlalık katsayısı değerleri	26
Şekil 5.13 Ölçülen yakıt ve hava debisi ile hesap edilen hava fazlalık katsayısı değerleri	27
Şekil 5.14 LPG'li ve Benzinli Çalışmalarda Çıkış Gücünün Karşılaştırılması	28
Şekil 5.15 Yüke göre CO emisyonu değişimi	29
Şekil 5.16 Yüke göre CO ₂ emisyonu değişimi	29
Şekil 5.17 Yüke göre HC emisyonu değişimi	29
Şekil 5.18 Yüke göre O ₂ emisyonu değişimi	30
Şekil 5.19 Motorun harcadığı yakıtın yüke göre değişimleri	30
Şekil 5.20 Motorun bir saatte harcadığı yakıtın maliyetlerinin karşılaştırılması	31

TABLO LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 2.1 LPG'nin bileşenlerinin fiziksel ve kimyasal özellikleri	7
Tablo 2.2 Normal benzin ve LPG'nin bazı özellikleri	8



ÖZET

Bu çalışma kapsamında 2. 5 kVA sürekli çıkış gücü olan, benzin motoru ile tahrikli bir elektrik jeneratörünün, LPG dönüşümü gerçekleştirildi.

Jeneratörün LPG dönüşüm sistemi, AYGaz LPG tüpü, LPG detandörü, LPG hortumu, gaz karbüratörü ve de gaz debisi ayar mekanizması ile oluşturuldu. Bu elemanlardan gaz karbüratörü ve ayar mekanizması tasarlandı ve imal edildi. Sistemin diğer elemanları ise piyasadan tedarik edildi.

Dönüştürme sistemi tamamlandıktan sonra, jeneratör önce benzin ile sonra da LPG ile çalıştırılıp, yakıt tüketimleri, hava debileri, egzoz emisyonları ve üretilen elektriğin kaliteleri karşılaştırıldı. Ayrıca LPG'nin kullanılabilirlik açısından, benzine olan avantaj ve dezavantajları incelendi.

Yapılan ölçümlere göre, LPG'li işletmenin, benzinliye oranla çıkış gücünde önemsenir bir fark yaratmadığı gözlemlendi. LPG ile işletmede, jeneratörün çalışma aralığının tamamında, benzinliden daha iyi hava fazlalık katsayıları elde edildi. Bu durumun doğal sonucu olarak özgül yakıt tüketimleri karşılaştırıldığında benzinin LPG'ye oranla, ortalama olarak %28 daha fazla tüketildiği ölçüldü. İşletme maliyetleri açısından ise durum incelendiğinde, benzinli işletmenin ortalama 2. 5 kat daha pahalı olduğu sonucu ortaya çıktı. Egzoz gazları açısından da LPG, hava fazlalık katsayılarındaki iyilik nedeni ile benzinden daha iyi sonuçlar verdi. Üretilen elektriğin kalitesi kıyaslandığında, LPG'nin düşük yüklerde voltaj frekansında oynaklığa sebep olduğu, ancak yükün artması ve hava fazlalık katsayısının 1'e yaklaşmasıyla bu uygunsuz durumun ortadan kalktığı, benzinli işletmede ise, jeneratörün çalışma aralığının tamamında frekansın stabil olduğu tesbit edildi. İlk çalışma açısından da ortam sıcaklığının çok düşük olduğu haller dışında, LPG'nin herhangi bir dezavantaj oluşturmadığı gözlemlendi.

İşletme maliyetlerinin benzinden ucuz olduğu ve işletmede herhangi bir kusur getirmediği için LPG, ilk yatırım maliyetlerine rağmen tercih edilebilir bir yakıt olarak ortaya çıkmış oldu.

SUMMARY

CONVERTING THE ENGINE OF AN ELECTRIC GENERATOR, BOSCH 2400 S, FROM GASOLINE TO LPG

During the year of 1996 it is often spoken about an electric energy scanty and is ever said that the electric nets are insufficient.

With the beginning of the winter this abstract problem became slowly concrete.

Unexpected hours without electric energy was a very big problem for all of the people, most of all for all of the commercial undertakings. Because both the daily and commercial life is depending on the electric energy.

At home, refrigerators, TV's, videos, irons, all kind of washers were functioning with electricity, Shops, butchers, dentists, markets, medical clinics and everything need electricity to survive because the only type of energy, they use. is the electricity

So, this people wanted to solve this problem immediately. The solution must be effective as fast as possible. The fastest solution was to product individually the electricity. That means, they bought an electric generator.

All types and capacities of the generators were sold at this time. Big manufacturers needed a powerful generator, and the shops, butchers etc. needed a smaller, more quite and lighter one. So a lot of people bought a generator. If the electricity was cut off, the generator users were carrying their generator out of their shop and let them run. That way, all kinds of electric generators were jumped in to our daily life.

The use of generators brought a lot of problem with them.

These problems were view, noise and air pollution. This generators were mostly let run on the streets in the front of the shops, where the people were trying to walk. But although this pollution effect of generators, nobody wanted to give up using this machines.

After the increasing of using this small generators in domestic areas there was another problem with fuel providing too. For example, in a dentist, or in a doctor room or home, carrying gasoline in plastic can and fill the tank of the generator with gasoline was dirty, dangerous and difficult. And it was difficult too, to find a fuel station near to the using place of the generator in the middle of the city.

The idea of this thesis was jumped out from this problem. If it could be possible to let run this generator with LPG, so fuel providing would not be able to cause a problem anymore. Because providing of LPG is very easy everywhere in the city because LPG can be ordered by a phone call.

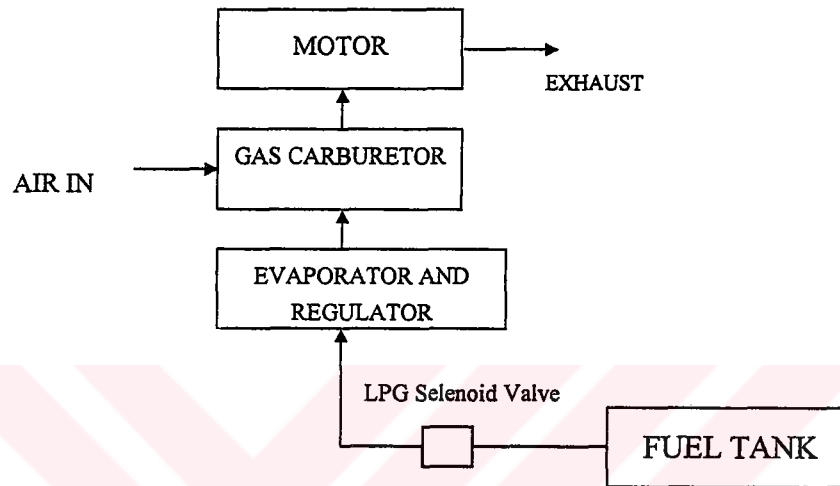
So it's decided to convert a small generator, which was functioning with gasoline, to a electric generator functioning with LPG. Bosch 2400 S electric generator is chosen to be subjected to this converting process. The reason of the selection this type of generators is, that is the most preferred type on the market.

Although that was not the first converting process from gasoline to LPG in Turkey, this thesis could be interesting because it would be the first converting of an electric generator, which is driven by a Otto-gasoline motor.

First of all, it is a standard converting system is considered. A standard converting system must consist of a special fuel tank, an evaporator and pressure regulator, gasoline and LPG selector valves, a gas carburetor and pipes for LPG for high and low pressure.

Our system had include this objects too, but our system must be very cheap and the elements of the system must be very easy to find in the market.

So an AYGAZ LPG tank has been used instead of the special LPG tank. Instead of the evaporator and pressure regulator, a standard 30 mbar kitchen type regulator has been used, which is ever used with AYGAZ LPG tank and instead of LPG pipe, LPG hose pipe for low pressure has been used.



Basic Standard Converting system

That were the elements, which are easy to find in the market. The only constructed and manufactured part of the converting system is the gas carburetor and its gas flow rate adjusting mechanism.

So the first aim was reached. The parts of the converting system were really cheap and easy to provide.

Secondly, what characteristic values be measured and the methods for measuring this characteristics have been decided. After that, the experiment system has been prepared.

During the tests, following values have been measured: The gasoline and LPG consumption, the air flow rate, exhaust emissions the output voltage, output current

and the frequency of the voltage. And the following values have been calculated: The air-fuel ratio (AFR) and the output power. This calculated AFR has been compared with the measured AFR measured by gas analyzer. With this arguments, the changing of the AFR depending the load have been determined.

Gasoline consumption is measured by volume measuring method. LPG consumption is measured by mass measuring method with an electronic weighing machine. Air flow rate is measured by a Flowmeter AVL 4031/500 and the load is measured by digital voltmeter and ampermeter. The exhaust emissions and AFR are measured by SUN MGA 1200 Gas Analyzer. The load is measured electrical because the generator was loaded by a resistance system, which was prepared by hand for this experiment. The reason to load the generator electrical was to maintain the original use form of the generator, in other words it was aimed not to separate the engine and the alternator.

After preparing the measuring system the experiment has began. The experiment could be separate into three steps.

The converting system was mounted on the engine. In this conditions In the first step of the experiment is done; motor is let run with gasoline. After warming up the motor 10 minutes under a load of 500W, the characteristic values are measured and noticed.

As the second step; the generator is let run with LPG. The gas flow rate setting was done transient by hand. In this step the aim was to find out in general, whether engine runs with LPG, if yes how does the AFR behave in changing electrical load.

The observation was, the engine was running with LPG, but with the increasing of the load, the AFR was increasing and with the decreasing of the load, AFR was decreasing. If AFR was measured less then 0. 75-0. 80, fluctuations of the motor revolutions observed and if AFR was climbed over the value 1. 45-1. 5, so the generator reacts as it was overloaded.

So the generator was not able to perform a proper energy output for the whole output range by a constant gas flow range set on the carburetor.

The results of the second step showed, that the realization of the third step was compulsory, in that the gas flow rate would be set continuous

Therefore, a gas flow rate set mechanism is added to the gas carburetor. And then, the generator is let run with LPG, controlling by the new mechanism. The characteristic values are measured again observed that, the generator runs properly in his whole output range, because AFR could be set between 1.21 and 1.004 with this set mechanism.

At least a starting mechanism is added to the gas flow set mechanism and the converted was finally properly realized.

The comparison of both systems can be summarized as below.

- Power Output. There was no significant difference between two systems.
- Fuel Consumption. Because of a better AFR, LPG consumption was less than gasoline consumption for same loads. For example, under full load, LPG consumption was 13 gr/min and the gasoline consumption was 17 gr/min. The unit cost of LPG is approximately the half of the gasoline cost, so the running costs are too cheaper with LPG. It costs 226700 TL per hour under full load with gasoline, where it costs 97500 TL per hour with LPG under same load conditions. It is 2.5 times cheaper to let run the engine with LPG.
- Exhaust Emissions. Because of better AFR values when running with LPG, the exhaust emissions are better than gasoline. A significant difference has been observed at CO emissions. By gasoline system the % vol CO is never measured lower than 6, but by LPG system it is never higher than 1.5.
- Frequency Stability. Gasoline system has a good frequency stability for all loads in range. On the other hand, the output voltage frequency of the LPG system was

getting unstable when the load was decreasing. The result for average and high loads were satisfying.

- **Starting Problems.** If the generator is warmed up or the environmental temperature is not very low, the start with LPG is so easy the starting with gasoline. But if the environmental temperature is very low, starting with gasoline system is recommended.

Although a amount of money is to spend for the conversion, the LPG system has lower running costs, better exhaust emissions, longer running time with one tank of fuel. So converting this generator to LPG system is desirable and rantable.



BÖLÜM 1

GİRİŞ

1996 yazından itibaren Türkiye elektrik kesintisi sorunu ile yeniden karşı karşıya geldi. Önceleri söylenti şeklinde haberi geldi. Sonra gazeteler yazdı ve 1996 sonbaharında elektrik kesintileri kapıyı çaldı.

Elektriğin kesilmesi, büyük ve orta ölçekli fabrikaların yanı sıra küçük ölçekli fabrikaları ve hatta küçük esnafı, doktorları, diş hekimlerini vs. bu soruna bir çare bulmaya yöneltti. Bulunan çare basitti. Bireysel elektrik üretimi; JENERATÖRLER.

Jeneratörler böylece günlük yaşamın içine girdiler ve çabucak ayrılmaz bir parçası oldular. Jeneratörler öyle yaygınlaştı ki, marketler, kasaplar, dispanserler, manavlar, balıkçılar, lokantalar, kiraathaneler, tekeli bayiipleri, kunduracılar; çoğu küçük bir jeneratör edinip kapılarının önüne koydular ve birçok sakıncalarına ve külfetlerine rağmen bu jeneratörleri çalıştırmayı, elektriksiz kalmaya tercih ettiler.

Bu şekildeki jeneratör kullanımının getirdiği en önemli sakıncalar gürültü, görüntü ve hava kirliliği oldu. Katlanmak zorunda kalınan külfetler ise cabası. Bunlar ; hiç hesapta olmayan ve direkt olarak gelir getirmeyecek olan bir yatırımın yapılması, cihazların arızaları ile uğraşılması, çalıştırılacağı zaman jeneratörün çalıştırılacağı

yere taşınması, çalışmadığı zaman gereksiz yer işgal etmesi ve sürekli yakıt ikmali yapılması gerekliliği gibi külfetler idi.

Yakıt ikmali konusu iki farklı şekilde sorun çıkarıyordu. Birincisi, bidon ile taşınan sıvı yakıt, depoya doldurulurken yangın tehlikesi doğuruyor ve mekanı kirletiyor, ikincisi ise yakıt ikmal istasyonlarına şehir içinde, şehrin her yerinden her zaman kolayca ulaşamıyordu.

Yukarıdaki gözlemlerden hareketle bu sorunlara bir çare önerebilmek amacı ile küçük tip jeneratörlerin, evlere kadar dağıtımını yaygın olarak yapılan LPG ile çalışır hale dönüştürülmesi amaçlandı.



BÖLÜM 2

İÇTEN YANMALI MOTORLARDA KULLANILAN YAKITLAR

İçten yanmalı motorlar, yakıt-hava karışımının silindir içinde yakılarak açığa çıkartılan ısı enerjisinin krank-biyel mekanizması marifetiyle hareket enerjisine çevrildiği kuvvet makinalarıdır. Silindir içerisinde yakılan yakıtlar üç ana grupta toplanırlar. Bunlar katı sıvı ve gaz yakıtlardır.

2.1 KATI YAKITLAR

İçten yanmalı motorlarda katı yakıt olarak kömür tozu kullanılmıştır. Pawlikowsk deneysel boyutta kömür tozu ile motorunu çalıştırmış, fakat aşınma nedeni ile yakıt, günlük kullanımda yaygınlaştırılamamıştır.

2.2 SIVI YAKITLAR

İçten yanmalı motorlarda sıvı yakıt olarak çeşitli hidrokarbon karışımları ve alkoller kullanılmaktadır. Sıvı hidrokarbonlar karbon (C), hidrojen (H_2) ana bileşenleri ile az miktarda oksijen (O_2), azot (N_2), kükürt (S), demir (Fe), magnezyum (Mg), potasyum (K), fosfor (P) ve çok az miktarda da çinko (Zn), kobalt (Co) ve su (H_2O) ihtiva eder. İyi bir hidrokarbon yakıt ana bileşen olarak C ve H_2 ihtiva eder. Bunun yanında az miktarda O_2 bulundurur. Aşağı yukarı 3000 çeşit hidrokarbon olduğu kabul edilir. Hidrokarbonlar arasındaki fark moleküller içerisindeki karbon atomlarının hidrojen atomları ile bağlanma şekillerine ve molekül içerisindeki karbon atomu sayısına bağlıdır. Bu çeşitliliğe rağmen hidrokarbonlar dört ana gruba ayrılabilirler.

2.2.1 Parafinler

Normal parafinler ve izoparafinler diye ikiye ayrılırlar. Bu tür hidrokarbon moleküllerinde karbon atomları zincir şeklinde birbirlerine bağlanmışlardır. Parafinler $C_n H_{2n+2}$ formülü ile tanımlanır.

2.2.2 Aromatlar

Aromatlar karbon atomlarının dairesel bir dizilişle birbirlerine bağlandıkları hidrokarbon molekülleridir. Ana formülleri $C_n H_{2n}$ dir.

2.2.3 Naftenler

Naftenlerde de karbon atomları dairesel dizilişle ancak birer bağla birbirlerine bağlanmışlardır. Ana formülleri $C_n H_{2n}$ dir.

2.2.4 Olefinler

Bu tip hidrokarbonlarda karbon atomları düz zincir ve de pek az şekilde çatallı veya dairesel şekilde birbirlerine bağlanmışlardır.

2.2.5 Alkoller

Bir diğer sıvı yakıt cinsi de alkollerdir. Motor yakıtı olarak alkoller ilk olarak 1920-1930 yıllarında Almanya'da kullanılmışlar ancak daha sonraları kullanımları hidrokarbon yakıtlar kadar yaygınlaşmamıştır. 1970'lerden başlamak üzere Brezilya'da tercih edilir olmuşlardır.

Yakıt olarak kullanılan alkoller metanol (CH_3OH) ve etanol (C_2H_5OH)'dür.

Metanol tabiatta metil esterleri veya ester halinde klorofilde bulunur. Kömür, doğal gaz, bazı organik maddeler, şehir atıkları ve kireçten elde edilebilir.

Etanol ise tabiatta serbest olarak bulunmaz. Ester ve eterlerine rastlanmaz. Ancak bazı mikroorganizmaların meydana getirdiği bozulma reaksiyonlarında, bilhassa hidrokarbonların fermentasyonunda oluşur.

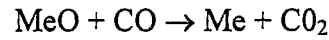
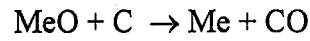
2.3 GAZ YAKITLAR

Gaz yakıtlar hidrojen (H₂), karbonmonoksit (CO), metan (CH₄) ve diğer gaz şeklindeki hidrokarbonlardan oluşurlar.

Bunlardan bazıları aşağıda sıralanmışlardır.

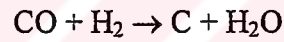
2.3.1.Yüksek fırın gazı

Kok kömürünün hava ile gazlaştırılması sonucu elde edilir. Daha ziyade metal oksitlerin indirgendiği yüksek fırınlarda ortaya çıkan üründür.



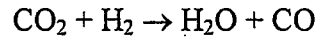
2.3.2 Su gazı

Kok üzerinden su buharı geçirilerek hidrojen-su gazı dengesine benzer şekilde elde edilir.



2.3.3 Jeneratör gazı

Linyit-Taşkömürü ve kokun rutubetli hava eşliğinde su gazı dengesine benzeyen ürünleridir.



2.3.4 Kok fırın gazı

Taş kömürünün kuru damıtılmasında yani havasız olarak gazlaştırılmasında sıcaklık 1300°K'e çıkarılır. Burada metan teşekkül eder. Bunun ayrışması sonucu ortaya kok fırın gazı gazı ortaya çıkar.

2.3.5 Basınçlı jeneratör gazı

Taş kömürünün bol hava ile gazlaştırılmasından elde edilir.

2.3.6 Linyit gazı

Linyitin 870°K altında kuru damıtılmasından elde edilir.

2.3.7 Ayrışma gazı

Yakıt yağı, benzin gibi sıvı yakıtlar, artık gazlar, LPG gibi gazların bol hava eşliğinde termik ya da katalitik olarak ayrışmasından elde edilir.

2.3.8 Şehir gazı

Kok fırın gazı ile jeneratör gazı veya su gazının karışımıdır.

2.3.9 Rafineri gazı

Petrolün damıtılmasında ardgaz olarak ortaya çıkan gazdır.

2.3.10 Hava gazı

İçinde %30-%35 uçucu madde ihtiva eden gazlı taşkömürünün kuru damıtılmasından elde edilir.

2.3.11 Biogaz

Organik çöp ve atıklardan mayalanma sonucu elde edilen gazdır. Taze gübre, patojen mikroorganizmaların yok edilmesi, bir takım kimyasal dönüşümlerin oluşması ve azot-karbon oranının yükselmesi amacı ile gübreliklerde bekletilir. Bu bekleme sırasında karbon ile birlikte azot ve potasyum gibi maddelerin bir kısmı uçar. Eğer bu biyolojik atıklar su ile bir bulamaç haline getirilip oksijensiz ortamda fermentasyona bırakılırsa iyi nitelikte gübre ve enerji değeri yüksek biogaz elde edilir. Ana bileşeni metan ve karbondioksittir.

2.3.12 Hidrojen

Suyun elektrolizi ve başka birtakım metodlar ile elde edilir.

2.3.13 Doğalgaz

Ham petrol gibi yer katmanları arasında sıkışmış durumda bulunur. Sondaj yapılarak yeryüzüne çıkarılırlar.

2.3.14 Sıvılaştırılmış petrol gazı (LPG)

Petrol rafinerilerinde üretilirler. Türkiye’de %70 butan ve %29 propandan oluşur. Avrupa’da ise bu oran terstir.

2.4 LPG’NİN KİMYASAL ÖZELLİKLERİ

LPG, bazı hidrokarbon gazların değişik oranlarda karışımlarından oluşmaktadır. Üretildikleri yer ve şartlara bağlı olarak farklı kimyasal bileşimlere sahip olurlar.

Örneğin Avrupa’da kullanılan LPG’de bütan oranı düşük, propan oranı yüksektir (max %30 bütan ve min %70 propan). Türkiye’de ise bu oran tam tersine bir şekildedir (max %30 propan ve min %70 bütan).

Tablo 2.1 LPG’nin bileşenlerinin fiziksel ve kimyasal özellikleri

GAZLAR	PROPAN	BUTAN
Kimyasal Formül	C_3H_8	C_4H_{10}
Moleküler Ağırlığı	44	58
Sıvı Yoğunluk [kg/litre]	0.58	0.584
Kaynama Noktası [°C]	-42	-0.5
Tutuşma Noktası [°C]	510	490
Tutuşma Sınırları (Hacimsel %)	2.1 - 9.5	1.5 - 8.5
Yanma için gerekli hava miktarı	12.15 m ³ hava/kg yakıt	12.02 m ³ hava/kg yakıt
Buharlaştırma ısısı [J/kg]	355	370
Alt Isıl Değer [kJ/kg]	46273	49262

Tablo 2.2 Normal benzin ve LPG'nin bazı özellikleri

	Normal Benzin	LPG
Stokiyometrik Yanma Oranı	14.7	15.5
Alt Isıl Değer [MJ/kg]	44.3	45.77
Yoğunluk [kg/litre]	0.75	0.56
Fiyat [TL/kg]	222267	125000
Fiyat [US\$/kg] (1 US\$=200000 TL)	1.11	0.625



BÖLÜM 3

YANMA OLAYI

Isı enerjisi günümüzün teknolojisinde çoğunlukla yanma tepkimesi sonucu elde edilir. Yanma, genel olarak bir maddenin oksijen ile eksotermik şekilde reaksiyonudur . Bu maddeler çoğunlukla karbon, hidrojen ve hidrokarbonlardır.

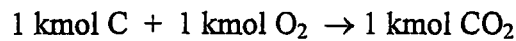
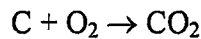
Oksijen ile reaksiyona girerek enerji açığa çıkaran bu maddelere yanma reaksiyonu içinde yakıt denir. Yanma için gerekli olan oksijen genel olarak havadan tedarik edilir.

Yakıt ile oksijenin tepkimeye başlayabilmeleri için önce yakıtın kendisine has olan tutuşma sıcaklığına çıkarılması gereklidir. Ancak bundan sonra reaksiyon başlar ve zincirleme olarak devam eder.

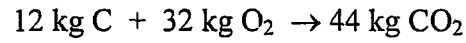
3.1 YANMA TEPKİMESİ

Yakıtlarda bulunan hidrojen H₂, karbon C, ve kükürt S yanma sonucu H₂O, CO₂ ve SO₂'ye dönüşür. Kurulan reaksiyon eşitliklerinden tam yanmanın oluşabilmesi için gerekli en az oksijen miktarı hesaplanır.

Şöyleki;



yani



Buradan yakıtın tam yanabilmesi için gerekli en az oksijen miktarı;

$$o_{\min} = (1/12) \text{ kmol/kg C} \quad (3.1)$$

ya da

$$O_{\min} = 1 \text{ kmol/kmol C} \quad (3.2)$$

olarak bulunur.

Buradan gerekli hava miktarına

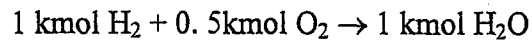
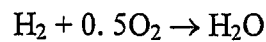
$$l_{\min} = (o_{\min}/0.21) \text{ kmol hava/kg C} \quad (3.3)$$

ya da

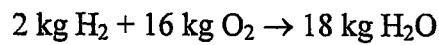
$$L_{\min} = (O_{\min}/0.21) \text{ kmol hava/kmol C} \quad (3.4)$$

formülleri ile geçiş yapılabilir.

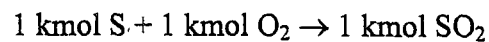
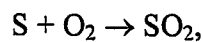
Aynı şekilde aşağıdaki reaksiyon denklemleri de geçerli olur.



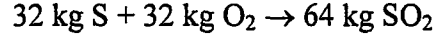
ya da



ve



ya da



c, h, s, o yakıtın içindeki kütleli olarak karbon, hidrojen, kükürt ve oksijen oranlarını gösterebilir. O halde bu elementleri içeren herhangi bir yakıtın tam olarak yanması için gereken oksijen veya hava miktarı şu ifadeler ile belirlenir.

$$o_{\min} = (c/12 + h/4 + s/32 - o/32) \text{ kmol/kg yakıt} \quad (3.5)$$

Bu hesap tam yanma için geçerlidir. Gerçekte meydana gelen yanma olaylarında ise gerekli oksijen ve dolayısı ile gerekli hava her zaman yanmaya iştirak etmeyebilir ya da gerekenden fazla iştirak ediyor olabilir. İşte yanma olayının şeklini tayin eden ve tanımlayan bir karakteristik büyüklük tanımlanmıştır ki bunun adına hava fazlalık katsayısı λ denmiştir.

Buna göre yanmaya katılan gerçek hava miktarı l aşağıdaki gibi hesap edilir:

$$l = \lambda \cdot l_{\min} = (\lambda \cdot o_{\min} / 0.21) \text{ kmol hava/kmol yakıt} \quad (3.6)$$

olarak hesap edilir.

Yani Hava fazlalık katsayısı $\lambda = (\text{Yanmaya katılan gerçek hava miktarı}) / (\text{Tam yanma için gerekli hava miktarı})$

dır.

3.2 YANMA ÇEŞİTLERİ

λ 'nın çeşitli değerleri için değişik yanma şekilleri tarif edilmiştir.

3.2.1 Teorik tam yanma (TTY)

$\lambda=1$ olduğu kabul edilen yanma reaksiyonlarıdır. Yanma sonucu ürünler CO_2 , H_2O , SO_2 ve N_2 'dir.

3.2.2 Tam yanma (TY)

$\lambda > 1$ olan yanma durumudur. Yanma ürünleri TTY'ya ek olarak O_2 gelir. Yanmaya giren karışıma fakir karışım denir.

3.2.3 Eksik yanma (EY)

$\lambda < 1$ olan yanmadır. Yanma ürünlerinin CO_2 , H_2O , SO_2 , N_2 ve ayrıca CO , H ve çeşitli hidrokarbonlar ihtiva ettiği görülür. Yanan bu karışım zengin karışımdır.

3.2.4 Kısmi eksik yanma (KEY)

Bu yanma şeklinde λ bölgesel olarak 1'den küçük veya 1'den büyüktür. Bu durumlara uygun olarak yanma ürünleri ortaya çıkar.



BÖLÜM 4

SIVI YAKITLI MOTORLARIN GAZ YAKITLI MOTORLARA DÖNÜŞTÜRÜLMESİ

Otto gaz motorları sadece gaz formundaki yakıt ile çalışmakta olup, silindirin içine gaz hava karışımı emilmekte sıkıştırılan dolgunun dışarıdan bir etkiyle tutuşması ve yanması sağlanmaktadır.

4.1 OTTO ÇEVİRLİ MOTORLARIN SIVI YAKITTAN GAZ YAKITA DÖNÜŞTÜRÜLMESİ İLE İLGİLİ ESASLAR

Otto çevrimi ile çalışan benzin motorlarının gaz motoruna dönüştürülebilmesi kolay ve basit olmalı, gerektiğinde motor her iki yakıt ile de çalıştırılabilmelidir. Ayrıca büyük konstrüktif değişiklikler de gerektirmemelidir.

4.1.1 Sıkıştırma Oranı

Motorun sıkıştırma oranı, seçilen gaz yakıtın vurutuya direncine uygun olmalıdır. Yüksek sıkıştırma oranlarında yakıtın metan ihtiva eden yakıtlardan seçilmesi vurutu problemini azaltacaktır. Yakıtın vurutuya direncinin düşük olması halinde motorun sıkıştırma oranının azaltılması gerekmektedir ki, bu da motorda konstrüktif değişikliklere neden olacak ve ayrıca sıkıştırma oranının azaltılmasıyla motorun verimi ve gücü azalacaktır. Bu nedenle benzin motorunun gaz motoruna dönüştürülmesinde seçilen gaz yakıtın vurutuya direncinin motorun sıkıştırma oranına uygun olması ilk aranan şarttır.

4.1.2 Emme

Gaz motorlarında benzin ve havanın karışmasını sağlayan karbüratör yerine gaz ile havayı istenen oranda karıştıran ve istenen basınçta gazı emme kanalına sevk eden emme sistemine ihtiyaç vardır. Bu amaçla çeşitli firmalar tarafından çeşitli gazlar ve çalışma şartları için emme sistemleri geliştirilmiştir. Gazın sıvı formda depolanarak kullanılması halinde gazın emilmesine gerek olmayıp bu sistemde gaz atmosfer basıncının üzerindeki bir basınç ile ve sıvı halde gaz basınç regülatörüne gönderilir. Burada gaz formuna dönüştürülerek basınç ayarı yapılan gaz, karışım odasına sevk edilir. Gazın sıvı olarak depolanması durumunda, basınç regülatöründe basınç düşürülerek gazlaştırma sırasında gerekli olan ısı motorun soğutma suyundan sağlanır. Motor istendiğinde sıvı yakıtla da çalışabilmesi için geliştirilen sistemlerde karbüratör ile gaz karışım odası üstüste bulunur. .

4.1.3 Ateşleme

Gaz yakıtların çeşitlerine göre yanma başlangıcı için gerekli tutuşma enerjisinin daha fazla olması nedeniyle, ateşleme sisteminin daha yüksek enerjiyi sağlayacak şekilde geliştirilmesi gerekir. İlk hareket zorluğu problemini ortadan kaldırmak için motoru önce sıvı yakıt ile çalıştırıp daha sonra gaz yakıtı geçilmesi bir çözüm şeklidir. Gaz yakıtların yanma hızlarının da farklı olması ateşleme zamanında da değişiklik yapılmasını gerektirmektedir. Gaz yakıtlarda yanma hızları daha düşük olduğundan bu sorun erken ateşleme ile giderilebilir. Gaz yakıtı en uygun ateşleme zamanının deney ile bulunması gerekmektedir. Örneğin LPG ile çalışmada yüksek dönme sayılarında optimum ateşleme noktası daha geç noktalardadır.

4.2 BASİT LPG DÖNÜŞÜM SİSTEMLERİ

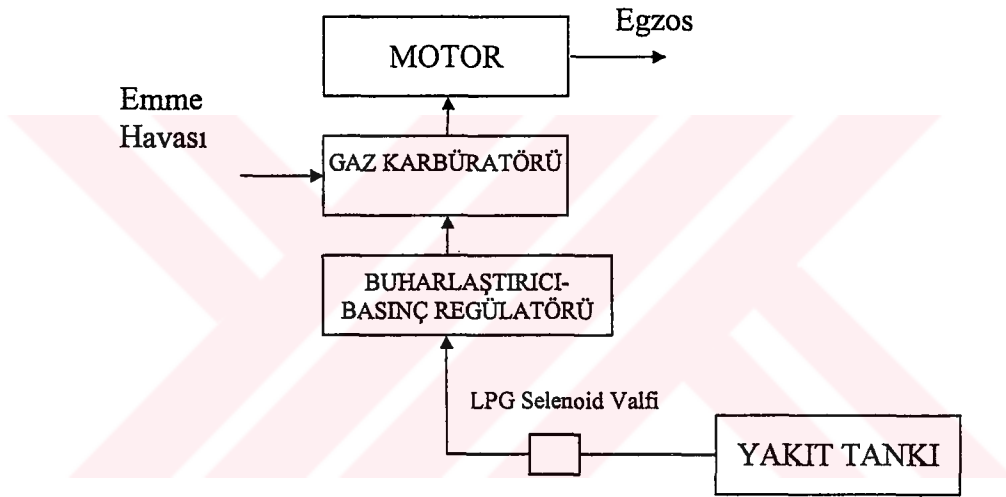
Gaz yakıt ile çalıştırılacak motorlarda gazın güvenli bir şekilde depolanması, istenilen hava-yakıt oranında dolgunun hazırlanabilmesi ve istenilen basınçta silindire gönderilebilmesi için bazı ekipmanlara ihtiyaç vardır. Bunlar

- Yakıt tankı, kumanda ve emniyet valfleri
- Buharlaştırıcı-Basınç regülatörü
- Benzin ve LPG kumanda valfleri

- Gaz karbüratörü
- Yüksek basınçlı LPG taşıma borusu
- Düşük basınçlı gaz borusu

4.2.1 Yakıt tankı

Yakıt tankı propan-butan karışımından oluşan petrol gazını, sıcaklığına ve bileşen oranlarına bağlı olarak, basınç altında (%70 propan ve %30 butan bileşimi için -15°C'da 1.5 bar ve +35°C'da 10 bar) ve sıvı fazda tutacak şekilde imal edilmiştir. Bu tüplerin:



Şekil 4.1. Basit LPG Dönüşüm Şeması

- Test basıncı 30-45 bar
- Yırtılma testi basıncı 100 bar
- Malzemesi DIN 17100'e göre St37-2 veya St37-3'tür.

Tank üzerinde

- %80 dolum sınırlı, geri dönüşsüz, mekanik kilitlenmeli dolum valfi
 - Basınç emniyet valfi (25 bar için ayarlı)
 - LPG kullanma valfi
 - Yakıt miktarı göstergesi
- bulunmaktadır.

Yakıt tankının yalnızca hacim olarak %80'inin LPG ile doldurulması şartı emniyet açısından çok önemlidir. Çünkü örneğin tank 15°C %80 doldurulmuş ise basıncı 6.5 bar iken sıcaklık 50°C'ye çıkarıldığında basınç 16.8 bar'a çıkmakta, eğer yakıt tankı 15°C'de %90 doldurulmuş ise sıcaklık 50°C'ye çıkarıldığında bütün tank hacmi sıvı gaz ile doldurulmakta ve basınç mukavemet sınırlarının çok üstüne çıkmaktadır.

4.2.2 Buharlaştırıcı ve Basınç Regülatörü

Bu eleman motor bölmesine sıvı fazda gelen petrol gazını genişleterek gaz fazına çevirirken, motorun tükettiği yakıt miktarını sağlayacak şekilde bir besleme yapar. LPG'nin sıvı fazdan gaza geçerken gerek duyduğu ısının büyük bir bölümü motorun soğutma suyundan sağlanmaktadır. Basınç düşürme ve regülasyon iki kademede yapılmaktadır. Birinci kademede LPG buharlaştırılıp basıncı 1.45-1.65 bara(mutlak) düşürülür. İkinci kademe çıkışı motora gaz yakıt sağlamaktadır. Bu kademenin çıkış basıncı motorun dönme sayısı ve gaz kelebeği açıklığının belirlediği gaz-yakıt debisini sağlayacak şekilde değişir.

Basınç regülatörü, motor çalışmadığı sürece motora olan gaz akışını önleyecek, soğukta ilk harekette ise gerekli zenginlikte yakıt-hava karışımını motora gönderecek ek donanımlara sahip olmalıdır.

4.2.3 Benzin ve LPG kumanda valfleri

Bunlar benzin ve yüksek basınçlı LPG boru devreleri üstünde bulunan ve elektriksiz durumda kapalı olan selenoid valflerdir. LPG valfi genellikle bir filtre ile donatılmıştır. Bu valfin test basıncı 50 bardır.

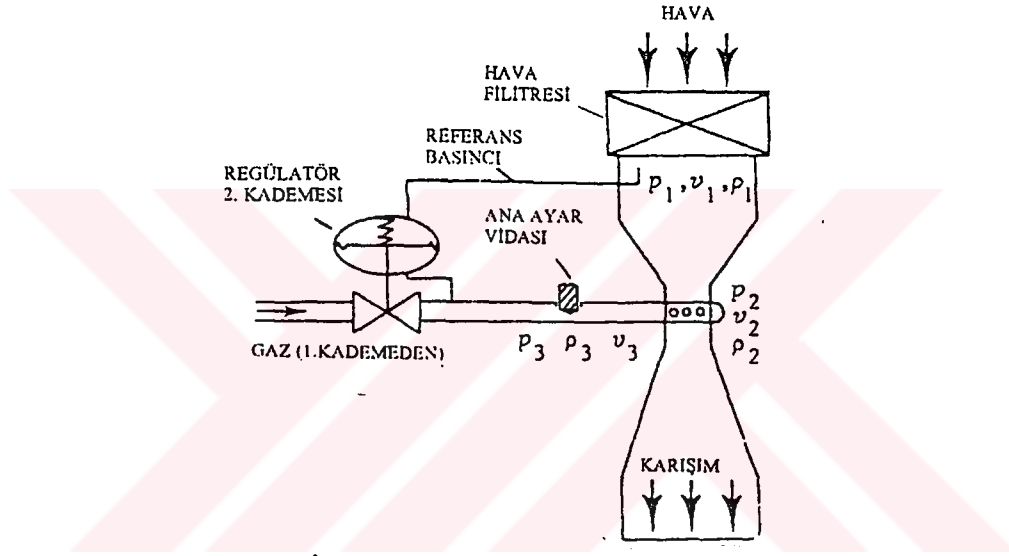
4.2.4 Gaz karbüratörü

Karbüratör, gerekli hava fazlalık katsayısını sağlayacak miktarda petrol gazını motor emme havasıyla, mümkün olduğunca homojen bir şekilde karıştıran organdır. Motorda hava filtresi ile benzin karbüratörü arasına ya da benzin karbüratörü ile gaz kelebeği arasına takılabilir. Nereye takılacağı motorun şekline ve uygun bir yer olup olmamasına bağlıdır.

Genelde dört tip gaz karbüratörü kullanılır. Bunlar:

1. Ventüri tipi
2. Vortex karbüratörü
3. Orifiz tipi
4. Değişken ayarlı karbüratör

Bunlardan en basit olanı orjinal benzin karbüratörünün içine bir boru yerleştirilmiş olanıdır. Ancak bu sistem basitliğine karşın karbüratörün yerinden sökülüp işlenmesini gerektirmektedir. Buna bir örnek Şekil 4.2. de görülmektedir.



ŞEKİL 4.2 Ventüri tipi gaz karbüratörü

Gaz karbüratörü ideal olarak motorun dönme sayısına ve gaz keleşği açıklığına bağı olarak uygun bir (LPG için $\lambda=1$ bu 1/15. 5 civarındadır) gaz yakıt debisini sağlamalıdır.

Eğer karbüratördeki akış hızlarında havayı ve gazı sıkıştırılmaz kabul edecek olursak motorun hava debisi:

$$m_h = A_h \cdot [\rho_h (p_1 - p_2)]^{0.5} \quad (4.1)$$

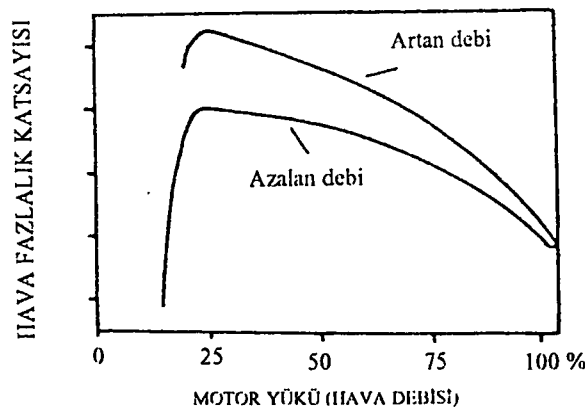
ve gaz debisi için

$$m_g = A_g \cdot [\rho_g (p_3 - p_2)]^{0.5} \quad (4.2)$$

olur.

Burada p_1 hava filtresinden sonraki emme kanalı basıncı, p_2 gaz karbüratörünün ventüri lülesindeki basınç ve p_3 gaz regülatörü ikinci kademe çıkış basıncı, A_h gaz karbüratörü ventüri lülesi dar kesit alanı, A_g ise gaz karbüratörü toplam gaz geçiş alanıdır. Sabit bir gaz-hava oranı sağlayabilmek için p_3 ve p_1 'in orantılı değişmesi gerektiği görülmektedir. Buna göre gaz regülatörünün ikinci kademesi gaz debisinden bağımsız olarak sabit p_3 basıncını sağlamalıdır. Ancak p_1 , emme filtresinden sonraki değer olduğu ve aerodinamik kayıplar nedeniyle hava debisine bağlı olarak değiştiği için regülatörün sağladığı p_3 gaz besleme basıncının da paralel olarak değişmesi gereklidir. Bu nedenle basınç regülatörünün ikinci kademesi referans basıncı için emme filtresinden sonraki bir noktaya bağlanabilir. Pratikte gerek hava ve petrol gazının sıkıştırılabilir oluşu, özellikle gaz devresindeki Reynolds sayısına bağlı sürtünme ve basınç kayıpları gibi etkilerle gerekse de regülatörün istenen besleme basıncını sağlayamaması nedeni ile arzu edilen sabit gaz-hava oranı elde edilememektedir. Debinin artışı ve azalışı yönünde de farklı oranlar elde edilmesi gaz regülatörünün yapısından kaynaklanan histerizis nedeniyledir.

Basınç regülatörü ile gaz karbüratörü arasında bulunan bir ana ayar musluğu ile gaz miktarı istenilen hava fazlalık katsayısını verecek şekilde ayarlanmaktadır. Ancak bu ayar motorun tek bir çalışma noktasında yapılabilir. Bunun dışındaki noktalarda istenilen λ' dan sapılacaktır.



Şekil 4.3 Ventüri tip karbüratörde hava fazlalık katsayısı karakteristiği

4.2.5 Yüksek basınçlı sıvı gaz taşıma borusu

Bu boru bakırdan olup basınçlı sıvı petrol gazını yakıt tankının kullanma valfinden alarak motor bölmesine taşımaktadır. Bakır boru 45 bar ile test edilmiş, üstü plastik korumalı olmalıdır.

4.2.6 Düşük basınçlı gaz borusu

Bu boru buharlaştırıcı regülatörden gazı alıp gaz karbüratörüne taşır. Petrol gazının korozyon etkisine karşı dirençli, ve 100mbar'lık basınçlar için sızdırmaz olmalıdır.



BÖLÜM 5

BOSCH 2400 S JENERATÖR VE LPG

2.9 kVA maksimum, 2.7 kVA sürekli çıkış gücü olan Bosch 2400 S Model Suzuki V 160 A benzin motorlu jeneratörün LPG ile işler şekle dönüştürülmesi, tezin konusunu teşkil ediyordu. Jeneratörün dönüştürme işlemleri ve testler sırasında motor alternatöründen sökülmedi ve bütün ölçümler elektriksel yüklemeler altında yapıldı. Bunun sebebi bu kitin asıl kullanım şeklini bozmamaktır.



Şekil 5.1 Bosch 2400 S Elektrik Jeneratörü

Bunun yanında tasarlanacak dönüştürme sisteminin ucuz, kolay takılıp sökülebilir ve kullanılacak hazır parçaların da piyasadan yaygın ve ucuz bir şekilde temin edilebilir olmasına özen gösterildi.

Yapılan çalışmada sırası ile aşağıda belirtilmiş olan adımlar takip edildi:

1. Deneyde tesbit edilecek karakteristik değerlerin, hangi metodlarla ölçüleceği belirlendi.
2. Deney düzeneği kuruldu. Gerekli elektriksel ölçüm ve yükleme sistemleri imal edildi.
3. LPG ile işletme için gerekli parçalar imal edildi ve motora monteleri gerçekleştirildi.
4. Jeneratör benzin ile çalıştırıldı. Karakteristik büyüklükler ölçüldü.
5. Ölçülen hava fazlalık katsayıları, hesap yolu ile bulunan hava fazlalık katsayıları ile karşılaştırıldı. Deney düzeneğinin güvenilirliği sınandı.
6. LPG'li işletme yapıldı. LPG'li sistem geliştirildi. Yine benzinli çalıştırmada olduğu gibi karakteristik büyüklükler ölçüldü.
7. LPG'li işletmenin sonuçları benzinlininkilerle karşılaştırıldı. Bu motorun LPG'ye dönüştürülmesinin uygun olacağı kararı verildi.

5.1 KULLANILAN ÖLÇÜM METODLARI VE DENEY TESİSATININ TANITILMASI

Deneylere başlamadan önce kullanılacak ölçüm metodları belirlendi ve bu deneylerde kullanılacak ölçüm elemanları hazırlandı. Bunlardan bazıları imal edildi ve deney düzeneği oluşturuldu.

Deney tesisatı üç bölümden oluşuyordu. Bunlar jeneratörün yüklemesinin yapıldığı yükleme elemanları, karakteristik değerlerin ölçümlerinin yapıldığı ölçme elemanları ve tabii ki LPG'ye dönüştürülecek olan jeneratörün kendisi idi.

5.1.1 Kullanılan yükleme elemanları

LPG dönüşümü yapılan motorun bir alternatöre akuple olduğu ve bu kiti bozmadan elektriksel olarak yükleyerek ölçümlerin yapılmasının planlandığı daha önce belirtilmişti. Jeneratör yüklenirken çekilen akım ile voltaj arasında faz farkı oluşmasın diye yükleme sistemi rezistanslardan oluşturuldu. Öyleki 250W, 500W, 1000W, ve yine 1000W'lık dört adet rezistanstan kurulu ve her bir rezistansın ayrı bir

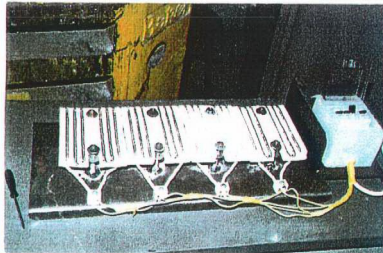
şalterle devreye sokulup çıkarılabildiği bu rezistans kiti ile jeneratör 0W'tan 2750W'a kadar 250'şer Watt'lık kademelerle yüklenebiliyordu (Şekil 2).

5.1.2 Kullanılan ölçme elemanları ve bu elemanların ölçme metodları

Bu deneyde motorun benzin ve LPG ile çalışırken bizi ilgilendiren karakteristik özellikleri; yakıt sarfiyatı, ve egzoz emisyonları idi. Kompakt bir kit olarak da jeneratörün yük-frekans değişimi, frekans stabilitesi ve gücü gözlemlendi ve ölçüldü. Jeneratörün benzin sarfiyatı hacimsel ölçme metodu ile belirlendi. Bunun için cam yakıt balonları kullanıldı.

LPG tüketimi ise ağırlıksal ölçüm metodu ile ölçüldü. LPG tüpünün ağırlığını ölçmek için 5g. hassasiyetle ölçüm yapabilen elektronik bir kantar kullanıldı. Aygaz tüpü önce motora bağlı olmadan, detandörsüz şekilde tartıldı, sonra motora bağlandı ve motor bu tüpten beslenerek 15 dakika süreyle belli bir yük altında çalıştırıldı. Daha sonra tüp yeniden detandöründen sökülerek elektronik kantarla tartıldı. Ağırlıkta meydana gelen fark 15 dakikalık süre içinde jeneratörün harcadığı yakıt miktarı olarak belirlendi.

Hava debisi ise hem benzinli hem de LPG'li işletmede bir debimetre kullanılarak ölçüldü. Kullanılan debimetre iki ayrı modülden oluşmakta idi. Bunlar AVL 3015 Indicator ve AVL 4031/500 Flowmeter'di (Şekil 5.3.). Bunlardan başka motorun hava emişindeki darbeli akışı sönmüleyip Flowmeter içinde sürekli bir akış sağlanabilmesi için, debimetrenin (Flowmeter) önüne bir hava deposu yerleştirildi.



Şekil 5.2 Elektriksel Yükleme Sistemi

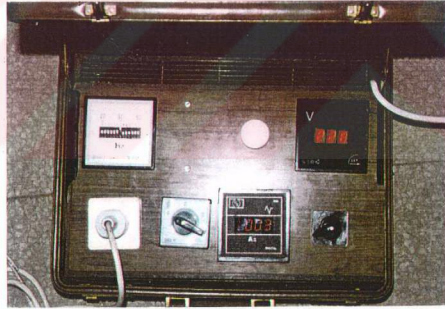
Egzos emisyonları ve λ ise SUN MGA 1200 marka ve tipteki bir gaz analiz cihazı ile ölçüldü (Şekil 5.4).



Şekil 5.3 Hava Debisi Ölçme Sistemi



Şekil 5.4 Sun MGA 1200
Gaz Analiz Cihazı



Şekil 5.5 Ölçme Çantası

Jeneratörden çekilen gücü hesap edebilmek için de, birer dijital voltmetre ve ampermetreden ve titreşim metodu ile frekans ölçen bir frekansmetreden oluşan bir ölçüm kiti kullanıldı (Şekil 5.5).

5.1.3 LPG dönüşüm elemanları

Deneyleri yapılacak bu dönüştürme işleminde Bölüm 4.2 de bahsedilen standart dönüşüm elemanlarından kurulu sistem oluşturulmaya çalışıldı. Bu bölümde tanıtılan yakıt tankı yerine, her LPG bayiinde bulunan bir mutfak tipi Aygaz tüpü, buharlaştırıcı yerine, yine bu tüplerle birlikte kullanılan 300 mmSS sabit çıkış basınçlı detandör, ve gaz iletim borusu yerine de, ve LPG hortumu kullanıldı.



Şekil 5.6 LPG'li Sistem



Şekil 5.7 Gaz Karbüratörü

Dönüştürme sisteminde gazın, motorun emiş havasına karıştırılmasını sağlayacak olan gaz karbüratörü tasarlandı ve imal edildi (Şekil 5.7.). Bu gaz karbüratörünün üzerine 1 ve 2 mm. çapında iki adet delik açıldı ve ayar için iki adet de vidalı iğne kondu. Bu gaz karbüratörü hava filtresi ile benzin karbüratörünün arasına bağlandı.

Çalışmanın ilerleyen aşamalarında karbüratör içindeki basınç değişimlerinin gaz emişini kumanda edemediği ve bu yüzden düşük yüklerde karışımın hava fazlalık katsayısının 0.75 den daha aza indiğini ve de devir regülatörünün vazife göremeyip, jeneratörün devrinin salınıma girdiği tespit edildi. Bundan sonra, hareketini devir regülatöründen alan gaz debisi ayar mekanizması tasarlandı ve gaz karbüratörünün üzerine ilave edildi. (Şekil 5.10)

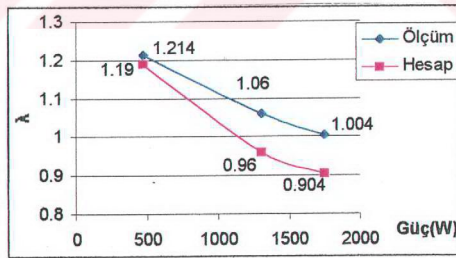
5.2 DENEYLERİN YAPILIŞI

Motorun LPG ile işletilmesinde gerekli olacak elemanlar tamamlanıp motora takılmasından sonra deneylere geçildi.

Öncelikle kullanılan deney düzeneğinin sağlıklılığının sınanması gerekiyordu. Bu yüzden ölçümler, Şekil 5.8 ve Şekil 5.9 da gösterilen hava fazlalık katsayıları elde edilinceye, yani deney düzeneği sağlıklı hale getirilinceye kadar tekrarlandı. Bu aşamada Bölüm 6'da bahsi geçen bazı hatalar tesbit edildi ve giderildi. Bundan sonra hesaplarda kullanılacak değerler ölçülmek üzere asıl deneylere geçildi. Yapılan bu deneylerde aşağıdaki yol izlendi.



Şekil 5.8 Benzinli işletmede ölçülen ve hesap edilen λ 'lar

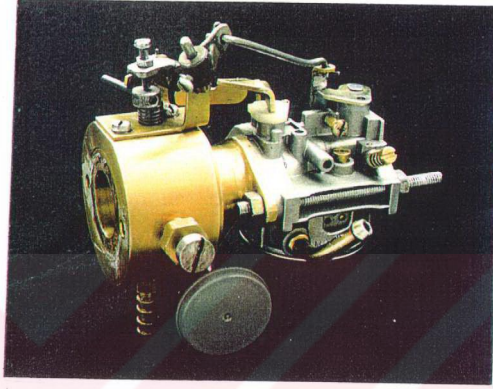


Şekil 5.9 LPG'li işletmede ölçülen ve hesap edilen λ 'lar

5.2.1 Benzinli çalıştırma

Jeneratöre normal benzin kondu. 10 dakika 500W yüklenerek çalıştırıldı ve motor bu şekilde ısıtıldı. Daha sonra sabit dirençlerce 500W, 1500W ve 2500W 'a yakın

yükler ile yüklendi. Her yükte motorun sabit rejime ulaşması için 2 dakika kadar beklendi. Bundan sonra ölçümler yapıldı ve değerler kaydedildi.



Şekil 5.10 Kumanda Mekanizması

5.2.2 LPG'li çalıştırma

Motor orjinal yakıtı olan benzin ile çalıştırılıp karakteristik büyüklükler ölçüldükten sonra, sıra LPG'li çalıştırmaya geldi. LPG'li işletme aşamasında yapılan gözlemlerden anlaşıldı ki LPG'li sistemin bir adım ileriye götürülmesi ve çalışmaya ikinci bir aşama ilave edilmesi gerekiyordu. LPG'li işletmede yapılan iki aşamalı çalışma aşağıda ayrıntıları ile açıklanmaktadır.

5.2.2.1 LPG'li işletmede 1. aşama

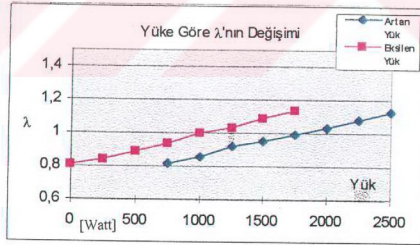
Motor aynen 5. 3. 1 deki gibi ısıtılıp, yüklenmeye başlandı. İlk başta, genel olarak, λ 'nın yüke göre nasıl değiştiği gözlemlendi. Yapılan gözleme göre, tesbit edilen yük- λ ilişkisi, yük arttıkça hava fazlalık katsayısının arttığı, yük azaldıkça hava fazlalık katsayısının azaldığı şeklinde idi. Yani tük arttıkça karbüratör motora gönderdiği gaz miktarını aynı oranda arttıramıyor, karışım fakirleşiyordu. Yük azaldıkça da tam tersine karbüratör gönderdiği gazı kısımlıyor ve karışım zenginleşiyordu. Karışımın

aşırı fakirleştiği ($\lambda > 1.3$) durumlarda jeneratör çöküyor, tam tersine karışımın aşırı zenginleştiği ($\lambda < 0.8$) durumlarda ise motorun devri salınıma giriyordu.

Bu kaba tesbit yapıldıktan sonra daha ayrıntılı bir denemenin yapılması düşünüldü. Acaba jeneratör, çalışma aralığının tamamında, sabit bir gaz ayarı ile çalışabilecek miydi?

Bu soruya bir yanıt verebilmek için jeneratör iki türlü çalıştırılıp gözlemlendi. İlk jeneratör yüksüz çalıştırıldı. λ düzgün çalışmayı sağlayan en küçük değerine ($\lambda \approx 0.8$) ayarlandı (Şekil 5.11 Mavi Eğri). Daha sonra yük, kademe kademe arttırıldı ve λ 'lar ölçüldü. 2000W civarına gelindiğinde karışımın çok fakirleştiği ve jeneratörün çöktüğü gözlemlendi.

Bundan sonra yapılan ikinci denemede ise jeneratör, tam yük ile yüklendi ve λ düzgün çalışmayı sağlayabilecek en büyük değerine ($\lambda \approx 1.2$) ayarlandı. Yük yine kademe kademe azaltıldı (Şekil 5.11 Kırmızı eğri). Bu kez de 500W civarına gelindiğinde, motorun devrinin salınmaya başladığı müşahade edildi.



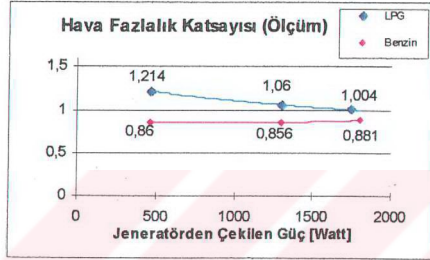
Şekil 5.11 Ayar iğnelerinin sabit konumları için, yüke göre λ 'nın değişimi

Bu iki denemenin sonunda anlaşıldı ki, jeneratörü LPG ile çalıştırmak mümkün olabilecek, yalnız λ 'yı yüke göre sürekli ayar edecek bir sistem gerekiyordu.

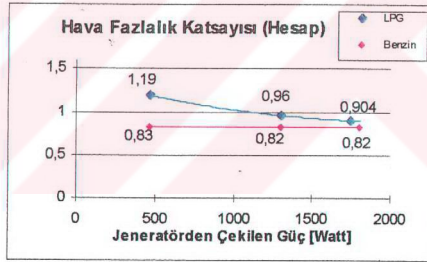
5.2.2.2 LPG'li işletmede 2. aşama

Yapılan bu tesbitten sonra gaz debisini yüke göre ayarlayacak bir mekanizma (Şekil 5.10) tasarlanıp imal edildi ve denemeler yeniden yapılmaya başlandı. Bu

denemelerde, jeneratörün yukarıda anlatıldığı şekilde yüklenip çalıştırılırken karşılaşılan, fakir karışım durumunda çökme ve zengin karışım durumunda da devrin salınımına girmesi olaylarının artık meydana gelmedikleri, sorunun çözülmüş olduğu görüldü. Bu mekanizma ile λ 'nın Şekil 5.12 ve Şekil 5.13' de gösterilen şekilde değişiminin elde edilmesi mümkün oldu.



Şekil 5.12 Sun MGA 1200 ile ölçülen hava fazlalık katsayısı değerleri



Şekil 5.13 Ölçülen yakıt ve hava debisi ile hesap edilen hava fazlalık katsayısı değerleri

Bunlardan başka, yapılmış olan dönüştürme sisteminde eksik kalan bir unsur daha vardı. O da ilk hareket tertibatı idi. Motorun ilk hareketini sağlayabilmek için, motora giden gaz debisini ilk hareket için ayarlayacak bir mekanizma ilave edildi. İlk hareket mekanizması devrede iken motor düşük devirde, düzensiz amam sürekli bir şekilde çalışıyordu. Motorun bu şekildeki çalışması sürerken ilk hareket tertibatı devreden çıkarıldığında ise motor devir regülatörü marifeti ile sabit devrine ulaşıyor ve normal çalışma şekline dönmüş oluyordu.

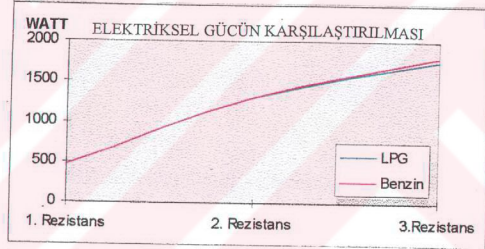
Böylelikle benzinli jeneratör tam manasıyla LPG'ye dönüştürülmüş oldu.

5.3 DENEYLERİN SONUÇLARI VE SONUÇLARIN İRDELENMESİ

Benzin ve LPG ile çalıştırmanın sonunda elde edilen sonuçlar, LPG'li çalışmanın birçok açıdan benzinli çalışmaya oranla daha avantajlı olduğunu gösterdi. Karşılaştırmalar şu başlıklar altında yapıldı.

5.3.1 Benzin ve LPG' nin elektriksel çıkış gücü açısından karşılaştırılması

Jeneratörün benzin ve LPG ile çalışmasında güç açısından kayda değer bir farklılık ölçülmedi. Ancak düşük güçlerde aynı rezistans ile yapılan yüklemelerde LPG daha iyi sonuçlar verdi, yük arttıkça benzin ile daha fazla güç elde etmek mümkün oldu. Ancak bu fark ihmal edilebilir düzeyde idi.



Şekil 5.14

5.3.2 Frekans stabilitesi

Benzinli çalışmada frekans her yükte oldukça stabil olmasına karşın, LPG'li çalışmada frekans λ 'nın 1'e yakın olduğu çalışma noktalarında oldukça stabil, 1'den uzaklaştığı çalışma noktalarında ise biraz hareketlilik gösterdi. Bu durum özellikle λ 'nın 1,3 civarlarında seyrettiği düşük yük durumlarında fark edilir dereceye varmakta idi.

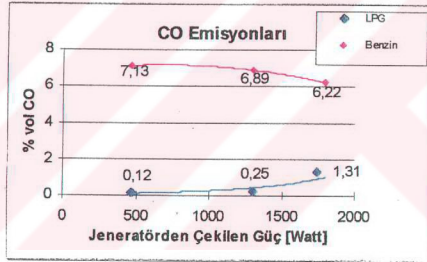
5.3.3 İlk hareket

LPG'li olarak motorun ilk hareketinde herhangi bir zorluk yoktu. Bu durum ilave edilen, ilk hareket tertibatı sayesinde mümkün oldu.

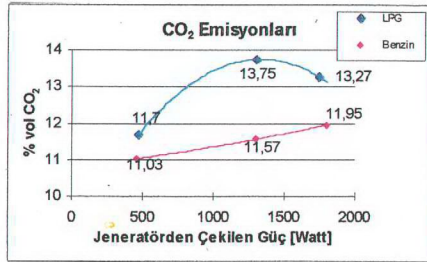
5.3.4 Egzos emisyonları

Genel olarak LPG'li çalışmada hava fazlalık katsayıları benzinliye oranla daha büyük kalmaktaydı. Bu nedenle egzos emisyonları, LPG'li sistemde, benzinli sisteme nispeten daha uygun değerlerde seyretmektedirler.

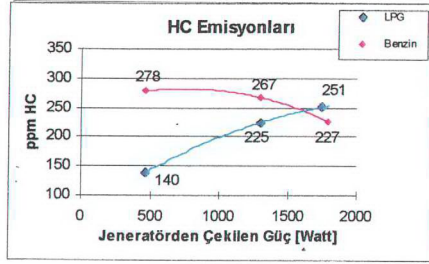
Şekli 5.12 ve 5.13'den de görüldüğü gibi λ benzinli çalışmada hep 1'in altında kalıyordu. Bu sebepten dolayı egzos gazlarında CO miktarı oldukça yüksek çıkmaktaydı. Oysa LPG'li çalışmada, λ çalışma aralığının büyük bir bölümünde 1'in üzerinde seyrettiğinden CO miktarı benzinliye oranla çok düşüktü. CO₂ değerleri her iki yakıt için de aşağı yukarı aynı seviyede idi. Ancak HC miktarları büyük farklılıklar gösteriyordu. Benzinli çalışma LPG'ye oranla iki kata yakın daha fazla HC üretmekteydi.



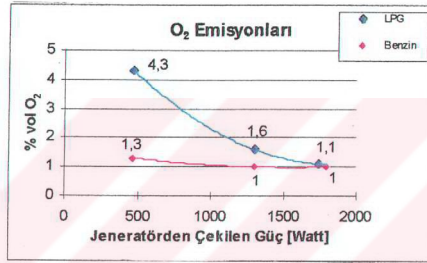
Şekil 5.15



Şekil 5.16.



Şekil 5.17

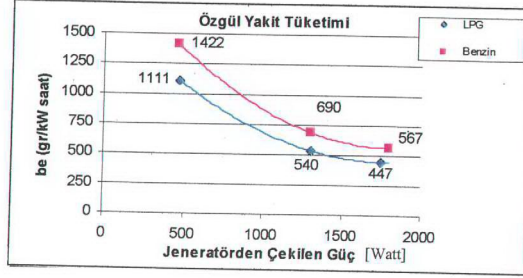


Şekil 5.18

5.3.5 Yakıt tüketimi ve ekonomiklik

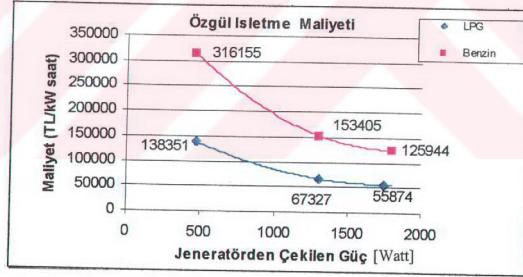
LPG ve benzinin özgül yakıt tüketimleri karşılaştırıldıklarında benzinin LPG'ye oranla ortalama olarak %25 fazla tüketildiği tesbit edilmiştir. 1/5 yükte LPG tüketimi 1111 g/kW-saat iken aynı yükte benzin 1422 g/kW-saat tüketildi. 3/5 yükte ise LPG 540 g/kW-saat, benzin 690 g/kW-saat, tam yükte ise LPG 447 g/kW-saat, benzin ise 567 g/kW-saat tüketildi.

İşletme maliyetleri açısından bakıldığında, LPG'nin birim fiyatının benzinden ucuz olduğu da göz önüne alınırsa, LPG'li sistem çok daha ucuza işletilebildiği görüldü. LPG'nin işletme maliyetleri sırası ile 1/5, 3/5 ve tam yükler için 138351 TL/kW-saat, 67327 TL/kW-saat ve 55874 TL/kW-saat, benzinin işletme maliyetleri ise yine aynı yükler için sırası ile 316155 TL/kW-saat, 153405 TL/kW-saat ve 125944 TL/kW-saat olarak ölçülüp hesap edildi. İşletme maliyetlerindeki bu düşüklük LPG'nin benzine olan en büyük üstünlüğü olarak algılanabilir.



Şekil 5.19 Jeneratörün özgül yakıt tüketimi

Yakıt tüketimindeki bu tasarruf ve işletme maliyetindeki azlık bir yana, jeneratörü LPG ile çalıştırmanın bir başka avantajı ise bir depo benzin ile jeneratörün hiç durmadan tam yükte 170 dakika (yaklaşık 3 saat) çalışabilirken, bir 12 kg. lık mutfak tüpü ile jeneratör tam yükte 920 dakika (yaklaşık 15 saat) yani neredeyse beş kat daha uzun, kesintisiz ve yakıt ikmalsiz çalışabilmesidir.



Şekil 5.18 Yakıtların işletme maliyetlerinin karşılaştırılması

5.3.6 Yakıt temini ve depolanması

Laboratuvar ortamında bile benzin ikmali ve temini oldukça zahmetli, ayrıca bunların yanısıra tehlikeli olmaktadır. Oysa LPG tüpünün laboratuvara getirilmesi kolay ve temizdir ve tüp değiştirirken herhangi bir tehlike mevcut değildir. Bu açıdan da LPG oldukça kullanışlıdır.

BÖLÜM 6

LPG'Lİ SİSTEMİN SATIŞA SUNULABİLİR HALE GETİRİLMESİ

Laboratuvar ortamında dönüştürülmüş olan bu sistem, kolaylıkla üretilebilir ve satışa sunulabilir hale gelebilir. Bu konuda yapılması gereken en önemli iş, motorun durması durumunda motora akan gazı kesecek ve herhangi bir tehlikenin doğmasına izin vermeyecek, bir emniyet sistemi ilavesidir. Bu ilaveye laboratuvar ortamında gerek görülmemiştir.

Bu sorunun biraz pahalı olmakla birlikte en basit şekilde çözümü, piyasadan el ile kumandalı selenoid vana temin ederek, bunu detandör ile karbüratör arasına monte etmektir. Elektrik beslemesini jeneratörden alacak olan bu vana eğer jeneratör durursa elektrik beslemesi kesileceğinden, gaz akışını kesecek ve herhangi bir tehlike oluşmasına izin vermeyecektir. Motor tekrar çalıştırılmak istendiğinde ise el kumandası ile gaz verilip çalıştırılabilecektir. Ancak yukarı da söylendiği gibi bu valfin fiyatı 12.000.000 TL civarındadır.

BÖLÜM 7

KARŞILAŞILAN SONRUNLAR, ÇÖZÜMLERİ VE EDİNİLEN TECRÜBELER

7.1 HAVA DEBİSİ ÖLÇME SİSTEMİNDE HAVA DİRENCİ AYARLANMASI

LPG dönüşümü yapılan motor oldukça küçük bir motor idi. Bu motorun hava emiş kanallarının hava direncinde meydana gelen bir değişiklik motorun yakıt sarfiyatına dolayısı ile λ 'ya çok çabuk etki ediyordu. Hal böyle iken, bir de emilen hava debisini ölçmek için hava emme kanalına ölçüm elemanları ilave etmek, motorun gerçek çalışma koşullarını oldukça değiştirmiş olacaktı. Hava debisini, motorun gerçek çalışma koşullarında ölçebilmek için hava filtresi daha henüz motora takılı iken, yani motorun gerçek çalışma koşulları mevcut iken, yakıt sarfiyatı tesbit edildi ve ondan sonra karbüratörün önündeki hava filtresi söküldü. Onun yerine karbüratörün girişine ölçümü yapacak elemanlar, debimetre ve hava tankı, bağlandı. Bundan sonra hava debisi ölçüm sisteminin hava direnci, yakıt sarfiyatını, hava filtreli zamanki ile aynı yapacak şekilde ayarlandı. Böylelikle benzin ve LPG ile yapılan deneylerde motorun gerçek çalışma koşulları sağlanmış oldu.

7.2. EGZOS GAZLARININ SAĞLIKLI ÖLÇÜLMESİ

Motorun, benzinli çalışmasında ölçülen ve hesap edilen λ değerleri birbirleri ile karşılaştırıldı. Elde edilen değerler arasında büyük farklar vardı. Bu durumun nedenleri düşünüldüğünde önce ölçülen hava fazlalık katsayısının doğru okunamadığından şüphelenildi. Çünkü gaz analizöründen okunan O_2 değerleri, olmaması gerektiği kadar yüksek çıkıyordu. Bu durumda ya gaz analizörü yanlış ölçüm yapıyor olalıydı, ya da egzoz sisteminde bir hata vardı. Gaz analizörünü test etmek zor olduğundan araştırmaya önce egzoz sisteminden başlandı.

Egzos gazlarını motordan uzaklaştırmak için spiral çelik borular kullanılıyordu. Bu spiral boruların, borunun içindeki darbeli akış sırasında oluşan türbilanslar nedeni ile içeriye hava emdikleri ve bu yüzden gaz analizörünün yanlış ölçüm yapmasına neden oldukları tesbit edildi. Bu sebepten dolayı ölçülen ve hesap edilen hava fazlalık katsayıları birbirini tutmuyordu. Sorunun giderilmesi için spiral egzos borusunun yerine diz boru kullanıldı ve bu sayede benzinli çalıştırmada elde edilen değerler birbirini tutmaya başladı.

7.3 LPG'Lİ DENEYDE GAZ KAÇAKLARI

Benzinli deney yapıldıktan ve sonuçlara itimat edildikten sonra, LPG'li deneyin yapılmasına geçildi. Jeneratör LPG ile çalıştırıldı ve karakteristik değerler ölçüldü. . Ölçülen değerler ile hesaplar yapıldı. Ancak yine ölçülen hava fazlalık katsayısı ile hesap edilen arasında çok büyük farklar olduğu görüldü. Hesaba göre motor aşırı zengin çalışıyordu. Bu durumda ya hava eksik ölçülüyordu ya da yakıt fazla ölçülüyordu. Benzinli deneyde kullanılan ve uygun değerler verdiği düşünülen, hava debisi ölçme sistemin ve gaz analizöründen fazla şüphe edilmiyordu. Aksi halde benzinli deneyin de sonuçlarının birbirini tutmaması gerekirdi.

Bu aşamadan sonra hatanın yakıt sisteminde olduğu düşünülerek, yakıt sistemi üzerinde araştırmalar yapılmaya başlandı. Yakıtta ölçüm hatası yapılmıyor olması ihtimali kuvvetli idi. O halde ancak bir yerden gaz kaçağı olmalıydı ki fazla yakıt harcanıyor görünsün. Gerçekten de yapılan incelemede, gaz karbüratörünün üzerindeki bazı vidalardan ve bağlantı noktalarından oldukça büyük miktarlarda kaçaklar olduğu tesbit edildi. Bu kaçaklar giderildi ve deneyler tekrar edildi. Yapılan düzeltmeler sonucunda LPG'li deneyde, ölçülen ve hesap edilen değerlerin birbirlerine oldukça yaklaştığı tesbit edildi. Böylelikle deney düzeniğinin güvenilirliği sağlanmış oluyordu.

7.4 HAVA DEBİSİ ÖLÇME SİSTEMİNİN KALİBRASYONU

Deneylerde hesap edilen değerler ölçülen değerlerden çok farklı çıkınca, hava debisinin doğru okunduğundan emin olmak için AVL 3015 Indicator'u kalibre

etmek ihtiyacı doğdu. AVL 4031/500 ile birlikte çalışan sistemin kalibrasyonu aşağıdaki işlem sırasına göre yapıldı.

1. AVL 3015 kapalıdır. Göstergenin alt ortasında bulunan ve ibreye bağlı olan ayar vidası ile ibre tam sıfırın üzerine getirilir.
2. AVL 3015 ile AVL 4031/500'ün iletişimini sağlayan kablo bağlanır, cihaz açılır ve ısınması beklenir.
3. AVL 4031/500'ün alt kapağı sökülür. Minimum seviye mastarı düzgün bir yere konur. Alt kapağı çıkarılmış olan AVL 4031/500 yavaşça minimum seviye mastarının üzerine düzgün oturacak şekilde yerleştirilir.
4. Bu konumda gösterge üzerinde ibre AVL 4031/500 ün çalışma aralığının alt değerine getirilir.
5. Bundan sonra AVL 4031/500 maksimum seviye mastarına oturtulur ve ibre bu sefer çalışma aralığının üst sınırına ayarlanır.
6. Bundan sonra 4. ve 5. adımlar ibrede sapma olmayıncaya kadar tekrar edilerek ayar tamamlanır.

BÖLÜM 8

SONUÇLAR VE ÖNERİLER

8.1 SONUÇLAR

Yapılan bu çalışmanın sonunda elde edilmiş ve Bölüm 5. 4. 'de de ayrıntılı olarak değinilmiş olan sonuçlar kısaca şu şekilde sıralanabilir.

Özgül yakıt tüketimi açısından LPG benzine oranla daha avantajlıdır. 1/5, 3/5 ve tam yüklerde özgül yakıt tüketimleri sırası ile şu şekilde ölçülmüştür. LPG'de 1111 g/kW·saat, 540 g/kW·saat ve 447 g/kW·saat, benzinde ise bu yüklerde 1422 g/kW·saat, 690 g/kW·saat ve 567 g/kW·saat. Çıkış güçleri aynı olduğundan be değerler şu şekilde de ifade edilebilirler. Tam yükte LPG dakikada 13 g. , 3/5 yükte 11.7 g. , ve 1/5 yükte ise 8.7 g. harcanırken, benzin bu yüklerde 17 g., 15 g., ve 11g harcanmaktadır.

İşletme maliyetlerine bakıldığında ise LPG'nin birim fiyatının daha ucuz olmasından dolayı LPG'nin benzine olan avantajı daha da artmaktadır. Buna göre işletme maliyetleri 1/5, 3/5 ve tam yüke göre sırası ile şu şekilde hesaplanmıştır. LPG'li işletme 138351 TL/kW·saat, 67327 TL/kW·saat ve 55874 TL/kW·saat'e, benzinli işletme ise 316155 TL/kW·saat, 153405 TL/kW·saat ve 125944 TL/kW·saat'e malolmuştur. Yani bir saatte, tam yükte, 97500 TL'lik LPG harcanırken, yine bir saatte tam yükte 226700 TL'lik benzin harcanmaktadır.

Bunların yanında LPG'nin egzoz emisyonları benzine oranla çok daha iyidir. Özellikle LPG'de hava fazlalık katsayısı jeneratörün çalışma aralığının büyük bir

bölümünde 1'in altına düşmediğinden CO emisyonları, benzine oranla, çok düşük kalmaktadır.

Ayrıca bir depo benzin ile hiç yakıt ikmali yapmadan jeneratör yaklaşık 3 saat süreyle çalışırken bir 12 kg'lık LPG tüpü ile jeneratör aynı yükte yaklaşık 15 saat durmaksızın çalışmaktadır.

Üretilen elektriğin kalitesi açısından ise durum benzinin lehinedir. Benzinli çalışmada frekans, jeneratörün çalışma aralığının tamamında stabil kalırken, LPG'de frekans yük arttıkça stabilleşmektedir. Bunun sebebi frekansın, hava fazlalık katsayısı 1'e yaklaştıkça stabilleşmesi ve hava fazlalık katsayısının da yük arttıkça 1'e yaklaşıyor olmasıdır.

Sonuç olarak söylenebilir ki dönüşüm sisteminin bu haliyle LPG, benzine göre daha uygun bir yakıttır.

Ancak jeneratör seyyar çalıştırılıyorsa, jeneratör ile birlikte bir de LPG tüpü taşımak belli bir zorluk çıkaracaktır. Bu açıdan, jeneratörün bu şekilde kullanılacağı bir durumda benzin daha kullanışlıdır.

Bunların yanında LPG dönüşümünün getireceği ilave bir masraf söz konusudur. Bu ise LPG'nin dezavantajıdır. Ancak jeneratör işletildikçe işletme maliyetlerindeki düşüklükten ötürü zamanla bu yatırım kendini amorte edecektir.

8.2 ÖNERİLER

Bu LPG dönüşüm sisteminin son kullanıcılar tarafından sorunsuzca kullanılabilmesi ve dezavantajlarının giderilmesi için bazı çalışmalar ve araştırmalar yapmak gerekecektir.

Öncelikle motorun herhangi bir sebepten durması koşulunda motora giden gazın kesilmesini sağlayacak bir emniyet sisteminin ilave edilmesi gerekmektedir.

Ayrıca, gaz karbüratörü ve gaz debisini kumanda eden mekanizma ile ilgili araştırmalar yapılarak hava fazlalık katsayısını iyileştirilmek ve bu sayede yakıt sarfiyatını azaltmak ve frekans stabilitesini arttırmak mümkün olabilir.



KAYNAKLAR

W. BEITZ ve K. -H. KÜTTNER (1990), Dubbel Taschenbuch Für Maschinenbau , Springer Verlag

SAFGÖNÜL, B ve diğ, İçten Yanmalı Motorlar (1995), Birsen Yayınevi

SAFGÖNÜL,B, (1989), Pistonlu Motorlar, İstanbul Teknik Üniversitesi Mak. Fak. Matbaası

ALTERNATİF MOTOR YAKITLARI Ders Notları

SAFGÖNÜL,B ve diğ, (1995), Otosan P-100 Pikap LPG Dönüşümü Fizibilite Raporu, İTÜ Mak. Fak. Otomotiv Ana bilim Dalı

KINDİROĞLU,K ve diğ, (1996), Doğalgazın Benzinli Motorlarda Kullanılması , Makina Magazin (Ekim sayısı)

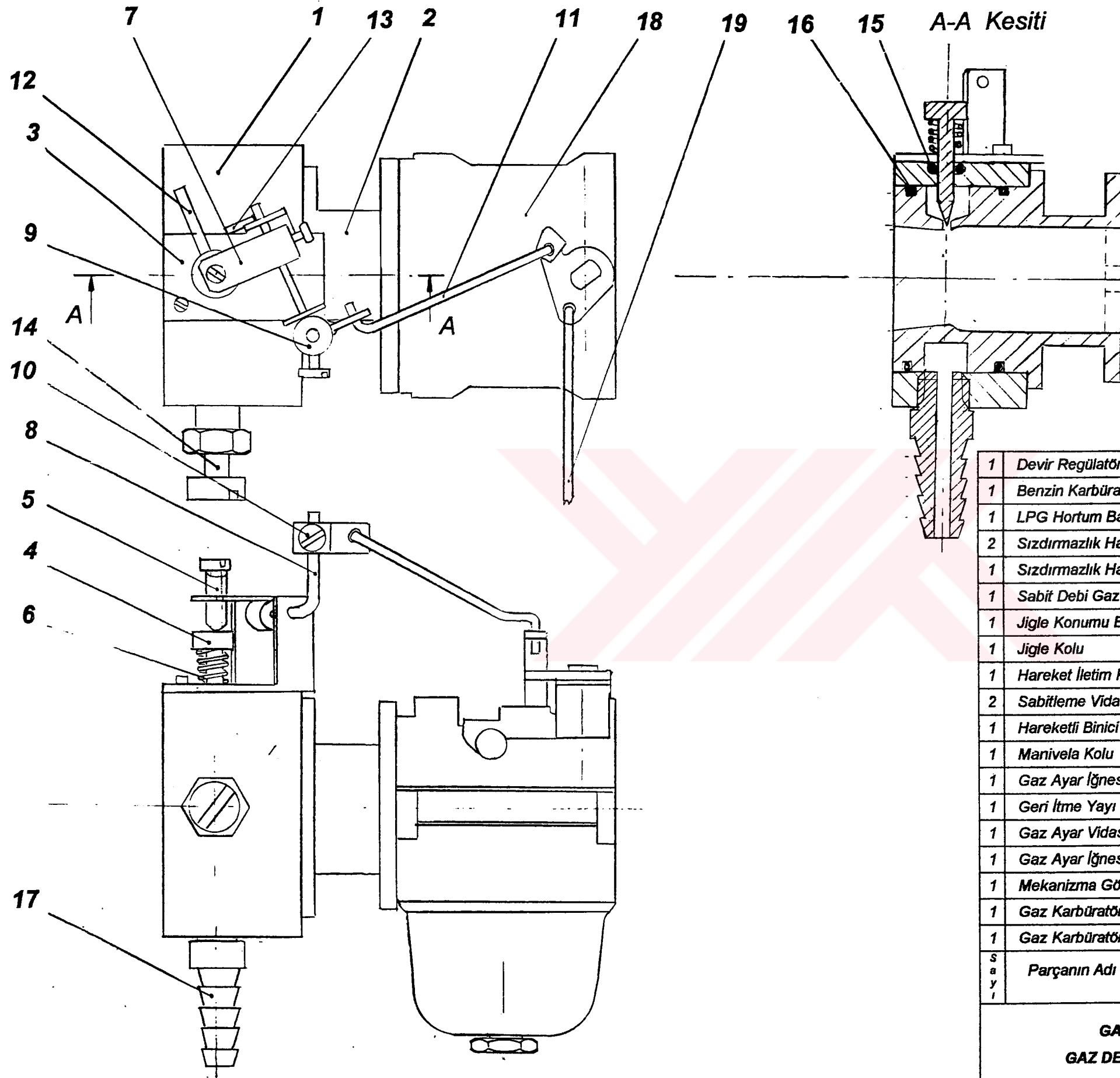
KING, R. S. ,ve WELLS, D. A. (1989), Small natural gas engine evaluation and development, SAE Technical paper series

KLIMSTRA, J, Carburetors for gaseous fuels-on air-to-fuel ratio, homogeneity and flow restriction, SAE

ARSLAN, A. E. (1996), Taşıt motorlarında araştırma ve deney teknikleri, İTÜ Matbaası

EKLER





EK A

1	Devir Regülatörü Kumanda Kolu	19			
1	Benzin Karbüratörü	18			
1	LPG Hortum Bağlantısı	17			
2	Sızdırmazlık Halkası	16			
1	Sızdırmazlık Halkası	15			
1	Sabit Debi Gaz Ayar İğnesi	14			
1	Jikle Konumu Belirleyicisi	13			
1	Jikle Kolu	12			
1	Hareket İletim Kolu	11			
2	Sabitleme Vidası	10			
1	Hareketli Binici	9			
1	Manivela Kolu	8			
1	Gaz Ayar İğnesi İtme Kolu	7			
1	Geri İtme Yayı	6			
1	Gaz Ayar Vidası	5			
1	Gaz Ayar İğnesi	4			
1	Mekanizma Gövdesi	3			
1	Gaz Karbüratörünün İç Gövdesi	2			
1	Gaz Karbüratörünün Dış Gövdesi	1			
Sayı	Parçanın Adı	Montaj No	Malzeme	Resim No	Açıklama

**GAZ KARBÜRATÖRÜ ve
GAZ DEBİSİ AYAR MEKANİZMASI**

Ölçek:	Kontrol	Enstitü	Söm.	Adı ve Soyadı	No
1/1		Fen Bilimleri		C.Aydın İşler	393 Y 070

ÖZGEÇMİŞ

Bu çalışmayı yapan Cemil Aydın İşlier 17 . 01. 1971 günü Eskişehir’de doğdu. Orta ve lise öğrenimini 1989 yılında İstanbul Erkek Lisesi’nde tamamladı. Lisans öğrenimini ise 1993 yılında İ. T. Ü Makine Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümü’nde tamamladı.

