

Karbüratörlü Bir Motorda Yapılan Silindir Pasifleştirme Çalışmasında, Motor Titreşimlerinin Deneysel Olarak İncelenmesi

Tuncer KORUVATAN^{1*}, Ercan DEĞİRMENCİ², Ayhan AYTAÇ³

¹Yrd.Doç.Dr.Öğ.Bnb., Kara Harp Okulu Komutanlığı, Makine Mühendisliği Bölüm Başkanlığı, ANKARA

²Dr.Müh.Bnb., Kara Harp Okulu Komutanlığı, Makine Mühendisliği Bölüm Başkanlığı, ANKARA

³Dr.Öğ.Bnb., Kara Harp Okulu Komutanlığı, Savunma Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğü, ANKARA

ÖZET

Bilindiği üzere karbüratörlü araçların çalışma prensibince en çok yakıt sarfiyatının olduğu zaman; motorun iç sürtünmeleri yenebilecek ve stop etmeden çalışmasına devam edebilecek kadar bir devirle çalıştığı rölanti zamanı ve yüksek hız zamanıdır.

Rölanti aralığında gaz kelebeği kapalı olduğundan, motorun çalışmasını sürdürebilmesi için gerekli olan yakıt, rölanti kanalından gelmektedir. Bu kanaldan gelen yakıt ile çalışan motor, minimum verimle çalıştığından yakıt sarfiyatı oldukça yüksektir.

Yüksek hız konumu ise, motorun güce ihtiyaç duyduğu, gaz kelebeğinin tam açıldığı ve maksimum hava sirkülasyonu ile yakıtın en çok emildiği zamandır.

Bu çalışmada amaç; yakıt tasarrufu sağlamak üzere, rölanti çalışma zamanında bir motor üzerinde yapısal değişiklik ile silindir pasifleştirme işlemi yapılarak elde edilen deney motorunun, çalışması esnasında oluşabilecek mekanik titreşimleri deneysel olarak ölçmek ve değerlendirmektir.

Bir motorun, tüm silindirleriyle uyumlu olacak şekilde çalışabilmesi gerekir. Ancak yapılan bu çalışmada iki silindirin devre dışı kalması durumunun bu durumu, sağlıklı olarak devam ettirip ettirmediğinin kontrol edilmesi gerekmiştir. Bu amaçla, geçiş durumlarında motorun sarsıntılı çalışıp çalışmadığına ilişkin titreşim ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Sonuçlar kabul edilebilir standartlarda çıkmış ve %29 yakıt ekonomisi elde edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Yakıt Ekonomisi, Mekanik Titreşimler, Motor Titreşim Ölçümleri

Experimental Investigation of Engine Vibrations in A Carburettor Engine After Cylinder Pacification

ABSTRACT

It is well known that, according to the working principle of carburetor vehicles, maximum fuel consumption takes place at high speeds as well as at idle state when the engine speed is high enough to overcome the friction and to keep on working without going dead.

Because fuel valve is closed at idle speed, the fuel the engine needs to work comes through the throttle valve. Since efficiency of engine working on fuel that comes through this channel is very low, fuel consumption is quite high. However the state of high speed is characterized by wide open fuel valve and maximum air circulation, increasing fuel absorption to maximum.

This study aims to experimentally measure and evaluate the mechanical vibrations taking place during the working of an experimental engine which has been structurally modified by the process of cylinder pacification to save fuel.

It is essential that an engine be able to work in harmony with all cylinders. In this study proper working of the engine had to be kept under control when two cylinders went dysfunctional. To this end vibration measures concerning smooth working of the engine in transition were taken. Satisfactory measures as well as as 29% of fuel save have been obtained.

Key words: Fuel Economy, Mechanical vibrations, Vibration measurement

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Bu çalışmada dört zamanlı altı silindri Otto çevrimli motorlarda, güç istenmeyen zamanlarda yakıt tasarrufu sağlamak için farklı bir yöntem deneysel ola-

rak incelenmiştir. Burada incelenen yöntem silindir pasifleştirme çalışmasıdır.

Bu çalışmada kullanılan yöntem için ele alınan deney setinin, çok nokta yakıt enjeksiyonuna sahip, yeni nesil bir motor olması durumunda; enjektör kolaylıkla iptal edilerek, silindirlerin devre dışı bırakılabilmeleri kolayca gerçekleştirilebilirdi. Ancak bu deneyde kulla-

* Sorumlu Yazar (Corresponding Author)

e-posta: koruvatan@gmail.com

Digital Object Identifier (DOI) : 10.2339/2012.16.1, 1-7

nılan motorun 1960 model, Dodge marka bir motor olması ve günümüz teknolojisiyle silindirlere giden yakıtı rahatlıkla kesilebilen bir sistemin bulunmaması, söz konusu deney setine bu işlemi yürütebilecek bir yapısal değişiklik ekleme zorunluluğu getirmiştir.

Bu maksatla deney motorunun emme manifoldunu kontrol eden mekanik bir sistem geliştirilmiş ve bu düzeneği çalıştıracak bir elektronik devre üretilmiştir.

Deney motorunun rölantide çalışırken iki silindiri iptal edilip bu durumun yakıt ekonomisine katkı sağlayıp sağlamayacağı araştırılmıştır. Araştırma sonucunda, rölanti çalışmada %29 oranında bir yakıt tasarrufu sağlanmıştır. Konuya ilişkin olarak aylık çalışma kayıtları tutulan ve envanterlerinde Dodge aracına sahip bir kurumdan elde edilen aylık çalışma sürecine ilişkin istatistikî bilgileri ışığında bir Dodge aracı için:

Aylık çalışma ortalama	:80 saat
Normal çalışmada aylık tükettiği benzin	:266 litre
1 Ayda rölantide çalıştığı saat	:24 saat
1 Ayda rölantide harcanan benzin	:80litre

Dodge aracına yeni sistem uygulandığında; 80 litre rölantide harcanan benzin, yeni sistemde 24 saat yerine 31 saat çalışabilmektedir.

Böylece motorun rölanti çalışma zamanında % 29 benzinden tasarruf yaptığı ortaya çıkmaktadır. Bu da sadece bir Dodge aracı için aylık 23 litre benzin tasarrufu olarak belirlenmiştir.

Silindir pasifleştirme çalışmaları konusunda ilk yapılan çalışmalardan biri 1981 Yılında Cadillac firması tarafından gerçekleştirilmiştir. "V-8-6-4" olarak adlandırılan ve yol koşullarına bağlı olarak 4, 6, veya 8 silindirli olarak çalışan toplam 6 litre strok hacmine sahip bir motorun seri imalatına başlanmıştır. Bu motor ile GM grubu içinde elektronik yakıt püskürtme sistemi ilk defa standart olarak imal edilmiştir. Taşıtın güç gereksinimine göre motorun silindirleri devre dışı bırakılmaktadır. Bu sistemden 1981 yılında 120.000 tane imal edilmiş olup pratik kullanımda ortaya çıkan arızaların sıklığı nedeniyle sonradan terkedilmiştir [1, 2].

Silindirlerin devre dışı bırakılarak kısmi yükte verimi artırmaya yönelik çalışmalar BMW Firması tarafından da ele alınmıştır [3, 4]. BMW firması altı silindirli motorlar ile yapılan çalışmalarda silindirleri üçlü iki gruba ayırmıştır. Silindir gruplarından birini devre dışı bırakabilmek için bir mekanizma geliştirmiştir. [5].

Değişken strok hacimli motor uygulamalarıyla ilgili çalışmaların biri eski Sovyetler Birliği'nde yapılmıştır. Sistemin ana felsefesi çok silindirli motorlarda kısmi yük konumlarında gaz keleşini kapatmak yerine sıralı olarak bazı silindirlere yakıt girişini durdurmaktır. Yani silindirlerin bir kısmının tamamen devre dışı bırakılması yerine önceden belirlenen bir sıraya göre belli aralıklarla ve belli sayılarda, silindire yakıt girişi durdurulmaktadır. Böylece belli sayıda silindirlerin tamamen devre dışı bırakılması yerine bu şekilde bir strateji ile daha yumuşak bir geçiş rejimi sağlanabile-

ceği ve gaz keleşine ısınma ve rölanti dışında gereksinim duyulmayacağı belirtilmektedir [11].

Bir başka uygulamada ise direkt püskürtmeli iki zamanlı motor, bir motosiklete monte edilerek denemiştir bu uygulamada, püskürtme işlemi, iş çevrimleri arasında üçer üçer durdurulmuş ve silindir sadece hava ile süpürülmüştür. Bu şekilde çalışma sadece rölantide yapılmış ve gaz keleşini açıldıkça her çevrimde püskürtme işlemine başlanmıştır. Toplam çevrimde, yakıt tüketiminde % 5 civarında ve HC emisyonunda % 23 e kadar azalma sağlanmıştır. Bu motorun sadece rölantide çalışması sırasında her çevrimde yakıt püskürtme ile, her iş çevriminden sonra üç kez hava ile süpürmeli uygulamasının, birim zamanda HC emisyonunda % 50, yakıt tüketiminde ise % 30 azalma olduğu ölçülmüştür [16].

1.1. Taşıtlarda Titreşim (Vibration in Vehicles)

Yürütülen bu çalışmada ulaşılmak istenen amaç, motorda güç istenmeyen ve gaza basılmayan durumlarda silindirlerin bir kısmına yakıt girişini durdurmak suretiyle motorun rölanti çalışmasını daha az silindir ile devam ettirerek yakıt tasarrufu sağlamaktır.

Dengeli bir halde çalışmakta olan bir motorun bir şekilde bazı silindirlerinin devre dışı kalması pek çok problemler ve sorunlar doğurmuştur. Bu aksaklıkların giderilmesi çalışmaları bazı durumlar için tam olarak başarılı olmamıştır. Çünkü her motor bütün silindirleriyle ahenkli bir şekilde çalışmak üzere imal edilmiştir. Seyir halinde, güç istenen bir durumda motor silindirlerinin birkaçının devre dışı bırakılması dengeli çalışmayı olumsuz etkilemektedir.

Bu nedenlerle, yakıt tasarrufu amaçlı olarak birkaç silindirini devre dışı bırakılması düşüncesi, rölantide çalışır durumda olması yani güç istenmemesi durumunda iken yapılması önem taşımaktadır. Böylece dengeli bir şekilde çalışan bir motorda fazla bir değişiklik ve çalışma düzensizliği olmayacaktır.

Rölanti çalışma durumunda uzun süre çalışan motorlarda böyle bir düzenleme yapılmasının anlam taşıyan bir çalışma olduğu değerlendirilmektedir. Bu durumun sağlıklı olarak yapılıp yapılmadığının kontrol edilmesi maksadıyla da, geçiş durumlarında motorun sarsıntılı olarak çalışıp çalışmadığını kontrol etmek için titreşim ölçümleri önem arz etmiştir.

1.2. Taşıtlarda Titreşimlerle İlgili Standartlar (Standards For Vibrations in Vehicles)

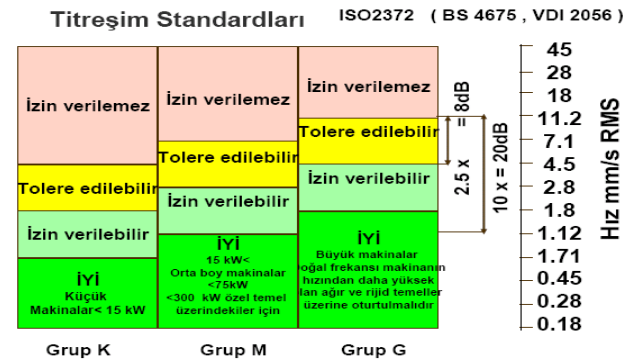
Genel olarak titreşim standartları, makinelerin tip ve güçlerine göre değişim gösterir. Bir titreşim standardı ölçmelerin nasıl ve ne tip aletlerle, hangi şartlarda yapılacağını ve bu şekilde elde edilecek verinin ne şekilde analiz edileceğini belirtmelidir.

Titreşim, belirli zaman aralıklarında, bir kütle için belirli bir mesafede yaptığı periyodik hareketlerdir. Buradaki mesafe genlik, bir saniyedeki titreşim sayısı ise frekans olarak adlandırılır. [7]

Titreşim parametreleri ISO (International Standards Organisation) 1000 gereklerine uygun olarak metrik birimlerle ölçülür. Ancak, yerçekimi sabiti g (9.81 m/s^2) de ivme ölçümleri için yaygın olarak kullanılır. [8]

Titreşimin, hız [m/s] veya ivmesinin [m/s^2] ölçülmesi, makine titreşim standartlarında esas alınır. Bu, standardın tipine, frekans aralığına ve diğer bazı faktörlere de bağlıdır. Hız genliği 10-1000 Hz. frekans aralığında ölçülür.

Standartları geliştiren araştırmacılar, genliğin maksimum değerinin mi, yoksa RMS (Root Mean Square) değerinin mi esas alınacağı konusunda bir anlaşmaya varamamıştır. Basit harmonik harekette ikisi de kullanılabilir ancak karmaşık makine titreşimlerinde büyük fark gösterirler. USA ve Kanada'da genliğin maksimum değeri kullanılması yanında, Avrupa ülkelerinde RMS değeri kullanılır. ISO ve TSE nin standardında da genliğin RMS değerleri esas alınmıştır.



Şekil 1. ISO 2372 Titreşim standartları [9]. (Vibration standards)

Bazı Makinelere ait titreşim boyutları, ISO 2372 (veya TS 2782) standartlarına göre Şekil 1'de belirtilmiştir. Burada titreşim şiddeti aralıkları değişik güçteki makineler için iyi, kabul edilebilir, sınırdaki kabul edilebilir ve kabul edilemez şeklinde sınırlandırılmışlardır. Titreşim şiddeti aralıkları 4 dB basamak veren 1/1.6 oranında verilmiştir [10].

2. TİTREŞİM ÖLÇÜMLERİ YAPILAN DENEY MOTORU (THE TEST ENGINE VIBRATION MEASUREMENTS)

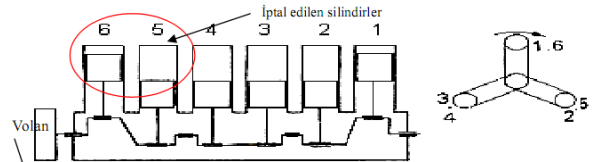
Deney motoru olarak, altı silindirli 1960 model bir Dodge motoru kullanılmıştır. Bahse konu motorun teknik özellikleri Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1 Deney Motorunun Teknik Özellikleri

Motor Tipi	T-214, Dodge
Model Yılı	1960 Model
Batarya	12 Volt 60 Ah
Silindir Adedi	6 Silindir
Max ve Min Motor Devri	2400 / 600 d/d
Ateşleme Sırası	1,5,3,6,2,4

Bahsedilen motorda, rölantide iki silindirin iptal edilmesiyle yakıt ekonomisi sağlayıp sağlamayacağı araştırılmıştır. Şekil 2'de deney motorunda, rölanti zamanında iptal edilen silindirlerin

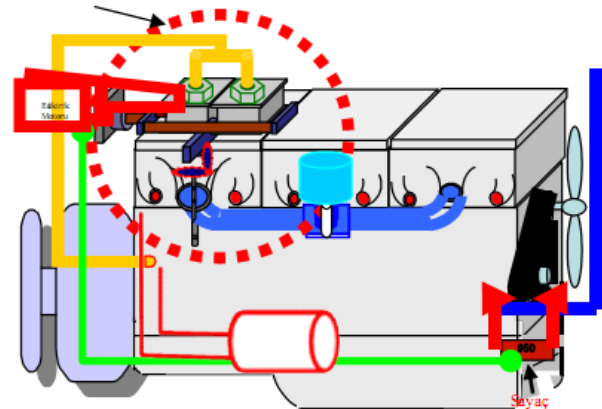
dizilişleri ve krank milinin dönüş yönü şematik olarak gösterilmiştir. Deneyin uygulamaya konulabilmesi için, altı silindirli Dodge motorunun emme manifoldunu kontrol eden mekanik bir sistem geliştirilmiştir. Bu sistem çalıştığında gerektiği zaman iptal edilecek olan iki silindirin, emme manifoldunu kapatarak yakıt girişlerini önlemektedir. Aynı zamanda bu silindirlerin çalışmadıkları ve güç üretmedikleri halde yapacakları kompresyonu da önlemek için, bir mekanizma daha geliştirilmiştir



Şekil 2. Altı Silindirli bir motorun silindir dizilişleri ve krank mili dönüş yönü [6].

Bu mekanizma, silindir kapağından yanma odalarına açılan, kontrolü sağlanmış iki adet delikten ibarettir. Motor rölanti zamanına geldiğinde, çalışmayan iki silindire karşılık gelen ve yanma odalarına açılan, birer adet delik yapılmıştır. Bu deliklere yerleştirilen çelik küresel vanalar, motor tekrar altı silindire geçtiğinde sızdırmaz bir şekilde kapanmaktadır. Böylece yanma odalarının tekrar görev yapabilecekleri eski hallerine dönmeleri sağlanmaktadır. Bundan başka tüm bu açılıp kapanma zamanlarını belirleyen ve bu düzeneklerin çalışmasını sağlayan bir elektronik devre dizaynı yapılmıştır. Şekil 3'te deney setinin şematik resmi görülmektedir.

Yanma odalarında dışa açılan bu delikler daha sonra motor tekrar altı silindire döndüğünde termik verimi etkilememeleri için, bir boru ile birleştirilerek açık hava yerine egzoz manifolduna bağlanmıştır. Dolayısıyla iki silindirin iptali söz konusu olduğunda bu silindirler egzozdan emme yapıp basarak; bu çalışmayan silindirlerin hem gereksiz yere kompresyon yapmaları engellenmiş olacak hem ses yapmayacak ve hem de termik verim kayıpları ortadan kalkacaktır. İptal edilen silindirler



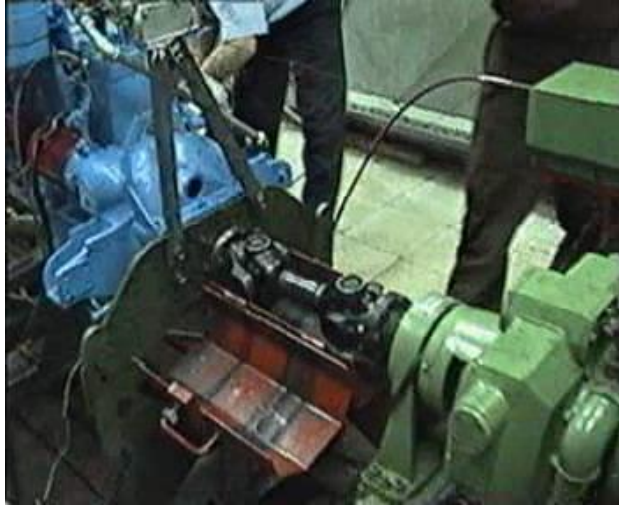
Şekil 3 Deney setinin şematik gösterimi [11]

Bahsi geçen mekanik düzenin ne zaman devreye girip girmeyeceği ise bir elektronik devre ile motor

devri baz alınarak gerçekleştirilmiştir. Dolayısıyla ilave olarak bir düğmeye veya düzeneğe ihtiyaç duymaksızın, motorun devri rölanti devrine geldiğinde elektronik devre bunu tespit ederek iki silindirin yakıt girişlerini iptal edip yanma odalarını egzoz manifolduna açmaktadır. Tekrar gaza basıldığında motorda devir yükseleceğinden elektronik devre bu durumu tekrar algılayarak, kapatmış olduğu iki silindirin emme manifoldlarını açıp yanma odalarının üzerlerini kapatmakta ve motor altı silindirli olarak tam kapasite çalışabilmektedir.

3. DENEY SETİNİN TİTREŞİM ÖLÇÜMLERİ VE YORUMLANMASI (VIBRATION MEASUREMENTS AND EVALUATIONS OF THE EXPERIMENT SETUP)

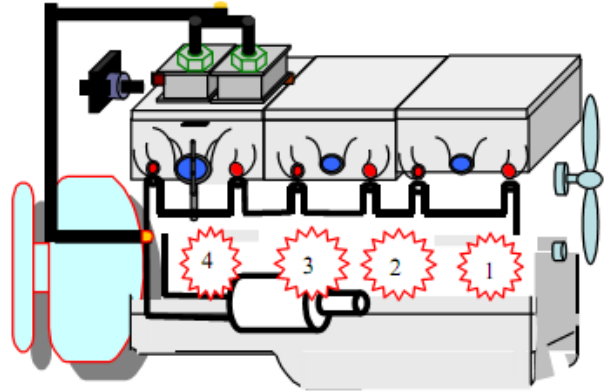
Deney motorunun, rölanti ve yüksek hız zamanlarında (altı silindirden dört silindire veya dört silindirden altı silindire geçişlerinde), motorun kararlı çalışmasında yaşanabilecek sarsıntılı geçiş veya beklenmeyen bir titreşim sistemin stabil çalışmasını direk etkileyeceği bilinmektedir. Bu sebeple deney motorunun yüksek ve düşük devirli çalışma durumlarında; yüklü (su frenine bağlanarak Şekil 4.) ve yüksüz çalışma için önemli görülen yerlerden Vibrotest 60 titreşim ölçme cihazıyla ölçümler yapılarak titreşim verileri elde edilmiştir.



Şekil 4. Deney motorunun su frenine bağlanması [11].

Bir motorda en büyük titreşimin doğrusal hareketin dairesel harekete çevrildiği yer olan krank milinden kaynaklandığı göz önünde bulundurulursa ve buna ilave olarak deney seti üzerinde yapılan değişikliğin de direk olarak krank milinin kararlı dönmesine etki edeceği düşünülürse, ölçümlerin krank mili yataklarına yakın yerlerden alınması gerekmektedir. Zira bu yataklara iletilen titreşim direk olarak motor gövdesine yansımaktadır. Bahsedilen ölçüm yerleri Şekil 5'te gösterilmiştir.

Veriler aynı noktalardan alınarak, devir artışlarına göre değişimleri incelenmiş ve değerlendirilmiştir. Ölçümlerde ivme [m/s^2] temel alınmıştır. Ölçüm Vibrotest 60 cihazıyla yapılmıştır Şekil 6.



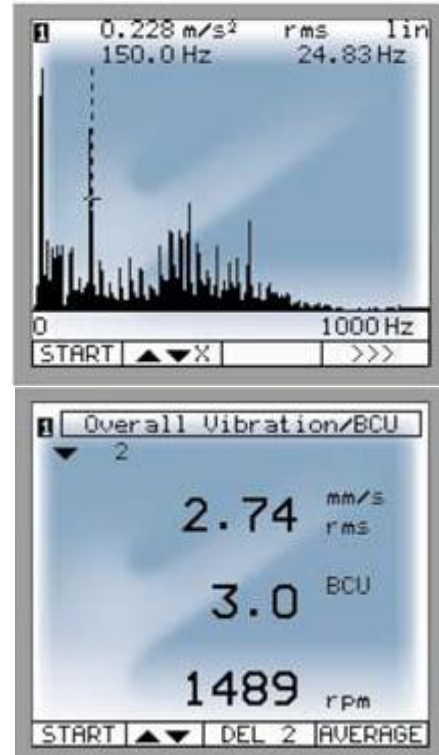
Şekil 5. Titreşim ölçüm Bölgeleri [11].



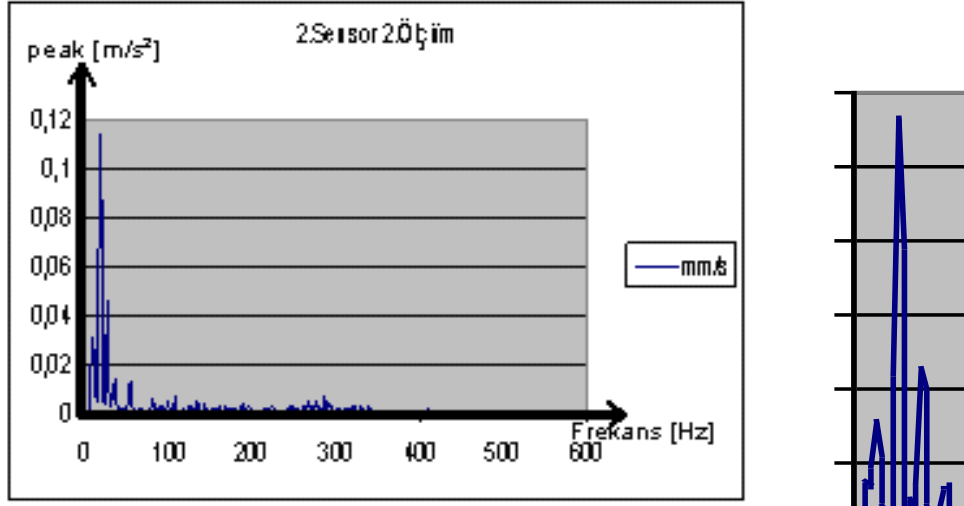
Şekil 6. Vibrotest 60 ile Titreşim Ölçümü [12, 13].

4. DENEY SETİNDEN ALINAN SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRMELERİ (THE RESULTS OBTAINED FROM THE EXPERIMENT SET AND THEIR EVALUATION)

Şekil 7'de Vibrotest 60 cihazından alınan sinyal örneklerinin görüntülediği titreşim cihazının ekranı ve görülmektedir. Şekil 8'de ise bu verilerin Excel programına aktarılmış hali görülmektedir.



Şekil 7 Vibrotest 60 Cihazından Alınan Sinyaller [14, 15].



Şekil 8. Excel Programına aktarılan titreşim grafiği örneği ve kesiti [11].

Yapılan değerlendirmede özellikle krank mili yatakları üzerine gelen kritik bölgelerin değerlendirmeleri aşağıya çıkartılmıştır. Şekil 7’de titreşim örneğinin, bir bölümünün incelenmesi görülmektedir. Şekilden de anlaşılacağı gibi, yapılan inceleme ve değerlendirmede standartlara göre değerlendirilmesi gerek iki adet pik göze çarpmaktadır. Bu pik’lerden sol baştan ilkinin tüm motor devirlerinde genliğinin motor devrine göre (yükli ve yüksüz olmak üzere düşük ve yüksek devirli çalışmalarda) değişiklik göstermediği gözlemlenmiştir. Yükli ve yüksüz çalışmalara ilişkin paramet

releri gösteren çizelge Tablo 2’de verilmiştir. Yapılan araştırmada motorun her türlü durumunda değişmeyen parametresinin, motorun sehpa üzerine yapılan bağlantıda ara eleman olarak konulan lastik takozların tepkisinin olduğu anlaşılmıştır.

Deney setinin titreşimini ölçme işleminde belirleyici olacak ve asıl incelenmesi gereken pik ikinci pik’tir. Zira bu pik’in, motorun devrinin artışıyla genliğinde ve frekansındaki değişimler meydana getirdiğinden, motorun devir artışındaki titreşimleri yansıttığı anlaşılmaktadır.

Tablo 2 Genel Deney Motoru Verileri:

Test Odası		Basınç: 998 [mbar] (748,56 [mmHg])					
		Sıcaklık: 27,55 [°C] (300,7 [K])					
		Bağıl Nem: 30,69 %					
Dodge T214		Silindir Basınçları: 5,33 - 5,32 - 5,31 - 5,33 - 5,29 - 5,30 [kg/cm²]					
Sıra No	Test Süresi [dk]	Devir [d/d]	Yüksüz Güç [BG]	Yükli Düzeltmiş Güç [BG]	Sistem Devre Dışı Güç [BG]	Yükli Tork [kgm]	Sistem Devre Dışı Tork [kgm]
1	1	486±20	1.4	1.4	1.5	1.1	1.2
2	1	570±20	3.7	3.8	4.1	4.3	4.2
3	1	689±20	25.6	26.2	28.4	18.2	22.9
4	1	787±20	28.0	28.6	31.81	20.2	25.3
5	1	885±20	33.5	34.2	36.26	22.9	26.1
6	1	983±20	45.8	46.8	46.48	27.6	26.7
7	1	1179±20	52.9	54	54.1	29.3	29.9
8	1	1375±20	60.5	61.8	61.7	30.6	29.6
9	1	1571±20	65.8	67.2	67.3	31.5	31.9
10	1	1767±20	69.4	70.9	70.8	32.0	32.3
11	1	1963±20	72.8	74.4	74.5	31.9	31.5
12	1	2159±20	76.8	78.4	78.2	30.9	31.5
13	1	2355±20	78.5	80.2	80.1	29.9	30.4
14	1	2551±20	79.5	81.2	81.3	28.0	28.3
15	1	2747±20	78.1	79.8	79.7	25.9	25.7
16	1	2943±20	70.8	72.3	72.6	21.1	21.6

Motorun devrine göre oluşan pik'ler; yapılan sistem devrede iken (motorun 4 silindirli konumu) ve devreden çıkarılmış iken olmak üzere iki durumda ölçümler yapılmış ve birbirleriyle karşılaştırılmıştır. Ölçülen titreşim verileri, Tablo 3'de incelenmiş ve değerlendirilmiştir.

bu sonuca yakın değerler elde edilmiştir. Motorun tam gaz ve rölanti durumlarında altı silindirden dört silindire veya tersi durumlarda kararlı bir geçişin olması ise başarılı ve memnuniyet verici sonuç olarak değerlendirilmiştir.

Deney setinde özellikle riskli ve

Tablo 3. Elde edilen titreşim değerlerinin karşılaştırmalı tablosu [11]. (Comparative Table of Vibration Measurements Obtained)

Motor devri [d/d]	Koordinat (frekans) [Hz]		Pik değeri [m/s ²]	
	Sistem devrede	Sistem devre dışı	Sistem devrede	Sistem devre dışı
650	51.25	49.75	0.2542	0.2525
780	60.00	58.50	0.3295	0.3275
890	62.50	61.75	0.3316	0.3297
980	63.75	63.50	0.3456	0.3461
1170	63.75	63.75	0.3564	0.3566
1350	67.50	67.25	0.3692	0.3701
1560	67.50	67.50	0.3837	0.3841
1770	68.75	68.50	0.3969	0.3961
1950	68.75	68.75	0.4027	0.4034
2160	68.75	68.75	0.4110	0.4115
2340	70.00	69.75	0.4175	0.4172

Tablo 3'den de görülebileceği gibi sistem devrede (motor 4 silindirli konumda) iken krank mili yataklarından alınan titreşim değerlerinde 950 [d/d] ya kadar olan bölüm incelendiğinde, aynı devirlerde ve sistemin devrede olmadığı değerlerle kıyaslanırsa, belirgin bir titreşim artışının olmadığı gözlemlenir. Dikkat edilirse 950 [d/d] dan sonra yine değerler birbirine yakın olmasına rağmen kısmen farklılıklar çıkmıştır. Bunun da nedeni ölçümler esnasında devir sayısının istenilen değer üzerinde tutulmasının güç olduğu ± 20 [d/d] lık bir farkın, sonucu etkilediği düşünülmektedir.

5. BULGULAR VE TARTIŞMA (RESULTS AND DISCUSSION)

Yapılan deneyler sonucunda, **rölanti çalışmada** %29 yakıt tasarrufuna ulaşılmıştır. Zaten altı silindirden ikisinin iptal edilmesi durumunda matematiksel olarak %33 bir kazanç sağlanması gerekirdi. Deney neticesine

değerlendirilmesi gerekli bölge olarak değerlendirilen dört silindirden altıya ve altı silindirden dört'e geçişlerde meydana gelebilecek bir olumsuzluğun, tespiti ve krank mili üzerine gelebilecek aşırı yükün tahmin edilebilmesi için, bu süreçteki titreşimlerin elde edilmesi önem arz etmiştir. Bu sebeple bu durumdaki titreşimler ölçülerek değerlendirilmiş ve Tablo 4'de kritik bölge değerlendirmesi olarak sunulmuştur.

Tablo 4'te soldaki sütunda belirtilen durumlarla ölçümler yapılmış ve elde edilmiş sonuçları sağ tarafta gösterilmiştir. Pik değerlerinde ISO_2372 standartlarında belirtilen değerlerin dışına çıkan tepe noktasının olmadığı anlaşılmıştır.

Ölçümlerde elde edilen titreşim sonuçları, bölüm 3'te anlatılan titreşim standartlarına (ISO 2372 veya TS 2782) göre değerlendirilmek istendiğinde, deney motorunun ait olduğu standart sınıfının bilinmesi gerekmektedir. Ölçümleri yapılan Deney Motoru

Tablo 4. Kritik bölgelerin incelenmesi [11]. (Examination of the critical areas)

Ana yatak ve konumu	Bölge koordinatı [Hz]	Titreşim değeri Pik[m/s ²]
Krank mili 1. ve 2. ana muylu: (4 den 6 Ya geçiş)	1.yatak 22.50	0,8500
	2.yatak 22.50	0,6059
Krank mili 1. ve 3. ana muylu: (4 den 6 Ya geçiş)	1.yatak 21.25	0,1213
	3.yatak 21.25	0,0532
Krank mili 1. ve 3. ana muylu: (4 silindirli konum)	1.yatak 23.75	0,0953
	3.yatak 23.75	0,0605
Krank mili 1. ve 3. ana muylu: (6 silindirli konum)	1.yatak 21.25	0,1006
	3.yatak 21.25	0,0307
Krank mili 1. ve 4. ana muylu: (4 den 6 Ya geçiş)	1.yatak 22.50	0,0953
	4.yatak 22.50	0,0824
Krank mili 1. ve 4. ana muylu: (4 silindirli konum)	1.yatak 16.25	0,0997
	4.yatak 16,25	0,0535
Krank mili 1. ve 4. ana muylu: (6 silindirli konum)	1.yatak 23.75	0,0923
	4.yatak 23,75	0,0369

katalog verilerine göre 70 [kW] a tekabül eden 94 [HP] gücündedir.

15 [kW] ile 75 [kW] değerleri arasında güç üreten makineler “M” gurubu olarak adlandırılmaktadır. Dolayısıyla 70 [kW] güç üreten Deney Motoru, ISO 2372 veya TS 2782 standartlarına göre “M” gurubunda yer alan “orta boy makine”dir [9].

Deney motorunda elde edilen en yüksek titreşim 1.8 [m/s] olarak ölçülmüştür. Bu durumda deney motoru, “M” sınıfı standartlara göre (Şekil 1.) “izin verilebilir” ölçüler içerisinde titreşim üretmektedir.

Ancak bu değerlendirme yapılırken, sürekli olarak meydana gelen titreşim değeri olmayıp, ölçülen en yüksek değer olduğu göz önünde bulundurulmalıdır.

Böylece Deney Motorunun yakıt tasarrufu maksatlı olarak yapısal değişikliğe gidilmesinin yanında aynı zamanda titreşim yönünden de ele alınması motorda bu durumlarda kararlı çalışma yönünden önem arz etmiştir. Bu sebeple Vibrotest 60 Titreşim Cihazıyla dört silindirli ve altı silindirli konumlardaki titreşim analizleri yapılmıştır.

Yapılan deneyler ve değerlendirmeler sonucunda uluslararası anlamda kabul gören değerlerin dışına çıkılmadığı değerlendirilmiştir.

KAYNAKLAR (References)

- Givens, L., (1980). “**Engineering highlights of the 1981 automobiles**”, Automotive Engineering, Volume 88, no 10, pp.51-54
- Givens, L., (1977). “**A New Approach to Variable Displacement, Automotive Engineering**”, Volume 85 no 5, pp 30-34.
- Haruhiko, I. and Fukashi, S., (1982). “**Multi-Cylinder Internal Combustion Engine**”, United States Patent, 4.313.406.
- Gürsoy, R. B., 1984. “**Patlamalı ve Yanmalı Motorlar**”, Endüstri Meslek Liseleri İle Teknik Liselerin Teknik ve Meslek Dersleri Yardımcı Ders Kitabı.
- Mayr, B., Hofmann, R., Hartig, F. und Hockel, K., (1979). “**Möglichkeiten der Weiterentwicklung am Ottomotor zur Wirkungsgradverbesserung**”, ATZ Automobiltechnische Zeitschrift 81-6.
- http://autozine.kyul.net/technical_school/engine/smooth3.htm
- Buzluk S., (Mak. Müh.) “**Mekanik Sistemlerde Titreşim Kontrolü**” TMMOB Makina Mühendisleri Odası Yalıtım Kongresi 23–24–25 Mart 2001 Eskişehir Türkiye
- Cinalioğlu P., “**Titreşim: Ölçümü ve Çözümlemesi**” http://www.emo.org.tr/ekler/06f50d1f89bd8b2_ek.pdf?dergi=246 ekler Sf.228
- Belek, T., Toprak; T., 2003. “**Titreşim Ölçümüne Dayalı Makine Bakımı**”, İ.T.Ü. Makine Fakültesi, Otomotiv Anabilim Dalı, Seminer Notları.
- Orhon, E., 2003. “**Makinelerde Titreşim Analizi ve Arıza Teşhisi**”, PRO-PLAN Ltd. Şti. Seminer Notları.
- Koruvatan T., “**Altı Silindirli Benzin Yakıtlı Bir Motorda Güç İstenmeyen Durumlarda, İki Silindirin Devre Dışı Kalması Halinin Deneysel İncelenerek, Simülasyon Yoluyla Değerlendirilmesi**”, Doktora tezi, Balıkesir Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 1999.
- <http://www.proplan.com.tr/pages/titresim/uygulama/makina/images/makina2.gif>
- http://www.bkvibro.com/Main/Products+%26+Services/Offline+Instruments+%26+Software/Vibrotest+60/VT60_the_3-1_Solution_vers16.pdf
- http://www.bruel.hu/doksik/VIBROTEST60_Brochure_EN_2007.pdf
- http://www.bkvibro.com/Main/Products+%26+Services/Offline+Instruments+%26+Software/Vibrotest+60/VIBROTEST60_Brochure_EN_2007.pdf
- Kutlar, O.A, 1999. Dört Zamanlı Otto (Rochas) Motorlarında Kısmi Yükte Yakıt Tüketimini Azaltmak İçin Yeni Bir Yöntem (Periyot Atlı Motor), İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü- Doktora tezi.