

Dört Zamanlı Kıvılcım Ateşlemeli Motorlarda Kısmi Yükte Yakıt Tüketimini Azaltmak İçin Yeni Bir Yöntem: Çevrim Atlatmalı Motor

Emrah ÖZGÜMÜŞ, O. Akın KUTLAR, Hikmet ARSLAN
İstanbul Teknik Üniversitesi Makina Fakültesi

ÖZET

İ.T.Ü. Makina Fakültesi, Otomotiv Anabilim Dalı'nda yürütülen bu çalışmada kıvılcım ateşlemeli motorların düşük yüklerde çalışması durumunda meydana gelen kısımla kayıplarını azaltmak için alternatif bir yük kontrol sistemi olan ve "çevrim atlatmalı motor" olarak isimlendirilen bir yöntem geliştirilmiştir. Bu yöntemin amacı motorun yükü azaldığında birbirini izleyen çevrimlerin bazılarında yakıt ve hava girişini durdurmak ve aynı gücü elde edebilmek için dolgu girişini (gaz keleşliği açıklığı) artırarak toplam efektif verimi yükseltmektir. Çevrim atlatma sisteminin termodinamik analizi için geliştirilen model ile elde edilen sonuçlar, kısmi yükte yakıt tüketimini azaltmada bu yöntemin önemli bir potansiyele sahip olduğunu ortaya koymaktadır. Yapılan deneyler, çevrim atlatma stratejisinde normal çalışma haline göre gaz keleşliğinin daha fazla açıldığını ve en yüksek momentin elde edildiği en düşük ateşleme avansının azaldığını göstermiştir. Özgül yakıt tüketimi, özellikle çok düşük hız ve yük koşullarında azalmış fakat yüksek hızlarda atlatılan çevrimlere yakıt kaçması nedeniyle artmıştır. Bu strateji ile motor rölanti konumunda çok daha düşük hızlarda kararlı olarak çalışmış ve buna bağlı olarak rölantideki yakıt tüketimi azalmıştır.

Anahtar Kelimeler: Kıvılcım ateşlemeli motor, çevrim atlatma, kısmi yük, pompalama kaybı, yakıt tüketimi

GİRİŞ

Sanayinin gelişimiyle birlikte geçmişten günümüze artan çevre kirliliği son yıllarda küresel ısınma sorununun belirginleşmesiyle dünyanın en önemli gündem maddesi haline gelmiştir. Atmosfere salınan kirletici gazların başlıca sorumlusu olarak karayolu taşıtları gösterilmektedir. Son 30 yıl içerisinde gerek yasal sınırlamalar gerekse üretici firmaların araştırmaları sonucunda taşıtların çevreye yaydığı kirletici gazların (HC, CO ve NOx) miktarında önemli gelişmeler kaydedilmiştir.

ABSTRACT

A new method to control the power named 'skip-cycle engine' had been developed in ITU Mechanical Engineering Faculty, Automotive Division laboratory in order to reduce pumping losses at part load of spark-ignition engines. The aim of this method is to cut off the fuel and stop the gas exchange in some of the consecutive four-stroke cycles. In order to maintain the same power, the charge (throttle opening) must be increased which means higher efficiency of the engine when the load is reduced. A thermodynamic model, besides experimental results, is used to explain the skip cycle strategy in more detail. This theoretical investigation shows considerable potential to increase the efficiency at part load conditions. Experimental results obtained with this novel strategy show that the throttle valve of the engine opens wider and the minimum spark advance for maximum brake torque decreases in comparison to those of the classical operation system. The brake specific fuel consumption decreases at very low speed and load, while it increases at higher speed and load due to the increased fuel loss within the skipped cycles. In this working mode, the engine operates at lower idle speed without any stability problem; and moreover with less fuel consumption.

Keywords: Spark ignition engine, skip cycle, part load, pumping loss, fuel consumption

Günümüzde, sera etkisi yaratan karbon dioksit emisyonu için de yasal sınırlamaların getirilmesi gündemdedir. Karbon dioksit emisyonunu azaltmanın başlıca yolu enerji dönüşüm verimini artırarak yakıt tüketimini azaltmaktır.

Günümüz kıvılcım ateşlemeli motorlarında efektif verim tam yükte %35 civarına ulaşmıştır. Ancak, bu motorlar düşük yük bölgesinde çalıştığında verim %10-15'lere kadar düşmektedir. Bunun nedeni, kıvılcım ateşlemeli motorlarda yük kontrolünün gaz keleşliği ile yapılıyor olmasıdır. Motorun ürettiği gücü azaltmak amacıyla gaz keleşliği kısıldığında,

pompalamaya giden iş artmakta ve böylece motor üretilen işin yanında ek bir iş daha yapmak zorunda kalmaktadır.

Kıvılcım ateşlemeli motorlarda kısmi yük bölgesindeki verimi arttırmak için değişken supap zamanlaması, değişken sıkıştırma oranı, aşırı doldurma, kademeli dolgu, değişken strok hacmi gibi yöntemler önerilmektedir. İ.T.Ü. Makina Fakültesi, Otomotiv Anabilim Dalı'nda da alternatif bir yük kontrol sistemi olan ve çevrim atlatmalı motor olarak isimlendirilen bir yöntem geliştirilmiş ve patenti alınmıştır (Kutlar, 1999; Kutlar, 2000).

ÇEVİRİM ATLATMALI MOTOR

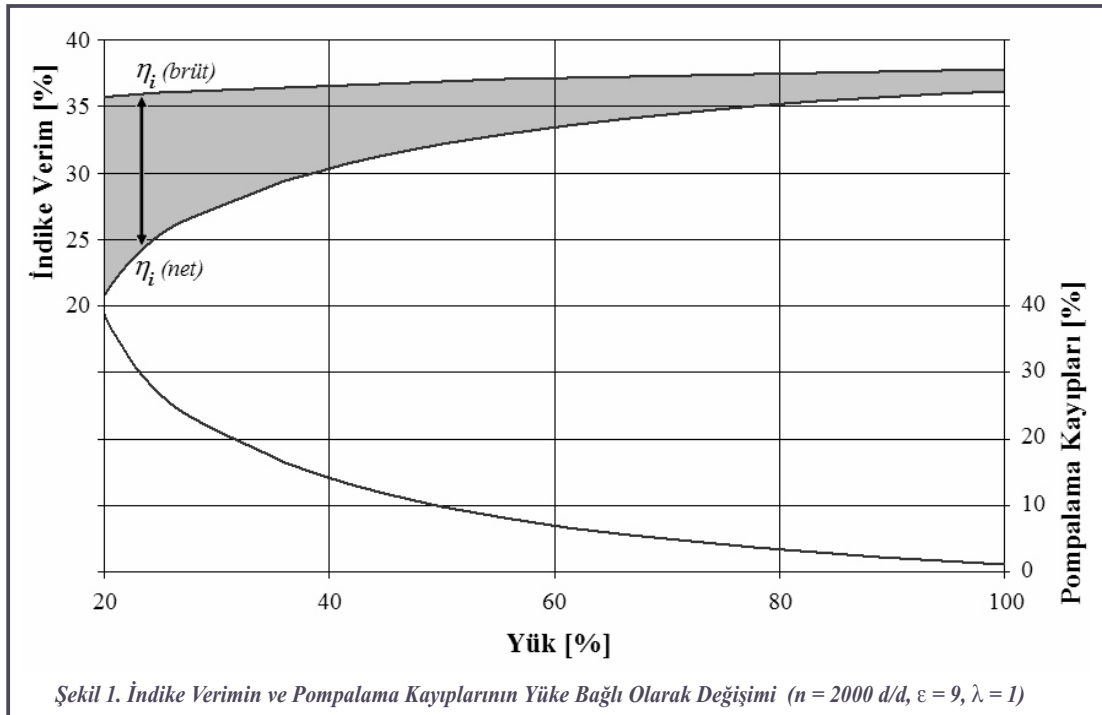
Termodinamik model sonuçlarına göre kıvılcım ateşlemeli bir motorda, indike verimin ve pompalama kayıplarının, yüke bağlı olarak değişimi Şekil 1'de gösterilmiştir. Bu grafikte, üretilen “brüt iş”e ve pompalama kayıplarına harcanan enerji çıkarıldıktan sonra geriye kalan “net iş”e bağlı olarak iki verim ifadesi yer alır. Diğer eğri ise pompalama kayıplarına harcanan enerjinin, üretilen brüt işe oranını yüzde olarak ifade eder.

Grafikte iki eğri arasındaki gri alan, kıvılcım ateşlemeli motorlarda verimi artırma potansiyelini ifade eder.

Görüldüğü gibi pompalama kayıplarının yüksek olduğu düşük yük bölgesinde bu alan daha geniştir. Bu noktadan hareketle geliştirilen çevrim atlatmalı motor, kıvılcım ateşlemeli motorların kısmi yük bölgesinde pompalama kayıplarının azaltılmasını ve buna bağlı olarak toplam efektif verimin artırılmasını hedefleyen yeni bir yük kontrol sistemidir. Bu yöntemle, motorun yükü azaldığında birbirini izleyen çevrimlerin bazılarında yakıt ve hava girişi durdurulurken, aynı gücü elde edebilmek için dolgu girişi (gaz kelebeği açıklığı) artırılır (Kutlar, 1999).

Çevrim Atlama Sisteminin Çalışması

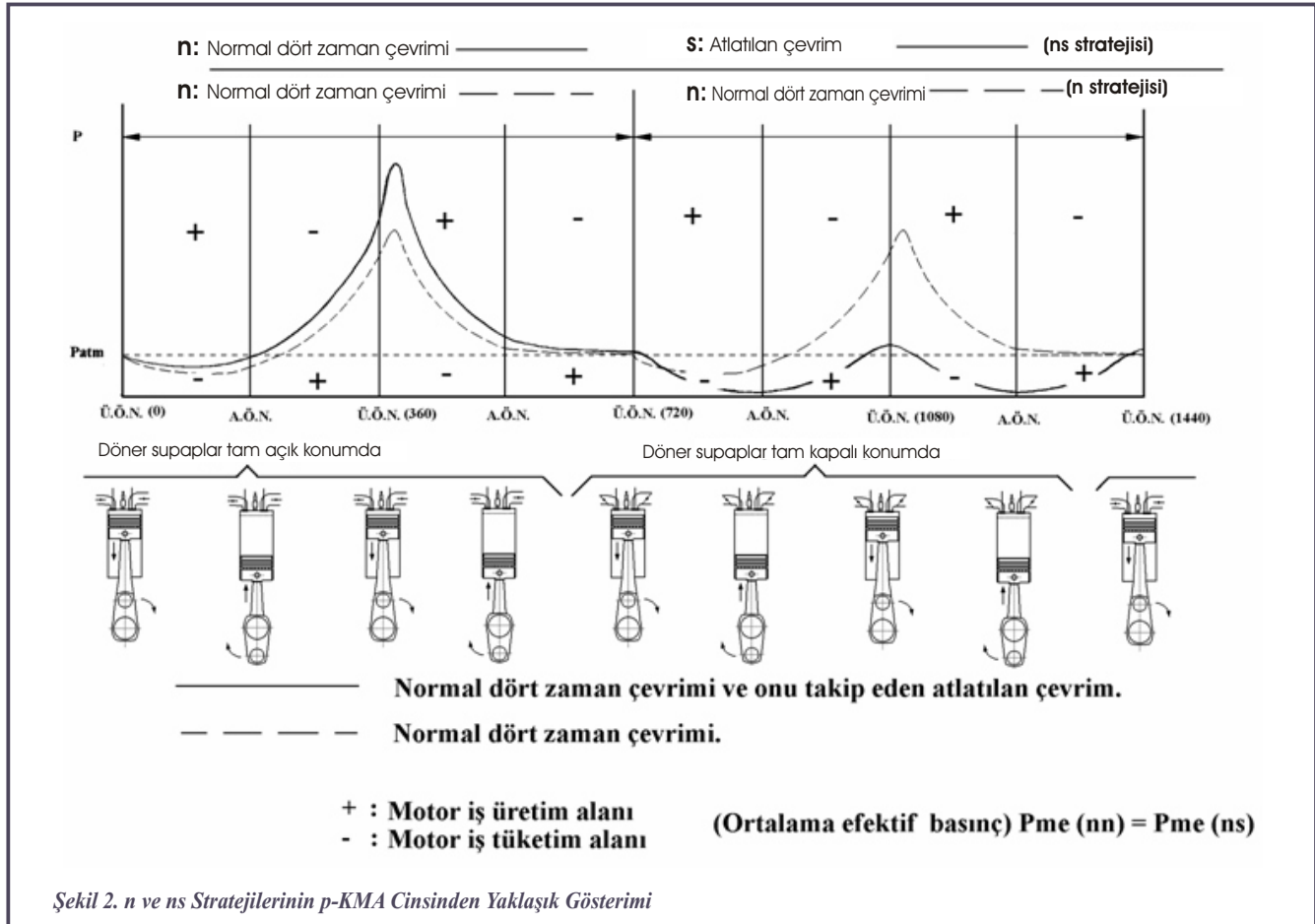
Motor dört zamanı (emme, sıkıştırma, yanma-genişleme, egzoz), krank milinin 720°, yani iki defa dönmesinde tamamlanır. Normalde motordan çekilen güç azaldığında gaz kelebeği kısılır ve yakıt sistemine kumanda edilerek, silindir içine çevrim başına giren dolgu miktarı azaltılır. Çevrim atlatmalı motorda, talep edilen güç azaldığında gaz kelebeğinin kısılıp silindir içine çevrim başına giren dolgu miktarının azaltılması yerine, çevrimin dört zamanı tamamlandıktan sonra takip eden dört zamanda iş üretilmeyerek, iş üretilen çevrim için gaz kelebeği açıklığı ve dolgu miktarı artırılır. Başka bir deyişle, krank milinin dört kez dönmesine karşın sadece bir kez iş üretilir.



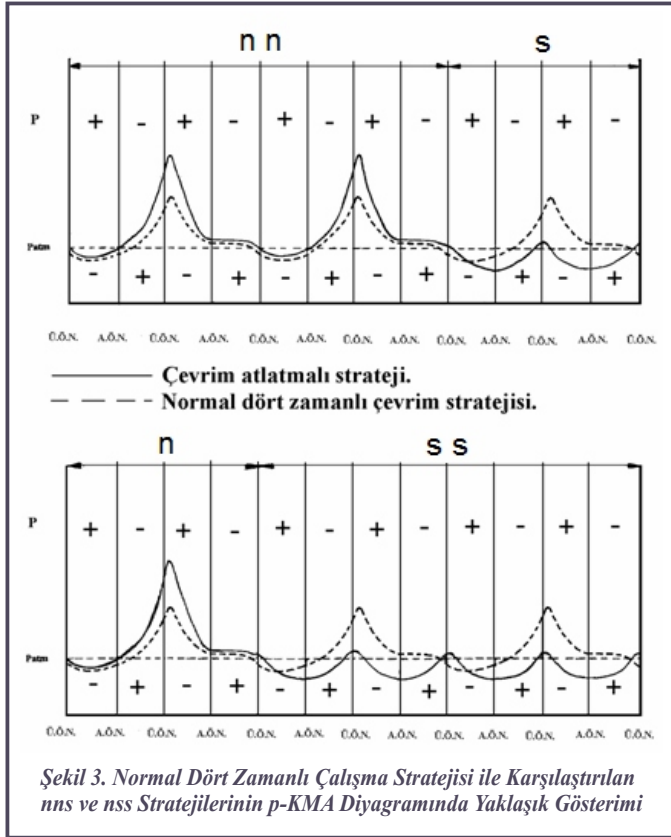
Motorun emme ve egzoz işlemleri kam mili ile tahrik edilen klasik emme ve egzoz supapları ile yapılır. Ancak, iş üretilmeyen dört zamanın yer aldığı çevrimde emme ve egzoz işlemlerini durdurmak için emme ve egzoz kanallarında yer alan solenoid kumandalı kelebekler (döner supap) kullanılır. Solenoidler, motorun iş çevrimi sırasında emme ve egzoz kanalındaki kelebekleri tam açık durumda tutar. İş çevrimi yapılmayacağı veya diğer bir deyişle çevrim atlatılacağı zaman, solenoidler emme ve egzoz kanalındaki kelebekleri tam kapalı konuma getirerek kanallardaki akışı durdurur. Emme ve egzoz kanalındaki kelebeklerin konumu emme ve egzoz supapları kapalı olduğu sırada değiştirilir. Bu amaçla krank milinin dönme hareketi 1/2 oranında düşürülerek bir dişli çarka iletilir. Bu dişli çark üzerinden elektriksel bir işaret alınarak supap konumları belirlenir ve buna göre kelebeklere kumanda edilir. Kısmi yükte yani diğer bir deyişle motorun ürettiği güç azaldığında emme ve egzoz kanallarındaki kelebekler solenoidler yardımıyla kapalı duruma getirilerek iş çevrimleri arasında belli sayıda çevrim atlatılır. Elektronik

kontrol sayesinde atlatılan çevrimlerde yakıt püskürtme ve ateşleme işlemleri de durdurulur. Öte yandan gaz kelebeği daha açık pozisyonda tutularak silindir içinde yanma sonucu basıncı yükseltilir ve ortalama indike basınç artırılır. Böylelikle motorun normal çalıştığı durumla aynı güç elde edilirken pompalama kayıpları azaltılmış olur (Kutlar, 1999).

Şekil 2'de normal bir dört zaman çevrimini takip eden bir adet atlatılmış çevrim uygulaması temsili olarak p-KMA (Krank Mili Açısı) diyagramında gösterilmiştir. Burada "n" harfi normal çalışan dört zamanı "s" harfi ise atlatılan çevrimi temsil eder. Tanımlanan çevrim atlatma stratejisi motorun yüküne ve hızına bağlı olarak genişletilebilir. Böylece çevrim atlatma işlemine geçişte, atlatılan çevrim/iş çevrimi çok küçük oranlardan başlatılarak motor yükü azaldıkça büyük oranlara doğru gidilebilir. Şekil 3'te iki normal dört zamanı takip eden bir adet çevrim atlatma (nns) ve bir normal dört zamanı takip eden iki çevrim atlatma (nss) halleri temsili olarak p-KMA diyagramında gösterilmiştir (Kutlar ve diğ., 2007).

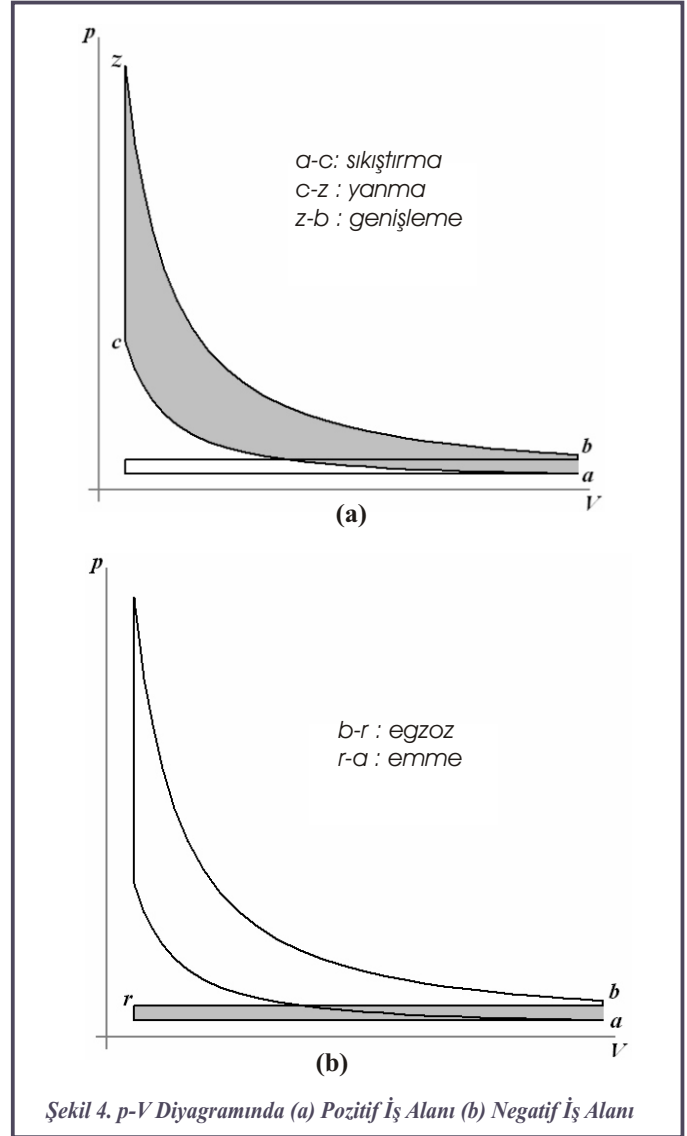


Çevrim atlatmalı motorun çalışma prensibi değişken strok hacimli motorlara benzer olup tek silindirli motorlara da uygulanabilecek niteliktedir. Sistem, yapı itibarıyla klasik supap mekanizmasında değişiklik gerektirmez. Bütün bir grup silindirlerin devre dışı bırakılmasına göre yük ayarı çevrim atlama stratejisine bağlı olarak moment değişimi en aza indirilerek uygulanabilir.



ÇEVİRİM ATLAMA SİSTEMİNİN TERMODİNAMİK MODELİ

Kıvılcım ateşlemeli motorun gerçek çevrim parametrelerinin hesabında silindir hacmini bir kontrol hacmi olarak ele alan ve dolgu değişim süreçlerini de içeren açık çevrimli bir termodinamik model kullanılmıştır (Arslan, 2003; Arslan ve diğ., 2004). Bu modelde, Grinevtski-Mazing yöntemi temel alınmıştır (Kolçin ve Demidov, 1980). Tam yük koşulları için geçerli olan bu yöntem öncelikle kısmi yük rejimi için de hesap yapılabilecek şekilde geliştirilmiş, sonrasında da çevrim atlama motorun modellenenbilmesi için ilaveler yapılmıştır.



Termodinamik modelde hedeflenen, motorun indike ve efektif büyüklüklerini hesaplamak, normal ve çevrim atlama çalışma koşullarında bu büyüklükleri karşılaştırmaktır. Motorun emme, sıkıştırma, yanma, genişleme ve egzoz süreçlerine ait parametrelerinin hesaplanmasıyla Şekil 4'te temsili olarak gösterilen basınç-hacim (p-V) diyagramı elde edilir.

Bu diyagramda üstteki alan (Şekil 4-a), çevrim sırasında silindir içerisinde üretilen pozitif işe eşittir. İşin strok hacmine oranı ortalama indike basıncın brüt değerini verir (p'_{mi}). p-V diyagramında alttaki alan (Şekil 4-b), emme ve egzoz süreçlerinde dolgu değişimine harcanan enerjiyi ifade eder. Bu negatif işin strok hacmine oranı pompalama kayıplarının ortalama basıncını (Δp_{mi}) verir. Ortalama indike

basıncın net değeri ise (p_{mi}), brüt değer ile pompalama kayıplarının ortalama basıncı arasındaki farka eşittir.

Ortalama efektif basınç (p_{me}), ortalama net indike basınçtan (p_{mi}) mekanik kayıpların ortalama basıncı (p_m) çıkarılarak hesaplanır. Buna bağlı olarak da diğer efektif parametreler; efektif güç N_e , efektif verim η_e ve efektif özgül yakıt tüketimi b_e bulunur.

Mekanik kayıplar, sürtünmelere ve yardımcı mekanizmalara harcanan enerjiyi ifade eder. Literatürde çeşitli mekanik kayıp ifadeleri yer almaktadır. Bu çalışmada tüm yük rejimlerinde geçerli olan ampirik bir ifade kullanılmıştır (Basshuysen ve diğ., 1980). Motor hızına ve ortalama efektif basınca bağlı olan bu ifade, motor boyutuna göre a, b, c sabit sayılar olmak üzere, aşağıdaki gibi gösterilebilir.

$$p_m = a + b \cdot n + c \cdot p_{me} \text{ MPa} \quad (1)$$

Motorun çevrim atlatarak çalıştığı durumda normal çalışmasına kıyasla aynı güç üretilirken, gaz kelebeği daha açık olduğu için volümetrik verim daha yüksektir. Bu çalışmada kullanılan termodinamik modelde de, belirli bir hız değeri için, volümetrik verim değiştirilmek suretiyle, normal ve çevrim atlatmalı çalışma durumlarında aynı güç değeri elde edilmeye çalışılmıştır. Ancak, yanmanın gerçekleştiği çevrimlerde açığa çıkan enerjiler, başka bir deyişle basınçlar, eşit değildir. Enerjiler eşit olmadığı halde güçlerin aynı olmasının nedeni, enerjilerin açığa çıktığı birim zamanların farklı oluşudur. Çevrim atlatmalı motorda enerjinin açığa çıkma frekansı, atlatılan çevrim sayısına bağlı olarak değişir.

Efektif güç genel olarak aşağıdaki gibi ifade edilir. Burada p_{me} ortalama efektif basınç (MPa), V_h strok hacmi (m^3), i silindir sayısı, n motor dönme hızı (d/d), τ zaman faktörüdür.

$$N_e = \frac{p_{me} \cdot V_h \cdot i \cdot n}{60 \cdot \tau} \text{ kW} \quad (2)$$

Normal çalışan dört zamanlı bir motor için $\tau = 2$ dir. Bunun nedeni, dört zamanlı bir motorda 2 devirde bir kez iş üretilmesidir. τ , çevrim atlatmalı motoru da kapsayacak

şekilde genişletilmelidir. Öncelikle, çevrim atlatma ile ilgili diğer bazı parametrelerin de ifade edilmesini kolaylaştıracak yeni bir parametrenin tanımlanmasında fayda vardır:

$$t = (\text{toplam çevrim sayısı}) / (\text{iş çevrimi sayısı}) \quad (3)$$

Aşağıdaki tabloda dört zamanlı bir motorda farklı çalışma stratejileri için t ve τ 'nin aldığı değerler gösterilmiştir.

Tablo 1. Farklı Çalışma Stratejileri için t ve τ Değerleri

Strateji	Toplam Çevrim Sayısı	İş Çevrimi Sayısı	t	τ
n	1	1	1	2
ns	2	1	2	4
nss	3	1	3	6

Bu tablodaki verilerden hareketle, dört zamanlı motor için zaman faktörünün hem normal hem de çevrim atlatmalı çalışma durumunu kapsayan yeni ifadesi aşağıdaki gibi tanımlanır.

$$\tau = t \cdot 2 \quad (4)$$

Bu bağıntıdan hareketle, güç ifadesi tekrar yazılırsa,

$$N_e = \frac{p_{me} \cdot V_h \cdot i \cdot n}{120 \cdot t} \text{ KW} \quad (5)$$

Sabit hız ve güç koşullarında normal ve çevrim atlatmalı çalışma stratejileri arasındaki bağıntı aşağıdaki gibi olur.

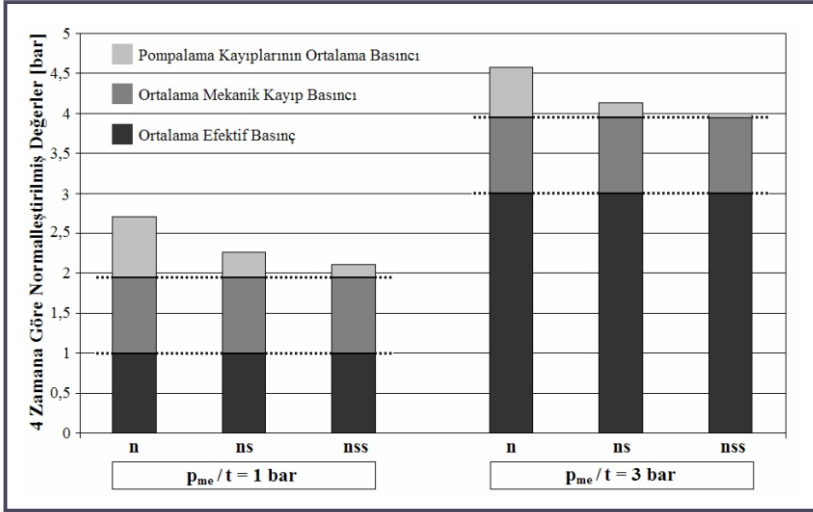
$$\frac{p_{me}}{t} = \text{sabit} \quad (6)$$

Denklem (6)'dan da anlaşıldığı gibi, normal ve çevrim atlatmalı çalışma koşulları p_{me}/t değerleri eşit olacak şekilde karşılaştırılır.

Hesaplamalarda, özellikleri Tablo 2'de verilen tek silindirli

Tablo 2. Deney Motorunun Özellikleri

Silindir sayısı	1
Strok hacmi	454 cm^3
Çap \times Strok	85 \times 80 mm
Sıkıştırma oranı	9
Supap sayısı	2



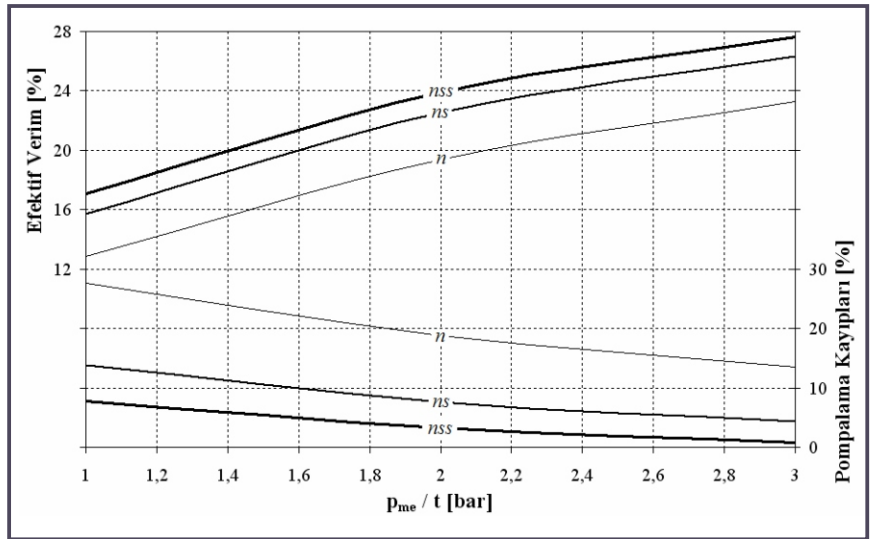
Şekil 5. n, ns ve nss Modlarında 4 Zamana Göre Normalleştirilmiş Basınç Değerleri

deney motoru temel alınmıştır. Motorun çalışma koşulları; $\lambda=1$, $n=2000$ d/d, ve yük aralığı (p_{me}/t): 1-3 bar olarak seçilmiştir. n, ns ve nss modları için hesaplamalar yapılmış ve sonuçlar karşılaştırılmıştır.

Şekil 5'te, $p_{me}/t=1$ bar ve $p_{me}/t=3$ bar için n, ns ve nss modlarındaki ortalama efektif basıncın, ortalama mekanik kayıp basıncının ve pompalama kayıpları ortalama basıncının 4 zamana göre normalleştirilmiş değerleri gösterilmiştir. Buradaki, "4 zamana göre normalleştirilmiş değer" şöyle ifade edilebilir: Örneğin, n modu için yapılan tüm hesaplamalar, bir 4 zamanı kapsarken, ns modu için yapılan hesaplamalar, 8 zamanı kapsar. Sonuçların karşılaştırılabilmesi için ns modu için bulunan değerler, 4 zamana indirgenmelidir.

Grafikte, üç parçadan oluşan her bir sütunun bütünü ortalama brüt indike basıncı ifade eder. Bu grafikte, çevrim atlatma sistemi ile efektif olarak aynı iş elde edilirken daha az enerjinin harcandığı vurgulanmaktadır. Harcanan enerjideki azalma, mekanik kayıplara harcanan enerjide bir değişiklik olmazken pompalamaya giden kayıp enerjinin azalmasından kaynaklanır.

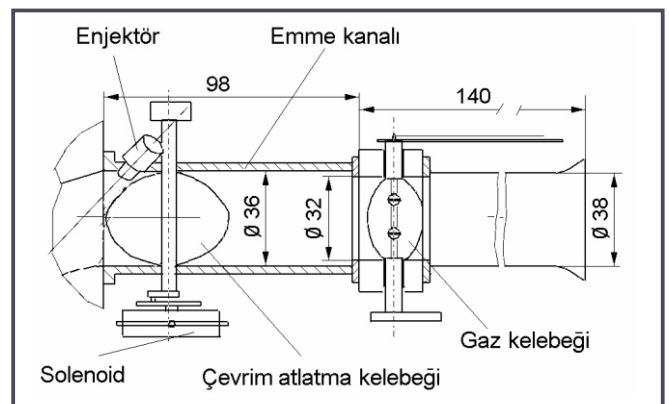
Şekil 6'da, n, ns ve nss modları için yüke bağlı olarak pompalama kayıpları yüzdesinin ve efektif verimin değişimi



Şekil 6. n, ns ve nss Modlarında Efektif Verimin ve Pompalama Kayıplarının Yüke Bağlı Değişimi

DENEYSEL ÇALIŞMA VE SONUÇLARI

Çevrim atlatma sisteminin sınanması için tek silindirik kıvılcım ateşlemeli bir deney motoru geliştirilmiştir (Kutlar,



Şekil 7. Çevrim Atlatma Kelebeği Bulunan Emme Kanalı Şeması

1999; Çalık, 1999). Bu motorda yakıt emme manifolduna bir enjektör yardımıyla püskürtülmekte olup çevrim atlatma için emme kanalı üzerinde bir adet döner solenoid bulunmaktadır (Şekil 7). Yakıt püskürtme, ateşleme ve solenoid sistemlerine bir bilgisayar üzerinden kumanda edilmektedir.

Motorun Normal Çalışma Koşullarındaki Karakteristiği

Çevrim atlatma sistemini karşılaştırmalı olarak değerlendirilebilmek için motorun normal dört zamanlı çalışma koşullarındaki karakteristiği çıkarılmıştır. Motorun çalışma aralığı, ortalama efektif basınç 16 bar ve motor dönme hızı 1200-2000 devir/dakika arasında olacak şekilde seçilmiştir. Tüm deney noktalarında hava fazlalık katsayısı $\lambda=1$ olacak şekilde yakıt-hava karışım ayarı yapılmıştır.

Elde edilen sonuçlar günümüz dört zamanlı kıvılcım ateşlemeli motorları ile uyumludur. Ortalama efektif basınç 1 bar'da, 1200-2000 devir/dakika hız aralığında efektif verim %11,5-12,6 arasındayken, yük artırılarak ortalama efektif basınç 6 bar'a çıkarıldığında aynı hız aralığında efektif verim %30,1 olmaktadır.

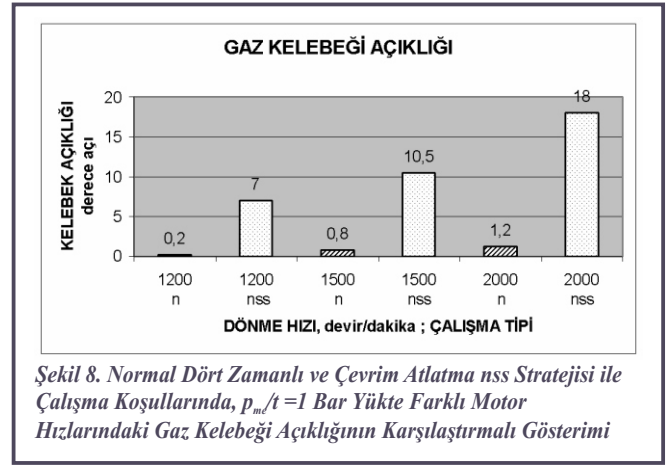
Düşük Yükte ($p_{me}=1$ bar) Çevrim Atlama Karakteristiği

Çevrim atlatma sistemi ile yapılan deneyler ileride değinilecek olan nedenlerden dolayı en anlamlı sonuçların normal çalışan çevrimi takip eden iki atlatılmış çevrim (nss) ile ve çok düşük yük koşullarında ($p_{me}/t=1$ bar) elde edildiğini göstermiştir. Bu nedenle bu çalışmada verilen deney sonuçları ortalama efektif basınç $p_{me}/t=1$ bar ve motor dönme hızı 1200-2000 devir/dakika aralığındaki değerleri kapsamaktadır. Bu sonuçlara bakılarak şu değerlendirmeler yapılabilir.

Gaz keleşbeği açıklığı:

Normal dört zamanlı çalışmaya göre eşit işletme koşullarında çevrim atlatma stratejisi ile beklentimize uygun olarak gaz keleşbeği açıklığı artmaktadır. Eşdeğer yükte iş üreten çevrimin yükü, yani diğer bir deyişle silindir içine giren dolgu miktarının artırılması gerektiği için, gaz keleşbeği daha açık tutulmaktadır. Şekil 8'de 1 bar ortalama efektif basınç ve üç farklı motor

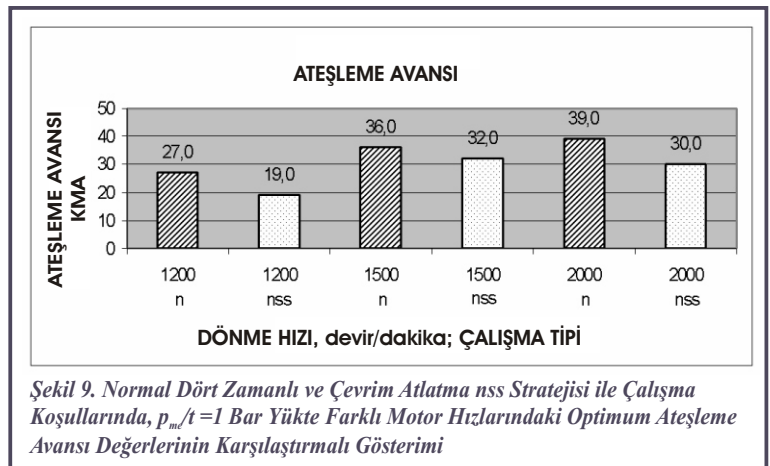
dönme hızı için normal dört zamanlı çalışma ile nss stratejisi sonuçları karşılaştırmalı olarak verilmiştir.



Şekil 8. Normal Dört Zamanlı ve Çevrim Atlama nss Stratejisi ile Çalışma Koşullarında, $p_{me}/t=1$ Bar Yükte Farklı Motor Hızlarındaki Gaz Keleşbeği Açıklığının Karşılaştırmalı Gösterimi

Ateşleme avansı:

Normal dört zamanlı çalışmaya göre eşit işletme koşullarında çevrim atlatma stratejisi ile beklentimize uygun olarak ateşleme avansı azalmaktadır. Eşdeğer yükte iş üreten çevrimin yükü, yani diğer bir deyişle silindir içine giren dolgu miktarı arttığı için, yanma hızı yüksek olacağından optimum ateşleme avansı azalmaktadır. Her iki halde de motor dönme hızı arttıkça optimum ateşleme avansı artmaktadır. Şekil 9'da 1 bar ortalama efektif basınç ve üç farklı motor dönme hızında normal dört zamanlı çalışma ile nss stratejisi uygulandığı haller için, en yüksek momentin elde edildiği en düşük ateşleme avansı değerleri (optimum ateşleme avansı) karşılaştırmalı olarak verilmiştir.

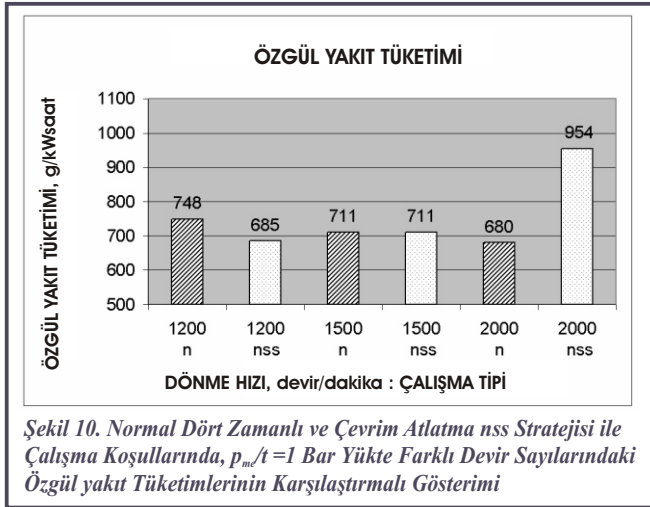


Şekil 9. Normal Dört Zamanlı ve Çevrim Atlama nss Stratejisi ile Çalışma Koşullarında, $p_{me}/t=1$ Bar Yükte Farklı Motor Hızlarındaki Optimum Ateşleme Avansı Deđerlerinin Karşılaştırmalı Gösterimi

Özgöl yakıt tüketimi

En düşük yük ve hız olan $p_{me}/t=1$ bar, $n=1200$ devir/dakika

da nss stratejisi ile normal dört zamanlı çalışmaya göre %10 civarında bir verim artışı sağlanmıştır. Bunun nedeni en düşük yük ve motor dönme hızında püskürtülen yakıt miktarının az olması, püskürtme işleminin KMA cinsinden kısa sürmesi ve karışımın kısıtlı zaman içinde göreceli olarak daha iyi sağlanabilmesidir. Diğer noktalarda ise çevrim atlatma stratejisi ile verimde artış sağlanamamıştır. Bu ise yük ve motor dönme hızı arttıkça püskürtme işleminin KMA cinsinden daha uzun bir zaman alması ve böylece karışımın kısıtlı zaman içinde iyi bir şekilde oluşturularak, silindire içine sokulmasının mümkün olmamasından kaynaklanmaktadır. Şekil 10'da 1 bar ortalama efektif basınç ve üç farklı motor dönme hızında normal dört zamanlı çalışma ve nss stratejisi uygulandığında elde edilen özgül yakıt tüketimi sonuçları verilmiştir.

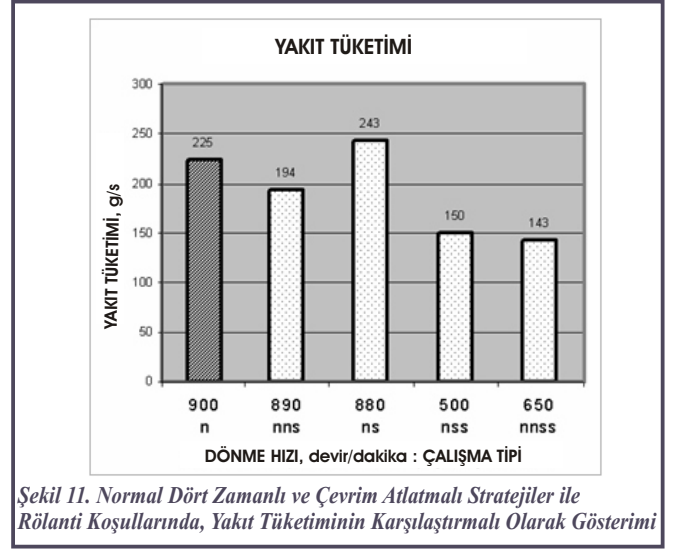


Şekil 10. Normal Dört Zamanlı ve Çevrim Atlatma nss Stratejisi ile Çalışma Koşullarında, $p_{m/1}$ Bar Yükte Farklı Devir Sayılarındaki Özgül yakıt Tüketimlerinin Karşılaştırmalı Gösterimi

Rölantide Çevrim Atlatma Karakteristiği

Çevrim atlatma stratejisi uygulandığında kararlı çalışma hızı $n=500$ devir/dakika'ya kadar düşürülebilmektedir (Şekil 11).

Rölanti koşullarında çevrim atlatmalı strateji uygulanması halinde motorun ataletini yenmek için normal emme işlemi yapılan çevrimde, silindire içine daha fazla hava yakıt karışımı sokulmaktadır. Böylece klasik kıvılcım ateşlemeli dört zamanlı motorların kısmi yük ve rölanti koşullarında silindire içine önceki çevrimden kalan yüksek miktardaki yanmış gazlar ile az miktardaki taze hava yakıt karışımının yanması sonucu oluşan çevrimler arası



Şekil 11. Normal Dört Zamanlı ve Çevrim Atlatmalı Stratejiler ile Rölanti Koşullarında, Yakıt Tüketiminin Karşılaştırmalı Olarak Gösterimi

çalkalanmalar, çevrim atlatmalı strateji ile azaltılabilmektedir. Bu olgu çevrim atlatmalı stratejinin daha düşük hızlarda kararlı olarak çalışmasını açıklamaktadır.

Ns stratejisi hariç bütün çevrim atlatma stratejileri ile rölantideki yakıt tüketiminde önemli azalmalar sağlanmaktadır. En büyük iyileşme nss stratejisi ile sağlanmış olup yakıt tüketimi %36,4 azalmıştır (Şekil 11).

SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Bu çalışmada dört zamanlı kıvılcım ateşlemeli motorların kısmi yükteki yakıt tüketimini azaltmaya yönelik yeni bir çözüm önerisi tanımlanarak termodinamik model ve deneysel sonuçları sunulmuştur. Tanımlanan yöntem "çevrim atlatma" olarak adlandırılmıştır.

Termodinamik modelden elde edilen teorik sonuçlar, efektif verimin normal çalışmaya göre, 2000 devir/dakika motor dönme hızında, 1 bar ortalama efektif basınç değeri için ns modunda %22 ve nss modunda %33 arttığını, 3 bar ortalama efektif basınç değeri için ns modunda %13 ve nss modunda %19 arttığını göstermiştir.

Deney motoru normal dört zamanlı çalışma koşullarında, kısmi yük ve düşük hızlarda genel olarak bugünkü motor teknolojisi ile elde edilen performans değerlerine ulaşmaktadır. Çevrim atlatma stratejisinin uygulanması durumunda, beklentimiz doğrultusunda normal dört zamanlı çalışma koşullarına göre aynı yük ve

hız için, gaz kelebeği daha açık konumda tutulmaktadır ve optimum ateşleme avansı azalmaktadır. Çok düşük yük ve hız koşullarında ($p_{me}/t = 1$ bar, $n=1200$ devir/dakika) nss stratejisi ile efektif verimde %10 civarında iyileşme sağlanmıştır. Ancak yük ve hız arttıkça atlatılan çevrime yakıt ve hava kaçışına engel olunamadığı için yakıt tüketimi azaltılamamıştır. Çevrim atlatma stratejisinin en ilgi çekici sonuçlarından biri ise motorun rölantide normal dört zamanlı çalışmaya göre çok daha düşük hızlarda kararlı olarak çalışmasıdır. Bu da rölantideki yakıt tüketimini önemli ölçüde iyileştirmektedir.

Gelinen bu noktada, çevrim atlatma stratejisinin geliştirilebileceği ve kısmi yükteki yakıt tüketiminde azalma sağlanabileceği söylenebilir. Bu amaçla çevrim atlatmalı strateji uygulamasında özellikle yakıtın emme kanalı çeperlerine birikmeden silindir içine sokulması için önlemler alınması gereklidir (Basshuysen, 1993; Salber ve diğ., 2001).

Bu çalışma ile birçok açıdan geniş kapsamlı olan bu konunun parçalara bölünerek veya ekip çalışması halinde ileri götürülmesi için bir başlangıç yapılmıştır. Çevrim atlatma sistemi ile ilgili araştırmaların devam ettirilebilmesi halinde belli bir olgunluk düzeyine ulaştıktan sonra, çok silindirli motorlara uygulanması yük kontrolünde daha esnek çözümler üretme olanağı sağlayacaktır.

KAYNAKÇA

1. Kutlar, O. A., Dört Zamanlı Otto (Rochas) Çevrimli Motorlarda Kısmi Yükte Yakıt Tüketimini Azaltmak İçin Yeni Bir Yöntem, Doktora Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, 1999.
2. Kutlar, O. A., Dört Zamanlı Motorlarda Çevrim Atlatma Sistemi, İncelemeli Patent TR 2000 03902 B, 2000.
3. Kutlar, O. A., Arslan H. and Calık A. T., Skip Cycle System For Spark Ignition Engines: An experimental Investigation of a New Type Working Strategy. Energy Conversion and Management, 2007; 48: 370-379.
4. Arslan, H., Otto Motoru Kısmi Yüklerinde Minimum Yakıt Tüketimi, Doktora Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enst., 2003.
5. Arslan, H., Mehdiyev, R., Kutlar, O. A. and Çalık, A. T., A New Calculation Model For Spark-Ignition Engines In

Relation To Different Combustion Mechanisms, 8th International Combustion Symposium, Ankara, 2004

6. Kolchin, A. and Demidov, V., 1984. Design of Automobile Engines, Mir Publishers, Moscow
7. Basshuysen, R. v., Schmaedeke, W. und Vogt, R., 1980. Reibungsverluste von Fahrzeugmotoren Unterschiedlicher Groesse und Zylinderanzahl, MTZ Motorentechnische Zeitschrift, 41, 509-511.
8. Çalık, A. T., Deney Motoru Veri Toplama ve Analiz Sistemi Tasarımı, Yüksek Lisans Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, 1999.
9. Basshuysen, R. v., “Zylinderabschaltung und Ausblenden einzelner Arbeitszyklen zur Kraftstoffersparnis und Schadstoffminderung”, MTZ Motorentechnische Zeitschrift, 54-5, 1993.
10. Salber, W., Kemper, H., Staany, F., Esch, T., “Der Elektromechanische Ventiltrieb-Systembaustein fuer zukuenftige Antriebskonzepte Teil 2”, MTZ Motorentechnische Zeitschrift, 62-1, 2001..

