

4 Silindirli İçten Yanmalı Bir Motorun Bilgisayar Ortamında Tasarım Ve Simülasyonu

Özet

Makine ve takım tezgahlarında birbiriyle bağlantılı hareket eden uzuvlar mekanizmaları oluşturlar. Makineler tasarlanırken çok sayıda uzvun birbirine olan etkileri ve uzuv hareketlerinin hesaplanması gerekir. Bu amaçla onları bilgisayar ortamında tasarlayıp hareketlerini analiz etmek çok daha kolay ve zaman kazandıran bir yöntemdir. Ancak ülkemizde bu çok az kullanılan bir mühendislik uygulamasıdır. İlgisizliğin yanında ülke sanayinin bu tür teorik çalışmaları destekleyecek asamaya ulaşmaması bu konunun uygulama alanını kısıtlamaktadır. Bu çalışmada Adams Programı kullanılarak 4 silindirli içten yanmalı bir motor analizi yapılmıştır.

Abstract

Mechanisms are parts which move in harmony while connected to each other in certain calculations. When designing mechanisms, the relation of these parts to each other and the calculations done regarding the possible motions of these parts are essential. For this reason the need of using computer sciences in order to design and analyze such parts for less time consuming and more accurate matters is widely accepted method. Unfortunately in our own country this method is rather a less preferred one. Maybe ignorance is the reason but whatever the reason is our own industry is not in the position to support efforts to be spent on this method and that narrows the application areas of the matter to be stated. In this study, the program Adams is used to analyze a internal combustion engine with 4 cylinders.

1. GİRİŞ

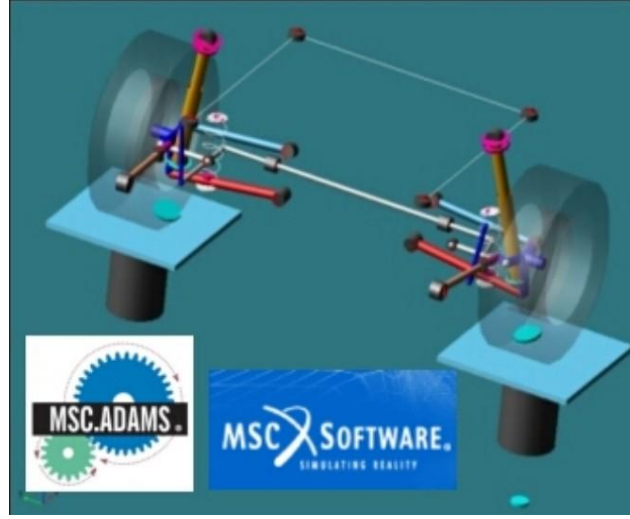
Günümüzde bilgisayar destekli tasarım çok gelişmiş durumdadır. Parça modellemenin yanı sıra montaj yapılabilen ve aynı zamanda bu montajların simülasyonları da yapılarak tasarımın nasıl çalıştığı izlenebilmektedir. Bu tür uygulamaların en büyük avantajı prototip üretiminin zorluklarını içermeyen benzer işlevi yerine getirmesidir.

Makineler birbiriyle etkileşen birçok uzuvdan oluşan yapılardır. Bu uzuvların meydana getirdiği mekanizmaların hareket ve hız vb. parametrelerin analizleri nümerik yöntemlerle yapılmaktadır. Ancak mekanizmadaki uzuv sayısı arttıkça bu analizleri yapmak zorlaşmaktadır. Bu açıdan bakıldığında içten yanmalı motorlar çok daha karmaşık yapılardır. Bilgisayar teknolojisinden yararlanarak bu analizlerin yapılması mümkün olmakla birlikte çok zor olmaktadır ve bu yüzden uygulaması azdır.

Bu çalışmada ADAMS/Engine programı kullanılarak 4 silindirli bir içten yanmalı motorun analizi yapılmıştır. Motorun gerçek ölçüleri girilerek bir modellemesi yapılmış, ardından başlangıç şartları verilerek motorun fiziksel simülasyon sonuçları alınmıştır. Simülasyon sonuçları motor verileri ile uyumlu olduğu gözlenmiştir.

2. SİSTEM TANIMLAMA VE MODELLEME

Adams, mekanizma analizi yapabilmek amacıyla MSc Software firması tarafından geliştirilmiş bir programdır. Bir makinada bulunabilecek en temel elemanlar çizilmekte;kütle,atalet vb. özellikleri ayarlandıktan sonra parçalar sınır şartları uygulanarak birbirine bağlanmaktadır. Birbirine bağlı bu parçalara programdan hareket verilerek zamana bağlı simülasyonları yapıp bu simülasyonların çıktıları alınmaktadır. Burada kastedilen en önemli çıktı ölçümlerdir.



Şekil 1. Dinamik Sistem Analizi [1]

ADAMS; Automatic Dynamic Analysis of Mechanical Systems'in kısaltılmış halidir. ADAMS farklı amaçlara ve endüstrilere hitap edecek şekilde tasarlanmıştır. Bunlar kısaca ADAMS modülleridir. Havacılık sektörü için Adams/Aircraft, otomotiv sektörü için Adams/Car vb. gösterilebilir. Modüllerin isimlerinden anlaşılacağı üzere hepsi farklı işlevlere sahip ayrı programlardır. Bu modülleri kullanarak araç simülasyonlarından, motor modellemelerine, titreşim analizlerinden, hidrolik sistem tasarımına kadar birçok analiz yapılabilir [2-4]. ADAMS programının genel amaçlı mekanizma tasarım modülü ADAMS/VIEW' dir. Fakat bu çalışmada ağırlıklı olarak Adams'ın motor tasarım ve analiz modülü olan Adams/Engine modülü kullanılacaktır.

Adams programı: i) Kuvvet karşısında deforme olmayan (Rigid bodies) ii) Kuvvet karşısında deforme olabilen (Flexible Bodies) olmak üzere 2 farklı uzuv modellemesi yapabilir. Rijit uzuvlar maruz kaldıkları kuvvetler karşısında deforme olmazlar. Esnek uzuvlar ise kuvvet karşısında deforme olabilen parçalardır. Çalışmada kuvvet karşısında deforme olmayan uvuz tipi kullanılmıştır. Kuvvet karşısında deforme olabilen uzuv ile ilgili daha sonra çalışmalar yapılacaktır.

Literatürde Adams'la yapılmış sınırlı sayıda çalışma mevcuttur. Li ve Wang [5] çalışmalarında sütunlu matkap tezgahlarına bir alternatif olarak 3 kinematik uzuvlu ve muyluya sahip yeni bir matkap tezgahı tasarlamışlardır. Bu tasarım universal mengene ile bağlama sıkıntısını büyük ölçüde ortadan kaldırmakta ve kinematik uzuvları sayesinde delinecek yüzeyin yapısına göre mandrene kolayca açı verilebilmektedir. Bu çalışma için Adams/View kullanılmıştır. Programın farklı endüstrilerin ihtiyaçlarına cevap verecek şekilde tasarlanmış olması çok farklı problemler üstünde çalışma imkanı getirmiştir Markine, Esveld, Shevtsov [6] çalışmalarında demiryolu raylarına oturacak farklı bir vagon tekerleği tasarımı yaparak Adams/Rail ile test etmişlerdir. Haubler, Albers [7] makalelerinde yorulma testlerini

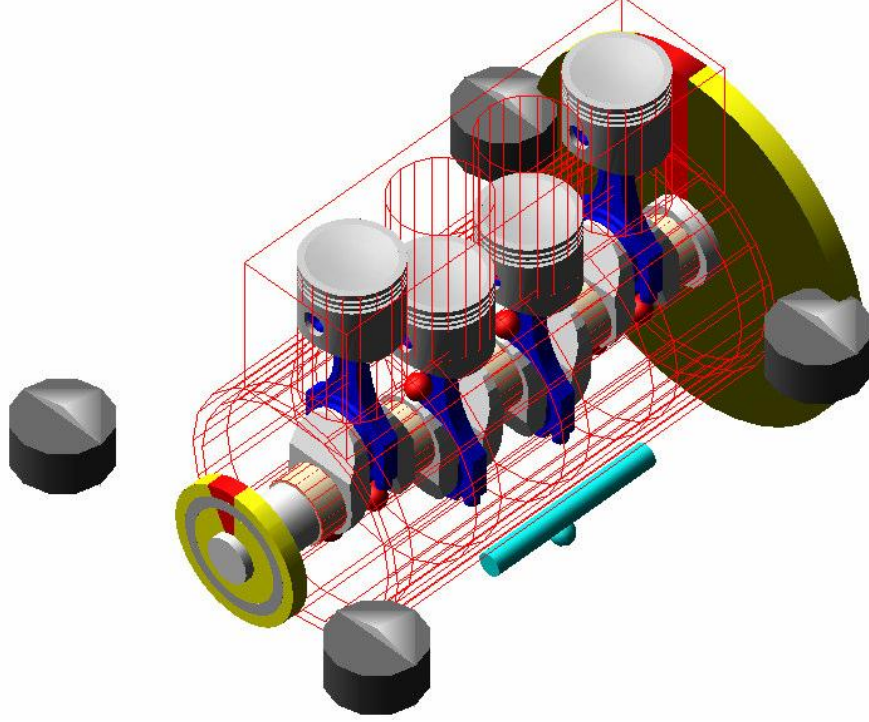
belirli tasarım degiskenleri atayarak yapmışlardır. Yu Chen, Ming Yang [8] çalışmalarında 4 çubuk mekanizmasını optimize etmişlerdir. Makkonen, Nevala, Heikkila [9] çalışmalarında bir Exskavatörü modelleyerek uzuvlarının 3 boyutlu kontrolünü gerçekleştirmişlerdir. Bunların dışında araç süspansiyonları, kırılma mekanigi, hidrolik devrelerin modellenmesi, araç sürüs testleri, titresim analizi yapmak amacıyla yazılmış sınırlı sayıda çalışma vardır. Bu konu dikkatlerden uzak kalmıştır. Ülkemizde az kullanılan bir mühendislik uygulaması olduğu için bu çalışmanın sonraki çalışmalara öncü olacağı kanaatindeyiz.

3. 4 SİLİNDİRLİ MOTOR TASARIMI

Bu çalışmada 4 silindirli bir içten yanmalı motor modellenip simüle edilecektir. Tasarımımız motor modelleme için geliştirilmiş bir Adams modülü olan Engine ile yapılacaktır. Adams/Engine iki bölüme ayrılmaktadır: standart arayüz ve şablon tasarım arayüzü. Program açıldığında kullanıcıya hangi modda çalışmak istediği sorulur. Standart arayüz şablon tasarım arayüzüne göre daha dar kapsamlı bir opsiyondur; ancak daha pratiktir. Bu bölümde hazır kütüphanede bulunan bir model seçilip motora ait değerler revize edilmektedir. Her iki modda da motorun önce altmontaj olarak oluşturulup daha sonra montaja çevrilmesi gerekir. Bir motordaki her parça ayrı bir altmontaj olabileceği gibi motorun tümü bir altmontaj olarak da tasarlanabilir. Bu ikinci seçenek daha çok standart arayüz için geçerlidir ve bu çalışmada da standard arayüz kullanılmıştır. Program kütüphanesinden açılacak model motora ait bütün veriler (silindir çapından krank mil değerlerine kadar bütün parametre değerleri) girildikten sonra montaja dönüştürülmekte bunun ardından sistemin çözümlemesi yapılmaktadır. Aşağıda simülasyonu ve analizi yapılacak olan 4 silindirli içten yanmalı motorun üç boyutlu bir çizimi görülmektedir.

A. Motor Tasarım Datası

Programın kendi kütüphanesinden 4 silindirli herhangi bir motor tasarımı açılmış ve motora ait tüm değerler gerçek motor değerlerine göre revize edilerek yeni tasarım elde edilmiştir. Program parametrik olduğundan motora ait değerler değiştiğinde motorun görünümü bu değerlere bağlı olarak değişecektir. Burada açılan model bir altmontajdır ve bünyesinde motorun temel elemanlarını barındırmaktadır. Altmontaj açıldığında motor gövdesi , krank mili, pistonlar, volan dişlisi, krank kasnağı vb.. temel motor elemanlarının bulunduğu bir tasarım açılacaktır. Burada tasarımımız şu değerlere göre yapılmıştır.



Şekil 2. 4 Silindirli Motor Tasarımı

Piston kurs boyu= 86 mm

Silindir çapı= 81 mm

Biyel kolu uzunluğu= 138 mm

Yanma hacmi= 30 cc

Piston pim çapı: 22 mm

Piston pim uzunluğu: 72 mm

Motorun silindir hacmi: 1.77 lt

Motorlarda silindir hacmi ifade edilirken motordaki tüm silindirlerin hacimleri toplamı kastedilir ve bu değer silindir yüzey alanı ile; kurs boyunun ve silindir sayısının çarpılmasıyla elde edilir.

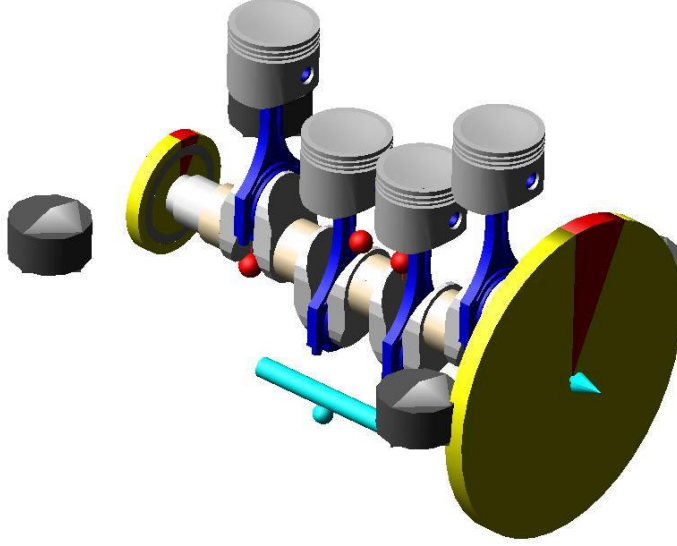
Bu tasarım için sağlama yapılacak olursa:

$$V = 4 \times \left(\pi \times \frac{D^2}{4} \times L \right) = \pi \times 8.1^2 \times 8.6 = 1.77 \text{ lt}$$

bulunur.

İşlem sırası olarak motorun altmontajı oluşturulduktan sonra montaj haline getirilmelidir. Diğer bir ifadeyle bu durum her biri kendi başına bir "altmontaj" olan parçaların birleştirilerek tek bir montaj haline getirilmesidir. Montaj haline getirilen tasarım doğrudan simüle

edilemez. Tasarım önce analiz edilmelidir. Bu analizde krank milinin devir sayısı 1000 dev/dk dan başlayıp sabit bir aralıkla 4000 devre kadar yükseltilmiştir ve 4 zamanın tamamlanacağı çevrim sayısı 2 dir. Dizel motorlarda 4 zamanın tamamlanması krank milinin 2 tam tur dönmesiyle gerçekleşmektedir. Motor simülasyonunu tamamladıktan sonra bu simülasyon sonucu elde edilen sonuçlara bakmak gerekir. Program simülasyon esnasında çok fazla "çıkıtı" hesaplamaktadır. Bu nedenle sadece bazı temel çıktılar incelenecektir. Bunlardan ilki motor çalışırken her bir silindire etkiyen kuvvetlerin ölçümüdür. Tasarımda modellenen 4 silindirli motor içten yanmalı 4 zamanlı bir dizel motordur.

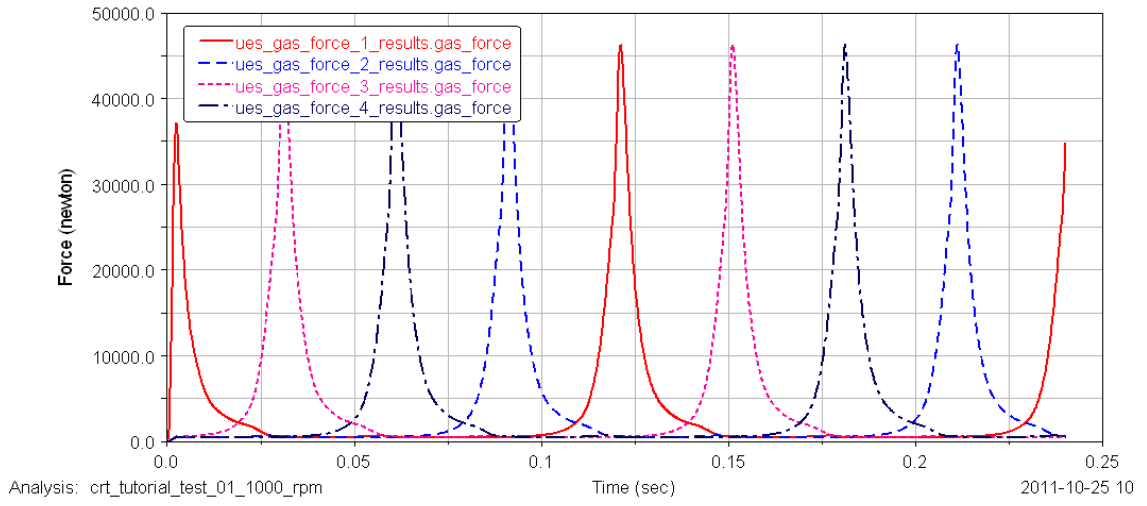


Şekil 3. Motorun simülasyon esnasında alınmış görüntüsü

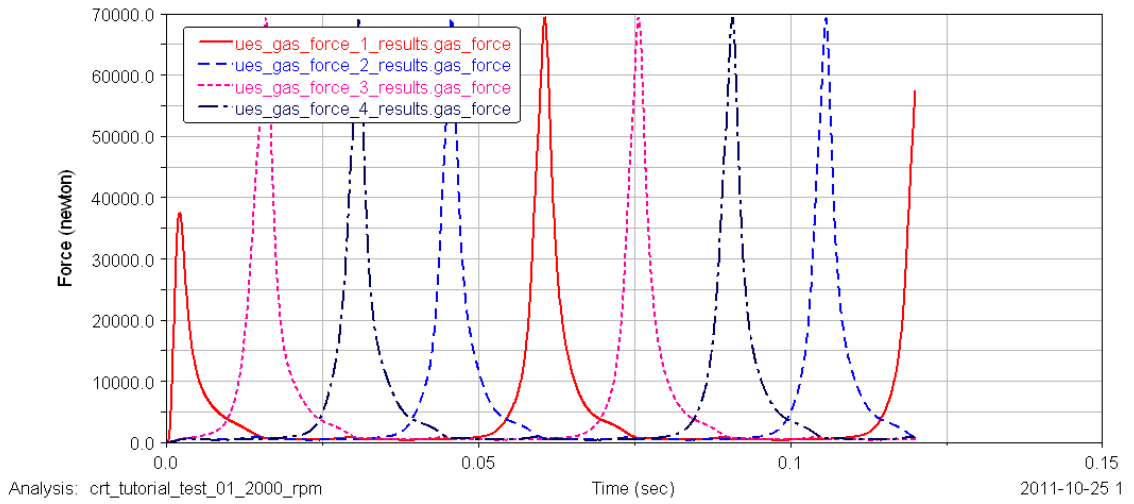
Bu çalışmada tasarım aşamasında titreşim damperinin yanı sıra krank düzensizliğini azaltmak için deneğe mili de kullanılmıştır. Bu açıdan da özgündür. Ayrıca analizler sabit rejim konumu kabul edilerek yapılmıştır.

4. SONUÇLAR

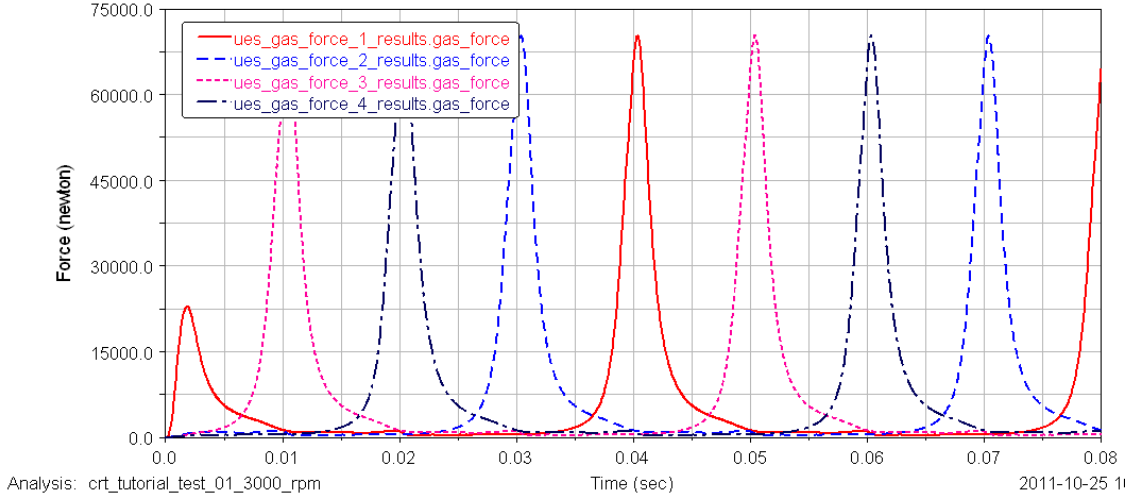
Motor simülasyonu tamamlandıktan sonra bu simülasyon sonucu elde edilen sonuçlar içinden silindirlere etkiyen itme kuvvetleri, volan tork grafiği ve kol muylularına gelen kuvvetler incelenmiştir. Bu değerlerden silindirlere etkiyen itme kuvveti, volan tork grafiği ve kol muylularına gelen kuvvetler sırasıyla 1000,2000,3000,4000 dev/dk için ayrı ayrı incelenmiştir.



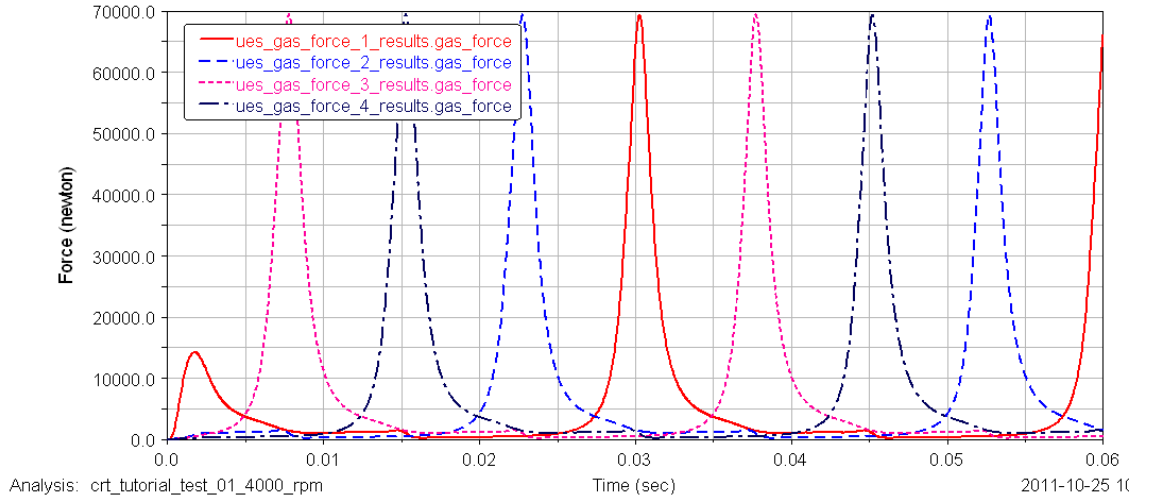
Şekil 4. 1000 dev/dk için Silindirlere etkiyen itme kuvveti



Şekil 5. 2000 dev/dk için Silindirlere etkiyen itme kuvveti

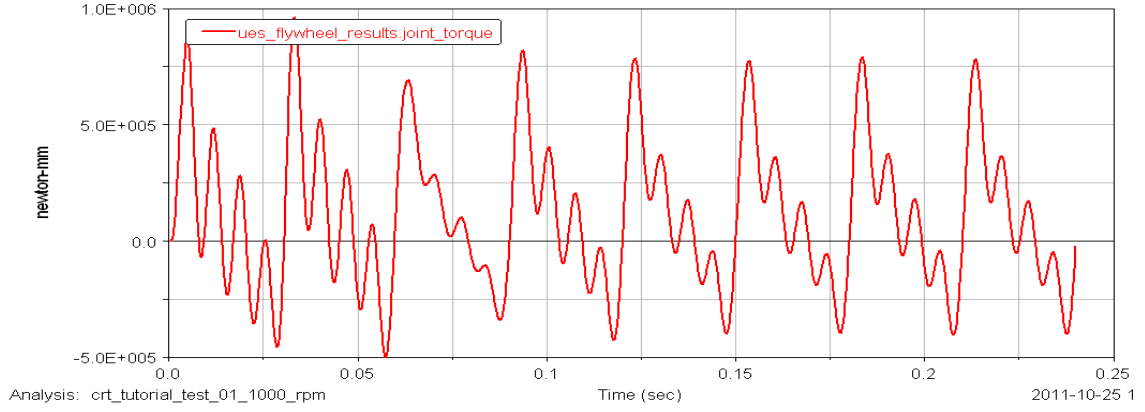


Şekil 6. 3000 dev/dk için Silindirlere etkiyen itme kuvveti

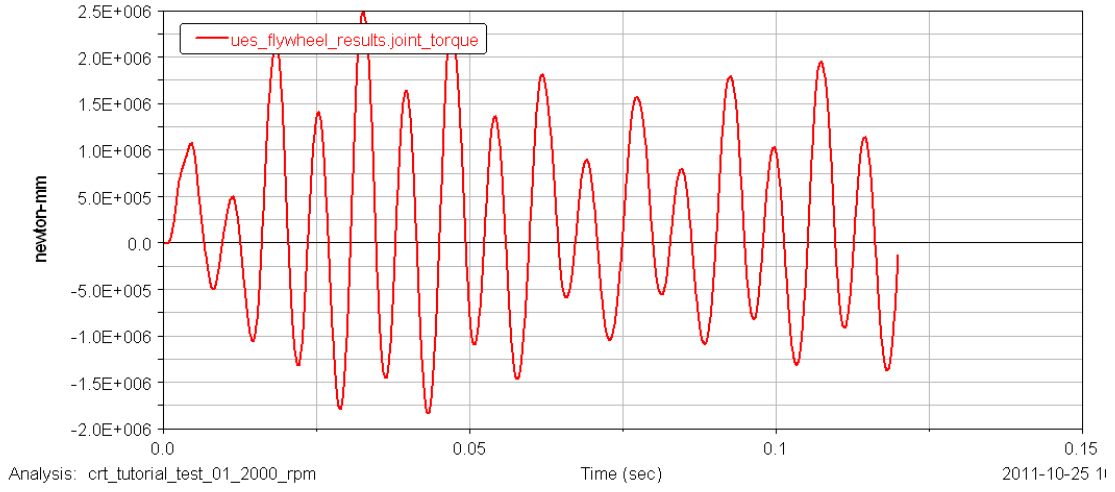


Şekil 7. 4000 dev/dk için Silindirlere etkiyen itme kuvveti

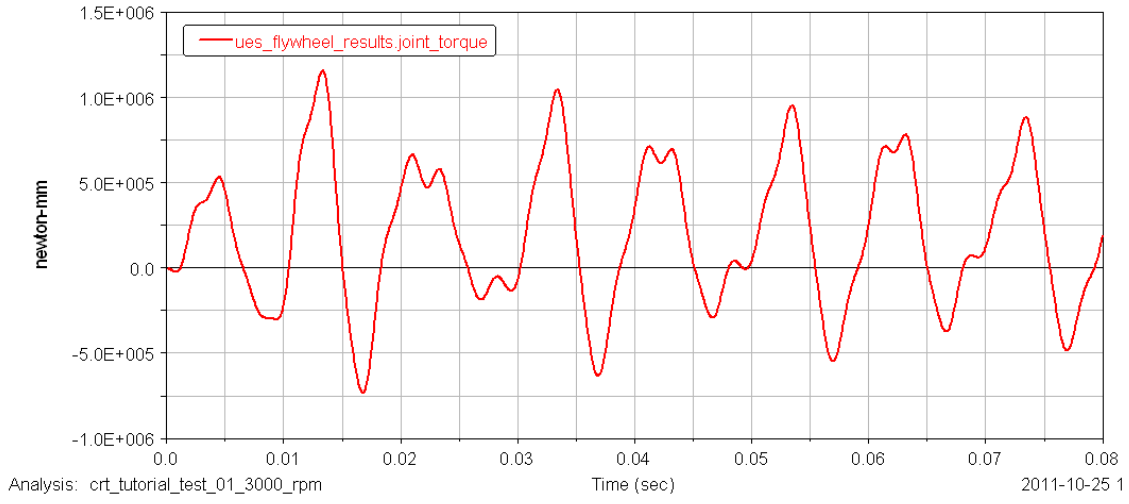
Elde edilen sonuçlar göstermektedir ki devir sayısı artımıyla kuvvet artmakta 3000 dev/dak da zirve yapıp düşmektedir. Çevrim zamanlarında ise beklenildiği gibi düşme vardır ve devir sayısı 4 kat artarken çevrim zamanı 4 kat düşmüştür. Yanma sonucu 1. silindirde oluşan ve itme kuvveti 1000 dev/dk'da 35000 N 'un üzerindeyken bu değer 4000 dev/dk'da 15000 N'a kadar inmektedir. 35000 N değeri marş motorunun krank miline ilk hareketi veriş i ile 1. silindirde ilk yanma sonucu oluşan değerdir. Nitekim sonraki yanma esnasında itme kuvvetinin 75000 N'a kadar yükseldiği görülmektedir. Motor silindirlerinin ateşleme sırası 1-3-4-2 şeklindedir. Silindirlere oluşan itme kuvvetlerine baktıktan sonra incelenmesi gereken bir diğer önemli faktör "tork" dur. Çalışma esnasında oluşan krank milinin dönme hareketi volan vasıtasıyla sisteme iletilmektedir. Aşağıda volan dişlisinin farklı devirler için tork grafiği verilmiştir.



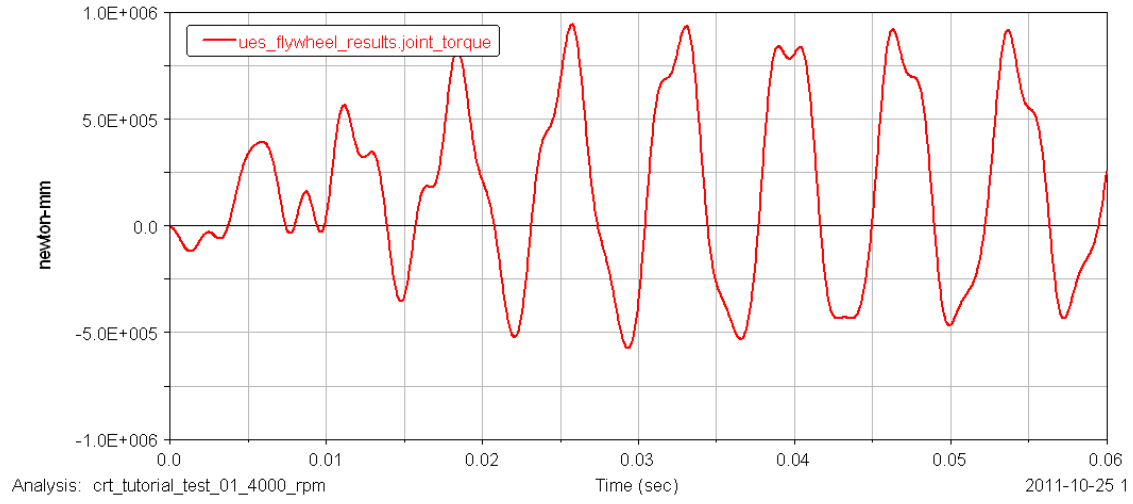
Şekil 8. 1000 dev/dk için Volan dişlisi tork grafiği



Şekil 9. 2000 dev/dk için volan dişlisi tork grafiği

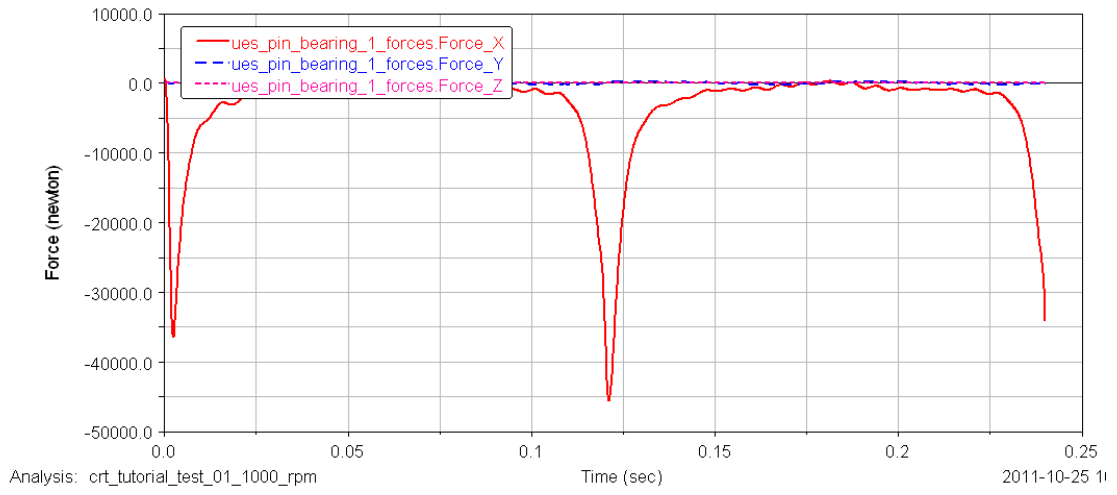


Şekil 10. 3000 dev/dk için volan dişlisi tork grafiği

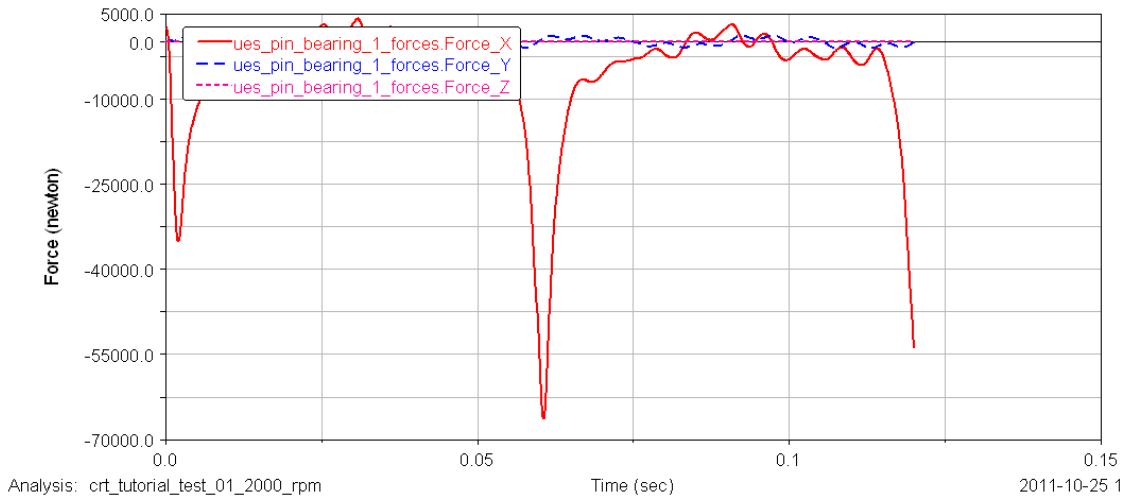


Şekil 11. 4000 dev/dk için volan dişlisi tork grafiği

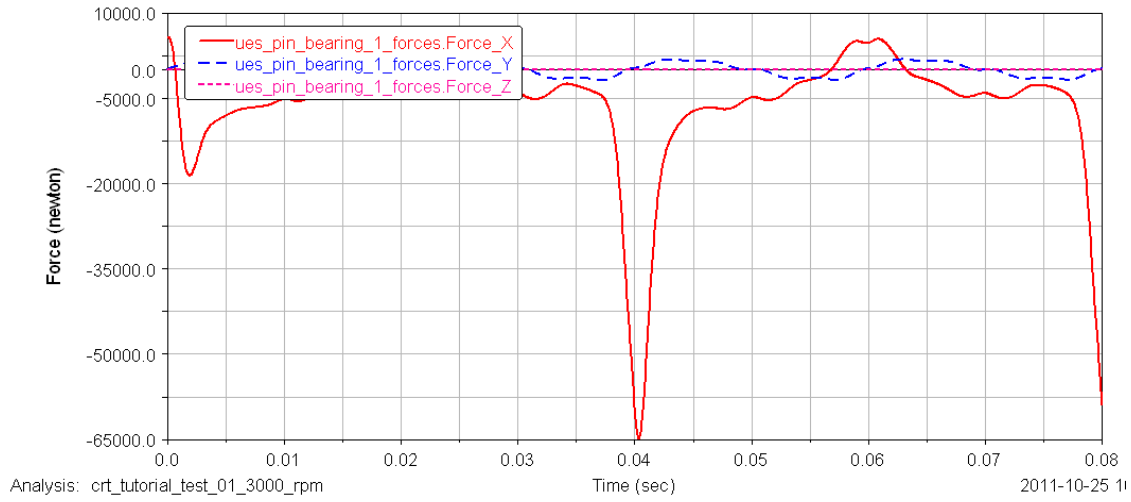
Elde edilen sonuçlar göstermektedir ki devir sayısı artımıyla tork , kuvvet değerlerinde olduğu gibi, artmakta ve 2000 dev/dak da zirve yapıp düşmektedir. 2000 dev/dak da 250 KN-mm e kadar çıkan tork değerleri 4000 dev/dak da 100KN-mm nin altına inmiştir.



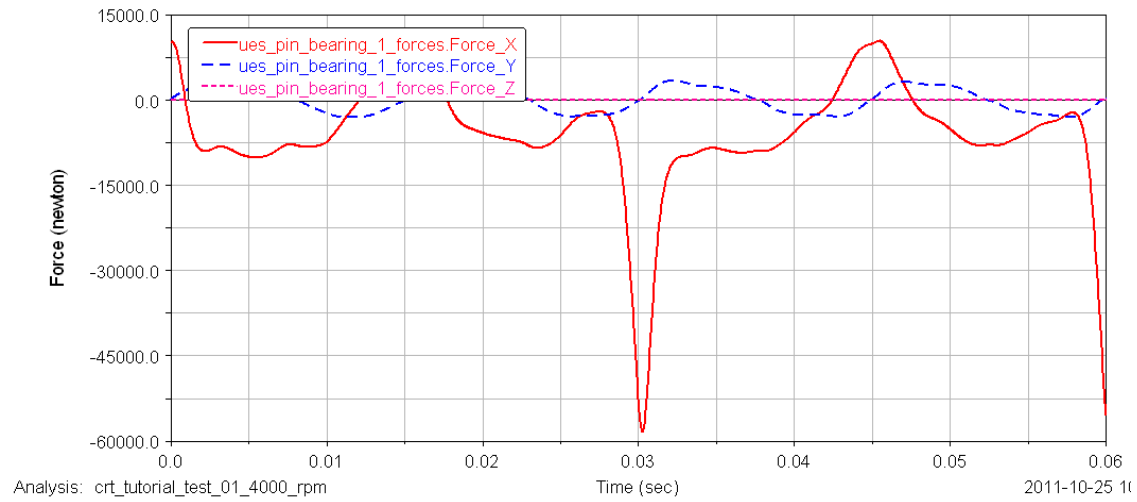
Şekil 12. 1000 dev/dk için 1 nolu Kol muylusuna gelen kuvvetler



Şekil 13. 2000 dev/dk için 1 nolu Kol muylusuna gelen kuvvetler



Şekil 14. 3000 dev/dk için 1 nolu Kol muylusuna gelen kuvvetler



Şekil 15. 4000 dev/dk için 1 nolu Kol muylusuna gelen kuvvetler

Elde edilen sonuçlar göstermektedir ki kuvvet en çok X ekseninde etkindir. Devir sayısı artımıyla kol muylusuna gelen kuvvet değerleri bu ekseninde artmaktadır. 2000 dev/dak da optimum değere sahiptir. Diğer eksenlerde devir artışıyla birlikte artan dalgalanmalar gözükmemektedir.

5. TARTIŞMA

Günümüzde simülasyon teknikleri birçok sektörde kullanılmaktadır. İşletmeler sürekli prototipler üzerinde denemeler yapmaktansa güvenilirliği kanıtlanmış bilgisayar programlarıyla çalışmayı tercih etmektedirler. Bu çok daha ucuz ve zaman kazandıran bir yoldur. Bu çalışmadaki temel amaç makine sektörü için simülasyon uygulamalarının gerçekleştirilmesidir.

Bu çalışmada bir dizel motorun mekanizma hareket analizi için bir yöntem sunulmuş, ADAMS paket programı ile simülasyonlar gerçekleştirilmiş ve sonuçlar değerlendirilmiştir. Simülasyonlarda motorun ADAMS paket programının çalıştırılmasıyla gerçek değerlerine yakın sonuçlar elde edildiği görülmüştür. ADAMS programının çalıştırılarak başarılı sonuçlar elde edilmesi, ileride farklı parça ve mekanizmaların simülasyonlarının yapılabilirliğini ve pratikte uygulanabilirliğini göstermiştir.

Bu çalışmadan çıkarılabilecek sonuçlar: Motor da devir artımıyla birlikte silindirlere etkiyen itme kuvveti, volan dişlisi torku ve kol muylusuna gelen kuvvet artmakla birlikte 2000-3000 dev/dak civarında optimum değerlere sahip olmaktadır.

Çalışmada kuvvet karşısında deforme olmayan uvuz tipi kullanılmıştır. Fakat kuvvet karşısında deforme olabilen uzuv ile ilgili çalışmalar güncelliğini korumaktadır. Bu konu araştırmacılar için yeni çalışılabilecek bir konudur.

6. KAYNAKLAR

- 1) http://www.trengineering.de/cad.php?page_id=148
- 2) A. Siemers and D. Fritzon. A Meta-Modeling Environment for Mechanical System Co-Simulations. In 48th Conference on Simulation and Modelling, 2007.
- 3) Msc Software “Adams/Engine Tutorials and Examples” 2005
- 4) Braccesi C., Cianetti F. (2004), “Development of selection methodologies and procedures of the modal set for the generation of flexible body models for multibody simulation”, Journal of Multi-Body Dynamics, Vol. 218, no.1, pp. 19-30
- 5) Bing Li, Xiaoping Hu, Hao Wang “Analysis and simulation for a parallel drill point grinder” International Journal of Advanced Manufacturing Technology (2006) 30: 221–226
- 6) V. L. Markine, I. Y. Shevtsov, C. Esveld “An inverse shape design method for railway wheel profiles” Structural Multidisciplinary Optimization (2007) 33: 243–25
- 7) P. H`außler, A. Albers “Shape optimization of structural parts in dynamic mechanical systems based on fatigue calculations” Struct Multidisciplinary Optimization 29, 361–373 (2005)
- 8) Ting-Yu Chen, Chen-Ming Yang “Multidisciplinary design optimization of mechanisms” Advances in Engineering Software 36 (2005) 301–311
- 9) Tomi Makkonen, Kelervo Nevala, Rauno Heikkila “A 3D model based control of an excavator” Automation in Construction 15 (2006) 571 – 577
- 10) Hikmet Nazım EKİCİ “Mekanik Sistemlerin Hareket Analizlerinin ve Simülasyonunun Bilgisayar Ortamında Gerçekleştirilmesi, Yüksek Lisans Tezi(2008), Gebze Yüksek teknoloji Enstitüsü