



T.C.
ERCIYES ÜNİVERSİTESİ
MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ
MEKATRONİK MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ

MEKATRONİK LABORATUVARI – 1

(Mekanik Sistemlerde PID Kontrol Uygulaması - 1)
SÜSPANSİYON SİSTEMLERİNİN PID İLE KONTROLÜ

DENEY SORUMLUSU
Arş.Gör. Sertaç SAVAŞ

Temmuz 2012
KAYSERİ

1. GİRİŞ

Süspansiyon Sistemlerinin PID ile Kontrolü

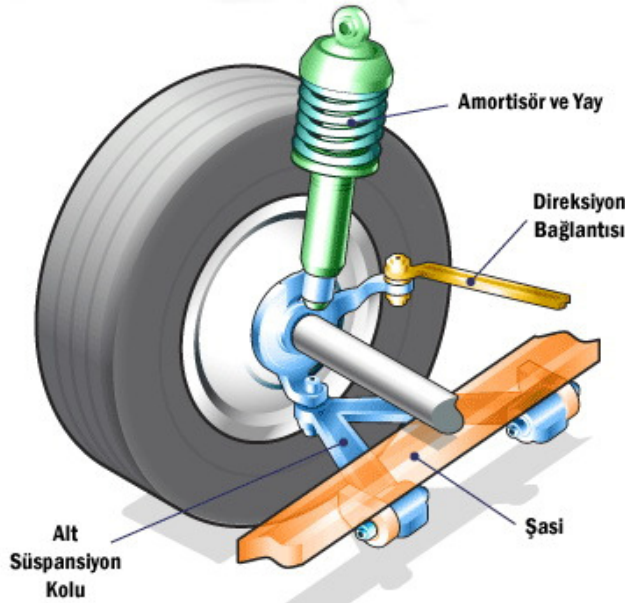
Tüm mekanik sistemlerde olduğu gibi, seyir halindeki taşıtlarda sürücü ve yolcuların seyir konforunu etkileyen ve taşıtı oluşturan elemanlar için problem teşkil edecek titreşimler meydana gelir. Bu titreşimlerin bir kısmı motordan ve güç aktarma sistemlerinden, büyük bir kısmı da yol pürüzlülüğü teker-aks gibi bozucu büyüklüklerden kaynaklanır. Bu titreşimler giderilmediği zaman taşınan nesnelerin zarar görmesini, sürücü ve yolcuların seyir konforunu ve güvenli sürüşü olumsuz yönde etkileyecektir. Aynı zamanda da taşıt elemanlarının zarar görmesine neden olacaktır. 1886’ da hareket eden ilk taşıttan günümüze seyir konforu ve güvenliğinin sağlanabilmesi için çeşitli süspansiyon sistemleri tasarlanmış ve geliştirilmiştir. İyi bir seyir konforu ve güvenliği, taşıt süspansiyon sistemlerinin en etkin bir biçimde kontrolü ile sağlanabilir. Günümüzde, hızla gelişen teknoloji ile birlikte taşıt süspansiyon sistemlerinin kontrolleri için farklı kontrol metotları geliştirilmektedir. Bunların en eski ve en etkili kontrol yöntemlerinden biri de oransal-integral-diferansiyel (PID) kontrolcü kullanılan uygulamalardır.

2. DENEYİN AMACI

Bu deneyde, bir tekerlekteki prototip bir süspansiyon sistemi kullanılmıştır. Süspansiyon sistemine etkiyen; yol pürüzlülüğü, teker-aks, motor gibi bozucu büyüklüklerden kaynaklanan mekanik titreşimler altında, PID kontrolcü ile tekerleğin düşey yer değiştirmesinin kontrolü gerçekleştirilmiştir.

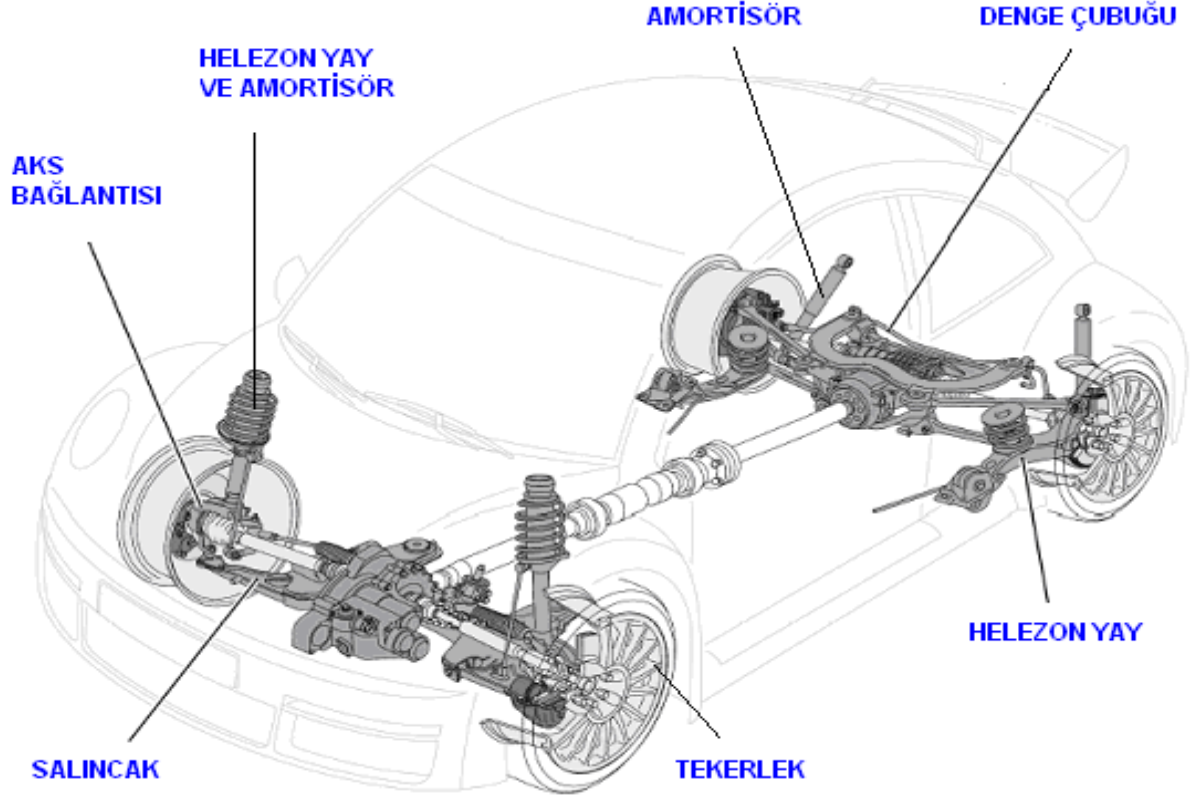
3. SÜSPANSİYON SİSTEMİ VE GÖREVLERİ

Süspansiyon sistemi şasiye bağlı olup, oluşan enerjileri absorbe ederek şasiye iletilmesini mümkün olduğunca azaltmayı hedefler.



Şekil 1. Bir Tekerlekte Süspansiyon Sistemi

Süspansiyon sistemlerinin taşıt üzerindeki görünümü Şekil 2’ de verilmiştir.



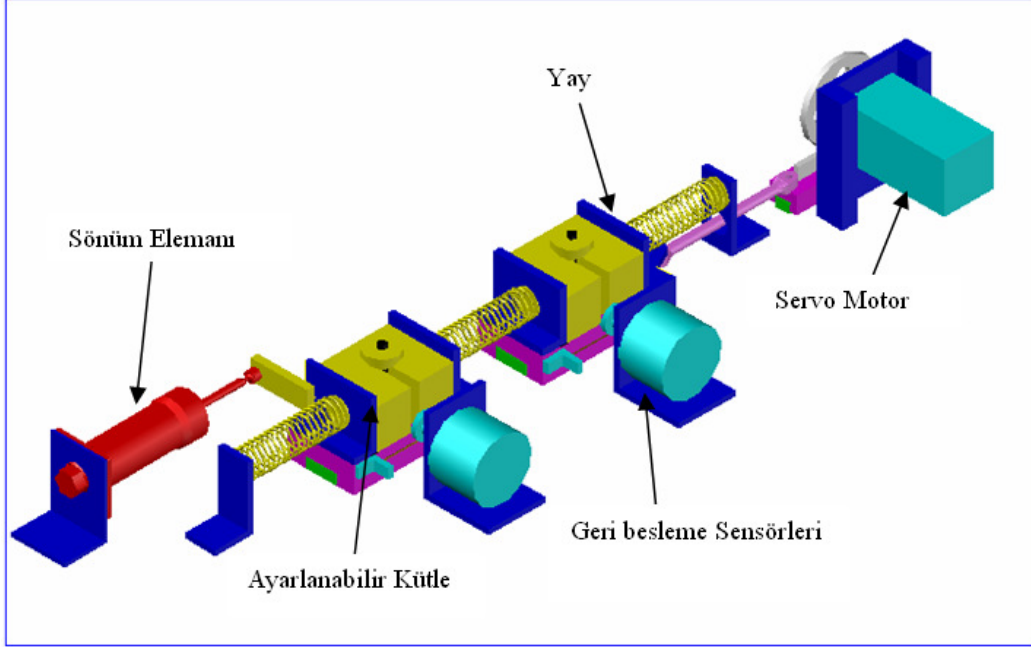
Şekil 2. Süspansiyon sisteminin araç üzerinde görünümü.

Süspansiyon sistemlerinin temel görevleri aşağıdaki gibi sıralanabilir;

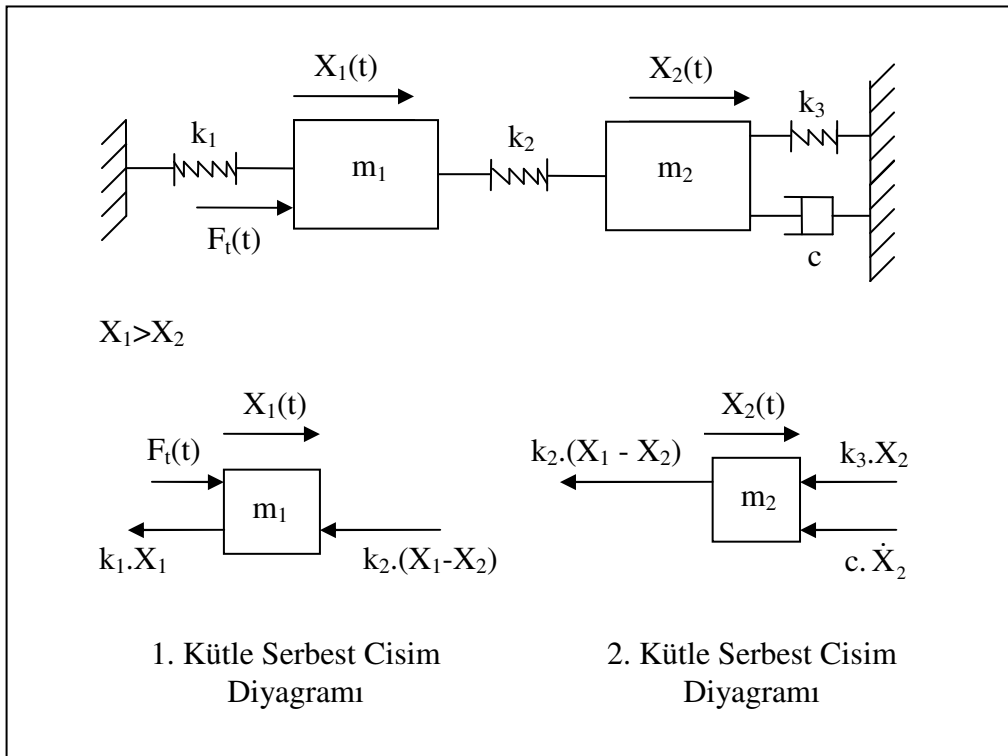
- Sürüş esnasında lastikler ile birlikte çalışarak yolcuları veya taşınan yükü korumak ve sürüş konforunu iyileştirmek amacıyla yol yüzeyinin yapısından kaynaklanan titreşimleri, salınımları ve ani şokları sönmölmektir.
- Yol yüzeyi ile tekerlekler arasındaki sürtünmeye bağlı olarak ortaya çıkan sürüş ve fren kuvvetlerini gövdeye aktarır.
- Akslar üzerinde gövdeyi taşır ve gövde ile tekerlekler arasındaki uygun geometrik ilişkiyi sağlar.
- Yol ile tekerlekler arasında teması kaybetmeden güvenli dönüş yapmayı sağlar.

4. DENEY DÜZENEGİ: İki Kütleli Prototip Süspansiyon Sistemi

Deneyde Şekil 3’ de görülen Prototip süspansiyon sistemi kullanılmıştır.



Şekil 3. Prototip süspansiyon sistemi



Şekil 4. Prototip süspansiyon sisteminin fiziksel modeli

Fiziksel modeldeki 1 ve 2. kütleler için sistemin hareket denklemleri aşağıdaki gibi elde edilir.

$$m_1 \ddot{x}_1(t) + (k_1 + k_2)x_1(t) - k_2 x_2(t) = F(t) \quad (1)$$

$$m_2 \ddot{x}_2(t) + c\dot{x}_2(t) - k_2 x_1(t) + (k_2 + k_3)x_2(t) = 0 \quad (2)$$

k_1 : Süspansiyon sisteminin yay sabiti (N/m)

k_2 : Süspansiyon sisteminin yay sabiti (N/m)

k_3 : Tekerleğin yay sabiti veya elastik katılığı (N/m)

m_2 : Yarım aks ve tekerleğin toplam kütlesi (kg)

m_1 : Taşıt gövdesinin ¼ kütlesi (kg)

$X_2(t)$: Tekerlek yer değiştirme miktarı (m)

$X_1(t)$: Taşıt gövdesi yer değiştirme miktarı (m)

F_t : Kontrol kuvveti (N)

C_1 : Süspansiyon sistemi sönüm katsayısı (N.s / m)

Tablo 1. Deney düzeneği için çeyrek taşıt süspansiyon sistem parametreleri ve nümerik değerler

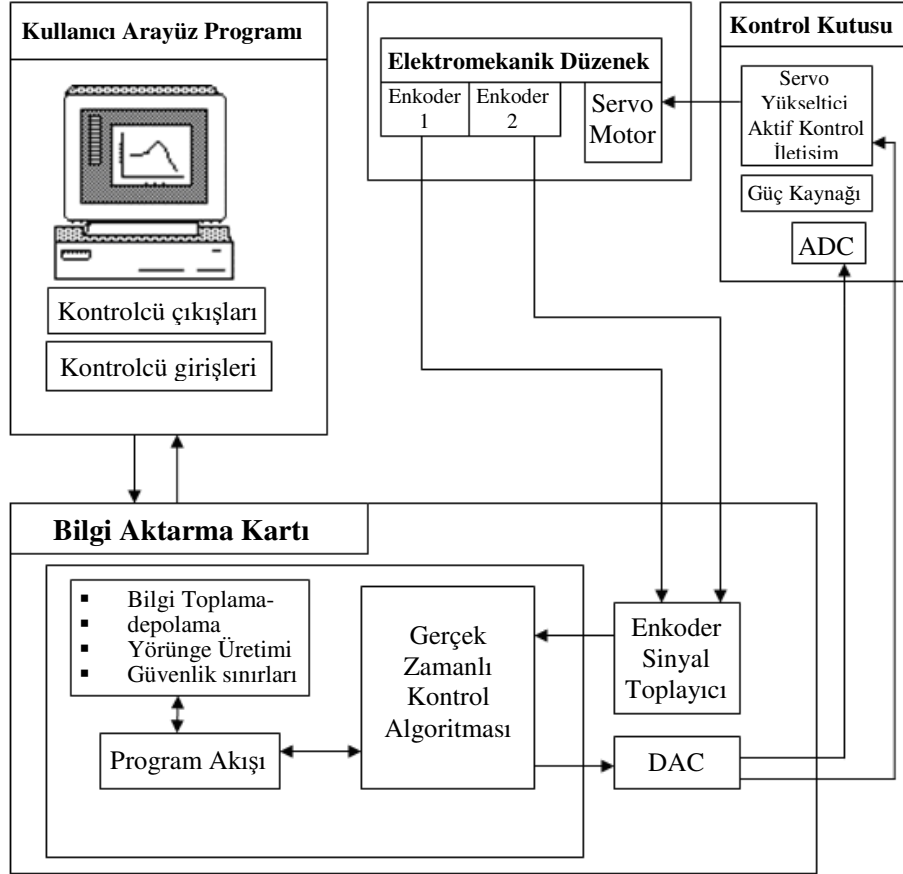
Parametreler	Değerler
k_1	200 N/m
k_2	200 N/m
k_3	800 N/m
m_1	2.77 kg
m_2	2.59 kg
C_1	2.1 N/(m/s)

5. DENEYİN YAPILIŞI

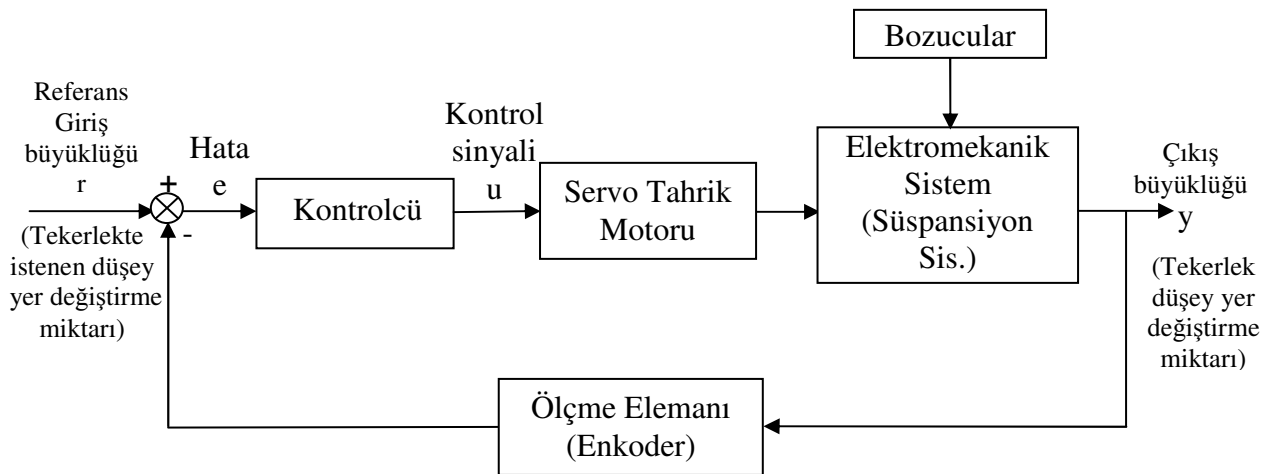
Kontrol sistemi olarak Şekil 6’de gösterilen kapalı çevrim kontrol sistemi kullanılmıştır. Kapalı çevrim kontrol sisteminde ölçülen çıkış bilgileri enkoder vasıtasıyla kontrolcüye ulaştırılır. Kontrolcü, bilinen ya da amaçlanan referans değerinden ölçülen çıkış bilgisinin farkını alarak oluşan hatayı (e) hesaplar. Hata PID kontrolcünden geçirilerek kumanda sinyali oluşturulur. Oluşturulan $F(t)$ kumanda sinyali servo motor vasıtası ile sisteme uygulanarak, sistemi referans değerine ulaştırmaya çalışır. Kontrolcü olarak sistemde P, PI, PD, PID kontrol işlemleri kullanılacaktır. PID kontrol sinyalinin denklemi aşağıda verilmiştir.

$$y(t) = K_p \left(e(t) + \frac{1}{T_i} \int_0^t e(t) dt + T_d \frac{de}{dt} \right) \quad (3)$$

$$\frac{Y(s)}{E(s)} = K_p \left(1 + \frac{1}{T_i s} + T_d s \right) \quad (4)$$

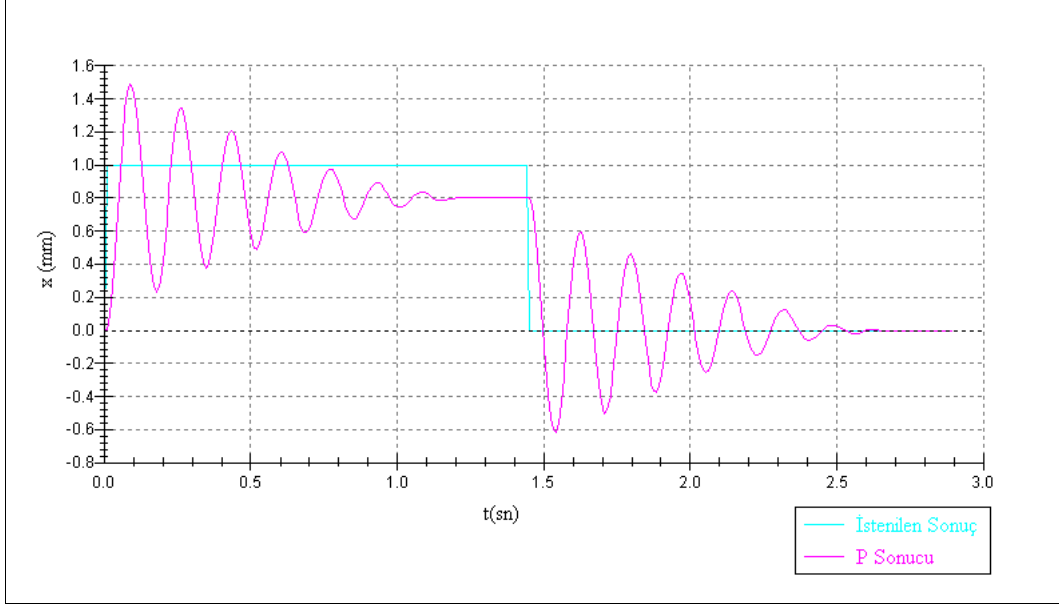


Şekil 5. Kontrol sisteminin şematik gösterimi.

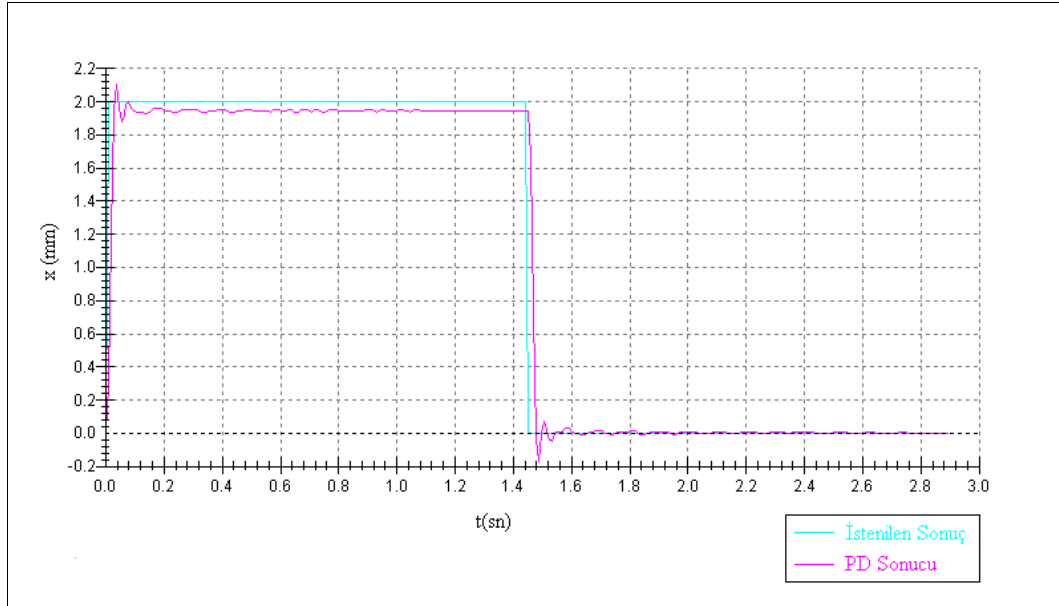


Şekil 6. Süspansiyon sistemi kapalı çevrim blok diyagramı

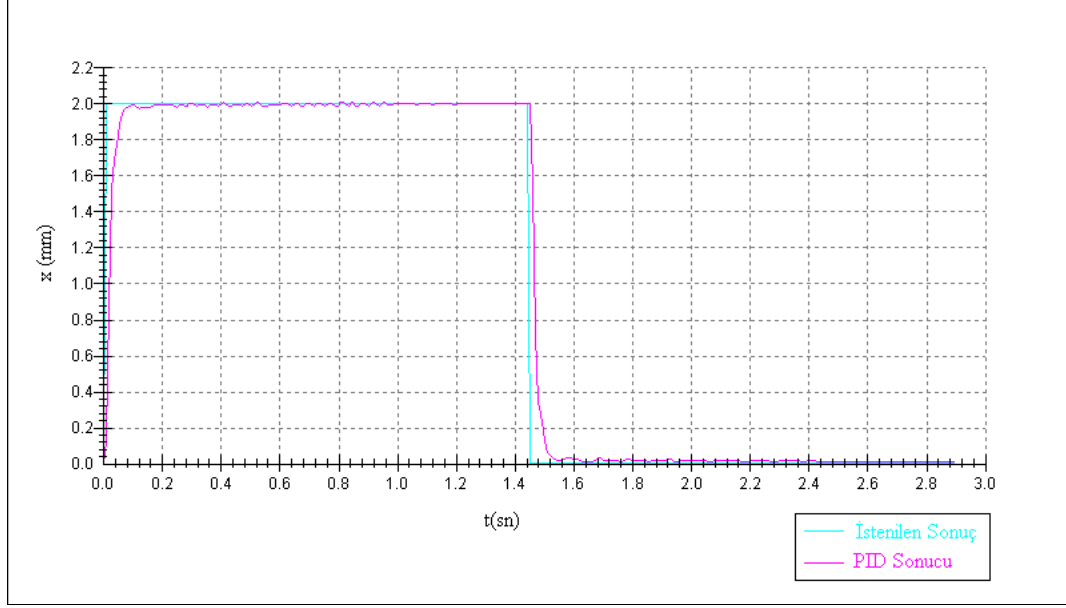
5. DENEYSEL OLARAK PID KONTROLCÜNÜN ETKİSİ



Şekil 7. Süspansiyon sisteminin $K_p:0.3$ olmasına göre basamak giriş sinyaline cevabı.



Şekil 8. Süspansiyon sisteminin $K_p:2$, $K_d:0.025$ olmasına göre basamak giriş sinyaline cevabı.



Şekil 9. Süspansiyon sisteminin $K_p:2$, $K_i:1.85$, $K_d:0.0365$ olmasına göre basamak giriş sinyaline cevabı.

6. DENEY RAPORUNDA İSTENENLER

1. Süspansiyon sistemleri hakkında bilgi veriniz.
2. Deneyin yapılışını kısaca açıklayınız.
3. PID kontrolcü hakkında bilgi veriniz; P, I ve D kontrol etkilerini, deney föyündeki grafikleri de yorumlayarak açıklayınız.
4. PID kontrol işleminin uygulanabileceği mekanik sistemlere örnekler veriniz.