

# **Otomatik Kontrol**

## **Otomatik Kontrol'e Giriş**

**Prof.Dr.Galip Cansever**

# **0123012 Otomatik Kontrol**

**Öğretim Görevlisi** : Prof.Dr.Galip Cansever  
**Sınıf** : A-201  
**Ofis** : E-Blok  
**E-mail** : cansever[@yildiz.edu.tr](mailto:cansever@yildiz.edu.tr)  
**Danışma Saatleri** : Pzt 13-15, Cuma:16-18

**Ders Kitabı** : Control System Engineering, Norman S. Nise, Fourth Edition, John Willey and Sons, ISBN 0-471-44577-0

## **Tavsiye Edilen Kitaplar :**

- Automatic Control Systems, Benjamin Kuo, Eighth Edition, Prentice-Hall.
- Feedback and Control Systems, J.J. DiStefano, III, A.R. Stubberud, I.J. Williams, Schaum's Outline Series.
- Modern Control Engineering, K. Ogata, Fourth Edition, 2001, Prentice Hall

## Değerlendirme :

Vize 1	% 30
Vize 2	% 30
Final	% 40

- 1.Hafta.** Otomatik Kontrol'e Giriş
- 2.Hafta.** Laplas Dönüşümü
- 3.Hafta.** Blok Diyagramlar, İşaret Akış Diyagramları
- 4.Hafta.** Fiziksel Sistemlerin Modellenmesi
- 5.Hafta.** Dişli Takımları DC Motorlar, 1. Mertebe Sistemler
- 6.Hafta.** 2. Mertebe Sistemler ve Başarım Ölçütleri
- 7.Hafta. 1. Yıl içi Sınavı**
- 8.Hafta.** 2. Mertebe Sistemler ve Başarım Ölçütleri
- 9.Hafta.** 2. Mertebe Sistemler ve Başarım Ölçütleri
- 10.Hafta.** Kararlılık
- 11.Hafta.** Sürekli Hal Hataları
- 12.Hafta.** Kök Yer Eğrileri
- 13.Hafta.** Kök Yer Eğrileri
- 14.Hafta. 2. Yıl içi Sınavı**
- 15.Hafta.** Kök Yer Eğrileri

Doğada otomatik olarak kontrol edilen sistemler saymakla bitmez. Örneğin insan vücudu, ki bu sistemde sayısız kontrol sistemi var.

Kan şekerimizi kontrol eden pankreas veya bir başka örnek, yükseklere çıkıldıkça adrenalinin otomatik olarak kalp atışı ile birlikte yükselerek hücrelere daha çok oksijenin temin edilmesi.

**Sistem:** Belirli bir hedefi gerçekleştirmek üzere birlikte hareket eden nesneler ve donanımların kombinasyonuna sistem adı verilir.

**İşaret:** Sistem elemanlarının ve sistemlerin birbirleriyle etkileşmesini sağlayan her türlü ölçülebilir büyüklük.

**Sistem Değişkenleri:** Bir sistemdeki incelenen, gözlemlenen birimler arasındaki matematiksel ilişkilerdir.

**Çıkış(lar):** Verilen bir sistemde ilgilendiğimiz değişkenler.

**Giriş(ler):** Çıkışı etkileyen ayarlayabildiğimiz değişkenler.  
İki tip giriş vardır:

Denetim(kontrol) girişi

Bozucu etkiler, gürültüler

Araba sisteminin düşünelim:

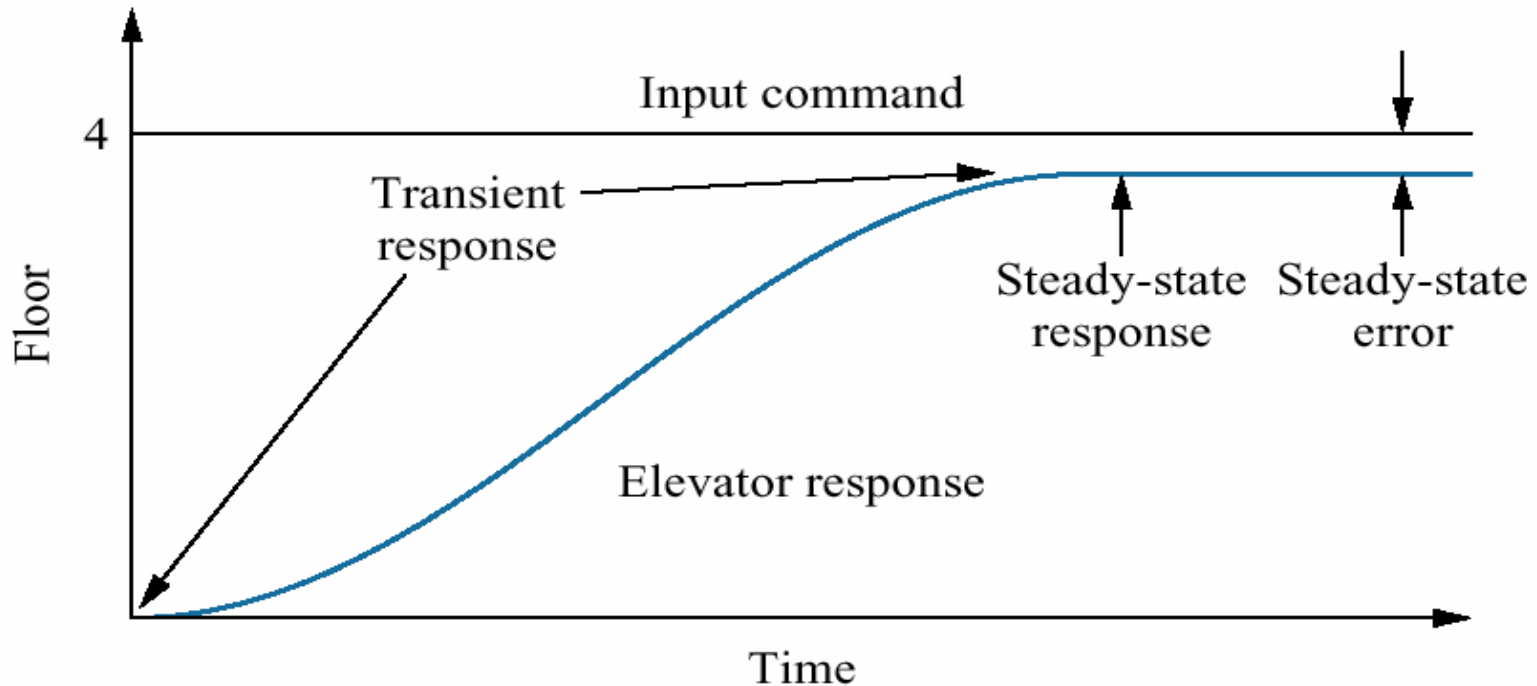
**Çıkış:** Hız, Yön

**Giriş:** Gaz pedalı, direksiyon



Örneğin, zemin katta asansörün 4. kat düğmesine basıldığını düşünelim.

Asansör 4. kata yolcusunu rahatsız etmeden yükselerek taşınmalıdır .



4. Kat düğmesine basılması bir giriş işaretidir ve birim basamak olarak gösterilmiştir. Giriş, asansör durduktan sonra çıkışın almasını istediğimiz konumdur.

**Bozucu Etki:** Sistemin çıkış değerini ters (negatif) olarak etkileyen veya etkilemeye meyilli işarettir. Eğer sistemin içinde üretilmişse iç bozucu etki, dışında üretilmişse dış bozucu etki adı verilir.

Denetim girişinin bir önemli işlevi de bozucu girişin sistem çıkışındaki etkisini azaltmaya çalışmasıdır.

Örneğin bir kontrol sistemi olarak sıcaklığı denetlenen(kontrol edilen) bir odayı düşünelim. Bu sistemde;

- oda sıcaklığı **çıkış**,
- termostat ayarı **giriş**,
- oda'nın kapısının açılıp kapanması da **bozucu etki**dir.

**Matematiksel Modelleme:** Fiziksel sistemin giriş-çıkış davranışlarının belirleyen denklem takımını oluşturmaktır.

**Kontrol:** Giriş'le oynayarak (değiştirerek) istenilen çıkışı elde etme.

**Açık Döngü(Çevrim) Kontrol:** Sistemde çıkış ölçülmez, çıkışın referans işaretini yakalayabildiğini garantileyecek, çıkış'a göre girişi düzeltecek işaret yoktur.

**Kapalı Döngü(Çevrim) Kontrol (Geri beslemeli Kontrol):**

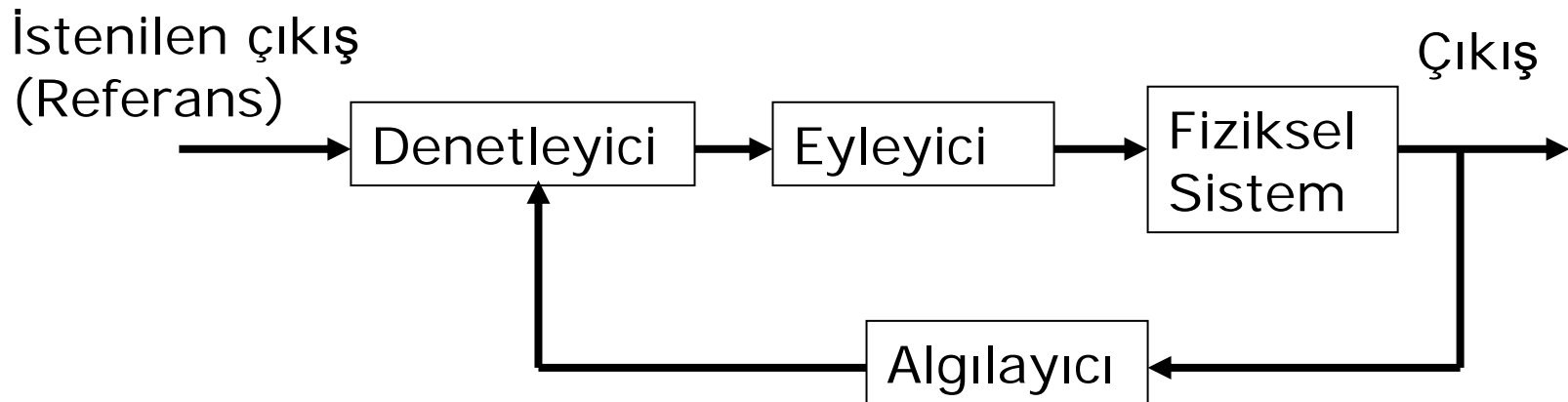
Sistemde giriş ölçülen çıkış işaretiyle güncellenir. Çıkış ve referans işareti sürekli karşılaştırılır.





**Blok diyagramları** sistem yapısını gözde canlandırma ve sistem işaret akışını takip edebilme bakımından önemlidir.

Çıkışı kontrol edilecek bir süreç(proses)içeren basit bir **geri beslemeli kontrol sistemi**, sistem çıkışını değiştirebilen bir **eyleyici**(hareketlendirici), işaretleri ölçen **referans ve çıkış algılayıcıları** ve eyleyiciye istenilen çıkışı verdirecek işareti belirleyen **denetleyici**(kontrolör) den oluşur.



# Neden Geri Beslemeli Kontrol?

1. Bir kör'ün araba kullanması: açık döngü kontrol
2. Gören birisinin araba kullanması: geri beslemeli kontrol

Birinci durumda sürücü arabanın yola göre anlık durumu hakkında bilgi sahibi değildir.

İkinci durumda sürücü istenilen konum veya hıza göre yoldaki tümseklere, rüzgara, diğer araçlara ve kontrol edilemeyen diğer etmenlere rağmen arabayı kullanır.

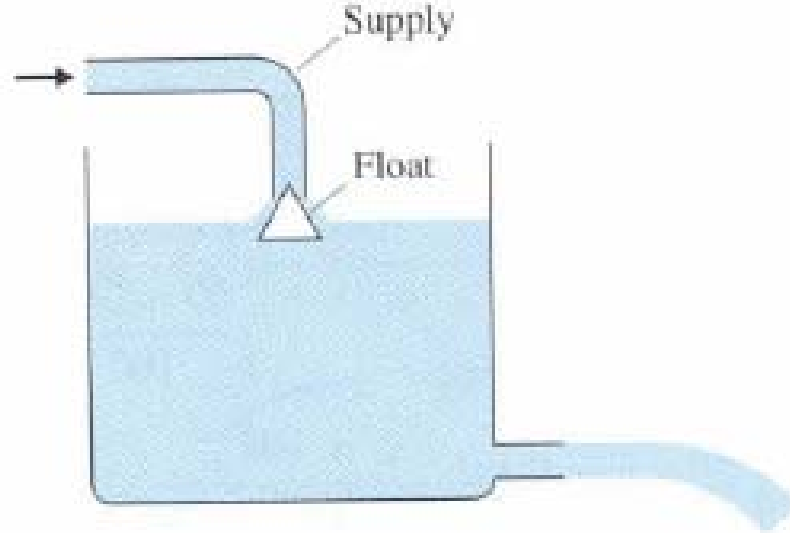
Öyleyse diyebiliriz ki geri besleme ile belirsizlikler veya beklenmediklerle başa çıkabilinir.

İnsan vücud'u en güzel geri beslemeli sistem örneğidir. Vücut sıcaklığı ve kan basıncı kendiliğinden sabitlenir.

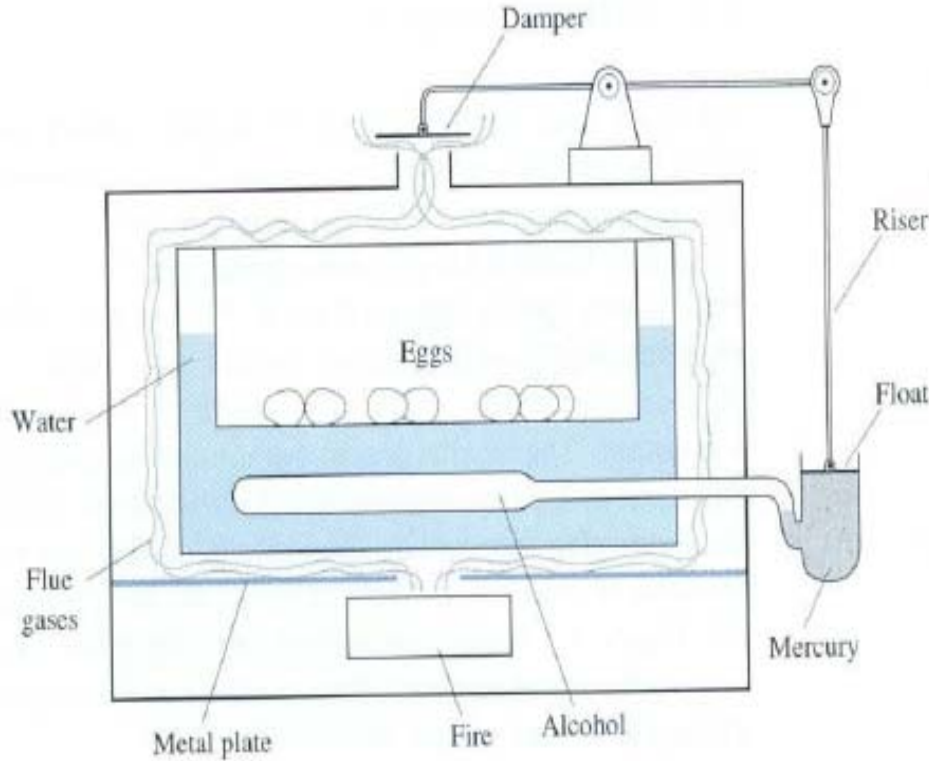
# Kontrol'ün Tarihçesi

En eski kontrol örnekleri su saatini düzenlemek için su akış hızının kontrol edilmesi ve şarap fıçısının seviyesinin sabit tutulmasıdır.

Su seviyesi kontrolünü günümüzde hala kullanıyoruz. Su seviyesi azalınca şamandıra da aşağıya iner ve su seviyesi yükselmeye başlar. Su seviyesi yükselince su akışı yavaşlar ve gerektiğinde durur.



Bir diğerk ilk kontrol örneği de Cornelis Drebbel tarafından 1620 lerde keşfedilen kulućka ünitesinin sıcaklığının kontrolü.



Bu sistemde sıcaklık algılayıcısı içi alkol ve civa ile dolu ve etrafında su ceket olan bir cam taşıyıcıdır.

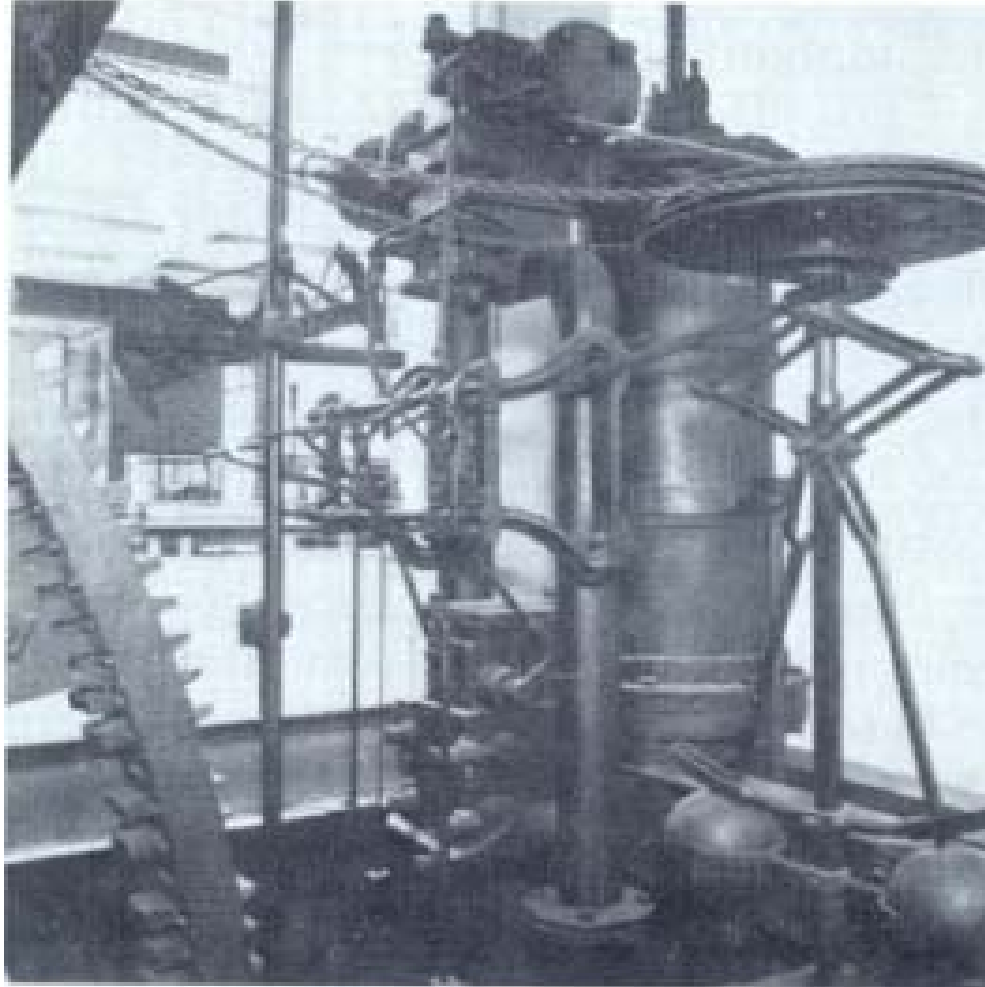
Ateş kutuyu ve suyu ısıttığında, alkol genişler ve kol yukarıya

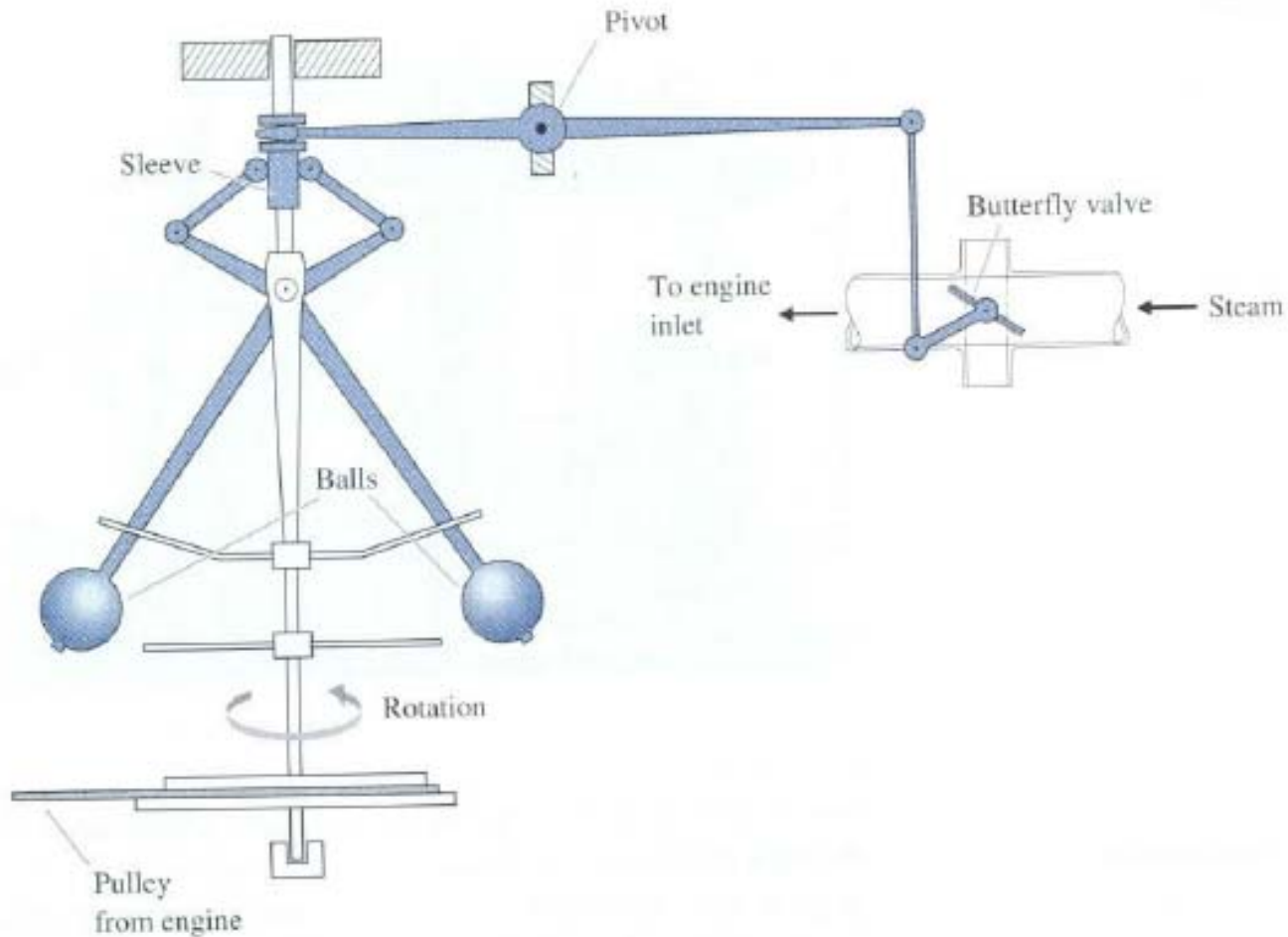
hareket ederek damperin bacanın üstüne doğru yaklaşmasını sağlar.

Eğer kutu soğuduysa alkol büzüşür, damper kol tarafından aşağıya çekilir ve ateş alevlenir.

İstenilen sıcaklık değeri kol'un uzunluğu ile ayarlanır.

Bir diğer kontrol ilk örneklerinden olan dönen milin hızını belirleme düzeneğidir. Un ğten yel değirmeninin öğütücü hızının kontrolü, James Watt'ın buhar makinasının hızının kontrolü





Motorun dengede çalıştığını düşünelim. İki top merkezi mil etrafında döner, sanki açısı ve uzunluğu verilen bir koni gibidir. Motor aniden yüklendiğinde hızı düşer, ve koni daha küçük olur. Bu durumda vana açılır ve motora daha çok yakıtın alınması sağlanır.

İlk sistematik kararlılık çalışması 1868 J.C. Maxwell'in 'On Governors' adlı makalesiyle yayınlandı.

Bu makalede Maxwell, governor'un diferansiyel denklemlerini çıkartım denge noktası etrafında doğrusallaştırıp, sistem kararlılığının karakteristik denklemin kutuplarının negatif olmasıyla mümkün olacağını belirtmiştir.

1877'de E.J. Routh karakteristik denkleme göre kararlılık kriterini geliştirerek ödül almıştır.

Bunun hemen ardından Rus matematikçi A.M. Lyapunov, 1893, hareketin, hareketli sistemlerin kararlılığı üzerine çalışmalara başlamıştır. Daha çok lineer olmayan diferansiyel denklemlerle hareketi incelemiştir.

Lyapunov'un çalışmaları Durum değişkenleri yaklaşımının temelini teşkil etmektedir fakat bu yaklaşım ancak 1958 de kontrol literatürüne girmiştir.

1932'de Nyquist, frekans döngü cevabından kararlılığın grafiksel olarak nasıl belirlenebileceğini yayınladı.

İlk PID(Proportional-İntegral-Derivative) kontrol Callender ve arkadaşları tarafından 1936'da geliştirildi.

Uçak kontrolü üzerine çalışan W.R. Evans, uğraştığı bir çok problemin kararsız veya marjinal kararlı sistemler olması sebebiyle frekans metodları ile başarılı olamadı ve karakteristik denklemde parametre değişimine göre sistem davranışını inceleyen Kök Yer Eğrilerini geliştirdi, 1948.

1950lerde adi diferansiyel denklemler kontrol sistemlerinin modellenmesinde kullanılmaya başlandı.

1960 daki H.W Bode'nin konuşmasından esinlenilerek, 1964 Bellman ve Kalaba geribesleme kuvvetlendiricisini geliştirmişlerdir.



# **Bazı Kontrol Uygulama Örnekleri**

**Havacılık ve Uzay:** Uçak, güdüm kontrolü  
Uzay araçları

**Biyolojik Sistemler:**  
Sinir sistemi tüm vucut için denetleyicidir.

**Robot Uygulamaları:**  
Hassasiyetin çok önemli olduğu üretim hatlarında otomatik işlevler, insanlar için tehlikeli olabilecek işler(i.e. askeri ve uzay uygulamaları)

**Bilgisayar ve İletişim Uygulamaları:**  
Cep telefon şebekelerinin güç kontrolü,  
network bilgi akış kontrolü

## **Akıllı Ulaşım ve Otomotiv Sistemleri:**

Tren uyarı sistemleri, otomatik pilot, otomatik hava trafik kontrolü, Otoban trafik kontrolü, trafik lambaları kontrolü, vb

## **Elektromekanik Sistemler:**

Mikro eyleyiciler ve algılayıcılar, manyetik kaldırma sistemi, dc motor kontrolü, güç elektroniği

## **Kimyasal Süreçler:**

Pertol rafinerileri, kimyasal reaksiyon kontrolü, asit baz dengesi kontrolü

## **Elektronik Ev Aletleri:**

DVD oynatıcıları, dijital kameralar bulaşık makinaları, A/C ler, alarm sistemleri ve güvenlik kameraları

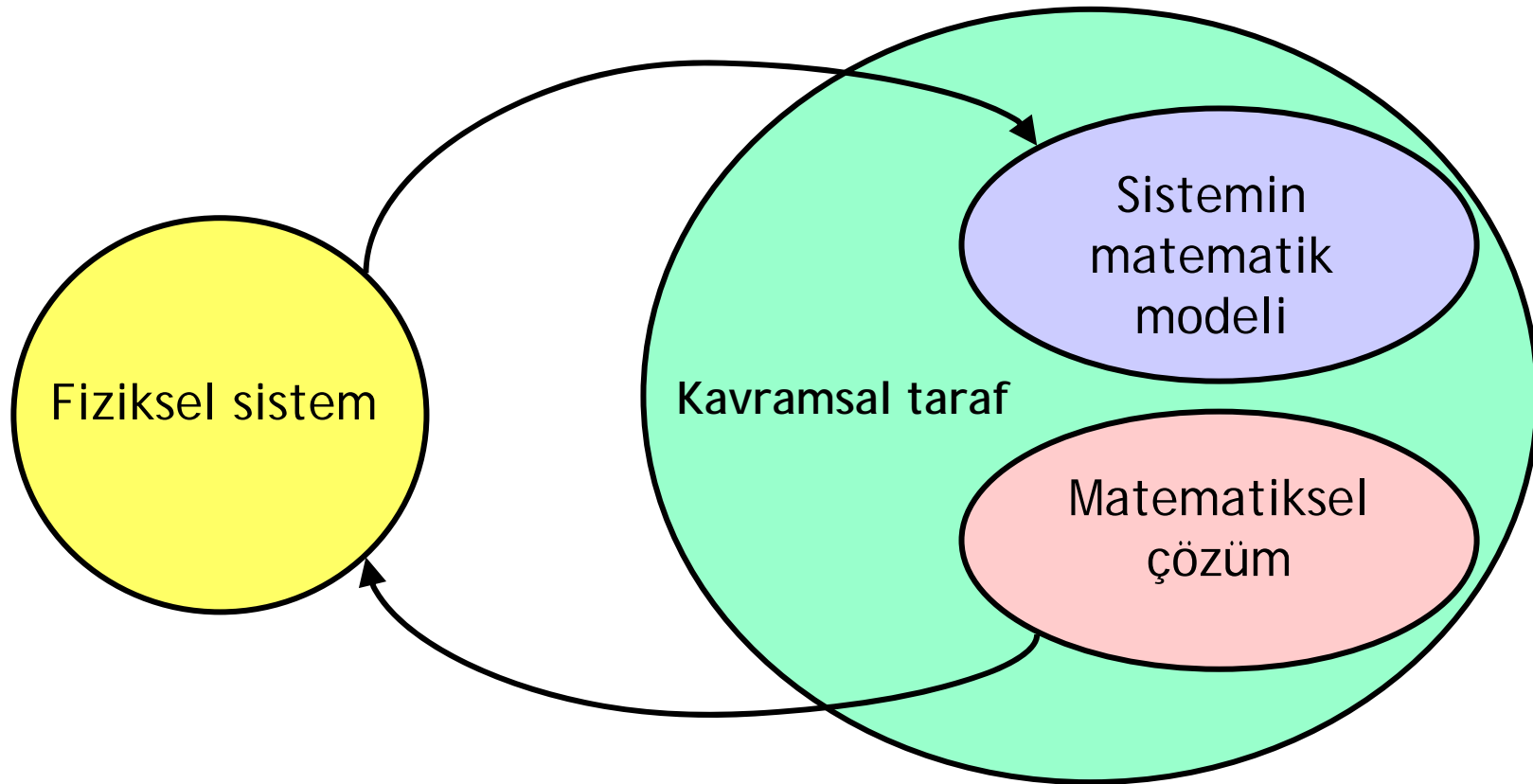
## **Bina Otomasyonu:**

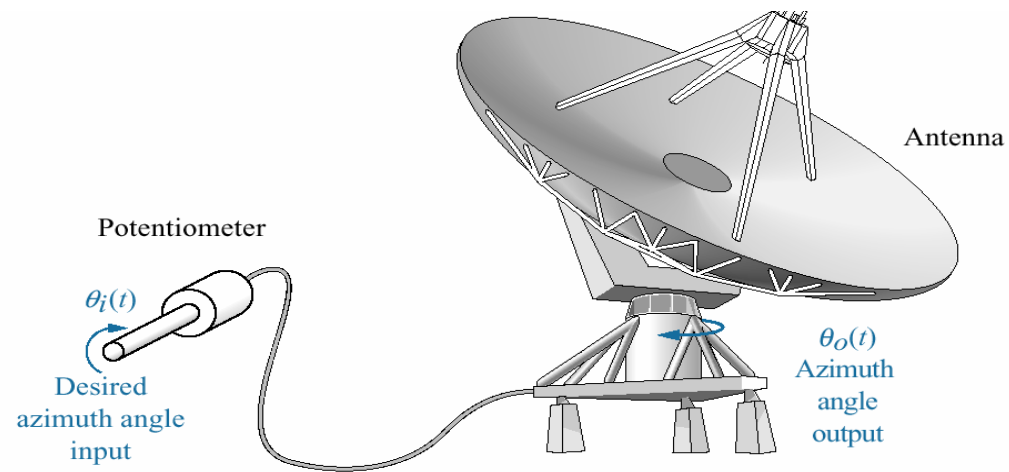
Asansör kontrolü, aydınlatma,  
ısıtma sistemi kontrolü, vb

## **Endüstriyel Sistemler:**

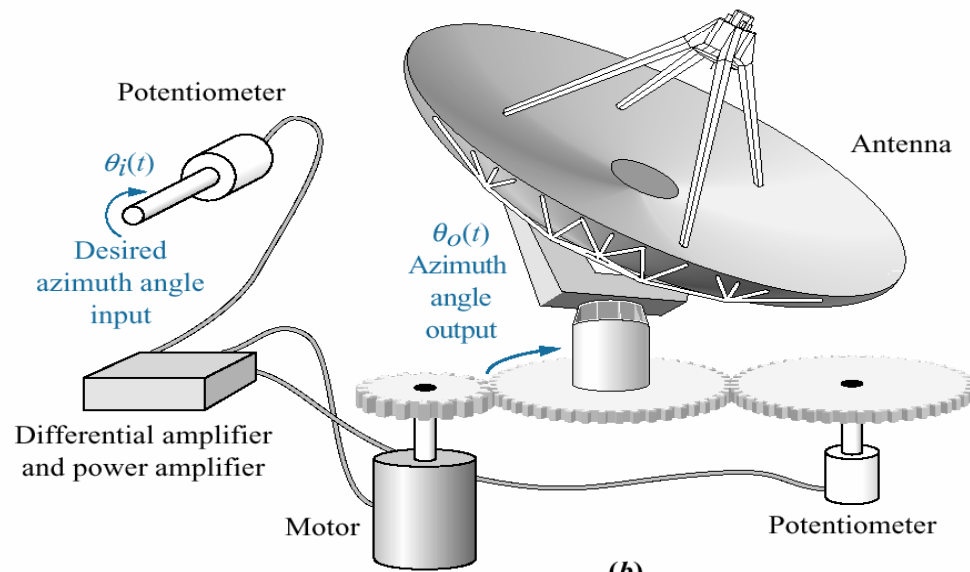
Her türlü üretim hattı, iş makinası,  
tezgah etc.

Tüm bu sistemlerin ortak noktası davranışlarının matematiksel ifadelerinin birbirlerine benzemesidir.

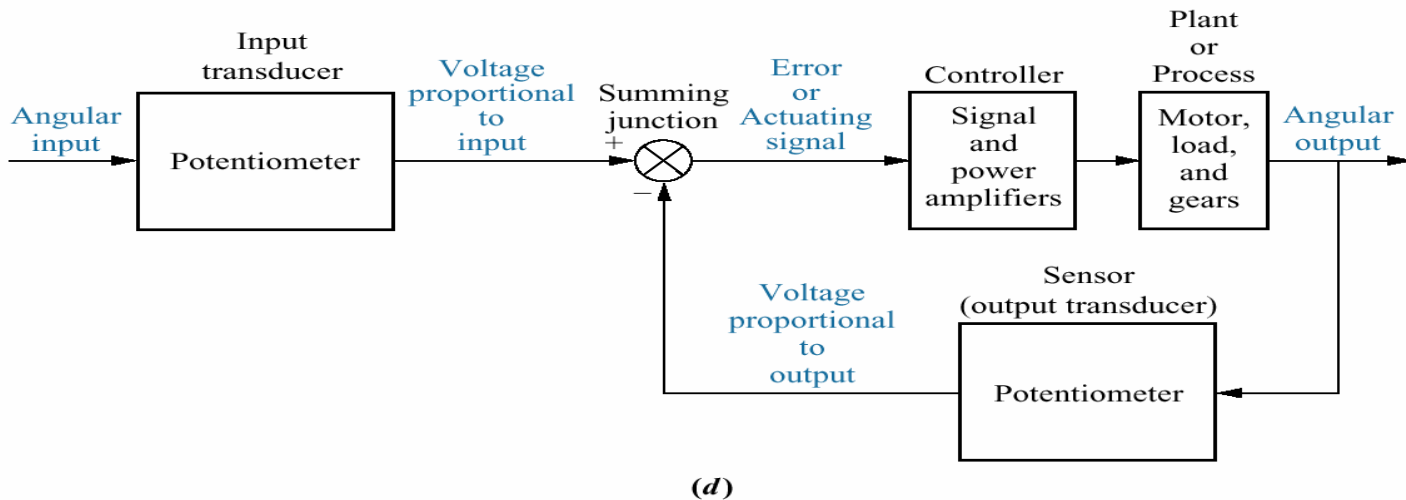
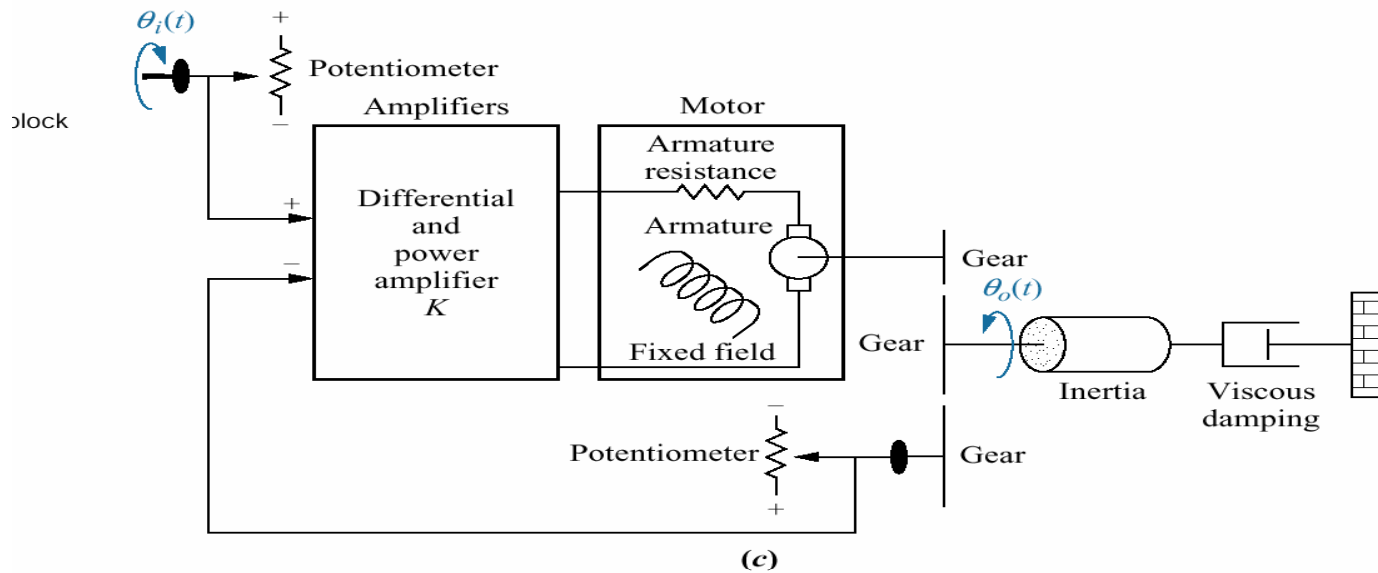




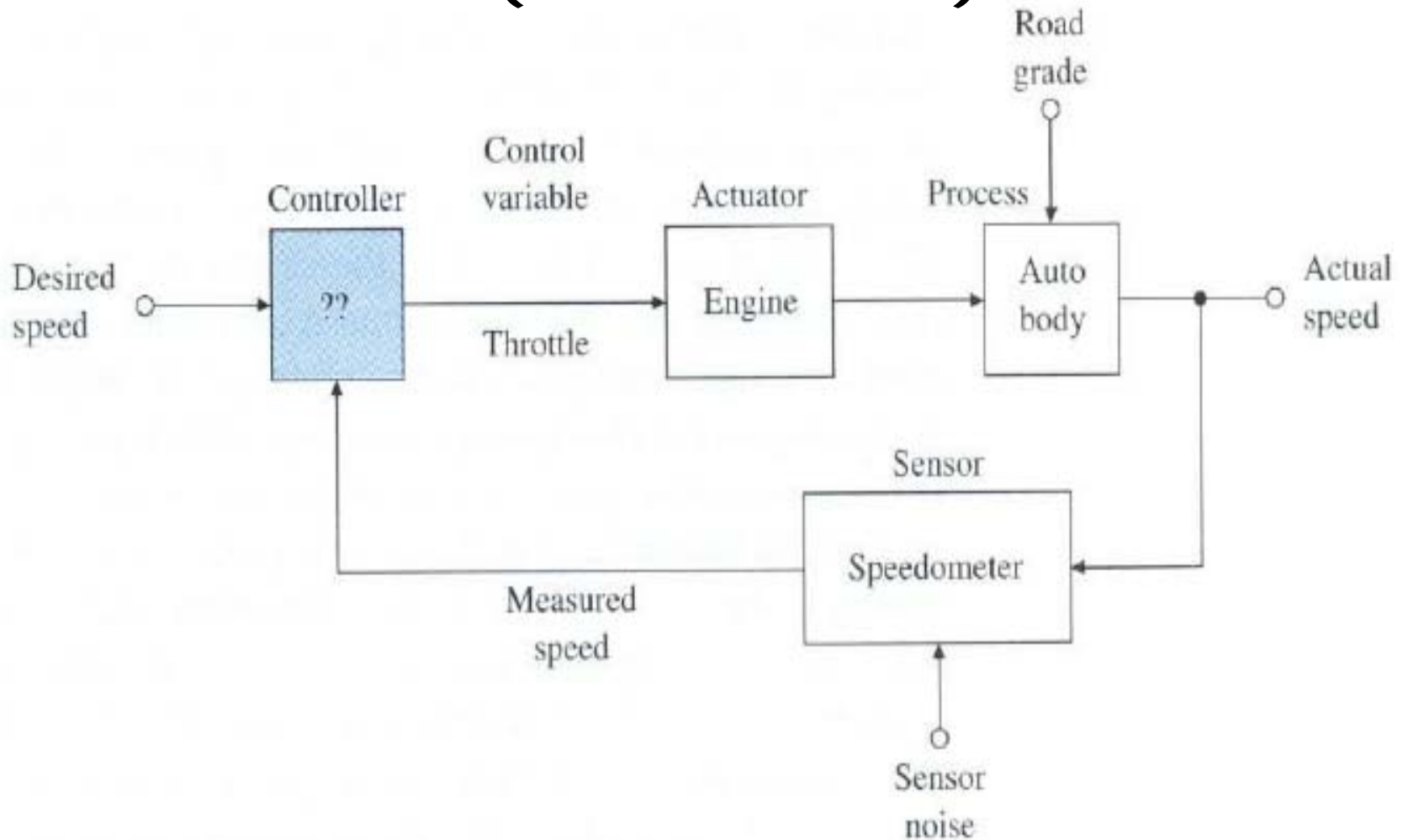
(a)



(b)



# Bir Araba'nın Sabit Hız Kontrol'ü (Cruise Control)



Bu tasarımı yapabilmemiz için sistemin matematiksel modelini oluşturmalıyız.

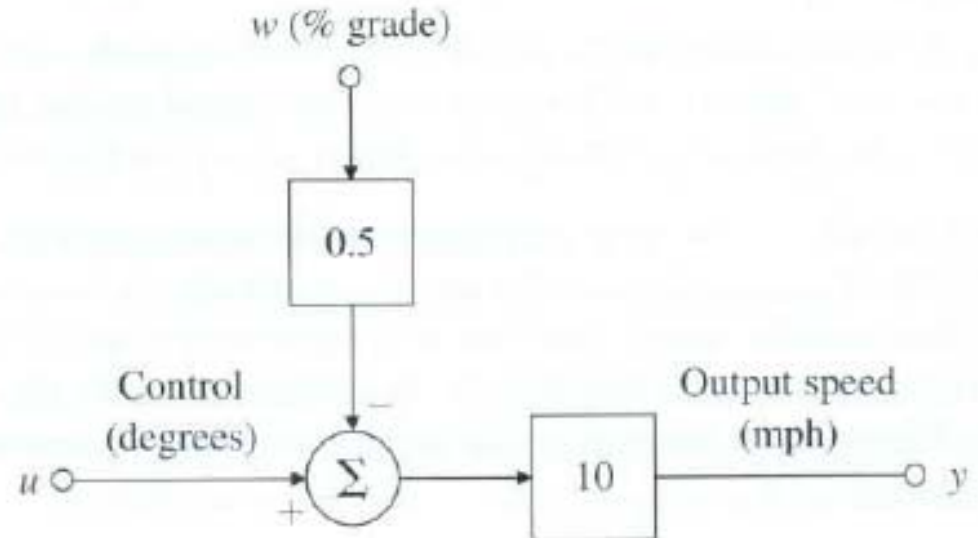
Bu tasarımda sistemin dinamik davranışı göz ardı ederek sadece kararlı durumunu inceleyelim.

Kelebek açısının 1 derecelik değişimi, hız da saatte 10 millik bir değişime karşılık geldiği araç düz yolda ve 65 mph ile giderken ölçümle tespit edilmiştir.

Meyilli yollarda yapılan ölçümlerde, eğimin 1 derecelik değişimi hızın saatte 5 mil değişmesine sebebiyet verdiği tespit edilmiştir.

Hız sensörünün hassasiyeti ise saatte 1 mildir ve bunu hatasız kabul edebiliriz.

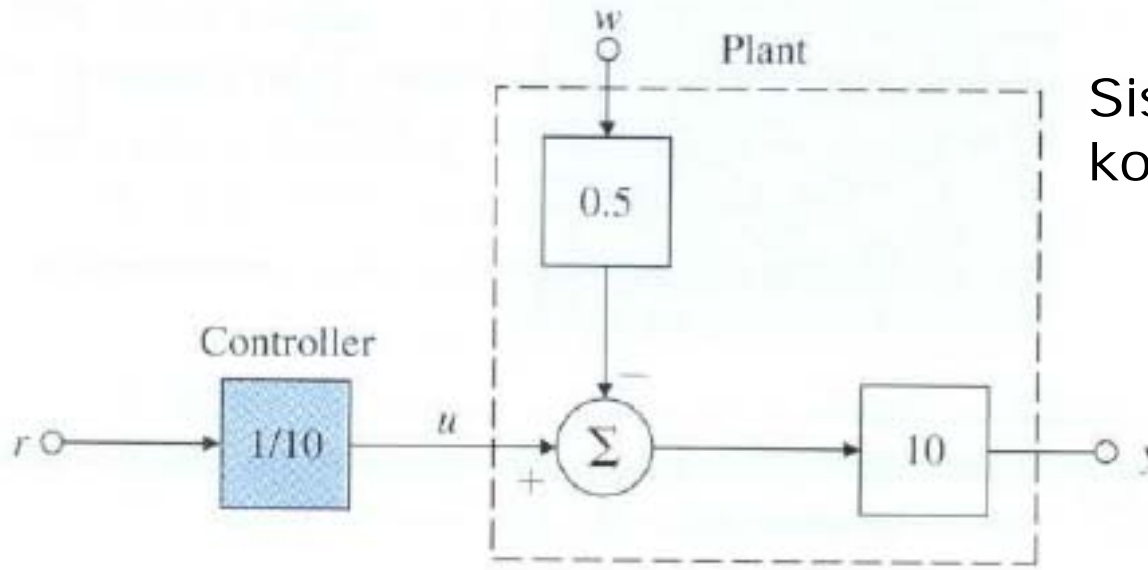
Buna göre:





Birinci adımda takometre kullanmayalım.

$u=r/10$  a set edelim.



Sistemimiz açık çevrim kontrol sistemi oldu.

$$y_{aç} = 10(u - 0.5w)$$

$$y_{aç} = 10\left(\frac{r}{10} - 0.5w\right)$$

$$y_{aç} = r - 5w$$

Çıkış hızındaki hata:  $e_{aç} = r - y_{aç} = 5w$

Çıkış hızındaki yüzde hata:  $\%e_{aç} = 500 \frac{w}{r}$

Eğer araba düz yolda ilerliyorsa( $w=0$ ) ve referans hızı saatte 65 mil ise;

$$y_{a\grave{c}} = r - 5w = 65 - 0 = 65$$

Eğer araba 1 derecelik eğimli yolda ilerliyorsa( $w=1$ ) ve referans hızı saatte 65 mil ise;

$$y_{a\grave{c}} = r - 5w = 65 - (5)(1) = 60$$

Bu yolda hata 5mph, yüzde hata: %7.69 dür.

Eğer araba 2 derecelik eğimli yolda ilerliyorsa( $w=2$ ) ve referans hızı saatte 65 mil ise;

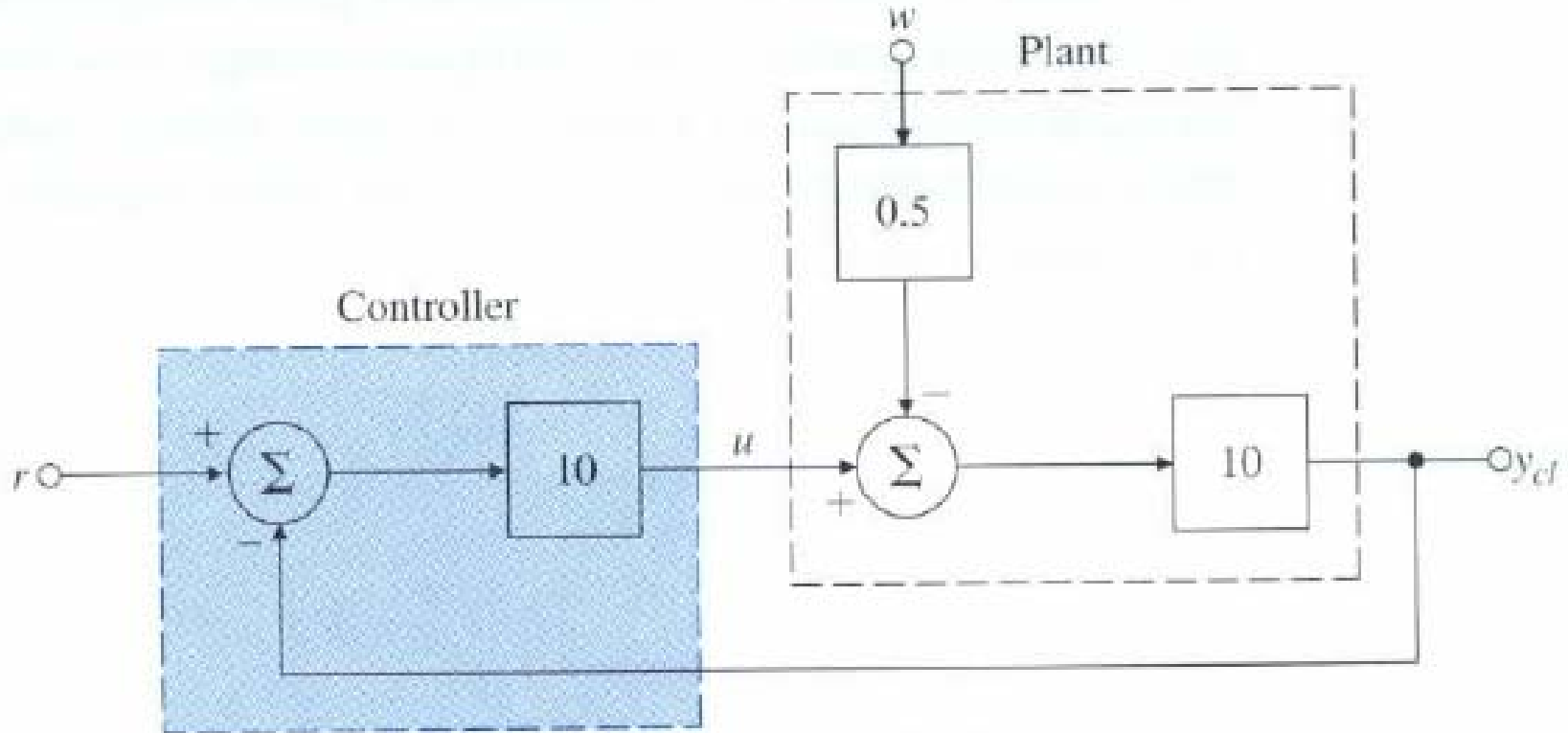
$$y_{a\grave{c}} = r - 5w = 65 - (5)(2) = 55$$

Bu yolda hata: 10 mph , yüzde hata: %15.38 dir.

$w=0$  iken gördük ki hata sıfırdır bunun sebebi denetleyicinin kazancının fiziksel sistem kazancının çarpmaya göre tam tersi olmasından kaynaklandı.

Pratikte fiziksel sistemin kazancı değişir buda hataya sebebiyet verir.

Arabanın çıkış hızını ölçerek çevrimi kapayalım:



Denetleyici kazancını 10'a ayarlayalım:

$$y_{k\zeta} = 10u - 5w$$

$$u = 10(r - y_{k\zeta})$$

İki denklemi birleştirelim:

$$y_{k\zeta} = 100r - 100y_{k\zeta} - 5w$$

$$101y_{k\zeta} = 100r - 5w$$

$$y_{k\zeta} = \frac{100}{101}r - \frac{5}{101}w$$

$$e_{k\zeta} = \frac{r}{101} + \frac{5w}{101}$$

$$e_{a\zeta} = 5w$$

Görüldüğü gibi geribesleme ile yol daki eğimden dolayı oluşabilecek hata 101 kat azaltıldı.

Fakat  $w=0$  iken açık çevrim kontrol sisteminde hata sıfır iken kapalı döngü sistemde

$$y_{k\zeta} = \frac{100}{101}r = 0.99r \text{ mph}$$

Ancak bu hata çevrim kazancı büyük olduğunda daha da küçük olacaktır.

Eğer araba 1 derecelik eğimli yolda ilerliyorsa( $w=1$ ) ve referans hızı saatte 65 mil ise;

$$e_{k\zeta} = \frac{r}{101} + \frac{5w}{101} = \frac{65}{101} + \frac{5}{101} = 0.6931$$