

# SON KONTROL ELEMANI (KONTROL VANASI)

Pnömatik bir diyafram ya da bir DC motorla hareket sağlanır

A-O : Air to open

A-C : Air to close

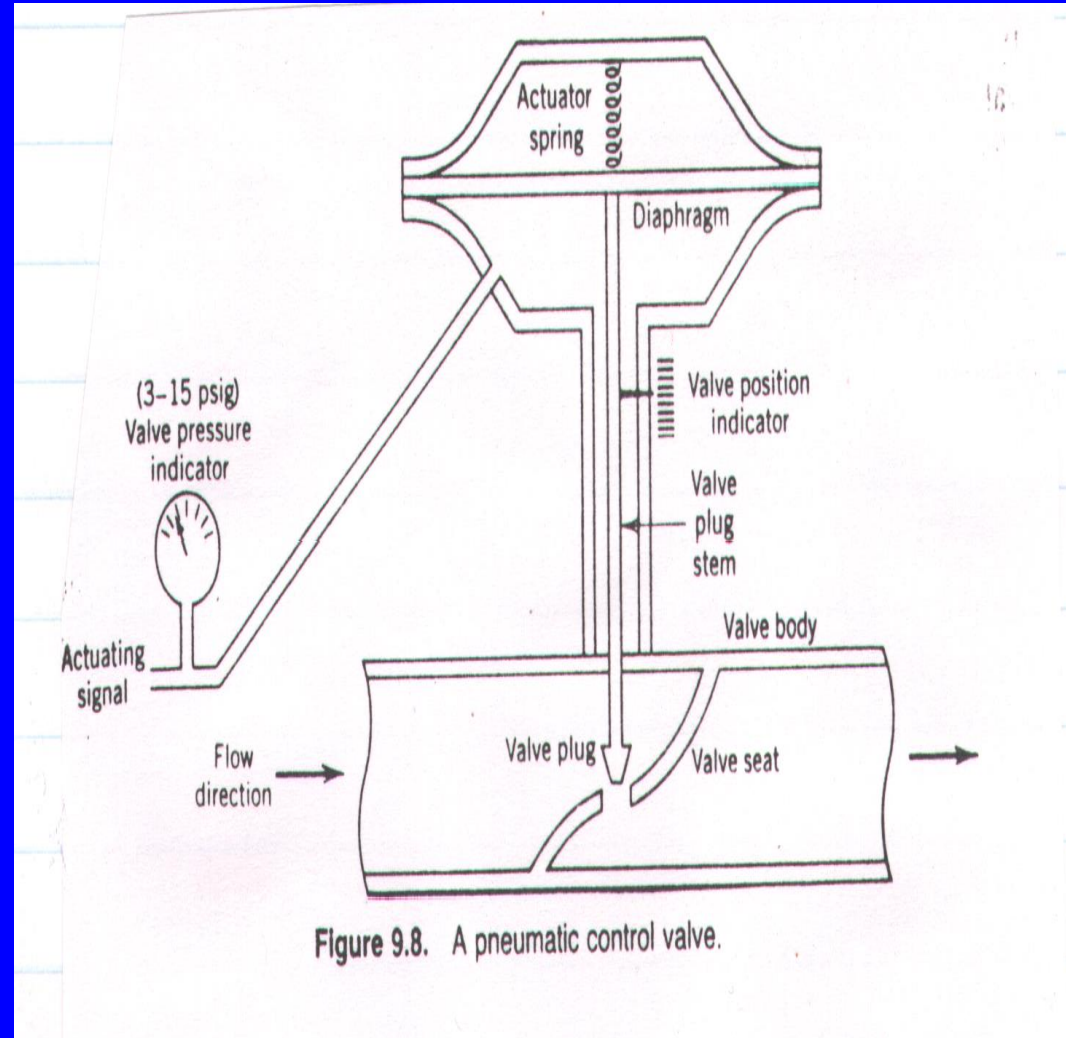
Akış hızının ( $q$ ) vana mili hareketine ( $0 < l < 1$ ) bağıllığı:

$$q = C_v f(l) \sqrt{\frac{\Delta P_v}{\rho}}$$

$C_v$  : Vana katsayısı

(büyüklük ve kapasiteye bağlı)

$f$  :  $l$  ye bağlı bir fonksiyon



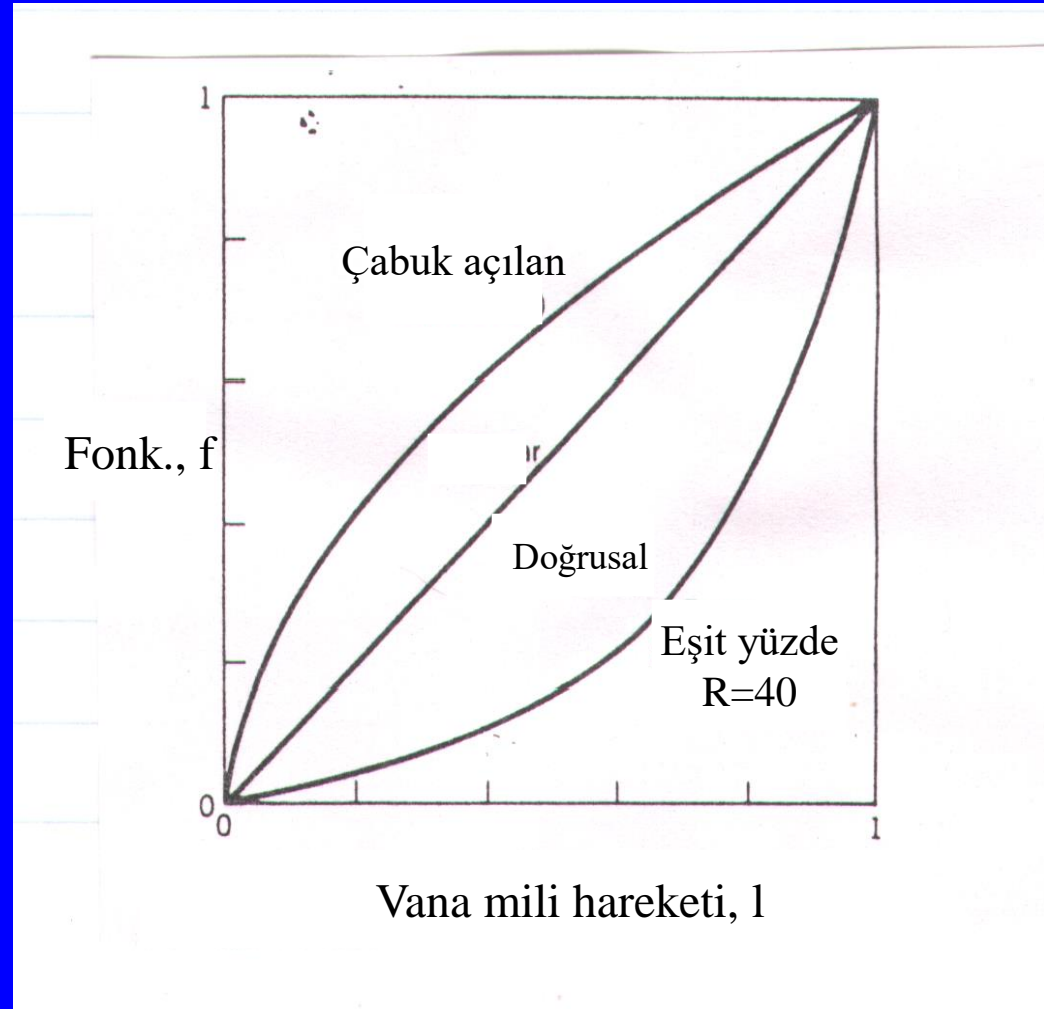
# Kontrol Vanası Karakteristikleri

- ◆ Lineer :  $f = l$
- ◆ Çabuk açılan :  $f = \sqrt{l}$   
(karekök)
- ◆ Eşit yüzde :  $f = R^{l-1}$

R: Vana tasarım parametresi

$$\frac{df}{dl} = R^{l-1} \ln R = f \ln R$$

(Eğim,  $f$  fonksiyonunun sabit bir kesri)



# Proses Kontrole Yaklaşım

---

## ☞ Gıda Prosesini anla ve kontrol amaçlarını belirle

☞ Neden kontrole ihtiyaç var?

☞ Problem sadece kontrolla mı çözülür, yoksa başka alternatifler var mı?

☞ Kontrol sisteminin neyi başarmasını bekliyoruz?

## ☞ Kritik değişkenleri seç

☞ Proses koşullarını izlemeyi kolaylaştırmak için hangi çıkış değişkenleri önemli?

☞ Hangi düzensizlikler en önemli ve ölçülmeli?

☞ İyi set noktası takibi için hangi giriş değişkenleri ayarlanmalı?

## ☞ Kontrol stratejisini belirle

☞ Geri Beslemeli, İleri Beslemeli, Adaptif, Kendinden ayarlamalı, Kaskad...?

## ☞ Kontrol ediciyi tasarla

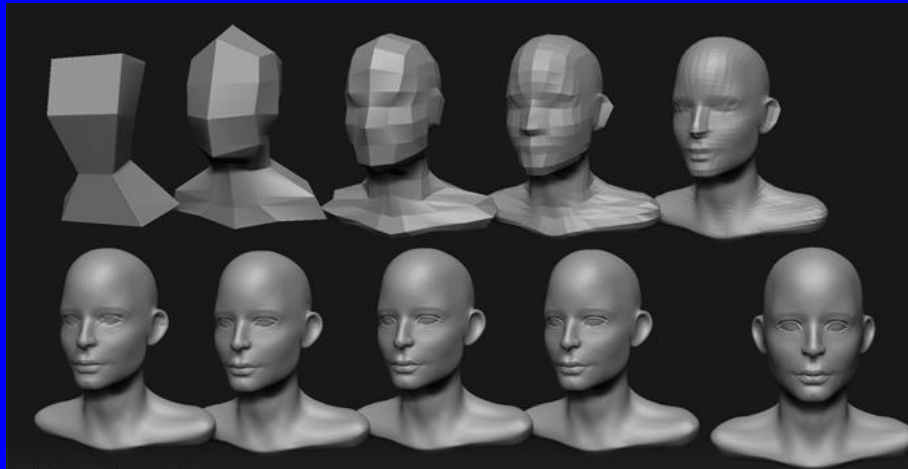
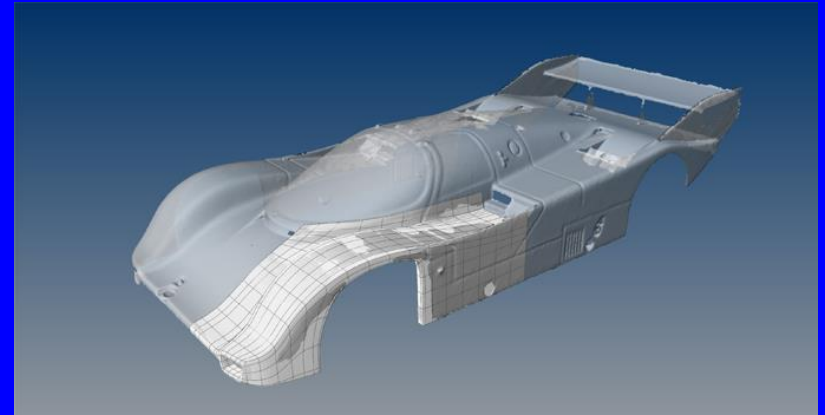
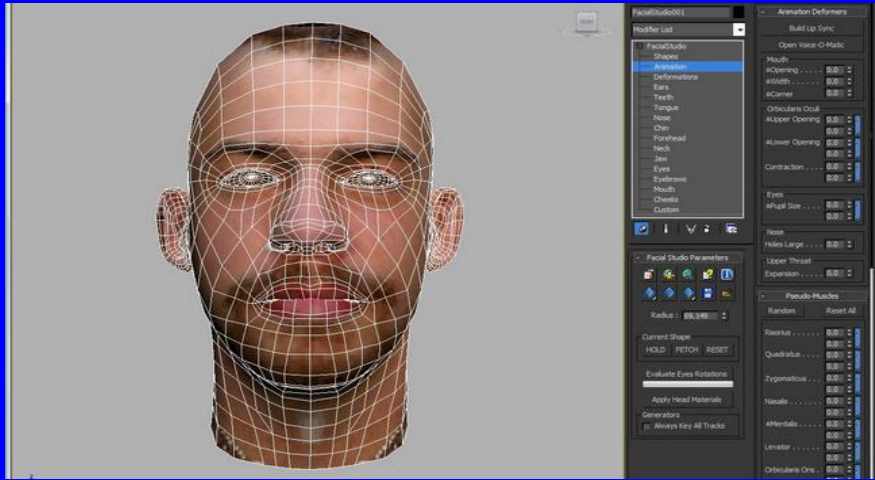
# Model ?

---





# Modelleme ?

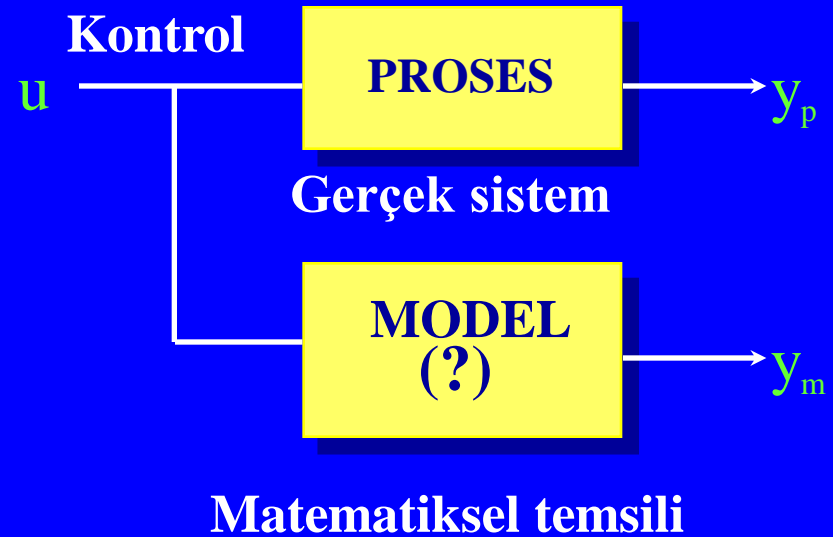


# KORUNUM EŞİTLİKLERİYLE PROSES MODELLEME

👉 Model prosesi en iyi şekilde temsil etmeli

Teorik olarak;

- dinamik karakteristikler aynı ve
- $y_m = y_p$  olmalı



# Matematiksel Modellemede Temel Yaklaşım, Korunum Esitliklerini Kullanmaktır

---

## ◆ Kütle Denkliği

$$\text{Kütle Birikim Hızı} = (\text{Kütle Giriş Hızı}) + (\text{Kütle Oluşum Hızı}) \\ - (\text{Kütle Çıkış Hızı}) - (\text{Kütle Kayboluş Hızı})$$

## ◆ Enerji Denkliği

$$\text{Enerji Birikim Hızı} = (\text{Enerji Giriş Hızı}) + (\text{Enerji Oluşum Hızı}) \\ - (\text{Enerji Çıkış Hızı}) - (\text{Çevreye Yapılan İşe Karşılık} \\ \text{Harcanan Enerji Hızı})$$

## ◆ Momentum Denkliği

$$(\text{Momentum Birikim Hızı}) = (\text{Momentum Giriş Hızı}) + (\text{Hacim Elemanına} \\ \text{Uygulanan Kuvvetler}) \\ - (\text{Momentum Çıkış Hızı})$$

**Ayrıca; Kinetik Hız Denklikleri, Termodinamik Yasalar, Kimyasal ve Fiziksel Denge Eşitlikleri, Newton Viskozite Yasası, Aktarım Eşitlikleri (Kondüksiyon → Fourier, Difüzyon → Fick yasaları..)**

# ÖRNEK : Sıvı Seviye Sistemi

✉ **Problem:** Tanktaki sıvı seviyesini kontrol etmek.

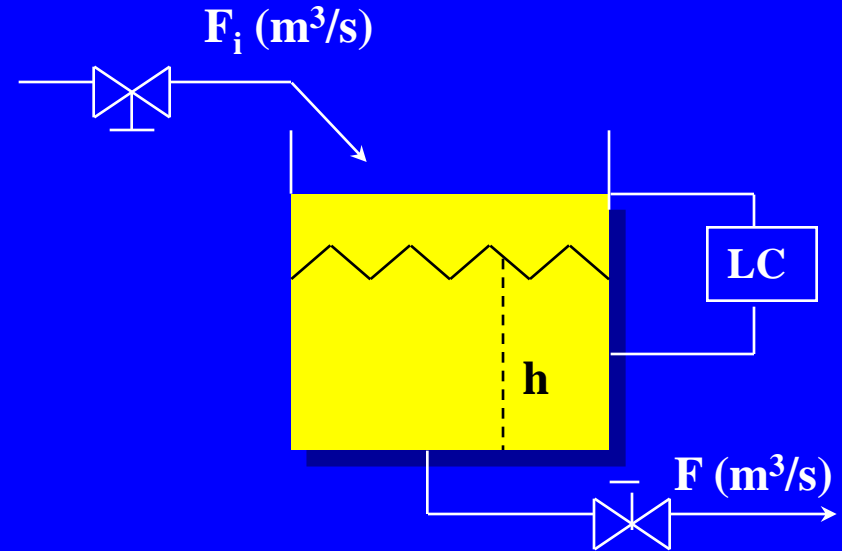
**Çıkış Değişkeni:**  $h$

**Giriş Değişkenleri:**  $F_i$ ,  $F$

**Ayar Değişkeni:** ?

**Kontrol sistemi farklı şekillerde konfigure edilebilir.**

**Proses modeli de buna göre farklı olacaktır.**



**Tank kesit alanı  $A_c = \text{Sabit}$**



# 1. Konfigürasyon:

Ayar Değişkeni: Sıvı Çıkış Hızı

---

Kütle denkliği yeterli

Yatışkın olmayan hal;

Sıvı birikim hızı = Giriş hızı - Çıkış hızı

$$\frac{d(\rho A_c h)}{dt} = \rho F_i - \rho F \quad \rho, A_c \text{ sabit}$$

$$A_c \frac{dh}{dt} = F_i - F \quad \dots\dots\dots (1)$$

Yatışkın hal;

$$0 = F_{is} - F_s \quad \dots\dots\dots (2)$$

(s : Yatışkın hal değerini gösterir)

Denklem (2)'yi Denklem (1)'den çıkaralım;

---

$$A_c \frac{dh}{dt} = (F_i - F_{is}) - (F - F_s) \dots\dots\dots (3)$$

Sapma Değişkenleri (*Deviation Variables*)

- $y = h - h_s$
- $d = F_i - F_{is}$
- $u = F - F_s$  tanımlanırsa,

Proses modeli:

$$\frac{dy}{dt} = \frac{1}{A_c} d - \frac{1}{A_c} u$$

Proses değişkeninin (y), düzensizliklere (d) ve kontrol eylemine (u) bağlılığını gösterir.

## 2. Konfigürasyon:

- Ayar değişkeni: Sıvı giriş hızı
- Düzensizlik yok

$$A_c \frac{dh}{dt} = F_i - F$$

Bu kez  $F$ , sıvı seviye yüksekliği ile orantılı;

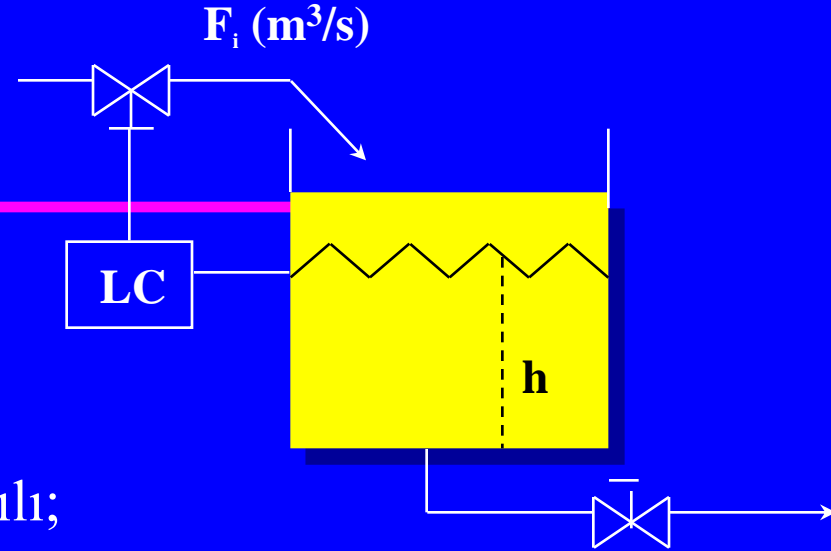
$F = ch$  varsayalım,

$$A_c \frac{dh}{dt} = F_i - ch \quad \dots\dots\dots (4)$$

$$0 = F_{is} - ch_s \quad \dots\dots\dots (5)$$

Denklem (5)'i denklem (4)'den çıkaralım;

$$A_c \frac{dh}{dt} = (F_i - F_{is}) - c (h - h_s) \quad \dots\dots (6)$$



Sapma değişkenleri cinsinden proses modeli:

---

$$y = h - h_s, u = F_i - F_{is}$$

$$\frac{dy}{dt} + \frac{c}{A_c} y = \frac{1}{A_c} u$$

Çıkış değişkenin giriş değişkenine bağlılığını gösterir.

Aslında;  $F = c h^{1/2}$  dir.

**Linear değil !**

O zaman bu denklemin lineerleştirilmesi gerekecek...

# ÖRNEK : İzotermal CSTR'da 1. Mertebe Tepkime

**Problem:** Proses modelini bulmak

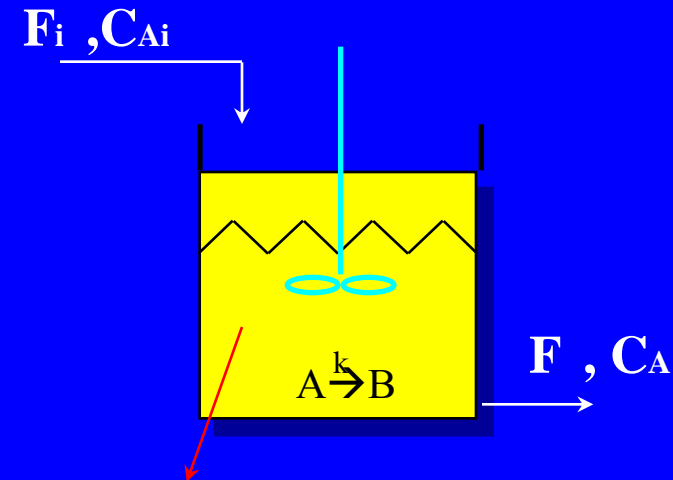
**A bileşeni için kütle denkliği:**

**Biriken= Giren - Çıkan - Tüketilen**

$$\frac{d(M_A V C_A)}{dt} = M_A F C_{Ai} - M_A F C_A - M_A V k C_A$$

**$M_A$ : A'nın molekül ağırlığı,  $V$ = sabit**

$$\frac{dC_A}{dt} = \frac{F}{V} C_{Ai} - \frac{F}{V} C_A - kC_A$$



**Hacim:  $V \text{ m}^3$**

**Çıkış değişkeni:  $C_A \text{ (mol/m}^3\text{)}$**

**Giriş değişkeni:  $C_{Ai} \text{ (mol/m}^3\text{)}$**

$$\frac{dC_A}{dt} + \left( \frac{F + kV}{V} \right) C_A = \frac{F}{V} C_{Ai}$$

---

**Model:**

$$\tau \frac{dC_A}{dt} + C_A = \frac{F}{F + kV} C_{Ai}$$

Burada,  $\tau = \frac{V}{F + kV}$

$\therefore$  Sapma değişkeni cinsine de dönüştürülebilirdi...

*Ödev: Tepkime 2. mertebe olsaydı ( $r_A = -kC_A^2$ ) ?*



# PROSES MODELLERİNİN DENEYSEL BULUNMASI

---

## ✉ Hat dışı (*Off-Line*) Yöntemler

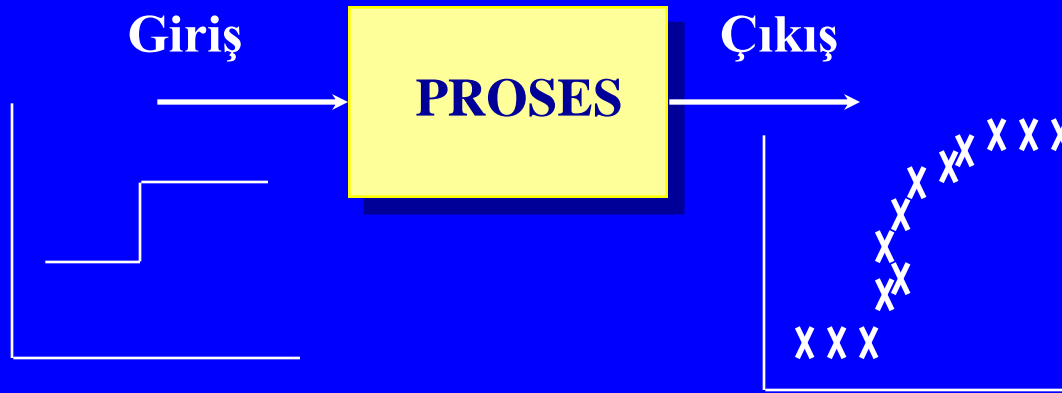
- ✎ Proses tepkime eğrisinin elle (*manual*) tanımlanması
- ✎ Gürültü ve düzensizlikten arınmış proses yanıtının bilgisayar destekli (*computer-aided*) tanımlanması
- ✎ Gürültülü yanıtların bilgisayar destekli tanımlanması

## ✉ Hat içi (*On Line*) Yöntemler

- ✎ Adaptif kontrola giriş

# Hat dışı tanımlama

## Basamak testi (*Step Test*)



- 👉 Kararlı yatışkın hali bekle
- 👉 Giriři biraz arttır (% ?)
- 👉 Başka düzensizliklere izin verme
- 👉 Proses değişkenini izle (proses yeni yatışkın hale gelene dek)
- 👉 Model parametrelerini regresyonla (*regression*) veya grafiksel yöntemlerle bul

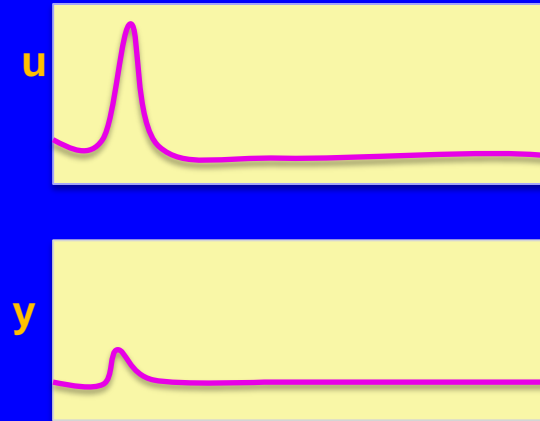
# Sistem Tanımlamada Kullanılan Sinyaller

## ✓ Sabit Sinyal (Constant)



- Sistem tanımlama için uygun değil
- Dinamik değişim söz konusu değil
- Sadece bir parametre bulunabilir

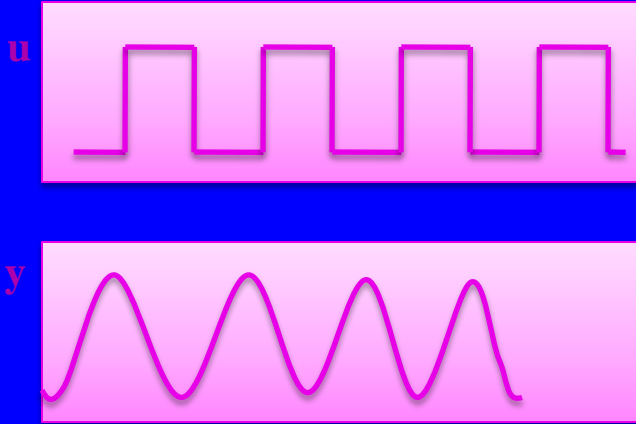
## ✓ Ani Etki (Impulse)



- Proses yavaşsa uygun değil
- Gelişmiş bir tanımlama için uygun değil

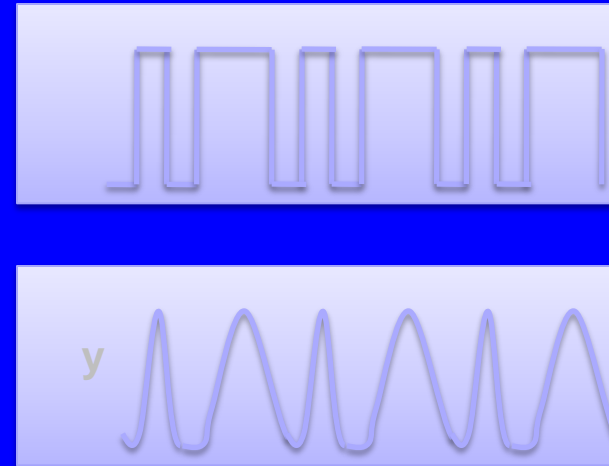
# Sistem tanımlamada kullanılan sinyaller

## ✓ Kare Dalga



- Kare dalga seçiminde frekans ve genlik önemli
- Sistem tanımlama için oldukça iyidir
- Kare dalganın periyodu sistemin zaman sabitinin yaklaşık 6 katı olabilir

## ✓ PRBS sinyal



- Sistem tanımlamada en uygun sinyaldir.
- Kare sinyale göre geniş spektruma sahiptir
- Belirli periyotlarla tekrarlanan bir sinyaldir

# BİRİNCİ VE İKİNCİ MERTEBE SİSTEMLERİN AÇIK DEVRE DİNAMİK DAVRANIŞI

Proses dinamiğini belirlemede kullanılan tipik girdiler;

$$\otimes \mathbf{x}_s(t) = \begin{cases} \mathbf{0} & t < 0 \\ \mathbf{A} & t \geq 0 \end{cases}$$

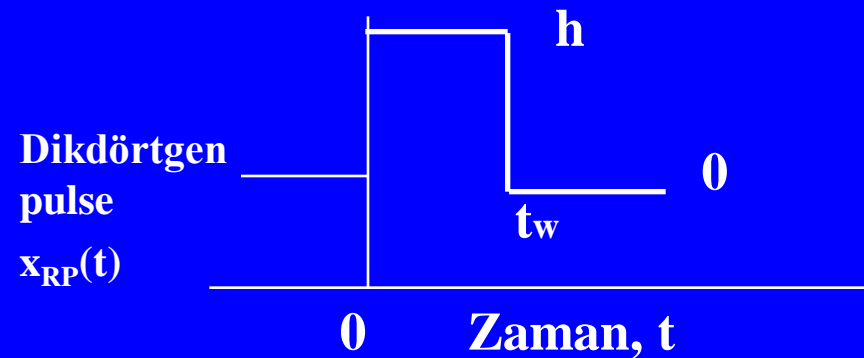
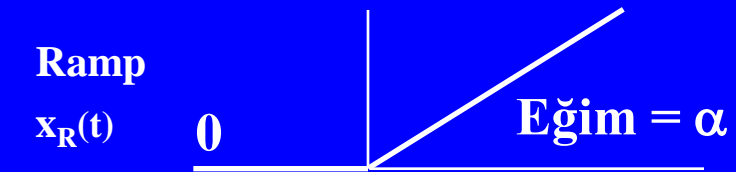
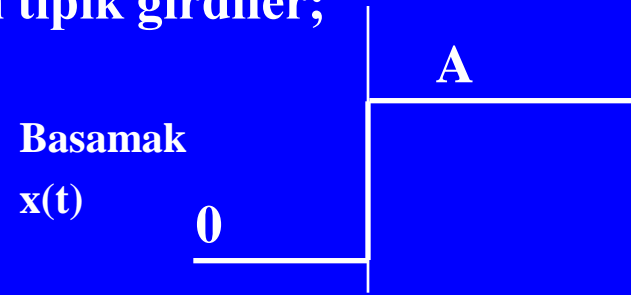
$$\mathbf{x}(s) = \mathbf{A}/s$$

$$\otimes \mathbf{x}_R(t) = \begin{cases} \mathbf{0} & t < 0 \\ at & t \geq 0 \end{cases}$$

$$\mathbf{x}_R(s) = a / s^2$$

$$\otimes \mathbf{x}_{RP}(t) = \begin{cases} \mathbf{0} & t < 0 \\ \mathbf{h} & 0 \leq t < t_w \\ \mathbf{0} & t > t_w \end{cases}$$

$$\mathbf{x}_{RP}(s) = \frac{\mathbf{h}}{s} (1 - e^{-t_w s})$$



# Birinci Mertebe Sistemler

Basamak girdiye yanıtım

Karıştırmalı tankın ısıtılması örneğini ele alalım;

**Orijinal** 
$$\frac{dT}{dt} = \frac{F}{V} (T_i - T) + \lambda \frac{q}{\rho V C_p}$$

**Sapma Değişkeni** 
$$\frac{dy}{dt} + \frac{F}{V} y = \frac{\lambda}{\rho V C_p} u + \frac{F}{V} d$$

t alanı

$$Y = T - T_s, \quad u = q - q_s, \quad d = T_i - T_{is}$$

**Laplace** 
$$y(s) = \frac{K}{\tau s + 1} u(s) + \frac{1}{\tau s + 1} d \quad ; \quad \tau = \frac{V}{F}, \quad K = \frac{\lambda}{\rho F C_p}$$

s alanı