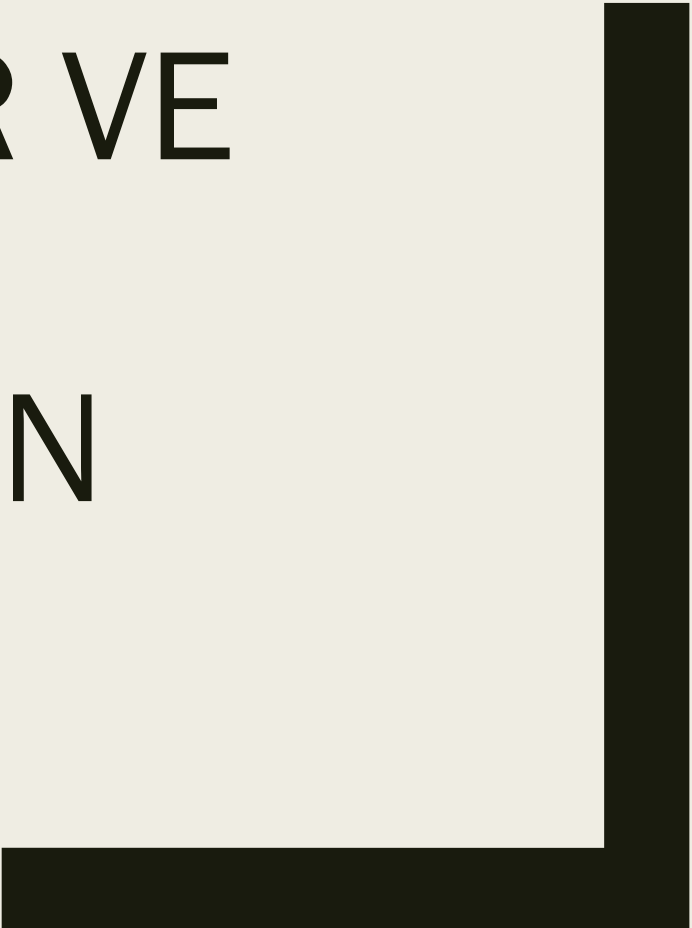




KONTROLÖRLER VE
KONTROLÖR
SİSTEMLERİNİN
TASARIMI-2

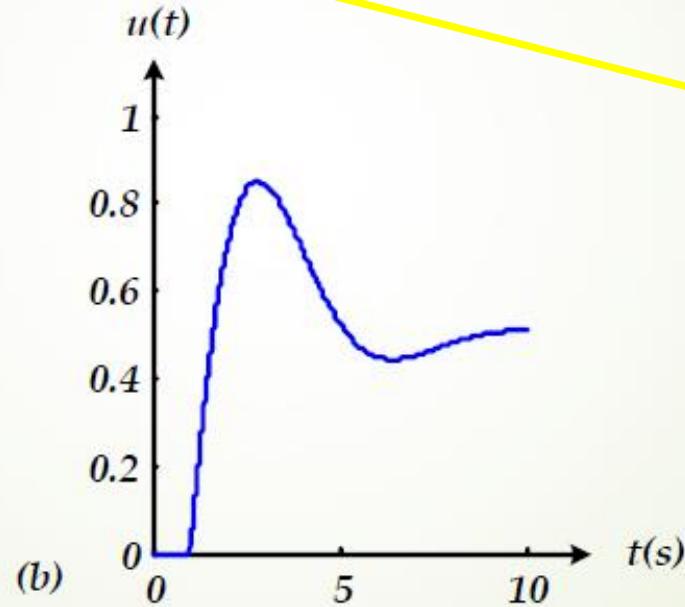
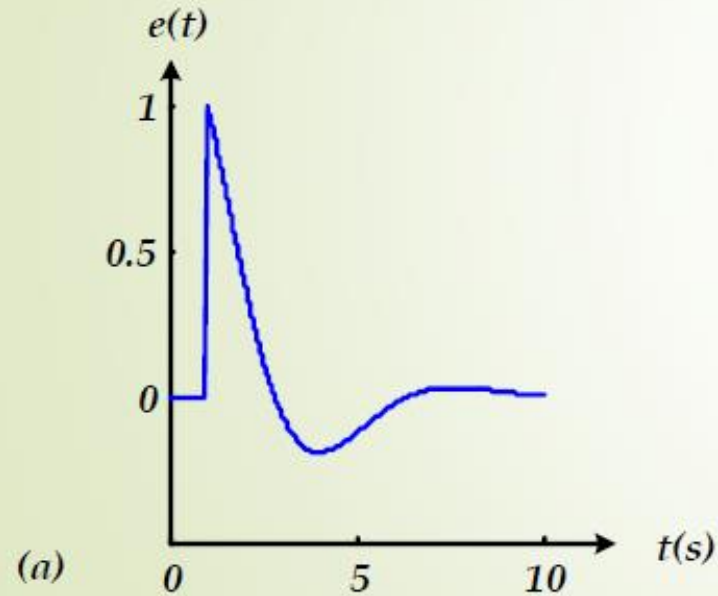
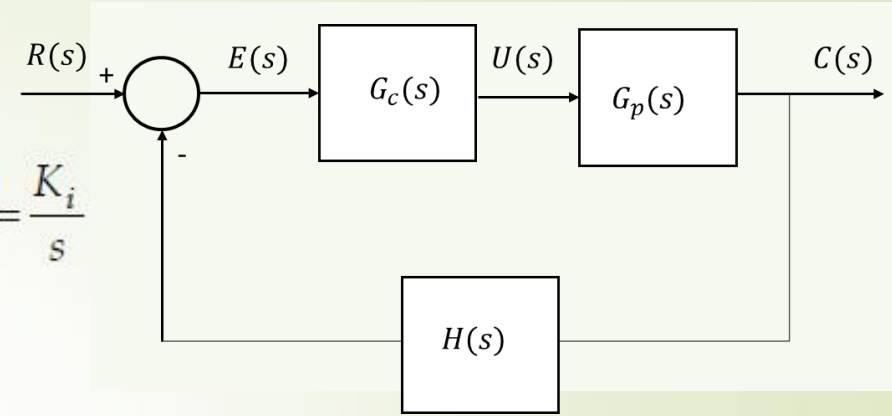


İntegral (I) Kontrolörler

İntegral kontrolörler hata sinyalinin integralini alır ve ayrıca belirli bir kazançla yükseltip/zayıflatarak kontrol girişini belirler.

$$u(t) = K_i \int_0^t e(t) dt$$

$$G_c(s) = \frac{U(s)}{E(s)} = \frac{K_i}{s}$$



Bu tür kontrolörlerde; kontrolör çıkışı hata sinyalinin zamana göre taradığı alanla ilişkili olacaktır.

Şekil 5.6 İntegral kontrol etkisi a-) kontrolör girişi b-) $K_i=1$ için kontrolör çıkışı

İntegral (I) Kontrolörler

$$u(t) = K_i \int_0^t e(t) dt \quad G_c(s) = \frac{K_i}{s}$$

İntegral kontrolörün transfer fonksiyonuna orjinde bir kutup eklediğinden yani sistemin tipini 1 arttırdığından kontrol sistemlerinde kalıcı durum hatalarını bir kademe düzeltmiş olur.

Yani *tip 0* sistemlerde basamak hatasını, *tip 1* sistemlerde ise rampa hatasını sıfıra çeker.

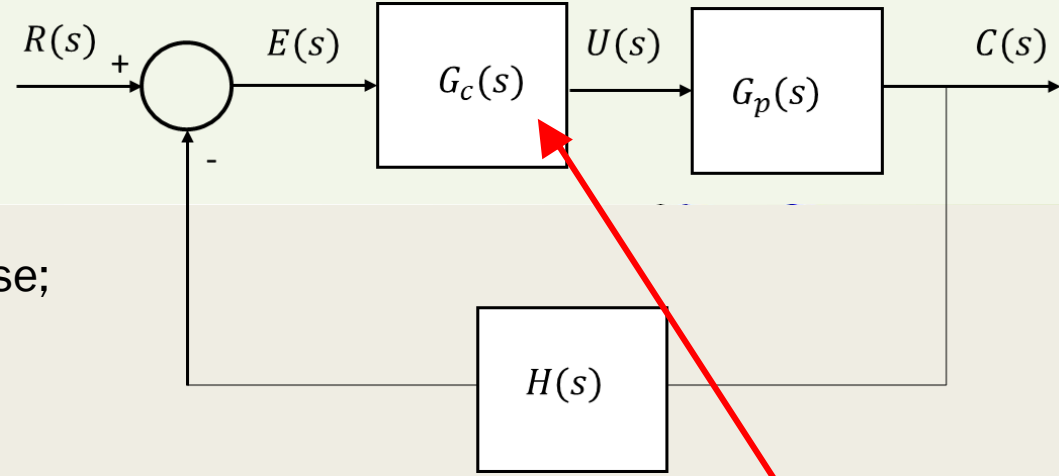
Ancak integral kontrolörlerin orjine bir kutup eklemesi genel olarak sistemi kararsızlığa sürükler.

Bu durum sistemin yanıt hızındaki yavaşlığın da sebebidir.

Temel görevleri sistemlerdeki kalıcı durum hatasını düzeltmektir.

Örnek 5.2 Seri kompanzasyon yapısına göre aşağıda verilen sistem için integral kontrolörün etkisini inceleyiniz.

$$G_p(s) = \frac{3}{s+4}$$



Eğer $H(s)=1$ (Birim geri besleme) kabul edilirse;

$$G(s) = \frac{C(s)}{R(s)} = \frac{3K_i}{s^2 + 4s + 3K_i}$$

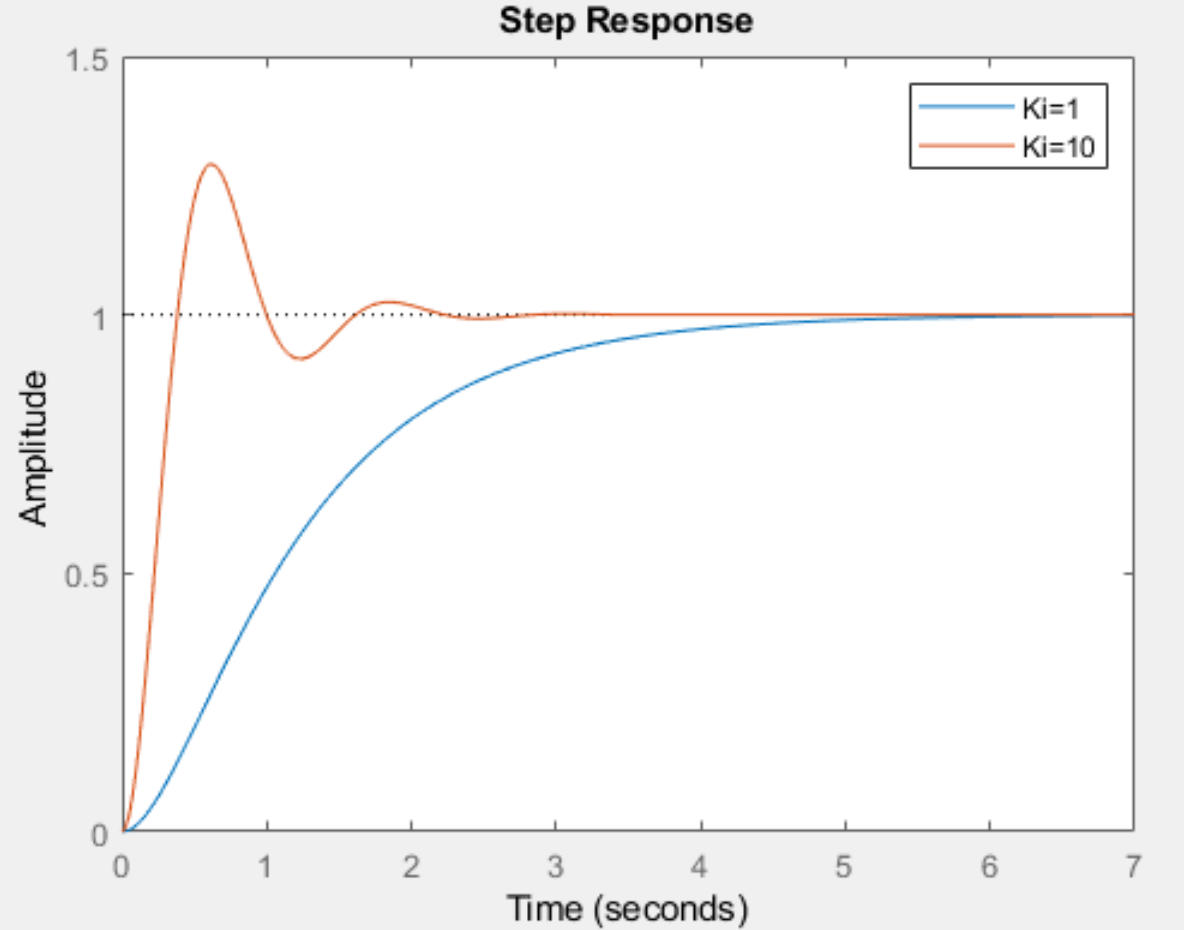
$$K_i = 1 \text{ için } c(t) = 1 - 1.5e^{-t} + 0.5e^{-3t}$$

$$K_i = 10 \text{ için } c(t) = 1 - e^{-2t} [\cos(0.51t) + 0.39\sin(5.1t)]$$

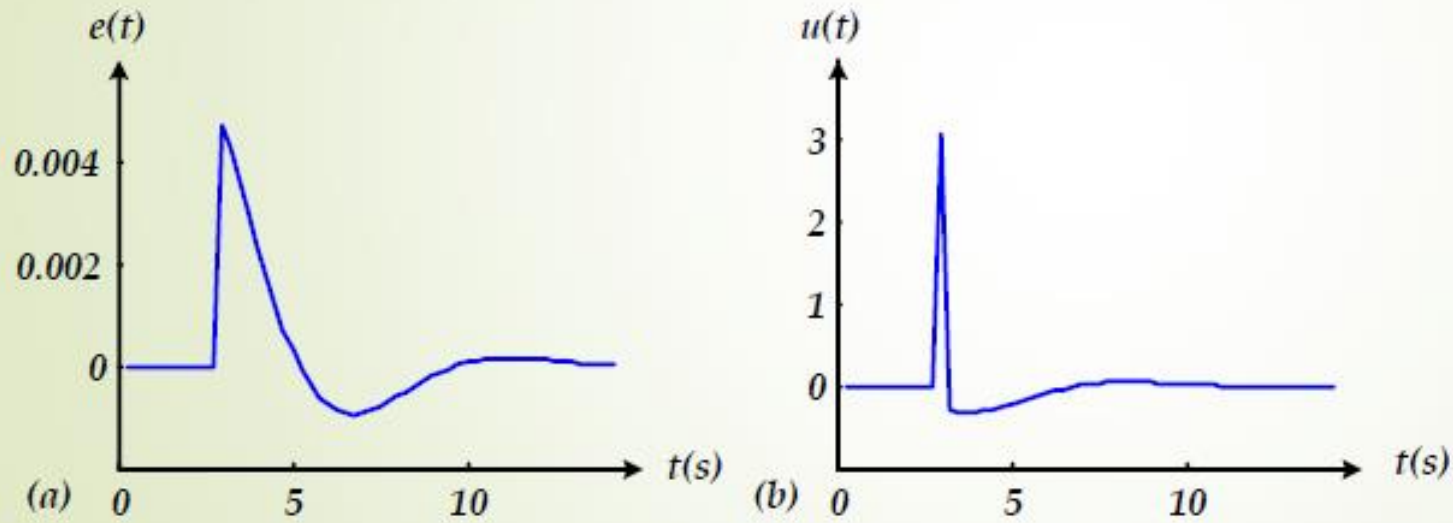
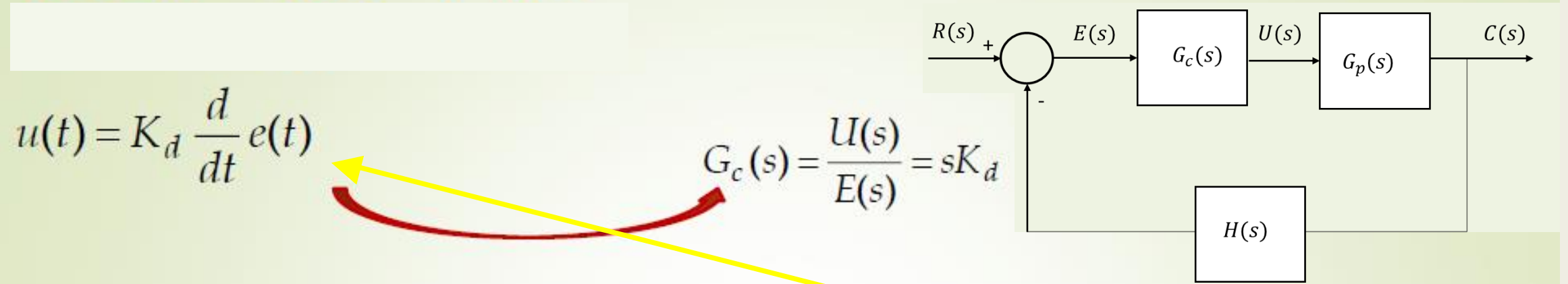
$$\frac{K_i}{s}$$

```
%İntegratör kontrolör soru  
%tip 0 2. derece sistem ki=1  
için  
y1=tf(3,[1 4 3])  
step(y1)  
hold on  
%ki=10 için  
y2=tf(30,[1 4 30])  
step(y2)  
ylim([0 1.5])  
legend('Ki=1','Ki=10')
```

İntegral denetleyici yükselme süresini de azaltır ve oransal denetleyicinin yaptığı gibi aşmayı artırır (çift etki). Yukarıdaki yanıt, integral denetleyicinin bu durumda kararlı durum hatasını ortadan kaldırdığını göstermektedir.



Türev (D) Kontrolörler



Bu tür kontrolörlerde kontrol girişi hata sinyalinin zamana göre eğimleri ile ilişkili olacaktır.

Şekil 5.7 Türev kontrol etkisi a-) kontrolör girişi b-) $K_d=1$ için kontrolör çıkışı

Türev (D) Kontrolörler

Türev kontrolörler hatanın hızlı değiştiği anlarda büyük bir kontrol girişi belirleyerek sisteme uyguladığı için hata oluşmadan düzeltme etkisi yapar. Dolayısıyla sistemin maksimum aşmasını düzeltme etkisi vardır.

Ancak hatanın sabitleşmesi durumunda çıkışı sıfır olacağı için sabit kalıcı durum hatalarını düzeltme etkisi yoktur.

Ayrıca, türev kontrolörler sisteme orjinde bir sıfır eklediği için sistemin tipini düşüren bir etkiye sahiptir. Orjinde sıfırı olan bir kontrol sistemi uygun bir sistem değildir.

Türevsel kontrolörlerin kalıcı durum hataları üzerinde doğrudan olumlu bir etkisi olmasa bile geçici yanıtı düzeltme etkileri, kontrolör kazancının daha yüksek seğilmesine ve dolaylı olarak kalıcı durum hatalarının iyileştirilmesine neden olabilir.

Türevsel kontrolörler, yalnızca hatanın değişimi sırasında etkili olduklarından kontrol sistemlerinde tek başlarına kullanılamazlar. Genellikle diğer kontrolörlerle, en azından oransal kontrolör ile birlikte kullanılabilir.

Türev kontrolörler, gürültü sinyallerine karşı çok hassastır. Bu nedenle pratikte kullanımları sorunludur.

Kontrol Sistemlerinin Tasarım Esasları

Şu ana kadar oransal, integral ve türev kontrolörlerin etkileri bireysel olarak incelenmiştir. Ancak çoğu zaman bu kontrolörler tek başlarına istenilen etkilere sahip olamaz. Bu nedenle temel kontrol etkilerinin birleşiminden meydana gelen PI, PD ve PID kontrolörler kullanılır.

PID kontrolörler, gerekirse PI veya PD olarak kullanılabilir.

Kontrol sistemlerinin tasarımı, geçici yanıt ve/veya kalıcı durum kontrol taleplerini karşılayacak şekilde kontrolörün seçimini ve seçilen kontrolörün parametrelerinin belirlenmesini ihtiva eder.

Geçici yanıt kontrol talepleri sönüm faktörü ζ ve doğal frekans ω_n olarak verilebileceği gibi, yükselme süresi t_r , yerleşme süresi t_{ss} ve maksimum aşma M cinsinden de verilebilir.

Kalıcı durum kontrol talebi ise herhangi bir giriş için kalıcı durum hatası veya hata katsayısı olarak verilebilir.

PI Kontrolörler

Oransal ve integral etkilerinin birleşiminden oluşan kontrolör yapısıdır ve kontrol girişi $u(t)$:

$$u(t) = K_i \int_0^t e(t)dt + K_p e(t)$$

$$G_c(s) = \frac{K_i}{s} + K_p = \frac{K_p s + K_i}{s}$$

Endüstriyel kontrolörlerde integral kazancı yerine integral zaman sabiti $T_i = \frac{K_p}{K_i}$ kullanılır.

$$G_c(s) = K_p \left(1 + \frac{1}{T_i s}\right)$$

Genel anlamda PI kontrolörler, sistemin tipini bir kademe yükselteceğinden kalıcı durum hatalarını düzelteceği ancak kararlılığını azaltacağı söylenebilir.

PD Kontrolörler

Oransal ve türev kontrolörlerin birleşiminden oluşur. Kontrol girişi $u(t)$:

$$u(t) = K_d \frac{d}{dt} e(t) + K_p e(t)$$

$$G_c(s) = K_d s + K_p$$

Endüstriyel kontrolörlerde türev kazancı yerine türev zaman sabiti $T_d = \frac{K_d}{K_p}$ kullanılır.

$$G_c(s) = K_p (1 + T_d s)$$

Genel anlamda PD kontrolörler, sistemin geçici yanıt kontrol taleplerini kontrol etmek üzere tasarlanabilirler. Kalıcı durum hatalarına karşı doğrudan bir etkileri olmamasına rağmen geçici yanıtın iyileşmesi neticesinde daha yüksek kontrol kazancı seçilebileceği için dolaylı olarak kalıcı durum hatalarını etkilediği söylenebilir.

PID Kontrolörler

Oransal ve türev kontrolörlerin birleşiminden oluşur. Kontrol girişi $u(t)$:

$$u(t) = K_p e(t) + K_i \int_0^t e(t) dt + K_d \frac{d}{dt} e(t)$$

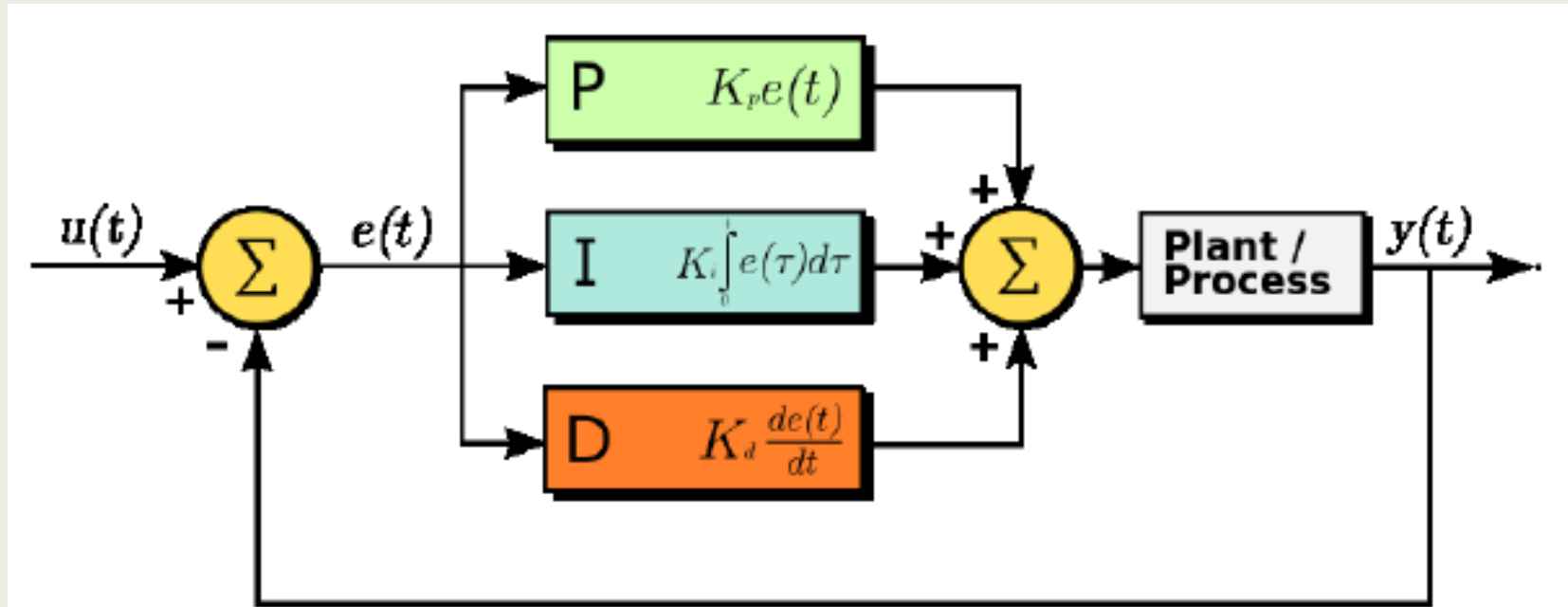
$$G_c(s) = K_p + \frac{K_i}{s} + K_d s$$

Endüstriyel kontrolörlerde integral zaman sabiti ve türev zaman sabiti kullanıldığında:

$$G_c(s) = K_p \left(1 + \frac{1}{T_i s} + T_d s \right)$$

PID kontrolörler, gerektiğinde $K_d=0$ yapılarak PI kontrolör veya $K_i=0$ yapılarak PD kontrolör olarak da kullanılabilirler. Doğal olarak hem geçici yanıt kontrol kriterleri hem de kalıcı durum kontrol kriterleri üzerinde etkilidir.

PID Kontrolörler



$$u(t) = K_P e(t) + K_I \int_0^t e(\tau) d\tau + K_D \frac{de(t)}{dt}$$

PID Kontrolörler

PID gain	Overshoot	Settling time	Steady-state error
Increasing k_p	Increases	Minimal impact	Decreases
Increasing k_i	Increases	Increases	Zero error
Increasing k_d	Decreases	Decreases	No impact