

Automatika

Klasszikus szabályozás elmélet

VIII.

Kompenzálás az eredő szakasz
átmeneti függvénye alapján



Óbudai Egyetem

Dr. Neszveda József

Az átmeneti függvény elemzése

Méréssel felvett vagy mért értékekből identifikált esetben is alkalmazható.

- Meg kell állapítani, hogy az eredő szakasz arányos vagy integráló jellegű.

Tart-e egy új állandósult állapot felé vagy egyenletesen változik az amplitúdó.

- Meg kell állapítani az eredő szakasz közelítő modelljének az időállandóit.

Ez szerkesztéssel lehetséges.

Önbeálló eredő szakasz PI vagy
PIDT1 kompenzálás

Európai struktúra

Önbeálló eredő szakasz

Önbeálló jelleg esetén a PI a leggyakrabban alkalmazott kompenzáló struktúra, sok és/vagy egymáshoz közeli időállandó esetén PIDT1.

Nagyon-nagy holtidő esetén I.

A sok időállandót, a nagyobb látszólagos holtidő jelzi.

Az integrál kritérium felhasználásával, analitikus optimum számítás módszerével, előre megadott célfüggvényhez lehet kompenzáló tag paramétereit keresni. Az eredményeket táblázatosan megadva kész a beállítási javaslat az üzembe-helyező mérnökök számára.

A kompenzáló tag átviteli függvényei

PI

$$G_C(s) = G_{PI}(s) = K_C \left\{ 1 + \frac{1}{sT_I} \right\}$$

PIDT1

$$G_C(s) = G_{PIDT}(s) = K_C \left\{ 1 + \frac{1}{sT_I} + \frac{sT_D}{sT + 1} \right\}$$

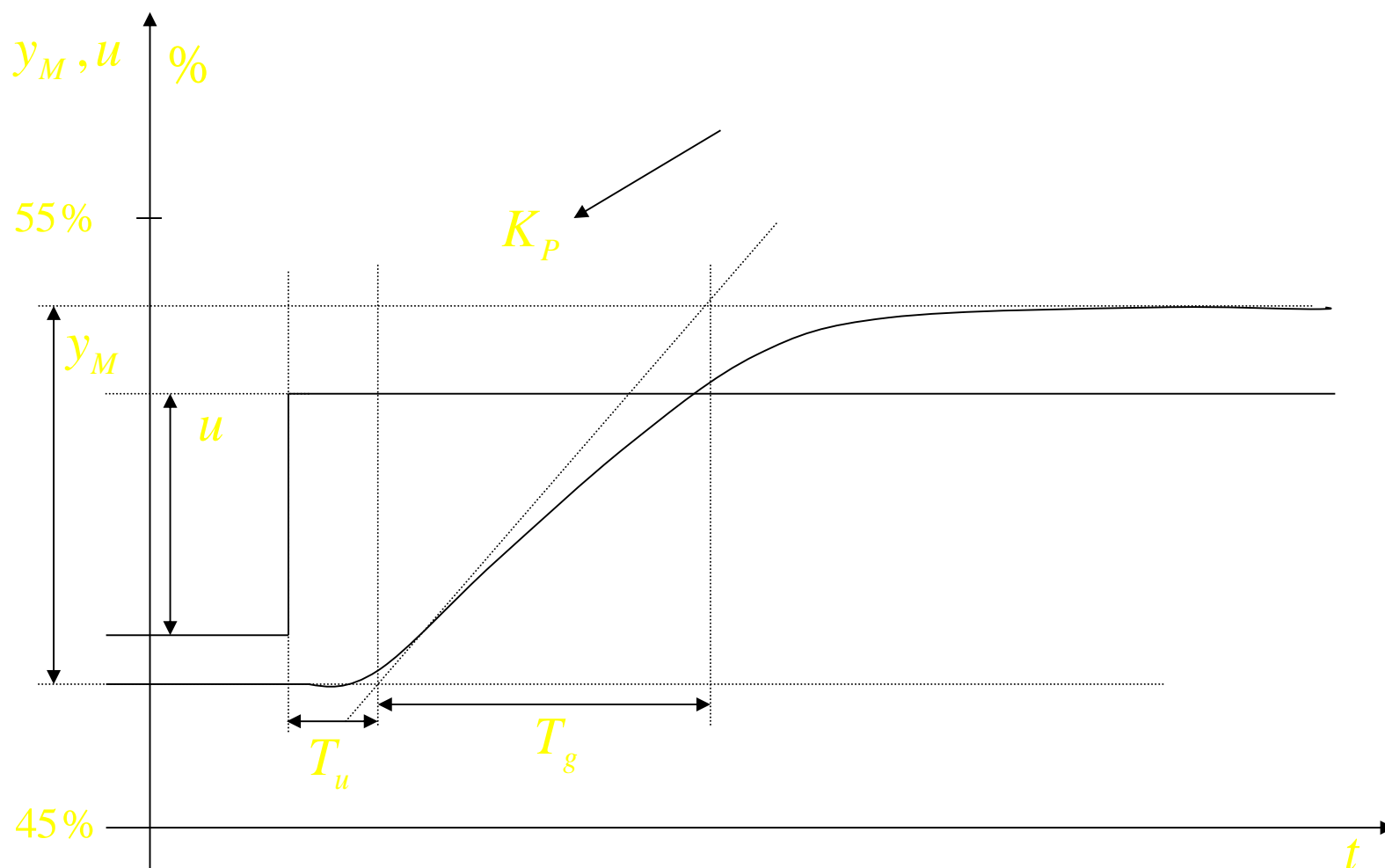
PIDT1 kompenzáló tag esetén négy változó van. Ennyi független paramétert nem tudunk kiolvasni az átmeneti függvényből, ezért a differenciáló egytárolós csatorna T időállandóját az A_D érték megválasztásával kell definiálni!

PI kompenzálás menete

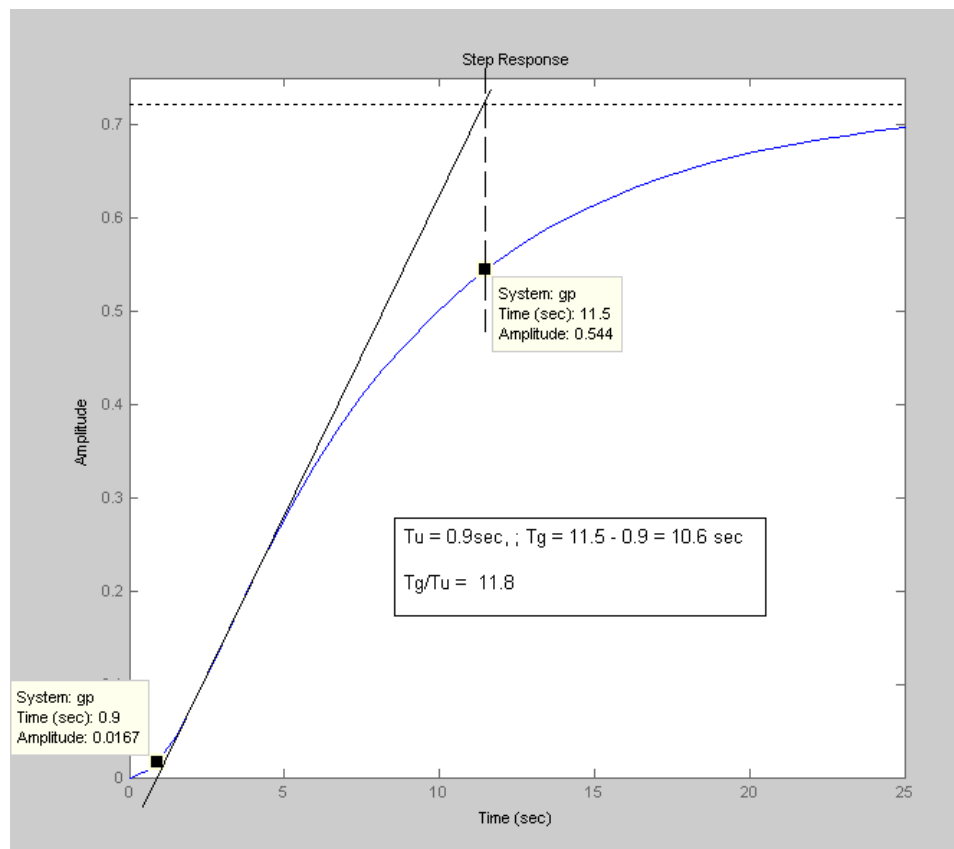
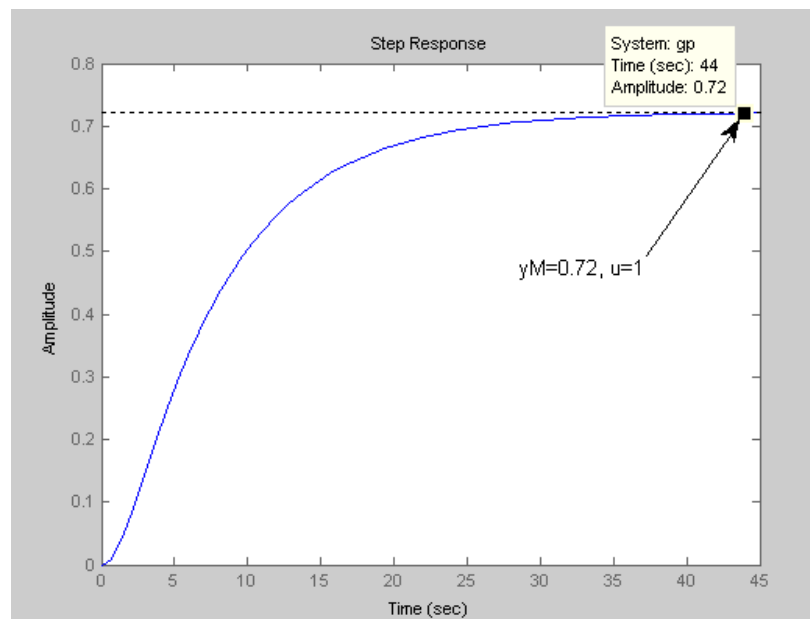
- Ábrázolni kell a $\frac{U}{U_0}$ átmeneti függvényét.
- A válaszjel és a gerjesztő jel állandósult amplitúdó változásának aránya a K_P .
- Meg kell keresni az átmeneti függvény inflexiós pontját.
- Meg kell szerkeszteni az inflexiós ponton átfektetett érintő metszéspontjait az átmeneti függvény kiindulási és végértékeivel.
- A metszéspontok segítségével definiálható a látszólagos holtidő T_u és a látszólagos egytárolós tag T_g időállandói.

HPT1 modell

a zárt szabályozási kör átmeneti függvényéből



A mért értékekből szerkesztet paraméterek



A K_p , T_u és a T_g meghatározása

Az előbbi ábrák a Matlab programmal készültek. A Matlab program step parancsa, amit az ábrához használtunk úgy ábrázol, mintha a munkapontban lenne az origó és egységnyi a gerjesztő jel. A leolvasott $K_p = 0.72$.

A T_g és a T_u meghatározása szerkesztéssel elég pontatlan. Ha a mért értékeket Matlab programmal rajzoltatjuk ki, akkor a plot parancsot alkalmazhatjuk.

A Piwinger ajánlás:



Chien-Hrones-Reswick

	K_c	T_i	T_d
P	$0.3 \frac{1}{K_p} \frac{T_g}{T_u}$		
PI	$0.3 \frac{1}{K_p} \frac{T_g}{T_u}$	$1.2T_g$	
PID	$0.6 \frac{1}{K_p} \frac{T_g}{T_u}$	T_g	$0.5T_u$

A paraméter optimalizálás kiindulási feltételei:

Az eredő szakasz ideális HPT1;

A célfüggvény leggyorsabb aperiodikus beállítás alapjel követéskor;

Az optimalizálás a négyzetes integrál kritérium alapján.

A K_C , és a T_I meghatározása

A leolvasott $K_p = 0.72$, $T_g = 10.6$ sec., és $T_u = 0.9$ sec. Az időállandók aránya 11.8, és így PI kompenzálás javasolt.

Az előbbi táblázat felhasználásával:

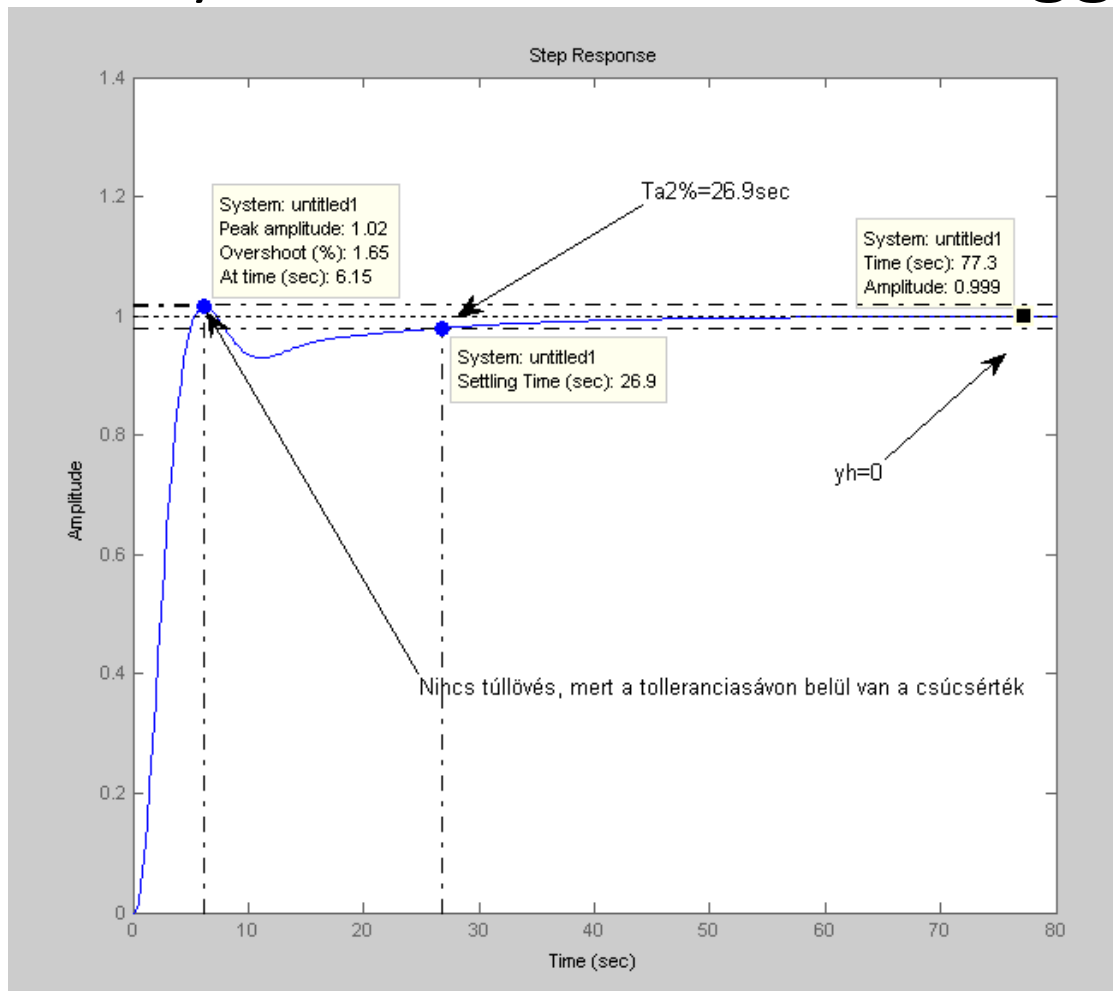
$$K_C = 0.3 \frac{1}{K_p} \frac{T_g}{T_u} = 0.3 \frac{1}{0.72} \frac{10.6}{0.9} = 4.9$$

$$T_I = 1.2T_g = 1.2 * 10.6 = 12.7 \text{ sec.}$$

A PI kompenzáló tag:

$$G_{PI}(s) = K_C \left(1 + \frac{1}{sT_I} \right) = \frac{62.2s + 4.9}{12.7s}$$

A szabályozási kör átmeneti függvénye



Fontos: Ez nem optimális paraméter választás.

Chien-Hrones-Reswick

	K_c	T_i	T_d
P	$0.7 \frac{1}{K_p} \frac{T_g}{T_u}$		
PI	$0.6 \frac{1}{K_p} \frac{T_g}{T_u}$	T_g	
PID	$0.95 \frac{1}{K_p} \frac{T_g}{T_u}$	$1.35 T_g$	$0.47 T_u$

A paraméter optimalizálás kiindulási feltételei:

Az eredő szakasz ideális HPT1;

A célfüggvény leggyorsabb aperiodikus, legfeljebb 20% túllövés;

Az optimalizálás a négyzetes integrál kritérium alapján.

A K_C , és a T_I meghatározása

A leolvasott $K_p = 0.72$, $T_g = 10.6$ sec., és $T_u = 0.9$ sec. Az időállandók aránya 11.8, és így PI kompenzálás javasolt.

Az előbbi táblázat felhasználásával:

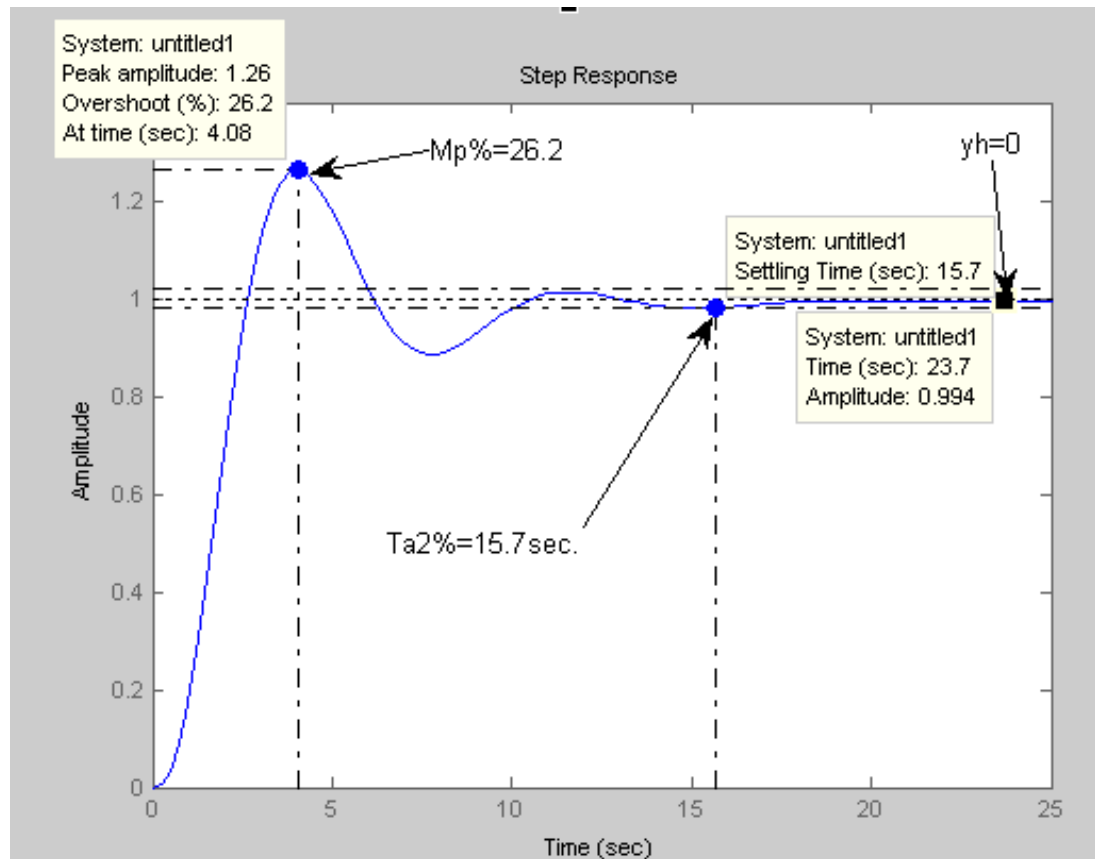
$$K_C = 0.6 \frac{1}{K_p} \frac{T_g}{T_u} = 0.6 \frac{1}{0.72} \frac{10.6}{0.9} = 9.8$$

$$T_I = T_g = 10.6 \text{ sec.}$$

A PI kompenzáló tag:

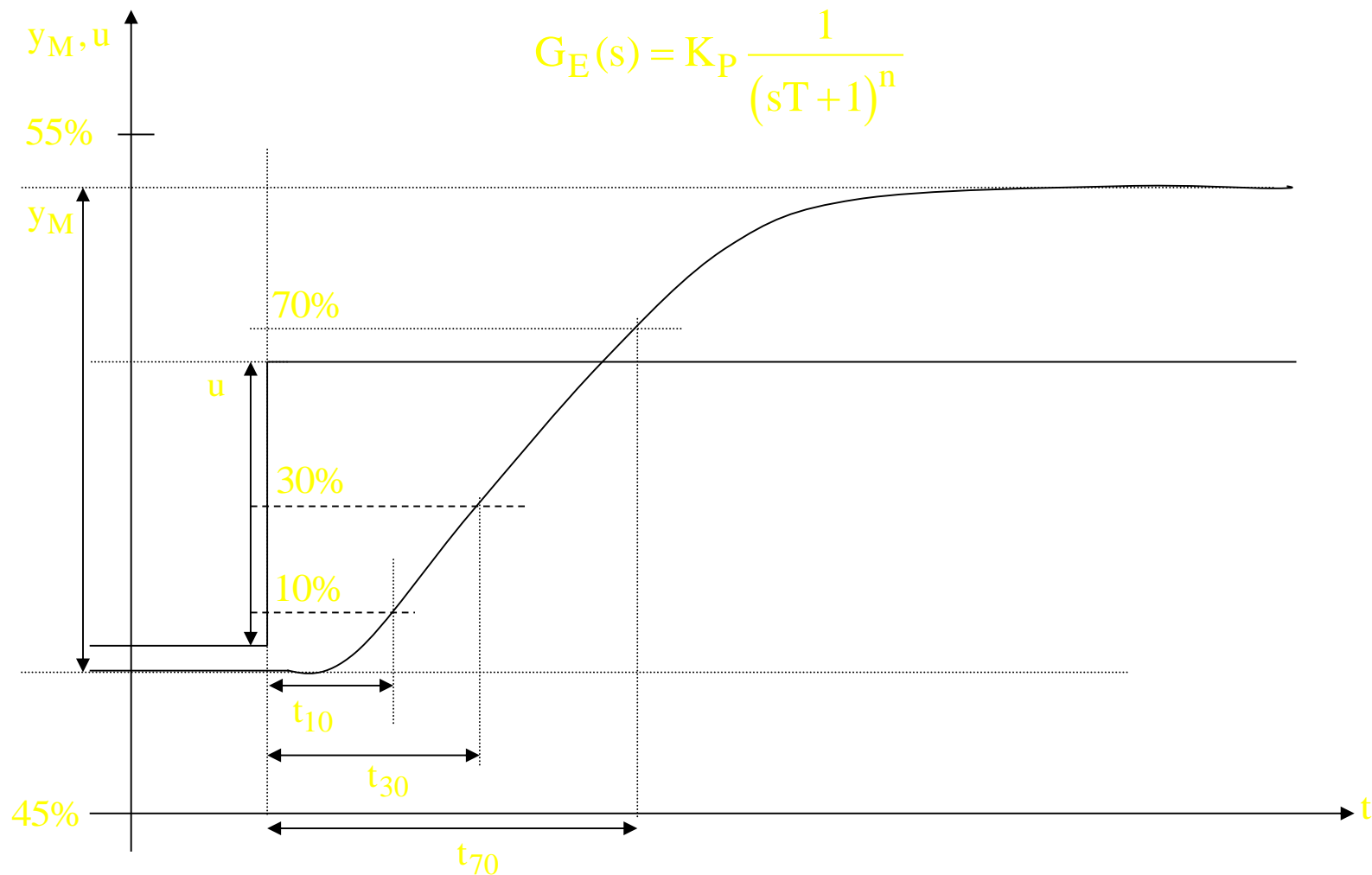
$$G_{PI}(s) = K_C \left(1 + \frac{1}{sT_I} \right) = \frac{103.9s + 9.8}{10.6s}$$

A szabályozási kör átmeneti függvénye



Látható, hogy a szakasz közelítés miatt, nem teljesül a célfüggvény.

N darab egytárolós taggal (PTn) modellezés



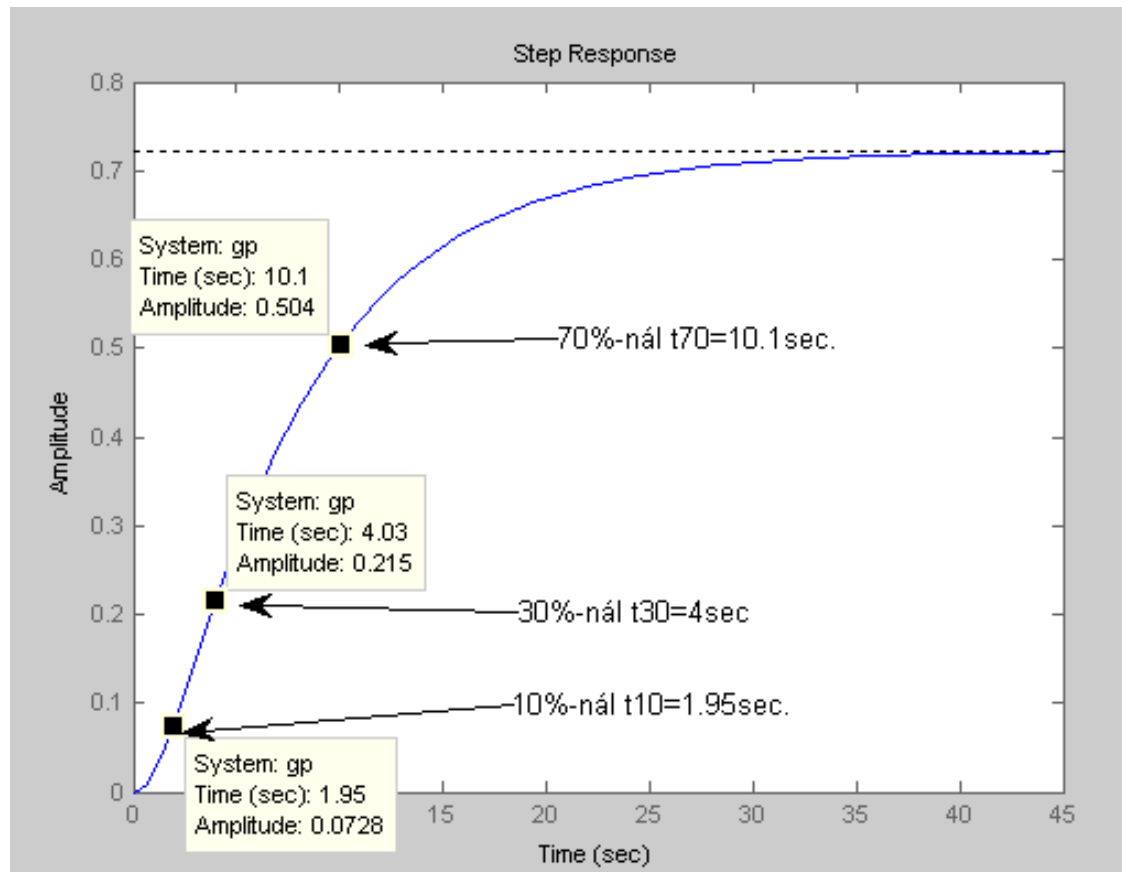
Determination of system parameters

Az időállandók számának meghatározása						
N	1	2	3	4	5	6
$\frac{t_{10}}{t_{30}}$	0.30	0.48	0.58	0.63	0.87	0.70
$\frac{t_{10}}{t_{70}}$	0.09	0.22	0.31	0.37	0.42	0.45

Időállandó $T = \frac{T_1 + T_2}{2}$

$\frac{t_{30}}{T_1}$	0.36	1.10	1.91	2.76	3.63	5.52
$\frac{t_{70}}{T_2}$	1.20	2.44	3.62	4.76	5.89	7.01

Az eredő szakasz átmeneti függvénye



Az n, és a T meghatározása

A leolvasott $t_{10} = 1.95\text{sec}$, $t_{30} = 4 \text{ sec.}$, és $t_{70} = 10.1 \text{ sec.}$

A szakasz erősítés $K_p = 0.72$

$$\frac{t_{10}}{t_{30}} = \frac{1.95}{4} = 0.49$$

$$\frac{t_{10}}{t_{70}} = \frac{1.95}{10.1} = 0.19$$

A táblázat alapján legközelebb a PT2 közelítés van: $n = 2$.

$$T_1 = \frac{t_{30}}{1.1} = \frac{4}{1.1} = 3.64\text{sec.} \quad T_2 = \frac{t_{70}}{2.44} = \frac{10.1}{2.44} = 4.14\text{sec.}$$

$$T = \frac{T_1 + T_2}{2} = \frac{3.64 + 4.14}{2} = 3.9\text{sec.}$$

Javasolt paraméterek PTn modellhez

Leggyorsabb beállítás, legfeljebb 20% túllövés, alapjel követés.

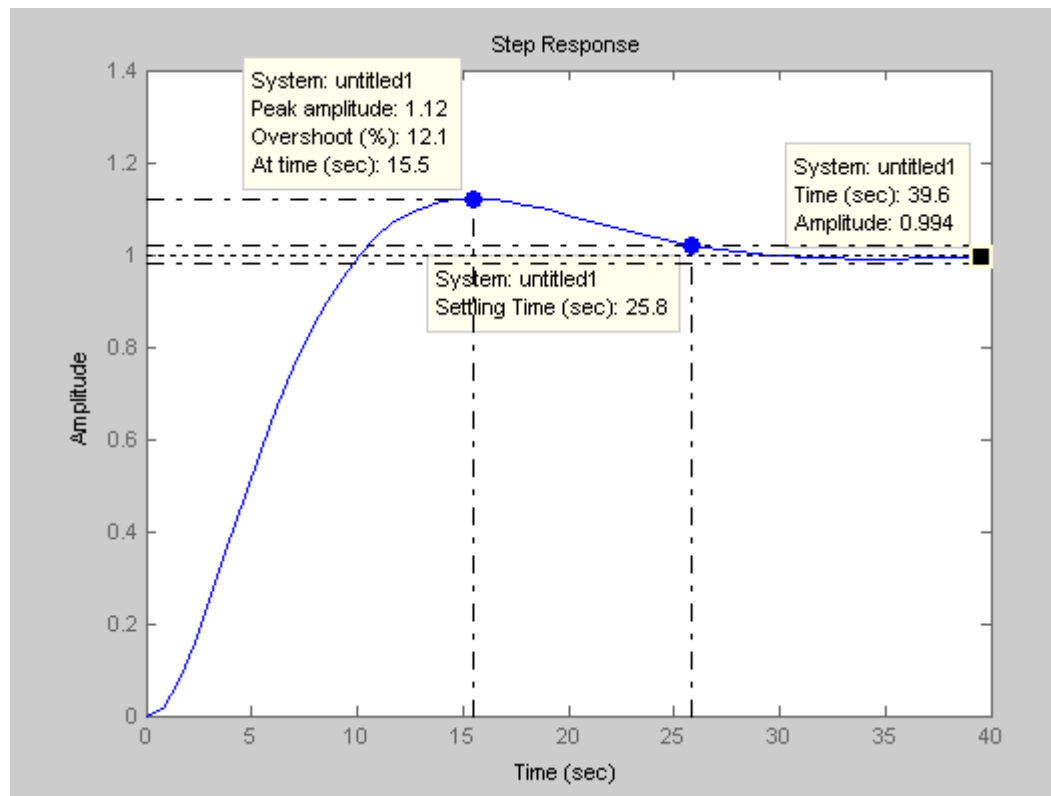
	K_C	T_I	T_D
P n=1	$\frac{20}{K_P}$		
PI n=1	$\frac{3}{K_P}$	$\frac{T}{2}$	
PI n=2,3	$\frac{1}{K_P}$	$\frac{2n}{n+2}T$	
PID n=4,5	$\frac{3}{K_P} \frac{n}{n+2}$	$\frac{2n}{n+1}T$	$\frac{T}{5}$
I n=6		$2nT$	

Mivel $n = 2$, ezért PI.

$$K_C = \frac{1}{K_P} = \frac{1}{0.72} = 1.4$$

$$T_I = \frac{2n}{n+2}T = \frac{4}{4}3.9 = 3.9\text{sec}$$

A szabályozási kör átmeneti függvénye



Összehasonlítva, ha nincs valódi holtidő a PTn modell jobb szakaszközelítést ad túllendülést megengedő esetben.

Integráló eredő szakasz P
vagy PDT1 kompenzálás

Európai struktúra

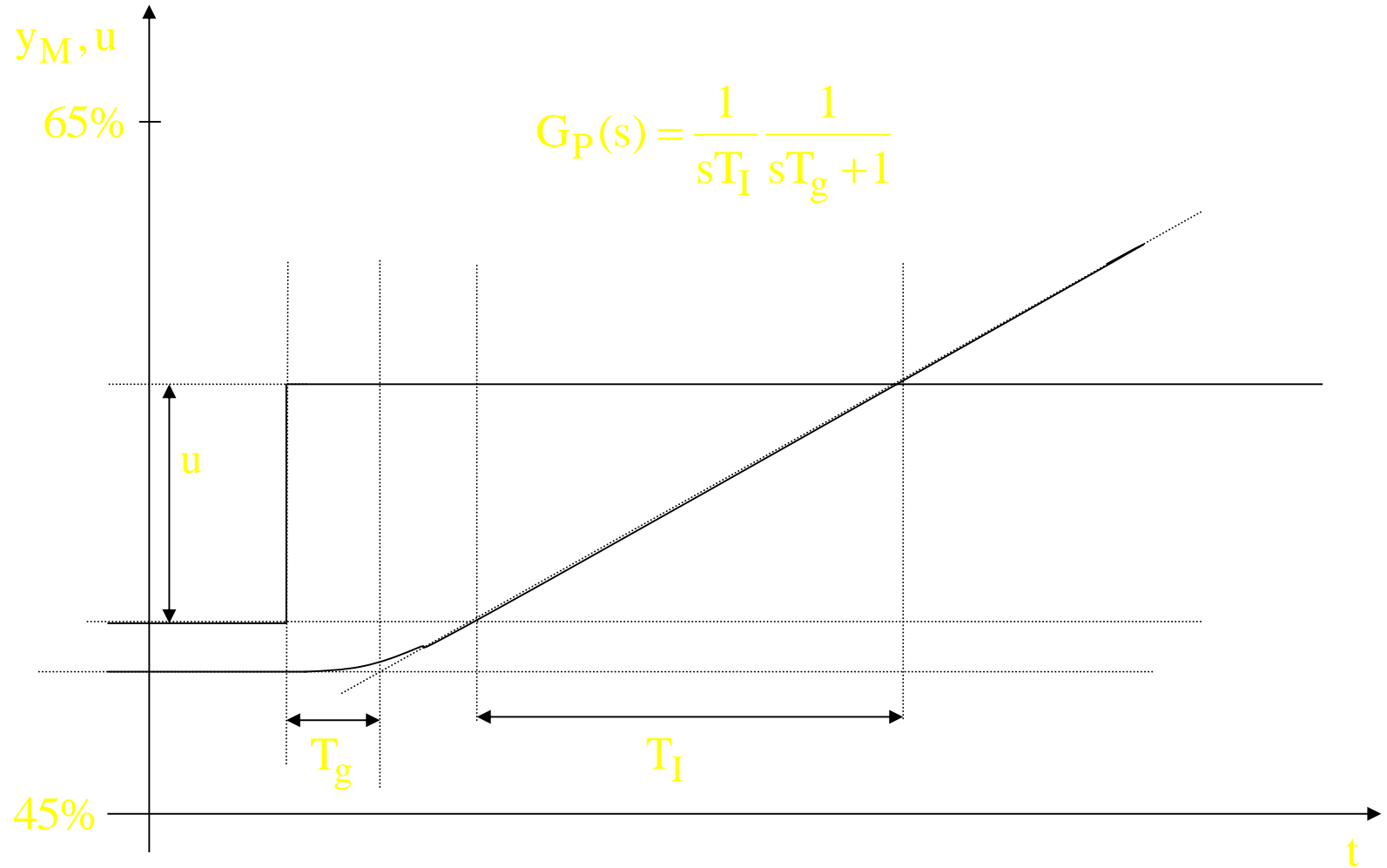
Integráló eredő szakasz

Integráló jelleg esetén a P vagy ha kellően tiszta a válaszjel a PDT1 a leggyakrabban alkalmazott kompenzáló struktúra, de ez esetben alkalmazható a PIDT1 is.

Az integrál kritérium felhasználásával analitikus optimum számítás módszerével, előre megadott célfüggvényhez lehet kompenzáló tag paramétereit keresni. Az eredményeket táblázatosan megadva kész a beállítási javaslat az üzembehelyező mérnökök számára.

IT1 modell

Az eredő szakasz átmeneti függvényből



Friedrich javaslata IT1 szakaszokra

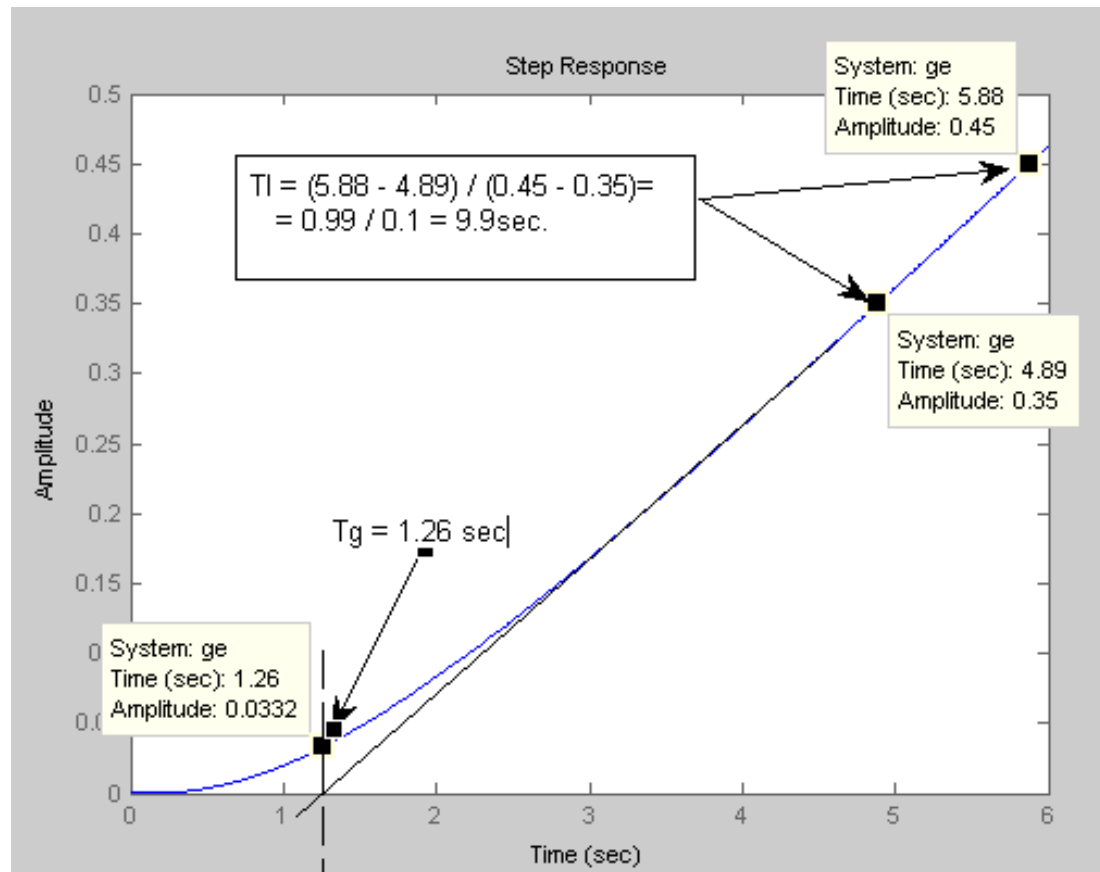
Típus	K_C	T_I	T_D
P			
PDT1			T_g
PIDT1		$3.2T_g$	$0.8T_g$

Az eredő szakasz ideális IT1;

A célfüggvény leggyorsabb aperiodikus, legfeljebb 20% túllövés;

Az optimalizálás a négyzetes integrál kritérium alapján.

Az eredő szakasz átmeneti függvénye



A kompenzáló tag típusa és a T_I és T_g aránya között nincs kapcsolat.

A P, PDT1, és a PIDT1 kompenzáló tag paramétereit

P

Lehet más A_D érték is

PDT

PIDT

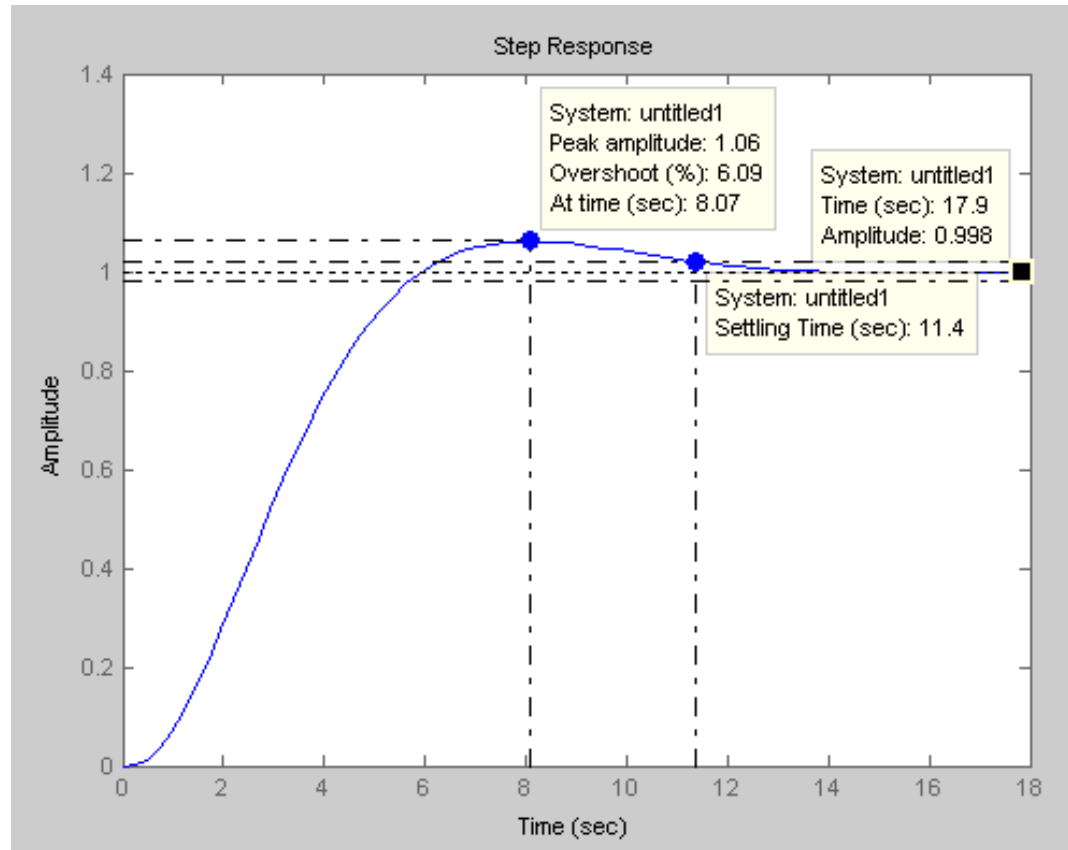
$$K_C = 0.4 \frac{T_I}{T_g} = 3.15$$

$$T_I = 3.2 T_g = 4 \text{ sec}$$

$$T_D = 0.8 T_g = 1 \text{ sec}$$

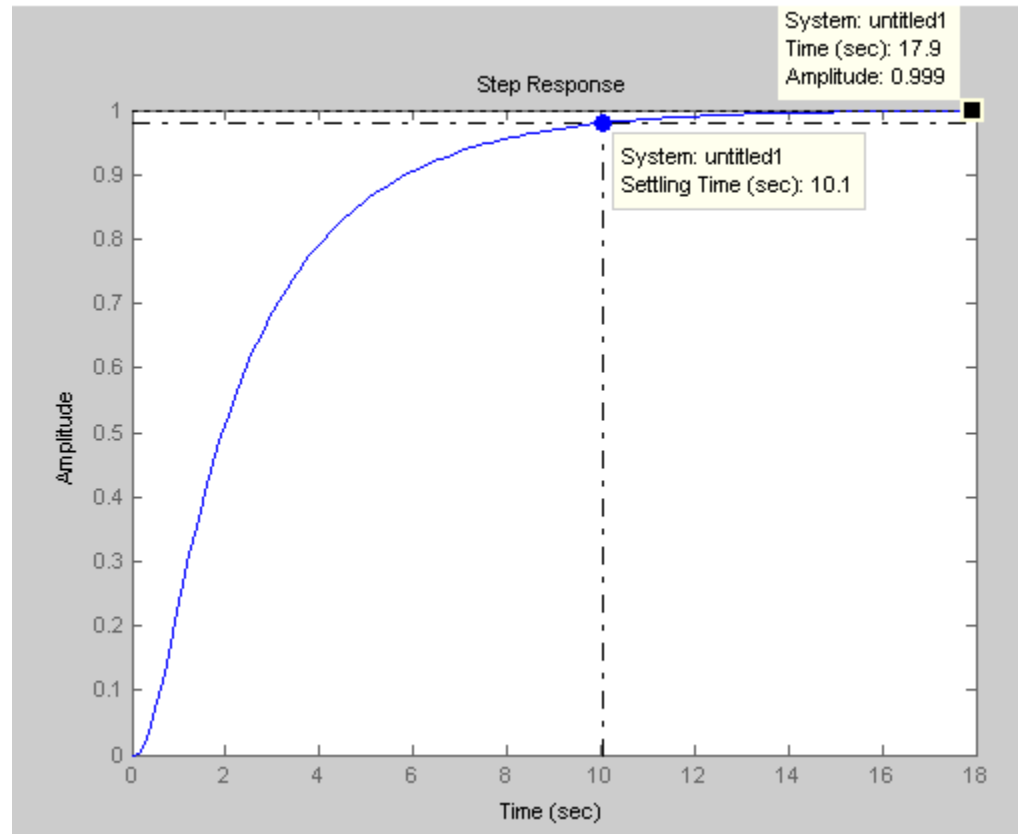
$$T = \frac{1}{9} T_g = 0.11 \text{ sec}$$

A P kompenzálás eredménye



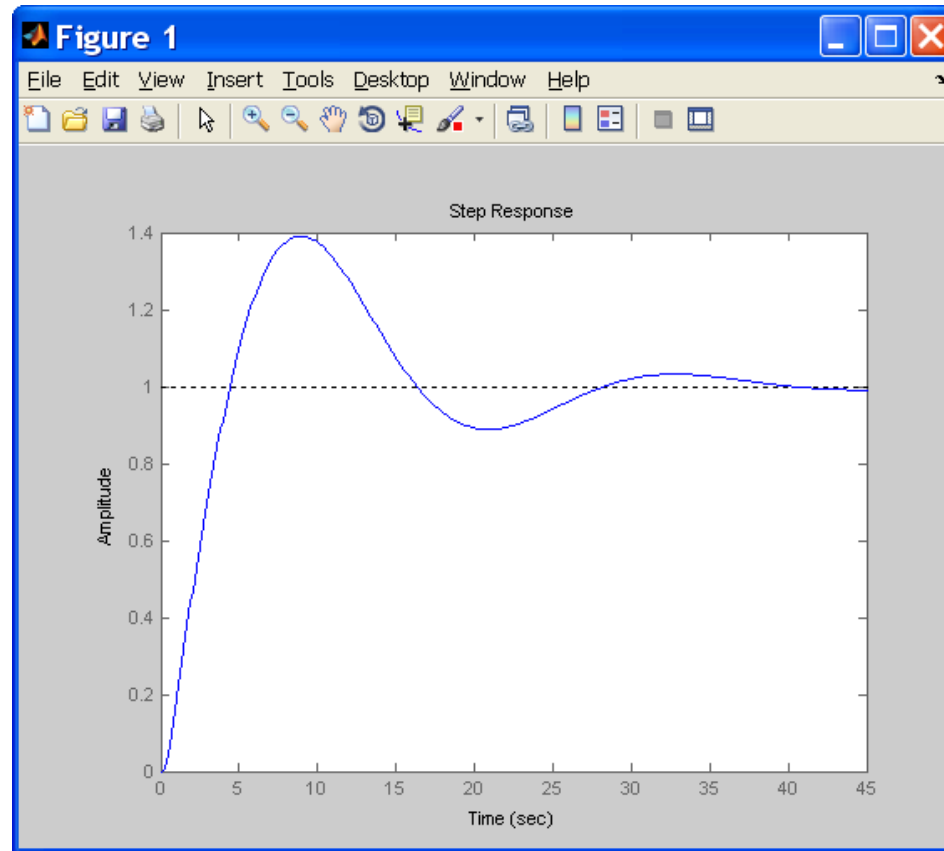
A maradó szabályozási eltérés 0; a szabályozási idő 11.4 sec.;
a túllövés 6.1%

A PDT1 kompenzálás eredménye



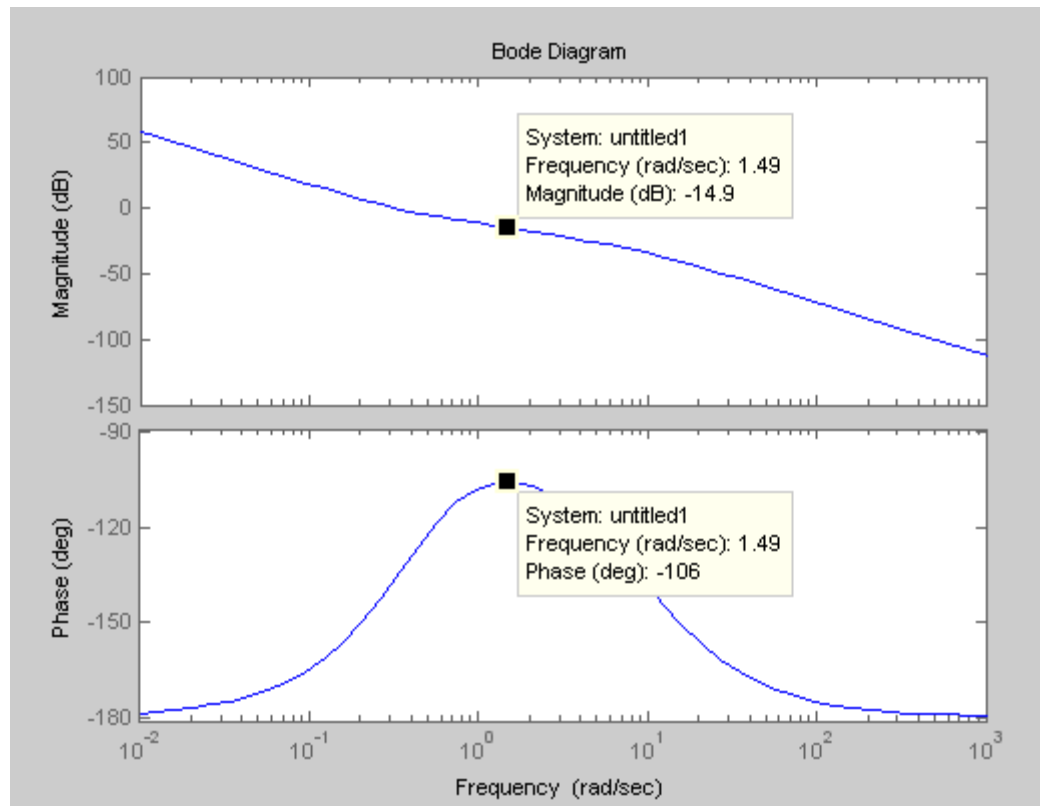
A maradó szabályozási eltérés 0; a szabályozási idő 10.1 sec.; nincs túllövés.

A PIDT1 kompenzálás eredménye



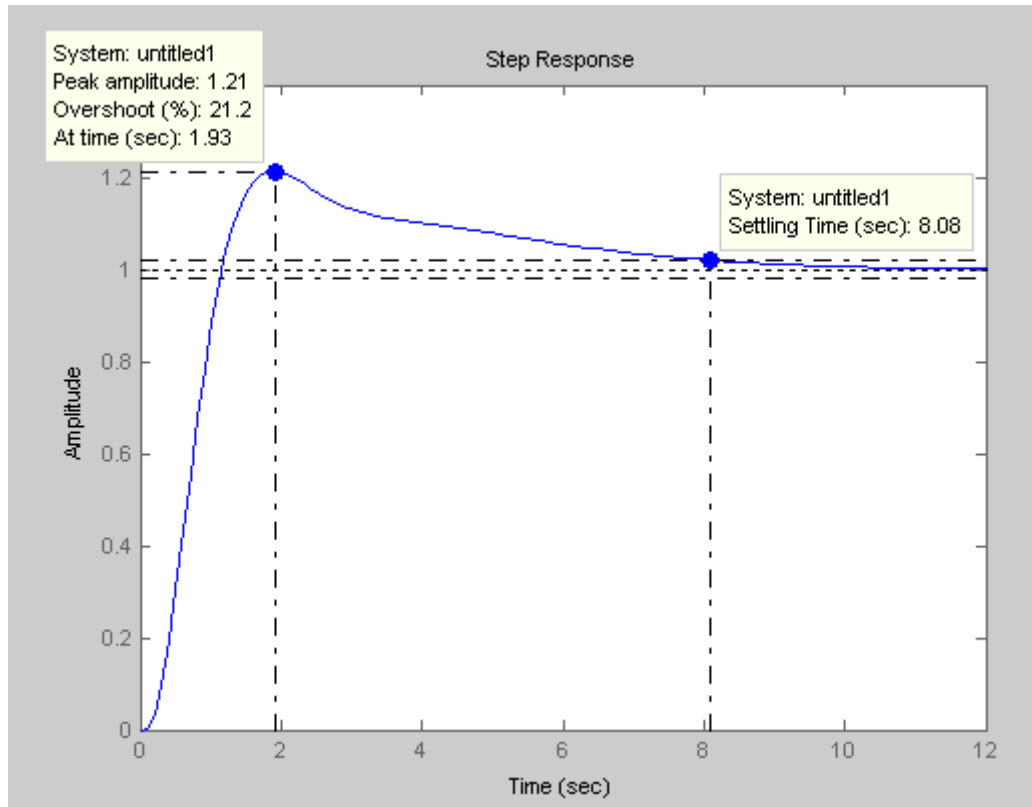
Nagyon rossz. Célszerű a közelítő modell és a kompenzáló tag alkotta hurok átviteli függvény vizsgálatával ellenőrizni.

A PIDT1 és az eredő szakasz soros eredője ($G_0(s)$)



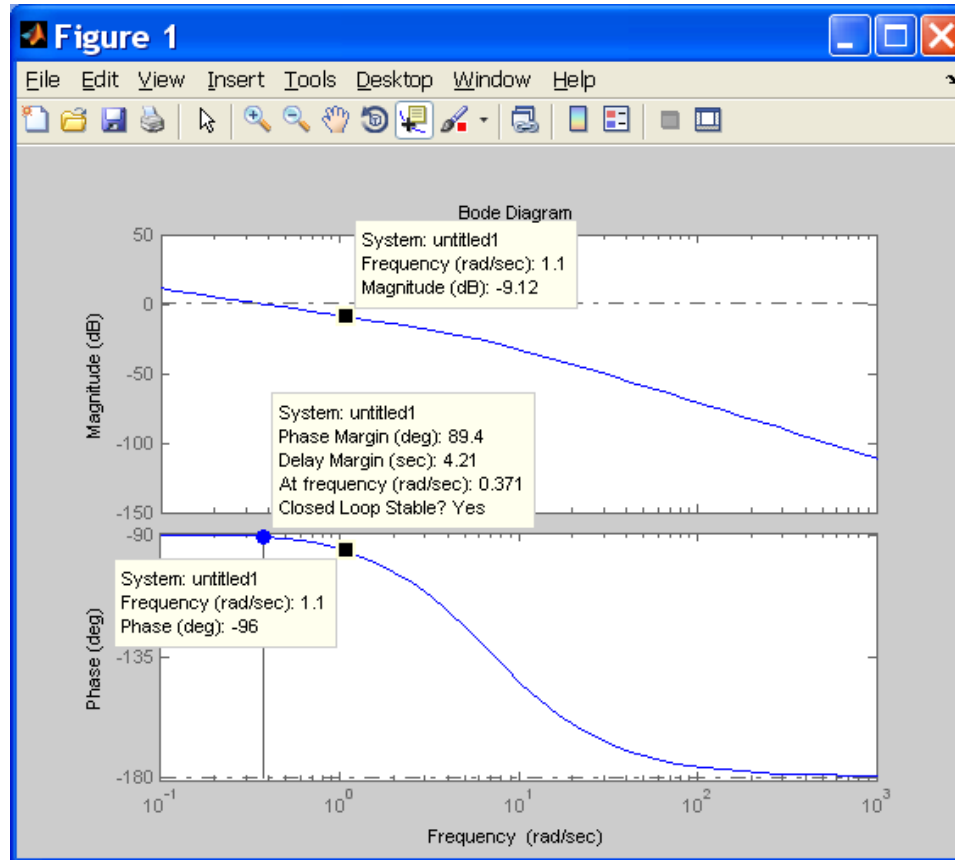
Látható, hogy a kompenzáló tag 3.15 értékű erősítését $5.6 \cdot 3.15 = 17.4$ értékűre növelve jobb fázistartalék értéket kapunk.

A PIDT1 új kompenzálás eredménye



Jobb, de nem jó értékek. Paraméter változás csak ront rajta. Kettes típusú egyhurkos szabályozási kört nem alkalmazunk.

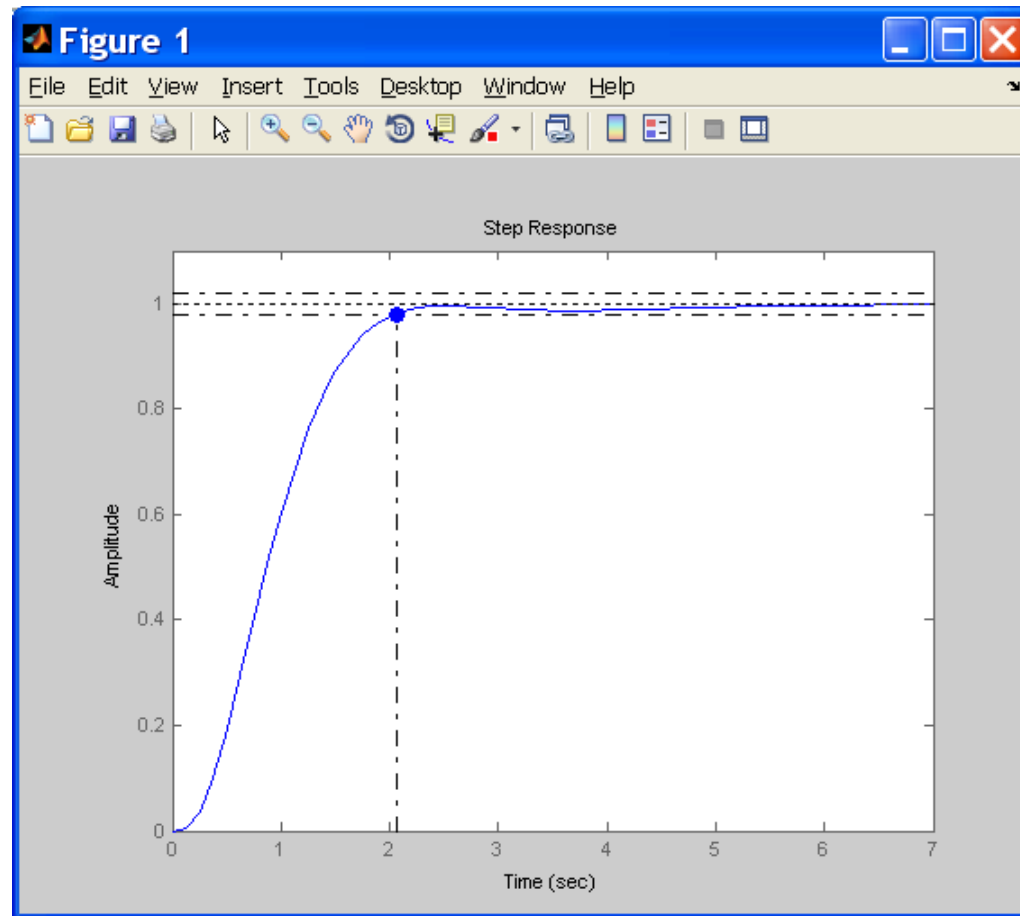
A PDT1 kompenzálás javítása



A K_C az 2.8-szorosára növelhető csekély pm csökkenés mellett.

A 85° fázistartalék majdnem mindig elég az aperiodikus beálláshoz!

A PDT1 kompenzáció javítása



Nincs maradó hiba és túllövés, és ötödére csökkent a szabályozási idő.