در جدول اول روش‌های تنظیم کنترل‌کننده‌های PI و PID با توجه به نوع مشخصه‌های مورد نیاز از فرآیند عرضه شده‌اند. برای مطالعه بیشتر در این زمینه می‌توان به مراجع زیر مراجعه نمود:

1- Smith & Corripio "Principle and practice of Automatic Process Control", 3rd ed., 2006.

2- Yilanova & Visioli, "PID Control in third Millennium", springer, 2012.

جدول (۱): پارامترهای تنظیم کنترل‌کننده PI و PID براساس تقاریر حدی فرآیند (K_{cu} و P_u)

روش		K_c	τ_I	τ_D
ZN (1942)	PI	$K_{cu}/2.2$	$P_u/1.2$	—
	PID*	$K_{cu}/1.7$	$P_u/2$	$P_u/8$
TL (1992)	PI	$K_{cu}/3.2$	$P_u/0.45$	—
	PID	$K_{cu}/2.2$	$P_u/0.45$	$P_u/6.3$
CM (1992)	PI	$K_{cu}/3.3$	$P_u/4.0$	—
	PID	$K_{cu}/3.3$	$P_u/4.4$	$P_u/8.1$

* پارامترهای مذکور برای فرم PID سری ارائه شده‌اند. برای تبدیل فرم موازی از معادلات زیر استفاده می‌شود

$$K_c = K_c'(1+\tau_D'/\tau_I'),\quad \tau_I = \tau_I' + \tau_D',\quad \tau_D = \tau_D'\tau_I'/(\tau_D'+\tau_I')$$

- فرم‌های مختلف کنترل‌کننده PID:

فرم کلاسیک (ایزمکن):
$$K_c\left(1+\frac{1}{\tau_I s}+\tau_D s\right)$$

فرم موازی:
$$K_c\left(1+\frac{1}{\tau_I s}+\frac{\tau_D s}{\alpha\tau_D s+1}\right)$$

فرم سری:
$$K_c'\left(1+\frac{1}{\tau_I' s}\right)\left(\frac{\tau_D' s+1}{\alpha\tau_D' s+1}\right)$$

$$\alpha \in [0.01 \quad 0.2]$$

جدول (۲): پارامترهای تنظیم کنترل‌کننده PI و PID براساس مدل درجه اول همراه با زمان مرده

$$G_p(s) = K_p e^{-t_0 s}/(\tau_p s + 1)$$

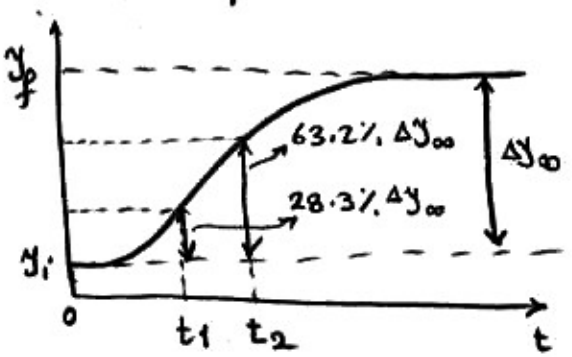
روش		k_c	τ_I	τ_D	حداقل τ_c
ZN (1942)	PI	$\frac{0.9\tau_p}{K_p t_0}$	$3.33 t_0$	—	—
	PID*	$\frac{1.2\tau_p}{K_p t_0}$	$2.0 t_0$	$t_0/2$	—
IAE** Lopez etal (1967)	PI	$\frac{0.984}{K_p}\left(\frac{\tau_p}{t_0}\right)^{0.986}$	$\frac{\tau_p}{0.608}\left(\frac{t_0}{\tau_p}\right)^{0.707}$	—	—
	PID	$\frac{1.435}{K_p}\left(\frac{\tau_p}{t_0}\right)^{0.921}$	$\frac{\tau_p}{0.878}\left(\frac{t_0}{\tau_p}\right)^{0.749}$	$0.482\tau_p\left(\frac{t_0}{\tau_p}\right)^{1.137}$	—
IMC Rivera etal (1986)	PI	$\frac{\tau_p + t_0/2}{K_p \tau_c}$	$\tau_p + t_0/2$	—	$\max\begin{cases}1.7 t_0\\ 0.2\tau_p\end{cases}$
	PID	$\frac{\tau_p + t_0/2}{K_p(\tau_c + t_0/2)}$	$\tau_p + t_0/2$	$\frac{\tau_p t_0}{2\tau_p + t_0}$	$\max\begin{cases}0.8 t_0\\ 0.2\tau_p\end{cases}$
PI-only SIMC Skogestad (2003)	original	$\frac{\tau_p}{K_p(\tau_c + t_0)}$	$\min\begin{cases}\tau_p\\ 4(\tau_c + t_0)\end{cases}$	—	t_0
	Improved	$\frac{\tau_p + t_0/3}{K_p(\tau_c + t_0)}$	$\min\begin{cases}\tau_p + t_0/3\\ 4(\tau_c + t_0)\end{cases}$	—	t_0

* پارامترهای مذکور برای فرم PID سری ارائه شده‌اند.

** پارامترهای مذکور براساس تغییر در اغتشاش محاسبه شده‌اند.

- جهت تعیین مدل درجه اول همراه با زمان مرده از طریق آزمایش مدار باز پاسخ پله، استفاده از Fit3 توصیه می‌گردد، بصورت زیر (فصل ۷ کتاب Smith و Coripio):

Δm = مقدار تغییر در سیگنال کنترل، y_i = مقدار پایای اولیه خروجی، Δy_∞ = مقدار تغییر در مقدار پایای خروجی

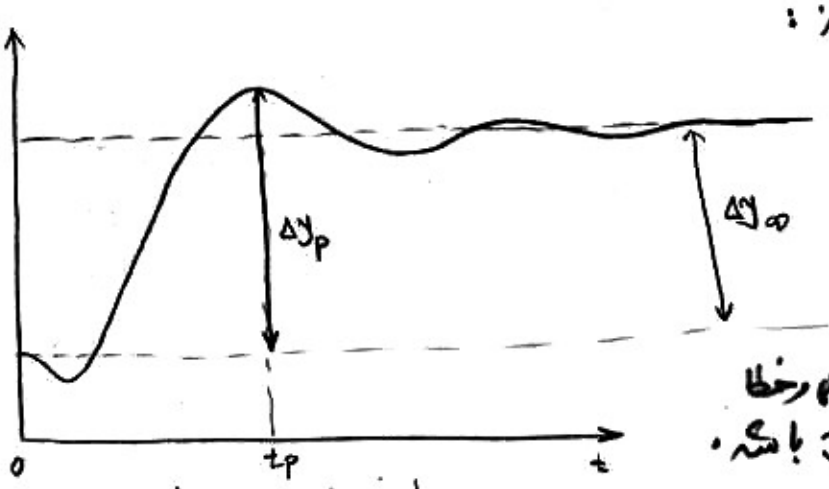


$$K_p = \frac{\Delta y_\infty}{\Delta m}, \quad \begin{cases}\tau_p = \frac{3}{2}(t_2 - t_1)\\ t_0 = t_2 - \tau\end{cases}$$

t_1: زمان رسیدن به 28.3% مقدار نهایی خروجی

t_2: زمان رسیدن به 63.2% مقدار نهایی خروجی

- جهت تعیین مدل درجه اول همراه با زمان مرده می‌توان از پاسخ مداربسته سیستم با استفاده از یک کنترل کننده تناسبی با شرط کمی Underdamped باشد استفاده نمود. اولین روش ارائه شده در این زمینه در سال 1982 توسط Yuwana و Seborg ارائه گردید. روش مذکور در سال 2010 توسط Shamsuzzoha و Skogestad اصلاح گردید. که عبارت است از:



پاسخ مداربسته خروجی با کنترل کننده تناسبی

$$G_p = \frac{k_p e^{-t_0 s}}{(\tau_p s + 1)}$$

- توجه: در این روش بهره کنترل کننده را باید با سعی و خطا بگونه‌ای انتخاب نمود تا OS حدود 30% باشد.

داده‌های مورد نیاز جهت تعیین مدل عبارتند از:

$$\begin{cases} \Delta y_\infty = & \text{مقدار تغییر در مقادیر پایای خروجی} \\ \Delta y_s = & \text{مقدار تغییر پله‌ای در مقدار مقرر} \\ k_{co} = & \text{بهره کنترل کننده در آزمایش مداربسته} \\ t_p = & \text{زمان رسیدن به پیک اول پاسخ مداربسته} \\ \Delta y_p = & \text{حداکثر تغییر در خروجی مداربسته} \end{cases}$$

حال داریم:

$$\begin{cases} D(\text{overshoot}) = \dfrac{\Delta y_p - \Delta y_\infty}{\Delta y_\infty} \\ B(\text{offset}) = \left| \dfrac{\Delta y_s - \Delta y_\infty}{\Delta y_\infty} \right| \\ A = 1.152D^2 - 1.607D + 1 \\ \tau = 2A/B \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} k_p = \dfrac{1}{k_{co} B} \\ t_0 = (0.309 + 0.209 e^{-0.61\tau}) t_p \\ \tau_p = \tau t_0 \end{cases}$$

- توجه: از روش فوق حتی می‌توان یک مدل غیرخطی (ظاهری) برای فرایندهایی که بصورت مداربسته ناپایدار و یا دارای انتگرال گیر و یا شبه تعیین نمودند استفاده کرد.