

تصميم المتحكمات PID

مدرس المقرر
الدكتور نسمة أبو طبق
جامعة المنارة

الخطة

- مقدمة
- متطلبات التصميم
- تصميم المتحكم التناسبي التكاملي PI
- تصميم المتحكم التناسبي التكاملي التفاضلي PID
- التصميم بطريقة زيغلر نيكولاس
- التحكم بسرعة محرك تيار مستمر
- خاتمة

- يوجد عدة طرق في حساب المتحكمات (PID) التقليدية و فيما يلي نقدم طريقتين الأولى تحليلية و تعتمد أساسا على توضع أقطاب النظام بحلقة مغلقة و الثانية تجريبية و هي طريقة زيغلر نيكولاس
- الهدف هو ملاحقة خرج النظام لدخل تابع خطوة و احادية
- الأنظمة المتحكم بها نظام من الدرجة الأولى و نظام من الدرجة الثانية

متطلبات التصميم

- معرفة تابع نقل النظام
- معرفة مواصفات أو سلوك الحلقة المغلقة (تابع النقل أو توضع الأقطاب المسيطرة أو معامل التخامد و التردد الطبيعي غير المتخامد
- عند زيغلر نيكولاس معرفة الاستجابة الزمنية أو الاستجابة الترددية للحلقة المفتوحة أو الاستجابة الزمنية للحلقة المغلقة

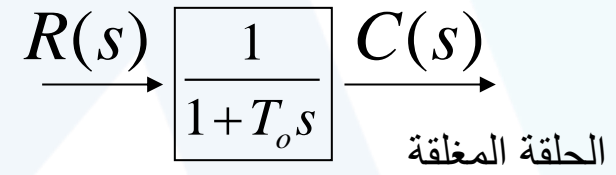
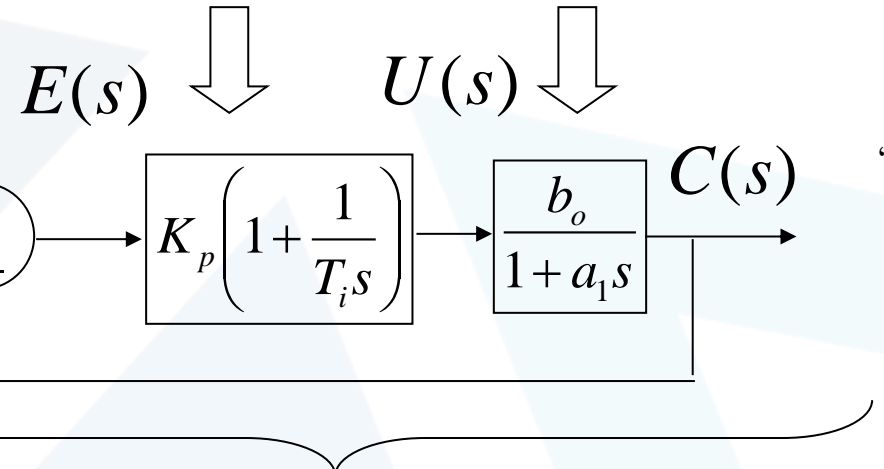
تصميم المتحكم PID

النظام المتحكم به	نوع المتحكم	النظام بحلقة مغلقة
درجة أولى	متحكم PI	درجة أولى
		درجة ثانية
درجة ثانية	متحكم PID	درجة أولى
		درجة ثالثة
درجة ثانية	متحكم PIDN	درجة ثانية
		درجة رابعة

تصميم المتحكم PI

نوع المتحكم
متحكم PI

النظام المتحكم به
درجة أولى



$$T_o = \frac{T_i}{K_p b_o} \quad K_p = \frac{a_1}{T_o b_o}$$

يتم اختيار قيمة T_o قريبة من a_1 و أقل

متحكم PI

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

الحلقة المفتوحة L_{yy}

$$L_{yy} = \frac{K_p (1 + T_i s)}{T_i s} \frac{b_o}{1 + a_1 s}$$

$$L_{yy} = \frac{K_p b_o}{T_i s}$$

$$T_i = a_1$$

النظام بحلقة مغلقة
درجة أولى

$$G(s) = \frac{L_{yy}}{1 + L_{yy}} = \frac{K_p b_o}{T_i s + K_p b_o} = \frac{1}{\frac{T_i}{K_p b_o} s + 1}$$

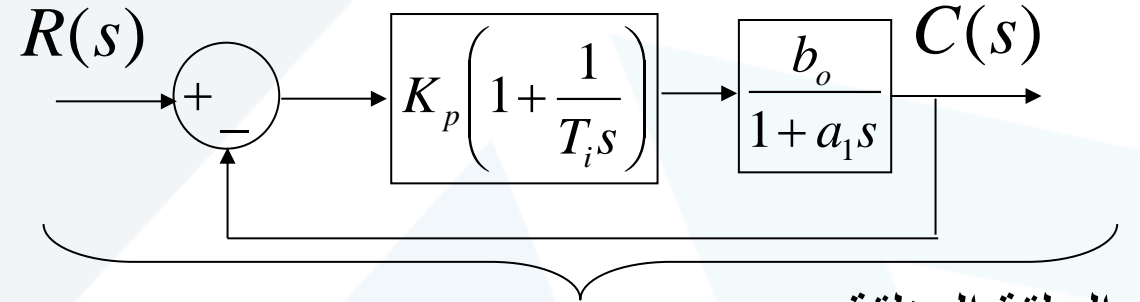
تصميم المتحكم PI

متحكم PI

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

النظام المتحكم به درجة أولى النظام بحلقة مغلقة درجة ثانية

$$L_{yy} = \frac{K_p (1 + T_i s)}{T_i s} \frac{b_o}{1 + a_1 s} \quad \text{الحلقة المفتوحة}$$



$$G(s) = \frac{L_{yy}}{1 + L_{yy}} \quad \text{الحلقة المغلقة}$$

$$= \frac{(1 + T_i s)}{1 + T_i \left(1 + \frac{1}{K_p b_o}\right) s + \frac{a_1 T_i}{K_p b_o} s^2}$$

بالمقارنة مع الشكل النموذجي

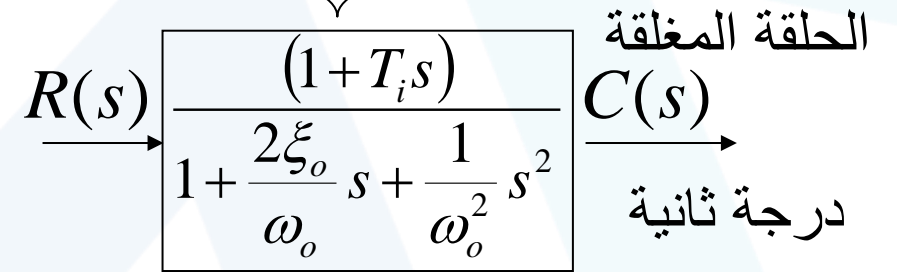
$$\omega_0 = \omega_n = \frac{1}{T} = \frac{1}{a_1}$$

$$\frac{2\xi_o}{\omega_o} = T_i \left(1 + \frac{1}{K_p b_o}\right), \quad \omega_o^2 = \frac{K_p b_o}{a_1 T_i}$$

$$T_i = \frac{2\xi_o \omega_o a_1 - 1}{\omega_o^2 a_1}, \quad K_p = \frac{\omega_o^2 a_1 T_i}{b_o}$$

شرط وجود تحكم موجب

$$\xi_o \omega_o \geq \frac{1}{2a_1}$$



تختار قيمة ω_o مساوية للتردد الطبيعي غير المتخامد للنظام أي $\frac{1}{a_1}$

أما قيمة ξ_o فتختار بحيث يكون $0.4 < \xi_o < 0.9$

مثال

النظام مع تحكم لا
يوجد خطأ حالة
مستقرة
الحالة العابرة أسرع
سلوك درجة
أولى

النظام التالي PI صمم متحكم $\frac{Y(s)}{U(s)} = \frac{0.5}{1+50s}$ المطلوب جعل النظام أسرع بثلاث مرات

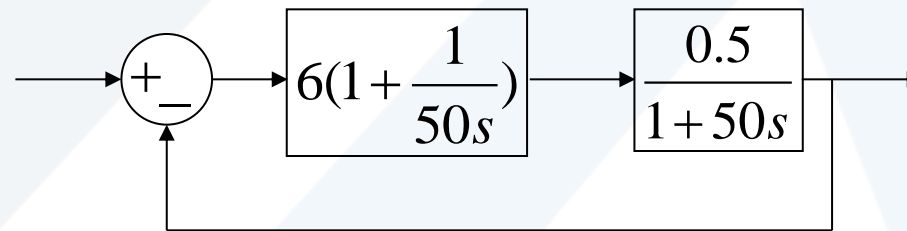
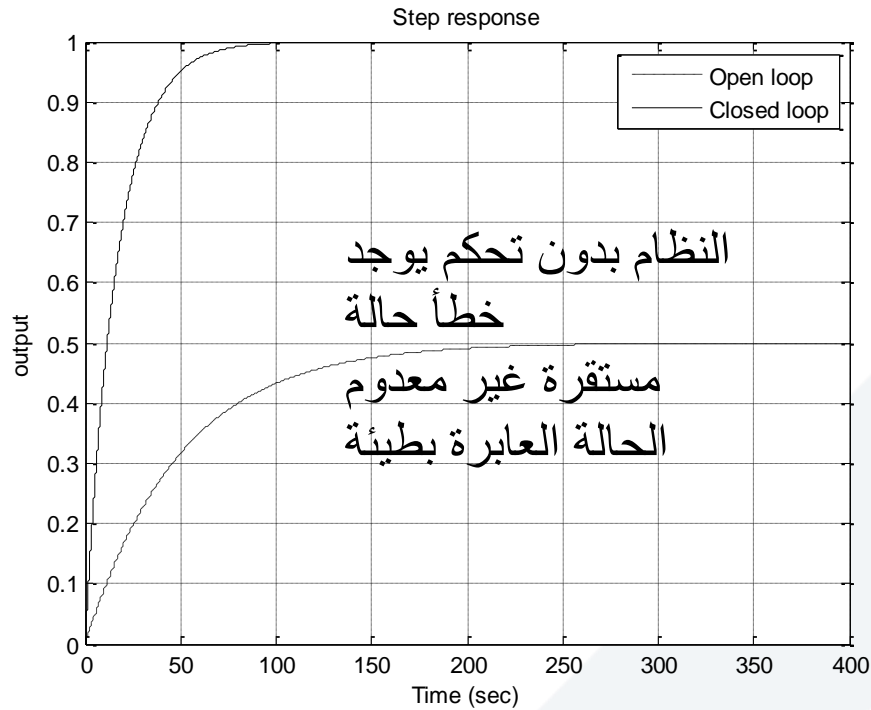
التردد الطبيعي الخاص بالنظام بدون تحكم $\omega_p = \frac{1}{50} = 0.02 \frac{rd}{s}$

التردد الطبيعي الخاص بالنظام مع تحكم $\omega_o = 3\omega_p = 0.06 \frac{rd}{s}$

$$T_o = \frac{1}{\omega_o} = 16.66s$$

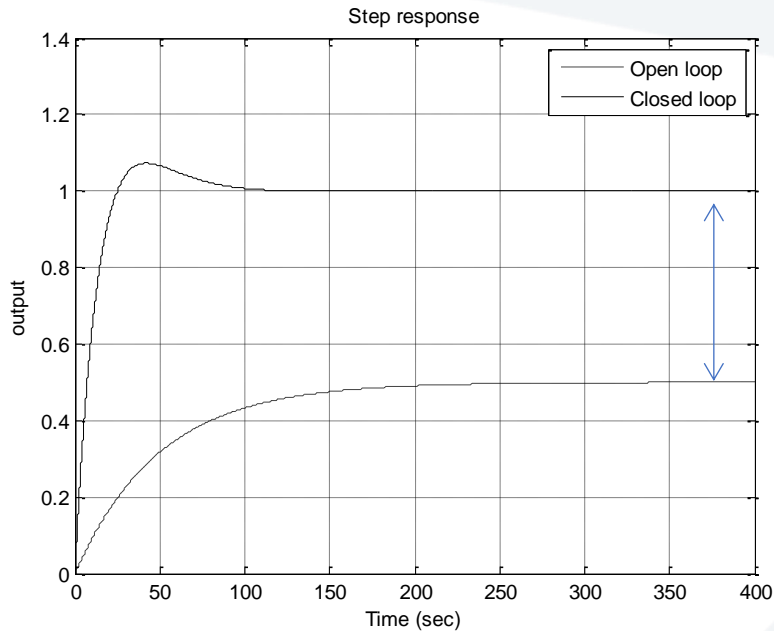
$$T_i = a_1 = 50s$$

$$K_p = \frac{a_1}{b_o T_o} = \frac{50}{0.5 \times 16.66} = 6$$



مثال

النظام مع تحكم لا يوجد خطأ حالة
مستقرة
الحالة العابرة أسرع سلوك درجة
ثانية



النظام بدون تحكم يوجد خطأ حالة
مستقرة غير معدوم
الحالة العابرة بطيئة

نظام درجة أولى سلوك درجة ثانية

نختار $0.4 < \zeta_0 < 0.9$ ثم نختار ω_0 بحيث يكون الشرط $\zeta_0 \omega_0 \geq \frac{1}{2a_1}$

نختار $\zeta_0 = 0.7$ بحيث يكون الشرط $\zeta_0 \omega_0 \geq \frac{1}{2 \times 50} = 0.01$

نختار $\omega_0 = \frac{3}{50}$ تحقق الشرط النظام بحلقة مغلقة أسرع بثلاث مرات

نحسب K_p, T_i

$$K_p = 8.8, T_i = 24.4444$$

$$T_i = \frac{2\zeta_0 \omega_0 a_1 - 1}{\omega_0^2 a_1}, K_p = \frac{\omega_0^2 a_1 T_i}{b_0}$$

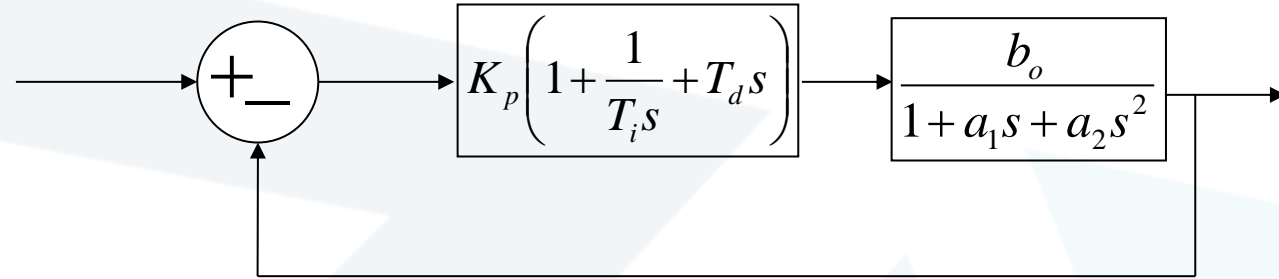
المحسوبة من العلاقات التالية

تصميم المتحكم PID

النظام المتحكم به	نوع المتحكم	النظام بحلقة مغلقة
درجة أولى	PI متحكم	درجة أولى
		درجة ثانية
درجة ثانية	PID متحكم	درجة أولى
		درجة ثالثة
درجة ثانية	PIDN متحكم	درجة ثانية
		درجة رابعة

تصميم المتحكم PID

درجة ثانية



الحلقة المغلقة

الحلقة المغلقة إما **درجة أولى** أو **درجة ثالثة**

$$G(s) = \frac{L_{yy}}{1 + L_{yy}} = \frac{K_p b_o}{T_i s + K_p b_o}$$

$$= \frac{1}{\frac{T_i}{K_p b_o} s + 1} = \frac{1}{T_o s + 1}$$

$$L_{yy} = K_p \left(\frac{1 + T_i s + T_i T_d s^2}{T_i s} \right) \frac{b_o}{1 + a_1 s + a_2 s^2}$$

بسط المتحكم يلغي مقام النظام

$$1 + T_i s + T_i T_d s^2 = 1 + a_1 s + a_2 s^2$$

PID متحكم

$$T_i = a_1$$

$$T_d = \frac{a_2}{T_i} = \frac{a_2}{a_1}$$

$$K_p = \frac{T_i}{b_o T_o}$$

$$L_{yy} = \frac{K_p b_o}{T_i s} \quad \text{الحلقة المفتوحة}$$

تصميم المتحكم PID

الحلقة المفتوحة

$$L_{yy} = \frac{K_p b_o}{T_i s}$$

الحلقة المغلقة

$$G(s) = \frac{L_{yy}}{1 + L_{yy}} = \frac{K_p b_o}{T_i s + K_p b_o}$$

$$= \frac{1}{\frac{T_i}{K_p b_o} s + 1} = \frac{1}{T_o s + 1}$$

$$K_p = \frac{T_i}{b_o T_o}$$

$$T_o = \frac{1}{2} T = \frac{1}{2} \frac{1}{\omega_n} = 16.66$$

النظام بحلقة مغلقة أسرع بمرتين من النظام دون تحكم

$$G(s) = \frac{b_o}{1 + a_1 s + a_2 s^2}$$

من الشكل

$$G(s) = \frac{0.5}{1 + 70s + 1000s^2} \quad \text{النظام}$$

$$K_p \left(1 + \frac{1}{T_i s} + T_d s\right) = \frac{K_p T_i T_d s^2 + K_p T_i s + K_p}{T_i s}$$

$$L_{yy} = K_p \left(\frac{1 + T_i s + T_i T_d s^2}{T_i s} \right) \frac{b_o}{1 + a_1 s + a_2 s^2}$$

بسط المتحكم يلغي مقام النظام

$$1 + T_i s + T_i T_d s^2 = 1 + a_1 s + a_2 s^2$$

$$T_i = a_1 \quad T_i = 70$$

$$T_d = \frac{a_2}{T_i} = \frac{a_2}{a_1} \quad T_d = \frac{1000}{70} = 14.29$$

$$\omega_n = \frac{1}{\sqrt{1000}} = 0.03$$

$$K_p = \frac{70}{0.5 * 16.66} = 8.4$$



مدرس المقرر الدكتور نسمت أبو طبق