أمثلة محلولة في نظم التحكم

مدرس المقرر

الدكتور نسمت أبو طبق

جامعة المنارة

الخطة

- أمثلة متنوعة

مثال ١:

- بالنسبة للنظام التالي $G(s)=\frac{4K(s+1)}{s(s+2)}$

أوجد تابع نقل الحلقة المغلقة

$$\frac{G(s)}{1+G(s)}=\frac{4K(s+1)}{s(s+2)+4K(s+1)}=\frac{4K(s+1)}{s^2+2s+4Ks+4K}=\frac{4K(s+1)}{s^2+(2+4K)s+4K}$$

مجال تغير الربح لتكون الحلقة المغلقة مستقرة

جدول روث

$$\begin{array}{ccc} s^2 & 1 & 4K \\ s & (2+4K) & \\ 1 & 4K & \end{array}$$

عناصر العمود الأول يجب أن تكون موجبة

$$4K>0\rightarrow K>0 \qquad (2+4K)>0\rightarrow K>-\frac{1}{2},$$

بالتالي يكون $\boxed{K>0}$

مثال ١:

- بالنسبة للنظام التالي $G(s) = \dfrac{4K(s+1)}{s(s+2)}$

أوجد تابع نقل الحلقة المغلقة

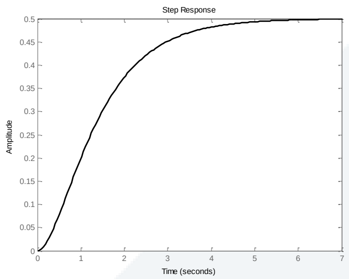
$$\frac{G(s)}{1+G(s)} = \frac{4K(s+1)}{s(s+2)+4K(s+1)} = \frac{4K(s+1)}{s^2+2s+4Ks+4K} = \frac{4K(s+1)}{s^2+(2+4K)s+4K}$$

من أجل $K = 1$

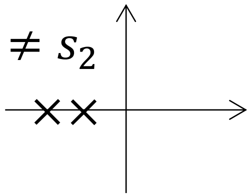
أوجد التردد الطبيعي غير المتخامد للنظام بحلقة مغلقة وما هو نوع التخامد وأرسم توضع الأقطاب في المستوي العقدي

بمقارنة أمثال المقام $\dfrac{\omega_n^2}{s^2+2\xi\omega_n s+\omega_n^2}$ $\dfrac{4(s+1)}{s^2+6s+4}$

تخامد زائد $\omega_n^2 = 4 \rightarrow \omega_n = 2 \rightarrow \xi = 1.5$



$s_1 \neq s_2$



مثال ١:

- بالنسبة للنظام التالي $G(s) = \frac{4K(s+1)}{s(s+2)}$

من أجل $K = 0.5$ أوجد ثوابت الخطأ الساكن وخطأ الحالة الدائمة في ثلاث حالات، ماذا تستنتج؟

سلوك الحلقة المغلقة المتوقع

ثابت الخطأ للموضع الساكن $K_p = \lim_{s\to 0} \frac{4K(s+1)}{s(s+2)} = \frac{2(0+1)}{0(0+2)} = \infty \to e_{ss} = \frac{1}{\infty} = 0$ يتبع الخرج الدخل بخطأ حالة دائمة معدوم عند دخل خطوة واحدية

ثابت الخطأ للسرعة الساكنة $K_v = \lim_{s\to 0} s\frac{4K(s+1)}{s(s+2)} = \frac{2(0+1)}{(0+2)} = 1 \to e_{ss} = \frac{1}{1} = 1$ يتبع الخرج الدخل بخطأ حالة دائمة ثابت عند دخل انحدار واحدية

ثابت الخطأ للتسارع الساكن $K_a = \lim_{s\to 0} s^2\frac{4K(s+1)}{s(s+2)} = 0\frac{2(0+1)}{(0+2)} = 0 \to e_{ss} = \frac{1}{0} = \infty$ لا يتبع الخرج الدخل عند دخل قطع مكافئ

مثال ٢:

$$\frac{2.5}{s+2.5}$$

- بالنسبة للنظام التالي $G(s)=\frac{5}{s^2+2s+5}$ صمم متحكم PID من أجل سلوك حلقة مغلقة درجة أولى ثابتها الزمني $T_o=\frac{2}{5}$؟

يمكن كتابة النظام بالشكل النموذجي التالي:

$$G(s)=\frac{5}{5(\frac{1}{5}s^2+\frac{2}{5}s+1)}=\frac{1}{(\frac{1}{5}s^2+\frac{2}{5}s+1)}$$

النظام مع المتحكم على التسلسل

$$K(s)G(s)=\frac{K_p\cancel{(T_iT_ds^2+T_is+1)}}{T_is}\frac{1}{\cancel{(\frac{1}{5}s^2+\frac{2}{5}s+1)}}$$

بسط المتحكم يلغي مقام النظام

$$(T_iT_ds^2+T_is+1)=(\frac{1}{5}s^2+\frac{2}{5}s+1)$$

$$T_iT_d=\frac{1}{5}\qquad \boxed{T_i=\frac{2}{5}\rightarrow T_d=\frac{5}{4}}$$

$$K(s)G(s)=\frac{K_p}{T_is}$$

$$\frac{K(s)G(s)}{1+K(s)G(s)}=\frac{K_p}{T_is+K_p}=\frac{1}{\frac{T_i}{K_p}s+1}=\frac{1}{T_os+1}$$

$$\boxed{\frac{T_i}{K_p}=T_o\rightarrow K_p=\frac{T_i}{T_o}=\frac{\frac{2}{5}}{\frac{2}{5}}=1}$$

وهو المطلوب

مثال٣:

- بالنسبة للنظام التالي

$$H(s)=\frac{K(s+10)}{s(s+5)(s+2)}$$

مجال تغير الربح لتكون الحلقة المغلقة مستقرة حسب روث

$$\frac{G(s)}{1+G(s)}=\frac{K(s+10)}{s(s+5)(s+2)+K(s+10)}=\frac{K(s+10)}{s^3+7s^2+(K+10)s+10K}$$

المعادلة المميزة للحلقة المغلقة

$$s^3+7s^2+(K+10)s+10K=0$$

جدول روث

s^3	1	$(K+10)$
s^2	7	$10K$
s	$\frac{7(K+10)-10K}{7}=\frac{70-3K}{7}$	
s^0	$10K$	

شرط الاستقرار حسب روث

العمود الأول موجب الإشارة

$$\frac{70}{3}>K>0$$

إيجاد الربح على حافة الاستقرار والأقطاب الوهمية والأقطاب المتبقية

$$\frac{70}{3}=K \qquad 7s^2+10\frac{70}{3}=0$$

$$s^2=-\frac{100}{3} \qquad \boxed{s=\mp j\frac{10}{\sqrt{3}}}$$ قطبان وهميان

استنتاج القطب الثالث

$$(s-s_1)(s-s_2)(s-s_3)=0$$

$$\left(s-j\frac{10}{\sqrt{3}}\right)\left(s+j\frac{10}{\sqrt{3}}\right)(s-s_3)=0$$

$$\left(-j\frac{10}{\sqrt{3}}\right)\left(+j\frac{10}{\sqrt{3}}\right)(-s_3)=\frac{700}{3}$$

$$\left(\frac{100}{3}\right)(-s_3)=\frac{700}{3}$$

القطب الثالث $s_3=-7$

مدرس المقرر الدكتور نسمت أبو طبق