تحكم آلي

المحاضرة الثامنة(عملي)

المعوضات (معوض مشتق إشارة الخطأ، معوض مشتق إشارة الخرج، معوض تكامل إشارة الخطأ)

م. زينة أديب علي

قسم الروبوت-فصل أول

معوض مشتق إشارة الخطأ:

لدينا نظام له دالة انتقال المسار المفتوح التالية:

$$G(s) = \frac{4500k}{s(s+361.2)} \qquad H(s) = 1$$

والمطلوب:

1. قم باختيار قيمة (k) بحيث نحصل على خطأ عند الاستقرار لدخل دالة السرعة (الانحدار) مقداره (0.000436).
2. أوجد تجاوز الهدف ونسبة التخميد عند قيمة (k)الناتجة.
3. ماذا تقترح لتحسين الاستجابة العابرة (الاستقرار النسبي) دون التأثير على الخطأ عند الاستقرار؟
4. وضح ماستقوم به في الخطوة السابقة بحيث نحصل على تخامد حرج للنظام.

الحل:

$$k_v = \lim_{s\to 0} sG(s)\,H(s) = \lim_{s\to 0} s\,\frac{4500k}{s(s+361.2)} = \frac{4500k}{361.2}$$

$$e_{ss} = \frac{1}{k_v} = \frac{361.2}{4500k} = 0.000436$$

$k = \frac{361.2}{4500*0.000436} = 184.1$ وهي قيمة (k) اللازمة لتحقيق الخطأ عند الاستقرار المطلوب.

2. المعادلة المميزة للنظام:

$$s^2 + 361.2 * s + 4500k = 0$$
$$s^2 + 361.2 * s + 828450 = 0$$

بالمقارنة مع الشكل العام:

$s^2 + 2 * \varepsilon * w_n * s + w_n^2 = 0$ ينتج لدينا:

$$w_n = \sqrt{828450} = 910.2$$

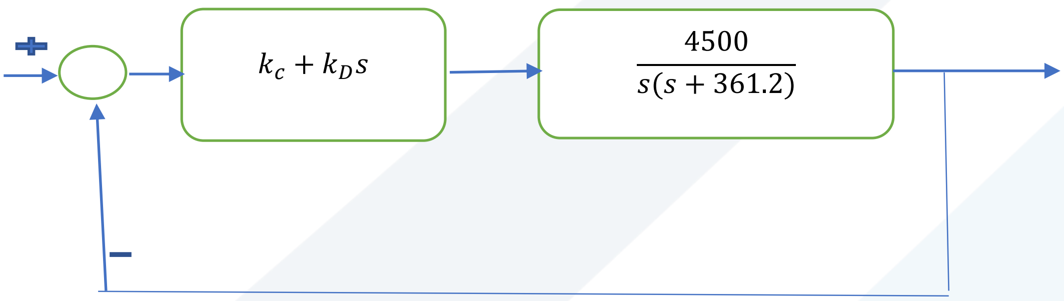
$2 * \varepsilon * w_n = 361.2$ ومنه ينتج لدينا نسبة التخميد:

$\varepsilon = \frac{361.2}{2*910.2} = 0.198$ ومنه ينتج لدينا تجاوز الهدف:

$$M_p = e^{\frac{-\pi\varepsilon}{\sqrt{1-\varepsilon^2}}} = 53\%$$

لتحسين الاستقرار النسبي دون التأثير على الخطأ عند الاستقرار نقوم بإضافة متحكم مشتق إشارة الخطأ حيث يمتلك دالة الانتقال التالية:

$G(s) = k_c(1 + T_D s) = k_c + k_D s$ ويوضع دائماً قبل النظام.



وللمحافظة على نفس قيمة الخطأ عند الاستقرار نحافظ على قيمة (K) الناتجة معنا سابقاً ونقوم بضبط قيمة (k_D) بحيث نحصل على المطلوب:

حيث تصبح المعادلة المميزة للنظام بعد إضافة المتحكم:

$$s^2 + (361.2 + 4500k_D)s + 4500k_c = 0$$

بالمقارنة مع الشكل العام:

$s^2 + 2 * \varepsilon * w_n * s + w_n^2 = 0$ ينتج لدينا:

$$2 * \varepsilon * w_n = (361.2 + 4500k_D)$$

$$k_D = \frac{2\varepsilon w_n - 361.2}{4500}$$

للحصول على تخامد حرج يجب أن تكون نسبة التخميد مساوية للواحد (1) ومن ينتج لدينا قيمة:

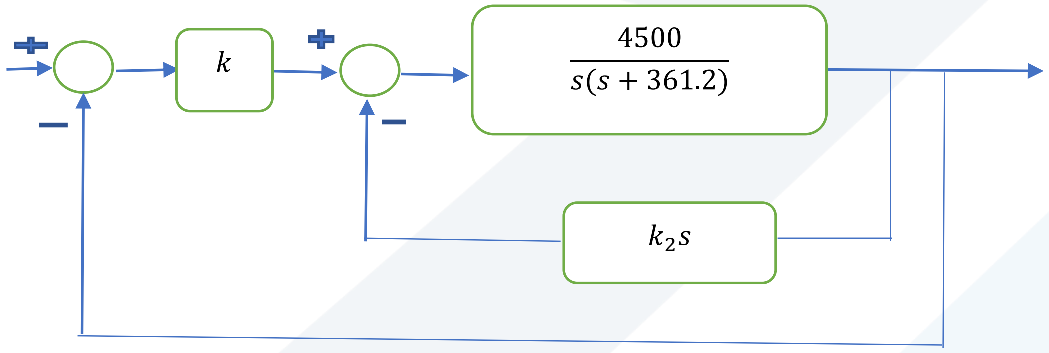
$$k_D = 0.324$$

معوض مشتق الخرج:

من أجل المثال السابق نفسة قم بتحسين الاستجابة عن طريق إضافة معوض لمشتق الخرج وأوجد قيمة الخطأ عند الاستقرار الجديدة.

الحل:

عند إضافة معوض لمشتق الخرج يصبح النظام على الشكل التالي:



تصبح دالة تحويل المسار الأمامي:

$$G(s) = \frac{4500k}{s(s+361.2+4500k_2)}$$

وتكون المعادلة المميزة للنظام هي:

$$s^2 + (361.2 + 4500k_2)s + 4500k = 0$$

بالمقارنة مع الشكل العام:

$s^2 + 2 * \varepsilon * w_n * s + w_n^2 = 0$ ينتج لدينا:

$$2 * \varepsilon * w_n = (361.2 + 4500k_D)$$

$$k_D = \frac{2\varepsilon w_n - 361.2}{4500}$$

$$w_n = \sqrt{4500k} = \sqrt{4500 * 184.1} = 910.2$$

للحصول على تخامد حرج يجب أن تكون نسبة التخميد مساوية للواحد (1) ومن ينتج لدينا قيمة:

$$k_D = 0.324$$

وتصبح قيمة الخطأ عند الاستقرار:

$$k_v = \lim_{s\to 0} sG(s)\,H(s) = \lim_{s\to 0} s\frac{4500k}{s(s+361.2+4500k_2)} = \frac{4500k}{361.2+4500k_2} = \frac{4500*184.1}{361.2+4500*0.324}$$

$$k_v = 455$$

ومنه ينتج لدينا الخطأ عند الاستقرار:

$$e_{ss} = \frac{1}{k_v} = \frac{1}{455} = 0.002$$

أي انه بإضافة معوض مشتق الخطأ نستطيع تحسين الاستجابة الزمنية العابرة ولكن يحدث لدينا تغيير في قيمة الخطأ عند الاستقرار. بينما عندما قمنا بإضافة معوض مشتق الخطأ لم تتغير قيمة الخطأ عند الاستقرار.

معوض تكامل الخطأ:

لدينا نظام له دالة تحويل المسار الأمامي التالية:

$$G(s) = \frac{1}{s(s+1)} \qquad H(s) = 1$$ والمطلوب:

احسب الخطأ عند الاستقرار لدخل دالة السرعة.

نريد تخفيض الخطأ عند الاستقرار لدالة السرعة قدر الإمكان (خطأ صفري) والمطلوب:

قم بإضافة المعوض المطلوب لأجراء ذلك مع الحصول على نسبة تخميد وتردد طبيعي للنظام:

$$w_n = 2\, rad/\sec \quad \varepsilon = 0.7$$

الحل:

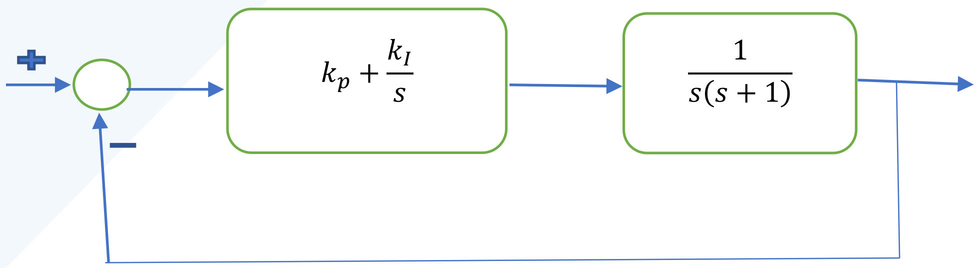
$$k_v = \lim_{s\to 0} sG(s)H(s) = \lim_{s\to 0} s\frac{1}{s(s+1)} = 1$$

$$e_{ss} = \frac{1}{1} = 1$$

لتخفيض الخطأ عند الاستقرار نقوم بإضافة معوض تكامل الخطأ والذي يمتلك دالة الانتقال التالية:

$$G(s) = k_p + \frac{k_D}{s}$$

ويصبح النظام على الشكل التالي:



وتصبح دالة الانتقال الكلية:

$$\frac{C(s)}{R(s)} = \frac{k_D + k_p s}{s^3 + s^2 + k_p s + k_D}$$

وبحساب الخطأ عند الاستقرار ينتج لدينا:

$$k_v = \lim_{s \to 0} sG(s)H(s) = \lim_{s \to 0} s \frac{k_p s + k_D}{s} \frac{1}{s(s+1)} = \infty$$

$$e_{ss} = \frac{1}{\infty} = 0$$

أي أنه بمجرد إضافة معوض تكامل الخطأ حصلنا على خطأ حالة ثابتة صفري.

وللحصول على بقية المواصفات نقوم بتشكيل المعادلة المميزة من الشكل العام:

$$s^2 + 2\varepsilon w_n s + w_n^2 = 0$$

$$s^2 + 2.8s + 4 = 0$$

كما نلاحظ أن معادلة المميزات الناتجة هي معادلة درجة ثالثة والمعادلة الناتجة عن نسبة التخميد والتردد المطلوبين هي معادلة درجة ثانية لذلك يلزمنا اختيار قطب ثالث للنظام حيث يتم اختيار القطب الثالث بحيث تكون قيمته خمس أضعاف القسم الحقيقي للأقطاب العقدية (للحفاظ على شرط السيطرة).

الأقطاب المرغوبة:

$$s_{1,2} = -\varepsilon w_n \pm j w_n \sqrt{1 - \varepsilon^2}$$

$$s_{1,2} = -1.4 \pm j1.4$$

سنختار القطب الثالث بحيث يعادل 10أضعاف القسم الحقيقي للأقطاب العقدية:

$$(s + 14)(s^2 + 2.8s + 4) = 0$$

$$s^3 + 16.8s^2 + 43.2s + 56 = 0$$

بالمقارنة مع المعادلة المميزة للنظام ينتج لدينا:

$$k_p = 43.2 \quad k_D = 56$$