

معیار پایداری راث هرولتز



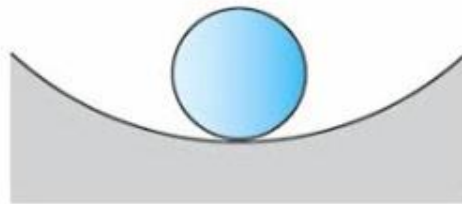
پایداری
Stability

اطمینان از پایداری سیستم های کنترل در زمان طراحی آن بسیار حائز اهمیت می باشد.

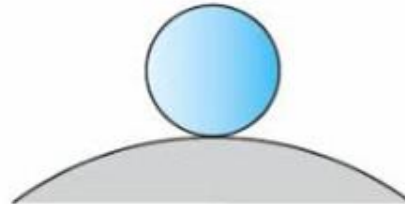
سیستمی پایدار محسوب می شود که:

بعد از تغییر ضربه در ورودی، خروجی به مقدار اولیه آن بازگردد.

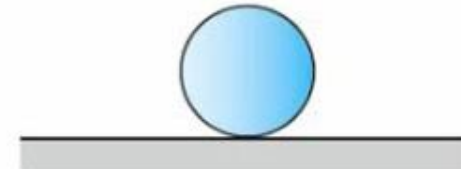
هر مقدار تغییر محدود در ورودی موجب مقدار محدودی تغییر در خروجی گردد.



تعادل پایدار



تعادل نا پایدار



تعادل خنثی

پل تنگه تاکوما (۱۹۴۰) یک پل معلق در ایالت واشنگتن بود.

پل تنگه تاکوما

پل در تاریخ ۱ جولای ۱۹۴۰ افتتاح شد ، و به طور چشمگیری در تاریخ ۷ نوامبر همان سال سقوط کرد.



ساخت و ساز بر روی پل در سپتامبر ۱۹۳۸ آغاز شد.

در زمان شروع کار با کمترین بادی پل شروع به حرکت میکرد که حرکت بطور چشمگیر مشاهده می شد.

این پل سومین پل معلق از نظر طول دهانه اصلی، بعد از پل گلدن گیت و جورج واشنگتن بود.

سقوط پل یک اثر ماندگار در علم مهندسی بود که بعد از آن در کتابهای فیزیک مدارس آمریکا به عنوان مثالی از تشدید اجباری توسط باد که بصورت تناوبی ادامه داشت وجود دارد.

پل تنگه تاکوما



معیار پایداری

پاسخ سیستم مرتبه n با تابع تبدیل مدار بسته $G(s)$ به ازای ورودی پله واحد را در نظر می گیریم:

$$G_c(s) = \frac{Y(s)}{U(s)} = \frac{\alpha_m s^m + \alpha_{m-1} s^{m-1} + \dots + \alpha_0}{\beta_n s^n + \beta_{n-1} s^{n-1} + \dots + \beta_0}$$

$$Y(s) = \frac{1 (s - z_m)(s - z_{m-1}) \dots (s - z_0)}{s (s - p_m)(s - p_{m-1}) \dots (s - p_0)} = \frac{A_0}{s} + \frac{A_1}{(s - p_0)} + \frac{A_2}{(s - p_1)} + \dots + \frac{A_{n+1}}{(s - p_n)}$$

$$y(t) = A_0 + A_1 e^{p_0 t} + A_2 e^{p_1 t} + \dots + A_{n+1} e^{p_n t}$$

برای توابع تبدیل مراتب بالا، تعیین دقیق ریشه های مخرج تابع تبدیل مرسوم و کاربردی نمی باشد.

برای چنین سیستم هائی روش معیار پایداری روت - هورویتس مورد استفاده قرار می گیرد.

معیار پایداری روش هرویتس

این روش بدون حل معادله مشخصه سیستم به ما می گوید که آیا ریشه ناپایدار دارد یا خیر

از این معیار فقط برای چندجمله ای هایی به تعداد جملات محدود کاربرد دارد.

با اعمال این روش می توان درخصوص پایداری مطلق سیستم های دینامیکی صحبت کرد.

مراحل پیاده سازی معیار پایداری روث هرویتس

۱- چند جمله ای بر حسب s را بصورت نزولی مرتب کنید. $a_0 s^n + a_1 s^{n-1} + \dots a_{n-1} s + a_n$

۲- اگر یکی از ضرایب صفریا منفی باشد، سیستم ناپایدار است. تمام ضرایب باید مثبت باشد.

زیرا یک یا چند ریشه موهومی دارد یا دارای بخش حقیقی مثبت است.

پس شرط لازم ولی ناکافی برای پایداری این است که تمامی ضرایب موجود و مثبت باشند.

مراحل پیاده سازی معیار پایداری روث هرویتس

۱- چند جمله ای بر حسب s را بصورت نزولی مرتب کنید. $a_0 s^n + a_1 s^{n-1} + \dots a_{n-1} s + a_n$

۲- اگر یکی از ضرایب صفریا منفی باشد، سیستم ناپایدار است. تمام ضرایب باید مثبت باشد.

۳- اگر همه ضرایب مثبت بودند آنگاه آنها را با الگوی زیر مرتب کنید:

$$a_0 s^n + a_1 s^{n-1} + a_2 s^{n-2} + a_3 s^{n-3} + \cdots a_{n-1} s + a_n$$

$$s^n$$

$$s^{n-1}$$

$$s^{n-2}$$

$$s^{n-3}$$

$$s^{n-4}$$

$$\vdots$$

$$s^1$$

$$s^0$$

مراحل پیاده سازی معیار پایداری روث هریتس

$$a_0 s^n + a_1 s^{n-1} + a_2 s^{n-2} + a_3 s^{n-3} + \dots a_{n-1} s + a_n$$

s^n	a_0	a_2	a_4	a_6	$\dots$
s^{n-1}	a_1	a_3	a_5	a_7	$\dots$
s^{n-2}					
s^{n-3}					
s^{n-4}					
$\vdots$					
s^1					
s^0					

مراحل پیاده سازی معیار پایداری روث هریتس

$$a_0 s^n + a_1 s^{n-1} + a_2 s^{n-2} + a_3 s^{n-3} + \dots a_{n-1} s + a_n$$

s^n	a_0	a_2	a_4	a_6	$\dots$
s^{n-1}	a_1	a_3	a_5	a_7	$\dots$
s^{n-2}	b_1				
s^{n-3}					
s^{n-4}					
$\vdots$					
s^1					
s^0					

مراحل پیاده سازی معیار پایداری روث هریتس

b_1

$$= \frac{a_1 a_2 - a_0 a_3}{a_1}$$

$$a_0 s^n + a_1 s^{n-1} + a_2 s^{n-2} + a_3 s^{n-3} + \dots + a_{n-1} s + a_n$$

s^n	a_0	a_2	a_4	a_6	$\dots$
s^{n-1}	a_1	a_3	a_5	a_7	$\dots$
s^{n-2}	b_1	b_2			
s^{n-3}					
s^{n-4}					
$\vdots$					
s^1					
s^0					

مراحل پیاده سازی معیار پایداری روث هریتس

b_2

$$= \frac{a_1 a_4 - a_0 a_5}{a_1}$$

$$a_0 s^n + a_1 s^{n-1} + a_2 s^{n-2} + a_3 s^{n-3} + \dots a_{n-1} s + a_n$$

s^n	a_0	a_2	a_4	a_6	$\dots$
s^{n-1}	a_1	a_3	a_5	a_7	$\dots$
s^{n-2}	b_1	b_2	b_3		
s^{n-3}					
s^{n-4}					
$\vdots$					
s^1					
s^0					

مراحل پیاده سازی معیار پایداری روث هریتس

b_3

$$= \frac{a_1 a_6 - a_0 a_7}{a_1}$$

$$a_0s^n + a_1s^{n-1} + a_2s^{n-2} + a_3s^{n-3} + \dots a_{n-1}s + a_n$$

s^n	a_0	a_2	a_4	a_6	$\dots$
s^{n-1}	a_1	a_3	a_5	a_7	$\dots$
s^{n-2}	b_1	b_2	b_3	b_4	
s^{n-3}					
s^{n-4}					
$\vdots$					
s^1					
s^0					

مراحل پیاده سازی معیار پایداری روث هریتس

$$a_0s^n + a_1s^{n-1} + a_2s^{n-2} + a_3s^{n-3} + \dots a_{n-1}s + a_n$$

s^n	a_0	a_2	a_4	a_6	$\dots$
s^{n-1}	a_1	a_3	a_5	a_7	$\dots$
s^{n-2}	b_1	b_2	b_3	b_4	
s^{n-3}	c_1				
s^{n-4}					
$\vdots$					
s^1					
s^0					

مراحل پیاده سازی معیار پایداری روث هریتس

c_1

$$= \frac{b_1a_3 - a_1b_2}{b_1}$$

$$a_0s^n + a_1s^{n-1} + a_2s^{n-2} + a_3s^{n-3} + \dots a_{n-1}s + a_n$$

s^n	a_0	a_2	a_4	a_6	$\dots$
s^{n-1}	a_1	a_3	a_5	a_7	$\dots$
s^{n-2}	b_1	b_2	b_3	b_4	
s^{n-3}	c_1	c_2			
s^{n-4}					
$\vdots$					
s^1					
s^0					

مراحل پیاده سازی معیار پایداری روث هریتس

c_2

$$= \frac{b_1a_5 - a_1b_3}{b_1}$$

$$a_0s^n + a_1s^{n-1} + a_2s^{n-2} + a_3s^{n-3} + \dots a_{n-1}s + a_n$$

s^n	a_0	a_2	a_4	a_6	$\dots$
s^{n-1}	a_1	a_3	a_5	a_7	$\dots$
s^{n-2}	b_1	b_2	b_3	b_4	
s^{n-3}	c_1	c_2	c_3		
s^{n-4}					
$\vdots$					
s^1					
s^0					

مراحل پیاده سازی معیار پایداری روث هریتس

c_3

$$= \frac{b_1 a_7 - a_1 b_4}{b_1}$$

$$a_0s^n + a_1s^{n-1} + a_2s^{n-2} + a_3s^{n-3} + \dots a_{n-1}s + a_n$$

s^n	a_0	a_2	a_4	a_6	$\dots$
s^{n-1}	a_1	a_3	a_5	a_7	$\dots$
s^{n-2}	b_1	b_2	b_3	b_4	
s^{n-3}	c_1	c_2	c_3	c_4	
s^{n-4}	d_1				
$\vdots$					
s^1					
s^0					

مراحل پیاده سازی معیار پایداری روث هریتس

d_1

$$= \frac{c_1b_2 - b_1c_2}{c_1}$$

$$a_0s^n + a_1s^{n-1} + a_2s^{n-2} + a_3s^{n-3} + \dots a_{n-1}s + a_n$$

s^n	a_0	a_2	a_4	a_6	$\dots$
s^{n-1}	a_1	a_3	a_5	a_7	$\dots$
s^{n-2}	b_1	b_2	b_3	b_4	
s^{n-3}	c_1	c_2	c_3	c_4	
s^{n-4}	d_1	d_2			
$\vdots$					
s^1					
s^0					

مراحل پیاده سازی معیار پایداری روث هریتس

d_2

$$= \frac{c_1b_3 - b_1c_3}{c_1}$$

$$a_0s^n + a_1s^{n-1} + a_2s^{n-2} + a_3s^{n-3} + \dots a_{n-1}s + a_n$$

s^n	a_0	a_2	a_4	a_6	$\dots$
s^{n-1}	a_1	a_3	a_5	a_7	$\dots$
s^{n-2}	b_1	b_2	b_3	b_4	
s^{n-3}	c_1	c_2	c_3	c_4	
s^{n-4}	d_1	d_2	d_3	d_4	
$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	
s^1					
s^0					

مراحل پیاده سازی معیار پایداری روث هرویتس

تعداد تغییر علامت در ستون اول برابر است با اعداد ریشه های نیم صفحه سمت راست.

$$s^4 + 2s^3 + 3s^2 + 4s + 5 = 0$$

مثال ۱

s^4	1	3	5
s^3	2	4	0
s^2	?		
s^1			
s^0			

$$s^4 + 2s^3 + 3s^2 + 4s + 5 = 0$$

مثال ۱

$$\frac{(2 \times 3) - (4 \times 1)}{2}$$

s^4	1	3	5
s^3	2	4	0
s^2	1	?	
s^1			
s^0			

$$s^4 + 2s^3 + 3s^2 + 4s + 5 = 0$$

مثال ۱

$$\frac{(2 \times 5) - (0 \times 1)}{2}$$

s^4	1	3	5
s^3	2	4	0
s^2	1	?	0
s^1	?		
s^0			

$$s^4 + 2s^3 + 3s^2 + 4s + 5 = 0$$

مثال ۱

$$\frac{(1 \times 4) - (5 \times 2)}{1}$$

s^4	1	3	5
s^3	2	4	0
s^2	1	5	0
s^1	-6	?	
s^0			

$$s^4 + 2s^3 + 3s^2 + 4s + 5 = 0$$

$$\frac{(1 \times 0) - (0 \times 2)}{1}$$

مثال ۱

s^4	1	3	5
s^3	2	4	0
s^2	1	5	0
s^1	-6	0	0
s^0	?		

$$s^4 + 2s^3 + 3s^2 + 4s + 5 = 0$$

$$\frac{(-6 \times 5) - (0 \times 1)}{-6}$$

5

مثال ۱

مثال ۱

$$s^4 + 2s^3 + 3s^2 + 4s + 5 = 0$$

۲ تغییر علامت در ستون اول دارد یعنی ۲ ریشه نیم صفحه سمت راست دارد.

s^4	1	3	5
s^3	2	4	0
s^2	1	5	0
s^1	-6	0	0
s^0	5	0	0

حالت های خاص

۱- اگر عنصر ستون اول یک ردیف صفر باشد وبقیه صفر نباشند یا موجود نباشند، به جای صفر ε قرار می دهیم.

اگر علامت قبل و بعد از ε یکسان باشد، یک زوج قطب موهومی $(\pm j\omega)$ داریم.

اگر علامت قبل و بعد از ε یکسان نباشد، یعنی یک قطب در سمت راست صفحه مختلط داریم.

۲- اگر تمام ضرایب یک ردیف صفر باشد. دو ریشه متقارن نسبت به مبدا دارد.

یا دو ریشه حقیقی هم اندازه ولی مخالف علامت یکدیگر یا دو ریشه موهومی مزدوج دارد.

در این حالت روند را با استفاده از ضرایب مشتق چندجمله ای سطر قبلی ادامه می دهیم.

$$s^3 + 2s^2 + s + 2 = 0$$

مثال ۲

مثال ۲

$$s^3 + 2s^2 + s + 2 = 0$$

s^3	1	1
s^2	2	2
s^1	$0 \approx \varepsilon$	
s^0	2	

یک زوج قطب موهومی $(\pm j\omega)$

$$s^3 - 3s + 2 = 0$$

مثال ۲

s^3	1	-3
s^2	$0 \approx \varepsilon$	2
s^1	$-3 - \frac{2}{\varepsilon}$	
s^0	2	

یعنی یک قطب مثبت

$$s^5 + 2s^4 + 24s^3 + 48s^2 - 25s - 50 = 0$$

s^5	1	24	-25
-------	---	----	-----

s^4	2	48	-50
-------	---	----	-----

s^3	0	0
-------	---	---

s^4	$p(s) = 2s^4 + 48s^2 - 50$
-------	----------------------------

	$p'(s) = 8s^3 + 96s$
--	----------------------

s^3	8	96
-------	---	----

مثال ۳

s^2	24	-50
-------	----	-----

s^1	112.7	0
-------	-------	---

s^0	-50
-------	-----

یعنی یک قطب مثبت

تحلیل پایداری نسبی

معیار پایداری روث هرویتس فقط در خصوص پایداری مطلق بحث میکند.

یک رهیافت مفید برای بررسی پایداری نسبی جابجا کردن صفحه S و اعمال معیار پایداری روث است.

پس در معادله مشخصه سیستم قرار می دهیم: $S = \hat{S} - \sigma$

چندجمله ای را بر حسب $\hat{S}$ نوشته و معیار روث را بر آن اعمال می کنیم. تعداد تغییر علامتها برابر است با ریشه های سمت راست خط $S = -\sigma$

کاربرد معیار پایداری روث هرویتس در تحلیل سیستم های کنترل

معیار پایداری روث در تحلیل سیستم های کنترل کاربرد محدودی دارد.

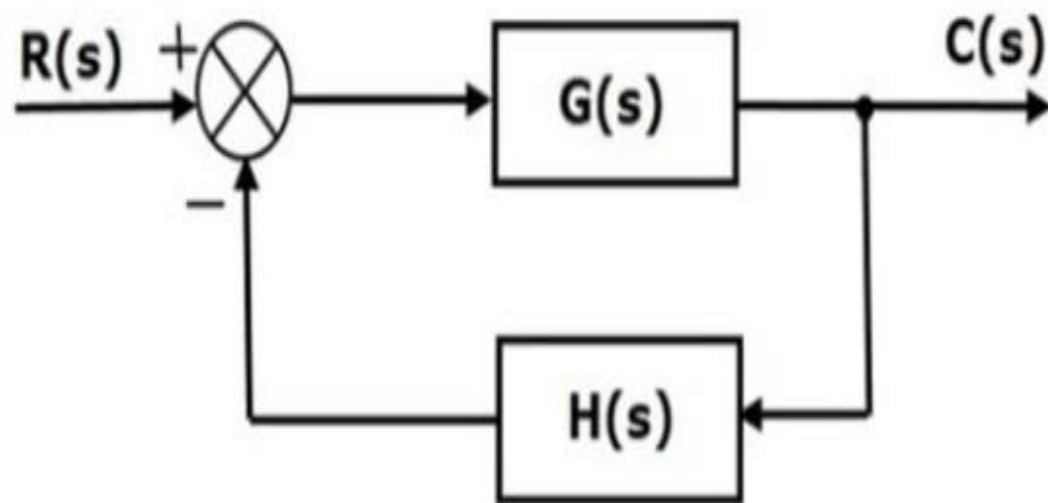
این معیار هیچ راهی برای بهبود پایداری نسبی یا پایدار کردن سیستم های ناپایدار نشان نمی دهد.

ولی فقط می توان اثر یک یا دو پارامتر سیستم را با بررسی مقادیری که باعث ناپایداری سیستم می شود، بررسی کرد.

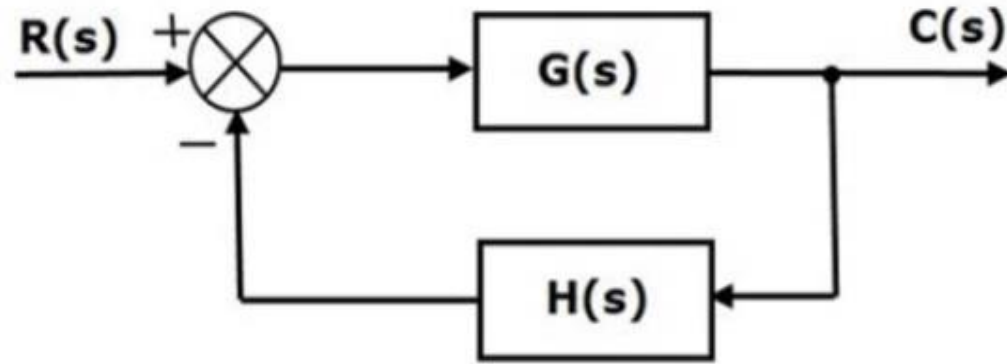
• مثال: محدوده پارامتر K را طوری بیابید که سیستم حلقه بسته زیر پایدار باشد.

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

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



• مثال: محدوده پارامتر K را طوری بیابید که سیستم حلقه بسته زیر پایدار باشد.



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

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

$$D(s) = \Delta(s) = 1 + G(s)H(s) = 0$$

$$= 1 + \frac{K}{s(s+2)(s^2+s+1)} = 0$$

$$(s^r + \nu s)(s^r + s + 1) + K = 0$$

$$|s^r + \underline{\nu} s^r + \underline{\nu} s^r + \nu s + K = 0$$

s^r	1	ν	K
s^r	ν	ν	0
s^r			
s^r			
s^0			

• مثال:

$$K > 0$$

$$(s^r + \mu s)(s^r + s + 1) + K = 0$$

$$|s^r + \underline{\mu} s^r + \underline{\mu} s^r + \mu s + K = 0$$

s^r	1	μ	K
s^r	μ	μ	0
s^r	$\frac{K}{\mu}$	K	0
s^r			
s^0			

• مثال:

$$K > 0$$

$$(s^r + \nu s)(s^r + s + 1) + K = 0$$

• مثال:

$$K > 0$$

$$|s^r + \underline{\nu} s^r + \underline{\nu} s^r + \nu s + K = 0$$

s^r	$ $	ν	K
s^r	ν	ν	0
s^r	ν	νK	0
s^r			
s^0			

$$(s^2 + \nu s)(s^2 + s + 1) + K = 0$$

• مثال:

$$K > 0$$

$$s^4 + \underline{\nu} s^3 + \underline{\nu} s^2 + s + K = 0$$

s^4	1	ν	K
s^3	ν	1	0
s^2	ν	νK	0
s^1	$\frac{1 - \nu^2 K}{\nu}$	0	0
s^0	νK	0	0

$$(s^2 + \nu s)(s^2 + s + 1) + K = 0$$

• مثال:

$$K > 0$$

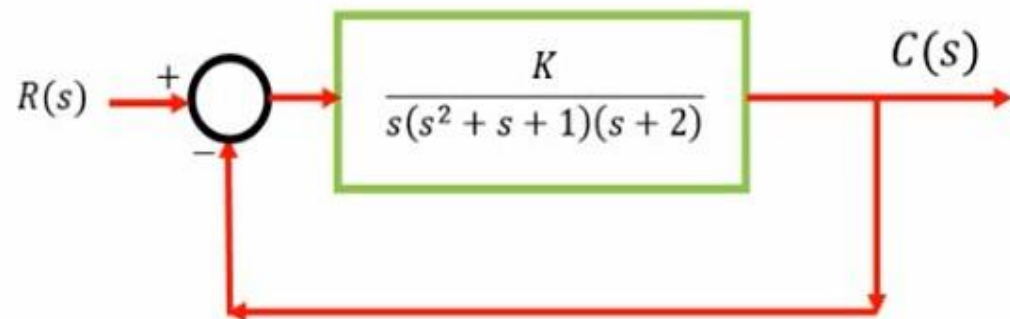
$$s^4 + \nu s^3 + s^2 + \nu s + K = 0$$

s^4	1	ν	K
s^3	ν	1	0
s^2	ν	νK	0
s^1	$\frac{1 - \nu^2 K}{\nu}$	0	0
s^0	νK	0	0

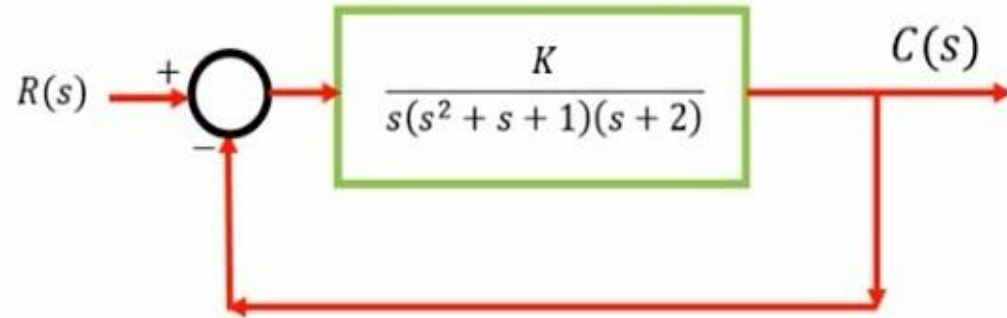
$$\nu K > 0$$

$$\frac{1 - \nu^2 K}{\nu} > 0$$

$$0 < K < \frac{1}{\nu^2}$$



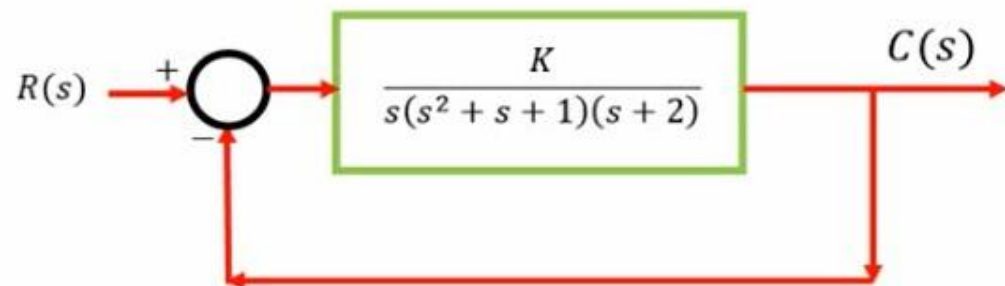
کاربرد معیار روٹ هرویتس در تعیین گستره پایداری یک پارامتر



کاربرد معیار روث هرویتس در تعیین گستره پایداری یک پارامتر

$$\frac{C(s)}{R(s)} = \frac{K}{s(s^2 + s + 1)(s + 2) + K} = \frac{K}{s^4 + 3s^3 + 3s^2 + 2s + K}$$

$$\Delta = s^4 + 3s^3 + 3s^2 + 2s + K$$



کاربرد معیار روث هرویتس در تعیین گستره پایداری یک پارامتر

$$\frac{C(s)}{R(s)} = \frac{K}{s(s^2 + s + 1)(s + 2) + K} = \frac{K}{s^4 + 3s^3 + 3s^2 + 2s + K}$$

$$\Delta = s^4 + 3s^3 + 3s^2 + 2s + K$$

s^4	1	3	K
s^3	3	2	0
s^2	$\frac{7}{3}$	K	
s^1	$2 - \frac{9}{7}K$		
s^0	K		

برای پایداری K باید مثبت باشد و همچنین: $2 - \frac{9}{7}K > 0 \rightarrow \frac{14}{9} > K > 0$

۱- تابع تبدیل حلقه باز یک سیستم کنترل با فیدبک منفی واحد بصورت $G(s) = \frac{K}{s(1+Ts)}$ می باشد. چه رابطه ای بین K و T برقرار باشد تا قطب های حلقه بسته سیستم، سمت چپ $\sigma = -a$ قرار گیرند. ($a > 0$)

$$K < a(1 - aT) \quad (۱)$$

$$K < a(1 + aT) \quad (۲)$$

$$K > a(1 - aT) \quad (۳)$$

$$K > a(1 + aT) \quad (۴)$$

$$\Delta(s) = 1 + G(s) = 1 + \frac{K}{s(1 + Ts)} = 0 \rightarrow Ts^2 + s + K = 0$$

برای اینکه قطب های حلقه بسته این سیستم در سمت چپ خط $\sigma = -a$ قرار گیرد محور موهومی را به اندازه a سمت چپ می بریم. یعنی: $s = \hat{s} - \sigma$

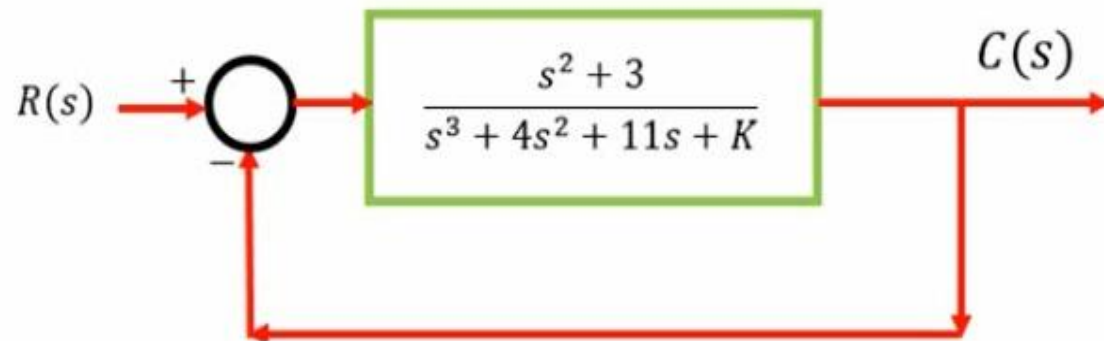
$$T(\hat{s} - a)^2 + (\hat{s} - a) + K = 0 \rightarrow T\hat{s}^2 + (1 - 2aT)s + Ta^2 + K - a = 0$$

برای پایداری سیستم مرتبه ۲، تمام ضرایب باید مثبت باشد.

$$\begin{cases} T > 0 \\ 1 - 2aT > 0 \rightarrow T < \frac{1}{2a} \\ Ta^2 + K - a > 0 \rightarrow K > a(1 - aT) \end{cases}$$

گزینه ۳ صحیح است

۲- در سیستم کنترل شکل زیر، به ازای کدام مقادیر K سرعت همگرایی به پاسخ پله، از سیگنال $e^{-t}u(t)$ سریع تر است؟



(۱) $K > 9$

(۲) $K < 17$

(۳) $17 > K > 9$

(۴) $24 > K > 17$

باید همه قطب های حلقه بسته این سیستم در سمت چپ خط $\sigma = -1$ قرار گیرد.

$$\Delta(s) = 1 + G(s) = 1 + \frac{s^2 + 3}{s^3 + 4s^2 + 11s + K} = 0 \rightarrow s^3 + 5s^2 + 11s + (K + 3) = 0$$

$$\Delta(s - 1) = (s - 1)^3 + 5(s - 1)^2 + 11(s - 1) + (K + 3) = 0 \rightarrow s^3 + 2s^2 + 4s + (K - 9) = 0$$

s^3	1	4
s^2	2	$K - 9$
s^1	$\frac{17 - K}{2}$	
s^0	$K - 9$	

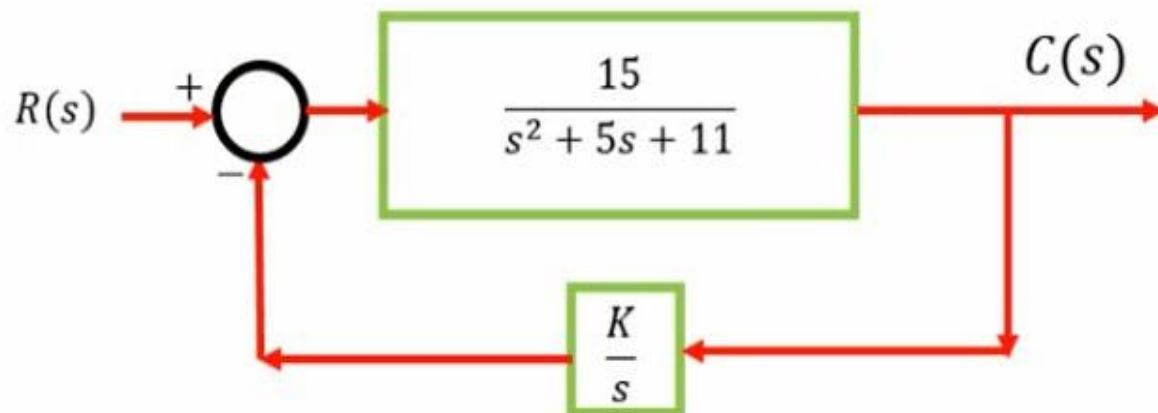
$$17 - K > 0 \rightarrow K < 17$$

$$K - 9 > 0 \rightarrow K > 9$$

$$17 > K > 9$$

گزینه 3 صحیح است

۳- برق (۹۳) - در سیستم کنترل زیر، برای این که فقط دو قطب سیستم حلقه بسته در محدوده $-2 < \text{Re}(s) < 0$ قرار بگیرد، کدام بازه K صحیح است؟



$$\frac{1}{5} < K < \frac{11}{3} \quad (۱)$$

$$\frac{2}{3} < K < \frac{11}{3} \quad (۲)$$

$$\frac{7}{15} < K < \frac{11}{3} \quad (۳)$$

(۴) امکان پذیر نیست.

$$\Delta(s) = 1 + G(s) = 1 + \frac{15}{s^2 + 5s + 11} = 0 \rightarrow s^3 + 5s^2 + 11s + 15K = 0$$

$$\Delta(s-2) = (s-2)^3 + 5(s-2)^2 + 11(s-2) + 15K = 0 \rightarrow s^3 - s^2 + 3s + 15K - 10 = 0$$

s^3	1	11
s^2	5	$15K$
s^1	$11 - 3K$	0
s^0	$15K$	

s^3	1	3
s^2	-1	$15K - 10$
s^1	$-7 + 15K$	0
s^0	$15K - 10$	

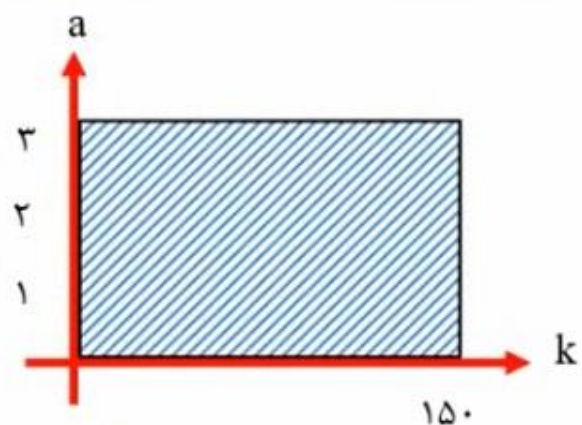
$$\frac{2}{3} < K < \frac{11}{3}$$

گزینه ۲ صحیح است

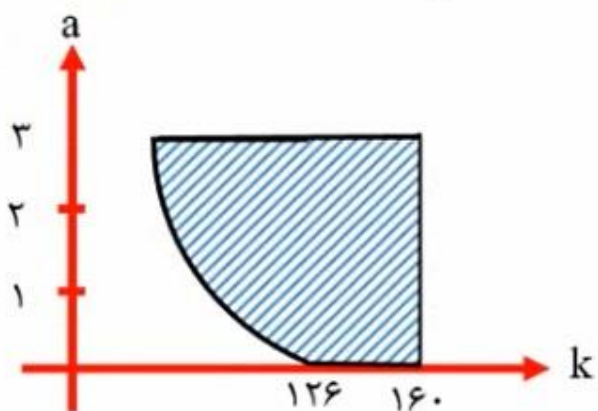
$$\begin{cases} 15K > 0 \rightarrow K > 0 \\ 11 - 3K > 0 \rightarrow K < \frac{11}{3} \end{cases} \rightarrow 0 < K < \frac{11}{3}$$

$$\begin{cases} 15K - 10 > 0 \rightarrow K > \frac{10}{15} = \frac{2}{3} \\ -7 + 15K > 0 \rightarrow K > \frac{7}{15} \end{cases} \rightarrow K > \frac{2}{3}$$

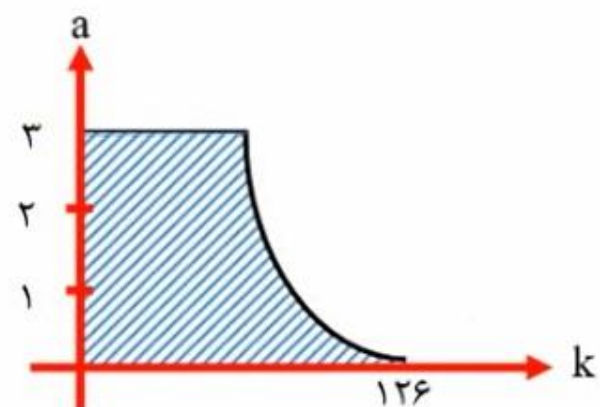
۴- معادله مشخصه سیستمی بصورت $s^4 + 8s^3 + 17s^2 + (10 + k)s + ka = 0$ می باشد. ناحیه پایداری برای k و a کدام گزینه است؟



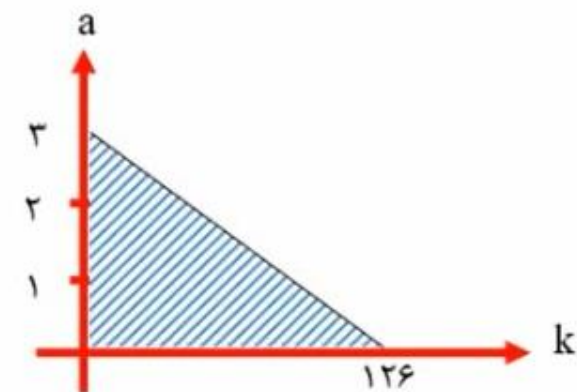
(۲)



(۴)



(۱)



(۳)

$$s^4 + 8s^3 + 17s^2 + (10 + k)s + ka = 0$$

s^4	1	17	ka
s^3	8	$k + 10$	0
s^2	$\frac{126 - k}{8}$	ka	
s^1	$\frac{(126 - k)(k + 10) - 64ka}{126 - k}$		
s^0	ka		

$$\begin{cases} 126 - k > 0 \rightarrow k < 126 \\ (126 - k)(k + 10) - 64ka > 0 \rightarrow a < \frac{(126 - k)(k + 10)}{64k} \\ ka > 0 \end{cases}$$

گزینه ۱ صحیح است