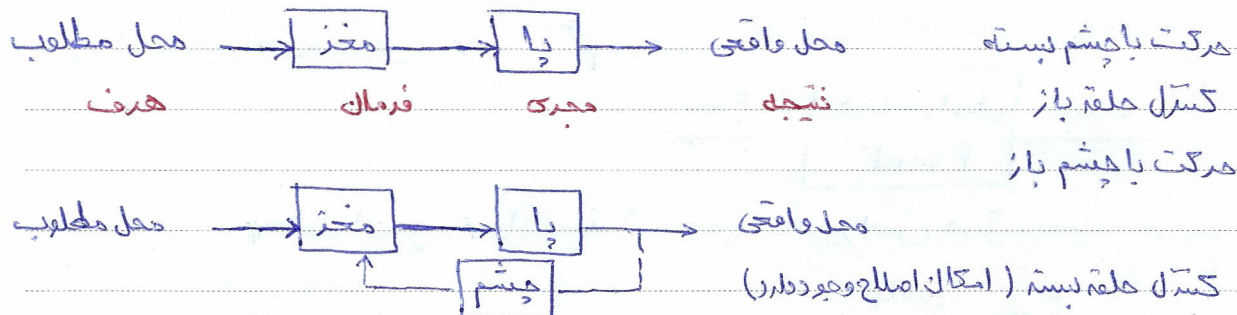


مثال: فنون کنترلی همیشه بسته به نقطه‌ای از کلاس برویم



کنترل حلقه بسته (امکان اصلاح و محدود کردن)

دستگاه plant: وسیله‌ای که قرار است کاری را انجام دهد. سیستم اصلی: پا

کنترل + مقایسه‌گر: مغز (منطق)

تکلیف کلاسی -

۱. دیاگرام‌های معادلات ترانسفر دستگاه به‌ویژه مطبوع (بسته)

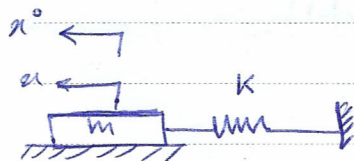
۲. نشان و کوله - ب (تخمین حلقه باز و بسته)

تعاریف:

۱- متخیر و معیت: چیزی است که وضعیت سیستم را معین می‌کند. در یک سیستم

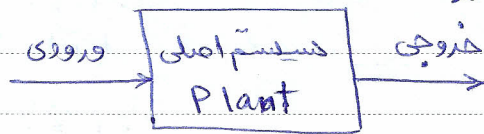
حداقل متخیرهایی که بار داشتن شرایط اولیه آنها وضعیت و رفتار کل سیستم معین می‌گردد را

متخیرهای وضعیت گویند - به عنوان مثال: تخیر مکان و سرعت در سیستم جرم و فنر



۲- ورودی - ورودی یا علت آن چیزی است که از خارج سیستم بر آن اثر نهاده و موجب

تغییر در متغیرهای وضعیت سیستم می شود.

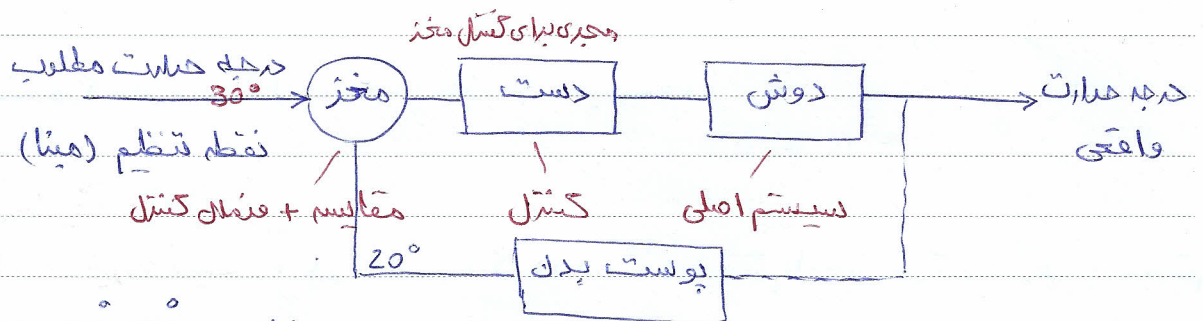
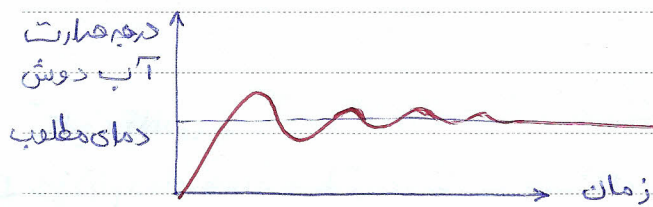


۳- خروجی - محل آن چیزی را گویند که تعیین تغییراتش در یک سیستم مورد (نتیجه)



نظری باشد.

- مثال - یک دوشر با دوشیر آب سرد گرم شیر آب سرد X شیر آب گرم

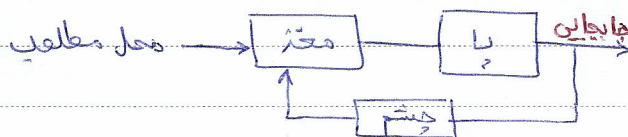


$$30^{\circ} - 20^{\circ} = +10$$

$$30^{\circ} - 40^{\circ} = -10$$

سیستم اصلی: عبارت است از مجموعه ای با مشخصات و رفتار معین که توسط

حدود فرضی از محیط اطراف جدا شده باشد.

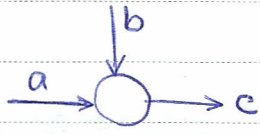


تأخیر تبدیل کننده

ورودی

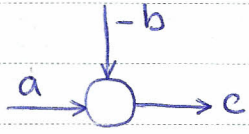
خروجی

به منظور توصیف ریاضی ورودی به خروجی در هر بلوک دیاگرامی لازم است قواعد زیر را به یاد داشته باشیم
قرار دارا :



$$c = a + b$$

مقایسه کننده comparator



$$c = a - b$$

(T.F.)

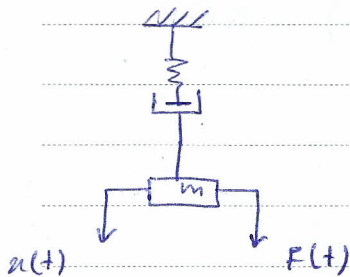
تبدیل کننده - تابع تبدیل G: Transfer Function

G: تابع ریاضی می باشد که میانه به در ورودی (R) ضرب شود - خروجی (C) را خواهد داد

$$C = R G$$

$$G = \frac{C}{R}$$

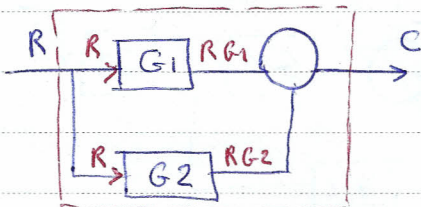
خروجی
ورودی



$$\frac{F(t)}{x(t)}$$

$$m \ddot{x} + c \dot{x} + k x = F(t)$$

مثال: ابتدا ورودی به هر بلوک را مشخص می کنیم

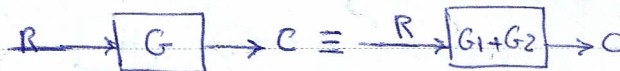


$$C = RG_1 + RG_2 = R(G_1 + G_2)$$

$$C = R(G_1 + G_2) = R G$$

$$C = R G$$

معادل دیاگرام اولیه



هم عرض

P4PCO

۳

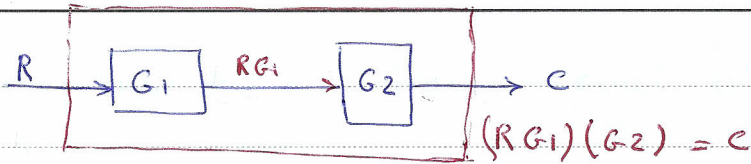
$$\frac{C}{R} = G_1 + G_2$$

تابع تبدیل کلی

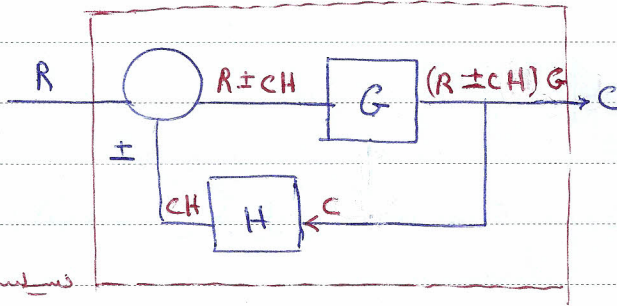
○ مقایسه کننده

□ تبدیل کننده

نسیستم



$$\frac{C}{R} = ? \quad R = [G_1 G_2] = C \quad \frac{C}{R} = G_1 G_2 \quad \text{تابع تبدیل کل سیستم}$$



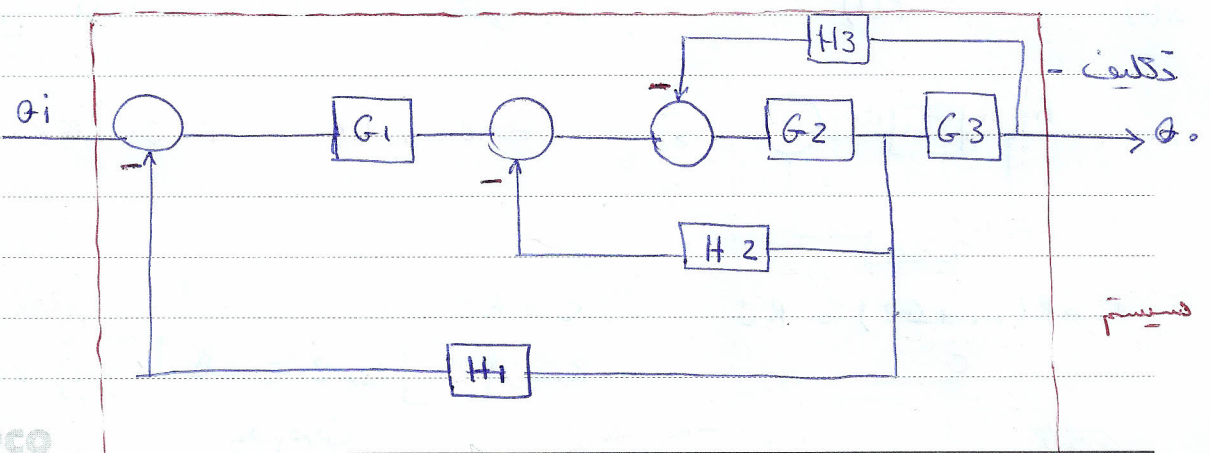
$$\frac{C}{R} = ? \quad C = (R \pm CH)G$$

$$C = RG \pm CH$$

$$C \pm CHG = RG \Rightarrow C(1 \pm HG) = RG$$

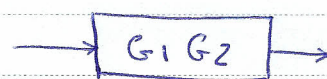
$$\frac{C}{R} = \frac{G}{1 \pm HG}$$

مسئله ششم

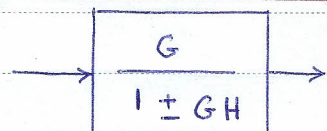
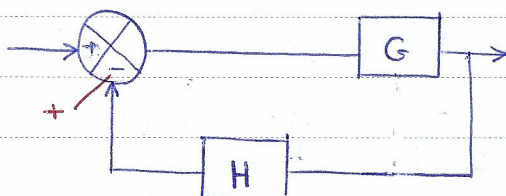


قواعد خلاصه سازی بلوک دیاگرام‌های کنترلی

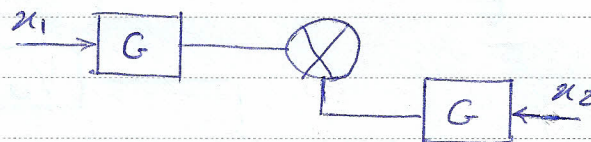
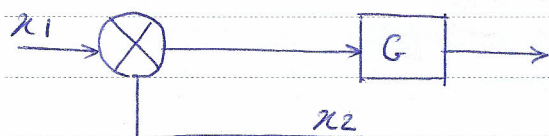
1.



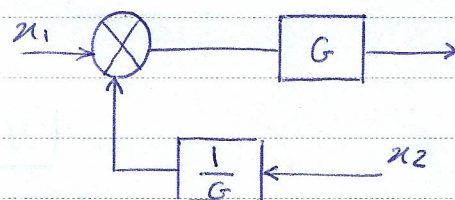
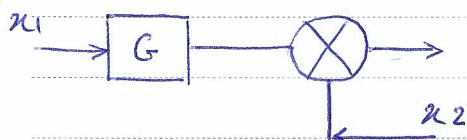
2.



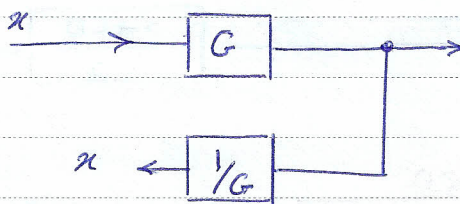
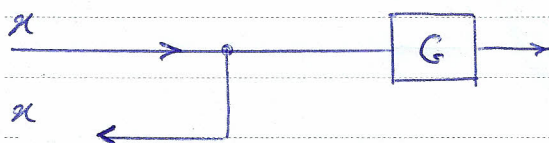
3.



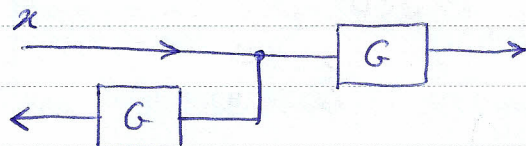
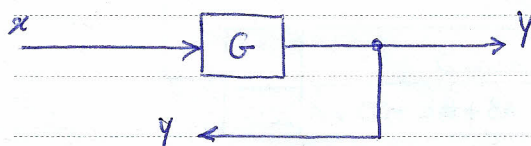
4.



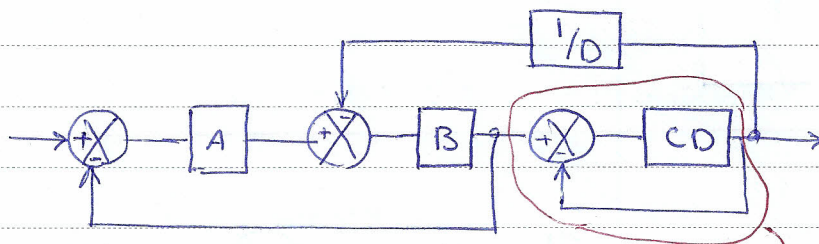
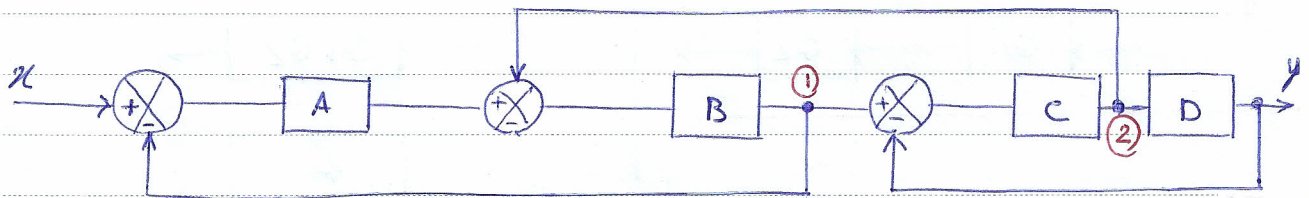
5.



6.

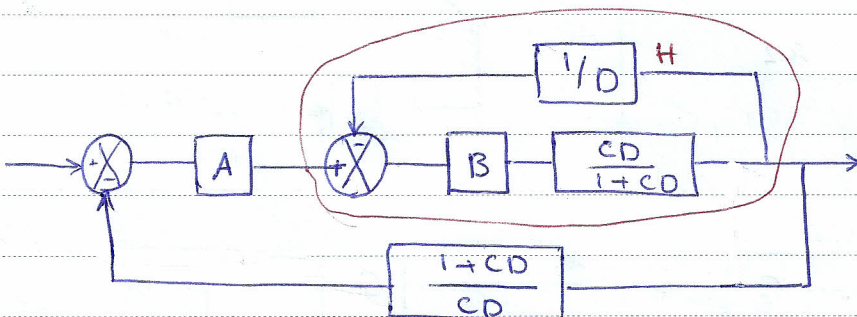
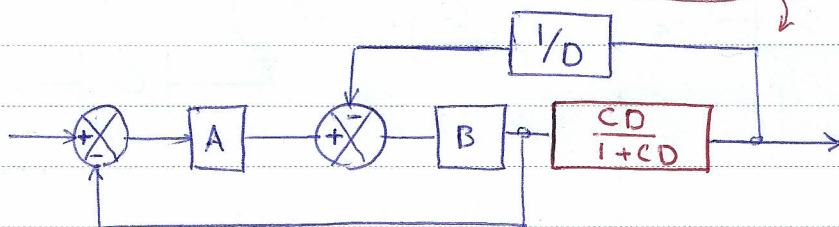


تکلیف - اثبات کنید قواعد 3 تا 6 درست می باشند.



پیش بلوک D از نمودار (2)

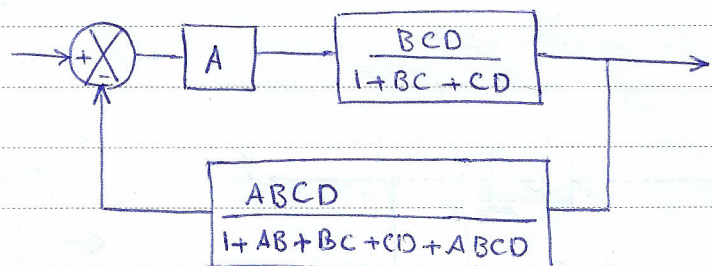
ضرب بلوک C در D



$$\frac{BCD}{1+CD}$$

$$1 + \left(\frac{BCD}{1+CD} \times \frac{1}{D} \right)$$

(G) (H)



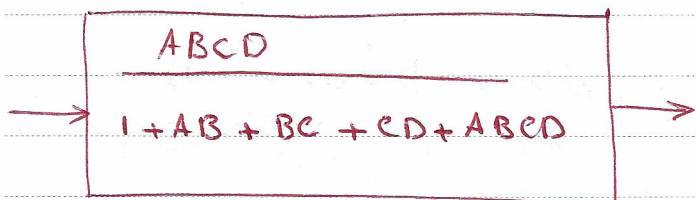


ABCD

$$1 + BC + CD$$

چک نشود

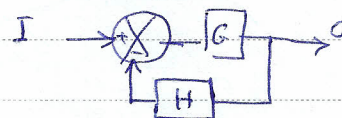
$$1 + \frac{ABCD}{1 + BC + CD} \times \frac{ABCD}{1 + AB + BC + CD + ABCD}$$



$$\text{تابع تبدیل} = \frac{\text{خروجی}}{\text{ورودی}}$$

نسیتم اندازه گیر : چشم
اصلی : پا
مقایسه گر + کنترلر : مغز

$$\text{تابع تبدیل کامل مدار کنترل} : \frac{G}{1 + GH} = \frac{\text{out Put}}{\text{Input}}$$

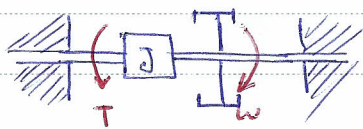


برای کنترل سیستم های صنعتی لازم است تابع تبدیل هر کدام از بلوک ها (G, H) را تعیین

کنیم برای این کار از روش های ریاضی کمک می گیریم قبل از پرداختن به روش ریاضی به یک مثال

توجه نمایید

مثال: فرض کنید مدل‌های مبدلی یک موتور الکتریکی که تولید گشتاور T و دور ω را



به همده دارد به سرعت زیربایش.

صندیب میدانی یا تا فان

J = صندیب چکان اینرسی

برای کنترل این سیستم لازم است یک رابط ریاضی بین متغیرهای T ، ω ، b ، J قوسم دهیم

از آنجائیکه سیستم مورد نظر یک سیستم دینامیکی می باشد لذا رابط مورد نظر یک رابط

دینامیکی خواهد که به صورت معادله دیفرانسیل حرکت دینامی بدو خواهد داشت.

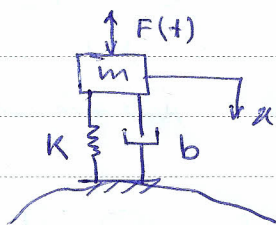
حرکت زاویه ای $\ddot{\theta} = \omega$

$$J \ddot{\theta}(t) + b \dot{\theta}(t) = T(t)$$

زاویه دوران $\theta =$

معادله دیفرانسیل حرکت سیستم مورد نظر

گشتاور T



$$m \ddot{x} + b \dot{x} + Kx = F(t) \quad \text{مثال:}$$

معادله دیفرانسیل حرکت ارتعاشی جرم متحرک

$\delta \ddot{\theta}$

برای کنترل سیستم مورد نظر لازم تابع تبدیل سیستم $\frac{\theta}{T}$ از رابط فوق بدست آید ولی عزم

رابط به صورتی است که به هارگی این نسبت تعیین نمی شود برای انجام چنین کاری می توانیم

از اصل حل معادلات دیفرانسیل استفاده نماییم - می توانیم از مبحث تبدیل لاپلاس استفاده کرد

قبل از پرداختن روش حل چسب معادلاتی به روش تبدیل لاپلاس به حل معادله فوق تویم حمایتید.

$$\frac{v}{T} = ?$$

$$\omega = \theta^\circ$$

$$\mathcal{L}(j\omega^\circ + b\omega = T)$$

حرف بزرگ $\omega = \Omega$

$$j \mathcal{L}(\omega^\circ) + b \mathcal{L}(\omega) = \mathcal{L}(T)$$

$$\mathcal{L} T(t) = T(s)$$

$$\mathcal{L} \omega^\circ = s \cdot \Omega(s)$$

$$\mathcal{L} \omega = \Omega(s)$$

$$\Omega(s) = \mathcal{L} \omega(t)$$

تبدیل / زمان

$$j \cdot s \cdot \Omega(s) + b \Omega(s) = T(s)$$

$$\Omega(s) [js + b] = T(s)$$

$$\boxed{\frac{\Omega(s)}{T(s)} = \frac{1}{js + b}}$$

گامبرد تبدیل لاپلاس در حل معادلات دیفرانسیل سیستم های کنترل

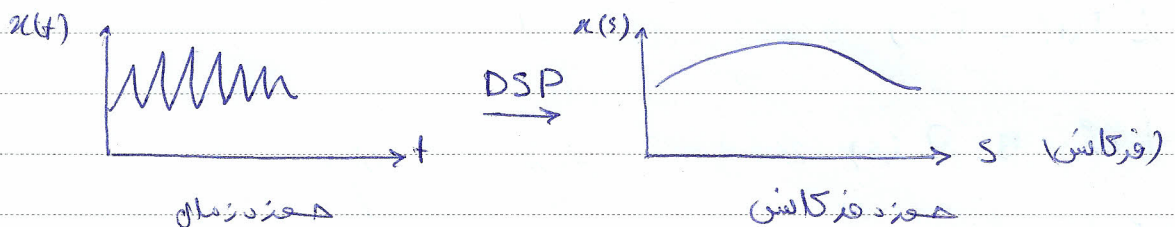
جوابی بدست آمدن تابع تبدیل کل سیستم (در این رابطه تمام متغیرها در حوزه زمان تعریف می شوند)

بهتر است حوزه متغیرها را از زمان به حوزه فرکانس (S) تبدیل نمایم - این تغییر

حوزه باعث می شود معادله به سادگی حل شده و تابع تبدیل مورد نظر بدست آید ولی

در پایان برای تحلیل سیستم کنترل تابع تبدیل بدست آمده در حوزه فرکانس به حوزه

زمان مجدداً برگردانده شود - برای درک بهتر تبدیل حوزه به مثال زیر توجه کنید.



قواعد تبدیل لاپلاس

- ریاضیات مختلط : complex

$$s = \sigma + j\omega$$

$$s = \sigma + j\omega$$

$$\sigma = \text{مؤلفه موهومی عدد مختلط } s$$

$$j = \text{ضریب موهومی}$$

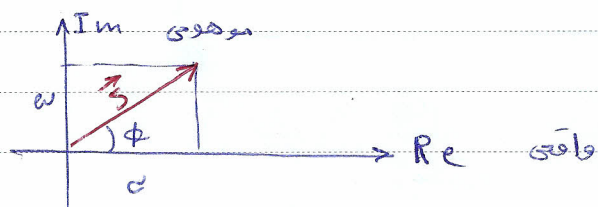
- ریاضیات حقیقی :

مقدار یا بزرگی S

$$t = 2 (s)$$

$$|s| = \sqrt{\sigma^2 + \omega^2}$$

$$\phi = \tan^{-1} \frac{\omega}{\sigma}$$



$$\begin{cases} \Re = |S| \cdot \cos \phi \\ \Im = |S| \cdot \sin \phi \end{cases}$$

$$S = \Re + j\Im$$

$$S = |S| \cos \phi + j(|S| \sin \phi)$$

$$S = |S| [\cos \phi + j \sin \phi] \quad \left. \begin{array}{l} S = |S| \cdot e^{j\phi} \\ \cos \phi + j \sin \phi = e^{j\phi} \end{array} \right\} \quad \boxed{S = \sqrt{\Re^2 + \Im^2} e^{j \tan^{-1} \frac{\Im}{\Re}}}$$

مردع ٲٲ عرءمءءلء

$$S = \Re + j\Im$$

$$S \text{ مردع ٲٲ} : \bar{S} = \Re - j\Im$$

$$S = 5 + 2j \Rightarrow \bar{S} = 5 - 2j \quad \text{مءال:}$$

ءابع مءءلء ، اءء ٲٲ عرءمءءلء ءاشء $F(s)$ ٲٲ ءابع مءءلء اسء .

مءال

$$F(s) = s^2 + 3s - 1 \quad \text{ااء} \quad S = 1 + 4j \quad \text{ءاشء اءءاء:}$$

$$\begin{aligned} F(1 + 4j) &= (1 + 4j)^2 + 3(1 + 4j) - 1 \\ &= 1 + (4j)^2 + 2 \times 4j + 3 + 12j - 1 \\ &= 1 + 16(-1) + 8j + 3 + 12j - 1 \\ &= -13 + 20j \end{aligned}$$

حل انتگرال = نتیجه تبدیل لاپلاس

فرکانس زمان

$$t \rightarrow s$$

$$F \rightarrow F$$

$$n \rightarrow N$$

اگر تابع $F(t)$ را در حوزه زمان داشته باشیم می توان به تابع $F(s)$ در حوزه فرکانس (لاپلاس)

دست یافت به ترتیبی که :

$$F(s) = \mathcal{L}[F(t)]$$

$$\mathcal{L}[F(t)] = \int_0^{\infty} F(t) e^{-st} dt$$

مثال

$$F(t) = e^{-at} \text{ تبدیل لاپلاس آورید}$$

تبدیل لاپلاس تابع

$$\mathcal{L}[e^{-at}] = \int_0^{\infty} e^{-at} e^{-st} dt = \int_0^{\infty} e^{-(a+s)t} dt$$

یادآوری

$$e^a \cdot e^b = e^{a+b}$$

$$\int e^{\alpha t} dt = \frac{e^{\alpha t}}{\alpha}$$

$$\int_{s_1}^{s_2} F(s) ds = F(s) \Big|_{s_1}^{s_2} = F(s_2) - F(s_1)$$

$$e^0 = 1 \quad e^{-\infty} = \frac{1}{e^{\infty}} = \frac{1}{\infty} = 0$$

$$\left[\frac{1}{-(a+s)} e^{-(a+s)t} \right]_0^{\infty} = \left[-\frac{1}{(a+s)} e^{-(a+s)t} \right]_0^{\infty} = \left[\frac{-1}{a+s} e^{-(a+s)t} \right]_0^{\infty}$$

$$= 0 - \frac{1}{a+s} \times 1 = -\frac{1}{a+s}$$

نوعیه *

$$\mathcal{L}[e^{-at}] = \frac{1}{a+s}$$

$$\mathcal{L}(t) = \frac{1}{s^2}$$

تابع t

✓ $F(t) = t$ تابع t

$$\mathcal{L}(t) = \int_0^{\infty} t e^{-st} dt = \frac{\text{از جدول انتگرال}}{s^2} = \frac{1}{s^2}$$

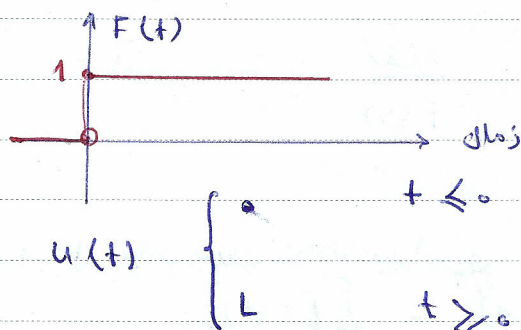
✓ $u(t) = 1$ تابع پله ای واحد

$$\mathcal{L}[u(t)] = \mathcal{L}[1] = \frac{1}{s} \quad \text{unity function}$$

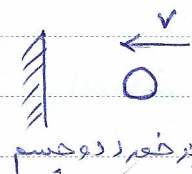
✓ $\delta(t)$ تابع ضربه واحد

$$\mathcal{L} \delta(t) = 1$$

معرفی تابع پله ای واحد $u(t)$:



معرفی تابع ضربه ای واحد $\delta(t)$



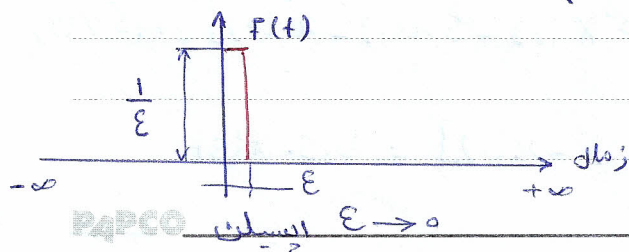
خاصیت لحظه برخورد دو جسم

زمان برخورد کوتاه

نیروی برخورد بسیار زیاد

$$t < 0 \quad t > \epsilon$$

$$\delta(t) \begin{cases} 0 & t < 0 \text{ or } t > \epsilon \\ \frac{1}{\epsilon} & 0 \leq t \leq \epsilon \end{cases}$$



تبدیل لاپلاس مشتق توابع

$$\mathcal{L}[F'(t)] = s \cdot F(s) - F(0)$$

$$F'(t) = \frac{dF}{dt}$$

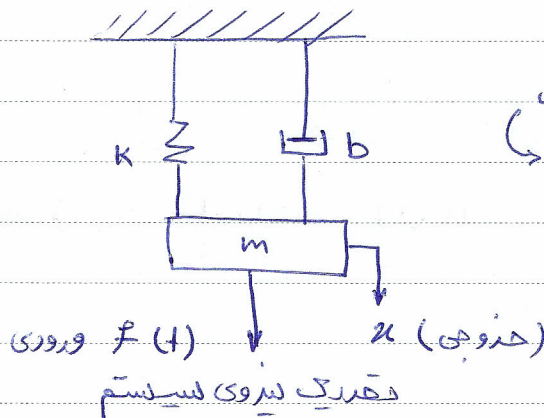
$$\mathcal{L}[F''(t)] = s^2 \cdot F(s) - s F(0) - F'(0)$$

$$F''(t) = \frac{d^2 F}{dt^2}$$

$$\mathcal{L}[F^{(n)}(t)] = s^n \cdot F(s) - s^{n-1} F(0) - s^{n-2} F'(0) - \dots - F^{(n-1)}(0)$$

رابطه کلی -

مثال: تابع تبدیل سیستم زیر را بدست آورید.



معادله دیفرانسیل حاکم بر این سیستم از اینجاست

$$m\ddot{x} + b\dot{x} + kx = F(t)$$

$$\frac{X(s)}{F(s)} \text{ برای بدست آوردن تابع تبدیل}$$

اعمال تبدیل لاپلاس بر روی معادله دیفرانسیل

$$\mathcal{L}[m\ddot{x}] + \mathcal{L}[b\dot{x}] + \mathcal{L}[kx] = \mathcal{L}[F(t)]$$

$$\begin{cases} x(0) = 0 \\ \dot{x}(0) = 0 \end{cases} \text{ شرایط اولیه صفر است.} \quad \text{پایه}$$

$$\mathcal{L}[m\ddot{x}] = m \mathcal{L}[\ddot{x}] = m [s^2 X(s) - s x(0) - \dot{x}(0)] = m s^2 X(s)$$

$$\mathcal{L}[b\dot{x}] = b \mathcal{L}[\dot{x}] = b [s X(s) - x(0)] = b \cdot s \cdot X(s)$$

$$\mathcal{L}[Kx] = K \mathcal{L}[x] = K \cdot X(s)$$

$$\mathcal{L}[F(t)] = F(s)$$

$$ms^2 X(s) + b \cdot s \cdot X(s) + K \cdot X(s) = F(s)$$

$$X(s) [ms^2 + bs + K] = F(s) = \frac{X(s)}{F(s)} = \frac{1}{ms^2 + bs + K}$$

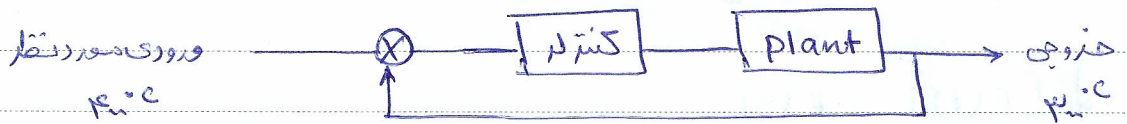
تکلیف : تبدیل لاپلاس تابع زیر را بدست آورید.

$$\mathcal{L}[t^2]$$

$$\mathcal{L}[e^{-st}]$$

$$\mathcal{L}[5j^2 + 2j + 1]$$

$$G = \frac{\text{خروجی}}{\text{ورودی}} = \text{تابع تبدیل}$$



پاسخ plant نسبت به زمان کنترلر چگونه است؟

مابین تابع افزایش دما و یا پاسخ plant خروجی نسبت به کنترلر (ورودی) لازم است

در رابطه $G_s = \frac{\text{تابع خروجی}}{\text{تابع ورودی}}$ زمان s به جای تابع ورودی تابع مشخص اعمال شود و

تابع خروجی از روی آن تامین گردد.

هدف ۱

پاسخ plant در حوزه زمان مطلوب ما چه قدر بود؟ (یعنی Dt)

حوزه s تابع مطلوب زمان حوزه زمان

حالا درس گذشته!

مثال: عکس العمل سیستم با تابع تبدیل زیر را برای ورودی صدم ای واحد بدست آورید.

$$\text{تابع تبدیل } T.F. = \frac{K}{(1 + T_1 s)(1 + T_2 s)}$$

$$T.F. = \frac{C(s)}{R(s)} \quad \text{خروجی (پاسخ)}$$

$$C(s) = R(s) \cdot (T \cdot F)$$

$$(s) \text{ خروجی پاسخ} = (s) \text{ ورودی} \cdot (\text{تابع تبدیل})$$

عکس العمل یعنی خروجی در حوزه زمان

ابتدا پاسخ سیستم در حوزه s را تعیین می کنیم برای این منظور کافی است

$$C(s) = R(s) \cdot (T \cdot F)$$

$$R(s) = \mathcal{L}[f(t)] = 1$$

$$C(s) = 1 \times \frac{K}{(1 + T_1 s)(1 + T_2 s)}$$

برای بدست آوردن عکس العمل سیستم

$$C(s) = \frac{K}{(1 + T_1 s)(1 + T_2 s)}$$

پاسخ در حوزه زمان لازم است تبدیل معکوس

لاپلاس از رابطه فوق بگیریم برای این منظور به روش زیر عمل می کنیم

تبدیل لاپلاس معکوس $\mathcal{L}^{-1}$

$$\mathcal{L}^{-1} \left[\frac{K}{(1 + T_1 s)(1 + T_2 s)} \right] = \mathcal{L}^{-1} \left[\frac{a}{1 + T_1 s} + \frac{b}{1 + T_2 s} \right]$$

$$= \mathcal{L}^{-1} \left[\frac{a_1}{\left(s + \frac{1}{T_1}\right)} + \frac{b_1}{\left(s + \frac{1}{T_2}\right)} \right] \quad \text{ست} \quad \text{مقدار محاسبه } a_1 \text{ و } b_1 \text{ با مخرج مشترک گیری}$$

$$\frac{a_1}{s + \frac{1}{T_1}} + \frac{b_1}{s + \frac{1}{T_2}} = \frac{a_1(s + 1/T_2) + b_1(s + 1/T_1)}{(s + 1/T_1) \cdot (s + 1/T_2)}$$

$$= \frac{K}{(1 + T_1 s)(1 + T_2 s)} = \frac{K/T_1}{(s + 1/T_1)(s + 1/T_2)}$$

$$\frac{r}{a} = \frac{y}{a} \Rightarrow y = r$$

مقایسه

با د فرم

$$as + 1. = bs + c \quad b = a \quad c = 1.$$

$$\frac{a}{1 + T_1 s} = \frac{a}{T_1 (\frac{1}{T_1} + s)} = \frac{a/T_1}{\frac{1}{T_1} + s}$$

$$a_1 (s + 1/T_1) + b (s + 1/T_2) = K/T_1 T_2 + s(\dots)$$

$$C(s) = \frac{\frac{-K}{T_2 - T_1}}{s + \frac{1}{T_1}} + \frac{\frac{K}{T_2 - T_1}}{s + \frac{1}{T_2}}$$

$$\mathcal{L}^{-1}[C(s)] = \frac{-K}{T_2 - T_1} \mathcal{L}^{-1}\left[\frac{1}{s + 1/T_1}\right] + \frac{K}{T_2 - T_1}$$

$$\mathcal{L}^{-1}\left[\frac{1}{s + \frac{1}{T_2}}\right]$$

با گذرای تبدیل معکوس معادله اصلی تابع عکس العمل استخراج می شود.

$$\mathcal{L}^{-1}\left[\frac{1}{s + \frac{1}{T_1}}\right] = e^{-1/T_1 t}$$

$$\mathcal{L}^{-1}\left[\frac{1}{s + \frac{1}{T_2}}\right] = e^{-1/T_2 t} \Rightarrow \mathcal{L}^{-1}[C(s)] = c(t)$$

عکس العمل سیستم

تکلیف - در مثال گذشته در مورد سیستم جرم و فنر و هیبرید کننده آگ و روری اولاً

خبرهای واحد و ثانیاً ولاد ای واحد باشد عکس العمل سیستم را بنویسید.

روش دوم تجزیه کسر

برای سادگی تجزیه کسرها، پیچیده تر از روش زیر استفاده می کنیم.

یادآوری: پاسخ یک سیستم کنترلی به ورودی

$$\text{تایع خروجی} = \text{تایع تبدیل} \times \text{تایع ورودی} \quad (s) \quad (s) \quad (s)$$

خروجی تبدیل ورودی

$$\Rightarrow \text{تایع خروجی} (+) = \text{تایع تبدیل با تابع معکوس لا پلاس} \quad L^{-1}$$

فرق کنید:

تابعی که باید تجزیه شود به فرم کلی زیر باشد -

*
$$Y(s) = \frac{\text{هر تابعی می تواند باشد}}{(s-a_1)(s-a_2) \dots (s-a_n)(s-a)^m}$$
 فرم کلی

فرم تجزیه شده تابع فوق بصورت زیر می باشد

$$Y(s) = \frac{b_1}{s-a_1} + \frac{b_2}{s-a_2} + \dots + \frac{b_n}{s-a_n} +$$

$$\frac{d_1}{(s-a)} + \frac{d_2}{(s-a)^2} + \dots + \frac{d_m}{(s-a)^m}$$

برای تجزیه کسر مورد نظر کافی است ضرایب ثابت فوق یعنی $b_1, b_2, \dots, b_n$ و

$d_1, d_2, \dots, d_m$ را از رابطه زیر بدست آورید.

$$b_1 = \left[(s - a_1) y(s) \right]_{s=a_1}$$

$$b_n = \left[(s - a_n) y(s) \right]_{s=a_n}$$

$$d_{m-j} = \left[\frac{d^j}{ds^j} \left[y(s) (s-a)^m \right] \frac{1}{j!} \right]_{s=a}$$

$$y(s) = \frac{1}{(s-3)(s-4)(s-5)^0}$$

مثال ۱

$$a_1 = 3$$

$$a_2 = 4$$

$$a_3 = \dots$$

$$\vdots$$

$$a_n = \dots$$

$$m = 0$$

ابتداءً با فرض کلی مقادیر می‌کنیم

$$y(s) = \frac{\dots}{(s-a_1)(s-a_2)\dots(s-a_n)}$$

$$y(s) = \frac{b_1}{s-3} + \frac{b_2}{s-4}$$

$$b_1 = \left[(s-3) y(s) \right]_{s=3} = \left[\frac{1}{s-4} \right]_{s=3} = \frac{1}{3-4} = -1$$

$$b_2 = \left[(s-4) y(s) \right]_{s=4} = \left[\frac{1}{s-3} \right]_{s=4} = \frac{1}{4-3} = 1$$

$$y(s) = \frac{b_1}{s-3} + \frac{b_2}{s-4} \Rightarrow \frac{-1}{s-3} + \frac{1}{s-4}$$

$$\mathcal{L}^{-1} \left[\frac{-1}{s-3} \right] = -\mathcal{L}^{-1} \left[\frac{1}{s-3} \right] = -e^{3t}$$

$$\mathcal{L}^{-1} \left[\frac{1}{s-4} \right] = e^{4t}$$

$$Y(s) = \frac{-1}{s-3} + \frac{1}{s-4} \xrightarrow{\mathcal{L}^{-1}} y(t) = -e^{3t} + e^{4t}$$

$$Y(s) = \frac{1}{(s-3)(s-4)(s-5)^2} \quad \text{تکلیف}$$

$$Y(s) = \frac{b_1}{s-3} + \frac{b_2}{s-4} + \frac{d_1}{(s-5)^2} + \frac{d_2}{(s-5)^2}$$

$$j = 2 - 1 = 1$$

$$d_{m-j} = d_1 - j = \left[\frac{d^j}{ds^j} \left[Y(s)(s-5)^2 \right] \frac{1}{j!} \right]_{s=5}$$

$$m=2 \quad j=0, 1 \quad (m=2 \text{ باشد } j=0, 1 \text{ است})$$

$$j=1 \rightarrow d_{2-1} = d_1 = \left[\frac{d^1}{ds^1} \left[Y(s)(s-5)^2 \right] \frac{1}{1!} \right]_{s=5}$$

$$j=0 \rightarrow d_{2-0} = d_2 = \left[\frac{d^0}{ds^0} \left[Y(s)(s-5)^2 \right] \frac{1}{0!} \right]_{s=5}$$

$$d_2 = \left[Y(s)(s-5)^2 \frac{1}{1} \right]_{s=5}$$

$$d_2 = \frac{1}{(s-3)(s-4)} \bigg|_{s=5} = \frac{1}{(5-3)(5-4)} = \frac{1}{2 \times 1} = \frac{1}{2}$$

$$d_1 = \left[\frac{d}{ds} \left[\frac{1}{(s-3)(s-4)} \right] \right] \Big|_{s=5}$$

$$\frac{d}{du} \left[\frac{1}{u} \right] = \frac{-xu - 1xu'}{u^2}$$

$$d_1 = \left[\frac{d}{ds} \left[\frac{1}{s^2 + 4s + 3s + 12} \right] \right] \Big|_{s=5} = \frac{d}{ds} \left[\frac{1}{s^2 + 7s + 12} \right] \Big|_{s=5}$$

$$= \left[\frac{-(2s-7)}{(s^2 + 7s + 12)^2} \right] \Big|_{s=5} = \frac{-(2 \times 5 - 7)}{(5^2 - 7 \times 5 + 12)^2} = \frac{3}{(25 - 35 + 12)^2}$$

$$= \frac{-3}{4} = -3/4$$

$$\mathcal{L}^{-1} \left[\frac{-3/4}{(s-5)} \right] = \frac{-3}{4}$$

$$\mathcal{L}^{-1} \left[\frac{1}{(s-5)} \right] = \frac{1}{4} e^{5t}$$

$$\mathcal{L}^{-1} \left[\frac{\frac{1}{2}}{(s-5)^2} \right] = \frac{1}{2}$$

$$\mathcal{L}^{-1} \left[\frac{1}{(s-5)^2} \right] = ?$$

सॉल्यू

$$\mathcal{L} e^{-at} = \frac{1}{s+a}$$

$$\mathcal{L} t^2 = \frac{2!}{s^3}$$

$$\mathcal{L} t^n = \frac{n!}{s^{n+1}}$$

$$\mathcal{L}^{-1} \frac{1}{(s-a)^n} = \frac{n! \times e^{at}}{t^{n+1}}$$

$$\mathcal{L}^{-1} \frac{1}{(s-5)^2} = \frac{2! e^{5t}}{t^3}$$

مثال: یک بادار دنبال کن (Tracker) اتوماتیک دارای موتوری است که با چرخش دنده کاهشی

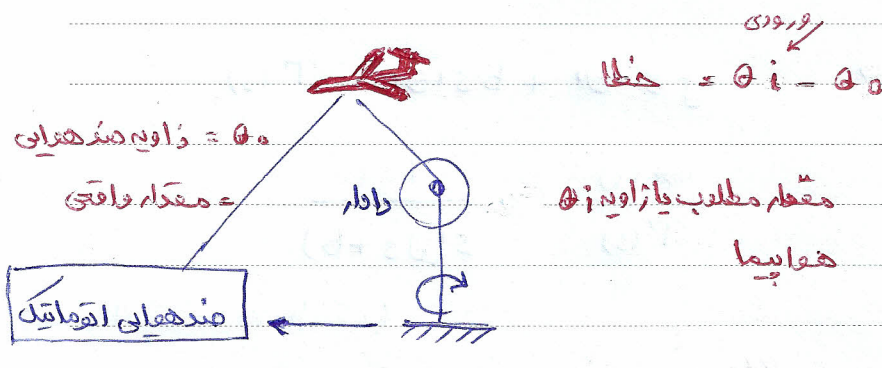
۱. به محور آتش را، وصل شده است. متوسط یک آمپلی فایر با مشخصه

(خطا: 0.1 Kvolt) (یعنی به ازای 1° خطای موجود بین هدف و جهت رادار، تولید 1 Kvolt)

امتیاز پناهنده می کند) به کار می افتد. سایر مشخصات:

اینرسی معکوس	2×10^6	$\text{Lbf} - \text{ft} - \text{s}^2$
اینرسی رادار و ...	0.2	$\text{Lbf} - \text{ft} - \text{s}^2$
اصطکاک کل وینکلز روی محور معکوس	4×10^{-6}	$\text{Lbf} - \text{ft} / \text{Radius}$
ممان معکوس	3.5×10^{-4}	$\text{Lbf} - \text{ft} / \text{volt}$

مطلوبست : قرص دیاگرام مجید ای و تعیین محاذله دیفرانسیل سیستم .



$$\frac{D}{180} = \frac{M}{R}$$

$$\theta_i - \theta_0 = 16^\circ$$

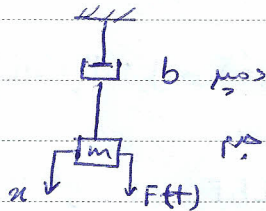
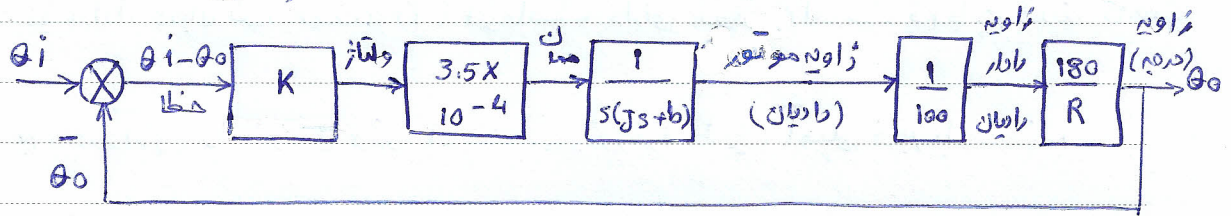
مَنْ لَيْتَ تَقُولُ K

(هم چو که ولایت صوب شور و تبدیل به گشتای شور تابع تبدیل است) همان = ولایت I X همان
ایندی موثر با گشتای

تابع تبدیل

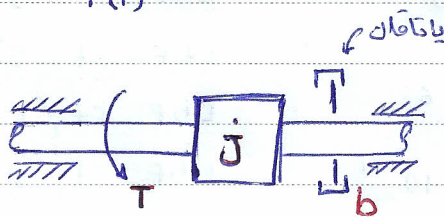
موتور پدافند

آمپلی فایر



$$m\ddot{x} + b\dot{x} = F(t)$$

یادآوری:



مدل یک موتور الکتریکی

$$J\ddot{\theta} + b\dot{\theta} = T$$

معادله دیرانشیل حاکم بر موتور

خروجی \$\theta(s)\$

ورودی \$T(s)\$

= ?

$$Js^2\theta + bs\theta = T(s)$$

$$\frac{\theta(s)}{T(s)} = \frac{1}{s(Js+b)}$$

(معادله استفاده در رباتیک)

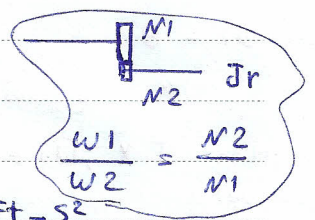
$$J_{eq} = J_m + \left(\frac{M_1}{M_2}\right)^2 J_r$$

مخازن

موتور

حمل انیروی آشنی رانده

محاسبه \$J\$ =



$$= 2 \times 10^{-6} + \left(\frac{1}{100}\right)^2 (0.2) = 0.22 \times 10^{-4}$$

Lbf-ft-s²