دانشگاه فنی و حرفه ای

دانشگاه فنی و حرفه ای خراسان شمالی

آموزشکده فنی و حرفه ای پسران شیروان

برنامه درسی جلسه سوم:

موضوع: مقدمه و تاریخچه سیستم های کنترلی

گردآورنده: مهندس سعادتمند

برنامه درسی جلسه چهارم

موضوع: انواع سیستم های کنترلی

گردآورنده: مهندس سعادتمند

برنامه درسی جلسه پنجم

موضوع: بررسی سیستم های LTI

گردآورنده: مهندس سعادتمند

اسفند ۱۳۹۸

منابع: کتاب اوگاتا - کتاب دکتر خاکی صدیق - کتاب بنجامین کو.

اوگاتا ترجمه دکتر قدرت الله سپیدنام.

نمره بندی: پایان ترم ۱۴ نمره - تمرینات کلاسی ۲ نمره - کوئیزهای کلاسی ۲ نمره

پروژه مطالب: ۲ نمره پروژه پژوهشی: ۲ نمره ، مازاد.

پیش نیازهای کنترل خطی: ۱- جبر خطی ۲- تبدیل لاپلاس ۳- معادلات دیفرانسیل

۴- تبدیل فصلی ۲ دکارتی (مفرد و فصل)

سرفصل ها: فصل اول: مقدمه ای بر کنترل

" دوم: مدل سازی سیستم های دینامیکی

" سوم: بررسی پایداری سیستم های کنترل

" چهارم: بررسی پایداری سیستم های کنترل از طریق مکان هندسی ریشه ها

" پنجم: طراحی سیستم های کنترلی پیش فازوپس فاز، و پیش فازپس فاز

Subject

Year: Month: Date:

تعریف: چند نمونه سیم کنترل حلقه باز و بسته تهیه شود.

سیم کنترلی حلقه باز: اگر ورودی با استفاده از آزمون و خطا و تجربه باشد. چراغ راهنمایی

سیم کنترل حلقه بسته: ورودی با استفاده از بازخورد خروجی باشد. کارکرد یخچال

سیم یا سامانه: مجموعه‌ای از اجزا که باهم کار می‌کنند و هدف معینی را دنبال می‌کنند

متغیرهای حالت: هر سیم دارای متغیرهای داخلی است که این متغیرها رفتار سیم را

در هر لحظه بیان می‌کند.

هدف (معلول): هر سیم کنترلی دارای یک هدف می‌باشد که خروجی آن معلول ما

می‌باشد.

وضعیت (stit): سیم‌ها دارای یک وضعیت معلول هستند (هدف) و دارای یک

وضعیت در حال حافظه هستند.

ورودی سیم: آنچه که از محیط بیرون خواسته یا ناخواسته بر سیم اثر کند و در متغیرهای

حالت تغییر ایجاد می‌کند.

متغییر تأثیرپذیر: متغییری که تغییرات آن دست ماست و از طریق آن می‌توانیم به هدف مطلوب برسیم.

خروجی سیستم (متغییر کنترل یا خروجی کنترل): به متغییری که تغییرات آن مورد توجه ماست،

ورودی آن متغییر هدف تعیین می‌کنیم.

اغتشاش: هر چیزی که رفتار سیستم را ناخواسته تغییر دهد یا سیگنالی که خروجی سیستم ناخواسته

تغییر یا مشکل ایجاد کند اغتشاش گویند.

نکته: در سیستم های کنترل خطای هدف رساندن خروجی سیستم به مقدار مطلوب است یعنی

ما می‌توانیم با استفاده از ورودی متغییر تأثیرپذیری سیستم را کنترل کنیم.

رگولاتور: اگر هدف کنترلی تنظیم خروجی در یک مقدار مطلوب یا ثابت باشد به آن سیستم کنترلی

رگولاتور می‌گویند.

سیستم ردیاب (سیستم سروو مکانیسم): در این گونه سیستم ها هدف از کنترل دنبال کردن یک مقدار

مطلوب متغییر بازمان است.

Year: Month: Date:

* تقسیم بندی سیستم های کنترلی:
  1) کنترل کلاسیک ← سیستم های کنترل خطی
  2) کنترل مدرن ←
  3) کنترل مقاوم

5

- طبقه بندی سیستم های کنترلی:

1) براساس شرایط محیط:
   1) سیستم کنترلی طبیعی (تنفس - چرخش زمین - ...)
   2) سیستم کنترلی دستی (شیر آب و کولر)
   3)* سیستم کنترلی اتومات (موتور)

10

2) براساس تعداد ورودی و خروجی
   1)* SISO تک ورودی و تک خروجی
   2) SIMO تک ورودی و چند خروجی
   3) MISO چند ورودی و تک خروجی
   4) MIMO چند ورودی و چند خروجی

15

* اگر سیستم ما SISO نبود باید تبدیل به SISO کنیم *

20

3) براساس کنترل حلقه:
   1) کنترل حلقه باز
   2) کنترل حلقه بسته *
   3) کنترل پیش خور

25

4) براساس کنترل کننده
   1) آنالوگ یا دیجیتال *
   2) پیوسته یا گسسته *
   3) خطی *
   4) سلسله مراتبی یا تطابقی *

Subject

Year: Month: Date:

۵) براساس سیستم تحت کنترل (فرایند) { ۱) زمان گسسته یا پیوسته
۲) خطی یا غیر خطی ★

اگر سیستم خطی نباشد باید با فرمول یافتن خطی سازی کنیم

۵,۱) سیستم تغییر ناپذیر با زمان

۵,۲) سیستم تغییر ناپذیر با زمان ★

۶) براساس نوع متغیر حالت { گرادیانته ★
مسیر و مکانیسم ★

۷) براساس تحلیل، طراحی و پایداری { ۱) سیستم های متغیر با فرکانس ★
۲) سیستم های متغیر با زمان ★

در سیستم های کنترل خطی با موارد زیر سر کار داریم که در صفحات قبل با ★ علامت گذاری شده .

تا اینجا یادگرفتید

تاریخچه سرک:

فیدبک: استفاده از اندازه‌گیری خروجی برای کنترل

خروجی را کنترل کنیم و به مقدار مطلوب

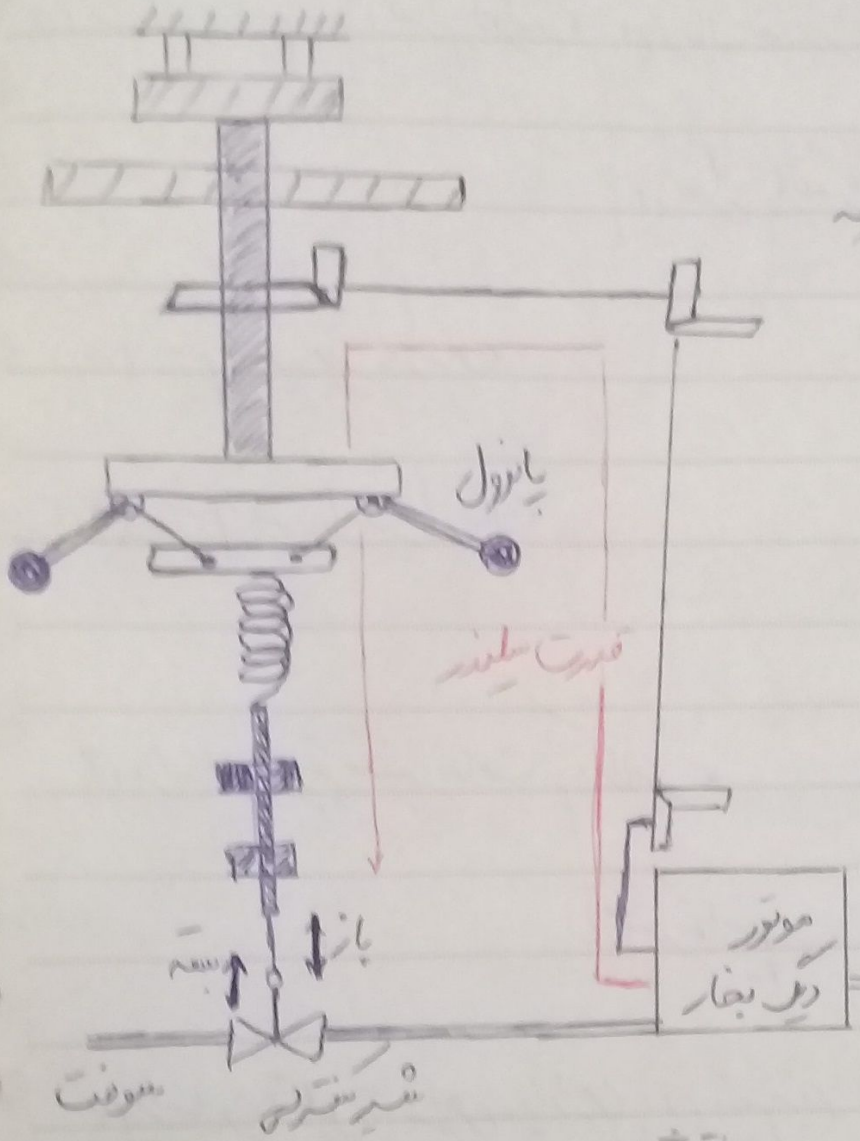
برسانیم یا عملی به آن کنیم

اختلاف بین خروجی سیستم

و ورودی

با وجود

احساس کنیم یا نکنیم.



نام‌گذاری سیستم‌های کنترلی:

احساس ← $D(s)$

سرک کننده ← $K(s)$

سیستم (سامانه) ← $G(s)$

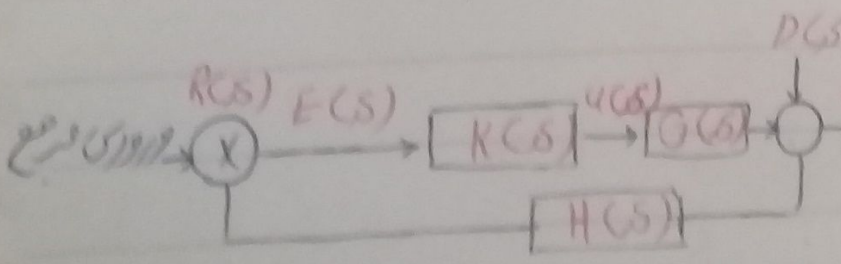
خروجی سیستم ← $C(s)$

فیدبک ← $H(s)$

ورودی مرجع ← $R(s)$ (ورودی مطلوب)

سیگنال خطا (اختلاف) ← $E(s)$

ورودی تأثیرپذیر ← $U(s)$



$E(s) = C(s) - R(s)$

Eiffel

Subject:
Year. ۹۷ Month. ۷ Date. ۲۴ ( )

نکته: سیم کنترل حلقه بسته با رسم شکل مانند پایین صفحه قبل.

$E(S) = C(S) - R(S)$ سیم را حلقه بسته با فیدبک واحد گویند اگر $H(S) = 1$

$E(S) \neq C(S) - R(S)$ سیم را حلقه بسته با فیدبک غیر واحد گویند اگر $H(S) \neq 1$

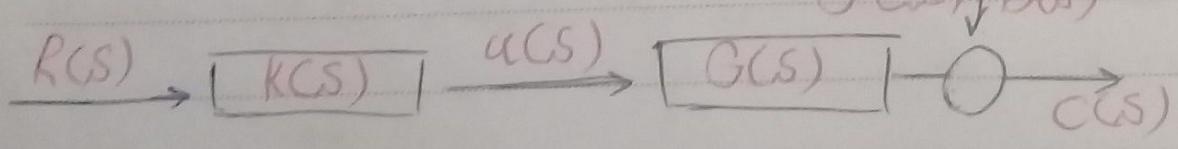
مسیر پیشرو ← $E(S) \rightarrow C(S)$ مسیر فیدبک: مسیری که از خروجی شروع شود و از $H(S)$ بگذرد

سیم کنترل حلقه بسته:

در این سیم ها شخصی خروجی با استفاده از عناصر اندازه گیری (ترانسمیتر ها) اندازه گیری شده و با ورودی مرجع مقایسه شده و با سیگنال خطای $E(S)$ ظاهر شده توسط کنترل کننده با مقدار دستور داده می شود تا $C(S)$ را به مقدار مطلوب $R(S)$ برساند (عمده عمده سیم های مورد استفاده در صنعت از این نوع سیم می باشد.

سیم کنترل حلقه باز:

در این سیم ها ورودی بر اساس تجربه و مستقل از خروجی عمل می کند. فرآیند و ساخت آنالوگ سیم ها عموماً دشوارتر از حلقه بسته می باشد (به دلیل آنکه برنامه ریزی جهت پیش بینی اغتشاشات وارده به سیم باید در حین انجام شود) و معمولاً در مواردی که اندازه گیری خروجی مقرون به صرفه نباشد و یا اغتشاش در روند خروجی مطلوب اخلال ایجاد نکند از این سیم ها استفاده می کند.



مدلسازی سیستم کنترل حلقه باز: نداشتن مشکل پایداری

- سادگی ساده تر و ارزان تر در مقایسه با حلقه بسته (در سیستم های معمولی)

- تعمیر و نگهداری آسان تر

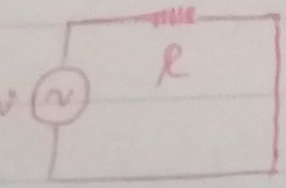
معایب سیستم کنترل حلقه باز:

- در این گونه سیستم ها اغتشاش باعث تغییر کالیبره اصولی می شود و ممکن است خروجی با خروجی مطلوب ما تفاوت زیادی داشته باشد.

- فرآیند های ناپایدار قابل کنترل نیستند.

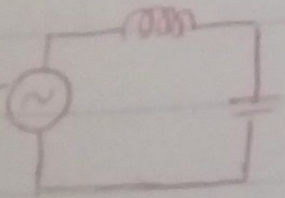
فصل دوم: مدلسازی دینامیکی سیستم ها

سیستم ایستا (استاتیک، پایا): خروجی در هر لحظه به ورودی در همان لحظه بستگی دارد.



$I = \frac{V}{R}$

سیستم دینامیکی (پویا): در اینگونه سیستم ها خروجی در هر لحظه علاوه بر ورودی در همان لحظه به ورودی قبل نیز وابسته است. یعنی در اینگونه سیستم ها المان های ذخیره ساز (حافظه دار) وجود دارد که معمولا اثر ورودی به طور آنی در خروجی ظاهر نمی شود



PAPYRUS

* سیستم خطی سیستمی است که اصل برهم نهی یا جمع آثار، به عبارتی خروجی حاصل از جمع چند ورودی برابر مجموع خروجی ها در حالتی است که هریک از ورودی ها به تنهایی اعمال شود یا پاسخ ناشی از اعمال همزمان دو تابع تحریک با مجموع پاسخ به تک تک آن ها برابر است.

- در حل سیستم خطی وجود ندارد، پس جهت فهم راحت تر سیستم های واقعی آن ها را خطی سازی می کنیم.

نکته: در سیستم های MISO می توان ورودی ها را تک تک اعمال کرد و خروجی ها را با هم جمع کرد.

نکته: در سیستم های خطی ضرب ورودی در یک ضریب ثابت خروجی نیز به همان نسبت تغییر می کند.

سیستم های مستقل از زمان: در این گونه سیستم ها پارامترهای سیستم در طول کار سیستم نسبت به زمان ثابت می باشند یعنی معادله دیفرانسیل سیستم خطی دارای ضرایب ثابت می باشد.

سیستم های متغیر با زمان: سیستم هایی که معادله دیفرانسیل آن ها دارای ضرایب تابعی از زمان باشد یعنی پارامترهای سیستم نسبت به زمان تغییر می کند و قالب سیستم های فیزیکی اطرافی دارند که با زمان تغییر می کند

مثال: سیم شترلی (ترمیم هوایها کم شدن وزن هواپیما باعث کاهش سوخت)

مثال: سیم موتور الکتریکی (با گذشت زمان از کار کردن موتور با گرم شدن سیم مقاومت سیم بیشتر شده باعث کاهش یا افزایش مقاومت خواهد شد)

خطاهایی که باعث اصلاح بین ورودی و خروجی می شوند:

دو عامل طبیعت دینامیکی سیم و خطای حالت ماندگار باعث بروز اصلاح بین ورودی و خروجی در یک سیم می شود.

خطای حالت ماندگار: این نوع خطا از مشخصات ذاتی سیم نشأت می گیرد، یعنی باعث می شود که ورودی و خروجی مطلوب همواره مقاومت داشته باشد به این میزان اصلاح خطای حالت دائمی گویند.

پاسخ گذرا: مدت زمانی که طول می کشد که پس از اعمال ورودی به سیم خروجی به حالت دائمی برسد پاسخ سیم در این بازه زمانی را پاسخ گذرا گویند. فقط در سیم های دینامیکی اتفاق می افتد.

اهداف تحلیل و بررسی سیم های کنترلی: ۱) بررسی پایداری سیم ۲) بهبود خطای دائمی سیم ۳) بهبود پاسخ گذرا ۴) کاهش حساسیت سیم

Subject:
Year. Month. Date. ( )

بررسی سیستم های LTI: سیستم هایی هستند که خطی بوده و مستقل از زمان هستند.

روش های بررسی سیستم های LTI:

۱) معادله‌ی دیفرانسیل ۲) پاسخ ضربه ۳) نمایش دیاگرام بلوکی

۴) نمایش تابع شبکه ۵) نمایش گذر سیگنال SFG ۶) نمایش فضای حالت

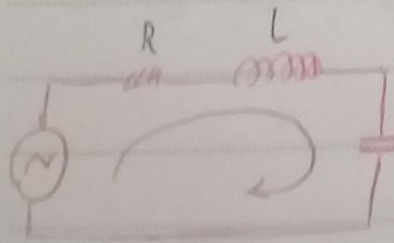
معادله‌ی حالت
تابع انتقال
نمودار حالت

- نمایش معادله‌ی دیفرانسیل:

$$a_n \frac{d^n y}{dt^n} + a_{n-1} \frac{d^{n-1} y}{dt^{n-1}} + \dots + a_0 y = b_m \frac{d^m u}{dt^m} + \dots + b_0 u + \text{شرایط اولیه}$$

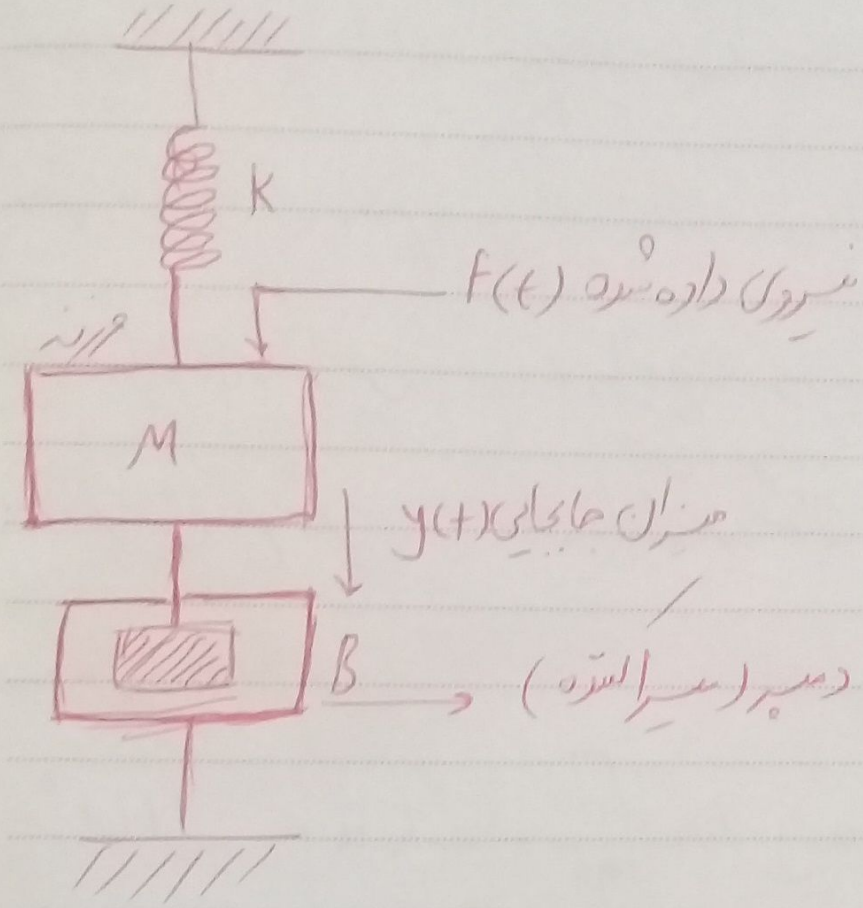
u = ورودی سیستم، y = خروجی سیستم، b_m ضرایب سیستم، a_n ضرایب سیستم

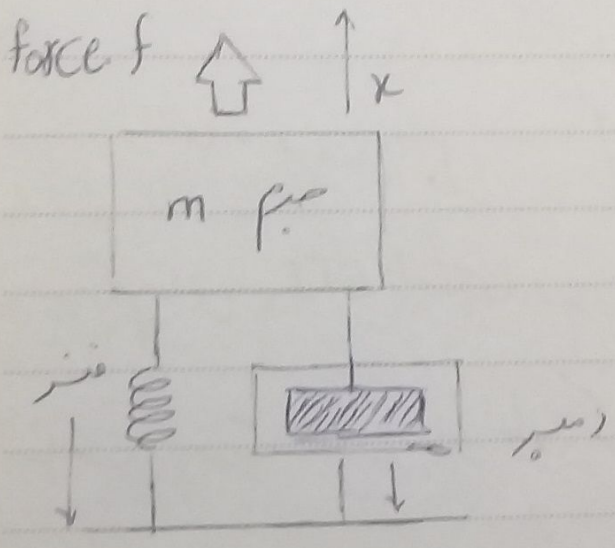
در سیستم های LTI رابطه‌ی ورودی و خروجی یک سیستم را می‌توان با یک معادله‌ی دیفرانسیل با ضرایب ثابت صورت رابطه‌ی بالا بیان کرد. که بعضی وسایل از پدیده های مختلفی را که معمولا بصورت معادلات دیفرانسیل مدل می‌کنند.



$$Ri(t) + L\frac{di}{dt} + \frac{1}{C}\int i(t)\,dt = V_t$$

t: متغیر مستقل $i(t)$: متغیر وابسته که حاصل معادله بدست می‌آید V_t تابع اعمالی





خالص نیروی وارد بر جرم عبارت است از:

$$= f - Kx - cv$$

$$= f - Kx - c\frac{dx}{dt}$$

همچنین نیروی اینرسی جرم با برابر است با:

$$= ma = m\frac{d^2x}{dt^2}$$

بنابراین:

ضریب میرایی — ثابت فنر — نیرو

$$m\frac{d^2x}{dt^2} + c\frac{dx}{dt} + Kx = f$$

تابع تبدیل

در سیستم های LTI اگر معادله دیفرانسیل یک سیستم LTI را از حوزه زمان تا به حوزه فرکانس S ببریم و از آن تبدیل لاپلاس بگیریم با شرط داشتن شرایط اولیه صفر $H(S)$ تابع تبدیل خواهد بود

$$u(t) \rightarrow \boxed{h(t)} \rightarrow y(t) \qquad y = \frac{dy}{dt}$$

$$u(S) \rightarrow \boxed{H(S)} \rightarrow y(S) \qquad H(S) = \frac{y(S)}{u(S)} \quad \text{شرایط اولیه صفر}$$

$$a_n y^{n} + a_{n-1} y^{(n-1)} + \dots a_0 y = b_m u^{m} + b_{m-1} u^{m-1} + \dots b_0 u$$

(خروجی سیستم) — (ورودی سیستم)

$N(S)$

$$H(S) = \frac{b_m u^{m} + b_{m-1} u^{(m-1)} + \dots b_0 u}{a_n y^{n} + a_{n-1} y^{(n-1)} + \dots a_0 y} = \frac{y(S)}{u(S)}$$

$D(S)$

مخرج تابع تبدیل $D(S)$ ← معادله مشخصه سیستم (خروجی سیستم) $D(S)$

صورت تابع تبدیل را با $N(S)$ نمایش می دهیم. (ورودی سیستم) $N(S)$

نکته: با استفاده از مفهوم تابع تبدیل می توان رفتار دینامیکی سیستم ها را با معادلات جبری برحسب S (حوزه فرکانس) توصیف کرد.

- اگر درجه چند جمله ای مخرج n باشد سیم را مرتبه nام می نامند.

سیم سره: اگر درجه چند جمله ای صورت برابر درجه چند جمله ای مخرج باشد سره گوییم $m=n$

" اکیدا سره: اگر درجه چند جمله ای مخرج بزرگتر از درجه چند جمله ای صورت باشد اکیدا سره گوییم $n>m$

" نامسره: اگر درجه چند جمله ای صورت بزرگتر از درجه چند جمله ای مخرج باشد نامسره گوییم $n<m$

- اگر N(s) (صورتی سیم) را برابر صفر قرار دهیم ریشه های N(s) (چند جمله ای صورت) صفرهای سیم گفته می شود که با z یا zero نمایش داده می شود.

- اگر D(s) (مخرجی سیم) را برابر صفر قرار دهیم ریشه های D(s) (چند جمله ای مخرج) قطب های سیم گویند که با p نمایش داده می شوند.

اگر جواب بدست آمده یک عدد محدود باشد خروجی بدست آمده مقدار DC سیم است $\lim_{s\to 0} H(s)$

برای بدست آوردن DC سیم اگر از جواب تابع تبدیل lim بگیریم و دیدیم صفر میل کند خروجی بدست آمده اگر عددی محدود باشد (یعنی بدون ضریب) مقدار DC سیم و به آن سیم استاتیل می گویند

نکاتی درباره تابع تبدیل:

- تابع تبدیل فقط برای معادله ی دیفرانسیل سیم های LTI (خطی) قابل اعمال است و

Subject:
Year. Month. Date. ( )

سان دهنده رابطه متغیر ورودی و خروجی سیستم است.

۲) تابع تبدیل مشخصه‌ای از خود سیستم و مستقل از اندازه‌ی و ماهیت ورودی و تابع تحریک است.

۳) اگر تابع تبدیل یک سیستم معلوم باشد می‌توان خروجی یا پاسخ به شکل‌های مختلف ورودی را بررسی کرد.

۴) تابع تبدیل توصیف کاملی از مشخصات دینامیکی سیستم را در بر دارد ولی توصیف فیزیکی سیستم را بیان نمی‌کند.

- نمایش با پاسخ ضربه:

سیستم‌های LTI از نوع سیستم‌های کانالوشن هستند به این معنی که خروجی آن‌ها را می‌توان از کانالوشن پاسخ ضربه سیستم با ورودی دلخواه بدست آورد. به همین دلیل یک مدل سیستم مفید برای سیستم‌های LTI تک ورودی و تک خروجی نمایش آن با پاسخ ضربه $h(t)$ است.

$u(t) \rightarrow [h(t)] \rightarrow y(t)$ $\quad y(t) = h(t) \star u(t) \rightarrow y(t) = \int_{0}^{t} u(t).g(t-T)\,dt$ (حوزه زمان)

$u(s) \rightarrow [H(s)] \rightarrow y(s)$

فرم در حوزه مختلط یا کانالوشن در حوزه زمان هم‌ارز است.

$H(s) = \frac{y(s)}{u(s)} \rightarrow y(s) = H(s) \cdot u(s)$ | با شرط شرایط اولیه صفر