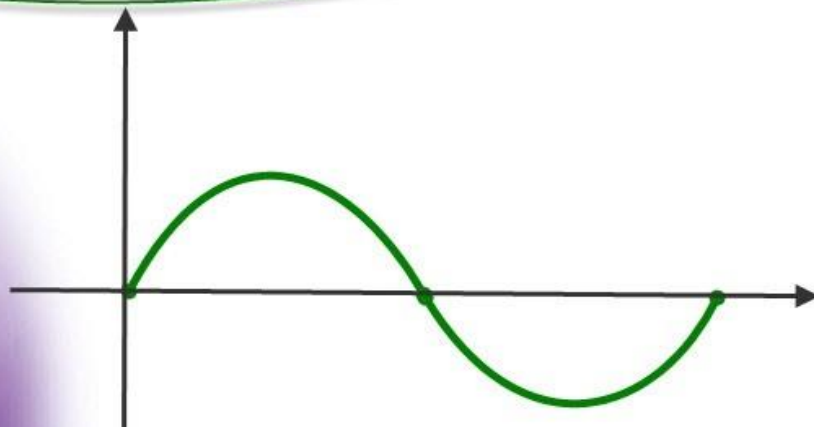


برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم



برای دریافت فایل word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

موضوع پروژه:

# مقدمه ای بر سیستم های اندازه گیری



برای خرید فایل word این پروژه [اینجا کلیک کنید](#).

( شماره پروژه = ۳۶۸ )

پشتیبانی: ۰۹۳۵۵۴۰۵۹۸۶

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

چکیده:

در مورد مشخصه های استاتیکی یا حالت ماندگار المانهای سیستم اندازه گیری (مشخصه های سیستماتیکی) از قبیل غیر خطی و تاثیرات محیطی برای اولین بار توضیح داده شد. این ها سوق داده شد به طرف پیدا کردن مدل عمومی المان. مشخصه آماری و سپس تکرار پذیری بحث شد. قسمت آخر چگونگی اندازه گیری این مشخصه را بصورت تجربی و کالیبراسون و استفاده از انواع استانداردها را توضیح داد.

چونگی پیدا کردن خطای سیستم کامل تحت شرایط ماندگار. خطای اندازه گیری تعریف می شود و سپس تابع چگالی احتمال المانهای غیر خطی از آن استنتاج می شود و یک مثال از سیستم اندازه گیری دما زده می شود و نیز متدهای کاهش خطا بیان می شود.

و نحوه استفاده از مدار معادل و تواناییهای که شبکه های دو قطبی در توصیف تاثیرات inter-element و process loading را دارند بیان می شود.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

فهرست

- (۱) مقدمه.....
- (۲) مشخصه های استاتیکی سیستم های اندازه گیری.....
- (۲,۱) مشخصه های سیستمی.....
- (۲,۲) مدل عمومی المان سیستم.....
- (۲,۳) مشخصه های آماری.....
- (۲,۴) شناسایی مشخصه های استاتیکی کالیبراسیون.....
- (۳) دقت سیستمهای اندازه گیری در حالت ماندگار.....
- (۳,۱) اندازه گیری خطای سیستم با المان های خطی.....
- (۳,۲) تابع چگالی احتمال یک سیستم با المان های غیر ایده آل.....
- (۳,۳) تکنیکهای کاهش خطا.....
- (۴) خصوصیات دینامیکی سیستمهای اندازه گیری.....
- (۴,۱) تابع تبدیل  $G(S)$  برای عناصر نمونه سیستمی.....
- (۴,۲) شناسایی مشخصه های دینامیکی یک المان.....
- (۴,۳) خطاهای پویا در سیستم های اندازه گیری.....
- (۴,۴) تکنیکهای جبران دینامیکی.....
- (۵) تاثیرات بار و دو قطبها.....
- (۵,۱) بار الکتریکی.....
- (۵,۲) شبکه دو قطبی.....
- منابع.....

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

## فصل ۲



مشخصه های استاتیکی سیستم های اندازه گیری

WikiPower.ir

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

در این فصل در مورد مشخصه ها و المانهای معمولی که ممکن دخیل و تاثیر داشته باشه روی عملکرد سراسری سیستم بحث می کنیم.

این فصل با مشخصه هایی ایستا و حالت دائمی ارتباط دارد. اینها ارتباط هایی هستند که ممکن بین خروجی و بین ورودی از المانها زمانی که ورودی مقدار ثابتی دارد یا به آهستگی تغییر می کند اتفاق می افتد.

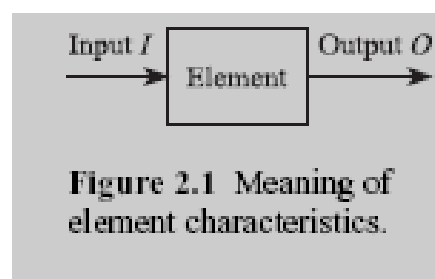


Figure 2.1 Meaning of element characteristics.

## ۲,۱) مشخصه های سیستمی

مشخصه های سیستمی آنهایی هستند که میتوان دقیقا بوسیله ریاضی و یا وسایل گرافیکی کمیت بندی بشوند.

### رنج

رنج ورودی از المانها بوسیله مقادیر از رنج خروجی بوسیله مقادیر  $I_{MIN}$  to  $I_{MAX}$ , i.e.  $I$ , معین می شود.  $O_{MIN}$  to  $O_{MAX}$ , i.e.  $O$  بدین گونه فشار ترانسدیوسر ممکن رنج ورودی و رنج خروجی بین یک ترمو کوپل ممکن رنج ورودی و رنج خروجی بین داشته باشه.

محدوده

محدوده تغییر در ورودی با خروجی است. محدوده ورودی,  $I_{MAX} - I_{MIN}$  است و محدوده

$O_{MAX} - O_{MIN}$  خروجی است. بنابر این در مثال بالایی فشار ترانسدیوسر محدوده ورودی و محدوده

خروجی را دارد ترمو کوپل محدوده ورودی و محدوده خروجی را دارد.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

خط راست ایده آل

المانی خطی است اگر مقادیر متناظر از روی یک خط راست بیافتد. خط راست ایده آل ارتباطی بین نقاط  $A(I_{MIN}, O_{MIN})$  و  $B(I_{MAX}, O_{MAX})$  (Figure 2.2) ایجاد می کند و بنابر این معادله ای بصورت زیر دارد:

$$O - O_{MIN} = \left[ \frac{O_{MAX} - O_{MIN}}{I_{MAX} - I_{MIN}} \right] (I - I_{MIN}) \quad [2.1]$$

$$O_{IDEAL} = KI + a \quad [2.2]$$

$$K = \text{ideal straight-line slope} = \frac{O_{MAX} - O_{MIN}}{I_{MAX} - I_{MIN}}$$

and

$$a = \text{ideal straight-line intercept} = O_{MIN} - KI_{MIN}$$

بنابر این خط راست ایده آل برای ترانسدیوسر:

$$O = 1.6 \times 10^{-3}I + 4.0$$

خط راست ایده آل مشخصه های ایده آل یک المان را معرفی می کند. مشخصه های غیر خطی می توانند بر حسب انحراف از خط راست مستقیم کمیت بندی شوند.

غیر خطی

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

در موارد زیادی ارتباط خط راست که بوسیله معادله [2.2] تعریف می شود تابعیت نمی کند و المان غیر خطی نامیده می شود. غیر خطی می تواند بر حسب یک تابع که تفاوت بین رفتار واقعی و خط راست ایده آل است تعریف شود.

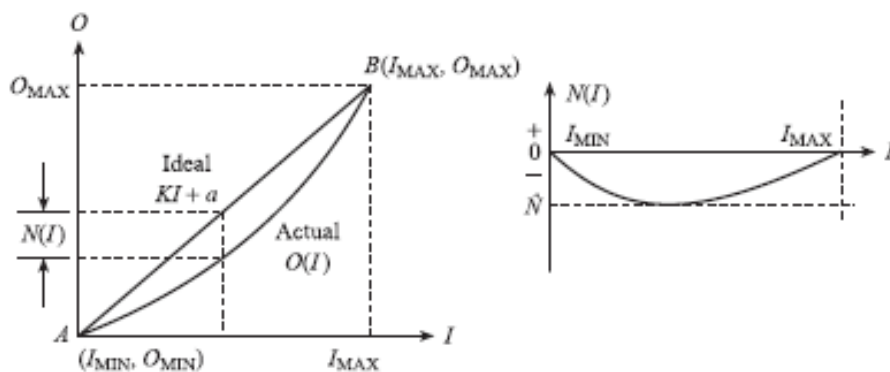
$$N(I) = O(I) - (KI + a)$$

or

$$O(I) = KI + a + N(I)$$

غیر خطی ها اغلب بر حسب max غیر خطی  $N(I)$  کمیت بندی می شود به طوریکه max انحراف بر حسب در صد به صورت زیر است.

$$\text{Max. non-linearity as a percentage of f.s.d.} = \frac{\hat{N}}{O_{\text{MAX}} - O_{\text{MIN}}} \times 100\%$$



با در نظر گرفتن فشار یک ترانسدیوسر که تفاوت بین مقدار واقعی و خط راست ایده آل آن است، اگر محدوده خروجی باشد پس max انحراف بر حسب در صد آن است. در موارد زیادی و بنابراین می تواند مانند یک چند جمله ای بیان شود.



برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

$$O(I) = a_0 + a_1 I + a_2 I^2 + \dots + a_q I^q + \dots + a_m I^m = \sum_{q=0}^m a_q I^q \quad [2.6]$$

برای مثال تغییر دمای یک ترموالکتریکی که در پیوند دو تا فلز نا همانند مثلا برای e.m.f یک ترموکوپل ۴ تا جمله اول در چند جمله ای بصورت زیر است.

$$E(T) = 38.74T + 3.319 \times 10^{-2} T^2 + 2.071 \times 10^{-4} T^3 - 2.195 \times 10^{-6} T^4 + \text{higher-order terms up to } T^8 \quad [2.7a]$$

برای رنج ۰ تا ۴۰۰ نقطه ای که  $E=0 \mu V$  در  $T=0^\circ C$  و  $E=20869 \mu V$  در  $T=400^\circ C$

است معادله خط راست ایده آل:

$$E_{\text{IDEAL}} = 52.17T \quad [2.7b]$$

وتابع غیر خطی:

$$\begin{aligned} N(T) &= E(T) - E_{\text{IDEAL}} \\ &= -13.43T + 3.319 \times 10^{-2} T^2 + 2.071 \times 10^{-4} T^3 \\ &\quad - 2.195 \times 10^{-6} T^4 + \text{higher-order terms} \end{aligned} \quad [2.7c]$$

در بعضی موارد بیانهای غیر از چند جمله ای بیشتر متناسب است. برای مثال مقاومت اهم از ترمیستور در دمای بصورت زیر است

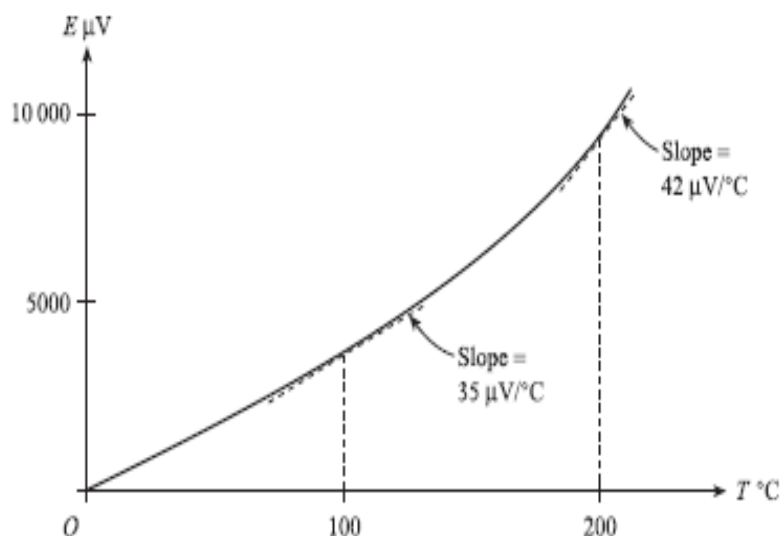
$$R(T) = 0.04 \exp\left(\frac{3300}{T+273}\right) \quad [2.8]$$

حساب است

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

$\Delta O$  تغییرات در خروجی  $O$  برای میزان تغییرات در  $\Delta i$  در ورودی  $i$  است. حساسیت  $\Delta O/\Delta i$  است. در حالت حدی که  $\Delta i$  به  $0$  میل میکند  $\Delta O/\Delta i$  به مشتق  $dO/di$  میل می کند. برای یک المان خطی  $dO/di$  معادل با شیب  $k$  از خط مستقیم است. برای فشار ترانسدیوسر بالایی حساسیت است. برای المان غیر خطی حساسیت شیب مشخصه خروجی به ورودی است. نمودار مشخصه دما-emf برای یک ترموکوپل نوع  $T$  نشان می دهد.

Figure 2.3  
Thermocouple sensitivity.



### Environmental effects

در کل خروجی  $O$  نه تنها به سیگنال  $i$  بلکه به ورودی های محیطی از قبیل دمای محیطی، فشار هوا، رطوبت نسبی و منبع ولتاژ و غیره بستگی دارد. بنابراین این معادله بقدر کافی نشان دهنده رفتار المان در شرایط استاندارد است.

اگر فشار اتمسفر و منبع ولتاژ باشد بنابراین این معادله باید با ملاحظه انحراف در شرایط محیطی استاندارد اصلاح شود.

دو نوع ورودی محیطی اصلی داریم:

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آر م سایت و به همراه فونت های لازمه

یک ورودی متغیر  $I_M$  سبب تغییر حساسیت خطی المان می شود.  $K$  حساسیت در شرایط استاندارد زمانی که  $I_M = 0$  است. اگر ورودی از مقدار استاندارد تغییر کند پس  $I_M$  انحراف از شرایط است و حساسیت  $K$  به  $K + K_M I_M$  تغییر می کند. جایکه  $K_M$  تغییر در حساسیت به ازای تغییر واحد در  $I_M$  است. نمودار تاثیرات دمای محیطی را روی المان خطی نشان میدهد.

یک ورودی تداخلی  $I_i$  سبب تغییر در  $a$  می شود. در شرایط استاندارد زمانی که  $I_i = 0$  است. اگر ورودی از مقدار استاندارد تغییر کند پس  $I_i$  انحراف از شرایط است.  $a$  به  $a + K_i I_i$  تغییر می کند.  $K_i$  تغییر در عرض از مبدا به ازای تغییر واحد در  $I_i$  است. نمودار تاثیرات تداخلی دمای محیطی روی المان خطی را نشان می دهد.

به ثابتهای coupling محیطی با حساسیت بر می گردد. بنابراین ما باید معادله را تغییر دهیم.

$$O = KI + a + N(I) + K_M I_M I + K_I I_I \quad [2.9]$$

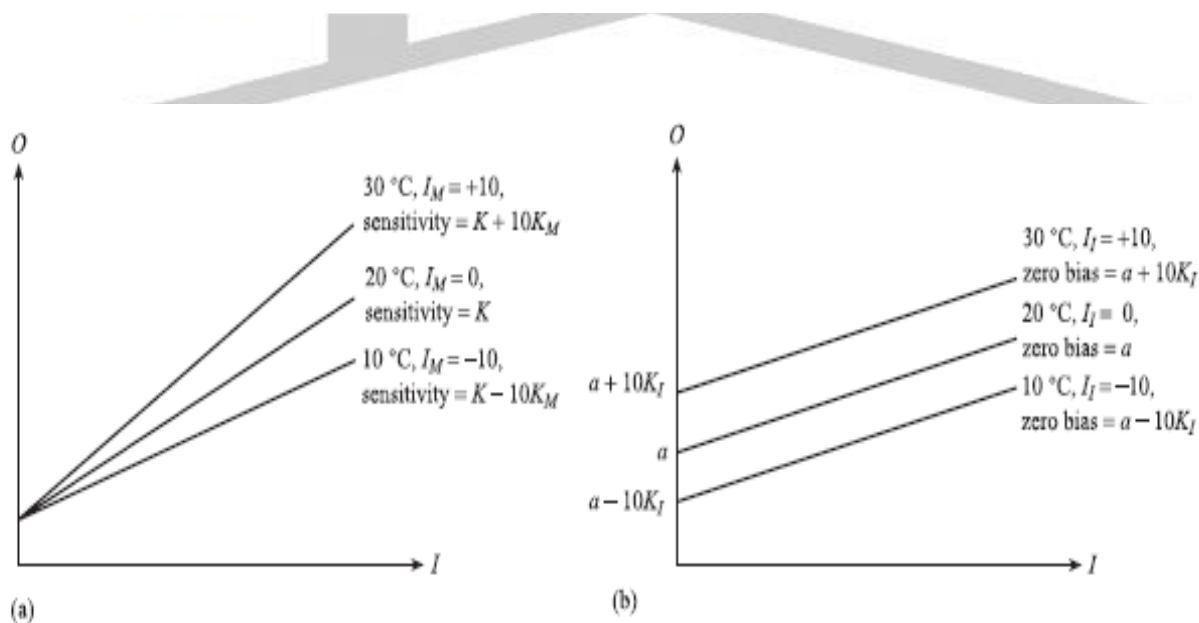
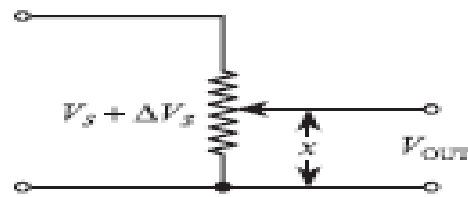


Figure 2.4 Modifying and interfering inputs.

در نمودار مثالی از ورودی متغیر تغییر در منبع ولتاژ از سنسور پتانسیو متریک جا به جایی و تغییر دمای در ترموکوپل که نمونه ای از ورودی تداخلی است نشان داده شده است.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم



If  $x$  is the fractional displacement, then  
 $V_{OUT} = (V_S + \Delta V_S)x$   
 $= V_S x + \Delta V_S x$

Figure 2.5

## Hysteresis

برای یک مقدار مورد نظر  $O$  ممکن وابستگی متفاوتی به افزایشی یا کاهشی بودن آن داشته باشد. هیستریزیس تفاوت بین این دو مقدار است.

$$\text{Hysteresis } H(I) = O(I)_{\downarrow} - O(I)_{\uparrow} \quad [2.10]$$

Max هیستریزیس بر حسب درصد به صورت زیر است.

$$\text{Maximum hysteresis as a percentage of f.s.d.} = \frac{\hat{H}}{O_{MAX} - O_{MIN}} \times 100\% \quad [2.11]$$

یک نمونه خوب برای هیستریزیس در شکل است که یک سیستم چرخ دنده برای تبدیل حرکت خطی به چرخش زاویه ای است. به علت واکنش شدید یا بازی کردن چرخ دنده ها در چرخش زاویه  $\theta$  مقدار بستگی مختلفی به جهت حرکت انتقالی  $x$  دارد.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آر م سایت و به همراه فونت های لازمه

Figure 2.6 Hysteresis.

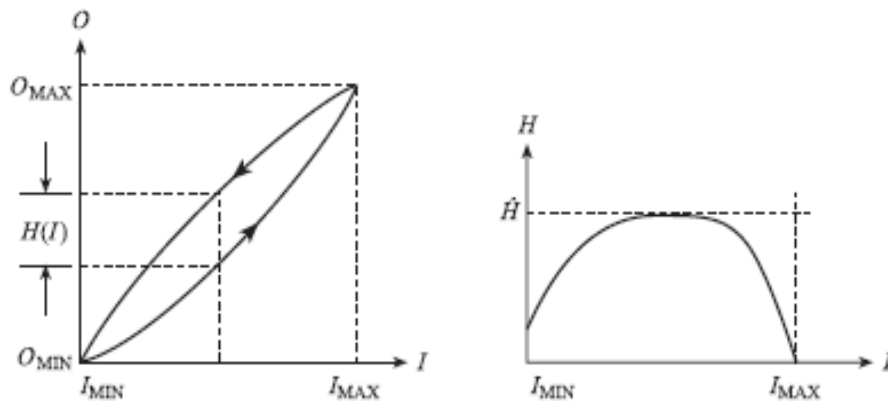
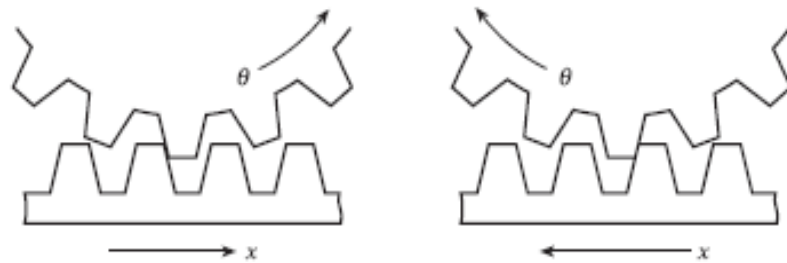


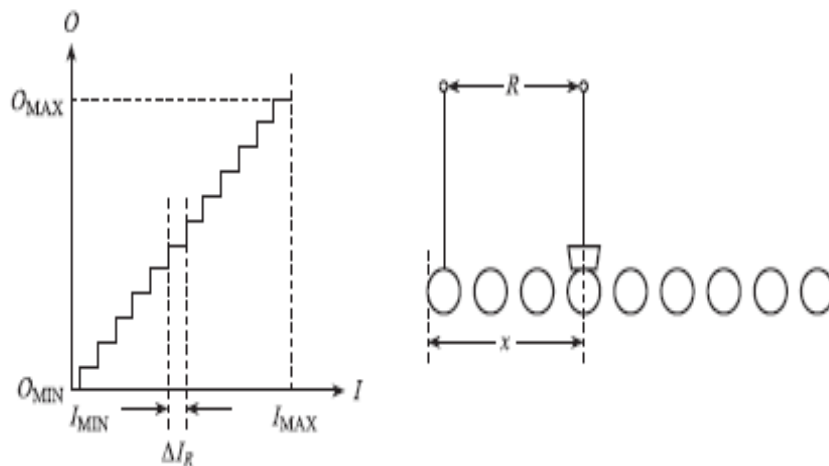
Figure 2.7 Backlash in gears.



### Resolution

بعضی المانها دارای افزایش در یک سری از پله ها یا پرش در پاسخ به ورودیهای افزایشی پیوسته هستند. تفکیک پذیری بزرگترین تغییر در ورودی است که می تواند بدون تغییر متناظر در خروجی رخ دهد.

Figure 2.8 Resolution and potentiometer example.



برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

بنابر نمودار تفکیک پذیری پهن ترین  $\Delta I_R$  بازه است. تفکیک پذیری بر حسب در صد به صورت زیر است.

$$\frac{\Delta I_R}{I_{MAX} - I_{MIN}} \times 100\%$$

یک مثال عمومی پتانسیل متر سیم پیچ خورده است. در پاسخ به افزایش پیوسته مقاومت در یک سری بازه افزایش می یابد. سایز هر بازه معادل مقاومت یک چرخش تنها است. بنابراین این resolution ۱۰۰ چرخش پتانسیل متر 1% است.

### خوردگی و طول عمر

این تاثیر می تواند سبب شود که ویژگی  $k$  و  $a$  المان به آرامی تغییر کند ولی به طور سیستمی در سراسر عمر فنر وجود دارد. یک مثال کاهش تدریجی سختی یک فنر در درازا به علت فرسو دگی است.

$$k(t) = k_0 - bt \quad [2.12]$$

جایی که  $k$  سختی اولیه فنر و  $a$  ثابت است. مثال دیگر ثابتهای یک ترمو کوپل اندازه گیری دمای گاز خروجی از کوره تصفیه نفت است.

### بازهای خطا

تاثیرات غیر خطی شامل هیستریزیس و تاثیرات resolution در تعداد زیادی از سنسورهای مدرن و ترانسدیوسر که خیلی کوچکند تعیین دقیق هر تاثیر کار سخت و بی ارزش است. در این موارد سازنده عملکرد المان با بازه خطا تعریف می کند.

در اینجا سازنده برای هر مقدار خروجی را بین  $\pm h$  از مقدار خط راست ایده آل تعیین کرده است. در اینجا گفته دقیق یا سیستماتیکی از عملکرد المان بوسیله بیان آماری توسط تابع چگالی احتمال جایگزین می شود.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

در کل تابع احتمال  $p(x)$  تعریف می شود. بنابراین انتگرال  $\int_{x_1}^{x_2} p(x) dx$  (معادل ناحیه زیر منحنی بین در نمودار) احتمال از محصور شده بین است. در این مورد تابع چگالی احتمال به شکل مستطیل است.

Figure 2.9 Error bands and rectangular probability density function.

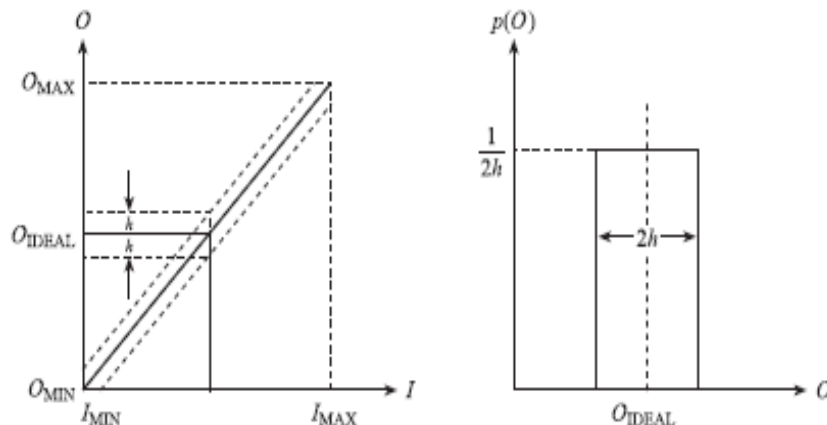
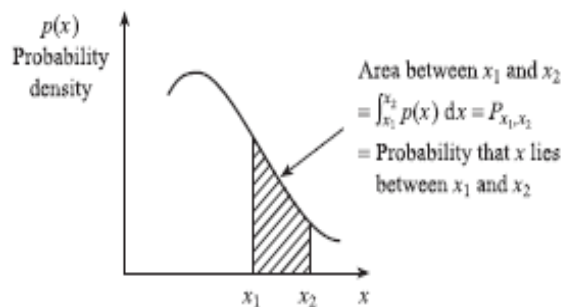


Figure 2.10 Probability density function.



$$p(O) \begin{cases} = \frac{1}{2h} & O_{\text{IDEAL}} - h \leq O \leq O_{\text{IDEAL}} + h \\ = 0 & O > O_{\text{IDEAL}} + h \\ = 0 & O_{\text{IDEAL}} - h > O \end{cases} \quad [2.13]$$

ناحیه مستطیلی برابر واحد است. این احتمال خروجی بین است.

۲,۲ مدل عمومی المان سیستم

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

اگر هیسستریزیس و تاثیرات دقت در المان مطرح نباشد ولی تاثیرات محیطی و غیر خطی بودن مطرح باشد پس خروجی حالت ماندگار المان بطور عمومی از معادله زیر بدست می آید.

$$O = KI + a + N(I) + K_M I_M I + K_I I_I \quad [2.9]$$

نمودار این معادله را در به منظور نمایش مشخصه استاتیکی نشان می دهد. مثالهایی از مدل عمومی در شکل ۲، ۱۲ (c), (b), (a), نشان داده شده است. که خلاصه مشخصه های دینامیکی و استاتیکی بترتیب از کشش سنج و ترموکوپل و شتاب سنج است. مقاومت کشش سنج و ضریب کشش است. غیر خطی و تاثیرات دینامیکی می تواند مورد غفلت قرار بگیرند، اما مقاومت بوسیله دمای محیطی بخوبی میتواند متاثر شود. این دما همانند یک ورودی تداخلی و متغیر عمل می کند. این در روی حساسیت کشش و مقاومت در کشش ۰ تاثیر می گذارد.





برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آر سایت و به همراه فونت های لازم

Figure 2.11 General model of element.

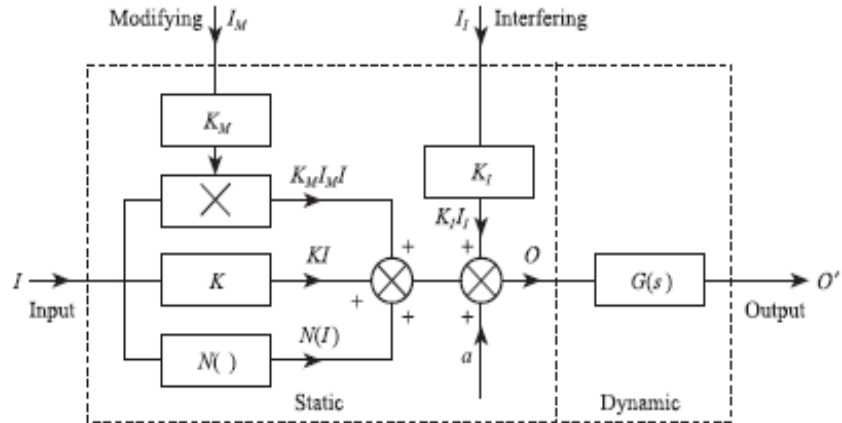
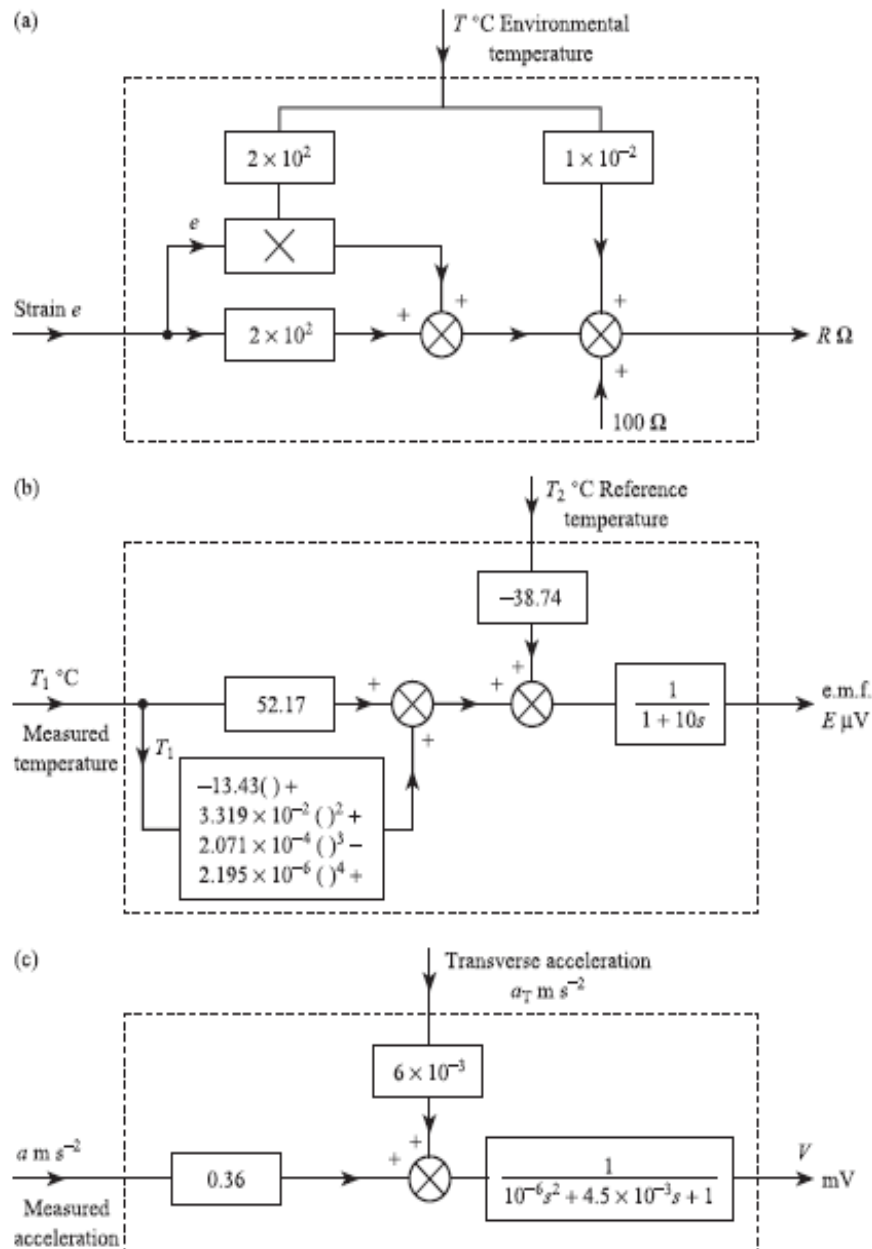


Figure 2.12 Examples of element characteristics:  
 (a) Strain gauge  
 (b) Copper-constantan thermocouple  
 (c) Accelerometer.



برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

ترموکوپل مس-کنستانت بین دمای 0 تا 400 را نشان می دهد. نمودار بوسیله معادله رسم شده است و برای خط راست مستقیم و توابع متغیر غیر خطی رسم شده است. اینها برای ۱ پیوند تنها اعمال می شود. نصب یک ترموکوپل شامل دو تا پیوند می شود. (شامل یک پیوند اندازه گیری در دمای و پیوند مبنا در دمای) منتهی تفاوت بین پتانسیل دو تا پیوند است و بنابراین بستگی به دمای  $T_1$  و  $T_2$  دارد.

$E(T_1, T_2) = E(T_1) - E(T_2)$  و بنابراین این ورودی تداخلی است. مدل به کار برده شده در حالت برابری کمی با دارد، بنابراین این میتواند تقریب زده شود بوسیله، بزرگترین جمله در معادله حرکات دینامیکی بوسیله تابع انتقال اولیه مورد نیاز در زمان ثابت 10 ثانیه نشان داده شده است.

نمودار یک شتاب سنج با حساسیت خطی و با کمی غیر خطی بودن نشان می دهد. هر شتاب سنج عرضی، که هر شتاب عمودی را اندازه میگیرد، همانند یک ورودی تداخلی عمل می کند. حرکات دینامیکی بوسیله دومین تابع انتقال مورد نیاز با یک فرکانس طبیعی و ضریب میرایی نشان می دهد.

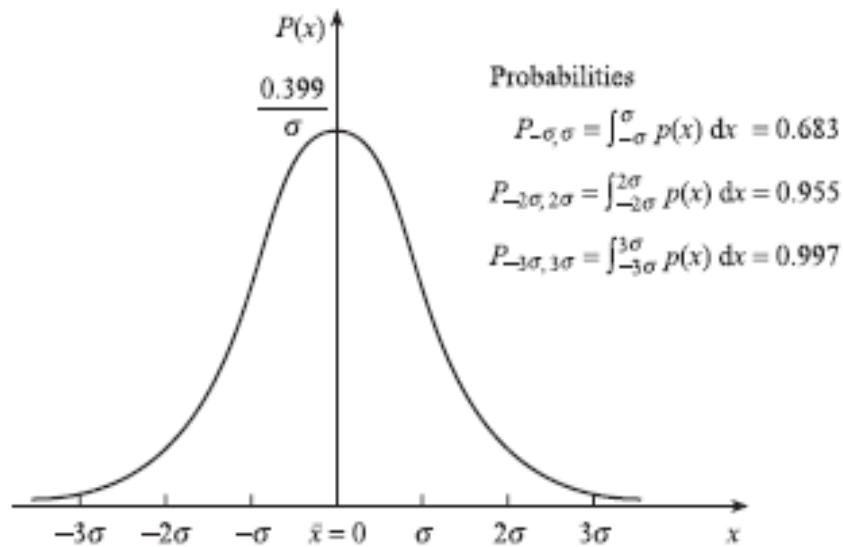
### ۲,۳ مشخصه های آماری

متغیرهای آماری در سیگنال خروجی المان با تکرار پذیری با زمان فرض کنیم که ورودی یک المان تنها مثلاً فشار ترانسدیوسر برای چندین روز در ثابت نگه داشته شود. اگر برای فشار ترانسدیوسر یک مجموعه اعداد از خروجی خوانده شود، اگر مقدار مطلوب 1.0 مورد نظر باشد، یک رنج از مقادیر ۰,۹۹, ۱,۰۱, ۱,۰۰, ۱,۰۲, ۰,۹۸ که حدود مقدار مطلوب بدست می آید این تاثیر از نبودن تکرار پذیری در المان نشأت می گیرد. نبودن تکرار پذیری سبب تاثیرات تصادفی در المان و محیط آن می شود.

غالباً دلیل عمومی از نبود repeatability در خروجی تغییرات تصادفی در ورودیهای محیطی  $I_m$  است. اگر ثابتهای کوپلینگ غیر صفر باشند، پس خروجی همراه با شیفت زمانی خواهد بود. بنابراین این نوسانات تصادفی در دمای محیطی سبب می شود مقاومت کشش سنج یا ولتاژ خروجی amplifier دارای شیفت زمانی باشد.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

Figure 2.13 Normal probability density function with  $\bar{x} = 0$ .



تابع چگالی احتمال خروجی برای ورودیهای  $I$  و  $M$  غالباً شبیه تابع نرمال است و بصورت زیر است.

Normal probability density function

$$p(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{(x - \bar{x})^2}{2\sigma^2}\right] \quad [2.14]$$

where:  $\bar{x}$  = mean or expected value (specifies centre of distribution)

$\sigma$  = standard deviation (specifies spread of distribution).

بنابر این اگر انحراف کوچکی در از مقدار میانگین باشد، این ناشی شده از انحرافات از مفادیر میانگین

مربوطه. پس

$$\Delta O = \left(\frac{\partial O}{\partial I}\right)\Delta I + \left(\frac{\partial O}{\partial I_M}\right)\Delta I_M + \left(\frac{\partial O}{\partial I_I}\right)\Delta I_I \quad [2.15]$$

بنابر این  $\Delta O$  ترکیب خطی از متغیر های  $\Delta I$ ,  $\Delta I_M$  و  $\Delta I_I$  است، این می تواند نشان دهد که اگر متغیر

وابسته  $y$  که بصورت ترکیب خطی از متغیر های .

$$y = a_1x_1 + a_2x_2 + a_3x_3 \quad [2.16]$$

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

واگر دارای توضیح با انحراف معیار های مربوطه باشند، سپس توزیع احتمال غالباً بصورت نرمال و با انحراف معیار است و بوسیله معادله زیر بدست می آید:

$$\sigma = \sqrt{a_1^2 \sigma_1^2 + a_2^2 \sigma_2^2 + a_3^2 \sigma_3^2} \quad [2.17]$$

Standard deviation  
of output for a  
single element

$$\sigma_0 = \sqrt{\left(\frac{\partial O}{\partial I}\right)^2 \sigma_I^2 + \left(\frac{\partial O}{\partial I_M}\right)^2 \sigma_{I_M}^2 + \left(\frac{\partial O}{\partial I_L}\right)^2 \sigma_{I_L}^2} \quad [2.18]$$

جاییکه  $\sigma_{IM}$ ,  $\sigma_{IL}$  و  $\sigma_I$  انحراف معیار های ورودی هستند. بنابراین می تواند بوسیله معادله محاسبه شود، اگر شناخته شده باشند. میانگین مربوطه مقدار مورد نظر المان خروجی از رابطه زیر بدست می آید.

Mean value of output  
for a single element

$$\bar{O} = KI + a + N(I) + K_M I_M + K_L I_L \quad [2.19]$$

$$p(O) = \frac{1}{\sigma_0 \sqrt{2\pi}} \exp\left[\frac{-(O - \bar{O})^2}{2\sigma_0^2}\right] \quad [2.20]$$

متغیر های آماری بین دستهای از تلورانسهای المان

فرض کنیم کاربر دسته ای از المانهای مشابه را مثلاً دستهای از 100 سنسور مقاومت دمایی از کارخانه بخرد، اگر او سپس مقاومت از هر سنسور را در دمای 0 درجه اندازه گیری کند او متوجه می شود که مقدار های مقاومت تماماً با آن چیزی که کارخانه ان را بیان کرده یکسان نیست. یک رنج از مقدارها از قبیل که بصورت آماری حدود مقدار بیان شده پخش شده اند. این تاثیر سبب تغییر تصادفی کوچک در کالا می شود و غالباً بوسیله تابع چگالی احتمال نرمال براحتی بیان می شود.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آر م سایت و به همراه فونت های لازمه

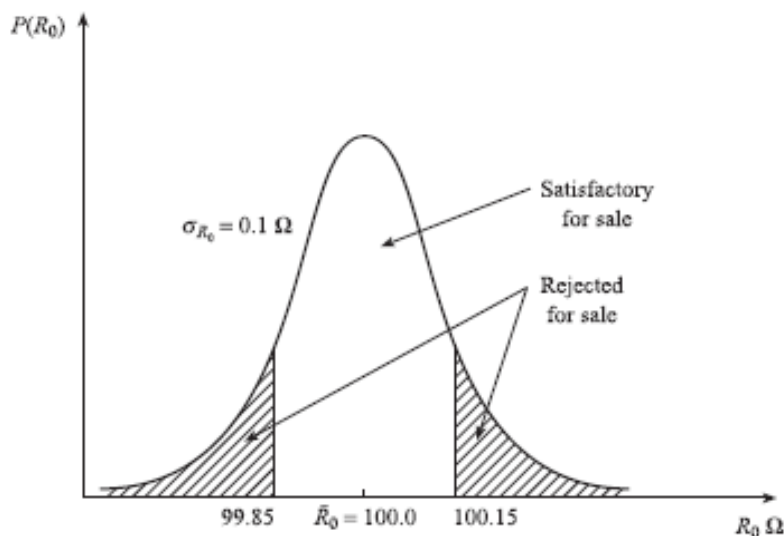
$$p(R_0) = \frac{1}{\sigma_{R_0} \sqrt{2\pi}} \exp \left[ \frac{-(R_0 - \bar{R}_0)^2}{2\sigma_{R_0}^2} \right] \quad [2.21]$$

جاییکه مقدار میانگین از توزیع و انحراف معیار نوعی است. اگر چه ممکن سازنده بیان کند که در این حالت بین برای تمام سنسورها واقع است. او محدوده تلورانس را بیان می کند. کاربرد دو راه دارد:

(a) او می تواند سیستم اندازه گیری خود را با استفاده از مقادیر کار خانه و قبول این که هر سیستم منحصر به فرد یک خطای اندازه گیری کوچک دارد.

(b) او می تواند تست کالیبراسیون را اعمال کند تا برای هر المان در این دسته را تا جاییکه امکان دارد به طور دقیق اندازه گیری کند. این بر طرف کردن نظری خطا سبب عدم قطعیت در می شود و نیز زمان بر و گران است. این عدم قطعیت کوچک باقیمانده در مقدار سبب محدود شدن دقت تجهیزات کالیبراسیون می شود.

Figure 2.14  
Tolerance limits.



این تاثیر در هر دسته از المانها ی یکسان پیدا می شود. متغیر های با اهمیت برای مثال در دسته های ترموکوپل و ترمیستور پیدا می شود. در موارد عمومی پارامتر های  $a, k$  برای یک دسته از المانها به طور آماری حوالی مقدار میانگین  $a, k$  پخش شده اند.

خلاصه

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

در موارد عمومی دسته ای از چندین المان های یکسان، که هر المان تحت تاثیر متغیر های تصادفی با زمان در شرایط محیطی است. هر دو ورودی و پارامتر های  $K, a, \text{etc}$ . تحت تاثیر متغیر های آماری هستند. اگر فرض کنیم که هر متغیر آماری بتواند بوسیله یک تابع چگالی احتمال نرمال نمایش داده شود. سپس تابع چگالی احتمال خروجی المان غالباً بصورت زیر است:

$$p(O) = \frac{1}{\sigma_0 \sqrt{2\pi}} \exp \left[ \frac{-(O - \bar{O})^2}{2\sigma_0^2} \right] \quad [2.20]$$

جایی که مقدار میانگین بوسیله زیر بدست می آید:

Mean value of output  
for a batch of elements

$$\bar{O} = \bar{K}I + \bar{N}(I) + \bar{a} + \bar{K}_M I_M + \bar{K}_I I_I \quad [2.22]$$



از معادله ما می بینیم که انحراف معیار از حدود میانگین از رابطه زیر بدست می آید:

Standard deviation  
of output for a batch  
of elements

$$\sigma_0 = \sqrt{\left(\frac{\partial O}{\partial I}\right)^2 \sigma_I^2 + \left(\frac{\partial O}{\partial I_M}\right)^2 \sigma_{I_M}^2 + \left(\frac{\partial O}{\partial I_I}\right)^2 \sigma_{I_I}^2 + \left(\frac{\partial O}{\partial K}\right)^2 \sigma_K^2 + \left(\frac{\partial O}{\partial a}\right)^2 \sigma_a^2 + \dots} \quad [2.23]$$

جداول مشخصه های استاتیکی یک ترمو کوپل chromal-alumel و یک میلی ولت به جریان دمایی ترانسمیتر است.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

Table 2.1 Model for chromel-alumel thermocouple.

Model equation	$E_{T,T_a} = a_0 + a_1(T - T_a) + a_2(T^2 - T_a^2)$ (50 to 150 °C)
Mean values	$\bar{a}_0 = 0.00, \bar{a}_1 = 4.017 \times 10^{-2}, \bar{a}_2 = 4.66 \times 10^{-6}, \bar{T}_a = 10$
Standard deviations	$\sigma_{a_0} = 6.93 \times 10^{-2}, \sigma_{a_1} = 0.0, \sigma_{a_2} = 0.0, \sigma_{T_a} = 6.7$
Partial derivatives	$\frac{\partial E}{\partial a_0} = 1.0, \frac{\partial E}{\partial T_a} = -4.026 \times 10^{-2}$
Mean value of output	$\bar{E}_{T,T_a} = \bar{a}_0 + \bar{a}_1(\bar{T} - \bar{T}_a) + \bar{a}_2(\bar{T}^2 - \bar{T}_a^2)$
Standard deviation of output	$\sigma_{\bar{E}}^2 = \left(\frac{\partial E}{\partial a_0}\right)^2 \sigma_{a_0}^2 + \left(\frac{\partial E}{\partial T_a}\right)^2 \sigma_{T_a}^2$

Table 2.2 Model for millivolt to current temperature transmitter.

Model equation	$i = KE + K_M E \Delta T_a + K_I \Delta T_a + a$ 4 to 20 mA output for 2.02 to 6.13 mV input $\Delta T_a =$ deviation in ambient temperature from 20 °C
Mean values	$\bar{K} = 3.893, \bar{a} = 3.864, \Delta \bar{T}_a = -10$ $\bar{K}_M = 1.95 \times 10^{-4}, \bar{K}_I = 2.00 \times 10^{-3}$
Standard deviations	$\sigma_a = 0.14, \sigma_{\Delta T_a} = 6.7$ $\sigma_K = 0.0, \sigma_{K_M} = 0.0, \sigma_{K_I} = 0.0$
Partial derivatives	$\frac{\partial i}{\partial E} = 3.891, \frac{\partial i}{\partial \Delta T_a} = 2.936 \times 10^{-3}, \frac{\partial i}{\partial a} = 1.0$
Mean value of output	$\bar{i} = \bar{K}\bar{E} + \bar{K}_M \bar{E} \Delta \bar{T}_a + \bar{K}_I \Delta \bar{T}_a + \bar{a}$
Standard deviation of output	$\sigma_i^2 = \left(\frac{\partial i}{\partial E}\right)^2 \sigma_{\bar{E}}^2 + \left(\frac{\partial i}{\partial \Delta T_a}\right)^2 \sigma_{\Delta T_a}^2 + \left(\frac{\partial i}{\partial a}\right)^2 \sigma_a^2$

ترمو کوپل توسط غیر خطی هایی همانند تغییر دمای پیوند (دمای محیطی) یک ورودی تداخلی عمل می کند و یک گستره از مقدارهای مشخصه بندی می شود.

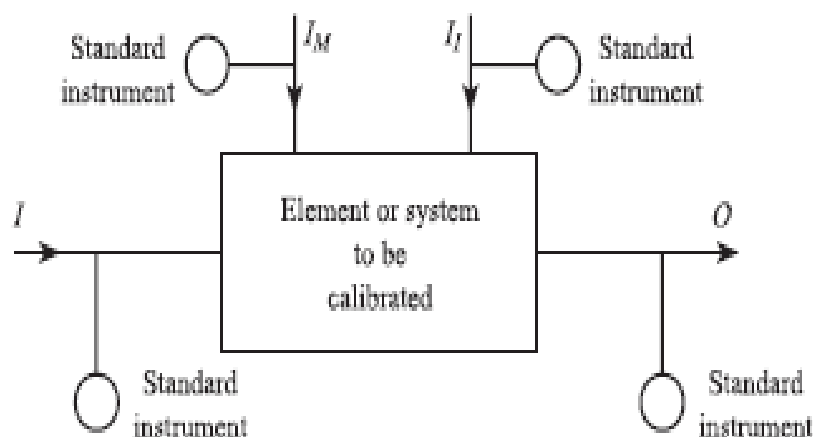
## ۲,۴ شناسایی مشخصه های استاتیکی کالیبراسیون

### استانداردها

مشخصه های استاتیکی یک المان بطور آزمایشی بوسیله مقدار متناظر ورودی و خروجی و ورودی های محیطی زمانی که مقدار ثابتی دارد یا به آرامی تغییر کند پیدا می شود. این قسمت از آزمایش به کالیبراسیون بر می گردد و اندازه گیری متغیرهای O, IM, اباید دقیق باشد. ابزارها و تکنیک های لازم برای کمیت بندی متغیرهای O, IM, II, استانداردها هستند.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

Figure 2.15 Calibration of an element.



دقت اندازه گیری نزدیکی مقدار اندازه گیری به مقدار واقعی است. دقت تفاوت بین مقدار اندازه گیری و مقدار واقعی است.

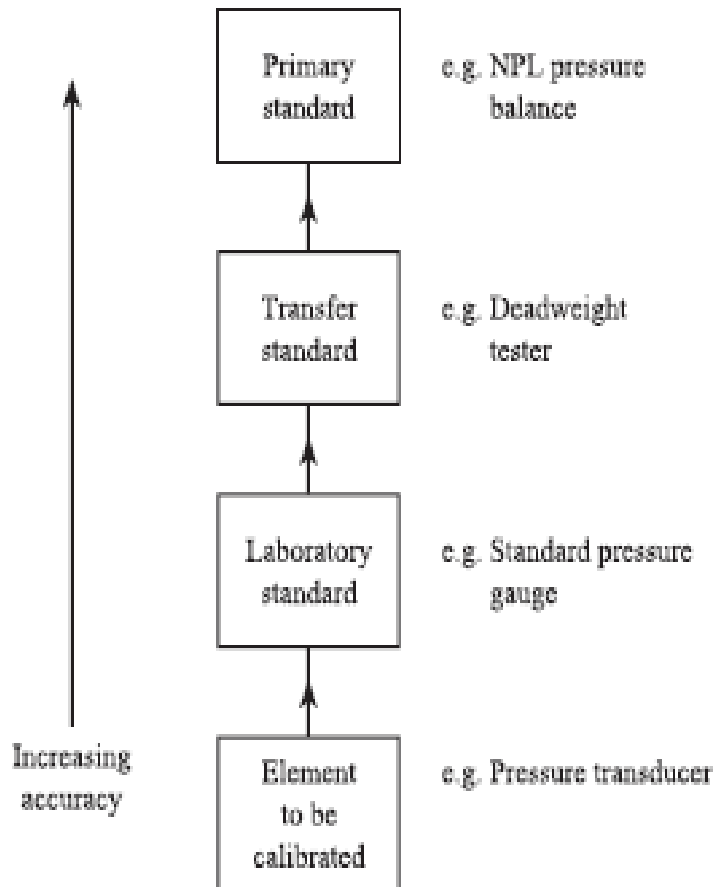
ما مقدار واقعی یک متغیر را بر حسب استفاده از استاندارد دقت نهایی اندازه گیری می کنیم. در بریتانیا استاندارد های نهایی یا اولیه اندازه گیری برای کمیت های متغیر فیزیکی از قبیل زمان و طول و جرم و جریان و دما در آزمایشگاه فیزیکی ملی (npl) نهادینه شده اند. استاندارد های اولیه برای متغیر های صنعتی مهم از قبیل چگالی و سرعت حرکت گازها و ... در (nel) نهادینه شده اند. به اضافه یک شبکه از آزمایشگاه و مراکز در سراسر کشور که استانداردهای واسطه را بر قرار می کند وجود دارد. این مراکز بوسیله اعتبار پیدا کرده است.

Npl اخیراً در حال پیشرفت کالیبراسیون در سرویسهای اینترنت است. این اجازه میدهد یک المان از محل دور (برای مثال در کارخانه) مستقیماً بدون نقل و انتقال دادن به مدرج بشود در قبال استانداردهای ملی اولیه به ثانویه مدرج نمود.



برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

Figure 2.16 Simplified traceability ladder.



واحد های مبنا

با دانستن مفاهیم استاندارد ها اینک می توانیم انواع مختلف استانداردها را در جزئیات بیشتر بیان کنیم. سیستمهای بین المللی واحد ها، شامل هفت واحد مبنا می شود که در جدول 2.3 مرتب شده است. واحدهای تمام کمیت های فیزیکی می توانند از این واحد ها نتیجه گرفته شوند.

جدول 2.4 کمیت های فیزیکی عمومی را لیست کرده است و استنتاج این واحدها را از واحدهای مبنا نشان می دهد. در انگلستان (npl) مسئول استخراج تمام واحدهای مبنا و واحدهای استنتاجی است.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

Table 2.3 SI base units

ثانیه	cond (s)
طول	metre (m)
جرم	logram (kg)
جریان	current: (A)
دما	Thermodynamic ture: kelvin (K)
جرم مولکولی	Amount of substance: (mol)
شدت نور	luminous intensity: (cd)

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

Table 2.4 SI derived units (after National Physical Laboratory Units of Measurement poster, 1996<sup>(4)</sup>).

### Examples of SI derived units expressed in terms of base units

Quantity	SI unit	
	Name	Symbol
area	square metre	m <sup>2</sup>
volume	cubic metre	m <sup>3</sup>
speed, velocity	metre per second	m/s
acceleration	metre per second squared	m/s <sup>2</sup>
wave number	1 per metre	m <sup>-1</sup>
density, mass density	kilogram per cubic metre	kg/m <sup>3</sup>
specific volume	cubic metre per kilogram	m <sup>3</sup> /kg
current density	ampere per square metre	A/m <sup>2</sup>
magnetic field strength	ampere per metre	A/m
concentration (of amount of substance)	mole per cubic metre	mol/m <sup>3</sup>
luminance	candela per square metre	cd/m <sup>2</sup>

مساحت

حجم

سرعت

شتاب

عدد موج

چگالی

حجم مخصوص

چگالی جریان

شدت میدان مغناطیسی

غلظت

شدت نور

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

## SI derived units with special names

Quantity	SI unit			
	Name	Symbol	Expression in terms of other units	Expression <sup>a</sup> in terms of SI base units
plane angle <sup>b</sup>	radian	rad		$m \cdot m^{-1} = 1$
solid angle <sup>b</sup>	steradian	sr		$m^2 \cdot m^{-2} = 1$
frequency	hertz	Hz		$s^{-1}$
force	newton	N		$m \text{ kg } s^{-2}$
pressure, stress	pascal	Pa	N/m <sup>2</sup>	$m^{-1} \text{ kg } s^{-2}$
energy, work quantity of heat	joule	J	N m	$m^2 \text{ kg } s^{-2}$
power, radiant flux	watt	W	J/s	$m^2 \text{ kg } s^{-3}$
electric charge, quantity of electricity	coulomb	C		$s \text{ A}$
electric potential, potential difference, electromotive force	volt	V	W/A	$m^2 \text{ kg } s^{-3} \text{ A}^{-1}$
capacitance	farad	F	C/V	$m^{-2} \text{ kg}^{-1} \text{ s}^4 \text{ A}^2$
electric resistance	ohm	$\Omega$	V/A	$m^2 \text{ kg } s^{-3} \text{ A}^{-2}$
electric conductance	siemens	S	A/V	$m^{-2} \text{ kg}^{-1} \text{ s}^3 \text{ A}^2$
magnetic flux	weber	Wb	V s	$m^2 \text{ kg } s^{-2} \text{ A}^{-1}$
magnetic flux density	tesla	T	Wb/m <sup>2</sup>	$\text{kg } s^{-2} \text{ A}^{-1}$
inductance	henry	H	Wb/A	$m^2 \text{ kg } s^{-2} \text{ A}^{-2}$
Celsius temperature	degree Celsius	$^{\circ}\text{C}$		K
luminous flux	lumen	lm	cd sr	$\text{cd} \cdot m^2 \cdot \text{sr}^{-2} = \text{cd}$
illuminance	lux	lx	lm/m <sup>2</sup>	$\text{cd} \cdot m^2 \cdot m^{-4} = \text{cd} \cdot m^{-2}$
activity (of a radionuclide)	becquerel	Bq		$s^{-1}$
absorbed dose, specific energy imparted, kema	gray	Gy	J/kg	$m^2 s^{-2}$
dose equivalent	sievert	Sv	J/kg	$m^2 s^{-2}$

زاویه سطح  
زاویه حجمی  
فرکانس  
نیرو  
فشار  
انرژی گرمایی  
توان  
بار الکتریکی  
نیروی محرکه الکتریکی  
خازن  
مقاومت الکتریکی  
هدایت الکتریکی  
شار مغناطیسی  
چگالی شار مغناطیسی  
اندوکتانس  
دمای سلسیوس  
شار روشنایی  
شدت روشنایی  
فعالیت (رادیو ناکلید)  
انرژی دادن  
دز معین

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

Table 2.4 (cont'd)

Examples of SI derived units expressed by means of special names

ویسکوزیته دینامیکی
نیروی لحظه ای
کشش سطحی
چگالی شار گرمایی
ظرفیت گرمایی
ظرفیت گرمایی ویژه
انرژی ویژه
رسانایی گرمایی
چگالی انرژی
شدت میدان الکتریکی
چگالی بار الکتریکی
چگالی شار الکتریکی
ثابت دی الکتریک
نفوذ پذیری الکتریکی
انرژی مولی
ظرفیت مولی
نور دهی

Quantity	SI unit		
	Name	Symbol	Expression in terms of SI base units
dynamic viscosity	pascal second	Pa s	$m^{-1} kg s^{-1}$
moment of force	newton metre	N m	$m^2 kg s^{-2}$
surface tension	newton per metre	N/m	$kg s^{-2}$
heat flux density, irradiance	watt per square metre	W/m <sup>2</sup>	$kg s^{-3}$
heat capacity, entropy	joule per kelvin	J/K	$m^2 kg s^{-2} K^{-1}$
specific heat capacity, specific entropy	joule per kilogram kelvin	J/(kg K)	$m^2 s^{-2} K^{-1}$
specific energy	joule per kilogram	J/kg	$m^2 s^{-2}$
thermal conductivity	watt per metre kelvin	W/(m K)	$m kg s^{-3} K^{-1}$
energy density	joule per cubic metre	J/m <sup>3</sup>	$m^{-1} kg s^{-2}$
electric field strength	volt per metre	V/m	$m kg s^{-3} A^{-1}$
electric charge density	coulomb per cubic metre	C/m <sup>3</sup>	$m^{-3} s A$
electric flux density	coulomb per square metre	C/m <sup>2</sup>	$m^{-2} s A$
permittivity	farad per metre	F/m	$m^{-3} kg^{-1} s^4 A^2$
permeability	henry per metre	H/m	$m kg s^{-2} A^{-2}$
molar energy	joule per mole	J/mol	$m^2 kg s^{-2} mol^{-1}$
molar entropy, molar heat capacity	joule per mole kelvin	J/(mol K)	$m^2 kg s^{-2} K^{-1} mol^{-1}$
exposure (X and $\gamma$ rays)	coulomb per kilogram	C/kg	$kg^{-1} s A$
absorbed dose rate	gray per second	Gy/s	$m^2 s^{-3}$

Quantity	SI unit	
	Name	Symbol
angular velocity	radian per second	rad/s
angular acceleration	radian per second squared	rad/s <sup>2</sup>
radiant intensity	watt per steradian	W/sr
radiance	watt per square metre steradian	$W m^{-2} sr^{-1}$

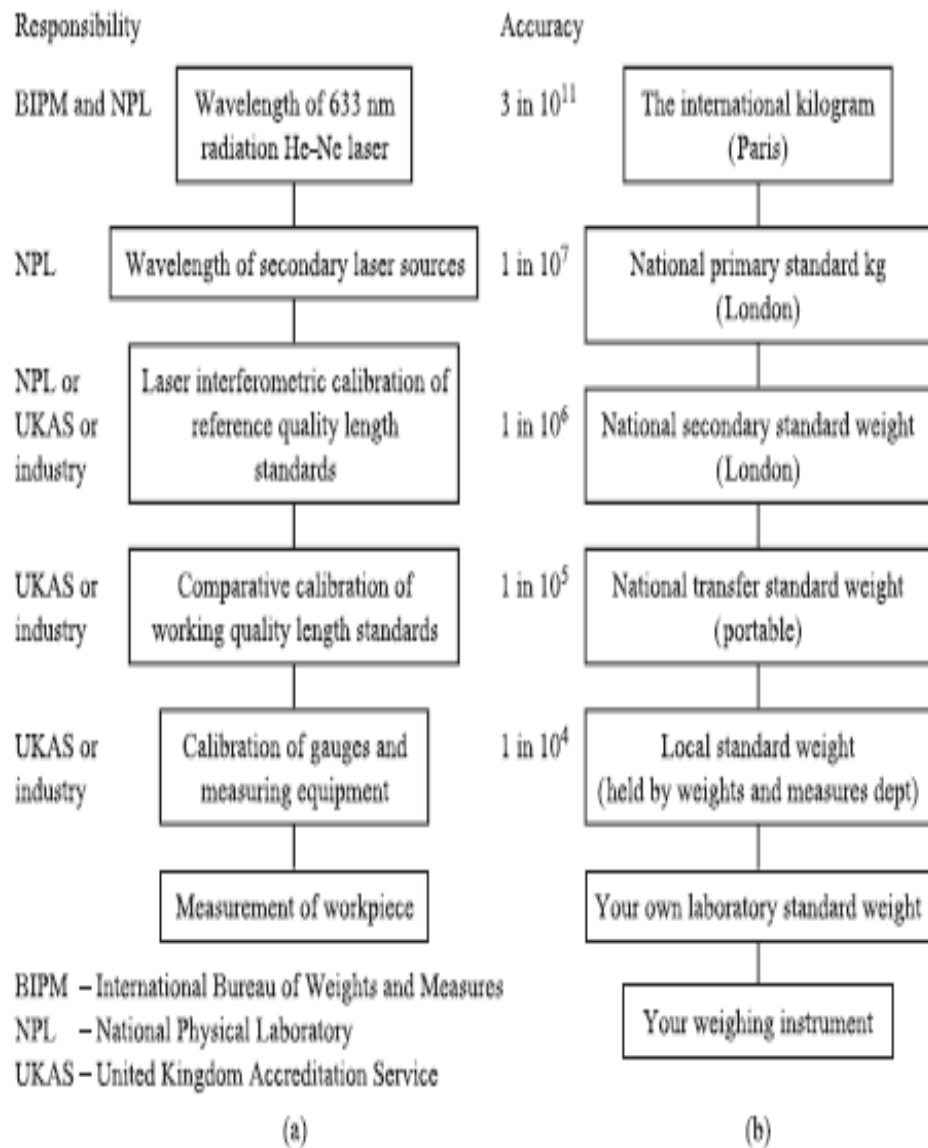
سرعت زاویه ای
شتاب زاویه ای
شدت تابش
تابندگی

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

در npl، متر با استفاده از طول موج پرتو از یک لیزر ید پایدار هلیوم-نئون استنتاج می شود. تکثیر پذیری استاندارد اولیه حدود 3 قسمت از  $10^{11}$  است. طول موج پرتو دقیقاً متبسط خواهد شد به تعریف متر بر حسب سرعت نور. استاندارد اولیه برای مدرج کردن تداخل سنجهای لیزری ثانویه که یکی یکی برای مدرج کردن دقت درازای میله ها و گیج ها و نوار ها استفاده می شود.

Figure 2.17

Traceability ladders:  
(a) length (adapted from Scarr<sup>[5]</sup>)  
(b) mass (reprinted by permission of the Council of the Institution of Mechanical Engineers from Hayward<sup>[6]</sup>).



دمای با استفاده از مقیاس ترمو دینامیکی تعریف می شود. رابطه  $pV=r$  ارتباط بین فشار p و دمای در حجم

ثابت v یک گاز ایده آل را نشان میدهد. بدین دلیل تغییر میانگین نوسانات محدود شده گاز های واقعی، گرما

سنج های بین المللی با مقیاس علمی دما (ipts) اکتشاف شده است.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

این شامل موارد زیر است:

(a) چندین نقطه میانگین نوسانات مطابق با نقطه انجماد یا نقاط سه گانه ماده اصلی خالص تحت شرایط

تعیین شده ثابت

(b) ابزارهای استاندارد با خروجی معین در برابر دمای مربوطه بدست آمده بوسیله مدرج کردن در نقاط ثابت

ابزارهای داخل شونده درون نقاط ثابت

شارهای اختصاص یافته به نقاط ثابت به این صورت است که دقیقاً 100k بین نقطه انجماد و نقطه جوش

آب وجود دارد. این معنی میدهد که تغییر 1k برابر با تغییر 1c روی مقیاس سلسیوس .

$$\theta K = T^{\circ}C + 273.15$$

جدول نقاط ثابت اولیه و دماهای اختصاص یافته به آنها برای نسخه 1990 از مقیاس دمای بین المللی

نشان می دهد. به اضافه ابزارهای استاندارد اولیه که داخل می شوند درون این نقاط ثابت نشان می دهد. در

دمای t C، میتوان بوسیله معادله درجه ۲ زیر معین شود .

$$R_T = R_0(1 + \alpha T + \beta T^2)$$

جایی که مقاومت در دمای و ضریب های ثابت هستند. بوسیله اندازه گیری مقاومت در نزدیکی نقاط ثابت

آب می توان محاسبه کرد.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

سرعت واقعی شار عبوری میان دستگاه اندازه گیری بوسیله مقادیر ابی که در زمان معین جمع شده است پیدا می شود، بنابراین این دقت استاندارد سرعت شار به صحت و دقت و وزن و استانداردهای زمان بستگی دارد.

Table 2.5 The primary fixed points defining the International Temperature Scale 1990 – ITS90.

Equilibrium state	$\theta$ K	$T$ °C
Triple point of hydrogen	13.8033	-259.3467
Boiling point of hydrogen at a pressure of 33 321.3 Pa	17.035	-256.115
Boiling point of hydrogen at a pressure of 101 292 Pa	20.27	-252.88
Triple point of neon	24.5561	-248.5939
Triple point of oxygen	54.3584	-218.7916
Triple point of argon	83.8058	-189.3442
Triple point of mercury	234.3156	-38.8344
Triple point of water	273.16	0.01
Melting point of gallium	302.9146	29.7646
Freezing point of indium	429.7485	156.5985
Freezing point of tin	505.078	231.928
Freezing point of zinc	692.677	419.527
Freezing point of aluminium	933.473	660.323
Freezing point of silver	1234.93	961.78
Freezing point of gold	1337.33	1064.18
Freezing point of copper	1357.77	1084.62

استانداردهای ملی اولیه و ثانویه برای فشار بالای 110 kpa از متعادل کننده استفاده می کند. این جا

نیروی p سبب فشار p اعمالی بالا ناحیه a که متعادل شده بوسیله نیروی گراشی mg اعمالی روی جرم

جسم m :

$$pA = mg$$

or

$$p = mg/A$$

بنابر این استاندارد های فشار می توتند از استانداردهای جرم و طول استنتاج می شود، بحر حال مقدار

محلی شتاب گرانشی g باید اغلب به دقت معین باشد.



برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

### اندازه گیری های تجربی و ارزیابی نتایج

کالیبراسیون تجربی در ۳ بخش اصلی پخش شده است.

#### O versus I with $I_M = I_2 = 0$ (a)

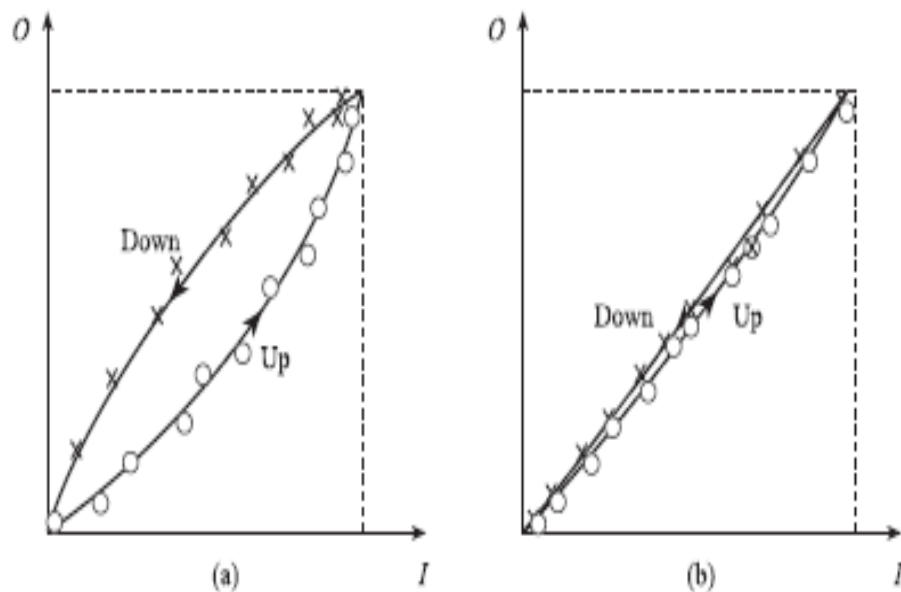
به طور ایده آل این آزمایش تحت شرایط استاندارد محیطی انجام می شود بنابراین است.

اگر اندازه گیری تمام ورودیهای محیطی غیر ممکن باشد. ورودی I باید به آرامی از  $I_{MIN}$  به  $I_{MAX}$  افزایش یابد و باید زمان کافی برای خروجی داده شود تا ساکن و ثابت شود. قبل از هر بار خواندن باید زمان کافی برای خروجی داده شود تا ساکن و ثابت شود. بیشتر از 11 جفت باید با کاهش آرامی از خوانده شود سراسر پروسه باید برای دو مجموعه و تکرار شود.

پکیج رگرسیون نرم افزار کامپیوتر به راحتی می تواند یک چند جمله ای مطلوب را بدست آورد و n نقطه دیتا بدست می آید. این پکیج از یک مقیاس کمترین مربعات استفاده می کند. اگر انحراف از مقدار چند جمله ای از مقدار باشد، پس برنامه مجموعه ای از ضرایب غیره صفر را پیدا می کند. چنین که مجموع مربعات انحرافات است. این مسئله مجموعه ای از معادله های خطی را حل می کند.

Figure 2.18

(a) Significant hysteresis  
(b) Insignificant hysteresis.



برای صحت شناسایی کردن هر پسماند رگرسیون های متمایز باید روی دو دسته داده اجرا شود.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

$$O(I)_{IT} = \sum_{I=0}^{\infty} a_I^+ I^I \quad \text{and} \quad O(I)_{IL} = \sum_{I=0}^{\infty} a_I^- I^I$$

اگر پسماند ها اصلی باشد، پس تفکیک دو نمودار نسبت به نقاط داده های پراکنده حدود یک نمودار بهتر می شود پس. هیستریزیس از معادله بدست می آید.

اگر چه تفکیک نقاط پخش شده اطراف هر منحنی بهتر از تفکیک از خود منحنی ها است، پس اصلی نیست و دو دسته داده می توانند ترکیب شوند و یک چند جمله ای بدست آید.

شیب  $k$  و بایاس صفر  $a$  خط راست ایده آل اتصال دهنده نقاط و می توانند از معادله پیدا شوند. تابع غیر خطی پس می تواند با استفاده از معادله پیدا شود.

$$N(I) = O(I) - (KI + a) \quad [2.24]$$

سنسورهای دمایی اغلب بوسیله استفاده از نقاط ثابت مناسب به جای استفاده از ابزار استاندارد کالیبره می شوند. مثلاً یک ترموکوپل ممکن بین بوسیله اندازه گیری یخ و بخار کالیبره شود. اگر دمای مربوطه بوسیله چند جمله ای درجه ۳ زیر نمایش داده شود.

پس ضرایب بوسیله حل معادلات همزمان بدست می آید.

### O versus IM, II at constant I(b)

ما اول نیاز به شناسایی ورودیهای محیطی تداخلی که روی  $a$  اثر می گذارند هستیم. ورودی  $I$  در  $I = I_{MIN}$  ثابت نگه داشته می شود و یک ورودی محیطی با یک مقدار معین از استاندارد تغییر می کند. باقیمانده در مقادیر استاندارد ثابت نگه داشته می شود. اگر تغییر مাত্র  $\Delta O$  در  $O$  ایجاد شود پس ورودی  $II$  تداخلی است و مقدار  $KI = \Delta O / \Delta II$  اگر در خروجی تغییر حاصل نشد ورودی تداخلی نیست. این پروسه تکرار می شود تا تمامی ورودیهای تداخلی شناسایی و مقدار متناظر پیدا شود.

ما آلان نیاز به شناسایی ورودیهای متغیر داریم. آنهایی که روی حساسیت المان اثر می گذارند. برای شناسایی ورودیهای متغیر که روی حساسیت اثر می گذارند ورودی ادر رنج وسط ثابت نگه داشته می

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

شود.  $1/2 (I_{MIN} + I_{MAX})$ . اگر تغییر مাত্র  $\Delta O$  در  $O$  ایجاد شود و یک ورودی تداخلی نباشد پس یک ورودی متغیر  $IM$  باشد و مقدار متناظر ضریب ثابت بوسیله رابطه زیر بدست می آید:

$$K_M = \frac{1}{I} \frac{\Delta O}{\Delta I_M} = \frac{2}{I_{MIN} + I_{MAX}} \frac{\Delta O}{\Delta I_M} \quad [2.25]$$

فرض کنیم یک تغییر در ورودی یک تغییر را در خروجی ایجاد کند و این قبلاً بصورت یک ورودی تداخلی شناسایی شده باشد و با یک مقدار مشخص باشد. پس ما باید مقدار غیر صفر را محاسبه کنیم قبل از اینکه بتوانیم مطمئن شویم که ورودی نیز متغیر است.

$$\Delta O = K_I \Delta I_{LM} + K_M \Delta I_{LM} \frac{I_{MIN} + I_{MAX}}{2}$$

then

$$K_M = \frac{2}{I_{MIN} + I_{MAX}} \left[ \frac{\Delta O}{\Delta I_{LM}} - K_I \right] \quad [2.26]$$

آزمایش تکرارپذیری

این آزمایش باید در محیط کار نرمال و استاندارد المان مثلاً در خارج از کارخانه و یا در اتاق کنترل جایی که ورودی های محیطی مرتبط با تغییر های تصادفی غالباً ۰ است، انجام گیرد. سیگنال ورودی  $I$  باید در روزهای زیاد متوالی ثابت نگه داشته شود تا مجموعه ای از مقادیر حاصل شود مقدار میانگین مجموعه برابر با:

$$\bar{O} = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N O_k \quad [2.27]$$

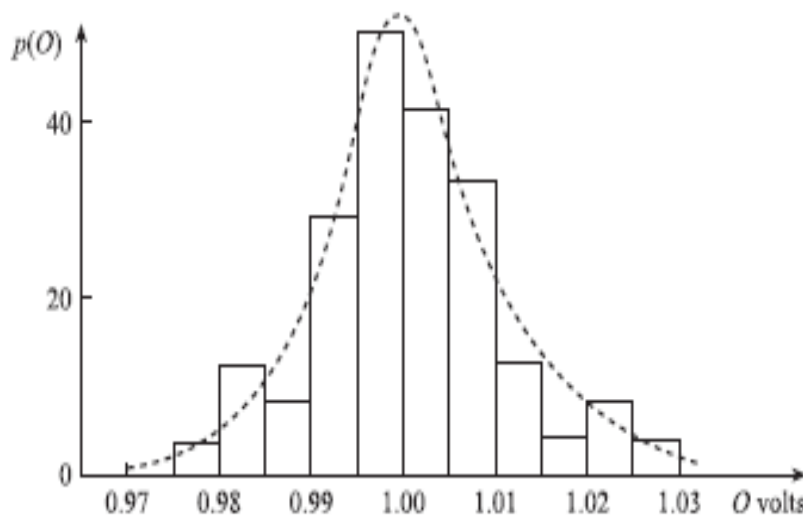
وانحراف معیار برابر با:

$$\sigma_0 = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{k=1}^N (O_k - \bar{O})^2} \quad [2.28]$$

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

یک نمودار میله ای از مقادیر مرتبط با چگالی احتمال و برای مقایسه این با فرم (2.20) استاندارد باید رسم شود. یک تست تکرارپذیری روی ترانسدیوسر فشار می تواند ساختاری همانند یک نمودار میله ای است. فرض کنیم که  $N = 50$  و اعداد خوانده شده بین متناظر با مقدار  $V = 1,000$  بدست آمده است. اعداد خوانده شده در بازه های معادل با پهنای هستند و عدد در هر بازه پیدا می شود. این عدد بوسیله تمام مقادیر خوانده شده استنتاج می شود. احتمال های از اعداد خوانده شده در یک بازه  $V = 0,005$  را می دهد. احتمال استنتاج می شوند از پهنای بازه با چگالی احتمالهای  $0,48$  و  $0,40$  and رسم شده در دیاگرام میله ای. تمام محدوده نمودار میله ای برابر با واحد است. میانگین و انحراف معیار بصورت پیدا می شوند.

Figure 2.19 Comparison of histogram with normal probability density function.



### نتیجه گیری

این فصل در مورد مشخصه های استاتیکی یا حالت ماندگار المانهای سیستم اندازه گیری (مشخصه های سیستماتیکی) از قبیل غیر خطی و تاثیرات محیطی برای اولین بار توضیح داده شد. این ها سوق داده شد به طرف پیدا کردن مدل عمومی المان. مشخصه آماری و سپس تکرار پذیری بحث شد. قسمت

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

آخر چگونگی اندازه گیری این مشخصه را بصورت تجربی و کالیبراسون و استفاده از انواع استانداردها را

توضیح داد.



برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

## فصل 3

# دقت سیستمهای اندازه گیری در حالت ماندگار



در فصل یک دیدیم که مقدار واقعی متغیر ورودی در سیستم اندازه گیری، اندازه گیری می شود. همچنین، اگر سیستم اندازه گیری کامل باشد، خروجی سیستم مقدار متغیر، اندازه گیری شده است. در فصل پیش

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آر م سایت و به همراه فونت های لازمه

دقت را در تر مه های خطای اندازه گیری تعریف می کنیم. تفاوت بین اندازه گیری و مقدار واقعی متغیر. بنابراین این دقت یک ویژگی سیستم اندازه گیری کامل است تا یک المان ساده. دقت بوسیله استفاده خطای اندازه گیری E کمیت بندی می شود .:

$$\begin{aligned} E &= \text{measured value} - \text{true value} \\ &= \text{system output} - \text{system input} \end{aligned} \quad [3.1]$$

در این فصل ما از مدل استاتیکی یک المان ساده استفاده می کنیم، پیشتر به محاسبه خروجی و بنابر این خطای اندازه گیری برای یک سیستم کامل با چندین المان پرداختیم.

### ۳.۱ اندازه گیری خطای سیستم با المان های خطی

خطای اندازه گیری سیستم با المان های ایده آل در شکل نشان داده شده است. که شامل n المان در ردیفها است در نظر بگیرید. فرض کنید هر المان ایده آل باشد. کاملاً خطی و مرتبط با ورودی های محیطی نباشد. اگر ما همچین فرض کنیم بایس صفر معادل 0 است. پس:

Input/output equation  
for ideal element with  
zero intercept

$$O_i = K_i I_i \quad [3.2]$$

برای، جایی که حساسیت خطی یا شیب (معادله) است. داریم:

$$O = O_n = K_1 K_2 K_3 \dots K_i \dots K_n I \quad [3.3]$$

Figure 3.1.

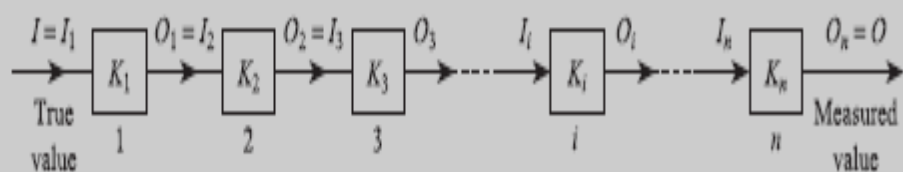
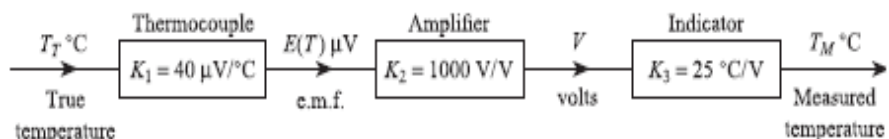


Figure 3.2 Simple temperature measurement system.



اگر سیستم اندازه گیری کامل باشد،  $E = O - I$

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

$$E = (K_1 K_2 K_3 \dots K_n - 1)I \quad [3.4]$$

Thus if

$$K_1 K_2 K_3 \dots K_n = 1 \quad [3.5]$$

پس  $E = 0$  است و سیستم کاملاً دقیق است. دمای سیستم اندازه گیری که شرایط بالایی را راضی می کند در شکل نشان داده شده است. ایندکاتور بسادگی یک ولت متر سیم پیچ حرکتی (مشاهده فصل 11) با یک مقیاس نشاندار در درجه های سلسیوس است بنابراین این یک تغییر ورودی به اندازه سبب یک تغییر دمای می شود. این سیستم  $K_1 K_2 K_3 = 40 \times 10^{-6} \times 10^3 \times 25 = 1$  را دارد و بنابراین بصورت کاملاً دقیق ظاهر می شود اگر چه سیستم دقیق نیست، زیرا هیچ کدام از اگر چه سیستم دقیق نیست، زیرا هیچ کدام از 3 المان های بیان شده ایده آل نیست. همچنین تغییرات در پیوند دمای مبنا (شکل) سبب تغییر می شود. و اثر خروجی تقویت کننده نیز بوسیله تغییرات در دمای محیطی تحت تاثیر قرار می گیرد. (فصل 9). حساسیت ایندکیتور بستگی به سختی بازدارنده فنر در سیم پیچ حرکتی دارد. این امر بوسیله تغییرات در دمای محیطی و فرسایش متاثر می شود؛ بنابراین به علت اینکه شرط  $K_1 K_2 K_3 = 1$  معمولاً رخ نمی دهد پس سیستم در خطا است. در حالت عمومی هر سیستم اندازه گیری بستگی به مشخصه های غیر خطی، محیط و تاثیرات آماری هر المان در سیستم دارد. بنابراین به منظور کمیت بندی کردن دقیق این نیاز به استفاده مدل عمومی برای یک المان تنها بسط داده شده در قسمت دارد.

### تابع چگالی احتمال یک سیستم با المان های غیر ایده آل

در قسمت 2 ما دیدیم که تابع چگالی احتمال خروجی یک المان تنها می تواند بوسیله یک توزیع نرمال ظاهر شود (معادله [۲,۲۰]) مقدار میانگین توزیع بوسیله معادله بدست می آید، که برای متغیر های  $I_1$ ,  $I_M$  and  $I$  با زمان آماری در ورودی و متغیر های آماری در پارامترهای در میان یک مجموعه از المانهای مشابه مناسب است. این معادله ها برای هر المان در یک سیستم اندازه گیری  $N$  المانی



برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

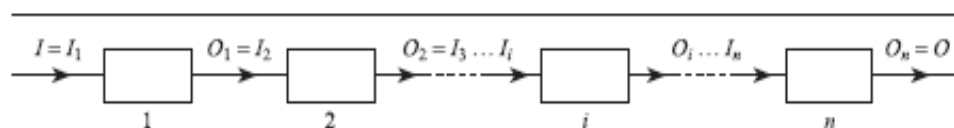
استفاده می شود و همچنین می تواند برای محاسبه تابع چگالی احتمال خطا که در نمودار نشان داده شده است استفاده می شود.

معادله های [۳,۶] (بنا شده روی معادله [۲,۲۲]) چگونگی محاسبه مقدار میانگین خروجی هر المان به نوبه خود را نشان می دهد. شروع با برای اولین بار و پایان با  $n$  امین بار. مقدار میانگین خطای سیستم به طور ساده تفاوت بین مقدار میانگین خروجی سیستم و مقدار میانگین ورودی سیستم است. از آنجایی که چگالی احتمال خروجی المانهای تنها، نرمال و استاندارد است. پس، بوسیله استفاده از نتایج خلاصه در بخش تابع چگالی احتمال خروجی سیستم و خطای سیستم نیز است.



برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

Table 3.1 General calculation of system  $p(E)$ .



Mean values of element outputs

$$\begin{aligned} \bar{I}_1 &= \bar{I} \\ \bar{I}_2 = \bar{O}_1 &= \bar{K}_1 \bar{I}_1 + \bar{N}_1(\bar{I}_1) + \bar{a}_1 + \bar{K}_{M_1} \bar{I}_{M_1} \bar{I}_1 + \bar{K}_{I_1} \bar{I}_1 \\ \bar{I}_3 = \bar{O}_2 &= \bar{K}_2 \bar{I}_2 + \bar{N}_2(\bar{I}_2) + \bar{a}_2 + \bar{K}_{M_2} \bar{I}_{M_2} \bar{I}_2 + \bar{K}_{I_2} \bar{I}_2 \\ &\vdots \\ \bar{I}_{i+1} = \bar{O}_i &= \bar{K}_i \bar{I}_i + \bar{N}_i(\bar{I}_i) + \bar{a}_i + \bar{K}_{M_i} \bar{I}_{M_i} \bar{I}_i + \bar{K}_{I_i} \bar{I}_i \\ &\vdots \\ \bar{O} = \bar{O}_n &= \bar{K}_n \bar{I}_n + \bar{N}_n(\bar{I}_n) + \bar{a}_n + \bar{K}_{M_n} \bar{I}_{M_n} \bar{I}_n + \bar{K}_{I_n} \bar{I}_n \end{aligned} \quad [3.6]$$

Mean value of system error

$$\bar{E} = \bar{O} - \bar{I} \quad [3.7]$$

Standard deviations of element outputs

$$\begin{aligned} \sigma_{\bar{I}_1}^2 &= 0 \\ \sigma_{\bar{I}_2}^2 = \sigma_{\bar{O}_1}^2 &= \left(\frac{\partial O_1}{\partial I_1}\right)^2 \sigma_{I_1}^2 + \left(\frac{\partial O_1}{\partial I_{M_1}}\right)^2 \sigma_{I_{M_1}}^2 + \left(\frac{\partial O_1}{\partial I_{I_1}}\right)^2 \sigma_{I_{I_1}}^2 + \left(\frac{\partial O_1}{\partial K_1}\right)^2 \sigma_{K_1}^2 + \dots \\ \sigma_{\bar{I}_3}^2 = \sigma_{\bar{O}_2}^2 &= \left(\frac{\partial O_2}{\partial I_2}\right)^2 \sigma_{I_2}^2 + \left(\frac{\partial O_2}{\partial I_{M_2}}\right)^2 \sigma_{I_{M_2}}^2 + \left(\frac{\partial O_2}{\partial I_{I_2}}\right)^2 \sigma_{I_{I_2}}^2 + \left(\frac{\partial O_2}{\partial K_2}\right)^2 \sigma_{K_2}^2 + \dots \\ &\vdots \\ \sigma_{\bar{I}_{i+1}}^2 = \sigma_{\bar{O}_i}^2 &= \left(\frac{\partial O_i}{\partial I_i}\right)^2 \sigma_{I_i}^2 + \left(\frac{\partial O_i}{\partial I_{M_i}}\right)^2 \sigma_{I_{M_i}}^2 + \left(\frac{\partial O_i}{\partial I_{I_i}}\right)^2 \sigma_{I_{I_i}}^2 + \left(\frac{\partial O_i}{\partial K_i}\right)^2 \sigma_{K_i}^2 + \dots \\ \sigma_{\bar{O}}^2 = \sigma_{\bar{O}_n}^2 &= \left(\frac{\partial O_n}{\partial I_n}\right)^2 \sigma_{I_n}^2 + \left(\frac{\partial O_n}{\partial I_{M_n}}\right)^2 \sigma_{I_{M_n}}^2 + \left(\frac{\partial O_n}{\partial I_{I_n}}\right)^2 \sigma_{I_{I_n}}^2 + \left(\frac{\partial O_n}{\partial K_n}\right)^2 \sigma_{K_n}^2 + \dots \end{aligned} \quad [3.8]$$

Standard deviation of system error

$$\sigma_E = \sigma_O \quad [3.9]$$

Error probability density function

$$p(E) = \frac{1}{\sigma_E \sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{1}{2\sigma_E^2} (E - \bar{E})^2\right] \quad [3.10]$$

معادله (بنا شده روی معادله) چگونگی محاسبه انحراف معیار خروجی هر المان را با شروع برای اولین بار و پایان با برای  $n$  امین بار به نوبه خود نشان می دهد، ما نوشتیم که انحراف معیار ورودی سیستم 0 است و انحراف معیار معادل به انحراف معیار خروجی سیستم است.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

ما الان به عنوان مثالی برای محاسبه، دمای سیستم اندازه گیری را در شکل نشان می دهیم. این شامل یک دیتکتور پلاتونیم مقاومت حرارتی، ترانسمیتر جریان و یک ضبط کننده است.



برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

### 38 THE ACCURACY OF MEASUREMENT SYSTEMS IN THE STEADY STATE

Figure 3.3 Temperature measurement system.

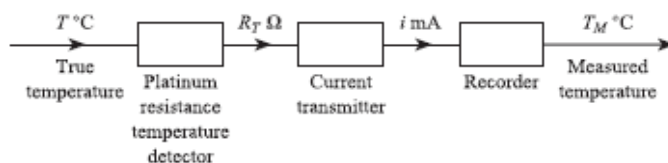


Table 3.2 Models for temperature measurement system elements.

(a) Platinum resistance temperature detector	
Model equation	$R_T = R_0(1 + \alpha T + \beta T^2)$
Individual mean values	$\bar{R}_0 = 100.0 \Omega$ , $\bar{\alpha} = 3.909 \times 10^{-3}$ , $\bar{\beta} = -5.897 \times 10^{-7}$ (between 100 and 130 °C)
Individual standard deviations	$\sigma_{R_0} = 4.33 \times 10^{-2}$ , $\sigma_{\alpha} = 0.0$ , $\sigma_{\beta} = 0.0$
Partial derivatives	$\frac{\partial R_T}{\partial R_0} = 1.449$ at $T = 117 \text{ °C}$
Overall mean value	$\bar{R}_T = \bar{R}_0(1 + \bar{\alpha}\bar{T} + \bar{\beta}\bar{T}^2)$
Overall standard deviation	$\sigma_{R_T}^2 = \left(\frac{\partial R_T}{\partial R_0}\right)^2 \sigma_{R_0}^2$
(b) Current transmitter	
Model equation	4 to 20 mA output for 138.5 to 149.8 Ω input (100 to 130 °C) $\Delta T_a =$ deviation of ambient temperature from 20 °C $i = KR_T + K_M R_T \Delta T_a + K_I \Delta T_a + a$
Individual mean values	$\bar{K} = 1.4134$ , $\bar{K}_M = 1.4134 \times 10^{-4}$ , $\bar{K}_I = -1.637 \times 10^{-2}$ $\bar{a} = -191.76$ , $\Delta \bar{T}_a = -10$
Individual standard deviations	$\sigma_K = 0.0$ , $\sigma_{K_M} = 0.0$ , $\sigma_{K_I} = 0.0$ $\sigma_a = 0.24$ , $\sigma_{\Delta T_a} = 6.7$
Partial derivatives	$\frac{\partial i}{\partial R_T} = 1.413$ , $\frac{\partial i}{\partial \Delta T_a} = 4.11 \times 10^{-3}$ , $\frac{\partial i}{\partial a} = 1.00$
Overall mean value	$\bar{i} = \bar{K}\bar{R}_T + \bar{K}_M \bar{R}_T \bar{\Delta T}_a + \bar{K}_I \bar{\Delta T}_a + \bar{a}$
Overall standard deviation	$\sigma_i^2 = \left(\frac{\partial i}{\partial R_T}\right)^2 \sigma_{R_T}^2 + \left(\frac{\partial i}{\partial \Delta T_a}\right)^2 \sigma_{\Delta T_a}^2 + \left(\frac{\partial i}{\partial a}\right)^2 \sigma_a^2$
(c) Recorder	
Model equation	$T_M = Ki + a$
Individual mean values	$\bar{K} = 1.875$ , $\bar{a} = 92.50$ (100 to 130 °C record for 4 to 20 mA input)
Individual standard deviations	$\sigma_K = 0.0$ , $\sigma_a = 0.10$
Partial derivatives	$\frac{\partial T_M}{\partial i} = 1.875$ , $\frac{\partial T_M}{\partial a} = 1.00$
Overall mean value	$\bar{T}_M = \bar{K}\bar{i} + \bar{a}$
Overall standard deviation	$\sigma_{T_M}^2 = \left(\frac{\partial T_M}{\partial i}\right)^2 \sigma_i^2 + \left(\frac{\partial T_M}{\partial a}\right)^2 \sigma_a^2$

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

### 3.2 THE ERROR PROBABILITY DENSITY FUNCTION OF A SYSTEM OF NON-IDEAL ELEMENTS 39

Table 3.3 Summary of calculation of  $\bar{E}$  and  $\sigma_E$  for temperature system.

Mean  $\bar{E}$

$$\bar{T} = 117 \text{ }^\circ\text{C} \quad \bar{R}_T = 144.93 \text{ } \Omega$$

$$\bar{i} = 13.04 \text{ mA} \quad \bar{T}_M = 116.95 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\bar{E} = \bar{T}_M - \bar{T} = -0.005 \text{ }^\circ\text{C}$$

Standard deviation  $\sigma_E$

$$\sigma_T^2 = 0$$

$$\sigma_{R_T}^2 = \left( \frac{\partial R_T}{\partial R_0} \right)^2 \sigma_{R_0}^2 = 39.4 \times 10^{-4}$$

$$\begin{aligned} \sigma_i^2 &= \left( \frac{\partial i}{\partial R_T} \right)^2 \sigma_{R_T}^2 + \left( \frac{\partial i}{\partial \Delta T_a} \right)^2 \sigma_{\Delta T_a}^2 + \left( \frac{\partial i}{\partial a} \right)^2 \sigma_a^2 \\ &= 78.7 \times 10^{-4} + 8.18 \times 10^{-4} + 5.76 \times 10^{-2} \\ &= 6.62 \times 10^{-2} \end{aligned}$$

$$\sigma_{T_M}^2 = \left( \frac{\partial T_M}{\partial i} \right)^2 \sigma_i^2 + \left( \frac{\partial T_M}{\partial a} \right)^2 \sigma_a^2 = 24.3 \times 10^{-2}$$

$$\sigma_E = \sigma_{T_M} = 0.49 \text{ }^\circ\text{C}$$

شکل مدلهایی برای هر المان در سیستم اندازه گیری دما می دهد. دیتکتور پلاتونیوم مقاومت حرارتی بوسیله یک مقدار غیر خطی و یک پراکندگی مقادیر (مقاومت در 0) مشخصه بندی شده است. ترانسسمیتر جریان خطی است ولی دما به عنوان یک ورودی متغیر و تداخلی عمل می کند. بایاس 0 و حساسیت تنظیم پذیر هستند. ما نمی توانیم مطمئن باشیم که ترانسسمیتر دقیقاً مانند حالت جداول تنظیم شده باشد و این در مقدار غیر صفر انعکاس پیدا می کند. در recorder خطی است ولی دوباره کالیبراسیون نیز صد در صد بوسیله یک مقدار غیر خطی مدل بندی نشده است.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

شکل خاصه ای از محاسبه و برای سیستم زمانیکه مقدار میانگین دمای واقعی است. مقدار میانگین متناظر برای سیستم برابر (شکل) و جریان (شکل) و دمای اندازه گیری (شکل) است. میانگین خطا برابر است. انحراف معیار و بوسیله شکل معادل محاسبه می شود.

### ۳,۲ مدل کاربردی باند خطا

در قسمت 2.1 دیدیم که در حالتی که المان غیر خطی و پسماند و تاثیرات محیطی کوچم هستند این تاثیرات کلی بوسیله یک باند خطا کمیت بندی می شوند. در اینجا یک وضعیت سیستماتیک از ارتباط دقیق خروجی - ورودی المان بوسیله یک وضعیت امارتی جایگزین شده است. خروجی المان بوسیله یک تابع چگالی احتمال مستطیلی با پهنای  $2h$  با مرکزیت روی خط راست ایده آل

$$O_{IDEAL} = KI + a$$

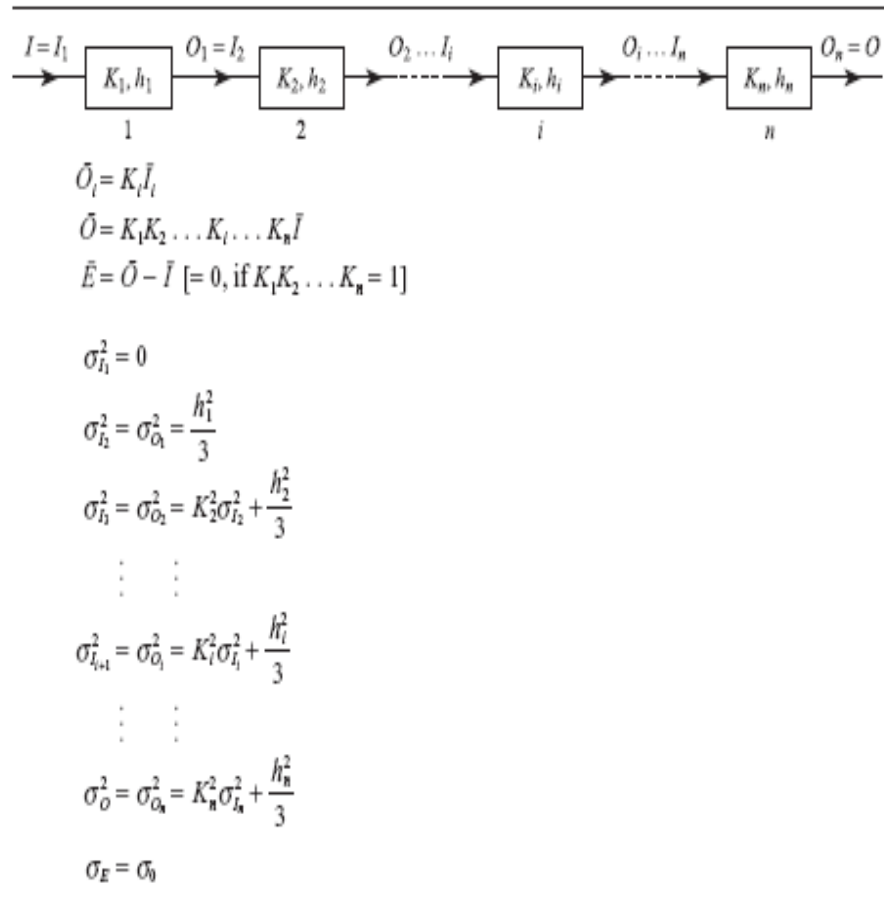
توصیف شده است. اگر هر المان در سیستم در این راه توصیف شود، سپس مقدار میانگین مقدار ایده آل برای هر المان در سیستم را دارد. در مورد خاص برای تمام آنها

$$\bar{O} = K_1 K_2 \dots K_n I$$

مقدار میانگین خطا است. در حالت خاص. تابع چگالی احتمال خطا نتایج ترکیب  $n$  توزع مستطیلی از پهنای هست. اگر  $n > 3$  باشد پس توزیع منتهجه با یک توزیع نرمال تقریب زده میشود. مقدار بزرگ  $n$ ، توزیع را به سمت نرمال بودن سوق می دهد.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

Table 3.4  $\bar{E}$  and  $\sigma_E$   
for system of elements  
described by error bands.



WWWIKIPOWER.IR

به منظور محاسبه انحراف معیار  $\sigma_E$  of  $p(E)$  از ما به معادله بر می گردیم. اگر یک متغیر وابسته یک ترکیب خطی از متغیر های تصادفی مستطیلی باشد.

$$y = a_1 X_1 + a_2 X_2 + a_3 X_3 \quad [2.16]$$

سپس انحراف معیار از توزیع احتمال بوسیله زیر بدست می آید.

$$\sigma^2 = a_1^2 \sigma_1^2 + a_2^2 \sigma_2^2 + a_3^2 \sigma_3^2 \quad [2.17]$$

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

معادله هر آنچه که توزیع احتمال تنهای هستند به کار می برد و این را فراهم می کند که انحراف معیار های تنها کوچک هستند. با در نظر گرفتن  $i$  مین المان در شکل 3.4 با حساسیت و پهنای باند خطای  $2h_i$  انحراف معیار از خروجی معادل با زیر است:

$$\sigma_{O_i}^2 = \sigma^2 \text{ due to input} + \sigma^2 \text{ due to element}$$

اگر انحراف معیار باشد که ورودی ایجاد می کند، پس انحراف معیاری است که خروجی ایجاد می کند. المان سبب انحراف معیار با توزیع مستطیلی با پهنای  $2h_i$  که است؛ می شود. بنابراین این داریم:

$$\sigma_{O_i}^2 = K_i^2 \sigma_{I_i}^2 + h_i^2/3$$

شکل 3.4 روش محاسبه برای یک سیستم کامل از  $n$  المان توصیف شده بوسیله باندهای خطا را می دهد.



شگردهای کاهش خطا

زمانیکه مقادیر  $\bar{a}$  و  $N()$  و  $K$  و غیر خیلی متفاوت تر از آنهاست که برای معادله مستقیم است. برای مثال معادلات مستقیم و وارونه برای نوع ترموکوپل copper-constantan با اتصال مبنا در درجه  $0^\circ$  درجه سانتی گراد بصورت زیر می باشند.



برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

DIRECT

$$E = 3.845 \times 10^{-2}T + 4.682 \times 10^{-5}T^2 - 3.789 \times 10^{-8}T^3 + 1.652 \times 10^{-11}T^4 \text{ mV}$$

INVERSE

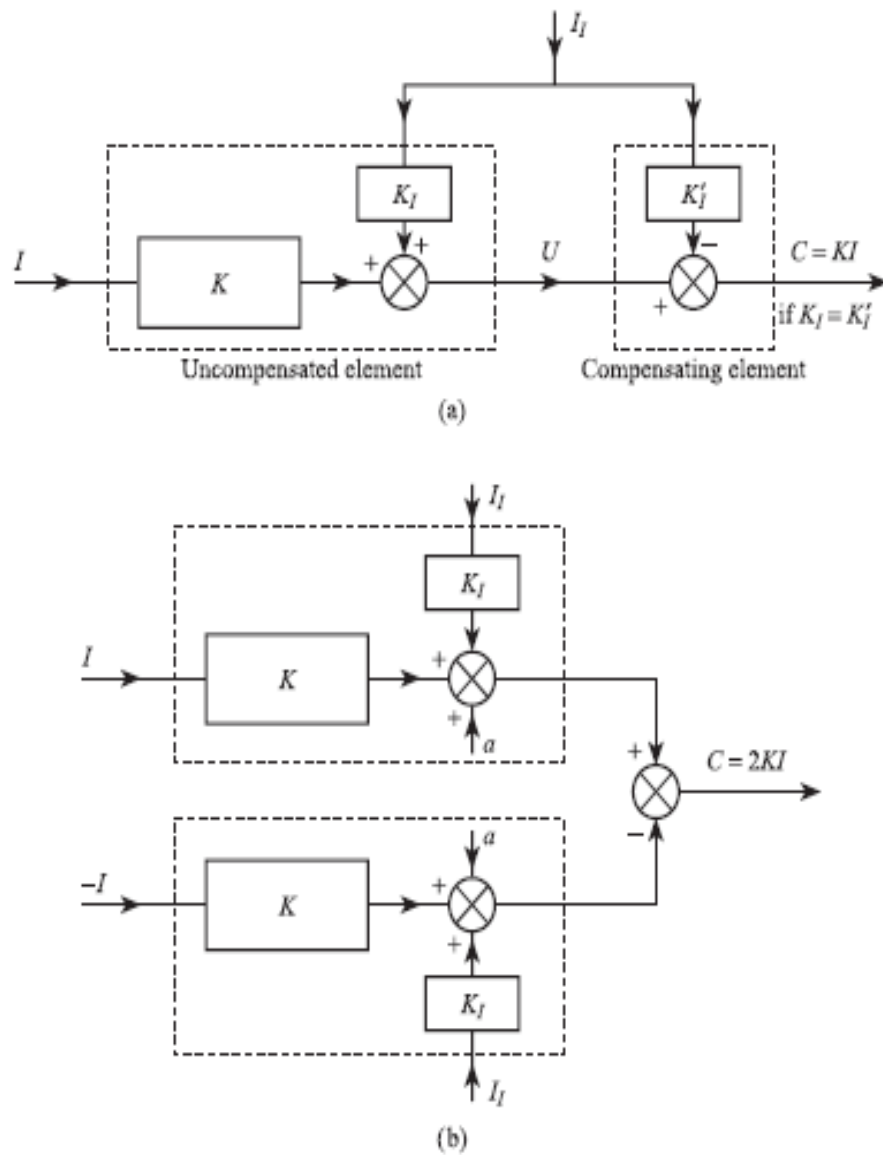
$$T = 25.55E - 0.5973E^2 + 2.064 \times 10^{-2}E^3 - 3.205 \times 10^{-4}E^4 \text{ } ^\circ\text{C} \quad [3.18]$$

هنگامیکه E ترموکوپل e.m.f و T دمای اندازه گیری شده اتصال دمائی میان ۴۰۰ و ۰ C سانتی گراد باشد. هر دو معادلات با استفاده از حداقل مربعات چند جمله ای iec584 قرار گرفته است نتیجه می شود؛ برای معادله سیستم E یک متغیر وابسته و T یک متغیر مستقل است. تاثیر قابل استفاده برای برآورد خطا، می باشند. معادله وارونه بیشتر برای تحلیل خطاها قابل استفاده خواهد بود.

استفاده معادله وارونه در برآوردهای کامپیوتری از مقدار خطا در اندازه گیری به بهترین وجه در مراحل مختلف قابل اجرا نمودن می باشند.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

Figure 3.5 Compensation for interfering inputs:  
 (a) Using opposing environmental inputs  
 (b) Using a differential system.



با ارجاع به شکل 3.8(a) اینها عبارتند از:

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

۱. با سیستمی که تاکنون اتلاف توانس جبران نشده بصورت یک عنصر تکی عمل کنید با استفاده از

روش کالیبراسیون مندرج در بخش ۲,۴,۲ (یا هر دو روش دیگری برای تولید داده ها، پارامترهای  $\bar{a}$

و  $\bar{k}$  و غیره در الگوی معادله و ارائه بصورت زیر خواهد بود.

$$I = K'U + N'(U) + a' + K'_M I_M U + K'_I I_I \quad [3.19]$$

که معرف عملکرد کلی از سیستم، اتلاف توان جبران نشده می باشد. این رویه انرژی های ورودی محیطی را قادر می سازد تا جبران قابل تشخیص شوند که این انرژیها بصورت  $IM, II$  می باشد. ممکن از هر کدام از انواع فوق شیر از کلی پیدا شود.

۲. انرژی اتلافی جبران شده یک سیستم باید با یک دستگاه برآورد کنترل متصل باشد. این دستگاه

بطور اولیه شامل یک رایانه که پارامترهای الگویی که  $\bar{a}$  و  $\bar{k}$  و غیره را ذخیره می نماید، می باشند.

اگر خطاهائی که بخاطر انرژی های در روی محیط ناشی شده اند مهم تلقی شوند، سپس حس

گرهای محیطی که برآوردهای را برای رایانه تامینی می نماید هم

چنین مهم می باشند. هم چنین انرژی خروجی  $U$  از یک سیستم با انرژی های اتلافی جبران نشده به این رایانه تغذیه می شود.

۳. رایانه سپس برآوردهای اولیه  $\bar{a}$  که در استفاده از معادله و ارائه بدست آمده است را محاسبه می

کند.

$$I' = K'U + N'(U) + a' + K'_M I'_M U + K'_I I'_I \quad [3.20]$$

۴. عنصر ارائه گر داده ای سپس نمایشگر مقدار اندازه گیری  $O$  که باید به  $\bar{a}$  نزدیک تر باشند در بکار

بردن هایی که خیلی دقت کافی مورد نظر نیست روش در همین جا می تواند خاتمه یابد.

۵. اگر در این حالت دقت زیاد مورد نظر باشد سپس امکان این عمل وجود دارد که دقت بر آورد

کننده را بوسیله درجه بندی نمودن کامل سیستم را بالا برد. مقادیر سیستم خروجی در برای داده

های ورودی معیاری شناخته شده اندازه گیری می شود بصورت  $I$  و هم چنین مقادیر مربوط

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

خطای سیستم بصورت  $E=O-I$  محاسبه خواهد شد. مقادیر این خطاها بصورت پایه ای بخاطر اثرات اتفاقی و یا غیر برنامه ریزی شده خواهد بود. اما ممکن است یک اجزاء نظام یافته ای باشد که قادر به تصحیح سازی باشند.

۶. در حال حاضر باید کوشش شود تا داده های تنظیم شده را در فرمول حداقل مربع های خط مستقیم این شکل در فرمول زیر را جا داد.

$$E = kO + b \quad [3.21]$$

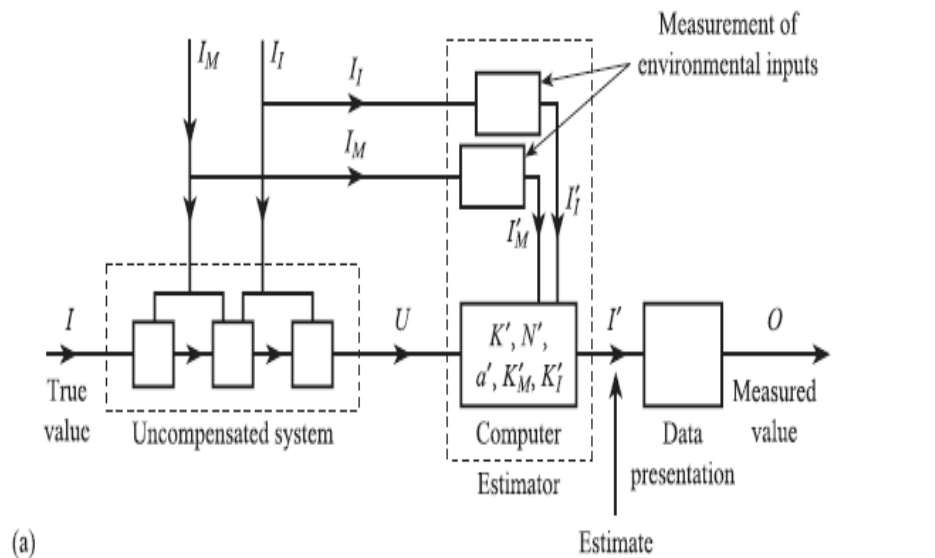
جایی که ما بعنوان خطای به صفر رسیدن زاید و  $k$  هر خطای زاید مقیاس را مشخص می کند. در اینجا خیلی نکته ظریفی در سعی نمودن برای قراردادن یک مقیاس چند فرمی در این مرحله وجود ندارد.



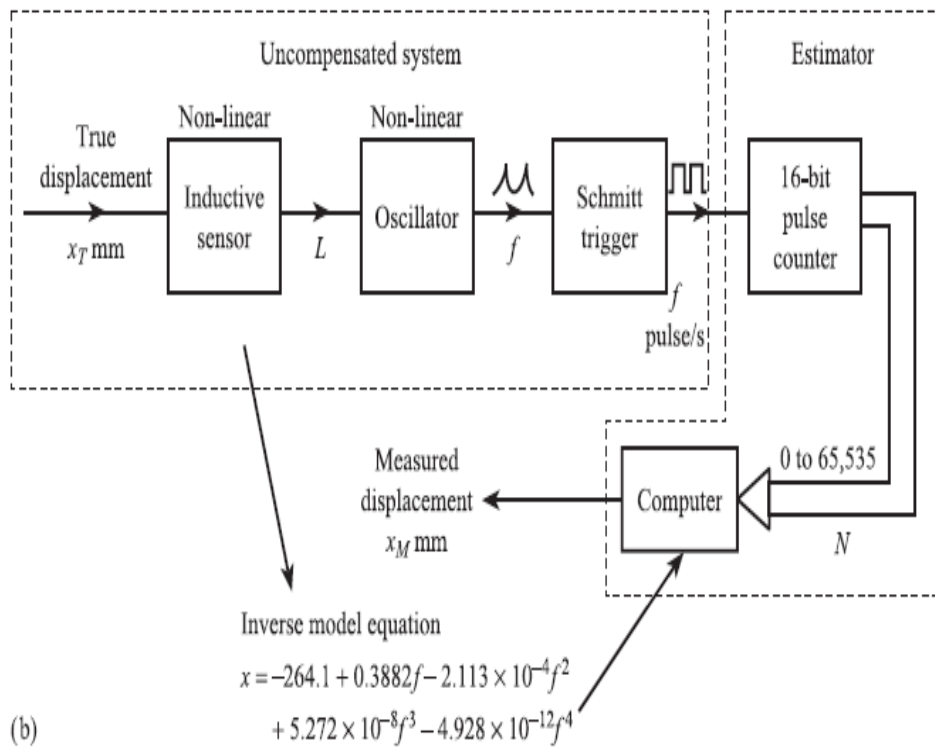
برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آر سایت و به همراه فونت های لازم

Figure 3.8 Computer estimation of measured value using inverse model equation:

(a) Principles  
(b) Example of displacement measurement system.



(a)



(b)

7. The correlation coefficient:

$$r = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} O_i E_i}{\sqrt{\sum_{i=1}^{i=n} O_i^2 \times \sum_{i=1}^{i=n} E_i^2}} \quad [3.22]$$

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

## فصل ۴

### خصوصیات دینامیکی سیستمهای اندازه گیری



برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

اگر سیگنال (علامت) ورودی ۱ به یک عنصر بگونه ای ناگهانی از یک مقدار به مقدار دیگر تغییر یابد. سیگنال (علامت) خروجی آن بطور لحظه ای به مقدار جدید خود تغییر نخواهد کرد. بعنوان مثال اگر درجه حرارت ورودی به یک ترموکوپل بطور ناگهانی از ۲۵ درجه سانتی گراد به ۱۰۰ درجه سانتی گراد تغییر کند مدت زمانی خواهد گذشت تا خروجی e.m.f از میزان 1mv به 4mv برخورد را کامل نماید. طرقی که یک عنصر به تغییرات ناگهانی سیگنال ورودی واکنش نشان می دهد پویایی خصوصیات آن تلقی و نامیده می شود، و این فرایندها بطور بسیار مناسبی در عملکرد تبدیل کاربرد  $G(s)$  خلاصه می شوند. اولین قسمت این فصل انرژی، جنبش نمونه ای عناصر را مورد بررسی قرار داده و عملکرد تبدیلی مربوطه را استنتاج می نماید. بخش بعدی، اینکه چگونه سیگنالهای آزمونی معیاری می تواند مورد استفاده جهت تشخیص  $G(s)$  برای یک عنصر به کار گرفته شود را بررسی می نماید. اگر سیگنال ورودی به یک نظام اندازه گیری چند عنصری بصورت خیلی سریع تغییر پیدا کند. سپس قالب یا شکل سیگنال خروجی نظام بطور کلی از سیگنال ورودی آن متفاوت خواهد بود. قسمت ۳-۴ اینکه چگونه این خطای پویا می تواند هویدا شود را مشخص می کند. بخش نهایی روشهای جبرانی پویا که برای به حداقل رساندن خطاها می تواند بکار گرفته شوند. را از قبل تعیین می نماید.

#### ۴,۱ تابع تبدیل $G(S)$ برای عناصر نمونه سیستمی

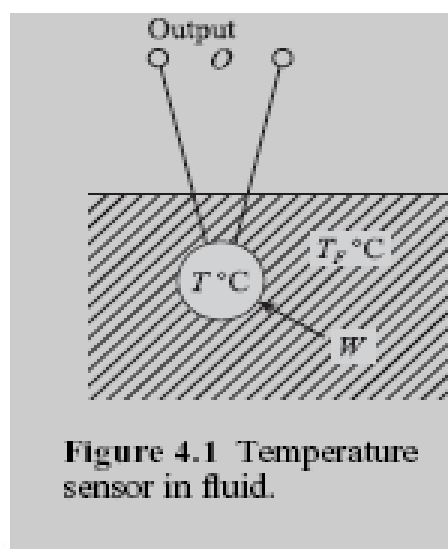
##### عناصر مرتبه اول

مثال خوبی از عنصر مرتبه اولی بوسیله یک حس گر دمائی با یک سیگنال خروجی الکتریکی تامین می شود. بعنوان مثال یک ترموکوپل یا ترمیستور. یک عنصر آشکار که محصور در پوششی نباشد در داخل نوعی مایع قرار می گیرد (شکل ۱-۴) ابتداءا بهنگامی که  $T=0$  قطعاً قبل از اینکه  $T=0$  باشد دمای حس

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

گر معادل با دمای مایع می باشد. بعنوان مثال  $T(0^-) = T_F(0^-)$  که این حالتی ثابت می باشد و عملکرد پویایش توسط معادله تعادلی حرارت توصیف می شود.

$$\text{rate of heat inflow} - \text{rate of heat outflow} = \text{rate of change of sensor heat content} \quad [4.1]$$



با پیش فرض اینکه  $(T_F > T)$  باشد پس میزان حرارت خروجی برابر با صفر بوده و میزان دمای ورودی متناسب با تفاوت دما می باشد  $(T_F - T)$  از فصل ۱۴ خواهیم داشت.

$$W = UA(T_F - T) \text{ watts} \quad [4.2]$$

زمانیکه  $U \text{ W m}^{-2} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$  بعنوان یک ضریب و انتقال گرما بین مایع و حس گر می باشد و  $A \text{ m}^2$  بعنوان گرمائی حس گر طبق فرمول  $MC[T - T(0^-)]$  ژول بوده مادامیکه جرم حس گر  $1 \text{ kg}$  می باشد.  $C$   $\text{J kg}^{-1} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$  یک گرمای ویژه از مواد مربوط به حس گر می باشد. بنابراین، با پیش فرض اینکه  $C, M$  ثابت و پایدار هستند میزان افزایش محتوای گرما بصورت فرمول زیر خواهد بود.

$$\text{rate of increase of sensor heat content} = MC \frac{d}{dt} [T - T(0^-)] \quad [4.3]$$

۳,۴ با توصیف کردن اینکه  $\Delta T = T - T(0^-)$  and  $\Delta TF = TF - TF(0^-)$



برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

بعنوان انحرافهای دماهایی هستند که از شرایط های حالت های پایداری باشد، معادله تفاوت زایی که بیانگر تغییرات حس گر دما می باشند بصورت فرمول زیر خواهد بود.

$$UA(\Delta T_F - \Delta T) = MC \frac{d\Delta T}{dt}$$

i.e.

$$\frac{MC}{UA} \frac{d\Delta T}{dt} + \Delta T = \Delta T_F \quad [4.4]$$

۴,۴ این فرمول یک معادله دیفرانسیلی خطی که در آن  $\Delta T$  و  $d\Delta T/dt$  در ضرایب پایدار ضرب و تلفیق شده است؛ معادله یک مرتبه اول است زیرا بالاترین فرمول استنتاج شده است کمیت  $MC/UA$  دارای ابعاد زمانی می باشد.

$$\frac{\text{kg} \times \text{J} \times \text{kg}^{-1} \times \text{°C}^{-1}}{\text{W} \times \text{m}^{-2} \times \text{°C}^{-1} \times \text{m}^2} = \frac{\text{J}}{\text{W}} = \text{seconds}$$

و معادله فوق بعنوان ثابت زمانی T برای سیستم محسوب می شود. معادله دیفرانسیل حال بصورت زیر می باشد.

Linear first-order  
differential equation

$$\tau \frac{d\Delta T}{dt} + \Delta T = \Delta T_F \quad [4.5]$$

در حالیکه معادله تفاوت زای فوق بطوری نقصی توصیف کافی پویایی حس گر بشمار می آید اما؛ هنوز بعنوان قابل استفاده ترین یا موثرترین معرف آن تلقی نمی گردد. تبدیل که در پایه تبدیل laplace از معادله دیفرانسیلی شده است یک قالب مناسب رابرای مطالعه سیستم های چند عنصری را تامین می نماید تبدیل laplace f (s) مربوط به تابع نوسان زمانی بصورت زیر تعریف شده است.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

Definition of Laplace  
transform

$$f(s) = \int_0^{\infty} e^{-st} f(t) dt \quad [4.6]$$

مادامیکه S یک متغیر پیچیده از قالب

جدول ۴-۱ تبدیل laplace را برای بعضی از عملکردهای معیار f(t) ارائه می کند. و برای پیدا کردن

عملکرد تبدیلی برای حس گر باید بتوان تبدیل laplace مربوط به eqn[4.5] با استفاده از جدول ۴-۱

پیدا کرد. در اینجا می توان به فرمول زیر رسید.

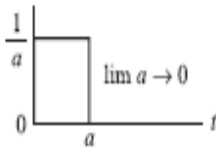
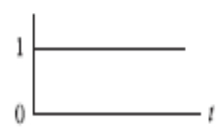
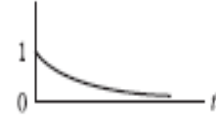
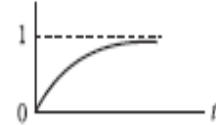
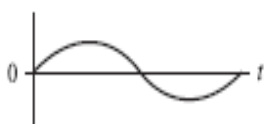
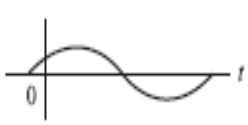
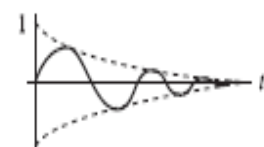
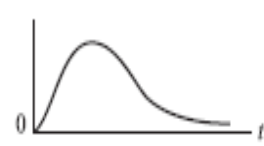
$$\tau[s\Delta\bar{T}(s) - \Delta T(0-)] + \Delta\bar{T}(s) = \Delta\bar{T}_F(s) \quad [4.7]$$



برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

Table 4.1 Laplace transforms of common time functions  $f(t)$ .<sup>a</sup>

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

Function	Symbol	Graph	Transform
1st derivative	$\frac{d}{dt}f(t)$		$sf(s) - f(0^-)$
2nd derivative	$\frac{d^2}{dt^2}f(t)$		$s^2f(s) - sf(0^-) - f'(0^-)$
Unit impulse	$\delta(t)$		1
Unit step	$\mu(t)$		$\frac{1}{s}$
Exponential decay	$\exp(-\alpha t)$		$\frac{1}{s + \alpha}$
Exponential growth	$1 - \exp(-\alpha t)$		$\frac{\alpha}{s(s + \alpha)}$
Sine wave	$\sin \omega t$		$\frac{\omega}{s^2 + \omega^2}$
Phase-shifted sine wave	$\sin(\omega t + \phi)$		$\frac{\omega \cos \phi + s \sin \phi}{s^2 + \omega^2}$
Exponentially damped sine wave	$\exp(-\alpha t) \sin \omega t$		$\frac{\omega}{(s + \alpha)^2 + \omega^2}$
Ramp with exponential decay	$t \exp(-\alpha t)$		$\frac{1}{(s + \alpha)^2}$

<sup>a</sup> Initial conditions are at  $t = 0^-$ , just prior to  $t = 0$ .

تابع تبدیل  $G(S)$  برای عناصر سیستمی نمونه

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

Laplace ۴-۱ جدول تبدیل های عملکرد زمانی عمومی

شرایط ابتدایی در معادله  $T=0$  و فقط قبل از  $T=0$  می باشند زمانیکه  $\Delta T(0^-) = 0$  هست  
انحراف دمایی که در شرایط ابتدایی قبل از  $t=0$  طبق تعریف  
فرمول زیر ارائه می دهد.

$$\tau s \Delta \bar{T}(s) + \Delta \bar{T}(s) = \Delta \bar{T}_F(s)$$

i.e.

$$(\tau s + 1) \Delta \bar{T}(s) = \Delta \bar{T}_F(s) \quad [4.8]$$

عملکرد تبدیلی  $G(S)$  مربوط به یک الحاق تبدیل laplace تبدیل خروجی به تبدیل laplace ورودی منوط  
به اینکه شرایط ابتدایی برابر ۰ باشند تعریف می گردند.

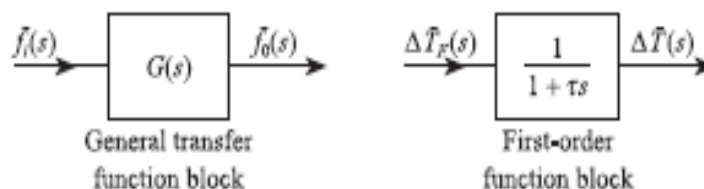
Definition of element  
transfer function

$$G(s) = \frac{f_0(s)}{f_i(s)} \quad [4.9]$$

معنی این موضوع بسادگی این است که عملکرد تبدیلی مربوط به سیگنال خروجی محصول عنصر عملکرد  
تبدیلی و عملکرد تبدیلی سیگنال ورودی است. بخاطر این ارتباط ساده شگردهای عملکرد تبدیلی زمینه  
خوبی را برای مطالعه حرکت سیستم های چند عنصری را فراهم نموده و معرف طرح را سود می سازد. (شکل

(۴-۲)

Figure 4.2 Transfer  
function representation.



از معادله [۴-۸] و [۴-۹] عملکرد تبدیل برای عنصر منظم اول بصورت زیر می باشد.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

Transfer function for  
a first-order element

$$G(s) = \frac{\Delta \bar{T}(s)}{\Delta \bar{T}_F(s)} = \frac{1}{1 + \tau s} \quad [4.10]$$

عملکرد تبدیلی فوق فقط تغییرات در حس گر دما را به تغییرات دمای مایع ارتباط می دهد. ارتباط کلی بین تغییرات سیگنال خروجی حس گر 0 و دمای مایع بصورت زیر است.

$$\frac{\Delta \bar{O}(s)}{\Delta \bar{T}_F(s)} = \frac{\Delta O}{\Delta T} \frac{\Delta \bar{T}(s)}{\Delta \bar{T}_F(s)} \quad [4.11]$$

در این فرمول  $\Delta O/\Delta T$  بعنوان حساسیت حالت پایدار حس گر دما تلقی می شود. برای یک عنصر آرمانی  $\Delta O/\Delta T$  معادل با شیب یک خط مستقیم آرمانی خواهد بود. برای عناصر غیر خطی مشروط به نوسانات ریزدما می توان  $\Delta O/\Delta T = dO/dT$  فرمول برگرفته شده را که پیرامون نوسانات دمای حالت پایدار  $T(0)$  ارزیابی می شود را در نظر گرفت. بنابراین برای ترموکوپل کنستانتان که  $\Delta E/\Delta T$  اندازه گیری نوسانات زیر در دما که حدود ۱۰۰ درجه،  $\Delta E/\Delta T$  توسط  $dE/dT$  در 100 رجوع

به بخش ۲،۱ تا حصول ارتباط کلی میان تغییرات در e.m.f و دمای مایع بصورت زیر می باشند

$$\frac{\Delta \bar{E}(s)}{\Delta \bar{T}_F(s)} = 35 \times \frac{1}{1 + 10s} \quad [4.12]$$

در یک مورد عادی مربوط به یک عنصر داده شده با خصوصیات ارائه شده بوسیله فرمول [۲،۹] و خصوصیات پویایی تعریف شده توسط  $G(S)$  اثر تغییرات ریز سریع در DI با بکارگیری شکل (۳-۴) که در آن حساسیت حالت پایدار

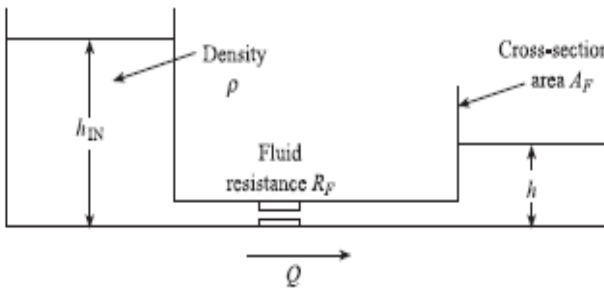
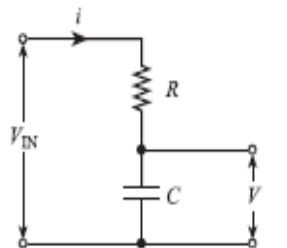
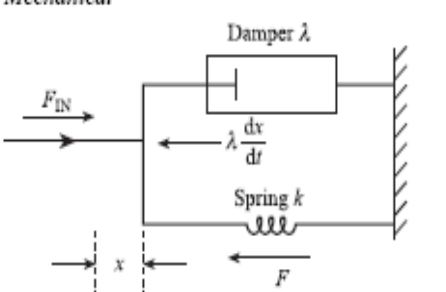
تعیین می شود و IO یک مقداری از حالت ثابت است که نوسانات ثابت اطراف آن بصورت زیر می باشد

Figure 4.3 Element model for dynamic calculations.



برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آر م سایت و به همراه فونت های لازم

Table 4.2 Analogous first-order elements.

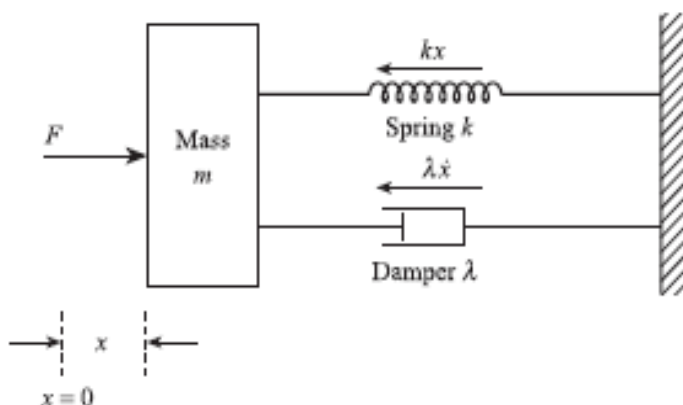
<p><i>Fluidic</i></p> 	<p>Volume flow rate <math>Q = \frac{1}{R_F}(P_{IN} - P)</math></p> <p>Pressures <math>P_{IN} = h_{IN}\rho g</math>, <math>P = h\rho g</math></p> $A_F \frac{dh}{dt} = Q = \frac{\rho g}{R_F}(h_{IN} - h)$ $\frac{A_F R_F}{\rho g} \frac{dh}{dt} + h = h_{IN}$ <p>i.e.</p> $\tau_F \frac{dh}{dt} + h = h_{IN}, \tau_F = \frac{A_F R_F}{\rho g}$
<p><i>Electrical</i></p> 	<p><math>V_{IN} - V = iR</math></p> <p>Charge <math>q = CV</math>, current <math>i = \frac{dq}{dt} = \frac{CdV}{dt}</math></p> $RC \frac{dV}{dt} + V = V_{IN}$ <p>i.e.</p> $\tau_E \frac{dV}{dt} + V = V_{IN}, \tau_E = RC$
<p><i>Mechanical</i></p> 	<p><math>F_{IN} - F = \lambda \frac{dx}{dt}</math>, <math>\lambda \text{ N s m}^{-1} = \text{damping constant}</math></p> <p>Displacement <math>x = \frac{F}{k}</math>, <math>k \text{ N m}^{-1} = \text{spring stiffness}</math></p> $\frac{\lambda}{k} \frac{dF}{dt} + F = F_{IN}$ $\tau_M \frac{dF}{dt} + F = F_{IN}, \tau_M = \frac{\lambda}{k}$
<p>Thermal <math>\tau_m = \frac{MC}{UA} = R_m C_m</math>; <math>R_m = \frac{1}{UA}</math>, <math>C_m = MC</math></p> <p>Fluidic <math>\tau_F = \frac{A_F R_F}{\rho g} = R_F C_F</math>; <math>R_F = R_F</math>, <math>C_F = \frac{A_F}{\rho g}</math></p> <p>Electrical <math>\tau_E = RC = R_E C_E</math>; <math>R_E = R</math>, <math>C_E = C</math></p> <p>Mechanical <math>\tau_M = \frac{\lambda}{k} = R_M C_M</math>; <math>R_M = \lambda</math>, <math>C_M = \frac{1}{k}</math></p>	

شکل 4.2 نشانگر عناصر مشابه الکتریکی و مکانیکی هست، که تابع انتقال مرتبه اول دارد. تمامی چهار عنصر که بوسیله مقاومت و خازن در شکل بالا ترسیم شده، شناسایی می شوند. دما، فشار، ولتاژ و نیرو متغیر های مشابه 'driving or effort variables' هستند. شدت شارش گرما و میزان حجم جریان و جریان

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

وسرعت جزو متغیر های driven یا flowvariables هستند. این قیاسها در قسمت 5.2 بخوبی توصیف شده اند.

Figure 4.4  
Mass-spring-damper  
model of elastic force  
sensor.



۴-۱-۲ عناصر مرتبه دوم

حس گر انعطاف پذیر که در تصویر ۴-۴ آمده است و نیروی ورودی  $f$  را به خروجی جابجا شده تبدیل می کند می تواند مثال خوبی برای عنصر مرتبه دوم باشد. این طرح یک مدل ذهنی از عنصری که توان  $mkg$  و یک  $damper$  با ثابت  $\lambda \text{ N s m}^{-1}$  رایه می دهد بشمار می رود.  $x(0^-) = 0$  و شتاب اولیه  $\ddot{x}(0^-) = 0$  نیروی ورودی  $f(0^-)$  بوسیله نیروی جهشی در جابجایی اولیه  $x(0^-)$  (بعنوان مثال  $f(0^-) = kx(0^-)$  بحالت تعادل در می آید.

$$F(0^-) = kx(0^-) \quad [4.13]$$

اگر نیروی ورودی بطور ناگهانی در  $t=0$  افزایش یابد سپس عنصر بیش از این حالت پایدار باقی نخواهد ماند و عملکردش مطمئناً بوسیله قانون دوم نیوتن قابل توصیف می باشد.

شتاب  $\times$  جرم = نیروی منتجه

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

i.e.

$$F - kx - \lambda \dot{x} = m\ddot{x} \quad [4.14]$$

and

$$m\ddot{x} + \lambda \dot{x} + kx = F$$

در این حالت می شود  $\Delta F, \Delta X$  را بعنوان انحراف در  $x, \dot{x}$  در شرایط های حالت پایدار ابتدایی در نظر گرفت و بدین وسیله تعریف می شوند.

$$\begin{aligned} \Delta F &= F - F(0-), & \Delta x &= x - x(0-) \\ \Delta \dot{x} &= \dot{x}, & \Delta \ddot{x} &= \ddot{x} \end{aligned} \quad [4.15]$$

در این حالت معادله دیفرانسیلی بصورت فرمول زیر جلوه می کند

$$m\Delta \ddot{x} + \lambda \Delta \dot{x} + kx(0-) + k\Delta x = F(0-) + \Delta F$$

که به وسیله استفاده از شکل (۴،۱۳) به فرمول زیر تحلیل می یابد.

$$m\Delta \ddot{x} + \lambda \Delta \dot{x} + k\Delta x = \Delta F$$

i.e.

$$\frac{m}{k} \frac{d^2 \Delta x}{dt^2} + \frac{\lambda}{k} \frac{d \Delta x}{dt} + \Delta x = \frac{1}{k} \Delta F \quad [4.16]$$

حالت فوق یک معادله دیفرانسیل زای خطی و نظمی ثانویه می باشد که در آن  $\Delta x$  فرمولهای بر گرفته شده از آن در ضریب ثابت مداوم تلفیق شد و بالاترین بر گرفته شده ها بصورت  $d^2 \Delta x / dt^2$  در آمده و اگر فرمول آن را بصورت زیر تعریف کنیم.

$$\text{undamped natural frequency } \omega_n = \sqrt{\frac{k}{m}} \text{ rad/s}$$

$$\text{damping ratio } \xi = \frac{\lambda}{2\sqrt{km}} \quad [4.17]$$

سپس از آن فرمول می تواند در قالب معیاری بیان شود



برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

Linear second-order  
differential equation

$$\frac{1}{\omega_n^2} \frac{d^2 \Delta x}{dt^2} + \frac{2\xi}{\omega_n} \frac{d\Delta x}{dt} + \Delta x = \frac{1}{k} \Delta F \quad [4.18]$$

به منظور بدست آوردن عملکرد اتصالی برای یک عنصر نیاز به یک laplace در معادله [۴،۱۸] با استفاده از جدول ۴-۱ می توان فرمول زیر را حاصل کرد.

$$\begin{aligned} & \frac{1}{\omega_n^2} [s^2 \Delta \bar{x}(s) - s\Delta x(0-) - \Delta \dot{x}(0-)] + \frac{2\xi}{\omega_n} [s\Delta \bar{x}(s) - \Delta x(0-)] + \Delta \bar{x}(s) \\ & = \frac{1}{k} \Delta \bar{F}(s) \end{aligned} \quad [4.19]$$

$$\Delta \dot{x}(0-) = \dot{x}(0-) = 0 \text{ and } \Delta x(0-) = 0$$

از آنجاییکه

طبق تعریف به فرمول زیر تحلیل می یابد.

$$\left[ \frac{1}{\omega_n^2} s^2 + \frac{2\xi}{\omega_n} s + 1 \right] \Delta \bar{x}(s) = \frac{1}{k} \Delta \bar{F}(s) \quad [4.20]$$

Thus

$$\frac{\Delta \bar{x}(s)}{\Delta \bar{F}(s)} = \frac{1}{k} G(s)$$

سپس جاییکه  $1/k$  حساسیت حالت پایدار  $k$  بوده

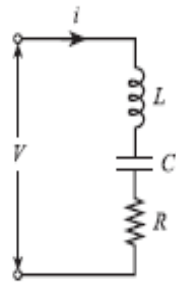
Transfer function for a  
second-order element

$$G(s) = \frac{1}{\frac{1}{\omega_n^2} s^2 + \frac{2\xi}{\omega_n} s + 1} \quad [4.21]$$

شکل ۴-۵ یک عنصر الکتریکی همانند در یک مدار سری L-L-R نشان می دهد. معادلات مقایسه شونده [۴،۱۴] و [۴،۲۲] میتوان دید که  $q$  با  $x$  همانند است و  $V$  با  $F$  و همچنین  $I, R$  و  $1/C$  با  $m/\lambda$  بصورت کلی پس از دیگری هم آیند هستند به (جدول ۵-۱) مراجعه شود مدار الکتریکی بوسیله عملکرد اتصالی با فرمول

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آر سایت و به همراه فونت های لازم

Figure 4.5  
Series L-C-R circuit.



$$V = iR + \frac{q}{C} + L \frac{di}{dt}$$

where  $i = \frac{dq}{dt}$  ( $q$  = charge on the capacitance)

$$\text{thus } L \frac{d^2q}{dt^2} + R \frac{dq}{dt} + \frac{1}{C}q = V$$

[4.22]

## ۴,۲ شناسایی مشخصه های دینامیکی یک المان

به منظور شناسایی تابع انتقال یک المان، سیگنالهای استاندارد ورودی باید استفاده شوند. دو سیگنال استاندارد غالباً معمول استفاده شونده پله و سینوسی است. این قسمت در مورد پاسخ المانهای مرتبه اول و مرتبه دوم به ورودی پله و سینوسی بحث می کند.

### پاسخ المانهای مرتبه اول و دوم به پله

از جدول ما دیدیم که تابع انتقال یک تابع پله در لاپلاس برابر با است. بنابراین اگر یک المان مرتبه اول با ورودی پله باشد، سیگنال خروجی المان در لاپلاس به صورت زیر است.

$$f_o(s) = G(s)f_i(s) = \frac{1}{(1 + \tau s)s} \quad [4.23]$$

$$f_o(s) = \frac{1}{(1 + \tau s)s} = \frac{A}{(1 + \tau s)} + \frac{B}{s}$$

$$f_o(s) = \frac{1}{s} - \frac{\tau}{(1 + \tau s)} = \frac{1}{s} - \frac{1}{(s + 1/\tau)} \quad [4.24]$$

$$f_o(t) = u(t) - \exp\left(\frac{-t}{\tau}\right)$$

and since  $u(t) = 1$  for  $t > 0$ :

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آر م سایت و به همراه فونت های لازم

Response of first-order  
element to unit step

$$f_o(t) = 1 - \exp\left(\frac{-t}{\tau}\right) \quad [4.25]$$

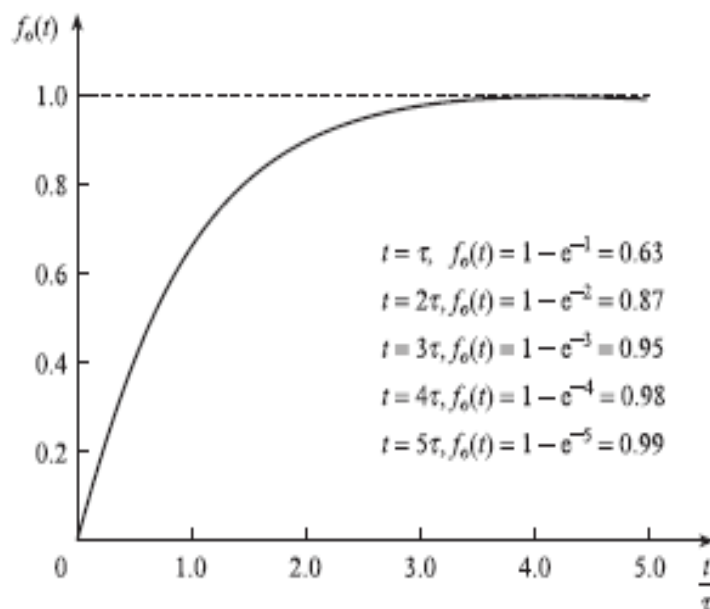
شکل پاسخ در شکل نشان داده شده است.

به عنوان مثال از کاربرد معادله، یک سنسور دمایی که در قسمت آمده را در نظر بگیرید. اولاً دمای سنسور برابر با آن سیال در لحظه است. اگر به طور ناگهانی بالا بیاید سپس این یک تغییر پله ای با ارتفاع را نشان می دهد. تغییر در سنسور متناظر با این برابر با و دمای واقعی از سنسور در زمان  $t$  بوسیله زیر بدست می آید.

$$T(t) = 25 + 75(1 - e^{-t/\tau}) \quad [4.26]$$

بنابر این در زمان  $t = \tau$ ,  $T = 25 + (75 \times 0.63) = 72.3 \text{ }^\circ\text{C}$  با اندازه گیری زمان لازم برای تا رسیدن به ما می توانیم ثابت زمانی المان را بدست آوریم.

Figure 4.6 Response of a first-order element to a unit step.



اگر المان مرتبه دوم با تابع انتقال زیر

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

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

با اعمال یک سیگنال ورودی پله واحد، لاپلاس سیگنال خروجی المان بصورت زیر است.

$$f_o(s) = \frac{1}{\left( \frac{1}{\omega_n^2} s^2 + \frac{2\xi}{\omega_n} s + 1 \right) s} \quad [4.27]$$

با بیان (4.2.7) تابع های جزئی داریم:

$$f_o(s) = \frac{As + B}{\left( \frac{1}{\omega_n^2} s^2 + \frac{2\xi}{\omega_n} s + 1 \right)} + \frac{C}{s} \quad [4.27]$$

where  $A = -1/\omega_n^2$ ,  $B = -2\xi/\omega_n$ ,  $C = 1$ . This gives:

$$\begin{aligned} f_o(s) &= \frac{1}{s} - \frac{(s + 2\xi\omega_n)}{s^2 + 2\xi\omega_n s + \omega_n^2} \\ &= \frac{1}{s} - \frac{(s + 2\xi\omega_n)}{(s + \xi\omega_n)^2 + \omega_n^2(1 - \xi^2)} \\ &= \frac{1}{s} - \frac{(s + \xi\omega_n)}{(s + \xi\omega_n)^2 + \omega_n^2(1 - \xi^2)} - \frac{\xi\omega_n}{(s + \xi\omega_n)^2 + \omega_n^2(1 - \xi^2)} \end{aligned} \quad [4.28]$$

3 حالت وجود دارد که باید در نظر گرفته شود، که آیا بیشتر یا کمتر یا مساوی 1 باشد.

if  $\xi = 1$  (critical damping)

$$f_o(s) = \frac{1}{s} - \frac{1}{s + \omega_n} - \frac{\omega_n}{(s + \omega_n)^2} \quad [4.29]$$

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

Response of second-order element to a unit step, critical damping  $\xi = 1$

$$f_o(t) = 1 - e^{-\omega_n t} (1 + \omega_n t) \quad [4.30]$$

Using standard tables it can be shown that if  $\xi < 1$  (underdamping) then:

Second-order step response, underdamping  $\xi < 1$

$$f_o(t) = 1 - e^{-\xi \omega_n t} \left[ \cos \omega_n \sqrt{1 - \xi^2} t + \frac{\xi}{\sqrt{1 - \xi^2}} \sin \omega_n \sqrt{1 - \xi^2} t \right] \quad [4.31]$$

and if  $\xi > 1$  (overdamping) then:

Second-order step response, overdamping  $\xi > 1$

$$f_o(t) = 1 - e^{-\xi \omega_n t} \left[ \cosh \omega_n \sqrt{\xi^2 - 1} t + \frac{\xi}{\sqrt{\xi^2 - 1}} \sinh \omega_n \sqrt{\xi^2 - 1} t \right] \quad [4.32]$$

ما یک حالت با بدست آمده بوسیله معادله (4.31) را در نظر می گیریم، در اینجا فرکانس میرای زاویه ای نوسان بوسیله معادله زیر بدست می آید.

$$\omega_d = \omega_n \sqrt{1 - \xi^2}$$

جاییکه فرکانس زاویه ای طبیعی میرا است. پریود متناظر میرای نوسان بوسیله معادله زیر بدست می آید.

$$T_d = \frac{2\pi}{\omega_d} = \frac{2\pi}{\omega_n \sqrt{1 - \xi^2}}$$

زمان که متناظر با اولین پیک نوسان است بوسیله زیر بدست می آید.

$$T_p = T_d/2 = \frac{\pi}{\omega_n \sqrt{1 - \xi^2}}$$

زمان استقرار. پاسخ به منظور قرار گرفتن در مقدار حالت ماندگار بوسیله ترم نمایی بدست می آید. زمانیکه

همچنین داریم. زمان برای پاسخ، به منظور قرار گرفتن در نزدیکی محدوده از رابطه زیر بدست می آید.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

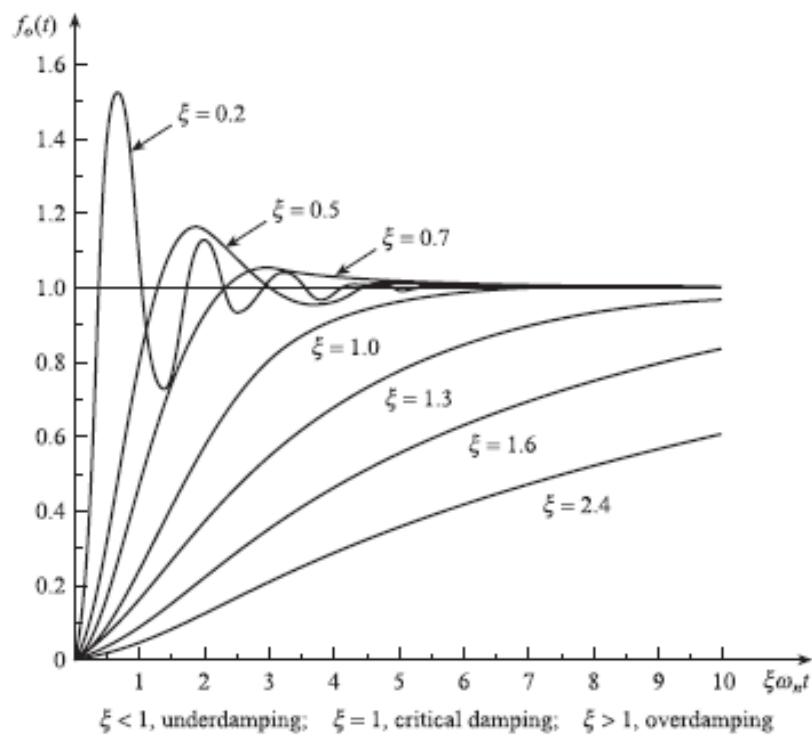
$$T_r = 5/\xi\omega_n$$

از شکل 4.7 ما دیدیم که زمانی min است که پاسخ یک مقدار max در اولین پیک نوسان دارد. تفاوت بین max و مقدار حالت ماندگار، برای مقدار ماکزیمم است و از رابطه زیر بدست می آید.

$$\exp\left[\frac{-\pi\xi}{\sqrt{1-\xi^2}}\right]$$

و تنها بستگی به دارد. بنابراین برای یک تخمین می تواند از مقادیر اندازه گیری شده پیدا شود. می توانند تخمین زده شوند از اندازه گیری های .

Figure 4.7 Response of a second-order element to a unit step.



شکل پاسخ ها در شکل ۷-۴ نشان داده شده است. بعنوان یک مثال یک پاسخ مرحله ای از حس گری که با استحکام  $k = 10^3 \text{ Nm}^{-1}$  و  $m = 10^{-1} \text{ kg}$  و ثابت دمپ  $\lambda = 10 \text{ N s m}^{-1}$  در نظر بگیرید.

حساسیت حالت پایدار  $K=1/k=10^{-3} \text{ mN}^{-1}$

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

ابتدا در زمان  $T=0$  نیروی ثابت  $F(0^-)=10N$  باعث یک جا به جا سازی پایدار که به حالت  $\xi = 0.5$   $\lambda/2vkm = 0.5$  فرض کنید که  $T=0$  این نیرو بطور ناگهانی افزایش یافته و از  $10$  به  $12N$  میرسد. بعنوان مثال یک تغییر مرحله ای  $\Delta f$  از  $2N$  ناشی می شود. تغییر مرحله  $\Delta x(t)$  در جای سازی با استفاده از مرحله زیر بدست می آید.

$$\Delta x(t) = \text{steady-state sensitivity} \times \text{step height} \times \text{unit step response } f_0(t) \quad [4.33]$$

i.e.

$$\begin{aligned} \Delta x(t) &= \frac{1}{10^3} \times 2 \times [1 - e^{-50t} (\cos 86.6t + 0.58 \sin 86.6t)] \text{ metre} \\ &= 2[1 - e^{-50t} (\cos 86.6t + 0.58 \sin 86.6t)] \text{ mm} \end{aligned} \quad [4.34]$$

در اینجا فرکانس زاویه ای  $\omega_d=86.6 \text{ rad/s}$  و دوران نوسان  $T_d=72.6 \text{ ms}$  خواهد بود. بیشترین حالت پرت شدگی معادل  $0.16$  که منتهی می شود که نتیجه بصورت بیشترین مقدار  $\Delta x=2/32$  خواهد بود. این زمانی اتفاق می افتد که  $T_p=363 \text{ ms}$  بالاخره چنانچه آنقدر بزرگ خواهد شد که برابر با  $\Delta x=2 \text{ mm}$  . بطور مثال  $x$  در یک حالت جدید پایدار به سکون میرسد که مقدارش  $2 \text{ mm}$  با ثبات زمانی  $100 \text{ ms}$  میرسد.

۴،۲،۲ پاسخ غیر مستقیم عناصر نظمی اولیه و ثانویه:

از جدول شماره ۱-۴ خواهیم دید که تبدیل laplace از امواج غیر مستقیم

$f(t) = \sin \omega t$  یا بزرگی دامنه فرکانس زاویه ای  $\omega$  مساوی  $C$ . بنابراین اگر موج غیر مستقیم از دامنه

بعنوان یک ورودی به عنصر نظمی اولیه بشمار رود. سپس تبدیل laplace سیگنال خروجی بصورت زیر خواهد بود.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آر م سایت و به همراه فونت های لازم

$$f_o(s) = \frac{1}{(1 + \tau s)} \frac{I \cdot \omega}{(s^2 + \omega^2)} \quad [4.35]$$

Expressing [4.35] in partial fractions we have

$$f_o(s) = \frac{A}{(1 + \tau s)} + \frac{Bs + C}{s^2 + \omega^2} \quad [4.36]$$

where:

$$A = \frac{\omega \tau^2 I}{(1 + \tau^2 \omega^2)}, \quad B = \frac{-\omega \tau I}{(1 + \tau^2 \omega^2)}, \quad C = \frac{\omega I}{(1 + \tau^2 \omega^2)}$$

so that:

$$\begin{aligned} f_o(s) &= \frac{\omega \tau^2 I}{(1 + \tau^2 \omega^2)} \frac{1}{(1 + \tau s)} + \frac{I}{(1 + \tau^2 \omega^2)} \left\{ \frac{-\omega \tau s + \omega}{s^2 + \omega^2} \right\} \\ &= \frac{\omega \tau^2 I}{(1 + \tau^2 \omega^2)} \frac{1}{(1 + \tau s)} + \frac{I}{\sqrt{1 + \tau^2 \omega^2}} \left\{ \frac{\omega \frac{1}{\sqrt{1 + \tau^2 \omega^2}} + s \frac{-\omega \tau}{\sqrt{1 + \tau^2 \omega^2}}}{s^2 + \omega^2} \right\} \\ &= \frac{\omega \tau^2 I}{(1 + \tau^2 \omega^2)} \frac{1}{(1 + \tau s)} + \frac{I}{\sqrt{1 + \tau^2 \omega^2}} \left\{ \frac{\omega \cos \phi + s \sin \phi}{s^2 + \omega^2} \right\} \end{aligned} \quad [4.37]$$

where

$$\cos \phi = \frac{1}{\sqrt{1 + \tau^2 \omega^2}}, \quad \sin \phi = \frac{-\omega \tau}{\sqrt{1 + \tau^2 \omega^2}}$$

Using Table 4.1 we have:

$$f_o(t) = \underbrace{\frac{\omega \tau I}{1 + \tau^2 \omega^2}}_{\text{Transient term}} e^{-t/\tau} + \underbrace{\frac{I}{\sqrt{1 + \tau^2 \omega^2}} \sin(\omega t + \phi)}_{\text{Sinusoidal term}} \quad [24.38]$$

در یک آزمایش موج سینوسی، ما صبر می کنیم تا جملات گذرا به صفر برسند و سیگنال سینوسی را اندازه می گیریم.

$$f_o(t) = \frac{I}{\sqrt{1 + \tau^2 \omega^2}} \sin(\omega t + \phi) \quad [4.39]$$



برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آر م سایت و به همراه فونت های لازم

که باقیمانده اند. بنابراین ما می بینیم که سیگنال خروجی نیز یک موج سینوسی با فرکانس است. ولی با دامنه نوسان و فاز به اندازه نسبت به موج سینوسی ورودی شیفت پیدا کرده است. این نتایج فاز و دامنه می تواند مستقیماً از تابع انتقال بدون استفاده از جدول ترانسفورمرها پیدا شود. اگر ما S را به در جایگزین کنیم، ما مجموعه ای از اعداد را شکل می دهیم. اندازه از این مجموعه اعداد برابر با نسبت دامنه خروجی به ورودی است و زاویه یا فاز برابر با تفاوت بین موج سینوسی خروجی با ورودی

Figure 4.8 Frequency response characteristics of first-order element with

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

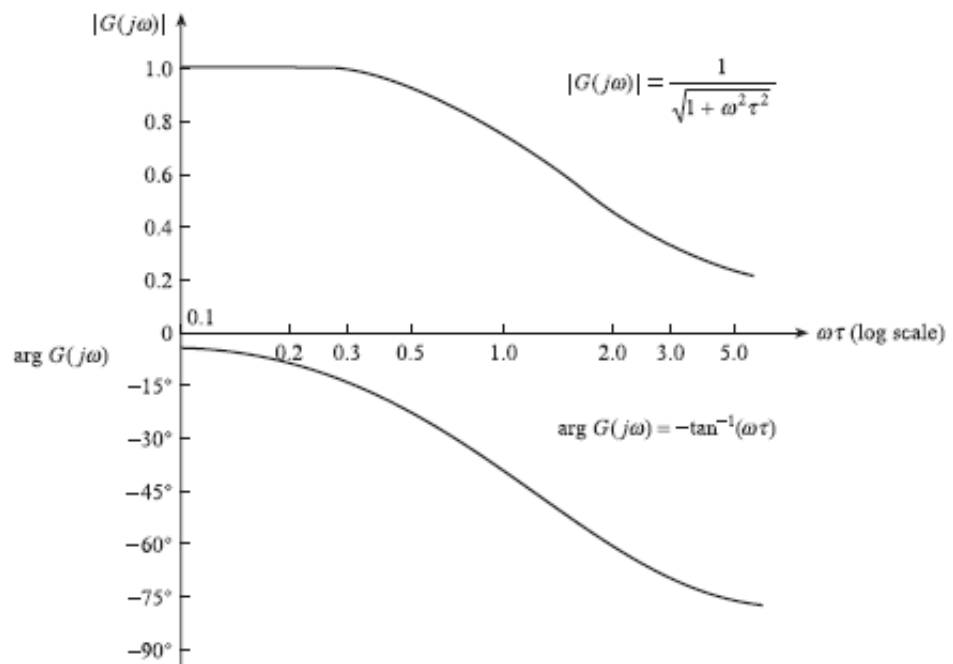


Figure 4.9 Frequency response of an element with linear dynamics.



این نتایج ما را توانا می سازد مقدار را از اطلاعات آزمایش پاسخ فرکانسی پیدا کنیم. در حالت ماندگار ما می توانیم چهار جمله در باره سیگنال خروجی بنویسیم.

(a) خروجی نیز یک موج سینوسی است.

(b) فرکانس خروجی نیز است.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

(c) دامنه خروجی برابر است.

(d) اختلاف فاز بین خروجی و ورودی برابر است.

با استفاده از قوانین بالا ما می توانیم سرعت نسبت دامنه و فاز مربوطه برای یک المان مرتبه دوم را پیدا کنیم:

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

Here we have:

$$G(j\omega) = \frac{1}{\frac{1}{\omega_n^2} (j\omega)^2 + \frac{2\xi}{\omega_n} (j\omega) + 1}$$

این مشخصه ها بطور گرافیکی در شکل ۴،۱۰ نشان داده شده اند. هم دامنه نوسانات و هم مشخصه های فاز قطعاً بستگی به دارند. ما

so that

*Frequency response characteristics of second-order element*

$$\begin{aligned} \text{Amplitude ratio} = |G(j\omega)| &= \frac{1}{\sqrt{\left(1 - \frac{\omega^2}{\omega_n^2}\right)^2 + 4\xi^2 \frac{\omega^2}{\omega_n^2}}} \\ \text{Phase difference} = \arg G(j\omega) &= -\tan^{-1} \left[ \frac{2\xi\omega/\omega_n}{1 - \omega^2/\omega_n^2} \right] \end{aligned} \quad [4.40]$$

یادداشت کردیم که برای یک مقدار max دارد که بیشتر از واحد است. این مقدار max بوسیله زیر بدست می آید.

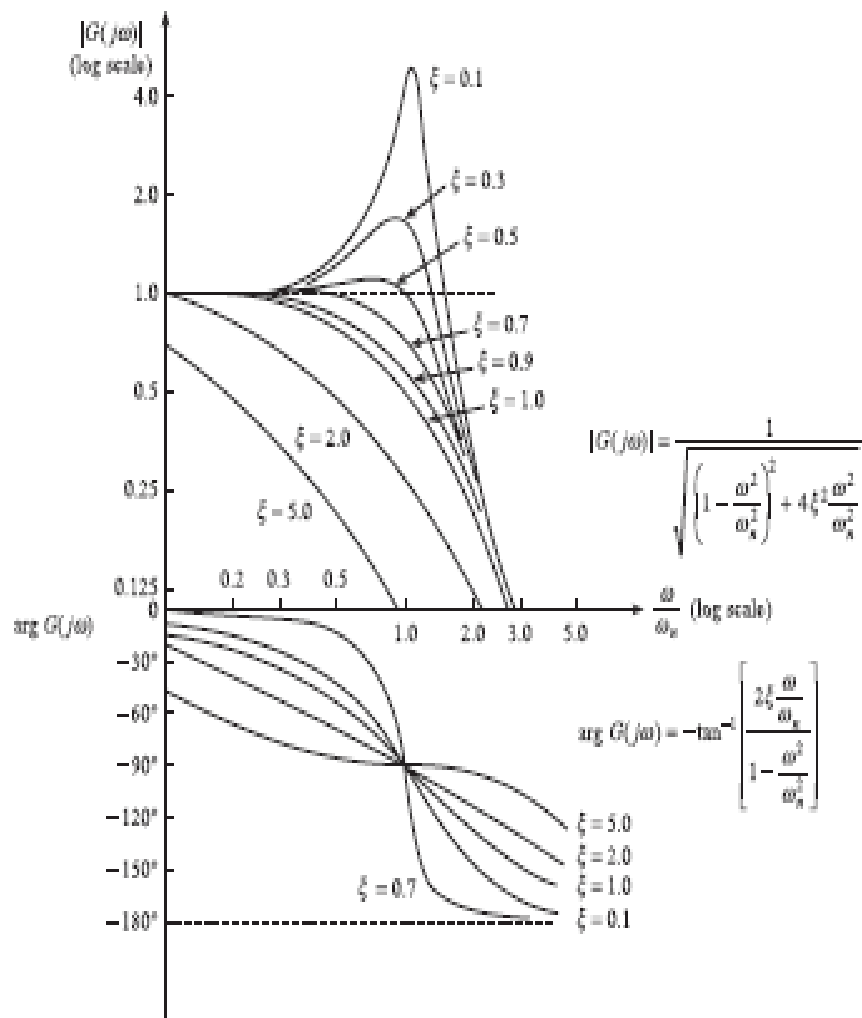
برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

$$|G(j\omega)|_{\max} = \frac{1}{2\xi\sqrt{1-\xi^2}}$$

و در فرکانس رزونانس اتفاق می افتد جاییکه :

Figure 4.10 Frequency response characteristics of second-order element with

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



بنابراین بوسیله اندازه گیری max و  $\omega_R$  ,  $\omega_n$  این مرحله بدست می آید. انتخاب دیگری که برای ترسیم

$G(j\omega)$  در مقابل  $\omega$  وجود دارد یک نموداری از تعدادی واحد  $N$  dB در مقابل  $\omega$  مادامیکه  $N=20\log_{10}$

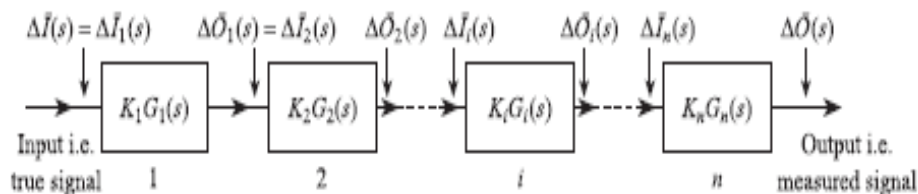
و  $G(j\omega)$  می باشد

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

### ۴.۳ خطاهای پویا در سیستم اندازه گیری

شکل ۴-۱۱ یک نظام اندازه گیری کامل را که شامل تعداد (n) از عناصر است را نشان می دهد. هر کدام از عناصر i دارای یک حالت ثابت آرمانی و همچنین خصوصیات پویا بوده و بنابراین می تواند بوسیله یک حالت حساسیت حالت ماندگار و k تابع احتمالی G(S) معرفی شود.

Figure 4.11 Complete measurement system with dynamics.



ما می توانیم بوسیله فرض کردن اینکه حساسیت حالت پایدار  $K_n \dots K_3 K_2 K_1$  را برای حالت کلی سیستم برابر با ۱ باشد اندازه گیری خطاهای پویا را شروع می کنیم در سیم خطای حالت پایدار یافت نمی شود (بخش ۱-۳). عملکرد انتقالی سیستم G(S) محصول عملکرد انتقالی تک عنصر می باشد.

در اصول ما توانیم فرمول [۴،۴۱] برای بدست آوردن سیگنال خروجی  $\Delta O(t)$  که مربوط به تغییر سیگنال ورودی  $\Delta I(t)$  می باشند، استفاده کنیم. اول باید تبدیل laplace پیدا کرد و سپس با استفاده از [۴،۹] سیگنال خروجی تبدیل laplace به این صورت خواهد بود. بوسیله بیان  $\Delta \theta(S)$  در کسرهای بخشی و همچنین استفاده از جداول تبدیل های laplace می توان سیگنال های زمانی مربوط  $\Delta O(t)$  را پیدا کرد. با بیان این موضوع از طریق ریاضی به فرمول زیر خواهیم رسید

$$\Delta O(t) = \mathcal{L}^{-1}[G(s)\Delta I(s)] \quad [4.42]$$

زمانیکه اشاره به تبدیل laplace دارد، خطای پویایی E(T) از سیستم اندازه گیری بعنوان اختلاف میان سیگنال اندازه گیری شده و همچنین سیگنال واقعی می باشد. بعنوان مثال ، اختلاف میان  $\Delta O(t)$  ،  $\Delta I(t)$  قابل پیدا شدن می باشد.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

Dynamic error of a measurement system

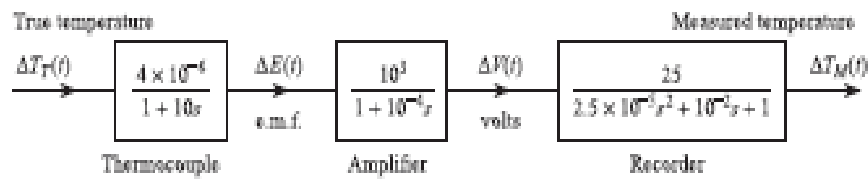
$$E(t) = \Delta O(t) - \Delta I(t) \quad [4.43]$$

Using [4.42] we have:

$$E(t) = \mathcal{L}^{-1}[G(s)\Delta I(s)] - \Delta I(t) \quad [4.44]$$

سیستم اندازه گیری دما که در اول طبق شکل [۴،۱۲] در بخش ۱-۳ معرفی شد یک مثال خوبی را از خطاهای پویا فراهم می سازد. ترموکوپل یک حمایت زمانی 10s دارد و تصویب کننده یک ثابت زمانی از  $10^{-4}s$  را طبق بخش ۹ دارد و دستگاه ثبت کننده طبق فصل ۱۱ یک عنصر نظامی ثانویه با  $\omega_n = 200 \text{ rad/s}$ ،  $\xi = 1.0$  می باشد. حساسیت در سرتاسر حالت ماندگار سیستم برابر ۱ است.

Figure 4.12 Simple temperature measurement system with dynamics.



ما الآن می توانیم خطای دینامیکی سیستم را برای یک ورودی پله محاسبه کنیم. بنابر این تابع لاپلاس سیگنال خروجی بصورت زیر است.

$$\begin{aligned} \Delta T_M(s) &= 20 \frac{1}{s} \frac{1}{(1 + 10s)} \frac{1}{(1 + 10^{-4}s)} \frac{1}{(1 + 1/200s)^2} \\ &= 20 \left[ \frac{1}{s} - \frac{A}{(s + 0.1)} - \frac{B}{(s + 10^4)} - \frac{Cs + D}{(s + 200)^2} \right] \end{aligned} \quad [4.45]$$

Using Table 4.1 and eqn [4.30],

$$\Delta T_M(t) = 20 \{ u(t) - A e^{-0.1t} - B e^{-10^4 t} - E e^{-200t} (1 + 200t) \}$$

and the dynamic error:

$$\begin{aligned} E(t) &= \Delta T_M(t) - \Delta T_T(t) \\ &= -20 \{ A e^{-0.1t} + B e^{-10^4 t} - E e^{-200t} (1 + 200t) \} \end{aligned} \quad [4.46]$$

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

جمله بعد از به صفر تضعیف می شود و جمله بعد از ۲۵ ms به صفر تضعیف می شود. جمله که با ثابت زمانی ۱۰ s از ترموکوپل است، بعد از ۵۰ s به ۰ میل میکند و بیشترین تاثیر را روی خطای دینامیکی دارد.

$$\Delta O(t) = |G(j\omega)| \dot{I} \sin(\omega t + \phi)$$

giving

$$E(t) = \dot{I} \{ |G(j\omega)| \sin(\omega t + \phi) - \sin \omega t \} \quad [4.47]$$

where  $\phi = \arg G(j\omega)$ .

فرض کنیم که دمای سیستم اندازه گیری بالا یک دمای سینوسی با دامنه و پریود و است. تابع پاسخ فرکانسی به صورت زیر است:

$$G(j\omega) = \frac{1}{(1 + 10j\omega)(1 + 10^{-4}j\omega)[1 + 10^{-2}j\omega + 2.5 \times 10^{-5}(j\omega)^2]} \quad [4.48]$$

so that at  $\omega = 1$

$$|G(j\omega)|_{\omega=1} = \frac{1}{\sqrt{(1+100)(1+10^{-8})[(1-2.5 \times 10^{-5})^2 + 10^{-4}]}} = 0.10$$

and

$$\arg G(j\omega)_{\omega=1} = 0 - \tan^{-1}(10) - \tan^{-1}(10^{-4}) - \tan^{-1}(10^{-2}) = -85^\circ \quad [4.49]$$

ما از معادلات بالا اشاره به این داریم که مقادیر  $|G(j\omega)|$  و  $\arg G(j\omega)$  در  $\omega = 1$  بوسیله  $s = 10$  ثابت زمانی ثابت می شود، خصوصیات پویایی مربوط به عناصر دیگر فقط عملکرد سیستم را با فرکانسهای نعیفی بالا تحت تاثیر قرار خواهد داد. از آنجا بیکه

$$T_T(t) = 20 \sin t \text{ and } T_M(t) = 0.1 \times$$

$20 \sin(t - 85^\circ)$  سپس خطا بصورت زیر می باشد.

$$E(t) = 20 \{ 0.1 \sin(t - 85^\circ) - \sin t \} \quad [4.50]$$

در اینجا اشاره ما به این است که در مورد انرژی ورودی موجب سینوسی، انرژی خروجی در حال ثبت شدن همچنین بصورت موج سینوسی خواهد بود، بطور مثال، شکل موج گونه ۱ از این سیگنال نامربوط است با وجود اینکه یک تحلیل و هم چنین یک تغییر مرحله ای در آن وجود دارد.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

در عمل سیگنال ورودی به یک سیستم اندازه گیری به احتمال بیشتر بصورت پریودیک خواهد تا بصورت یک موج ساده سینوسی. سیگنال دوره ای از نوعی هستند که بصورت فواصل زمانی معین تکرار می شوند

$$.. T, \text{ i.e. } f(t) = f(t + T) = f(t + 2T) \text{ etc}$$

زمانیکه  $T$  یک دوره زمانی است. یک مثال خوب در مورد سیگنال اندازه گیری دوره ای تغییرات زمانی که در داخل سیستم دمائی یک موتور دیزلی است و مثال دیگر نوسانی است که از کمپرسور centrifugal ناشی شده است.

به منظور محاسبه خطاهای پویا برای سیگنال های دوره ای ، ما نیاز به تجزیه و تحلیل فوریور داریم. هر سیگنال  $f(t)$  با دوره زمانی  $T$  می تواند بصورت یک سری امواج سینوسی و کسینوسی ارائه شود. این امواج دارای فرکانسهایی که کاملا متوازن از فرکانسهای زیر بنائی بوده اند می باشد

Fourier series for  
periodic signal

$$f(t) = a_0 + \sum_{n=1}^{\infty} a_n \cos n\omega_1 t + \sum_{n=1}^{\infty} b_n \sin n\omega_1 t \quad [4.51]$$

where

$$a_n = \frac{2}{T} \int_{-T/2}^{+T/2} f(t) \cos n\omega_1 t \, dt$$

$$b_n = \frac{2}{T} \int_{-T/2}^{+T/2} f(t) \sin n\omega_1 t \, dt \quad [4.52]$$

and

$$a_0 = \frac{1}{T} \int_{-T/2}^{+T/2} f(t) \, dt = \text{average value of } f(t) \text{ over } T$$

اگر  $f(t) = \Delta I(t)$ ، جاییکه  $\Delta I(t)$  بعنوان انحراف سیگنال ورودی اندازه گیری تلقی می شود  $T(t)$  از یک حالت پایدار و یا d.c و ارزش IO سپس  $a_0=0$  . اگر با هم چنین فرض کنیم که  $f(t)$  عجیب باشد. سپس برای تمام  $n$  به طور مثال فقط عنوان های سینوسی در این سری از سیگنال ها یافت می شوند. این فرضیه های ساده سازی روند نتیجه گیریهای حاصل شده در بخش بعدی تحت تاثیر نخواهد گذاشت. بنابراین سیگنال های ورودی سیستم بوسیله فرمول زیر ارائه می شود.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

$$\Delta I(t) = \sum_{n=1}^{\infty} I_n \sin n\omega_1 t \quad [4.53]$$

زمانیکه  $In=bn$  دامنه کارمونیک در فرکانس  $n\omega_1$  می باشد. به منظور پیدا کردن  $\Delta O(t)$  بگذارید فقط ما حدس بزنیم هارمونیک  $n$ th،  $In \sin n\omega_1 t$  بعنوان انرژی ورودی به درون سیستم تلقی می شود، از شکل ۴،۹ سیگنال خروجی مربوط بصورت زیر خواهد بود.

$$I_n |G(jn\omega_1)| \sin(n\omega_1 t + \phi_n)$$

where  $\phi_n = \arg G(jn\omega_1)$ .

الان ضروری است که ما از اصول انطباق استفاده کنیم، یکی از پایه ای ترین خصوصیات سیستمهای خطی یا یکنواخت بشمار می رود ( مثال: سیستمی که بوسیله معادلات اختلاف گرا قابل توصیف می باشند). این موضوع بصورت زیر می تواند بیان شود.

اگر ورودی  $I_1(t)$  باعث خروجی  $O_1(t)$  و سپس ورودی  $I_2(t)$  موجب خروجی  $O_2(t)$  شود سپس ورودی  $L_1(t) + L_2(t)$  موجب خروجی  $O_1(t) + O_2(t)$ ، مشروط به اینکه سیستم خطی باشد. فرایندهای گفته شده صورت می پذیرد.

این بدین معنی است که اگر سیگنال کل ورودی جمع خیلی از م.جهای سینوسی باشد ( معادله (۴،۵۳) پس مقدار سیگنال کل خروجی به اندازه جمع کل پاسخهایی بوده که به هر کدام از موجهای سینوسی داده شده است.

$$\Delta O(t) = \sum_{n=1}^{\infty} I_n |G(jn\omega_1)| \sin(n\omega_1 t + \phi_n) \quad [4.54]$$

بنابراین در اینجا خطای پویا بصورت زیر می شود.

*Dynamic error of system with periodic input signal*

$$\Delta E(t) = \sum_{n=1}^{\infty} I_n \{ |G(jn\omega_1)| \sin(n\omega_1 t + \phi_n) - \sin n\omega_1 t \} \quad [4.55]$$



برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

بعنوان مثال: فرض کنید که ورودی دمای سیستم اندازه گیری مربعی از موجی با دامنه ۲۰ سانتی گراد در دوره زمانی (  $T=6s$  ) باشد. چهارمین سری برای سیگنال ورودی بصورت زیر می شود.

$$\Delta T_T(t) = \frac{80}{\pi} [\sin t + \frac{1}{3} \sin 3t + \frac{1}{5} \sin 5t + \frac{1}{7} \sin 7t + \dots ] \quad [4.56]$$

شکل ۴،۱۳ قالب های موجی را با مربع و هم چنین اولین چهار اجزاء را همراه با فرکانس هایشان ۱، ۳، ۵ و ۷ نشان می دهد.

شکل ۴،۱۴ فرکانس تقویت کننده و ارتباط مرحله ای فرکانس برای دمای ورودی نشان میدهد. این جریان طیف فرکانسی از سیگنال را تعریف می کند و این طیف شامل خطوطی در فرکانسهای  $\omega$  ,  $3\omega$  ,  $5\omega$  و غیره می شود.

این امر نشانگر تحلیل طول دامنه جهت ارائه دامنه های کوچکتر یا هارمونیکهای بالاتر می باشد در مورد دمای عملی می توان یا این سری ها خاتمه داد و یا آنها را کوتاهتر کرد و این عمل دو همسازیهایی یا دامنه های قابل اغماض رخ می دهد و در این مورد انتخاب  $n=7$  خواهد بود. برای پیدا کردن سیگنال خروجی بطور مثال قالب موجی ثبت شده را می توان در نظر گرفت. در اینجا به ارزشیابی دامنه و احراز دلیل برای

می باشد.

$$|G(j)| = 0.100, \quad |G(3j)| = 0.033, \quad |G(5j)| = 0.020, \quad |G(7j)| = 0.014$$

and

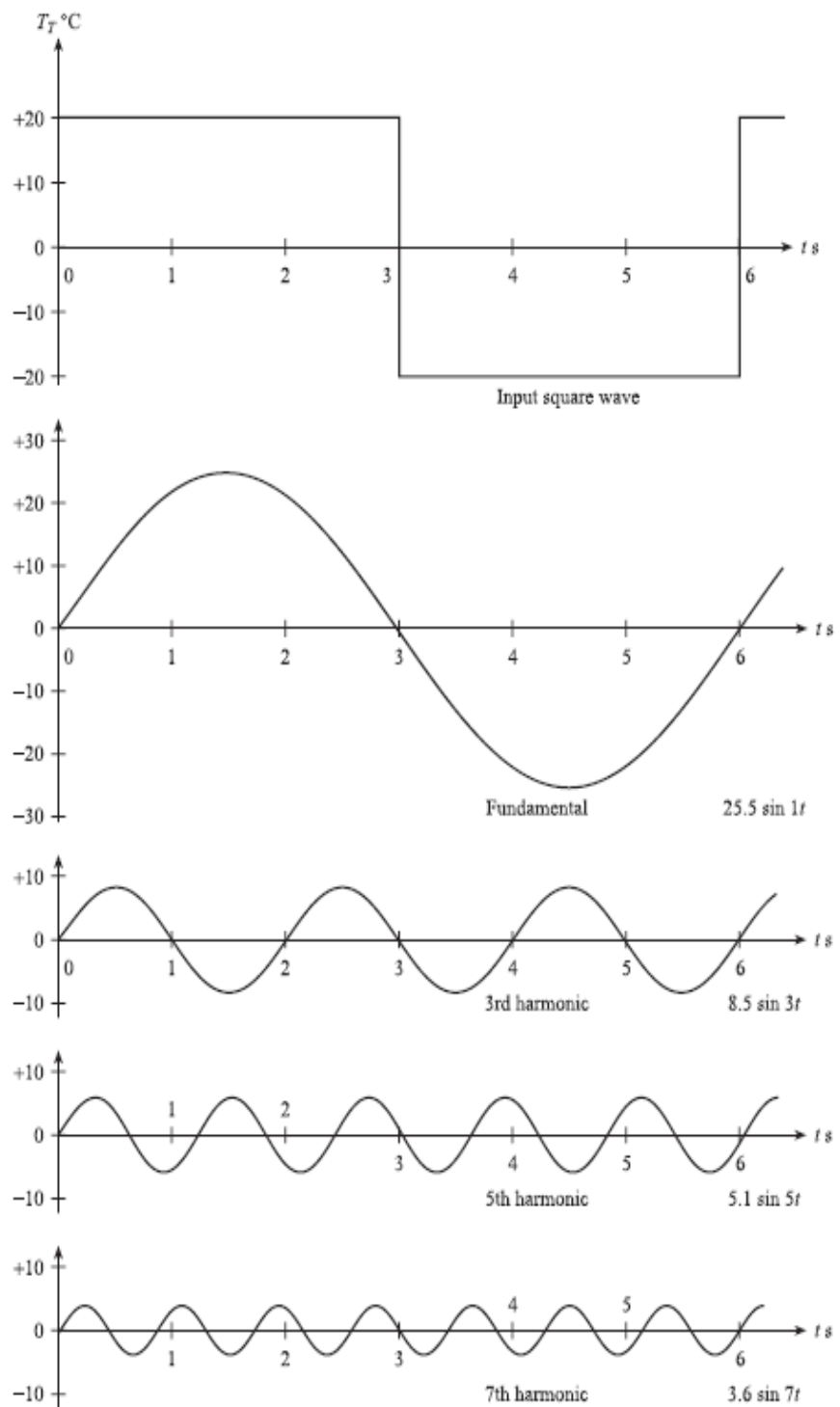
$$\begin{aligned} \arg G(j) &= -85^\circ, & \arg G(3j) &= -90^\circ, \\ \arg G(5j) &= -92^\circ, & \arg G(7j) &= -93^\circ \end{aligned} \quad [4.57]$$

مجددا مقادیر بالا بطور اساسی بوسیله 10s ترموکوپل با مدت زمان ثابت تعیین می شود. بالاترین سیگنال فرکانس  $w=7$  هنوز خیلی زیر فرکانس طبیعی دستگاه ثبت کننده  $Wn=200$  قرار دارد. حالا سیگنال خروجی سیستم بصورت زیر می باشد.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

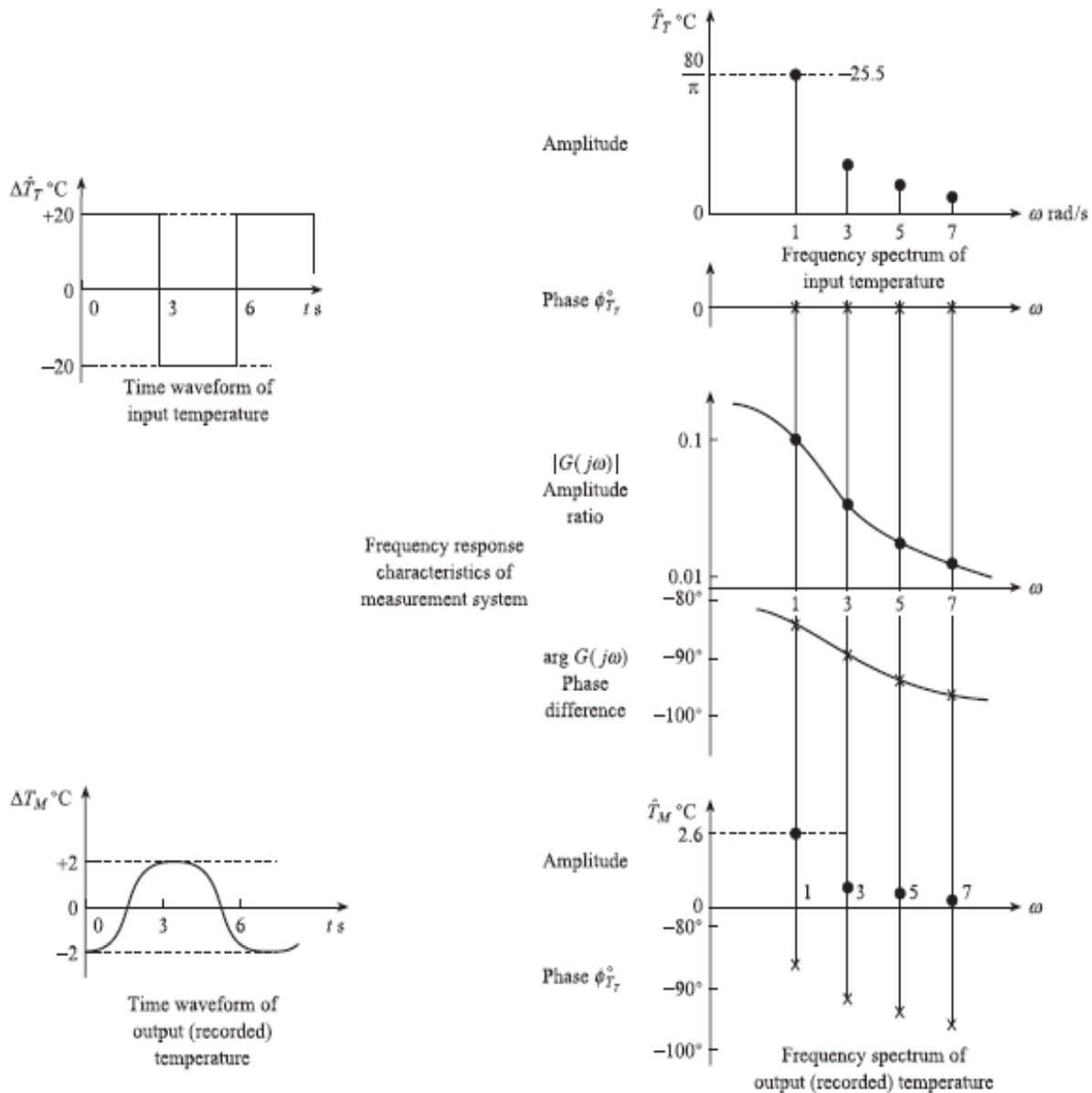
$$\Delta T_M(t) = \frac{80}{\pi} [0.100 \sin(t - 85^\circ) + 0.011 \sin(3t - 90^\circ) + 0.004 \sin(5t - 92^\circ) + 0.002 \sin(7t - 93^\circ)] \quad [4.58]$$

Figure 4.13 Waveforms for input square wave and Fourier components.



برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آر سایت و به همراه فونت های لازم

نمودار 4.14 مشخصه های پاسخ فرکانسی سیستم و طیف فرکانس سیگنال خروجی و شکل موج انرا نشان می دهد. ما نوشتیم که در سیگنال خروجی دامنه هارمونیکهای 3,5,7 مرتبط با دامنه اصلی کاهش یافته است. بنابر این ثبت کننده شکل موج؛ یک شکل موج کاملاً متفاوت نسبت به سیگنال ورودی، با دامنه کاهش یافته و تغییر فاز دارد.



ایده های بالا می توانند محاسبه خطا های دینامیکی را برای سیگنالهای تصادفی ورودی بسط دهند. سیگنالهای تصادفی می توانند بوسیله طیف پیوسته فرکانسی بیان شوند. (فصل 6)

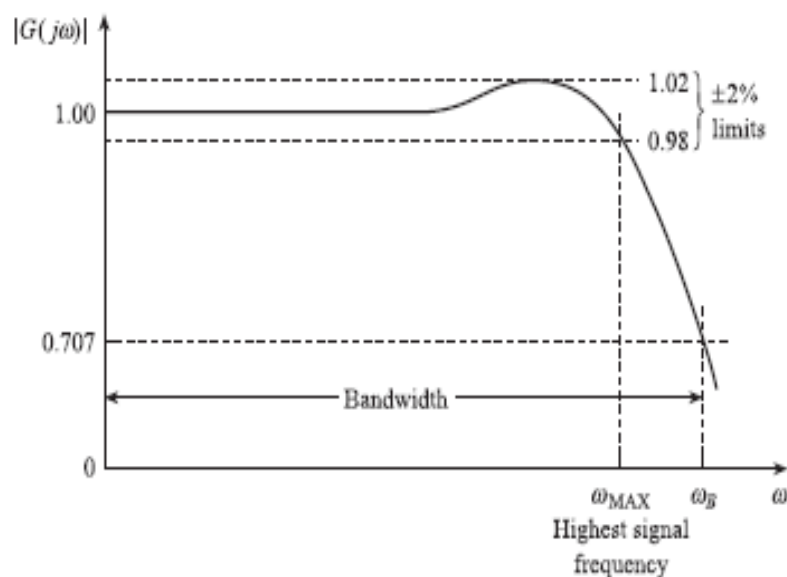
برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

#### ۴,۴ تکنیکهای جبران دینامیکی

از معادله (4.55) ما داریم که به منظور داشتن برای یک سیگنال متناوب شرایط زیر باید مهیا باشد.

$$\begin{aligned} |G(j\omega_1)| = |G(j2\omega_1)| = \dots = |G(jn\omega_1)| = \dots = |G(jm\omega_1)| = 1 \\ \arg G(j\omega_1) = \arg G(j2\omega_1) = \dots = \arg G(jn\omega_1) = \dots = \arg G(jm\omega_1) = 0 \end{aligned} \quad [4.59]$$

Figure 4.15 Percentage limits and bandwidth.



[۴,۶۰] این زمانی است که  $m$  قاعده ای برای بیشترین هارمونیک موثر تلقی می شود. برای یک سیگنال

اتفاقی در (فصل ۶) با طیف دوام یک طیف فرکانسی که محتوی فرکانسهایی که بین  $\omega$  و  $\omega_{max}$  لازم است

که به فرمول زیر دقت شود.

$$|G(j\omega)| = 1 \quad \text{and} \quad \arg G(j\omega) = 0 \quad \text{for} \quad 0 < \omega \leq \omega_{MAX} \quad [4.60]$$

مجموعه شرایط فوق یک حالت آرمانی نظری که در عمل درک آن بطور قابل توجهی شکل بنظر می رسد

را ارائه می کند. یک ملاکی که بیشتر عملی بنظر می رسد ملاکی است که تغییر و نوسان را در  $G(j\omega)$  به

میزان چند درصد برای فرکانسهایی که در سیگنال مربوطه موجود است را محدود می سازد.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

$$0.98 < |G(j\omega)| < 1.02 \quad \text{for} \quad 0 < \omega \leq \omega_{MAX} \quad [4.61]$$

که خاطر نشان می سازد که خطای پویا برای سیگنالهای که حاوی فرکانسهایی که  $\omega < \omega_{MAX}$  در شکل ۱۵-۴ می باشد. به میزان  $\pm 2\%$  درصد محدود شده است.

ملاک دیگری که بطور عمومی استفاده می شود و سعت دامنه است. وسعت دامنه برای یک عنصر و یا یک سیستم یک طیف و دامنه ای از فرکانسهاست که برای آنها  $G(j\omega)$  بیشتر از است. بنابراین وسعت بین صفر تا  $\omega_B \text{ rad s}^{-1}$  است. بالاترین سیگنال فرکانسی  $\omega_{max}$  باید بطور قابل توجهی کمتر از  $\omega_B$  باشد. از آنجاییکه بهر حال  $30\%$  تحلیل در  $G(j\omega)$  at  $\omega_B$  می باشد. وسعت دامنه بطور خاص ملاک مفیدی برای سیستمهای کامل اندازه گیری بشمار نمی رود.

وسعت دامنه عموماً در تشخیص دادن پاسخ فرکانس در مورد تقویت کننده ها مربوط به (فصل ۹) تحلیل در  $1$  تا  $1/\sqrt{2}$  معادل تغییر  $N = 20 \log(1/\sqrt{2}) = -3.0 \text{ dB}$  می باشد. عنصر مرتبه اول دامنه وسعتی بین  $0$  و  $1/\tau \text{ rad s}$  دارد.

اگر سیستم موفق به رسیدن به محدودیتهای خطا پویا  $E(T)$  نشود بطور مثال عملکرد عالی سیستم  $G(S)$  به شرایط رضایتبخش از قبیل [۴,۶۱] نمی رسد، پس اولین قدم این است که تشخیص داد که کدام عناصری در سیستم وجود دارند که عملکرد پویا را مسلط می باشد. در سیستم اندازه گیری دمایی متعلق به فصل قبل، خطای پویایی تقریباً بطور کامل بخاطر  $10s$  تداوم زمانی مربوط به ترموکوپل می باشد.

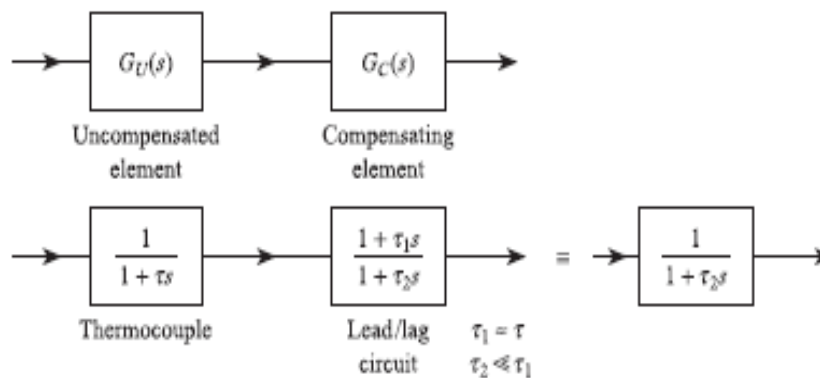
پس از تشخیص دادن عناصر غالب در سیستم آشکارترین روش برای ارتقا پاسخ پویا طراحی داخلی می باشد. در مورد حس گر دمایی مرتبه اولیه با

$$\tau = MC/UA,$$

$\tau$ ، بوسیله به حداقل رساندن نسبت  $M/A$  بعنوان مثال بوسیله بکارگیری thermistor در قالب یک براده ضخیم را به حداقل رساند. در مورد حس گر نیرو مرتبه دوم به بوسیله به حداکثر رساندن  $k/m$  توسط استحکام سطح بالایی از  $k$  و جرم بین  $m$  به حداکثر رساند. افزایش  $k$  اما، حساسیت حالت پایدار  $k=1/k$  را کاهش می دهد.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

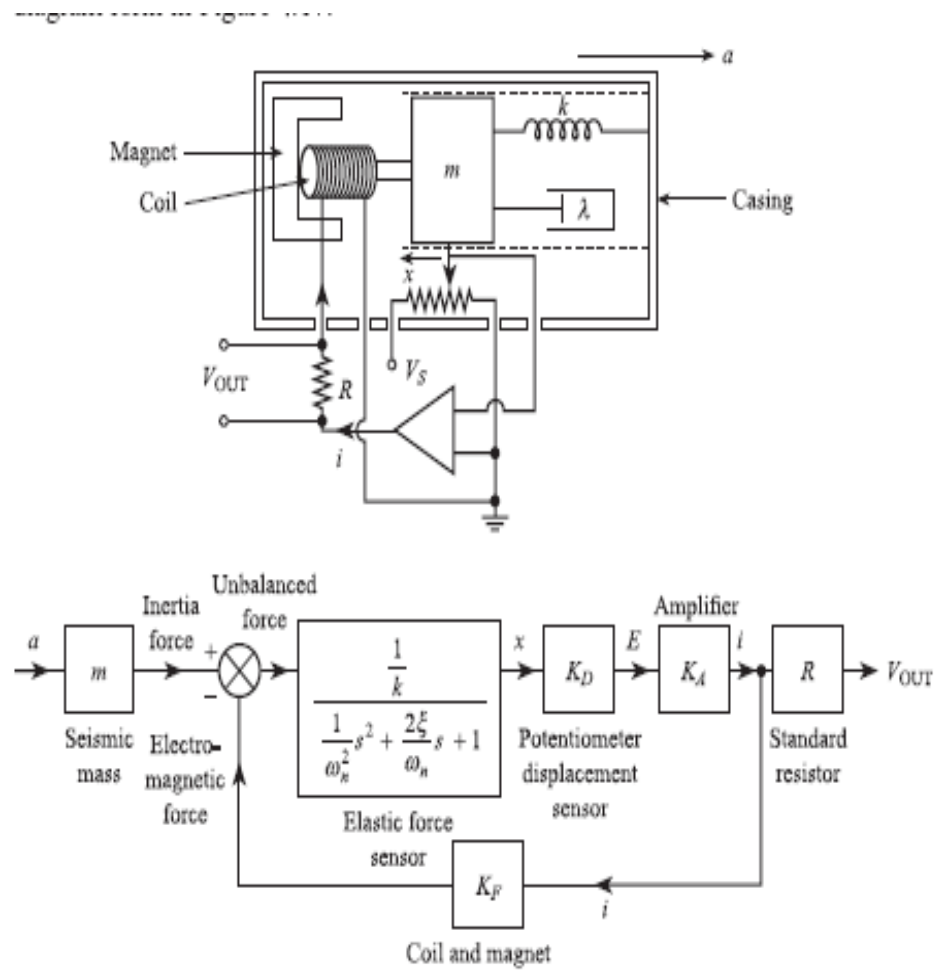
Figure 4.16 Open-loop dynamic compensation.



WikiPower.ir

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

Figure 4.17 Schematic and block diagram of closed-loop accelerometer.



WIKIPOWER.IR

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

## فصل ۵

### تاثیرات بار ودو قطبیهها





برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

در بحثمان در باره سیستمهای اندازه گیری هنوز شرایط و تاثیرات بار را بررسی نکردیم. یک تاثیر مهم است جاییکه یک المان بدست آمده در سیستم ممکن مشخصه های المانهای قبلی (برای مثال بوسیله جریان کشیده شده) را تغییر دهد. به نوبه خود بطور نرمال تاثیر بار الکتریکی است که در بخش اول این فصل که بوسیله مدار معادلهای تونن و نورتن توضیح داده می شود. بخش دوم بحث می کند درباره مقایسههای بین متغیر های الکتریکی و غیر الکتریکی. این معنی می دهد که سیستمهای مکانیکی و گرمایی می توانند بوسیله مدارهای معادل و المانهای حسگر بوسیله شبکه های دو پورتی توصیف شوند. سپس شبکه های دو پورتی استفاده می شوند برای توصیف. اینجا مقدمه ای است بر المانهای حسی ثر با سیستمی که اندازه گیری می شود سبب می شود مقدار متغیر اندازه گیری تغییر کند. در آخر شبکه های 2 پورتی استفاده می شود برای توصیف ترانسدیوسر های دو طرفه که از تاثیرا فیزیکی برگشت پذیر را استفاده می کنند.

## ۵.۱ بار الکتریکی

ما قبلاً بیان کردیم که سیستمهای اندازه گیری همانند بلوکهایی هستند که بوسیله خطوط سیگنال بهم متصل شده اند جاییکه انتقال اطلاعات و انرژی تنها به یک متغیر بستگی دارد. بنابراین در سیستم اندازه گیری دما از شکل 3.2، اطلاعات بین المانها که تنها به ولتاژ بستگی دارد مستقل می شود. بنابراین این هیچ اجزاهای برای اینکه بتوان جریان کشیده شده آمپلیفایر از ترموکوپل و جریان کشیده شده از بوجود بیاید. به منظور اینکه رفتار ولتاژ و جریان در اتصال بین دو المان توصیف کنیم، نیاز به بیان المانها بوسیله مدارهای معادل و بوسیله دو قطبیهها مشخصه بندی می شوند داریم. پس از این اتصال بوسیله دو خط نشان داده می شود.

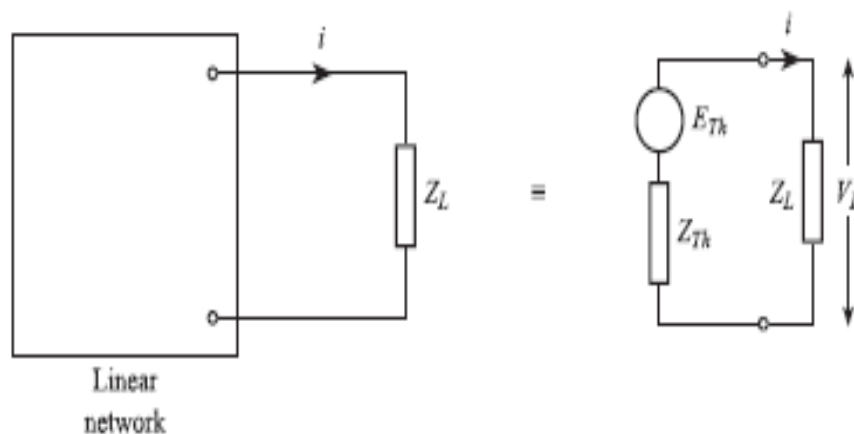
## مدار معادل تونن

تئوری تونن بیان می کند که هر شبکه شامل امپدانسهای خطی و منابع ولتاژ می توانند بوسیله یک مدار معادل شامل یک منبع ولتاژ و یک سری امپدانس (شکل 5.1) جایگزین شده است. منبع معادل ولتاژ مدار

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

باز دو سر پایانه های خروجی شبکه و امپدانس دیده شده از پشت این پایانه ها با صفر کردن تمام منابع ولتاژ و بوسیله امپدانسهای داخلی جایگزین می شود.

Figure 5.1 Thévenin equivalent circuit.



بنابر این جریان اتصال یک بار بسادگی از رابطه زیر بدست می آید

$$i = \frac{E_{Th}}{Z_{Th} + Z_L} \quad [5.1]$$

و ولتاژ دو سر load بوسیله زیر بدست می آید.

Loading of Thévenin equivalent circuit

$$V_L = iZ_L = E_{Th} \frac{Z_L}{Z_{Th} + Z_L} \quad [5.2]$$

از معادله (۵,۲) ما دیدیم که اگر، سپس میل می کند. به منظور داشتن انتقال max ولتاژ از شبکه به load، امپدانس بار باید خیلی بیشتر از امپدانس تونن شبکه باشد. به منظور انتقال max قدرت از شبکه به load امپدانس بار باید برابر با امپدانس شبکه باشد. (یک مثال برای محاسبه و برای یک ترانسدیوسر پتانسیومتر جابجایی در قسمت بعدی و برای یک منحنی اتصال در قسمت 9.1 آمده است)

با استفاده اطلاعات یک amplifier (بخش ۹)، امپدانس خروجی، گین ولتاژ و امپدانس خروجی را داریم. indicator یک بار مقاومتی با است. مدار معادل ترموکوپل برای سیستم در شکل 5.3 نشان داده شده است. با استفاده از معادله (5.2) داریم.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آر سایت و به همراه فونت های لازم

$$V_{IN} = 40 \times 10^{-6} T \left( \frac{2 \times 10^6}{2 \times 10^6 + 20} \right)$$

$$V_L = 1000 V_{IN} \left( \frac{10^4}{10^4 + 75} \right)$$
[5.3]

Figure 5.2 Equivalent circuit for amplifier.

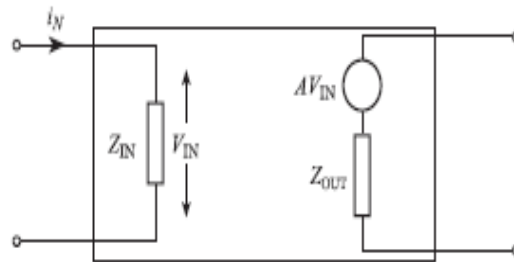
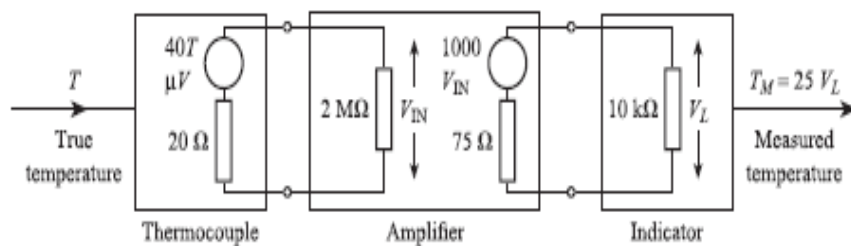


Figure 5.3 Thévenin equivalent to temperature measurement system.



$$T_M = \left( \frac{2 \times 10^6}{2 \times 10^6 + 20} \right) \left( \frac{10^4}{10^4 + 75} \right) T = 0.9925T$$
[5.4]

بعنوان مثال می بایستی عامل  $Z_L/(Z_{Th} + Z_L)$  در هر نقطه اتصال دو عنصر برای تامین زمینه بارگیری معرفی کرد.  $The\ loading\ error = -0.0075T$ . این عمل عملی است اضافه بر خطای حالت پایدار مبنی بر ناخالصی های محاسبه شده در فصل ۳ می باشد. خطای بارگیری در مثال بالا یک مورد کوچک است. ولی اگر مراقبت های لازم بعمل نیاید می تواند به خطای خیلی بزرگی تبدیل شود. فرض کنید که  $E_{Th} = 59\text{pH mV}$  and  $Z_{Th} = .\text{PH}$  (در فصل ۸) با حساسیت  $59\text{mv}$  بر  $\text{pH}$  electoode ph glass  $R_{Th} = 109\ \Omega$ , بطور مستقیم به نشانگر  $Z_L = R_L = 10^4$  و هم چنین میزان حساسیت  $\text{pH/mV} = 59/1$  متصل بوده باشد،  $\text{pH}$  اندازه گیری شده بصورت فرمول زیر در خواهد آمد.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آر سایت و به همراه فونت های لازمه

$$pH_M = 59pH \left( \frac{10^4}{10^4 + 10^9} \right) \frac{1}{59} = 10^{-5} pH \quad [5.5]$$

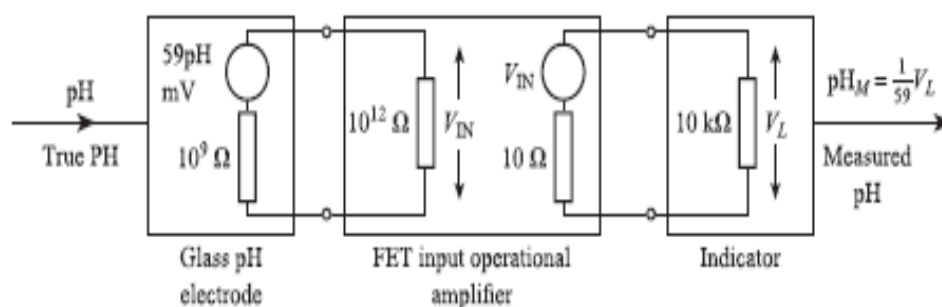
بعنوان مثال- بطور موثر برای هر مقدار غیر صفری در این فرایند نشانگر صفر فعال خواهد بود. این مشکل در صورتیکه الکتروود را به نشان دهنده از طریق حائل تقویت کننده متصل شود حل خواهد شد. این امر بوسیله  $Z_{in}$  بزرگ،  $Z_{out}$  کوچک و حصول پیوستگی  $\lambda=1$  شناخته خواهد شد. بعنوان مثال یک تقویت کننده کاراً با یک ترازبستور میدان مغناطیسی ورود (FET) بعنوان دنبال کننده ولتاژی فرمول زیر را دارا خواهد بود طبق شکل (۹۳۹)

مقدار نشان داده شده PH برای نظام اصلاح شده مبنی بر (شکل ۴-۵) به صورت زیر خواهد بود.

$$pH_M = \frac{10^{12}}{10^{12} + 10^9} \times \frac{10^4}{10^4 + 10} pH \quad [5.6]$$

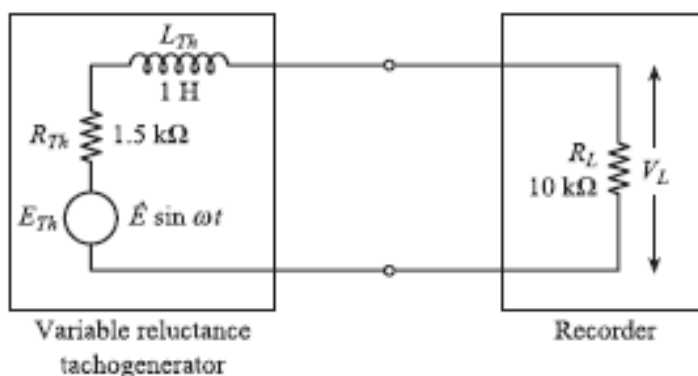
و خطای بارگیری حالا بصورت  $-0.002PH$  که بطور کلی قابل اغماض خواهد بود رجوع به صفحه ۱۰ قسمت آخر شود.

Figure 5.4 Equivalent circuit for pH measurement system.



برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

Figure 5.5 A.C. loading of tachogenerator.



### تاثیرات بارگیری و شبکه های دو پورته

شکل بالا به یک مورد از تاثیرات بارگیری در شکل ۵،۵ که نشان دهنده مدار معادل برای مولدی با مقاومت متغیر که به ثبت کننده ای متصل است مربوط می شود. Eth--- thevenin برای مولد تکو یک d.c با دامنه و فرکانس زاویه ای  $\omega$  که هم با سرعت زاویه ای مکانیکی  $\omega$  متناسب است و در بخش (۸،۴) آمده است دارای فرمول زیر می باشد.

مقاومت ظاهری zth برای مولد تگو یک ضریب القاء و مقاومتی در مدارهای سری است که بصورت سیم پیچی است که آهن ربا را در بر گرفته است.

$$\hat{E} = 5 \text{ V}, \omega = 6 \times 10^3 \text{ rad s}^{-1}$$

and

$$Z_{Th} = 1.5 + 6.0j \text{ k}\Omega$$

so that the amplitude of the recorded voltage is

$$\hat{V}_L = \hat{E} \frac{R_L}{|Z_{Th} + R_L|} = 5 \frac{10}{\sqrt{(11.5)^2 + (6.0)^2}} = 3.85 \text{ V} \quad [5.7]$$

اگر میزان حساسیت دستگاه ثبت کننده با این فرمول  $1/(5 \times 10^{-3}) \text{ rad s}^{-1} \text{ V}^{-1}$

تنظیم شود پس سرعت زاویه ای دستگاه ثبت کننده و یا بوسیله تغییر دادن حساسیت دستگاه ثبت کننده

که باعث ایجاد تاثیرات بارگیری خواهد قابل از بین بردن است.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

راه چاره بهتر این است که دستگاه ثبت کننده را بوسیله یک شمارش گر بجای اندازه گیری دامنه خود فرکانس را در سیگنال های مولد تگو اندازه گیری می کند را جایگزین کرد.

مثال محاسبه مدار معادل thevenin حس گر مقسم ولتاژی جابجا کننده

شکل ۵,۶ نشانگر یک طرح نموداری از یک حس گر مقسم ولتاژی است که برای اندازه گیری جابجا سازی d بکار می رود. مقاومت این مقسم ولتاژ بطور یکنواخت با فرایند جابجا سازی تغییر می کند.

Figure 5.6 Potentiometer displacement sensor and Thévenin equivalent circuit.

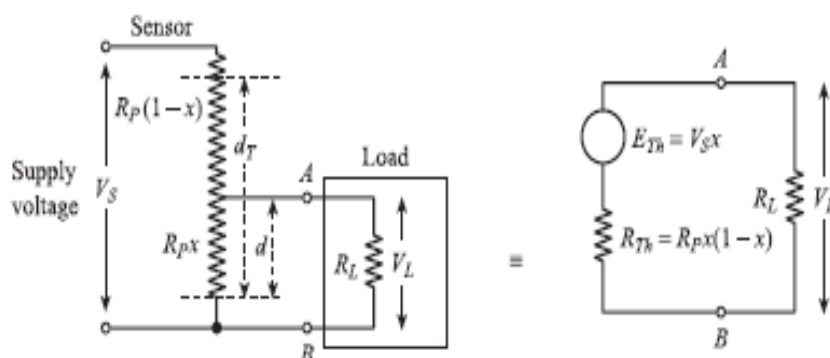
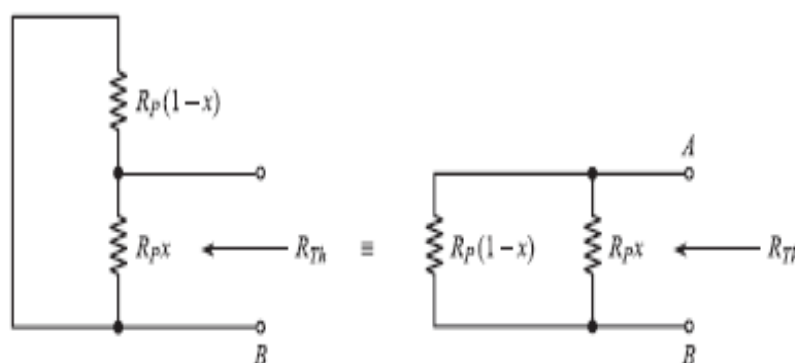


Figure 5.7 Calculation of  $R_{Th}$  for potentiometer.



بنابراین  $x=d/dr$  یک جابجا سازی کسری به شمار رود، مقاومت مربوطه مادامیکه  $R_Px$  مقاومت کل مقسم ولتاژی باشد برابر یا  $R_Px$  می شود. ولتاژ  $E_{th}$ . thevenin یک ولتاژ مدار بازرسی است که سرتاسر

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

خروجی ترمینال ها AB گسترده است، نسبت میان Eth و ولتاژ تامین کننده VS با نسبت مقاومت کسری RPX به مقاومت کل RPI معادل خواهد بود که به صورت زیر می باشد.

$$\frac{E_{Th}}{V_S} = \frac{R_P x}{R_P}, \text{ giving } E_{Th} = V_S x \quad [5.8]$$

مقاومت ظاهری thevenin  $Z_{th}$  با تنظیم ولتاژ تامین کننده  $v_s=0$  که با جایگزینی این تامین بوسیله مقاومت ظاهری درونی که فرضاً صفر محاسبه شده است بدست آمده و این عمل با محاسبه مقاومت ظاهری بوسیله امپدانس از دید برگشتی به ترمینال های AB چنانچه در فرمول زیر نشان داده شده است، بدست می آید.

$$\frac{1}{R_{Th}} = \frac{1}{R_P x} + \frac{1}{R_P(1-x)}$$

giving

$$R_{Th} = R_P x(1-x) \quad [5.9]$$

بنابراین تاثیر متصل ساختن بار الکتریکی مقاومت RL مربوط به (ثابت کننده یا نشان دهنده) سرتاسر قسمتهای انتهایی AB معادل با متصل ساختن RL در سرتاسر مدار thevenin خواهد بود. ولتاژ بار الکتریکی بنابراین بصورت زیر خواهد بود.

$$V_L = E_{Th} \frac{R_L}{R_{Th} + R_L} = V_S x \frac{R_L}{R_P x(1-x) + R_L}$$

i.e.

*Voltage-displacement relationship for a loaded potentiometer*

$$V_L = V_S x \frac{1}{(R_P/R_L)x(1-x) + 1} \quad [5.10]$$

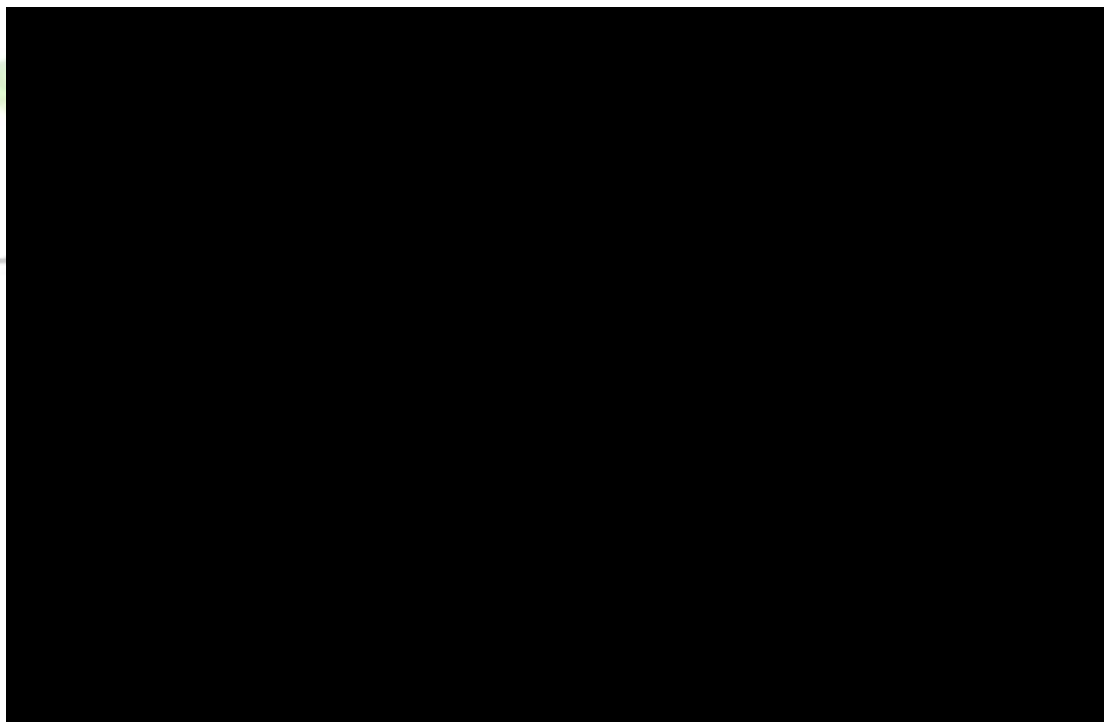
برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

ارتباط بین  $x, V_E$  غیر خطی بوده. مقدار غیر خطی وابسته به مقسم ولتاژی بار الکتریکی شده ارتباط جا  
بجا سازی ولتاژی برای (۵,۸) خواهد بود. بنابراین اثر بار الکتریکی مقسم ولتاژی حس گر خطی بصورت  
معرفی یک خطای غیر خطی به مقسم بوسیله فرمول زیر خواهد بود.

$$N(x) = E_{Th} - V_L = V_S x \left\{ 1 - \frac{1}{(R_P/R_L)x(1-x) + 1} \right\}$$

i.e.

$$N(x) = V_S \left\{ \frac{x^2(1-x)(R_P/R_L)}{1 + (R_P/R_L)x(1-x)} \right\} \quad [5.11]$$



$$N(x) = V_S (R_P/R_L)(x^2 - x^3)$$

اگر  $R_P/R_L \ll 1$  از شرایط طبیعی باشد.  $N(x)$  دارای یک مقدار حداکثری از وقتی که

مربوط به  $x = 2/3$ ،  $dN/dx = 0$  و منفی  $\hat{N} = \frac{4}{27} V_S (R_P/R_L)$  که بیان کننده



برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

درصد شکستگی تمام معیار و یا فاصله معین زمانی VS از ولتهای در نظر گرفته شده فرمول زیر را حاصل می کند.

$$\hat{N} = \frac{400 R_P}{27 R_L} \% = 15 \frac{R_P}{R_L} \% \quad [5.12]$$

غیر یکنواخت و حساسین=ضرویات توان حداکثری جهت مشخص نمودن مقادیر  $R_P$  , VS برای یک استفاده در نظر گرفته شده بکار میرود. فرض کنید که یک مقسم ولتاژی ببرد ۱۰ سانتی متری می بایستی به یک دستگاه ثبت کننده  $10k\Omega$  متصل شود. چنانچه حداکثر میزان غیر یکنواختی باید که از مقدار ۲٪ تجاوز نکند، سپس لازم است که

بنابراین مقسم ولتاژی به اندازه یک کیلو اهم  $1k\Omega$  می تواند مناسب باشد. از آنجا ییکه حساسیت هر چه قدر که مقدار VS زیادتر باشد مقدار حساسیت بیشتر خواهد بود اما ضروری است که اتلاف توان را در نظر گرفت که به هیچ وجه از مقدار حداکثر مقدار W وات تجاوز نکند. اگر  $W=0.1$  لازم است که

$$V_S \leq \sqrt{0.1 \times 10^3}$$

پس حساسیت مربوط به آن خواهد بود.

WikiPower.ir

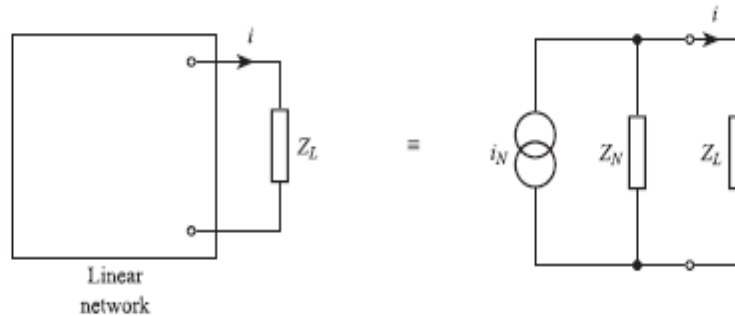
### ۵,۱,۳ مدار معادل نورتون

نظریه نورتون بیانگر این است که هر شبکه ای که شامل مقاومت های ظاهری خطی و منابع ولتاژی هستند می توانند بوسیله مدار معادلی که شامل منبع جریان  $I_N$  که به حالت موازی با مقاومت ظاهری  $Z_N$  می باشد براساس شکل (۵,۹) جایگزین شوند.  $Z_N$  مقاومت ظاهری است که مربوط به خروجی قسمتهای انتهایی مدار با کلیه منابع ولتاژی که میل به صفر کرده اند و بوسیله مقاومت های ظاهری درونی جایگزین شده اند و  $I_N$  جریانی که وقتیکه قسمتهای انتهایی از لحاظ مداری محدود شده اند جاری می شود. متصل سازی بار الکتریکی  $Z_L$  در سرتاسر قسمتهای انتهایی خروجی شبکه معادل با متصل سازی  $Z_L$  در سرتاسر مدار نورتونی خواهد بود.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

ولتاژ  $V_L$  در سرتاسر بار الکتریکی مادامیکه  $Z = 1/Z_N + 1/Z_L$  بصورت  $V_L = I_N Z$  مطرح می شود.

Figure 5.9 Norton equivalent circuit.



Loading of Norton equivalent circuit

$$V_L = i_N \frac{Z_N \cdot Z_L}{Z_N + Z_L} \quad [5.13]$$

از معادله (۵,۳) ما نوشتیم که اگر پس، به منظور گسترش max جریان در میان بار، امپدانس بار باید خیلی کوچکتر از امپدانس نورتن شبکه باشد.

یک مثال عمومی از جریان، یک ترانسمیتر دیفرانسیلی الکتریکی فشار که سیگنال خروجی را با رنج ۴ تا ۲۰ mA می دهد، است. متناسب با فشار دیفرانسیلی، رنج معمول خروجی، تا (قسمت ۹,۴) را به همراه دارد. ولتاژ روی بار از رابطه زیر بدست می آید.

$$V_L = i_N \frac{R_N (R_C + R_R)}{R_N + R_C + R_R} \quad [5.14]$$

and the ratio  $V_R/V_L = R_R/(R_C + R_R)$ , giving the recorder voltage:

$$V_R = i_N R_R \frac{R_N}{R_N + R_C + R_R} \quad [5.15]$$

با استفاده از این اطلاعات بدست آمده، ما داریم، بنابر این که انحراف ولتاژ recorder از رنج مطلوبه ۱ تا 5v، تنها ۰,۰۵٪ است.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آر م سایت و به همراه فونت های لازم

مثال دوم از یک مولد جریان که بوسیله یک پیزوالکتریک کریستالی که به عنوان یک سنسور نیرو عمل می کند، است. اگر یک نیرو  $F$  وارد شود به هر کریستال، پس اتمهای کریستال متحمل یک جا به جایی کوچک متناسب با نیرو  $f$  می شوند.

Figure 5.10 Typical current source and load.

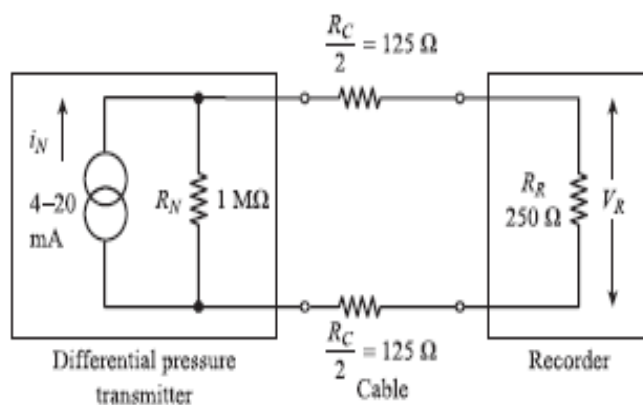
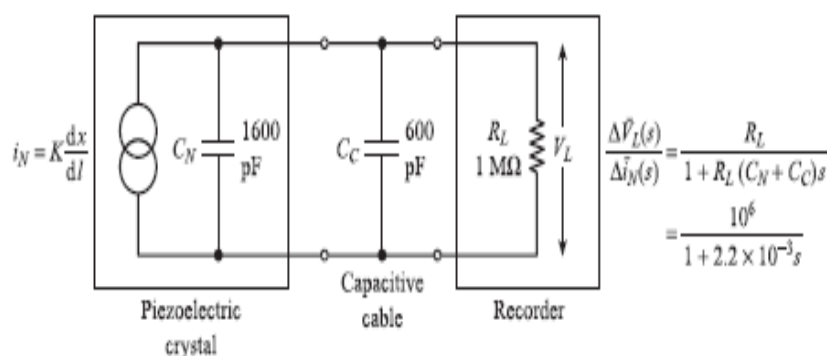


Figure 5.11 Piezoelectric force measurement system.



زمانیکه  $dx/dt$  سرعت عیب و نقص منحنی های اتمی بحساب می آید. این اثر بشر در بخش ۸،۷ بحث خواهد شد. جائیکه می خواهیم دید که عملکردهای شفاف بعنوان ظرفیت  $C_N$  که بطور موازی با منبع جریان بحث می شود. شکل ۵،۱۱ یک مدار معادل و مقادیر اجرائی را برای حباب شفاف که از طریق سیم ظرفیتی  $C_C$  به یک ثبت کننده که بصورت بار الکتریکی مقاوم  $R_L$  عمل می کند، متصل است. ولتاژ  $V_L$  در سرتاسر بار الکتریکی بوسیله  $I_N Z$  جاییکه  $Z$  مقاومت ظاهری  $C_N$  ,  $C_C$  بوده، ارائه می گردد.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

$$\frac{1}{Z} = C_N s + C_C s + \frac{1}{R_L}$$

$$Z = \frac{R_L}{1 + R_L(C_N + C_C)s}$$

هنگامیکه S اشاره به عمل کننده laplace دارد، عملکرد اتصالی که تغییرات پویا در منبع جریان و ولتاژ ثبت کننده را به یکدیگر ربط می دهد بنابراین بصورت زیر خواهد بود.

$$\frac{\Delta \bar{V}_L(s)}{\Delta \bar{I}_N(s)} = \frac{R_L}{1 + R_L(C_N + C_C)s} \quad [5.16]$$

بنابراین تاثیر بارگیری الکتریکی در این مثال بصورت معرفی کردن یک عملکرد اتصالی نظمی اولیه به سیستم اندازه گیری نیرو می باشد. و این موضوع تحت پویایی را تحت تاثیر قرار خواهد داد.

## ۵.۲ شبکه دو قطبی

متغیرهای effort و flow

ما تاکنون دیده ایم در بخش قبلی که چگونه تاثیرات بارگیری الکتریکی می تواند بوسیله یک جفت متغیرهایی بصورت ولتاژ و جریان توصیف شوند. ولتاژ یک مثالی از متغیر an across or effort می باشد. و جریان بعنوان یک مثال through or flow variable 'x خواهد بود. متغیر Effort از طریق مقاوما حقیقی floe variable را بحرکت در می آورد مثال دیگری از جفت های flow , effort بصورت temperature difference / heat flowrate , torque/angular volocyb force /velocity و pressurediffevernce / rolume flow ، همچنین هر جفت y.x دارای خصوصیات زیر می باشد.

الف) محصول  $\bar{y}\bar{x}$  معرف قدرت در واحدهای وات می باشند.

ب) نسبت  $\bar{y}/\bar{x}$  معرف مقاومت حقیقی خواهد بود.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

فقط استثناء متغیرهای حرارتی هستند جایکه محصول دارای ابعادی از وات و دما هستند. جدول ۵,۱ جفت های effort / flow را برای انواع مختلف انرژی و همچنین برای هر حقیقت ارائه گیر مقادیر مقاومت حقیقی، سختی و استحکام می باشد.



برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

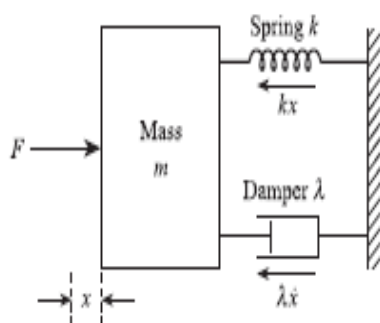
## 5.2 TWO-PORT NETWORKS 85

Table 5.1 Flow/effort variables and related quantities.

Variables	$\frac{d}{dt} \dot{x}$	$\int \dot{x} dt$	Flow $\dot{x}$	Effort $y$	Impedance $\frac{y}{\dot{x}}$	Stiffness $\frac{y}{\int \dot{x} dt}$	Compliance $\frac{\int \dot{x} dt}{y}$	Inertance $\frac{y}{d\dot{x}/dt}$
Mechanical-translation	acceleration	displacement	velocity	force	$\frac{\text{force}}{\text{velocity}}$ damping constant	$\frac{\text{force}}{\text{displacement}}$ mechanical stiffness	$\frac{\text{displacement}}{\text{force}}$ I mech. stiffness	$\frac{\text{force}}{\text{acceleration}}$ mass
Mechanical-rotation	angular acceleration	angular displacement	angular velocity	torque	$\frac{\text{torque}}{\text{ang. velocity}}$ damping constant	$\frac{\text{torque}}{\text{angular disp.}}$ mechanical stiffness	$\frac{\text{angular disp.}}{\text{torque}}$ I mech. stiffness	$\frac{\text{torque}}{\text{angular accn}}$ moment of inertia
Electrical	$\frac{d}{dt}$ (current)	charge	current	voltage	$\frac{\text{voltage}}{\text{current}}$ electrical resistance	$\frac{\text{voltage}}{\text{charge}}$ I elect. capacitance	$\frac{\text{charge}}{\text{voltage}}$ electrical capacitance	$\frac{\text{voltage}}{d(\text{current})/dt}$ inductance
Fluidic		volume	volume flow rate	pressure	$\frac{\text{pressure}}{\text{vol. flow rate}}$ fluidic resistance	$\frac{\text{pressure}}{\text{volume}}$ I fluid capacitance	$\frac{\text{volume}}{\text{pressure}}$ fluidic capacitance	$\frac{\text{pressure}}{d(\text{flow rate})/dt}$ fluidic inertance
Thermal		heat	heat flow rate	temperature	$\frac{\text{temperature}}{\text{heat flow rate}}$ thermal resistance	$\frac{\text{temperature}}{\text{heat}}$ I therm. capacitance	$\frac{\text{heat}}{\text{temperature}}$ thermal capacitance	

Source: adapted from Finkelstein and Watts, 1971<sup>[2]</sup>.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آر م سایت و به همراه فونت های لازمه



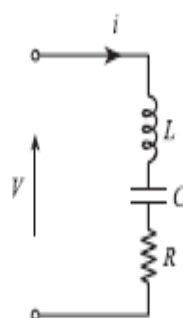
$$F - kx - \lambda \frac{dx}{dt} = m \frac{d^2x}{dt^2} \quad \text{i.e. } F = m \frac{d^2x}{dt^2} + \lambda \frac{dx}{dt} + kx$$

$$\text{In terms of velocity } \dot{x} = \frac{dx}{dt} \quad F = m \frac{d\dot{x}}{dt} + \lambda \dot{x} + k \int \dot{x} dt$$

$$\text{Laplace transform using deviation variables } \Delta \bar{F}(s) = (ms + \lambda + k/s) \Delta \bar{x}(s)$$

$$\text{Mechanical impedance } Z_M(s) = \frac{\Delta \bar{F}(s)}{\Delta \bar{\dot{x}}(s)} = ms + \lambda + k/s$$

(a)

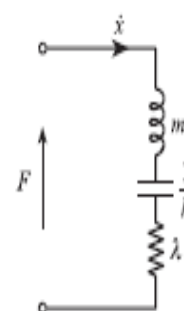


$$V = L \frac{di}{dt} + Ri + \frac{1}{C} \int i dt$$

$$\Delta \bar{V}(s) = \left( Ls + R + \frac{1}{Cs} \right) \Delta \bar{i}(s)$$

$$\text{Electrical impedance } Z_E(s) = \frac{\Delta \bar{V}(s)}{\Delta \bar{i}(s)} = \left( Ls + R + \frac{1}{Cs} \right)$$

(b)



(c)

بنابراین ما خواهیم دید که مفهوم مقاومت واقعی قابل اعمال به سیستمهای مکانیکی، مالیاتی، دمائی و همچنین الکتریکی می باشد. برای یک سیستم مکانیکی، جرم با سلف الکتریکی و هم چنین تداوم نیرو و مقاومت الکتریکی نظیر خواهد بود و سختی فنر و خازن الکتریکی نظیر خواهد بود. خازن حرارتی با خازن الکتریکی نیز نظیر خواهد بود. معنی این روند این است که میتوان مدارهای معادل the'venin و نورتون به سیستمهای غیر الکتریکی تعمیم داد.

شکل ۵،۱۲ a نشان دهنده یک سیستم مکانیکی که شامل یک جرم m، سختی فنر k و N مداوم میرا است، می باشد. شکل 5.12 b یک سری مدار الکتریکی را نشان می دهد که شامل یک سلف L و یک خازن C و هم چنین مقاومت R هست را نشان میدهد.

از آنجاییکه مقاومت ظاهری مکانیکی بعنوان نسبت نیرو و سرعت است، عملکرد اتصالی مقاومت ظاهری مکانیکی بصورت فرمول زیر خواهد بود.

$$Z_M(s) = \frac{\Delta \bar{F}}{\Delta \bar{\dot{x}}} = ms + \lambda + \frac{k}{s} \quad [5.17]$$

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آر م سایت و به همراه فونت های لازمه

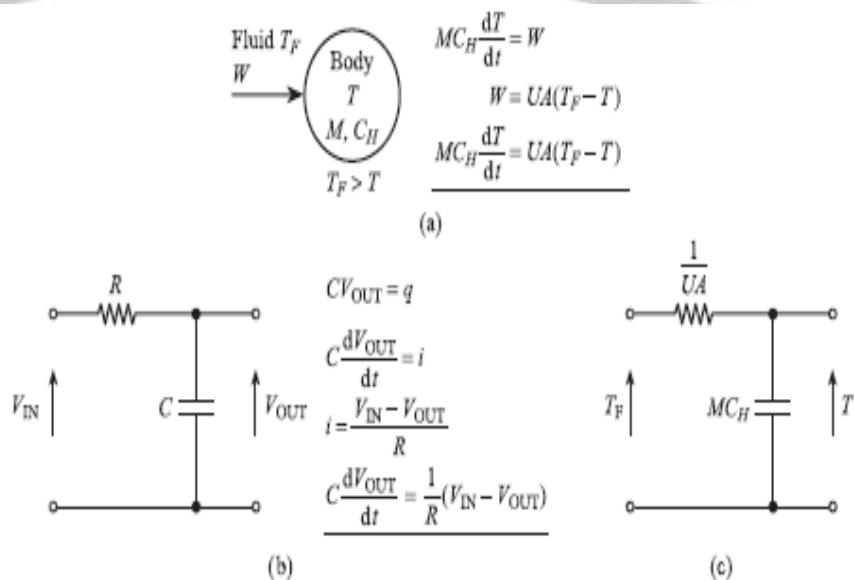
در این حالت عملکرد اتصالی مقاومت ظاهری برای مدار الکتریکی بصورت زیر خواهد بود.

$$Z_E(s) = \frac{\Delta \bar{V}}{\Delta \bar{i}} + Ls + R + \frac{1}{Cs} \quad [5.18]$$

حالا ما خواهیم دید که اینها همه قالبهای مشابه بهم دارند یا  $M$  که مربوط به  $L$  و  $X$  که مربوط به  $k, R$  که مربوط به  $1/C$  می باشد. بنابراین سیستم موازی مکانیکی می تواند بوسیله یک مدار معادل که شامل یک عنصر القاگر  $m$  و یک عنصر مقاوم و یک عنصر با خصوصیات خازنی  $1/k$  در این سری مدار معرفی شود. شکل 5.13a یک سیستم دمائی را که شامل یک بدنه که حرارتی که در دمای  $T$  در مایع و دمای  $T_f$  غوطه ور است را نشان میدهد. این بدنه حرارتی دارای یک جرم  $m$ ، یک حرارت  $cm$  و یک منطقه سطحی  $A$  می باشد را نشان می دهد.  $U$  ضریب اتصال گرمایی است که بین بدنه حرارتی و مایع است. شکل 5.13b یک سری مدار الکتریکی را نشان می دهد که با مقاومت حقیقی و خازن  $C$  و ولتاژ ورودی  $V_{in}$  و هم چنین ولتاژ خروجی  $V_{out}$  منجر می باشد. این معادله اختلاف زا برای سیستم گرمائی بصورت زیر است.

Figure 5.13 Equivalent circuit for a thermal system:

- (a) Thermal system  
(b) Electrical circuit  
(c) Equivalent thermal circuit.



$$MC_H \frac{dT}{dt} = UA(T_F - T) \quad [5.19]$$

$$C \frac{dV_{OUT}}{dt} = \frac{1}{R}(V_{IN} - V_{OUT}) \quad [5.20]$$



برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

خواهیم دید که معادلات دارای شکل های مشابهی هستند و متغیرهای و کارکردهای درجه حرارت  $T, FF$  با متغیرهای کارکرد ولتاژی نظیر به هم هستند بصورتی که  $V_{in}, V_{out}$  هم در عمل درگیر باشند. جریان حرارتی  $w$  با سیر جریان  $i$  نیز نظیر خواهد بود. در این میان  $UA$  مشابه  $1/R$  بطور مثال رفت و برگشت مقاومت الکتریکی و  $MCH$  با ظرفیت الکتریکی مشابه و نظیر است. بنابراین سیستم گرمائی می تواند بوسیله مدار مشابهی که شامل یک عنصر مقاومت ساز  $1/UA$  را در یک سری با عنصر خازن  $MCH$  چنانچه ( در شکل ۵,۱۳) نشان داده است معرفی گردد.

۵,۲,۲ شبکه های ۲ پورته

در قسمت ۵ دیدیم که خروجی الکتریکی از یک عنصر حس گر از قبیل ترموکوپل یا حباب الکتریکی piezoelectric می تواند بوسیله مدار the'venin و یا مدار معادل نورتون معرفی گردد. حس گر بنابراین دارای دو قسمت انتهائی خروجی که موجب می شود تا جاری شدن هم سیر جریان و هم ولتاژ بطور مشخص نشان داده شود؛ به این موضوع بعنوان حمل اتصال خروجی الکتریکی رجوع می شود. عنصر حس گر یک ورودی مکانیکی، حرارتی و یا مایعاتی خواهد داشت. ما در بخش قبلی دیدیم که سیستمهای مکانیکی و حرارتی بوسیله مدار معادلی که ارتباط میان کارکرد جریان های مربوطه و هم چنین متغیرهای ان جریان ها ارائه شود. بنابراین انرژی ورودی به حس گر مکانیکی و یا حرارتی می تواند بوسیله قسمت های انتهائی انرژی ورودی که جاری شدن متغیرهای جریان امکان پذیر می سازد مشخص شود. این یا بعنوان محل اتصال مکانیکی یا حرارتی نقلی می شود. بنابراین عنصر حس گر می تواند بوسیله یک مدار دو اتصالی و یا یک شبکه چهار انتهایی معرفی شود. شکل ۵,۱۴ قسمت الف نشانگر یک حس گر مکانیکی دو اتصالی که عبارتند از یک اتصال ورودی مکانیکی و یک اتصال خروجی الکتریکی می باشد، می گردد.

شکل ۵,۱۴ قسمت الف نشانگر حس گر الکتریکی دو اتصالی می باشد.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

شکل ۵,۱۴ قسمت b و c شبکه های دو اتصالی بسیار دقیق و جزئی را که برای یک دامنه عناصری حس گر مکانیکی را نشان می دهد. شکل 5.14b بیانگر یک مدار معادل برای عناصر حس گر با مدار معادل the'venin در اتصال خروجی الکتریکی می باشد.  $Z_M$  یک مقاومت ظاهری مکانیکی ورودی می باشد.  $Z_{th}$ ,  $E_{th}$  مقاومت های ظاهری ولتاژ the'venin هستند. برای حس گر جا بسازی  $E_{th}$  متناسب با جا بسازی  $X$  می باشد.



برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

Figure 5.14 Mechanical sensing elements as two-port networks:  
 (a) Overall two-port representation  
 (b) Equivalent circuit with Thévenin output  
 (c) Equivalent circuit with Norton output.

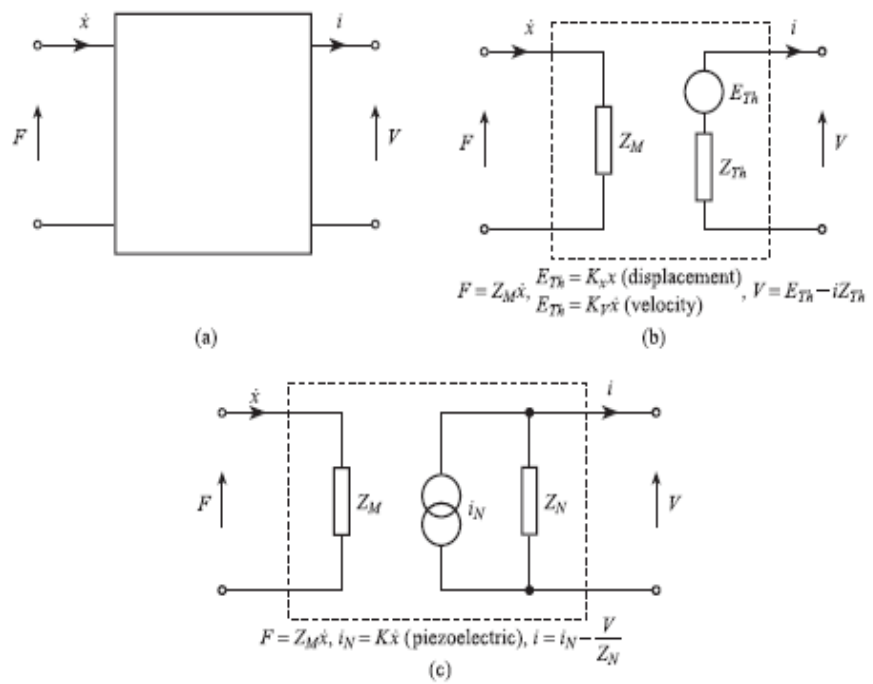
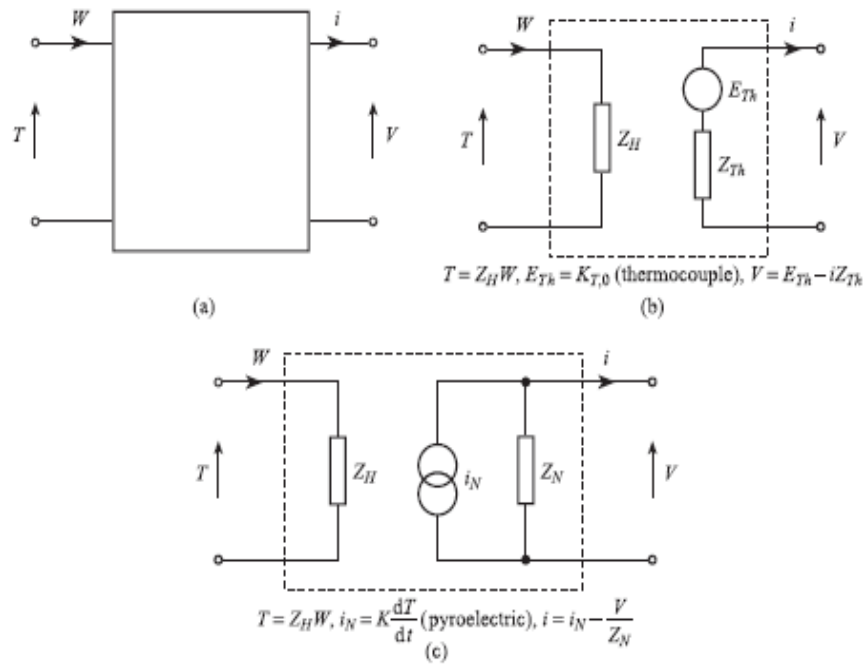


Figure 5.15 Thermal sensing elements as two-port networks:  
 (a) Overall two-port representation  
 (b) Equivalent circuit with Thévenin output  
 (c) Equivalent circuit with Norton output.



$$E_{Th} = K_x x \tag{5.21}$$

where  $K_x$  is the sensitivity and  $x = \int \dot{x} dt$ .

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

برای یک پانسیو متر موقعیت (قسمت ۱،۲،۵)، منبع ولتاژ و برای یک ترانفورمر دیفرانسیلی خطی متغیر (LVDT) شیب بخش خطی از مشخصه ولتاژ A.C - موقعیت است. برای یک سنسور سرعت متناسب به سرعت است.

$$E_{TK} = K_F \dot{x} \quad [5.22]$$

[۵،۲۲] فرمول حس گر سرعت خطی در قسمت (۱،۵،۱۲) مادامیکه B یک میدان مغناطیسی کاربردی، L طول و یا درازای کاندکتور تلقی می شود. در مورد حس گر زاویه ای و مغناطیسی سرعت یا tachogenerctor (بخش ۴، ۸) ما این فرمول را خواهیم داشت  $cth = kv wr$  مادامیکه wr سرعت زاویه ای و  $KV = dN/d\theta$  میزان تغییر جریان N با زاویه  $\theta$  محسوب می شود. شکل C 5.14 مدار معادلی را برای عناصر حسی با یک مدار معادل نورتون با این فرمول می توان شکل داد.

$i_N, Z_N$  که در قسمت اتصال انرژی خروجی الکتریکی واقع شده است. برای حس گر IN—piezoelectric با سرعت متناسب خواهد بود. (بخش ۸-۷)

$$i_n = kx$$

زمانیکه  $K = dk/d$  بار حساسیت به نیرو و K میزان منحنی حساب می باشد.

شکل (۵،۱۵) c, b شبکه های دو اتصالی دقیق و جزئی برای دو مثال عناصر حرارتی نشان می دهد. شکل نشان دهنده مدار معادل برای عنصر حس گر که در مدار معادل Eth , ZTH the'venin در اتصال انرژی خروجی الکتریکی خواهد بود. ZH مقاومت ظاهری انرژی در مدلی حرارتی است. برای حس گر دمائی ترموکوپل (در قسمت ۵، ۸) است با اتصال رجوعی در صفر درجه سانتی گراد ما فرمول  $E_{th} = E_{T0}$  مادامیکه ETO برابر با em.f در اتصال اندازه گیری شده است در دمای TC سانتی گراد و توسط یک سری از نیرو ارائه می شود.

$$E_{T0} = a_1 T + a_2 T^2 + a_3 T^3 + \dots \quad [5.24]$$

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

[۵,۲۴] شکل 5.15c مدار معادل حس گری را برای عنصری که در مدار معادل نورتون قرار داد را نشان می دهد. در اینجا iN.ZN در اتصال انرژی خروجی الکتریکی قرار دارد برای تشخیص دهنده (sectron (pyroelectric (iN 15.51 یا میزان تغییر دمای dT/dC متناسب خواهد بود.

$$i_N = K \frac{dT}{dt} \quad [5.25]$$

زمانیکه  $K=A(dp/dt)$  و  $A$  منطقه قطبها هستند و  $dp/dt$  شیب قطبش خصوصیات دمائی می باشد.

### process loading ۵,۲,۳

پس از معرفی مفاهیم مدارهای معادل و شبکه های دو اتصالی برای سیستمهای مکانیکی و حرارتی ما قادر خواهیم بود تا این مفاهیم را جهت مطالعه مثالهایی در ارتباط با اینکه چگونه عنصر حس گری می تواند فرایند و یا عنصر که در حال اندازه گیری گرفتن می باشد را بارگیری الکتریکی نماید.

شکل ۵,۱۶ یک سیستم مکانیکی و یا فرایندی که بوسیله A mass spring and damper شده است را نشان می دهد. نیروی  $F$  اعمال شده به این فرایند در حال اندازه گیری شدن بوسیله نیروی حس گر که شامل یک عنصر انعطاف پذیر در معین با یک مقسم ولتاژی حس گر جابجاسازی کننده است. این حس گر نیروی که هم چنین می تواند بوسیله A mass spring and damper (طبق بخش ۴,۱۲) ارائه شود. تحت حالتی ثابت وقتیکه هر دو سرعت  $x=0$  و دیگر سرعت  $x=0$  ما می توانیم معادلات تعادلی نیرویی را داشته باشیم.

که نشانگر این است که ارتباط میان نیروی اندازه گیری شده  $F_S$  و هم چنین نیروی واقعی  $f$  خواهد بود و به صورت معادله زیر می باشد.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

$$\text{process } F = k_p x + F_S \quad [5.26]$$

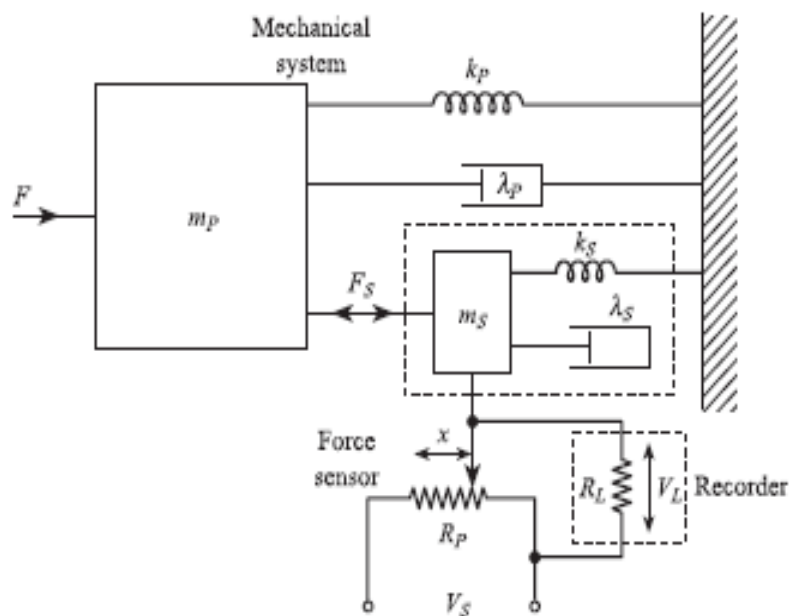
$$\text{sensor } F_S = k_S x$$

showing that the relationship between the measured force  $F_S$  and the true force  $F$  is:

Steady-state loading  
of mechanical system

$$F_S = \frac{k_S}{k_S + k_p} F = \frac{1}{1 + k_p/k_S} F \quad [5.27]$$

Figure 5.16 Loading of  
mechanical system by  
force sensor.



ما دیدیم که به منظور  $\min$  کردن خطای بار در حالت ماندگار، سختی سنسور باید خیلی بیشتر از سختی باشد.

تحت شرایط گذرا زمانی که غیر صفرند، قانون دوم نیوتن معادلات دیفرانسیلی زیر را می دهد.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

$$\text{process} \quad F - k_P x - \lambda_P \dot{x} - F_S = m_P \ddot{x} \quad [5.28]$$

$$\text{sensor} \quad F_S - k_S x - \lambda_S \dot{x} = m_S \ddot{x}$$

i.e.

$$m_P \frac{d\dot{x}}{dt} + \lambda_P \dot{x} + k_P \int \dot{x} dt = F - F_S \quad [5.29]$$

$$m_S \frac{d\dot{x}}{dt} + \lambda_S \dot{x} + k_S \int \dot{x} dt = F_S$$

سنسور می تواند بوسیله وارد بر در میان قسمت مکانیکی مدار بیان شود و می تواند بوسیله وارد بر در میان قسمت مکانیکی مدار بیان شود. اگر انحراف از شرایط اولیه باشند، سپس تبدیل لاپلاس معادله 5.29 بصورت:

$$\left( m_P s + \lambda_P + \frac{k_P}{s} \right) \Delta \bar{x} = \Delta \bar{F} - \Delta \bar{F}_S \quad [5.30]$$

$$\left( m_S s + \lambda_S + \frac{k_S}{s} \right) \Delta \bar{x} = \Delta \bar{F}_S$$

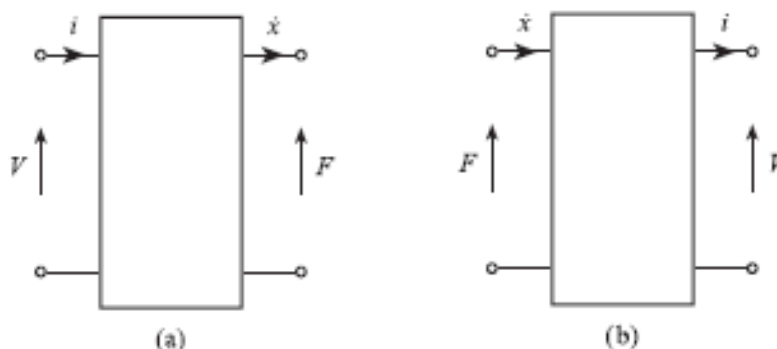
با استفاده از شکل ۵،۱ ما می توانیم توابع تبدیل امپدانس مکانیکی را تعریف کنیم.

$$\text{process impedance} \quad Z_{MP}(s) = m_P s + \lambda_P + \frac{k_P}{s} \quad [5.31]$$

$$\text{sensor impedance} \quad Z_{MS}(s) = m_S s + \lambda_S + \frac{k_S}{s}$$

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آر م سایت و به همراه فونت های لازم

Figure 5.20 Bilateral transducers:  
(a) Transmitter/sender  
(b) Receiver/sensor.



این یک تبدیل انرژی مکانیکی به انرژی الکتریکی است و دستگاه همانند گیرنده یا سنسور عمل می کند. در تاثیر معکوس یک ولتاژ  $V$  که به محصولات کریستالی اعمال می شود یک دگر دیسی مکانیکی  $X$  متناسب با  $V$  بوجود می آورد. بر این اساس داریم:

$$x = dV \quad [5.35]$$

این یک تبدیل انرژی الکتریکی به مکانیکی است و دستگاه همانند یک ترانسسمیتر یا فرستنده عمل می کند. جزئیات مدار معادل برای یک ترانسسمیتر پیزوالکتریک و گیرنده در قسمت آمده است. تاثیر فیزیکی برگشت پذیر دیگر، تاثیر مغناطیسی است. در تاثیر مستقیم، یک هادی به طول  $l$  که با سرعت در یک میدان مغناطیسی به صورت عمودی حرکت می کند ولتاژ بربر زیر را دارد:

$$E = Bl\dot{x} \quad [5.36]$$

ولتاژ در دو انتها هادی القایی شود. این یک مبدل انرژی مکانیکی به الکتریکی است، دستگاه همانند یک سنسور یا گیرنده عمل می کند. در تاثیر معکوی یک هادی به طول  $l$  که حامل جریان  $i$  یک میدان مغناطیسی را قطع می کند، نیروی زیر به آن وارد می شود.

$$F = Bli \quad [5.37]$$

این یک تبدیل انرژی الکتریکی به مکانیکی است و دستگاه همانند یک ترانسسمیتر یا فرستنده عمل می کند. شکل 5.2.1 جزئیات مدار معادل برای یک ترانسسمیتر را نشان می دهد. در گاههای الکتریکی ولتاژ

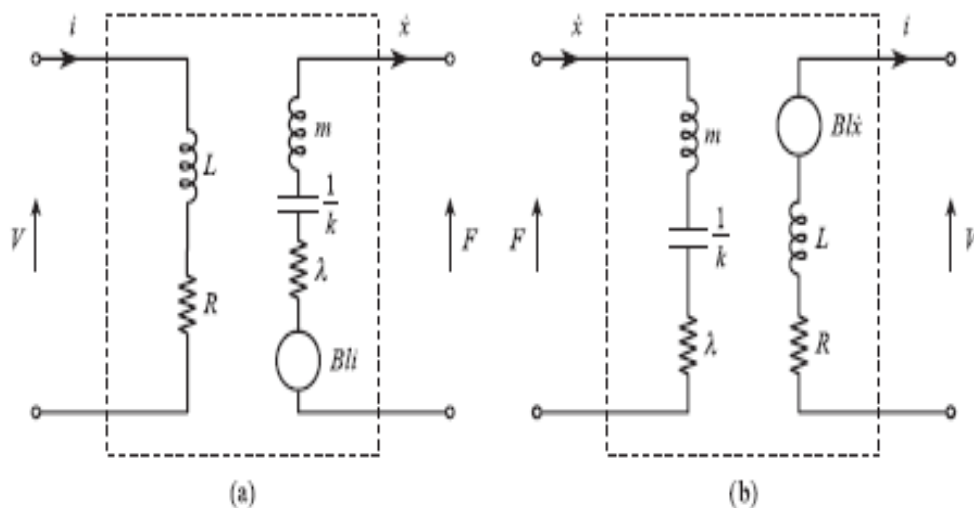


برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آر سایت و به همراه فونت های لازم

اعمالی یک جریان در میان امپدانس  $R, L$  ایجاد می کند و در درگاههای مغناطیسی نیروی اعمالی یک سرعت در امپدانسهای مکانیکی  $m, 1/k, \lambda$  ایجاد می کند. ترانسیمتر می تواند به عنوان یک رسانای ولتاژ (قسمت 11.2) و گیرنده همانند یک سنسور سرعت استفاده شود. (قسمت 5.1.1 و قسمت 8.4)

Figure 5.21 Equivalent circuits for bilateral electromagnetic transducers:

(a) Transmitter/sender  
(b) Receiver/sensor.



WikiPower.ir

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

## منابع

- IEC 584.1:1995 *International Thermocouple Reference Tables*, ✓  
International Electrotechnical Committee.
- KENNEDY J B and NEVILLE A 1986 *Basic Statistical Methods for Engineers ✓*  
*and Scientists, 3rd edn, pp. 345–60. Harper and Row, New York.*
- STUART P R 1987 'Standards for the measurement of pressure', ✓  
*Measurement and Control, vol. 20, no. 8, pp. 7–11.*
- National Physical Laboratory 1996 *Units of Measurement, poster, 8th edn. ✓*
- SCARR A 1979 'Measurement of length', *Journal of the Institute of ✓*  
*Measurement and Control, vol. 12, July, pp. 265–9.*
- HAYWARD A T J 1977 *Repeatability and Accuracy, p. 34. Mechanical ✓*  
Engineering Publications, London.
- TC Ltd 2001 *Guide to Thermocouple and Resistance Thermometry, issue ✓*  
6.0.
- HAYWARD A T J 1977 'Methods of calibrating flowmeters with liquids – ✓  
a comparative  
survey', *Transactions of the Institute of Measurement*  
*and Control, vol. 10, pp. 106–16.*

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

FREUND J E 1984 *Modern Elementary Statistics, 6th edn, pp. 401–34.* ✓

*Prentice Hall International, Englewood Cliffs, NJ.*

bell e c and whitehead r w 1979 *Basic Electrical Engineering* ✓

*and Instrumentation for Engineers, Granada, London, pp. 46–7.*

finkelstein l and watts r d 1971 'Systems analysis of instruments', *Journal of* ✓

*the Institute of Measurement and Control, vol. 4, Sept., pp. 236–7.*

