دانشگاه زنجان

**دانشکده مهندسی**

**گروه برق**

پایان نامه کارشناسی

گرایش: الکترونیک

# عنوان: کاربرد و طراحی کنترل کننده PID در صنعت

استاد راهنما: جناب اقای دکتر جلیلوند

نگارش: الهه غریبی

خرداد ۱۳۸۷

## فهرست

**فصل اول:**

**سیستم های کنترل ..... ۱**

**فصل دوم :**

**طراحی سیستمهای کنترل در حوزه زمان و بررسی عملکرد انواع کنترل کننده ..... ۱۵**

**فصل سوم**

**توابع کنترلی ..... ..... ٤٨**

**فصل چهارم**

**شبیه سازی کنترل خودرو ..... ۸۲**

**مراجع ..... ..... ۱۲۲**

# فصل اول

## فصل اول

## سیستم های کنترل

### مقدمه

در سالهای اخیر سیستم های کنترل اهمیت فزاینده ای در توسعه و پیشرفت تمدن و تکنولوژی جدید یافته اند. مثلاً در محدوده زندگی فردی ، کنترل کننده های خودکار در سیستم های تهویه مطبوع ، دما و رطوبت هوای خانه ها و ساختمانها را در حد مطلوب نگاه می دارند. سیستم های کنترل در بخش های مختلف صنعت نظیر کنترل کیفیت محصولات ، خط مونتاژ خودکار ، کنترل ماشین ابزار ، تکنولوژی فضایی و سیستم های نظامی ، کنترل کامپیوتری ، سیستم های حمل و نقل ، سیستم های قدرت ، آدمهای ماشینی (روباتها) و بسیار جاهای دیگر، به فراوانی یافت می شوند.

صرف نظر از اینکه چه نوع سیستم کنترلی در اختیار داریم ، سه بخش اساسی را می توان در آن مشخص کرد که عبارتند از : خواسته های ما از کنترل ، اجزای سیستم کنترل و نتایج . بطور کلی ، هدف سیستم کنترل این است که خروجی های (c) را بطرز از پیش تعیین شده ای به وسیله ورودی های (u) از طریق اجزای سیستم ، کنترل کند . ورودی های سیستم تحت کنترل ، سیگنالهای تحریک و خروجی های آن متغیرهای تحت کنترل نیز نامیده می شوند .

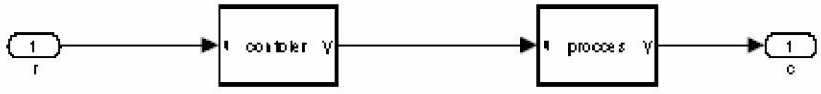
### ۱-۱) سیستم های کنترل مدار باز ( سیستم های بدون فیدبک )

بخاطر سادگی و اقتصادی بودن سیستم های کنترل مدار باز ، در بسیاری از جاها می توان آنها را در حال کار یافت . به عنوان مثال تمامی اتومبیل هایی که پیش از سال ۱۹۸۱ میلادی ساخته شده اند ، عملاً فاقد سیستم کنتر ل سرعت حالت خلاص می باشند .

ماشین لباسشویی نیز مثال دیگری از یک سیستم کنترل مدار باز است ، زیرا عموماً مدت زمان شستشو از طریق ارزیابی و برآورد فرد استفاده کننده تعیین می شود. یک ماشین لباسشویی خودکار باید


الهه غریبی ۸۲٤٤٦۱٤۹

بتواند دائماً میزان تمیزی لباسهای در حال شستشو را بررسی کند تا هر زمان که به اندازه کافی تمیز شدند ، بطور خودکار خاموش شود.

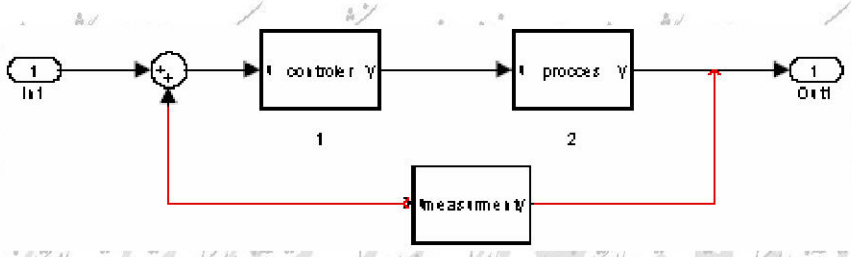



شکل ۱-۱) بخشهای مختلف یک سیستم کنترل حلقه باز

همانطور که در شکل ۱-۱ نشان داده شده ، اجزای یک سیستم کنترل مدار باز را معمولاً می توان به دو دسته تقسیم کرد . کنترل کننده و فرآیند تحت کنترل . فرمان یا سیگنال ورودی r ، به کنترل کننده اعمال می شود ، خروجی کنترل کننده به عنوان سیگنال تحریک u ، فرآیند تحت کنترل را کنترل می کند به نحوی که متغیر تحت کنترل c ، بر اساس استاندارد های از پیش تعیین شده ای عمل کند.

**۱-۲) سیستم های کنترل مدار بسته(سیستم های کنترل فیدبک دار)**

آنچه برای کنترل دقیق تر و قابل انعطاف تر لازم است و در سیستم کنترل مدار باز وجود ندارد یک اتصال یا فیدبک از خروجی به ورودی سیستم است . برای دستیابی به کنترل دقیق تر ، خروجی تحت کنترل c(t) باید به صورت فیدبک با وردی مرجع مقایسه شده و سیگنال تحریکی متناسب با تفاضل ورودی و خروجی به سیستم اعمال شود تا در نتیجه ، خطا تصحیح گردد . سیستمی با یک یا چند مسیر فیدبک ، نظیر آنچه که هم اکنون شرح داده شده ، یک سیستم مدار بسته نامیده می شود. دیاگرام بلوکی یک سیستم کنترل مدار بسته در شکل ۱-۲) نشان داده شده است .




شکل۱-۲) سیستم کنترل مدار بسته


الهه غریبی ۸۲٤٤٦۱٤۹

## ۱-۳) فیدبک و آثار آن

انگیزه ای که برای بکار گیری فیدبک ذکر گردید ، بیش از حد ساده شده است . استفاده از فیدبک به منظور کاهش اختلاف میان ورودی مرجع و خروجی سیستم است اما اهمیت و آثار فیدبک در سیستم کنترل خطی عمیق تر از آن است که در این مثال شرح داده شد.

کاهش خطای سیستم ، فقط یکی از اثرات مهمی است که فیدبک می تواند بر روی یک سیستم بگذارد. فیدبک بر روی خصوصیاتی از عملکرد سیستم از قبیل پایداری ، پهنای باند ، بهره کل ، امپدانس و حساسیت نیز اثر می گذارد.

وقتی فیدبک عمداً به منظور کنترل اعمال شده باشد ، تشخیص وجود آن ساده است ولی موارد متعددی از سیستم های فیزیکی وجود دارند که ما بطور عادی آنها را سیستم هایی بدون فیدبک می شناسیم ، اما اگر دقیق و کنجکاوانه به آنها نگاه کنیم ممکن است به وجود فیدبک در آنها پی ببریم. بطور کلی می توان گفت که هر گاه رشته بسته ای از روابط علت و معلولی میان متغیرهای یک سیستم یافت شود ، فیدبک وجود دارد. این دیدگاه بناچار وجود فیدبک را در تعدادی زیادی از سیستم هایی که عادتاً به عنوان سیستم های بدون فیدبک شناخته می شوند، می پذیرد. با در دست داشتن نظریه فیدبک و سیستم کنترل این تعریف کلی ما را قادر می سازد که به مطالعه منظم تعدادی از سیستمها ، که فیدبک به مفهوم فوق در آنها وجود دارد، پرداخته شود اعم از اینکه فیدبک در آنها به طور فیزیکی وجود داشته باشد یا نه.

بدون داشتن اطلاعات ضروری و مبانی ریاضی نظریه سیستمهای خطی ، فقط می توانیم به اشکال ساده ایستای سیستم برای بحث اتکا کنیم . ترکیب سیستم که در آن r سیگنال ورودی ، c سیگنال خروجی ، e خطا و b سیگنال فیدبک هستند را در نظر بگیریم پارامترهای G و H را می توان به عنوان ضرایب تقویت ثابتی در نظر گرفت . با محاسبات ساده جبری ، به سهولت می توان نشان داد که رابطه ورودی – خروجی این سیستم عبارت است از


الهه غریبی ۸۲٤٤٦۱٤۹

$$M = \frac{c}{r} = \frac{G}{1+GH} \qquad (۱-۱)$$

با استفاده از این رابطه اساسی ساختار سیستم فیدبک دار ، می توانیم برخی از اثرات مهم فیدبک را روشن کنیم .

**۱-۳-۱) اثر فیدبک بر روی بهره کلی مدار**

همانطور که رابطه (۱-۱) نشان می دهد ، فیدبک با عامل GH+۱ بر روی بهره سیستم بدون فیدبک G ، اثر می گذارد. در سیستمی که فیدبک به طور منفی اعمال می گردد ، کمیت GH ممکن است خود دارای یک علامت منفی باشد . بنابراین اثر کلی فیدبک می تواند افزایش یا کاهش بهره باشد . در یک سیستم کنترل عملی ،G و H تابع فرکانس بوده و اندازه GH+۱ می‌تواند در محدوده ای از فرکانس ها ، بزرگتر از ۱ و در محدوده دیگری کوچکتر از ۱ باشد . بنابراین فیدبک می تواند بهره سیستم را در یک محدوده فرکانسی ، افزایش و در محدوده دیگری کاهش دهد .

**۱-۳-۲) اثر فیدبک بر پایداری**

پایداری مفهومی است که مشخص می کند که آیا سیستم قادر است از فرمان ورودی پیروی کند یا نه . با کمی مسامحه ، سیستمی ناپایدار خوانده می شود که خروجی آن از کنترل خارج باشد یا بطور نامحدود افزایش پیدا کند. برای بررسی اثر بر پایداری ، بار دیگر به رابطه (۱-۱) رجوع کنیم . اگر GH=-۱ باشد ، خروجی سیستم به ازای هر ورودی متناهی ، نامحدود خواهد بود . بنابراین می توان گفت که فیدبک می تواند سیستمی را که در اصل پایدار بوده است ناپایدار سازد. البته فیدبک یک شمشیر دو لبه است که اگر بطور نادرست به کار رود ، می تواند مضر باشد . باید خاطرنشان کرد که در اینجا فقط درباره حالت ایستا بحث می کنیم و در حالت کلی ، GH=-۱ تنها شرط ناپایداری نیست .

### ۱-۳-۳) اثر فیدبک بر روی حساسیت

ملاحظات مربوط به حساسیت ، اغلب نقش مهمی را در طراحی سیستم های کنترل ایفاء می کند. از آنجا که همه عناصر فیزیکی خواصی دارند که به طول عمر و محیط بستگی دارد ، همیشه نمی توان پارامترهای یک سیستم کنترل را در تمام عمر کاری آن کاملاً ثابت فرض کرد. مثلاً مقاومت سیم پیچ یک موتور الکتریکی ، با بالا رفتن دما حین کار موتور ، تغییر می کند . بطور کلی ، یک سیستم کنترل خوب ، باید نسبت به این گونه تغییر در پارامترها بی تفاوت باشد و در عین حال بتواند با حساسیت به فرمانها پاسخ دهد .

برای بررسی اثر فیدبک بر روی حساسیت نسبت به تغییر پارامترها در یک سیستم، G را بعنوان پارامتری که ممکن است تغییر کند ، در نظر می گیریم. حساسیت بهره کل سیستم ، M ، نسبت به تغییر G بنا به تعریف ، عبارت است از :

$$S_G^M = \frac{\partial M / M}{\partial G / G} \qquad (۱-۲)$$

که در آن $\partial M$ معرف تغییرات جزئی در M در اثر تغییرات جزئی در G است ، و $\partial M / M$ و $\partial G / G$ به ترتیب معرف درصد تغییرات در M و G هستند با استفاده از رابطه (۱-۲) می توان عبارتی برای تابع حساسیت $S_G^M$ به دست آورد :

$$S_G^M = \frac{\partial M}{\partial G}\frac{G}{M} = \frac{1}{1+GH} \qquad (۱-۳)$$

این رابطه نشان می دهد که تابع حساسیت را می توان با افزایش GH ، به اندازه دلخواه کوچک کرد ، مشروط بر آنکه سیستم پایدار باقی بماند . روشن است که در یک سیستم مدار باز ، بهره سیستم بطور یک به یک به تغییرات G بستگی دارد. در حالت کلی حساسیت بهره سیستم فیدبک دار به تغییرات یک پارامتر ، بستگی به این دارد که پارامتر کجا واقع شده باشد .

### ۱-۳-٤) اثر فیدبک بر روی نویز یا اختلال خارجی

همه سیستم های کنترل فیزیکی ، ضمن کار در معرض انواعی از سیگنالهای بیگانه یا نویز هستند . نویز حرارتی در تقویت کننده های الکترونیکی و نویز ناشی از جاروبکها یا کموتاتور در ماشینهای الکتریکی ، مثالهای از این سیگنالها هستند. اثر فیدبک بر روی نویز کاملاً بستگی به محل ورود آن به سیستم دارد و هیچ نتیجه گیری کلی در مورد آن نمی توان کرد . ولی در بسیاری از مواقع ، فیدبک می تواند اثر نویز بر کار سیستم را کاهش دهد.

### ۱-٤) انواع سیستم های کنترل فیدبک دار

سیستم های کنترل فیدبک دار را می توان بسته به هدف مورد نظر به طرق مختلفی طبقه بندی کرد ، مثلاً ، بر حسب روش تحلیل و طراحی ، سیستمهای کنترل به خطی و غیر خطی و تغییر پذیر با زمان و تغییر ناپذیر با زمان تقسیم می شوند. بر حسب انواع سیگنالهایی که در سیستم یافت می شوند ، غالباً از سیستمهای داده – پیوسته و داده – گسسته ، یا سیستمهای مدوله شده و مدوله نشده ، نام برده می شود . به همین ترتیب بر حسب نوع اجزای سیستم ، به توصیفهایی از قبیل سیستمهای کنترل الکترومکانیکی ، سیستمهای کنترل هیدرولیکی ، سیستمهای بادی و سیستمهای کنترل زیستی ، بر می خوریم . سیستمهای کنترل اغلب بر حسب هدف اصلی سیستم طبقه بندی می شوند. یک سیستم کنترل وضعیت و یک سیستم کنترل سرعت ، متغیر های خروجی را به همان ترتیبی که نام آنها نشان می دهد ، کنترل می کند. بطور کلی ، راههای متعدد دیگری نیز برای مشخص کردن سیستمهای کنترل بر حسب برخی از ویژگیهای خاص سیستم وجود دارد . از نظر ما ، این مسئله مهمی است که قبل از پرداختن به تجزیه و تحلیل و طراحی سیستمها ، با فرا گرفتن برخی از روشهای معمول تر طبقه بندی سیستمهای کنترل دید مناسبی به دست آوریم .

**دانشجویان محترم:**

**جهت دسترسی به متن کامل پایان نامه‌ها به کتابخانه دانشکده مهندسی و یا آزمایشگاه پروژه گروه برق مراجعه فرمایید.**

## ٤-٢٠) نتیجه گیری و خلاصه

پایان نامه حاضر حاوی مطالبی در رابطه با شبیه سازی نرم افزاری سیستم کنترل سرعت اتوماتیک خودرو می‌باشد که با استفاده از نرم افزار شبیه سازی Matlab صورت گرفته است و در آن از جعبه ابزارهای Simulink و State flow نیز بهره گرفته ایم. موضوعات اصلی این پایان نامه با تکیه بر مطالب درسی بوده که برای ارائه سیستم کنترل سرعت اتوماتیک خودروی مورد نظر تهیه و تنظیم گردیده است.

مطالب مورد بحث در این پایان نامه شامل شش فصل می‌باشد که در فصل اول به معرفی سیستم کنترل سرعت اتوماتیک خودرو پرداخته شده که شامل مقدمه، تاریخچه، مزایا و معایب و هدف از انجام این پروژه است. در فصل دوم به بررسی سیستم کنترل سرعت اتوماتیک پرداخته شده و شامل معرفی سیستم کنترل اتوماتیک می‌باشد که خود مشتمل بر دو بخش سیستم کنترل ترافیک و سیستم کنترل سرعت خودرو می‌باشد. در ادامه به بررسی توانایی های سیستم و سپس به طراحی مکانیکی سیستم کنترل سرعت اتوماتیک پرداخته شده است و در پایان این فصل به بررسی تابع تبدیل و ویژگی ها و مشخصات سیستم پرداخته شده است. فصل سوم تحت عنوان اصول طراحی کنترل کننده PI برای کنترل سرعت خودرو می‌باشد که شامل انواع کنترل کننده های پیوسته و بررسی تئوری کنترل کننده P و کنترل کننده PI می‌باشد. و در بخش بعد به عملکرد کنترل کننده انتگرال گیر برروی سیستم های کنترل صنعتی پرداخته و سپس در مورد علل استفاده از کنترل کننده PI و پارامترهای تنظیم آن بحث کردیم. و در پایان درصدد طراحی کنترل کننده PI به روش مکان هندسی ریشه ها با استفاده از دستور sisotool در محیط m-file پرداخته شده است. در فصل چهارم به روش مدلسازی و شبیه سازی سیستم با استفاده از جعبه ابزار Simulink پرداخته شده است که شامل مقدمه ای بر Simulink ، ساختار کلی سیستم کنترل سرعت اتوماتیک، بررسی کلی سیستم شبیه سازی شده و معرفی ورودی های سیستم کنترل سرعت می‌باشد. در ادامه به نحوه عملکرد بلوک مبدل سیگنال و نحوه عملکرد و معرفی بلوک کنترل کننده پرداخته و سپس به معرفی بلوک دینامیک خودرو که شامل طراحی تابع


الهه غریبی ۸۲٤٤٦۱٤۹

تبدیل و نحوه شبیه سازی جاده می‌باشد پرداخته شده است. و در پایان به خلاصه و نتیجه گیری که از این فصل به عمل آمده پرداخته شده است. فصل پنجم که عنوان آن انجام آزمایشات و تجزیه و تحلیل نتایج بدست آمده است به بررسی عملکرد سیستم شبیه سازی شده پرداخته است که این کار را انجام ۸ آزمایش برروی سیستم شبیه سازی شده صورت گرفته است. و فصل ششم شامل نتیجه گیری و پیشنهادات در مورد ادامه کار برروی پروژه مورد نظر می‌باشد.

## ٤-٢١) پیشنهادات

امروزه تولید کنندگان خودرو علی‌رغم توجه به امکانات برای رانندگان خودرو توجه زیادی به ایمنی آنها نیز دارند. لذا اگر بتوان یک سیستمی طراحی کرد علی رغم توجه به امکانات رفاهی، به مسائل ایمنی خودرو نیز توجه داشته باشد از استقبال گسترده ای برخوردار خواهد شد. به همین منظور ما دو پیشنهاد برای ادامه کار روی این پروژه ارائه داده‌ایم که در زیر به شرح آنها پرداخته‌ایم.

پیشنهاد اول این است که اگر بتوان سیستمی طراحی کرد که بطور همزمان هم کنترل سرعت اتوماتیک خودرو را بر عهده داشته باشد و هم کنترل ترافیک را انجام دهد، به گونه‌ای که در کنترل سرعت خودرو فاصله بین اتومبیل با اتومبیل‌های دیگر را نیز مد نظر قرار د هد تا ایمنی کار بطور قابل ملاحظه ای بالاتر رود شاید بیشتر مورد استقبال خریداران قرار گیرد و از حوادث ناگوار حین رانندگی نیز بیشتر جلوگیری شود.

پیشنهاد دوم این است که چون امروزه مراکز راهنمایی و رانندگی کشورهای مختلف بر حسب نوع جاده ها حداکثر سرعت مشخص را تعیین می‌کنند و آ نرا بوسیله تابلوهای کنار جاده ها به راننده ابلاغ می‌کنند. اگر بتوان سیستمی طراحی کرد که برحسب نوع جاده و حداکثر سرعت تعریف شده برای آن جاده، علی‌رغم کنترل سرعت اتومبیل، مانع از تجاوز سرعت از مقدار حداکثر سرعت مجاز تعریف شده برای آن جاده شود و یا اینکه چون در خطهای مختلف بزرگراه ها حداقل و حداکثر سرعت مجاز متفاوت است، کنترل سرعت در این خطها را با توجه به مقدار سرعت تعریف شده در آن خط انجام دهند.


الهه غریبی ۸۲٤٤٦۱٤۹

نکته مهم در این پیشنهاد، چگونگی تعریف نوع جاده و یا نوع خطها در بزرگراه ها است. این کار را می‌توان از طریق سیستم ماهواره ای GPS انجام داد. با این کار علی رغم تعریف نوع جاده سرعت مورد نظر را نیز برای آن تعریف کرده و بر حسب آن یک سیگنال برای اتومبیل که گیرنده بر روی آن نصب شده ارسال نماید تا فرمان مورد نظر را به کنترل کننده بدهد.

پایان نامه کارشناسی


الهه غریبی ۸۲٤٤٦۱٤۹

## مراجع


[۱]. Karl Johan °Astr¨om, Feedback Systems, Department of Automatic Control Lund Institute of Technology, ۲۰۰۶ Karl Johan °Astr¨om and Richard Murray

[۲]. P. Antsaklis, T. Basar, R. DeCarlo, N. H. McClamroch,M. Spong, and S.Yurkovich, editors. NSF/CSS Workshop on New Directions in Control Engineering Education. National Science Foundation and IEEE Control Systems Society, ۱۹۹۸. Available at http://robot۰.ge.uiuc.edu/~spong/workshop.

[۳]. K. J. °Astr¨om and T. H¨agglund. PID Controllers; Theory, Design and Tuning. Instrument Society of American, ۱۹۹۵.

[٤]. M. Athans, J. J. S. Sentieiro, and M. A. Dahleh. Workshop on future directions in systems and control theory. Cascais, Portugal,June ۲۰۰۰.

[٥]. K. J. °Astr¨om. Introduction to Stochastic Control Theory. Academic Press, ۱۹۷۰.

[٦]. K. J. Astrom. Introduction to Control. Unpublished, ۲۰۰۲.

[۷]. K. J. °Astr¨om and B. Wittenmark. Computer-Control Systems:Theory and Design. Prentice Hall, ۱۹۹۰.

[۸]. S. Bennett. A History of Control Engineering: ۱۸۰۰–۱۹۳۰. Peter Peregrinus, ۱۹۸٦.

[۹]. S. Bennett. A History of Control Engineering: ۱۹۳۰–۱۹٥٥. Peter Peregrinus, ۱۹۸٦.

[۱۰]. H. W. Bode. Network Analaysis and Feedback Amplifier Design.Van Nostrand, ۱۹٤٥.

[۱۱]. M. B. Barron and W. F. Powers. The role of electronic controls for future automotive mechatronic systems. IEEE Transactions on Mechatronics.

[۱۲]. R. W. Brockett. New issues in the mathematics of control. In B. Engquist and W. Schmid, editors, Mathematics Unlimited,۲۰۰۱ and Beyond, pages ۱۸۹–۲۲۰. Springer Verlag, ۲۰۰۰.

[۱۳]. R. H. Cannon. Dynamics of Physical Systems. Dover, ۲۰۰۳.

[۱٤]. J. C. Doyle, B. A. Francis, and A. R. Tannenbaum. Feedback Control Theory. Macmillan Publishing Company, ۱۹۹۲.

[۱٥]. J. C. Doyle, K. Glover, P. P. Khargonekar, and B. A. Francis.State-space solutions to standard H۲ and H۱ control problems. IEEE Transactions on Automatic Control

[۱٦]. F. Dyson. A meeting with enrico fermi.

[۱۷]. European Commission. Workshop on future and emerging control systems, November ۲۰۰۰. Available at ftp://ftp.cordis.lu/pub/ist/docs/ka٤/report_controlws.pdf.

[۱۸]. W. H. Fleming, editor. Future Directions in Control Theory: AMathematical Perspective. SIAM, ۱۹۸۸.

[۱۹]. G. F. Franklin, J. D. Powell, and A. Emami-Naeini. Feedback Control of Dynamic Systems. Addison Wesley Longman, third edition, ۱۹۹۳.
[۲۰]. B. Friedland. Control System Design: An Introduction to State Space Methods. Dover, ۲۰۰٤.
[۲۱]. J. Guckenheimer and P. Holmes. Nonlinear Oscillations, Dynamical Systems, and Bifurcations of Vector Fields. Springer Verlag, ۱۹۸۳.
[۲۲]. M. B. Hoagland and B. Dodson. The Way Life Works. Times Books, ۱۹۹٥.
[۲۳]. D. Hanahan and R. A. Weinberg. The hallmarks of cancer,۲۰۰۰.
[۲٤]. H. James, N. Nichols, and R. Philips. Theory of Servomechanisms. McGraw-Hill, ۱۹٤۷.
[۲٥]. K. Kelly. Out of Control. Addison-Wesley, ۱۹۹٤. Available at http://www.kk.org/outofcontrol.
[۲٦] كاتسو هيكو اوگاتا،مهندسي كنترل،ترجمه محمود دياني