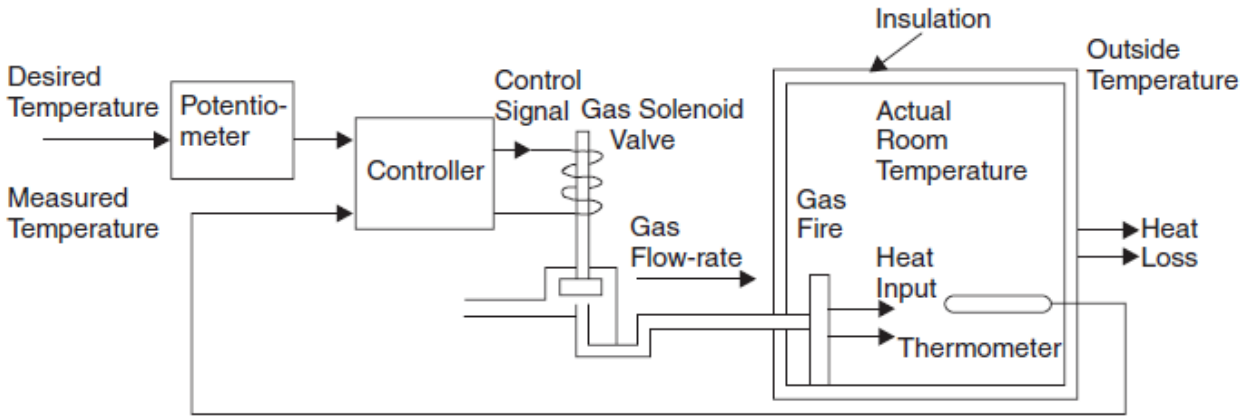
جزوه درسی کنترل اتوماتیک

بخش اول: مقدمه



دکتر نیکوبین

مقدمه

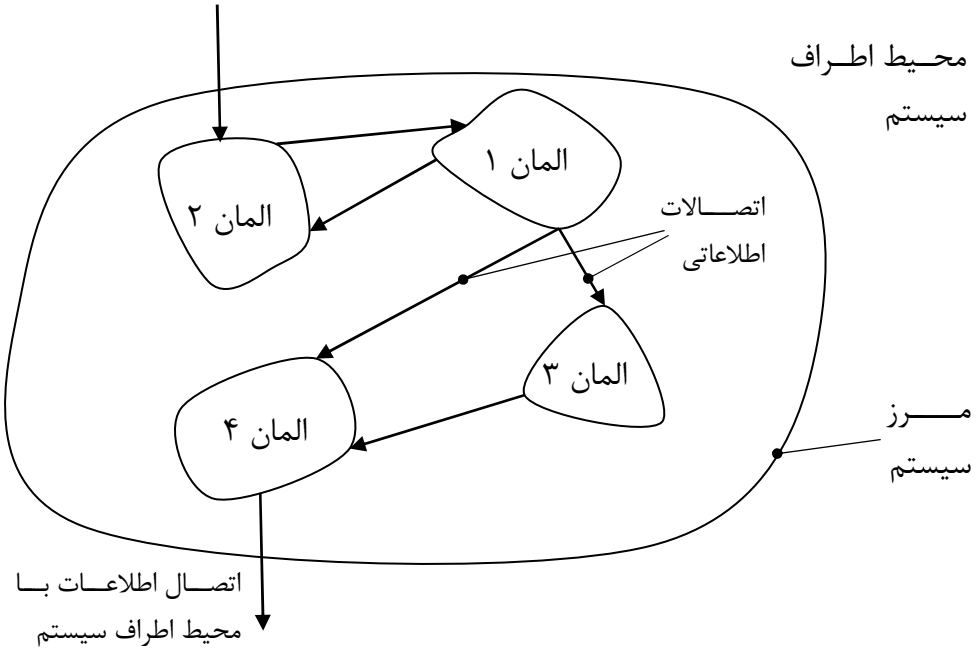
هدف از علم کنترل

هدف علم کنترل تدوین تئوریها، اصول و قواعد لازم برای تنظیم رفتار یا کمیت یک سیستم میباشد. اگر به این تعریف با دقت بیشتری توجه کنیم می بینیم که از سه بخش تشکیل شده است.

- سیستم
- رفتار یا کمیتی که باید تنظیم شود
- اصول و قواعد لازم

در ادامه به مفهوم و کاربرد هر یک از این سه بخش در علم کنترل می پردازیم.

موضوع مورد مطالعه در تئوری کنترل، سیستمها هستند. به هر مجموعه از المانها که داخل یک مرز مشخص قرار دارند و توسط یک سری اتصالات اطلاعاتی به هم متصل شده اند، سیستم میگویند. ساختار یک سیستم به خوبی در شکل ۱ نشان داده شده است. به لینک های اطلاعات با محیط اطراف سیستم توجه کنید.



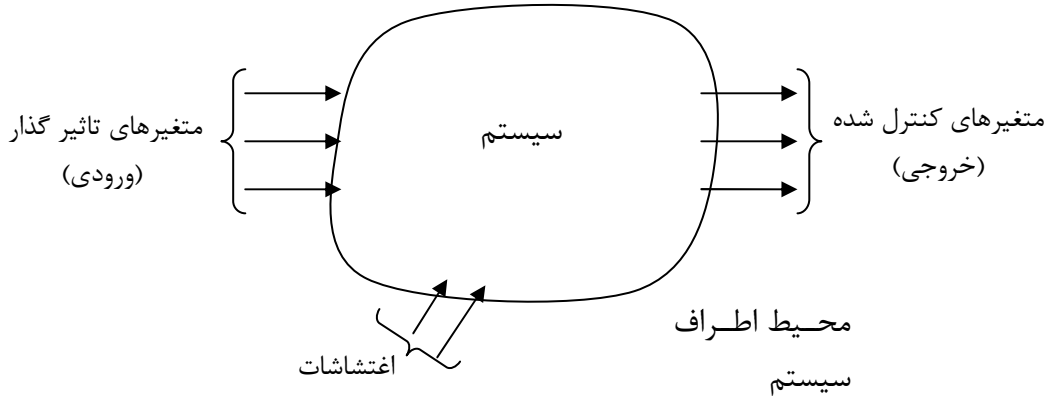
شکل ۱- ساختار کلی یک سیستم

برای هر سیستم میتوان سه سری متغیر تعریف کرد،

- متغیرهای کنترل شده یا خروجی (Controlled variables): کمیت یا شرطی که اندازه گیری و کنترل میشود.
- متغیرهای تاثیرگذار یا ورودی (Manipulated variables): کمیت یا شرطی که تغییر داده میشود تا بر متغیر تحت کنترل تاثیر بگذارد.

- متغیرهای اغتشاش (Disturbance variables): کمیتی که در جهت تغییر خروجی سیستم عمل میکند. ورودی اغتشاش قابل تنظیم نیست.

در شکل ۲ یک سیستم به همراه متغیرهای مختلف آن نشان داده شده است.



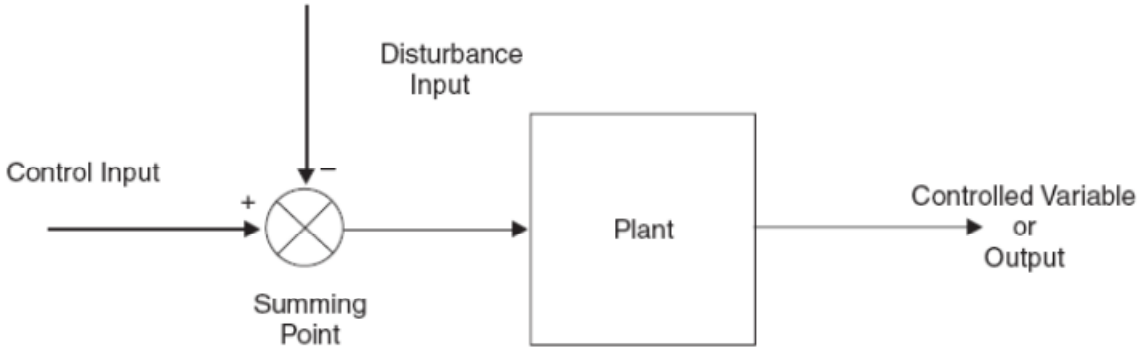
شکل ۲- ساختار کلی سیستم و متغیرهای آن

منظور از سیستم در اینجا تنها سیستمهای فیزیکی و مهندسی نیست. مفهوم سیستم را میتوان به پدیده های اجتماعی، اقتصادی، سیاسی، مدیریتی و غیره نیز تعمیم داد. اگر به تعریفی که در ابتدا ارائه شد برگردیم و آنرا با شکل ۲ مقایسه کنیم، میتوان گفت که کمیت یا رفتاری که باید تنظیم شود همان خروجی سیستم یا متغیرهای کنترل شده میباشد. "اصول و قوائد لازم" نیز همان متغیرهای تاثیر گذار یا ورودی های سیستم میباشند.

«« در حقیقت هدف از کنترل یک سیستم تعیین مقدار ورودی جهت رساندن خروجی سیستم به مقدار مطلوب در حضور اغتشاشات وارد بر سیستم میباشد.»» بنابراین هر چه قدر مقدار خروجی به مقدار مطلوب نزدیک تر باشد عمل کنترل بهتر انجام شده است.

نحوه ترسیم سیستمهای کنترلی

برای نشان دادن سیستمهای کنترلی غلب از روش دیاگرام بلوکی استفاده میشود. با استفاده از دیاگرام بلوکی، ارتباط بین المانهای مختلف به خوبی نمایش داده میشود و میتوان به سادگی سیستم را تحلیل نمود. در شکل ۳ المانهای تشکیل دهنده یک دیاگرام بلوکی نشان داده شده است.



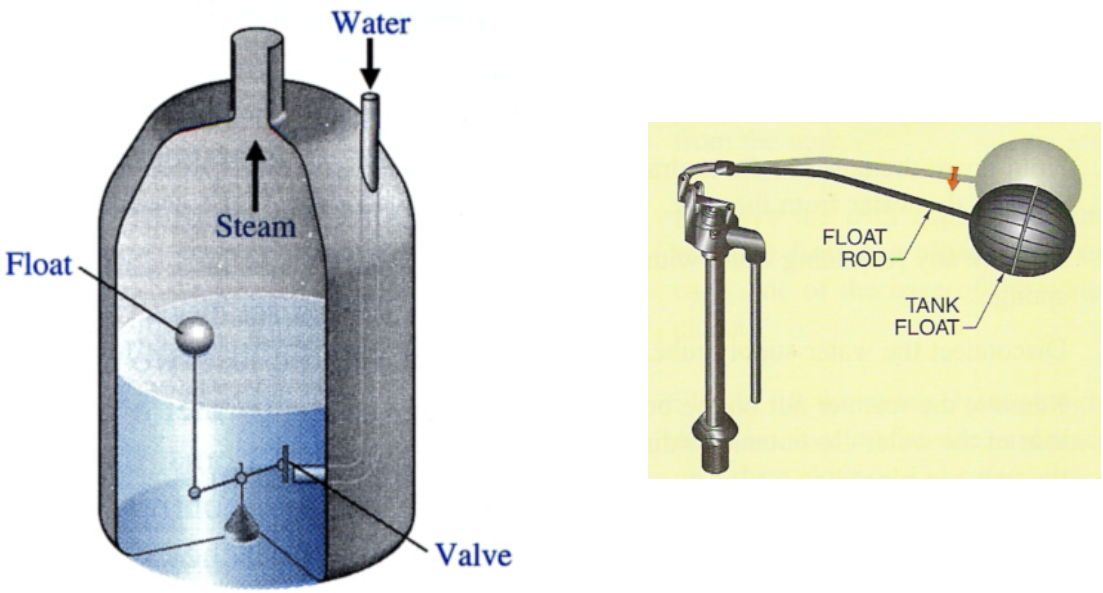
شکل ۳- المانهای یک دیاگرام بلوکی

مثالهایی از سیستمهای کنترل

به منظور روشن شدن تعاریف و مفاهیمی که در بخش قبل ارائه شد، در این بخش چند مثال از سیستمهای کنترل ذکر میشود.

سیستم کنترل سطح آب

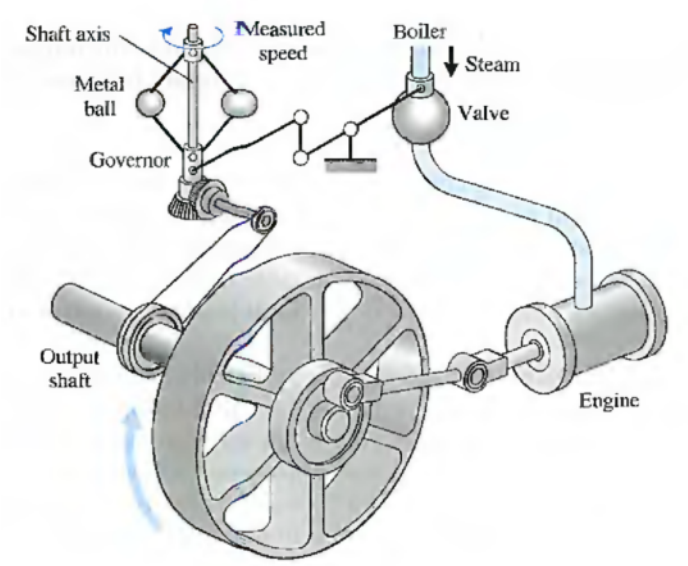
در سیستم کنترل سطح آب که در شکل ۴ نشان داده شده است، سیستم تحت کنترل مخزن آب می‌باشد، متغیر کنترل شده ارتفاع آب و سیگنال تاثیر گذار آب ورودی به مخزن می‌باشد. این یک سیستم فیدبک دار میباشد، به این صورت که مقدار ارتفاع آب توسط شناور اندازه گیری میشود و بسته به میزان ارتفاع آب، دبی آب ورودی به مخزن تنظیم میشود. شناور در ابتدا به گونه‌ای تنظیم میشود که وقتی ارتفاع آب به اندازه مقدار مطلوب باشد، دریچه آب ورودی به مخزن بسته است. وقتی ارتفاع آب از مقدار مطلوب پایین‌تر می‌آید، بالن شناور نیز پایین آمده و باعث باز شدن دریچه ورودی آب میشود. آب وارد مخزن میشود تا زمانی که ارتفاع آب به مقدار مطلوب برسد. وقتی آب به ارتفاع مطلوب رسید دریچه بسته میشود.



شکل ۴- سیستم کنترل سطح آب با استفاده از شناور

سیستم کنترل سرعت

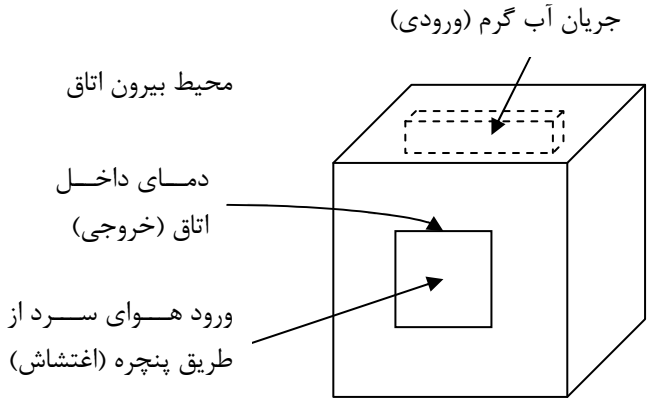
در سیستم کنترل سرعت نشان داده شده در شکل ۵ که به گاورنر سرعت وات معروف است، دستگاه یا سیستم تحت کنترل ماشین (بار) است. متغیر کنترل شده (خروجی) سرعت بار، و سیگنال تاثیر گذار مقدار سوخت میباشد. ورودی خارجی که باعث تغییر سرعت میشود، اغتشاش وارد بر سیستم میباشد.



شکل ۵- سیستم کنترل سرعت

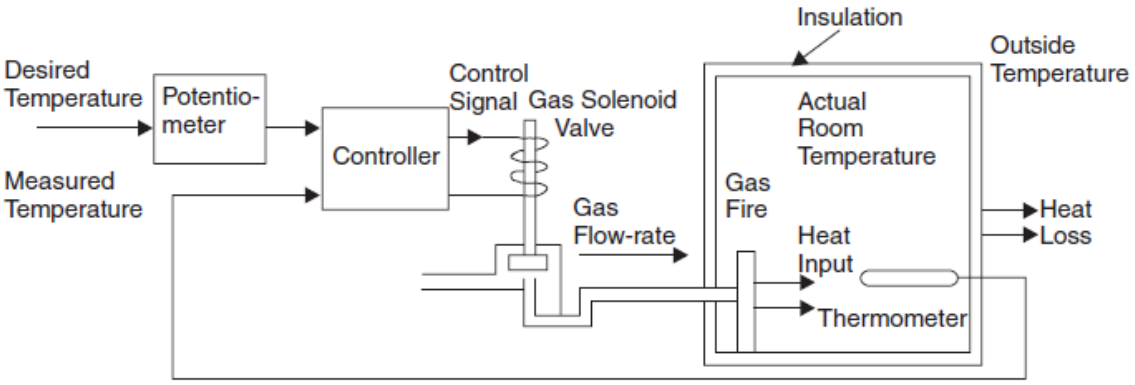
سیستم کنترل دما

در شکل ۶ یک اتاق به عنوان یک سیستم کنترلی نشان داده شده است. کمیت مورد نظر که باید تنظیم (کنترل) شود دمای هوای اتاق می باشد. بنابراین خروجی یا متغیر کنترل شده، دمای هوای اتاق میباشد که باید نزدیک دمای مطلوب (مثلا ۲۴ درجه) نگه داشته شود. به منظور تنظیم دمای اتاق از بخاری گازی استفاده میشود. بنابراین ورودی سیستم یا متغیر تاثیر گذار دبی گاز میباشد. اگر گرما توسط یک هیتر برقی ایجاد شود، ورودی سیستم جریان الکتریسیته و اگر توسط شوفاژ ایجاد شود ورودی سیستم جریان آب گرم میباشد. بسته به شرایط هوای بیرون اتاق، هوای سرد از طریق درزهای پنجره وارد اتاق میشود. این جریان هوای ناخواسته به عنوان ورودی اغتشاش شناخته میشود. بسته به نظر کاربر یا طراح، خروجی سیستم تنظیم میتواند میزان رطوبت هوا، مقدار نور اتاق و یا میزان اکسیژن موجود در اتاق نیز انتخاب گردد، که جهت تنظیم هر یک از آنها باید ورودی های مناسب به سیستم اعمال گردد.



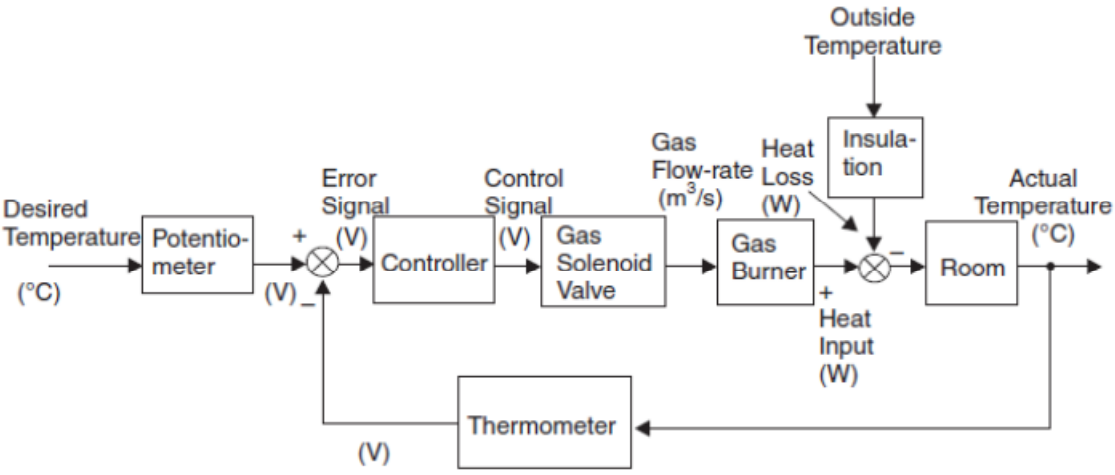
شکل ۶- سیستم کنترلی اتاق و متغیرهای آن

شناسایی سیستم، ورودی، خروجی و اغتشاشات، برای رسیدن به هدف اصلی مان که در اینجا تنظیم دمای اتاق میباشد، کافی نیست. برای تکمیل نمودن سیستم کنترل دما به ملزومات دیگری نیز نیاز است. المانهای مختلف سیستم کنترل دما و ارتباط آنها با یکدیگر با جزئیات بیشتر در شکل ۷ نشان داده شده است. دمای داخل اتاق توسط یک ترمومتر اندازه گیری میشود و با دمای مطلوب مقایسه میشود. اگر اختلافی بین این دو باشد, باعث میشود کنترلر سیگنال لازم را به سولنوئید ولو گاز بفرستد که این سیگنال منجر به حرکت خطی شیر گاز میشود و میزان دبی ورودی گاز را تغییر میدهد.



شکل ۷- سیستم کنترل دمای اتاق

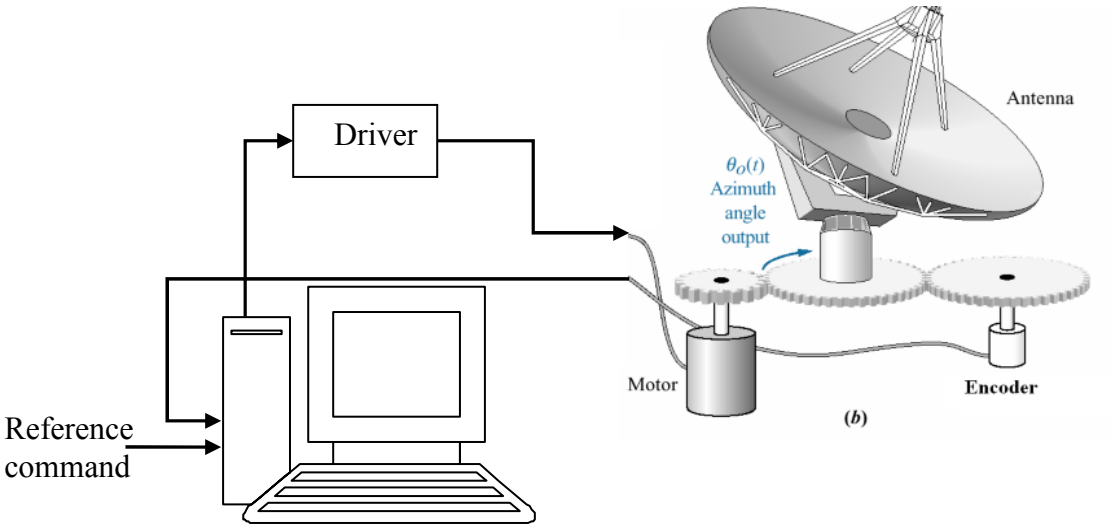
جزئیات دیاگرام بلوکی سیستم کنترل دمای اتاق در شکل ۸ نشان داده شده است.



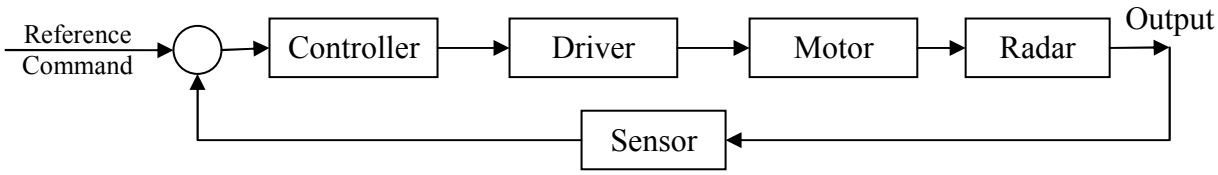
شکل ۸- دیاگرام بلوکی سیستم کنترل دمای اتاق

سیستم کنترل رادار

در شکل ۹ طرح شماتیکی از سیستم کنترل رادار نشان داده شده است. رادار یک مکانیزم دو درجه آزادی میباشد. یک حرکت در راستای سمت و یک حرکت در راستای ارتفاع دارد، به گونه ای که رادار را قادر میسازد به سمت هر نقطه در فضا جهت گیری کند. از آنجا که سیستم کنترل برای هر دو حرکت سمت و ارتفاع تقریبا یکسان است در اینجا فقط سیستم کنترل راستای سمت در نظر گرفته میشود. همانطور که از شکل دیده میشود، مجموعه رادار توسط یک موتور و گیربکس حرکت داده میشود و موقعیت آن در هر لحظه توسط یک اینکدر به کامپیوتر فرستاده میشود. موقعیت مطلوب قرار گیری رادار نیز توسط یک سیگنال به کامپیوتر ارسال میگردد. با استفاد از این دو ورودی (ورودی مرجع و ورودی اینکدر) فرمان مناسب که میتواند فرمان سرعت، گشتاور یا ولتاژ باشد، توسط کنترلر(برنامه ای که در کامپیوتر ذخیره شده است) به درایور داده میشود. کار درایور این است که فرمان دریافتی از کنترلر را به موتور اعمال کند. سیستم کنترلی نشان داده شده در شکل ۹ را میتوان به صورت دیاگرام بلوکی شکل ۱۰ نمایش داد.

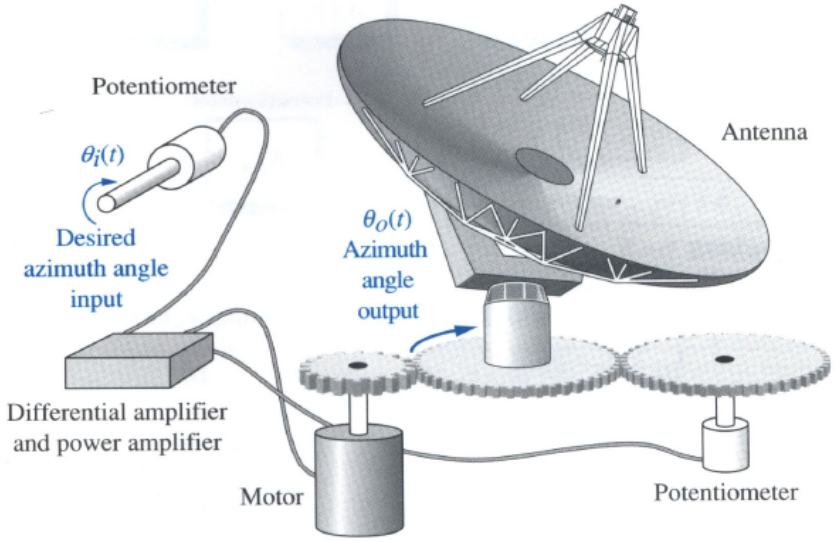


شکل ۹- سیستم کنترل رادار



شکل ۱۰- دیاگرام بلوکی سیستم کنترل رادار

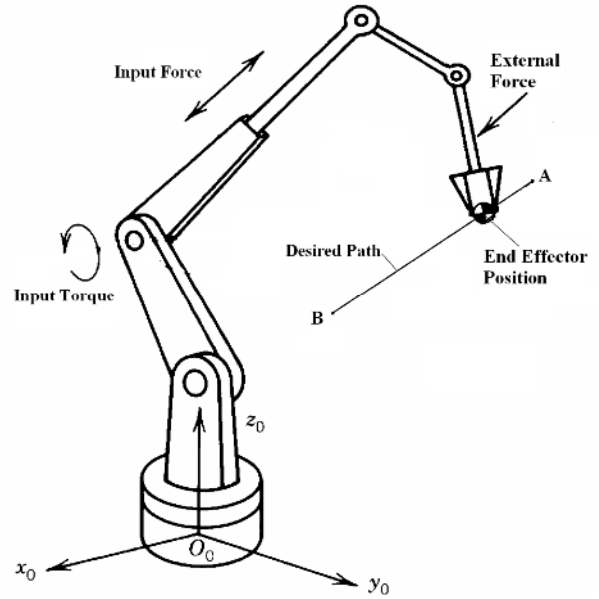
در شکل ۱۱ سیستم کنترل رادار با استفاده از پتانسیومتر نشنان داده شده است.



شکل ۱۱- سیستم کنترل رادار با استفاده از پتانسیومتر

سیستم کنترل ربات

در شکل ۱۲ متغیرهای سیستم کنترل یک ربات نشان داده شده است. برای این سیستم موقعیت پنجه ربات میتواند به عنوان خروجی انتخاب گردد. خروجی مطلوب میتواند یک مسیر مشخص به منظور انجام عمل جوشکاری و یا یک نقطه معلوم برای بستن یک پیچ باشد. ورودی این سیستم گشتاور یا نیروی اعمالی توسط موتورها میباشد. اصطکاک موجود در مفاصل و همچنین نیروهای خارجی که ممکن است به ربات وارد شود مثالهایی از اغتشاشات وارد بر این سیستم میباشد.



شکل ۱۲- متغیرهای سیستم کنترلی ربات

- دیاگرام بلوکی سیستم کنترل ربات را رسم کنید.

تا اینجا چند مثال از سیستمهای فیزیکی و مهندسی آورده شد. در جدول ۱ چندین مثال از سیستمهای مختلف و متغیرهای آنها آورده شده است. سیستم میتواند یک کشور در نظر گرفته شود و قیمت اجناس به عنوان خروجی مد نظر باشد. سپس با اعمال ورودیهای مناسب که تصمیمات و قوانین مناسب می باشند، قیمت اجناس را به مقدار مطلوب رساند. چنین سیستمی یک سیستم اقتصادی میباشد.

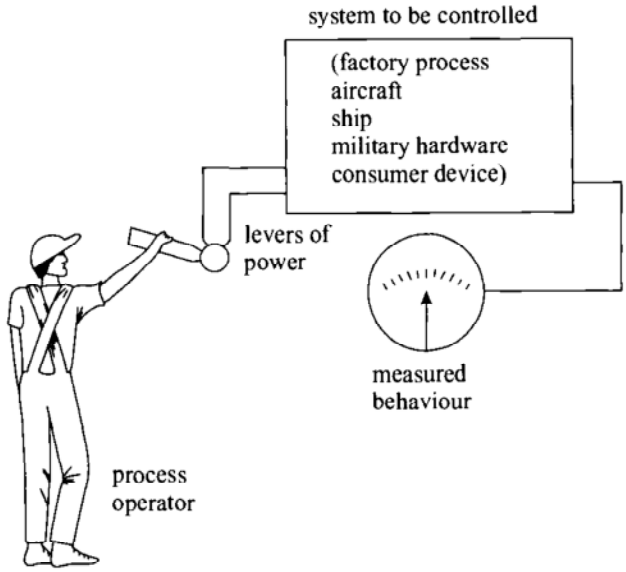
جدول ۱- مثالهایی از سیستمهای مختلف و متغیرهای آنها

سیستم کنترلی	متغیر کنترل شده (خروجی)	متغیر تاثیر گذار (ورودی)	کمیت مطلوب	نوع سیستم
اتاق	دمای اتاق	جریان آب گرم	۲۴ درجه	سیستم مهندسی
ربات	موقعیت پنجه ربات	گشتاور	نقطه یا مسیر مشخص	سیستم مهندسی
راکتور شیمیایی	غلظت مواد خروجی	دبی مواد اولیه	مقدار مطلوب	سیستم مهندسی
کارخانه	سود کارخانه	تصمیمات مدیر	۱۰ میلیون	سیستم مدیریتی
کشور	قیمت اجناس	تصمیمات دولتی	مقدار مطلوب	سیستم اقتصادی

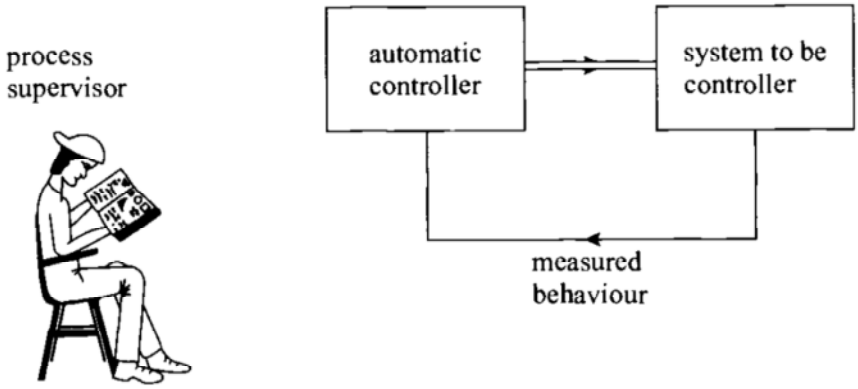
علم کنترل نقش بسیار مهمی در سیستمهای مهندسی مانند هواپیما، ماهواره، رباتها، هدایت موشک، سیستمهای پدافند هوایی، رادارها، ماشینهای ابزار CNC، خودرو و همچنین فرایندهای صنعتی بیشماری مانند کنترل فشار، دما، رطوبت، جریان و غیره داشته است. در این درس ما با کاربرد علم کنترل برای تنظیم رفتار سیستمهای فیزیکی و مهندسی آشنا میشویم.

کنترل اتوماتیک چیست

کنترل اتوماتیک را به طور ساده به این صورت میتوان تعریف کرد. جایگزین کردن گارکر با یک کنترل کننده اتوماتیک، همانطور که در شکل ۱۳ و شکل ۱۴ نشان داده شده است.



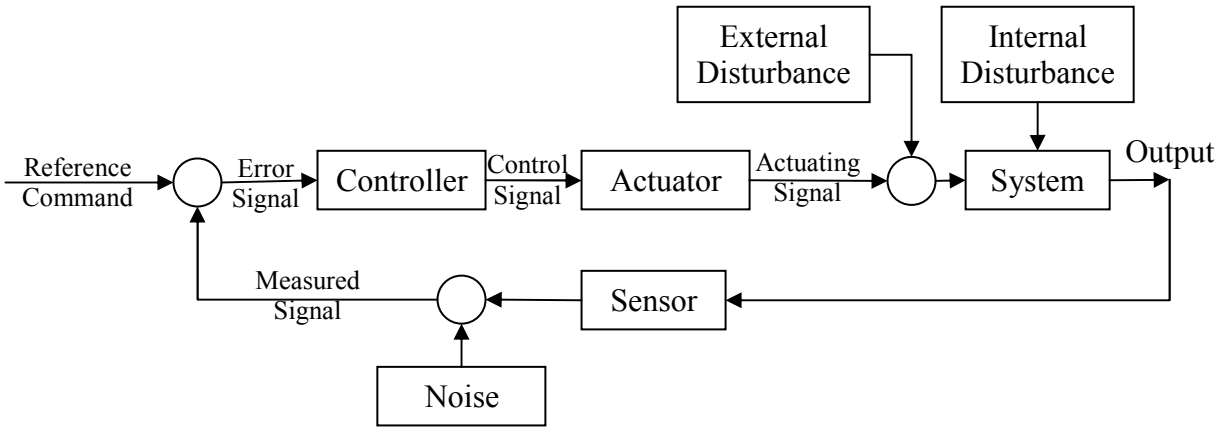
شکل ۱۳- پروسه ای که به صورت دستی کنترل میشود



شکل ۱۴- پروسه شکل ۱۳ حال به صورت اتوماتیک کنترل میشود

عناصر تشکیل دهنده سیستمهای کنترل

اغلب سیستمهای کنترل را میتوان به صورت دیاگرام بلوکی نشان داده شده در شکل ۱۵ نشان داد.



شکل ۱۵- شمای کلی دیاگرام بلوکی سیستم های کنترلی

تعریف المانهای بکار رفته در این دیاگرام بلوکی:

سیستم (System): مجموعه ای از قطعات و المانها که با هم ترکیب شده اند و کار معینی را انجام میدهند.

خروجی (Output): پارامتری از سیستم که میخواهیم آنرا کنترل کنیم.

ورودی مرجع (Reference command): مقداری که میخواهیم خروجی به آن برسد.

سیگنال خطا (Error signal): اختلاف ورودی مرجع و خروجی.

کنترل کننده (controller): المانی است که ورودی مناسب به سیستم را جهت کاهش خطا ایجاد میکند.

فیدبک (Feedback): تاثیر دادن خروجی بر ورودی، فیدبک نامیده میشود.

ورودی کنترلی (Signal control): خروجی کنترل کننده است که به سیستم یا محرک اعمال میشود.

محرک یا کارانداز (Actuator): سیگنال کنترلی دریافتی را به سیستم اعمال میکند.

سیگنال محرک (Actuating signal): خروجی محرک را میگویند و به عنوان ورودی سیستم شناخته میشود.

سنسور (sensor): وسیله ای است که خروجی را اندازه گیری میکند.

اغتشاش (Disturbance): هر ورودی ناخواسته به سیستم که منجر به تغییر خروجی گردد.

نویز (Noise): هر ورودی ناخواسته به سنسور را نویز میگویند

به عنوان مثال برای سیستم کنترل رادار در شکل ۹:

سیستم: رادار، کنترلر: برنامه ذخیره شده در کامپیوتر، محرک (کارانداز): مجموعه درایور، موتور و گیربکس سنسور: اینکدر، فرمان ورودی: زاویه مطلوب رادار، سیگنال خطا: اختلاف بین فرمان ورودی و سیگنال اندازه گیری شده، سیگنال کنترل: خروجی کنترلر، سیگنال کارانداز، گشتاور، اغتشاش خارجی: باد، اصطکاک اغتشاش داخلی: پارامترهای نامعلوم در مدل دینامیکی رادار مثل جرم و ممان اینرسی

نویز: سیگنالهای ناخواسته روی خروجی اینکدر

ویژگیهای سیستم کنترل مطلوب

یک سیستم کنترل مطلوب باید دارای ویژگیهای زیر باشد:

- پایداری Stability
- تبعیت خوب از ورودی مرجع Good Command Following
- دفع اثر اغتشاش Disturbance Rejection
- کاهش اثر عدم قطعیتهای پارامتری Reduce the effect of parameter uncertainty
- کاهش اثر نویز Noise Reduction
- بهینه کردن (انرژی، زمان، گشتاور و ...)
-

دلایل استفاده از سیستمهای کنترل

چهار دلیل عمدهٔ استفاده از سیستمهای کنترل را میتوان عملکرد، مسائل اقتصادی و سودآوری تولید، امنیت کاربر و قابلیت اطمینان نام برد.

عملکرد

بسیاری از سیستمها به عملکرد مناسب نخواهند رسید مگر از سیستم کنترل مناسب در آنها استفاده گردد. عملکرد مناسب هواپیماهای مسافربری در حمل و نقل انسان و هواپیماهای جنگی در ایجاد مانورهای مختلف مدیون سیستم کنترل آن است. دقت عملکردی یک روبات توسط سیستم کنترل آن تأمین شده، در کلیهٔ پروسه های تولیدی، نیرو گاه ها و پالایشگاه ها، سیستمهای کنترل، کیفیت مناسب محصولات را ایجاد می کنند.

مسائل اقتصادی و سودآوری تولید

مسائل اقتصادی و بهره وری مناسب نیز دلیل عمدهٔ دیگر استفاده از سیستمهای کنترل در صنعت می باشد. این امر بخصوص در فرآیندهای تولیدی بسیار حائز اهمیت است. نیروگاههای تولید انرژی، ستونهای تجزیهٔ پالایشگاهها، دستگاههای تولید کاغذ و کلیهٔ فرآیندهای تولیدی پیوسته از جمله مثالهائی است که کیفیت و قیمت فرآیند تولید شده بستگی مستقیم به سیستم کنترل آن دارد. سرعت تولید به هم راه رسیدن به کیفیت مناسب و ضایعات حداقل، عوامل بسیار مهم اقتصادی است که توسط سیستمهای اتوماسیون و کنترل قابل دسترسی است. دقت کنید که تنها درصد کوچکی بهبود کیفیت و کاهش قیمت در محصولی که به صورت پیوسته تولید می شود در بهره وری آن نقش بسیار مهمی ایفا می کند. از طرف دیگر افزایش ظرفیت تولید به نسبت سرمایه گذاری انجام شده بهره وری دیگر اقتصادی آن است.

امنیت کاربر

امنیت کاربر نیز دلیل دیگر استفاده از سیستمهای کنترل می باشد. هواپیما تنها توسط سیستمهای کنترل و امنیتی دقیق قادر به فرود در حداقل دید می باشد. یک نیروگاه هسته ای تنها درصورت وجود سیستمهای کنترل و امنیتی دقیق قادر به تولید انرژی به صورت کامل ایمن خواهد بود. بسیاری از سیستمها دارای

محدوده های کوچک خطی در عملکرد می باشند که تنها توسط سیستمهای کنتر ل بـه صـورت خودکـار در محدودهٔ ایمن کار خواهند نمود.

قابلیت اطمینان

مسئلهٔ آخر که در اینجا می توان به آن اشاره نمود درجهٔ اطمینان بیشتر در محصـولات تولیـدی اسـت کـه توسط سیستمهای کنترل تنظیم می شـوند. سیسـتمهای کنتـرل تغییـرات سـریع کمّیـت هـای فیزیکـی در سیستمهای کنترل شده را به حداقل می رسانند، موضوعی که به صورت طبیعی باعث افزایش قابلیت اطمینان سیستم می شود.

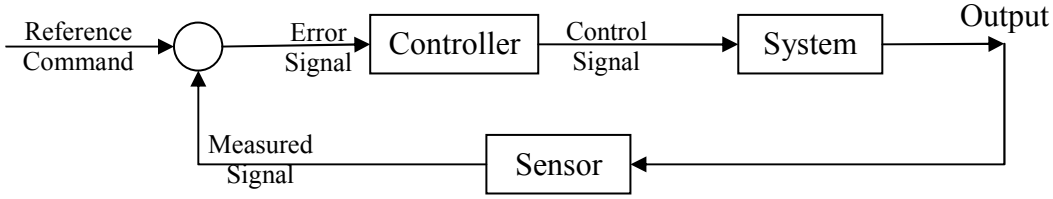
تقسیم بندی سیستمهای کنترلی

سیستمهای کنترلی تعقیب و تنظیم

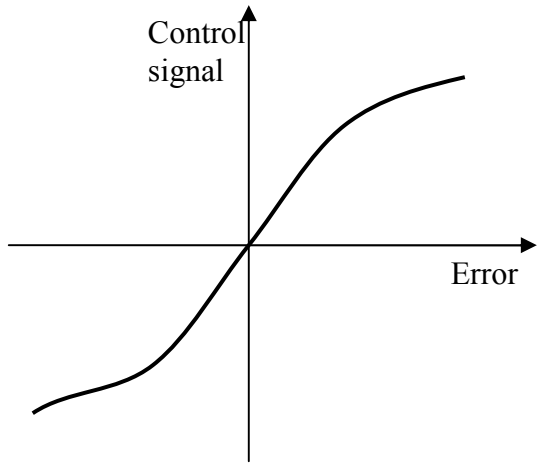
در بسیاری از موارد اگر بخواهیم کمیتی فیزیکی را نزدیک به مقدار مطلوب نگه داریم، نیاز به سیستم کنتـرل اتوماتیک خواهیم داشت. اگر مقدار مطلوب ثابت باشد، هدف سیسـتم کنتـرل تنظـیم (Regulation) نامیـده میشود. و اگر این مقدار مطلوب با زمان تغییر کند این هدف کنترلی را تعقیب (Tracking) می نامیم. به شکل ۱۲ نگاه کنید. اگر بخواهیم پنجه ربات از نقطه A به نقطه B برود به گونه ای که پنجه دقیقـا مسـیر مطلـوب نشان داده شده (خط AB) را طی کند با یک مساله تعقیب روبرو هستیم. اگر برای رسیدن از نقطه A به نقطه B مسیر طی شده مهم نباشد و هدف فقط رسیدن به نقطه B باشد (از هـر مسـیر ممکـن)، در اینجـا بـا یـک مساله تنظیم مواجه هستیم. کنترل دور چرخش هارد دیسک کامپیوتر، قرار گیری پنچـه ربـات در موقعیـت مشخص، میزان رطوبت موجود در مخلوط خمیر کاغذ در صنایع کاغذ سازی و یا غلظت مواد خروجـی از یـک رآکتور شیمیائی مثالهای صنعتی از سیستمهای کنترلی تنظیم می باشند. از طرف دیگر حرکـت بـازوی یـک روبات برای طی مسیر مشخصی در فضا به منظور جوشکاری، کنترل پرواز هواپیما یا موشـک در مسـیر مـورد نظر و یا تعقیب هدف متحرک توسط رادار یا تلسکوپ مثالهائی از سیستمهای کنترل تعقیب می باشند.

سیستمهای کنترلی تناسبی و روشن-خاموش

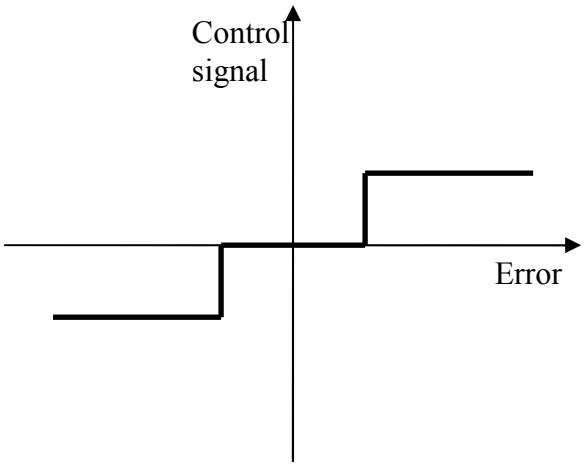
دیاگرام ساده شده یک سیستم کنترل در شکل ۱۶ نشان داده شده اسـت. همـانطور کـه از ایـن شـکل دیـده میشود، کنترلر بسته به میزان خطا یک سیگنال به سیستم اعمال میکند. حال این سیگنال کنترلی بر حسـب خطا میتواند به صورت پیوسته تغییر کند یا اینکه به صورت روشن خاموش باشـد. در **شـکل ۱۷** و **شـکل ۱۸** نمونه‌ای از سیگنال کنترلی تناسبی و روشن-خاموش نشان داده شده است.



شکل ۱۶- دیاگرام ساده شده سیستم های کنترلی



شکل ۱۷- سیگنال کنترلی تناسبی



شکل ۱۸- سیگنال کنترلی روشن-خاموش

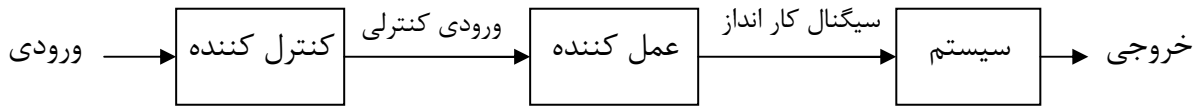
روشهای اساسی اعمال کنترل

همانطور که گفتیم، هدف از کنترل یک سیستم عبارت است از تعیین مقدار ورودی مناسب و اعمال آن به سیستم به نحوی که خروجی به مقدار مطلوب برسد. در این بین سه روش اساسی به منظور اعمال ورودی مناسب به سیستم وجود دارد که کلیه روشهای کنترلی به نحوی جزئ یکی از آنها میباشند. این روشها عبارتند از:

- کنترل حلقه باز (Open-loop Control)
- کنترل پیش خور (Feedforward control)
- کنترل فیدبک (Feedback control)

سیستم کنترل حلقه باز

اولین ساختار جهت کنترل یک سیستم، همانگونه که در شکل ۱۹ نشان داده شده است، اضافه نمودن یک سیستم کنترل کننده قبل از سیستم اصلی میباشد. (میتوان عمل کننده را جزیی از سیستم در نظر گرفت یا آنرا جداگانه نشان داد). کار این کنترل کننده دریافت ورودی و تهیه ورودی اصلی سیستم به منظور رسیدن خروجی به مقدار مطلوب میباشد.



شکل ۱۹- سیستم کنترل حلقه باز

در سیستم کنترل حلقه باز، به منظور طراحی کنترل کننده باید شناخت دقیقی از سیستم و عمل کننده داشته باشیم. در سیستم کنترل حلقه باز خروجی سیستم اندازه گیری نمیشود و با ورودی مقایسه نمیگردد. به عنوان مثال در ماشین لباس شویی، خیس کردن، شستن و آبکشی بر اساس یک زمانبندی از قبل معلوم انجام میشود و خروجی که تمیزی لباسها است اندازه گیری نمیشود. مثالهای دیگر چراغ راهنمایی، پلوپز برقی و غیره. معایب سیستم کنترل حلقه باز عبارتند از:

- اغتشاش و تغییر کالیبراسیون خطا ایجاد میکند و باعث میشود خروجی آنچه باید، نباشد.
- برای دستیابی به کیفیت مطلوب در خروجی، کالیبراسیون مجدد لازم است.

مزایای اصلی سیستمهای کنترل حلقه باز:

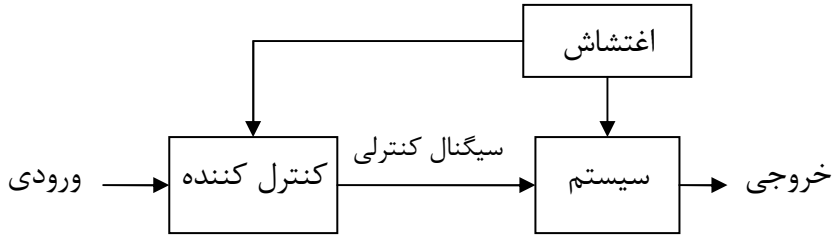
- ساخت ساده و نگهداری آسان، ارزانتر بودن نسبت به سیستم حلقه بسته متناظر، نبود مشکل پایداری

موارد کاربرد سیستمهای کنترلی حلقه باز:

- در جایی که میدانیم به سیستم اغتشاش وارد نمیشود و رفتار سیستم کاملا معلوم است.
- در جایی که اندازه گیری خروجی مشکل است و از خروجی اطلاعی نداریم.

سیستم کنترل پیش خور

برای جلوگیری از اثرات نامطلوب اغتشاش بر خروجی سیستم، میتوان آنرا به کنترل کننده اعمال نمود تا با استفاده از تمهیداتی که در آن پیش بینی شده است، ورودی لازم جهت کنترل به سیستم اعمال گردد. اغتشاشات ناگزیر به سیستم اعمال میشود و روی خروجی تاثیر میگذارد. مانند اثر باد بر روی یک آنتن، یا اثر اصطکاک در یک ربات و غیره. اگر بتوان اغتشاشات را به گونه ای اندازه گرفت و آنها را به کنترل کننده داد، کنترل کننده میتواند متناسب با این اغتشاشات سیگنال کنترلی مناسب تولید کند. دیاگرام بلوکی این نوع سیستم کنترل در شکل ۲۰ نشان داده شده است.

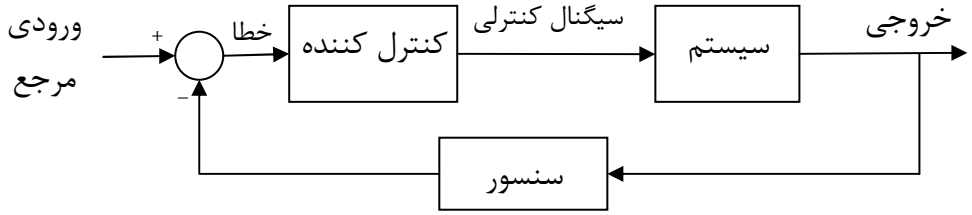


شکل ۲۰- سیستم کنترل پیش خور

این نوع سیستم کنترل در جایی که تعداد اغتشاشات محدود و کاملا شناخته شده باشند به کار میرود. عیب بزرگ این نوع سیستم این است که اغلب اندازه گیری اغتشاشات مشکل میباشد و برای هر نوع اغتشاش، سنسور مخصوص آن مورد نیاز است.

سیستم کنترل حلقه بسته

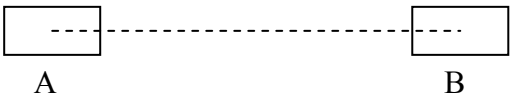
به سیستم کنترل نشان داده شده در شکل ۲۱ توجه کنید.



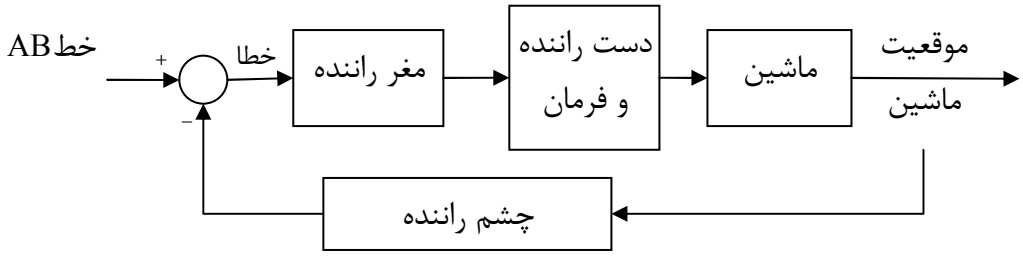
شکل ۲۱- سیستم کنترل حلقه بسته

به کمک یک سنسور در خروجی میتوان مقدار خروجی را با ورودی مرجع مقایسه کرد و خطای حاصل را به کنترل کننده اعمال نمود. مهمترین قابلیت سیستمهای کنترل حلقه بسته، رفع اغتشاش است. سیستم حلقه باز به تغییر پارامترهای دستگاه و اغتشاشات حساس است، ولی در حلقه بسته به دلیل اطلاع داشتن از خروجی، کنترل کننده پارامترها را تعدیل میکند.

مثال: میخواهیم ماشینی را مطابق شکل زیر از نقطه A به نقطه B به دو صورت حلقه باز و حلقه بسته ببریم.



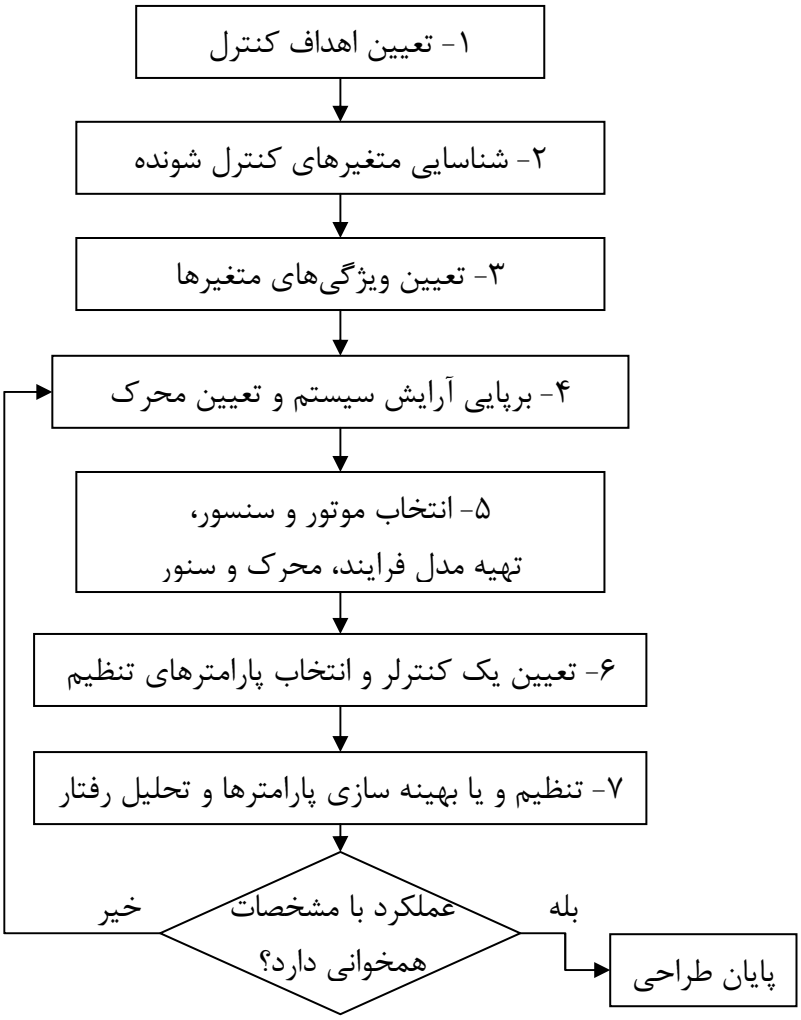
در حالت حلقه باز ماشین را دقیقا در امتداد خط AB قرار میدهیم و فرمان را در موقعیت مناسب ثابت میگیریم. نتیجه قابل پیش بینی است. به دلیل ناهمواری زمین، لقی فرمان و میزان نبودن چرخها به نقطه B نمیرسیم. حال این کار را به صورت حلقه بسته مطابق شکل زیر انجام دهیم. در این حالت ماشین به عنوان سیستم، نقطه B یا خط AB ورودی مرجع، موقعیت ماشین به عنوان خروجی، مغز راننده به عنوان کنترل کننده و مقایسه کننده، چشم راننده به عنوان سنسور، نرونهای عصبی به عنوان المان فیدبک و دست و فرمان به عنوان عملگر میباشند.



شکل ۲۲- سیستم کنترل حلقه بسته کنترل موقعیت ماشین

طراحی سیستم کنترل

طراحی سیستم‌های کنترل مثال ویژه‌ای از طراحی مهندسی است. در شکل ۲۳ الگوریتم طراحی یک سیستم کنترل نشان داده شده است. اولین مرحله در فرایند طراحی تعین اهداف سیستم میباشد. مثلا ممکن است هدف ما کنترل دقیق سرعت یک موتور یا کنترل دمای اتاق باشد. در مرحله دوم شناسایی متغیرهای است که مایل به کنترل آنها هستیم مثلا سرعت موتور. مرحله سوم نوشتن مشخصات متغیرها با توجه به دقتی است که می‌خواهیم داشته باشیم. این دقت در کنترل منجر به داشتن سنسوری خواهد شد تا متغیر کنترل شده را اندازه بگیرد. در مرحله بعدی آرایش سیستم باید تعیین گردد. این آرایش معمولا دارای سنسور، فرایند تحت کنترل، محرک و کنترلر میباشد. در مرحله پنجم باید مدل ریاضی فرایند، محرک و سنسور استخراج گردد. محرک و سنسور باید به گونه ای انتخاب شود که بتوان به اهداف تعیین شده رسید. مثلا اگر مایل به کنترل سرعت یک چرخ هستیم از یک موتور به عنوان محرک استفاده میکنیم. سنسور انتخابی نیز باید قابلیت اندازه گیری سرعت را داشته باشد. قدم بعدی انتخاب یک نوع کنترلر و پارامترهای تنظیم آن میباشد. در مرحله آخر پارامترهای کنترلر جهت رسیدن به عملکرد مطلوب تنظیم میشود. ممکن است با تنظیم پارامترهای کنترلر به خواسته های تعیین شده نرسیم، در اینجا باید به مرحله ۴ رفته و آرایش سیستم و یا نوع کنترلر را تغییر داد.



شکل ۲۳- روند طراحی یک سیستم کنترل