



باسمه تعالی

سیستم های کنترل کلاسیک

بیژن معاونی

(دانشیار دانشگاه علم و صنعت ایران)

نیمسال دوم ۹۶-۹۷



باسمه تعالی

سیستم های کنترل کلاسیک

Lecture 1

مقدمه

تئوری کنترل

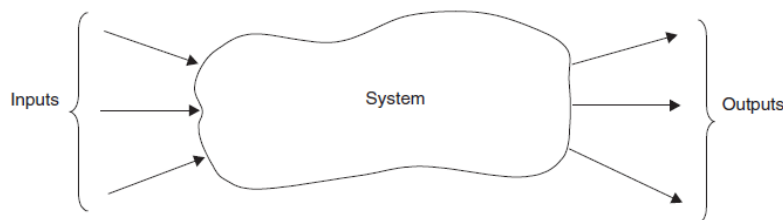
- تئوری کنترل یک شاخه میانی از علم است مابین مهندسی و ریاضات.
- کنترل: مجموعه ای از اجزا و سیستم ها که در کنار یکدیگر قرار می گیرند به منظور دست یافتن به رفتار مطلوب.
- سیستم: سیستم برای افراد مختلف می تواند نماد یا تعریف های متفاوتی داشته باشد.
مانند: اتومبیل، ماشین لباسشویی، ماشین CNC و ...

Automatic Control

3

سیستم

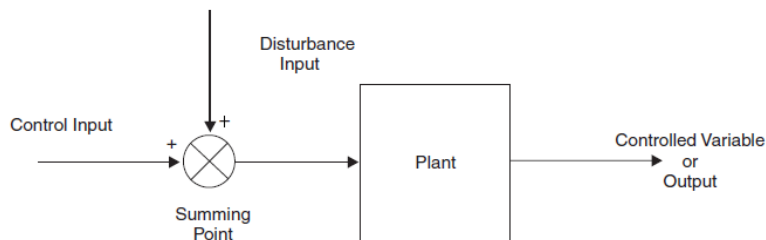
- ولیکن تمامی سیستم ها دارای مشترکاتی در تعریف هستند:
 - سیستم ها دارای ورودی هستند
 - سیستم ها دارای خروجی هستند که با تغییر در ورودی ها می توانند تغییر کنند.
 - سیستم های میتوانند بیش از یک ورودی و/یا بیش از یک خروجی باشند.



4

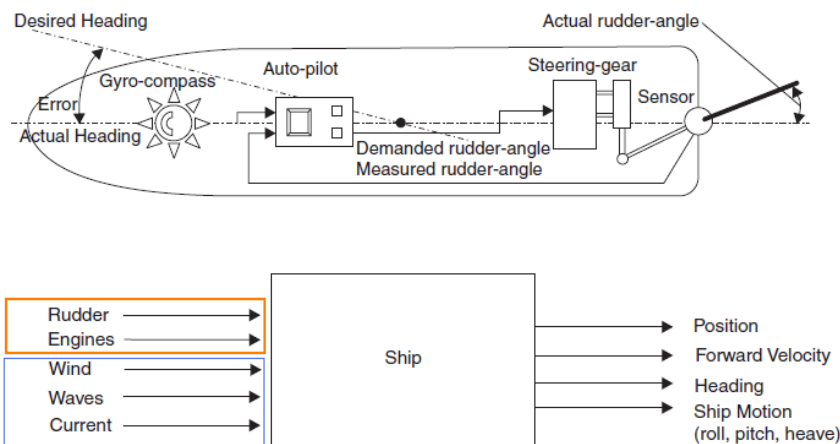
کنترل و لزوم شناخت سیستم

- خروجی سیستم در اثر تغییر در ورودی تغییر می یابد که به آن پاسخ سیستم گویند.
- مهندسی کنترل می کوشد تا با مدل سازی سیستم پاسخ خروجی سیستم را نسبت به ورودی های مختلف تخمین بزند.
- انواع ورودی:
 - ورودی کنترل
 - ورودی های اغتشاش



5

مثالی از یک سیستم

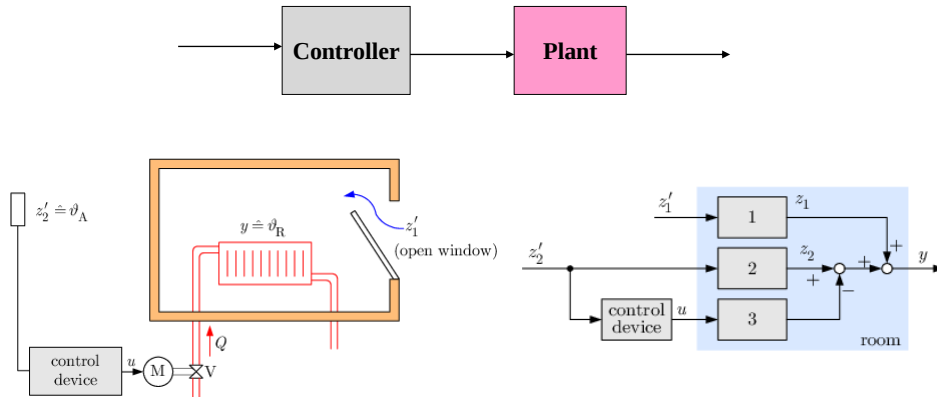


Automatic Control

6

سیستم کنترل حلقه باز

- سیستم کنترل حلقه باز (Open loop Control)

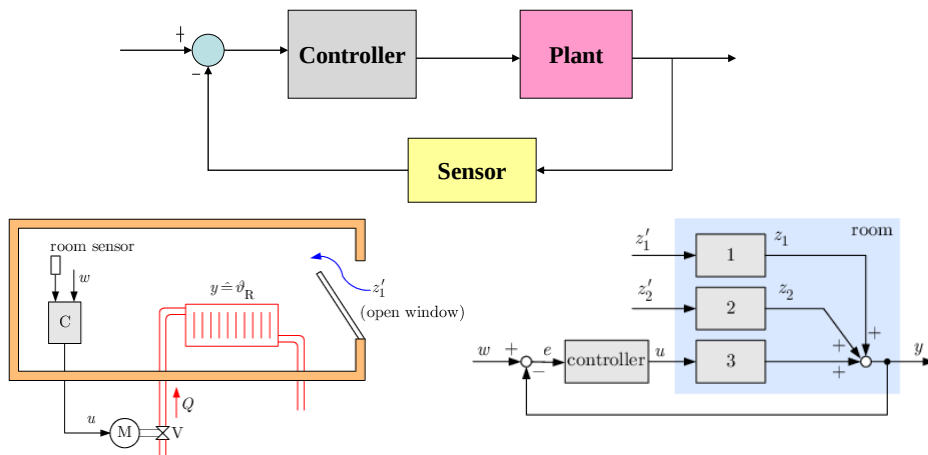


Automatic Control

7

سیستم کنترل حلقه بسته

- سیستم کنترل حلقه بسته (Closed loop Control)



Automatic Control

8

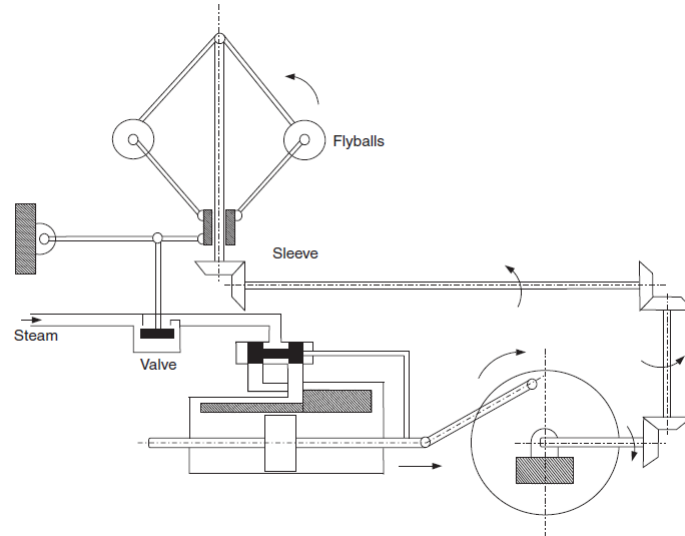
نتایج مد نظر از درس کنترل اتوماتیک

- در درس کنترل اتوماتیک هدف دست یافتن به موارد زیر است:
 - مدل سازی و توصیف سیستم های خطی
 - تحلیل دینامیک سیستم های خطی
 - تحلیل اثر حضور فیدبک در سیستم های کنترل حلقه بسته
 - طراحی کنترل کننده

تاریخچه کنترل

- 1642-1754
 - The work of I. Newton (1642-1727) and G.W. Leibniz (1646-1716), the brothers Bernoulli (late 1600's and early 1700's), J. F. Riccati (1676-1754) led to the discovery of the infinitesimal calculus which in turn helped the development of differential equations theory. ([26])
- 1736-1865
 - J. L. Lagrange (1736-1813) and W. R. Hamilton (1805-1865) established the use of differential equations in analyzing the motion of dynamical systems. ([26])
- 1868
 - J. C. Maxwell analyzed the stability of **Watt's flyball governor**. ([26])
- 1877
 - **E. J. Routh** provided a numerical technique for determining when a characteristic equation has stable roots. ([193])
 - I. I. Vishnegradsky analyzed the stability of regulators using differential equations independently of Maxwell. ([194])
- 1892
 - A. M. Lyapunov studied the **stability** of nonlinear differential equations using a generalized notion of energy. ([1], [26])

گاورنر جیمز وات



11

تاریخچه کنترل

- 1892-1898
 - O. Heaviside invented operational calculus and studied the transient behavior of systems, introducing a notion equivalent to that of the transfer function. ([\[26\]](#))
- 1893
 - A. B. Stodola studied the regulation of a water turbine using the techniques of Vishnegradsky. ([\[26\]](#))
- 1895
 - A. **Hurwitz** solved independently the problem of determining the stability of the characteristic equation. ([\[195\]](#))
- 1920-1939
 - P. S. de Laplace (1749—1827), J. Fourier (1768—1830), A.L. Cauchy (1789—1857) developed the frequency domain approaches at Bell Telephone Laboratories, and explored and used these in communication systems. ([\[26\]](#))

تاریخچه کنترل

- 1927
 - H. S. Black demonstrated the usefulness of **negative feedback**. ([196])
- 1932
 - H. **Nyquist** developed Regeneration Theory for the design of stable amplifiers and derived his Nyquist Stability Criterion based on the polar plot of a complex function. ([197])
- 1938
 - H.W. **Bode** used the magnitude and phase frequency response plot of a complex function and investigated closed-loop stability using the notions of phase and gain margin. ([198])
- 1945-1955
 - **The first textbooks on Control Theory** appeared which discussed straightforward design tools and provided great insight and guaranteed solutions to design problems. ([204], [205], [206], [207], [208])
- 1947
 - **N. B. Nichols** developed his Nichols chart for the design of feedback systems. ([26], [201])
- 1948
 - W. R. Evans presented his **root locus** technique, which provided a direct way to determine the closed-loop pole locations in the s-plane. ([202])

سرفصل درس کنترل اتوماتیک

کنترل اتوماتیک



کد درس : ۵۳

تعداد واحد : ۲

نوع واحد : نظری

پیشنیاز : ارتباطات مکانیکی

سرفصل دروس : (۳۲ ساعت)

- ۱- تعریف و طبقه‌بندی سیستمها، مدل ریاضی سیستمها، دیاگرامهای بلوکی، کلیاتی در مورد فیدبک و اثرات آن.
- ۲- پاسخ زمانی سیستمها، حالت گذرا و ماندگار، مشخصات حالت گذرا، (جهش، زمان، شکست...) و حالت ماندگار (خطای ماندگار)، بررسی اثر کنترل‌کننده‌ها بر مشخصات حالت گذرا و ماندگار سیستم.
- ۳- پایداری، روش راث - هورویتز (Routh-Hurwitz)
- ۴- روش مکان هندسی ریشه‌ها (root Locus)
- ۵- پاسخ فرکانسی سیستمها، روشهای نمایش پاسخ فرکانسی، بررسی پایداری سیستمها در میدان فرکانس (روش نایکوئیست)، مشخصات پاسخ فرکانسی (حد فاز و بهره، ماکزیمم تشدید و...) .
- ۶- تنظیم کنترل‌کننده‌ها و وضوح جبران‌کننده‌ها برای بهبود کار سیستمهای کنترل.

سرفصل درس کنترل اتوماتیک

- ۱- مقدمه
- ۲- مدل سازی سیستم های خطی
- ۳- تابع تبدیل، نمودار بلوکی و نمودار گذر سیگنال
- ۴- بررسی اثر فیدبک و مشخصات رفتاری سیستم در حوزه زمان
- ۵- تحلیل پایداری با استفاده از روش Routh_Hurwitz
- ۶- تحلیل پایداری با استفاده از مکان هندسی ریشه ها
- ۷- تحلیل پایداری با استفاده از روش نایکوئیست
- ۸- پاسخ فرکانسی و استفاده از تحلیل Bode
- ۹- طراحی جبران ساز ها در حوزه فرکانس
- ۱۰- طراحی کنترل کننده در حوزه فرکانس

ارزیابی

ارزیابی دوره:

- کوئیز (۶ نمره)
(زمان کوئیز: جلسه بعد از اتمام هر فصل)
 - فصل ۱، ۲ (انتهای فصل دوم)
 - فصل ۴ (انتهای فصل چهارم)
 - فصل ۶ (انتهای فصل ششم)
- تمرین (۲ نمره)
(مهلت تحویل: یک هفته بعد از اتمام هر فصل)
 - فصل ۳ (انتهای فصل سوم)
 - فصل ۵ (انتهای فصل پنجم)
 - فصل ۷ (انتهای فصل هفتم)
- پروژه در طول ترم و پایان ترم (۵ نمره)، (استفاده از نرم افزار MATLAB الزامی است).
- پایان ترم (۷ نمره)

مراجع

- "سیستم های کنترل"، بنجامین کو، ترجمه علی کافی
- **"Modern Control Systems", R. C. Dorf**
- "سیستم های کنترل خطی"، دکتر علی خاکی صدیق، انتشارات دانشگاه پیام نور
- "کنترل"، اگاتا، ترجمه علی کافی