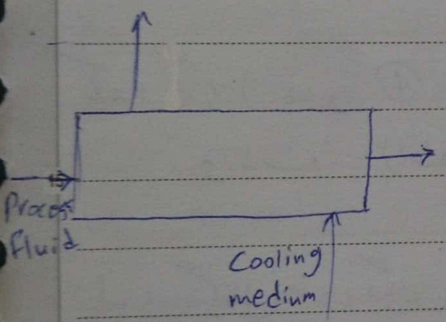
lecture #3

- process example - the blending tank
- feedback control , feedforward control
- implementation of control (پیاده سازی - اجرا)
- justification of control (توجیه مطالعه و اجرای کنترل)

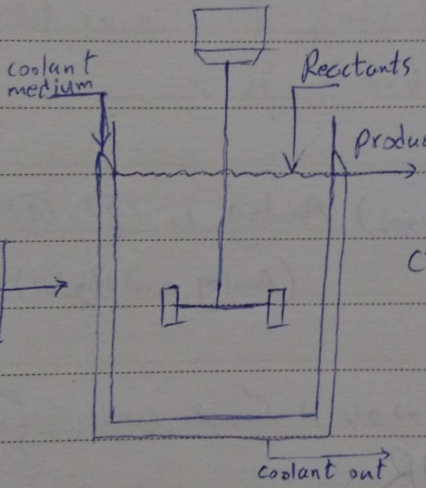
یادآوری :

Process variables
- Controlled variable → متغیرهایی که باید در SP نگهداری شوند.
- manipulated variables → متغیرهایی که اثر اغتشاشات را خنثی می کنند
- disturbance variables → متغیرهایی که در فرایند اخلال ایجاد می کنند

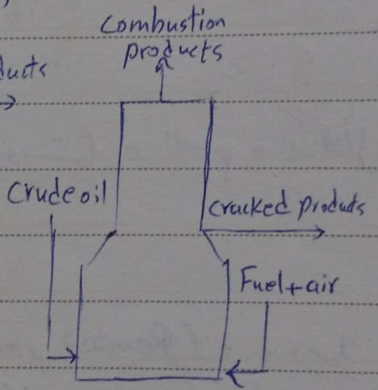
مثالی از چند فرایند پیوسته و روزمره :



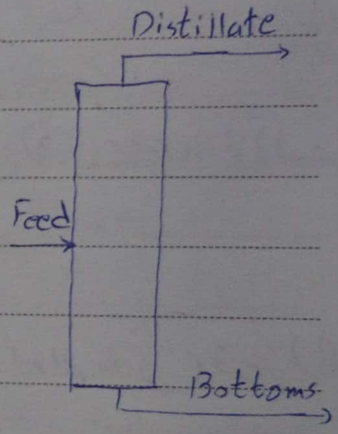
Heat exchanger



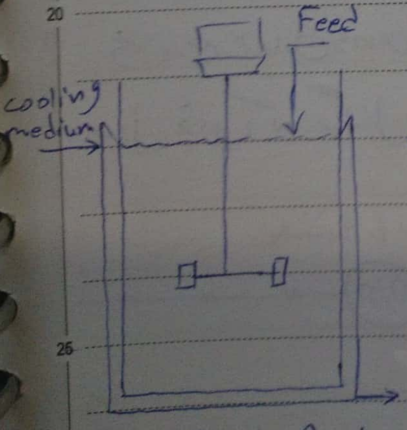
Chemical Reactor



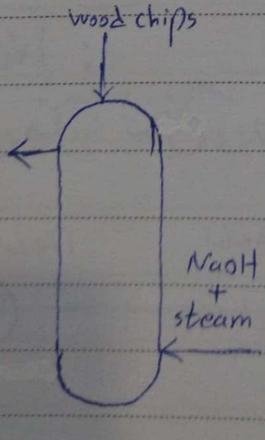
Cracking furnace



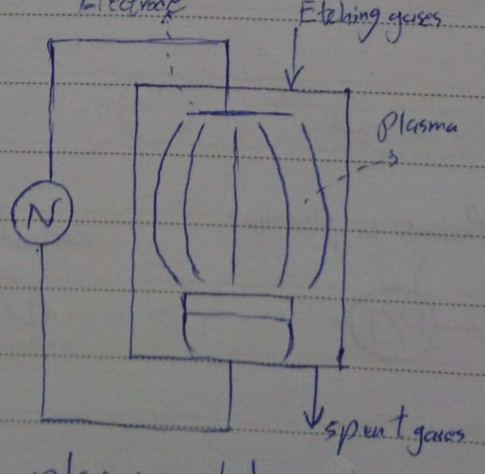
Distillation column



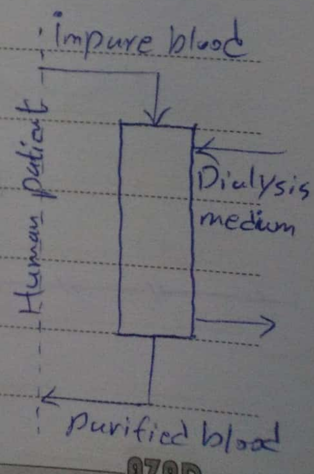
Semi-Batch Reactor



Wood chip Digester



plasma etcher

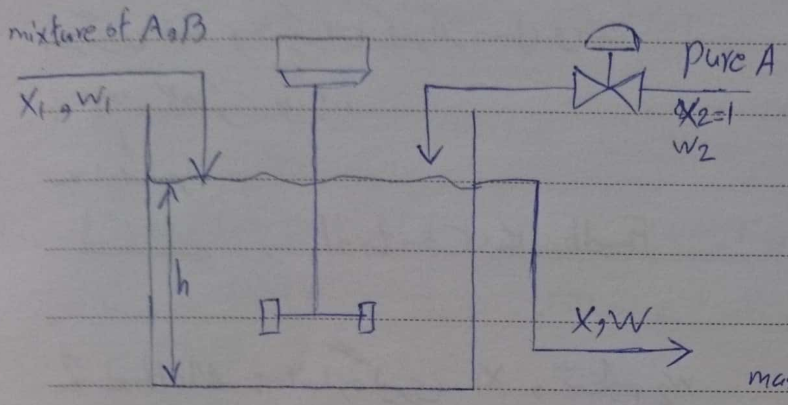


Kidney dialysis Unit

یادآوری : Regulatory control ⟵ disturbance change/tracking

Servo control ⟵ Set-point change/tracking

مثال) یک سیستم مخزنی همزن دار (Blending sys.)



stirred tank blending system

w_1, w_2, w ⟵ mass flow rate

x_1, x_2, x ⟵ mass fraction of A

x_2 ↓ نماد جریان

هدف :

در سیستم فوق که مثالی از Regulatory control هست، می خواهیم کسر جرمی خروجی A یا همان X را در مقدار Xsp نگه داریم.

فرضیات :

① $w_1 = cte$ ② $x_2 = cte$ (جریان خالص A) ③ Perfect Mixing

process variables in this process $\begin{cases} \text{Controlled var.} : X \\ \text{Manipulated var.} : w_2 \\ \text{Disturbance var.} : x_1 \end{cases}$

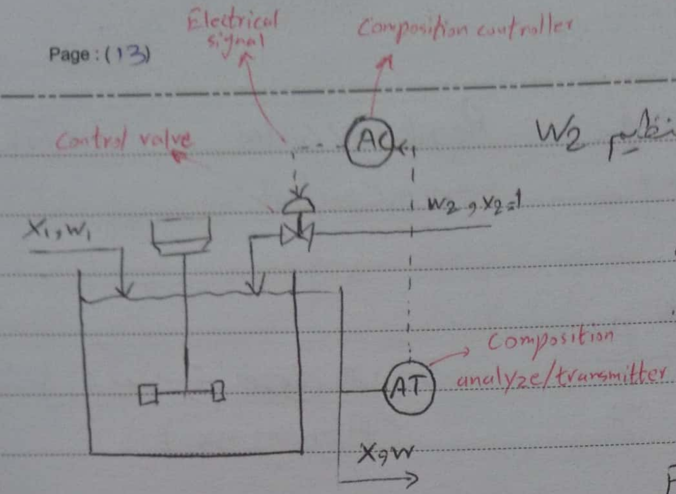
سؤال کنترلی :

فرض کنید x_1 تابع زمان است ($x_1 = x_1(t)$). استراتژی های ممکن را جهت نگه داشتن X در Xsp را در حالت زیر بررسی کنید:

$x_1(t)$ با گذشت زمان افزایش می یابد ($x_1(t_1) > x_1(t_0)$) $\Longleftarrow$ $X > X_{sp}$

حل : 4 استراتژی کلی برای نگه داشتن X در Xsp در شرایط فوق وجود دارد که هر کدام را بصورت مجزا بررسی می کنم.

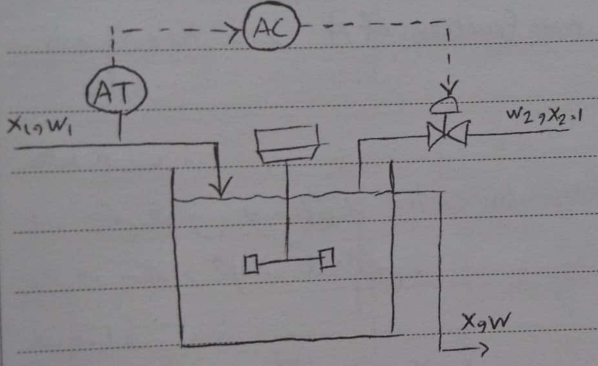
Method 1 : اندازه گیری X و تنظیم W_2



در این حالت X به عنوان Controlled var. اندازه گیری شده و به یک ابزار کنترلگر منتقل می شود.
و W_2 کاهش می یابد.
$\downarrow$
manipulated var

Feedback Control

Method 2 : اندازه گیری X_1 و تنظیم W_2



در این حالت X_1 به عنوان disturbance var. اندازه گیری شده و به یک ابزار کنترلگر منتقل می شود
و W_2 به عنوان Manipulated var، کاهش می یابد

Feedforward Control

Method3 : اندازه گیری X_1 و X و تنظیم W_2

این حالت ترکیب دو روش قبل می باشد.

Feedforward control with feedback trim

Method4 : استفاده از تانک بزرگ تر

بدیهی است که با استفاده کردن از یک تانک بزرگ تر، اثر افزایش $X_1(t)$ محو و قابل صرف نظر خواهد شد.
طبیعتاً، تانک بزرگ تر به معنای افزایش هزینه می باشد.

Feedback control

↑

مزایا و معایب FBC :

مزایا :

① FBC هر نوع اغتشاش را اصلاح می‌کند

② حساسیت متغیر تحت کنترل نسبت به اغتشاشات کاهش می‌یابد

معایب :

① اقدامات اصلاحی زمانی اعمال می‌شوند که اغتشاشات در روند فرایند اختلال ایجاد کرده باشند

② چون FBC یک کنترل آزمون و خطایی است، اصلاحات نوسانی و ناپایدار هستند.

مزایا و معایب FFC :

مزایا :

① مستقیماً اغتشاشات اندازه‌گیری می‌شوند.

② اغتشاشات قبل از ورود به فرایند ردگیری و خنثی می‌شوند.

معایب :

① ناتوانی اصلاح کردن اغتشاشاتی که برای آن تعریف نشده‌اند وجود ندارد.

② باید بتواند اغتشاشات زیادی را شناسایی کند نیازمند ابزار اندازه‌گیری بیشتری است.

انگیزه‌ها و توجیهات کنترل :

① Increased product throughout (افزایش بهره‌برداری)

② Increased yield of higher valued products

③ Decreased energy consumption

④ Decreased pollution

⑤ Decreased off-spec product (کاهش دورریزها)

⑥ Increased safety

⑦ Extended life of equipment

⑧ Improved operability

⑨ Decreased production labor

با L.T فقط معادلات دیفرانسیل خطی را می‌توان حل کرد.

ج 4 (مجازی)

Chapter 2 : Mathematical Tools for Control Systems Analysis

↳ Laplace Transforms

lecture #4
- Definition and examples
  - standard notation in dynamics and control
  - Converts ODE's to Algebric Equations (AE's)
  - Advantageous for block diagram analysis
- Linearization
- Deviation Variables

رفتار پدیده‌ها و فرایندها توسط معادلات دیفرانسیل توصیف می‌شوند. از این رو غیرخطی بودن اکثر فرایندها قابل مشاهده است.

از تبدیلات لاپلاس و بسط تیلور برای خطی‌سازی معادلات غیرخطی و حل آن‌ها، آنالیز دینامیک (پویایی) سیستم‌ها و فرایندها و همچنین طراحی سیستم‌های کنترلی استفاده می‌شود.

تعریف "تبدیل لاپلاس":

$$\boxed{F(s) = La[f(t)] = \int_0^\infty f(t)\, e^{-st}\, dt} \Longrightarrow \begin{cases} f(t) : \text{function of time (time Domain)} \\ F(s) : \text{corresponding laplace tran. (Laplace Do} \end{cases}$$

time

Laplace transform Variable

چند مثال:

$$La[a] = \int_0^\infty a e^{-st} dt = \frac{-a}{s}[e^{-st}]_0^\infty = \frac{a}{s}$$

$$La[e^{-at}] = \int_0^\infty e^{-at} e^{-st} dt = \int_0^\infty e^{-(a+s)t} = \frac{1}{s+a}[-e^{-(b+s)t}]_0^\infty = \frac{1}{s+a}$$

$$La[f'] = La[\frac{df}{dt}] = \int_0^\infty \frac{df}{dt} e^{-st} dt = s\,La[f] - f(0) = s\,F(s) - f(0) \quad (\text{usually}: f(0) = 0)$$