سیستم سیالات

1. در سیستم های مرتبط با سیالات، سه المان اصلی به نام های مقاومت، ظرفیت و اینرتنس (inertance) وجود دارد.
2. دبی سیال (تغییرات حجم سیال در واحد زمان) معادل با جریان الکتریکی است.
3. اختلاف فشار معادل با اختلاف پتانسیل الکتریکی است.
4. سیستم های سیالات به دو قسمت اصلی تقسیم می شوند.

- هیدرولیکی
- نیوماتیکی

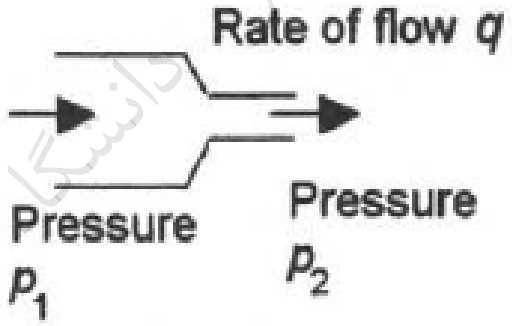
دانشگاه مهندسی برق و کامپیوتر دانشگاه تبریز
فرزاد هاشم زاده

سیستم هیدرولیکی

مقاومت هیدرولیکی

مقاومت هیدرولیکی R، مقاومت در برابر حرکت سیال است و زمانی وجود دارد که قطر لوله ای که مایع از آن عبور می کند، تغییر کند. به صورت معادل هیدرولیکی قانون اهم تعریف می شود:

$$p_1 - p_2 = Rq$$



دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر دانشگاه تبریز

سیستم هیدرولیکی

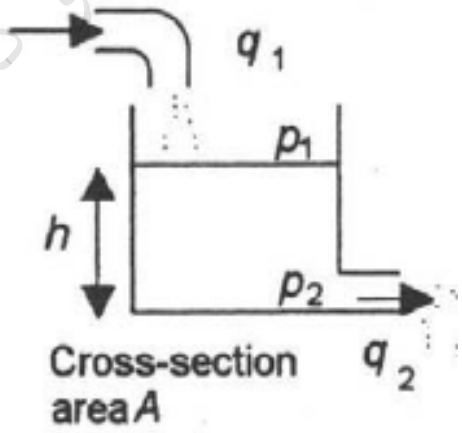
ظرفیت هیدرولیکی

- ظرفیت هیدرولیکی C، ترمی برای بیان ذخیره انرژی به کار می رود که انرژی مایع هیدرولیکی به صورت انرژی پتانسیل ذخیره می شود.
- تغییرات حجم V مایع ذخیره شده، برابر با تفاضل تغییرات حجم ورودی (دبی ورودی q_1) و تغییرات حجم خروجی (دبی خروجی q_2) است.

$$q_1 - q_2 = \frac{dV}{dt}$$

But $V = Ah$ and so:

$$q_1 - q_2 = A\frac{dh}{dt}$$

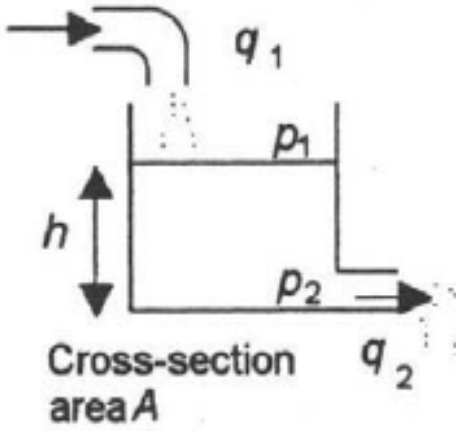


دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر دانشگاه تبریز

سیستم هیدرولیکی

ظرفیت هیدرولیکی

تفاوت فشار بین ورودی و خروجی به صورت زیر است:



$$p_1 - p_2 = \rho g h$$

با جایگذاری h در رابطه $q_1 - q_2 = A\frac{dh}{dt}$

$$q_1 - q_2 = \frac{A}{\rho g}\frac{dp}{dt}$$

ظرفیت هیدرولیکی C به صورت زیر تعریف می شود.

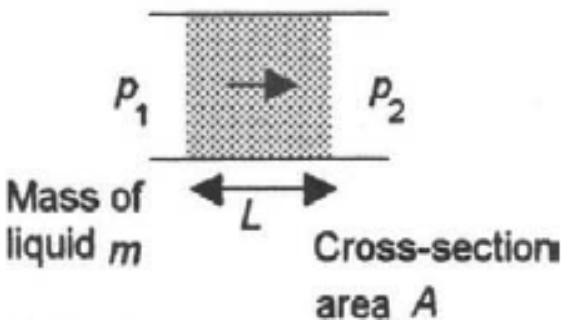
$$C = \frac{A}{\rho g} \Rightarrow q_1 - q_2 = C\frac{dp}{dt}$$

دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر دانشگاه تبریز فرزاد هاشم زاده

سیستم هیدرولیکی

اینرتنس هیدرولیکی

- در جزء دیفرانسیلی نشان داده شده، نیروی اعمالی به مایع به جرم m باعث می شود تا شتاب a بگیرد.



$$(p_1 - p_2)A = ma = m\frac{dv}{dt}$$

$$m = AL\rho$$

$$q = Av$$

$$(p_1 - p_2)A = L\rho\frac{dq}{dt}$$

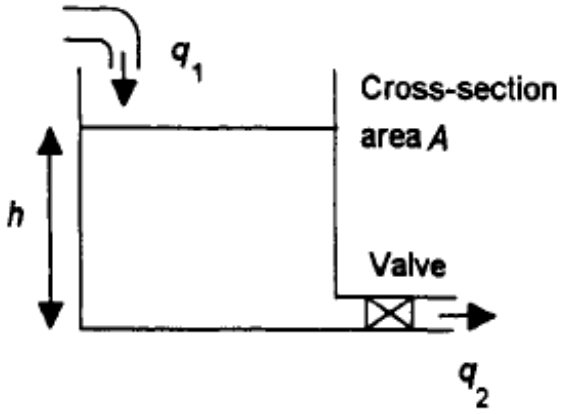
$$I = L\rho/A$$

$$p_1 - p_2 = I\frac{dq}{dt}$$

دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر دانشگاه تبریز
فرزاد سلیم زاده

سیستم هیدرولیکی

مثال



برای خازن:

$$q_1 - q_2 = C\frac{dp}{dt} = \frac{A}{\rho g}\frac{dp}{dt}$$

برای مقاومت:

$$p_1 - p_2 = Rq_2$$

$$q_1 = A\frac{dh}{dt} + \frac{h\rho g}{R}$$

$$A\frac{dh}{dt} + \frac{\rho g}{R}h = q_1$$

دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر دانشگاه تبریز
فرزاد هاشم زاده

سیستم نیوماتیکی

- در سیستم های نیوماتیکی نیز، سه المان اصلی شامل مقاومت، ظرفیت و اینرتنس می باشد.
- گازها از آنجایی که قابل متراکم شدن هستند، با مایعات تفاوت دارند.
- تغییر در حجم باعث تغییر در فشار و تغییر در چگالی می شود.

دانشگاه مهندسی برق و کامپیوتر فرزاد هاشم زاده دانشگاه تبریز

سیستم نیوماتیکی

مقاومت نیوماتیکی

- مقاومت نیوماتیکی R، به صورت نسبت تغییرات جرم در واحد زمان dm/dt و اختلاف فشار p_1-p_2 تعریف می شود.

$$p_1-p_2 = R\, dm/dt$$

- ظرفیت نیوماتیکی به دلیل تراکم پذیری گاز بوده و مشابه ذخیره انرژی در فنر متراکم می باشد.

- اگر dm_1/dt نرخ جرم وارد شده به مخزن با حجم V و dm_2/dt نرخ جرم خارج شده از مخزن باشد، نرخ تغییرات جرم داخل مخزن $dm_1/dt-dm_2/dt$ خواهد بود.

دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر دانشگاه تبریز

سیستم نیوماتیکی

خازن نیوماتیکی

نرخ تغییرات جرم در مخزن:

$$\frac{d(\rho V)}{dt} = \rho \frac{dV}{dt} + V \frac{d\rho}{dt}$$

از آنجایی که $\frac{dV}{dt} = \left(\frac{dV}{dp}\right)\left(\frac{dp}{dt}\right)$ و

برای گازهای ایده آل $pV = mRT$

$$p = \left(\frac{m}{V}\right)RT = \rho RT \Rightarrow \frac{d\rho}{dt} = \left(\frac{1}{RT}\right)\frac{dp}{dt}$$

دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر فرزاد هاشم زاده دانشگاه تبریز

سیستم نیوماتیکی

نرخ تغییر جرم داخل مخزن:

$$\frac{d(\rho V)}{dt} = \rho \frac{d(V)}{dp}\frac{dp}{dt} + \frac{V}{RT}\frac{dp}{dt}$$

$$\frac{dm_1}{dt} - \frac{dm_2}{dt} = \left(\rho \frac{dV}{dp} + \frac{V}{RT}\right)\frac{dp}{dt}$$

$C_1 = \rho \frac{dV}{dp}$ ⇒ ظرفیت نیوماتیکی ناشی از تغییر حجم

$C_2 = \frac{V}{RT}$ ⇒ ظرفیت نیوماتیکی ناشی از تراکم پذیری گاز

$$p_1 - p_2 = \frac{1}{C_1 + C_2}\int (\dot{m}_1 - \dot{m}_2)dt$$

سیستم نیوماتیکی

اینرتنس نیوماتیکی

$$(p_1 - p_2)A = \frac{d(mv)}{dt} \qquad mv = \rho LA\frac{q}{A} = \rho Lq$$

$$(p_1 - p_2)A = L\frac{d(\rho q)}{dt} \qquad \dot{m} = \rho q$$

$$I = \frac{L}{A} \Rightarrow p_1 - p_2 = I\frac{d(\dot{m})}{dt}$$

دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر فرزاد هاشم زاده دانشگاه تبریز

سیستم حرارتی

- در سیستم های حرارتی، دو المان اصلی وجود دارد
  - مقاومت حرارتی
  - ظرفیت حرارتی

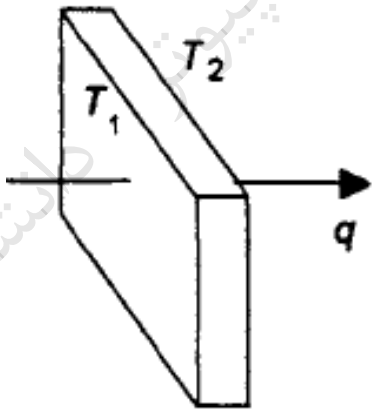
فرزاد هاشم زاده
دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر دانشگاه تبریز

سیستم حرارتی

مقاومت حرارتی

- q نرخ انتقال گرما و T_1-T_2 اختلاف دما می باشد

$$q = \frac{(T_1 - T_2)}{R}$$



دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر دانشگاه تبریز فرزاد هاشم زاده

سیستم حرارتی

مقاومت حرارتی

- مقدار مقاومت حرارتی بستگی به نوع انتقال گرما می تواند متفاوت باشد:

❖ **Conduction** (هدایت) : مولکول ها با برخورد به هم گرما را منتقل می کنند.

$$q = Ak\frac{(T_1 - T_2)}{L} \qquad R = \frac{L}{Ak}$$

❖ **Convection** (همرفت): مولکول های گرم جابجا می شوند.

$$q = Ah(T_1 - T_2) \qquad R = \frac{1}{Ah}$$

دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر دانشگاه تبریز فرزاد هاشم زاده

سیستم حرارتی

ظرفیت حرارتی

- مربوط به ذخیره انرژی حراراتی است.
- q_1-q_2: تغییرات دبی حراراتی

$$q_1 - q_2 = mc\frac{dT}{dt}$$

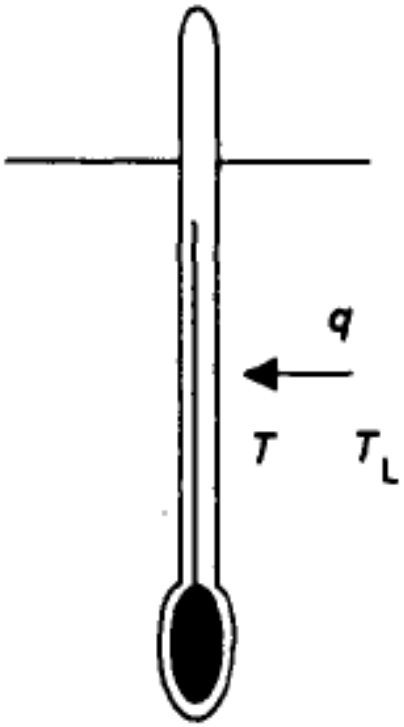
- که m جرم موجود در مخزن و c ظرفیت حرارتی ویژه است.
- برای سادگی از رابطه زیر استفاده می شود که C ظرفیت حرارتی نامیده می شود.

$$q_1 - q_2 = C\frac{dT}{dt} \qquad C = mc$$

دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر دانشگاه تبریز فرزاد هاشم زاده

سیستم حرارتی

مثال:



دماسنجی در دمای T که وارد مایعی با دمای T_L شده است را در نظر بگیرید. مقاومت حرارتی انتقال گرما از مایع به دماسنج را با R و ظرفیت حراراتی مایع را با C نشان می دهیم.

$$q = \frac{(T_L - T)}{R}$$

$$q = C\frac{dT}{dt}$$

$$C\frac{dT}{dt} = \frac{T_L - T}{R} \quad \Rightarrow \quad RC\frac{dT}{dt} + T = T_L$$

دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر دانشگاه تبریز