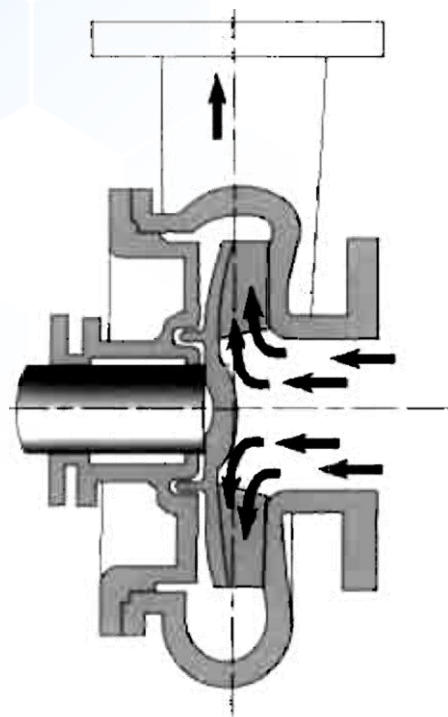
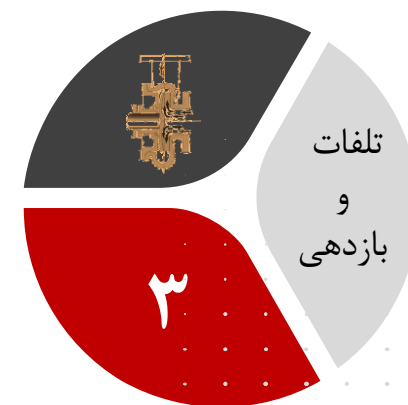


توربو ماشین ها

محمدصادق کریمی

دکتری تخصصی مهندسی مکانیک





انواع تلفات، تلفات داخلی و خارجی، انواع بازدهی، بیان انرژی برای توربوماشین‌های توان‌گیر و توان‌ده

۱-۳





Losses in Turbomachines

Internal Losses
Losses taking place in the flow-path

- a) Hydraulic Losses
- b) Internal Leakage Losses
- c) Disc Friction Losses



Fluid internal energy rise

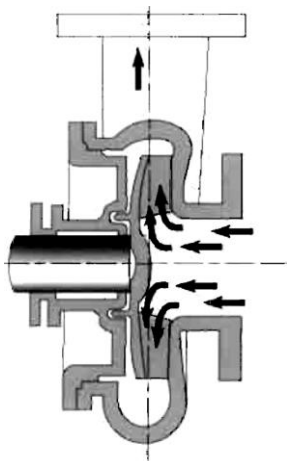
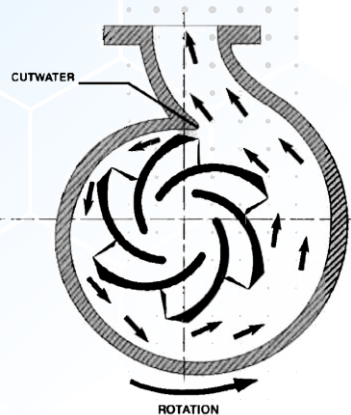
External Losses
Losses taking place outside the flow-path

- a) External Leakage Losses
- b) Losses due to friction in the bearings and sealings



Unuseful output energy from the Machine





۱- تلفات هیدرولیکی (Hydraulic Losses):

- ❖ افت فشار ناشی از اصطکاک، تشکیل گردابه‌ها به دلیل تغییر مسیر سیال، و عدم موازی بودن خطوط جریان با پره‌ها و جدایی لایه مرزی
- ❖ عدم امکان برآورد دقیق این تلفات به علت پیچیدگی جریان در بین پره‌ها و وجود لایه مرزی
- ❖ تلفات ناشی از ایجاد شوک به دلیل مناسب نبودن امتداد جریان در ورود به کانال بین پره‌ها Shock Loss

تلفات داخلی (Internal Losses)

۲- تلفات نشتی داخلی (Internal Leakages Losses):

- ❖ ناشی از درز اجباری بین اجزای دوار و ساکن ماشین

۳- تلفات دیواره‌ها (Disk Friction Losses):

- ❖ تلفات ناشی از اصطکاک سطوح خارجی چرخ با سیال چسبیده به پوسته‌ی ساکن



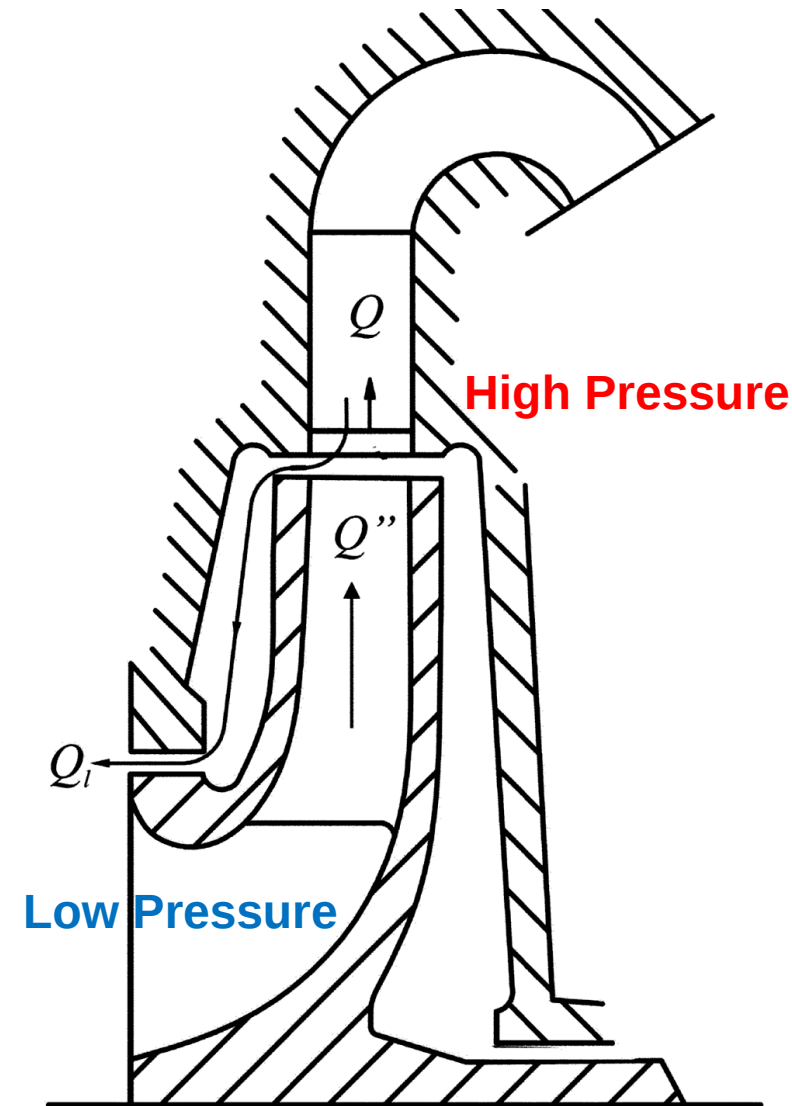


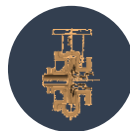
$$Q = Q'' - Q_L$$

دبی ناشی داخلی

دبی عبوری از چرخ

دبی مفید خروجی از ماشین توان گیر



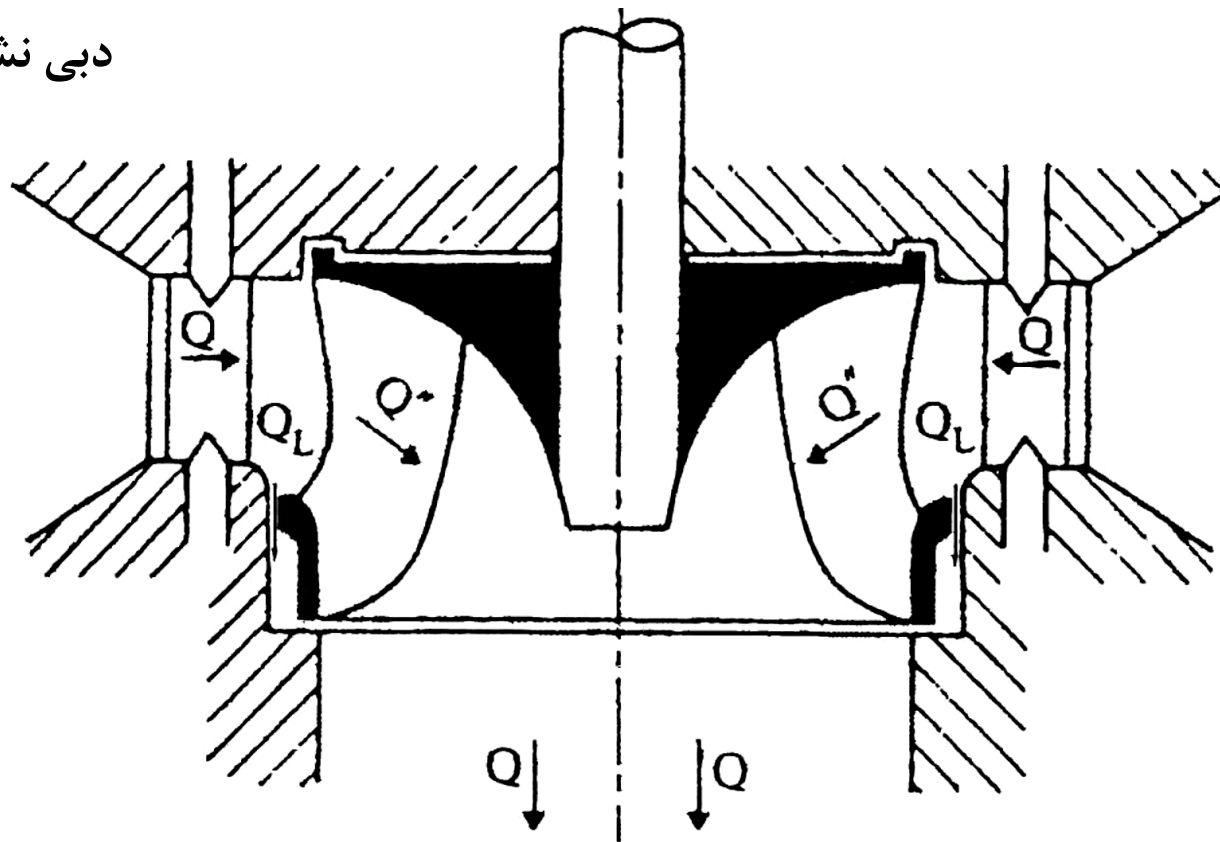


$$Q = Q'' + Q_L$$

دبی ناشی داخلی

دبی عبوری از چرخ

دبی ورودی به ماشین توان ده

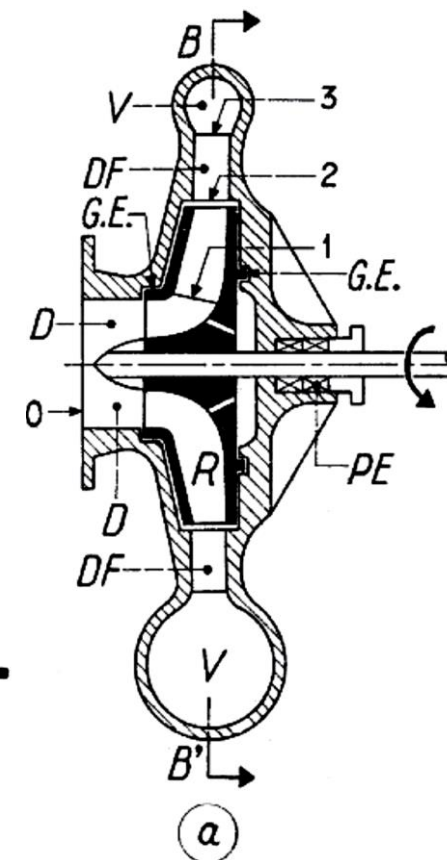
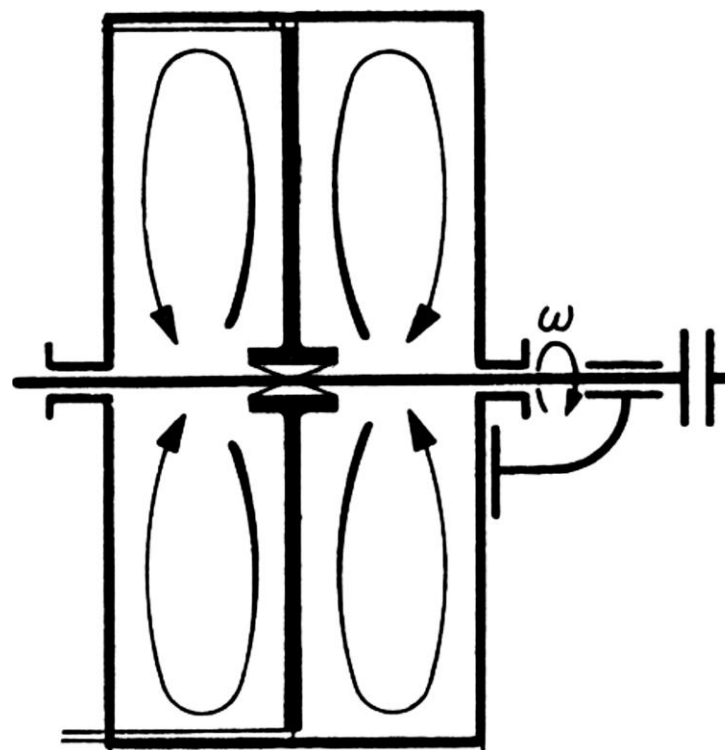
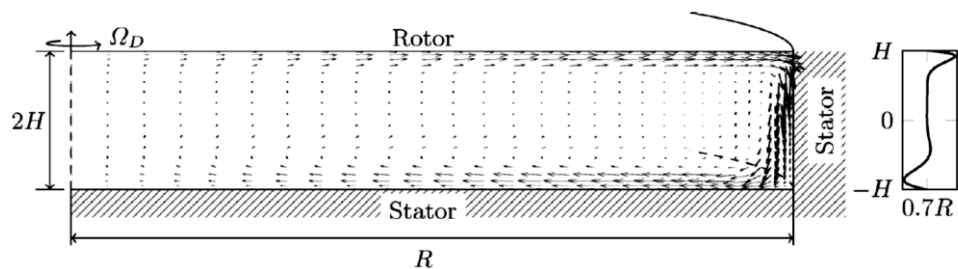


$$P' = P'' + P_D$$

تلفات دیواره‌ها

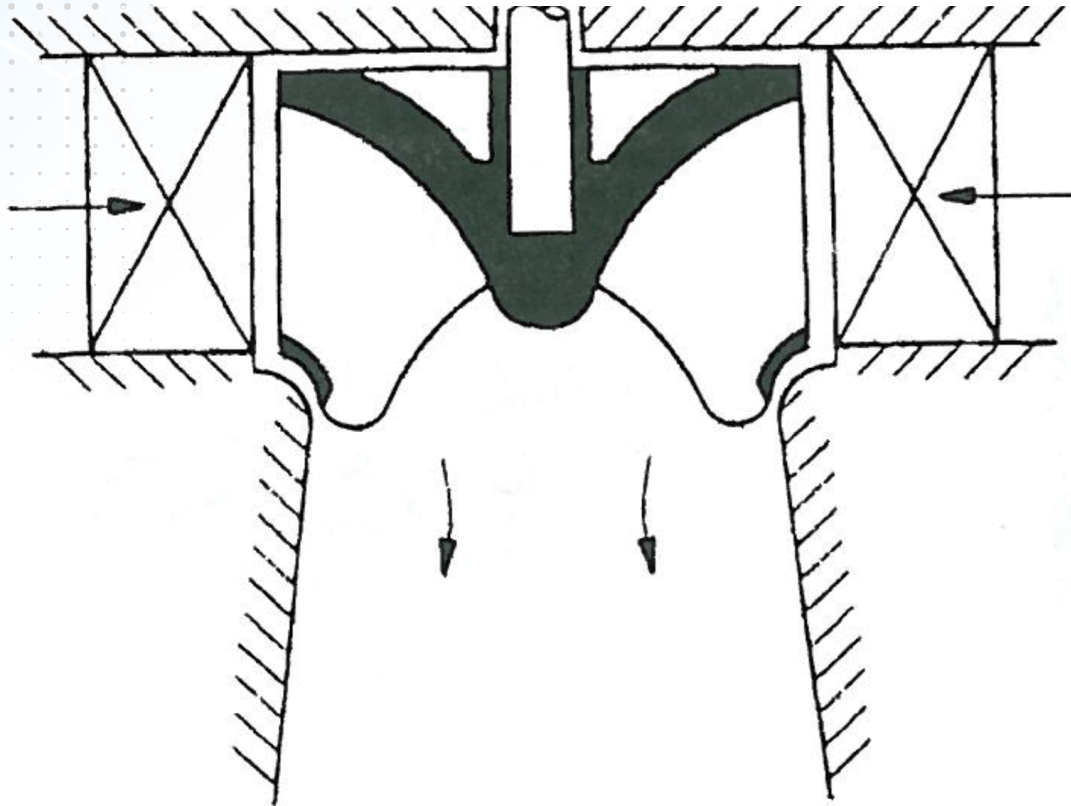
قدرت رسیده به سیال

قدرت تحویلی به ماشین توان گیر
(قدرت داخلی)





تلفات دیواره‌ها (ماشین توان ده)



$$P' = P'' - P_D$$

تلفات دیواره‌ها

قدرت سیال

قدرت دریافتی از ماشین توان ده





بازده داخلی و بازدهای جزئی توربوماشینهای توان گیر

$$\eta_i = \frac{P}{P'}$$

بازده داخلی ماشینهای توان گیر = $\frac{\text{قدرت مفیدی که سیال در عبور از ماشین کسب کرده}}{\text{قدرت روی محور}}$

$$H = \left[\frac{P_3 - P_0}{\gamma} + \frac{C_3^2 - C_0^2}{2g} + (Z_3 - Z_0) \right]$$

قدرت مفید = ارتفاع مفید $\times$ دبی وزنی خروجی ماشین

$$P = \gamma Q H$$

$$P' = P'' + P_D \quad \Rightarrow \quad \eta_i = \frac{\gamma Q H}{P'' + P_D}$$

$$P'' = \gamma Q'' H''$$

$$\eta_i = \frac{\gamma Q H}{\gamma Q'' H'' + P_D} = \underbrace{\frac{H}{H''}}_{\eta_h} \cdot \underbrace{\frac{Q}{Q''}}_{\eta_v} \cdot \underbrace{\frac{1}{1 + (P_D/P'')}}_{\eta_D}$$





بازده داخلی و بازدهای جزئی توربوماشینهای توان گیر

الف- بازده هیدرولیکی

$$\eta_h = \frac{H}{H''} = 1 - \frac{\tau_{0-3}}{H''} \quad H'' = H + \tau_{0-3}$$

ب- بازده نشتی داخلی

$$\eta_v = \frac{Q}{Q''} = 1 - \frac{Q_L}{Q''} \quad Q = Q'' - Q_L$$

ج- بازده دیواره‌ها

$$\eta_D = \frac{1}{1 + (P_D/P'')} = 1 - \frac{P_D}{P'} \quad P' = P'' + P_D$$

$$\eta_i = \eta_h \eta_v \eta_D$$





بازده داخلی و بازدهای جزئی توربوماشینهای توانده

$$\eta_i = \frac{P'}{P} = \frac{\text{قدرت روی محور}}{\text{قدرت مفیدی که سیال در عبور از ماشین از دست داده}}$$

$$P = \gamma Q H \quad \text{قدرت مفید} = \text{ارتفاع مفید} \times \text{دبی وزنی ورودی به ماشین}$$

$$P' = P'' - P_D \quad \Rightarrow \quad \eta_i = \frac{P'' - P_D}{\gamma Q H} \quad P'' = \gamma Q'' H''$$

$$\eta_i = \frac{\gamma Q'' H'' - P_D}{\gamma Q H} = \underbrace{\frac{H''}{H}}_{\eta_h} \cdot \underbrace{\frac{Q''}{Q}}_{\eta_v} \cdot \underbrace{\frac{1 - (P_D/P'')}{1}}_{\eta_D}$$





تلفات خارجی

قسمتی از سیال که از بین محور و پوسته‌ی ماشین به خارج نفوذ می‌کند.

$$\left. \begin{aligned} Q + Q_0 &= \text{دبی کل ورودی یک ماشین توان گیر} \\ Q - Q_0 &= \text{دبی کل خروجی یک ماشین توان ده} \end{aligned} \right\}$$

تلفات نشتی خارجی

تلفات خارجی

قدرت خارجی یک ماشین توان گیر:

$$P_e = \left(\frac{Q + Q_0}{Q} \right) P' + P_m$$

تلفات مکانیکی

قدرت ورودی یک ماشین توان ده

$$P_e = \left(\frac{Q - Q_0}{Q} \right) P' - P_m$$

تلفات مکانیکی شامل مجموع تلفات ناشی از اصطکاک مکانیکی در یاتاقان‌ها، کاسه نمدها، واشرهای آب‌بندی بین پوسته و محور و ...





بازده کل و بازدهای جزئی خارجی

۱- ماشین‌های توان‌گیر

$$\eta = \frac{P}{P_e}$$

$$\frac{\text{قدرت مفید}}{\text{قدرت خارجی}} = \text{بازده کل}$$

$$P_e = \left(\frac{Q + Q_0}{Q} \right) P' + P_m, \quad P = \gamma Q H$$

$$\eta = \frac{\gamma Q H}{\left(\frac{Q + Q_0}{Q} P' + P_m \right)} = \frac{P}{P'} \cdot \frac{Q}{Q + Q_0} \cdot \frac{1}{\left(1 + \frac{Q}{Q + Q_0} \cdot \frac{P_m}{P'} \right)}$$

$\eta = \eta_i \eta_{Q_0} \eta_m$

بازده داخلی η_i تلفات ناشی خارجی η_{Q_0} تلفات مکانیکی η_m





بازده کل و بازدهای جزئی خارجی

۲- ماشین‌های توان‌ده

$$\eta = \frac{P_e}{P} = \frac{\text{قدرت مفید تولیدی ماشین}}{\text{قدرتی که سیال از دست داده است}}$$

$$P_e = \left(\frac{Q - Q_0}{Q} \right) P' - P_m, \quad P = \gamma Q H$$

$$\eta = \frac{\left(\frac{Q - Q_0}{Q} P' - P_m \right)}{\gamma Q H} = \frac{P'}{P} \cdot \frac{Q - Q_0}{Q} \cdot \underbrace{\left(1 - \frac{Q}{Q - Q_0} \cdot \frac{P_m}{P'} \right)}_{\text{تلفات مکانیکی}}$$

$$\eta = \eta_i \eta_{Q_0} \eta_m$$

η_i ← بازده داخلی
 η_{Q_0} ← تلفات ناشی خارجی
 η_m ← تلفات مکانیکی

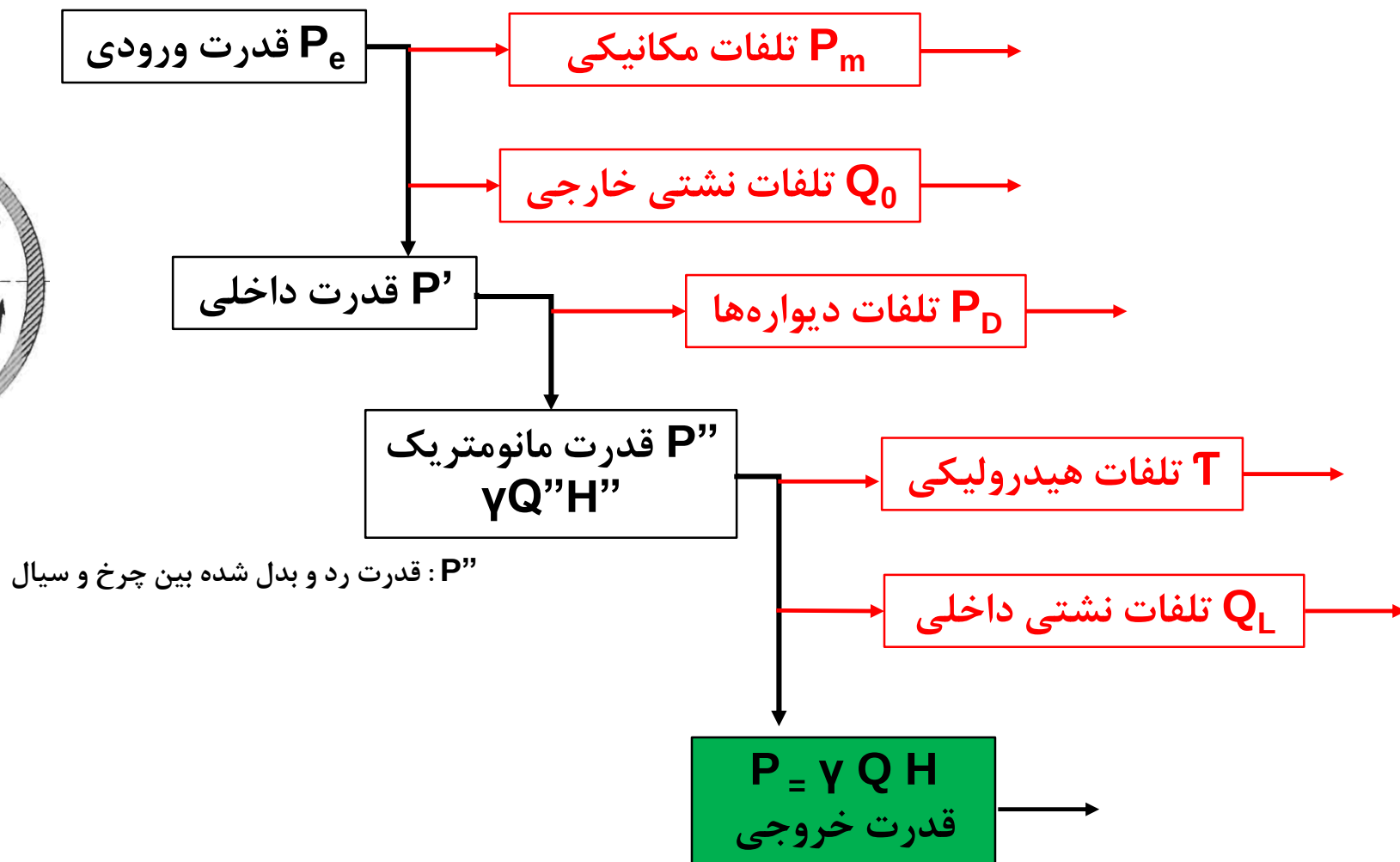
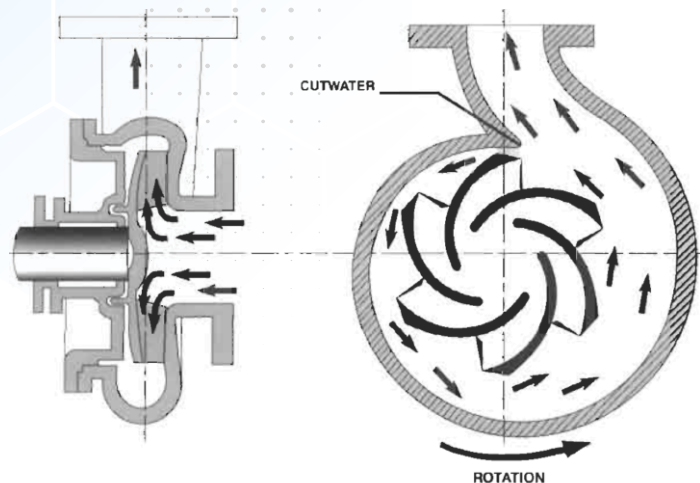
$$\eta_m = \left(1 - \frac{P_m}{P'} \right) \cdot \frac{Q}{Q - Q_0}$$





بیان انرژی

۱- ماشین‌های توان‌گیر





بیان انرژی

