

توربو ماشین ها

محمدصادق کریمی

دکتری تخصصی مهندسی مکانیک





معرفی درس، مقدمه‌ای بر توربوماشین‌ها و تجهیزات سیالی

۱-۱

مروری بر انواع پمپ‌های جابجایی مثبت

۲-۱

دسته‌بندی توربوماشین‌ها، مثال‌هایی از انواع مختلف آن

۳-۱





توربوماشین: توربو(چرخنده) + ماشین

تعریف: یک تجهیز مکانیکی که در اثر عکس العمل‌های دینامیکی بین قطعه دوار و سیال، انرژی را از سیال استخراج یا به آن اضافه می‌کند.

مثال: انواع پمپ، کمپرسور، توربین (توربین بخار/گاز، آب، باد و غیره) و موتور جت

سوال: آیا قلب یک توربوماشین است؟





ماشین های سیالی (Fluid machinery): هر تجهیز که به منظور به کارگیری، کنترل یا اصلاح/ویرایش جریان سیال استفاده شود.

□ کنترل و تغییر جریان سیال عمدتاً همراه با تغییر ممنتوم سیال و تغییر انرژی آن است. از این رو به ماشین های سیالی، ماشین های تبدیل انرژی سیال نیز گفته می شود.

ماشین های توان ده (Power Producing): انرژی از سیال به ماشین منتقل شده و برای ما کار انجام می دهد. مانند توربین، آسیاب و موتور ماشین

ماشین های توان گیر (Power absorbing): انرژی از ماشین به سیال منتقل شده و کار مصرف می گردد. مانند پمپ، فن و کمپرسور

انواع ماشین های سیالی
(جهت تبادل انرژی)





ماشین های سیالی ممکن است قطعه محرک داشته و یا فاقد هرگونه قطعه متحرک باشند

تجهیزات محرک

انواع ماشین های سیالی
(ساختمان)

تجهیزات ثابت





ماشین های سیالی دارای قطعه متحرک (محرک): در این ماشین ها تغییرات و تبادل انرژی بین سیال و ماشین می تواند به دو صورت عمده و با دو اساس مختلف صورت پذیرد

توربو ماشین ها (Turbomachines): عمده تبادل انرژی به صورت تغییرات انرژی جنبشی و فشار دینامیکی بوده که در اثر یک قطعه دوار (چرخ) اتفاق می افتد.

انواع ماشین های سیالی
(نوع تبادل انرژی)

تجهیزات جابه جایی مثبت (Positive displacement): عمده تبادل انرژی به صورت تغییرات فشار استاتیکی بوده که معمولا محفظه ای وجود داشته که با محبوس شدن و تخلیه آن سیال جریان می یابد.

□ در تجهیزات جابه جایی مثبت دبی پایین بوده و در عوض فشار زیادی ایجاد می شود.





مقدمه

ماشین های جابجایی مثبت

توان گیر

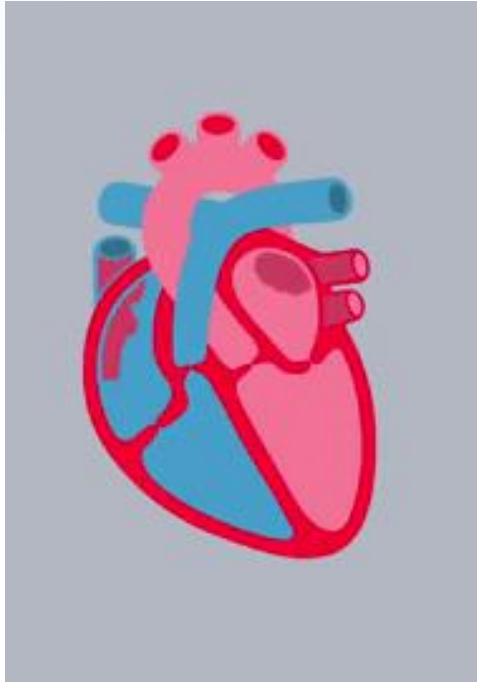
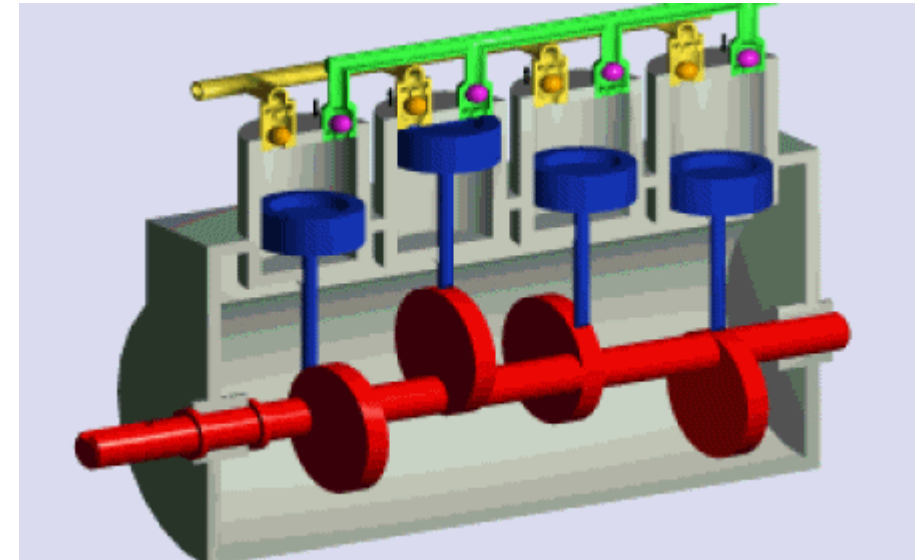
تراکم ناپذیر

تراکم پذیر

توان ده

تراکم ناپذیر

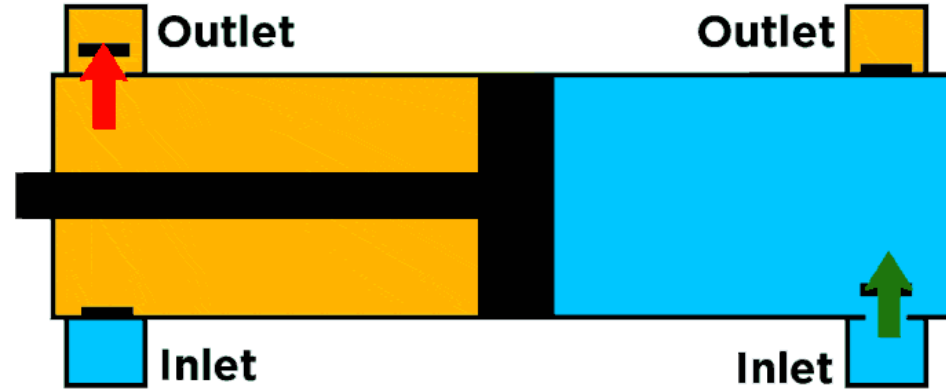
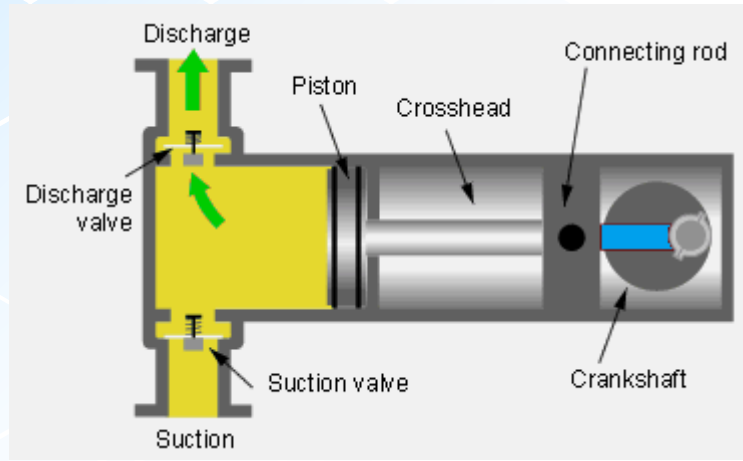
تراکم پذیر



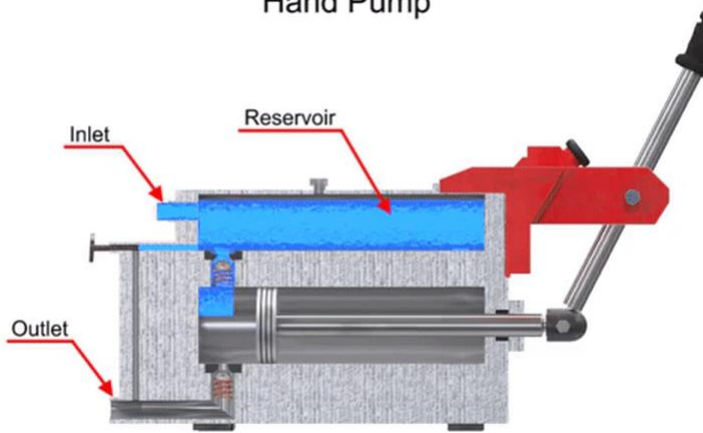


مقدمه

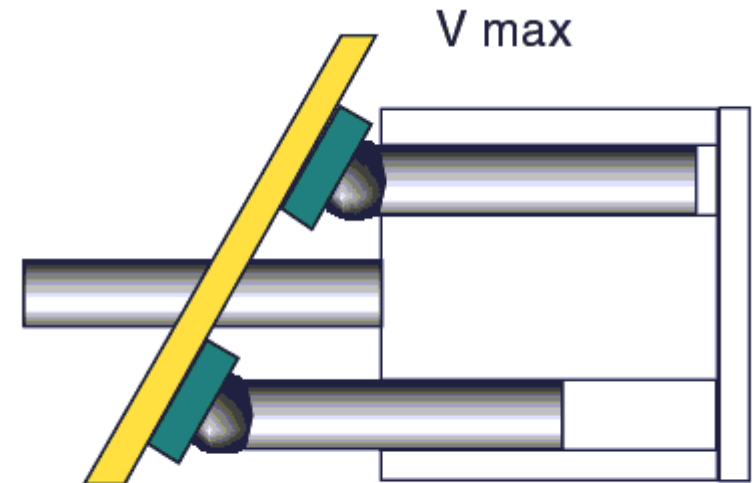
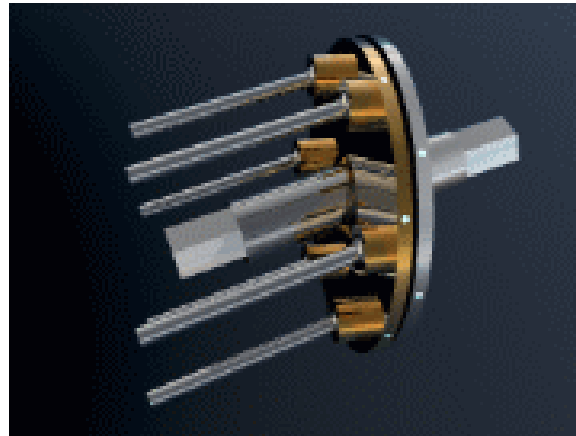
پمپ های پیستونی



Hand Pump



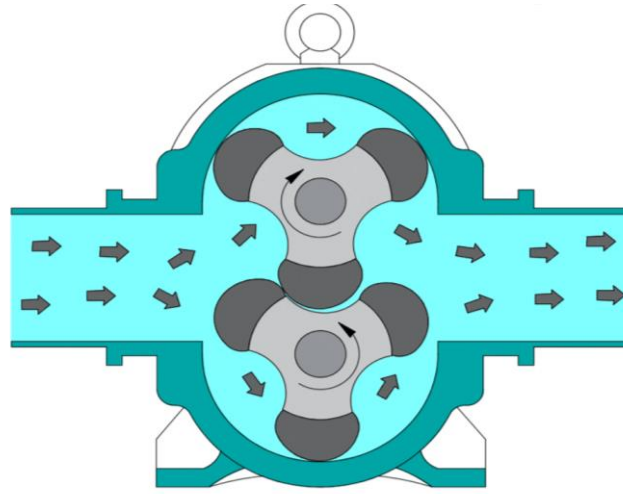
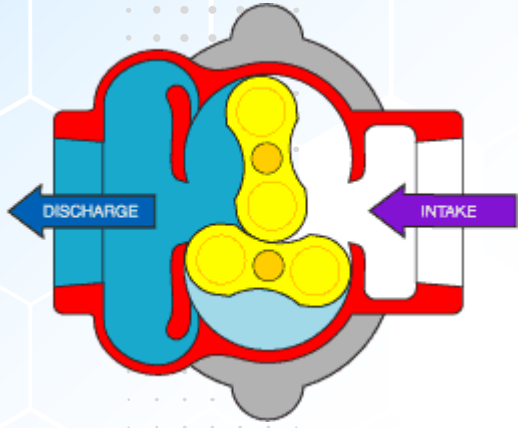
MakeAGIF.com



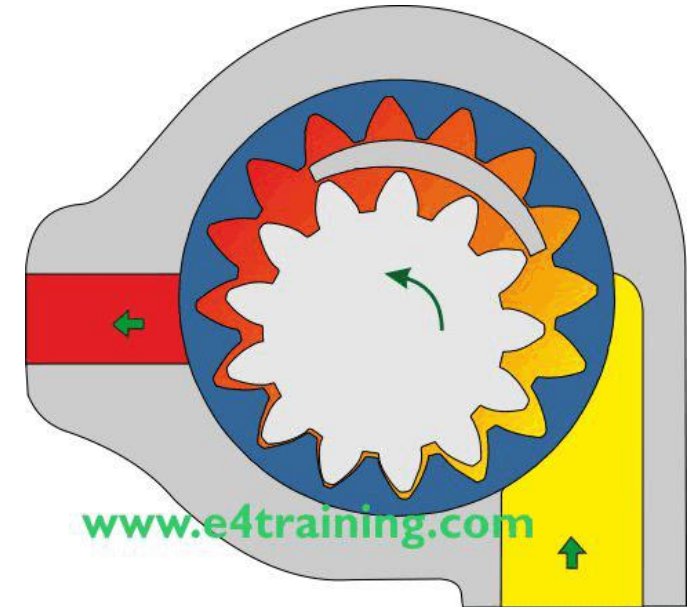
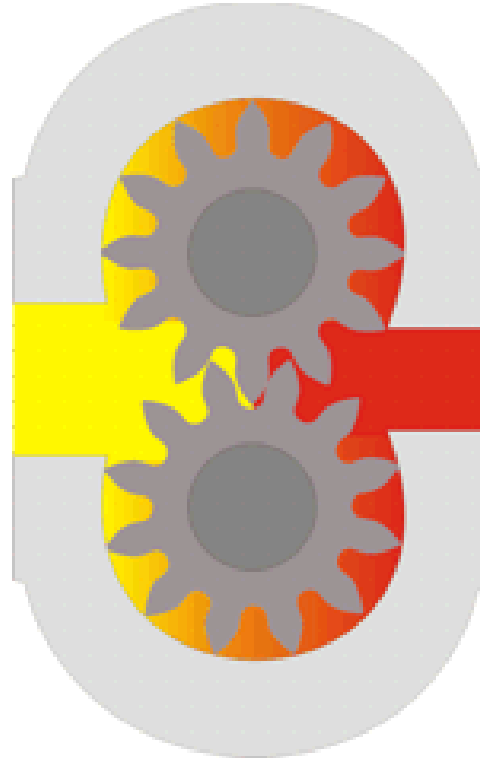
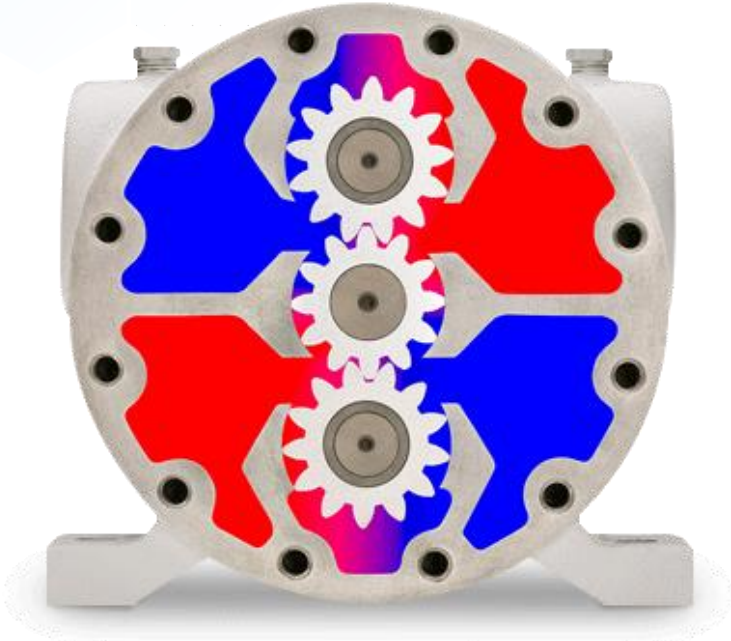


مقدمه

پمپ‌های دنده‌ای



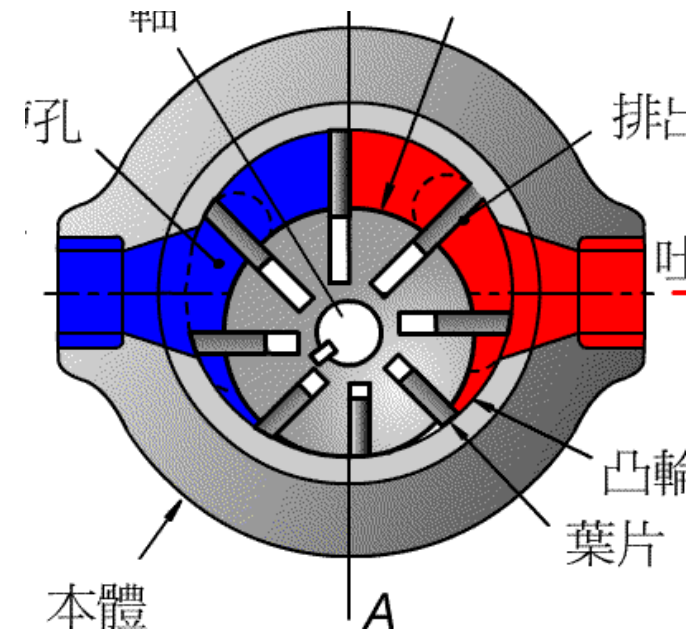
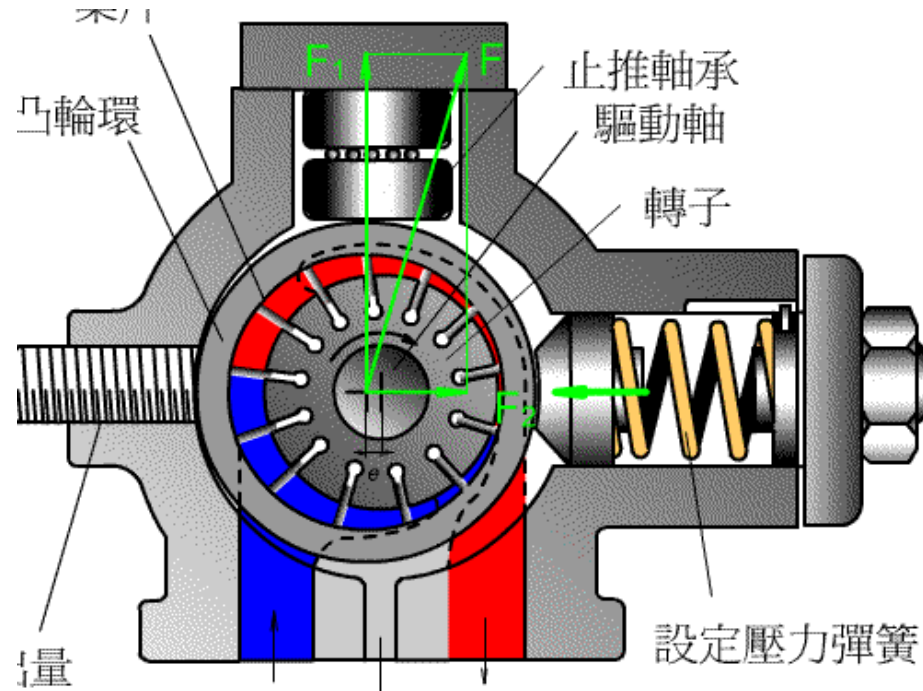
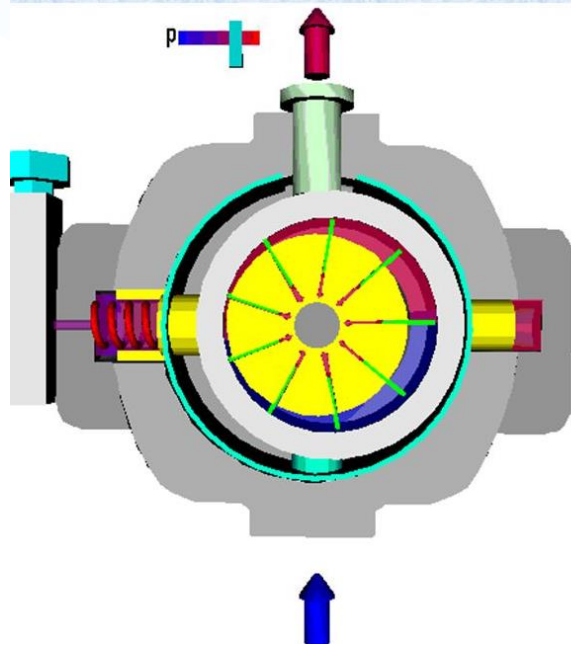
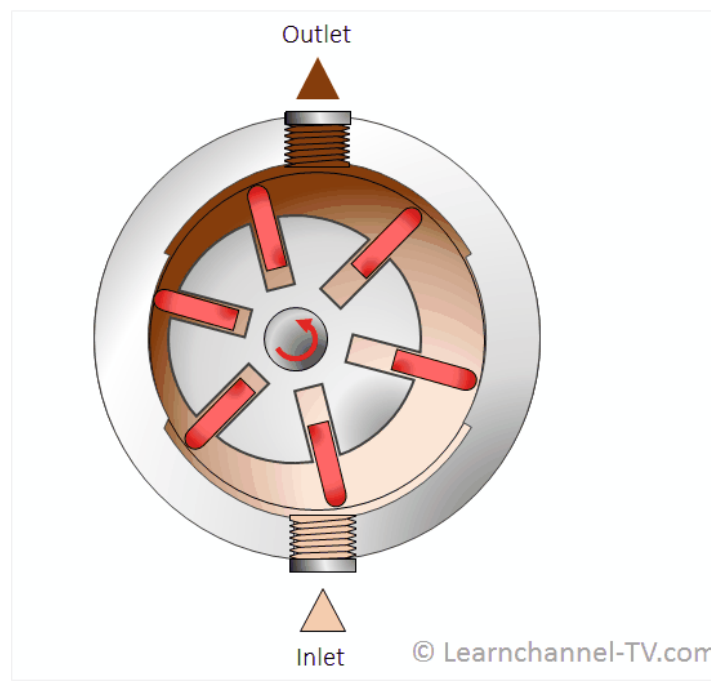
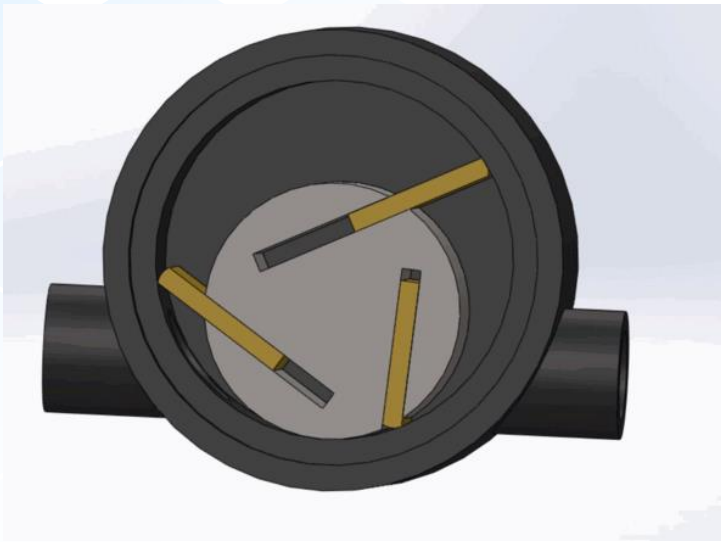
IC





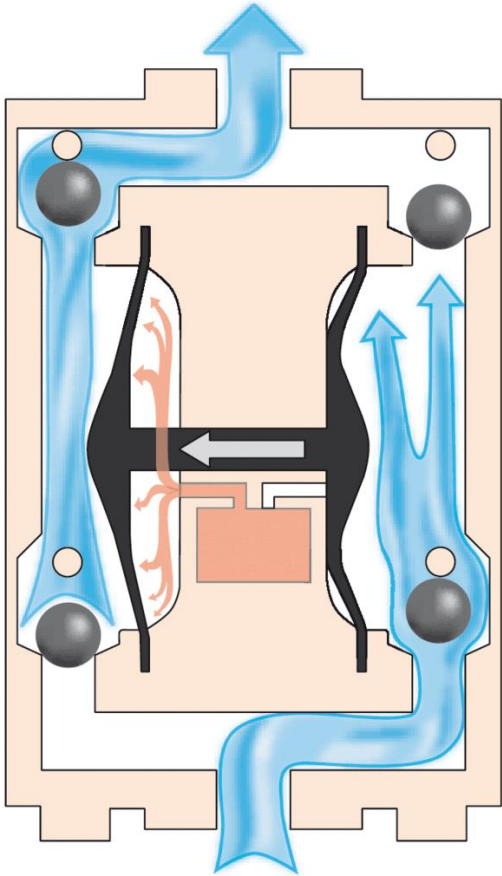
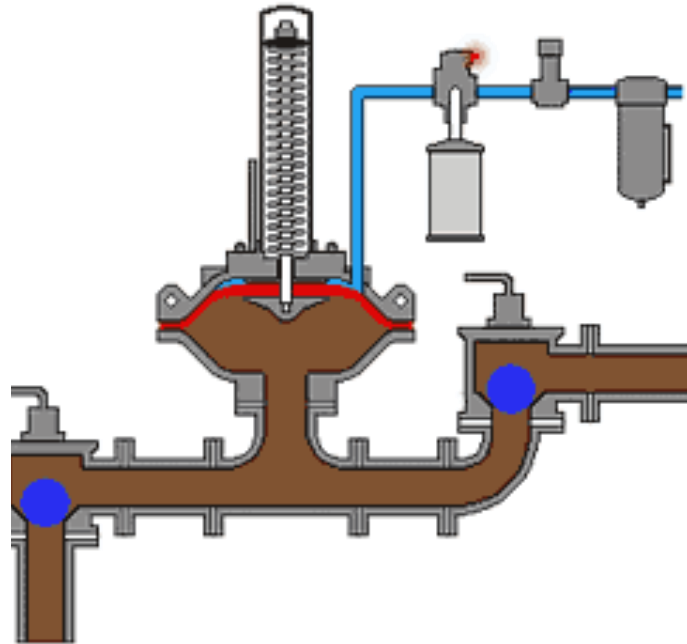
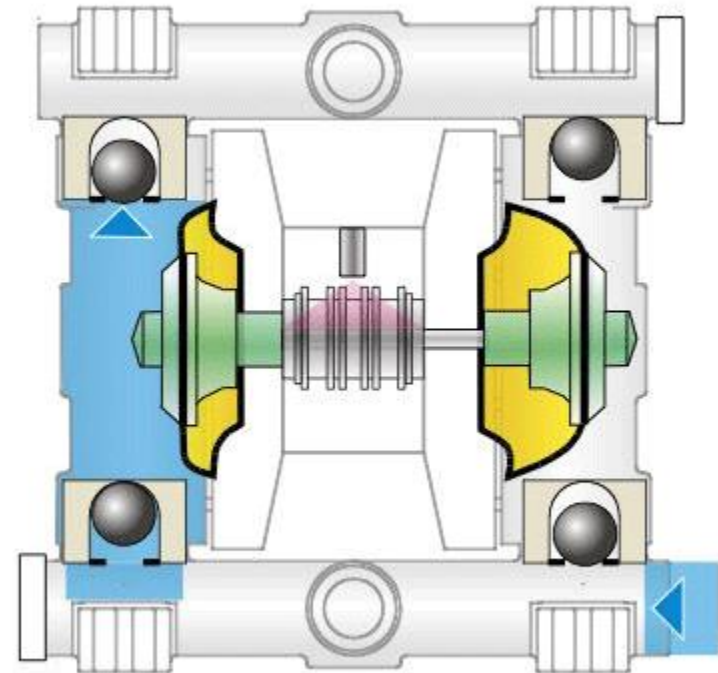
مقدمه

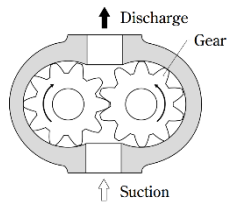
پمپ های پره ای



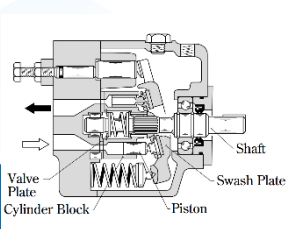


پمپ های دیافراگمی

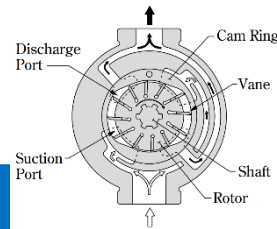




دنده‌ای



پیستونی



تیغه‌ای دورانی

نوع	تیغه‌ای دورانی	پیستونی	دنده‌ای
نوع عملکرد	انبساط و فشرده سازی سیال بین تیغه‌ها کلقه بادامک.	انبساط و فشرده سازی حجم سیال داخل بلوک سیلندر به وسیله پیستون.	حرکت حجم سیال بین دنده و کیس پمپ.
راندمان	بطوری کلی راندمان پایینی دارند. این در حالیه که راندمان می تواند در صورت فرسوده شدن تیغه جبران شود.	به طور کلی از بقیه راندمان بالاتری دارد. صفحه plate داخل پمپ بسیار حساس است بطوری که در صورت فرسودگی راندمان کاهش پیدا می کند.	بطوری کلی راندمان پایینی دارند و در صورت فرسوده شدن دنده‌ها، راندمان کاهش می یابد.
مقاومت در برابر آلودگی	بطور کلی به آلاینده‌های درون روغن حساس هستند ولی نه به اندازه پمپ پیستونی.	بسیار حساس به آلاینده‌های درون روغن.	حساس به آلاینده‌های درون روغن ولی این حساسیت در فشارهای پایین کمتر می شود.
قدرت ساکشن	معمولی.	کم.	زیاد.
توانایی جابجایی متغیر	می توان از آن با تغییر مرکزیت (Eccentricity) بادامک به عنوان جابجایی متغیر استفاده کرد.	به راحتی می توان با تغییر زاویه سواچ یا محور بنت خود پمپ از آن به عنوان جابجایی منغیر استفاده کرد.	به سختی می توان از آن به عنوان جابجایی متغیر استفاده کرد؛ در حالی که امکان پذیر هست و مواردی در بازار نیز موجود می باشد.
اندازه و قیمت	کوچکترین بین هر سه نوع و به نسبت ارزان تر هستند.	بطور کلی از لحاظ ابعادی بزرگ، سنگین و گران قیمت هستند.	کوچک، سبک و ارزان قیمت هستند.



❖ قسمت اصلی توربو ماشین ها: چرخ

✓ چرخ یا چرخ ها روی محوری محکم شده و با آن دوران می کنند و دارای تعدادی پره هستند

✓ سیال به هنگام عبور از بین پره ها با چرخ تبادل انرژی می کند

❖ مزایای اصلی توربو ماشین ها

✓ انتقال قدرت بالا در حجم و وزن کم در مقایسه با سایر ماشین ها

✓ داشتن بازده بالا

✓ عدم نیاز به تبدیل حرکت رفت و برگشتی به حرکت دورانی

✓ قیمت ارزان ماشین نسبت به قدرت مفید تولیدی

✓ دائمی بودن تبادل انرژی بین ماشین و سیال



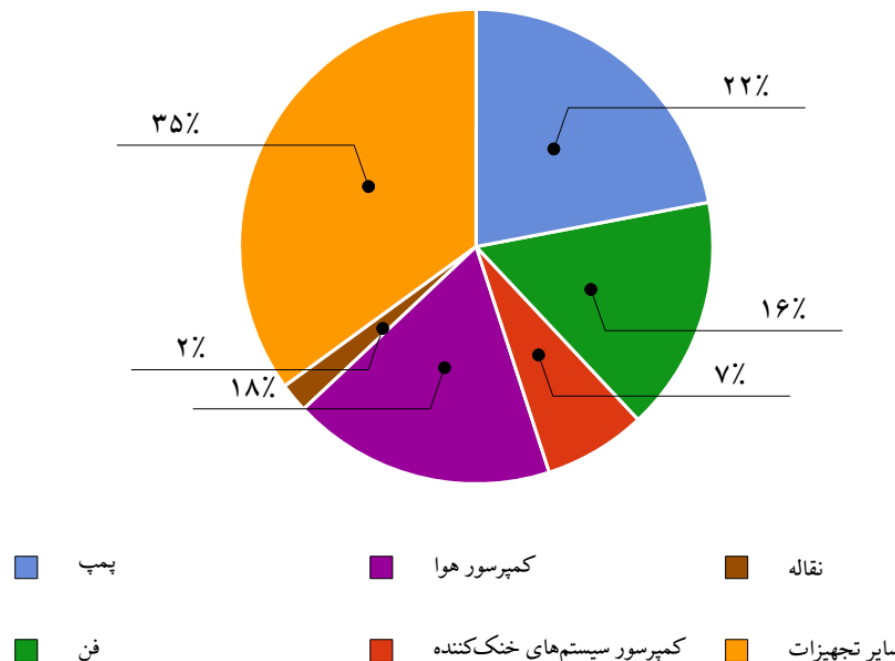
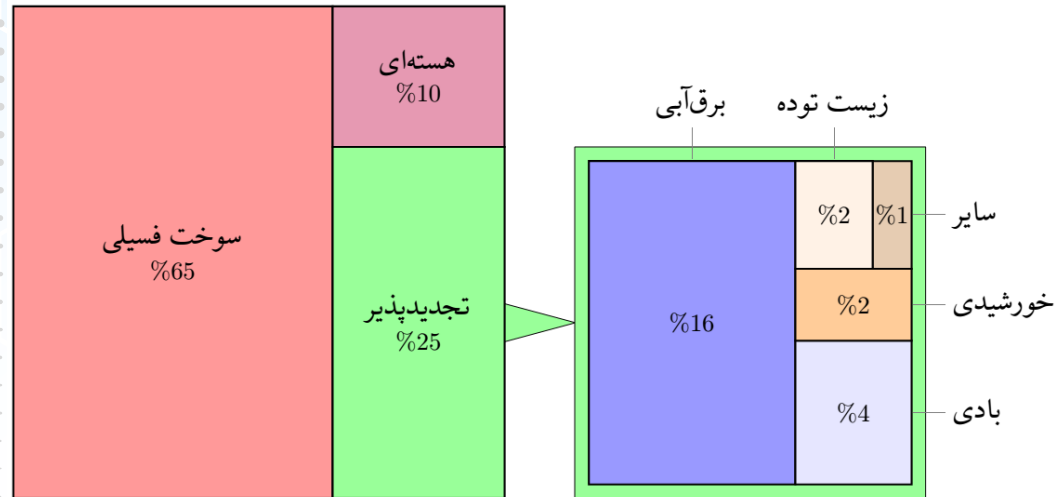


❖ کاربردها:

- ✓ صنایع تولید برق
- ✓ صنایع هوایی
- ✓ شبکه‌های آبرسانی
- ✓ صنایع نفت و پتروشیمی
- ✓

❖ چهار نوع تقسیم بندی متداول:

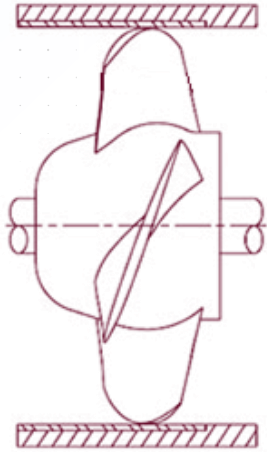
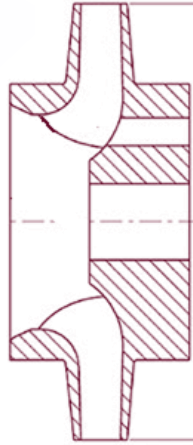
- ✓ مسیر حرکت سیال در چرخ
- ✓ تراکم‌پذیری سیال
- ✓ طرز تغذیه چرخ
- ✓ جهت تبادل انرژی



❖ الف. مسیر حرکت سیال

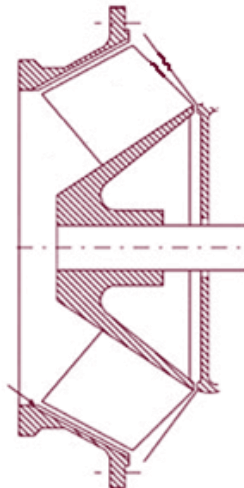
✓ توربوماشین‌های سانتریفوژ یا با جریان شعاعی

- امتداد ورود و خروج سیال در چرخ بر هم عمود است.
- کاربرد: ایجاد فشارهای زیاد در دبی‌های کم



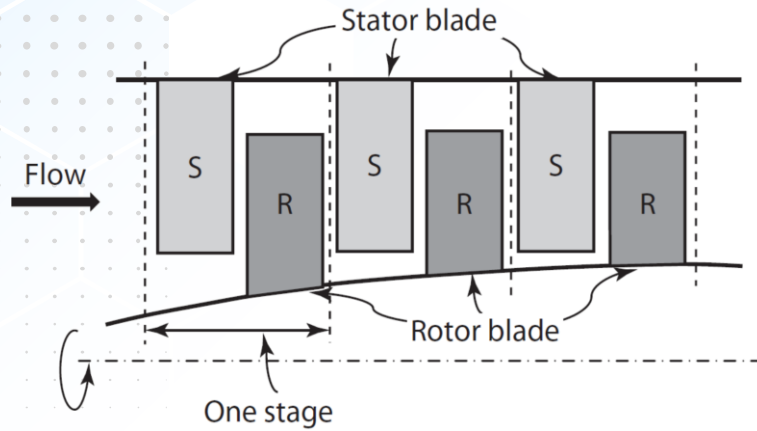
✓ توربوماشین‌های محوری

- سیال موازی با محور چرخ وارد و از آن خارج می‌گردد.
- کاربرد: ایجاد دبی‌های زیاد در فشارهای کم



✓ توربوماشین‌های نیمه سانتریفوژ یا با جریان مختلط

- امتداد ورود و خروج سیال در چرخ نسبت به یکدیگر مایل است.
- کاربرد: ایجاد فشار و دبی متوسط



❖ ب. تراکم‌پذیری سیال (یا جریان سیال)

✓ توربوماشین‌های با سیال قابل تراکم

- امکان مطالعه‌ی توربوماشین به کمک مبانی ترمودینامیک و انتقال حرارت
- نام دیگر: توربوماشین‌های گازی یا توربوماشین‌های حرارتی



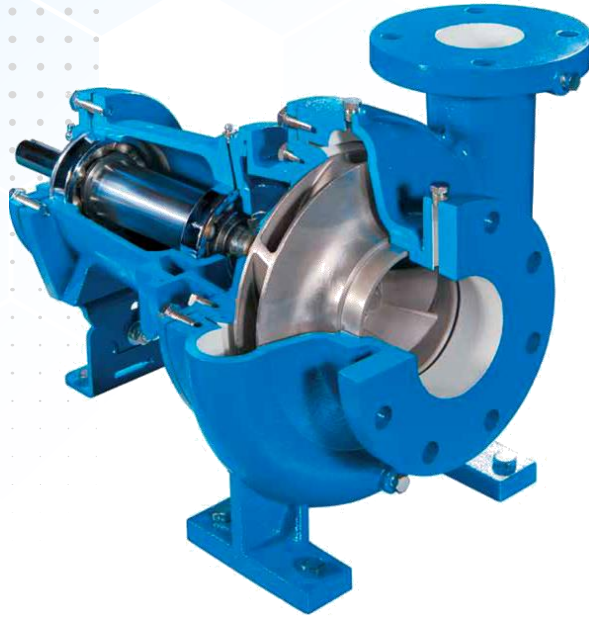
✓ توربوماشین‌های با سیال غیر قابل تراکم

- امکان بررسی پدیده‌های مختلف به کمک قوانین اصلی مکانیک سیالات
- نام دیگر: توربوماشین‌های آبی
- فن‌ها با فشار کم یا توربین‌های بادی نیز در این دسته قرار دارند.



❖ ج. طرز تغذیه چرخ:

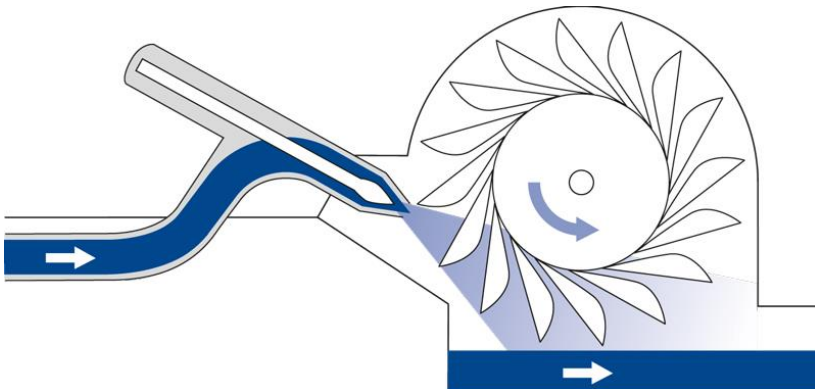
✓ تغذیه‌ی کامل



- سیال از تمامی سطح چرخ وارد آن می‌شود
- نام دیگر: ماشین عکس‌العملی
- فشار استاتیک سیال از ورود تا خروج تغییر می‌کند

✓ تغذیه‌ی جزئی

- سیال فقط از یک یا چند قسمت از سطح ورودی داخل چرخ می‌شود
- نام دیگر: توربین‌های ضربه‌ای (مثل توبین پلتون)
- فشار استاتیک سیال در عبور از چرخ ثابت است





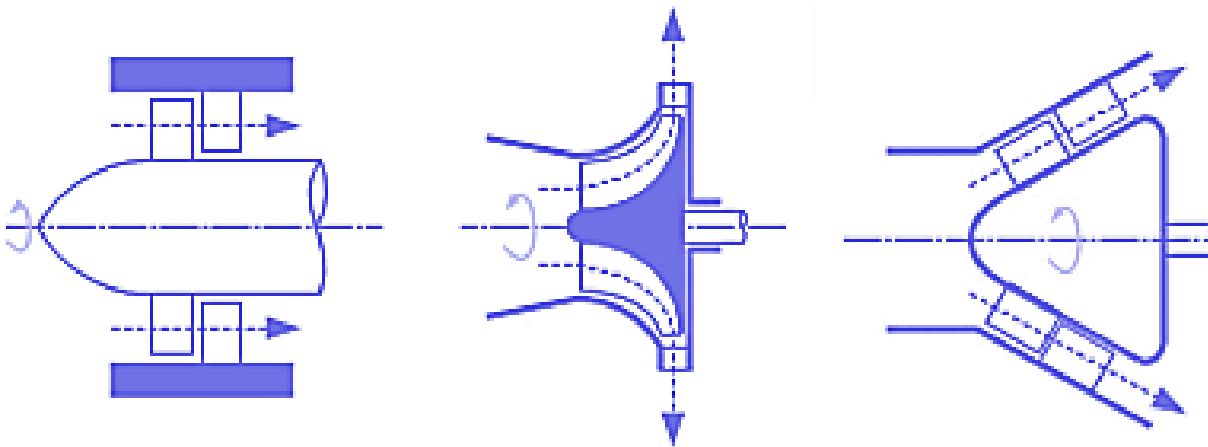
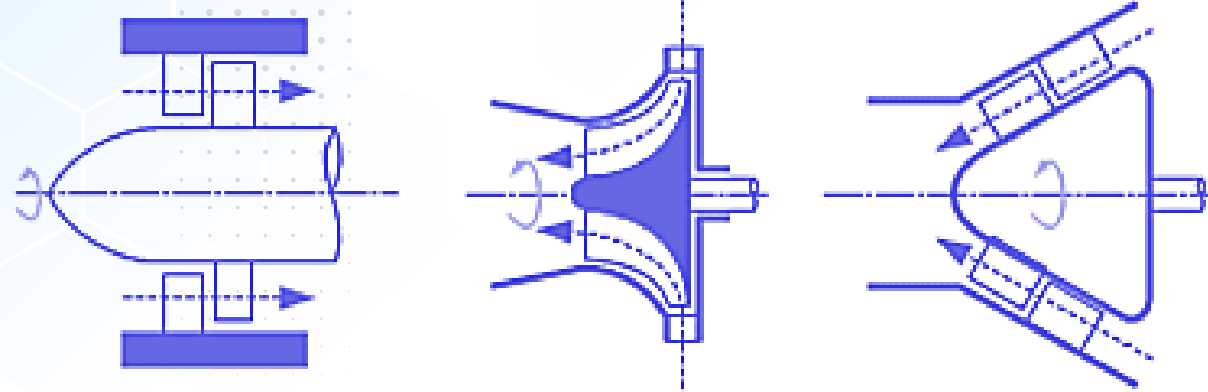
❖ د. جهت تبادل انرژی:

✓ ماشین‌های توان‌ده

- انرژی‌های پتانسیل و جنبشی سیال به چرخ منتقل می‌گردد و توان مکانیکی تولید شده و چرخ دوران می‌کند
- انواع توربین‌ها

✓ ماشین‌های توان‌گیر

- انرژی مکانیکی روی محور از طریق چرخ به سیال منتقل گردیده و منجر به افزایش فشار و سرعت آن می‌شود.
- سایر توربوماشین‌ها (غیر از توربین‌ها) همانند توربوپمپ‌ها، توربوکمپرسورها، پروانه‌ی کشتی، ملخ هواپیما و بالگرد





□ بر حسب اینکه یک توربوماشین از یک یا چند چرخ تشکیل شود آن را یک طبقه یا چند طبقه می‌نامند.

❖ اجزای یک توربوماشین یک طبقه:

✓ هدایت کننده

- وظیفه‌ی تامین بردار سرعت مناسب در ورود به چرخ به منظور توزیع یکنواخت سیال در ورود به آن و افزایش کارایی چرخ

✓ چرخ

- قسمت اصلی و گردنده‌ی توربوماشین (در توبین آبی چرخ، توربوپمپ‌ها چرخ یا پروانه، کمپرسور و توربین گازی روتور یا چرخ نام دارد)

✓ دیفیوزر یا نازل

- تغییر دهنده‌ی برخی مشخصات مورد نیاز سیال همچون تبدیل انرژی جنبشی به فشار (نازل) و یا برعکس

✓ جمع کننده

- جمع کننده‌ی سیال خروجی از چرخ و هدایت کننده‌ی آن به خروجی ماشین





❖ پمپ سانتریفوژ

✓ هدایت کننده

○ لوله‌ی ساده‌ای که آب را از دهانه‌ی پمپ تا چشم چرخ هدایت می‌کند

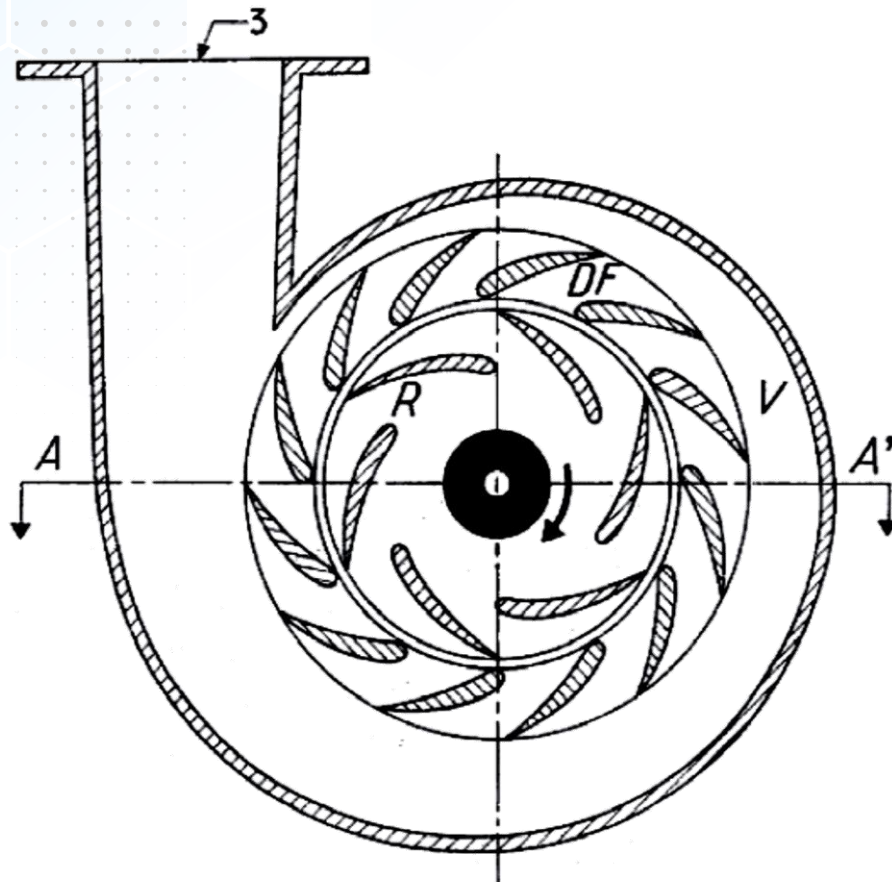
✓ چرخ

✓ دیفیوزر

○ یک فضای حلقوی متشکل از دو دیواره‌ی موازی در خروجی چرخ که بخش عمده‌ی انرژی جنبشی آب خروجی از چرخ را به انرژی فشاری تبدیل کرده و با این کار بازده را افزایش می‌دهد (افت فشار متناسب با مجذور سرعت است)

✓ جمع کننده یا حلزونی

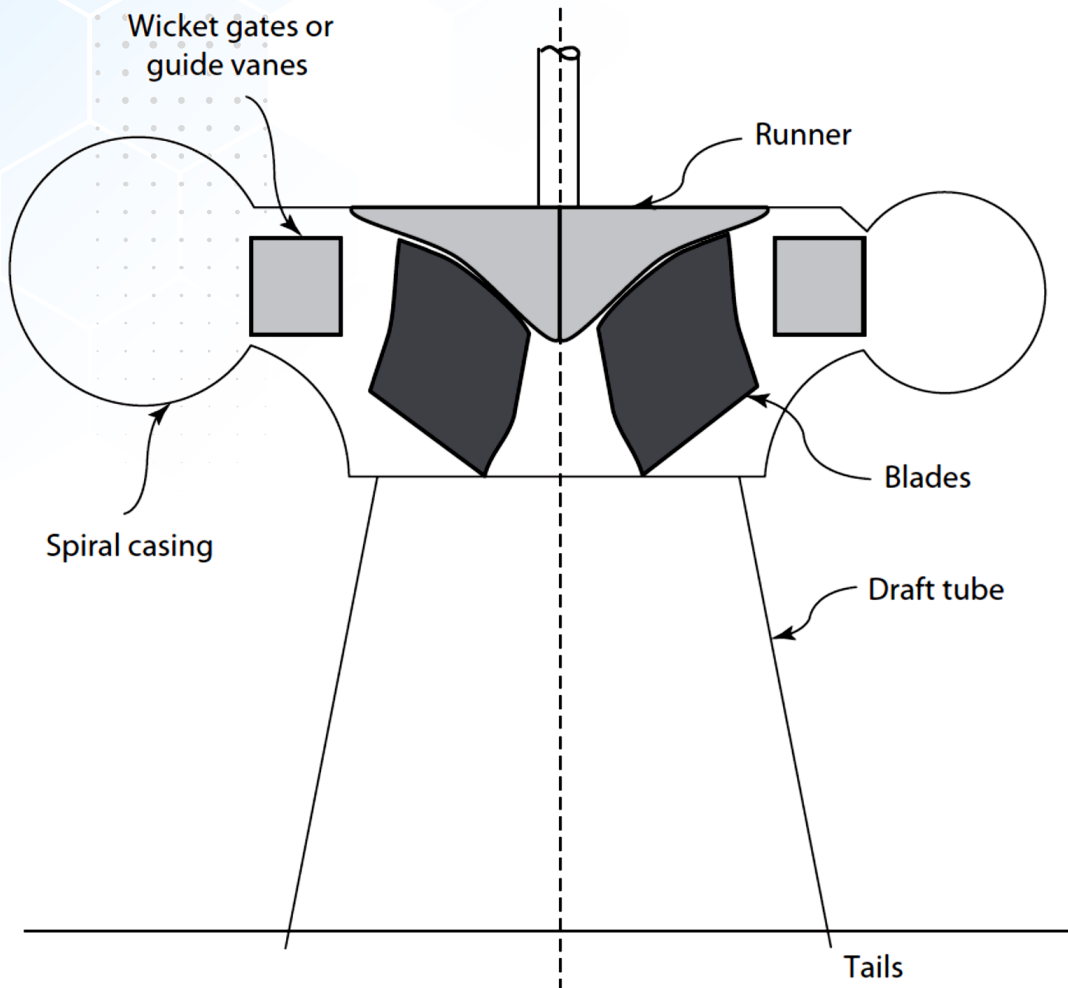
○ محفظه‌ای با مقطع مارپیچ که سیال را به طور متقارن از پیرامون دیفیوزر جمع وآوری کرده و به دهانه‌ی خروجی پمپ هدایت می‌کند.





❖ توربین فرانسیس

✓ هدایت کننده



○ حلزونی: توزیع یکنواخت دبی پیرامون چرخ هادی

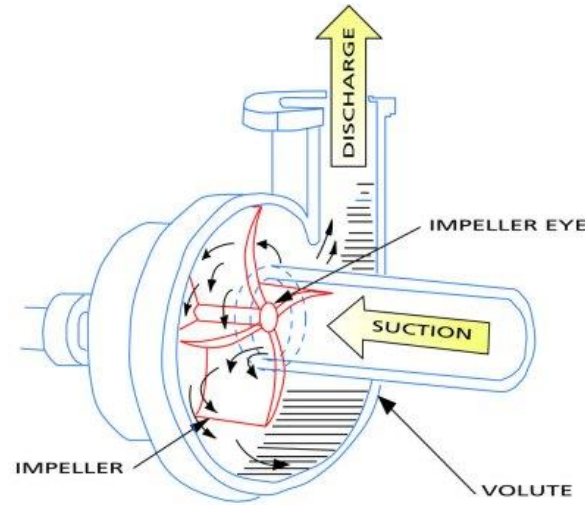
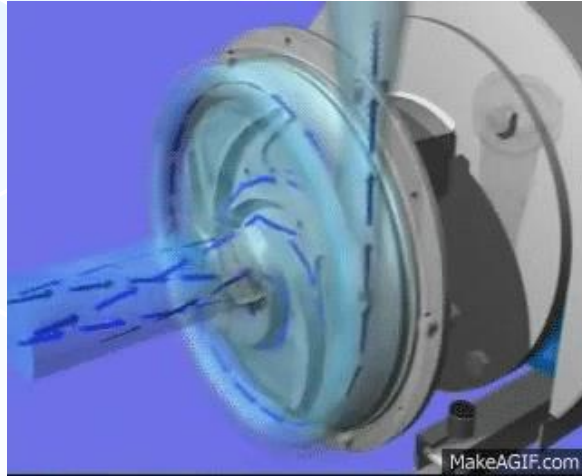
○ دو چرخ هادی متشکل از پره‌های ثابت و قابل تنظیم: به منظور تنظیم دبی متناسب با شرایط کاری و تنظیم امتداد مناسب جریان ورودی برای برخورد صحیح آن با پره‌های چرخ به ازای دبی‌های مختلف (سیال در بین پره‌های چرخ هادی می‌تواند شتاب بگیرد و چرخ هادی نقش نازل را نیز ایفا می‌کند).

✓ چرخ

✓ لوله‌ی تخلیه یا دیفیوزر

○ به منظور حداکثر بهره‌گیری از انرژی آب خروجی از چرخ





❖ توربو پمپ سانتریفوژ

✓ از دیدگاه مسیر حرکت سیال

○ سانتریفوژ

✓ از دیدگاه تراکم پذیری سیال

○ تراکم ناپذیر

✓ از دیدگاه تغذیه ی چرخ

○ تغذیه ی کامل (عکس العملی)

✓ از دیدگاه جهت تبادل انرژی

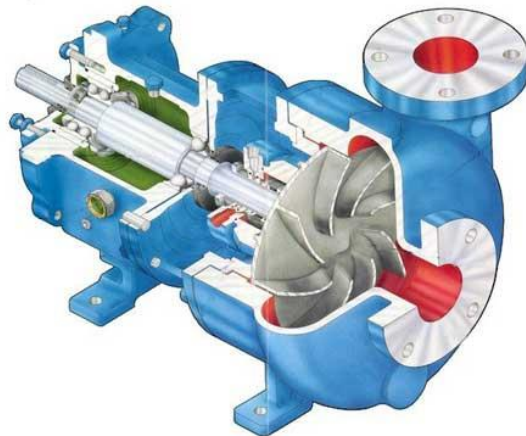
○ توان گیر

✓ ساختمان داخلی

○ یک طبقه شامل سه قسمت: هدایت کننده، چرخ و جمع کننده

✓ کاربرد

○ انتقال مایعات با فشارهای زیاد





مقدمه

❖ توربوونتلاتور (یا پمپ) محوری

✓ از دیدگاه مسیر حرکت سیال

○ محوری

✓ از دیدگاه تراکم پذیری سیال

○ تراکم ناپذیر

✓ از دیدگاه تغذیه ی چرخ

○ تغذیه ی کامل (عکس العملی)

✓ از دیدگاه جهت تبادل انرژی

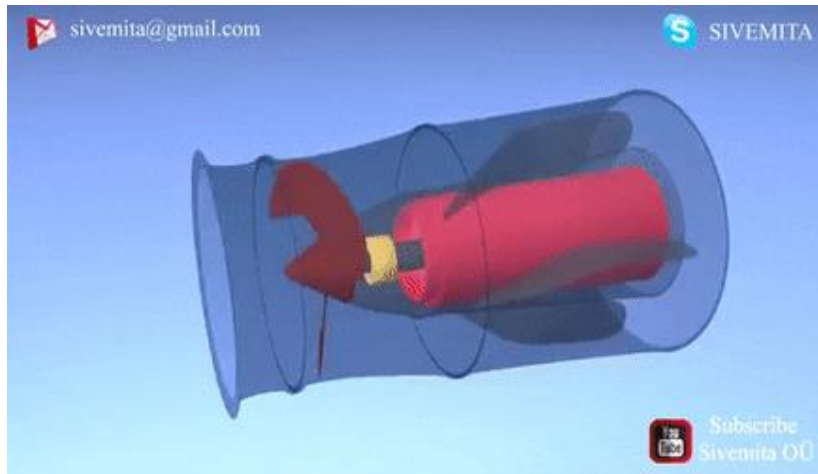
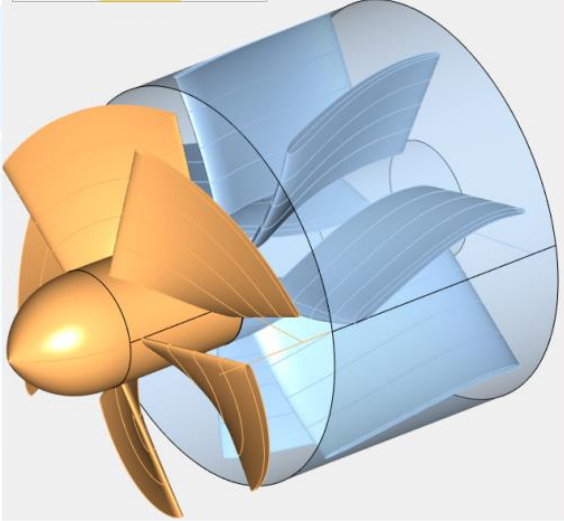
○ توان گیر

✓ ساختمان داخلی

○ یک طبقه شامل سه قسمت: هدایت کننده، چرخ و دیفیوزر

✓ کاربرد

○ انتقال هوا و گاز (یا آب) با دبی زیاد





مقدمه

❖ توربو کمپرسور سانتریفوژ

✓ از دیدگاه مسیر حرکت سیال

○ سانتریفوژ

✓ از دیدگاه تراکم پذیری سیال

○ تراکم پذیر

✓ از دیدگاه تغذیه ی چرخ

○ تغذیه ی کامل (عکس العملی)

✓ از دیدگاه جهت تبادل انرژی

○ توان گیر

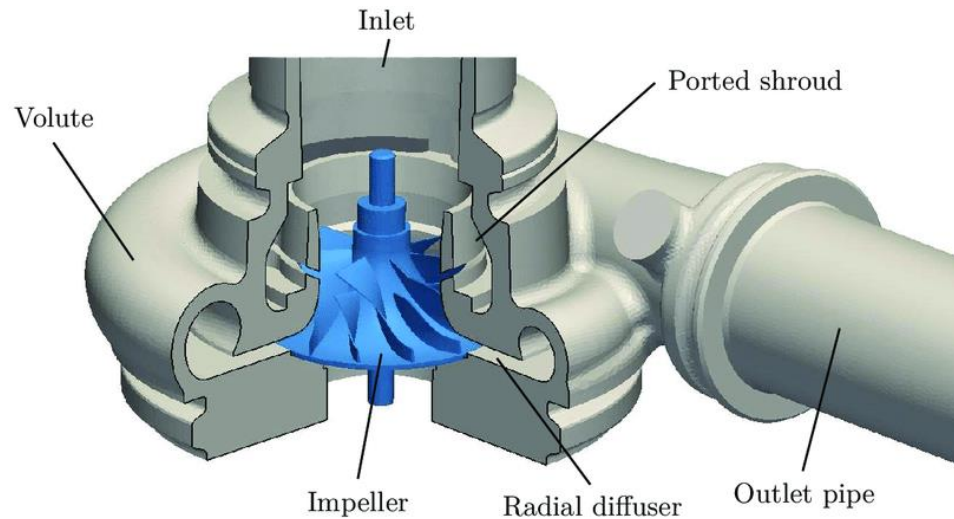
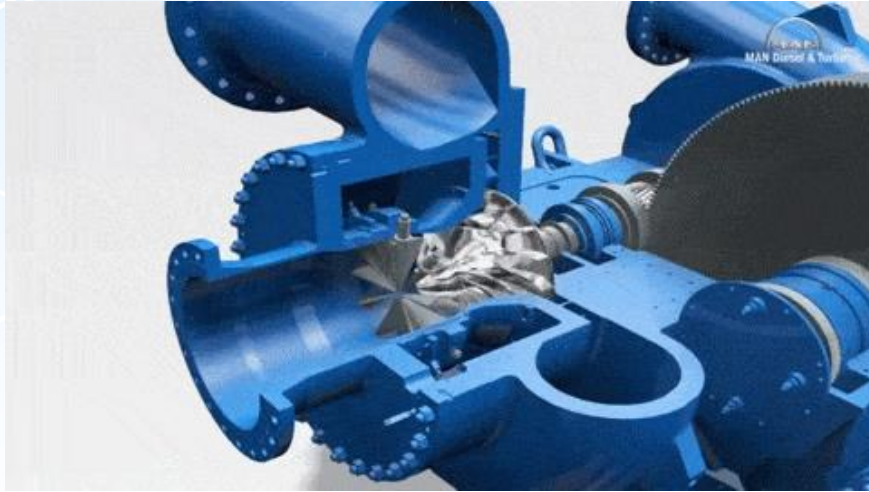
✓ ساختمان داخلی

○ یک طبقه شامل چهار قسمت: هدایت کننده،

چرخ، دیفیوزر و جمع کننده

✓ کاربرد

○ تراکم هوا و گاز با فشار زیاد





❖ توربو و انتیلاتور سانتریفوژ

✓ از دیدگاه مسیر حرکت سیال

○ سانتریفوژ

✓ از دیدگاه تراکم پذیری سیال

○ تراکم پذیر

✓ از دیدگاه تغذیه ی چرخ

○ تغذیه ی کامل (عکس العملی)

✓ از دیدگاه جهت تبادل انرژی

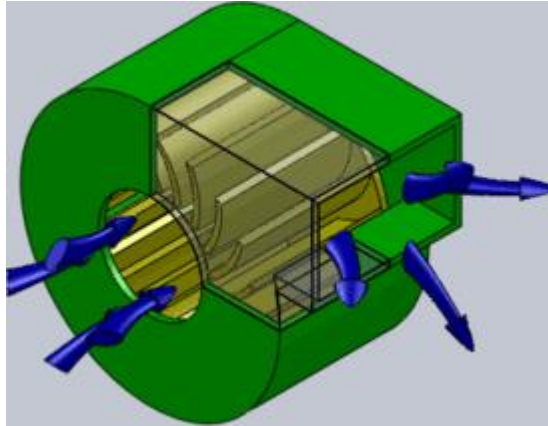
○ توان گیر

✓ ساختمان داخلی

○ یک طبقه شامل دو قسمت: چرخ و جمع کننده

✓ کاربرد

○ انتقال هوا و گاز با فشار زیاد





مقدمه

❖ توربین فرانسیس

✓ از دیدگاه مسیر حرکت سیال

○ مختلط

✓ از دیدگاه تراکم‌پذیری سیال

○ تراکم‌ناپذیر

✓ از دیدگاه تغذیه‌ی چرخ

○ تغذیه‌ی کامل (عکس‌العملی)

✓ از دیدگاه جهت تبادل انرژی

○ توان‌ده

✓ ساختمان داخلی

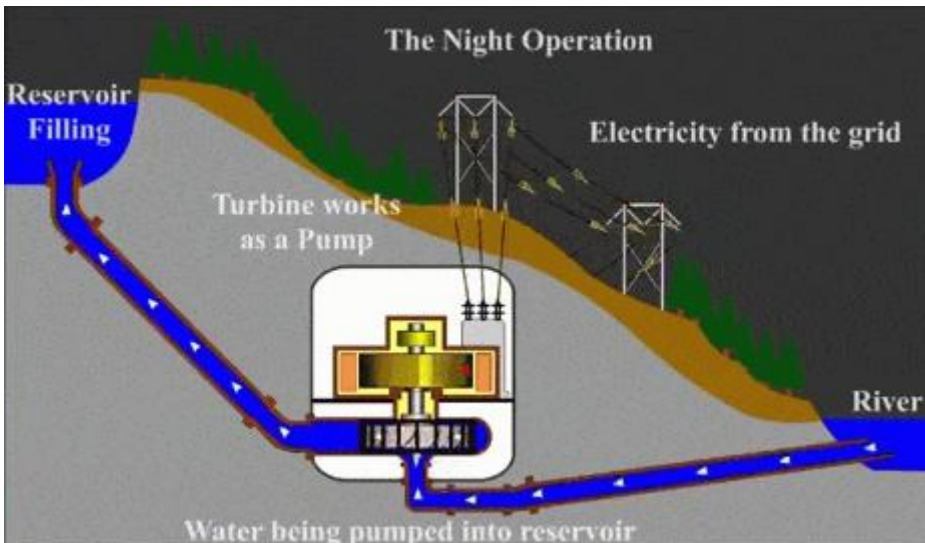
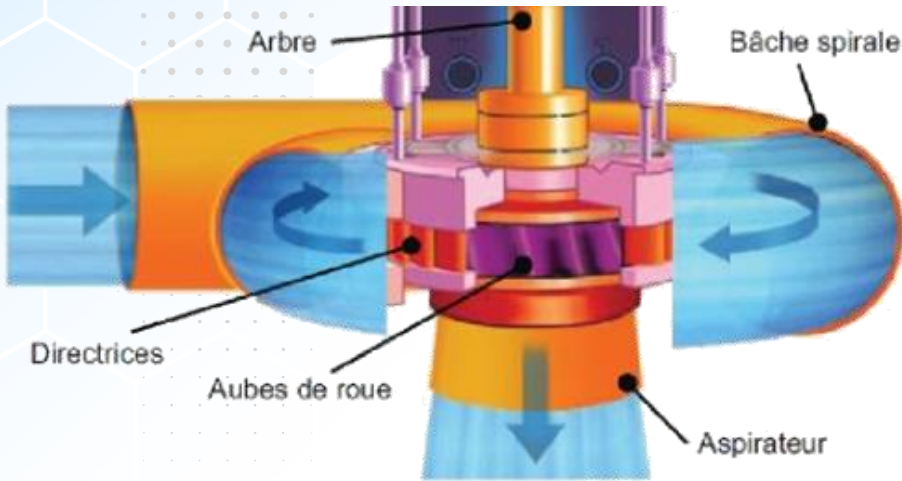
○ یک طبقه شامل سه قسمت:

هدایت‌کننده، چرخ و دیفیوزر

✓ کاربرد

○ استفاده در نیروگاه‌های آبی با

ارتفاع ریزش‌های متوسط



❖ توربین کاپلان

✓ از دیدگاه مسیر حرکت سیال

○ محوری

✓ از دیدگاه تراکم‌پذیری سیال

○ تراکم‌ناپذیر

✓ از دیدگاه تغذیه‌ی چرخ

○ تغذیه‌ی کامل (عکس‌العملی)

✓ از دیدگاه جهت تبادل انرژی

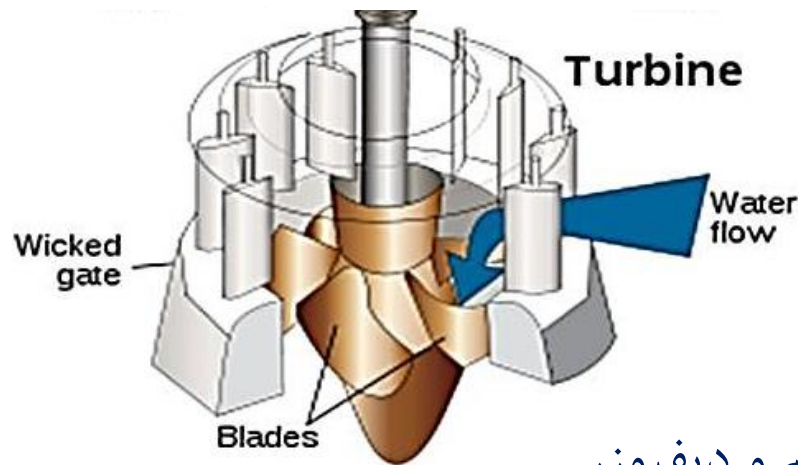
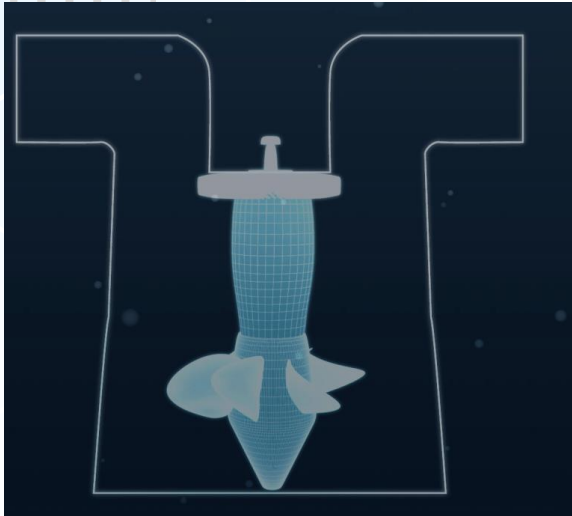
○ توان‌ده

✓ ساختمان داخلی

○ یک طبقه شامل سه قسمت: هدایت‌کننده، چرخ با پره قابل تنظیم و دیفیوزر

✓ کاربرد

○ استفاده در نیروگاه‌های آبی با ارتفاع ریزش‌های کم





❖ توربین پلتون

✓ از دیدگاه تراکم پذیری سیال

○ تراکم ناپذیر

✓ از دیدگاه تغذیه ی چرخ

○ تغذیه ی ناقص (ضربه ای)

✓ از دیدگاه جهت تبادل انرژی

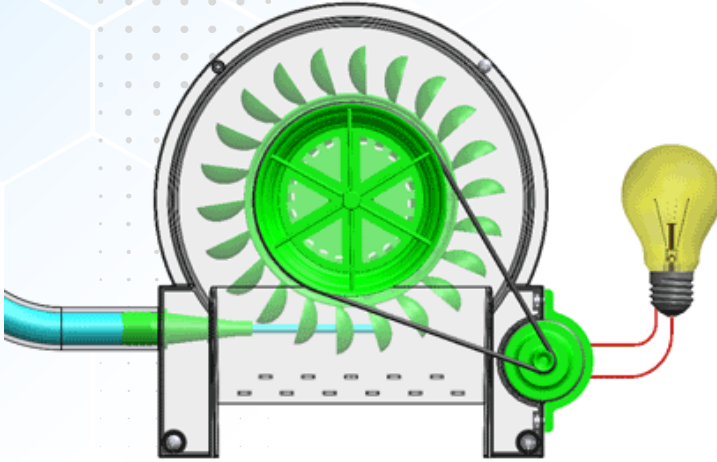
○ توان ده

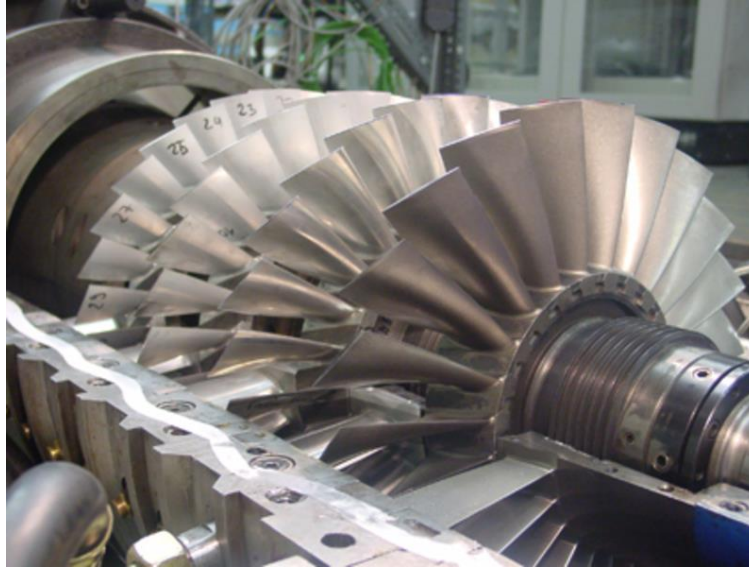
✓ ساختمان داخلی

○ یک طبقه شامل دو قسمت: هدایت کننده (به صورت انژکتور) و چرخ

✓ کاربرد

○ استفاده در نیروگاه های آبی با ارتفاع ریزش های زیاد





❖ توربو کمپرسور محوری

✓ از دیدگاه مسیر حرکت سیال

○ محوری

✓ از دیدگاه تراکم پذیری سیال

○ تراکم پذیر

✓ از دیدگاه تغذیه ی چرخ

○ تغذیه ی کامل (عکس العملی)

✓ از دیدگاه جهت تبادل انرژی

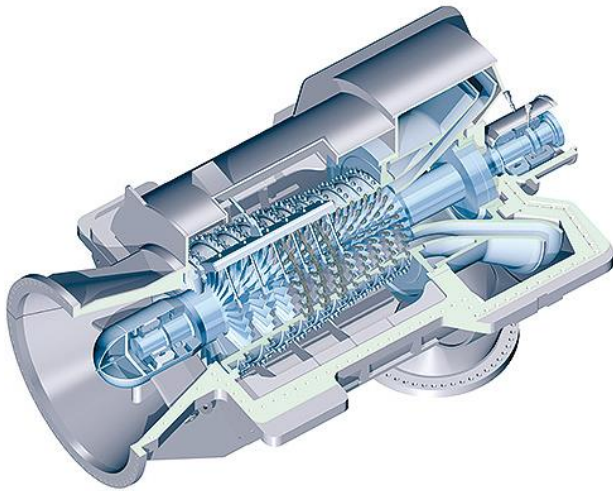
○ توان گیر

✓ ساختمان داخلی

○ چند طبقه شامل سه قسمت: هدایت کننده، چرخ و دیفیوزر

✓ کاربرد

○ تراکم هوا و یا گاز با دبی زیاد و فشار نسبتا بالا





❖ توربین گاز و بخار

✓ از دیدگاه مسیر حرکت سیال

○ محوری

✓ از دیدگاه تراکم پذیری سیال

○ تراکم پذیر

✓ از دیدگاه تغذیهی چرخ

○ تغذیهی کامل (عکس العملی)

✓ از دیدگاه جهت تبادل انرژی

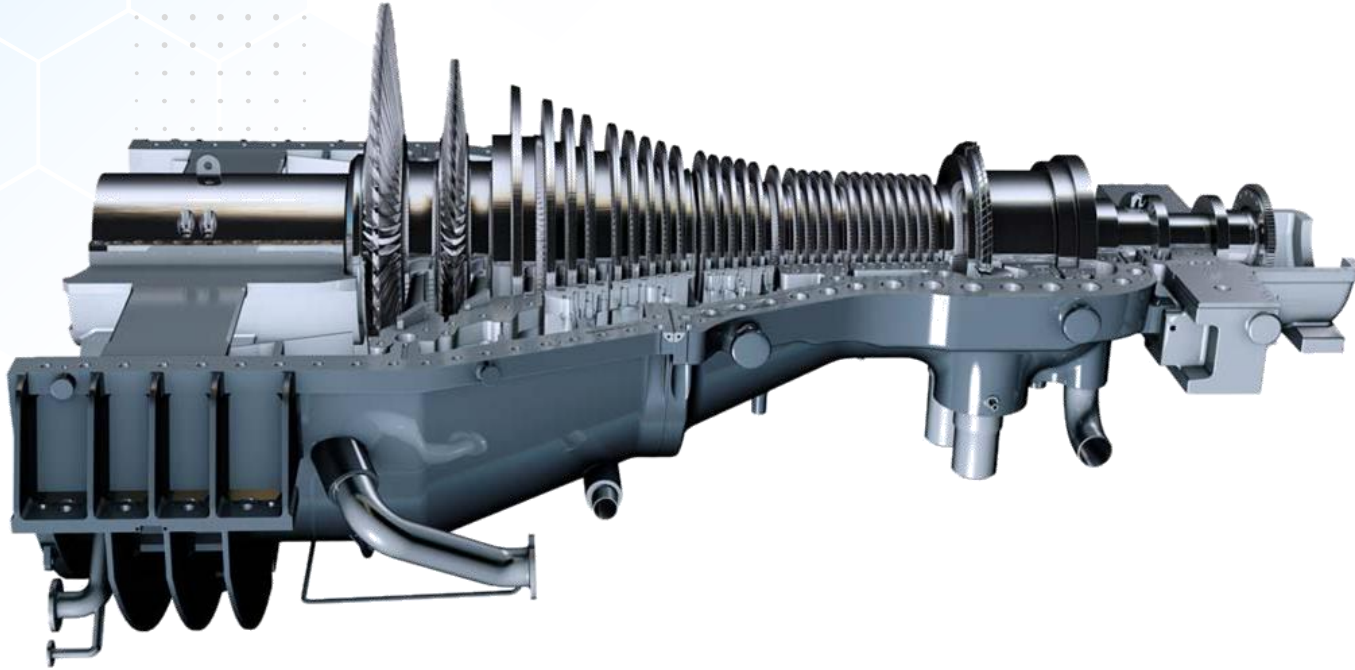
○ توان ده

✓ ساختمان داخلی

○ چند طبقه شامل سه قسمت: هدایت کننده، چرخ و دیفیوزر

✓ کاربرد

○ نصب در نیروگاه های بخار با دبی زیاد و فشار نسبتا بالا





❖ کاربردهای اخیر

✓ توربین جریانی (داخلی یا خارجی)

○ محور افقی

○ محور عمودی

➤ ساوونیوس (درگ)

➤ داریوس (لیفت)

✓ پمپ کمک رسان قلب

○ محوری

○ شعاعی

✓ تجهیزات اندازه گیری و کنترل جریان

○ جریان سنج

○ کنترل جریان

