

سوالات استخدامی : توربو ماشین ها

- ۱- پنج کاربرد توربو ماشین ها را بنویسید.چهار نوع توربو ماشین را نام ببرید و تشریح کنید.
- ۲- معادلات مربوط به جریان تراکم ناپذیر را بنویسید و کاربرد آن را تحلیل کنید
- ۳- شماتیک دو نمونه از منحنی های مشخصه توربو پمپ ها را رسم و تحلیل کنید.
- ۴- ضریب ناهماهنگی را تعریف و نحوه محاسبه ی آن را بنویسید.
- ۵- ضرایب بی بعد را تعریف و انواع و کاربرد آن ها را بنویسید.

۱- ص ۳

۲- ص ۲۸

۳- ص ۵۸

۴- ص ۸۰

۵- ص ۱۴۸

- ۱- ساختمان و عملکرد توربو ماشین ها را تشریح کنید.
- ۲- تلفات دیواره ها را توضیح دهید و نحوه محاسبه آن را بنویسید.
- ۳- برای تعیین ارتفاع مانومتریک پمپ چه کمیت هایی و چگونه باید اندازه گیری شود؟
- ۴- چهار روش محاسبه ضریب لغزش را نام ببرید و شرح دهید.
- ۵- خمیدگی، زاویه نصب ، تاب و ضخامت پره ها چگونه باید باشد تا بهترین عملکرد و راندمان را داشته باشیم؟

- ۱- (صفحه 6- فصل 1
- ۲- (صفحه 35- فصل 3
- ۳- (صفحه 63- فصل 5
- ۴- (صفحه 92- فصل 6
- ۵- (صفحه 291- فصل 15-

- ۱- انواع توربو پمپ ها بر اساس مسیر حرکت سیال را نام ببرید و عملکرد و کاربرد هر کدام را شرح دهید .
- ۲- رابطه بین مثلث سرعت خروجی از چرخ پمپ و مشخصه ایده ال و بی بعد ایده ال را بنویسید و نمودار های مربوطه را رسم و تحلیل کنید.
- ۳- مفهوم ، روابط ، منشاء ، اثرات و اهمیت تلفات هیدرولیکی و اصطکاک را توضیح دهید.
- ۴- ضرایب بی بعد پمپ را نام ببرید. مفهوم و تعریف ریاضی و کاربرد آنها را بنویسید.
- ۵- پنج اصل که لبه ورودی پره با در نظر گرفتن آنها تعیین می گردد را تشریح کنید.

۱- فصل 4 ص 43

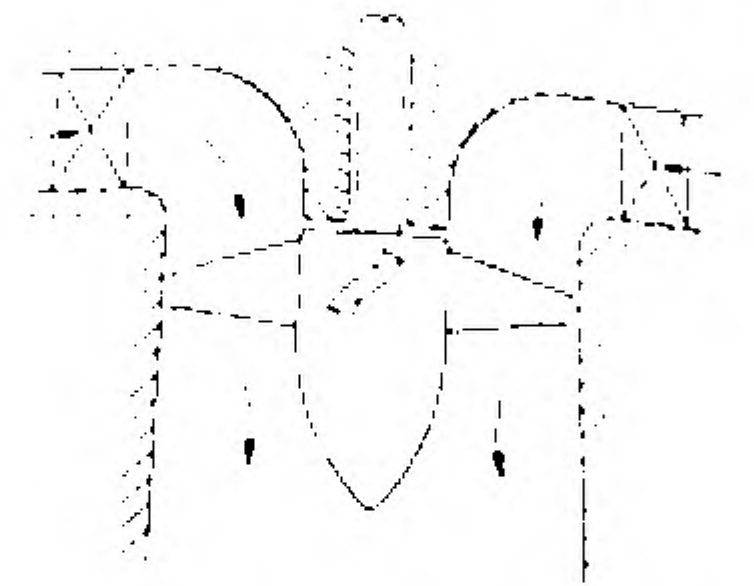
۲- فصل 5 ص 74

۳- فصل 7 ص 106

۴- فصل 8 ص 148

۵- فصل 10 ص 211

- ۱- ارتفاع مکش خالص مثبت را تعریف کنید.
از روشهای تعادل نیروی محوری، پمپ های یک طبقه با دو دهانه ورودی را توضیح دهید.
- ۲- ساختار دیفیوزر با دیواره واگرا را با رسم شکل توضیح داده و مزیت آن را بنویسید.
تاثیر تعداد پره و ضخامت آنها در طراحی چرخ توربو پمپ های سانتریفیوژ را توضیح دهید.
- ۳- دیاگرام استپانوف چه کاربردی دارد و ضریب لغزش و بازده هیدرولیکی پمپ های قابل استفاده در این سیستم چه مقدار است؟
نوع توربین زیر را بنویسید.



- ۴- روابط "رتو" را برای یک پمپ که در دورهای متفاوت n_1 و n_2 کار می کند در هنگامی که بین دو حالت تشابه کاری وجود داشته باشد بنویسید.
- ۵- ضریب باز شدگی یک پمپ با دبی 200 لیتر بر ثانیه و هد 20 متر را بدست آورید.

۱- 13-256

12-235

۲- 11-218

9-165

۳- 7-122

1-12

۴- 8-152

۵- 5-60

- ۱- الف- تقسیم بندی توربوماشینها را از دیدگاه مسیر حرکت سیال در چرخ، تراکم پذیری سیال، طرز تغذیه چرخ و جهت تبادل انرژی با ذکر مثال توضیح دهید. (حداقل دو مثال)
- ب- هر توربوماشین معمولاً از چند قسمت اصلی تشکیل می شود. برای یک پمپ سانتریفوژ معمولی این قسمت‌ها را نام برده و عملکرد هر یک را بنویسید.
- ۲- در یک پمپ گریز از مرکز آب با دبی 27.8 lit/s با سرعت شعاعی، بدون چرخش (نقطه طرح $\alpha_1 = 90^\circ$) و یکنواخت به روتور پمپ نزدیک می شود. زاویه خروجی پره ها $\beta_2 = 24^\circ$ ، شعاع خروجی روتور $r_2 = 17 \text{ cm}$ ، شعاع ورودی روتور $r_1 = 6 \text{ cm}$ ، عرض پره ها در مقطع ورودی 2.5 cm و در مقطع خروجی 1 cm و دور محور پمپ 1500 rpm است. مثلثهای سرعت ورودی و خروجی را رسم و مولفه های شعاعی سرعت در ورود و خروج، زاویه ورودی پره ها، هد و قدرت پمپ را بیابید.
- ۳- الف- برای یک توربوپمپ با پره های رو به عقب (Backward) نمودار تغییرات توان تولیدی و هد (ارتفاع) بر حسب دبی به چه صورت می باشد؟ به صورت شماتیک رسم نمایید.
- ب- فرض برابری زاویه خروجی سیال و زاویه خروجی پره (هدایت کامل سیال توسط پره ها) در چه شرایطی محقق می شود؟
- ج- مختصراً توضیح دهید چگونه می توان منحنی های مشخصه پمپ را به دست آورد. مدار تست پمپ را رسم نمایید و محاسبه هر یک از کمیتها را توضیح دهید.
- ۴- سرعت مخصوص پمپ را تعریف کنید. مختصراً کاربرد آن، تاثیر آن بر بازده پمپ و طبقه بندی چرخ توربوپمپ ها را براساس آن بنویسید.
- ۵- مفهوم NPSH (ارتفاع مکش خالص مثبت) و کاویتاسیون را مختصراً شرح دهید.

۱- الف- صفحه 3

ب- صفحه 6 تا 7

$$\beta_1 = 17.39^\circ, V_{n1} = 2.95 m/s, V_{n1} = 2.60 m/s$$

$$H = 56.77 m, \dot{W} = 15.482 kW$$

۳- الف- منحنی توان تولیدی حالت (مجانبی) اشباع دارد و توان بیش از حد از الکتروموتور نمی کشد. منحنی هد ت.لیدی هم به صورت یک خط نزولی است.

ب- تعداد پره ها بی نهایت و ضخامت آن صفر باشد.

ج- صفحه 61

۴- الف- صفحه 159

ب-

۵- صفحه 249

- ۱- الف- تقسیم بندی توربوماشینها را از دیدگاه مسیر حرکت سیال در چرخ، تراکم پذیری سیال، طرز تغذیه چرخ و جهت تبادل انرژی با ذکر مثال توضیح دهید. (حداقل دو مثال)
- ب- هر توربوماشین معمولاً از چند قسمت اصلی تشکیل می شود. برای یک پمپ سانتریفوژ معمولی این قسمت‌ها را نام برده و عملکرد هر یک را بنویسید.
- ۲- الف- در یک پمپ گریز از مرکز آب با دبی 27.8 lit/s با سرعت شعاعی، بدون چرخش (نقطه طرح $\alpha_1 = 90^\circ$) و یکنواخت به روتور پمپ نزدیک می شود. زاویه خروجی پره ها $\beta_2 = 24^\circ$ ، شعاع خروجی روتور $r_2 = 17 \text{ cm}$ ، شعاع ورودی روتور $r_1 = 6 \text{ cm}$ ، عرض پره ها در مقطع ورودی 2.5 cm و در مقطع خروجی 1 cm و دور محور پمپ 1500 rpm است. مثلثهای سرعت ورودی و خروجی را رسم و مولفه های شعاعی سرعت در ورود و خروج، زاویه ورودی پره ها، هد و قدرت پمپ را بیابید.
- ب- الف- برای یک توربوپمپ با پره های رو به عقب (Backward) نمودار تغییرات توان تولیدی و هد (ارتفاع) بر حسب دبی به چه صورت می باشد؟ به صورت شماتیک رسم نمایید.
- ب- فرض برابری زاویه خروجی سیال و زاویه خروجی پره (هدایت کامل سیال توسط پره ها) در چه شرایطی محقق می شود؟
- ج- مختصراً توضیح دهید چگونه می توان منحنی های مشخصه پمپ را به دست آورد. مدار تست پمپ را رسم نمایید و محاسبه هر یک از کمیتها را توضیح دهید.
- ۴- الف- سرعت مخصوص پمپ را تعریف کنید. مختصراً کاربرد آن، تاثیر آن بر بازده پمپ و طبقه بندی چرخ توربوپمپ ها را براساس آن بنویسید.
- ب- الف- مفهوم NPSH (ارتفاع مکش خالص مثبت) و کاویتاسیون را مختصراً شرح دهید.

۲،۴۰ نمره

۱- الف- صفحه 3

ب- صفحه 6 تا 7

۲،۴۰ نمره

$$\beta_1 = 17.39^\circ, V_{n1} = 2.95 m/s, V_{n1} = 2.60 m/s$$

$$H = 56.77 m, W = 15.482 kW$$

۲،۴۰ نمره

۳- الف- منحنی توان تولیدی حالت (مجانبی) اشباع دارد و توان بیش از حد از الکتروموتور نمی کشد. منحنی هد ت.لیدی هم به صورت یک خط نزولی است.

ب- تعداد پره ها بی نهایت و ضخامت آن صفر باشد.

ج- صفحه 61

۲،۴۰ نمره

۴- الف- صفحه 159

ب-

۲،۴۰ نمره

۵- صفحه 249

- ۲،۴۰ نمره
- ۱- توربوپمپ های سانتریفوژ و محوری و مختلط هر کدام معمولا برای چه مواردی (چه دبی و ارتفاعی) کاربرد دارند؟ مختصرا توضیح دهید.
- ۲،۴۰ نمره
- ۲- چگونه می توان به صورت تجربی منحنی های مشخصه پمپ را تعیین کرد. مختصرا توضیح دهید.
- ۲،۴۰ نمره
- ۳- پمپ گریز از مرکزی با دور $1200rpm$ مفروض است. عرض پره ها در ورودی $2.5cm$ و در خروجی $5cm$ بوده و شعاع های ورودی و خروجی روتور به ترتیب $10cm$ و $20cm$ می باشد. اگر زوایای پره نسبت به امتداد مماسی در ورود و خروج سیال (آب) به ترتیب 30° و 22° درجه و زاویه ورود سیال 90° درجه فرض شود مطلوبست محاسبه ی دبی حجمی جریان و توان و هد تئوریک پمپ. (مثلث های سرعت رسم شود)
- ۲،۴۰ نمره
- ۴- الف- مختصرا در ارتباط با دیاگرام استپانوف در طراحی پمپ شرح دهید.
ب- پدیده پیش چرخش در پمپ به چه معناست؟
- ۲،۴۰ نمره
- ۵- منحنی عملکرد (هد بر حسب دبی) پمپ دلخواهی را رسم نموده و بگویید منظور از نقطه کار پمپ چیست (روی شکل نشان دهید). سپس پمپ دلخواه دیگری که با آن مشابه است در نظر بگیرید و نقطه کار پمپ و مدار را برای دو حالتی که این پمپ ها به صورت سری و موازی در مدار قرار می گیرند روی شکل نشان دهید.

۲،۴۰ نمره

- ۱- الف- منظور از توربینهای ضربه ای و عکس العملی چیست؟ مختصرا توضیح دهید.
- ب- حالت کلی معادله پیوستگی و معادله مقدار حرکت خطی را برای جریان دائمی بنویسید.
- ج- حالت کلی معادله انرژی (برنولی) را برای توربوماشینهای با جریان تراکم ناپذیر بنویسید و هر یک از عبارتهای آن را مختصرا تفسیر کنید.

۲،۴۰ نمره

- ۲- مختصرا در ارتباط با انواع تلفات (داخلی و خارجی) در توربوماشینها با جریان تراکم ناپذیر و همچنین اثر آنها توضیح دهید.

۲،۴۰ نمره

- ۳- الف- منظور از توربوماشین های سانتریفوژ با پره رو به عقب (با توجه به تاثیر زاویه خروج پره بر رفتار مشخصه) چیست؟ ویژگی های عملکردی آن را بنویسید.
- ب- یک پمپ گریز از مرکز با دور $1500rpm$ مفروض است. ضخامت (عرض) پره ها در ورود $b_1 = 2cm$ و در خروج $b_2 = 4cm$ بوده و شعاعهای ورودی و خروجی پره به ترتیب $10cm$ و $20cm$ می باشد. اگر $\beta_1 = 32^\circ$ و $\beta_2 = 24^\circ$ فرض شود و زاویه ورودی سیال 90° باشد، ارتفاع تئوریک پمپ را محاسبه کنید.

۲،۴۰ نمره

- ۴- الف- برای یک پمپ که در دورهای متفاوت n_1 و n_2 کار می کند، هنگامی که بین دو حالت تشابه کاری وجود داشته باشد، روابط رتو را بنویسید.
- ب- ثابت کنید دو پمپ از یک تیپ که تشابه کاری نیز دارند، دارای ضریب ارتفاع یکسان می باشند.
- ج- مختصرا در ارتباط با حدود اعتبار قوانین تشابه توضیح دهید.

۲،۴۰ نمره

- ۵- مختصرا پدیده کاویتاسیون و جنبه های کاربردی مربوط به پیش بینی لازم برای جلوگیری از وقوع این پدیده را شرح دهید.

- ۱- الف- منظور از توربوماشین های توان ده و توان گیر چیست؟ برای هر کدام مثال بیاورید. ۲،۴۰ نمره
- ب- از دیدگاه مسیر حرکت سیال در چرخ، سه دسته اصلی توربوماشین ها را نام برده و ویژگی های عملکردی (در چه سطح فشار و دبی، مسیر حرکت سیال ورودی و خروجی) هر یک را بنویسید.
- ۲- الف- تلفات هیدرولیکی در توربوماشین را مختصرا توضیح دهید. ۲،۴۰ نمره
- ب- مزایای اصلی توربوپمپ ها را نسبت به سایر انواع پمپها بنویسید.
- ج- نقش دیفیوزر و جمع کننده یا ظرف حلزونی در پمپ را بنویسید.
- ۳- تعیین تجربی منحنی های مشخصه پمپ را مختصرا توضیح دهید. ۲،۴۰ نمره
- ۴- الف- پدیده پیش چرخش در پمپ به چه معناست؟ دلیل آن را نیز بنویسید. ۲،۴۰ نمره
- ب- پدیده کاویتاسیون و ارتفاع مکش خالص مثبت (NPSH) را برای پمپ توضیح دهید.
- ۵- الف- ویژگی های عملکردی توربین های ضربه ای و عکس العملی را با یکدیگر مقایسه کنید. ۲،۴۰ نمره
- ب- نیروهای محوری چرخهای پمپ ناشی از چیست؟ روش های ایجاد تعادل این نیروها را نیز بنویسید.

۱- الف- صفحه 1

ب- صفحه 5

محوری، سانتریفوژ و جریان مختلط

۲- الف- صفحه 33

ب- صفحه 51

ج- صفحه 55

۳- صفحه 61

۴- الف- صفحه 127

ب- صفحه 256

۵- الف- صفحه 322

ب- صفحه 227

- ۱- برای تعیین ارتفاع مانومتریک پمپ چه کمیت هایی و چگونه باید اندازه گیری شود ؟ رابطه مربوطه را بنویسید. ۲,۴۰ نمره
- ۲- سا ختمان و عملکرد توربو ماشین ها را شرح دهید . ۲,۴۰ نمره
- ۳- تلفات دیواره ها را توضیح دهید و نحوه محاسبه آن را بنویسید. ۲,۴۰ نمره
- ۴- چهار روش محاسبه ضریب لغزش را نام ببرید و شرح دهید. ۲,۴۰ نمره
- ۵- خمیدگی ، زاویه نصب ، تاب و ضخامت پره ها چگونه باید باشد تا بهترین عملکرد و راندمان را داشته باشیم . ۲,۴۰ نمره

۱- ص 63

۲- ص 6

۳- ص 35

۴- ص 92

۵- ص 291

۲،۴۰ نمره

۱- الف- مزایای اصلی کاربرد وسیع توربوماشین ها را بنویسید.

ب- توربوماشین های نیمه سانتریفوژ یا با جریان مختلط را معرفی نموده و بگویید در چه محدوده فشار و دبی کاربرد دارند؟

ج- توربوماشین های عکس العملی و ضربه ای را مختصرا معرفی نمایید.

د- معادله ی پیوستگی و معادله ی اولر را برای جریان دایمی بیان کنید. (توضیح مختصر)

۲،۴۰ نمره

۲- الف- در توربوماشین های با جریان تراکم ناپذیر تلفات داخلی ناشی از چیست؟ مختصرا توضیح دهید.

ب- مزایای استفاده از توربوماشین های سانتریفوژ با پره رو به عقب را بنویسید.

۲،۴۰ نمره

۳- الف- پدیده جت و ویک (Jet and wake) را مختصرا توضیح دهید.

ب- پدیده پیش چرخش (prerotation) در پمپ را توضیح دهید.

۲،۴۰ نمره

۴- روابط رتو (قوانین تشابه) را نوشته و در ارتباط با حدود اعتبار آن بحث کنید.

۲،۴۰ نمره

۵- الف- پدیده کاویتاسیون را مختصرا توضیح دهید.

ب- در به هم بستن پمپ ها به صورت سری و موازی دبی و ارتفاع مانومتریک پمپ ها و مجموعه (مدار) چه رابطه ای با هم دارند. برای هر حالت (سری و موازی) جداگانه بحث کنید.

ج- ارتفاع مکش خالص مثبت پمپ (NPSH) به چه معناست.

- ۱- الف- داشتن بازده بالا، قیمت ارزان ماشین، دایمی بودن تبدیل انرژی، انتقال قدرت بالا در حجم و وزن کم
صفحه 3 کتاب
ب- امتداد ورود و خروج سیال در چرخ نسبت به هم مایل است و برای ایجاد فشار ها و دبی های متوسط کاربرد دارند.
صفحه 4 کتاب
ج- صفحه ی 5 کتاب
د- صفحه ی 19
- ۲- الف- صفحه 35 کتاب
ب- صفحه 68
- ۳- الف- صفحه 99
ب- صفحه 127
- ۴- صفحه 153
- ۵- الف- صفحه 249
ب- صفحه 264
ج- صفحه 256
- ۲،۴۰ نمره
- ۲،۴۰ نمره
- ۲،۴۰ نمره
- ۲،۴۰ نمره

۲.۸۰ نمره

۱- الف- تقسیم بندی توربوماشین ها را بر اساس مسیر حرکت سیال بنویسید و مختصرا در ارتباط با هر کدام توضیح دهید.

ب- در ارتباط با دامنه کاربرد توربوپمپ ها و عوامل موثر بر آن مختصرا توضیح دهید.

۲.۸۰ نمره

۲- الف- مختصرا در ارتباط با تاثیر زاویه خروجی پره ها بر رفتار توربوماشین ها (شیب مشخصه مانومتریک، بازده تغییرات قدرت جذبی با دبی، بازده پمپ) توضیح دهید. نمودارهای مربوطه رسم شود.

ب- ضریب بازشدگی سطح برای پمپ و مفهوم فیزیکی آن را توضیح دهید. واحد آن را نیز بنویسید.

۲.۸۰ نمره

۳- پمپ گریز از مرکزی با دور $1200rpm$ مفروض است. عرض پره ها در ورودی 2.5 سانتی متر و در خروجی 5 سانتی متر بوده و شعاع های ورودی و خروجی روتور به ترتیب 10 و 20 سانتی متر می باشد. اگر زوایای پره نسبت به امتداد مماسی در ورود و خروج سیال (آب) به ترتیب 30 درجه و 22 درجه و زاویه ورود سیال 90 درجه فرض شود مطلوبست محاسبه ی دبی حجمی جریان و توان و هد تئوریک پمپ. (مثلث های سرعت رسم شود)

۲.۸۰ نمره

۴- الف- پدیده کاویتاسیون و اثرات مخرب آن را مختصرا توضیح دهید.

ب- برای عدم وقوع کاویتاسیون فشار در نقطه فشار مینیمم چه رابطه ای با فشار بخار مایع دارد؟

۲.۸۰ نمره

۵- اگر معادله منحنی مشخصه پمپی با دور موتور $1200rpm$ به صورت $h_p = 12 - 0.1Q^2$ باشد:

الف- تعیین معادله ی منحنی مشخصه این پمپ هنگامی که دور موتور آن به $2400rpm$ تغییر یابد.

ب- تعیین معادله منحنی مشخصه برآیند پمپ ها هنگامی که سه عدد از این نوع پمپ را به صورت سری در سیستم ببندیم (برای $1200rpm$).

ج- تعیین معادله منحنی مشخصه برآیند پمپها هنگامی که سه عدد از این نوع پمپ را به صورت موازی در سیستم ببندیم (برای $1200rpm$).

۱- الف- صفحه 43

ب- صفحه 49

۲- صفحه 60 تا 67

۳- فصل 5 توجه شود.

۴- صفحه 249 تا 252

۵- الف -

$$n_1 = 1200 \text{rpm}$$

$$n_2 = 2400 \text{rpm}$$

$$Q_1 = \frac{n_1}{n_2} Q_2 = \frac{1200}{2400} Q_2 = 0.5 Q_2$$

$$h_1 = \frac{n_1^2}{n_2^2} h_2 = \frac{1200^2}{2400^2} h_2 = 0.25 h_2$$

$$n_1 = 1200 \text{rpm} \xrightarrow{\text{منحنی مشخصه}} h_1 = 12 - 0.1 Q_1^2$$

$$n_2 = 2400 \text{rpm} \longrightarrow 0.25 h_2 = 12 - 0.1 (0.5 Q_2)^2$$

$$\Rightarrow h_2 = 48 - 0.1 Q_2^2$$

منحنی مشخصه پمپ با دور موتور ۲۴۰۰ rpm:

$$h_p = 48 - 0.1 Q^2$$

ب - درحالتی که سه عدد از این پمپها به صورت سری در سیستم وصل شوند دبی هر سه پمپ یکسان و برابر دبی Q می باشد و هدی که توسط هر پمپ به سیستم اضافه میشود به میزان ۱/۳ هدرکل میباشد:

$$\frac{h_p}{3} = 12 - 0.1 Q^2$$

ولذا منحنی مشخصه برای پمپ (در حالت سری) به صورت زیر است:

$$h_p = 36 - 0.3 Q^2$$

ج - درحالتی که سه عدد از این نوع پمپ به صورت موازی در سیستم بسته شود، دبی ای که از هر پمپ میگذرد ۱/۳ دبی کل سیستم است و هدی که توسط هر پمپ اضافه می شود برابر با هدرکل در سیستم میباشد. بنابراین:

$$h_p = 12 - 0.1 \left(\frac{Q}{3}\right)^2$$

ولذا منحنی مشخصه برای پمپ (در حالت موازی) به صورت زیر است:

$$h_p = 12 - 0.011 Q^2$$

۲،۸۰ نمره

۲،۸۰ نمره

۲،۸۰ نمره

۲،۸۰ نمره

۲،۸۰ نمره

۱- الف- مزایای اصلی کاربرد وسیع توربوماشین ها را نام ببرید.

ب- سه نوع تلفات داخلی در توربوماشین ها را نام برده و هر کدام را مختصرا توضیح دهید.

۲- الف- سطوح و منحنی های مشخصه پمپ به چه معناست؟ مختصرا توضیح دهید چگونه می توان به صورت تجربی این منحنی ها را تعیین کرد.

ب- عوامل موثر در انتخاب زاویه خروجی پره ها را بنویسید.

۳- ضریب لغزش پمپ به چه معناست؟ روش اندازه گیری آن را شرح دهید. (توضیح یکی از روش ها کافی است)

۴- الف- قانون رتو را برای یک پمپ در نقاط کاری مشابه بیان کنید.

ب- منحنی های مشخصه پمپی برای یک سرعت دورانی خاص، معلوم می باشند. توضیح دهید چگونه می توان با استفاده از قوانین تشابه، منحنی های مشخصه همان پمپ را برای هر سرعت دورانی دلخواه دیگر تعیین نمود.

۵- هر یک از مفاهیم زیر را توضیح دهید.

پدیده کاویتاسیون، ارتفاع مکش خالص مثبت پمپ، نقطه کار پایدار و ناپایدار برای مدار و پمپ

۱- الف- داشتن بازده بالا، انتقال قدرت بالا، قیمت ارزان ماشین، ذایمی بودن تبادل انرژی بین ماشین و سیال

ب- صفحه 33

۲- الف- صفحه 60

ب- صفحه 71

۳- صفحه 90

۴- الف- صفحه 153

ب- صفحه 155

۵- صفحه 256

۲،۸۰ نمره

۱- الف- مزایای اصلی استفاده وسیع از توربوماشین ها را بنویسید. (حداقل 4مورد)

ب- تلفات هیدرولیکی، یک نوع از تلفات داخلی در توربوماشین ها می باشد. کمی در ارتباط با آن توضیح دهید.

۲،۸۰ نمره

۲- پمپ گریز از مرکزی با دور $1250rpm$ مفروض است. عرض پره ها در ورودی $2cm$ و در خروجی $4cm$ بوده و شعاع های ورودی و خروجی روتور به ترتیب $10cm$ و $20cm$ می باشد. اگر زوایای پره نسبت به امتداد مماسی در ورود و خروج سیال (آب) به ترتیب 30° و 25° درجه و زاویه ورود سیال 90° درجه فرض شود مطلوبست محاسبه ی دبی حجمی جریان و توان و هد تئوریک پمپ. (مثلث های سرعت رسم شود)

۲،۸۰ نمره

۳- الف- ضریب بازشدگی برای یک پمپ چگونه تعریف می شود و واحد آن چیست؟

ب- در موارد عملی زاویه خروجی پره (β) محدود به چه مقادیری است و چرا معمولاً در پمپ ها از چرخ های رو به عقب استفاده می شود؟

۲،۸۰ نمره

۴- اگر منحنی های مشخصه ی یک پمپ برای یک سرعت دورانی معلوم باشند، توضیح دهید چگونه می توان با استفاده از قوانین تشابه منحنی های مشخصه آن را برای هر سرعت دورانی دلخواه دیگر به دست آورد؟

۲،۸۰ نمره

۵- در مسئله طراحی چرخ توربوپمپ های سانتریفوژ در ارتباط با تاثیر تعداد پره ها کمی توضیح دهید. همچنین چگونه می توان تعداد پره ها و ضخامت آنها را تعیین کرد؟

۱- الف-

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

دایمی بودن تبادل انرژی بین ماشین و سیال

قیمت ارزان ماشین نسبت به قدرت مفید تولیدی

عدم نیاز به تبدیل حرکت رفت و آمدی به حرکت دورانی

ب- به علت لزج بودن سیال جریان آن در مجاری ماشین همراه با افت فشار های ناشی از اصطکاک، تغییر مسیر سیال و عدم موازی بودن خطوط جریان با پره ها و گردابه هاست.

۲- روابط فصل 2 توجه شود.

۳- الف- صفحه 60

ب- صفحه 72

۴- صفحه ی 155 کتاب

۵- صفحه 165 کتاب

۲,۸۰ نمره

۲,۸۰ نمره

۲,۸۰ نمره

۲,۸۰ نمره

۲,۸۰ نمره

۱- مزایای اصلی توربوپمپها را نسبت به سایر انواع پمپ ها بنویسید. (ذکر حداقل چهار مورد)

۲,۸۰ نمره

۲- عوامل موثر در انتخاب زاویه خروجی پره ها را بنویسید و مختصراً توضیح دهید.

۲,۸۰ نمره

۳- الف- دو پمپ از یک تیپ در چه صورت تشابه کاری دارند؟

ب- یک پمپ جریان محوری با قطر 25cm ، آب را با دبی $2\frac{\text{m}^3}{\text{min}}$ در دور 1200rpm پمپ می کند. اگر

پمپ دیگری مشابه پمپ اول با قطر روتور معادل 20cm ساخته شود که در دور 2400rpm کار کند، مقدار دبی حجمی آن را تعیین کنید. نسبت هد دو پمپ به یکدیگر چقدر است؟

۲,۸۰ نمره

۴- الف- پدیده کاویتاسیون را توضیح داده و شرط عدم وقوع آن را بنویسید.

ب- پمپی آب را از یک منبع تحت فشار مکش می نماید. با نوشتن معادله برنولی بین نقطه ای روی سطح آب در منبع مکش و نقطه ای از ورودی چرخ، ارتفاع مکش مجاز پمپ را تعریف کرده و رابطه آن را بدست آورید و اثر پارامترهای مختلف بر تغییرات آن را بررسی کنید.

۲,۸۰ نمره

۵- منظور از این که می گوییم پمپی بر روی مدار به طور پایدار کار می نماید چیست؟ چه عواملی باعث ایجاد ناپایداری می گردد؟ با رسم دیاگرام مشخصه ی دلخواه، نقطه کار پایدار و ناپایدار را روی آن نشان دهید.

۲،۸۰ نمره	۱- جریان سیال یکنواخت و دایم است بازده زیادی دارند قیمت آنها به ازای واحد قدرت مفید تولیدی ارزانتر است هزینه نگهداری آنها به طور نسبی کم است
۲،۸۰ نمره	۲- صفحه ۷۱
۲،۸۰ نمره	۳- فصل ۸ صفحه ۱۵۴
۲،۸۰ نمره	۴- صفحه ۲۵۴
۲،۸۰ نمره	۵- صفحه ۲۶۷

- ۱- بازده داخلی را تعریف و روابط آن را بنویسید. بازده داخلی از چند بازده جزئی تشکیل می شود ؟ نام ببرید و ضمن نوشتن روابط مربوطه توضیح دهید.
- ۲- عوامل موثر در انتخاب زاویه خروجی پره ها را بنویسید و به تفکیک هر کدام را توضیح دهید .
- ۳- چهار روش محاسبه ضریب لغزش را نام ببرید و با ذکر روابط مربوطه آنها را تحلیل کنید .
- ۴- نقطه حداکثر بازده هیدرولیکی چگونه تعیین می شود ؟ توضیح دهید.
- ۵- روشهای طراحی چرخ توربو پمپ سانتریفوژ را نام ببرید و نحوه تعیین قطر ورودی آن را بنویسید.

۱- فصل ۳ صفحه ۳۷

۲- فصل ۵ صفحه ۷۲

۳- فصل ۶ صفحه ۹۲

۴- فصل ۷ صفحه ۱۲۱

۵- فصل ۱۰ صفحه ۱۹۴

- ۱- الف- معادله اولر برای جریان دائمی برای یک حجم کنترل دلخواه به چه صورت بیان می شود؟ رابطه مربوطه را نوشته و آن را برای توربوماشین های محوری، ساده سازی نمایید. همچنین آیا معادله اولر برای ماشین های با جریان تراکم پذیر و تراکم ناپذیر به طور یکسان بیان می شود؟ دلیل بیاورید.
- ب- توربوپمپ های سانتریفوژ و محوری و مختلط هر کدام معمولاً برای چه مواردی (چه دبی و ارتفاعی) کاربرد دارند؟ مختصراً توضیح دهید.
- ۲- الف- با رسم دیاگرام مربوطه و با بحث کافی، تاثیر زاویه خروجی پره (β) را بر رفتار مشخصه های پمپ (مشخصه ایده آل قدرت و مشخصه ایده آل ارتفاع اولر) نشان دهید.
- ب- عوامل موثر در انتخاب زاویه خروجی پره ها را نام ببرید.
- ۳- پمپ گریز از مرکزی با دور $1450rpm$ مفروض است. عرض پره ها در ورودی ۲ سانتی متر و در خروجی ۴ سانتی متر بوده و شعاع های ورودی و خروجی روتور به ترتیب ۱۰ و ۲۰ سانتی متر می باشد. اگر زوایای پره نسبت به امتداد مماسی در ورود و خروج سیال (آب) به ترتیب ۳۰ درجه و ۲۰ درجه و زاویه ورود سیال ۹۰ درجه فرض شود مطلوبست محاسبه ی دبی حجمی جریان و توان و هد تئوریک پمپ. (مثلاً های سرعت رسم شود)
- ۴- الف- ثابت کنید دو پمپ از یک تیپ، که تشابه کاری دارند دارای ضریب دبی یکسان می باشند.
- ب- سرعت مخصوص پمپ را تعریف کنید. رابطه مربوطه را بنویسید.
- ۵- الف- در اتصال سری و موازی پمپ ها با یکدیگر، دبی عبوری و ارتفاع مانومتریک برای هر پمپ و مجموعه چه ارتباطی با هم دارند؟
- ب- منظور از ناپایداری مدار کاری یک پمپ چیست؟ با رسم منحنی عملکرد دلخواه، نقطه کار پایدار و ناپایدار را روی دیاگرام مربوطه نشان دهید. همچنین بگویید چه عواملی باعث ناپایداری مدار می شود.

- ۲،۸۰ نمره
- ۱- الف- به صورت یکسان بیان می شود چون از مشخصات جریان تنها به سرعت می پردازد.
 ب- سانتریفوژ برای ایجاد فشار های بالا در دبی کم، محوری برای تولید دبی های بالا و ارتفاع کم و مختلط برای دبی و ارتفاع متوسط به کار می روند.
- ۲،۸۰ نمره
- ۲- الف - به صفحه ۶۷ کتاب مراجعه شود.
 ب- ۱- شیب مشخصه مانومتریک ۲- تغییرات قدرت جذبی با دبی ۳- بازده پمپ
- ۲،۸۰ نمره
- ۳- به روابط فصل دوم مراجعه شود.
- ۲،۸۰ نمره
- ۴- الف- صفحه ۱۴۹ کتاب
 ب- سرعت مخصوص یک پمپ عبارت است از سرعت دورانی پمپی از همان فامیل که ارتفاع مانومتریک واحد را در دبی واحد تولید نماید.
- ۲،۸۰ نمره
- ۵- الف- در اتصال سری دبی ها با هم برابر و در اتصال موازی ارتفاع مانومتریک هر پمپ با مجموعه برابر است. در اتصال سری ارتفاع مانومتریک مجموعه برابر مجموع ارتفاع مانومتریک هر پمپ است و در اتصال موازی دبی مجموعه مجموع دبی هر پمپ است.
 ب- عوامل ناپایداری: نقطه ماکزیمم منحنی مشخصه پمپ روی محور γ ها نباشد. و منحنی مقاومت مدار منحنی مشخصه پمپ را در دو نقطه قطع کند.

۱- الف- انواع توربو ماشین ها را از دیدگاه مسیر حرکت سیال در چرخ نام برده و مختصرا هر کدام را تشریح نمایید.
 ب- توربو پمپ های سانتریفوژ، محوری و مختلط هر کدام معمولا برای چه مواردی (چه دبی و ارتفاعی) کاربرد دارند؟ مختصرا توضیح دهید.

۲- الف- چگونه می توان به صورت تجربی منحنی های مشخصه پمپ را تعیین کرد. مختصرا توضیح دهید.
 ب- ضریب باز شدگی (O) برای پمپ به چه معناست؟ رابطه مربوطه را نوشته و واحد آن را بیان کنید.

۳- پمپ گریز از مرکزی با دور $1450rpm$ مفروض است. عرض پره ها در ورودی ۲،۵ سانتی متر و در خروجی ۵ سانتی متر بوده و شعاع های ورودی و خروجی روتور به ترتیب ۱۰ و ۲۰ سانتی متر می باشد. اگر زوایای پره نسبت به امتداد مماسی در ورود و خروج سیال (آب) به ترتیب ۳۰ درجه و ۲۲ درجه و زاویه ورود سیال ۹۰ درجه فرض شود مطلوبست محاسبه ی دبی حجمی جریان و توان و هد تئوریک پمپ. (مثلث های سرعت رسم شود)

۴- الف- منحنی های مشخصه یک پمپ برای یک سرعت دورانی معلوم می باشند. توضیح دهید چگونه می توان با استفاده از قوانین تشابه منحنی های مشخصه ی آن را برای هر سرعت دورانی دلخواه دیگر به دست آورد.
 ب- پمپی با سرعت ۱۵۰۰ دور در دقیقه دوران می نماید. توان الکتروموتور این پمپ برابر با $P = 2KW$ می باشد. سرعت این پمپ را به ۱۷۵۰ دور در دقیقه، افزایش می دهیم. مطلوبست تعیین توان الکتروموتور در این سرعت. (در صورت ثابت ماندن راندمان)

۵- الف- پدیده کاویتاسیون را توضیح دهید.
 ب- ارتفاع مکش خالص مثبت (NPSH) با در نظر گرفتن تعریف آن هم برای مدار و هم برای پمپ به چه معناست؟ برای پمپی که در یک مدار در حال کار می باشد شرط عدم کاویتاسیون را با توجه به این پارامتر بنویسید.

۱- الف- صفحه ۳ و ۴ کتاب

ب- سانتریفوژ برای ایجاد فشار های بالا در دبی کم، محوری برای تولید دبی های بالا و ارتفاع کم و مختلط برای دبی و ارتفاع متوسط به کار می روند.

۲- صفحه ۶۰ و ۶۱ کتاب توجه شود

ضریب باز شدگی دارای بعد سطح می باشد و از نظر فیزیکی نماینده ی سطح لوله ای است که دبی Q را تحت ارتفاع H از خود عبور می دهد.

$$\omega = \frac{1000}{4} = 101,1 \text{ rad/s}$$

$$U_1 = r_1 \omega = \frac{10}{100} \times 101,1 \text{ m/s} = 10,11 \text{ m/s}$$

$$U_2 = r_2 \omega = \frac{1}{100} \times 101,1 \text{ m/s} = 1,011 \text{ m/s}$$

$$C_1 = C_{r1} = U_1 \tan \beta_1 = 10,11 \text{ m/s} \times \tan 3^\circ = 1,67 \text{ m/s}$$

$$Q = \pi r_1 b_1 C_{r1} = \pi \times 0,10 \times 0,005 \times 1,67 = 0,264 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q = \pi r_2 b_2 C_{r2} \rightarrow C_{r2} = \frac{0,264}{\pi \times 0,10 \times 0,005} = 1,67 \text{ m/s}$$

$$C_{x2} = U_2 - C_{r2} \cot \beta_2 = 1,011 - 1,67 = 1,67 \text{ m/s}$$

$$\tan \alpha_2 = \frac{1,67}{1,67} = 1 \rightarrow \alpha_2 = 45^\circ$$

$$P = \rho Q (U_2 C_{x2} - U_1 C_{x1}) = 1000 \times 0,264 \times 1,011 \times 1,67 = 440,4 \text{ W} \times \frac{1 \text{ hp}}{735 \text{ W}} = 0,6 \text{ hp}$$

$$H_{\text{E}} = \frac{1}{g} (U_2 C_{x2} - U_1 C_{x1}) = \frac{1}{g} (U_2 C_{r2} \cot \alpha_2) = \frac{1}{9,81} (1,011 \times 1,67) \Rightarrow H = 0,17 \text{ m}$$

۴-الف صفحه ۱۵۵ کتاب توجه شود.

ب- ۱۴۷

۵- صفحه ۲۴۹ کتاب

ب-کل انرژی موجود سیال در دهانه مکش پمپ قبل از تبخیر سیال
باید داشته باشیم

$$NPSH_R \succ NPSH_P$$

۲،۸۰ نمره

۱- الف- در یک توربوماشین با جریان تراکم ناپذیر تلفات داخلی و خارجی ناشی از چیست؟ به اختصار توضیح دهید؟

ب- منظور از سطوح مشخصه و منحنی های مشخصه پمپ چیست. چگونه می توان به صورت تجربی این منحنی ها را تعیین کرد. به اختصار شرح دهید.

۲،۸۰ نمره

۲- یک پمپ گریز از مرکز با مشخصات زیر در نقطه ی طرح در نظر بگیرید.

شعاع ریشه پره ها $r_1 = 5cm$ ، شعاع نوک پره ها $r_2 = 4r_1$ ، عرض ریشه پره ها $b_1 = 2cm$ ، عرض نوک پره ها $b_2 = 1.5cm$ ، زاویه خروجی پره ها $\beta_2 = 45^\circ$ ، دور محور $N = 1200rpm$ ، دبی آب پمپ

$Q = 0.05m^3/sec$ و چگالی آب $\rho = 1000kg/m^3$ است. مطلوب است:

الف- تعیین زاویه β_1 در نقطه طرح

ب- گشتاور اعمال شده توسط پره ها و قدرت محور پمپ

۲،۸۰ نمره

۳- الف- مختصراً در ارتباط با دیاگرام استپانوف در طراحی پمپ شرح دهید.

ب- پدیده پیش چرخش در پمپ به چه معناست؟

۲،۸۰ نمره

۴- الف- ثابت کنید دو پمپ از یک تیپ، که تشابه کاری نیز دارند دارای ضریب دبی یکسان می باشند.

ب- یک پمپ جریان محوری با قطر $30cm$ ، آب را با دبی $2.7 \frac{m^3}{min}$ در دور $1500rpm$ پمپ می کند. اگر

پمپ دیگری مشابه پمپ اول با قطر روتور معادل $20cm$ ساخته شود که در دور $3000rpm$ کار کند، مقدار دبی حجمی آن را تعیین کنید. نسبت هد دو پمپ به یکدیگر چقدر است؟

۲،۸۰ نمره

۵- الف- با رسم دیاگرام مشخصه دلخواه توضیح دهید منظور از نقطه کار پمپ و مدار چیست.

ب- دو پمپ با مشخصه $H_1 = 500 - 0.3Q_1^2$ و $H_2 = 360 - 0.24Q_2^2$ را در نظر بگیرید. این دو پمپ

به صورت موازی در یک مدار با مشخصه $H_s = 50 + 0.3Q^2$ قرار می گیرد. اگر هر دو پمپ با سرعت

$1170 rpm$ در مدار در حال کار باشند، مطلوبست محاسبه ی ارتفاع مانومتریک مدار و دبی جریان هر یک از

پمپها. (حل معادله لازم نیست ولی تشریح روند حل الزامی است).

۲،۸۰ نمره

۱- الف - صفحه ۳۳ کتاب

تلفات داخلی شامل تلفات هیدرولیکی، تلفات ناشی داخلی و تلفات دیواره ها می باشد. تلفات خارجی شامل تلفات ناشی خارجی و تلفات مکانیکی می باشد.

ب- صفحه ۵۸ کتاب

۲،۸۰ نمره

۲- فصل ۵ ص ۵۷

۲،۸۰ نمره

۳- الف- صفحه ۱۲۳-۱۲۴ کتاب

ب- صفحه ۱۲۷ کتاب

۲،۸۰ نمره

۴- الف- صفحه ۱۴۹ کتاب توجه شود.

ب-

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{n_1}{n_2} \rightarrow \frac{2.7}{Q_2} = \frac{1500}{3000} \rightarrow Q_2 = 5.4 \frac{m^3}{min}$$

$$\frac{H_1}{H_2} = \left(\frac{n_1}{n_2}\right)^2 = 0.25$$

۲،۸۰ نمره

۵-

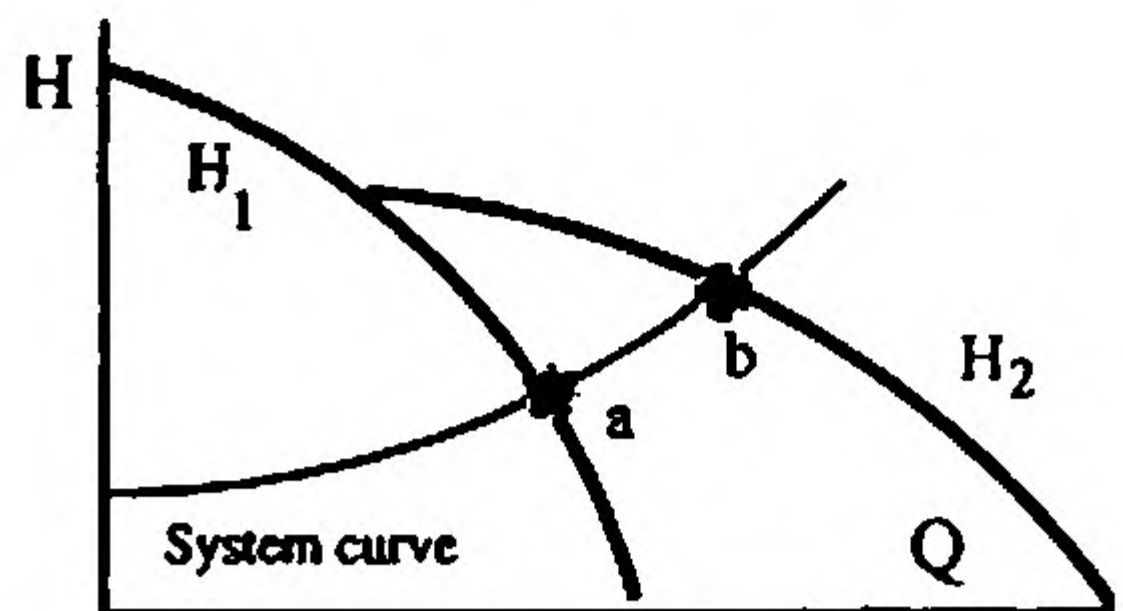
الف- نقطه برخورد مشخصه ها مدار و پمپ نقطه ای است که در آن دبی عبوری از پمپ و مدار یکسان می باشد و در عین حال پمپ همان ارتفاعی را تولید می کند که مدار لازم دارد. که همان نقطه کار نام دارد. با توجه به شکل زیر هر یک از نقاط a و b نقاط کار سیستم می باشند.

ب- ارتفاع مانومتریک برای پمپ های موازی و سیستم با یکدیگر برابر است. و دبی جریان کل برابر مجموع دبی هر یک از پمپها می باشد.

$$\text{Continuity: } Q_1 + Q_2 = Q_{\text{sys}}; \text{ Heads: } H_1 = H_2 = H_{\text{sys}}$$

$$\therefore 500 - 0.3Q_1^2 = 360 - 0.24Q_2^2 = 50 + 0.3(Q_1 + Q_2)^2$$

$$\text{Solve for: } Q_1 = 22900 \text{ gpm; } Q_2 = 8400 \text{ gpm; } H = 343 \text{ ft Ans.}$$



۲۰۸۰ شماره

۱- الف- تقسیم بندی توربوماشین ها را از دیدگاه مسیر حرکت سیال در چرخ و جهت تبادل انرژی به اختصار توضیح دهید؟

ب- دو مورد از مزایای توربوپمپ ها نسبت به سایر انواع پمپ ها را بنویسید.

ج- با رسم دیاگرام مربوطه و با بحث کافی، تاثیر زاویه خروجی پره (β) را بر رفتار مشخصه های پمپ (مشخصه ایده آل قدرت و مشخصه ایده آل ارتفاع اولر) نشان دهید.

۲۰۸۰ شماره

۲- یک پمپ گریز از مرکز با مشخصات داده شده در جدول زیر را در نظر بگیرید. با صرف نظر کردن از تلفات، تغییر ارتفاع در ورودی و خروجی پروانه و ضخامت پره مطلوبست تعیین:

الف- دبی جریان با فرض ورودی بدون چرخش (زاویه ورودی سیال ۹۰ درجه می باشد)؛

ب- α_2 و ارتفاع نظری H ؛

ج- توان لازم؛

د- افزایش فشار در پروانه.

خروجی (۲)	ورودی (۱)	
۳۰۰	۱۰۰	شعاع $r(mm)$
۲۰	۵۰	عرض پروانه $b(mm)$
۱۰	۲۰	زاویه تیغه (درجه) β
1800 rpm		سرعت دورانی پمپ

۲۰۸۰ شماره

۳- الف- سرعت مخصوص پمپ را تعریف کنید. برای پمپی با قطر پروانه ۲۰۰ mm که در نقطه بازده بیشینه خود

دبی $\frac{L}{s}$ ۱۰۰ را با سرعت ۱۱۴۰ rpm به ارتفاع ۱۰ m پمپاژ می کند. سرعت مخصوص را محاسبه نمایید.

ب- ثابت کنید دو پمپ از یک تیپ، که تشابه کاری نیز دارند دارای ضریب قدرت یکسان می باشند.

۲۰۸۰ شماره

۴- الف- دو پمپ از یک تیپ در چه صورت تشابه کاری دارند؟

ب- منحنی مشخصه ($H-Q$) یک پمپ در یک سرعت دورانی خاصی معلوم می باشد. توضیح دهید چگونه می توان با استفاده از قوانین تشابه منحنی مشخصه

($H-Q$) را برای سرعت دورانی دلخواه دیگر تعیین نمود.

ج- یک پمپ جریان محوری با قطر ۳۰ cm، آب را با دبی $207 \frac{m^3}{min}$ در دور ۱۵۰۰ rpm پمپ می کند. اگر

پمپ دیگری مشابه پمپ اول با قطر روتور معادل ۲۰ cm ساخته شود که در دور ۳۰۰۰ rpm کار کند، مقدار

دبی حجمی آن را تعیین کنید. نسبت هد دو پمپ به یکدیگر چقدر است؟

۵- الف- عدد NPSH در پمپ به چه معناست؟ شرط عدم وجود کاویتاسیون را با توجه به این عدد بنویسید.

ب- منحنی عملکرد (هد بر حسب دبی) پمپ دلخواهی را رسم نموده و بگویید منظور از نقطه کار پمپ چیست (روی شکل نشان دهید). سپس پمپ دلخواه دیگری که با آن مشابه است در نظر بگیرید و نقطه کار پمپ و مدار را برای دو حالتی که این پمپ ها به صورت سری و موازی در مدار قرار می گیرند روی شکل نشان دهید.

۱- الف- به صفحه ۳ کتاب مراجعه شود.

ب- صفحه ی ۵۱ تاب

ج- صفحه ۶۷ کتاب

۲،۸۰ نمره

۲،۸۰ نمره

$$۲- \text{الف- } \omega = 1800 \times \frac{2\pi}{60} = 188.5 \rightarrow u_1 = r_1 \omega = 18.85 \text{ m/s}, u_2 = r_2 \omega = 56.66 \text{ m/s}$$

$$V_1 = u_1 \tan 20 = 6.861 \frac{\text{m}}{\text{s}} \rightarrow Q = 6.861 \times \pi \times 0.2 \times 0.05 = 215.5 \text{ L/s}$$

ب- سرعت شعاعی در خروجی به صورت زیر محاسبه می شود:

$$V_{r2} = \frac{Q}{2\pi r_2 b_2} = \frac{0.2155}{2\pi \times 0.3 \times 0.02} = 5.716 \text{ m/s}$$

با ترسیم u_2 و خطی به موازات آن در فاصله V_{r2} از آن و با در نظر گرفتن زاویه β_2 مثلث بردارها بدست می آید . با توجه به این مثلث می توان نوشت:

$$v_{u2} = 5.716 \cot 10 = 32.42 \frac{\text{m}}{\text{s}}, \quad V_{u2} = 56.55 - 32.42 = 24.13 \text{ m/s}$$

$$\alpha_2 = \arctan\left(\frac{5.716}{24.13}\right) = 13.23 \quad V_2 = 5.716 \csc 13.23 = 24.7 \text{ m/s}$$

$$H = \frac{u_2 V_2 \cos \alpha_2}{g} = \frac{u_2 V_{u2}}{g} = \frac{56.55 \times 24.13}{9.806} = 139.15 \text{ m}$$

$$P = Q \gamma H = 0.2155 \times 9806 \times 139.15 = 294 \text{ kW} \text{ -ج-}$$

د- معادله ی انرژی را برای فاصله ی بین مقاطع ورودی و خروجی پروانه که شامل انرژی افزوده H است، می نویسیم. لذا با صرف نظر کردن از تغییر ارتفاع در ورودی و خروجی پروانه خواهیم داشت:

$$H + \frac{V_1^2}{2g} + \frac{P_1}{\gamma} = \frac{V_2^2}{2g} + \frac{P_2}{\gamma} \rightarrow P_2 - P_1 = 1.083 \text{ MPa}$$

۲،۸۰ نمره

۲- به صفحه ۱۵۸ کتاب مراجعه شود.

۲،۸۰ نمره

۴- الف-

دو پمپ از یک تیپ در صورتی تشابه کاری دارند که در تمام جفت نقاط متناظر مثلثهای سرعتها متشابه باشند و یا بردارهای سرعت موازی بوده دارای نسبت یکسان باشند.

ب- به صفحه ۲۵۵ کتاب مراجعه شود.

ج-

$$\frac{Q}{Q_1} = \frac{n}{n_1} \rightarrow \frac{Q}{Q_1} = \frac{1200}{1000} \rightarrow Q_1 = 1.6 \frac{\text{m}^3}{\text{min}}$$

$$\frac{H}{H_1} = \left(\frac{n}{n_1}\right)^2 = 0.72$$