

سلامت و رفاه

۱۳۳۲.۴ - ۲۰۲۱/۹



دانشگاه گجرات

دانشکده فنی مهندسی مکانیک

گروه مهندسی مکانیک

پایان نامه

جهت دریافت درجه کارشناسی ارشد در رشته مکانیک گرایش تبدیل انرژی

عنوان

تحقیق تجربی جهت پیش بینی و افزایش راندمان هیدرولیکی پمپ گریز از مرکز

استاد راهنما

دکتر میر بیوک احقایی بناب

استاد مشاور

۱۳۸۹ / ۸ /

۲ دکتر محمد تقی شروانی تبار

پژوهشگر

آرش ایمان پناه

شهریور ۸۹

کتابخانه دانشگاه گجرات
تسبیح دارک

۱۴۴۲۰۴

تقدیم به پدر و مادر عزیزم

به پاس محبت‌های بی‌دینشان که هرگز فروکش نمی‌کند

تقدیر و تشکر

اکنون که به یاری پروردگار مهربان، پس از ماهها سعی و تلاش، نگارش این پایان نامه به سرانجام رسیده است، شایسته است که از زحمات بی دریغ استاد گرامیم، جناب آقای دکتر میربیوک احقاقی که با راهنمایی های خود راهگشای اینجانب بوده اند تشکر و قدردانی نمایم. همچنین جا دارد، از زحمات و راهنمایی های دلسوزانه جناب آقای دکتر محمدتقی شروانی تبار نهایت سپاسگزاری را داشته باشم.

از زحمات اعضای امور فنی و مهندسی شرکت نوید سهند مخصوصاً جناب آقای مهندس مینایی و پرسنل بخش مونتاز که صمیمانه مرا یاری کردند، تشکر می نمایم.

مراتب تشکر و سپاس خود را نثار پدر و مادر بزرگوایم به خاطر کمک های فراوان می دارم.

آرش ایمان پناه

شهریور ۱۳۸۹

نام خانوادگی دانشجو: ایمان پناه	نام: آرش
عنوان پایان نامه:	
تحقیق تجربی جهت پیش‌بینی و افزایش راندمان هیدرولیکی یک پمپ گریز از مرکز	
استاد راهنما:	
جناب آقای دکتر میر بیوک احقاقی بناب	
استاد مشاور:	
جناب آقای دکتر محمد تقی شروانی تبار	
مقطع تحصیلی: کارشناسی ارشد	رشته: مهندسی مکانیک
دانشگاه: تبریز	گرایش: تبدیل انرژی
تاریخ فارغ التحصیلی: ۸۹/۶/۲۳	دانشکده: فنی مهندسی مکانیک
	تعداد صفحه: ۶۵
کلید واژه ها: پمپ گریز از مرکز، راندمان هیدرولیکی، سرعت دورانی، عدد رینولدز	
چکیده:	
<p>به منظور کاهش توان مصرفی یک پمپ لازم است تلفات هیدرولیکی آن به حداقل برسد. تلفات هیدرولیکی هم در پاساژ پره‌ها و چرخ و هم در محفظه حلزونی اتفاق می‌افتد. تعیین راندمان هیدرولیکی و بررسی تاثیر سرعت دورانی بر آن در یک پمپ با مشخصات هیدرولیکی معلوم که در صنعت تولید می‌شود موضوع پروژه حاضر خواهد بود. در این پروژه سعی خواهد شد ابتدا ماهیت تئوری تلفات هیدرولیکی مطالعه و تحقیقات صورت گرفته در مورد تاثیر عوامل مختلف بر راندمان هیدرولیکی مورد بررسی قرار گیرد. سپس با طراحی سکوی تست و انجام آزمایشات، نتایج استخراج و بر اساس آن منحنی‌های مربوط به عملکرد پمپ ترسیم شده‌اند. همچنین با تغییر سرعت دورانی تاثیر آن بر هد و راندمان هیدرولیکی پمپ مورد بررسی قرار گرفته و در نهایت بر اساس نتایج بدست آمده در سرعت‌های دورانی مختلف رابطه تجربی جهت محاسبه راندمان هیدرولیکی پمپ اصلی با توجه به راندمان هیدرولیکی پمپ مدل پیشنهاد شده و با روابط موجود مقایسه گردیده است. در طول آزمایشات تلفات مکانیکی و حجمی ثابت فرض شده است.</p>	

فهرست مطالب

صفحه

۱	مقدمه
۲	فصل اول - بررسی منابع (پایه‌های نظری و پیشینه پژوهش)
۲	۱-۱- مقدمه
۳	۲-۱- انواع راندمان در پمپ‌ها
۳	۱-۲-۱- راندمان هیدرولیکی
۴	۲-۲-۱- راندمان حجمی
۴	۱-۲-۲-۱- تلفات نشتی داخلی
۵	۲-۲-۲-۱- تلفات نشتی خارجی
۵	۳-۲-۱- تلفات دیواره‌ها
۶	۴-۲-۱- تلفات مکانیکی
۷	۳-۱- تاثیر ویسکوزیته بر راندمان
۱۲	۴-۱- تاثیر اندازه بر راندمان
۱۵	۵-۱- تاثیر پروفیل پره بر راندمان
۲۶	۶-۱- رابطه بین راندمان هیدرولیکی پمپ مدل و اصلی
۲۷	۷-۱- اهداف پژوهش
۲۸	فصل دوم - مواد و روش‌ها
۲۸	۱-۲- مقدمه
۲۹	۲-۲- سکوی آزمایش طراحی شده

۳۰	۱-۲-۲ - پمپ
۳۰	۲-۲-۲ الکتروموتور
۳۱	۳-۲-۲ شیرها
۳۱	۴-۲-۲ فشارسنجها
۳۱	۵-۲-۲ دبی سنج
۳۲	۶-۲-۲ مبدل فرکانس
۳۳	۳-۲ - دستورالعمل انجام آزمایش عملکرد پمپ
۳۴	۴-۲ - تعیین هد
۳۶	۵-۲ - تعیین راندمان هیدرولیکی
۳۷	۶-۲ - تاثیر سرعت دورانی بر راندمان هیدرولیکی پمپ
۳۹	۷-۲ - دقت اندازه گیری ها
۳۹	۱-۷-۲ - خطاهای اندازه گیری
۴۱	فصل سوم - نتایج و بحث
۴۱	۱-۳ - نتایج آزمایش عملکرد پمپ
۴۱	۱-۱-۳ - سرعت دورانی ۲۹۰۰ دور بر دقیقه
۴۵	۲-۱-۳ - سرعت دورانی ۲۵۰۰ دور بر دقیقه
۴۷	۳-۱-۳ - سرعت دورانی ۲۰۰۰ دور بر دقیقه
۴۹	۴-۱-۳ - سرعت دورانی ۱۴۵۰ دور بر دقیقه
۵۱	۲-۳ - بررسی تاثیر سرعت دورانی بر هد و راندمان هیدرولیکی
۵۳	۳-۳ - رابطه تجربی

۳-۴- نتیجه‌گیری و پیشنهادات

۶۲

منابع مورد استفاده

۶۴

فهرست جداول

صفحه

۱۰	محاسبه ضریب اصطکاکی دیسک K_{RR} [۷]	جدول ۱-۱
۱۳	مقادیر هد، دبی و توان برای پمپ‌های مدل و اصلی [۳]	جدول ۲-۱
۱۴	راندمان هیدرولیکی پمپ‌های مدل و اصلی [۳]	جدول ۳-۱
۱۵	مشخصات پمپ تست شده [۱۰]	جدول ۴-۱
۱۸	عملکرد پمپ تست با پره‌های مختلف [۱۰]	جدول ۵-۱
۴۰	مقادیر مجاز خطای سیستماتیک [۴]	جدول ۱-۲
۴۰	مقادیر مجاز خطای کلی [۴]	جدول ۲-۲
۴۲	کمیت‌های اندازه‌گیری شده در تست عملکرد پمپ در سرعت دورانی ۲۹۰۰ دور بر دقیقه	جدول ۱-۳
۴۲	مقدار خطای محاسبه شده کمیت‌های مختلف	جدول ۲-۳
۴۶	کمیت‌های اندازه‌گیری شده در تست عملکرد پمپ در سرعت دورانی ۲۵۰۰ دور بر دقیقه	جدول ۳-۳
۴۸	کمیت‌های اندازه‌گیری شده در تست عملکرد پمپ در سرعت دورانی ۲۰۰۰ دور بر دقیقه	جدول ۴-۳
۴۹	کمیت‌های اندازه‌گیری شده در تست عملکرد پمپ در سرعت دورانی ۱۴۵۰ دور بر دقیقه	جدول ۵-۳
۵۳	راندمان هیدرولیکی مربوط به نقاط BEP در سرعت‌های دورانی مختلف	جدول ۶-۳
۵۴	مقایسه مقادیر راندمان هیدرولیکی بدست آمده از رابطه پیشنهادی با مقادیر واقعی آن	جدول ۷-۳
۵۶	مقایسه مقادیر راندمان هیدرولیکی بدست آمده از روابط تئوری موجود با مقادیر واقعی آن	جدول ۸-۳
۵۹	مقایسه درصد خطای مربوط به رابطه پیشنهادی با روابط موجود	جدول ۹-۳
۶۱	مقایسه راندمان هیدرولیکی واقعی پمپ ۱۶۰-۸۰ با رابطه پیشنهادی و روابط موجود	جدول ۱۰-۳

۴	تلفات شوک و تغییرات دبی [۲]	شکل ۱-۱
۶	بیان انرژی در یک پمپ	شکل ۲-۱
۷	مقایسه راندمان پمپ در حالت انتقال آب و روغن [۹]	شکل ۳-۱
۸	مقایسه راندمان در حالت انتقال آب و روغن [۱۱]	شکل ۴-۱
۱۱	تاثیر ویسکوزیته بر تلفات اصطکاکی دیسک [۷]	شکل ۵-۱
۱۶	لبه ورودی پره‌های تست [۱۰]	شکل ۶-۱
۱۶	زوایای پره‌ها در لبه ورودی [۱۰]	شکل ۷-۱
۱۸	منحنی مشخصه برای پمپ تست با پره A_0 [۱۰]	شکل ۸-۱
۲۰	مقایسه مقادیر هد بدست‌آمده از آزمایشات و حل عددی [۶]	شکل ۹-۱
۲۱	مقایسه مقادیر راندمان هیدرولیکی بدست‌آمده از آزمایشات و حل عددی [۶]	شکل ۱۰-۱
۲۲	تعریف طول پره و تغییرات آن : $a)\theta_w = 55^\circ ; b)\theta_w = 90^\circ$ [۶]	شکل ۱۱-۱
۲۲	مقایسه مقادیر راندمان هیدرولیکی برای سه پره با طول متفاوت [۶]	شکل ۱۲-۱
۲۳	ارتفاع ورودی پره $a)constant ; b)Linearly varied$ [۶]	شکل ۱۳-۱
۲۳	مقایسه مقادیر راندمان هیدرولیکی برای پره‌های با عرض ورودی متفاوت [۶]	شکل ۱۴-۱
۲۴	روند همگرایی به ماکزیمم راندمان [۶]	شکل ۱۵-۱
۲۵	مقایسه راندمان پروانه اصلی و بهینه‌شده [۶]	شکل ۱۶-۱
۲۹	طرحواره سکوی آزمایش	شکل ۱-۲
۳۰	پمپ تست شده	شکل ۲-۲
۳۱	دبی سنج	شکل ۳-۲

۳۲	مبدل فرکانس	شکل ۴-۲
۴۴	منحنی هد-دبی بدست آمده از تست عملکرد پمپ در سرعت دورانی ۲۹۰۰ دور بر دقیقه	شکل ۱-۳
۴۵	منحنی راندمان هیدرولیکی-دبی بدست آمده از تست عملکرد پمپ در سرعت دورانی ۲۹۰۰ دور بر دقیقه	شکل ۲-۳
۴۶	منحنی هد-دبی بدست آمده از تست عملکرد پمپ در سرعت دورانی ۲۵۰۰ دور بر دقیقه	شکل ۳-۳
۴۷	منحنی راندمان هیدرولیکی-دبی بدست آمده از تست عملکرد پمپ در سرعت دورانی ۲۵۰۰ دور بر دقیقه	شکل ۴-۳
۴۸	منحنی هد-دبی بدست آمده از تست عملکرد پمپ در سرعت دورانی ۲۰۰۰ دور بر دقیقه	شکل ۵-۳
۴۹	منحنی راندمان هیدرولیکی-دبی بدست آمده از تست عملکرد پمپ در سرعت دورانی ۲۰۰۰ دور بر دقیقه	شکل ۶-۳
۵۰	منحنی هد-دبی بدست آمده از تست عملکرد پمپ در سرعت دورانی ۱۴۵۰ دور بر دقیقه	شکل ۷-۳
۵۰	منحنی راندمان هیدرولیکی-دبی بدست آمده از تست عملکرد پمپ در سرعت دورانی ۱۴۵۰ دور بر دقیقه	شکل ۸-۳
۵۱	مقایسه منحنی هد-دبی در سرعت‌های دورانی تست شده	شکل ۹-۳
۵۲	مقایسه منحنی راندمان هیدرولیکی-دبی در سرعت‌های دورانی تست شده	شکل ۱۰-۳
۵۷	مقایسه راندمان هیدرولیکی واقعی در سرعت دورانی ۲۹۰۰ دور بر دقیقه با رابطه پیشنهادی و روابط موجود	شکل ۱۱-۳
۵۷	مقایسه راندمان هیدرولیکی واقعی در سرعت دورانی ۲۵۰۰ دور بر دقیقه با رابطه پیشنهادی و روابط موجود	شکل ۱۲-۳
۵۸	مقایسه راندمان هیدرولیکی واقعی در سرعت دورانی ۲۰۰۰ دور بر دقیقه با رابطه پیشنهادی و روابط موجود	شکل ۱۳-۳
۵۸	مقایسه راندمان هیدرولیکی واقعی در سرعت دورانی ۱۴۵۰ دور بر دقیقه با رابطه پیشنهادی و روابط موجود	شکل ۱۴-۳
۵۹	منحنی‌های عملکرد پمپ ۱۶۰-۸۰ در سرعت دورانی ۱۴۵۰ دور بر دقیقه [۱]	شکل ۱۵-۳
۶۰	منحنی‌های عملکرد پمپ ۱۶۰-۸۰ در سرعت دورانی ۲۹۰۰ دور بر دقیقه [۱]	شکل ۱۶-۳

فهرست نمادها

b	ارتفاع پره
C	سرعت مطلق جریان
C_m	مولفه عمودی سرعت مطلق
C_u	مولفه محیطی سرعت مطلق
d_2	قطر خروجی چرخ
g	شتاب جاذبه زمین
H	هد واقعی پمپ
K	ضریب مربوط به پروانه
K'	ضریب مربوط به پروانه
K_2	ضریب انسداد خروجی پروانه
K_{RR}	ضریب اصطکاکی دیسک
M_u	گشتاور منتقل شده به پروانه
n	سرعت دورانی پمپ اصلی
n_m	سرعت دورانی پمپ مدل
n_q	سرعت مخصوص
\vec{n}	بردار واحد عمود بر سطح پره
N	سرعت دورانی
P	تلفات مفید پمپ
P_d	تلفات دیواره‌ها
P_{ds}	تلفات اصطکاکی دیسک

P_e	توان منتقل شده به شفت
P_m	تلفات مکانیکی
P_{RR}	تلفات اصطکاکی دیسک
P_u	توان مفید پره
P'	قدرت روی محور
Q	دبی جریان
Q_{BEP}	دبی جریان در نقطه بهترین راندمان
Q_L	دبی نشتی داخلی
Q_o	دبی نشتی خارجی
Q''	دبی عبوری از پروانه
r	شعاع پروانه
t	ضخامت پره
U	سرعت محیطی جریان
Z	تعداد پره
α	زاویه سرعت مطلق
β'	زاویه پره
η_m	راندمان مکانیکی
η_h	راندمان هیدرولیکی
η_{hm}	راندمان هیدرولیکی مدل
η_d	راندمان دیواره‌ها
η_{Qo}	راندمان نشتی خارجی
η_{tot}	راندمان کلی پمپ

η_v	راندمان نشتی داخلی
λ	ضریب مقاومت
ν	ویسکوزیته سینماتیکی
ρ	چگالی
σ	ضریب لغزش
θ_w	زاویه پیچش پره
ψ	ضریب هد
τ_w	تنش برشی دیواره چرخ
τ_{0-3}	تلفات هیدرولیکی تمام قسمت‌های ماشین
Δh_p	تلفات هیدرولیکی

تلفات هیدرولیکی عامل مهمی در افزایش توان مصرفی پمپ محسوب شده و تلاش جهت کاهش آن به منظور کاهش توان مصرفی پمپ همواره مهم بوده است. یکی از عوامل مهم و تاثیرگذار بر راندمان هیدرولیکی پمپ سرعت دورانی آن می باشد که در این پروژه تاثیر آن بر راندمان هیدرولیکی مورد بررسی قرار گرفته است.

در فصل اول به معرفی انواع تلفات در پمپها پرداخته شده و راندمان مربوط به آنها معرفی شده اند و سپس تحقیقات صورت گرفته به منظور بررسی تاثیر عوامل مختلف بر راندمان هیدرولیکی پمپ آورده شده است.

در فصل دوم سکوی تست و تجهیزات مورد استفاده در آن معرفی شده و روش انجام آزمایش و محاسبات مربوطه آورده شده است. همچنین در این فصل مقدار خطای مجاز مربوط به کمیت های مختلف مطابق استاندارد انجام تست پمپ توضیح داده شده است.

و در نهایت در فصل سوم نتایج بدست آمده از آزمایشات و نمودارهای مربوط به عملکرد پمپ در سرعت های دورانی تست شده آورده شده و تاثیر سرعت دورانی بر هد و راندمان هیدرولیکی مورد بررسی قرار گرفته است و در آخر بر اساس نتایج، رابطه تجربی به منظور محاسبه راندمان هیدرولیکی پمپ اصلی با توجه به راندمان هیدرولیکی پمپ مدل پیشنهاد شده و با روابط موجود مقایسه شده است. نتیجه گیری و پیشنهادات به منظور انجام تحقیقات آینده نیز در انتهای این فصل آورده شده است.

فصل اول

بررسی منابع

(پایه‌های نظری و پیشینه پژوهش)

۱-۱- مقدمه

هنگامی که سیال در ماشینی جریان دارد تلفات بوجود می‌آید و همین تلفات باعث می‌شود که توان مفید P در یک پمپ همواره از توان P_e منتقل شده به شفت کمتر باشد و مجموع تمام تلفات به گرما تبدیل شوند.

تلفات در پمپها در سه بخش فشار، شارش و توان تقسیم‌بندی می‌شود. تلفات فشار یا تلفات هیدرولیک، باعث کاهش ارتفاع تولیدشده توسط پمپ می‌شوند. تلفات شارش یا نشتی در اثر نشت سیال از مسیر اصلی، در داخل پمپ اتفاق می‌افتد و دارای دو نوع داخلی و خارجی می‌باشند و تلفات توان یا قدرت، مستقیماً قدرت ورودی را افزایش می‌دهند. این نوع تلفات به دو گروه اتلاف در صفحات جانبی یا دیواره‌های چرخ و اتلاف مکانیکی تقسیم می‌شوند. در ادامه به بررسی این تلفات و روش محاسبه هر کدام از آنها می‌پردازیم.

۱-۲- انواع راندمان در پمپ

راندمان توربوپمپ‌ها به عوامل متعددی بستگی دارد که ذیلاً به آنها اشاره می‌شود. انواع مختلف تلفات توربوپمپ‌ها عبارتند از:

۱-۲-۱- راندمان هیدرولیکی^۱

افت‌های ناشی از اصطکاک به علت لزجت سیال، عدم موازی بودن خطوط جریان با پره‌ها و ایجاد گردابه‌ها در مجموع قسمتی از توان مصرفی پمپ را به خود اختصاص داده و تلف خواهند کرد.

محاسبه دقیق این اتلافات به علت وضعیت ناشناخته جریان در بین پره‌های چرخ و همچنین وجود لایه مرزی و امکان جدایش آن، امکان‌پذیر نیست. تلفات ناشی از مناسب نبودن زاویه سیال در ورود به کانال بین دو پره، تحت عنوان تلفات شوک^۲ خوانده می‌شود که در ورود به چرخ و ورود به دیفیوزرهای پره‌دار می‌تواند به وجود آید. این تلفات در نقطه طراحی برابر صفر بوده و چنانچه پمپ در خارج از نقطه طراحی کار کند، تلفات شوک به وجود می‌آیند. این تلفات را از رابطه زیر به دست می‌آورند:

$$\Delta h_{\text{shock}} = K(Q - Q_N)^2 \quad (1-1)$$

تلفات اصطکاک‌کی نیز طبق رابطه دارسی-ویسباخ^۳ با توان دوم سرعت مطلق متناسب است. پس داریم:

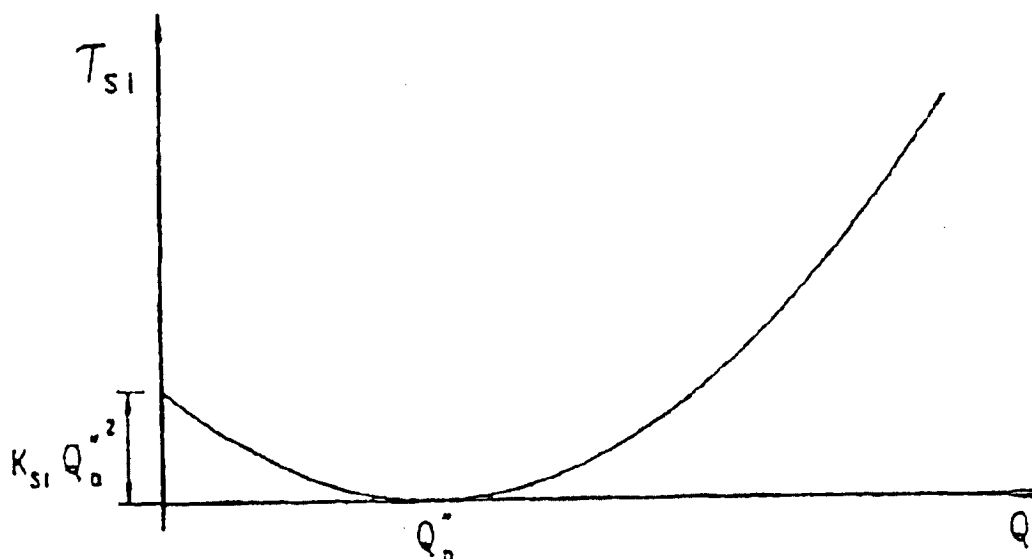
$$\Delta H_{\text{friction}} = K'Q^2 \quad (2-1)$$

در روابط بالا K و K' ضرایبی هستند که برای هر چرخ، مقدار ثابتی بوده و به هندسه کانال‌ها و زبری سطوح بستگی دارند. به مجموع تلفات اشاره شده در بالا، تلفات هیدرولیکی اطلاق می‌شود. در شکل (۱-۱) تغییرات تلفات شوک نسبت به دبی نمایش داده شده است.

^۱ Hydraulic Efficiency

^۲ Shock Losses

^۳ Darcy-Weisbach



شکل ۱-۱ تلفات شوک و تغییرات دبی [۲]

راندمان هیدرولیکی به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$\eta_h = \frac{H}{H_{th}} \quad (3-1)$$

که در آن

$$H_{th} = \frac{1}{g} (U_2 C_2 \cos \alpha_2 - U_1 C_1 \cos \alpha_1) \quad (4-1)$$

$$H = H_{th} - \tau_{0-3} \quad (5-1)$$

می‌باشد. در رابطه (۵-۱)، τ_{0-3} معرف کلیه تلفات هیدرولیکی در تمام قسمت‌های ماشین است.

۱-۲-۲-۱- راندمان حجمی^۱

تلفات حجمی یا نشتی به دو نوع داخلی و خارجی تقسیم می‌شوند.

۱-۲-۲-۱- تلفات نشتی داخلی

به علت وجود درز اجباری بین اجزای گردنده و ثابت ماشین، نواحی ورودی و خروجی چرخ با یکدیگر

¹ Volumetric efficiency

ارتباط دارند. در پمپ‌ها، فشار سیال خروجی چرخ از فشار آن در ورودی بیشتر است، در نتیجه بخشی

از سیال خروجی چرخ از طریق درز بین چرخ و پوسته به ناحیه ورودی آن نفوذ

می‌کند. این دبی را دبی نشتی داخلی نامیده و با Q_L نشان می‌دهیم. اگر دبی عبوری از چرخ را با

Q'' و دبی مفید خروجی از پمپ را با Q نشان دهیم آنگاه بازده نشتی داخلی به صورت زیر تعریف

می‌شود:

$$\eta_v = \frac{Q}{Q''} = 1 - \frac{Q_L}{Q''} \quad (6-1)$$

۱-۲-۲- تلفات نشتی خارجی

قسمتی از سیال را که از بین محور و پوسته خارجی پمپ به بیرون نفوذ می‌کند دبی نشتی

خارجی نامیده و با Q_0 نشان می‌دهند. بنابراین در یک پمپ دبی کل ورودی برابر با $Q'' + Q_0$

می‌باشد و راندمان نشتی خارجی نیز به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$\eta_{Q_0} = \frac{Q''}{Q'' + Q_0} \quad (7-1)$$

۱-۲-۳- تلفات دیواره‌ها^۱

بین چرخ و پوسته ماشین سیالی وجود دارد که نسبتاً بی‌حرکت است. در اثر اصطکاک سطوح

خارجی چرخ متحرک با این سیال غیرفعال، قسمتی از قدرت تلف می‌شود که به تلفات دیواره‌ها P_D

موسوم است. در پمپ‌ها به علت وجود تلفات دیواره‌ها باید قدرت بیشتری به چرخ داده شود. راندمان

دیواره‌ها که تلفات دیواره‌ها را به حساب می‌آورد به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$\eta_D = \frac{P'}{P} = 1 - \frac{P_D}{P} \quad (8-1)$$

که P' قدرت روی محور (قدرت داخلی) می‌باشد.

¹ Disk Friction Losses

۱-۲-۴ - تلفات مکانیکی^۱

تلفات مکانیکی P_m عبارت است از مجموع تلفات ناشی از اصطکاک مکانیکی در یاتاقانها، کاسه نمدها، واشرهای آببندی بین محور و پوسته و بالاخره قسمت‌های اضافی که احیاناً به طور مستقیم توسط چرخ به گردش درآیند. راندمان مکانیکی در پمپ به صورت زیر محاسبه می‌شود:

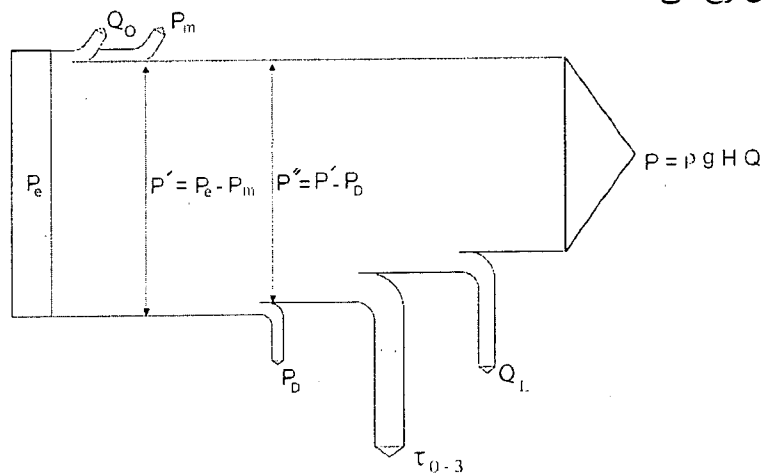
$$\eta_m = \frac{P'}{P_e} = 1 - \frac{P_m}{P_e} \quad (9-1)$$

که در رابطه بالا P_e قدرت ورودی به پمپ و یا قدرت خروجی از الکتروموتور می‌باشد.

راندمان کل در پمپ از حاصلضرب تمامی راندمان‌های تعریف شده بدست می‌آید. یعنی:

$$\eta_{tot} = \eta_h \eta_v \eta_{Q_0} \eta_D \eta_m \quad (10-1)$$

شکل (۲-۱) بیان انرژی را در یک پمپ نشان می‌دهد که البته واضح است این نمودار فقط برای نمایش تلفات و محل وقوع هر یک از آنها در فرایند تبدیل انرژی مفید است و در واقع همه تلفات بطور همزمان رخ می‌دهد.



شکل ۲-۱ بیان انرژی در یک پمپ

پس از معرفی تلفات و راندمان‌های مربوط به آنها در ادامه به بررسی تحقیقات صورت گرفته به

منظور بررسی تاثیر عوامل مختلف بر راندمان پمپ‌ها می‌پردازیم.

¹ Mechanical Losses