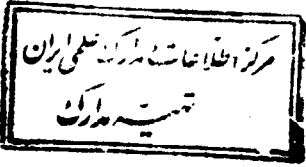


بسمه تعالی



دانشگاه تهران

دانشکده فنی

گروه مهندسی مکانیک

طراحی پمپ و مدار آزمایشی پمپ API

ارائه شده به دانشکده فنی

برای دریافت درجه کارشناسی ارشد

اساتید راهنما

دکتر سید احمد نوریبخش

دکتر غفار جهانگیری

9175

نگارش

رسول مرادی

شهریور ۱۳۷۹

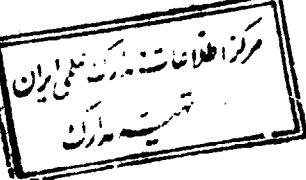
۳۱۴۶۱

عنوان

۱۳۲۹ / ۱۰ / ۲۰

طراحی پمپ و مدار آزمایشی پمپ های API

پایان نامه کارشناسی ارشد



مهندسی مکانیک - طراحی کاربردی

از این پایان نامه در تاریخ ۷۹/۶/۳۱ در برابر هیئت داوران به شرح زیر دفاع گردید.

امضاء:

هیئت داوران:



دکتر سید احمد نوربخش

دکتر غفار جهانگیری

دکتر حسین شکوهمند

۳/۴۹۱

قدردانی و تشکر

این مجموعه را به پدر و مادر عزیزم که در زندگی همواره مشوق اصلی من بوده‌اند تقدیم می‌دارم.

برخود لازم می‌دانم که از استاد گرانقدرم، جناب آقای دکتر نوربخش که براستی معلم اخلاق و فداکاری می‌باشند، تشکر و قدردانی کنم.

از استاد بزرگوام، جناب آقای دکتر جهانگیری که مرا از راهنماییهای ارزنده خویش بی بهره نساختند، سپاسگزارم.

همچنین از استاد مدعو پروژه جناب آقای دکتر شکوهمند که وقتشان را به بنده اختصاص دادند تشکر می‌نمایم.

در پایان از مدیریت و پرسنل محترم شرکت پمپ و توربین به خاطر ارائه همکاری صمیمانه در نگارش این مجموعه تشکر فراوان می‌نمایم.

چکیده

پمپها، ماشینهایی هستند که امروزه در اغلب صنایع کاربرد وسیع پیدا کرده‌اند و به جهت دامنه گسترده صنایع، دارای انواع مختلف هستند که از آنجمله پمپ‌های گریز از مرکز را می‌توان نام برد. صنعت نفت و پتروشیمی یکی از صنایعی است که استفاده وسیع از انواع پمپ‌ها را داشته است، لذا ملزومات این نوع پمپ‌ها را در استاندارد API610 ارائه کرده، ضمن اینکه استاندارد HIS نیز در یک مجموعه کلی به بررسی ملزومان انواع پمپ‌ها می‌پردازد.

یکی از موارد مهم در پمپ‌های نفتی، آب‌بند مکانیکی آنها است که به جهت حساس بودن قضیه، استاندارد API 682 شرایط آب‌بندهای مکانیکی مورد استفاده در پمپ‌های نفتی را شرح داده است.

در این مجموعه پس از بحث و بررسی الزامات پمپ‌های نفتی، به طراحی انواع پمپ‌های گریز از مرکز پرداخته شده است. که به دو بخش عمده طراحی هیدرولیکی و مکانیکی تقسیم می‌شود. در طراحی هیدرولیکی، پس از نوشتن معادلات حاکم بر جریان، طراحی پروانه، دیفیوز و جمع‌کننده در پمپ‌های گریز از مرکز انجام می‌شود.

مشخصاتی نظیر قطر محور، وضعیت آب‌بندی، نوع بیرینگها، خارها، مقادیر سرعت بحرانی و ارتعاشات آن، نیروهای وارده بر قسمت‌های مختلف پمپ و ... در طراحی مکانیکی پمپ‌ها مورد بحث و بررسی قرار می‌گیرند.

از طرف دیگر جهت اطمینان از کارکرد صحیح و ایمن پمپ، لزوم آزمایش پمپ‌ها در مدار آزمایشگاهی مخصوص آن احساس می‌شود. این مدار آزمایشگاهی مطابق استاندارد ISO 3355 و سایر ملزومات آزمون پمپ‌های نفتی، باید قابلیت انجام آزمونهای عملکرد، عیب‌یابی و ... را داشته باشد. ضمن اینکه چگونگی انجام انواع مختلف این آزمونها در قسمتی از این مجموعه ذکر گردیده است.

در پایان به بررسی نمونه ساخته یک پمپ نفتی و نتایج حاصله از آزمونهای تایید آن پرداخته شده است.

علم - مفاهيم و واحدها

A	atmospheric pressure	m Hg
A_2	area of orifice	m^2
B	length of weir crest	m
C	coefficient of discharge for orifice plate	-
D	pipe diameter at orifice plate	m
D_d	discharge pipe diameter at discharge gauge connection	m
D_s	suction pipe diameter at suction gauge connection	m
H	total pump head	m
H_q	reading at the mercury manometer	mm
K_x	orifice plate constant	
L	length of lever arm	m
M	pump input torque	Nm
M_d	torque measured by dynamometer	Nm
M_f	friction torque	Nm
N_1	speed on test	rpm
N_2	rated speed	rpm
NPSH	net positive suction head	m
P	power input	W
Q	capacity	m^3/s
T	water temperature	$^{\circ}C$
T_a	ambient temperature	$^{\circ}C$
U_M	output voltage of the dynamometer	V
U_{gd}	output voltage of the discharge pressure transducer	V
U_{gs}	output voltage of the suction pressure transducer	V
V_d	average water velocity in discharge pipe at discharge gauge connection	m/s
V_s	average water velocity in suction pipe at suction gauge connection	m/s
Z_d	elevation of discharge gauge zero above pump axis	m
Z_s	elevation of suction gauge zero above pump axis	m
W	net weight measured by dynamometer	N
d	orifice diameter	m
$g = 9.81$	acceleration due to gravity	m/s^2
$h_s = h + 0.0005$		m
h	observed head on crest, without correction for velocity of approach	m
	head across the orifice plate	m
h_a	atmospheric pressure	m
h_d	total discharge head	m
h_{gd}	discharge gauge head (static part of total discharge head)	m
h_{gs}	suction gauge head (static part of total suction head)	m
h_s	total suction head	m
h_{vpa}	vapour pressure of water	m
P_{gd}	pressure on the discharge pressure transducer	bar
P_{gs}	pressure on the suction pressure transducer	bar
z	height of weir crest above bottom of channel approach	m

w	specific weight of pumped water	N/m^3
η_p	pump efficiency	%
$\pi = 3.14159$		
ρ	density of pumped water	kg/m^3
ρ_{ma}	density of mercury at ambient temperature	kg/m^3
ρ_{wa}	density of water at ambient temperature	kg/m^3

عنوان

تصویب نامه

قدردانی و تشکر

چکیده

علائم راهنما

شماره صفحه

عناوین

سرآغاز

گفتار یکم: مروری بر مفاهیم اولیه در پمپ‌ها

- ۱-۱) طبقه‌بندی پمپ‌ها براساس ساختار و طرح آنها ۲
- ۱-۲) پمپ‌های گریز از مرکز ۵
- ۱-۳) مفاهیم اولیه در پمپ‌های سانتریفوژ ۸
- ۱-۴) راندمان در پمپ‌ها ۱۰
- ۱-۵) کاویتاسیون در پمپ‌های سانتریفوژ ۱۳
- ۱-۶) لزوم آزمایش پمپ‌ها ۱۴

گفتار دوم: مقدمه‌ای بر استانداردهای API610/8 و HIS

- ۲-۱) اهداف استاندارد API610 و عناوین دربرگیرنده آن ۱۷
- ۲-۲) استاندارد HIS و عناوین دربرگیرنده آن ۲۱

گفتار سوم: آببندهای مکانیکی

- ۳-۱) شناسایی عملکرد انواع آببندهای مکانیکی ۲۴
- ۳-۲) مروری بر API 682/1 ۲۶

گفتار چهارم: اصول حاکم بر طراحی پمپ‌های نفتی

- ۳۰ (۴-۱) معادلات حاکم بر جریان سیال داخل پمپ
- ۳۳ (۴-۲) طراحی هیدرولیکی پمپ‌های گریز از مرکز
- ۶۰ (۴-۳) طراحی مکانیکی پمپ‌های سانتریفوژ
- ۶۹ (۴-۴) گزینش مواد در پمپ‌های نفتی

گفتار پنجم: طراحی مدار آزمون پمپ‌ها

- ۷۳ (۵-۱) مروری بر ISO 3555
- ۷۳ (۵-۲) ابزار و لوازم و روشهای اندازه‌گیری در آزمایش پمپ API
- ۷۹ (۵-۳) طراحی مدار تست پمپ‌ها

گفتار ششم: چگونگی انجام انواع آزمون‌های پمپ‌های نفتی

- ۸۶ (۶-۱) بازرسی و آزمون مواد
- ۸۶ (۶-۲) بازرسی‌ها و آزمونهای مکانیکی

گفتار هفتم: بررسی نمونه ساخته شده یک پمپ نفتی و تدوین دستاوردهای عملی در نظارت بر

آزمونهای تایید (ACCEPTANCE TEST)

- ۹۵ (۷-۱) قسمتهای مختلف پمپ نفتی CP150/315
- ۹۹ (۷-۲) دستاوردهای عملی در نظارت بر تستهای تایید (Acceptance Test)

مراجع

سرنماز:

پمپ‌ها ماشین‌هایی هستند که برای بالا بردن مایع از سطح پایین به سطح بالا و یا انتقال سیالات بکار می‌روند. و در حالت کلی این کار با تولید اختلاف فشار بین قسمت مکش و تخلیه آنها عملی می‌گردد. بعد از انقلاب صنعتی اروپا، هنگامیکه روش تولید انبوه محصولات، جایگزین روش ساخت تک محصولی گردید و توجیه اقتصادی هر پروژه در کنار مسائل فنی آن نیز مطرح شد، پمپ‌هایی با ظرفیت و راندمان بالا، توسط کشورهای صنعتی، طراحی و ساخته شد. با پیدایش تئوریهای جدید طراحی و تکنولوژی ساخت، تدریجا رقابت فشرده‌ای بین سازندگان پمپ ایجاد گردید و تا اواسط قرن نوزدهم، کلیه پیشرفتهای مربوط به طراحی و ساخت پمپ‌های سانتریفوژ محرمانه تلقی می‌شد.

در کشور ما، ایران، نیز طراحی و ساخت انواع پمپ‌ها از سالهای پیش از انقلاب شروع شده و مراحل رشد خود را طی کرده است، لیکن در این میان طراحی و ساخت پمپ‌های نفتی نوپا بوده و مراحل اولیه خود را طی می‌کند.

با توجه به استاندارد طراحی و ساخت و نصب پمپ‌های نفتی - API 610^۱ - موارد مهم در طراحی مکانیکی و هیدرولیکی پمپ‌ها مشخص می‌گردد. همچنین روشهای آزمون پمپ‌ها و محدوده مقایسه اندازه‌گیری که در کارکرد صحیح پمپ حائز اهمیت می‌باشند در این استاندارد آمده است.

از طرفی جهت پیشرفت صنعت پمپ و در این میان پمپ‌های نفتی، نیاز به مراحل بهبود و توسعه روشهای طراحی و ساخت آن می‌باشد که این مهم از طریق انجام آزمون‌هایی بر روی پمپ‌ها و انجام مراحل بهبود پس از آنها می‌باشد. لذا مدار آزمایشگاهی پمپ یکی از عوامل توسعه صنعت پمپ‌های نفتی در ایران می‌باشد. در گفتار اول این مجموعه پس از معرفی انواع پمپ‌ها، به تشریح قسمتهای مختلف انواع پمپ‌های گریز از مرکز و مفاهیم اولیه در مباحث این پمپ‌ها پرداخته شده است. همچنین لزوم آزمایش پمپ‌های نفتی در مدار آزمایشگاهی مربوطه اشاره شده است.

در گفتار دوم، با توجه به اهمیت استانداردهای طراحی، ساخت، نصب و راه‌اندازی پمپ‌های نفتی، مروری بر استانداردهای API 610 و HIS^۲ داشته‌ایم که اهداف استانداردهای مربوطه و عناوین دربرگیرنده آنها اشاره شده است.

در پمپ‌های سانتریفوژ، جهت جلوگیری از نشت سیال، باید محور پمپ از محل تماس با محفظه پمپ آب‌بندی شود. آب‌بندهای مکانیکی در پمپ‌های نفتی یکی از موارد اساسی در صنایع نفت می‌باشد، زیرا قطعات آب‌بند حساس بوده و بر اثر دمای زیاد و سایش سطوح و عوامل موثر دیگر خراب می‌شوند. در گفتار سوم پس از معرفی انواع آب‌بندها و عملکرد آنها در پمپ، مروری بر استاندارد API 682/1 و ملزومات آب‌بندهای مکانیکی مورد استفاده در صنعت نفت شده است.

در گفتار چهارم اصول حاکم بر طراحی پمپ‌های نفتی به تشریح اشاره شده‌اند. در این گفتار ابتدا به مباحث هیدرولیکی و معادلات حاکم بر جریان سیال داخل پمپ پرداخته شده و سپس طراحی هیدرولیکی و مکانیکی پمپ‌های گریز از مرکز به تفصیل توضیح داده شده است. همچنین با توجه به اهمیت جنس قطعات بکاررفته در پمپ‌های نفتی، گزینش مواد در قسمتهای مختلف پمپ‌های نفتی در این گفتار اشاره شده است.

گفتار پنجم این مجموعه به مدار آزمون پمپ‌های نفتی و طراحی آنها پرداخته است. ابتدا استاندارد ISO 3555 که ملزومات اندازه‌گیری و آزمایش پارامترهای مختلف در پمپ‌ها را شامل می‌شود، توضیح داده شده است. سپس با استفاده از آنها به بررسی ابزار و لوازم اندازه‌گیری و آزمون آنها پرداخته شده است و در نهایت طراحی کامل مدار آزمایش پمپ‌های نفتی با توجه به موارد اندازه‌گیری شونده و وسایل مورد نیاز آنها آورده شده است.

در گفتار ششم، چگونگی انجام آزمونهای پمپ‌های نفتی و مراحل مختلف آن توضیح داده شده است. آزمونهای مورد نیاز جهت صدور گواهی تایید پمپ‌ها مطابق استاندارد API 610/8 مشخص شده‌اند. لذا روشهای انجام این آزمونها جهت رسیدن به نتایج صحیح در آنها از جمله موارد مهم در شناسایی عملکرد پمپ‌ها می‌باشد.

گفتار هفتم این پایان نامه، به بررسی نمونه ساخته شده یک پمپ نفتی پرداخته و نتایج آزمونهای انجام شده بر روی آنها را ارائه کرده است.

در پایان فهرست مراجع و منابع مورد استفاده در این پایان نامه آورده شده است.

گفتار یکم

مروری بر مفاهیم اولیه در پمپ‌ها

پیش‌گفتار

پمپ‌ها ماشین‌هایی هستند که برای بالا بردن مایع از سطح پایین به سطح بالا و یا تخلیه مایع از ناحیه فشار پایین به ناحیه فشار بالا و یا انتقال سیالات بکار می‌روند که در حالت کلی با تولید اختلاف فشار بین قسمت مکش و تخلیه آنها عملی می‌گردد.

به لحاظ محدوده وسیع کاربرد در صنایع مختلف و انتقال انواع مایعات با مشخصات گوناگون، طبیعی است که به همان نسبت پمپ‌ها از تنوع و ویژگی‌های زیادی برخوردار باشند. این تنوع، طبقه‌بندی انواع پمپ‌ها را پیچیده نموده و حصول یک تعریف جامع و کامل را مشکل‌تر می‌سازد. در این فصل طبقه‌بندی بر مبنای ساختمان و طرح پمپ انجام گرفته، سپس پمپ‌های متداول در صنعت براساس نوع سرویس‌دهی آنها معرفی شده‌اند. با توجه به اینکه بحث این مجموعه، شامل پمپ‌های سانتریفوژ می‌باشد، انواع این پمپ‌ها و مباحث مرتبط با آنها، بیشتر مورد بررسی قرار گرفته‌اند. در نهایت به لزوم تست پمپ‌ها و تایید مشخصات طراحی آنها اشاره شده‌است.

۱-۱) طبقه‌بندی پمپ‌ها براساس ساختار و طرح آنها

در این روش پمپ‌ها به شرح زیر طبقه‌بندی می‌شوند:

الف) پمپ‌های دورانی^۱، که به عنوان پمپ‌های جابجایی مثبت نیز شناخته می‌شوند.

ب) پمپ‌های رفت و برگشتی^۲ (متناوب)

ج) پمپ‌های گریز از مرکز^۳ (سانتریفوژ)

الف) پمپ‌های دورانی

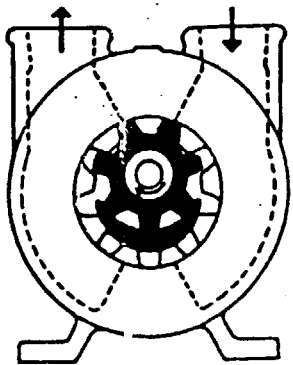
در این پمپ‌ها، قسمت گردنده که به شکل‌های مختلف تیغه‌ای، پیچی و ... ساخته می‌شود، در یک محفظه به دوران درآمده و سیال را در فضای ایجاد شده حبس و جابجا می‌نماید. این نوع پمپ‌ها معمولاً برای پمپاژ مایعات لزج، انتقال روغن هیدرولیک و سوخت استفاده می‌شود. انواع مهم پمپ‌های دورانی عبارتند از:

۱- پمپ دنده‌ای - که در انواع مختلف پمپ دنده خارجی و پمپ دنده داخلی وجود دارند.

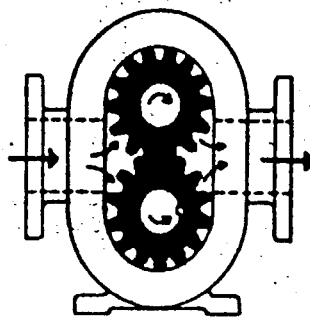
۲- پمپ تیغه‌ای - این نوع پمپ از یک استوانه که پیرامون آن شیارهایی تعبیه گردیده، تشکیل شده است. در میان این شیارها، تیغه‌هایی جاگذاری شده که در اثر نیروی گریز از مرکز یا فنر، سیال را به بیرون می‌رانند.

۳- پمپ پیچی - ساختمان این پمپ‌ها شامل یک پیچ یا شفت مارپیچی که در یک محفظه قرار گرفته، می‌باشد و فضای خارجی آن، بین پیچ و بدنه در اثر چرخش به جلو حرکت کرده و عمل پمپاژ صورت می‌گیرد. این پمپ‌ها در انواع تک محوره، دو و سه محوره ساخته می‌شوند.

۴- پمپ گوشواره‌ای - اساس کار این پمپ‌ها مانند پمپ‌های دنده‌ای می‌باشد با این تفاوت که شکل قطعه گردنده آن به صورت گوشواره یا پولک بوده و به شکل‌های تک پهلوی و چند پهلوی ساخته می‌شوند.



- دنده داخلی



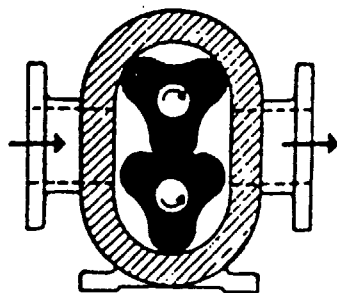
- دنده خارجی

شکل (۱-۱) الف) انواع پمپ‌های دورانی - پمپ‌های دنده‌ای

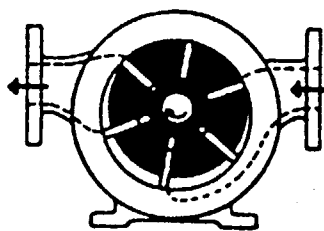
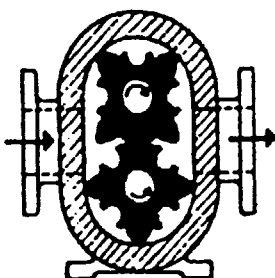
1- Rotary Pump

2- Reciprocating Pump

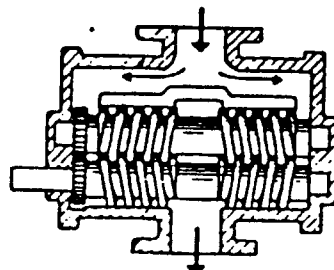
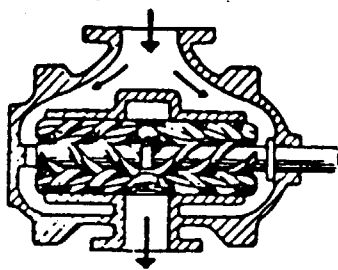
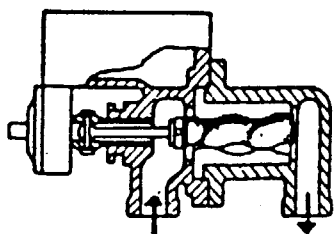
3- Centrifugal Pump



(ج) پمپ گوشواره‌ای



(ب) پمپ تیغه‌ای

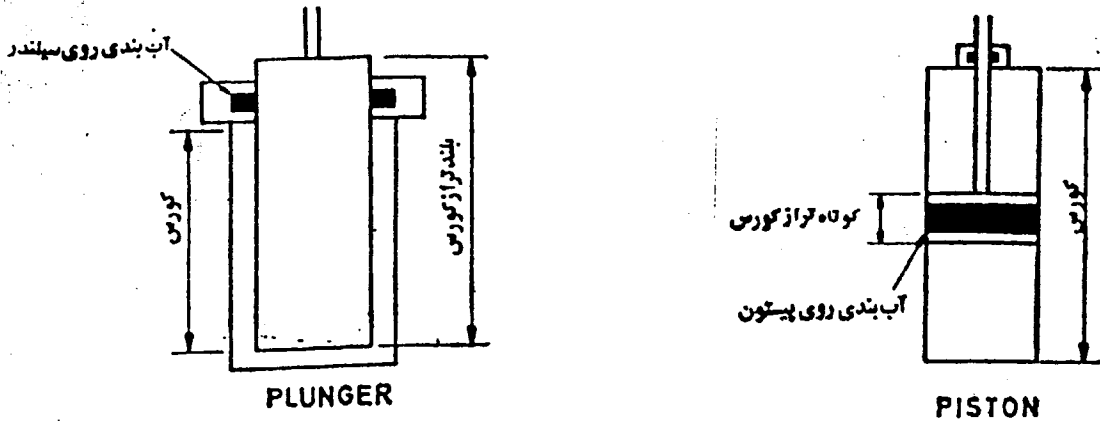


(د) پمپ‌های پیچی

شکل (۱-۱) انواع پمپ‌های دورانی

ب) پمپ‌های رفت و برگشتی

اصول کار این پمپ‌ها مکانیزم سیلندر - پیستون می‌باشد. این پمپ‌ها برای جریانهای کم و فشار زیاد بکار می‌روند و محرک آنها می‌تواند بخار، هوا یا موتور الکتریکی باشد و می‌توانند به صورت افقی و عمودی ساخته شوند و عموماً جهت پمپاژ آب، روغن، گل و لای و لجن بکار می‌روند. پمپ‌های نوع پلانجر و دیافراگمی از این دسته می‌باشند.



شکل (۱-۲) پمپ‌های رفت و برگشتی

۲) پمپ‌های گریز از مرکز

ساختار اصلی این پمپ‌ها از مجموعه‌ای از پره‌ها که روی محور سوار شده‌اند تشکیل می‌گردد و به لحاظ نوع زاویه پره و محفظه‌ای که پره‌ها درون آن قرار می‌گیرد به انواع مختلف تقسیم‌بندی می‌شوند. این پمپ‌ها دارای یک یا چند طبقه مشابه بوده و به صورت عمودی یا افقی مورد استفاده قرار می‌گیرند که در مباحث بعدی، انواع آنها بیشتر مورد بررسی قرار می‌گیرد.

موسسه استاندارد هیدرولیک (HIS) تقسیم‌بندی انواع پمپ‌ها را به صورت شاخه درختی ذیل توضیح و ارائه نموده است که در این مجموعه به بحث و بررسی پمپ‌های جریان شعاعی گریز از مرکز پرداخته شده است: