

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



طراحی بهینه تانک ضربه گیر و پنستاک سد با کمک الگوریتم تکامل ترکیبی مجموعه ها

پایان نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد
در رشته مهندسی عمران گرایش آب

استاد راهنما:

دکتر محمد هادی افشار

دانشجو:

رضا طاهری

شهریورماه ۱۳۸۶

تقدیم به:

پدر و مادر عزیز و مهربانم

تشکر و قدردانی:

بر خود لازم می دانم از زحمات و راهنمایی های بی دریغ استاد عزیز و
ارجمندم، جناب آقای دکتر محمد هادی افشار، که در تمام مراحل این تحقیق مرا
یاری نمودند، سپاسگزاری نمایم.

چکیده

پدیده ضربه قوچ¹ یکی از مسائل مهم در خطوط انتقال آب می باشد که باید با مدیریت درست و طراحی مناسب اجزا و متعلقات موجود در خطوط انتقال آب به شکل صحیح کنترل شود. در نیروگاههای برقابی در اثر افزایش یا کاهش بار روی ژنراتور، به دلیل ارتباط مستقیم و درگیر بودن توربین با ژنراتور، این تغییر بار روی سرعت توربین تاثیر می گذارد و همین امر موجب تغییر در باز شدگی دریچه توربین و در نهایت تشکیل موج فشار که از آن تحت عنوان پدیده ضربه قوچ یاد می کنند، می گردد. به منظور کنترل این موج فشاری تولید شده و جلوگیری از آسیب رساندن به متعلقات نیروگاه از جمله توربین ها و تاسیسات آبی از مخزنی به نام تانک ضربه گیر² در محل تلاقی تونل آبگیر و پنستاک³ سدها استفاده می شود.

هدف از این پایان نامه بکارگیری الگوریتم بهینه سازی تکامل ترکیبی مجموعه ها⁴ (SCE) در یک مدل شبیه سازی عددی (مشخصه ها) جهت تعیین ابعاد بهینه سیستم کنترل کننده ضربه قوچ می باشد. در این مدل بهینه سازی-شبیه سازی، قطر و ضخامت تونل آبگیر، قطر و ضخامت پنستاک، قطر تانک ضربه گیر به عنوان متغیرهای تصمیم می باشند، که با توجه به کمترین هزینه ساخت و رعایت محدودیت های هیدرولیکی تعیین می شوند. همچنین به منظور ارزیابی حقیقی مدل توسعه داده شده از یک مطالعه موردی استفاده شده است. نتایج نشان می دهد که مدل مربوط در تعیین ابعاد بهینه سیستم کنترل کننده ضربه قوچ دارای توانمندی قابل ملاحظه ای می باشد و قابلیت کاربرد در موارد مشابه را دارد.

¹ Waterhammer

² Surge Tank

³ Penstock

⁴ Shuffle Complex Evolution

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۱	فصل ۱ جریان گذرا در خطوط انتقال آب و روشهای کنترل آن
۱-۱	مقدمه: ۱-۱
۲-۱	ضربه قوچ: ۲-۱
۳-۱	عوامل موثر بر پدیده ضربه قوچ: ۳-۱
۱-۳-۱	پمپ ها: ۱-۳-۱
۲-۳-۱	شیرها: ۲-۳-۱
۳-۳-۱	توربین ها: ۳-۳-۱
۴-۱	عوامل ناماندگاری در خطوط انتقال آب: ۴-۱
۵-۱	مشکلات ناشی از ضربه قوچ: ۵-۱
۶-۱	لزوم کنترل جریان گذرا در خطوط انتقال: ۶-۱
۷-۱	روشهایی برای کنترل جریان گذرا: ۷-۱
۱-۷-۱	مخازن ضربه گیر: ۱-۷-۱
۲-۷-۱	مخازن هوا: ۲-۷-۱
۳۲	
۳۵	فصل ۲ الگوریتمهای فراکاوشی
۱-۲	مقدمه: ۱-۲
۲-۲	تاریخچه: ۲-۲
۳-۲	الگوریتمهای فراکاوشی: ۳-۲
۴-۲	تقسیم بندی الگوریتمهای فراکاوشی: ۴-۲
۱-۴-۲	بر اساس منشا طبیعی یا غیر طبیعی: ۱-۴-۲
۲-۴-۲	جستجو جمعیتی و یا تک نقطه ای: ۲-۴-۲
۳-۴-۲	روشهای با حافظه و بدون حافظه: ۳-۴-۲
۵-۲	الگوریتم نورد شبیه سازی شده: ۵-۲
۶-۲	الگوریتم استراتژی تکاملی: ۶-۲
۷-۲	الگوریتم جستجوی ممنوعه: ۷-۲
۸-۲	الگوریتم ژنتیک (GA): ۸-۲

- ۹-۲. الگوریتم بهینه سازی ازدحامی ذرات (PSO): ۴۶
- ۱۰-۲. الگوریتم بهینه سازی جامعه مورچگان (ACO): ۴۸

فصل ۳ الگوریتم بهینه سازی تکامل ترکیبی مجموعه ها (SCE) ۵۰

- ۱-۳. مقدمه..... ۵۱
- ۲-۳. تاریخچه ۵۳
- ۳-۳. ویژگیهای الگوریتم تکامل ترکیبی مجموعه ها: ۵۴
- ۱-۳-۳. دستورالعمل آمیختن چند مجموعه: ۵۵
- ۲-۳-۳. دستورالعمل تکامل رقابتی مجموعه ها: ۵۶
- ۴-۳. انتخاب پارامترهای الگوریتم تکامل ترکیبی مجموعه ها: ۵۸
- ۱-۴-۳. پارامترهای دوآن ۵۸
- ۲-۴-۳. پارامترهای اصلاح شده..... ۵۹

فصل ۴ کاربرد الگوریتم SCE در حل مسائل پیچیده ریاضی ۶۰

- ۱-۴. مقدمه..... ۶۱
- ۲-۴. حداکثر سازی تابع سینوسی نامقید ۶۲
- ۳-۴. حداقل سازی تابع اکلی (Ackley)..... ۶۴
- ۴-۴. حداقل سازی تابع Fletcher-Powell..... ۷۰
- ۵-۴. جمع بندی ۷۴

فصل ۵ مدل شبیه سازی خطوط انتقال آب در نیروگاههای برقابی ۷۵

- ۱-۵. مقدمه..... ۷۶
- ۲-۵. معادلات حاکم بر پدیده ضربه قوچ..... ۷۷
- ۳-۵. روشهای تحلیل جریان گذرا..... ۷۷
- ۴-۵. روش مشخصه ها..... ۷۸
- ۵-۵. شرایط آغازین..... ۸۴
- ۶-۵. شرط آغازین توربین ۸۵
- ۷-۵. شرایط مرزی ۸۷
- ۱-۷-۵. مخزن با تراز ثابت در بالادست ۸۸
- ۲-۷-۵. اتصال دو لوله به یکدیگر..... ۹۰
- ۳-۷-۵. شرایط مرزی تانک ضربه گیر..... ۹۲
- ۴-۷-۵. شرایط مرزی مخازن هوا ۹۴
- ۵-۷-۵. شرط مرزی توربین ۹۸

۱۱۵.....۸-۵. صحت سنجی مدل شبیه سازی.....

فصل ۶ توسعه مدل طراحی بهینه خطوط انتقال آب در نیروگاههای برقابی ۱۲۳

۱۲۴.....۱-۶. مقدمه.....

۱۲۴.....۲-۶. فرمول بندی مدل.....

۱۲۸.....۳-۶. فرمول بندی الگوریتم SCE.....

۱۲۹.....۱-۳-۶. انتخاب متغیرهای تصمیم.....

۱۲۹.....۲-۳-۶. اعمال جریمه برای تخلف از قیود.....

فصل ۷ بررسی عملکرد مدل شبیه سازی- بهینه سازی ۱۳۷

۱۳۸.....۱-۷. مقدمه.....

۱۳۹.....۲-۷. مشخصات خط انتقال مورد بررسی در مساله فرضی.....

۱۴۰.....۳-۷. طراحی خطوط انتقال و تانک ضربه گیر توسط مدل شبیه سازی-بهینه سازی.....

۱۴۰.....۴-۷. ترسیم رویه تابع هدف.....

فصل ۸ نتایج و پیشنهادات ۱۴۹

۱۵۰.....۱-۸. نتیجه گیری.....

۱۵۲.....۲-۸. پیشنهادات.....

۱۵۳ **مراجع**

۱۵۶ **پیوست**

فهرست اشکال

صفحه	عنوان
۱	فصل ۱ جریان گذرا در خطوط انتقال آب و روشهای کنترل آن
شکل ۱-۱	مسیرهای جریان در پمپ های سانتریفوژ؛ (الف) جریان شعاعی، عمودی، (ب) جریان مخلوط، (ج) جریان شعاعی، افقی، (د) جریان محوری..... ۶
شکل ۱-۲	منحنی نوعی هد-دبی پمپ ۷
شکل ۱-۳	انواع شیرهای یکطرفه؛ (الف) دورانی، (ب) بادبزی، (ج) بالا رونده ۱۰
شکل ۱-۴	یک نوع شیر کاهنده فشار ۱۰
شکل ۱-۵	شیرهای هوای معمولی؛ (الف) شیر خلا، (ب) شیر تخلیه هوا..... ۱۱
شکل ۱-۶	توربین فرانسیس برای پروژه گراندکولی، کلمبیا..... ۱۳
شکل ۱-۷	شکل ساده توربین پروانه ای ۱۳
شکل ۱-۸	توربین ضربه ای ۱۵
شکل ۱-۹	دیاگرام شماتیک یک نیروگاه برقابی ۲۰
شکل ۱-۱۰	شکل انواع تانک ضربه گیر ۲۲
شکل ۱-۱۱	نمادی از تانک ضربه گیر ساده ۲۴
شکل ۱-۱۲	نمادی از تانک اریفیس ۲۸
شکل ۱-۱۳	نمادی از تانک دیفرانسیل ۲۹
شکل ۱-۱۴	نمادی از تانک ضربه گیر بسته ۳۱
شکل ۱-۱۵	مخزن هوا ۳۳
۳۵	فصل ۲ الگوریتمهای فراکاوشی
۵۰	فصل ۳ الگوریتم بهینه سازی تکامل ترکیبی مجموعه ها (SCE)
۶۰	فصل ۴ کاربرد الگوریتم SCE در حل مسائل پیچیده ریاضی
شکل ۴-۱	شکل رویه تابع سینوسی نامقید در محدوده ۵۰-۵ ۶۲

- شکل ۴-۲. تغییرات مقدار تابع هدف در طول دوره برای تابع سینوسی نامقید ۶۳
- شکل ۴-۳. تغییرات مقدار تابع هدف بر حسب تعداد دفعات ارزیابی تابع برای تابع سینوسی نامقید ... ۶۴
- شکل ۴-۴. شکل رویه تابع Ackley در محدوده ۳۰ و ۳۰- ۶۵
- شکل ۴-۵. شکل رویه تابع Ackley در محدوده ۶ و ۶- ۶۶
- شکل ۴-۶. شکل رویه تابع Ackley در محدوده ۲ و ۲- ۶۶
- شکل ۴-۷. تغییرات مقدار تابع هدف در طول دوره برای تابع Ackley (حالت دو متغیره) ۶۸
- شکل ۴-۸. تغییرات مقدار تابع هدف در طول دوره برای تابع Ackley (حالت ۱۰ متغیره) ۶۹
- شکل ۴-۹. تغییرات مقدار تابع هدف بر حسب تعداد دفعات ارزیابی تابع برای تابع Ackley (حالت دو متغیره) ۶۹
- شکل ۴-۱۰. تغییرات مقدار تابع هدف بر حسب تعداد دفعات ارزیابی تابع برای تابع Ackley (حالت ۱۰ متغیره) ۷۰
- شکل ۴-۱۱. شکل رویه تابع Fletcher-Powell در محدوده $-\pi$ و π ۷۱
- شکل ۴-۱۲. تغییرات مقدار تابع هدف در طول دوره برای تابع Fletcher-Powell (حالت ۵ متغیره) ... ۷۳
- شکل ۴-۱۳. تغییرات مقدار تابع هدف بر حسب تعداد دفعات ارزیابی تابع برای تابع Fletcher-Powell (حالت ۵ متغیره) ۷۴

فصل ۵ مدل شبیه سازی خطوط انتقال آب در نیروگاههای برقابی ۷۵

- شکل ۵-۱. خطوط مشخصه در صفحه $x-t$ ۸۳
- شکل ۵-۲. شبکه خطوط مشخصه ۸۴
- شکل ۵-۳. منحنی مشخصه یک توربین فرانسویس (واحد انگلیسی) ۸۷
- شکل ۵-۴. مخزن بالادست با تراز ثابت ۸۹
- شکل ۵-۵. لوله های سری ۹۱
- شکل ۵-۶. تانک ضربه گیر ۹۳
- شکل ۵-۷. جزئیات مخزن هوا ۹۶
- شکل ۵-۸. شرایط مرزی برای یک توربین فرانسویس ۱۰۲
- شکل ۵-۹. درونیایی منحنی مشخصه توربین ۱۰۴
- شکل ۵-۱۰. دیاگرام شماتیک یک گاورنر ضربه گیر ۱۰۷
- شکل ۵-۱۱. توجیح زمان راه اندازی جریان ۱۱۳
- شکل ۵-۱۲. مشخصات بهینه گاورنر ۱۱۴
- شکل ۵-۱۳. نمودار تغییرات هد آب در تانک ضربه گیر برای مساله باز کردن شیر ۱۱۶
- شکل ۵-۱۴. نمودار تغییرات تراز آب در تانک ضربه گیر (کنترل شده با گاورنر) ۱۱۹
- شکل ۵-۱۵. نمودار تغییرات هد آب روی توربین (کنترل شده با گاورنر) ۱۲۰
- شکل ۵-۱۶. نمودار تغییرات دبی عبوری از توربین (کنترل شده با گاورنر) ۱۲۰
- شکل ۵-۱۷. نمودار تغییرات سرعت توربین (کنترل شده با گاورنر) ۱۲۱

شکل ۵-۱۸. نمودار تغییرات میزان باز شدگی دریچه (کنترل شده با گاورنر)..... ۱۲۱

فصل ۶ توسعه مدل طراحی بهینه خطوط انتقال آب در نیروگاههای برقابی ۱۲۳

شکل ۶-۱. ساختار مدل شبیه سازی- بهینه سازی..... ۱۳۰

فصل ۷ بررسی عملکرد مدل شبیه سازی- بهینه سازی ۱۳۷

شکل ۷-۱. مشخصات مساله فرضی..... ۱۳۹

شکل ۷-۲. تغییرات مقدار تابع هدف در طول دوره..... ۱۴۲

شکل ۷-۳. تغییرات مقدار تابع هدف برحسب تعداد دفعات ارزیابی تابع..... ۱۴۲

شکل ۷-۴. بهترین، متوسط و بدترین مقدار تابع هدف در ۱۰ بار اجرا..... ۱۴۳

شکل ۷-۵. نمودار تغییرات تراز آب در تانک ضربه گیر (کنترل شده با گاورنر)..... ۱۴۳

شکل ۷-۶. نمودار تغییرات هد توربین (کنترل شده با گاورنر)..... ۱۴۴

شکل ۷-۷. نمودار تغییرات دبی عبوری از توربین (کنترل شده با گاورنر)..... ۱۴۴

شکل ۷-۸. نمودار تغییرات سرعت توربین (کنترل شده با گاورنر)..... ۱۴۴

شکل ۷-۹. نمودار تغییرات بازشدگی دریچه توربین (کنترل شده با گاورنر)..... ۱۴۵

شکل ۷-۱۰. نمودار رویه تابع هدف بر حسب قطر پنستاک و قطر تونل آبگیر..... ۱۴۵

شکل ۷-۱۱. نمودار رویه تابع هدف بر حسب قطر پنستاک و قطر تانک ضربه گیر..... ۱۴۵

شکل ۷-۱۲. نمودار رویه تابع هدف بر حسب قطر تونل آبگیر و قطر تانک ضربه گیر..... ۱۴۵

فصل ۸ نتایج و پیشنهادات ۱۴۹

مراجع ۱۵۳

پیوست ۱۵۶

فهرست جداول

۱	فصل ۱ جریان گذرا در خطوط انتقال آب و روشهای کنترل آن
۳۵	فصل ۲ الگوریتمهای فراکاوشی
۵۰	فصل ۳ الگوریتم بهینه سازی تکامل ترکیبی مجموعه ها (SCE)
۶۰	فصل ۴ کاربرد الگوریتم SCE در حل مسائل پیچیده ریاضی
۶۴	جدول ۴-۱. پارامترهای آماری تابع هدف در ۱۰ بار اجرا برای تابع سینوسی نامقید.....
۶۷	جدول ۴-۲. مقادیر تابع اکلی با ۱۰ متغیر تصمیم با استفاده از الگوریتم های مختلف ACO.....
۶۸	جدول ۴-۳. پارامترهای آماری تابع هدف در ۱۰ بار اجرا برای تابع اکلی با ۲ و ۱۰ متغیر تصمیم ...
۷۲	جدول ۴-۴. مقادیر تابع Fletcher-Powell با ۵ متغیر تصمیم با استفاده از الگوریتم های مختلف ACO.....
۷۳	جدول ۴-۵. پارامترهای آماری تابع هدف در ۱۰ بار اجرا.....
۷۵	فصل ۵ مدل شبیه سازی خطوط انتقال آب در نیروگاههای برقابی
۸۶	جدول ۵-۱. تعریف پارامتر های واحد.....
۱۱۵	جدول ۵-۲. مقادیر ضرایب خود تنظیم کننده.....
۱۱۶	جدول ۵-۳. دبی عبوری از شیر در زمانهای مختلف.....
۱۱۶	جدول ۵-۴. مقادیر فرضی در نظر گرفته شده جهت صحت سنجی مدل شبیه سازی.....
۱۱۸	جدول ۵-۵. مشخصات توربوژنراتور.....
۱۱۸	جدول ۵-۶. مشخصات گاورنر و متعلقات آن.....
۱۲۳	فصل ۶ توسعه مدل طراحی بهینه خطوط انتقال آب در نیروگاههای برقابی
۱۳۷	فصل ۷ بررسی عملکرد مدل شبیه سازی- بهینه سازی
۱۴۰	جدول ۷-۱. مشخصات مسیر خط لوله.....

- جدول ۷-۲. پارامترهای SCE ۱۴۱
- جدول ۷-۳. مشخصات شبکه طراحی شده توسط الگوریتم SCE برای مساله فرضی ۱۴۲
- جدول ۷-۴. پارامترهای آماری تابع هدف در ۱۰ بار اجرا ۱۴۳

۱۴۹ فصل ۸ نتایج و پیشنهادات

۱۵۳ مراجع

۱۵۶ پیوست

فصل ۱

جریان گذرا در خطوط انتقال

آب و روشهای کنترل آن

۱-۱. مقدمه :

یک خط انتقال آب از تجهیزات گوناگونی نظیر لوله ها، مخازن ذخیره، شیرها، توربین ها، پمپها، مخازن ضربه گیر و ... تشکیل شده است که هر کدام جریان آب را به نحوی تحت تاثیر قرار می دهند. جریان در یک خط لوله در مواقعی ماندگار^۱ و در مواقعی دیگر ناماندگار^۲ یا گذرا^۳ می باشد. در جریان ماندگار، مقادیر پارامترهای جریان وابستگی به زمان نداشته و همواره ثابت هستند. در جریان گذرا، مولفه های اصلی جریان با گذشت زمان تغییر می کنند. فشار و دبی یک سیال درون یک مجرای بسته نظیر لوله همواره با هم اندرکنش داشته و وابسته به هم می باشند. هر تغییر جزئی در دبی جریان باعث تغییری متناسب با آن در فشار متناظر می شود و بالعکس. تغییر فشار بوجود آمده در این فرآیند ممکن است خیلی ناچیز و قابل چشم پوشی باشد و یا برعکس می تواند چندان بزرگ باشد که در بعضی مواقع باعث در هم شکستن خط لوله یا دیگر تاسیسات یک سیستم انتقال شود. این تغییرات به شکل یک موج فشار در مسیر خط انتقال، انتشار می یابد. به علت اهمیت فوق العاده این موضوع و احتمال آسیب رساندن به خطوط انتقال، باید تجهیزاتی برای کنترل این موج فشار تعبیه گردد. در این فصل برخی تجهیزات موجود در خطوط انتقال و عوامل ایجاد جریان گذرا تشریح می شود و همچنین وسایل لازم برای کنترل این جریان ارائه می گردد.

¹ Steady

² Unsteady

³ Transient

۲-۱. ضربه قوچ

در مواقعی که تغییرات سرعت جریان در یک سیستم به قدری سریع باشد که خواص الاستیکی لوله و سیال باید در نظر گرفته شوند، یک نوع ناماندگاری هیدرولیکی رخ می دهد که به عنوان ضربه قوچ شناخته می شود.

مساله ضربه قوچ در طراحی و بهره برداری از انواع گوناگونی از سیستمهای هیدرولیکی نظیر خطوط انتقال آب، سیستمهای آبیاری، مجاری صنعتی، سیستمهای توزیع آب و جمع آوری فاضلاب، تاسیسات انرژی اتمی و بسیاری از شاخه های صنعت مورد توجه قرار می گیرد. در تمام این سیستمها، جریان ناماندگار حتی الامکان در هنگام جاری شدن جریان یا پایان آن بوقوع پیوسته و به طور حتم همراه با ضربه قوچ می باشد، حتی اگر این ضربه خطرناک نباشد. ضربه قوچ می تواند باعث افزایش تنش در جدار لوله ها و متعلقات آنها شده و به آنها آسیب وارد سازد. همچنین ممکن است باعث آشفتهگی در روال کار سیستمهای هیدرولیکی و تحریف نتایج کمیتهای اندازه گیری شده در آنها شود.

خطر دیگر ضربه قوچ، مشکل بودن روندیابی آن بدون محاسبات پیچیده و دقیق و تشخیص اینکه آیا این پدیده به یک سیستم خاص آسیب می رساند و یا می توان از اثرات آن چشم پوشی کرد، می باشد. محاسبات ضربه قوچ وقت گیر بوده و در مورد سیستمهای هیدرولیکی پیچیده نیاز به دانش تخصصی بالا و برخی اطلاعات در مورد سیستم تحت بررسی می باشد که همیشه در دسترس نیست.

۳-۱. عوامل موثر بر پدیده ضربه قوچ

شرایط گوناگونی بر پدیده ضربه قوچ موثرند که معمولا نمی توان آنها را در محاسبات وارد

کرد. مهمترین نکاتی که در محاسبه ضربه قوچ در یک سیستم باید در نظر داشت عبارتند از: تعیین و انتخاب بحرانی ترین ضربه ای که در طول بهره برداری از یک سیستم می تواند روی دهد، جمع آوری داده های قابل اعتماد از تمام تجهیزات تشکیل دهنده سیستم، مدل سازی صحیح سیستم از نظر هیدرولیکی و تفسیر نتایج بدست آمده.

علاوه بر قابلیت تراکم پذیری سیال، الاستیسیته لوله و شرایط تکیه گاهی آن نیز بر سرعت امواج ناشی از ضربه قوچ در لوله موثر بوده و در نتیجه انتشار ضربه و تغییرات سرعت و فشار در خط لوله را تحت تاثیر قرار می دهند. بعضی مواقع حتی افت فشارهای موضعی را نیز علاوه بر آنچه که در خط لوله رخ می دهد، باید در محاسبات وارد کرد.

تجهیزات مختلفی که در سیستمهای هیدرولیکی به کار می روند، فرآیند ضربه قوچ را به نحوی تحت تاثیر قرار می دهند. برخی از این تجهیزات نظیر مخازن ضربه گیر، مخزن هوا و شیرهای ورود هوا به منظور کنترل تاثیرات ضربه به کار رفته و تاثیر مستقیم بر آن دارند (بخش ۱-۷ را ببینید)، در حالیکه برخی دیگر نظیر پمپها، مخازن ذخیره، شیرها و توربینها کاربرد دیگری داشته و در عین حال بر ضربه قوچ موثرند. در ذیل به شرح مختصری درباره پمپ ها، شیرها و توربینها می پردازیم.

۱-۳-۱. پمپ ها

پمپ ها در خطوط آبرسانی برای تامین هد اضافی به منظور بالا بردن آب از یک سطح پایین تر به یک سطح بالاتر استفاده می شوند. در شبکه های توزیع، پمپ ها ممکن است در

خارج از شبکه به عنوان پمپ های آبرسانی^۱ برای تامین آب از منابع خارجی و یا داخل شبکه به عنوان پمپ های تقویتی^۲ برای تامین فشار در سیستم به کار می روند.

۱-۳-۱. پمپ های سانتریفوژ و انواع آنها

متداولترین پمپ هایی که در سیستم های آب و فاضلاب شهری کاربرد دارند، پمپ های سانتریفوژ^۳ هستند. پمپ سانتریفوژ به پمپی اطلاق می شود که در آن مایع توسط یک پروانه چرخان انرژی می گیرد. تمام پمپ های سانتریفوژ یک ویژگی مشترک دارند و آن این است که مجهز به یک بدنه هستند که کار آن جمع آوری سیال رانده شده توسط پروانه و نیز تبدیل بخشی از انرژی جنبشی (سرعت) به انرژی فشار است. براساس چگونگی مسیر حرکت سیال در بین پروانه های پمپ، پمپ های سانتریفوژ به سه نوع زیر تقسیم می شوند، شکل (۱-۱):

۱. پمپ های جریان شعاعی

۲. پمپ های جریان محوری

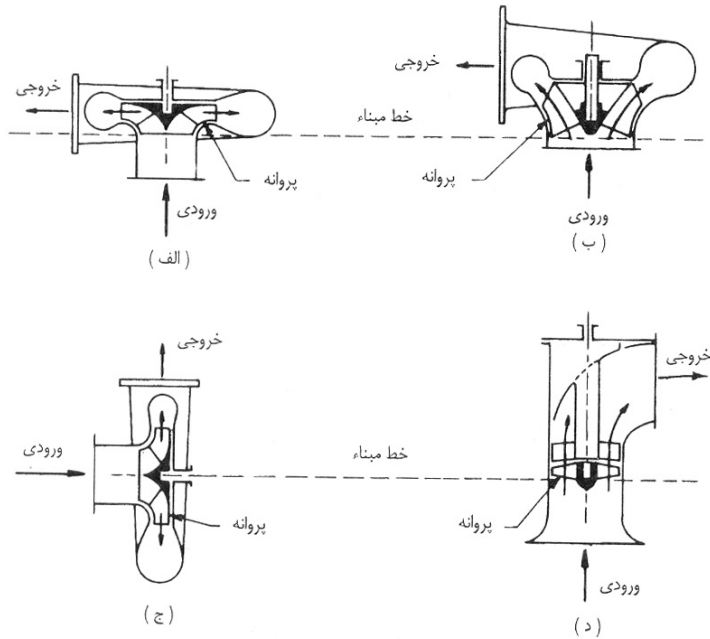
۳. پمپ های جریان مخلوط

سیال در پمپ جریان شعاعی به طور شعاعی، در پمپ جریان محوری به طور محوری و در پمپ جریان مخلوط به صورت ترکیبی از جریانهای شعاعی و محوری جابجا می شود.

¹ Supply Pumps

² Booster Pumps

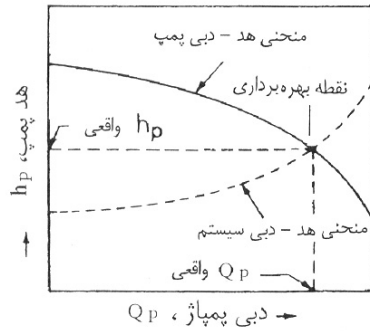
³ Centrifugal Pumps



شکل ۱-۱. مسیرهای جریان در پمپ های سانتریفوژ؛ (الف) جریان شعاعی، عمودی، (ب) جریان مخلوط، (ج) جریان شعاعی، افقی، (د) جریان محوری

۲-۱-۳-۱. منحنی هد-دبی پمپ

در یک سرعت ثابت دوران پروانه، در هر پمپ یک رابطه منحصر به فرد بین هد دینامیکی کل h_p (هدی که پمپ به آب می افزاید) و دبی پمپاژ Q_p آن وجود دارد. منحنی ای که این رابطه را نشان دهد به منحنی هد-دبی پمپ و یا به اختصار منحنی پمپ معروف است. یک منحنی نوعی هد-دبی پمپ در شکل (۲-۱) نشان داده شده است.



شکل ۱-۲. منحنی نوعی هد-دبی پمپ

۳-۱-۳-۱. روابط هد-دبی

با برازش رگرسیون چند جمله ای به منحنی های پمپ، فیتز^۱ مشاهده کرد که چند جمله ای درجه سه (h_p به عنوان تابعی از Q_p) معمولاً بهترین برازش را دارد. اما جیپسون^۲ و دیویس^۳ مشاهده کردند که چند جمله ای درجه دو معمولاً در عمل مناسب و کافی است. لذا کاربرد رابطه زیر متداول است:

$$h_p = A Q_p^2 + B Q_p + H_0 \quad (1-1)$$

که در آن A ، B و H_0 ثابت هستند و با برازش معادله فوق به حداقل سه نقطه از دامنه

¹ Fietz
² Jeppson
³ Davis