دانشگاه سیستان و بلوچستان

تحصیلات تکمیلی

پایان‌نامه کارشناسی ارشد در رشته مهندسی عمران گرایش سازه‌های هیدرولیکی

عنوان:

بررسی جریان‌های گذرا در شبکه آبرسانی شهری

اساتید راهنما:

دکتر محمد گیوه‌چی

دکتر محمود فغفور مغربی

استاد مشاور:

دکتر غلامرضا عزیزیان

تحقیق و نگارش:

هاشم فصیحی فرد

(این پایان نامه از حمایت مالی معاونت پژوهشی دانشگاه سیستان و بلوچستان بهره مند شده است)

شهریورماه ۱۳۹۲

بسمه تعالی

این پایان نامه با عنوان بررسی جریانهای گذرا در شبکه آبرسانی شهری قسمتی از برنامه آموزشی دوره کارشناسی ارشد سازه های هیدرولیکی توسط دانشجو هاشم فصیحی فرد با راهنمایی اساتید پایان نامه دکتر گیوه چی و دکتر فغفور مغربی تهیه شده است. استفاده از مطالب آن به منظور اهداف آموزشی با ذکر مرجع و اطلاع کتبی به حوزه تحصیلات تکمیلی دانشگاه سیستان و بلوچستان مجاز می باشد.

هاشم فصیحی فرد

این پایان نامه ..... واحد درسی شناخته می شود و در تاریخ ..... توسط هیئت داوران بررسی و درجه ..... به آن تعلق گرفت.

	نام و نام خانوادگی	**امضاء**	**تاریخ**
استاد راهنمای اول:	دکتر محمد گیوه چی		
استاد راهنمای دوم:	دکتر محمود فغفور مغربی		
استاد مشاور:	دکتر غلامرضا عزیزیان		
داور ۱:	دکتر مهدی اژدری مقدم		
داور ۲:	دکتر سید آرمان هاشمی منفرد		
نماینده تحصیلات تکمیلی:	دکتر علیرضا شهرکی		

دانشگاه سیستان و بلوچستان

تعهدنامه اصالت اثر

اینجانب هاشـــم فصـــیحی فرد تعهد می کنم که مطالب مندرج در این پایان نامه حاصل کار پژوهشی اینجانب اســـت و به دستاوردهای پژوهشی دیگران که در این نوشته از آن استفاده شده است مطابق مقررات ارجاع گردیده اســـت. این پایان نامه پیش از این برای احراز هیچ مدرک هم ســـطح یا بالاتر ارائه نشده است.

کلیه حقوق مادی و معنوی این اثر متعلق به دانشگاه سیستان و بلوچستان می باشد.

نام و نام خانوادگی دانشجو: هاشم فصیحی فرد

امضاء

تقدیم به

پدر و مادر مهربانم

که نور حضورشان تا همیشه راهنمای من خواهد بود

و همسرم

این همیشه دلسوز و همراهم،

که اگر فداکاری ها و صبوری هایش نبود،

این اثر به سرانجام نمی رسید.

با تشکر از اساتید گرانقدر

جناب آقای دکتر کیوه چی

جناب آقای دکتر فغفور مغربی

جناب آقای دکتر عزیزیان

که توصیه های خردمندانه و همراهی همیشگی شان،

قدم هایم را استوارتر می ساخت

و عزمم را راسخ تر...

چکیده:

طراحی بهینه سیستم‌های انتقال و توزیع آب و ایمنی آنها در برابر فشارهای ناشی از جریان‌های گذرا از موضوعات مهمی است که امروزه مهندسان و طراحان با آن روبرو هستند. از اینرو مطالعه جریان‌های گذرا می‌تواند سهم بسزایی در این زمینه داشته باشد. بنابراین اطلاع از میزان اهمیت هر یک از عوامل موثر در این طراحی کمک بزرگی خواهد بود تا اثر آن عوامل به طور جدی‌تر بررسی شود. در تحقیق حاضر سعی شده عوامل مختلف تاثیر گذار بر فشـــارهای ایجاد شده ناشی از جریان‌های گـــذرا، با انجام آزمایش‌هایی در مدل آزمایشگاهی‌ای که به همین منظور طراحی و ساخته شده است و همچنین با استفاده از مدل شبیه‌سازی شده آن در نرم‌افزار HAMMER، مورد بررسی قرار گیرد؛ که نهایتا با تعیین میزان حساسیت هر یک از این عوامل در ایجاد فشارهای بیشینه و کمینه، می‌توان از آنها در طراحی هر چه دقیق‌تر و بهینه‌تر شبکه‌های انتقال آب بهره جست. در این تحقیق ابتدا داده‌های اولیه از مدل آزمایشگاهی شامل ضریب جریان شیرها، سرعت موج درون لوله و ضریب زبری لوله‌ها، جهت مدلسازی رایانه‌ای، استخراج گردید. آنگاه نتایج مدل شبیه سازی شده نرم‌افزاری توسط مدل آزمایشگاهی در دو حالت جریان پایدار و جریان گذرا اعتبار سنجی شد، سپس جهت در نظر گرفتن مجموعه کاملی از حالات رخ دادن جریان‌های گذرا در شبکه های آبرسانی، دو حالت رایج بوجود آمدن این نوع جریان‌ها یعنی حالت بسته شدن سریع شیر و نیز حالت از کار افتادن ناگهانی پمپ مورد مطالعه قرار گرفت و در هر حالت آزمایش‌های متعددی برای بررسی اثر عوامل مختلف تاثیر گذار بر روی فشارهای بوجود آمده، به انجام رسید که نتایج در قالب جداول و نمودار ها ارائه شده است.

کلمات کلیدی: شبکه‌های آبرسانی، جریان‌های گذرا، مدل آزمایشگاهی، از کار افتادن پمپ، بسته شدن شیر

فهرست مطالب

۱ فصل اول ۱

۱-۱ مقدمه ۲

۱-۲ تعریف مسئله و ضرورت انجام تحقیق ۲

۱-۳ نوآوری و کاربرد ۳

۱-۴ اهداف تحقیق ۴

۱-۵ مروری بر فصلها ۴

۲ فصل دوم ۶

۲-۱ بررسی تحقیقات گذشته ۷

۳ فصل سوم ۱۳

۳-۱ معرفی مدل آزمایشگاهی ۱۴

۳-۱-۱ فشار سنج ها ۱۴

۳-۱-۲ لوله ها ۱۴

۳-۱-۳ لوله های برگشت ۱۵

۳-۱-۴ شیر ها ۱۵

۳-۱-۵ سیستم ثبت اطلاعات ۱۵

۳-۱-۶ پمپ ۱۶

۳-۱-۷ دبی‌سنج ۱۷

۳-۱-۸ مخزن تحت فشار ۱۸

۳-۲ معرفی نرم افزار HAMMER ۲۰

۳-۲-۱ توانمندی ها و ابزارهای HAMMER ۲۰

۴ فصل چهارم ۲۳

۴-۱ مدلسازی ۲۴

۴-۱-۱ تعیین ضریب جریان شیرها ۲۴
۴-۱-۲ محاسبه سرعت موج ۲۴
۴-۱-۳ محاسبه ضریب زبری ۲۵
۴-۲ مدلسازی ۲۶
۴-۳ اعتبارسنجی مدل در حالت وجود جریان پایدار ۳۱
۵ فصل پنجم ۳۳
۵-۱ اعتبارسنجی مدل نرم افزار در حالت ناپایدار ۳۴
۵-۱-۱ اعتبار سنجی مدل در حالت بسته شدن شیر ۳۴
۵-۲ بررسی جریان های گذرا در حالت جریان ناپایدار ۳۶
۵-۲-۱ آزمایشات در حالت بسته شدن شیر ۳۶
۵-۲-۲ آزمایشات در حالت ازکار افتادن ناگهانی پمپ ۶۱
۶ فصل ششم ۶۷
۶-۱ نتیجه گیری ۶۸
۶-۱-۱ نتایج مربوط به تحلیل مدل در حالت جریان پایدار ۶۸
۶-۱-۲ نتایج مربوط به تحلیل مدل در حالت جریان ناپایدار ۶۸
۷ مراجع ۷۱
۸ پیوستها ۷۳
۸-۱ نمایی کلی از جریان های گذرا ۷۴
۸-۱-۱ تشریح ساده پدیده ضربه قوچ ۷۵
۸-۱-۲ سرعت انتقال امواج فشار ۸۱
۸-۱-۳ معادله ژوکوفسکی ۸۴
۸-۱-۴ تاریخچه روش های حل ۸۴
۸-۱-۵ دلایل ایجاد جریان های گذرا ۸۷
۸-۱-۶ اثرات ایجاد جریان گذرا ۹۳
۸-۱-۷ نحوه پیشگیری از اثرات جریانهای گذرا و تجهیزات حفاظتی مربوط به آن ۹۴

۸-۱-۸ نظریه جریان گذرا ۱۰۹
۸-۱-۹ معادلات ریاضی تشریح کننده پدیده ضربه قوچ ۱۰۹
۸-۱-۱۰ معادلات حاکم در جریان پایدار ۱۱۴
۸-۱-۱۱ معادلات حاکم در جریانهای ناپایدار ۱۱۶
۸-۱-۱۲ حل معادلات دیفرانسیل جزئی به روش مشخصات ۱۱۸
۸-۲ معرفی نرم افزارهای مرتبط ۱۲۵
۸-۲-۱ نرم افزار WaterGEMS ۱۲۵
۸-۲-۲ نرم افزار Pipe Flow Expert ۱۲۷
۸-۲-۳ نرم افزار Piping System Fluid Flow ۱۲۸
۸-۲-۴ نرم افزار EPANET ۱۲۸

فهرست شکل‌ها

شکل ۲-۱. مدل آزمایشگاهی Ismaier و Schlucker ۹
شکل ۲-۲. نمودار فشار در برابر زمان برای سرعت پمپ ۳۰Hz ۹
شکل ۲-۳. نمودار فشار در برابر زمان برای سرعت پمپ ۴۰Hz ۹
شکل ۲-۴. نمودار هد گذرا در برابر زمان در پایین دست شیر یکطرفه ۱۰
شکل ۳-۱. شبکه نمونه ساخته شده در آزمایشگاه هیدرولیک ۱۴
شکل ۳-۲. نرم افزار ثبت اطلاعات تهیه شده مخصوص این طرح تحقیقاتی ۱۶
شکل ۳-۳. منحنی مشخصه پمپ مورد استفاده ۱۷
شکل ۳-۴. منحنی راندمان پمپ مورد استفاده ۱۷
شکل ۳-۵. منحنی درصد خطای دبیسنج ۱۸
شکل ۳-۶. پمپ، مخزن تحت فشار و دبی‌سنج ۱۹
شکل ۳-۷. پمپ، مخزن تحت فشار، دبی سنج و مخزن ۱۰۰۰ لیتری ۱۹
شکل ۴-۱. نمایی از محیط نرمافزار و شبکه مدلسازی شده در آن ۲۸
شکل ۴-۲. نمای مسیر ۱ ..... ۲۹
شکل ۴-۳. نمای مسیر ۲ ..... ۲۹
شکل ۴-۴. نمای مسیر ۳ ..... ۳۰
شکل ۴-۵. نمایی شماتیک از مدل آزمایشگاهی ۳۰
شکل ۵-۱. تاریخچه زمانی فشار ایجاد شده در فشارسنج P۵ در اثر بسته شدن سریع شیر V۱۳ ..... ۳۵
شکل ۵-۲. تاریخچه زمانی فشار ایجاد شده در فشارسنج P۵ در اثر بسته شدن شیر V۱۳ در مدت زمان۲s ۳۵
شکل ۵-۳. تغییرات فشار اولیه سیستم در مقابل تغییرات دبی ۳۸
شکل ۵-۴. تغییرات فشار حداکثر بوجود آمده ناشی از بسته شدن سریع شیر در مقابل تغییرات دبی ۳۸
شکل ۵-۵. نمودار میزان تغیرات هد ماکزیمم نسبت به هد اولیه سیستم در اثر تغییر دبی ۳۸
شکل ۵-۶. نمودار میـــزان تغیرات هد ماکزیمم نسبت به هد اولیه سیستم در اثر تغییر دبی به همراه هد اولیه و هد ماکزیمم ناشی از بسته شدن شیر به مدت ۲ ثانیه ۴۰
شکل ۵-۷. نمودار میـزان تغیرات هد ماکزیمم نسبت به هد اولیه سیستم در اثر تغییر دبی به همراه هد اولیه و هد ماکزیمم ناشی از بسته شدن شیر به مدت ۵ ثانیه ۴۰
شکل ۵-۸. مقایسه تاثیر زمانهای بسته شدن شیر بر روی هد ماکزیمم بوجود آمده در دبیهای مختلف ۴۲
شکل ۵-۹. فشارهای ایجاد شده در فشارسنج P۱۶ در دبی ۳۵ لیتر بر دقیقه ۴۲
شکل ۵-۱۰. هد ماکزیمم در فشارسنجهای P۱۳، P۱۰ و P۳ در زمانهای مختلف بسته شدن شیر ۴۴
شکل ۵-۱۱. میزان تغییـــرات هد ماکزیمم نسبت به هد اولیه در فشارسنجهای P۱۳، P۱۰ و P۳ در زمان های مختلف بسته شدن شیر ۴۵

شکل ۵-۱۲. تغییرات دبی در مقابل تغییر قطر لوله.....۴۶
شکل ۵-۱۳. تغییرات هد سیستم در مقابل تغییر قطر لوله ۴۷
شکل ۵-۱۴. تغییرات هد ماکزیمم در مقابل تغییر قطر لوله ۴۷
شکل ۵-۱۵. تغییرات هد اولیه شبکه در مقابل تغییر قطر در فشار سنج P۱۳..... ۴۸
شکل ۵-۱۶. تغییرات هد ماکزیمم ناشی از بسته شدن شیر در مقابل تغییر قطر در فشار سنج P۱۳ ..... ۴۸
شکل ۵-۱۷. تغییرات هد ماکزیمم ناشی از بسته شدن سریع شیر در مقابل تغییرات ضخامت لوله..... ۵۰
شکل ۵-۱۸. تغییرات هد ماکزیمم در مقابل تغییرات دما در حالت لوله غیر جدار نازک ۵۲
شکل ۵-۱۹. تغییرات هد ماکزیمم در مقابل تغییرات دما در حالت لوله جدار نازک ۵۳
شکل ۵-۲۰. هد اولیه و فشار ماکزیمم بوجود آمـــــده در دو حالت جدار نازک و غیرجدار نازک در مقابل تغییر دما ۵۳
شکل ۵-۲۱. مقایسه حداکثر فشارهای بوجود آمده در فشارسنج P۱۳ برای لولههای با جنس مختلف..... ۵۵
شکل ۵-۲۲. حداکثر فشارهای ایجاد شده در فشارسنج P۱۳ در طول سالهای بهرهبرداری ۵۶
شکل ۵-۲۳. مقایسه میزان تغییرات هد ماکزیمم نسبت به هد اولیه در طول سالیان بهرهبرداری برای لوله های PVC و چدنی..... ۵۷
شکل ۵-۲۴. تغییرات هد ماکزیمم در مقابل تغییرات قطر ورودی شیر اطمینان ۵۹
شکل ۵-۲۵. تغییرات هد ماکزیمم در مقابل تغییرات فشار حدی عملکرد شیر اطمینان ۶۰
شکل ۵-۲۶. تغییرات هد ماکزیمم در مقابل تغییرات ثابت فنر شیر اطمینان ۶۰
شکل ۵-۲۷. فشارهای ایجاد شده در نقطه J۶۴ بلافاصله بعد از پمپ برای مقادیر مختلف چرخ لنگر ۶۱
شکل ۵-۲۸. تغییرات فشار نسبت به حالت بدون وجود چرخ لنگر در مقابل تغییرات چرخ لنگر ۶۲
شکل ۵-۲۹. محل اولین برخورد منحنی خط گرادیان هیدرولیکی با خط ارتفاع سیستم ۶۴
شکل ۵-۳۰. نصب تانک موجگیر در نقطه J۱۰.....۶۵
شکل ۵-۳۱. نصب تانک موجگیر در نقطه J۲۰.....۶۶
شکل ۸-۱. یک سیستم ساده جهت ایجاد ضربه قوچ ۷۶
شکل ۸-۲. انتشار امواج فشار در یک سیستم ساده ۷۸
شکل ۸-۳. منحنی ارتفاع نظیر فشار و زمان در سه نقطه در طول خط لوله ۸۰
شکل ۸-۴. جدایی ستون مایع به علت بسته شدن شیر ۸۸
شکل ۸-۵. ایجاد پدیده جدایی ستون مایع (Column Separation) پس از از کار افتادن پمپ..... ۸۹
شکل ۸-۶. پر کردن خط خالی ۹۰
شکل ۸-۷. هواگیری مدار رانش پمپ..... ۹۱
شکل ۸-۸. امواج فشاری ایجاد شده توسط شیرهای هوا ۹۲
شکل ۸-۹. دو نوع از شیرهای اطمینان..... ۹۷
شکل ۸-۱۰. تانک موج گیر یک طرفه ۹۹

شکل ۸-۱۱. اثر نصب تانکهای موجگیر یکطرفه بر روی خط شیب گرادیان هیدرولیکی ۹۹
شکل ۸-۱۲. تصویر یک محفظه هوا همراه با تجهیزات مرتبط ۱۰۰
شکل ۸-۱۳. اثر نصب محفظه هوا بر روی نحوه انتشار امواج فشار منفی پس از از کار افتادن پمپ.....۱۰۲
شکل ۸-۱۴. اثر نصب محفظه هوا و تانک موجگیر ۱۰۲
شکل ۸-۱۵. کاربرد لوله کنارگذر پمپ همراه با شیر یکطرفه.....۱۰۳
شکل ۸-۱۶. اثر چرخ طیار.....۱۰۴
شکل ۸-۱۷. انواع شیرهای یکطرفه با دیسک لولایی ۱۰۶
شکل ۸-۱۸. انواع شیرهای یکطرفه با دیسک بالارونده ۱۰۷
شکل ۸-۱۹. دو نوع شیر یکطرفه دیسک محوری ۱۰۸
شکل ۸-۲۰. شیر یکطرفه دیسک مایل ۱۰۸
شکل ۸-۲۱. نیروهای وارد بر المانی استوانهای از سیال ۱۱۰
شکل ۸-۲۲. اصل بقاء ماده ۱۱۲
شکل ۸-۲۳. خطوط HGL و EL ۱۱۵
شکل ۸-۲۴. نمایش محور مختصات (s-t) ۱۲۱
شکل ۸-۲۵. محور مختصات (s-t) برای به دست آوردن مقادیر V و p ۱۲۲
شکل ۸-۲۶. شبکه خطوط مشخصه برای یک لوله فرضی.....۱۲۴

فهرست جدول‌ها

جدول ۳-۱. مشخصات پمپ مورد استفاده ۱۷
جدول ۴-۱. محاسبه ضریب جریان در شیر ۲۴
جدول ۴-۲. محاسبه سرعت موج ۲۵
جدول ۴-۳. محاسبه ضریب زبری هیزن-ویلیامز ۲۶
جدول ۴-۴. فشارهای اندازه گیری شده و محاسبه شده ۳۱
جدول ۵-۱. فشار اولیه و فشار حداکثر ایجاد شده به هنگام بسته شدن سریع شیر در دبی های مختلف..... ۳۷
جدول ۵-۲. فشار اولیه و فشـــار حداکثر ایجاد شده به هنگام بسته شدن شیر در زمانهای ۲ و ۵ ثانیـــه در دبی های مختلف ۳۹
جدول ۵-۳. مقادیر ضریب C۱ و سرعت موج برای ضخامت های مختلف ۴۹
جدول ۵-۴. مقادیر مدول الاستیسیته حجمی و چگالی آب و سرعت موج در دماهای مختلف ۵۱
جدول ۵-۵. هد اولیه و فشار ماکزیمم بوجود آمـــــده در دو حالت جدار نازک و غیرجدار نـــــازک در مقابل تغییر دما ۵۴
جدول ۵-۶. ضرایب هیزن ویلیامز برای لوله های PVC و چدنی در سالهای مختلف بهره برداری ۵۵
جدول ۸-۱. مشخصات فیزیکی تعدادی از لوله های با جنس های متداول ۸۳
جدول ۸-۲. مشخصات فیزیکی تعدادی از سیالات ۸۳

فهرست علائم

علامت	نشانه
$C\left(\frac{m}{s}\right)$	سرعت انتشار امواج فشار
$\Delta H\ (m\ H_2O)$	حداکثر تغییر فشار ناشی از ضربه قوچ
$\Delta V\left(\frac{m}{s}\right)$	تغییرات سرعت آب
$t(s)$	زمان
$L(m)$	طول لوله
$\rho\left(\frac{kg}{m^3}\right)$	جرم مخصوص سیال
$D(mm)$	قطر داخلی لوله
$e(mm)$	ضخامت جدار لوله
$E(Pa)$	مدول الاستیسیته جنس لوله
$K(Pa)$	مدول الاستیسیته حجمی سیال
$g\left(\frac{m}{s^2}\right)$	شتاب ثقل زمین
$\Delta p(Pa)$	تغییرات فشار آب
$p\left(\frac{N}{m^2}\right)$	فشار
$\gamma\left(\frac{N}{m^3}\right)$	وزن مخصوص
$Z(m)$	ارتفاع
$v\left(\frac{m}{s}\right)$	سرعت
$h_p(m)$	هد پمپ
$h_l(m)$	افت هد
$Q_{in}\left(\frac{m^3}{s}\right)$	دبی کل ورودی به یک گره
$Q_{out}\left(\frac{m^3}{s}\right)$	دبی کل خروجی از یک گره
$\Delta v_s(m^3)$	تغییرات در حجم ذخیره

$\Delta t(s)$	تغییرات زمان
$S\left(\frac{m}{m}\right)$	شیب خط افت
$R(m)$	شعاع هیدرولیکی
k	ثابت رابطه هیزن-ویلیامز (۰/۸۵ برای SI)
C_{HW}	ضریب زبری هیزن-ویلیامز

۱ فصل اول

مقدمه

۱-۱ مقدمه

آب از محوری‌ترین عوامل توسعه جوامع انسانی است و از دیرباز نقش عمده‌ای در زندگی بشر ایفا نموده و با زندگی او آمیخته است. تمدن‌های اولیه به اتفاق در کنار منابع طبیعی آب شکل گرفته وگسترش پیدا کرده‌اند. در طی گذشت سالها با افزایش رشد و پراکندگی جمعیت و گسترش نیازهای کشاورزی، صنعتی و شرب دیگر ممکن نبود که بشر خود را به شرایط محیطی محدود کند و یا با صرف زمان بسیار و با هزینه زیاد اقدام به ساخت ابنیه‌های نگهداری آب کند که عموماً ظرفیت محدودی نیز دارند. لذا بشر به انتقال آب روی آورد.

نحوه انتقال آب بسته به موقعیت جغرافیایی و محیطی متفاوت بوده است. درمناطق پر آب از نهرهای روباز به منظور انتقال آب استفاده شده است. درمناطق کم آب روش‌های دیگری برگزیده شده است که از آن جمله می‌توان به حفر قنات و انتقال آب زیر زمینی در مسافت‌های طولانی اشاره کرد که این روش از شاهکارهای مهندسی آب می‌باشد که توسط ایرانیان ابداع شده است. استفاده از خطوط لوله‌ای انتقال آب، یکی دیگر از روش‌های انتقال آب می‌باشد که با پیشرفت بشر در قرون اخیر میسر شد. این روش ضمن کاهش اتلاف آب، انتقال حجم دلخواه آب با شدت مورد نظررا میسر می‌سازد. درطراحی سیستم‌های هیدرولیکی تحت فشار تحلیل جریان‌های ناپایدار بحث بسیار مهمی است. اگر مشخصات جریان مانند فشار، سرعت، دبی، دانسیته و یا سطح مقطع مجرا در یک نقطه از خط انتقال نسبت به زمان تغییری نداشته باشد، جریان را دائمی یا پایدار (Steady) می‌نامند [۱]. اگر این مشخصات نسبت به زمان تغییر کند جریان را غیردائمی یا ناپایدار (Unsteady) می‌نامند [۲]. زمانی که جریان از یک حالت دائمی به یک حالت دائمی دیگر تغییر کند، شرایط جریان بین این دو حالت را جریان گذرا (Transient Flow) می‌نامند [۳]. در تحقیق حاضر سعی شده با بررسی عوامل مختلف تاثیر گذار بر روی ایجاد جریان‌های گذرا، میزان حساسیت هر کدام از آن عوامل در حداکثر ضربه بوجود آمده ناشی از رخ دادن این جریان‌ها تعیین شود. این نتایج به هنگام طراحی شبکه‌ها می‌تواند کمک بزرگی برای مهندس طراح باشد تا عواملی که تاثیر گذاری بیشتری در بوجود آمدن حداکثر فشار دارند بیشتر مورد توجه قرار گرفته شوند و بدین صورت علاوه بر صرفه‌جویی در زمان به طراحی هر چه بهینه‌تر و اقتصادی‌تر شبکه کمک می‌کند.

۱-۲ تعریف مسئله و ضرورت انجام تحقیق

مطالعه جریان‌های ناپایدار در پروژه‌های مهندسی خط لوله و ایستگاههای پمپاژ از اهمیت خاصی برخوردار می‌باشد. علت این امر ایجاد فشارهای زیاد، صدا، خلاءزایی و ارتعاشات است که در اثر بروز این نوع جریان‌ها ایجاد شده و مقدار آنها ممکن است به حدی باشد که خطرات جدی برای ایستگاه پمپاژ، خط لوله و دیگر تاسیسات مربوط به خط انتقال

به وجود آورد [۴]. گاهی اوقات قدرت تخریبی موج فشار ایجاد شده آنقدر زیاد است که می‌توانـــد باعث ترکیدن خطوط لوله، خرابی و شکسته شدن شیرها، دریچه‌های کنترل و پمپ‌ها شود. به طور کلی تجزیه و تحلیل جریان‌های ناپایدار[۵] در شبکه‌های آبرسانی به دو روش زیر انجام می‌شود:

۱- نظریه ستون صلب آب: که در آن سیال به عنوان جسمی غیر الاستیک فرض شده و در نتیجه تغییرات فشار در یک لحظه در سرتاسر خط لوله منتقل می‌شود. در این روش همچنین فرض بر این است که خواص الاستیکی خط لوله هیچگونه نقشی در انتقال فشار ندارد. معادلات تشریح کننده جریان سیال در این حالت معمولا معادلات دیفرانسیل ساده بوده و به راحتی قابل حل می‌باشند.

۲- نظریه ضربه قوچ یا تئوری الاستیسیته: که در آن خواص الاستیکی خط لوله و سیال هر دو وارد محاسبات می‌گردند. تغییرات فشار ایجاد شده و همچنین سرعت انتشار امواج فشاری مستقیما به خواص مزبور بستگی دارند. معادلات تشریح کننده جریان سیال در این روش، دو معادله دیفرانسیل جزئی غیر خطی می‌باشند که حل آنها بسیار مشکل و پیچیده است، لیکن در عوض جواب‌های بدست آمده نسبت به روش قبل بسیار دقیق‌تر و مطمئن‌تر خواهد بود. می‌توان معادلات دیفرانسیل غیر خطی مذکور را با استفاده از روش‌های مختلفی حل کرد اما روشی که در این تحقیق مورد استفاده قرار می‌گیرد روش مشخصه (Method of Characteristics) [۶] خواهد بود.

۱-۳ نوآوری و کاربرد

امروزه با گسترش استفاده از نرم‌افزارهای پیشرفته در زمینه مهندسی آب، امکان شبیه‌سازی شبکه‌های پیچیده و در نظر گرفتن عوامل مختلف موثر بر روی جریان درون شبکه‌ها فراهم شده است که این امر بیش از پیش زمینه کار بر روی شبکه‌های مختلف آبرسانی را بوجود آورده است. این مهم بخصوص هنگامی که علاوه بر انجام آزمایشات نرم‌افزاری، با انجام آزمایشات در یک مدل آزمایشگاهی نیز همراه شود می‌تواند به درک رفتار شبکه‌های آبرسانی کمک شایانی نماید زیرا از طرفی با مقایسه نتایج حاصل از نرم‌افزار با نتایج حاصل از مدل آزمایشگاهی می‌توان مطمئن بود که نتایج حاصل از نرم‌افزار، نتایج قابل قبول و نزدیک به واقعیت هستند و از طرف دیگر می‌توان با بهره‌گیری از امکانات نرم‌افزار، آزمایشاتی که انجام آنها در آزمایشگاه مشکل و مستلزم صرف وقت و هزینه بسیار می‌باشد را در مدل نرم‌افزار انجام داد. به همین منظور در این تحقیق سعی شده با در نظر گرفتن یک شبکه‌ی آبرسانی آزمایشگاهی و همچنین

مدلسازی آن در نرم‌افزار، به بررسی عوامل مختلف موثر در ایجاد جریان‌های گذرا و میزان تاثیرگذاری هریک بر روی فشارهای ایجاد شده به هنگام وقوع این جریان‌ها، پرداخته شود.

۱-۴ اهداف تحقیق

از آنجا که وقوع جریان‌های گذرا در شبکه‌های آبرسانی به دلیل اثرات مخرب آن از مهمترین عوامل تاثیرگذار برروی نحوه طراحی در این شبکه‌ها می‌باشد در این تحقیق سعی شده تا با معین کردن اهمیت و تاثیرگذاری هریک از عوامل موثر در ایجاد این گونه جریان‌ها، در حالت‌های مختلف ایجاد ضربه نظیر بسته شدن شیر و یا از کار افتادن پمپ، به مقایسه میزان تاثیرپذیری شبکه از این عوامل پرداخته شود. بنابراین اهدافی که در این تحقیق قابل دستیابی خواهد بود از قرار زیر است:

۱- مدلسازی شبکه مورد نظر در نرم‌افزار و اعتبارسنجی آن با نتایج آزمایشگاهی در دو حالت جریان پایدار و جریان گذرا،

۲- بررسی تاثیر تغییرات دبی در میزان ضربه‌ی بوجود آمده،

۳- بررسی تاثیرات عوامل مختلف موثر در ایجاد ضربه در حالت بسته شدن شیر نظیر اثر تغییر قطر لوله، تغییر ضخامت لوله، تاثیر تغییرات دمای سیال، تاثیر نوع لوله‌های مختلف بکاربرده شده جهت آبرسانی، تاثیر تغییرات ضریب زبری لوله‌ها در طول سالهای بهره‌برداری، اثر استفاده از شیرهای اطمینان و میزان اهمیت هریک از مولفه‌های آن شامل تغییر قطر ورودی، فشار حدی باز شدن شیر و تاثیر ثابت فنر شیر در دو حالت لوله‌های جدار نازک و غیر جدار نازک،

۴- بررسی تاثیرات عوامل مختلف موثر در ایجاد ضربه در حالت از کار افتادن ناگهانی پمپ شامل تاثیر ممان اینرسی پمپ بر روی مهار ضربه در حالت وجود وعدم وجود چرخ لنگر،

۵- تعیین نقاط بالقوه ضعیف سیستم های آبرسانی با رصد کردن فشارهای ایجاد شده در تمام نقاط سیستم به هنگام از کار افتادن ناگهانی پمپ و

۶- تعیین بهترین محل استفاده از تانک موج‌گیر جهت جلوگیری از وارد آمدن خسارات احتمالی.

۱-۵ مروری بر فصل‌ها

در این تحقیق ابتدا به بیان علل وقوع جریان‌های گذرا و نحوه پیشگیری از اثرات آن پرداخته می‌شود. پس از آن با اشاره مختصری به مبانی نظری این جریان‌ها، نرم‌افزارهای موجود در زمینه تجزیه و تحلیل آنها معرفی می‌گردد و

علل استفاده از نرم‌افزار منتخب در این تحقیق شرح داده می‌شود. سپس مدل آزمایشگاهی و لوازم اندازه‌گیری بکار رفته در آن معرفی شده و نحوه مدلسازی آن در نرم‌افزار توضیح داده می‌شود. پس از انجام مدلسازی در نرم‌افزار، نتایج آن با نتایج حاصل از مدل آزمایشگاهی اعتبارسنجـــی خواهد شد. آنگاه با ایجاد جریان گذرا در سیستم در حالت‌های مختلف نظیر بستن شیر و یا از کار انداختن ناگهانی پمپ به بررسی این جریان‌ها و تعیین حساسیت هر یک از عوامل موثر در ایجاد آنها پرداخته شده و نتایج در قالب جداول و نمودارها ارائه می‌گردد.