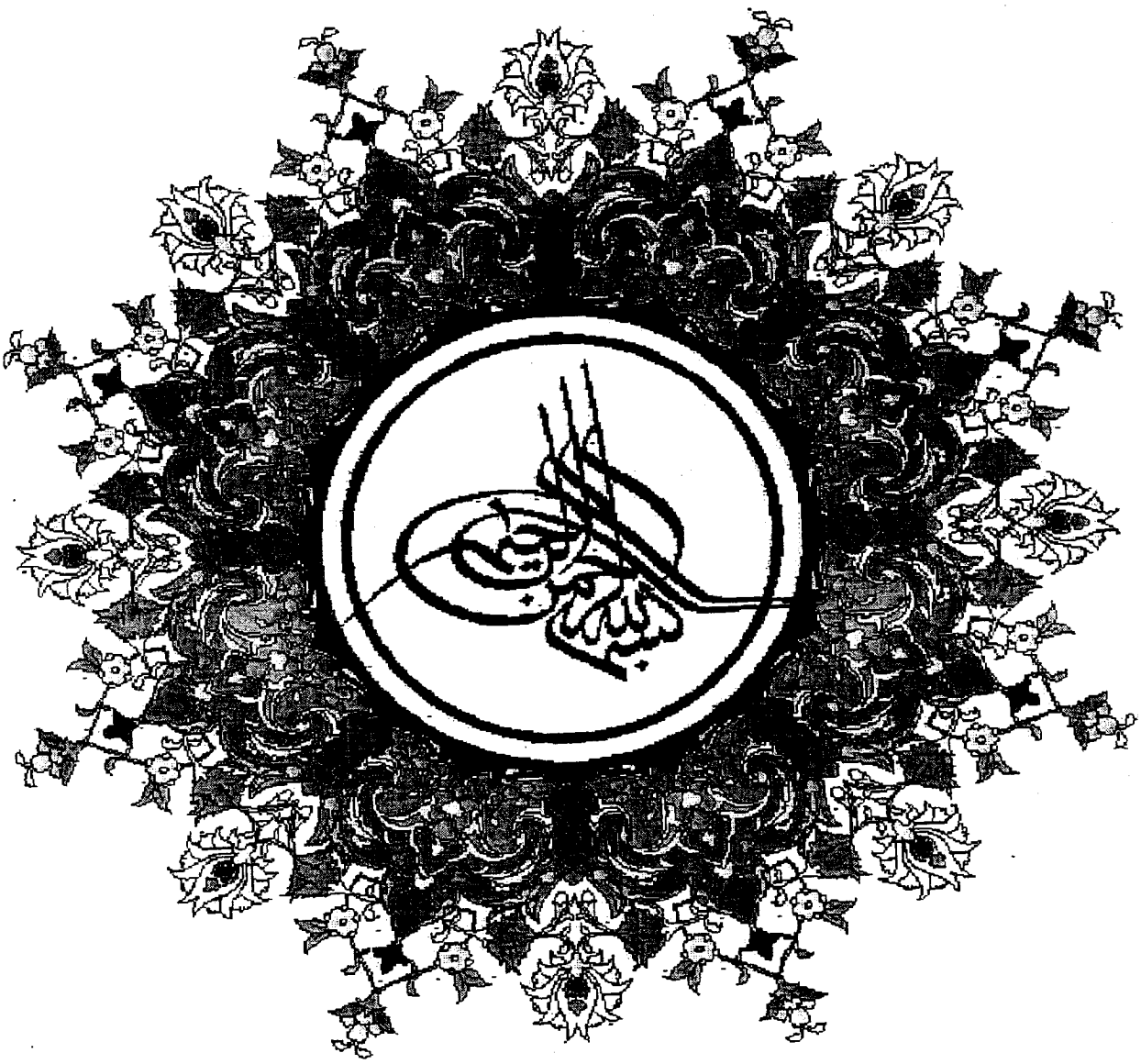

١٤٦٤٥٢

دانشگاه ارومیه

بررسی پدیده ضربه قوچ و معرفی بهترین روش های کنترل آن با استفاده از نرم افزارهای HAMMER و HYTRAN

(مطالعه موردی خط لوله ایستگاه پمپاژ سدحسنلو)

دانشکده کشاورزی

گروه مهندسی آب

پایان نامه جهت دریافت درجه کارشناسی ارشد

استاد راهنما:

دکتر حسین رضائی

استاد مشاور:

مهندس جواد شیخی وند

پریسا نظری

زمستان ۱۳۸۸

۱۳۸۹/۹/۸

۱۴۶۴۵۲

پایان نامه خانم پریسا نظری به تاریخ ۸۸/۱۱/۲۷ به شماره ۱۳۳-۲ک مورد پذیرش هیات محترم داوران با رتبه عالی ونمره ۱۸/۱ قرار گرفت.

۱-استاد راهنما و رئیس هیئت داوران :

۲-استاد مشاور :

۳-داور خارجی :

٤-داور داخلی :

٥- نماینده تحصیلات تکمیلی :

حق طبع و نشر این رساله متعلق به دانشگاه ارومیه است.

مجموعه حاضر را تقدیم می نمایم به:

ساحت مقدس امام زمان(عج)

پدر بزرگوارم

مادر دلسوزم

همسر مهربانم

تقدیر و تشکر

پروردگارا بر ما درهای رحمتت را بگشای و گنج های دانشت را بر ما بگستران

پروردگار عالم را ستایش می کنم که لطف بیکران خویش را بر من ارزانی داشت تا این مجموعه را فراهم آورم و پس از دو سال تلاش بی وقفه مرحله ای دیگر از زندگی خود را با موفقیت سپری نمایم. سپاس می گویم خداوند بزرگ را که مرا شایسته انجام این خدمت کوچک گردانید و توانایی انجام این کار را اعطا نمود.

بی تردید تهیه این مجموعه فراتر از توانایی و بضاعت علمی این حقیر بوده است. وظیفه خود می دانم از همه عزیزانی که در اتمام این پژوهش بنده را مرهون لطف و عنایت خود قرار داده اند تشکر و قدردانی نمایم.

از پدر و مادر بزرگوارم که چون همیشه سختی های زندگی را برایم گوارا و دلنشین نمودند که عبث نیست اگر بگویم بدون وجود آنها طی این طریق ممکن نبود.

از همسر عزیزم، جناب مهندس جهانگیری، که صمیمانه و در کمال شکیبائی، همچون کوهی استوار دشواریهای این راه را برایم هموار می نمود.

از استاد گرانقدرم جناب آقای دکتر حسین رضایی، که دلسوزانه از بدو ورود به دانشگاه کمک های ایشان همواره یاریگر اینجانب بود.

از جناب آقای مهندس شیخی وند، مسئول محترم دفتر فنی شرکت بهینه سازان خاک، آب و سازه که به عنوان استاد مشاور بنده در تهیه و تنظیم هر چه بهتر رساله مساعدت فرمودند.

از دیگر اساتید گروه مهندسی آب، آقایان دکتر یاسی، دکتر دادمهر، دکتر منتصری، دکتر بهمنش، دکتر جهانگیر، مهندس اسکویی، مهندس سرکانی، مهندس بشارت، مهندس زینال زاده و سایر عزیزانی که هر یک سهم بسزائی در روند تهیه رساله حاضر، داشتند کمال تشکر و قدردانی را دارم.

از جناب آقای مهندس کریمی مدیر عامل محترم سازمان آب منطقه ای استان آذربایجانغربی، مهندس سجاد سورچی مدیر محترم دفتر فنی این سازمان، مهندس جواد توحیدخواه مسئول محترم امور قراردادهای سازمان آب منطقه ای، مهندس سربازی، مهندس مصری و سایر مسئولین و کارکنان این سازمان به خاطر فراهم آوردن امکانات و همکاری بی دریغشان کمال تشکر را دارم.

ازجناب آقای مهندس کشتیبان مدیر عامل محترم شرکت بهینه سازان خاک، آب و سازه و کلیه همکاران محترم به خاطر همکاری شان نهایت سپاس و تشکر را دارم.

از تمامی عزیزان سپاسگزارم و موفقیت روزافزون را برای همه آنها آرزومندم.

چکیده

بهره برداری اصولی و برنامه ریزی شده منابع کشور از کارهای ملی و پر هزینه ای است که در جهت دستیابی به مصارف شهری و صنعتی و تولیدات کشاورزی باید صورت پذیرد. لذا در این زمینه طراحی و انتقال صحیح آب حائز اهیمت می باشد. پدیده ضربه قوچ از مهمترین پدیده هایی است که در اکثر ایستگاه های پمپاژ و خطوط انتقال اتفاق می افتد و در اثر تغییرات ناگهانی سرعت جریان آب بوجود می آید. از آنجایی که این پدیده عامل اصلی تخریب در ایستگاههای پمپاژ و خطوط انتقال می باشد، بررسی آن جزء مراحل اولیه طراحی محسوب می گردد.

در رساله حاضر هدف، مطالعه و بررسی پدیده ضربه قوچ و معرفی بهترین روش های کنترل آن با استفاده از نرم افزارهای ***HAMMER*** و ***HYTRAN*** می باشد. بدین منظور طرح خطوط پمپاژی سد حسنلو شهرستان نقده به عنوان مطالعه موردی بررسی اثرات ضربه قوچ انتخاب شده است. خطوط لوله مذکور در نرم افزار ***WATER HAMMER*** مدل گردیده وبررسی قطر و ضخامت خط لوله صورت گرفته است. جهت کنترل میزان ضربه مسیرهای پمپاژی در نرم افزار ***HYTRAN*** روشهای کاهش اثرات ضربه قوچ نظیر استفاده از محفظه فشار و شیرآلات رها کننده فشار شبیه سازی شده و نتایج توسط گراف هایی نمایش داده شده است.

در حالت خاموشی ناگهانی، میزان ضربه بدست آمده از نرم افزار ***HAMMER*** ۱۱۴/۷ متر، از نرم افزار ***HYTRAN*** ۱۳۰/۰ متر و از روش دستی برابر ۱۵۵/۳ متر حاصل گردیده است. با بررسی علل تفاوت این نتایج، مشاهده می گردد که نرم افزار ***HAMMER*** دارای دقت بالائی نسبت به روش های دیگر بوده، ولی پیچیده تر می باشد. با بررسی تغییر قطر لوله در نرم افزار نتیجه می گردد، قطر ۱۰۰۰ میلی متری از نظر فنی بهترین قطر برای مسیر ۱۴۰۰ میلی متری می باشد، ولی با توجه به هزینه ها در طول بهره برداری مسیر مذکور، صحیح طراحی شده است. همچنین با مطالعه ضخامت لوله ۱۴۰۰ میلی متری مشاهده می شود با کاهش ضخامت جدار لوله میزان سرعت موج و میزان فشار ضربه قوچ کاهش می یابد. بررسی جنس لوله مورد استفاده در مسیر ۱۴۰۰ میلی متری فولادی نشانگر بهینه بودن طراحی می باشد.

در نرم افزار ***HYTRAN*** خط انتقال ۱۴۰۰ میلی متری در حالت خاموشی ناگهانی و روشن شدن ناگهانی مدل گردیده است. همچنین در نرم افزار ***HYTRAN*** روشها و ابزارهای کنترل ضربه قوچ در مسیر مذکور طی ۵ حالت مورد مطالعه قرار گرفته و مزایا و معایب هر روش کنترل و ارائه شده است.

کلمات کلیدی: ضربه قوچ، سرعت موج، خط لوله، فشار، روش کنترل

فهرست مطالب

عنوان

صفحه

فصل اول: کلیات

۱-۱-مقدمه ۱
۱-۲- تعاریف ۳
۱-۳- پدیده ضربه قوچ ٤
۱-٤- شرحی بر چگونگی پدیده ضربه قوچ ٦
۱-۵- اهمیت موضوع تحقیق ۱۲

فصل دوم: پیشینه تحقیق

۲-۱-تاریخچه مطالعات بر روی پدیده ضربه قوچ ۱۳
۲-۲- مبانی نظری ومحاسباتی پدیده قوچ ۱۹
۲-۲-۱- جریان های غیرماندگار ۱۹
۲-۲-۲- جریان شبه دائم ۲۰
۲-۲-۳- جریان غیرماندگار واقعی – معادله اویلر ۲۲
۲-۳- معادلات مرتبط با ضربه قوچ ۲۵
۲-٤- حل معادلات ضربه قوچ ۳۸
۲-٤-۱- روش حل مختصاتی ۳۸
۲-٤-۲- حل ترسیمی حالات ساده ضربهٔ قوچ ٤۵
۲-٤-۳- روش جبری حل مسائل ضربهٔ قوچ ۵۰
۲-٤-٤- معادله ژوکوفسکی برای ضربه قوچ ۵۲
۲-٤-٤- معادله الیوی برای ضربه قوچ ۵۹
۲-۵- سرعت موج ضربه آبی در برخی از انواع مختلف لوله ها ٦۲
۲-۵-۱- سرعت موج ضربه آبی در لوله های فولادی داکتیل و آزبست سیمان ٦۳
۲-۵-۲- سرعت موج ضربه آبی در لوله های بتن آرمه ٦٦
۲-۵-۳- سرعت موج ضربه آبی در تونلهای مستدیر ٦۷
۲-٦- موقعیت مکانی و زمانی پدیده ضربه قوچ ٦۹

فصل سوم: مواد و روشها

۳-۱- کلیات نرم افزار های محاسبه ضربه قوچ ۷۲
۳-۱-۱- اصول استفاده از نرم افزارهای محاسبه ضربه قوچ ۷۲
۳-۱-۱-۱- انتخاب و استفاده از نرم افزار ۷۲
۳-۱-۱-۲- حداقل اطلاعات اولیه ورودی در نرم افزار ۷۳
۳-۱-۲- موارد کنترلی نرم افزار محاسباتی ۷٤
۳-۱-۳- نتایج خروجی نرم افزار ۷٤
۳-۲- ایستگاه پمپاژ سد حسنلو ۷٦
۳-۲-۱- مشخصات کلی سیستم حسنلو دشت نقده ۷٦
۳-۲-۱-۱- پروژه سد حسنلو ۷۸
۳-۲-۱-۲- پروژه های ایستگاه های پمپاژ شمال و شمال غرب مخزن سد حسنلو ۸۵
۳-۲-۲- پمپ های مورد استفاده در سیستم پمپاژ سدحسنلو ۸٦
۳-۲-۲-۱- نکات قابل توجه در مورد پمپ های مورداستفاده در سیستم پمپاژ سدحسنلو ۸۷
۳-۲-۲-۱-۱-نصب پمپ های افقی ۸۸
۳-۲-۲-۱-۲- اقداماتقبل از راه اندازی پمپ ها ۹۰
۳-۲-۲-۱-۳- نگهداری پمپ ها ۹۰
۳-۲-۲-۲- پمپ های گریز از مرکز ۹۱
۳-۲-۲-۳- کلیه اطلاعات پمپ های مورد استفاده ۹۱
۳-۲-۳- مشخصات خطوط آبرسانی در سیستم پمپاژ سدحسنلو ۹۲
۳-۲-۳-۱- مشخصات خطوط آبرسانی ایستگاه پمپاژ شمال ۹۲
۳-۲-۳-۲- مشخصات خطوط آبرسانی ایستگاه پمپاژ شمال غرب ۹٤
۳-۳- نرم افزار همر ۹٤
۳-۳-۱-امکانات همر ۹٤
۳-۳-۲- موارد استفاده همر ۹۵
۳-۳-۳- محدودیت استفاده همر ۹۵
۳-۳-٤- داده های ورودی به نرم افزار همر ۹٦
۳-۳-٤-۱- داده های ورودی لوله ها و گره ها و پمپ ها: ۹۷
۳-۳-٤-۲- تنظیمات نرم افزار همر ۹۸
۳-٤- نرم افزار هایترن ۱۰۱
۳-٤-۱- داده های ورودی به نرم افزار هایترن ۱۰٤

۳-۵- حل دستی هر سه مسیر پمپاژ ۱۰۶

فصل چهارم: بررسی عوامل ضربه قوچ و روشهای کنترل آن در ایستگاههای پمپاژ

٤-۱-بسته شدن سریع شیرهای قطع و وصل ۱۰۹
٤-۱-۱- محاسبه ضربه آبی در باز و بستن سریع شیر ۱۱۰
٤-۱-۲- ضربه آبی هنگامی که عمل باز یا بسته شدن شیر در کمتراز $\frac{2L}{a}$ ثانیه انجام میشود. ۱۱۱
٤-۲- ازکار افتادن ناگهانی تلمبه ۱۱۲
٤-۲-۱- شرایط ناپایدار در پمپ و خط رانش ۱۱۲
٤-۲-۲- معادلات اینرسی ۱۱٤
٤-۲-۳-مشخصه های پمپ ۱۱٦
٤-۲-٤-معادلات ضربه آبی ۱۱۹
٤-۲-۵-جدائی ستون آب ۱۲۱
٤-۲-۷-نمودارهای ضربه آبی ۱۲۲
٤-۲-۸-نتیجه گیری ۱۲۲
٤-۳- پر کردن غیر اصولی خط لوله ۱۲۲
٤-٤- راه اندازی تلمبه های توربینی ۱۲۳
٤-۵- استفاده از شیرهای یکطرفه نامناسب ۱۲٤
٤-٦- تاثیر هوا گازهای محلول وجدایی ستون آب در ضربه قوچ ۱۲٤
٤-٦-۱- جدایی ستون آب ۱۲۷
٤-۷- تغییرقطر وجنس لوله درضربه قوچ ۱۲۹
٤-۸- تاثیر انشعاب در ضربه قوچ ۱۳۰
٤-۹- تاثیر آهسته بستن شیر بر ضربه قوچ ۱۳۰
٤-۱۰- تاثیرفشار تلمبه در ضربه قوچ ۱۳۲
٤-۱۱- منحنی مشخصه تلمبه و ضربه قوچ ۱۳۲
٤-۱۲- بررسی ضربه قوچ در خطوط تحت فشار ثقلی ۱۳۳
٤-۱۲-۱- عوامل ایجاد ضربه قوچ در خطوط ثقلی ۱۳۳
٤-۱۲-۲- تاثیر پروفیل خط لوله وشیرآلات در جریانهای ثقلی بر میزان ضربه قوچ ۱۳٤

فصل پنجم: کنترل پدیده ضربه قوچ؛ روشها و تجهیزات

۵-۱- کنترل ضربه قوچ با تمهیدات اولیه در طراحی ۱۳۷
۵-۲- کنترل ضربه قوچ با رعایت اصول حفاظتی ۱۳۹
۵-۳- تجهیزات کنترل ضربه قوچ ۱۴۰
۵-۴- محل استقرار تجهیزات کاهش فشار ضربه قوچ ۱۴۱
۵-۵- شرح تجهیزات کنترلی ضربه قوچ ۱۴۲
۵-۵-۱- شیرهای کنترل ۱۴۲
۵-۵-۲- لوله های کنار گذر ۱۴۴
۵-۵-۳- صفحه یا دیسک شکننده ۱۴۵
۵-۵-۴-انتخاب تلمبه با اینرسی مناسب ۱۴۶
۵-۵-۵- شیرهای هوای دو روزنه ۱۴۸
۵-۵-۶- دودکش خط لوله ۱۴۸
۵-۵-۷- مخزن تخلیه ۱۵۰
۵-۵-۸- مخازن موج گیر یا مخزن ضربه گیر دو طرفه ۱۵۱
۵-۵-۹- مخزن ضربه گیر تحت فشار ۱۵۱
۵-۵-۱۰- باز و بسته کردن شیرها در خروجی تلمبه ۱۵۱
۵-۶- تعیین مشخصات فنی مخازن ضربه گیر تحت فشار ۱۵۲
۵-۶-۱- نکات بسیار مهم در ارتباط با مخازن ضربه گیر ۱۵۳
۵-۶-۲- محل قرارگیری و نصب مخزن ضربه گیر ۱۵۵
۵-۶-۳- نحوه قرار دادن مخزن هوا ۱۵۵
۵-۶-۴- حجم مخزن ضربه گیر ۱۵۶
۵-۶-۵- جنس ورق مخزن ضربه گیر ۱۵۷
۵-۶-۶- فشار و ضخامت خوردگی ۱۵۸
۵-۶-۷- کمپرسور هوای فشرده ۱۵۸
۵-۶-۸- کنترل سطح مشترک هوا و آب در مخازن ضربه گیر ۱۵۹
۵-۶-۸-۱- استفاده از لوله آبنما ۱۶۰
۵-۶-۸-۲- استفاده از سطح سنج های آب ۱۶۱
۵-۵-۸-۳- اندازه گیر سطح آب به روش الکترومغناطیسی ۱۶۲

۵-۶-۹- مشخصات لوله های ارتباطی مخزن ضربه گیر تحت فشار ۱۶۲
۵-۶-۹-۱- لوله ارتباطی هوای فشرده ۱۶۲
۵-۶-۹-۲- چگونگی ورود و خروج آب مخزن ۱۶۳
۵-۶-۹-۳- محاسبه قطر لوله های ارتباطی مخزن هوا ۱۶۵
۵-۶-۹-٤- اتصالات روی لوله های ورودی و خروجی آب ۱۶۷
۵-۶-۱۰- محاسبه تضمینی ضخامت ها در مخزن تحت فشار ۱۶۷
۵-۶-۱۱- انتخاب وسایل کنترل فشار ۱۷۰
۵-۶-۱۲- بهره گیری از دو یا چندمخزن موازی ۱۷۱
۵-۷- تعیین مشخصات فنی مخازن ضربه گیر روباز ۱۷۱
۵-۷-۱- مخازن تغذیه ۱۷۱
۵-۷-۱-۱- محل قرارگیری و نصب مخازن تغذیه ۱۷۲
۵-۷-۱-۲- حجم مخازن تغذیه ۱۷۳
۵-۷-۱-۳- نحوه اتصال مخزن تغذیه به خط لوله ۱۷۳
۵-۷-۱-٤- مشخصات لوله های ارتباطی مخزن تغذیه ۱۷٤
۵-۷-۱-۵- معایب مخزن تغذیه ۱۷۵
۵-۷-۱-۶- محاسبه حجم مخازن تغذیه ۱۷۵
۵-۷-۲- مخازن موج گیر ۱۷۶
۵-۷-۲-۱- محل قرارگیری و نصب مخازن موج گیر ۱۷۶
۵-۷-۲-۲- طراحی مخازن موج گیر ۱۷۷
۵-۷-۲-۳- نحوه اتصال مخزن موج گیر به خط لوله ۱۷۸
۵-۷-۲-٤- مشخصات لوله های ارتباطی مخزن موج گیر ۱۷۸
۵-۸- شناخت و بررسی عملکردهای شیرهای هوا و ایمنی و تاثیر آن بر ضربه قوچ ۱۷۹
۵-۸-۱- شیرهای هوا ۱۷۹
۵-۸-۱-۱- محل نصب انواع شیرهای هوا ۱۸۱
۵-۸-۱-۲- محاسبه تخمینی اندازه شیر هوا ۱۸۲
۵-۸-۱-۳- نکاتی در خصوص استفاده از شیرهای هوا در پدیده ضربه قوچ ۱۸۲
۵-۸-۲- شیرهای ایمنی ۱۸٤
۵-۸-۲-۱- شیرهای ایمنی فشار ۱۸٤
۵-۸-۲-۲- شیر اطمینان ۱۸۵
۵-۸-۲-۳- شیر اطمینان فشار ۱۸۵

۵-۸-۲-٤- نکات مهم در ارتباط با استفاده از شیرهای ایمنی ۱۸۵
۵-۹- مکان یابی و تمهیدات نصب کنترلی و نکات کاربردی ضربه قوچ ۱۹۵
۵-۹-۱- نکاتی که قبل از انتخاب مکان مناسب باید لحاظ کرد..... ۱۹٦
۵-۹-۲- تمهیدات لازم در ایستگاه پمپاژ..... ۱۸۸
۵-۹-۳- تمهیدات لازم در خارج ایستگاه پمپاژ..... ۱۸۹
۵-۹-٤- نکاتی در ارتباط با انتخاب شیرآلات و محل نصب آنها با توجه به ضربه قوچ..... ۱۹۰
۵-۱۰- نکات کاربردی در ضربه قوچ ۱۹۲
۵-۱۰-۱- پیش بینی تونل با ترانشه عمیق در مسیر خط لوله ۱۹۲
۵-۱۰-۲- پیشگیری از تخلیه خط لوله انتقال..... ۱۹۲
۵-۱۰-۳- جلوگیری از تخلیه هوای مخزن ضربه گیر به خط لوله ۱۹٤
۵-۱۰-٤- ضربه قوچ در خطوط جمع آوری آب چاههای عمیق ۱۹۵

فصل ششم: بحث و نتیجه گیری

٦-۱-کلیات..... ۱۹۷
٦-۲- پلان کلی منطقه حسنلو ۱۹۷
٦-۳- نرم افزار همر..... ۲۰۰
٦-۳-۱- نتایج حاصل از آنالیز نرم افزار همر در حالت خاموشی ناگهانی در سه مسیر خط انتقال ۲۰۰
٦-۳-۲- نتایج نرم افزار همر در تمامی مسیر های پمپاژ و در پنج حالت خاموشی پمپ..... ۲۰۷
٦-۳-۳- نتایج حاصل از آنالیز نرم افزار همر در حالت تغییر قطر خط انتقال۱٤۰۰ mm..... ۲۱۸
٦-۳-٤- نتایج حاصل از آنالیز نرم افزار همر در حالت تغییر ضخامت در مسیر خط انتقال۱٤۰۰ ..... ۲۲۱
٦-٤- نتایج حاصل از آنالیز نرم افزار هایترن..... ۲۲۳
٦-۵- نتایج حاصل از حل دستی پدیده ضربه قوچ..... ۲۳۵
٦-٦ مقایسه نتایج نرم افزار همر، هایترن و روش دستی ۲۳٦
٦-٦-۱- علل تفاوت نتایج همر، هایترن وروش دستی ۲۳٦

فصل هفتم: نتیجه گیری و پیشنهادات

۷-۱- نتیجه گیری..... ۲۳۷
۷-۲- پیشنهادات..... ۲۳۸
*- علائم اختصاری ۲٤۰

*- منابع ٢٤٤
*- ضمیمه ٢٥٠

فهرست شکل ها

عنوان | صفحه

فصل اول: کلیات

۱-۱- یکی از حوادث ناشی از پدیده ضربه قوچ(درحالت فشار منفی بیش از حد) ۵
۱-۲- شرح پدیده ضربه قوچ ربع اول یک موج کامل ۷
۱-۳- شرح پدیده ضربه قوچ ربع دوم یک موج کامل ۷
۱-٤- شرح پدیده ضربه قوچ ربع سوم یک موج کامل ۷
۱-۵- شرح پدیده ضربه قوچ ربع چهارم یک موج کامل ۷
۱-٦- تصویر مبین موج های ضربه قوچ ۱۰
۱-۷- شرح شکست پمپ ناشی از ضربه قوچ ۱۱

فصل دوم: پیشینه تحقیق

۲-۱- طرح شماتیکی یک خط لوله با جریان دائمی ۲۱
۲-۲- طرح شماتیکی یک خط لوله با جریان شبه دائمی ۲۱
۲-۳- حجم کنترل استوانه ای کوچک از سیال ۲۲
۲-٤- شکل شماتیکی جهت نشان دادن تنش برشی لوله ۲۳
۲-۵- لوله از دید ناظر ساکن ۲٦
۲-٦- لوله از دید ناظر دارای سرعتa ۲٦
۲-۷- نیروهای وارده بر لوله ۲۷
۲-۸- قسمتی از لوله جدار نازک ۲۸
۲-۹- تنش وارده بر لوله ۳۰
۲-۱۰- انواع اتصال برای خطوط لوله ۳۱
۲-۱۱- اتصال لوله یک سر گیردار ۳۳
۲-۱۲- اتصال لوله های با اتصال قابل انبساط ۳۳
۲-۱۳- نیروهای وارده برحجم کنترل ۳٤
۲-۱٤- منحنی مشخصه معادلات(۸۹) تا(۹۲) ۳۹
۲-۱۵- خطوط مختصاتی برای حل مسئله ضربه قوچ ٤۰
۲-۱٦- نمودارt، ضریب بدون بعد دهانه شیر ٤۱
۲-۱۷- نشان دادن معادلات[۲-۸۹] و[۲-۹۱] با علائم تفاوت محدود ٤۳
۲-۱۸- مختصات و مشخصه معادلات C^+و C^- برای I=N ٤۳
۲-۱۹- شمائی از یک مخزن و مقاطع(۱)و(۲) ٤٤
۲-۲۰- نمودار معادلات[۲-۱۱۰] و[۲-۱۱۱] ٤٦

۲-۲۱- طرحی از یک مخزن جهت ارائه مثال ٤٦
۲-۲۲- نحوه بسته شدن شیر ٤٧
۲-۲۳- نحوه بسته شدن شیر به صورت منحنی ٤٨
۲-۲٤- منحنی یافتن مقادیر h و v برای شیر در حالت های مختلف ٤٨
۲-۲۵- نمائی از یک لوله منفرد ۵۰
۲-۲٦- شمائی از یک سیتم مجهز به شیر ۵۱
۲-۲۷- طرح یک خط لوله جهت تشریح پدیده ضربه قوچ ۵۳
۲-۲۸- طرحی از یک استوانه آب ۵۵
۲-۲۹- مقادیر مدول حجمی آب نسبت به درجه حرارت ٦٤
۲-۳۰- منحنی نمایش حرکت پیشروی موج فشاری در لوله های داکتیل و آزبست سیمان ٦۵
۲-۳۱- سرعت انتشار موج فشاری در تونل های مستدیر ٦۸
۲-۳۲- پر کردن خط خالی لوله ۷۰
۲-۳۳- هواگیری مدار رانش پمپ ۷۰
۲-۳٤- هواگیری خطوط لوله ۷۱

فصل سوم: مواد و روشها

۳-۱- نقشه استان و محدوده طرح ۷۷
۳-۲- پلان کلی منطقه طرح –نقشه ۱/۵۰۰۰۰ ..... ۷۸
۳-۳- سیمای پروژه حسنلو در نقشه Google ۸۰
۳-٤- شمای ایستگاه پمپاژ شمال در نقشه Google ۸۱
۳-۵- سیمای پروژه ایستگاه پمپاژ شمال سد حسنلو ۸۲
۳-٦- شمای ایستگاه پمپاژ شمالغرب در نقشه Google ۸۳
۳-۷- سیمای پروژه ایستگاه پمپاژ شمالغرب سد حسنلو ۸٤
۳-۸- نمای سالن اصلی ایستگاه پمپاژ شمال ۸٦
۳-۹- جدول اطلاعات پمپ های مورد استفاده در ایستگاه های پمپاژ سد حسنلو ۹۲
۳-۱۰- مقایسه منحنی پمپ ها در حالات موازی، سری و یک پمپ بجای دو پمپ ۹٦
۳-۱۱- مشخصات ورودی لوله ها ۹۷
۳-۱۲- مشخصات ورودی گره ها ۹۷
۳-۱۳- مشخصات ورودی پمپ ها ۹۸
۳-۱٤- تنظیمات واحدها ۹۹
۳-۱۵- تنظیمات محاسبات نرم افزار ۹۹
۳-۱٦- تنظیمات برنامه در حالت Transient ۱۰۰
۳-۱۷- تنظیمات برنامه در حالت Steady ۱۰۰
۳-۱۸- محاسبه گامهای زمانی ۱۰۱

۳-۱۹- محیط رسم پلان در نرم افزار هایترن ۱۰٤
۳-۲۰- محیط نمایش گرافیکی نرم افزار هایترن ۱۰۵
۳-۲۱- شرایط مرزی نرم افزار هایترن ۱۰۵

فصل چهارم: بررسی عوامل ضربه قوچ و روشهای کنترل آن در ایستگاههای پمپاژ

٤-۱- شماتیک ساده ای از یک ایستگاه پمپاژ و خط انتقال. ۱۰۹
٤-۲- شرائط ناپایدار بعد از توقف ناگهانی نیرو محرکه ۱۱۳
٤-۳- منحنی مشخصه نمونه پمپ ۱۱۵
٤-٤- دیاگرام مشخصه پمپ در شرائط عادی ۱۱۵
٤-۵- منحنی توان نهائی پمپ ۱۱٦
٤-٦- منحنی های مشخصه پمپ در حالت کار عادی ۱۱۷
٤-۷- منحنی های مشخصه پمپ در منطقه اتلاف انرژی ۱۱۸
٤-۸- منحنی های مشخصه پمپ در منطقه ای که مانند توربین عمل می کند ۱۱۹
٤-۹- نمائی از خط رانش پمپ ۱۲۰
٤-۱۰- منحنی معادلات ضربه آبی در خط رانش پمپ ۱۲۰
٤-۱۱- حداکثر تغییرات فشارهای مثبت و منفی حاصله از معادلات ضربه آبی ۱۲۱
٤-۱۲- پر کردن غیر اصولی خط لوله ۱۲۳
٤-۱۳- تلمبه توربینی ۱۲۳
٤-۱٤- منحنی سرعت موج نسبت به درصد هوا به آب ۱۲٦
٤-۱۵- تاثیر ضخامت و جنس لوله ها بر سرعت انتشار صوت ۱۲۹
٤-۱٦- آهسته بستن شیر ۱۳۱
٤-۱۷- حرکت گام به گام شیر در حالت آهسته بستن شیر ۱۳۱
٤-۱۸- نمونه ای از شبکه انتقال آب ۱۳۳

فصل پنجم: کنترل پدیده ضربه قوچ؛ روشها و تجهیزات

۵-۱- نمونه ای از لوله کنار گذر در محل تلمبه ۱٤٤
۵-۲- صفحه یا دیسک شکننده و کاربرد آن در ایمنی سیستم انتقال ۱٤٦
۵-۳- روش نصب مستقیم چرخ لنگر روی الکتروموتور ۱٤۷
۵-٤- دودکش خط لوله ۱۵۰
۵-۵- مخزن تخلیه در کنترل فشار ضربه قوچ در سیستم های انتقال ۱۵۰
۵-٦- شمائی از تجهیزات تلمبه خانه و مخزن ضربه قوچ تحت فشار ۱۵۳
۵-۷- مثال محاسبات ضربه قوچ براسی سه حالت حجم اولیه هوا در مخزن هوا ۱۵٦
۵-۸- مخزن ضربه گیر مجهز به سیستم اندازه گیری سطح آب ۱٦۱
۵-۹- مخزن ضربه گیر مجهز به اندازه گیر الکترومغناطیسی سطح آب ۱٦۲

۵-۱۰- نحوه اتصال لوله اصلی و کنار گذر مخزن ۱۶۳
۵-۱۱- اتصال مستقیم مخزن به خط بدون لوله کنار گذر ۱۶٤
۵-۱۲- شماتیک پروفیل خط و پارامترهای مرتبط ۱۶۶
۵-۱۳- مقطع عدسی کروی ۱۶۸
۵-۱٤- مقطع عدسی بیضوی ۱۶۹
۵-۱۵- مقطع عدسی مخروطی ۱۶۹
۵-۱۶- مقطع عدسی نیم کروی ۱۷۰
۵-۱۷- محل های مناسب جهت استقرار مخازن تغذیه ۱۷۲
۵-۱۸- اتصال یک مخزن تغذیه به خط لوله ۱۷٤
۵-۱۹- حالتی که تراز مخزن تغذیه از تراز مخزن انتهای خط لوله انتقال (مخزن دریافت) بالاتر است ۱۷۶
۵-۲۰- محل مناسب استقرار مخازن موج گیر ۱۷۷
۵-۲۱- اتصال مخزن موج گیر به خط لوله ۱۷۸
۵-۲۲- شماتیک شیر تخلیه هوا ۱۸۰
۵-۲۳- شماتیک شیر هوا/خلاء ۱۸۱
۵-۲٤- شیر هوای تک روزنه ۱۸۱
۵-۲۵- شیر هوای دو روزنه ۱۸۱
۵-۲۶- مکانهای مناسب برای نصب انواع شیرهای هوا ۱۸۲
۵-۲۷- پیشگیری از خلاء زایی موضعی در خطوط انتقال ثقلی و پمپاژ با استفاده از شیرهای هوا ۱۸٤
۵-۲۸- شیر ایمنی-شیر اطمینان-شیر اطمینان فشار ۱۸۵
۵-۲۹- نمودار میزان بده خروجی مخزن نسبت به زمان ۱۹۰
۵-۳۰- پیش بینی تونل در مسیر خط لوله برای پیش گیری از خلازایی ۱۹۲
۵-۳۱- خالی شدن خط لوله انتقال پس از میرا شدن جریان غیردائم ۱۹۳

فصل ششم: بحث ونتیجه گیری

۶-۱- نقشه رقومی ایستگاه پمپاژ شمال ۱۹۸
۶-۲- نقشه رقومی ایستگاه پمپاژ شمالغرب ۱۹۹
۶-۳- پروفیل مربوط به خط لوله ۱٤۰۰ ..... ۲۰۰
۶-٤- طرح شماتیکی پلان مربوط به خط لوله ۱٤۰۰ ..... ۲۰۱
۶-۵- پروفیل خط انتقال ۱٤۰۰ میلی متری مسیر ایستگاه پمپاژ شمال حسنلو ۲۰۱
۶-۶- پروفیل مربوط به خط لوله ۱٤۰۰ و گرادیان هیدرولیکی حداکثر و حداقل ضربه در حالت خاموشی ناگهانی ۲۰۲
۶-۷- طرح شماتیکی پلان مربوط به خط لوله ۱۰۰۰ ..... ۲۰۲
۶-۸- پروفیل خط انتقال ۱۰۰۰ میلی متری مسیر ایستگاه پمپاژ شمال حسنلو ۲۰۳
۶-۹- پروفیل مربوط به خط لوله ۱۰۰۰ و گرادیان هیدرولیکی حداکثر و حداقل ضربه در حالت خاموشی ناگهانی ۲۰٤
۶-۱۰- طرح شماتیکی پلان مربوط به خط لوله ۱۲۰۰ ..... ۲۰٤

٦-١١- پروفیل خط انتقال ١٢٠٠ میلی متری مسیر ایستگاه پمپاژ شمالغرب حسنلو ٢٠٥
٦-١٢- پروفیل مربوط به خط لوله ١٢٠٠ و گرادیان هیدرولیکی حداکثر و حداقل ضربه در حالت خاموشی ناگهانی ٢٠٦
٦-١٣- نمودار مقایسه میزان فشار در طول لوله ١٤٠٠ میلی متری ٢١٠
٦-١٤- نمودار مقایسه میزان فشار در طول لوله ١٠٠٠ میلی متری ٢١٣
٦-١٥- نمودار مقایسه میزان فشار در طول لوله ١٢٠٠ میلی متری ٢١٧
٦-١٦- پروفیل مربوط به تبدیل قطرخط لوله ١٤٠٠mm به ١٠٠٠mmو گرادیان هیدرولیکی حداکثر و حداقل ضربه در حالت خاموشی ناگهانی ٢١٨
٦-١٧- پروفیل مربوط به تبدیل قطرخط لوله ١٤٠٠mm به ٧٠٠mm و گرادیان هیدرولیکی حداکثر و حداقل ضربه در حالت خاموشی ناگهانی ٢١٩
٦-١٨- طرح شماتیکی پلان مربوط به خط لوله ١٤٠٠ میلی متری در محیط نرم افزار هایترن ٢٢٣
٦-١٩- نتایج آنالیز گرادیان هیدرولیکی، حداکثر و حداقل ضربه خط انتقال ١٤٠٠ میلیمتری در زمان خاموشی ناگهانی ٢٢٣
٦-٢٠- محیط نرم افزار هنگام اجرای خط انتقال ١٤٠٠ میلی متری در زمان روشن کردن ناگهانی ٢٢٤
٦-٢١- نتایج آنالیز گرادیان هیدرولیکی، حداکثر و حداقل ضربه خط انتقال ١٤٠٠ در زمان روشن کردن ناگهانی ٢٢٤
٦-٢٢- طرح شماتیکی پلان مربوط به خط لوله ١٤٠٠ میلی متری در حالت کنترل با استفاده از Aric ٢٢٥
٦-٢٣- محیط نرم افزار هنگام اجرای خط انتقال ١٤٠٠ میلی متری در حالت کنترل با استفاده از Aric ٢٢٦
٦-٢٤- نتایج آنالیز گرادیان هیدرولیکی، حداکثر و حداقل ضربه خط انتقال ١٤٠٠ در حالت کنترل با استفاده از Aric ٢٢٧
٦-٢٥- طرح شماتیکی پلان مربوط به خط لوله ١٤٠٠ میلی متری در حالت کنترل با استفاده از Anti ٢٢٧
٦-٢٦- محیط نرم افزار هنگام اجرای خط انتقال ١٤٠٠ میلی متری در حالت کنترل با استفاده از Anti ٢٢٨
٦-٢٧- نتایج آنالیز گرادیان هیدرولیکی، حداکثر و حداقل ضربه خط انتقال ١٤٠٠ در حالت کنترل با استفاده از Anti ٢٢٨
٦-٢٨- طرح شماتیکی پلان مربوط به خط لوله ١٤٠٠ میلی متری در حالت کنترل با استفاده از شیر هواو مخزن هوا ٢٢٩
٦-٢٩- محیط نرم افزار هنگام اجرای خط انتقال ١٤٠٠ میلی متری در حالت کنترل با استفاده از شیر هواو مخزن هوا ٢٣٠
٦-٣٠- نتایج آنالیز گرادیان هیدرولیکی، حداکثر و حداقل ضربه خط انتقال ١٤٠٠ در حالت کنترل با استفاده از شیر هواو مخزن هوا ٢٣٠
٦-٣١- طرح شماتیکی پلان مربوط به خط لوله ١٤٠٠ میلی متری در حالت کنترل با استفاده از شیر یکطرفه ٢٣١
٦-٣٢- محیط نرم افزار هنگام اجرای خط انتقال ١٤٠٠ میلی متری در حالت کنترل با استفاده از شیر یکطرفه ٢٣١
٦-٣٣- نتایج آنالیز گرادیان هیدرولیکی، حداکثر و حداقل ضربه خط انتقال ١٤٠٠ در حالت کنترل با استفاده از شیر یکطرفه. ٢٣٢
٦-٣٤- طرح شماتیکی پلان مربوط به خط لوله ١٤٠٠ میلی متری در حالت کنترل با استفاده از شیر اطمینان ٢٣٣
٦-٣٥- محیط نرم افزار هنگام اجرای خط انتقال ١٤٠٠ میلی متری در حالت کنترل با استفاده از شیر اطمینان ٢٣٤
٦-٣٦- نتایج آنالیز گرادیان هیدرولیکی، حداکثر و حداقل ضربه خط انتقال ١٤٠٠ در حالت کنترل با استفاده از شیر اطمینان. ٢٣٥

فهرست جداول

عنوان | صفحه

فصل دوم: پیشینه تحقیق

۲-۱- جدول مقادیر مدول الاستیسیته جنس لوله ها ٦٠

۲-۲- مقادیر مدول حجمی آب نسبت به درجه حرارت ٦١

فصل سوم: مواد و روشها

۳-۱- مشخصات شهرستان، بخش و دهستانهای موجود در شهرستان نقده ٧٦

۳-۲- میزان حداکثر مجاز ارتفاع مکش پمپ..... ٨٩

۳-۳- مشخصات خط انتقال ۱٤۰۰ و ۱۰۰۰ میلیمتری ایستگاه پمپاژ شمال سد حسنلو..... ٩٣

فصل پنجم: کنترل پدیده ضربه قوچ؛ روشها و تجهیزات

۵-۱- مقدار فشار ضربه قوچی که در طراحی مقدماتی خطوط لوله رعایت می شود ۱۳۷

۵-۲- تنظیم شیر کاهش فشار..... ۱۸٦

فصل ششم: بحث ونتیجه گیری

٦-۱- مقایسه نتایج حاصل از نرم افزار همر (در حالت ناپایدار)..... ۲۰٦

٦-۲- داده های خروجی نرم افزار همر برای مسیر ۱٤۰۰ میلیمتری در حالت خاموشی ناگهانی پمپ..... ۲۰۷

٦-۳- داده های خروجی نرم افزار همر برای مسیر ۱٤۰۰ میلیمتری در حالت خاموشی ناگهانی پمپ..... ۲۰۸

٦-٤- داده های خروجی نرم افزار همر برای مسیر ۱٤۰۰ میلیمتری در حالت خاموشی پمپ در ۱ دقیقه.. ۲۰۸

٦-۵- داده های خروجی نرم افزار همر برای مسیر ۱٤۰۰ میلیمتری در حالت خاموشی پمپ در ۲ دقیقه... ۲۰۹

٦-٦- داده های خروجی نرم افزار همر برای مسیر ۱٤۰۰ میلیمتری در حالت خاموشی پمپ در ۵ دقیقه.. ۲۰۹

٦-۷- نتایج حداکثر و حداقل ضربه در تمامی حالت های اجرا شده در نرم افزار همر برای مسیر ۱٤۰۰ میلی متر..... ۲۱۰

٦-۸- داده های خروجی نرم افزار همر برای مسیر ۱۰۰۰ میلیمتری در حالت خاموشی ناگهانی پمپ..... ۲۱۱

٦-۹- داده های خروجی نرم افزار همر برای مسیر ۱۰۰۰ میلیمتری در حالت خاموشی ناگهانی پمپ..... ۲۱۱

فصل اول :

کلیات

۱-۱-مقدمه :

آب از محوری ترین عوامل توسعه جوامع انسانی است و از دیرباز نقش عمده ای در زندگی بشر ایفا نموده و با زندگی او آمیخته شده است. تمدن های اولیه به اتفاق در کنار منابع طبیعی آب شکل گرفته و گسترش پیدا کرده اند. 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 ی زیاد اقدام به ساخت ابنیه های نگهداری آب کند که عموماً ظرفیت محدودی نیز دارند؛ لذا بشر به انتقال آب روی آورد.

نحوه ی انتقال آب بسته به موقعیت جغرافیایی و محیطی متفاوت می باشد. در مناطق پر آب از نهرهای روباز به منظور انتقال آب استفاده شده است. درمناطق کم آب روش های دیگری برگزیده شده ،که از آن جمله می توان به حفر قنات و انتقال آب زیرزمینی در مسافت های طولانی اشاره کرد، که این روش از شاهکارهای مهندسی آب و ابداع ایرانیان می باشد.

استفاده از خطوط لوله ی انتقال آب، یکی دیگر از روشهای انتقال آب می باشد که با پیشرفت بشر در قرون اخیر میسر شده است. این روش ضمن کاهش اتلاف آب، انتقال حجم دلخواه آب با شدت مورد نظر را میسر می سازد (۵۲).

با توجه به اینکه آب درزیرزمین و رودخانه ها؛ به زبان ساده تر، در محل های گود وجود دارد و مناطق توسعه شهری ،صنعتی و کشاورزی در بالادست می باشند، لذا بشر در قسمتی از سیکل هیدرولوژی وارد شده و آب را از طریق پمپاژ به نقاط مرتفع منتقل می کند. انتقال آب از طریق پمپ های با گشتاورهای مختلف (مومنتم های مختلف) و خطوط لوله فشار قوی و تاسیسات مربوطه انجام می شود.