جعلنا من الماء كل شى حى

دانشکده مهندسی- گروه عمران

عنوان پایان نامه:

بررسی اتفاقات خط انتقال آب گیسور – گناباد

مهدی نوری ابوذری

ارائه شده جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد

رشته مهندسی عمران- گرایش آب

استاد راهنما :

دکتر محمدرضا جعفرز اده

۱۳۸۹

فرم چکیده رساله تحصیلات تکمیلی

نام دانشجو: **مهدی** نام خانوادگی دانشجو: **نوری ابوذری**

استاد راهنما: **دکتر محمدرضا جعفرزاده**

دانشکده: **مهندسی** گروه: **مهندسی عمران** گرایش: **آب** مقطع: **کارشناسی ارشد**

تاریخ دفاع: **۱۳۸۹/۲/۲۱** تعداد صفحات: **۱۷۹**

عنوان پایان‌نامه: **بررسی اتفاقات خط انتقال گیسور- گناباد**

کلمات کلیدی: **اتفاقات خطوط انتقال، ضربه قوچ، شیرهوا، مدل سازی جریان ماندگارو ناماندگار**

چکیده:

با توجه به هزینه های سنگین و مشکلات فراوان ناشی از اتفاقات خطوط انتقال آب، بررسی عوامل موثر بر اتفاقات و حصول نتایج کاربردی در رفع آن ها بسیار ضروری است. در این تحقیق عوامل مرتبط با بروز اتفاقات خط انتقال گیسور-گناباد، مانند فشارهای دائمی و گذرا در خط انتقال، ابزار کنترل ضربه قوچ و شیرهای هوا، اثر خورندگی آب و شرایط محیطی بر خطوط لوله و کیفیت لوله ها بررسی شده است. به این منظور ابتدا ضمن تعیین نقاط حساس پروژه، سیستم انتقال آب در حالت ماندگار مدل می شود و سپس با ایجاد جریان گذرا در سیستم، نتایج حاصل از اندازه گیری محلی با نتایج عددی مقایسه می گردد. تاثیر شیرهای هوا در کنترل فشارهای گذرا با استفاده از مدل رایانه ای بررسی می شود. اثر خورندگی یا رسوب گذاری آب بر لوله ها با استفاده از نتایج آزمایشات آنالیز آب بررسی می شود و با توجه به کیفیت لوله ها، نوع شکست لوله ها بررسی می گردد. در نهایت با حصول اطمینان از عملکرد مناسب ابزار کنترل ضربه قوچ و با توجه به نوع شکست لوله ها مشخص می شود کیفیت پایین لوله های به کار رفته در این پروژه، ناهمگونی جنس و ضخامت کم آن ها اصلی ترین علت بروز اتفاقات در این خط انتقال می باشد.

تاییدیه گروه عمران

پایان نامه حاضر تحت عنوان :

بررسی اتفاقات خط انتقال گیسور-گناباد که توسط آقای مهدی نوری ابوذری تهیه و به هیات داوران ارائه شده، به عنوان کار پژوهشی دوره کارشناسی ارشد ناپیوسته عمران گرایش آب، مورد تایید شورای تحصیلات تکمیلی گروه عمران دانشکده مهندسی دانشگاه فردوسی مشهد می‌باشد.

تاریخ دفاع: ۱۳۸۹/۲/۲۱ نمره: ۱۹ درجه ارزشیابی: عال

اعضای هیات داوران:

نام ونام خانوادگی	**سمت**
۱- دکتر محمدرضا جعفرزاده	استادراهنما
۲- دکتر محمدباقر شریفی	استاد مشاور
۲- دکتر سید محمود حسینی	استاد ممتحن
۵- دکتر حاج کاظمی	نماینده تحصیلات تکمیلی

تقدیم به مادر مهربانم

او کـه هسـتی و وجـودم از اوسـت و تـا بیکـران آسـمانها همـواره سپاسگزار محبت‌های بی‌پایان و بی دریغش هستم.

تشکر و قدردانی

اکنون که با عنایت پروردگار کار نگارش این پایان نامه به سرانجام رسید ، وظیفه می‌دانم مراتب امتنان وسپاس خود را از استاد بزرگوارم جناب آقای محمد رضا جعفرزاده بجای آورم. ایشان با دقت، دانش وتجربیات گرانسنگ خود در طی مراحل انجام این پژوهش دلسوزانه یاری ام نمودند.

از استاد محترم مشاور آقای دکتر محمدباقر شریفی و استاد محترم دفاع آقای دکتر سیدمحمود حسینی که زحمت نقد و بررسی این اثر را عهده دار بودند کمال تشکر را دارم. همچنین از دبیر و نماینده محترم تحصیلات تکمیلی آقای دکتر حاج کاظمی سپاسگزاری می نمایم.

از آقای مهندس اسماعیلیان معاونت محترم شرکت آب و فاضلاب استان خراسان رضوی به جهت راهنمایی های دقیق و فنی بسیار سپاسگزارم.

از مسئولین محترم واحد تحقیقات شرکت آب و فاضلاب استان خراسان رضوی آقایان مهندس رییسی، کریمی و احمدزاده که با حمایت همه جانبه در انجام هر چه بهتر این پروژه نقش بسزایی داشتند سپاسگزارم.

از مسئولین امور آب و فاضلاب شهرستان گناباد آقای مهندس دانشوری مدیر امور، آقای مهندس سبزیان مسئول فنی و آقای ذکاوتی مسئول بهره برداری که مرا در انجام آزمایشات و عملیات میدانی یاری کردند، متشکرم.

از آقای مهندس رحیمیان نمایندگی شرکت پمپیران در مشهد ومدیر عامل شرکت نورهان تدبیر طوس و آقای مهندس توکلی عضو هیئت مدیره شرکت مهندسین مشاور سرواب کمال تشکر را دارم.

از خداوند متعال برای همه عزیزان آرزوی موفقیت و بهروزی می‌نمایم.

فهرست مطالب:

فصل اول: مقدمه

۱-۱-مقدمه ۲
۱-۲- وضعیت خطوط انتقال آب کشور ۳
۱-۳- ضرورت انجام تحقیق ۴
۱-۴- اهداف پروژه ۵
۱-۵- مراحل انجام تحقیق ۵

فصل دوم: تئوری ضربه‌ی قوچ

۲- ۱- کلیات ۹
۲- ۲- مروری بر تحقیقات انجام شده ۱۳
۲- ۳-معادلات پیوستگی و مومنتم حاکم بر ضربه‌ی قوچ ۱۴
۲- ۴- سرعت موج در ضربه‌ی قوچ ۲۰
۲- ۴-۱- تاثیر هوا بر سرعت موج ۲۲
۲- ۴-۲- تاثیر پوشش و آستری لوله بر سرعت موج ۲۴
۲- ۵- حل عددی معادلات ضربه‌ی قوچ ۲۵
۲-۶- روش مشخصه ها ۲۶
۲- ۶-۱- روش مشخصه با شبکه‌ی ثابت *(FGMOC)* ۲۷
۲- ۶-۱-۱-سیستم شبکه‌ی ساده ۲۸
۲- ۶-۱-۲-سیستم شبکه‌ی ثابت با درون یابی مکانی ۳۰
۲- ۶-۲- روش مشخصه با شبکه‌ی متغیر *(VGMOC)* ۳۱

۲- ۷- پمپ های موازی در مدار با افت فشار ۳۳
۲- ۸- ابزارهای کنترلی ضربه‌ی قوچ ۳۵
۲- ۸- ۱- مخزن ضربه گیر یکطرفه ۳۵
۲- ۸- ۱-۱- تحلیل مخزن ضربه گیر یکطرفه ۳۷
۲- ۹- ۲- مخزن ضربه گیر تحت فشار ۳۸
۲- ۹- ۲- ۱-کنترل نسبت حجم هوا به آب در مخزن ضربه گیر تحت فشار ۴۳
۲- ۹- ۲-۲- حجم مخزن ضربه گیر تحت فشار ۴۴
۲- ۹- ۲-۳- تحلیل مخزن ضربه گیر تحت فشار ۴۵

فصل سوم: نرم افزارهای تحلیل ضربه‌ی قوچ

۳-۱- مقدمه ۴۹
۳-۲- *Pipenet* ۵۰
۳-۳- *Hytran* ۵۰
۳-۴- *Hypress* ۵۱
۳-۵- *Impulse* ۵۱
۳-۶-*Wanda* ۵۳
۳-۷- *Flowmaster* ۵۳
۳-۸- *Surge2000* ۵۴
۳-۹- *LIQT* ۵۴
۳-۱۰-*WHAMO* ۵۵
۳-۱۱-*TRANSAM* ۵۵
۳-۱۲- *Haestad Hammer* ۵۶

۳-۱۲-۱-قابلیت های *Hammer* ۵۷

۳-۱۲-۲- جزئیات نرم افزار *Hammer* ۵۸

۳-۱۲-۲- جزئیات نرم افزار *Hammer* ۶۲

فصل چهارم: ابزارهای اندازه گیری و واسنجی آن ها در مدار

۴-۱- مقدمه ۶۴

۴-۲- دیتالاگر فشار ۶۴

۴-۳- دیتالاگر ضربه‌ی قوچ ۶۶

۴-۴- فلومتر اولتراسونیک *Micronics Portaflow 300* ۶۸

۴-۵- پیشنهاد اصلاح دیتالاگرهای فشار ۷۲

فصل پنجم: مدل سازی جریان ماندگار و ناماندگار

۵-۱- مقدمه ۷۸

۵-۲- موقعیت و مشخصات شهر گناباد ۷۸

۵-۳- سیمای آبرسانی شهر گناباد ۸۰

۵-۴- خط انتقال آب گیسور – گناباد ۸۱

۵-۴- ۱- خطوط انتقال آب گناباد قبل از احداث پروژه‌ی آبرسانی گیسور – گناباد ۸۱

۵-۴-۲- علت انتقال آب از گیسور ۸۱

۵-۴- ۳- دیدگاه های حاکم بر طرح ۸۲

۵-۵- خط انتقال و ایستگاه های پمپاژ ۸۳

۵-۶- مخازن ذخیره ۸۴

۵-۷- شناسایی دقیق بازه های خطرخیز ۸۵

۵-۸- لوله های به کار رفته در خط انتقال ۸۷
۵-۹- بررسی اثر آب بر لوله ها ۸۹
۵-۱۰- تهیه و بررسی نقشه های موجود ۹۱
۵-۱۱- حدود و ثغور بازه‌ی تحت مطالعه ۹۱
۵-۱۲-مدل نمودن سیستم در حالت جریان ماندگار ۹۴
۵-۱۲-۱- ترسیم رایانه ای خط انتقال ۹۴
۵-۱۲-۲- مقایسه‌ی اولیه‌ی مدل جریان ماندگار و برداشت دبی و فشار ۹۴
۵-۱۲-۳- بررسی فشارهای عمومی خط انتقال ۹۵
۵-۱۲-۴- انتخاب پایلوت برای واسنجی ضرایب لوله ها ۹۶
۵-۱۲-۵- استخراج ضرایب اصلاحی واسنجی ۹۶
۵-۱۲-۶- مقایسه‌ی نتایج عددی و اندازه گیری میدانی جریان ماندگار ۹۸
۵- ۱۳- تحلیل جریان ناماندگار در خط انتقال ۱۰۱
۵-۱۳-۱- پمپ ها و ابزار آلات محافظتی ایستگاه پمپاژ بیمرغ ۱۰۱
۵-۱۳-۲- ورود اطلاعات مورد نیاز تحلیل جریان ناماندگار ۱۰۲
۵-۱۳-۲-۱- داده های مربوط به پمپ و سیستم های کنترل ضربه قوچ ۱۰۲
۵-۱۳-۲-۲- اطلاعات مربوط به سرعت موج ۱۰۴
۵-۱۳-۳- بررسی مدل قبل از اجرای حالت ناماندگار ۱۰۵
۵-۱۳-۴- جریان ناماندگار ناشی از خاموش شدن یک پمپ ۱۰۵
۵-۱۳-۵- مقایسه نتایج اندازه گیری شده با مدل شبیه سازی شده ۱۰۷
۵-۱۳-۶- مطالعه‌ی ضربه‌ی قوچ در حالت خاموش شدن یک پمپ ۱۰۹
۵- ۱۳-۷- مطالعه‌ی ضربه‌ی قوچ با خاموش شدن دو پمپ ۱۱۱

۵-۱۳-۸- مطالعه‌ی ضربه‌ی قوچ در حالت حداکثر ظرفیت بهره برداری از خط انتقال ۱۱۶

۵- ۱۴- بررسی حجم مخزن ضربه گیر تحت فشار ۱۱۹

۵- ۱۵-تاثیر تغییر ممان اینرسی در حداکثر فشار ضربه‌ی قوچ ۱۲۳

۵- ۱۶- نتیجه گیری ۱۲۴

فصل ششم: تاثیر شیرهای هوا در کنترل فشارهای گذرا

۶- ۱- مقدمه ۱۲۶

۶- ۲- هوا در سیستم های انتقال آب ۱۲۶

۶-۳- شیرهای هوا ۱۲۹

۶-۴- محل نصب شیرهای هوا ۱۳۲

۶-۵- اندازه‌ی شیرهای هوا ۱۳۴

۶- ۶- شیرهای هوا در پایلوت مورد بررسی ۱۳۹

۶-۶-۱- بررسی تاثیر شیرهای هوا بر فشارهای وارده بر خط انتقال ۱۴۱

۶- ۶-۲- بررسی اندازه‌ی شیرهای هوا ۱۴۱

۶- ۷- نتیجه گیری ۱۴۲

فصل هفتم: بررسی شکست لوله ها

۷-۱- مقدمه ۱۴۴

۷-۲- عوامل موثر بر اتفاقات خطوط انتقال آب ۱۴۴

۷-۳- گونه های مختلف شکست لوله های آب ۱۴۷

۷-۴-وارسی لوله های اتفاق داده ۱۵۰

۷-۵- نتیجه گیری ۱۵۸

فصل هشتم: جمع بندی مطالب و ارائه‌ی پیشنهادات

۸-۱- جمع بندی، بحث و بررسی نتایج ۱۶۰

۸-۲- پیشنهاداتی برای کاهش اتفاقات در پروژه های انتقال آب ۱۶۲

۸-۳- پیشنهادات برای تحقیقات آینده ۱۶۳

پیوست ها

پیوست ۱: پروفیل خط انتقال از دشت گیسور تا ایستگاه پمپاژ سیدآباد ۱۶۵

پیوست ۲: مشخصات لوله ها در بازه ایستگاه های پمپاژ بیمرغ تا سیدآباد ۱۶۶

پیوست ۳: مشخصات هیدرولیکی لوله ها در حالت حداکثر دبی بهره برداری با ضرایب اصلاحی ۱۶۹

پیوست۴: مشخصات جریان در محل گره ها در حالت حداکثر بهره برداری با ضرایب اصلاحی ۱۷۳

پیوست ۵: پروفیل هیدرولیکی خط انتقال بر اساس پیش بینی های زمان طراحی پروژه (سال ۱۳۷۵)..... ۱۷۶

منابع و مراجع ۱۷۷

فهرست شکل ها:

شکل(۱-۱) اتفاقات خطوط انتقال آب استان خراسان رضوی طی سال های ۸۸-۱۳۸۵ ..... ۴

شکل(۲-۱) حجم کنترل به کار رفته برای استخراج معادله‌ی پیوستگی ۱۵

شکل(۲-۲) حجم کنترل به کار رفته برای استخراج معادله‌ی مومنتم ۱۷

شکل(۲-۳) سرعت موج در لوله های با جنس های مختلف ۲۲

شکل(۲-۴) اثر هوای موجود در خط لوله بر سرعت موج ۲۴

شکل(۲-۵) اثر خاک استفاده شده برای مهار لوله بر سرعت موج ۲۵

شکل (۲-۶) $FGMOC$ برای یک خط لوله‌ی ساده ۲۸

شکل (۲-۷) $FGMOC$ برای لوله های سری ۲۹

شکل (۲-۸) روش مشخصه با شبکه‌ی متغیر برای یک لوله‌ی ساده ۳۱

شکل (۲-۹) روش مشخصه با شبکه‌ی متغیر برای لوله های سری ۳۲

شکل (۲-۱۰) اتصال دو پمپ به صورت موازی ۳۴

شکل(۲-۱۱) محاسبه‌ی نقطه‌ی کار دو پمپ موازی ۳۴

شکل(۲-۱۲) مخزن ضربه گیر یکطرفه ۳۵

شکل (۲-۱۳) منحنی تاثیر مخزن ضربه گیر یکطرفه بر روی منحنی فشار منفی ۳۶

شکل (۲-۱۴) مخزن ضربه گیر تحت فشار با اتصال مستقیم ۴۱

شکل (۲-۱۵) مخزن ضربه گیر تحت فشار با اتصال کنار گذر ۴۲

شکل (۲-۱۶) انتشار امواج با فشار منفی پس از خاموش شدن پمپ ۴۳

شکل (۲-۱۷) سیستم کنترل نسبت حجم هوا به آب ۴۴

شکل(۳-۱) نمونه ای از جداول در نرم افزار *Hammer* ۵۹

شکل(۳-۲) محاسبات جریان در حالت یکنواخت و دائمی ۶۰

شکل(۳-۳) نمونه ای از گراف های خروجی در *Hammer* ۶۱

شکل (۳-۴) تشابه محیط *WaterGEMS* و *Hammer* ۶۳

شکل(۴-۱) دیتالاگرهای فشار در حال شارژ ۶۵

شکل(۴-۲) آماده سازی شیرهوا برای نصب دیتالاگر ۶۵

شکل(۴-۳) نرم افزار *Data Analyser* ۶۶

شکل (۴-۴) نصب دیتالاگر ضربه‌ی قوچ در محل شیرهوای ایستگاه پمپاژ و بردات داده ها ۶۷

شکل (۴-۵) فلومتر پرتافلو و متعلقات آن ۶۸

شکل (۴-۶) نصب سنسورها به روش انعکاسی و قطری ۶۹

شکل(۴-۷) استفاده از ضخامت سنج برای تعیین دقیق ضخامت لوله‌ی انتقال ۶۹

شکل (۴-۸) تنظیم سنسورهای فلومتر برای دستیابی به سیگنال استاندارد ۷۰

شکل(۴-۹) فشارسنج مکانیکی بدون امکان نمایش فشارهای منفی ۷۲

شکل(۴-۱۰) دیتالاگرهای دیجیتالی با قابلیت ثبت داده ها ۷۳

شکل(۴-۱۱) مجموعه اطلاعات برداشت شده با فاصله زمانی ناکافی ۷۴

شکل(۴-۱۲) دیتالاگر با درک آغاز فشار انتقالی در بازه های بسیار کوتاه فشار را ثبت می کند ۷۵

شکل(۵-۱) تغییرات متوسط بارندگی بر حسب میلی متر در گناباد در طول دوره‌ی آماری ۱۹ساله ۷۸

شکل(۵-۲) نمای شماتیک خط انتقال گیسور- گناباد ۸۳

شکل(۵-۳) نمونه ای از الکتروپمپ های فشار قوی ایستگاه پمپاژ گیسور ۸۳

شکل(۵-۴) ایستگاه پمپاژ بیمرغ ۸۴

شکل(۵-۵) مخزن ذخیره‌ی ۵۰۰ مترمکعبی تیزآب ۸۵

شکل(۵-۶) مخزن ذخیره ۵۰۰مترمکعبی ایستگاه پمپاژبیمرغ ۸۵

شکل(۵-۷) پلان مسیر انتقال از ایستگاه پمپاژ بیمرغ تا ایستگاه پمپاژ سیدآباد ۸۶

شکل(۵-۸) پروفیل مسیر انتقال از ایستگاه پمپاژ بیمرغ تا ایستگاه پمپاژ ۸۷

شکل(۵-۹) تعدد ماهواره های پیاده روی های خط انتقال در بازه ایستگاه پمپاژ بیمرغ تا سیدآباد..... ۹۱

شکل(۵-۱۰) اطلاعات برداشت خط انتقال در نرم افزار*Map source*..... ۹۲

شکل(۵-۱۱) پروفیل بین ایستگاه پمپاژ بیمرغ تا سید آباد با استفاده از مشخصات نقشه های چون ساخت..... ۹۲

شکل(۵-۱۲) پروفیل ایستگاه پمپاژ بیمرغ تا سید آباد با استفاده از داده های برداشتی توسط*GPS*..... ۹۳

شکل(۵-۱۳) موقعیت شیرهای قطع و وصل در بازه ایستگاه های پمپاژ بیمرغ تا سیدآباد ۹۳

شکل(۵-۱۴) موقعیت دیتالاگرهای فشار روی خط انتقال ۹۳

شکل(۵-۱۵) نصب دیتالاگر فشار روی خط رانش ایستگاه پمپاژ بیمرغ ۹۵

شکل (۵-۱۶) فشارهای وارد بر خط لوله در حالت استفاده از ضرایب افت اصطکاکی پیش فرض و اصلاحی..... ۱۰۰

شکل(۵-۱۷) مخازن ضربه گیر تحت فشار ایستگاه پمپاژ بیمرغ و مخزن ضربه گیر یکطرفه..... ۱۰۱

شکل(۵-۱۸) انطباق خطوط حداکثر و حداکثر فشار در حالت کارکردپمپ ها با سرعت ثابت..... ۱۰۵

شکل(۵-۱۹) تغییرات فشار در محل ایستگاه پمپاژ بیمرغ، ناشی از خاموش شدن ناگهانی یک پمپ با در نظر گرفتن مخازن ضربه گیر تحت فشار و مخزن ضربه گیر یکطرفه ۱۰۶

شکل(۵-۲۰) منحنی فشارهای حداکثر و حداقل هد ناشی از خاموش شدن ناگهانی یک پمپ در ایستگاه پمپاژ، با در نظر گرفتن مخازن ضربه گیر تحت فشار و مخزن ضربه گیر یکطرفه..... ۱۰۶

شکل(۵-۲۱) برداشت داده با استفاده از دیتالاگر ضربه‌ی قوچ در ایستگاه پمپاژ بیمرغ..... ۱۰۷

شکل(۵-۲۲) مقایسه‌ی منحنی نتایج اندازه گیری شده با تحلیل نرم افزاری در حالت خاموش شدن یک پمپ ۱۰۷

شکل(۵-۲۳) اندازه گیری تاریخچه‌ی زمانی فشارها در ایستگاه پمپاژ با خاموش کردن یکی از دو پمپ ۱۰۸

شکل(۵-۲۴) اندازه گیری تاریخچه‌ی زمانی فشارها در ایستگاه پمپاژ با روش کردن یک پمپ(در t=5s) و پس از روشن کردن پمپ دوم(در t=215s ۱۰۸

شکل (۵-۲۵) منحنی تغییرات هد در محل مخزن ضربه گیر یکطرفه..... ۱۱۰

شکل(۵-۲۶) منحنی فشار- زمان شبیه سازی سازی شده در محل ایستگاه پمپاژ بدون سیستم های کنترل ۱۱۰

شکل(۵-۲۷) منحنی حداقل و حداکثر فشار هد ناشی از خاموش شدن یک پمپ در صورتیکه هیچ کدام از ابزارهای کنترلی در مدار نباشند..... ۱۱۱

شکل(۵-۲۸) منحنی فشار-زمان در محل ایستگاه بیمرغ ناشی از خاموش شدن همزمان دو پمپ..... ۱۱۲

شکل(۵-۲۹) منحنی حداکثر و حداقل هد ناشی از خاموش شدن دو پمپ با در نظر گرفتن مخازن ضربه گیر تحت فشار و مخزن ضربه گیر یکطرفه ۱۱۲

شکل(۵-۳۰) منحنی هد- زمان در محل مخزن ضربه گیر یکطرفه در صورت خاموش شدن دو پمپ ۱۱۳

شکل(۵-۳۱) منحنی حداکثر و حداقل هد ناشی از خاموش شدن دو پمپ در صورتیکه فقط مخازن ضربه گیر تحت فشار در مدار باشند..... ۱۱۳

شکل(۵-۳۲) تاریخچه‌ی تغییرات فشار در ایستگاه پمپاژ بیمرغ بدون تاسیسات ضربه قوچ و خاموش شدن همزمان دو پمپ ۱۱۳

شکل(۵-۳۳) فشارهای حداکثرو حداقل ناشی از خاموش شدن همزمان دو پمپ در صورتیکه هیچ کدام از ابزارهای کنترلی در مدار نباشند..... ۱۱۵

شکل(۵-۳۴) فشارهای حداکثر و حداقل ناشی از خاموش شدن همزمان دو پمپ نسبت به فشار مانومتریک ۱۱۵

شکل(۵-۳۵) منحنی هد-زمان در محل ایستگاه پمپاژ با در مدار بودن کلیه ابزار آلات کنترل ضربه قوچ در حداکثر ظرفیت قابل انتقال..... ۱۱۶

شکل(۵-۳۶) حداقل و حداکثر هد ایجاد شده ناشی از خاموش شدن ناگهانی سه پمپ با وجود تاسیسات کنترل کننده در مدار..... ۱۱۷

شکل(۵-۳۷) عملکرد مخزن ضربه گیر یکطرفه در حالت حداکثر ظرفیت قابل انتقال ۱۱۷

شکل(۵-۳۸) تاریخچه‌ی زمانی تغییرات فشار ناشی از خاموشی ناگهانی سه پمپ در ایستگاه پمپاژ بدون در نظر گرفتن تاسیسات ضربه‌ی قوچ..... ۱۱۸

شکل(۵-۳۹) حداقل و حداکثر هد ایجاد شده ناشی از خاموشی ناگهانی سه پمپ در مسیر خط انتقال بدون تاسیسات کنترل کننده ضربه‌ی قوچ..... ۱۱۹

شکل(۵-۴۰) منحنی اندازه گیری شده‌ی کاهش فشار ناشی از خاموش شدن یک پمپ ۱۲۰

شکل(۵-۴۱) تغییر هد در مخزن ضربه گیر تحت فشار و خط لوله پس از خاموش شدن پمپ ها..... ۱۲۰

شکل(۵-۴۲) حداکثر و حداقل ضربه‌ی قوچ ناشی از خاموش شدن همزمان دو پمپ در برابر تغییر حجم مخزن ضربه گیر..... ۱۲۱

شکل(۵-۴۳) حداکثر و حداقل ضربه‌ی قوچ ناشی از خاموش شدن همزمان سه پمپ در برابر تغییر حجم مخزن ضربه گیر..... ۱۲۱

شکل(۵-۴۴) پروفیل خط انتقال..... ۱۲۲

شکل(۵-۴۵) تغییرات حداکثر ضربه‌ی قوچ ناشی از خاموش شدن همزمان دو پمپ در مقابل تغییر ممان اینرسی پمپ..... ۱۲۳

شکل(۶-۱) ورود هوا به لوله‌ی مکش پمپ ۱۲۶

شکل(۶-۲) تغییرات موج فشاری ناشی از وجود بسته های هوا..... ۱۲۷

شکل(۶-۳) فشارهای انتقالی ناشی از خاموش شدن سه پمپ ایستگاه پمپاژ..... ۱۲۸

شکل(۶-۴) شیرهای عملکرد دو گانه ۱۲۹

شکل(۶-۵) شیر هوا با عملکرد سه گانه ۱۳۰

شکل(۶-۶) نحوه‌ی عملکرد شیرهای هوا با عملکرد سه گانه..... ۱۳۰

شکل(۶-۷) استفاده از شیر هوا با عملکرد دو گانه..... ۱۳۱

شکل(۶-۸) استفاده از شیر هوای ترکیبی..... ۱۳۱

شکل(۶-۹) پروفیل ارائه شده‌ی تورلی برای نصب شیرهای هوا..... ۱۳۳

شکل(۶-۱۰) نقاط مورد نیاز برای نصب شیرهای هوا و نوع عملکرد آن ها ۱۳۴

شکل(۶-۱۱) تحلیل موج ایجاد شده ناشی از خروج نهایی هوا از دو روزنه با قطرهای مختلف ۱۳۵

شکل(۶-۱۲) تجهیزات آزمایشگاهی بررسی فشارهای انتقالی..... ۱۳۶

شکل(۶-۱۳) تاریخچه‌ی زمانی فشارها در پایین دست شیر در سه حالت..... ۱۳۸

شکل(۶-۱۴) بررسی اندازه های مختلف شیرهای هوا در حالت دوم – پایین دست شیر ۱۳۸

شکل(۶-۱۵) فشارهای انتقالی در نقطه*P09*..... ۱۳۸

شکل(۶-۱۶) حوضچه‌ی شیر هوا و متعلقات..... ۱۳۹

شکل(۶-۱۷) مشخصات و ابعاد شیرهای هوای خط انتقال ۱۴۰

شکل(۶-۱۸) حداکثر و حداقل فشارهای انتقالی با در مدار بودن ابزار کنترلی ضربه قوچ، شکل بالا)عدم استفاده از شیرهای هوا، شکل پایین) نصب شیرهای هوا ۱۴۱

شکل(۶-۱۹) حداکثر و حداقل فشارهای انتقالی با خارج بودن ابزارهای کنترلی ضربه قوچ، شکل بالا) عدم استفاده از شیرهای هوا، شکل پایین) نصب شیرهای هوا ۱۴۲

شکل(۶-۲۰) اثر قطر روزنه‌ی بزرگ شیرهای هوا بر فشارهای انتقالی ۱۴۲

شکل(۷-۱) فراوانی اتفاقات خطوط انتقال در ماه های مختلف- میانگین ۵ ساله ۱۴۵

شکل(۷-۲) میزان اتفاقات خطوط انتقال آب استان خراسان رضوی (میانگین چهار ساله ۸۸-۱۳۸۴)..... ۱۴۶

شکل(۷-۳) میزان اتفاقات انشعابات و خطوط انتقال آب استان خراسان رضوی ۱۴۶

شکل(۷-۴) اتفاقات ماهانه‌ی خطوط آب در برابر قطر لوله ها..... ۱۴۷

شکل(۷-۵) شکست های طولی و حلقوی در خطوط انتقال آب..... ۱۴۸

شکل(۷-۶) شکست لوله به علت قرارگیری در معرض فشارهای انتقالی مثبت و منفی..... ۱۴۹

شکل(۷-۷) شکست طولی لوله ناشی از ضربه‌ی قوچ ۱۴۹

شکل(۷- ۸) وضعیت محل لوله های اتفاق داده..... ۱۵۰

شکل(۷-۹) شکستگی لوله از محل اتصال..... ۱۵۱

شکل(۷-۱۰) ضخامت لوله در محل شکستگی ۱۵۱

شکل(۷-۱۱) نشست خاک روی خط انتقال در منطقه‌ی بروز اتفاق ۷-۴-۱..... ۱۵۲

شکل(۷-۱۲) شکل اتفاق ۷-۴-۲..... ۱۵۳

شکل(۷-۱۳) ضخامت کم جدار لوله در محل اتفاق..... ۱۵۳

شکل(۷-۱۴) ضخامت لوله در محل بریدگی..... ۱۵۴

شکل(۷-۱۵) سوراخ شدگی لوله در مجاورت محل بریدگی..... ۱۵۴

شکل(۷-۱۶) اتفاق روی داده موجب جدا شدن کامل تکه ای از لوله شده است..... ۱۵۵

شکل(۷-۱۷) نازکی جدار لوله در محل بروز اتفاق..... ۱۵۵

شکل(۷- ۱۸) محل بریدگی لوله..... ۱۵۵

شکل(۷-۱۹) زنگ زدگی موضعی جدار داخلی لوله..... ۱۵۶

شکل(۷-۲۰) حفره های ریز اطراف زنگ زدگی های در جدار داخلی لوله..... ۱۵۶

شکل(۷-۲۱) زنگ زدگی شدید سطح خارجی لوله و ناهمگونی جنس لوله..... ۱۵۷

شکل(۷-۲۲) ناهمگونی جنس لوله..... ۱۵۷

شکل(۷-۲۳) سطح خارجی یک لوله‌ی چدنی با جنس همگون..... ۱۵۷

شکل(۷-۲۴) فرورفتگی در جدار لوله به علت کیفیت پایین تولید..... ۱۵۸

شکل(۸-۱) مراحل مختلف اجرای پروژه..... ۱۶۱

فهرست جداول:

جدول(۲-۱) مقادیر مدول الاستیسیته ی یانگ و ضریب پواسن برای لوله های با جنس های مختلف..... ۲۱

جدول(۴-۱)ویژگی های دیتالاگر ضربه‌ی قوچ..... ۶۷

جدول(۴-۲) مشخصات فلومتر اولتراسونیک پرتافلو ۳۰۰..... ۷۱

جدول(۵-۱) مشخصات منابع آب شرب شهر گناباد..... ۸۱

جدول(۵-۲) مقایسه نتایج فیزیکو شیمیایی آب چاه ها..... ۸۹

جدول(۵-۳) مقایسه فشار قابل تحمل لوله ها و حداکثر فشارهای معمولی وارده به خط انتقال..... ۹۵

جدول(۵-۴) محاسبه‌ی ضریب هیزن ویلیامز لوله های سیمان آزبست خط انتقال ۹۸

جدول(۵-۵) محاسبه‌ی ضریب هیزن ویلیامز لوله های چدنی خط انتقال..... ۹۸

جدول(۵-۶) فشارهای ثبت شده و مدلسازی شده در نقاط مختلف خط انتقال با یک پمپ در مدار ۹۹

جدول(۵-۷) فشارهای ثبت شده و مدلسازی شده در نقاط مختلف خط انتقال با دو پمپ در مدار ۹۹

جدول(۵-۸) سرعت موج برای لوله های مختلف به کار رفته در خط انتقال ۱۰۴

جدول(۷-۱) وضعیت بررسی لوله های اتفاق داده در مسیر مورد بررسی ۱۵۱