شبیه سازی دینامیکی خطوط لوله انتقال گاز

محمد علی فنایی شیخ الاسلامی* – رضا پورفتح الله – میثم وحیدی

دانشگاه فردوسی مشهد- دانشکده مهندسی- گروه مهندسی شیمی

چکیده

در این مقاله شبیه سازی کامپیوتری خطوط لوله منطقه‌ی چهار عملیات انتقال گاز کشور به دو صورت پایا و دینامیکی توسط بسته نرم افزاری Hysys انجام گرفته است. در شبیه سازی صورت گرفته، خط لوله اصلی انتقال گاز از پالایشگاه خانگیران تا ایستگاه تقویت فشار رامسر بطول ۱۰۶۵ کیلومتر همراه با ایستگاههای تقویت فشار موجود در مسیر(رضوی، فاروج، قلعه جیق، نکا و نور) در نظر گرفته شده است. همچنین از مقادیر متوسط مصرف شهرهای موجود در مسیر انتقال مربوط به زمستان ۱۳۸۵ در شبیه سازی استفاده شده است. نتایج حاصله از شبیه سازی حالت پایا از کیلومتر صفر (پالایشگاه) تا ایستگاه تقویت فشار نکا، همخوانی قابل قبولی با مقادیر فشار گزارش شده توسط واحد دیسپچینگ شرکت گاز دارد. بهرحال نتایج شبیه سازی از ایستگاه تقویت فشار نکا تا ایستگاه تقویت فشار رامسر دارای خطای قابل توجهی (حدود ۲۰ درصد) می باشد. علت اصلی این موضوع در اختیار نبودن مقادیر مصرف اکثر انشعابات استان مازندران می باشد. نتایج حاصله از شبیه سازی دینامیکی خطوط لوله انتقال گاز منطقه چهار نیز بطور کیفی با روند تغییرات فشار و دبی در خطوط لوله سازگار می باشد. بهرحال با توجه به در اختیار نبودن الگوی مصرف گاز مربوط به انشعابات، مقایسه کمی نتایج حاصله از شبیه سازی دینامیکی در حال حاضر امکان پذیر نمی باشد.

واژه های کلیدی : خطوط لوله انتقال گاز، شبیه سازی حالت پایا، شبیه سازی دینامیکی

۱- مقدمه

همانگونه که می دانیم میزان مصرف گاز طبیعی در فصول مختلف سال متغیر بوده و در فصل زمستان عموماً با پیک مصرف مواجه هستیم. این پیک مصرف باعث کاهش فشار در خط لوله شده و در بعضی نقاط مصرف، گاز رسانی امکان پذیر نمی‌باشد؛ از این رو چنانچه بتوانیم با استفاده از شبیه سازی کامپیوتری میزان فشار نقاط مختلف خط را با توجه به میزان مصرف متغیر انشعابات تخمین بزنیم، می‌توان نقاطی را که با کمبود گاز در پیک مصرف مواجه می‌شوند شناسایی کرده و از طریق تغییر نرخ تزریق گاز و یا افزایش فشار خروجی ایستگاه های تقویت فشار موقتاً مشکل را حل نمود. همچنین بر اساس نتایج به دست آمده از طریق شبیه سازی می توان اصلاحاتی از قبیل افزایش یا تغییر موقعیت ایستگاه های تقویت فشار یا تقویت نمودن خطوط توسط خطوط لوله موازی، را در شبکه خطوط لوله اعمال نمود.

شبیه سازی کامپیوتری خطوط لوله را می توان به دو صورت انجام داد:

الف) شبیه سازی حالت پایا (استاتیکی): در این نوع شبیه سازی، تغییرات متغیرها با زمان و میزان انباشتگی گاز درون خطوط لوله، در نظر گرفته نمی‌شود. همچنین مواردی از قبیل میزان تزریق گاز به خط لوله، شرایط گاز ورودی به خط، میزان مصرف انشعابات و انرژی مصرفی در ایستگاه های تقویت فشار ثابت فرض می‌شوند. هدف از انجام شبیه سازی حالت پایا، بررسی وضعیت کلی خط لوله می باشد. شبیه سازی استاتیکی معمولاً بر اساس بدترین شرایط عملیاتی خط

* Email: fanaei@um.ac.ir - Tel: 09155162268 - Fax: 05118816840

لوله (بیشترین مقدار مصرف) و یا بر اساس مقادیر متوسط مصرف در فصول مختلف صورت می گیرد. همچنین از نتایج حاصله از شبیه سازی استاتیکی می توان به عنوان حدس اولیه در شبیه سازی دینامیکی استفاده نمود.

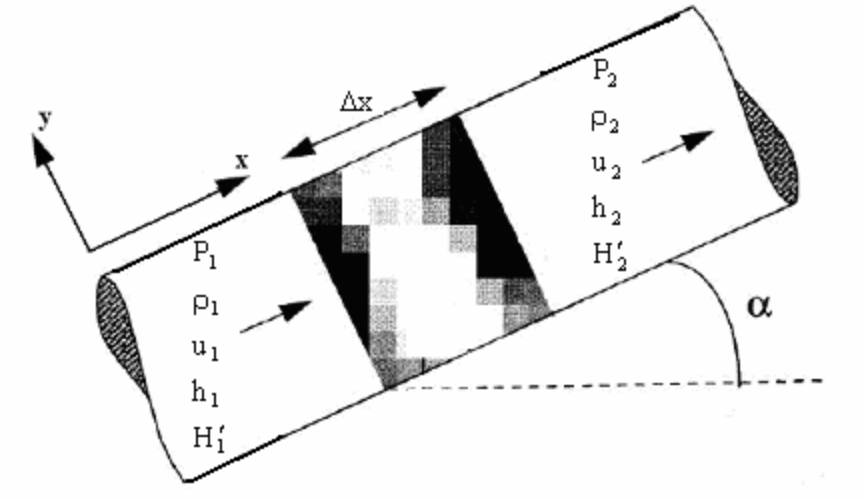
ب) شبیه سازی دینامیکی(حالت ناپایا): بر خلاف حالت پایا، در شبیه سازی دینامیکی، تغییرات متغیرهای فرآیند با زمان، از قبیل تغییرات شرایط عملیاتی، دبی گاز تزریقی به خط لوله و دبی مصرف انشعابات و همچنین میزان انباشتگی گاز در خط لوله در نظر گرفته می شود. لذا جهت شبیه سازی دینامیکی اطلاعات کاملتری از جمله الگوی مصرف روزانه‌ی کلیه انشعابات مورد نیاز است. با توجه به اینکه عملیات کلیه خطوط لوله انتقال گاز در حالت ناپایا می باشد، استفاده از شبیه سازی دینامیکی با واقعیت سازگاری بیشتری دارد.

در این مقاله نتایج شبیه سازی حالت پایا و دینامیکی خطوط انتقال گاز منطقه چهار کشور از پالایشگاه خانگیران تا ایستگاه تقویت فشار رامسر، بطول ۱۰۶۵ کیلومتر، همراه با ایستگاههای تقویت فشار موجود در مسیر(رضوی، فاروج، قلعه جیق، نکا و نور) ارائه گردیده است. جهت انجام شبیه سازی، در ابتدا مشخصات گاز ارسالی از پالایشگاه گاز خانگیران شامل ترکیب، دما، فشار و دبی گاز و همچنین اطلاعات جامعی در مورد منطقه‌ی چهار عملیات انتقال گاز، شامل نقشه های جغرافیایی خطوط، مشخصات خطوط لوله (قطر، جنس، ضخامت، نوع و ضخامت عایق، عمق دفن) و مشخصات کمپرسورهای مربوط به هر ایستگاه تقویت فشار جمع آوری گردید. سپس جهت انجام شبیه سازی خطوط لوله در حالت پایا از بسته‌ی نرم افزاری Pipe segment و جهت شبیه سازی دینامیکی از بسته نرم افزاری Gas pipe که از زیر مجموعه های نرم افزار Hysys می باشند، استفاده شد[۱ و ۲] .

در ادامه این مقاله، ابتدا مروری بر معادلات حاکم بر خطوط لوله در حالت پایا و دینامیکی و همچنین نحوه انجام محاسبات در نرم افزار Hysys ارائه شده است. سپس بطور اختصار به معرفی منطقه چهار عملیات انتقال گاز و همچنین به نقاط قوت و ضعف شبیه سازی صورت گرفته، پرداخته شده است. در انتها نیز نتایج حاصل از شبیه سازی حالت پایا و دینامیکی ارائه گردیده است.

۲- معادلات حاکم بر خطوط لوله انتقال گاز

با نوشتن موازنه جرم، مومنتوم و انرژی برای یک خط لوله در حالت ناپایا، معادلات اصلی مربوط به مدل دینامیکی آن خط لوله حاصل می شود. به عنوان نمونه در ذیل برای خط لوله شیب دار نشان داده شده در شکل ۱، معادلات موازنه جرم و مومنتوم ارائه شده است [۳ و ۴].



شکل۱: المانی از یک خط لوله شیب دار

موازنه جرم کلی : با نوشتن موازنه جرم کلی برای المان نشان داده شده در شکل ۱ داریم :

$$r uA\big|_x - r uA\big|_{x+\Delta x} = \frac{\partial}{\partial t}(r A\Delta x) \qquad (۱)$$

با فرض ثابت بودن سطح مقطع لوله (A) و با تقسیم طرفین رابطه بر حجم المان و با استفاده از تعریف مشتق داریم:

$$\frac{\partial r}{\partial t} + \frac{\partial (r u)}{\partial x} = 0 \qquad (۲)$$

در معادله فوق r و u به ترتیب نشان دهنده دانسیته و سرعت گاز می باشند.

موازنه مومنتوم : با نوشتن موازنه مومنتوم برای المان نشان داده شده در شکل ۱ داریم:

$$ruuA\big|_x - ruuA\big|_{x+\Delta x} + pA\big|_x - pA\big|_{x+\Delta x} - t_w S\Delta x - r g \sin(a) A\Delta x = \frac{\partial}{\partial t}(r Au\Delta x) \qquad (۳)$$

با تقسیم طرفین رابطه فوق بر المان حجم و استفاده از تعریف مشتق داریم:

$$-\frac{\partial}{\partial x}(ruu) - \frac{\partial p}{\partial x} - t_w \frac{S}{A} - r g \sin a = \frac{\partial}{\partial t}(ru) \qquad (۴)$$

در معادله فوق α ، g ، S و p به ترتیب نشان دهنده زاویه خط لوله نسبت به افق، شتاب جاذبه، محیط لوله و فشار گاز می باشند. با حذف تنش برشی دیواره‌ی لوله(t_w) از معادله ۴ با استفاده از تعریف ضریب اصطکاک $\left(t_w = \frac{1}{2} r u^2 f\right)$، داریم:

$$\frac{\partial}{\partial t}(ru) + \frac{\partial}{\partial x}(ru^2 + p) + r g \sin a + \frac{1}{2} fru|u|\frac{S}{A} = 0 \qquad (۵)$$

با حل همزمان معادلات ۲ و ۵ می توان تغییرات سرعت (دبی) و فشار گاز را در طول خط لوله بر حسب زمان محاسبه نمود.

در مجموعه Gas pipe از نرم افزار Hysys ، جهت شبیه سازی خطوط لوله انتقال گاز در حالت ناپایا از حل همزمان معادلات ۲، ۵ و معادله انرژی (برای تعیین دمای گاز) استفاده می گردد [۲]. البته جهت حل عددی معادلات مذکور در نرم افزار Hysys از روش تفاضل محدود صریح (Explicit finite difference) استفاده شده است. بنابراین انتخاب مناسب تعداد تقسیمات مکانی و اندازه گام زمانی در پایداری حل عددی از اهمیت بسزائی برخوردار می باشد.

با حذف ترم مربوط به تغییرات مومنتوم گاز با زمان از معادله ۵، معادله مربوط به خطوط لوله در حالت پایا بصورت زیر حاصل می گردد:

$$\frac{\partial}{\partial x}(ru^2 + p) + r g \sin a + \frac{1}{2} fru^2 \frac{S}{A} = 0 \qquad (۶)$$

در مجموعه Pipe segment از نرم افزار Hysys، جهت شبیه سازی خطوط لوله در حالت پایا، از حل عددی معادله ۶ و معادله انرژی بصورت همزمان استفاده می گردد [۲]. بدین منظور هر بخش از خط لوله به چندین قسمت تقسیم شده و سپس از طریق انتگرال گیری از معادلات مذکور تغییرات فشار و دما در طول خط تعیین می شود.

شرایط مرزی و شرایط اولیه: برای حل معادلات دیفرانسیلی حاکم بر خطوط لوله در حالت ناپایا (دینامیکی)، تعیین شرایط اولیه و شرایط مرزی ضروری می‌باشد. شرایط اولیه‌ی مورد نیاز، همان مقادیر حالت پایای تغییرات دما، فشار و سرعت (دبی) گاز در طول خط لوله می‌باشند که بوسیله‌ی شبیه سازی حالت پایا حاصل می‌شوند. شرایط مرزی نیز مربوط به تغییرات با زمان فشار، دبی و دما در مرزهای خط لوله (ورودی ، خروجی و انشعابات) می باشند. هر خط لوله که دارای یک ورودی و یک خروجی می باشد، به سه شرط مرزی بر روی دبی، فشار و دما نیازمند است. همچنین به ازای هر انشعاب، یک شرط مرزی به شرایط مرزی مورد نیاز جهت حل عددی اضافه می شود. سه شرط مرزی مربوط به یک خط لوله را می توان برای جریان گاز ورودی و یا خروجی از خط لوله تعریف نمود. همچنین می توان بعضی از شرایط مرزی را در ورودی و مابقی را در خروجی تعریف نمود. به عنوان مثال تغییرات با زمان دبی و دمای گاز را می توان در ورودی خط و تغییرات فشار را در خروجی خط تعریف نمود. البته تعریف دما و فشار گاز در ورودی و دبی در خروجی خط لوله و انشعابات مرسوم

تر می باشد. این نکته لازم به ذکر است که در صورت تعریف دبی، فشار و یا دما در هر دو سمت خط لوله، حل عددی واگرا خواهد شد.

در مجموعه Gas pipe از نرم افزار Hysys جهت شبیه سازی دینامیکی خطوط انتقال گاز، امکان تعریف همزمان دبی و فشار در یک سمت خط لوله وجود ندارد. بعبارت دیگر در صورت تعریف فشار در ورودی خط، دبی گاز را باید در خروجی خط و انشعابات تعریف نمود. در شبیه سازی صورت گرفته در مقاله حاضر، شرایط مرزی فشار و دما در ورودی خط لوله (خروجی پالایشگاه و ورودی از ترکمنستان) و شرط مرزی دبی در خروجی خط لوله و انشعابات تعریف شده است.

۳- معرفی منطقه چهار عملیات انتقال گاز کشور

منطقه چهار عملیات انتقال گاز کشور شامل ناحیه شمال و شمال شرق کشور بوده و وظیفه گازرسانی به استان های خراسان رضوی، خراسان شمالی، گلستان، مازندران و بخشی از استان سمنان را به عهده دارد. این منطقه به پنج یارد اصلی مشهد، بجنورد، گرگان، نور و نیشابور تقسیم بندی شده است. گاز مصرفی این منطقه از سه مخزن گنبدلی، شوریجه و خانگیران در ناحیه سرخس تامین می شود. شروع خطوط لوله‌ی این منطقه، پالایشگاه گاز خانگیران می باشد و پس از طی یک مسیر ۱۰۶۵ کیلومتری به ایستگاه تقویت فشار رامسر ختم می‌شود. گاز تولیدی در پالایشگاه سرخس توسط دو خط لوله ۳۶ اینچی (قدیم و جدید) و یک خط لوله ۱۶ اینچی به مبادی مصرف منتقل می شود. دو خط لوله ۳۶ اینچی جدید و قدیم تا کیلومتر ۱۳۹ به موازات هم امتداد داشته و سپس به هم می‌پیوندد. از کیلومتر ۱۳۹ تا انتهای خط، قطر خط لوله اصلی انتقال گاز ۳۰ اینچ می‌باشد. البته جهت تأمین کمبود گاز استان های شمالی، در حوالی کردکوی، گاز وارداتی از ترکمنستان توسط یک خط لوله ۴۰ اینچی در کیلومتر۷۱۴ به خط لوله ۳۰ اینچی متصل می گردد. همچنین از کیلومتر ۷۱۴ تا کیلومتر ۸۰۰ (نیروگاه نکا)، یک خط لوله ۳۰ اینچی به موازات خط لوله قدیمی امتداد دارد. در منطقه چهار عملیات انتقال گاز، ایستگاه های تقویت فشار رضوی، فاروج، قلعه جیغ، نکا، نور و رامسر موجود می‌باشند. در شکل ۲ شمای کلی خطوط لوله انتقال گاز منطقه چهار کشور همراه با ایستگاههای تقویت فشار موجود در مسیر انتقال نشان داده شده است.

شکل ۲ : شمای کلی خطوط لوله اصلی انتقال گاز منطقه چهار کشور

۴- نقاط قوت و ضعف شبیه سازی صورت گرفته

از مهم ترین نقاط قوت شبیه سازی صورت گرفته می توان به موارد زیر اشاره نمود:

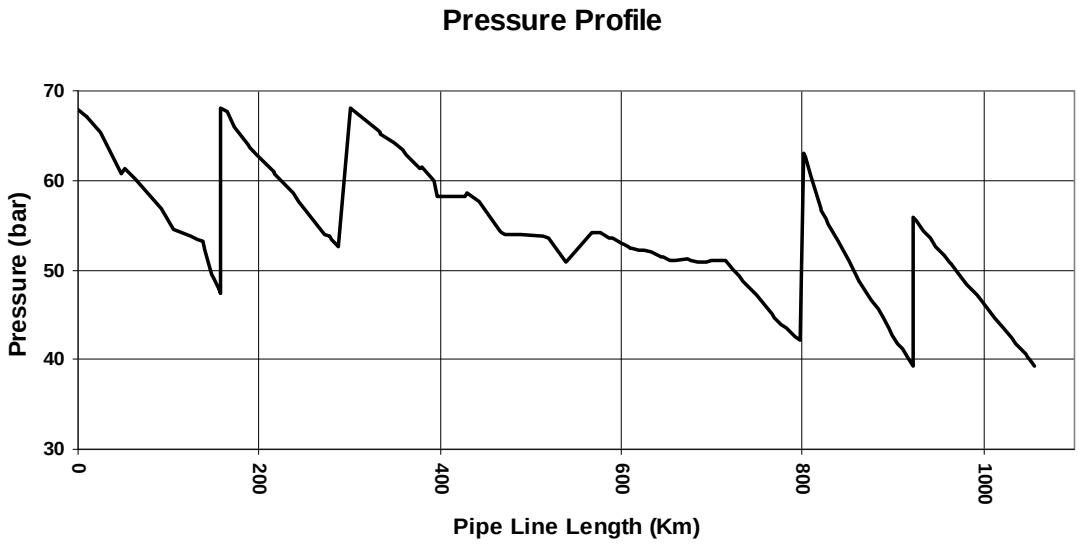
- در نظر گرفتن کل شبکه اصلی انتقال گاز منطقه چهار کشور از پالایشگاه خانگیران تا ایستگاه تقویت فشار رامسر بطول ۱۰۶۵ کیلومتر بهمراه ایستگاههای تقویت فشار موجود در مسیر (رضوی، فاروج، قلعه جیق، نکا، نور و رامسر). همچنین در نظر گرفتن کلیه حلقه های موجود در مسیر انتقال (خط ۳۶ اینچ جدید و خط ۳۰ اینچ نیروگاه نکا).
- استفاده از پروفایل نسبتاً دقیقی از تغییر ارتفاع خط لوله بر حسب طول آن (این اطلاعات از نقشه های جغرافیایی موجود در شرکت گاز استخراج شده است).
- عدم استفاده از فرض جریان همدما برای شبیه سازی خط لوله. بعبارت دیگر علاوه بر فشار و دبی، تغییرات دما را نیز می توان در طول خط مشاهده نمود.
- در نظر گرفتن کلیه انشعابات موجود در مسیر انتقال (۱۴۴ انشعاب) و امکان تعریف الگوی روزانه مصرف گاز برای هر انشعاب
- امکان اضافه نمودن انشعابات جدید به شبکه انتقال
- تعریف منحنی مشخصه کلیه کمپرسورها برای نرم افزار و محاسبه هد، توان و بازده بر اساس دبی عبوری و سرعت چرخش پره های کمپرسور

از نقاط ضعف شبیه سازی صورت گرفته نیز می توان به موارد زیر اشاره نمود:

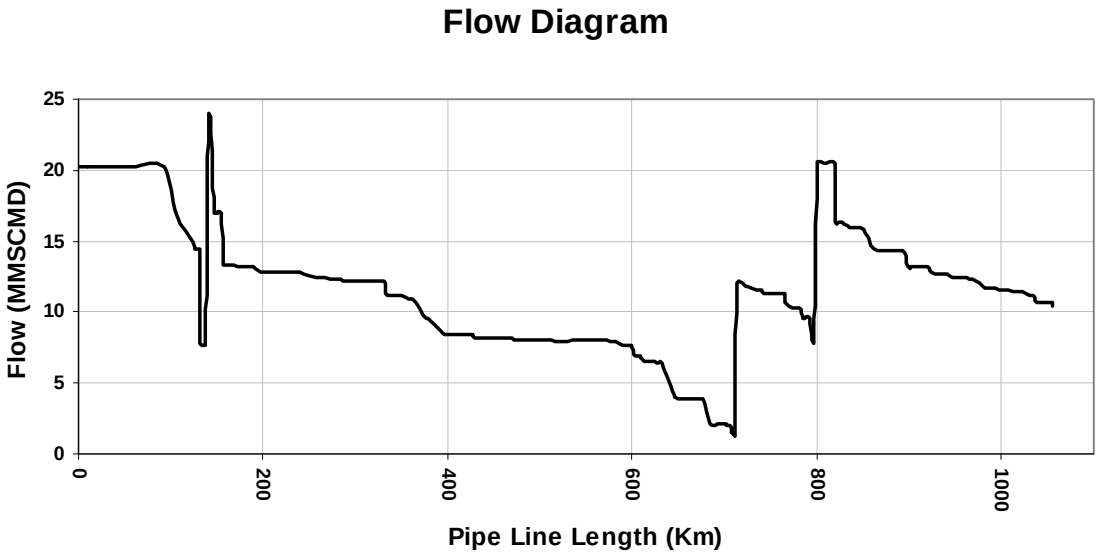
- نبود اطلاعات مربوط به میزان مصرف اکثر انشعابات استان مازندران
- نبود الگوی مصرف انشعابات در فصول مختلف سال
- فرض سرعت چرخش ثابت در شبیه سازی دینامیکی کمپرسورها
- نبود اطلاعات دقیقی از شیرها و اتصالات موجود در مسیر انتقال

۵- نتایج به دست آمده از شبیه سازی در حالت پایا

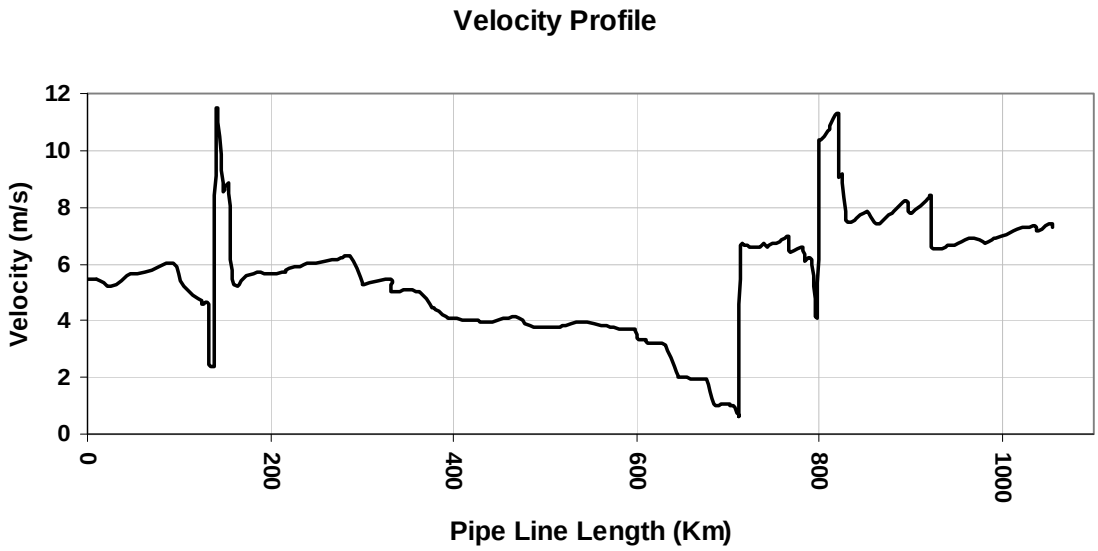
در شکلهای ۳ تا ۵ به ترتیب تغییرات فشار، دبی و سرعت گاز در طول خط لوله اصلی انتقال گاز منطقه چهار کشور نشان داده شده است. این نتایج که از شبیه سازی حالت پایا حاصل شده اند، مربوط به زمستان ۱۳۸۵ می باشند.



شکل ۳ : تغییرات فشار گاز در طول خط لوله



شکل ۴ : تغییرات دبی گاز در طول خط لوله



شکل ۵ : تغییرات سرعت گاز در طول خط لوله

به منظور بررسی صحت نتایج شبیه سازی، مقادیر فشار پیش بینی شده توسط نرم افزار با مقادیر متوسط فشار در زمستان ۱۳۸۵ (این مقادیر توسط واحد دیسپچینگ شرکت ملی گاز ایران گزارش شده است) در جدول ۱ مورد مقایسه قرار گرفته است. همانگونه که مشاهده می‌گردد تا ورودی ایستگاه تقویت فشار نکا میزان خطای حاصله از طریق شبیه سازی کامپیوتری کمتر از ۴/۵ درصد می‌باشد، ولی نتایج شبیه سازی از ایستگاه تقویت فشار نکا تا ایستگاه تقویت فشار رامسر دارای خطای قابل توجهی (حدود ۲۰ درصد) می باشد. علت اصلی این موضوع در اختیار نبودن مقادیر مصرف اکثر انشعابات استان مازندران در زمستان ۱۳۸۵ می باشد.

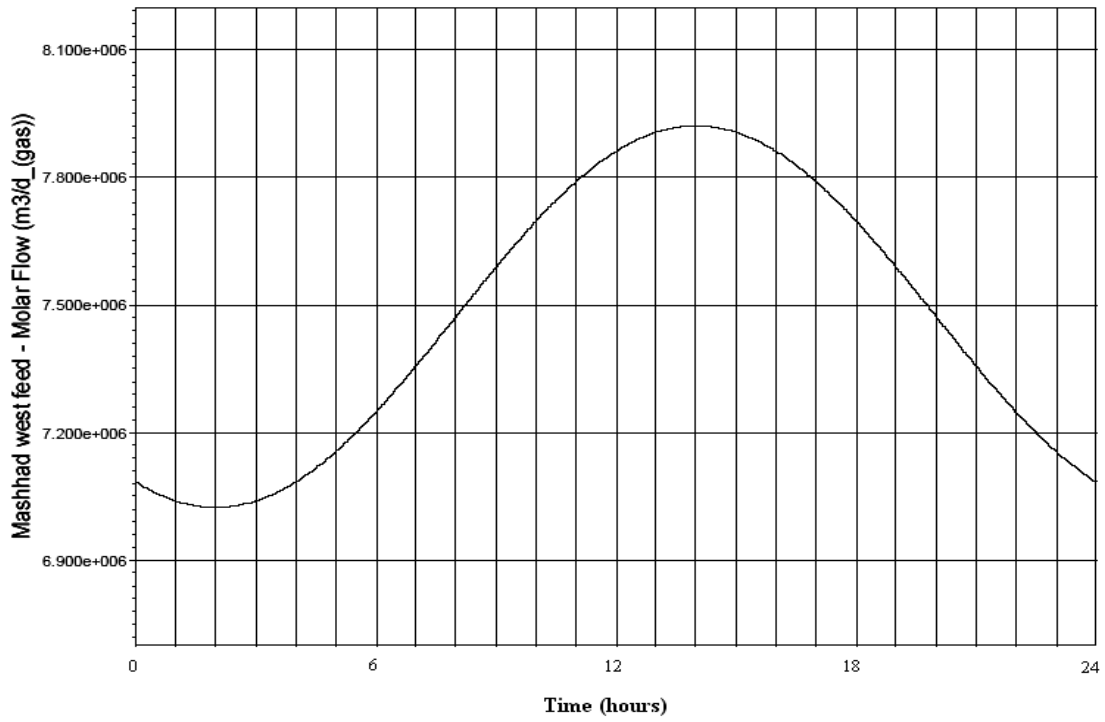
جدول ۱ : مقایسه فشار پیش بینی شده با میانگین مقادیر واقعی در زمستان ۱۳۸۵

ایستگاه تقویت فشار (گاز ورودی)	میانگین فشار واقعی (bar)	فشار پیش بینی شده (bar)	خطای نسبی (%)
رضوی	۴۶/۱	۴۵/۵۶	۱/۱۷
فاروج	۴۸/۴۷	۴۹/۶۱	۲/۳۵
قلعه جیق	۴۹/۱۳	۴۹/۱۳	-----
نکا	۴۵/۰۷	۴۳/۱۱	۴/۳۵
نور	۴۲/۶۳	۳۴/۹۰	۱۸/۱۳
رامسر	۴۱	۳۱/۸۹	۲۲/۲۲

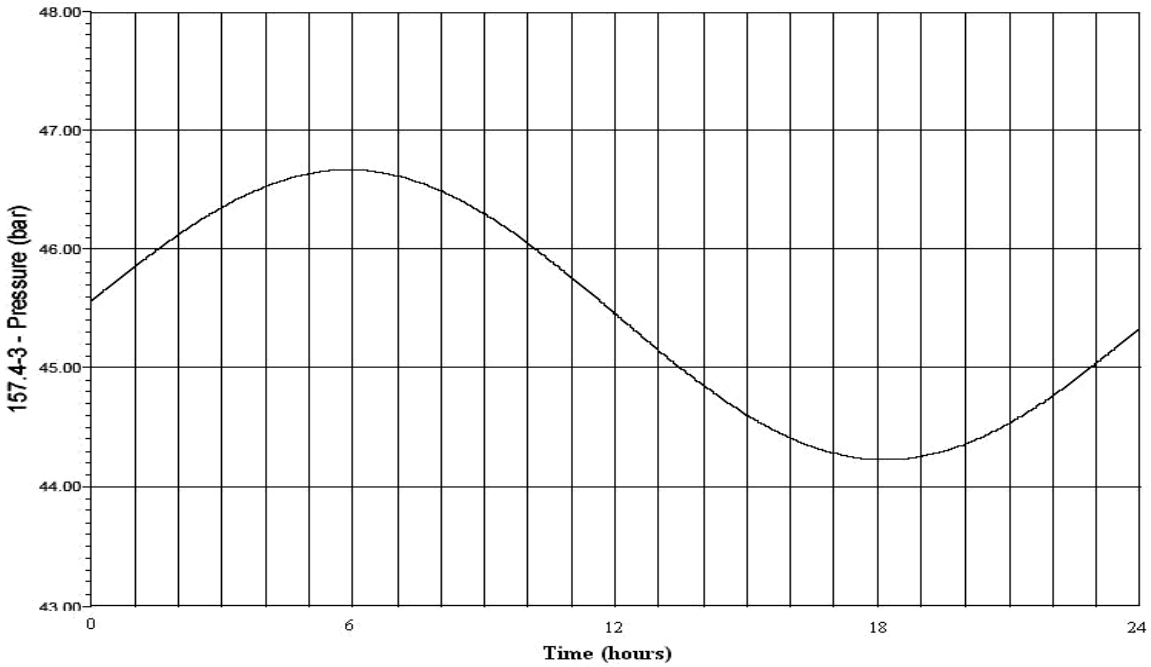
۶- نتایج به دست آمده از شبیه سازی در حالت دینامیکی

در این بخش نتایج حاصله از شبیه سازی دینامیکی خطوط لوله انتقال گاز منطقه چهار کشور در زمستان ۱۳۸۵، در دو حالت ارائه شده است. در حالت اول برای کلیه انشعابات اصلی (انشعاباتی که دارای میانگین مصرف بیش از ۳۰۰۰۰۰ متر مکعب در روز می باشند) الگوی مصرف سینوسی و برای فشار گاز تزریقی به خط لوله از پالایشگاه نیز یک الگوی سینوسی در نظر گرفته شده است. به عنوان نمونه الگوی مصرف انشعاب ورودی غرب مشهد در طی ۲۴ ساعت، در شکل ۶ نشان داده شده است. این نکته لازم به ذکر است که الگوی مصرف انشعابات و نحوه تزریق گاز در نظر گرفته شده در شبیه سازی دینامیکی، بصورت فرضی بوده و هدف از آن نشان دادن قابلیت شبیه سازی صورت گرفته در پیش بینی شرایط عملیاتی متغیر (فشار، دبی و دما) در کلیه نقاط خط لوله با توجه به تغییرات موجود در انشعابات و نقاط تزریق می باشد. همچنین باید توجه نمود که در صورت در اختیار داشتن الگوی مصرف نسبتاً دقیقی در انشعابات، به کمک شبیه سازی دینامیکی فوق می توان با دقت قابل قبولی شرایط عملیاتی را در نقاط مختلف پیش بینی نمود. به عنوان نمونه، نحوه تغییرات فشار حاصله از شبیه سازی دینامیکی در ورودی ایستگاه تقویت فشار رضوی در شکل ۷ نشان داده شده است.

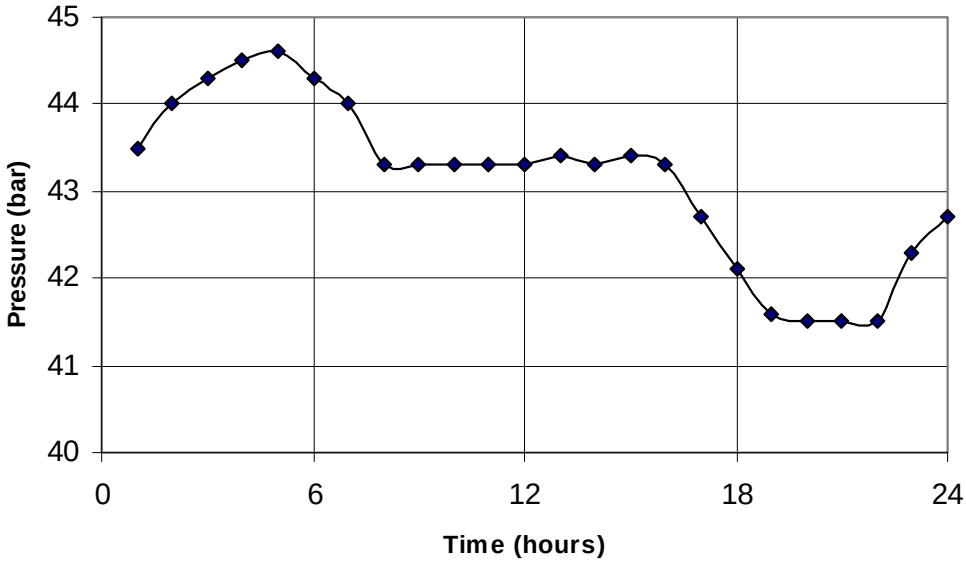
انتخاب الگوی مصرف سینوسی جهت انشعابات تقریباً با واقعیت سازگار می باشد. جهت نشان دادن صحت این موضوع، نحوه تغییرات فشار گاز ورودی به ایستگاه تقویت فشار رضوی در یکی از روزهای بهمن ۱۳۸۵ که از واحد دیسپچینگ شرکت ملی گاز دریافت شده است، در شکل۸ نشان داده شده است. همانگونه که مشاهده می گردد شکل مذکور رفتاری تقریباً سینوسی با دامنه حدود ۱/۵ بار و پریود ۲۴ ساعت را نشان می دهد. همچنین شکل مذکور بطور کیفی با تغییرات فشار ورودی به ایستگاه رضوی که از شبیه سازی دینامیکی حاصل شده است (شکل ۷)، همخوانی دارد. بهرحال بررسی دقیق صحت نتایج شبیه سازی دینامیکی بدون در اختیار داشتن الگوی نسبتاً دقیقی در انشعابات امکان پذیر نمی باشد.



شکل ۶ : الگوی مصرف انشعاب ورودی غرب مشهد در طی ۲۴ ساعت



شکل ۷ : مقادیر پیش بینی شده تغییرات فشار گاز ورودی به ایستگاه تقویت فشار رضوی



شکل ۸ : نحوه تغییرات فشار گاز ورودی به ایستگاه رضوی در یکی از روزهای بهمن ۱۳۸۵

یکی از کاربردهای دیگر شبیه سازی دینامیکی خطوط انتقال گاز، شناسائی خصوصیات دینامیکی شبکه انتقال می باشد. شناخت خصوصیات دینامیکی شبکه انتقال (تأخیر و ثابت زمانی) این امکان را برای واحدهای دیسپچینگ شرکت گاز فراهم می نماید که در مواقع بروز مشکل و یا تغییرات ناگهانی در نقاط مختلف خط، مدت زمان انتشار اغتشاش روی داده در خط را پیش بینی نموده و دستورات لازم را به ایستگاههای تقویت فشار صادر نمایند. در ادامه به عنوان مثال جهت شناخت خصوصیات دینامیکی شبکه انتقال، در صورت تغییر در فشار خروجی پالایشگاه، یک تغییر پله ای در فشار پالایشگاه اعمال گردید (کاهش فشار از ۶۸/۷۷ به ۶۷ بار). سپس با توجه به نتایج حاصله، خصوصیات دینامیکی شبکه انتقال (تأخیر و ثابت زمانی) از پالایشگاه تا ایستگاههای تقویت فشار محاسبه گردید. این نتایج در جدول ۲ ارائه شده است.

جدول ۲ : مشخصات دینامیکی شبکه انتقال در صورت تغییر در خروجی پالایشگاه

نام ایستگاه	تأخیر زمانی (ساعت)	ثابت زمانی (ساعت)
رضوی	۰/۱۸	۲
فاروج	۱	۷/۶۵
نکا	۴/۵	۳۶/۷۳
نور	۱۲	۵۸/۰۸
رامسر	۱۶/۵۶	۶۲/۵۰

۷- نتیجه گیری

در این مقاله نتایج شبیه سازی حالت پایا و دینامیکی خطوط لوله انتقال گاز منطقه چهار کشور همراه با ایستگاههای تقویت فشار از پالایشگاه خانگیران تا ایستگاه تقویت فشار رامسر ارائه گردید. نتایج فشار حاصله از شبیه سازی حالت پایا تا ایستگاه تقویت فشار نکاء همخوانی قابل قبولی با مقادیر فشار گزارش شده توسط واحد دیسپچینگ شرکت گاز در زمستان ۱۳۸۵ دارد (میزان خطا کمتر از ۴/۵ درصد می باشد). ولی بعد از ایستگاه تقویت فشار نکا، بعلت نبود اطلاعات مقادیر مصرف اکثر انشعابات استان مازندران، میزان خطای شبیه سازی تا حدود ۲۰ درصد افزایش یافته است. نتایج حاصله از

شبیه سازی دینامیکی نیز بطور کیفی با داده های واحد دیسپچینگ شرکت گاز مطابقت می نماید. بهرحال بررسی صحت دقیق نتایج شبیه سازی دینامیکی بدون در اختیار داشتن الگوی نسبتاً دقیقی از مصرف انشعابات امکان پذیر نمی باشد. از شبیه سازی دینامیکی صورت گرفته همچنین می توان جهت شناسایی مشخصات دینامیکی شبکه انتقال (تأخیر و ثابت زمانی) استفاده نمود. به عنوان مثال، نتایج حاصله از تغییر فشار پالایشگاه نشان می دهد که فشار ورودی به ایستگاههای تقویت فشار، دارای تأخیر زمانی در محدوده ۰/۲ تا ۱۷ ساعت و ثابت زمانی در محدوده ۲ تا ۶۳ ساعت می باشد.

تشکر و قدردانی

این مقاله از پروژه «شبیه سازی دینامیکی خطوط لوله انتقال گاز منطقه چهار کشور» که از حمایت مالی شرکت گـاز منطقه چهار برخوردار بوده است، استخراج شده است. لذا مراتب تقدیر و تشکر خود را از مدیر عامل محترم، مدیریت بخش پژوهش و فن آوری و کارشناسان واحد دیسپچینگ شرکت گاز عملیات منطقه چهار اعلام می نمائیم.

مراجع

[1] Hysys 3.1 Documentations, *Simulation Basis*, Hyprotech Co., 2002.
[2] Hysys 3.1 Documentations, *Operations Guide*, Hyprotech Co., 2002
[3] Sanjay Kumar, *Gas Production Engineering*, Gulf Publishing Company, 1987.
[4] *GPSA Electronic Data Book*, By the Gas Processors Suppliers Association, 11th Edition, 1998.