نهمین همایش بین المللی حمل ونقل ریلی آبانماه 1386(19- 20 آبان)

شبیه سازی سوپاپ شیرخطرNB11 با استفاده از سیمولینک مطلب

جلال نظری,امین اوحدی

۱- کارشناس ارشد مکانیک تبدیل انرژی

۲- استادیار دانشکده مهندسی راه آهن، دانشگاه علم و صنعت ایران

Email:jalallyl@yahoo.com

چکیده

برای استفاده مسافرین در هنگام خطر و در مواقع اضطراری جعبه ترمز خطر در کوپه های واگن ها و همچنین راهروها نصب شده است و دستگیره آن به بدنه شیر خطر پلمپ شده است. در مواقع اضطراری با کشیدن ملایم دستگیره ترمز خطر فعال شده و تحریک می شود واین عمل باعث تخلیه سریع هوای لوله اصلی واگن ها شده و در نتیجه عمل ترمز سریع انجام می شود. در این مقاله در ابتدا ، سوپاپ از نظر عملکردی مورد بررسی قرار گرفته و سپس معادلات ریاضی حاکم بر رفتار دینامیکی سوپاپ ارائه می شود . این معادلات به کمک نرم افزار مهندسی MATLABحل شده و سپس عملکرد دینامیکی سوپاپ در سیمولینک (جعبه ابزار شبیه سازی نرم افزار مطلب) شبیه سازی شده و نتایج حاصل از آن با نتایج تست سوپاپ در کارگاه مطابقت داده می شود,اهدافی که برای شبیه سازی این سوپاپ تعیین شده به شرح زیر می باشدبررسی خروجی های فشار در طول زمان به ازای ورودیهای مختلف,امکان اتصال این شیر به المان های مختلف سیستم ترمز,امکان تعیین فشار در قسمتهای مختلف شیر مقایسه شبیه سازی کامپیوتری با نتایج کارگاهی

واژه های کلیدی: شیرخطر,شبیه سازی,ترمز,مقاومت,خازن,subsystem .

مقدمه

یکی از مهمترین مزایای حمل و نقل ریلی ایمنی بالای آن می باشد ، لذا طراحی ، ساخت و استفاده ازسیستمهایی که شرکت راه آهن را در این امر یاری برساند اهمیت می یابد.بدیهی است که یکی ازمهمترین بخش هایی که در این مورد به آن باید توجه بیشتری مبذول داشت، سیستم ترمز و دستگاه ها واجزای آن می باشد. برای استفاده مسافرین در هنگام خطر و در مواقع اضطراری جعبه ترمز خطر در کوپه های واگن ها و همچنین راهروها نصب شده است و دستگیره آن به بدنه شیر خطر پلمپ شده است. در مواقع اضطراری با کشیدن ملایم دستگیره ترمز خطر فعال شده و تحریک می شود واین عمل باعث تخلیه سریع هوای لوله اصلی واگن ها شده و در نتیجه عمل ترمز سریع انجام می شود.

شرح عملکرد سوپاپ شیر خطرNB11

شرح عملکرد سوپاپ شیر خطرNB11 در سه حالت : هواگیری،ترمزو تخلیه به قرار زیر می باشد.

حالت هواگیری

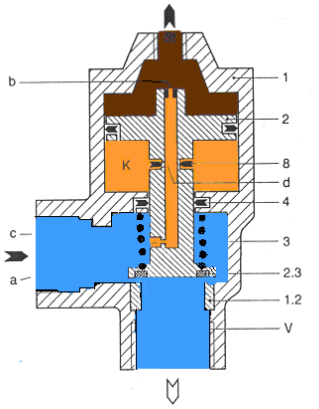
در این حالت وقتی که هوای 5bar از شیر شش دنده واقع در کابین راننده وارد لوله اصلی سرتاسر قطار می گردد.ابتدااز طریق شیر قطع و وصل هوای لوله اصلی L وارد سوپاپ سه قلو kE می گردد و هواگیری واگن در این حالت شروع می شود.

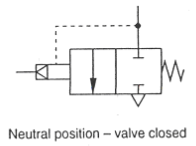
سوپاپ سه قلو قسمت مرکزی،اطاق A و مخزن فرعی R را هواگیری می نماید که همزمان با هواگیری واگن هوا از لوله اصلی وارد سوپاپ NB11 نیز می گردد که قسمت های ابتدایی (L)،میانی (k) وقسمت فوقانی (ST) خود را هواگیری می نماید.

قسمت ابتدایی سوپاپ NB11 (L) مستقیما از طریق لوله اصلی هواگیری می شود.جهت هواگیری محفظه های میانی (K)، هوا از محفظه L از طریق مجرای d2 مربوطه به میل پیستون سوپاپ NB11 وهمچنین مجرای d1 وارد محفظه میانی شده و فشار هوای آنجا به 5bar می رسد و همچنین جهت هواگیری محفظه فوقانی (St) ،هوای لوله اصلی L از مجرای d2 و همچنین مجرایd3 میل پیستون وارد محفظه فوق شده و فشار آن محفظه نیز به 5bar می رسد.

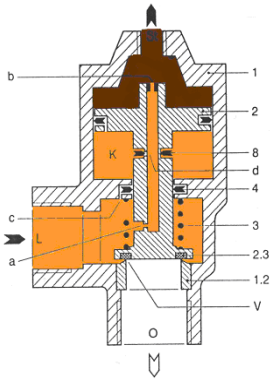
حالت ترمزگیری

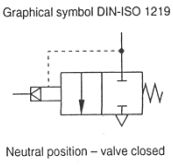
چنانچه دستگیره جعبه شیر خطر ...NP کشیده شود قسمت هوای جعبه شیر خطر تحریک شده و هوای ورودی از محفظه فوقانی stشیر خطرNB11 به جعبه شیر خطراز طریق مجرایی به بیرون خارج می شود که این عمل باعث تحریک شدن سوپاپ NB11 شده به این طریق که فشار هوای محفظه فوقانی St از5bar کاهش یافته و در نتیجه فشار هوای محفظه میانی k باعث بالا رفتن میل پیستون سوپاپ NB11 می گردد که با این عمل دریچه خروجی سوپاپNB11 (O) باز شده و در نتیجه هوای لوله اصلی (L) از این طریق به طور سریع به بیرون تخلیه می گردد.این عمل باعث کاهش سریع فشار لوله اصلی واگن شده ودر نتیجه ترمز سریع انجام می شود و فشار سیلندر ترمز درعرض 3 الی 5 ثانیه به ماکزیمم مقدار خود می رسد و در نهایت قطار مورد نظر در فاصله 1000 متری خود متوقف می شود.





شکل۱–حالت هواگیری



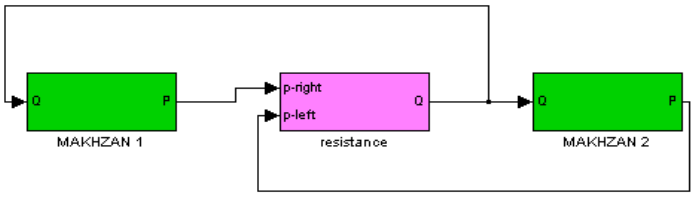


شکل۲–حالت ترمزگیری

روش شبیه سازی

با توجه به این که سیال موجود در سوپاپ یا در حال ذخیره شدن در یک مخزن و یا در حال عبور ازیک مجرا می باشد،بنابرین تمام اجزای سوپاپ NB11 را به دو قسمت مقاومت(اریفیس)و خازنها(مخازن هوا) تقسیم بندی می شوند.

در این روش هر المان به المان مجاور خود تاثیر گذار می باشد،غیر از المانهایی که در ورودی می باشد.پس تمام المان هابه عناصر قبل و بعد از خود فیدبک می دهند،به عنوان مثال خروج هوا از یک ارویفیس باعث ایجاد یک فیدبک منفی دبی به مخزن قبل از این اریفیس می شود وهمین اریفیس نسبت به مخزن بعد از خود یک تاثیر مثبت دبی می گذارد.

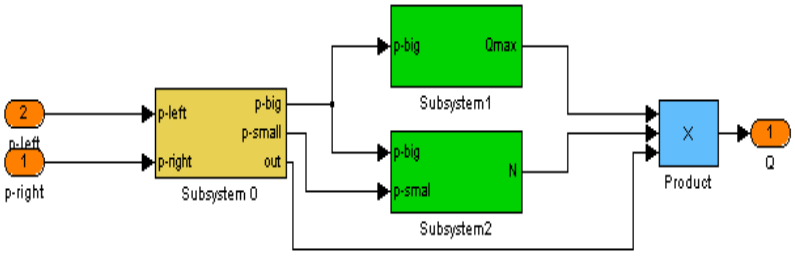


شکل۳- نمای نیوماتیکی دو مخزن در سیمولینک

مقاومتها(اریفیسها):

همانطور که میدانیم اریفیسها عناصری هستند که باتوجه به قطرشان مقدار معینی سیال از خود عبور می دهند و در مقابل عبور جریان از خود مقاومت نشان می دهند.

$$Q = \rho VA = \frac{AP_{big}}{\sqrt{RT_0}}\sqrt{2\frac{k}{k+1}\left(\frac{P_{smal}}{P_{big}}\right)^{\frac{2}{k}}\left[1-\left(\frac{P_{smal}}{P_{big}}\right)^{\frac{k-1}{k}}\right]} \qquad (۱)$$



شکل٤- لایه داخلی subsystem مقاومت

المان خازنها:

مخزن المانی است که قابلیت ذخیره کردن هوا را در خود دارد،مخزن المانی است که در هر لحظه فشار در آن تغییر می کند.

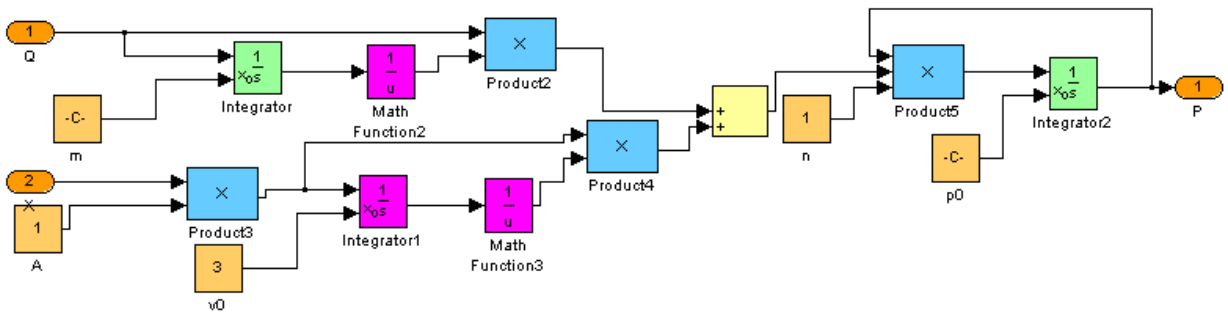
معادله ترمودینامیکی بکار رفته در مخازن:

$$p = nP\left(\frac{v}{V}+\frac{m}{M}\right) \qquad (۲)$$

همچنین اگرحجم مخازن ما متغییر باشد باید تغییرات حجم را هم لحاظ کنیم.

$$v = -Ax \qquad (۳)$$

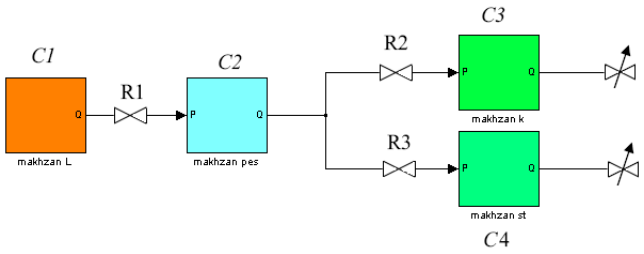
اگر فرآیند سریع صورت گیرد فرایند آدیاباتیک خواهد بود و مقدار$n=1.4$ خواهد بود.



شکل۵- لایه داخلی مخزن

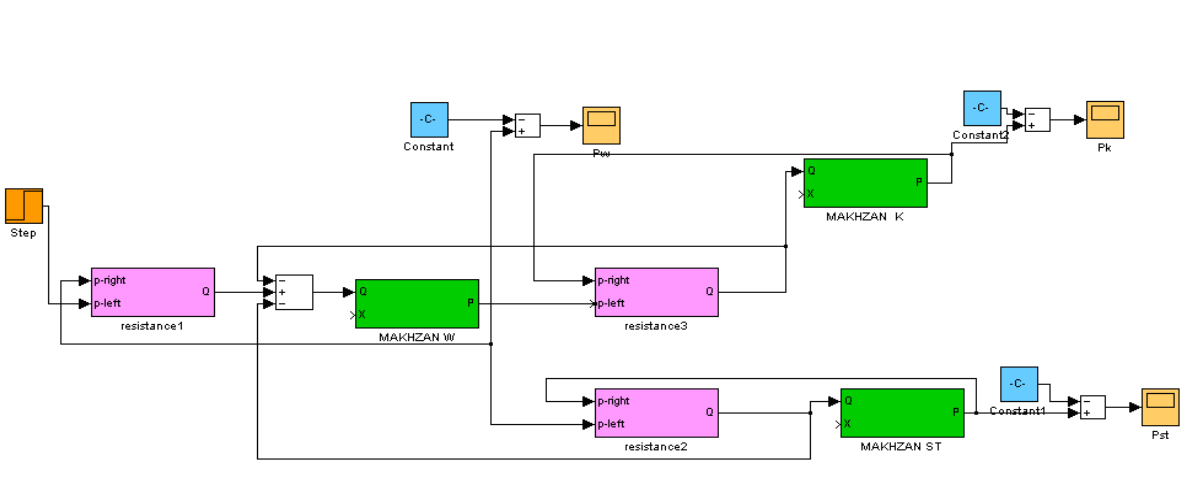
شبیه سازی شیر خطر در حالت هواگیری:

با توجه به اینکه سوپاپ NB11 دارای۳اریفیس و ۴ مخزن می باشندکه از این تعداد ۳ اریفیس و۳ مخزن در مرحله هواگیری کاربرد دارند چون اریفیس چهارم مربوط به دستگیره شیر خطر می باشد که در مرحله ترمز گیری بکار می رود.



شکل٦-دیاگرام نیوماتیکی شیر خطر در حالت هواگیری

حال دیاگرام نیوماتیکی شیرخطر در حالت هواگیری را در سیمولینک پیاده می کنیم:

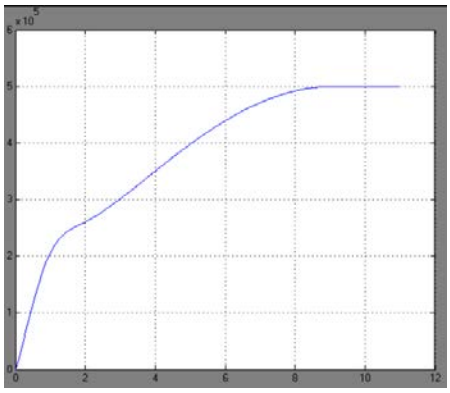


شکل۷-دیاگرام شبیه سازی شیر خطر در حالت هواگیری

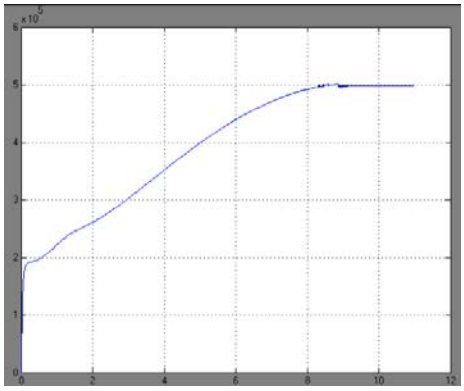
۲- نتایج حاصل از شبیه سازی:

حال توجه شما به نتایج حاصل از شبیه سازی شیرخطر در حالت هواگیری می پردازم.

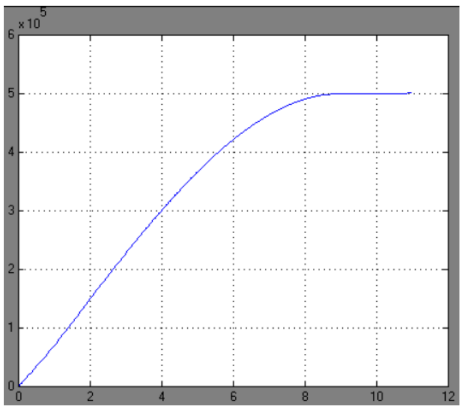
(محور افقی نشان دهنده زمان و محور عمودی نشان دهنده فشار بر حسب کیلو پاسکال)



تغییرات فشار نسبت به زمان در حالت هواگیری(مخزن k)



تغییرات فشار نسبت به زمان در حالت هواگیری(مخزن pes)



تغییرات فشار نسبت به زمان در حالت هواگیری(مخزن st)

شکل۸-نتایج شبیه سازی

شبیه سازی حالت ترمزگیری

برای شبیه سازی حالت ترمز سه مخزن در نظر گرفته شده است :

لوله اصلی L مخزن بسیار کوچک داخل پیستون,مخزن st

حال برای شبیه سازی ترمز توجه شما را به یکسری توضیحات در این مورد می پردازیم:

با توجه به این که در حالت ترمزگیری پیستون بالا رفته و لوله اصلی تخلیه می شود بنابراین یک دریچه با قطر زیاد باز می شود.با توجه به این که ابعاد این دریچه بزرگ بوده ما نمی توانیم با همان رویکرد اریفیس به آن نگاه کنیم چون مابا اریفیسی روبه روهستیم که دائماسطح خروجی هوا در آن تغییر می کند،در نتیجه به هوای خروجی از این دریچه شوک وارد خواهد شد و اصطکاک خروجی هوا افزایش خواهد یافت برای اعمال این پدیده در دبی خروجی یک ضریب ثابت به نام ضریب تخلیه در نظر می گیریم که از فرمول زیر پیروی می کند:

$$Qout = cd \times A \times \sqrt{2 \times (Pds - Pout)/\rho} \qquad (۵)$$

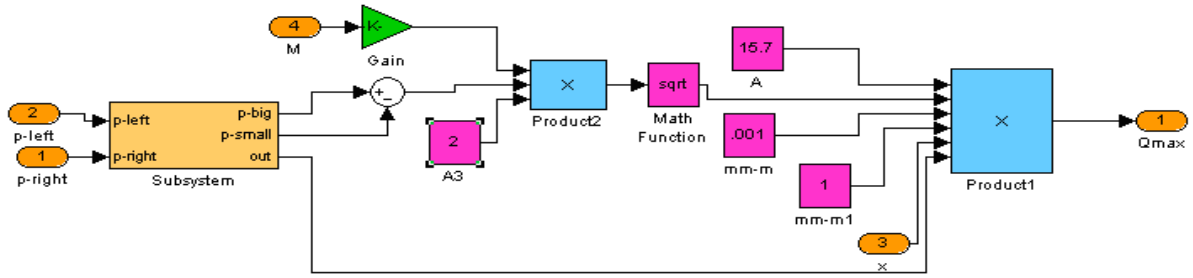
A : سطح خروجی هوا از محفظه L که این سطح با توجه به جابجایی پیستون به بالا و پائین، متغییر می باشد

$$A = X \times ((D \times \pi) \times m^{2}) \qquad (۶)$$

Pleft : فشار هوا در محفظه L ؛ (Pa)

Patm : فشار هوای آزاد ؛ (Pa)

شبیه سازی این معادله در سیمولینک به صورت به صورت شکل (۴-۱۴) می باشد:



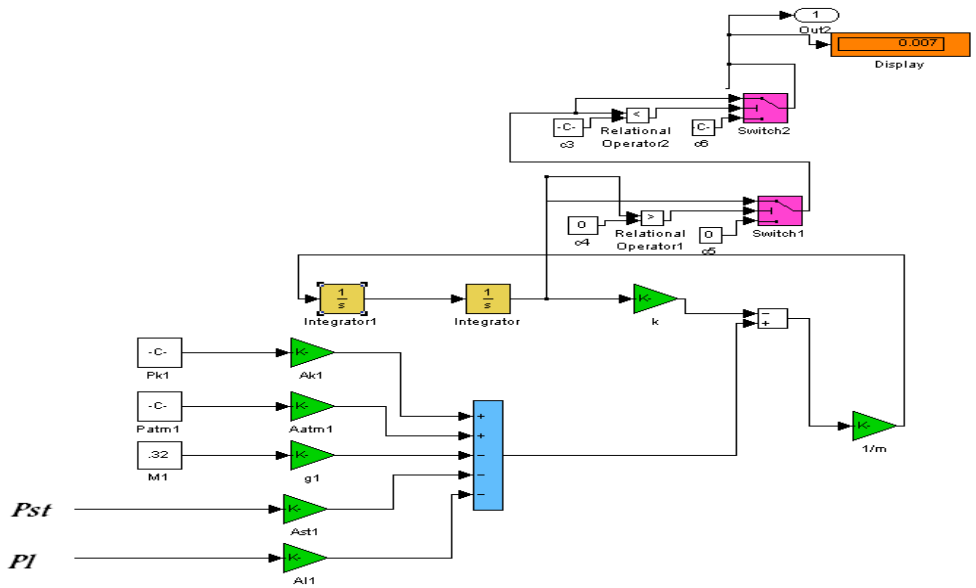
شکل۹- لایه داخلی اریفیس سرریز

یکی از پارامترهای بسیار مهم که این subsystem نیاز دارد پارامتر جابجایی پیستون می باشد که برای محاسبه سطح خروجی هوا استفاده می شود.

برای محاسبه جابجایی پیستون باید قانون اول نیوتن حاکم بر قضیه را اعمال کنیم سپس با حل این معادله دیفرانسیل، جابجایی پیستون به دست می آید.

$$f(t) = m\ddot{x} \qquad (۷)$$

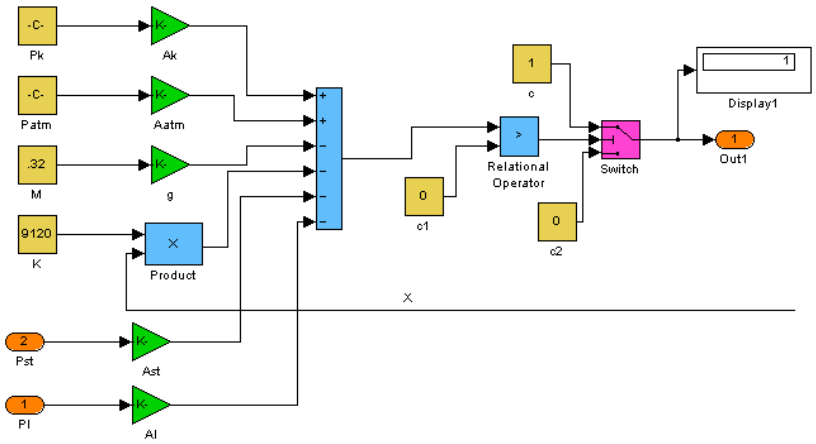
$$F_k + F_{atm} - F_L - F_{mg} - F_{st} - F_{spring} = m\ddot{y} \qquad (۸)$$



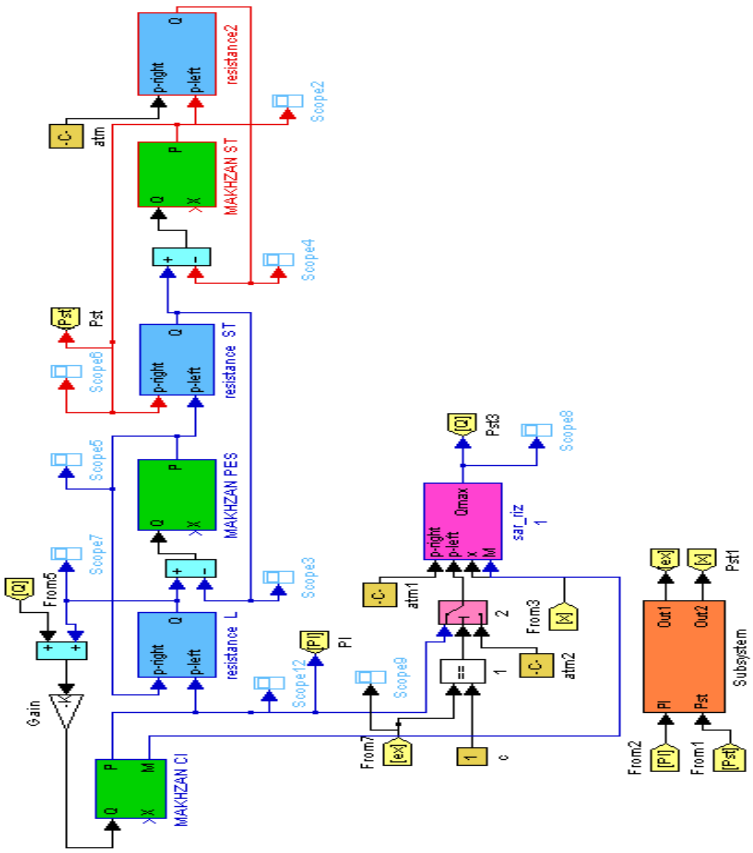
شکل(٤-١٦)حل معادله دیفرانسیل قانون دوم نیوتن

چگونگی ایجاد subsystem تحریک

هنگامی که دستگیره شیر خطر ..NP توسط مسافر کشیده می شود در واقع یک سیگنال تحریک به سوپاپ NB11 می فرستد.
برای شبیه سازی این عملکرد ما نیاز به طراحی یک سیگنال تحریک داریم برای درست کردن این subsystem ما از مجموع نیروها بهره می بریم یعنی subsystem درست می کنیم که وقتی مجموع نیروها بزرگتر از صفر باشد این نتیجه را بدهد که پیستون بالا رفته و سوپاپ در حال تخلیه هوا می باشد.



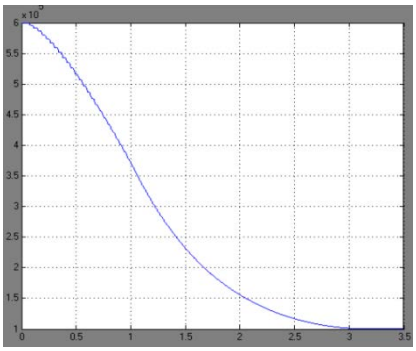
شکل(۱۰) لایه داخلی subsystem که سیگنال تحریک صفر ویک را می سازد.



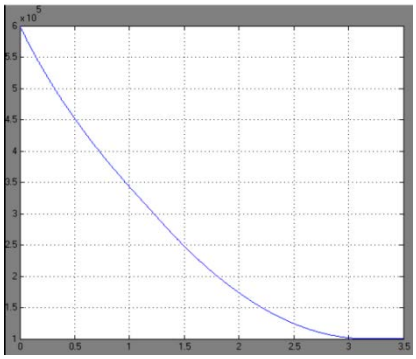
شکل(۱۱)لایه اول ترمزگیری درسیمولینک

نتایج حاصل از شبیه سازی ترمزگیری

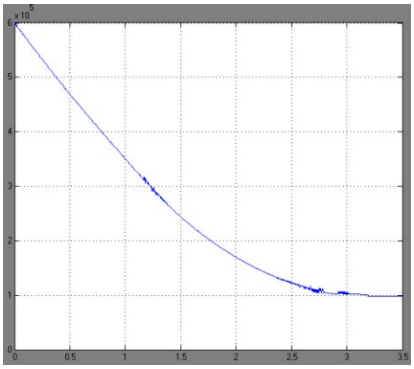
(محور افقی نشان دهنده زمان و محور عمودی نشان دهنده فشار بر حسب کیلو پاسکال)



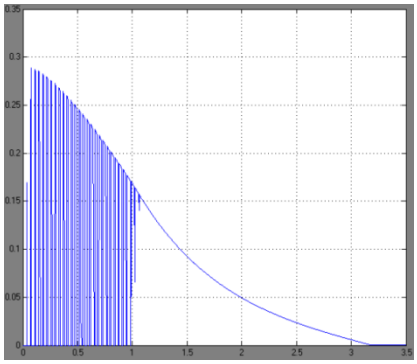
شکل(۱۲)تغییرات فشار نسبت به زمان در لوله اصلی



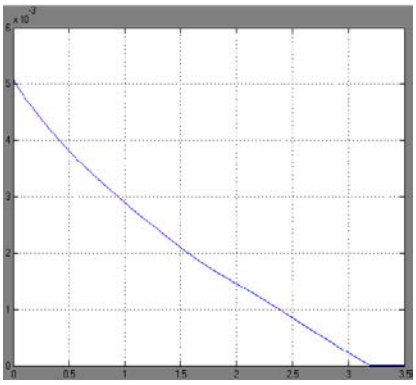
شکل(۱۳)تغییرات فشار نسبت به زمان درمحفظه St



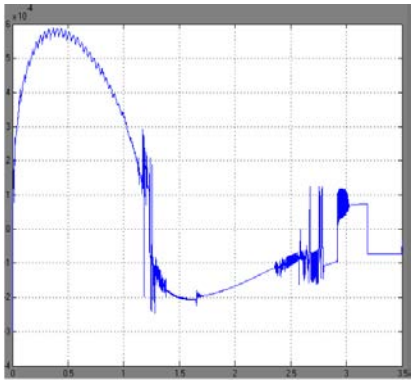
شکل(۱٤)تغییرات فشار نسبت به زمان درمحفظه PES



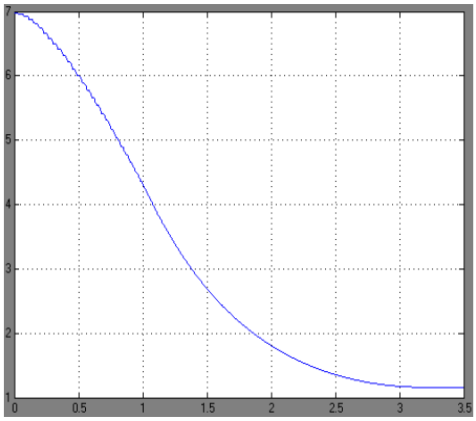
شکل(۱۵)دبی هوای خروجی O



شکل(۱٦)دبی هوای خروجی از دستگیره شیر خطر



شکل(۱۷)دبی هوای خروجی اریفیس St



شکل(۱۸)تغییرات چگالی هوا نسبت به زمان

نتیجه گیری

با توجه به اهمیت سیستم ترمز در افزایش ضریب ایمنی حمل و نقل ریلی ونیاز ضروری راه آهن جمهوری اسلامی ایران به انجام تحقیقات پایه ای و در عین حال کاربردی در این زمینه پیشنهاد می شود.

با توجه به نمودارهای خروجی حاصل از شبیه سازی و حالت واقعی نتایج بدست آمده قابل قبول و همچنین شبیه سازی این امکان را به ما می دهدکه فشار را به ازای ورودیهای مختلف در نقاط مختلف شیر تعیین کنیم وگامی نو جهت طراحی شیرهای مختلف قبل از ساخت را به ما می دهد.

منابع

۱. فکور یکتا ، ع ، ، خودآموز سیمولینک (شبیه سازی به کمک مطلب)، گرد آوری وتدوین ، چاپ اول (ویرایش دوم) ، انتشارات پرتونگار ، ۳۴۶ صفحه, ۱۳۸۱ .

۲. پوستی بهرام ، مقدمه ای بر مکانیک سیالات ، ترجمه ، ویرایش چهارم ، نشر کتاب دانشگاهی ، ۵۱۲ صفحه ، ۱۳۷۸.

۳. خضرایی فرامرز ، مبانی پنوماتیک صنعتی (کاربرد هوای فشرده در صنعت) ، ترجمه ، چاپ سوم ، نشر پرتونگار ، ۳۲۴ صفحه، ۱۳۷۵.

۴. دیانی محمود ، مهندسی کنترل ، ترجمه ، چاپ چهارم ، انتشارات موسسه علمی و فرهنگی نص ، ۹۴۴ صفحه ، ۱۳۸۱.

5. Jorj H.O,'' Description Pressure transformer'' B-E F50.21-EN,1995PP75-110.

۶. مشخصات و نقشه های قطعات سیستم ترمز , ارسال شده توسط شرکت کنور برای شرکت رجاء , ۱۳۸۰.

۷. فراهانی، ذبیح ا... ، شناسایی و تعمیر ترمز واگن,۱۳۶۲ .

8.F.M.white.,''viscous fluid flow''vol1,1988,pp271-380.