



فصلنامه علمی تحقیقات موتور

تارنمای فصلنامه: www.engineerresearch.ir

DOI:10.22034/ER.2022.701023



بررسی عددی تأثیر انباره بر کاهش امواج فشاری سامانه سوخت‌رسانی ریل مشترک موتور دیزل

رسول همتیان^۱، سیدرضا حسن‌بیگی^{۲*}، جعفر مساح^۳، علیرضا حاجی علی محمدی^۴

^۱ دانش‌آموخته دکتری مهندسی مکانیک بیوسیستم، دانشکده‌گان ابوریحان، دانشگاه تهران، ایران، r.hematian@ut.ac.ir

^۲ طراح ارشد، شرکت تحقیق، طراحی و تولید موتور ایران خودرو، تهران، ایران

^۳ استاد گروه مهندسی فنی کشاورزی، دانشکده‌گان ابوریحان، دانشگاه تهران، تهران، ایران، rhbeigi@ut.ac.ir

^۴ استاد گروه مهندسی فنی کشاورزی، دانشکده‌گان ابوریحان، دانشگاه تهران، تهران، ایران، jmassah@ut.ac.ir

^۵ استادیار دانشکده مهندسی مکانیک، دانشگاه سمنان، سمنان، ایران، ahajiali@semnan.ac.ir

* نویسنده مسئول

اطلاعات مقاله

چکیده

تاریخچه مقاله:

دریافت: ۱۵ بهمن ۱۴۰۰

پذیرش: ۲۹ اردیبهشت ۱۴۰۱

کلیدواژه‌ها:

انباره

ریل مشترک

فشار سوخت

موتور دیزل

نوسانات فشار

نوسانات فشار در هنگام پاشش سوخت یکی از عواملی است که روی عملکرد موتور دیزل تأثیر منفی می‌گذارد. این نوسان‌ها به دلیل باز و بسته‌شدن سریع افشانه‌ها و ایجاد امواج فشاری در ریل سوخت به‌وجود می‌آیند. یکی از روش‌هایی که می‌توان این نوسانات فشار را کنترل کرد تغییر در طراحی افشانه و استفاده از یک انباره در ساختمان آن است. این پژوهش به منظور بررسی اثر افزودن انباره بر روی افشانه برای کنترل موج‌های فشاری در سامانه سوخت‌رسانی ریل مشترک موتورهای دیزل انجام می‌شود. همان‌طور که نتایج شبیه‌سازی‌ها نشان می‌دهد در فشار پاشش ۱۰۰۰ بار و زمان تحریک افشانه ۰٫۸ میلی‌ثانیه در حالت بدون انباره بیشینه نوسان فشار در مسیر سوخت‌رسانی عدد ۱۰۴۶ بار و کمینه فشار ۸۹۱ بار می‌باشد که با اضافه‌کردن انباره با حجم ۴ سانتی‌متر مکعب کاهش بیشترین فشار ادامه یافته و به عدد ۱۰۲۳ بار رسیده است و کمترین فشار مسیر سوخت‌رسانی با افزایش ۱۷ بار، ۹۴۳ بار می‌باشد. که این تغییرات در بقیه فشارها و زمان‌های پاشش نیز قابل ملاحظه می‌باشد در نتیجه بهترین انباره که بیشترین تأثیرگذاری در کاهش نوسانات فشار را دارا می‌باشد انباره با حجم ۴ سانتی‌متر مکعب می‌باشد.



تمامی حقوق برای انجمن علمی موتور ایران محفوظ است.

۱- مقدمه

امروزه سیستم پاشش سوخت موتورهای احتراق داخلی با سوخت دیزل از سیستم مکانیکی به سیستم مکترونیکی با کنترل الکترونیکی تبدیل شده‌اند، که نتیجه آن کاهش در مصرف سوخت و کاهش انتشار آلاینده‌های خروجی موتور بوده است. سیستم پاشش مستقیم سوخت، به‌ویژه سیستم پاشش سوخت ریل مشترک، باعث می‌شود که سوخت مستقیم و در فشار بالا داخل محفظه احتراق تزریق شود. ریل مشترک در این سیستم‌ها به عنوان یک انباره فشار عمل می‌کند که باعث ذخیره سوخت فشار بالا برای زمان پاشش می‌شود. جریان‌های ورودی و خروجی از پمپ و افشانه باعث تغییرات فشار در ریل می‌شوند که می‌تواند رفتار پاشش و دبی جریان را برای چرخه‌های مختلف موتور تحت تأثیر قرار دهند.

نوسانات فشار در هنگام پاشش سوخت یکی از عواملی است که روی عملکرد موتور دیزل تأثیر منفی می‌گذارد. یکی از این نوسان‌ها به دلیل باز و بسته شدن سریع افشانه‌ها و ایجاد امواج فشاری در ریل مشترک سوخت به وجود می‌آیند. وجود این امواج باعث می‌شود دقت وابستگی دبی سوخت به مدت زمان پاشش (که در رایانه موتور متغیر تعریف شده است) کاهش یابد و در نتیجه دقت میزان سوخت تزریقی کاهش یابد. معایب امواج فشاری در موتورهای دیزل با حجم سیلندر زیاد حادث است، زیرا در این موتورها دبی سوخت زیاد است و نوسان‌های فشار تزریق تأثیرگذاری بیشتری می‌تواند داشته باشد. امواج فشاری به‌طور عمده بر روی انتشار دوده تأثیر می‌گذارند [۱]. روش‌های مختلفی برای کاهش اثرات نوسانات فشار در هنگام پاشش پیشنهاد شده است که یکی از آنها تغییر زینه‌بندی موتور و استفاده از ضرایب تصحیحی با توجه به شرایط مختلف کارکرد موتور می‌باشد. روش دیگری که می‌توان از آن استفاده نمود تغییر در طراحی افشانه و استفاده از یک انباره در ساختمان آن است. این پژوهش به منظور بررسی اثر افزودن انباره بر روی افشانه برای کنترل موج‌های فشاری در سامانه سوخت‌رسانی ریل مشترک موتورهای دیزل انجام می‌شود.

در پژوهشی با شبیه‌سازی افشانه سلونوئیدی دیزل با نرم‌افزار AMESim، تأثیر ویسکوزیته و چگالی سوخت را بر میزان تزریق بررسی کردند. در این پژوهش افشانه سلونوئیدی دیزل به‌وسیله نرم‌افزار به صورت تک‌بعدی مدل شد. هدف از این پژوهش بررسی اثرات منحصربه‌فرد ویسکوزیته و چگالی سوخت با توجه به دما بر روی میزان تزریق سوخت به صورت عددی بود. دقت مدل شبیه‌سازی با نتایج تجربی و آزمایشگاهی مقایسه شد. نتایج به‌دست‌آمده از این پژوهش نشان داد که تأثیر ویسکوزیته بر میزان تزریق بیشتر از چگالی بود. همچنین ویسکوزیته و چگالی بر تغییرات نیروی

هیدرولیکی و نیروی اصطکاک سینماتیکی داخل افشانه تأثیر می‌گذارند و با افزایش ویسکوزیته سوخت به دلیل کاهش ضریب تخلیه جریان، میزان نیروی هیدرولیکی کاهش می‌یابد [۲].

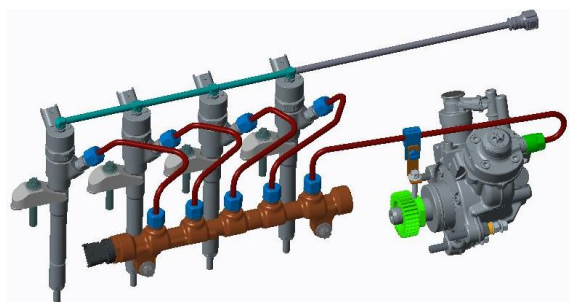
در پژوهشی یک سیستم تزریق سوخت ریل مشترک از یک موتور دیزلی تک‌سیلندر به روش یک‌بعدی و در نرم‌افزار AMESim مدل‌سازی شد و پارامترهای مهمی از قبیل فشار تزریق، زمان تحریک و قطر و طول لوله‌های فشار قوی مورد ارزیابی قرار گرفت. مقدار جرم تزریق‌شده برای نقاط مختلف سیستم تزریق سوخت محاسبه شد که می‌تواند به عنوان نقشه کنترل الکترونیکی موتور به عنوان پارامترهای ورودی استفاده شود. نتایج نشان داد که نوسان فشار در ورودی افشانه با کاهش قطر لوله افزایش می‌یابد درحالی‌که طول لوله تأثیر معنی‌داری بر روی امواج فشار ندارد. همچنین نتایج نشان داد که استفاده از بیودیزل به عنوان سوخت منجر به کاهش مقدار تزریق خواهد شد؛ اما تأثیری در نوسانات فشار ندارد [۳].

یک پژوهش محاسباتی و تجربی بر روی فعال‌کننده پیرو برای افشانه در سیستم سوخت‌رسانی موتور دیزل انجام شد. در این پژوهش ویژگی عناصر مختلف سیستم از نظر هندسی و هیدرولیکی برای توصیف رفتار آن بررسی شد. شبیه‌سازی یک بعدی در نرم‌افزار AMESim انجام شد. نتایج اعتبارسنجی مدل با داده‌های تجربی نشان داد که توانایی این مدل برای پیش‌بینی میزان تزریق افشانه، دارای سطح بالایی از قدرت است و بنابراین این مدل‌سازی ابزاری قدرتمند برای مطالعات بیشتر در مورد این نوع سیستم تزریق می‌باشد [۴].

در پژوهشی سیستم سوخت‌رسانی با فشار بالا را توسط نرم‌افزار AMESim، مدل‌سازی نمودند. مدل شبیه‌سازی‌شده با مدل‌هایی که با نرم‌افزار متلب تهیه شده بود (مدل پمپ سوخت، مدل سیستم کنترل، مدل احتراق، مدل توربوشارژر) اعتبارسنجی شد. بر اساس این پژوهش نتایج نشان داد که روش شبیه‌سازی سیستم سوخت فشار بالا و سیستم کنترل در موتور دیزل ریل مشترک ابزار قدرتمندی برای بهینه‌سازی طراحی عملکرد موتور است. عملکرد موتور در وضعیت حالت پایدار و نوسان سرعت موتور، سرعت تزریق سوخت و استراتژی کنترل بر سیستم سوخت به‌خوبی شبیه‌سازی شده بود [۵].

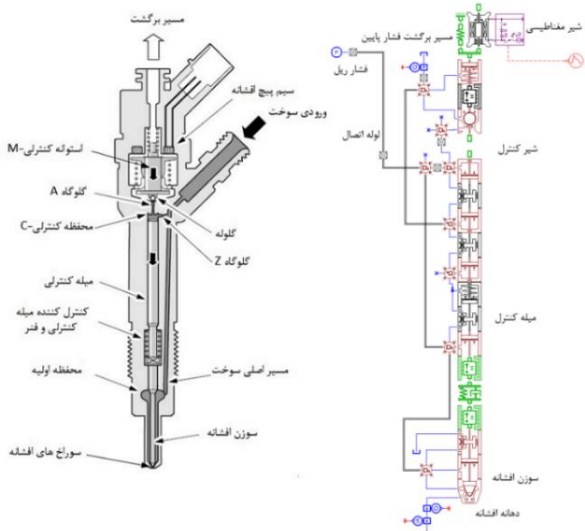
در پژوهش دیگری فرایند تزریق سیستم سوخت‌رسانی ریل مشترک را به طور دقیق با استفاده از نرم‌افزار شبیه‌سازی AMESim شبیه‌سازی کردند. در این شبیه‌سازی پمپ سوخت، ریل و افشانه به صورت جداگانه مدل‌سازی شدند. نتایج مدل‌سازی با نتایج عددی از نظر میزان احتراق و انتشار مقایسه شدند. دبی جریان جرمی، نوسانات فشار و میزان جابه‌جایی سوزن بررسی شدند. نتایج نشان داد که شبیه‌سازی با تقریب خوبی سرعت پاشش سوخت را شبیه‌سازی می‌کند و میزان دبی جریان و جابه‌جایی سوزن را هم با تقریب بسیار خوبی شبیه‌سازی نموده است [۶].

عایق گرما^۲ که تک بعدی (خطوط سوخت) یا صفر بعدی (محدودیت‌ها، حجم‌ها) هستند مدل شوند. در این مطالعه به دلیل ماهیت سریع فرایند پاشش سوخت، از مدل‌های هم‌دما استفاده شد.



شکل ۱: نمایی از قسمت فشار بالای سیستم پاشش ریل مشترک در نرم‌افزار Creo

در شکل ۲ شماتیک یک افشانه سامانه ریل مشترک همراه با جزئیات مدل AMESim مربوطه نمایش داده شده است. زمانی که سیم پیچ بالای افشانه تحریک می‌شود در نتیجه نیروی مغناطیسی گلوله شیر را از جایگاه خود بلند می‌کند. از آن‌جا که دبی جریان از مسیر درپچه Z کوچک‌تر از دبی آن در راستای مسیر A است فشار در محفظه کنترل افت می‌کند و چون فشار ریل همچنان در نوک سوزنی شکل وجود دارد سوزن به سمت بالا رفته و پاشش شروع می‌شود. زمانی که جریان در سیم پیچ قطع می‌شود نیروی فنر سیم پیچ، گلوله را سر جای خود بازمی‌گرداند. در نتیجه فشار در محفظه کنترل دوباره زیاد شده و سوزن به جایگاه خود باز می‌گردد. در نمایش گرافیکی AMESim در شکل ۲، عناصر افشانه مشخص می‌باشند.



شکل ۲: نمایی از اجزای داخلی افشانه در سامانه ریل مشترک به همراه مدل شبیه‌سازی شده آن در نرم‌افزار AMESim

زجسکی و همکاران بر روی ضریب تخلیه نازل افشانه دیزل برای بررسی جریان آرام و آشفته و برای دیگر سوخت‌ها پژوهش کردند. آن‌ها دریافتند که برای هندسه نازل افشانه ارتباطی بین عدد رینولدز و ضریب تخلیه برقرار می‌شود که صرف نظر از خواص سوخت می‌باشد [۷].

هدف از مطالعه حاضر، بررسی عددی اثر افزودن انباره بر روی افشانه برای کنترل موج‌های فشاری در سامانه سوخت‌رسانی ریل مشترک موتورهای دیزل در نرم‌افزار AMESim می‌باشد.

در این پژوهش از افشانه موتور دیزل ملی استفاده شد. مشخصات هندسی و همچنین مشخصات عملکردی موتور مورد استفاده مطابق جدول ۱ می‌باشد. این سیستم شامل یک پمپ فشار بالا تک پیستون دارای شیر کنترل کننده الکترونیکی جهت تنظیم نرخ جرم جریان سوخت تحویلی است. افشانه‌های مورد استفاده افشانه هشت سوراخ موتورهای دیزل ریل مشترک با سوراخ‌های SAC-Hole می‌باشد. سوراخ‌های نازل با قطر اسمی ۰٫۱۲ میلی متر می‌باشند.

جدول ۱: مشخصات هندسی و عملکردی موتور دیزل ملی

شرح	واحد	مقدار
حجم جابه‌جایی موتور	cc	۱۴۹۶
تعداد سیلندرها	-	۴
قطر سیلندر	mm	۷۶
طول مسیر پیستون	mm	۸۲/۵
طول مسیر پیستون / قطر استوانه	-	۱/۰۸۶
نسبت تراکم	-	۱۶/۵
حداکثر قدرت	kW	۹۰
حداکثر قدرت در سرعت	Rpm	۴۰۰۰
حداکثر گشتاور	Nm	۲۵۶
حداکثر گشتاور در سرعت	Rpm	۱۷۵۰-۲۶۰۰
حداکثر قدرت	Hp	۱۲۲
تعداد درپچه در یک سیلندر	-	۴
سیستم سوخت‌رسانی	-	افشانه ای
نوع سوخت	-	گازوئیل
زاویه شروع پاشش آزمایشی	Deg BTDC	۳۳
مدت زمان پاشش سوخت آزمایشی	Deg	۱/۵
زاویه شروع پاشش اصلی	Deg BTDC	۳
مدت زمان پاشش سوخت اصلی	Deg	۱۲/۲

۲- شبیه‌سازی سامانه پاشش ریل مشترک

قسمت فشار بالای سامانه پاشش ریل مشترک که در شکل ۱ نشان داده شده است توسط نرم‌افزار AMESim مدل‌سازی شد. در این نرم‌افزار هر جزء فیزیکی سیستم با یک آیکون نمایش داده می‌شود و به یک یا چند پارامتر مرتبط است. به‌طور کلی، سیستم‌های هیدرولیک در AMESim می‌توانند توسط زیر مدل‌های هم‌دما^۱ یا

^۲ Adiabatic

^۱ Isothermal

نرخ جریان عبوری از گلوگاه‌ها به وسیله فرمول برنولی (معادله ۱) محاسبه شده است، که در این معادله سرعت (u_B) از رابطه ۲ به دست می‌آید.

$$\dot{m}_f = C_d(\lambda) \cdot A_o \cdot \rho_f \cdot u_B \quad (1)$$

$$u_B = \sqrt{\frac{2 \cdot (P_i - P_b)}{\rho_f}} \quad (2)$$

در این رابطه A_o سطح مقطع گلوگاه، ρ_f چگالی سوخت، u_B سرعت سیال و $(P_i - P_b)$ اختلاف فشار دو سر گلوگاه می‌باشد. C_d ضریب تخلیه می‌باشد که برای جریان بدون کاویتاسیون تنها به سرعت، چگالی و گرانش سیال وابسته است که از معادله ۳ محاسبه می‌شود.

$$C_d(\lambda) = \frac{D_o}{v_f} \sqrt{\frac{2 \cdot (P_i - P_b)}{\rho_f}} \quad (3)$$

به منظور اصلاح ضریب تخلیه پارامتر عدد کاویتاسیون تعریف شده است که نسبت اختلاف فشار به فشار جریان پایین دست می‌باشد (معادله ۴). اگر عدد کاویتاسیون از عدد کاویتاسیون بحرانی بیشتر باشد به صورت معادله ۵ بیان می‌شود [۶].

$$CN = \frac{P_i - P_b}{P_b - P_v} \quad (4)$$

$$C_{d(critical)} = C_d \sqrt{1 + \frac{1}{CN}} \quad (5)$$

۳- بحث بر روی نتایج

در این بخش نتایج حاصل از شبیه‌سازی سامانه سوخت‌رسانی موتور دیزل مورد مطالعه در نرم‌افزار AMESim در حالت بدون انباره و با اضافه کردن انباره و نحوه اعتبارسنجی آن با داده‌های تجربی مورد بحث و بررسی قرار می‌گیرد.

۳-۱- اعتبارسنجی مدل شبیه‌سازی

برای اعتبارسنجی مدل شبیه‌سازی شده دبی حجمی پاشش افشانه با استفاده از دستگاه آزمون افشانه ریل مشترک برای ۱۰ زمان تحریک سیم‌پیچ افشانه و تعداد ۱۵۰ ضربه برای هر زمان، مورد آزمون قرار گرفت. مقایسه مقادیر میزان پاشش سوخت به‌ازای مدت زمان‌های مختلف تحریک^۲ افشانه حاصل از مدل‌سازی و مقادیر اندازه‌گیری شده میزان پاشش در آزمون‌های تجربی در شکل ۵ انجام شده است. این نتایج در فشار ۱۶۰۰ بار، دمای ۳۰۳ درجه کلوین سوخت به‌دست آمده است. همان‌گونه که در این شکل مشاهده می‌شود در زمان‌های پاشش کم اختلاف قابل ملاحظه‌ای بین مقادیر شبیه‌سازی و آزمایشگاهی وجود دارد که با افزایش زمان‌های پاشش این اختلاف کاهش می‌یابد و در زمان‌های بیشتر از ۱۱۰۰ میکروثانیه تطابق خوبی بین نتایج مدل‌سازی و تجربی مشاهده می‌شود. لازم به ذکر است که

برای اعتبارسنجی مدل شبیه‌سازی شده دبی حجمی پاشش افشانه با استفاده از دستگاه آزمون افشانه ریل مشترک شرکت بوش^۱ مدل EPS 815 (شکل ۳)، برای ۱۰ زمان تحریک سیم‌پیچ افشانه و تعداد ۱۵۰ ضربه برای هر زمان مورد آزمون قرار گرفت. برای کنترل بهتر فشار علاوه بر سیستم کنترل فشار دستگاه از یک شیر کنترل فشار بر روی ریل مشترک استفاده شد و به منظور خواندن دقیق‌تر فشار و بررسی آن در نزدیکی افشانه یک سنسور فشار بر روی ریل مشترک نصب شد که موقعیت نصب آنها بر روی ریل مشترک در شکل ۴ نشان داده شده است. پارامترهای مورد بررسی در شبیه‌سازی سامانه پاشش در نرم‌افزار AMESim در جدول ۲ ارائه شده است.



شکل ۳: دستگاه آزمون افشانه ریل مشترک



شکل ۴: ریل مشترک دستگاه آزمون افشانه

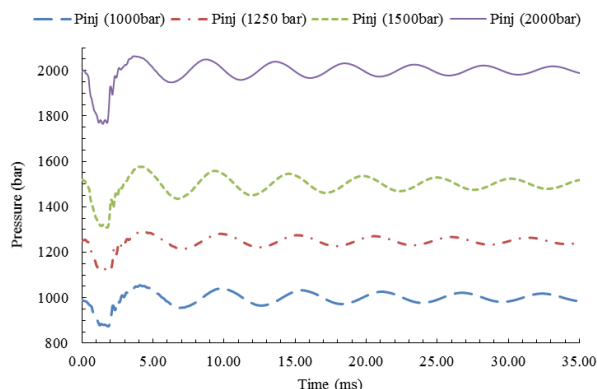
جدول ۲: پارامترهای مورد بررسی در شبیه‌سازی سامانه پاشش در نرم‌افزار

AMESim	
نام متغیر	مقدار
فشار پاشش (بار)	۱۰۰۰، ۱۲۵۰، ۱۵۰۰، ۲۰۰۰
زمان تحریک (میکرو ثانیه)	۸۰۰، ۱۰۰۰، ۱۲۰۰
حجم انباره (سانتی‌متر مکعب)	۰، ۲، ۴، ۶

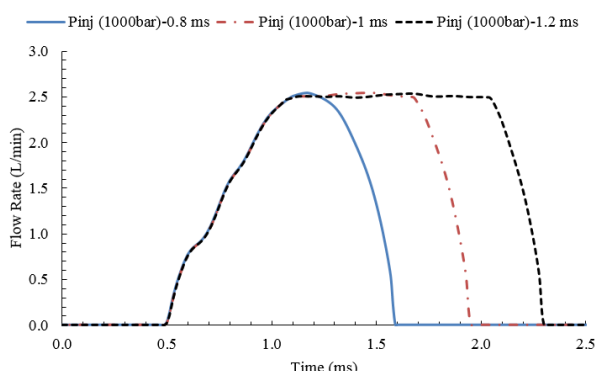
بر اساس این معادلات شبیه‌سازی تمامی قسمت‌ها در نرم‌افزار AMESim انجام شده است.

² Energizing time

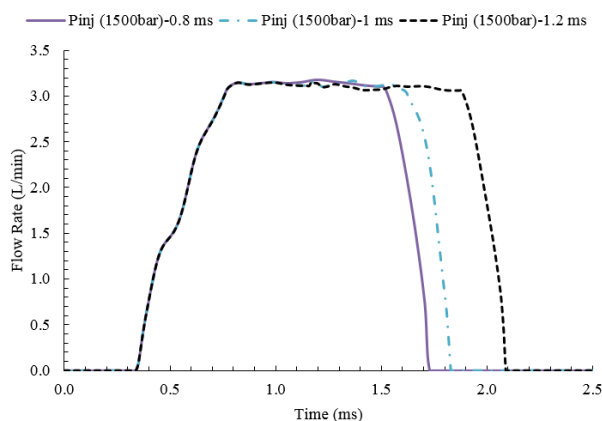
¹ Bosch



شکل ۶: نوسانات فشار در مسیر ورودی به افشانه در فشارهای پاشش ۱۰۰۰ تا ۲۰۰۰ بار



شکل ۷: تغییرات دبی پاشش افشانه در فشار ۱۰۰ بار برای زمان‌های پاشش مختلف

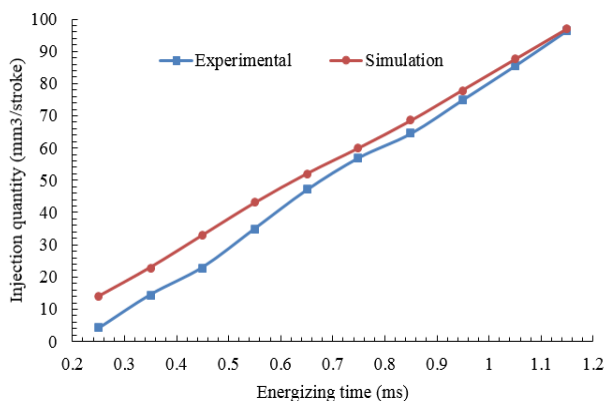


شکل ۸: تغییرات دبی پاشش افشانه در فشار ۱۵۰۰ بار برای زمان‌های پاشش مختلف

۳-۳- نتایج شبیه‌سازی سامانه سوخت‌رسانی با انباره

در این بخش نتایج حاصل از شبیه‌سازی سامانه سوخت‌رسانی موتور دیزل با اضافه کردن انباره با سه حجم مختلف ۲، ۴ و ۶ سانتی مترمکعب و مقایسه آن با نتایج حاصل از شبیه‌سازی بدون انباره مورد بررسی قرار گرفته است. در شکل ۹، نمودار فشار مربوط به چهار فشار ۱۰۰۰، ۱۲۵۰، ۱۵۰۰ و ۲۰۰۰ بار به ترتیب در زمان تحریک

در هنگام باز شدن افشانه، ضریب تخلیه از مقادیر بسیار کم به مقادیر زیاد آن افزایش می‌یابد و دبی جریان افشانه در این زمان ثابت نیست؛ بنابراین در این زمان رفتار افشانه خطی نمی‌باشد. این رفتار غیرخطی تا مدت زمان کمی بعد از باز شدن کامل سوزن افشانه به دلیل خیز سوزن ادامه می‌یابد [۸]؛ لذا می‌توان انتظار داشت که اختلاف بین نتایج آزمون تجربی و مدل‌سازی در زمان‌های پاشش بیشتر کم باشد.



شکل ۵: مقایسه نتایج به دست آمده از مدل‌سازی و نتایج آزمون‌های تجربی

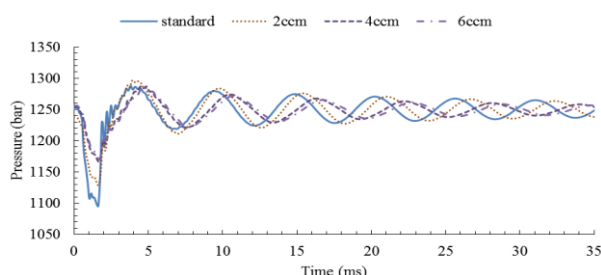
۳-۲- نتایج شبیه‌سازی سامانه سوخت‌رسانی بدون انباره

شکل ۶ نوسانات فشار در مسیر ورودی به افشانه در فشارهای پاشش ۱۰۰۰ تا ۲۰۰۰ بار به ازای زمان را نشان می‌دهد. مدت زمان پاشش در تمامی حالت‌ها ۱ میلی‌ثانیه در نظر گرفته شده است. پس از اتمام پاشش افزایش محسوسی را در فشار می‌توان مشاهده کرد که این افزایش فشار به دلیل بسته شدن ناگهانی گلوگاه است که باعث به وجود آمدن پدیده ضربه قوچ می‌شود. مدت زمان پاشش نیز با وجود یکسان بودن مدت زمان تحریک سیم‌پیچ در فشارهای مختلف، متفاوت می‌باشد که به دلیل تأخیری است که در بسته شدن گلوگاه و حرکت سوزن به سمت پایین وجود دارد. علاوه بر این، همان‌طور که در شکل مشاهده می‌شود فشار تزریق بالاتر منجر به نوسانات فشار بیشتر می‌شود. به دلیل تراکم سوخت، جرم حجمی سوخت با افزایش فشار افزایش می‌یابد و در نهایت منجر به انتشار سریع‌تر نوسانات فشار در مسیرهای فشار بالای سوخت می‌شود [۳]. همچنین میزان تأخیر در بسته شدن با افزایش فشار بیشتر می‌شود.

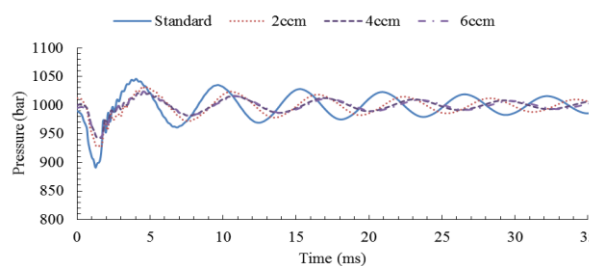
دبی پاشش افشانه برای فشارهای ۱۰۰۰ و ۱۵۰۰ بار در زمان‌ها پاشش متفاوت به ترتیب در شکل‌های ۷ و ۸ نشان داده شده‌اند. نوسان‌های ایجاد شده در این نمودارها به دلیل نوسانات فشار و میزان جابه‌جایی میله کنترلی افشانه می‌باشد. به عنوان مثال، در فشار ۱۵۰۰ بار همان‌طور که مشاهده می‌شود جابه‌جایی میله با نوسان بیشتری همراه بود که باعث ایجاد تغییر در منحنی دبی پاشش می‌شود.

بیشترین اندازه در نمودار نوسانات فشار به عنوان مقیاس عددی تعریف شد. در جدول ۳ مقادیر مربوط به عدد اختلاف فشار در چهار فشار سوخت ۱۰۰۰، ۱۲۵۰، ۱۵۰۰ و ۲۰۰۰ بار و سه زمان تحریک افشانه ۰٫۸، ۱ و ۱٫۲ میلی‌ثانیه گزارش شده است. در فشار پاشش ۱۰۰۰ بار و زمان تحریک افشانه ۰٫۸ میلی‌ثانیه اختلاف بین کمترین و بیشترین فشار در مسیر سوخت‌رسانی ۱۵۵ بار گزارش شده است که با اضافه کردن انباره به حجم ۲ سانتی‌متر مکعب این اختلاف با کاهش حدود ۳۰ درصدی به ۱۰۷ بار کاهش پیدا کرده است و با افزایش حجم انباره به ۴ سانتی‌متر مکعب اختلاف فشار ۸۰ بار می‌باشد و همان‌طور که در جدول مشاهده می‌شود با افزایش حجم انباره به ۶ سانتی‌متر مکعب تغییری در اختلاف فشار مشاهده نشده است. در فشار پاشش ۱۵۰۰ بار و زمان تحریک ۰٫۸ میلی‌ثانیه اختلاف فشار ۲۴۹ بار می‌باشد که با اضافه کردن انباره ۲ سانتی‌متر مکعب اختلاف فشار به ۱۷۳ بار کاهش یافته‌است و اثر انباره ۴ سانتی‌متر مکعب باعث کاهش اختلاف فشار به ۱۶۹ بار شده است. اثر انباره ۶ سانتی‌متر مکعب اثر ناچیزی به کاهش اختلاف فشار داشته است و عدد اختلاف فشار عدد ۱۶۴ بار می‌باشد.

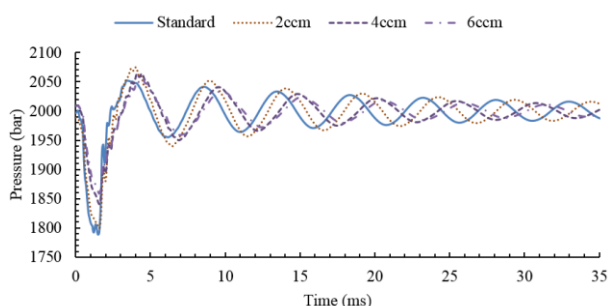
افشانه ۰٫۸ میلی‌ثانیه، در حالت بدون انباره و در حالت اضافه کردن انباره با سه حجم مختلف ۲، ۴ و ۶ سانتی‌متر مکعب برای نمونه نشان داده شده است. در شکل ۹- الف نمودار نوسان فشار ۱۰۰۰ بار و زمان تحریک افشانه ۰٫۸ میلی‌ثانیه مشاهده می‌شود که در حالت بدون انباره بیشینه نوسان فشار در مسیر سوخت‌رسانی عدد ۱۰۴۶ بار و کمینه فشار ۸۹۱ بار می‌باشد که با اضافه کردن انباره با حجم ۲ سانتی‌متر مکعب عدد بیشینه فشار به ۱۰۳۳ کاهش و کمینه فشار در نمودار نوسان فشار به ۹۲۶ بار افزایش یافته است در حالت اضافه کردن حجم انباره ۴ سانتی‌متر مکعب کاهش بیشترین فشار ادامه یافته و به عدد ۱۰۲۳ بار رسیده است و کمترین فشار مسیر سوخت‌رسانی با افزایش ۱۷ بار، ۹۴۳ بار می‌باشد. اضافه کردن انباره با حجم ۶ سانتی‌متر مکعب تغییر ناچیزی در مقایسه با انباره با حجم ۴ سانتی‌متر مکعب بر روی بیشترین و کمترین مقدار فشار داشته است و با ۱ بار تغییر به ترتیب به ۱۰۲۴ و ۹۴۴ بار رسیده‌اند. برای بررسی دقیق‌تر اثر اضافه کردن انباره به افشانه و اثرگذاری آن بر روی نوسانات فشار در مسیر سوخت‌رسانی اختلاف بین کمترین و



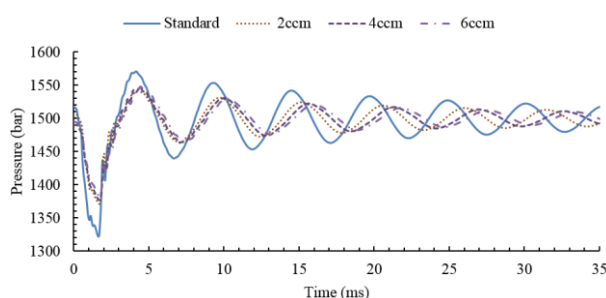
ب- فشار سوخت ۱۲۵۰ بار



الف- فشار سوخت ۱۰۰۰ بار



د- فشار سوخت ۲۰۰۰ بار



ج- فشار سوخت ۱۵۰۰ بار

شکل ۹: مقایسه نوسانات فشار سوخت-زمان افشانه بدون انباره با افشانه دارای انباره با حجم‌های متفاوت در زمان تحریک ۰٫۸ میلی‌ثانیه

جدول ۳: حداکثر اختلاف فشار افشانه بدون انباره (شاهد) با افشانه دارای انباره با حجم‌های متفاوت در چهار فشار سوخت ۱۰۰۰، ۱۲۵۰، ۱۵۰۰ و ۲۰۰۰ بار و سه زمان تحریک افشانه ۰٫۸، ۱ و ۱٫۲ میلی‌ثانیه

فشار ریل سوخت (بار)	حداکثر اختلاف فشار (بار) در زمان تحریک ۰٫۸ میلی‌ثانیه				حداکثر اختلاف فشار (بار) در زمان تحریک ۱ میلی‌ثانیه				حداکثر اختلاف فشار (بار) در زمان تحریک ۱٫۲ میلی‌ثانیه			
	حجم انباره (cm ³)				حجم انباره (cm ³)				حجم انباره (cm ³)			
	شاهد	۲	۴	۶	شاهد	۲	۴	۶	شاهد	۲	۴	۶
۱۰۰۰	۱۵۵	۱۰۷	۸۰	۸۰	۱۸۰	۱۴۴	۱۰۸	۱۰۳	۱۹۳	۱۶۷	۱۲۹	۱۲۰
۱۲۵۰	۱۹۳	۱۶۸	۱۲۱	۱۱۶	۲۲۷	۱۸۹	۱۴۳	۱۳۸	۲۵۲	۱۹۶	۱۴۹	۱۴۵
۱۵۰۰	۲۴۹	۱۷۳	۱۶۹	۱۶۵	۲۶۹	۱۹۳	۱۸۴	۱۷۸	۲۹۷	۲۱۵	۱۹۹	۱۹۵
۲۰۰۰	۲۶۳	۲۷۴	۲۳۳	۱۹۷	۲۹۷	۲۹۹	۲۵۴	۲۰۶	۳۲۸	۳۱۸	۲۷۳	۲۴۲

۴- نتیجه گیری

همان طور که نتایج شبیه سازی ها نشان می دهد در فشار پاشش ۱۰۰۰ بار و زمان تحریک افشانه ۰.۸ میلی ثانیه مشاهده می شود که در حالت بدون انباره بیشینه نوسان فشار در مسیر سوخت رسانی عدد ۱۰۴۶ بار و کمینه فشار ۸۹۱ بار می باشد که با اضافه کردن انباره با حجم ۲ سانتی متر مکعب عدد بیشینه فشار به ۱۰۳۳ کاهش و کمینه فشار در نمودار نوسان فشار به ۹۲۶ بار افزایش یافته است در حالت اضافه کردن حجم انباره ۴ سانتی متر مکعب کاهش بیشترین فشار ادامه یافته و به عدد ۱۰۳۳ بار رسیده است و کمترین فشار مسیر سوخت رسانی با افزایش ۱۷ بار، ۹۴۳ بار می باشد. اضافه کردن انباره با حجم ۶ سانتی متر مکعب تغییر ناچیزی در مقایسه با انباره با حجم ۴ سانتی متر مکعب بر روی بیشترین و کمترین مقدار فشار داشته است و با یک بار تغییر به ترتیب به ۱۰۲۴ و ۹۴۴ بار رسیده اند، که این تغییرات در بقیه فشارها و زمان های پاشش نیز قابل ملاحظه می باشد در نتیجه بهترین انباره که بیشترین تأثیرگذاری در کاهش نوسانات فشار را دارا می باشد انباره با حجم ۴ سانتی متر مکعب می باشد.

تشکر و قدردانی

نویسندگان این مقاله، مراتب تشکر و قدردانی خود را از معاونت پژوهشی دانشگاه تهران و شرکت تحقیق، طراحی و تولید موتور ایران خودرو (ایپکو) اعلام می دارند.

مراجع و منابع

- [1] A. Risi, F. Naccarato, D. Laforgia, Experimental Analysis of Common Rail Pressure Wave Effect on Engine Emissions. SAE World Congress Detroit, Michigan, 2005
- [2] J. Kim, J. Lee, K. Kim, Numerical study on the effects of fuel viscosity and density on the injection rate performance of a solenoid diesel injector based on AMESim. Fuel, 256, 2019
- [3] M. Mohebbi, A. Abdul Aziz, A. Hamidi, A. Hajialimohammadi, V. Hosseini, Modeling of pressure line behavior of a common rail diesel engine due to injection and fuel variation. J Braz. Soc. Mech. Sci. Eng. 39 (2017) 661-669
- [4] F. Salvador, A. Plazas, J. Gimeno, M. Carreres, Complete modelling of a piezo actuator last generation injector for diesel injection systems. International Journal of Engine Research. Vol 15(1) (2014) 3-19
- [5] X. Xia, K. Xu, Y. Liu, M. Liu, Sh. Wang, Co-Simulation Modeling of High-Pressure Fuel System and Engine Performance System and Control System in Common Rail Diesel Engine. World Automotive Congress. Berlin, 2012
- [6] X.L.J. Seykens, L.M.T. Somers, R.S.G. Baert, Detailed modeling of common rail fuel injection process. MECCA, 3(2-3), (2005) 30-39
- [7] M. Ziejewski, H.J. Goettler, Discharge coefficients for multi-hole fuel injection nozzle for alternative fuels, SAE International, SAE paper 890448.
- [8] A. Hajialimohammadi, D. Honnery, A. Abdullah, Ma. Mirsalim, Time resolved characteristics of gaseous jet injected by a group-hole nozzle. Fuel 113 (2013) 497-505



The Journal of Engine Research

Journal Homepage: www.engineerresearch.ir

DOI:10.22034/ER.2022.701023



Numerical investigation the effect of accumulator on reducing the pressure waves in a common rail fuel injection system of diesel engine

R. Hematian^{1,2*}, S.R Hassan-Beygi³, J. Massah⁴, A. Hajialimohammadi⁵¹ PhD in Mechanic of Biosystem Engineering, College of Abouraihan, University of Tehran, Tehran, Iran, r.hematian@ut.ac.ir² Chief Designer, Irankhodro Powertrain Company (IPCO), Tehran, Iran³ Professor, Department of Agro-Technology, College of Abouraihan, University of Tehran, Tehran, Iran, rhbeigi@ut.ac.ir⁴ Professor, Department of Agro-Technology, College of Abouraihan, University of Tehran, , Tehran, Iran, jmassah@ut.ac.ir⁵ Assistant Professor, Mechanical Engineering Department, Semnan University, Semnan, Iran, ahajiali@semnan.ac.ir

*Corresponding Author

ARTICLE INFO

Article history:

Received: 04 February 2022

Accepted: 19 May 2022

Keywords:

Accumulator

Common rail

Diesel engine

Fuel pressure

Pressure fluctuations

ABSTRACT

Pressure fluctuations during fuel injection are one of the factors that negative effect on performance of diesel engine. These fluctuations are caused by the rapid opening and closing of the nozzles and the creation of pressure waves in the fuel rail. One way to control these pressure fluctuations is to change the injector design and use an accumulator in the injector. This study is performed to investigate the effect of adding accumulator on the injector to control pressure waves in the common rail fuel injection system of diesel engines. As the simulation results show, at injection pressure of 1000 bar and energizing time of 0.8 milliseconds, in the case of no accumulator, the maximum pressure fluctuation in the fuel rail is 1046 bar and the minimum pressure is 891 bar. By adding an accumulator with a volume of 4 cm³, the maximum pressure continued to decrease and reached 1023 bar, and the minimum pressure of the fuel rail increased by 17 bar, 943 bar. These changes are also noticeable in other pressures and energizing times, so the best accumulator that has the most impact on reducing pressure fluctuations is the accumulator with a volume of 4 cm³.



© Iranian Society of Engine (ISE), all rights reserved.