شبیه‌سازی مصرف سوخت و آلاینده‌های خودروی سمند با موتور ملی دوگانه سوز و صحه‌گذاری با نتایج آزمون رفتاری NEDC

مرتضی منتظری*
دانشیار دانشکده مهندسی مکانیک دانشگاه علم و صنعت ایران
montazeri@iust.ac.ir

اکبر نادرپور
دانشجوی کارشناسی ارشد دانشکده مکانیک دانشگاه علم و صنعت ایران
a_naderpour@ip-co.com

*نویسندهٔ مسوول/ پذیرش اولیهٔ مقاله: ۱۳۸۷/٤/۲۵ پذیرش نهایی مقاله:۱۳۸۸/۲/۲۱
شمارهٔ مقاله: ۸۷۱۲٤

چکیده

در این مقاله، شبیه‌سازی مصرف سوخت و آلاینده‌های خودرو سمند با موتور ملی دو گانه‌سوز به روش رو به عقب ارائه شده است. شبیه‌سازی خودرو با کمک نتایج آزمون منحنی‌های عملکردی موتور و واکنشگر شیمیایی در دو حالت بنزین‌سوز و گازسوز صورت گرفته است. در پایان، نتایج شبیه‌سازی با نتایج آزمون رفتاری لگام ترمز[1] غلتکی تحت چرخهٔ[2] رانندگی NEDC مقایسه شده است. این مقایسه بیانگر تطابق مناسبی بین نتایج شبیه‌سازی و آزمون است و نشان می‌دهد دقت کافی برای بهره‌گیری از این الگو[3] در طراحی و درجه بندی خودروی دورگهٔ برقی بر پایهٔ خودرو ملی وجود دارد.

کلیدواژه‌ها: شبیه‌سازی رو به عقب، چرخهٔ رانندگی، مصرف سوخت، آلاینده‌ها، آزمون رفتاری

۱- مقدمه

■ هدف از شبیه‌سازی خودرو، بدست آوردن مشخصات عملکردی خودرو قبل از ساخت آن و یا تحت شرایط جدید یا بحرانی است، که اجرای عملی آن پر هزینه یا غیر ممکن است. به‌طور کلی روشهای الگوسازی و شبیه‌سازی مصرف سوخت و آلاینده‌های خودرو با استفاده از دو راهکار قابل اجرا است. روش اول استفاده از جدول داده‌هاست که بر اساس منحنی‌های عملکردی[4] هر یک از اجزا بدست می‌آید و به الگوهای ایستایی[5] نیز معروف‌اند. روش دوم استفاده از الگوی پویایی[6] است که بتواند عملکرد اجزا خودرو را در حد مورد نیاز شبیه‌سازی نماید [۱-۲].

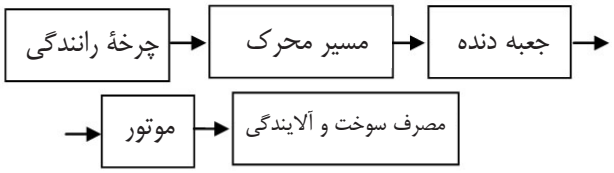
از دیدگاه دیگر شبیه‌سازی خودرو به دو روش شبیه‌سازی رو به جلو[7] و شبیه‌سازی رو به عقب[8] تقسیم می‌شود (شکل ۱ و ۲).

تاکنون شبیه‌سازی‌های رو به جلوی متفاوتی برای خودرو و موتور انجام گرفته که از مهمترین آنها می‌توان به الگوی آکینو و الگوی مقادیر متوسط [۳] اشاره نمود. در مورد شبیه‌سازی رو به عقب نیز می‌توان به تحقیقی در زمینهٔ الگوسازی خودروی دورگهٔ برقی در نرم‌افزار ادوایزر[9] و صحه‌گذاری نتایج مصرف سوخت با آزمون [۴-۵] اشاره کرد. همچنین در داخل کشورمان نیز از سال‌ها قبل تحقیقاتی در زمینهٔ شبیه‌سازی خودروی دورگهٔ برقی در آزمایشگاه "شبیه‌سازی و کنترل سیستم ها" در دانشکدهٔ مکانیک دانشگاه علم و صنعت ایران انجام پذیرفته است [۶-۷].

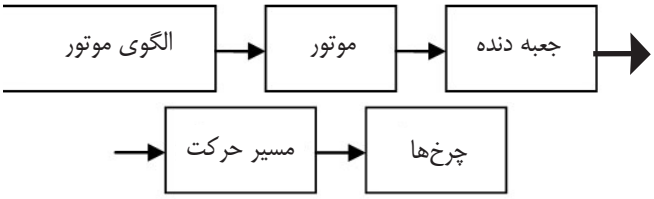
در تحقیقات قبلی، خودروی دورگهٔ برقی به روش رو به عقب با نرم افزار ادوایزر تحلیل شده ولی تاکنون این روش برای مقایسهٔ مصرف سوخت و آلاینده‌های خودرو با نتایج آزمون به‌کار گرفته نشده است. همچنین در این تحقیقات معمولاً الگوهای موتور احتراقی و واکنشگر شیمیایی[10] موجود در نرم افزار بهره برداری شده‌اند، و یا اینکه از نتایج آزمون موتور برای منحنی‌های عملکردی استفاده شده است. لکن نتایج شبیه‌سازی خودرو با نتایج آزمون لگام ترمز غلتکی مقایسه نشده است.

1- Dynamometer
2- Cycle
3- Model
4- Map
5- Static
6- Dynamic
7- Forward Facing Simulation
8- Backward Facing Simulation
9- Advisor
10- Catalytic convertor

در این مقاله شبیه‌سازی مصرف سوخت و آلاینده‌های خودرو سمند با موتور ملی دو گانه‌سوز انجام شده است. بدین منظور، منحنی‌های عملکردی موتور و واکنشگر با بهره‌گیری از آزمون‌های استاندارد و محاسبات بدست آمده است. علاوه بر آن، شبیه‌سازی مصرف سوخت و آلاینده‌های موتور احتراقی گازسوز برای اولین بار به روش رو به عقب در این مقاله ارائه شده است. برای نیل به این هدف با وجود آنکه یک موتور و واکنشگر برای هر دو نوع سوخت موجود است ولی دو الگوی جداگانه برای حالت گازسوزی و بنزین سوزی به‌کار گرفته شده است. در پایان، نتایج شبیه‌سازی خودرو با نتایج آزمون رفتاری بر اساس چرخهٔ رانندگی NEDC مقایسه و تحلیل شده است.



شکل ۱ روند شبیه‌سازی رو به عقب



شکل ۲ روند شبیه‌سازی رو به جلو

۲- الگوسازی خودرو

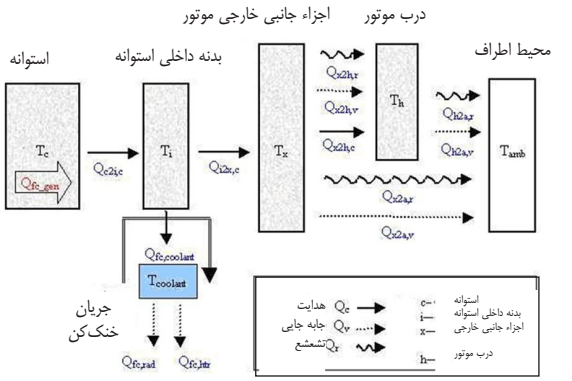
در این تحقیق، به منظور شبیه‌سازی مصرف سوخت و آلاینده‌های خودرو از روش ترکیبی شبیه‌سازی رو به عقب با شبیه‌سازی رو به جلو استفاده شده است. در واقع این روش بر پایهٔ شبیه‌سازی رو به عقب است ولی به روش رو به جلو پایش[1] می‌گردد که گشتاور خروجی هر جزء قوای محرکه، دقیقاً همان مقداری است که جزء بعدی (نزدیکتر به چرخ) نیاز دارد تا چرخهٔ رانندگی مورد نظر طی شود. به عبارت دیگر، در هر مرحله امکان ایجاد نیروها و گشتاورهای مورد نیاز به‌توسط هر جزء پایش می‌گردد. از طرف دیگر، حرکت خودرو در چرخه‌های استانداد[2] رانندگی، در امتداد مسیری مستقیم فرض می‌گردد. بنابراین در این شبیه‌سازی الگوی پویای[3] طولی (شتابگیری و ترمزگیری) با لغزش متغیر برای خودرو در نظر گرفته شده است [۸].

۳- الگوسازی موتور احتراق داخلی

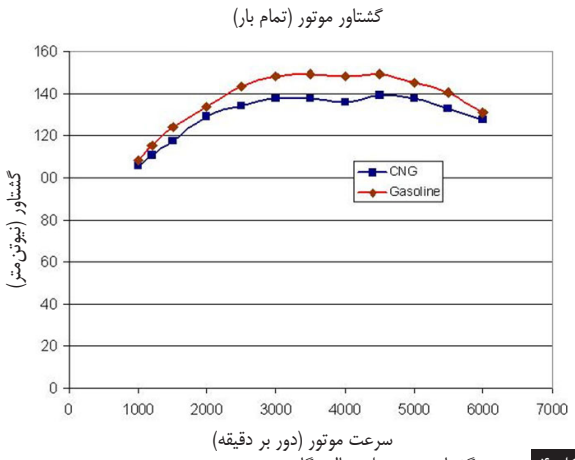
موتور احتراقی در شبیه‌سازی رو به عقب به روش جدول داده‌های مصرف سوخت و آلاینده‌ها و به همراه الگوی حرارتی، الگوسازی می‌شود (شکل ۳-۴). در این الگو سرعت و گشتاور درخواستی از مراقبت[4] کنندهٔ خودرو یا مسیر به عنوان ورودی عمل می‌کند و آنگاه از طریق میان یابی اطلاعات مصرف سوخت و آلایندگی موتور در سرعت و بار مشخص، و در بازهٔ زمانی مورد نظر به‌دست می‌آید.

در این روش، سوخت مصرفی و آلایندگی از طریق میان‌یابی بین داده‌های حالت ماندگار و حالت گرم موتور تعیین می‌گردد. همچنین ضرائب تصحیح دما برای در نظر گرفتن حالات قبل از رسیدن موتور به حالت ماندگار و گرم به کار می‌روند. این ضرائب تصحیح می‌توانند بر مبنای نگاشت (تابعی از سرعت، بار و دما) و یا بر مبنای معادلات (تنها تابعی از دما) باشند. همچنین الگوی گرمایی در نظر گرفته شده برای موتور احتراقی- به منظور محاسبهٔ دمای نقاط مؤثر بر مصرف سوخت و آلاینده‌ها - مجموعهٔ موتور را به این چهار نود (چهار دما) تقسیم کرده است :

آستری استوانه، بدنهٔ موتور، متعلقات خارجی و در محفظهٔ موتور[5] [۹].



شکل ۳ الگوی حرارتی موتور



شکل ۴ منحنی گشتاور موتور ملی حالت گاز و بنزین سوزی

۴- آزمون عملکرد موتور ملی

برای دستیابی به مشخصه‌های مصرف سوخت و آلاینده‌های موتور ملی آزمون‌های استانداردی مورد نیاز است [۱۰] . در این گونه آزمون‌ها بعد از نصب موتور بر روی لگام ترمز، واکنشگر شیمیایی به همراه متعلقات جانبی (لولهٔ اتصالی مابین چندراههٔ دود و واکنشگر، لوله خروج دود و . . .) به چندراههٔ دود متصل می‌شود. سپس این حسگرها

1- Control
2- Standard
3- Dynamic

4- Control
5- Hood

برای اندازه‌گیری عوامل[1] عملکردی موتور نصب می‌شوند:

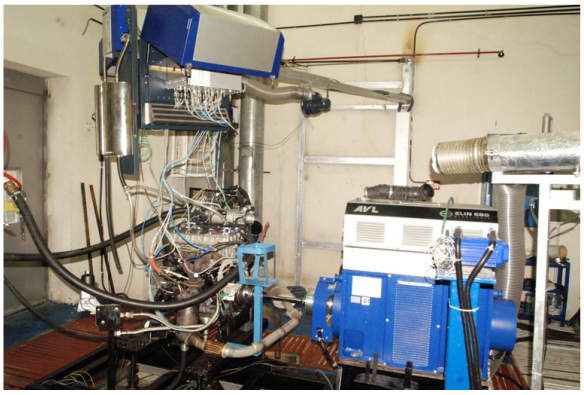
۱. حسگر دور موتور

۲. حسگر فشار محفظهٔ احتراق (از منحنی فشار انتگرال گرفته می‌شود تا مقدار میانگین فشار مؤثر[2] به دست آید.)

۳. تحلیلگرهای[3] اندازه‌گیری کنندهٔ آلاینده‌ها (HC،CO،NOx)

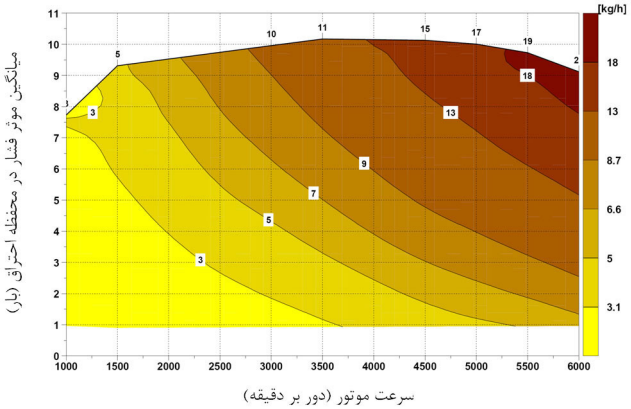
۴. حسگر لامبدا (نسبت اضافه هوا)

بعد از گرم شدن موتور، سرعت موتور در یک دور مشخص، ثابت می‌شود و گشتاور اعمالی بر موتور به کمک لگام ترمز افزایش می‌یابد و همزمان مقادیری همچون فشار محفظهٔ احتراق، آلاینده‌ها و بقیهٔ عوامل خوانده و ثبت می‌گردد (شکل ۵).

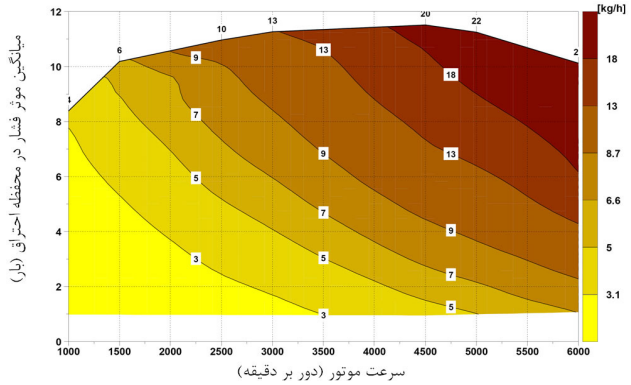


شکل ۵ آزمون عملکرد موتور ملی

با ثبت این مشخصه‌ها و رسم آنها در نمودارهای متغیر[4] ثابت، منحنی‌های عملکردی موتور مطابق با شکل‌های (۶-۷) بدست خواهد آمد. در این منحنی‌ها، محور افقی دور موتور بر حسب rpm و محور عمودی میانگین فشار مؤثر را نشان می‌دهد.



شکل ۶ منحنی عملکردی منوکسیدکربن بر حسب ppm در حالت گازسوزی



شکل ۷ منحنی عملکردی مصرف سوخت (درصد نسبت به حالت تمام بار) در حالت بنزین سوزی

۵- محاسبات تبدیلی مورد نیاز برای تولید منحنی‌های عملکردی موتور از نتایج آزمون

با اجرای آزمون، منحنی‌های عملکردی موتور بر اساس دور و میانگین فشار مؤثر، به‌دست می‌آید. اما در شبیه‌سازی، جدول‌ها مصرف سوخت و آلاینده‌ها بر حسب دور و گشتاور، استفاده می‌شود. بدین منظور با بهره‌گیری از معادلهٔ (۱) میانگین فشار مؤثر به گشتاور تبدیل می‌شود و همچنین با معادلهٔ (۲) مقدار توان از گشتاور و دور موتور به‌دست می‌آید [۱۱].

$$mep(kPa)=\frac{P(kW)\,n_R\times10^3}{V_d(m^3)\,N(rev/s)},\quad n_R=2 \qquad (۱)$$

$$P(kW)=2\pi\,N(rev/s)\,T(N.m)\times10^{-3} \qquad (۲)$$

از طرف دیگر عوامل آلاینده (HC، CO، NOx) در جدول‌ها موتور بر حسب ppm موجود است. در حالی‌که در شبیه‌سازی این عوامل بر حسب gr/sec وارد می‌گردند. بنابراین با بهره‌گیری از قانون پیوستگی و بقاء جرم در چندراههٔ دود، معادلهٔ مورد نیاز بر حسب مقادیر آلاینده‌ها و مصرف سوخت مطابق با معادلهٔ (۳) به‌دست خواهد آمد [۱۲].

$$\begin{aligned}
HC(grams/hr)&=\frac{(DHC/10^4)\,W_f}{(DCO/10^4)+DCO_2+(DHC/10^4)}\\
CO(grams/hr)&=\frac{M_{CO}(DCO/10^4)\,W_f}{(M_c+\alpha M_H)[(DCO/10^4)+DCO_2+(DHC/10^4)]}\\
NO_x(grams/hr)&=\frac{M_{NO2}(DKNO/10^4)\,W_f}{(M_c+\alpha M_H)[(DCO/10^4)+DCO_2+(DHC/10^4)]}
\end{aligned} \qquad (۳)$$

1- Parameters
2- MEP
3- Analyzer
4- Parameter

اطلاعات حاصل از منحنی‌های عملکردی موتور در گشتاورهای متفاوتی موجود است بنابراین باید در ابتدا، دور و گشتاورهای مناسب، به گونه‌ای انتخاب شوند که میان‌یابی عملکرد موتور با خطای کمتری محاسبه گردد. بدین منظور گشتاورها و دورها به این صورت انتخاب شد:

گاز سوزی:

سرعت موتور (دور بر دقیقه) = [۱۰۰۰، ۱۲۰۰، ۱۵۰۰، ۲۰۰۰، ۲۵۰۰، ۳۰۰۰، ۳۵۰۰، ۴۰۰۰، ۴۵۰۰، ۴۸۰۰، ۵۵۰۰، ۶۰۰۰]

گشتاور موتور (نیوتن–متر)= [۱۰، ۲۰، ۳۰، ۴۰، ۵۰، ۶۰، ۷۰، ۸۰، ۹۰، ۱۰۰، ۱۱۰، ۱۲۰]

بنزین سوزی:

سرعت موتور (دور بر دقیقه) = [۱۰۰۰، ۱۲۰۰، ۱۵۰۰، ۲۰۰۰، ۲۵۰۰، ۳۰۰۰، ۳۵۰۰، ۴۰۰۰، ۴۵۰۰، ۵۰۰۰، ۵۵۰۰، ۶۰۰۰]

گشتاور موتور (نیوتن–متر)= [۱۰، ۲۰، ۳۰، ۴۰، ۵۰، ۶۰، ۷۰، ۸۰، ۹۰، ۱۰۰، ۱۱۰، ۱۲۰]

به منظور محاسبهٔ مصرف سوخت و آلاینده‌ها در دورها و گشتاورهای انتخاب شده، باید از اطلاعات به‌دست آمده در منحنی‌های عملکردی موتور میان‌یابی صورت گیرد. ولی به دلیل حجم زیاد اطلاعات و افزایش دقت در نرم افزار سیمولینک[1] برنامهٔ مناسب به کمک جدول جستجو[2] ایجاد شد؛ تا با سرعت و دقت بیشتری منحنی عملکردی به‌دست آید. با اجرای برنامهٔ تهیه شده، منحنی‌های عملکردی موتور در دور و گشتاورهای مورد نیاز به دست می‌آید.

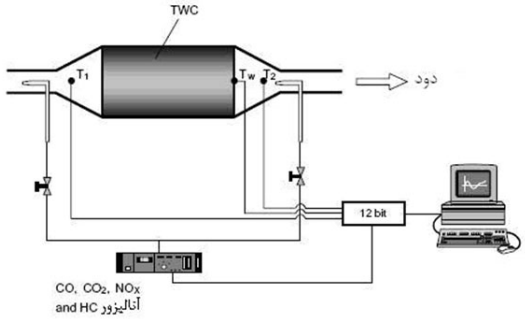
۶- الگوی واکنشگر شیمیایی برای حالت گاز سوزی و بنزین سوزی

دمای گازهای خروجی و دمای واکنشگر شیمیایی از مهمترین عوامل تعیین کنندهٔ بازدهٔ واکنشگر است. هر چند در موتور ملی، یک نوع واکنشگر شیمیایی برای حالت گازسوزی و بنزین سوزی به کار رفته است. لکن بر اساس نتایج آزمون واکنشگر، دمای گازهای ورودی به واکنشگر شیمیایی در هر دو حالت متفاوت است. (در حالت گازسوزی دمای گازهای ورودی به واکنشگر شیمیایی معمولاً کمتر از حالت بنزین‌سوزی است.) بنابراین با توجه به این تفاوت‌ها دو الگوی جداگانه برای واکنشگر شیمیایی تهیه و به کار گرفته شده است [۱۳–۱۴].

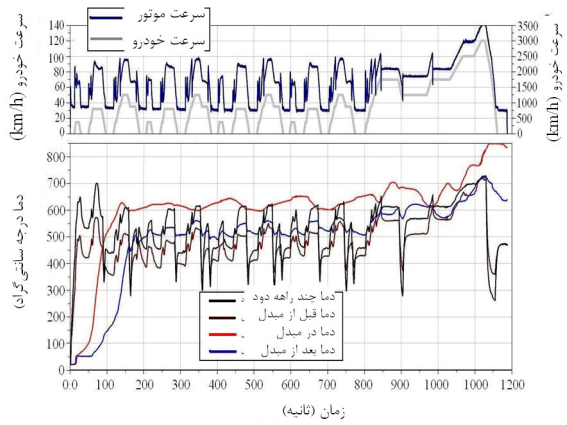
تهیهٔ الگوی واکنشگر بر اساس درصد تبدیل آلاینده‌ها نسبت به دماست، بنابراین در زمان آزمون، خودرو در چرخهٔ رانندگی ECE-EUDC [۱۵–۱۶] و بر روی لگام ترمز شاسی، مقدار آلاینده‌ها قبل و بعد از واکنشگر به‌توسط تحلیلگرها اندازه‌گیری می‌شود. آنگاه با توجه به این نتایج و دمای واکنشگر در هر لحظه، درصد تبدیل هر کدام از آلاینده‌ها(HC،CO and NOx) نسبت به دمای واکنشگر به دست می‌آید (شکل ۸–۱۰) . با وارد کردن این بردار در الگو و تکمیل مشخصات دیگر واکنشگر از قبیل مساحت سطوح مختلف برگرداننده[3]، ضرایب انتقال حرارت، وزن بخش‌های مختلف و . . . الگوی سامانهٔ[4] گازهای خروجی حالت گازسوزی و بنزین سوزی تکمیل می‌گردد [۱۷–۱۸].

۷- مقایسه‌ی نتایج شبیه‌سازی با آزمون رفتاری خودرو

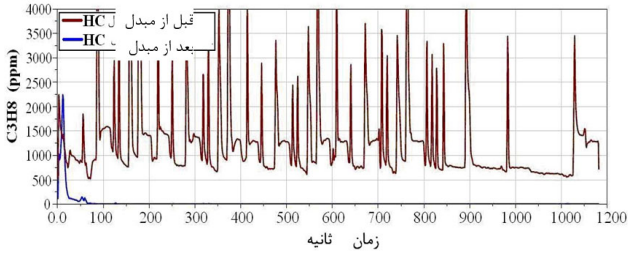
بعد از الگوسازی کلیهٔ بخشهای خودرو، شبیه‌سازی تحت چرخهٔ رانندگی NEDC صورت گرفت که نتایج حاصل در جدول‌های ۱و۲ نمایش داده شده است. همان‌طور که از این جدول‌ها مشخص است مقادیر خطا در حالت بنزین‌سوزی در محدودهٔ ۱/۳۴- تا ۵/۵۶ ٪ است که این خطا برای شبیه‌سازی رو به عقب مقدار قابل قبولی است. اما خطا در الگوی گازسوز بویژه در مورد مصرف سوخت در حدود ۹،۱۹- ٪ است.



شکل ۸ روش اندازه‌گیری دماها و آلاینده‌ها در آزمون خودرو با چرخهٔ رانندگی ECE-EUDC



شکل ۹ سرعت خودرو و موتور در چرخهٔ رانندگی ECE-EUDC و دمای نقاط مختلف واکنشگر



شکل ۱۰ میزان هیدروکربن قبل و بعد از واکنشگر برحسب ppm

1- Simulink
2- Lookup Table
3- Converter
4- System

جدول ۱ مقایسهٔ نتایج شبیه‌سازی و آزمون در حالت بنزین سوزی

موتور در حالت بنزین سوزی بر اساس چرخه رانندگی NEDC			
خطا (درصد)	شبیه‌سازی	آزمون	
۳/۵۷	۸/۲	۷/۹۱۷	مصرف سوخت (لیتر در ۱۰۰ کیلومتر)
۲/۴۴	۰/۰۴۲	۰/۰۴۱	HC g/km
۵/۵۶	۰/۰۱۹	۰/۰۱۸	NOx g/km
-۱/۳۴	۰/۵۱۴	۰/۵۲۱	CO g/km

جدول ۲ مقایسهٔ نتایج شبیه‌سازی و آزمون در حالت گازسوزی

موتور در حالت گاز سوزی بر اساس چرخه رانندگی NEDC			
خطا (درصد)	شبیه‌سازی	آزمون	
-۹/۱۹	۵/۶۲۴	۶/۱۹۳	مصرف سوخت (لیتر در ۱۰۰ کیلومتر)
-۷/۰۸	۰/۱۰۵	۰/۱۱۳	HC g/km
-۳/۲۳	۰/۰۳	۰/۰۳۱	NOx g/km
-۵/۸۴	۰/۵۴۸	۰/۵۸۲	CO g/km

۸- تحلیل نتایج

پایش رفتار لحظه‌ای هر الگو بهترین وسیله برای صحه‌گذاری آن است. با توجه به نتایج آزمون رفتاری، مقادیر لحظه‌ای مصرف سوخت و سرعت خودرو در طول چرخهٔ رانندگی NEDC مشخص است. در نتیجه برای سنجش اعتبار این الگو و شناسایی منابع خطا، نتایج آزمون با نتایج شبیه‌سازی به طور لحظه‌ای مطابق شکل‌های (۱۱-۱۴) مقایسه می‌شود که این نکات قابل استنتاج است:

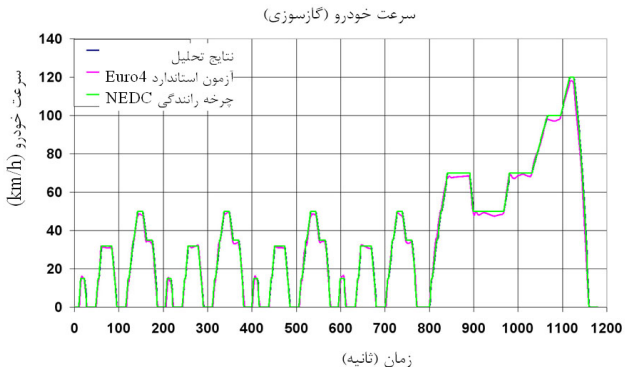
۱) سرعت خودرو به‌دست آمده از شبیه‌سازی و نتایج‌آزمون، با سرعت خودرو در چرخهٔ استاندهٔ NEDC برای هر دو حالت گازسوزی و بنزین‌سوزی مطابقت مناسبی دارند. این امر بوضوح در شکل ۱۱ برای گازسوزی و شکل ۱۳ برای بنزین‌سوزی مشهود است.

۲) موتور ملی در هر دو حالت گازسوزی و بنزین سوزی، با سوخت بنزین شروع به کار می‌کند. بنابراین طبق دستور واحد مدیریت موتور[1] در ۶۰ ثانیهٔ آغازین، سوخت بنزین به جای گاز به موتور تزریق می‌شود. این موضوع در شکل ۱۲ بوضوح قابل دیدن است. در نتیجه با توجه به این نمودارها، و به منظور تشریح دقیقتر خطای مصرف سوخت، ۶۰ ثانیهٔ آغازین چرخه حذف و محاسبهٔ میزان مصرف سوخت مجدداً انجام می‌گیرد که مشاهده می‌شود مقدار خطا از ۹,۱۹-٪ به ۹,۸۶- ٪ افزایش می‌یابد.

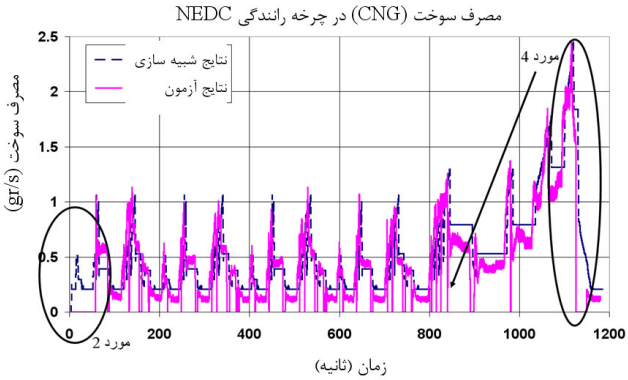
۳) دمای کارکرد واکنشگر شیمیایی یکی از عوامل مهم در میزان تبدیل آلاینده‌هاست و از طرفی طبق استاندهٔ EURO IV، خودرو باید از حالت سرد روشن[2] و از همان ابتدا داده برداری انجام شود، بنابراین در موتور ملی برای کاهش دادن آلاینده‌ها در ابتدای چرخه، مقدار مصرف سوخت در چرخهٔ ECE اولیه افزایش می‌یابد تا موتور سریع‌تر گرم شود و به تبع آن مقدار آلاینده‌ها کاهش یابد این موضوع در شکل ۱۴ مشهود است.

۴) سرعت خودرو گاهی در چرخه‌های رانندگی، بشدت کاهش می‌یابد این امر نشانگر آن است که راننده پا را از روی پایی گاز برداشته است. در موتور ملی بر اساس یک راهبرد برای کاهش مصرف سوخت و آلاینده‌ها در این مواقع جریان سوخت (گاز یا بنزین) در اثر دستور اعمالی از طرف ECU قطع می‌گردد (راهبرد قطع سوخت[3]) در حالیکه در الگو، جریان سوخت همچنان ادامه دارد و این اتفاق منجر به ایجاد خطا در الگو می‌گردد. این موضوع در شکل‌های (۱۲-۱۴) مشخص است.

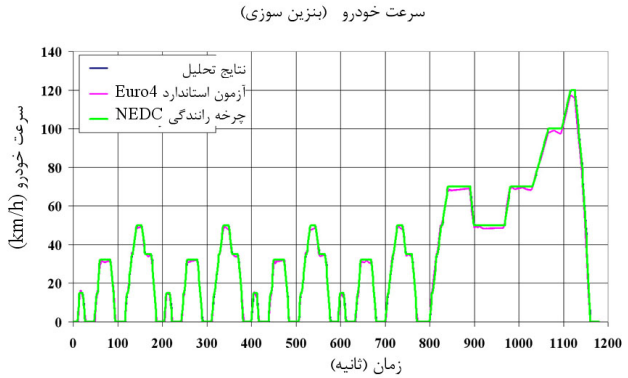
۵) بر اساس جدول‌های (۱-۲) خودرو در حالت گازسوزی و تحت چرخهٔ رانندگی NEDC از حالت بنزین سوزی میزان آلاینده‌های بیشتری را تولید می‌کند.



شکل ۱۱ نتایج شبیه‌سازی و آزمون سرعت خودرو سمند با موتور ملی (حالت گازسوزی) در چرخه رانندگی NEDC

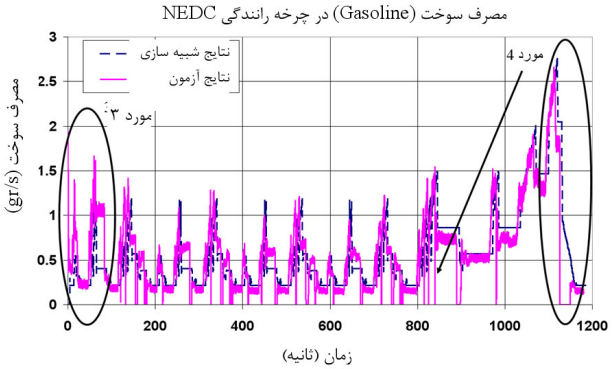


شکل ۱۲ نتایج شبیه‌سازی و آزمون مصرف سوخت خودرو سمند با موتور ملی (حالت گازسوزی) در چرخه رانندگی NEDC



شکل ۱۳ نتایج شبیه‌سازی و آزمون سرعت خودرو سمند با موتور ملی (حالت بنزین‌سوزی) در چرخه رانندگی NEDC

1- Ecu (Engine Control Unit)
2- Start
3- Fuel Cutoff Strategy



شکل ۱۴ نتایج شبیه‌سازی و آزمون مصرف سوخت خودرو سمند با موتور ملی (حالت بنزین‌سوزی) در چرخه رانندگی NEDC

نتیجه گیری

در این مقاله، با استفاده از روش شبیه‌سازی رو به عقب، مصرف سوخت و آلاینده‌های خودرو سمند با موتور ملی دو گانه‌سوز بر مبنای نتایج آزمون عملکردی موتور و واکنشگر شیمیایی، الگوسازی و سپس با مقایسه نتایج شبیه‌سازی با نتایج آزمون لگام ترمز تحت چرخه رانندگی NEDC، میزان اعتبار الگوی ایجاد شده سنجیده شد. همچنین با بهره‌گیری از نتایج رفتاری، رفتار لحظه‌ای الگو با آزمون ارزیابی شد که در نتیجه آن مشخص گردید در طول چرخه رانندگی میزان خطاها در بازه قابل قبولی قرار دارد. و در عملکرد لحظه‌ای خودرو، راهبردهای اعمالی از طرف ECU موتور یکی از مهمترین ابزارها برای کاهش مصرف سوخت و آلاینده‌ها می‌باشد. همچنین با توجه به میزان خطای شبیه‌سازی مشخص گردید، ابزار شبیه‌سازی رو به عقب قابلیت بهره‌گیری در خودروهای معمولی را در حالت‌های دو گانه‌سوزی دارا بوده و از الگوهای تهیه شده می‌توان با دقت مناسبی در طراحی و مکان‌یابی هندسی خودروهای دورگه برقی بهره برد.

Reference:

1 Fiaschetti, Narasimhamurthi. "A Descriptive Bibliography Of SI Engine Modeling And Control" SAE Technical Paper No. 950986.

2. Petter Strandh. "Combustion Engine Models For Hybrid Vehicle System Development" Department Of Heat And Power Engineering, Lund Institute Of Technology, Sweden, 2002.

3. Hendricks, Vesterholm. "The Analysis Of Mean Value SI Engine Models" SAE Paper No. 920682.

4. Markel, Brooker. "Advisor: a Systems Analysis Tool For Advanced Vehicle Modeling" Journal Of Power Sources 110 (2002): 255–266.

5. Donn Senger. "Validation Of Advisor as a Simulation Tool For a Series Hybrid Electric Vehicle Using The Virginia Tech Futurecar Lumina" Msc Thesis Virginia Polytechnic State In Mechanical Engineering, 1998.

6. Montazeri-Gh, Varasteh, Naghizadeh. "Driving Cycle Simulation For Heavy Duty Engine Emission Evaluation And Testing" SAE 2005 Transaction Of Journal Of Fuels And Lubricants.

7. Montazeri-Gh, Poursamad, Ghalichi. "Application Of Genetic Algorithm For Optimization Of Control Strategy In Parallel Hybrid Electric Vehicles" Journal Of The Franklin Institute 343 (2006): 420–435.

8. Gillespie. Fundamentals Of Vehicle Dynamics. 1998.

9. Brooker, Haraldsson, Et Al. "Advisor Documentation" National Renewable Energy Laboratory, April 30, 2002.

10. Plint, Martyr. Engine Testing Theory And Practice. Butterworth Heinenmann, Second Edition, 1999.

11. Heywood. Internal Combustion Engine Fundamentals. Mc Graw-Hill, 1988.

12. United Nations. "Environmental Protection Agency", 2002.

13. Silva, Costa, Farias, Santos. "Evaluation Of Si Engine Exhaust Gas Emissions Upstream And Downstream Of The Catalytic Converter" Energy Conversion And Management 47 (2006): 2811–2828.

14. Pelkmans, Debal. "Comparison Of On-Road Emissions With Emissions Measured On Chassis Dynamometer Test Cycles" Transportation Research Part D 11 (2006): 233–241.

15. United Nations Standard. "Ece R83 Rev3 Amend1" 16 April 2007.

16. United Nations Standard. "Ece R83 Rev3" 14 June 2005.

17. Alkemade, Schumann. "Engines And Exhaust After Treatment Systems For Future Automotive Applications" Solid State Ionics 177 (2006):2291–2296.

18. Heeba, Saxerb, Forssc, Hlmann. "Trends Of No-, No2-, And Nh3-Emissions From Gasoline-Fueled Euro-3- To Euro-4 Passenger Cars" Atmospheric Environment 42 (2008): 2543–2554.

1- Variable Compression Ratio

Simulation of Fuel Consumption and Exhaust Emissions in Dual Fuel Samand Vehicle and Verification with NEDC Modal Test Results

M. Montazeri*
Associate professor
Iran University of Science and Technology (IUST)
montazeri@iust.ac.ir

A. Naderpour
MSc. student
Iran University of Science and Technology (IUST)
a_naderpour@ip-co.com

***Corresponding Author**
Received: Nov. 12, 2008
Accepted in Revised Form: Feb. 10, 2009
Article No. 87124

Abstract

In this article, the fuel consumption and the exhaust emissions have been simulated in dual fuel (Gasoline and CNG) Samand vehicle by means of backward facing simulation. The engine performance and the catalysis convertor curves have been achieved and they have been applied for simulation of the fuel consumption and the exhaust emissions when the engine is burning either gasoline or CNG. Finally, the simulation results and chassis dynamometer test results under NEDC driving cycle are compared. This comparison indicates a good match between the simulation and the test results and it shows that this model has sufficient accuracy to use in designing and sizing of hybrid electric vehicles (HEV) that they are based on the national vehicle.

Keywords: Backward Facing Simulation, Driving Cycle, Fuel Consumption, Exhaust Emission. Modal Test