

# روش‌های نوین کاهش مصرف سوخت و آلاینده‌های خودروهای ساخت‌وساز

قاسم کریمی<sup>۱</sup>، مسعود مسیح طهرانی<sup>۲</sup> و\*، علی قاسمیان مقدم<sup>۲</sup>

<sup>۱</sup> کارشناس ارشد، دانشکده مهندسی خودرو، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران

<sup>۲</sup> استادیار دانشکده مهندسی خودرو، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران

\*مسئول مکاتبات: masih@iust.ac.ir

## چکیده

## واژگان کلیدی

ماشین‌آلات ساخت‌وساز  
بهبود مصرف سوخت  
کاهش آلاینده‌های  
تعیین سیکل کاری بهینه

## تاریخچه مقاله

تاریخ دریافت ۱۳۹۷/۰۸/۱۴  
تاریخ پذیرش ۱۳۹۸/۰۷/۲۰

هزینه مصرف سوخت در ماشین‌آلات ساخت‌وساز یکی از مهمترین فاکتورهای پیش رو در کاربرد این تجهیزات است. استفاده از موتورهای دیزل در خودروهای خارج جاده‌ای یک منبع مهم در تولید اکسیدهای ازت و ذرات معلق ۱۰ هستند. میزان انتشار آلاینده‌های اکسیدهای ازت و ذرات معلق ۱۰ در خودروهای خارج جاده‌ای (ساخت‌وساز و معدنی) بسیار بیشتر از استانداردهای اروپا می‌باشد. آمار دقیقی از هزینه‌های مصرف سوخت ماشین‌آلات ساخت‌وساز در دسترس نیست. تنها با مراجعه به کاتالوگ این خودروها می‌توان میانگین هزینه مصرف سوخت این خودروها را به دست آورد. با توجه به بالا بودن هزینه سوخت، به حداقل رساندن مصرف سوخت امری ضروری است. عوامل مؤثر در مصرف سوخت این خودروها بسیار متنوع است. تغییرات آب و هوایی مانند تغییر فشار، دما، رطوبت، انتخاب نوع سوخت، نوع گیربکس مورد استفاده در خودرو در میزان مصرف سوخت و آلاینده‌های راندمان کاری موتور مؤثرند. در این مقاله روش‌های کاهش مصرف سوخت و آلاینده‌ها با در نظر گرفتن استانداردهای معتبر آمریکا و اروپا، مبتنی بر روش‌های نوین مانند هیبرید کردن، تعویض بهینه دنده، افزودن هیدروژن به سوخت دیزل، تعیین سیکل‌های کاری بهینه و استفاده از کاتالیزور اکسیداسیون، مورد بررسی قرار می‌گیرند.

## ۱ مقدمه

بدون شک یکی از ارکان اساسی در اجرای پروژه‌های راه سازی و عمرانی ماشین‌آلات و تجهیزات راه سازی است. با توجه به اهمیت ماشین‌آلات در پروژه‌های بزرگ عمرانی مانند راه، راه‌آهن، سد، کانال‌های انتقال آب، نفت و گاز، به دلیل وابستگی زیاد به ماشین‌آلات، بیش از نیمی از منابع حاضر در پروژه از جمله منابع مالی به ماشین‌آلات اختصاص داده می‌شود. یکی از ارکان اساسی در اجرای پروژه‌های راه‌سازی و عمرانی ماشین‌آلات و تجهیزات راه‌سازی است. با وجود تأثیر فن‌آوری و تکنولوژی در پیشرفت و ارتقاء سطح محصولات و سهولت در امر تولید، تأثیر مستقیم و غیرمستقیم مشکلات زیست‌محیطی حاصل از این تولیدات مانند آلاینده‌های زیست‌محیطی باعث گردیده شرکت‌های تولیدکننده مکلف به بهبود و توسعه این محصولات شوند [۱]. ماشین‌آلات ساخت‌وساز<sup>۱</sup> معمولاً شامل پنج سیستم: آلت، ترکشن، سازه، سیستم انتقال قدرت<sup>۲</sup>، کنترل و اطلاعات می‌باشند [۲]. از ماشین‌آلات ساخت‌وساز برای خاک‌برداری، حمل‌ونقل، جابه‌جایی، کوبیدن، پخش کردن و ... استفاده می‌گردد [۳].

انتخاب نوع سوخت مناسب برای خودروهای دیزل از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. میزان گوگرد موجود در سوخت نقش مهمی در میزان آلاینده‌های و خوردگی موتور این خودروها ایفا می‌کند. آلودگی‌ها و شرایط نگهداری سوخت در مخازن، افزودنی‌های سوخت دیزل و تأثیر آن روی

بازدهی و کارکرد خودرو دارد [۴]. شناخت نوع سوخت مصرفی کیفیت سوخت مصرفی و لزوم افزودنی‌های سوخت دیزل از جمله فاکتورهای مهم در کاهش هزینه‌ها، آلاینده‌های و بالا بردن راندمان موتور دیزل هستند. نوع موتور مورد استفاده با توجه به قدرت مورد نیاز خودرو برای انجام وظایف تعیین می‌شود در این میان معمولاً موتورهای با حجم بالا در ماشین‌آلات ساخت‌وساز مانند بلدوزر<sup>۳</sup> استفاده می‌شود. با توجه به این موضوع استفاده گیربکس‌های قدرتمند با ملحقیات مورد نیاز باعث استفاده کمتر از نیروی موتور و کاهش هزینه‌های خودرو می‌شود. اما این کاهش هزینه محسوس نیست و نیاز به روش‌های جدیدی در اصلاح سیکل‌های کاری، تغییر دنده بهینه و دیگر روش‌های نوین است تا هزینه‌های مصرف سوخت خودرو کاهش چشمگیرتری داشته باشد.

از روش‌های رایج و کلاسیک که از گذشته برای کاهش مصرف سوخت استفاده می‌گردیده تنظیم باد تایرها، توزیع یکنواخت توده بار در محفظه بار کامیون‌ها، استفاده از بادگیر برای کامیون‌های ترانزیت، استفاده از دنده مناسب با توجه به تجربه راننده و میزان دور موتور مناسب در شرایط کاری مختلف، تنظیم موتور، تعویض به موقع فیلتر هوا، خاموش کردن کامیون در صف‌های بارگیری طولانی می‌توان اشاره کرد. میزان مصرف سوخت ارتباط مستقیم با عمر دستگاه، تغییرات شرایط آب‌وهوایی مانند اثر تغییر رطوبت، تغییر دما، تغییر فشار و کارکردن در هوای سرد، دارد.

با توجه به این موضوع روش‌های کاهش مصرف سوخت برای هر اقلیم

<sup>1</sup>Construction vehicles

<sup>2</sup>Powertrain systems

<sup>3</sup>Bulldozer

حمل بتن به محل قالب‌ها و بلندکردن و حمل مصالح ساختمانی. به ماشین لودر می‌توان انواع ملحات نظیر برف‌روب<sup>۱۰</sup>، کانال‌کن، لوله‌بر، لوله‌گذار و جرثقیل<sup>۱۱</sup> لیفت‌تراک<sup>۱۲</sup> را نصب کرد و کاربردهای دیگری از آن گرفت. شکل ۲ نمایشی از این خودروی انعطاف‌پذیر را نمایش می‌دهد [۶].



شکل ۲: لودر کمانسو WA700 [۷]

به منظور حمل و نقل و جابجایی موادی مانند شن، ماسه، سنگریزه و نخاله‌های معدنی و ساختمانی از کامیون‌های دامپ تراک استفاده می‌شود. بیشتر مدل‌های کمپرسی دارای سازه‌ای هیدرولیکی هستند که از آن برای خالی کردن مواد توسط کفه پشتی آن استفاده می‌کنند. کمپرسی‌های مفصلی<sup>۱۳</sup> یا کمرشکن<sup>۱۴</sup> نیز دارای مفصلی بین اتاقک و کفه پشتی هستند. کاربرد اصلی این نوع دستگاه‌ها بیشتر در معادن و جهت خاک‌برداری<sup>۱۵</sup> در سطح وسیع است [۸]. دامپ تراک‌ها کامیون‌های غول‌پیکر معدنی هستند که قابلیت جابجایی نود تا ۳۰۰ تن بار را دارند [۹]. شکل ۳ یکی از غول‌پیکرترین دامپ تراک‌های جهان را نشان می‌دهد.



شکل ۳: دامپ تراک کاترپیلار B797 [۱۰]

خودروی ساخت‌وساز مورد نیاز برای تردد در خاک‌های نرم و با قابلیت مانور بالا در خاک‌برداری و دارای دستی پر توان بیل هیدرولیکی<sup>۱۶</sup> یا بیل مکانیکی<sup>۱۷</sup> است که شامل بازوی مفصلی (دکل<sup>۱۸</sup> و استیک<sup>۱۹</sup>)، باکت<sup>۲۰</sup> و اتاقک گردان<sup>۲۱</sup> (فیرو) در قسمت بالا و زنجیر یا چرخ لاستیکی در زیر است. این ماشین ارتفاع‌یافته بیل‌های بخار است. قابلیت‌های این ماشین می‌تواند به نصب چکش (پیکور<sup>۲۲</sup>) که بسیار پرکاربرد است و نصب مته، سنگ جت، قیچی فلز بر، چنگک<sup>۲۳</sup>، گراپ و دیگر ادوات اشاره کرد. نصب چکش

و هر نوع خودرو متفاوت خواهد بود. الگوریتم تعویض بهینه دنده برای خودروهای بیابانی، پیدا کردن سیکل کاری بهینه با استفاده از شبیه‌سازی و آزمایش‌های تجربی، هیبرید کردن<sup>۱</sup> استفاده از کاتالیزور اکسیداسیون<sup>۲</sup> جهت کاهش آلاینده‌گی و بهره‌وری بیشتر از سوخت، تنظیم موتور و افزودن هیدروژن به سوخت دیزل از روش‌های نوین موردبررسی در این مقاله است.

## ۲ معرفی خودروهای ساخت‌وساز

خودروهای ساخت‌وساز معمولاً به خودروهای سنگین اشاره دارد که به‌ویژه برای انجام عملیات‌های ساخت‌وساز، که اغلب شامل کارهای زمین کاری<sup>۳</sup>، می‌باشند. آن‌ها همچنین به‌عنوان ماشین‌آلات سنگین، کامیون‌های سنگین، تجهیزات ساخت‌وساز، تجهیزات مهندسی، وسایل نقلیه سنگین یا تجهیزات هیدرولیکی نیز شناخته می‌شوند [۲].

از مهم‌ترین خودروهای ساخت‌وساز که کاربرد عمده‌ای در سایت‌های عمرانی دارند می‌توان به بلدوزر<sup>۴</sup>، لودر<sup>۵</sup>، دامپ تراک<sup>۶</sup>، گریدر<sup>۷</sup>، بیل مکانیکی<sup>۸</sup>، مینی لودر<sup>۹</sup> اشاره کرد. کاربردهای این خودروها بسیار متنوع می‌باشد. خودروی بلدوزر از قدرتمندترین ماشین‌آلات ساخت‌وساز هست. وجود شنی‌های پهن باعث توزیع مناسب وزن خودرو و قدرت مانور پذیری بالا در سطوح ناهموار و نامسطح و توانایی کار در زمینهای شنی و گلی را فراهم آورده است. موتور دیزلی قدرتمند توانایی جابجایی حجم‌های زیادی از توده‌های خاک یا اجسام سنگین را داراست. برای مثال بلدوزر کاترپیلار مدل D9 به آسانی می‌تواند تانک‌های به وزن ۷۰ تن را به دنبال خود بکشد.

عمده کاربرد این خودرو در سایت‌های عمرانی جهت تسطیح سطوح و دپو توده‌های خاک یا نخاله می‌باشد. قابلیت‌های منحصر به فرد این خودرو در جنگ جهانی اول باعث تبدیل آن به تانک شد. در حال حاضر بهترین تولیدکننده بلدوزر در دنیا کارخانه کاترپیلار می‌باشد در شکل نمونه‌ای از این خودرو را مشاهده می‌کنید [۵].



شکل ۱: بلدوزر D 155 کمانسو [۵]

خودروی پرکاربرد بعدی در سایت‌های عمرانی و معادن لودر است به دلیل عملکرد و انعطاف‌پذیری زیادی که دارد و نیز با کمک تغییر باکت می‌تواند بسیاری از کارها را انجام دهد. لودر موارد استفاده بسیاری دارد که برخی از آن‌ها عبارت‌اند از: ایجاد خاک‌ریزها، حفاری زیرزمین بناها، پر کردن خندق‌ها، خاک‌ریزی اطراف لوله‌های کار گذاشته‌شده در کانالها، بارکردن کامیون‌ها،

<sup>1</sup>Hybridization <sup>2</sup>After threatment system <sup>3</sup>Earthwork operations <sup>4</sup>Bulldozer <sup>5</sup>Loaders <sup>6</sup>Dump Trucks <sup>7</sup>Grader <sup>8</sup>Excavator  
<sup>9</sup>Skid-steer loader <sup>10</sup>snowplow <sup>11</sup>crane <sup>12</sup>forklift <sup>13</sup>Large truck  
<sup>14</sup>Articulation <sup>15</sup>Excaviation <sup>16</sup>Hydraulic excavator <sup>17</sup>Excavator  
<sup>18</sup>Boom <sup>19</sup>Dipper <sup>20</sup>Bucket <sup>21</sup>House <sup>22</sup>Jack hammer <sup>23</sup>Grapple

گریدر تابع عواملی مانند قدرت موتورکشش ماشین اندازه و ارتفاع تیغه است. مقدار موادی که گریدر می‌تواند جابجا کند بسیار کمتر از بولدوزر است بنابراین بهتر است موادی که باید توسط گریدر جابجا و توزیع شود قبلاً توسط ماشین‌آلاتی مانند بولدوزر بر روی زمین پخش شده باشد تا ارتفاع توده خاکی خیلی زیاد نباشد. با تغییر زاویه تیغه گریدر قادر خواهد بود که مواد خاکی را به کنار مسیر حرکت هدایت کند [۱۶].

### ۳ اهمیت انتخاب سوخت مناسب برای موتورهای دیزل

کیفیت سوخت نقش مهمی در کارکرد درست، افزایش طول عمر و کنترل انتشار آلاینده‌ها در موتورهای دیزل دارد. به‌طور کلی موتورهای دیزلی که با استاندارد ASTM-D975<sup>۲</sup> مطابقت داشته باشند عملکرد قابل قبولی دارند. البته سوختی که مورد استفاده قرار می‌گیرد باید تمیز، پایدار و تصفیه شده بوده و خوردگی نداشته باشد. از ویژگی‌های سوخت مناسب تمیز بودن آن است به‌طوری‌که عاری از هرگونه آلاینده‌ای باشد. محل نگهداری سوخت و مخزن سوخت را باید مرتب مورد بازرسی قرارداد تا عاری از قطرات آب و ذرات آلاینده و رسوبات باشد. ناپایداری سوخت سبب تشکیل لجن و لعاب در مخزن سوخت می‌شود. در بیشتر اوقات آلودگی موجود در سوخت به هنگام جابجایی نامناسب آن اتفاق می‌افتد بیشتر این آلاینده‌ها عبارت‌اند از آب، ذرات غبار و ذرات ناشی از رشد میکروبی که موجب تشکیل لجن سیاه می‌شوند. ناپایداری سوخت و نگهداری آن به مدت طولانی هم می‌تواند سبب رسوب لعاب در مخزن شود. بهترین روش استفاده از سوخت‌های با کیفیت بالا، نگهداری آن در مخازن تمیز است. گوگرد موجود در سوخت باید به اندازه‌ای کم باشد که موجب سایش زود هنگام رینگ‌های پیستون و جداره سیلندر نشود و حداقل مقدار دی‌اکسید گوگرد را هم از طریق آگروز دفع کند. میزان ناچیز گوگرد در سوخت قابل چشم‌پوشی است ولی باید توجه داشت که همین مقدار کم هم می‌تواند باعث خوردگی و آسیب‌دیدگی موتور شود. استفاده از سوخت‌هایی که بیشتر از ۵/۰ درصد جرمی گوگرد دارند موجب افزایش دفعات تعویض روغن می‌شود. میزان گوگرد موجود در سوخت نباید بیشتر از ۵/۰ درصد باشد. این نوع سوخت با برچسب ترمز مشخص شده است. کم بودن میزان گوگرد سوخت سبب می‌شود که دفعات تعویض روغن و فیلتر کمتر شود [۴، ۱۷].

بعضی از سوخت‌های دیزل با مواد افزودنی همراه هستند که با نام سوخت ممتاز و نظایر آن و با قیمتی گران‌تر فروخته می‌شوند. به‌طور کلی موتورهای دیزل نیاز چندانی به این‌گونه سوخت‌های خاص ندارند ولی این به خواست مشتری و صلاحدید او بستگی دارد که از این سوخت‌ها استفاده کند یا خیر. استفاده از مواد افزودنی در سوخت‌ها به ویژه در مناطقی مانند ایران که کیفیت سوخت و گازوئیل پایین است مفید است. در ایران میزان گوگرد موجود در گازوئیل بسیار بالاست و بهترین نوع گازوئیلی که در ایران تولید می‌شود حاوی ۵۰۰ پی پی ام گوگرد است. (بیشتر گازوئیل تولیدی حتی بیش از این مقدار گوگرد دارد) در صورتی‌که میزان مجاز آن طبق قوانین زیست‌محیطی اتحادیه

هیدرولیکی یا پنوماتیک به‌جای باکت این دستگاه، این امکان را فراهم می‌کند که سطوح و حجم‌ها سنگی یا بتونی را که بنا به دلایلی نمی‌توان با مواد منفجره یا کمپرسور تخریب کرد، به وسیله مجموعه این دو وسیله (بیل و چکش) تخریب نمود.

لازم است ذکر شود به دلیل حجم کم باکت و هزینه‌های بالای نگهداری، برای خاکهای نرم و با حجم زیاد لودر وسیله اقتصادی‌تر است، اما به دلیل رانش ایجادشده برای ساختمان‌های اطراف مورد اطمینان برای کارهای شهری نیست، که همین موضوع باعث برتری بیل مکانیکی می‌شود [۱۱]. شکل ۴ بیل مکانیکی در حال کار را نشان می‌دهد.



شکل ۴: بیل مکانیکی ولوو EC 950 [۱۲]

گریدر<sup>۱</sup> یا شیب‌ساز، که به‌طور معمول به ماشین تسطیح جاده اطلاق می‌شود. از ماشین‌آلات سنگین مهندسی است که دارای یک تیغه بزرگ برای تسطیح سطوح می‌باشد [۱۳].

بیشتر مدل‌ها دارای سه اکسل با یک موتور و اتاقک تعبیه شده در بالای اکسل عقب در انتهای ماشین می‌باشند. مهم‌ترین وسیله برای عملیات تنظیم شیب، تسطیح خاک‌ریزها، خاک‌برداری‌ها و رساندن سطح خاک به سطح موردنظر (خط پروژه) توسط گریدر انجام می‌شود [۱۴]. نمونه‌ای از این خودرو طویل در شکل ۵ نشان داده شده است.



شکل ۵: گریدر سه محور بروکس هایر [۱۵]

از قابلیت‌های این خودرو می‌توان به پخش کردن مواد خاکی، پخش مصالح در شانه‌سازی‌های راه، شیب بندی‌های دقیق، کندن جوی اشاره کرد. از مهم‌ترین عملیات گریدر پخش کردن مواد و مصالح خاکی در سطح زمین است. البته مقدار مواد جابجاشده به ظرفیت گریدر بستگی دارد ظرفیت

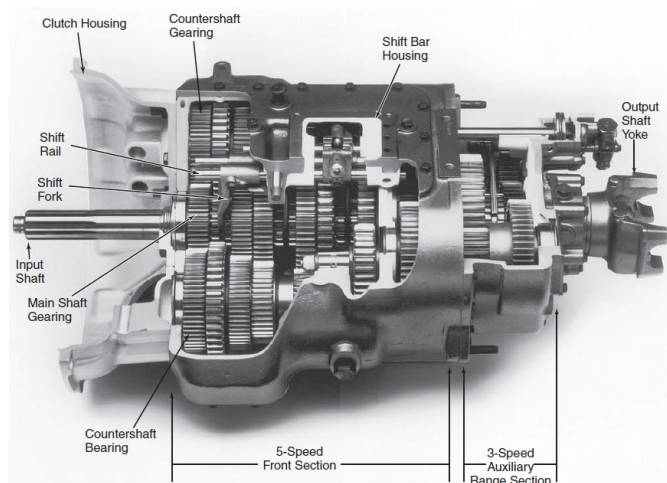
<sup>1</sup>Grader <sup>2</sup>Standard Specification for Diesel Fuel Oils

یک تکه استفاده می کنند. درحالی که اکثریت کامیون های سنگین از انتقال قدرت اصلی به همراه حداقل یک انتقال قدرت کمکی جفت شده با آن استفاده می کنند. در شکل ۱ نمای از این سیستم انتقال قدرت را مشاهده می کنید [۲۳].

## ۱.۴ گیربکس

یک گیربکس کمکی شامل چرخ دنده هایی با دو یا سه نسبت دنده است. انتقال قدرت کمکی با دو نسبت دنده خروجی، برای تولید دو نسبت سرعت سبک و سنگین استفاده می شوند. انتقال قدرت کمکی دارای سه نسبت دنده ممکن است سیستم اوردرایو<sup>۸</sup> یا فرا محرک داشته باشند [۲۳]. فرا محرک این امکان را فراهم می سازد تا موتور با دور موتور پایین تر سرعت بیشتری را ایجاد کند درواقع با دو برابر ساختن اعمال گیربکس بازده درصدی موتور را افزایش و مصرف سوخت را کاهش می دهد. در نتیجه مزایای فرا محرک شامل شتاب گیری سریع تر در حال حرکت، مصرف سوخت کمتر، استهلاک کمتر موتور، صدای کمتر موتور در سرعت های بالا و پایداری خودرو در یک سرعت ثابت است [۲۴].

بعضی از سیستم های انتقال قدرت از دو سیستم انتقال قدرت کمکی گیربکس بهره می برند که شامل یک گیربکس اصلی و دو سیستم انتقال قدرت کمکی می باشد. سیستم های انتقال قدرت کمکی نسبت دنده خروجی در گیربکس اصلی را چند برابر می کنند. گیربکس های کمکی بسته به کاربردها ۷، ۸، ۹، ۱۰، ۱۳، ۱۵، ۱۸ و ۲۰ نسبت دنده خروجی تولید می کنند. [۲۳]. در شکل ۶ نمای از این گیربکس مشاهده می شود.



شکل ۶: گیربکسی با ۱۳ نسبت دنده خروجی شامل گیربکس اصلی و کمکی که با پیچ به هم، جفت شده اند [۲۳]

اروپا پایین تر از میزان ۵۰۰ پی پی ام است. به همین دلیل بیشتر ساییدگی موتور ناشی از گوگرد بالایی است که در سوخت وجود دارد [۴].

اثر این افزودنی ها<sup>۱</sup> که توسط مصرف کننده به سوخت دیزل اضافه می شوند عبارتند از: کاهش تشکیل رسوب<sup>۲</sup> بر روی نازل های انژکتور<sup>۳</sup>، بهینه کردن بازدهی<sup>۴</sup> سوخت، افزایش تعداد هیدروکربن های ستان<sup>۵</sup> از دوه پنج هیدروکربنی با فرمول C16H34<sup>۶</sup>، عدد ستان مقدار تأخیر در شروع به سوختن در موتور دیزلی را اندازه می گیرد.

وقتی که عدد ستان بالا باشد، تأخیر در سوختن کم می شود؛ بنابراین سوختی که عدد ستان آن بالا است سوختی ایده آل در موتور دیزل به شمار می رود [۱۸]. بهبود وضعیت احتراق در هنگام سرد بودن موتور و قبل از گرم شدن کامل آن، کم کردن زمان تأخیر احتراق، کاهش ضربه در موتور، کاهش سروصدا، کارکرده آرام تر و یکنواخت تر موتور و در نتیجه افزایش عمر موتور، از تشکیل زنگ زدگی در سیستم توزیع سوخت موتور و مخزن ذخیره آن جلوگیری می کند، پایداری سوخت در برابر اکسید شدن را بیشتر می کند، تحمل موتور در برابر وجود آب را بیشتر می کند، احتراق سریع تر و کامل تری را ایجاد می کند.

استفاده از مخلوط سوخت و آب انتظارات کاهش اکسیدهای نیتروژن را برآورده می کند. ضمن اینکه تأثیر منفی بر مصرف سوخت ندارد و حتی در بسیاری از موارد باعث کاهش دوده می شود [۱۹]. و افزودن نیترو اتان (NE)<sup>۷</sup> تأثیر به سزایی روی کاهش دوده دارد [۲۰]. میزان انتشار اکسیدهای نیتروژن، مونواکسید کربن، هیدروکربن و ذرات معلق (دود سیاه و دوده) را کاهش می دهد و پایین بودن نقطه ریزش گازوئیل و مشخصه روان بودن آن در حالت سرد را بهبود می بخشد. احتراق ناقص و وارد آمدن شوک به موتور سبب کاهش عمر موتور و ساییدگی آن می شود [۴].

## ۴ تأثیر انتخاب سیستم انتقال قدرت مناسب بر مصرف سوخت

طراحی سیستم انتقال قدرت با طراحی پارامترهای اولیه سبک کردن و جفت کردن اجزا آن بر اساس معادلات حاکم بر دینامیک خودرو شروع می شود [۲۱]. تحقیقات نشان می دهد گیربکس های انتقال قدرت پیوسته می توانند مصرف سوخت و آلایندگی را تا ۱۷/۷ درصد بهبود بخشد [۲۲]. کامیون های سنگین از نسبت دنده بین ۵ تا ۲۰ در سیستم انتقال قدرت خود استفاده می کنند. نسبت دنده مورد استفاده بستگی به کاربرد کامیون دارد. اندازه، هزینه، و پیچیدگی انتقال قدرت اتوماتیک با افزایش نسبت دنده خروجی افزایش پیدا می کند. اکثریت کامیون های سبک و متوسط از انتقال قدرت

<sup>۱</sup>Additives

<sup>۲</sup>Sediment

<sup>۳</sup>Injector nozzles

<sup>۴</sup>efficiency

<sup>۵</sup> عدد ستان دقیقاً عکس عدد اکتان است که تمایل سوخت های دیزل را به اشتعال در هنگام فشرده سازی بیان می کند. به عبارت دیگر عدد ستان سرعت شروع اشتعال سوخت در هنگام فشرده سازی در موتور را اندازه گیری می نماید عدد ستان مقدار تأخیر در شروع به سوختن در موتور دیزلی را اندازه می گیرد. وقتی که عدد ستان بالا باشد، تأخیر در سوختن کم می شود؛ بنابراین سوختی که عدد ستان آن بالا است سوختی ایده آل در موتور دیزل به شمار می رود.

<sup>۶</sup> یک ترکیب شیمیایی با شکل ظاهری این ترکیب، مایع شفاف بی رنگ است. (Hexadecane)

<sup>۷</sup>Nitroethane

<sup>۸</sup>OverDrive

و بهره‌وری بیشتر از سوخت، تنظیم موتور و افزودن هیدروژن به سوخت دیزل از روش‌های نوین موردبررسی در این مقاله است.

## ۱.۶ تنظیم موتور

تنظیم موتور، مهم‌ترین عامل شناخته‌شده کاهش مصرف سوخت خودروها و یکی از عوامل اصلی کاهش آلودگی هواست. تنظیم موتور خودروهای سنگین دیزلی در حدود ۸ تا ۱۴ درصد از مصرف سوخت آن‌ها را کاهش می‌دهد. خارج شدن پمپ انژکتور از تنظیم، گرفتگی لوله‌های انتقال سوخت انژکتور به سیلندرها، مشکل نازل‌های انژکتوری سرسیلندر، بروز اختلال در سوپر شارژ، فیلترهای سوخت، هوا و روغن از عوامل اختلال در کارکرد موتورهای دیزلی محسوب می‌شوند. تنظیم موتور خودروهای دیزلی که در قالب تنظیم اجزای مختلف موجود در سیستم سوخت‌رسانی و احتراق انجام می‌گیرد، یکی از مؤثرترین راه‌حل‌های کاهش مصرف سوخت و تولید آلاینده‌ها و افزایش عمر و قدرت موتور است که البته نسبت به خودروهای بنزینی، پرهزینه‌تر است. تنظیم به‌موقع موتور باعث صرفه‌جویی حداقل ۳/۱ و حداکثر ۳/۲ میلیارد لیتر در مصرف گازوییل سالانه کل خودروهای سنگین می‌گردد و سالانه حداقل ۵۲۰ و حداکثر ۹۲۰ میلیون دلار صرفه‌جویی ارزی به دنبال دارد که برابر با خرید حداقل ۴۸۰۰ و حداکثر ۸۵۰۰ اتوبوس در راستای توسعه ناوگان حمل‌ونقل عمومی است که این امر منجر به کاهش سهم مشارکت در آلودگی محیط‌زیست می‌گردد [۲۷].

## ۲.۶ روش تعویض دنده بهینه

ترتیب تغییرات بهینه دنده شبیه به رفتار یک راننده با تجربه است. چندین مطالعه اخیر نشان می‌دهد که اگر شیب جاده در یک محدوده خاصی باشد حرکت با سرعت ثابت بهینه است. آزمایشات تجربی نشان می‌دهد که روش تعویض دنده بهینه تا هفت درصد مصرف سوخت کامیونهای سنگین دیزلی را کاهش می‌دهد (بدون افزایش زمان مسیر پیموده شده). در این روش با استفاده از تکنیک کنترل بهینه که تابع هزینه‌های سیستم‌های دینامیکی را به حداقل می‌رساند.

با استفاده از شرایط فعلی سیستم و کنترل ورودیها یک تابع عملکرد بهینه با برنامه‌ریزی دینامیکی برای مسیر اعمال می‌شود به‌طوری‌که در مرحله بعدی برای سرتاسر مسیر برنامه‌ریزی دینامیکی پیش‌بینی و بهینه‌سازی می‌شود. انتخاب افق پیش‌بینی طولانی و کنترل آن در حالت کلی نتایج خوبی به دست می‌دهد اما در واقع نتایج نزول خواهد کرد زیرا زمان محاسبات طولانی باعث خطا در پیش‌بینی افق و نهایتاً اختلال در کل پیش‌بینی می‌شود. تعیین زمان اندازگیری افق پیش‌بینی و به کار بردن آن بستگی به زمان محاسبات سیستم و بهترین بازده دارد. شماتیکی از این مدل در شکل ۷ قابل مشاهده است [۲۸].

## ۳.۶ روش بهینه انتقال قدرت

لودر یکی از مهم‌ترین ماشین‌آلات سنگین در سایت‌های ساخت‌وساز است.

## ۵ اثر افزایش دما بر سازوکار مصرف سوخت

با افزایش دمای ورودی مقدار اندکی مصرف مخصوص سوخت کاهش پیدا میکند که علت آن صرف انرژی کمتر برای گرم کردن هواست. همچنین به دلیل افزایش دمای حداکثری، اندکی میزان آلاینده‌ها اکسیدهای نیتروژن نیز افزایش پیدا میکند. جدول ۱ اثر تغییر دما بر تغییر مصرف سوخت و آلاینده‌ها را نشان می‌دهد [۲۵].

## ۱.۵ کارکردن در هوای سرد

سوخت دیزل در هنگامی که هوا سرد است تشکیل کریستالهای<sup>۱</sup> مومی شکلی را میدهد که میتواند سبب مسدود شدن فیلتر سوخت و اختلال در سوخت‌رسانی شود. برای جلوگیری از این مشکل راه‌حل‌های متفاوت ارائه شده است. بعضیها از سوختی که به همین منظور، تصفیه اضافی شده است، استفاده میکنند و برخی نیز افزودنیهایی به سوخت اضافه میکنند مانند اضافه کردن نفت سفید به گازوئیل که موجب بهتر شدن درجه ابری بودن سوخت<sup>۲</sup> میشود. ولی این مسئله سبب می‌شود که سوختی سبکتر با ارزش حرارتی پایینتری به وجود آید و توان به‌دست‌آمده از موتور کم شود. همچنین میزان هزینه به ازای مسافت طی شده را هم افزایش میدهد [۲۶].

## ۲.۵ اثر تغییر فشار بر سازوکار مصرف سوخت

با افزایش فشار محیط فشار مرحله تخلیه به‌اندازه افزایش فشار محیط افزایش می‌یابد. اما به دلیل وجود دریچه گاز در مسیر مکش، فشار داخل سیلندر در مرحله مکش به‌اندازه تخلیه افزایش نمی‌یابد. لذا اختلاف فشار خروجی و ورودی (اتلافات تلمبه‌ای) با افزایش فشار محیط، افزایش یافته و این به معنای افزایش مصرف مخصوص است. با افزایش فشار محیط به دلیل کاهش دمای بیشینه احتراق، میزان نیز به‌طور چشمگیری کاهش می‌یابد. علت کاهش دمای اکسیدهای ازت آلاینده بیشینه احتراق نیز افزایش ضریب و نرخ انتقال حرارت به دلیل افزایش فشار است.

## ۳.۵ اثر تغییر رطوبت بر سازوکار مصرف سوخت

تغییر رطوبت نسبی هوا بر آلاینده اکسیدهای ازت موتور تأثیر محسوسی خواهد داشت با افزایش رطوبت نسبی، دمای بیشینه داخل استوانه کاهش یافته کاهش می‌یابد. همچنین با افزایش میزان رطوبت نسبی و افزایش جرم بخار آب مصرف مخصوص سوخت نیز افزایش می‌یابد [۲۵].

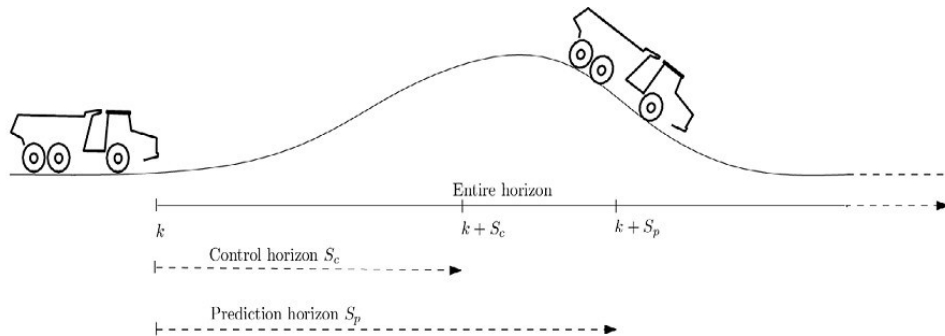
## ۶ روش‌های نوین کاهش مصرف سوخت

روش‌های کاهش مصرف سوخت برای هر اقلیم و هر نوع خودرو متفاوت خواهد بود. تنظیم موتور، الگوریتم تعویض بهینه دنده برای خودروهای بیابانی، پیدا کردن سیکل کاری بهینه با استفاده از شبیه‌سازی و آزمایش‌های تجربی، هیبرید کردن استفاده از کاتالیزور اکسیداسیون جهت کاهش آلودگی

<sup>1</sup>Crystal <sup>2</sup>Cloud Point Temperatures

جدول ۱: اثر تغییر دما بر تغییر مصرف سوخت و اکسیدهای ازت [۲۵]

| ۴ بار            |                          | ۲ بار            |                          | دما             |
|------------------|--------------------------|------------------|--------------------------|-----------------|
| اکسیدهای ازت (%) | مصرف سوخت ویژه ترمزی (%) | اکسیدهای ازت (%) | مصرف سوخت ویژه ترمزی (%) | درجه سانتی گراد |
| -۰/۳۹            | ۰/۰۰۱۷                   | -۰/۲۹            | ۰/۰۰۰۳                   | ۲۰              |
| ۰                | ۰                        | ۰                | ۰                        | ۲۵              |
| ۰/۳۹             | -۰/۰۰۰۱                  | ۰/۲۹             | -۰/۰۰۰۲                  | ۳۰              |
| ۰/۸              | -۰/۰۰۰۱۷                 | ۰/۵۹             | -۰/۰۰۰۲                  | ۳۵              |



شکل ۷: شماتیکی از تکنیک کنترل بهینه [۲۸]

جدول ۲: آنالیز مصرف سوخت در هر مرحله کاری لودر [۲۹]

| مجموع | مرحله ۴ | مرحله ۳ | مرحله ۲ | مرحله ۱ |
|-------|---------|---------|---------|---------|
| ٪۱۰۰  | ٪۱۸     | ٪۲۷     | ٪۱۸     | ٪۳۶     |
| ٪۸۸   | ٪۴      | ٪۵      | ٪۹      | ٪۳۲     |
| ٪۲/۹۲ | ٪۲      | ٪۱۳     | ٪۲      | ٪۳۳     |

#### ۴.۶ الگوریتم کاری برای کامیون‌های معدنی

هزینه مصرف سوخت در دامپ تراک‌های معدنی در حدود ۳۰ درصد هزینه‌های صرف شده در معدن را تشکیل می‌دهد [۲۶]. به حداقل رساندن فعالیت‌های چرخه‌ای در معدن منجر به افزایش بازده انرژی می‌شود. زمان بی‌بار دور آرام خودرو از مهم‌ترین و بزرگ‌ترین مصارف سوخت غیرضروری است هنگامی که کامیونها در صف بارگیری هستند بزرگ‌ترین بخش مصرف انرژی غیرضروری زمان بی‌بار دور آرام است. بازبینی برای کاهش صف بستن کامیونها در محل بارگیری، بهبود استراتژی اعزام کامیونها به محل بارگیری، نوع بارگیری و همچنین مهارت اپراتور لودر یا بیل مکانیکی تأثیر به سزایی در کاهش مصرف سوخت کامیونها دارد. داده‌های به دست آمده از آزمایشات تجربی نشان می‌دهد که زمان سفر با بار و زمان سفر بدون بار به مسافت پیموده شده و بیشینه سرعت خودرو وابسته هستند. شرایط جاده (شیب، پیچ و ... ) بیشینه سرعت خودرو را مشخص می‌کند. بنابراین شرایط بهتر جاده تأثیر بسزایی در کاهش زمان سفر با بار و زمان سفر بدون بار و در نتیجه کاهش مصرف سوخت خواهد داشت. جدول ۳ نرخ مصرف سوخت کامیون در عملیات‌های مختلف را نشان می‌دهد.

چون زمان سفر با بار و زمان سفر بدون بار به مسافت پیموده شده وابسته است. تغییری در آن‌ها نمی‌توان ایجاد کرد؛ اما می‌توان برای کاهش زمان بدون بار دور آرام استراتژی اعزام کامیون به محل بارگیری را اصلاح کرد تا

لودرها می‌توانند بازدهی زیادی در انتقال مواد داشته باشند و مهم‌ترین فاکتور برای توسعه سایت‌های ساخت و ساز به شمار می‌آیند. در سیستم انتقال قدرت لودرهای مرسوم از تورک کانورتور<sup>۱</sup> استفاده می‌شود که این سیستم انتقال قدرت خودکار است.

تورک کانورتور باعث به هدر رفتن بسیار زیاد انرژی می‌شود. برای بهبود مصرف انرژی در لودر پیشنهاد می‌شود که به جای استفاده از تورک کانورتور سیستم انتقال قدرت دستی اتوماتیک<sup>۲</sup> و سیستم انتقال قدرت دو کلاچه<sup>۳</sup> جایگزین شوند.

برای بازدهی بیشتر راندمان<sup>۴</sup> لودر باید از جدول تغییر نسبت دنده که از روش‌های تجربی تعیین می‌شود استفاده نمود [۲۹]. سیکل رانندگی یک جزء حیاتی در مطالعه است [۳۰] موتور لودر از سیکل کاری V تبعیت می‌کند. سیکل کاری V شامل ۴ مرحله است.

در مرحله اول، لودر مستقیم به سوی توده مواد به منظور بارگیری باکت حرکت می‌کند. مرحله دوم، لودر برای پر کردن کامل باکت از توده مواد باکت خود را بلند و به سوی نقطه شروع حرکت نزدیک کامیون به منظور تخلیه باکت حرکت می‌کند. مرحله سوم، لودر به سوی کامیون حرکت و باکت خود را برای تخلیه باکت در کامیون پایین می‌آورد. مرحله چهارم، لودر به سمت نقطه شروع بازمی‌گردد و دکل<sup>۵</sup> خود را برای تخلیه کامل توده مواد پایین می‌آورد و به شرایط اولیه کاری بازمی‌گردد.

تورک کانورتور در این چرخه برای تأمین گشتاور مورد نیاز لودر از دو دنده یک و دو استفاده می‌کند. در این سیکل موتور در حالت قدرتمند کار می‌کند. برای حالت سیستم انتقال قدرت دو کلاچه دنده‌های یک و دو و سه به کار گرفته می‌شود. در این حالت بر اساس مصرف سوخت ویژه ترمزی<sup>۶</sup> موتور حالت بهینه کارکرد موتور خواهد بود. در جدول ۲ آنالیز مصرف سوخت در هر مرحله کاری نشان داده شده است [۲۹].

<sup>1</sup>Torque converter <sup>2</sup>Automated manual transmission <sup>3</sup>Dual clutch transmission <sup>4</sup>Efficiency <sup>5</sup>Boom <sup>6</sup>Brake specific fuel consumption

**جدول ۳: نرخ مصرف سوخت کامیون در عملیات‌های مختلف [۳۱]**

| نرخ مصرف سوخت<br>(لیتر/ ثانیه/ ۱۰۰۰ سیکل) | نوع عملکرد              |
|-------------------------------------------|-------------------------|
| ۳/۹۸                                      | بارگذاری                |
| ۴/۹۹                                      | دور آرام بدون بار       |
| ۱۴/۷۱                                     | در حال حرکت بدون بار    |
| ۷۸/۲                                      | دور آرام بارگیری شده    |
| ۹/۵۱                                      | در حال حرکت بارگیری شده |

دو یا چندین کامیون هم‌زمان به محل بارگیری نرسند و باعث صف بستن کامیونها نشود با این کار زمان بدون بار دور آرام در حدود ۳۰ درصد کاهش می‌یابد. در صورت نبود دیو برای بارگیری لودر یا بیل مکانیکی می‌توان از ماشین‌آلات کمکی مانند بلدوزر برای دیو کردن استفاده کرد. اگر اپراتور مهارت کافی برای بارگیری در کوتاه‌ترین زمان ممکن را ندارد باید آموزش‌های فنی لازم را به اپراتور داد. این اقدامات همگی باعث کاهش زمان بدون بار دور آرام و در نتیجه کاهش مصرف سوخت کامیون‌های معدنی خواهد شد [۳۱].

**۵.۶ تعیین سیکل کاری بهینه**

توسعه سیکل رانندگی در دنیای واقعی برای کنترل، اندازه گیری الاینده‌ها و وسایل نقلیه و کنترل انرژی و مصرف سوخت ضرورت دارد. دو نوع سیکل رانندگی مهم وجود دارد.

۱. سیکل رانندگی رسمی.
  ۲. سیکل رانندگی غیر رسمی [۳۲].
- به طور کلی، روش‌های ساخت چرخه معمولاً شامل مراحل زیر است:
۱. جمع‌آوری داده‌های سیکل رانندگی واقعی
  ۲. طبقه بندی داده‌های جمع‌آوری شده
  ۳. ساخت سیکل‌های رانندگی
  ۴. ارزیابی و انتخاب سیکل نهایی که وابسته به نوع فعالیت‌های رانندگی که مورد استفاده برای ساختن سیکل‌های رانندگی است [۳۳].
- مصرف سوخت و انتشار آلاینده‌های خودروها با الگوهای رانندگی متفاوت و شرایط مختلف تحت تأثیر قرار می‌گیرد. البته این سیکل‌های رانندگی وابسته به نوع جاده و نوع خودرو و دیگر ویژگی‌ها برای شرایط مختلف فرق می‌کند [۳۴].

**۶.۶ هیبرید کردن**

در طول ده سال اخیر تولید کنندگان مختلف بزرگ و مراکز تحقیقات جهانی با انجام چندین پروژه، به منظور هیبرید کردن ماشین‌الات ساخت‌وساز شامل: بلدوزر هیبریدی الکتریکی، بیل مکانیکی هیبریدی و لودر هیبریدی، سرانجام در می ۲۰۰۷ اولین لیف تراک هیبریدی دنیا توسط شرکت کوماتسو تولید شد. و درست یکسال بعد اولین بیل مکانیکی هیبریدی نیز توسط همان

کارخانه تولید شد. که در مقایسه با بیل مکانیکی مدل (PC 200-8) ۲۵ الی ۴۰ درصد مصرف سوخت کمتری داشت. شرکت کاتپیلار نیز بلدوزر هیبریدی خود را با ۲۵ درصد کاهش مصرف سوخت در مقایسه با نمونه معمولی خود به تولید رساند. در این میان شرکت سوئدی ولوو نیز در سال ۲۰۰۸ از اولین لودر هیبریدی خود در یک نمایشگاه خودرو رونمایی کرد که در مقایسه با لودرهای عادی ده درصد کاهش مصرف سوخت داشت [۳۵].

هیبرید کردن یک‌راه آشکار و امیدبخش برای کاهش مصرف سوخت و کاهش آلاینده‌هاست. به دلیل پیچیدگی سیستم انتقال قدرت در خودروهای هیبریدی طراحی سیستم کنترلی خوب نیاز است تا بتوان به‌خوبی از تمام ظرفیتهای هیبریدی استفاده نمود [۳۶]. تحقیقات نشان می‌دهد مصرف سوخت در خودروهای سنگین هیبریدی نسبت به خودروهای رایج می‌تواند تا شش درصد کمتر باشد. همچنین خودروهای هیبریدی عملکرد بهتری در بالا رفتن از تپه نسبت به خودروهای معمولی دارند. یکی از معضلات هیبرید کردن خودروها فناوری باتری است.

باتریهای لیتیومی امیدوارکننده هستند زیرا به‌اندازه کافی انرژی و نیرو برای کاربرد در وسایل نقلیه ذخیره می‌کنند. هرچند هنوز هزینه و عمر کارکرد باتریهای لیتیومی نامشخص است. عمر کارکرد باتری به‌طور کلی یک فاکتور خیلی مهم برای طراحی در خودروهای سنگین است که باید در هنگام انتخاب باتری به آن توجه کرد [۳۷]. در سیستم‌های هیبرید باتری و ابرخازن به‌طور گسترده مورد استفاده هستند. ابرخازن‌ها نسبت به باتری دارای بازدهی بالاتر و عمر طولانی‌تری هستند. باتری‌های نیکل-هیدرید فلز<sup>۲</sup> و باتری لیتیومی<sup>۳</sup> از رایج‌ترین باتری‌های مورد استفاده در سیستم‌های هیبرید هستند [۳۸]. هیبرید کردن می‌تواند تا ۳۱ درصد مقدار آلاینده اکسیدهای ازت را به سبب شرایط دمایی بهتر در سیستم آگزوز در هنگام ترمز گیری کاهش دهد. درعین حال مصرف سوخت ۳/۸ درصد در مقایسه با خودروهای غیر هیبریدی کاهش پیدا کرده است [۳۶].

خودرو هیبرید و هیبرید الکتریک<sup>۴</sup> تکنولوژیهای احتمالی و شناخته‌شده جایگزین موتورهای احتراق داخلی<sup>۵</sup> رایج هستند. عمده سیستم‌های انتقال قدرت هیبرید<sup>۶</sup> الکتریک به‌صورت هیبرید سری<sup>۷</sup>، هیبرید موازی<sup>۸</sup> و هیبرید سری موازی<sup>۹</sup> در دسترس هستند [۲۱]. کاتالیزور اکسیداسیون از سیستم‌های مورد استفاده در خودروهای هیبریدی برای کاهش آلاینده‌ها و همچنین بهره‌وری بیشتر از سوخت خودرو است. این سیستم شامل کاتالیزت اکسیدکننده دیزل<sup>۱۰</sup>، فیلتر مخصوص دیزل<sup>۱۱</sup> و اوره مبنی بر کاتالیزت انتخابی کاهنده<sup>۱۲</sup> است. شکل ۸ پیکربندی خودرو هیبریدی را نشان داده است.

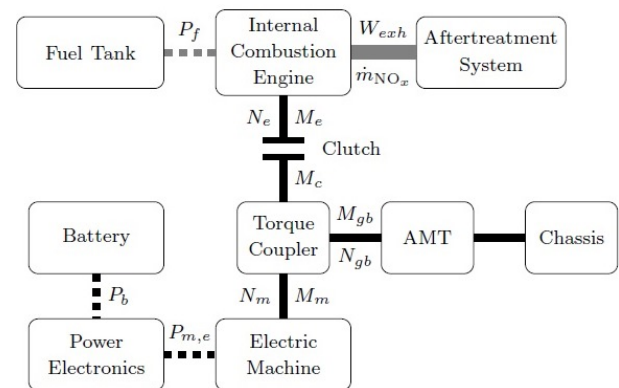
این سیستم بسیار مهم و مؤثر برای کنترل دما است. بنابراین استراتژی کنترل دما شرایط دمایی خودرو هیبریدی را آشکار می‌سازد. نگه‌داشتن دمای خودروی هیبریدی در یک سطح مشخص باعث بهره‌وری بیشتر سوخت خواهد شد [۳۶]. جدول ۴ نیز مقایسه نرخ مصرف سوخت و انتشار آلاینده‌ها

<sup>1</sup>May <sup>2</sup>Nickel-metal hydride battery (Ni MH) <sup>3</sup>Lithium <sup>4</sup>Hybrid Electric <sup>5</sup>Internal Combustion Engine <sup>6</sup>Hybrid Powertrain systems

<sup>7</sup>Series Hybrid Electric vehicle (SHEVS) <sup>8</sup>Parallel Hybrid Electric vehicle (PHEVS) <sup>9</sup>Series Parallel Hybrid Electric vehicle (SPHEVS)

<sup>10</sup>Diesel Oxidation catalyst <sup>11</sup>Diesel particulate filter <sup>12</sup>Urea-selective Catalytic Reduction

برای دو خودرو هیبرید و غیر هیبریدی را نشان می‌دهد.

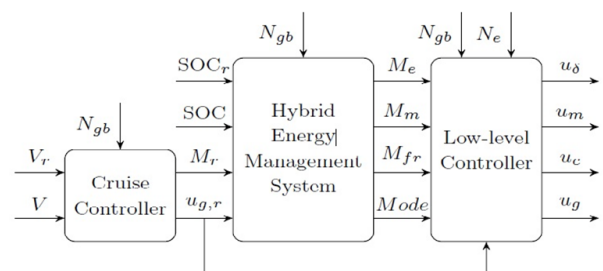


شکل ۸: پیکربندی خودرو هیبریدی [۲۱]

جدول ۴: نرخ مصرف سوخت و انتشار آلاینده‌ی برای هر دو خودرو هیبرید و غیر هیبرید [۳۶]

| کمیت                              | غیر هیبرید | هیبرید |
|-----------------------------------|------------|--------|
| اکسیدهای ازت خروجی موتور (گرم)    | ۷۰۶        | ۳۶۵    |
| اکسیدهای ازت خروجی آگزوز (گرم)    | ۱۳۲        | ۹۱     |
| آمونیاک خروجی آگزوز (گرم)         | ۶/۳۶       | ۱۰/۴   |
| نرخ تبدیل اکسیدهای ازت (%)        | ۸۱         | ۸۶     |
| مایع آگزوز دیزل (لیتر/۱۰ کیلومتر) | ۰/۲۸۷      | ۰/۲۷۶  |

کنترلر شامل سه قسمت است: کروکنترل<sup>۱</sup> که ترک مورد نیاز برای جریان سرعت اصلی را محاسبه می‌کند و یک سیستم مدیریت انرژی که تصمیم می‌گیرد که اجزای مختلف سیستم انتقال قدرت هر کدام چه مقدار ترک تولید کنند. و سیستم کنترلی سطح پایین که سیگنالهای کنترلی ویژه برای هر جزء در سیستم انتقال قدرت را کنترل می‌کند. در تصویر شکل ۹ شماتیکی از کنترل کننده خودروی هیبریدی به تصویر کشیده شده است [۳۶].



شکل ۹: شماتیکی از کنترل کننده خودروی هیبریدی [۳۶]

## ۷.۶ هندسه و کوچک سازی موتور

استفاده از یک موتور کوچکتر در خودرو که توان یک موتور بزرگتر را تامین می‌کند به عنوان کوچک سازی هندسه موتور تعریف می‌شود [۳۹]. کوچک سازی موتور به عنوان موثرترین راهکار برای بهبود کارایی سیستم انتقال قدرت در نظر گرفته می‌شود. روش های کوچک سازی موتور

۱. استفاده از توربو شارژر<sup>۲</sup>
۲. استفاده از سوپر شارژر<sup>۳</sup>
۳. استفاده همزمان از توربو شارژر و سوپر شارژر<sup>۴</sup>
۴. بازخورانی گازهای خروجی آگزوز<sup>۵</sup>
۵. زمان بندی متغیر سوپاپ ها<sup>۶</sup>

### ۱.۷.۶ سوپر شارژهای توسعه یافته

یک سوپر شارژر توسعه یافته که در آن کمپرسور سوپر شارژر به جای استفاده از نیروی گازهای خروجی آگزوز توسط یک موتور الکتریکی سرعت بالا به حرکت در آورده می‌شود. یک موتور دارای سوپر شارژر توسعه یافته نسبت به یک موتور تنفس طبیعی به طور قابل ملاحظه ای مصرف سوخت کمتری دارد. و همچنین انتظار می‌رود کوچک سازی موتور را تسهیل کند [۴۰].

### ۲.۷.۶ استفاده از زمان بندی متغیر سوپاپ ها در کوچک سازی موتور

زمان بندی متغیر باز و بسته شدن سوپاپ ها باعث کاهش مصرف سوخت، کاهش اکسیدهای ازت و افزایش گشتاور و توان موتور می‌شود. این سیستم نقش مهمی در افزایش بازدهی موتور دارد. بدون داشتن این سیستم در حالت عادی زمان باز و بسته شدن سوپاپ ها وابسته به چرخش میل بادامک است و دقیقاً به ترتیب و با فاصله زمانی مشخص برحسب دور موتور انجام می‌شود. و در همه دوره های موتور زمان باز و بسته شدن سوپاپ ها ثابت است. با توجه به سرعت بالای حرکت پیستون، هوا و سوخت زمان کافی برای ورود به محفظه احتراق را ندارند و در حقیقت پیش از آنکه حجم مناسبی از هوا و سوخت وارد محفظه احتراق شود سوپاپ بسته شده است. برای رفع این مشکل، سیستم زمان بندی متغیر سوپاپ ها به کار می‌آید و این امکان را می‌دهد که سوپاپ هوا بدون توجه به موقعیت قرارگیری پیستون زمان بیشتری را باز بماند. برای این منظور ساختار میل سوپاپ خودرو اندکی متفاوت است و به موتور امکان می‌دهد سوپاپ هوا و دود را به شکل مستقل مدیریت کند [۳۹].

## ۷ نتیجه گیری

در این مقاله روش های متفاوت کاهش مصرف سوخت و آلاینده ها در خودروهای ساخت وساز مورد ارزیابی قرار گرفت. بررسی ها نشان داد که استفاده از روش های زیر نتایج مطلوبی در کاهش مصرف سوخت و آلاینده ها در پی خواهد داشت.

۱. انتخاب سوخت مصرفی که درصد جرمی گوگرد آن بیشتر از ۰/۵ نباشد. افزایش درصد جرمی گوگرد باعث افزایش تعداد دفعات تعویض روغن می‌شود. گازوییل های موجود در ایران بیشتر از ۵۰۰ پی پی ام گوگرد دارند در صورتی که میزان استاندارد گوگرد موجود در سوخت طبق قوانین زیست محیطی اتحادیه اروپا پایین تر از میزان ۵۰۰ پی پی ام است. بیشتر ساییدگی موتور ناشی از گوگرد بالای موجود در سوخت است.

<sup>۱</sup>Cruise Controller <sup>۲</sup>Turbochargers <sup>۳</sup>Superchargers <sup>۴</sup>Twin-charging <sup>۵</sup>Advanced exhaust gas recirculation (EGR) <sup>۶</sup>Variable valve timing (VVT)

- [۸] کمپرسی-ویکی پدیا، دانشنامه آزاد. <https://fa.wikipedia.org/wiki>، ۱۳ آگوست ۲۰۱۸.
- [۹] دامپ تراکت چیست؟/ ابر ماشینی در حمل و نقل. <http://www.dana.ir/news/73540.html>، ۱۳۹۲.
- [۱۰] دامپ تراک کاترپیلار ۷۹۷. <http://ariarah.ir/>، ۱۳۹۵.
- [۱۱] بیل مکانیکی- راهنمای جامع آشنایی با بیل مکانیکی- ژوپیتر | بررسی و تحلیل دنیای ساختمان. <http://jupiterdesign.ir/hydraulic-excavator/>، ۱۳۹۷.
- [12] VolvoCE. Volvo Brochure Crawler Excavator EC950E English. <https://www.volvoce.com/-/media/volvoce/global/products/excavators/crawler-excavators/brochures/brochure-ec950e-t2-en-30-20050247-c.pdf?v=TaUzPw>.
- [۱۳] گریدر-ویکی پدیا. <https://fa.wikipedia.org/wiki/گریدر>، ۲۰۱۸.
- [۱۴] نسخه قابل چاپ. <http://machinerysystem.blogspot.com/post-75>، ۲۷ آگوست ۲۰۱۸.
- [15] Graders For Hire | Brooks Hire. <http://brookshire.com.au/equipment/graders/>، 2018.
- [۱۶] طبقه بندی ماشین آلات راه سازی و ساختمانی-راه، ترافیک، حمل و نقل-انجمن علوم زمین و نقشه ژئومپیا. <http://forum.geomapia.net/index.php?topic/۲۲۱۷>، ۲۰۱۸.
- [17] Advantages And Disadvantages of Diesel Fuel-Fuel Cleaning equipment. <https://futureofworking.com/8-advantages-and-disadvantages-of-diesel-cars/>.
- [18] Xing-cai, Lü, Jian-Guang, Yang, Wu-Gao, Zhang, and Zhen, Huang. Effect of cetane number improver on heat release rate and emissions of high speed diesel engine fueled with ethanol-diesel blend fuel. *Fuel*, 83(14-15):2013-2020, 2004.
- [۱۹] قره قانی، ایت اله و میر سلیم، سید مصطفی. روش های مختلف کاهش اکسیدهای نیتروژن در موتورهای دیزلی. پنجمین همایش موتورهای درون سوز، صفحات ۱۱۶-۱۱۹، ۱۳۸۶.
- [۲۰] امی، فتح الله، پیروزفر، وحید، و رزین قلم، عبدالصمد. بررسی اثر افزودنی های سوختی بر روی خواص سوخت و کاهش دوده در موتورهای دیزلی. سمینار تخصصی نفت، گاز و محیط زیست، ۴۰-۳۹۹(x):۲۰۱۷.
- [21] Borthakur, Swagata and Subramanian, Shankar C. Optimized Design and Analysis of a Series-Parallel Hybrid Electric Vehicle Powertrain for a Heavy Duty Truck. *IFAC-PapersOnLine*, 51(1):184-189, 2018.
- [22] Masih-Tehrani, M. and Ebrahimi-Nejad, S. Hybrid Genetic Algorithm and Linear Programming for Bulldozer Emissions and Fuel-Consumption Management Using Continuously Variable Transmission. *Journal of Construction Engineering and Management*, 144(7):2-10, 2018.
- [23] BENNETT, SEAN. *HEAVY DUTY TRUCK SYSTEM*. no. HEAVY DUTY TRUCK SYSTEM. 2015.

[۲۴] خودرونیس. اوردرایو چیست؟ <http://khodronevis.com/fa/news/۱۳۲۴/اوردرایو>، ۲۳ آگوست ۲۰۱۸.

[۲۵] کرباسی فروشها، مجید، امیر حسین، پیروز، و جزایری، سید علی. اثر عوامل محیطی و ترکیب سوخت بر اندازه گیری میزان مصرف سوخت و آلایندة NOx خودرو در یک چرخه مشخص رانندگی. فصل نامه علمی پژوهشی تحقیقات موتور، صفحات ۱۳-۲۰، ۱۳۸۹.

۲. تنظیم به موقع موتور می تواند تاثیر ۸ الی ۱۴ درصدی در کاهش مصرف سوخت داشته باشد.
۳. استفاده از تورک کانورتور باعث هدر رفتن بسیار زیاد انرژی می شود، جایگزین کردن سیستم انتقال قدرت دو کلاچه و یا سیستم انتقال قدرت دستی اتوماتیک باعث بهروری بیشتر انرژی در خودروهایی نظیر لودر خواهد شد.
۴. تعیین سیکل کاری بهینه در خودروهایی که سیکل های تکراری دارند و معمولاً برای طولانی مدت در یک سایت عمرانی یا معادن کار می کنند روش مناسبی در استفاده بهینه از خودرو و همچنین کاهش مصرف سوخت را در پی خواهد داشت.
۵. هیبرید کردن خودروهای ساخت وساز روشی بسیار مناسب در کاهش آلودگی و کاهش مصرف سوخت و همچنین بالا بردن توان و قدرت خودرو است. سیستم های انتقال قدرت هیبریدی از بهترین انواع انتقال قدرت است.
- شرایط آب و هوایی با اینکه در مصرف سوخت و میزان آلایندگی مؤثر است اما نمی توان شرایط آب و هوایی را تغییر داد، اما می توان با روش های دیگر میزان مصرف سوخت را به حداقل رساند. پیدا کردن سیکل کاری بهینه با استفاده از شبیه سازی و آزمایش های تجربی از مهم ترین روش های کاهش مصرف سوخت و آلایندگی و زمان کاری است. باید به این موضوع توجه داشت که روش های کاهش مصرف سوخت برای هر نوع خودرو ساخت وساز متفاوت خواهد بود. چون الگوریتم های کاری وظایف کاری هر خودرو متفاوت است. در کنار این روش ها استفاده از افزودن هیدروژن به سوخت دیزل تأثیر به سزایی در کاهش آلایندگی و میزان مصرف سوخت و دارد. استفاده از کاتالیزور اکسیداسیون، فیلترهای گازوییل مناسب و تنظیم به موقع موتور نیز سهم محسوسی در کاهش میزان آلایندگی دارند.

## مراجع

- [۱] حمید، قضاتی. شناسایی عوامل مؤثر در باز سازی و نوسازی ماشین آلات راه سازی و معدنی. کنفرانس راهبری و کاربردی ماشین آلات راه سازی و معدنی، ۱۳۹۳، ۱۵:۲.
- [2] Haycraft, William R. History of construction equipment. *Journal of Construction Engineering and Management*, 137(10):720-723, oct 2011.
- [۳] رسولی، امید. ماشین آلات ساختمانی در راه سازی. ص. ۵۲، ۱۳۹۲.
- [۴] سوخت دیزل. <http://www.imencms.com/article-7146.aspx>، ۲۰۱۹/۰۳/۰۱.
- [۵] بلدوزر-راهنمای جامع آشنایی با بلدوزر-ژوپیتر | مرجع بررسی و تحلیل دنیای ساختمان. <https://fa.wikipedia.org/wiki/بلدوزر>، ۱۳ آگوست ۲۰۱۸.
- [۶] ماشین آلات ساختمانی. مرجع مهندسی عمران. <http://civilfa.ir/archives/115>.
- [7] Machinery, L&T Construction & Mining. Komatsu WA700 Wheel Loader. <http://www.larsentoubro.com/construction-mining-machinery/products/construction-mining-equipment/komatsu-wheel-loaders/komatsu-wa700/>.

- [۲۶] گازوئیل، سوخت دیزل. ۱۳۹۴.
- [۲۷] راهکارهای بهینه سازی مصرف انرژی. سازمان بهینه سازی مصرف سوخت، ۱۳۹۰.
- [28] Fu, Jiali and Bortolin, Gianantonio. Gear shift optimization for off-road construction vehicles. *European Journal of Transport and Infrastructure Research*, 14(3):214–228, 2014.
- [29] Oh, Kwangseok, Yun, Seungjae, Ko, Kyungeun, Ha, Sunghoon, Kim, Panyoung, Seo, Jaho, and Yi, Kyongsu. Gear ratio and shift schedule optimization of wheel loader transmission for performance and energy efficiency. *Automation in Construction*, 69:89–101, 2016.
- [30] Development of a representative operation cycle characterized by dual time series for bulldozers. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part D: Journal of Automobile Engineering*, 231(13):1818–1828, 2017.
- [31] Dindarloo, Saeid R. and Siامي-Irdemoosa, Elnaz. Determinants of fuel consumption in mining trucks. *Energy*, 112:232–240, 2016.
- [32] Kamble, S, Mathew, T, and Sharma, G. I2. Development of real-world driving cycle: Case study of Pune, India. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 14(2):132–140, 2009.
- [33] Fotouhi, A. and Montazeri-Gh, M. Tehran driving cycle development using the k-means clustering method. *Scientia Iranica*, 20(2):286–293, 2013.
- [34] Dai, Zhen, Niemeier, Deb, and Eisinger, Douglas. Driving cycles: a new cycle-building method that better represents real-world emissions. *The U.C. Davis-Caltrans Air Quality Project*, 66(66):37, 2008.
- [35] Wang, Hong, Huang, Yanjun, Khajepour, Amir, He, Hongwen, and Cao, Dongpu. A novel energy management for hybrid off-road vehicles without future driving cycles as a priori. *Energy*, 133:929–940, 2017.
- [36] Holmer, Olov and Eriksson, Lars. Simultaneous Reduction of Fuel Consumption and NOx Emissions through Hybridization of a Long Haulage Truck. *IFAC-PapersOnLine*, 50(1):8927–8932, 2017.
- [37] Lajunen, Antti. Fuel economy analysis of conventional and hybrid heavy vehicle combinations over real-world operating routes. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 31:70–84, 2014.
- [38] Wang, Hongmei, Wang, Qingfeng, and Hu, Baozan. A review of developments in energy storage systems for hybrid excavators. *Automation in Construction*, 80:1–10, 2017.
- [39] Patil, Chinmay, Varade, Sanjyot, and Wadkar, Swapnil. A Review of Engine Downsizing and its Effects. 7(7):319–324, 2017.
- [40] Ibaraki, Yukio, Seiichi, Yamashita, Ebisu, Kunio, Motoki, Sumida, Ogita, Byeongil, and an Hiroshi. Development of Electric Supercharger to Facilitate the Downsizing of Automobile Engines. *Mitsubishi Heavy Industries Technical Review*, 47(December 2010):7–12, 2010.