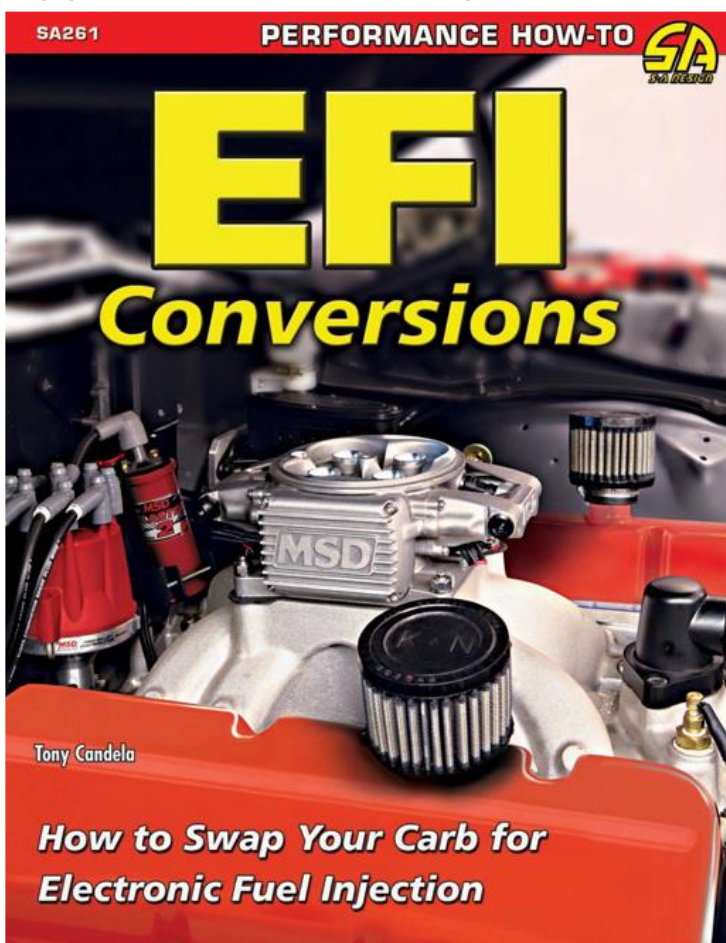


آموزش گام به گام تبدیل سیستم کاربراتور به انژکتور (EFI) خودروها

ارتقاء سیستم سوخت رسانی و سیم کشی موتور



Tony Candela

مؤلف: تونی کندلا

مترجم: مهندس علیرضا صالحین



نشر علمی صالحین

نام کتاب: آموزش گام به گام تبدیل سیستم کاربراتور به انژکتور (EFI) خودروها، ارتقاء سیستم سوخت رسانی و

سیم کشی موتور

مؤلف: تونی کندلا

مترجم: مهندس علیرضا صالحین

ویراستار: مهندس بهزاد نادرخانی

گرافیکست: کتایون علی نوری

سال چاپ: ۱۴۰۴

نوبت چاپ: اول

شمارگان: ۱۰۰

بها: ۴۰۰۰۰۰ تومان

شابک: ۹۷۸-۶۲۲-۸۹۵۵۳-۸-۴

حق چاپ برای نشر علمی صالحین محفوظ می باشد

نشانی مرکز پخش: تهران، خیابان انقلاب، روبروی در اصلی دانشگاه، پاساژ فروزنده، طبقه اول واحد ۴۱۹

تلفن: ۰۹۱۲۴۸۸۶۴۹۸ - ۸۸۲۸۳۶۹۸ - ۶۶۹۶۸۶۱۴ - ۰۹۱۲۵۰۱۰۰۳

سرشناسه	: کاندلا، تونی، ۱۹۶۹- م. -Candela, Tony, 1969
عنوان و نام پدیدآور	: آموزش گام به گام تبدیل سیستم کاربراتور به انژکتور (EFI) خودروها : ارتقاء سیستم سوخت رسانی و سیم کشی موتور / مؤلف تونی کندلا ؛ مترجم علیرضا صالحین ؛ ویراستار بهزاد نادرخانی.
مشخصات نشر	: تهران: علمی صالحین، ۱۴۰۴.
مشخصات ظاهری	: ۲۲۸ ص.: مصور (بخشی رنگی)، جدول، نمودار (بخشی رنگی).
شابک	: 978-622-89553-8-4
وضعیت فهرست نویسی	: فیبا
یادداشت	: عنوان اصلی: [2014]. EFI conversions,
عنوان دیگر	: ارتقاء سیستم سوخت رسانی و سیم کشی موتور.
موضوع	: وسایل نقلیه موتوری -- موتورها -- سوخت پاش های الکترونیکی Motor vehicles -- Motors -- Electronic fuel injection systems وسایل نقلیه موتوری -- موتورها -- نگهداری و تعمیر Motor vehicles -- Motors -- Maintenance and repair
شناسه افزوده	: صالحین، علیرضا، ۱۳۶۵ - ، مترجم
رده بندی کنگره	: TL۲۱۴
رده بندی دیویی	: ۶۲۹/۲۵۳
شماره کتابشناسی ملی	: ۱۰۴۱۴۸۶۸
اطلاعات رکورد کتابشناسی	: فیبا

ميثاق نامه حقوقی مالکيت فکری و شرايط بهره‌برداري انتشارات علمی صالحين (حق نشر (Copyright) ۱۴۰۴ ©)

ماده ۱: تعاریف و دامنه شمول اثر

۱-۱. تعريف اثر: اين اثر شامل، اما نه محدود به، کليه متون، نگاره‌ها، تصاویر، نمودارها، جداول، داده‌نماها (اینفوگرافیک)، طرح جلد، صفحه‌آرایی (Layout)، تایپوگرافی، کدهای منبع (در نسخه‌های دیجیتال)، فراداده‌ها (Metadata) و ساختار سازماندهی محتوا می‌باشد.

۱-۲. دامنه حقوق: کليه حقوق مادی (Economic Rights) ناشی از پدیدآوردن این اثر، شامل حق تکثیر، نشر، پخش، عرضه، اجرا، ترجمه، اقتباس و بهره‌برداری در هر فرمت (چاپی، صوتی، تصویری، الکترونیکی) و در هر بستر (فیزیکی، سایبری، متاورس) که اکنون موجود است یا در آینده ابداع گردد، به موجب قراردادهای معتبر قانونی، به صورت انحصاری، مطلق و غیرقابل رجوع به «انتشارات علمی صالحین (که از این پس «ناشر» نامیده می‌شود) تعلق دارد.

۱-۳. حقوق معنوی: حقوق معنوی اثر، طبق ماده ۴ «قانون حمایت حقوق مؤلفان، مصنفان و هنرمندان مصوب ۱۳۴۸»، برای پدیدآورندگان محفوظ است؛ لکن حق انحصاری صیانت از این حقوق و پیگرد قانونی هرگونه تحریف، تغییر یا آسیب به تمامیت اثر، به ناشر تفویض گردیده است.

ماده ۲: ماهیت حقوقی تملک و بهره‌برداری

۲-۱. تفکیک مالکیت (در نسخ چاپی): خرید نسخه فیزیکی این اثر، صرفاً موجب انتقال مالکیت بر «عین کالا» (صفحات و جلد) مطابق با عقد بیع در قانون مدنی می‌گردد. این خرید، هیچ‌گونه حقی نسبت به مالکیت محتوا، حق تکثیر، یا بهره‌برداری تجاری از آن برای خریدار ایجاد نمی‌نماید. قاعده «استفاده منصفانه» یا «مالکیت نسخه» مجوزی برای اسکن، فتوکپی یا تبدیل نسخه فیزیکی به دیجیتال نیست.

۲-۲. پروانه بهره‌برداری (در نسخ دیجیتال): دریافت، دانلود یا دسترسی به نسخه الکترونیکی این اثر، به منزله «بیع» نیست؛ بلکه اعطای یک «پروانه بهره‌برداری» (License Agreement) با ویژگی‌های زیر است:

الف) شخصی: فقط مختص شخصی است که هزینه را پرداخت کرده یا حساب کاربری به نام اوست.

ب) محدود: محدود به مطالعه و استفاده متعارف.

ج) غیرانحصاری و غیرقابل انتقال: کاربر حق فروش، اجاره، هدیه و اعطای لایسنس یا اشتراک‌گذاری حساب کاربری خود با اشخاص ثالث را ندارد.

ماده ۳: ممنوعیت‌های صریح و نقض کی‌رایت

هرگونه فعل یا ترک فعلی که منجر به نقض حقوق انحصاری ناشر گردد، مستند به مواد ۲۳، ۲۴ و ۲۵ «قانون حمایت حقوق مؤلفان» و مواد ۶۱، ۷۴ و ۷۵ «قانون تجارت الکترونیکی»، جرم تلقی شده و علاوه بر جبران کامل خسارات وارده (اعم از مادی و معنوی و افت منافع)، موجب پیگرد کیفری (حبس و جزای نقدی) خواهد بود. مصادیق نقض شامل موارد زیر است (حصري نیست):

۳-۱. بازتولید غیرمجاز: هرگونه عکس‌برداری، اسکن، فتوکپی، ضبط صوتی (روخوانی متن)، بازنویسی دستی یا تایپی و ذخیره‌سازی در پایگاه‌های داده.

۳-۲. توزیع شبکه: بارگذاری (Upload) اثر در وب‌سایت‌ها، فضای ابری (Cloud)، شبکه‌های اجتماعی (تلگرام، اینستاگرام و...)، سامانه‌های اشتراک فایل (Torrent/P2P) و اینترنت‌های سازمانی.

۳-۳. آثار اشتقاقی و تبدیلی: هرگونه ترجمه، تلخیص، خلاصه‌نویسی، تبدیل به نمایشنامه، فیلم‌نامه، محتوای آموزشی ویدیویی، یا تولید آثار جدید بر پایه این اثر بدون مجوز کتبی ناشر.

۳-۴. بهره‌برداری تجاری ثانویه: فروش مجدد نسخه‌های دیجیتال، اجاره دادن نسخه‌های چاپی در مقیاس تجاری (غیر از کتابخانه‌های عمومی دارای مجوز)، یا استفاده از اثر در بسته‌های آموزشی انتفاعی.

ماده ۴: هوش مصنوعی، داده‌کاوی و فناوری‌های نوین

با توجه به پیشرفت فناوری، موارد زیر صراحتاً ممنوع اعلام می‌گردد و نقض آن به منزله سرقت محتوای علمی/ادبی تلقی می‌شود:

۴-۱. داده‌کاوی (Text & Data Mining): هرگونه استخراج ماشینی متن، تحلیل خودکار داده‌ها، خزش (Crawling) و اسکرپینگ (Scraping) محتوای اثر.

۴-۲. تغذیه هوش مصنوعی: استفاده از تمام یا بخشی از این اثر به‌عنوان «داده ورودی» (Input Data)، «داده آموزشی» (Training Set) یا جهت «تنظیم دقیق» (Fine-tuning) هرگونه سامانه هوش مصنوعی، مدل‌های زبانی بزرگ (LLMs)، هوش مصنوعی مولد (Generative AI) و الگوریتم‌های یادگیری ماشین.

ماده ۵: استثنائات قانونی

صرفاً استفاده‌هایی که مشمول ماده ۷ «قانون حمایت حقوق مؤلفان» باشد مجاز است:

نقل قول مستقیم یا غیرمستقیم از بخش‌های مختصر اثر، منحصراً برای اهداف نقد، تحلیل، آموزش و پژوهش علمی.

شرط الزامی: در تمامی موارد فوق، ذکر کامل منبع (عنوان اثر، نام مؤلف، نام ناشر) الزامی است. عدم ذکر منبع، حتی در استفاده جزئی، سرقت علمی (Plagiarism) محسوب می‌شود.

ماده ۶: تدابیر فنی حفاظتی (DRM) و مهندسی معکوس

در صورتی که اثر (فیزیکی یا دیجیتال) حاوی قفل‌های نرم‌افزاری و اثرمارک (Watermark)، هولوگرام یا هرگونه تدابیر حفاظتی فنی باشد: هرگونه اقدام جهت خنثی‌سازی، شکستن قفل، کرک کردن (Crack)، مهندسی معکوس، دی‌کمپایل (Decompile) یا دور زدن این تدابیر، طبق مواد ۷۱ تا ۷۳ قانون تجارت الکترونیکی و مواد ۲۵ تا ۲۷ قانون جرایم رایانه‌ای، جرم مستقل محسوب شده و مستوجب مجازات حبس و جریمه سنگین است.

ماده ۷: سلب مسئولیت (Disclaimer) و حدود ضمانت

۷-۱. ماهیت محتوا: ناشر و پدیدآورندگان نهایت تلاش خود را برای صحت و دقت محتوا به کار بسته‌اند، اما هیچ‌گونه ضمانتی (صریح یا ضمنی) مبنی بر بی‌عیب بودن، به‌روز بودن، یا تناسب محتوا برای یک هدف خاص (Fitness for a Particular Purpose) ارائه نمی‌دهند.

۷-۲. محدودیت مسئولیت: مسئولیت هرگونه استفاده از اطلاعات، دستورالعمل‌ها یا داده‌های موجود در این اثر و عواقب ناشی از آن (اعم از خسارات مستقیم، غیرمستقیم، تبعی، جانی یا مالی) تماماً بر عهده کاربر است. سقف مسئولیت مالی ناشر در برابر کاربر در هر شرایطی، محدود به «مبلغ پرداختی برای خرید اثر» خواهد بود.

ماده ۸: حل اختلاف و قانون حاکم

این توافق‌نامه تابع قوانین و مقررات جمهوری اسلامی ایران است. در صورت بروز هرگونه اختلاف، ناشر حق دارد حسب صلاحدید خود، موضوع را از طریق مراجع قضایی صالح در شهر تهران (یا محل اقامتگاه قانونی ناشر) یا از طریق داوری پیگیری نماید. کاربر با تهیه این اثر، صلاحیت محلی دادگاه‌های تهران را پذیرفته و حق اعتراض به صلاحیت را از خود سلب می‌نماید.

ماده ۹: ضمانت اجرا و جبران خسارت

کاربر متعهد می‌گردد در صورت نقض هر یک از مفاد این توافق‌نامه، کلیه خسارات وارده به ناشر (شامل زیان‌های مالی، از دست رفتن سود، لطمه به شهرت تجاری) و تمامی هزینه‌های دادرسی و حق‌الوکاله وکیل انتخابی ناشر را بدون هیچ‌گونه قید و شرطی جبران نماید.

فهرست مطالب

درباره نویسنده	
آشنایی با مترجم	
مقدمه مترجم	
مقدمه نویسنده	
فصل ۱: سیستم پاشش سوخت الکترونیکی (EFI)	
فصل ۲: انتخاب سیستم مناسب	
فصل ۳: مبانی تنظیم (Tuning) سیستم EFI	
فصل ۴: نصب سیستم Holley HP EFI	
فصل ۵: نصب سیستم MSD Atomic	
فصل ۶: نصب سیستم Holley Dominator	
فصل ۷: تنظیم دقیق (Fine-Tuning) سیستم Holley Dominator	
منابع	

درباره نویسنده



تونی کاندلا (Tony Candela) به مدت ۳۰ سال در صنعت الکترونیک افترمارکت خودرو فعالیت داشته و در زمینه‌های نصب، فروش، مدیریت، نمایندگی فروش تولیدکننده و مدیریت فروش منطقه‌ای، سمت‌هایی را عهده‌دار بوده است. در طول دوره فعالیت حرفه‌ای خود، او برای دو تولیدکننده مختلف تجهیزات الکترونیکی افترمارکت — شرکت‌های کلیفورد الکترونیکس (Clifford Electronics) و راکفورد فازگیت (Rockford Fosgate) — کار کرده است.

در فوریه ۲۰۰۹، او شرکت خود را با نام **Marketing & Candela Sales** تأسیس کرد که در زمینه‌های خودرو و برق تخصص داشت. در آوریل همان سال، اولین کتاب او با عنوان **Automotive Wiring and Electrical Systems** (سیستم‌های سیم‌کشی و برق خودرو) توسط انتشارات **CarTech** منتشر شد. در سال ۲۰۱۱، تونی شرکت **CE Auto Electric Supply** را که تأمین‌کننده قطعات برقی خودرو است، تأسیس کرد و در سال ۲۰۱۴، کتاب **EFI Conversions: How to Swap Your Carb for Electronic Fuel Injection** (تبدیل به EFI: چگونه کاربراتور خود را با سیستم پاشش سوخت الکترونیکی تعویض کنیم) را نیز برای **CarTech** به رشته تحریر درآورد.

تونی صدها سمینار در موضوعات نصب، کاربردها، سیم‌کشی و مبانی الکترونیک خودرو برگزار و مطالب آن‌ها را تألیف کرده است. او به صورت روزمره از مهارت‌هایی که در کتاب «سیم‌کشی و سیستم‌های الکتریکی خودرو» تشریح شده، استفاده می‌کند.

برخی دیگر از کتب وی عبارتند از:

Automotive Wiring and Electrical Systems 2 Vols

که دو جلد توسط همین مترجم در همین انتشارات ترجمه و چاپ گردیده است.

Automotive Electrical Performance Projects

آشنایی با مترجم



مهندس علیرضا صالحین (مدیر علمی نشر دانشگاهی فرهنگد بیش از یک دهه و مدیر انتشارات علمی صالحین)

مهندس علیرضا صالحین، چهره‌ای برجسته و چندرشته‌ای در عرصه مهندسی و نشر علمی کشور است که از سال ۱۳۹۲ مدیریت علمی نشر دانشگاهی فرهنگد را بر عهده دارد. وی با تلفیق کم‌نظیری از دانش آکادمیک در مهندسی عمران و معماری، تخصص فنی در فناوری اطلاعات و مهارت‌های عملی عمیق در مکانیک و الکترونیک خودرو، جایگاهی منحصر به فرد به عنوان یک متخصص میان‌رشته‌ای و پیشگام در تولید محتوای فنی روزآمد به دست آورده است. انتشارات علمی صالحین توسط ایشان در سال ۱۴۰۴ تاسیس گردید.

ایشان با بیش از دو دهه تجربه اجرایی در پروژه‌های عمرانی و بیش از یک دهه مدیریت علمی، همواره به عنوان یک تحلیلگر و منتقد فعال در صنایع ساخت‌وساز و خودرو شناخته شده‌اند. رویکرد ایشان مبتنی بر پر کردن خلاء میان دانش تئوریک و نیازهای عملی صنعت است؛ امری که در کارنامه درخشان ایشان شامل تألیف، ترجمه، گردآوری و ویراستاری تخصصی بیش از ۷۰ عنوان کتاب در حجمی بالغ بر ۲۳,۰۰۰ صفحه به‌خوبی نمایان است. این آثار، که بسیاری از آن‌ها به موضوعات پیچیده و فناورانه روز دنیا می‌پردازند، گواهی بر تعهد وی به ارتقای دانش فنی جامعه مهندسی ایران است.

تسلط ایشان بر زبان تخصصی و مهارت‌های عملی متعدد، از جوشکاری و بازرسی‌های غیرمخرب تا تعمیرات پیشرفته الکترونیکی و مکانیکی، به وی این امکان را داده است که پیچیده‌ترین منابع بین‌المللی را برای مخاطب فارسی‌زبان دسترس‌پذیر و کاربردی سازد.

تحصیلات و برخی گواهینامه‌های تخصصی:

- مهندس عمران
 - تحصیل در رشته مهندسی معماری و معماری داخلی
 - مهندسی شبکه میکروسافت (MCSE – MCITP)
 - بازرس جوشکاری (CWI) و گواهینامه‌های تست‌های غیرمخرب (VT, MT, PT, RTi, UT)
 - دوره‌های متعدد تخصصی مکانیکی، برق و الکترونیک و تعمیرات خودرویی (بیش از ۴۰ دوره)
- تعهد ایشان به دانش عملی در حوزه خودرو، در طی دوره‌های تخصصی متعددی که گذرانده‌اند، متبلور شده است. این آموزش‌ها طیف وسیعی از مباحث را پوشش می‌دهد: از مبانی برق و الکترونیک، سیستم‌های سوخت‌رسانی و پارامترخوانی گرفته تا مباحث پیشرفته‌ای چون شبکه‌های مالتی‌پلکس، تعمیرات تخصصی ECU و نودهای کنترلی، ریمپ حرفه‌ای، اورهال موتورهای مدرن و تعمیرات گیربکس‌های اتوماتیک.
- سایر کتب منتشر شده تالیف/ترجمه، گردآوری و ویراستاری توسط مهندس صالحین در زمینه خودرو عبارتند از (منتشر شده در نشر فرهنگ و نشر علمی صالحین):
- تکنولوژی خودروهای الکتریکی و مقایسه جامع برای انتخاب و خرید اتومبیل‌های برقی – ویرایش دوم (انتشارات SAE) تمام رنگی، نشر دانشگاهی فرهنگ، مترجمان: مهندس علیرضا صالحین و مهندس امیر زینی
 - خودروهای الکتریکی و هیبریدی – ویرایش سوم، چاپ تمام رنگی، ۲۰۲۴ (انتشارات IMI)، مترجمان: مهندس علیرضا صالحین و مهندس امیر زینی
 - راهنمای کاربردی تبدیل خودروهای بنزینی به الکتریکی (برقی) (به همراه پروژه‌های عملی و نکات فنی)، دو جلد، چاپ تمام رنگی، مولفین: مهندس علیرضا صالحین و مهندس امیر زینی
 - تست داینو و تیونینگ، راهنمای آزمون‌های دینامومتر برای ارزیابی و ارتقاء عملکرد خودروها شامل تست‌های دینامومتر موتور و شاسی، مناسب تیونرها، مکانیک‌ها و علاقه‌مندان به صنعت خودرو، نشر دانشگاهی فرهنگ، مترجمان: مهندس امیر زینی و مهندس علیرضا صالحین
 - آموزش کاربردی مسابقات دریفت، دریفت اصولی به همراه قوانین مسابقات اتومبیل رانی، تقویت تخصصی خودرو برای دریفت، تالیف: علیرضا محسنی فخر ویراستار: مهندس علیرضا صالحین
 - آموزش کاربردی مسابقات درگ، اصول علمی و فنی به همراه قوانین مسابقات اتومبیل رانی، تالیف: علیرضا محسنی فخر ویراستار: مهندس علیرضا صالحین
 - فرهنگ تخصصی مکانیک و برق خودرو، تالیف: مهندس امیر زینی ویراستار: مهندس علیرضا صالحین
 - مجموعه دو جلدی سیم کشی خودرو و سیستم‌های برقی اتومبیل، مترجم: مهندس علیرضا صالحین (تمام رنگی)
 - تراشکاری و ماشین کاری موتور برای مکانیک‌ها، راهنمای کف‌تراشی، هونینگ، بالانس و مونتاژ دقیق بلوک مترجم: مهندس علیرضا صالحین (تمام رنگی)
 - هنر بهینه‌سازی موتور، از بازرسی بلوک تا مونتاژ نهایی برای دستیابی به عملکرد و پایداری، مترجم: مهندس علیرضا صالحین (تمام رنگی)
 - طراحی و ساخت سیستم اگزوز تقویتی خودرو، راهنمای تخصصی ساخت هدرز، خم‌کاری لوله و تیونینگ، مترجم: مهندس علیرضا صالحین (تمام رنگی)

مقدمه مترجم

در زمینه تبدیل خودروهای کاربراتور و نیمه انژکتور به تمام انژکتور و استفاده از سیستم پاشش سوخت تربیی و تنظیمات آن در دنیا به ندرت کتاب وجود دارد و منابعی در این زمینه نیست. این کتاب را پس از حدود چندین سال تحقیق و مطالعه، همچنین ترجمه بیش از ۱۵ جلد کتاب تخصصی در زمینه خودرو ترجمه کرده ام، چرا که وجود آن برای ارجاع به یک منبع مورد نیاز مکانیک ها و علاقه مندان به پروژه های EFI یا انژکتوری سازی لازم و حیاتی بوده است.

در این زمینه حتی اگر در Amazon یا سایت های معتبر کتاب فروشی دیگر هم سرچ کنید همین یک کتاب برایتان بالا می آید که تایتل آن دقیقاً همین موضوع را کاور کرده باشد. این کتاب، یک منبع منحصر به فرد و مفصل در زمینه تبدیل سیستم های احتراق دستی (کاربراتور) به سیستم های تزریق سوخت الکترونیکی (EFI) است. با توجه به تاریخ انتشار (۲۰۱۴) و فقدان منابع جدیدتر، این کتاب تنها مرجع موجود برای این نوع تبدیل در سطح جهان به شمار می رود. استفاده از سیستم های EFI در سرتاسر دنیا و به خصوص برای کاهش مصرف سوخت، بهبود رانندگی کارکرد موتور، تنظیمات بهتر موتور و آلایندگی های آن، اخذ معاینه فنی و پاس کردن استانداردهای الزامی، بسیار مرسوم می باشد و اینکار در ایران نیز به طرق مختلف انجام می پذیرد. شما برای اینکار میتوانید از دو روش عمومی استفاده نمایید، روش اول استفاده از کیت های و ECU های افترماکتی است که خود دو بخش می گردد، ECU و کیت های یونروسال که عمومی هستند، به تمام خودروها میخورند و قابل نصب و راه اندازی هستند و ادوات آن در یک بسته به همراه دسته سیم و سنسورها و ... به شما داده می شود. دسته بعدی ECU های افترماکتی است که می توانید برای یک خودروی خاص مثلاً تجهیزات کاستومی که برای شورلت یا فورد یا مثلاً ماشین های دیگر که بیشتر علاقه مندان خود را برای تیونینگ حرفه ای دارند، تهیه نمایید، این بخش از همه بیشتر در این کتاب به آن پرداخته شده است.

در سمت دیگر ماجرا، تیون کردن و یا خوراندن ECU و سنسور و دسته سیم به یک خودرو توسط یک ECU دیگر است که از روی خودرو کارخانه ای (نه تجهیزات افترماکتی) باز شده اند، مثلاً شما ECU زمینس یا بوش موجود برای پراید یا پژو ۴۰۵ را با تغییراتی به خودرویی دیگر مثلاً پژو ۲۰۰۰ یا خانواده اوپل های قدیمی یا تویوتا های قدیمی بخوانید و روی آنها نصب فرمایید، که البته اینکار ارزان تر تمام شده، نیاز به تخصص و تجربه بالاتری داشته و زمانبر تر می باشد. این روش هم به لطف متخصصان داخلی در زمینه سیم کشی و برق و الکترونیک خودرو که می توانند جدول دامپ ECU و تنظیمات آنها را تغییرات تخصصی بدهند برای خودروهای موجود قدیمی یا ارتقاء خودروها دیگر در ایران انجام می پذیرد و به آن معمولاً خدمات انژکتوری کردن ماشین گفته می شود.

در هر صورت، اولاً هیچ مرجعی تا الآن در ایران وجود نداشته و ثانیاً کسی به شما اطلاعات درست، موثق و کامل در این مورد نمی دهد، بنابراین هر چند ناقص، باید قدر این کتاب را بدانید چراکه تجربیات نویسنده آن بسیار ارزشمند و حائز اهمیت می باشد.

پس از اتمام کار این کتاب در دی ماه سال ۱۴۰۴، اگر زمان بیشتری داشت باشم، مجموعه کاتالوگ های فنی، راهنمای نصب سیستم های مختلف دیگر افترماکتی دیگر مثل Pro3MS, FiTech, ecotron و سایر ECU های استندالون یا STANDALONE را به همراه ECU های افترماکتی ایرانی مانند FORCE و APE را همراه با نقشه های آن در جلد دوم پوشش دهیم. این تیپ پروژه های کارهای سنگینی برای نگارش و بسیار زمانبر می باشد.

نویسنده این کتاب ید طولایی در این زمینه کاری دارد و انواع سیستم های مختلف جرقه، برق رسانی و سوخت سانی را تجربه و نصب کرده و مجموعه اطلاعات ارزشمندی را در اختیار شما قرار می دهد. باید لحن به شدت خودمانی و محاوره ای ایشان را که بنده اصلاً آنرا نپسندیده ام را تحمل نمایید و صرفاً نکات فنی و تجارب عملی ایشان را به کار بگیرید.

باید توجه داشت باشید که این کتاب از بیسیک و مبانی ابتدایی بحث را شروع نکرده و فرض بر آن است که مبانی کارکرد موتور، اجزا مختلف آن، ارتباط آنها با همدیگر، شناخت از سیستم های برق رسانی، سوخت رسانی و کارکرد و لینک آنها با همدیگر، همچنین برق و الکترونیک خودرو و شناخت کافی روی کار با ECU ها را می دانید و به آنها آگاهی کلی دارید. بنابراین پیش از مطالعه این کتاب پیشنهاد می شود منابع عمومی تر و مباحث مکانیک و برق و الکترونیک و نحوه کارکرد خودرو را فرا بگیرید تا بتوانید از اطلاعات نویسنده استفاده نمایید. حقیقتاً در این کتاب زمان و جایی برای توضیح اینکه دنده تریگر چیست یا فلاویل و سنسور های مختلف هر یک چه وظیفه ای دارند و... نداریم. امید است مطالعه این اثر و سایر مجلدات این مجموعه، دریچه ای نو به سوی مکانیکی، برق و الکترونیک و تیونینگ حرفه ای خودرو برای کشور بگشاید.

در ضمن مترجم پیشاپیش بابت خطاهای سهوی از محضر خوانندگان محترم و عزیز کمال عذر خواهی را داشته، حتماً خطاهایی در طول کار مشاهده نمود، بنابراین لطفاً عذرخواهی بنده را پذیرا باشید و به منظور ارتباط با اینجانب یا انعکاس نظرات و پیشنهادات خویش با شماره های ۰۲۱-۸۸۲۸۳۶۹۸ ، ۰۹۱۲۴۸۸۶۴۹۸ یا ایمیل AlirezaSalehin@gmail.com (نشر عملی صالحین) یا [@AlirezaSalehin](https://www.ketabsalehin.ir) در تلگرام ارتباط برقرار نمایید.

وب سایت انتشارات www.ketabsalehin.ir می باشد.

با تشکر

مهندس علیرضا صالحین

زمستان ۱۴۰۴

مقدمه نویسنده

بیا بید رو راست باشیم؛ ایده تغییر سیستم از کاربراتور به پاشش سوخت الکترونیکی (EFI) فوق العاده هیجان انگیز است. در واقع، این یکی از رایج ترین موضوعات مورد بحث میان علاقه مندان در گردهمایی های محلی است. اگر در پنج سال گذشته مجله ای درباره خودرو را ورق زده باشید، بی تردید مقالات متعددی در این زمینه دیده اید؛ تقریباً به اندازه مقالاتی که درباره تبدیل موتورهای LS نوشته شده است. اکثر افرادی که با آن ها صحبت می کنم، سؤالات متعددی دارند که فضای محدود یک مقاله مجله به سادگی نمی تواند به آن ها پاسخ دهد. این کتاب به طور کامل به آن پرسش ها می پردازد. ممکن است برخی از شما مرا به عنوان نویسنده ای بشناسید که کتبی درباره آن موضوع ممنوعه، یعنی سیستم های سیم کشی و برق می نویسد. من دو کتاب با عناوین «سیم کشی و سیستم های الکتریکی خودرو» (ترجمه شده در توسط همین مترجم در دو جلد) و «پروژه های عملکرد الکتریکی خودرو» را به چاپ رسانده ام. گاه به گاه، ممکن است به بخش هایی از آن کتاب ها در جایی که مرتبط باشد، ارجاع دهم. اگر کتب دیگر مرا خوانده باشید، احتمالاً متوجه «غیررسمی بودن و راحتی» لحن من شده اید (تعبیری که یکی از منتقدان به کار برده بود). این کتاب نیز متفاوت نیست و به همان شکل است.

علاوه بر اینکه من «همان آدمی که عاشق سیم کشی است» هستم (عجیب است، نه؟)، آنچه اکثر مردم یک «فوق علاقه مند» (Super-enthusiast) می نامند نیز محسوب می شوم. در فصل ۹ کتاب پروژه های عملکرد الکتریکی خودرو، من فرآیند تبدیل کاربراتور به EFI را روی خودروی هات راد شخصی ام، یک اولدزمبیل کاتلاس هالیدی کوپه مدل ۱۹۷۲ با موتور بلوک بزرگ شورولت مجهز به سوپرشارژر ۶-۷۱ (هوادران اولدزمبیل ببخشید!) نشان داده ام. آن تبدیل به پروژه ای فوق العاده ساده تبدیل شد و من دیگر هرگز به کاربراتور بازنگشتم. از قضا، آن پروژه الهام بخش نگارش این کتاب شد.

مدت کوتاهی پس از انتشار کتاب پروژه های عملکرد الکتریکی خودرو، در یک گردهمایی محلی با دوستان ماشین بازم بودم. روی صندلی های تاشو نشسته بودیم و مفصل درباره تبدیلات EFI، از جمله خودروی اولدزمبیل من، بحث می کردیم. دریافتیم که در مورد این موضوع چیزهای زیادی برای یادگیری و بحث وجود دارد. یک چیز قطعی بود: همه آن ها می خواستند تا حد امکان اطلاعات کسب کنند، زیرا همگی این ارتقاء را برای خودروهای خودشان در نظر داشتند. چند ماه گذشت و سردبیرم تماس گرفت. من و او مکالمه ای تقریباً مشابه داشتیم و بقیه ماجرا را هم که می دانید.



تصویر ۱ سیستم Holley Terminator EFI.

توضیحات: در زمان نگارش این کتاب (سال ۲۰۱۴)، سیستم Holley Terminator EFI یکی از جدیدترین محصولات موجود در بازار است. دریچه گاز ۹۵۰ فوت مکعب بر دقیقه (cfm) به جای هر کاربراتور طرح ۴۱۵۰ پیچ

می‌شود و ناحیه ورودی هوای آن همان طرحی است که در سری جام اسپرینت ناسکار (NASCAR Sprint Cup) استفاده می‌شود. کیت شامل دریچه گاز، ECU، دسته سیم و کنترل کننده دستی است.

کتابی با این ماهیت، با سخت افزارهای بسیار پیشرفته سروکار دارد که معمولاً با ایجاد بهبودها یا معرفی فناوری‌های جدید توسط سازنده، با جدیدترین و بهترین نسخه‌ها جایگزین یا به‌روز می‌شوند. بازار لوازم یدکی (Aftermarket) در چند سال گذشته راه زیادی را پیموده است و به نظر می‌رسد پیشرفت‌ها در محصولات ارائه شده امروزه با سرعتی سرسام‌آور رخ می‌دهند. با این حال، اطمینان دارم که آنچه در اینجا می‌آموزید تا حدودی جهانی است و به طور کلی، برای تقریباً هر تبدیلی از محصولات هر سازنده‌ای کاربرد دارد.

از آنجا که این کتاب را در دست دارید، فرض می‌کنم که این تبدیل (Conversion) را برای وسیله نقلیه خود در نظر گرفته‌اید. هیچ چیز مرا خوشحال‌تر از این نمی‌کند که بدانم پس از خواندن این کتاب، اقدام به انجام آن کرده‌اید. و می‌دانید چیست؟ این کار واقعاً آسان است!

فصل ۱: سیستم پاشش سوخت الکترونیکی (EFI)

بیا باید همان ابتدا به مسائل ساده پردازیم. وظیفه کاربراتور یا انژکتور، چه مکانیکی باشد و چه الکتریکی، در واقع ساده است و آن عبارت است از اندازه گیری و تحویل مقدار صحیح سوخت بر اساس مقدار هوایی که به موتور وارد می شود. (به زودی به موضوع حجم در مقابل جرم خواهیم پرداخت). موارد بسیاری را می شناسم که در آن ها یک ترکیب کاربراتوری که به درستی تنظیم شده بود، کمی بیشتر از یک نمونه انژکتوری حداکثر توان را تولید می کرد یا برعکس. بدیهی است که در مسابقات، هدف حداکثر توان است و در برخی کاربردها و ترکیبات، برخی تیونرها (تنظیم کنندگان) ممکن است کاربراتور را به EFI ترجیح دهند. اگر خودروی خود را در خیابان می رانید، EFI عملکرد کلی و قابلیت رانندگی (Drivability) بهتری نسبت به کاربراتورها ارائه می دهد.

اکثر ما صاحب یک وسیله نقلیه مدرن با سیستم EFI هستیم. اگر هم نداشته باشید، مطمئناً با یکی از آن ها رانندگی کرده اید. برای یک لحظه اسب بخار را فراموش کنید و ویژگی های زیر را در چنین خودرویی در نظر بگیرید:

- بدون توجه به دما، فوراً روشن می شود.
 - پس از روشن شدن، روشن می ماند (خاموش نمی شود).
 - پیش و پس از رسیدن به دمای عملیاتی، به نرمی در دور آرام کار می کند.
 - پاسخ دریاچه گاز فوری است و با فشردن پدال گاز هیچ مکث یا واماندگی (Bog) ندارد.
 - مصرف سوخت را بهینه می کند.
 - به هیچ ورودی یا دخالتی از سوی اپراتور (راننده) نیاز ندارد.
- بیا باید صادق باشیم: هات راد یا خودروی کلاسیک شما در حال حاضر چند مورد از این ویژگی ها را داراست؟ با EFI، می توانید از همه آن ها لذت ببرید.



تصویر ۱.۱ دریاچه گاز ۱۰۰۰ سی افام (cfm) Holley.

توضیحات: این دریاچه گاز ۱۰۰۰ سی افام از Holley (شماره فنی ۱۱۲-۵۷۷) دارای فلنج طرح ۴۱۵۰ است و به جای هر کاربراتور طرح ۴۱۵۰ نصب می شود. طراحی بیلِت (Billet) ماشین کاری شده با CNC آن، جریان هوا را به حداکثر رسانده و تلاطم هوا را به حداقل می رساند. یک دریاچه گاز، مانند این نمونه، بخش جدایی ناپذیر هر سیستم پاشش سوخت چند نقطه ای (MPFI) است. (عکس با اجازه از محصولات پرفورمنس Holley).

کیفیت هوا

پیش از صحبت درباره جزئیات EFI، شناخت نقش کیفیت هوا حائز اهمیت است. با تغییر آب‌وهوا، کیفیت هوا نیز تغییر می‌کند. در اینجا برخی از عواملی که باید در نظر گرفته شوند آورده شده است:

- هنگامی که فشار بارومتریک (فشار جو) افزایش می‌یابد، هوا منقبض شده و جرم آن افزایش می‌یابد.
- هنگامی که فشار بارومتریک کاهش می‌یابد، هوا منبسط شده و جرم آن کاهش می‌یابد.
- هنگامی که دمای هوا افزایش می‌یابد، هوا منبسط شده و جرم آن کاهش می‌یابد.
- هنگامی که دمای هوا کاهش می‌یابد، هوا منقبض شده و جرم آن افزایش می‌یابد.
- با افزایش رطوبت، رطوبت اضافی موجود در هوا جایگزین اکسیژن می‌شود.

با بهبود کیفیت هوا، امکان تولید اسب بخار اضافی با هر نوع موتور احتراق داخلی وجود دارد. دقیقاً به همین دلیل است که خودروی شما در یک شب خنک بهاری بهتر از یک روز داغ تابستانی کار می‌کند.

هنگامی که در ارتفاعات رانندگی می‌کنید، فشار بارومتریک کاهش می‌یابد. با اینکه ممکن است حجم هوای ورودی به موتور در یک سرعت یا دور موتور (RPM) مشخص ثابت باشد، جرم آن کاهش می‌یابد، زیرا حاوی اکسیژن کمتری است. هر سیستم اندازه‌گیری سوخت (چه کاربراتوری و چه انژکتوری) محدود به متغیراتی کیفیت هوا و ارتفاع است. بسته به محل زندگی شما، یک یا هر دوی این متغیرات دائماً در حال تغییر هستند.

همان‌طور که به وضوح مشخص است، فشار بارومتریک بالا در یک شب خنک با رطوبت کم در سطح دریا، دستورالعمل هوای خوب است. بسیاری از علاقه‌مندان با این موضوع هماهنگ هستند و در نتیجه، موتورهای آن‌ها نیز تنظیم (Tune) است. اما اگر شما از آن دسته افراد نباشید چه؟ شاید ترجیح می‌دهید رانندگی کنید و لذت ببرید تا اینکه دائماً با موتور کلنجار بروید؟ در این صورت EFI دقیقاً برای شماست.

محدودیت‌های کاربراتور

بیشتر کسانی که از کاربراتور استفاده می‌کنند، مدت‌هاست آن را روی خودرو دارند یا مدتی پیش آن را خریداری کرده‌اند. زمانی که کاربراتور نصب شد، خودشان آن را کالیبره کردند یا به یک متخصص پول دادند تا برایشان کالیبره کند. پس از انجام آن کار، دیگر دست به آن نزدند و برای شرایط متغیر تنظیمی انجام ندادند. همچنین به نظر می‌رسد اکثر آن‌ها از عملکرد ترکیب خود تا حدودی راضی هستند، اما به این واقعیت فکر نکرده‌اند که نیازهای سوخت دائماً با کیفیت هوا، ارتفاع، فشار بارومتریک و غیره در حال تغییر است. حتی اگر همان حجم هوا در یک دور موتور مشخص به موتور وارد شود، بسته به شرایط ممکن است حاوی اکسیژن بیشتر یا کمتری باشد.



تصویر ۱.۲۰ گیج خلأ دستی.

توضیحات: یک گیج خلأ دستی مانند این نمونه، ابزاری عالی برای باکس ابزار شماست. این ابزار به شما امکان می‌دهد تا پیچ‌های تنظیم مخلوط دور آرام کاربراتور خود را در همان بار اول به سرعت و دقت تنظیم نمایید. این گیج همچنین قابلیت اندازه‌گیری فشار را دارد که برای تنظیم فشار سوخت کاربردی است. چنین گیج‌هایی به راحتی در هر فروشگاه قطعات یدکی خودرو قابل تهیه هستند.

از سوی دیگر، افراد سرسخت از این موضوع بهره می‌برند و کاربراتور(های) خود را مرتباً دستکاری می‌کنند تا عملکرد را به حداکثر برسانند. تعویض ژینگلور شورولت ۱۹۵۵ در فیلم *Two Lane Blacktop* کنار جاده را به یاد دارید؟ این نمونه‌ای از همین موضوع است.

اگرچه خودم را متخصص کاربراتور نمی‌دانم، اما زمانی که اولدزمبیل من کاربراتوری بود، آن را تنظیم نگه می‌داشتم و به همان شکل بسیار خوب کار می‌کرد. آن قدر خوب کار می‌کرد که دوستان زیادی به من گفتند برای تبدیل آن به EFI دیوانه‌ام. یکی از آن‌ها بعد از تبدیل به من گفت: «نمی‌دانم چرا آن قطعات را نگه داشته‌ای. یک ماه دیگر همه آن‌ها برای فروش گذاشته می‌شوند.» او به جفت کاربراتورها و قطعات قدیمی سیستم جرعه اشاره می‌کرد که قصد داشتم برای روز مبادا نگه دارم. پسر، او چقدر درست می‌گفت؛ فکر می‌کنم قبل از تمام شدن ماه آن قطعات را فروختم.

من نکات و ترفندهای تنظیم بسیاری را برای کاربراتورها با مطالعه دفترچه راهنمای ارائه‌شده همراه کاربراتور و تمرین با چند ابزار ساده یاد گرفتم. همچنین کتب متعددی درباره تنظیم کاربراتور دارم که اغلب به آن‌ها مراجعه می‌کنم و چند دوست که آن‌ها را متخصص می‌دانم و همیشه قادرند توصیه‌های عملی و کارآمد ارائه دهند. این قطعاً موضوعی است که هرگز نمی‌توانید در مورد آن بیش از حد بدانید (همیشه جای یادگیری دارد).

خبره شدن در تنظیم کاربراتورها واقعاً یک علم است. نه تنها باید درک کنید که هر یک از مدارهای مجزا چگونه کار می‌کنند، بلکه باید بفهمید که آن‌ها چگونه با هم کار می‌کنند، زیرا عملکرد اکثر مدارها همپوشانی دارد. ماهرترین تیونرهای کاربراتور که می‌شناسم، هر بار همان دو کار را انجام می‌دهند:

آن‌ها اندازه و نوع صحیح کاربراتور(ها) را انتخاب می‌کنند: ثانویه مکانیکی یا خلأ. این تابعی از متغیراتی بسیاری است، از جمله (اما نه محدود به) حجم موتور، دور موتور، پروفایل میل سوپاپ، قابلیت جریان هوای سرسپیندر، نوع گیربکس و دور استال (Stall Speed) مبدل گشتاور و آن‌ها هر یک از مدارها را به طور مستقل دستکاری می‌کنند و سپس مدارها را به عنوان یک کل برای بهترین سازگارسازی (Compromise) بین عملکرد در دریچه گاز کاملاً باز (WOT) و قابلیت رانندگی (Drivability) تنظیم می‌کنند. در حالت ایده‌آل، گذار بین مدارها باید یکپارچه و نامحسوس باشد.

من به تازگی عبارت بسیار مهمی را وارد معادله کردم. آن عبارت «قابلیت رانندگی» است و هنگام بحث درباره EFI آن را زیاد می‌شنوید. قابلیت رانندگی به نرمی عملکرد هنگام استفاده از دریچه گاز (شتاب‌گیری و کاهش سرعت) از دور آرام تا دریچه گاز باز و توقف و همه چیز در این میان اشاره دارد.

سازگارسازی بخش مهمی از این معادله است. به خاطر داشته باشید که اگر تمام بعدازظهر شنبه را صرف تنظیم کاربراتور خود برای حداکثر عملکرد کنید، تنظیمات شما اواخر همان شب که دما ۲۰ درجه کاهش می‌یابد و در نتیجه هوا متراکم‌تر می‌شود، کمی به هم می‌ریزد. خب، چه می‌شد اگر مجبور به سازگارسازی نبودید؟ چه می‌شد اگر می‌توانستید ترکیب خود را یک بار تنظیم نمایید و فراموشش کنید؟ با EFI، مجبور به سازگارسازی نیستید و واقعاً می‌توانید فقط یک بار آن را تنظیم نمایید. دقیقاً به همین دلیل است که شرکت‌های خودروسازی (OEMs) به سمت EFI حرکت کردند. خوشبختانه، تمام آنچه ممکن است از تنظیم کاربراتورها بدانید، برای انژکتور نیز قابل اجراست.

نسبت هوا به سوخت

صرف نظر از اینکه موتور کاربراتوری باشد یا انژکتوری، نسبت هوای ورودی به موتور در برابر سوخت اندازه‌گیری شده، یک مؤلفه حیاتی است. خیلی ساده، نسبت هوا/سوخت (A/F) یک موتور خاص در یک دور موتور مشخص، به صورت پوند هوا و سوخت بیان می‌شود. برای مثال، $14:1$ به این معنی است که ۱ پوند سوخت به ازای هر ۱۴ پوند هوا اندازه‌گیری می‌شود. نسبت‌های A/F در دور آرام و کروز (سرعت ثابت) رقیق‌تر (Leaner) و زمانی که موتور تحت بار و در حالت درجه گاز کاملاً باز (WOT) است، غنی‌تر (Richer) هستند.

مقایسه کاربراتور با EFI

بر اساس طراحی، کاربراتور سوخت را بر اساس حجم هوای ورودی به موتور اندازه‌گیری می‌کند. سیستم EFI سوخت را بر اساس جرم هوای ورودی به موتور اندازه‌گیری می‌کند. بنابراین، EFI قادر است تغییرات را در اندازه‌گیری سوخت به صورت بلادرنگ (Real-time) بر اساس کیفیت هوای ورودی به موتور اعمال کند. علاوه بر این، EFI این کار را به طور خودکار و بدون هیچ ورودی از طرف شما انجام می‌دهد. اجازه دهید توضیح دهیم.

برای تنظیم یک کاربراتور، شما قطعات را تغییر یا تعویض می‌کنید یا به صورت دستی آن را اصلاح می‌نمایید. این به معنی تعویض ژیکلورها (Jets) یا سوزن‌های اندازه‌گیری (Metering Rods)، منافذ هوا (Air Bleeds)، سوپاپ‌های قدرت (Power Valves)، پمپ‌های شتاب‌دهنده، بادامک‌های پمپ و سایر قطعات است. نصب قطعات صحیح به شما کمک می‌کند تا به نسبت A/F مطلوب در یک دور موتور و بار مشخص دست یابید. اگر از کاربراتور سبک Holley استفاده می‌کنید، ممکن است اصلاحاتی را نیز روی بلوک‌های اندازه‌گیری (Metering Blocks) انجام دهید، مانند دریل کاری کانال‌های محدودکننده سوپاپ قدرت و غیره.

اگر در این مورد جدی هستید، مجموعه‌ای از چنین قطعاتی را به همراه یک دستگاه اندازه‌گیری نسبت A/F پهن‌بند (Wideband) باکیفیت در اختیار دارید که با تعهد بالا از آن برای ارزیابی نتایج هر تغییر استفاده می‌کنید. دوستم بیل، سه تا از آن‌ها دارد (که دوتایشان همیشه فعال هستند) و هنگامیکه با اولدزمیل او گشت می‌زنیم، من همیشه باید یکی را در دامنم داشته باشم و اعداد را بلند بخوانم. کاربراتور او همیشه تنظیم است و زمان زیادی را صرف تنظیم آن می‌کند. او هرگز بدون ایستگاه هواشناسی دستی و مجموعه‌ای از ژیکلورها و منافذ هوا با ماشین بیرون نمی‌رود و از انجام یک تعویض سریع ژیکلور یا منفذ هوا در پارکینگ فروشگاه ابایی ندارد. تا پایان این کتاب، من اولدزمیل بیل را به EFI تبدیل خواهم کرد.



تصویر ۱.۳۰ ردیاب آب‌وهوای جیبی Kestrel.

توضیحات: این دستگاه به شما امکان می‌دهد دما، فشار بارومتریک، ارتفاع، رطوبت نسبی، شاخص تنش گرمایی، نقطه شبنم، چگالی هوا، سرعت باد و تندباد و غیره را ثبت کنید. ابزاری مانند این هنگام ایجاد تغییرات در یک موتور کاربراتوری در پیست درگ ضروری است، زیرا راهنمایی می‌کند که چه تغییراتی باید انجام دهید.

قبل از اینکه دستگاه‌های اندازه‌گیری A/F پهن‌بند (وایدبند) تا این حد مقرون‌به‌صرفه شوند و تنظیم را بسیار آسان‌تر کنند، مالکان مجبور بودند به روش قدیمی (Old-school) تنظیم کنند. آن‌ها خودروهایشان را به پیست درگ می‌بردند تا بتوانند شمع‌ها را بررسی کنند (بررسی رنگ و وضعیت شمع) و مایل بر ساعت (سرعت) را روی برگه‌های زمان‌گیری مقایسه کنند، در حالی که تغییرات آهسته و روشمندی اعمال می‌کردند. شرکت Holley آموزش‌های ویدئویی عالی در کانال یوتیوب خود دارد که چگونه این کار را در خیابان (به صورت قانونی) انجام دهید. در هر حال، شما تغییرات مکانیکی را برای دستیابی به نتایج مطلوب انجام می‌دهید.

با EFI، دقیقاً برعکس است. شما واحد کنترل موتور (ECU) را برای دستیابی به نتایج مطلوب برنامه‌ریزی می‌کنید و این واحد به صورت الکترونیکی و خودکار کار را برای شما انجام می‌دهد. برای مثال، بیایید فرض کنیم نسبت A/F مطلوب شما در حالت WOT برابر با ۱۲.۷:۱ است. با یک کاربراتور سبک Holley، تغییراتی در مدار قدرت و ژیکورها برای دستیابی به این عدد ایجاد می‌کنید. با EFI، شما یک «نقشه هدف A/F» (Target A/F Map) دارید و مقادیر مطلقی را که بر اساس دور موتور و فشار مطلق منیفولد (MAP) می‌خواهید وارد می‌کنید.

به زبان ساده، شما باید کاربراتور را به صورت مکانیکی تغییر یا تنظیم نمایید تا به نتایج مطلوب برسید. با EFI واحد ECU تغییرات را به صورت الکترونیکی انجام می‌دهد، که این تغییرات بر اساس نتایج مطلوبی است که در نقشه هدف A/F ترسیم شده است.

Target Air/Fuel Ratio																
MAP (kPa)	210	11.0	11.0	11.0	11.0	11.0	11.0	11.0	11.0	11.0	11.0	11.0	11.0	11.0	11.0	11.0
	196	11.2	11.2	11.2	11.2	11.2	11.2	11.2	11.2	11.2	11.2	11.2	11.2	11.2	11.2	11.2
	182	11.2	11.2	11.2	11.2	11.2	11.2	11.2	11.2	11.2	11.2	11.2	11.2	11.2	11.2	11.2
	168	11.2	11.2	11.2	11.2	11.2	11.2	11.2	11.2	11.2	11.2	11.2	11.2	11.2	11.2	11.2
	154	11.2	11.2	11.2	11.2	11.2	11.2	11.2	11.2	11.2	11.2	11.2	11.2	11.2	11.2	11.2
	140	12.2	11.8	11.8	11.8	11.8	11.8	11.8	11.8	11.8	11.8	11.8	11.8	11.8	11.8	12.2
	128	12.4	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.4
	112	12.6	12.1	12.1	12.1	12.1	12.1	12.1	12.1	12.1	12.1	12.1	12.1	12.1	12.1	12.6
	98	13.1	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5	13.1
	84	13.3	13.7	13.7	13.7	13.7	13.7	13.7	13.7	13.7	13.7	13.7	13.7	13.7	13.7	13.3
	70	13.5	14.2	14.2	14.2	14.2	14.2	14.2	14.2	14.2	14.2	14.2	14.2	14.2	14.2	13.5
	56	13.8	14.7	14.7	14.7	14.7	14.7	14.7	14.7	14.7	14.7	14.7	14.7	14.7	14.7	13.8
	42	14.0	14.7	14.7	14.7	14.7	14.7	14.7	14.7	14.7	14.7	14.7	14.7	14.7	14.7	14.0
	28	14.2	14.7	14.7	14.7	14.7	14.7	14.7	14.7	14.7	14.7	14.7	14.7	14.7	14.7	14.2
	14	14.5	14.7	14.7	14.7	14.7	14.7	14.7	14.7	14.7	14.7	14.7	14.7	14.7	14.7	14.5
	0	14.7	14.7	14.7	14.7	14.7	14.7	14.7	14.7	14.7	14.7	14.7	14.7	14.7	14.7	14.7
	500	700	900	1200	1600	2000	2500	3000	3500	4000	4500	5000	5500	6000	6500	7000
Engine RPM																

تصویر ۱.۴. جدول نسبت هوا/سوخت هدف.

توضیحات: این جدول نسبت هوا/سوخت هدف از تنظیمات (Tune) اولدزمبیل کاتالاس ۱۹۷۲ من با سوپرشارژر ۶-۷۱ است. در شبکه ۱۶×۱۶، ۲۵۶ سلول جداگانه وجود دارد. این به شما امکان می‌دهد برای قابلیت رانندگی (Drivability) به تنظیمی بسیار دقیق‌تر از دقیق‌ترین کاربراتور تنظیم‌شده دست یابید.

خب، EFI دقیقاً چگونه این کار را انجام می‌دهد؟ این سیستم از بازخورد (فیدبک) سنسور اکسیژن در اگزوز استفاده می‌کند که معمولاً در کالکتور یا پنجه اگزوز (Collector) یک یا هر دو هدرز نصب می‌شود. سنسور اکسیژن بازخورد بلادرنگ

به ECU ارائه می‌دهد که نشان‌دهنده نسبت A/F عملیاتی واقعی موتور است، در حالی که سیستم در حالت مدار بسته (Closed-loop) قرار دارد (برای جزئیات بیشتر فصل ۳ را مشاهده نمایید). بر اساس این بازخورد، اندازه‌گیری سوخت بر مبنای داده‌هایی که «جدول هدف A/F» را پر می‌کنند، انجام می‌شود. برای مثال، بیابید فرض کنیم شما یک نسبت A/F مقرون به صرفه ۱۴.۷:۱ را در حالت دور آرام و کروز می‌خواهید، اما مایلید این نسبت در حداکثر دور موتور به تدریج غنی‌تر شود (تا حداکثر ۱۲.۵:۱). تمام شد. چقدر جالب است؟ و ساده هم هست.

اگر شما از نوع افراد دست‌به‌آچار (Hands-on) هستید و با تنظیم وسیله نقلیه خود به طور کلی آشنایی دارید، احتمالاً بخواهید که جدول هدف A/F را خودتان پر کنید. اگر چندان آشنا نیستید، می‌توانید با نقشه‌ای شروع کنید که برای پیکربندی موتوری مشابه آنچه دارید طراحی شده است (به زودی بیشتر در این باره صحبت خواهیم کرد) و آن را تغییر دهید. بسته به سیستمی که انتخاب می‌کنید و پیکربندی که دارید، همچنین می‌توانید انتخاب کنید که این کار توسط یک تیونر واجد شرایط روی دستگاه شاسی‌داینو (Chassis Dyno) انجام شود، همان‌طور که من برای اولدزمیل خود انجام دادم.

مدیریت موتور

تا اینجا، من فقط درباره اندازه‌گیری سوخت بحث کرده‌ام، عمدتاً به این دلیل که این تنها راهی است که می‌توانم مقایسه‌ای مستقیم بین کاربراتورها و EFI از دیدگاه عملکردی ترسیم کنم. بسیاری از سیستم‌های تبدیل افترمارکت که امروزه در دسترس هستند، می‌توانند بر تایمینگ (زمان‌بندی) جرقه نیز تأثیر بگذارند. سیستم‌هایی که می‌توانند هر دو کار را انجام دهند، به عنوان سیستم‌های دارای «مدیریت موتور» شناخته می‌شوند. قدرت واقعی EFI در اینجا نهفته است و شرکت‌های خودروسازی (OEMs) از دهه ۱۹۸۰ از این قابلیت استفاده می‌کنند.

اگر موتور شما کاربراتوری باشد، تمام تنظیمات تایمینگ جرقه را به صورت دستی انجام می‌دهید تا به نتایج مطلوب برسید. برای به حداکثر رساندن صرفه‌جویی در مصرف سوخت و دستیابی به کمترین دمای آگروز ممکن (که در نتیجه دمای عملکرد موتور را کاهش می‌دهد)، تایمینگ پیشرفته‌تر (آوانس بیشتر) در حالت دریچه گاز نیمه‌باز (Part throttle) نسبت به حالت دریچه گاز کاملاً باز (WOT) مورد نیاز است. با یک دلوک ستنی، این کار به راحتی با استفاده از آوانس خالاً (Vacuum Advance) قابل انجام است.

حال همه می‌دانیم که شما فقط می‌توانید مقدار مشخصی تایمینگ پایه داشته باشید، پیش از آنکه روشن کردن موتور دشوار شود. برای خودروهای خیابانی یا خیابانی/درگ، می‌توانید از هر دو نوع آوانس گریز از مرکز (Centrifugal) و خالاً استفاده نمایید تا به تایمینگ کلی مطلوب برای قابلیت رانندگی و صرفه‌جویی در سوخت و همچنین عملکرد بهینه در WOT دست یابید. در طول دوره‌های رانندگی عادی، تایمینگ کلی تابعی از تایمینگ پایه، آوانس گریز از مرکز و آوانس خالاً است. در حالت WOT، خالاً موتور به صفر می‌رسد (در حالت ایده‌آل)، آوانس خالاً بی‌اثر می‌شود و تایمینگ کلی در آن زمان تابعی از تایمینگ پایه به اضافه آوانس گریز از مرکز است. اگرچه این کار دشوار به نظر می‌رسد، اما واقعاً این‌طور نیست. اکثر سازندگان قطعات جرقه باکیفیت، دستورالعمل‌های دقیقی درباره نحوه تنظیم همه این پارامترها و همچنین نرخ‌های تایمینگ وارد عمل می‌شود، ارائه می‌دهند.

اکنون، مطالب فوق به هیچ وجه به قصد آغاز بحثی درباره اینکه بهترین روش تایمینگ یک موتور خاص برای کاربردی خاص چیست، بیان نشده است. بلکه هدف، ترسیم کلیه احتمالات و درک مورد نیاز برای آزادسازی پتانسیلی است که یک ترکیب خاص می‌تواند با کاربرد کاربراتوری برای هر دو حالت قابلیت رانندگی و عملکرد WOT ارائه دهد. اگر وقت

نگذاشته‌اید تا همه موارد فوق را برای وسیله نقلیه کاربراتوری خود انجام دهید، اسب بخار و صرفه‌جویی در سوخت را از دست داده‌اید.

اگر سیستم EFI نصب کنید که شامل مدیریت موتور نیز باشد، تایمینگ می‌تواند به صورت الکترونیکی و خودکار بر اساس پارامترهای متعدد دستکاری شود: دور موتور، MAP، دمای مایع خنک‌کننده، استارت موتور و ناک (Detonation) (که در فصل ۳ پوشش می‌دهم).

قبل از اینکه اعداد را وارد کنید، به درک روشنی از تأثیر دقیقی که تایمینگ بر ترکیب شما دارد نیاز دارید. بسیاری از علاقه‌مندان نقطه اوج (Tipping point) ترکیب خود را درک کرده‌اند. طمع کردن در تایمینگ و آوانس بیش از حد جرقه می‌تواند باعث آسیب به موتور شود. آن فرد نباشید!

تا الان باید مشخص شده باشد که تنظیم موتور برای عملکرد بهینه تا حدودی یک هنر است، به‌ویژه اگر سیستم کاربراتوری داشته باشید. اگر نسبت A/F و تایمینگ را به حداکثر نرسانده‌اید، کارهایی برای انجام دارید تا قدرت و/یا صرفه‌جویی سوختی را که ترکیب شما ممکن است قادر به ارائه آن باشد، آزاد کنید. هنر تنظیم برای عملکرد بهینه خارج از محدوده این کتاب است، اما من چند سناریوی مختلف برای ترکیباتی نشان داده‌شده در این کتاب ارائه می‌دهم. به خاطر داشته باشید که هیچ دو ترکیبی یکسان نیستند و وقتی نوبت به تنظیم می‌رسد، کلام دوستم و سازنده موتور، فرانک بک، به ذهن می‌آید: «آنچه را می‌خواهد به او بده.»

تبدیلات OEM (کارخانه‌ای)

نه خیلی وقت پیش، بسیاری از دوستانم موستانگ‌های GT مدل ۱۹۸۶-۱۹۸۸ انژکتوری خود را از سیستم چگالی-سرعت (Speed Density) به جریان جرمی هوا (MAF) تبدیل می‌کردند. در سال ۱۹۸۹، فورد موستانگ ۵ لیتری را به طراحی MAF تغییر داد که یک سنسور MAF (یا ماف سنسور) را در جلوی دریچه گاز، مستقیماً بعد از فیلتر هوا اضافه کرد. این امر اندازه‌گیری دقیق‌تر سوخت را فراهم کرد که هم مصرف سوخت و هم پتانسیل اسب بخار را بهبود بخشید.

علاوه بر این، ECU ارائه‌شده با سیستم‌های MAF دامنه بسیار وسیع‌تری از تنظیم و قابلیت تطبیق را فراهم می‌کرد. این برای هر کسی که از سوپرشاژر استفاده می‌کرد (که در آن زمان برای این خودروها بسیار محبوب بود) ایده‌آل بود. این تبدیل ارزان نبود و بسیار پرهزینه بود، زیرا نیاز داشت بخش عمده‌ای از دسته سیم خودرو تعویض می‌گردید. سایر تبدیلات محبوب شامل پیوند موتورهای شورولت LS، فورد ماژولار، یا همی (Hemi) مدل بالای کرایسلر به خودروهای قدیمی‌تر بوده است. همه این‌ها به صورت الکترونیکی انژکتوری هستند و هر یک از این تبدیلات مجموعه چالش‌های منحصر به فرد خود را ارائه می‌دهند، به‌ویژه آن سیستم‌هایی که از خودروهای اهداکننده مجهز به رابط «رانندگی با سیم» (Drive-by-wire) بین پدال گاز و دریچه گاز برداشته شده‌اند. بنابراین، شما واقعاً سه انتخاب در مورد تبدیل EFI دارید:

- تهیه سیستم، دسته سیم و ECU از یک خودروی اهداکننده و تطبیق آن با کاربرد خودتان.
- تهیه بخش‌هایی از سیستم از یک خودروی اهداکننده و جفت کردن آن با یک ECU و دسته سیم افترمارکت.
- نصب یک سیستم تبدیل کامل افترمارکت (Aftermarket).

چگالی-سرعت (Speed Density) در برابر جریان جرمی هوا (Mass Airflow)

گنجاندن یک سنسور MAF در سیستم EFI، اندازه‌گیری دقیق‌تر سوخت را فراهم می‌کند. خیلی ساده، MAF بازخورد بلادرنگ به کامپیوتر در مورد نرخ جریان جرمی هوای ورودی به موتور ارائه می‌دهد.

سیستم‌های چگالی-سرعت برای محاسبه جرم هوای ورودی به موتور به ECU متکی هستند که بر اساس دور موتور، فشار منیفولد، دمای هوا و فشار بارومتریک انجام می‌شود. اگرچه ECU ممکن است قادر باشد جرم هوا را بسیار دقیق محاسبه کند، اما این همچنان یک محاسبه است.

اکثر سیستم‌های EFI افترا مارکت که شامل مجموعه دریچه گاز مبتنی بر بدنه طرح ۴۱۵۰ هستند، فاقد سنسور MAF می‌باشند، بنابراین سیستم‌های چگالی-سرعت در نظر گرفته می‌شوند. از سوی دیگر، برخی سیستم‌های افترا مارکت اجازه استفاده از یک MAF قبل از دریچه گاز را می‌دهند. در موارد دیگر، برخی سیستم‌ها دارای MAF داخلی در دریچه گاز هستند. هر دو سیستم چگالی-سرعت و MAF می‌توانند در صورت تنظیم صحیح فوق‌العاده مؤثر باشند.



توضیحات: این یک سنسور MAF افترا مارکت است که طراحی شده تا مستقیماً روی مجموعه دریچه گاز طرح ۴۱۵۰ روی یک موتور فورد ۴۲۷ اینچ مکعبی قرار گیرد. شرکت Pro-M Racing این کیت کامل را برای موتورهای فورد FE ارائه می‌دهد و MAF نیز در آن گنجانده شده است.



تصویر ۱.۵ دسته سیم Painless Performance

توضیحات: این دسته سیم از شرکت Painless Performance Products به شما امکان می‌دهد تا به سادگی یک موتور ۲LS مدل ۲۰۰۵-۲۰۰۶ را به خودروی پروژه خود پیوند بزنید. این دسته سیم شامل پیش‌بینی‌هایی برای اتصال مجموعه پدال از خودروی اهداکننده نیز هست تا عملکرد «رانندگی با سیم» (Drive-by-wire) حفظ شود.