Technovations of Electrical Engineering in Green Energy System

Research Article (2026) 4(4):66-75

Design and Construction of a Data Monitor and Recorder to Record the Number of Car Battery Starts by Analyzing the Voltage Signal of Battery Terminal to Enhance Energy Efficiency

Ashkan Kalhor [1], *M.Sc*, Majid Sanaeepur [1], *Assistant Professor*, Maryam Momeni [1], *Assistant Professor*, Sina Feyzi [1], *B.Sc*, Soheil Shaban Ashini [1], *B.Sc*

[1] *Department of Electrical Engineering, Faculty of Engineering, Arak University, Arak, Iran*

Abstract:

This article presents a novel approach to monitoring car batteries, based on the recording of battery terminal voltage signals during the vehicle's startup. The objective is to introduce a new capability for modifying warranty service terms and enhancing energy efficiency. In contrast to the existing approach, the proposed method would provide warranty services based on the number of times the battery is used for starting the car, rather than on the battery's usage time. To facilitate the implementation of the methodology outlined in this article, a microcontroller circuit has been designed and constructed. The microcontroller circuit employs an ATmega328P microcontroller and a micro SD card for monitoring the battery voltage signal and as external memory, respectively. Furthermore, a resistive voltage divider has been utilized to calibrate the range of battery terminal voltage fluctuations to a level that the microcontroller can process. The circuit was designed, assembled, and installed on several different passenger cars, and tested under real-world operating conditions. The results of this examination demonstrate that the designed and built system accurately counts the number of times the car is started and records the desired characteristics of the battery voltage signal during startup in the allocated memory. The successful performance of the prototype under various conditions confirms the high efficiency and reliability of the proposed method presented in this article.

Keywords: Car battery, Data logger, Terminal voltage, Warranty service, Energy efficiency

Received: 18 September 2024
Revised: 03 October 2024
Accepted: 15 November 2024
Corresponding Author: Dr. Majid Sanaeepur, m-sanaeepur@araku.ac.ir
Dr. Maryam Momeni, m-momeni@araku.ac.ir
DOI: https://doi.org/10.71691/teeges.2026.1184370

CC BY

طراحی و ساخت یک پایشگر و ثبت کننده داده جهت ثبت تعداد دفعات استارت خودرو مبتنی بر آنالیز سیگنال ولتاژ پایانه باتری با هدف بهره‌وری انرژی

فناوری‌های نوین مهندسی برق در سیستم انرژی سبز

TEEGES

مقاله پژوهشی

طراحی و ساخت یک پایشگر و ثبت کننده داده جهت ثبت تعداد دفعات استارت خودرو مبتنی بر آنالیز سیگنال ولتاژ پایانه باتری با هدف بهره‌وری انرژی

اشکان کلهر[1]، *کارشناسی ارشد*، مجید سنایی پور[1]، *استادیار* ، مریم مومنی[1]، *استادیار*، سینا فیضی[1]، *کارشناسی*، سهیل شبان اشینی[1]، *کارشناسی*

۱- گروه مهندسی برق، دانشکده مهندسی، دانشگاه اراک، اراک، ایران

چکیده: در این مقاله یک روش جدید جهت پایش باتری‌های خودرو مبتنی بر ثبت سیگنال ولتاژ پایانه باتری در حین استارت خودرو با هدف ایجاد یک امکان جدید جهت تغییر ضوابط ارائه خدمات گارانتی و بهره‌وری انرژی ارائه شده است. در روش پیشنهادی در این مقاله، به جای اینکه خدمات گارانتی بر مبنای زمان استفاده از باتری ارائه گردد بر مبنای تعداد دفعات استفاده از باتری برای استارت خودرو ارائه خواهد شد. برای پیاده سازی روش پیشنهاد شده در این مقاله یک مدار میکروکنترلری طراحی و ساخته شده است. از میکروکنترلر اتمگا ۳۲۸ پی و میکرو اس دی کارت به ترتیب جهت پایش سیگنال ولتاژ باتری و به عنوان یک حافظه خارجی استفاده شده است. همچنین از یک مقسم ولتاژ مقاومتی برای تغییر بازه تغییرات ولتاژ پایانه باتری به محدوده قابل دریافت توسط میکروکنترلر استفاده شده است. مدار مذکور پس از طراحی و مونتاژ بر روی چند خوردوی سواری مختلف نصب و در شرایط عملی واقعی مورد بررسی قرار گفته است. نتایج این بررسی نشان می‌دهد سیستم طراحی و ساخته شده به درستی تعداد دفعات استارت خودرو را شمارش کرده و با سایر مشخصات مورد نظر از سیگنال ولتاژ باتری در حین استارت در حافظه در نظر گرفته شده ثبت می‌نماید. عملکرد موفقیت آمیز نمونه ساخته شده تحت شرایط مختلف، موید کارایی و قابلیت اطمینان بالای روش پیشنهادی در این مقاله می‌باشد.

واژه های کلیدی: باتری خوردو، ثبت‌کننده داده، خدمات گارانتی، ولتاژ پایانه، بهره‌وری انرژی

تاریخ ارسال مقاله: ۱۴۰۳/۰۶/۲۸

تاریخ بازنگری مقاله: ۱۴۰۳/۰۷/۱۲

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۴۰۳/۰۸/۲۵

نویسنده‌ی مسئول: دکتر مجید سنایی پور، دکتر مریم مومنی، m-sanaeepur@araku.ac.ir, m-momeni@araku.ac.ir

DOI: http://dx.doi.org/10.71691/teeges.2026.1184370

CC BY

۱- مقدمه

۱-۱- انگیزه پژوهش و مروری بر پژوهش‌های پیشین

باتری‌های سرب-اسیدی[۱] به طور عمده برای راه‌اندازی خودروها و موتورسیکلت‌ها استفاده می‌شوند، به طوری که نزدیک به ۶۰ درصد از بازار را به خود اختصاص داده‌اند. به‌دلیل دوره طولانی توسعه، بازار باتری‌های سرب-اسیدی در حال تغییر از تعقیب پیشرفت تکنولوژی به سمت رقابت بر سر قیمت و خدمات پس از فروش می‌باشد. کاربردهای متنوع باتری‌های سرب-اسیدی موجب تاسیس کارخانجات تولیدی فراوانی در سراسر جهان و همچنین کشور ایران، شده است. پیش از انقلاب اسلامی تنها یک کارخانه تولیدکننده باتری تحت عنوان باتری نیرو در کشور وجود داشت؛ اما هم اکنون بیش از ۲۰ کارخانه در کشور انواع باتری خودرو و سایر باتری‌های صنعتی را تولید می‌کنند. این واحدها تقریباً با بهره‌گیری از ۶۰ درصد توان اسمی تولید خود، سهم ۸۰ درصدی از بازار باتری‌های خودرو در داخل کشور را به خود اختصاص داده‌اند. این صنعت توانسته با سرمایه‌گذاری حدود ۲۴۰ میلیون دلاری به صورت مستقیم و غیرمستقیم بیش از ۴۰ هزار شغل ایجاد کند. میزان تولید کنونی باتری خودرو حدود ۹ میلیون عدد در سال است. ظرفیت اسمی تولید باتری در حال حاضر حدود ۱۵ میلیون عدد می‌باشد [۱].

این آمار نشان می‌دهد سرمایه‌گذاری روی افزایش بهره وری برای تولیدکنندگان از جذابیت بالایی برخوردار است. یکی از راههای افزایش بهره‌وری واقعی-تر شدن ارائه خدمات گارانتی به مصرف کنندگان است. در این پژوهش با هدف واقعی و عادلانه‌تر شدن خدمات گارانتی، برای اولین بار یک مدار لاگر باتری طراحی و ساخته شده است که این امکان را به تولیدکنندگان باتری می‌دهد که خدمات گارانتی را از زمان محوری (ارائه خدمات گارانتی تا یک زمان مشخص پس از شروع استفاده از باتری) به تعداد دفعات استفاده از باتری برای استارت خودرو تغییر دهند. ازآنجایی‌که فشار اصلی به باتری به دلیل آمپردهی بالا در هنگام استارت خودرو وارد می‌شود، اطلاع از تعداد استارت‌های خودرو می‌تواند در برآورد وضعیت سلامت و باقی‌مانده عمر باتری جهت ارائه خدمات گارانتی و حتی در آگاهی از وضعیت سلامت سایر بخش های سیستم استارت خودرو و سرویس دوره‌ای آن نقش مهمی ایفا کند. در وضعیت کنونی شرکت‌های تولیدکننده باتری، گارانتی باتری خودرو را به صورت ماهانه ارائه می‌دهند یعنی تعداد معینی ماه پس از شروع استفاده از باتری مثلا ۱۲ یا ۱۸ ماه. این در حالی‌است که تعداد استارت در وسایل نقلیه تجاری (تاکسی[۲]، مینی‌بوس، اتوبوس، کامیون و غیره) به طور قابل‌توجهی در مقایسه با وسایل نقلیه شخصی بیشتر است. در نتیجه، فرسودگی باتری در وسایل نقلیه مورد استفاده برای کاربردهای تجاری و حمل و نقل عمومی بسیار بیشتر و طول عمر آن کمتر خواهد بود. بنابراین مالکان وسایل نقلیه تجاری اغلب در دوره گارانتی باتری درخواست تعویض آن را خواهند داشت. این امر منجر به زیان مالی تولید کننده به دلیل جایگزینی باتری‌هایی می‌شود که توسط این گروه از مشتریان استفاده می‌شود. مطالعه روی ۳۰۰ وسیله نقلیه نشان داده است که میانگین تعداد استارت برای وسایل نقلیه شخصی بین ۶ تا ۷ استارت در روز است. این در حالی است که تاکسی‌ها با میانگین ۲۴ تا ۲۶ استارت در روز، به میزان قابل توجهی، استارت بیشتری داشته‌اند [۲].

اغلب مطالعات انجام شده در این حوزه بر روی طراحی، ساخت و بهینه‌سازی سیستم‌های مدیریت باتری بوده است [۸-۳]. دما، ولتاژ، جریان و وضعیت شارژ و دشارژ باتری، از پارامترهای رایج برای نظارت بر عملکرد باتری هستند که در یک سیستم مدیریت باتری بررسی و ثبت می‌شوند. در تحقیقات اخیر واحد سیستم‌های مدیریت باتری بیشتر در خودروهای برقی[۳] مورد توجه قرار گرفته به این علت که باتری در خودروهای برقی نقش مهم‌تری ایفا می‌کند. برای خودروهای برقی مسائلی همچون شارژ زیاد، تخلیه زیاد یا کم و یا اتصال کوتاه می‌توانند به آسیب‌های جدی در باتری‌ها منجر شوند. این موارد در واحد سیستم‌های مدیریت باتری بررسی می‌شوند. در جستجوی انجام شده در اینترنت دیده نشد نمونه ای از سیستم لاگر باتری با قابلیت ثبت تعداد دفعات استارت دیده نشد بنابراین میتوان گفت شمارشگر دفعات استارت خودرو معرفی شده در این مقاله برای اولین بار طراحی و ساخته شده است. در اغلب پژوهش‌های انجام شده در این زمینه دستگاهی ساخته شده است که کار پایش باتری خودرو را، هم برای راننده و هم برای شرکت سازنده انجام می‌دهد و اطلاعاتی مانند ولتاژ باتری، دمای باتری، جریان باتری، و حتی آنالیز سلامت باتری را در اختیار آنها قرار می‌دهد [۴, ۱۴-۸]. با توجه به پژوهش‌های صورت گرفته، تا کنون هیچ طرحی جهت طراحی و ساخت نمونه کامل ثبت تعداد دفعات استارت خودرو با هدف اصلاح خدمات گارانتی و بر مبنای افزایش بهره‌وری انرژی ارائه نشده است. لذا در این مقاله به طور ویژه جهت رفع

چالش مذکور به این مسئله پرداخته شده است.
موارد نوآوری طرح پیشنهادی به طور تیتروار عبات اند از:
۱- استفاده از ولتاژ پایانه باتری برای شمارش تعداد دفعات استارت
۲- استفاده از شمارش تعداد دفعات استارت برای تعریف یک روش جدید ارائه خدمات گارانتی
۳- استفاده از ولتاژ پایانه باتری برای پیش بینی وضعیت سلامت سیستم استارت خودرو
در ادامه سهم مشارکت و نوآوری طرح پیشنهادی ارائه شده به تفصیل آورده شده است.

۱-۲- سهم مشارکت، نوآوری و اهداف

در این مقاله، یک طرح جدید جهت طراحی و ساخت نمونه واقعی یک پایشگر سیستم‌های استارت خودرو مبتنی بر آنالیز سیگنال ولتاژ دریافت شده از باطری خودرو ارائه شده است. در این راستا از یک میکروکنترلر[۴] اتمگا ۳۲۸ پی[۵] با سطح ولتاژ ۵ ولت و آی‌سی[۶] بافر CD4050 جهت ثبت اطلاعات استفاده شده است. با توجه به اینکه ولتاژ کاری در حدود ۵ ولت است و ولتاژ پایانه باتری در حدود ۸ الی ۱۴ ولت است، از یک مقسم ولتاژ مقاومتی جهت تبدیل ولتاژ استفاده شده است. در طرح ارائه شده، زمان دقیق هر استارت ثبت می‌شود. برای این منظور از یک آی‌سی RTC و ارتباط آن با میکروکنترلر از طریق پروتکل I^2C و همچنین حافظه جانبی استفاده شده است. در ادامه، جزئیات طراحی یک سیستم شمارنده استارت خودرو ارائه می‌شود، که می‌تواند در ارائه خدمات پس از فروش (گارانتی[۷]) به شرکت تولیدکننده کمک بسیاری کند. این پروژه به شرکت‌های تولیدکننده پیشنهاد می‌کند که دوره گارانتی را بر حسب تعداد استارت یک وسیله نقلیه، ارائه دهند، تا اینکه زیان و خسارتی که از طرف وسایل نقلیه عمومی و پرکاربرد به شرکت تحمیل می‌شود، کاهش یابد. همچنین مدار طراحی شده با ایجاد امکان نظارت بر عملکرد باتری به کاربر در تشخیص ایراد در سیستم استارت از جمله باتری و دینام کمک کرده و باعث افزایش طول عمر سیستم استارت خودرو و تعویض به موقع باتری و سایر قطعات آن شده و از این طریق موجب کاهش هزینه‌های کاربر می‌شود. در مقاله حاضر با توجه به اینکه هدف، تغییر مدل ارائه ضمانت باتری از زمان‌محور به شمارش دفعات استفاده از باتری می‌باشد اطلاعاتی همچون تعداد و زمان استارت خودرو و ولتاژ مینیمم و ماکزیمم در حین استارت ثبت می‌شود. با استفاده از این اطلاعات تعریف نوع جدیدی از خدمات پس از فروش که به دلیل شفافت بالاتر برای مشتری و تولید کننده از جذابیت بیشتری برخوردار است ممکن می‌شود. همچنین شرایط و ضوابط گارانتی جدید را می‌توان به صورت ترکیبی از تعداد استارت‌های انجام شده و شرایط ضمانت ماهانه عادی معرفی کرد.

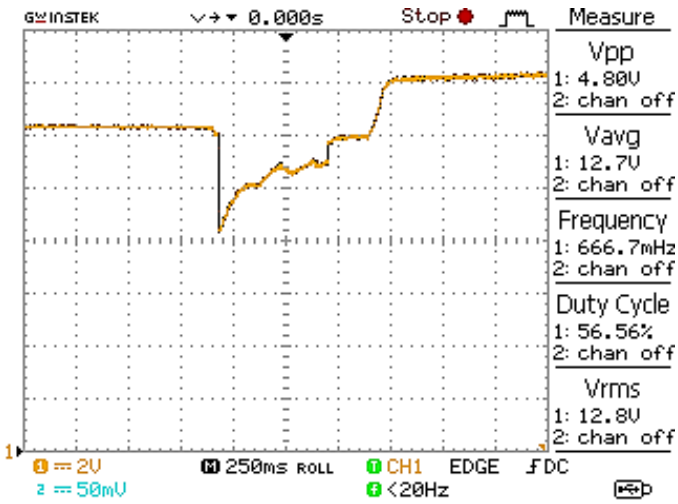
۱-۳- سازمان‌دهی مقاله

مقاله ارائه شده، در چهار بخش سازمان‌دهی شده است، بخش دوم مقاله به بررسی فنی عملکرد باتری در حین استارت می‌پردازد، در بخش سوم، تئوری طراحی و ساخت سیستم ثبت اطلاعات استارت باتری خودرو ارائه شده است و در بخش چهارم نتیجه و پیشنهادات پژوهشی این طرح ارائه می‌شود. در بخش پایانی برنامه نوشته شده در میکروکنترلر به پیوست آورده شده است.

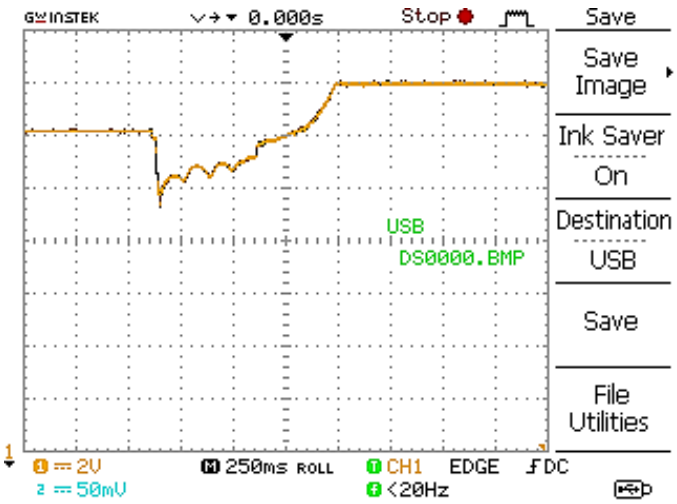
۲- بررسی عملکرد باتری در حین استارت

هدف این بخش تحلیل عملکرد باتری در حین استارت خودرو می‌باشد، لذا ضروری است که نحوه‌ی عملکرد و همچنین اجزای اساسی سیستم استارت به طور دقیق مورد بررسی قرار گیرد. سیستم راه‌اندازی خودرو شامل باتری، کابل‌های حامل جریان بالا و سیم‌های اتصال، کلید یا سوئیچ استارت، شیر برقی و یا رله استارت، موتور استارت، حلقه فلایویل[۸]، درایو استارت و سوئیچ ایمنی استاتور برای خودروهای درایو اتوماتیک است [۹, ۱۰]. موتور استارت مقدار زیادی جریان برای تولید گشتاور کافی برای چرخاندن فلایویل که به نوبه خود موتور خودرو را به حرکت در می‌آورد، می‌کشد. سیستم جرقه‌زنی، ولتاژ ۱۲ ولت معمولی باتری را با استفاده از کوئل تا حدود ۸ تا ۴۰ کیلوولت افزایش می‌دهد و آن را به سیلندر موتور می‌رساند تا هوای فشرده و بخار سوخت موجود در آن با جرقه ایجاد شده مشتعل شود. موتور استارت می‌تواند تا ۱۵۰۰ آمپر در وسایل نقلیه سبک و ۲۵۰۰ آمپر در وسایل نقلیه تجاری جریان بکشد. این جریان بالا به دلیل وجود مقاومت داخلی در باتری باعث ایجاد یک افت قابل ملاحظه در ولتاژ پایانه باتری می‌شود.

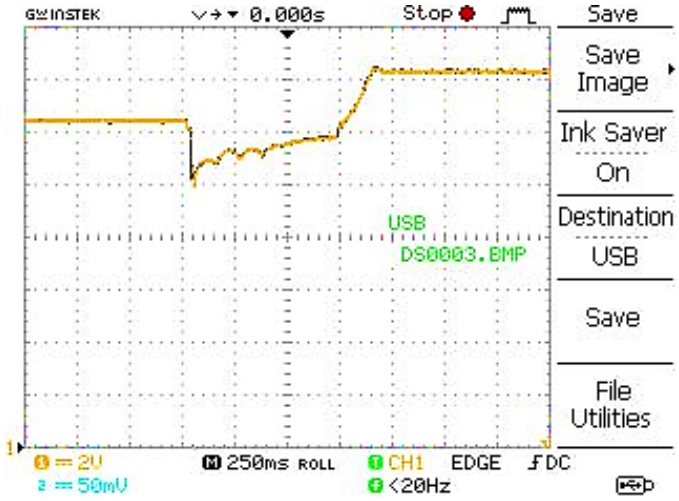
جهت بررسی رفتار باتری در حین استارت، پراب اسیلوسکوپ به دوسر باتری ۹ خودروی سواری از جمله پراید، رنو تندر ۹۰، پژو ۲۰۶ و سایر خودروها (شکل های ۱ تا ۹) متصل شده و تغییرات سیگنال ولتاژ باتری در حین استارت به ترتیب و متناسب با شکل‌های (۱) الی (۹) مشاهده و ثبت گردید. با دقت در تصاویر ثبت شده، یک الگوی مشابه در سیگنال ولتاژ باتری در حین استارت در هر همه خودروها مشاهده می‌شود. به این ترتیب که ابتدا ولتاژ به صورت ناگهانی افت قابل توجهی را نشان می‌دهد. این افت ناگهانی به دلیل جریان بالایی است که در لحظه استارت از باتری کشیده می‌شود. افت ولتاژ لحظه استارت، ولتاژ دو سر باتری را که حدود ۱۲ ولت است به یک مقدار مینیمم که به عنوان مثال در پراید ۸ ولت، در تندر ۹۰، ۹/۷ ولت، و در پژو ۲۰۶، ۹/۸ ولت است کاهش می‌دهد. پس از استارت، دینام در یک بازه زمانی حدود ۰.۵ تا ۱ ثانیه به دور نامی می‌رسد. در همین بازه ولتاژ دو سر باتری نیز ابتدا از مقدار مینیمم به مقدار قبل از استارت و سپس بسته به دور موتور خودرو و در نتیجه سرعت چرخش دینام به مقداری بیش از ولتاژ باتری (حدود ۱۴ ولت) افزایش می‌یابد و تا زمان خاموش شدن موتور بسته به دور موتور در مقادیری بالاتر از ولتاژ باتری باقی خواهد ماند. این بررسی نشان می‌دهد از روی الگوی تغییرات ولتاژ حین استارت، می‌توان تعداد استارت‌های یک خودرو را شمارش کرد.



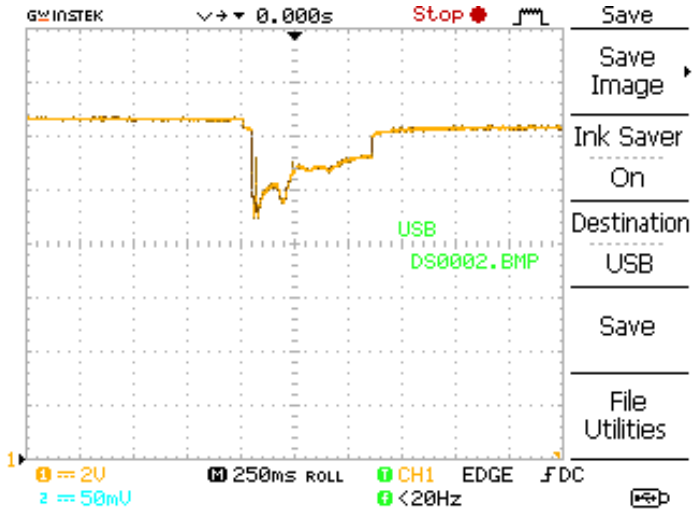
شکل (۱): سیگنال ولتاژ باتری در هنگام استارت در خودرو پراید



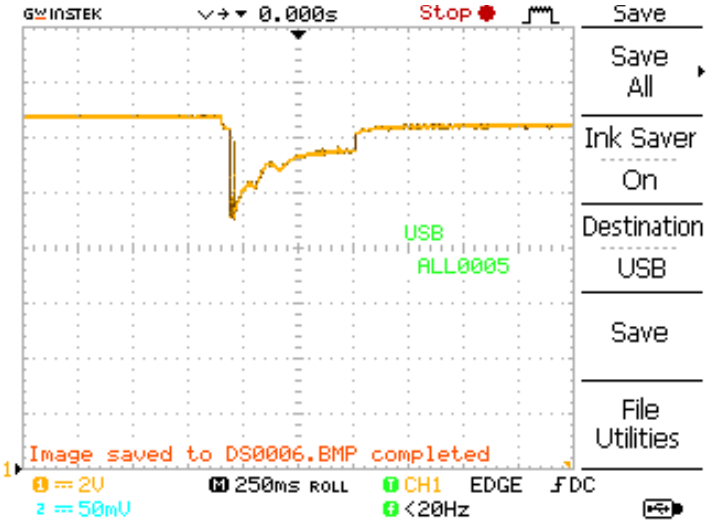
شکل (۲): سیگنال ولتاژ باتری در هنگام استارت در خودرو تندر ۹۰



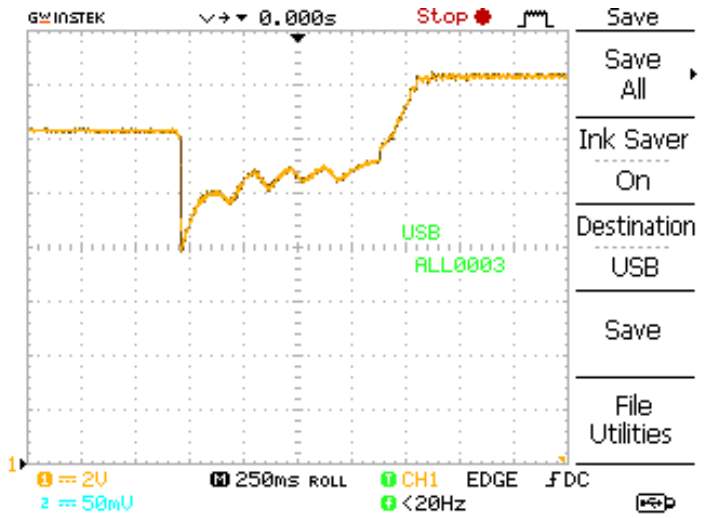
شکل(۳): سیگنال ولتاژ باتری در هنگام استارت در خودرو پژو ۲۰۶



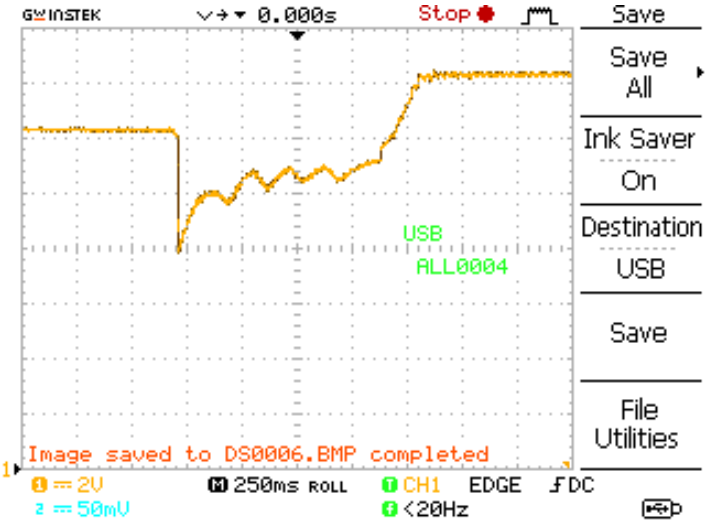
شکل (۴): سیگنال ولتاژ باتری در هنگام استارت در خودرو پیکان شماره یک



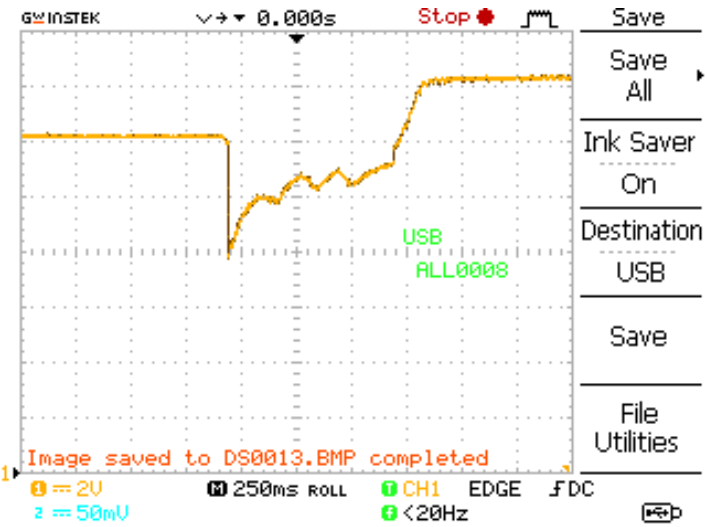
شکل (۵): سیگنال ولتاژ باتری در هنگام استارت در خودرو پیکان شماره دو



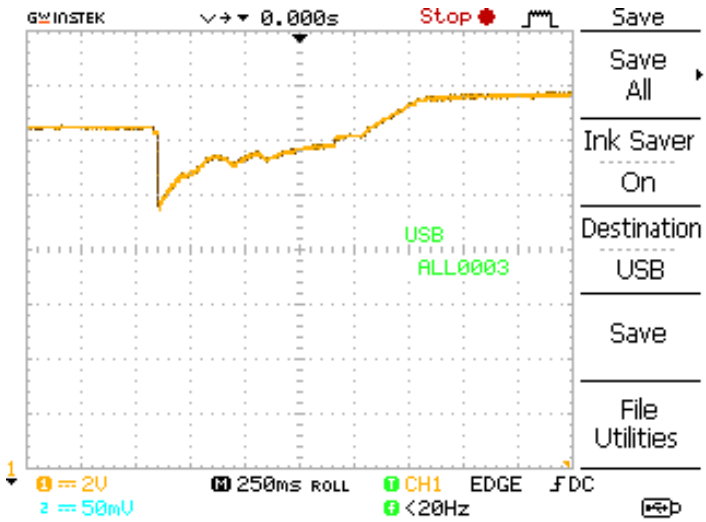
شکل (۶): سیگنال ولتاژ باتری در هنگام استارت در خودرو ام وی ام شماره یک



شکل (۷): سیگنال ولتاژ باتری در هنگام استارت در خودرو ام وی ام شماره دو



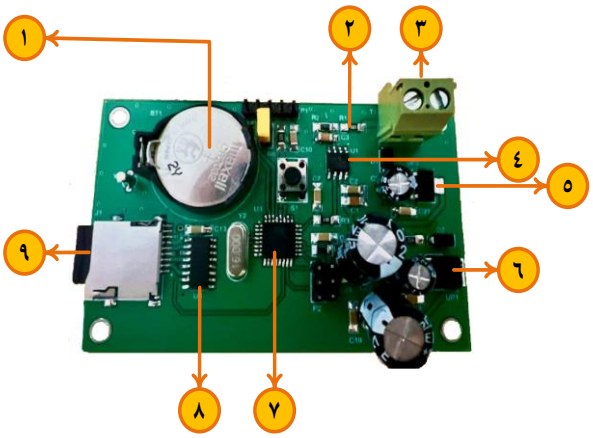
شکل (۸): سیگنال ولتاژ باتری در هنگام استارت در خودرو پیکان شماره سه



شکل (۹): سیگنال ولتاژ باتری در هنگام استارت در خودرو زانتیا

۳- طراحی و ساخت سیستم ثبت اطلاعات استارت باتری خودرو

در این بخش، جزئیات طراحی و ساخت سیستم ثبت اطلاعات استارت باتری خودرو بررسی میشود. شکل (۱۰)، مدار کامل میکروکنترلر سیستم ثبت اطلاعات باتری را نشان میدهد که در آن از اتمگا ۳۲۸ پی استفاده شده است. در جدول (۱)، اطلاعات کامل سیستم پیاده سازی شده آورده شده است. در این طرح سطح منطقی و ولتاژ کاری میکروکنترلر ۵ ولت است، بنابراین برای تأمین ولتاژ تغذیه آن از باتری ۱۲ ولتی خودرو، از یک رگولاتور[۹] ۵ ولتی (۷۸۰۵) استفاده شده است. جهت ذخیره‌سازی اطلاعات برای استفاده‌های بعدی در طولانی مدت نیاز به یک حافظه خارجی است. برای این منظور از یک کارت میکرو اس دی[۱۰] استفاده شده است. ولتاژ کاری کارت حافظه ۳/۳ ولت است که توسط یک رگولاتور ۳/۳ ولتی و از خروجی رگولاتور ۵ ولتی تامین می‌شود. برای کاهش سطح ولتاژ منطقی سیگنال خارج شونده از میکروکنترلر جهت ذخیره اطلاعات در حافظه از آی‌سی بافر CD4050 استفاده شده است. جهت پایش ولتاژ باتری، یکی از پایه‌های میکروکنترلر به صورت ورودی آنالوگ تعریف شده و به ترمینال مثبت باتری متصل می‌شود. با توجه به اینکه ولتاژ کاری میکرو ۵ ولت و ولتاژ پایانه باتری در محدوده ۸ تا ۱۴ ولت (بسته به وضعیت روشن یا خاموش بودن خودرو و عمر باتری) است، از یک مقسم ولتاژ مقاومتی برای تبدیل ولتاژ پایانه باتری به ولتاژ قابل قبول برای میکروکنترلر استفاده شده است. زمان هر استارت (با فرمت روز-ساعت-دقیقه-ثانیه) با استفاده از یک آی‌سی RTC و ارتباط آن با میکروکنترلر از طریق پروتکل I^2C روی کارت حافظه جانبی ثبت می‌شود. شکل (۱۱) نمونه‌ای از اطلاعات ذخیره شده روی کارت حافظه را در یک سناریوی مشخص نشان می‌دهد. در این سناریو، برای ارزیابی عملکرد مدار، آن را روی باتری یک خودروی ال۹۰ نصب نموده و پس از چند مرتبه استارت فایل ذخیره شده روی کارت حافظه بررسی و ارزیابی شده است. همانطور که دیده میشود مقادیر مورد نظر از خمله تعداد استارت خودرو به درستی روی کارت حافظه ثبت شده‌اند.



۱- باتری پشتیبانی RTC
۲- مقاومت‌های تقسیم ولتاژ
۳- ترمینال ورودی ولتاژ
٤- آیسی RTC
٥- رگولاتور ٥ ولت
٦- رگولاتور ۳ ولت
۷- میکروکنترلر
۸- آیسی بافر CD4050
۹- Micro SD Card

شکل (۱۰): برد طراحی شده شمارنده استارت

Counter	Date	Time	V_{min}	V_{max}	Duration
1	1403/04/10	20:33:28	8.98	13.39	0.71
2	1403/04/10	20:35:21	9.46	12.53	0.68
3	1403/04/10	20:40:08	9.25	12.53	0.67
4	1403/04/10	20:43:44	8.87	13.76	0.69
5	1403/04/10	20:47:35	9.89	13.39	0.73

شکل (۱۱): یک نمونه از فایل ذخیره شده روی حافظه

جدول (۱): اطلاعات کامل مدار طراحی شده

نوع	مقدار	قطعه
Resistance 1	5K	SMD
Resistance 2	10K	SMD
Capacitor 1	1uF	SMD
Capacitor 2	100nF	SMD
Resistance 3	33ohm	SMD
Inductor	10uH	SMD
Switch PB	-	-
ATmega328P-AU	ATmega328P-AU	SMD
Crystal	16 MHz	-
Capacitor 3	22pF	SMD
Terminal	2Pin	-
Header 1	2x3	-
Header 2	1x5	PIN
Jumper	2Pin	-
Capacitor 4	12.5pF	SMD
Crystal	32.768KHz	-
Battery holders	BH32T-C	-
IC	DS1307Z	RTC
SD	Micro	SMD
IC	CD4050BD	BUFFER
Diode	1n4007	SMD
AMS1117	5.0V	SMD
Capacitor 5	100uF	DIP
Capacitor 6	1000uF	DIP
Resistance 4	4.7K	SMD
LED	-	SMD
AMS1117	3.3V	SMD

۴- نتیجه‌گیری

در این مقاله برای اولین بار یک مدار مبتنی بر میکروکنترلر برای پایش و ثبت تعداد استارت خودرو و برخی ویژگی‌های دیگر از سیگنال ولتاژ باتری در حین استارت خودرو، طراحی، ساخته و با موفقیت مورد آزمایش قرار گرفت. برای بررسی عملکرد مدار در شرایط واقعی آن را روی تعدادی خودروی سواری از جمله پیکان، پراید، زانتیا و پژو ۲۰۶ نصب نمودیم. نتایج آزمایش مدار طراحی شده در شرایط واقعی نشان می‌دهد مدار به درستی تعداد دفعات استارت خودرو را شمارش کرده و برای استفاده بعدی در حافظه ثبت می‌نماید. اهمیت ساخت این مدار در ایجاد یک امکان جدید برای شرکت‌های تولیدکننده باتری خودرو برای تغییر ضوابط ارائه خدمات گارانتی به مشتریان است. خدمات مذکور از یک‌سو به دلیل ایجاد شفافیت و عادلانه‌تر بودن باعث رضایت بیشتر مشتری شده و از سوی به دلیل واقعی‌تر شدن خدمات گارانتی، باعث افزایش بهره‌وری شرکت‌های تولیدکننده باتری خودرو خواهد شد. نتایج آزمایش مدار طراحی شده نشان می‌دهد مدار به درستی تعداد دفعات استارت خودرو را شمارش کرده و برای استفاده بعدی در حافظه ثبت می‌نماید. برای افزایش کارایی مدار میتوان حسگر دما را نیز به آن اضافه نمود تا امکان بررسی اثر دما بر عملکرد باتری خوردو در شرایط مختلف ایجاد گردد.

مراجع

[1] Iran Battery and Energy Storage Association. [Online]. Available: www.isbs.ir

[2] T.-W. Noh, J.-H. Ahn, and B. K. Lee, "Cranking Capability Estimation Algorithm Based on Modeling and Online Update of Model Parameters for Li-Ion SLI Batteries," *Energies*, vol. 12, no. 17, p. 3365, 2019, doi: 10.3390/en12173365

[3] H. Rahimi-Eichi, U. Ojha, F. Baronti, and M.-Y. Chow, "Battery management system: An overview of its application in the smart grid and electric vehicles," *IEEE Ind. Electron. Mag.*, vol. 7, no. 2, pp. 4-16, 2013, doi: 10.1109/MIE.2013.2250351.

[4] K. W. E. Cheng, B. Divakar, H. Wu, K. Ding, and H. F. Ho, "Battery-management system (BMS) and SOC development for electrical vehicles," *IEEE Trans. Veh. Technol.*, vol. 60, no. 1, pp. 76-88, 2011, doi: 10.1109/TVT.2010.2089647.

[5] B. Balasingam, M. Ahmed, and K. Pattipati, "Battery management systems Challenges and some solutions," *Energies*, vol. 13, no. 11, p. 2825, 2020, doi: 10.3390/en13112825.

[6] R. R. Kumar, C. Bharatiraja, K. Udhayakumar, S. Devakirubakaran, K. S. Sekar and L. Mihet-Popa, "Advances in Batteries, Battery Modeling, Battery Management System, Battery Thermal Management, SOC, SOH, and Charge/Discharge Characteristics in EV Applications," *IEEE Access*, vol. 11, pp. 105761-105809, 2023, doi: 10.1109/ACCESS.2023.3318121.

[7] J. E. M. Abasi, S. Bagheri, M. Mohseni, A. N. Kumlah, and M. Joorabian, "Unit commitment planning under uncertainty and fuel cost volatility with economical and emission reduction objective," *Technovations of Electr. Eng. Green Energy Syst.*, vol. 4, no. 1, pp. 67-84, 2025, doi: 10.30486/TEEGES.2025.1120474.

[8] N. K. M. Mohseni, J. Ebrahimi, M. Abasi, and M. Joorabian, "Optimal planning model for electric vehicle fast charging stations in a low-polluting distribution network to improve technical and economic parameters," *Technovations of Electr. Eng. Green Energy Syst.*, vol. 3, no. 4, pp. 67-84, 2025, doi: 10.30486/TEEGES.2024.1105498.

[9] J. Halderman, Automotive Electricity and Electronics, 6th ed., Pearson, 2021.

[10] G. Tim, *Automotive Service: Inspection, Maintenance, Repair*, Delmar, New York, 2012.

[11] Y. Tao, J. Qiu, S. Lai, X. Sun, and J. Zhao, "Adaptive integrated planning of electricity networks and fast charging stations under electric vehicle diffusion," *IEEE Trans. Power Syst.*, vol. 38, no. 1, pp. 499-513, 2022, doi: 10.1109/TPWRS.2022.3167666.

[12] S. Singh, V. More and R. Batheri, "Driving electric vehicles into the future with battery management systems," *IEEE Engineering Management Review*, vol. 50, no. 3, pp. 157-161, Sept. 2022, doi: 10.1109/EMR.2022.3194655.

[13] S. Li, P. Zhao, C. Gu, J. Li, D. Huo and S. Cheng, "Aging mitigation for battery energy storage system in electric vehicles," *IEEE Transactions on Smart Grid*, vol. 14, no. 3, pp. 2152-2163, May 2023, doi: 10.1109/TSG.2022.3210041.

[14] S. Jafari and Y. -C. Byun, "Prediction of the battery state using the digital twin framework based on the battery management system," *IEEE Access*, vol. 10, pp. 124685-124696, 2022, doi: 10.1109/ACCESS.2022.3225093.

زیرنویس‌ها

[1] Lead-acid battery
[2] Taxi
[3] Electric vehicles
[4] Microcontroller
[5] ATmega328p
[6] IC
[7] Warranty
[8] Flywheel
[9] Regulator
[10] Micro SD card