مطالعه اثر ارتعاشات و چرخه دما بر نوسانات مقاومت الکتریکی در کانکتورهای خودرو

محمدرضا جمشیدی‌کارگر*[۱]، سید وحید حسینی[۲]،حسین فلاح[۳] ، علی قدسی[۴] ، زهرا صبح خیز میاندهی[۵]

[*۱]دانشجوی کارشناسی ارشد دانشکده مهندسی مکانیک دانشگاه امیرکبیر Mrjamshidi@aut.ac.ir
[۲]عضو هیئت علمی دانشکده مهندسی مکانیک دانشگاه صنعتی شاهرود V_hosseini@shahroodut.ac.ir
[۳]کارشناس آزمون شرکت توسعه قوای محرکه دینا H_fallah@dinamotors.com
[۴]دانشجوی کارشناسی دانشکده مهندسی مکانیک دانشگاه صنعتی شاهرود Alighodsi89@gmail.com
[۵]دانشجوی کارشناسی ارشد دانشکده مهندسی مکانیک دانشگاه خواجه نصیرالدین طوسی Zahrasobhkhiz74@Email.kntu.ac.ir

چکیده

تحمل بار ارتعاشی توسط تجهیزات برقی می‌تواند موجب ضعیف شدن اتصالات سیم‌ها گردد. این تضعیف ناشی از بالا رفتن مقاومت محل اتصال است. خوردگی پایه‌های کانکتور در اثر لرزش ناشی از ورود ارتعاشات یک نگرانی بزرگ در صنعت خودرو به شمارمی‌آید لرزش دو قسمت پایه در کنار هم باعث بالارفتن مقاومت و در نهایت قطع اتصال الکتریکی می‌گردد. شبیه سازی ارتعاشات کانکتور به دلیل نیازمندی به آگاهی از کمیت‌های بسیار و همچنین طبیعت به شدت غیرخطی این پدیده، امری بسیار پیچیده محسوب می‌شود و در عمل، آزمون تجربی کاربردی ترین روش مطالعه آن است. تحمل ارتعاشات و پیمایش چرخه دمایی، اثر مهمی در خوردگی پایه‌های کانکتور دارند به همین دلیل بیشتر آزمایش‌های کیفیت، بر اثر این دو متغیر تاکید دارند. در این پژوهش تعداد ۷ عدد کانکتور خودرو که جمعاً دارای ۲۳ عدد، پایه هستند، مورد آزمون ارتعاشی قرار گرفتند. طی این ارتعاشات که به مدت ۴۸ ساعت و در سه جهت انجام شد، دما به‌طور متناوب از ۴۰ درجه سلسیوس زیر صفر، به ۸۵ درجه سلسیوس بالای صفر افزایش یافت و سپس به ۴۰ درجه سلسیوس زیر صفر تنزل پیدا کرد. در انتها نتایج مربوط به نوسانات اختلاف پتانسیل الکتریکی مربوط به هر یک از پایه‌ها گزارش گردید و عوامل بروز این نوسانات مطالعه شد.

کلیدواژه‌ها: کانکتورخودرو، اتصالات برقی، ارتعاشات، چرخه دما، خوردگی

A Study on Connector's Resistant Fluctuations Induced by Mechanical Vibration and Thermal Cycle

Mohammad Reza Jamshidi Kargar*[1], Seyed Vahid Hosseini[2], Hosein Fallah[3], Ali Ghodsi[4], Zahra Sobhkhiz Miandehi[5]

[1*] MSc Student, Mechanical Engineering Department, Amir Kabir University of Technology Mrjamshidi@aut.ac.ir
[2]Faculty of Mechanical Engineering Department, Shahrood University of Technology V_hosseini@shahroodut.ac.ir
[3]Test Engineer in Dina Motors Co. H_fallah@dinamotors.com
[4]BSc Student, Mechanical Engineering Department, Shahrood University of Technology Alighodsi89@gmail.com
[5]MSc Student, Mechanical Engineering Department, K. N. Toosi University of Technology Zahrasobhkhiz74@Email.kntu.ac.ir

Abstract

Tolerating Vibration load by electrical equipment may lead to weaken the wiring connections. This weakening is due to the increased resistance of the connectors. Fretting corrosion of connectors induced by vibration is a major concern for automotive Industry, often leading to increased contact resistance and connector failure. Simulation of connector's behavior during fretting corrosion is very complicated, requiring many parameters, and is highly nonlinear in nature. Experimental testing of sample connectors is currently the only practical method of evaluating connector performance. Vibration tolerance and Thermal cycle have an important effect on the corrosion of the connectors, which is why most quality tests emphasize the effect of these two. In this study, 7 vehicle connectors with a total of 23 contacts were subjected to vibration testing. During these vibrations, which lasted for 48 hours in three directions, the temperature rose alternately from 40 degrees Celsius below zero to 85 degrees Celsius above zero and then dropped to 40 degrees Celsius below zero. Finally, the results related to the oscillations of the electric potential difference related to each of the contacts were reported and the causes of these oscillations were elaborated.

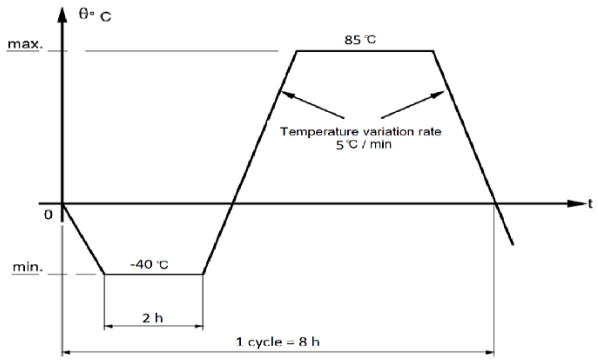
Keywords: Vibrations, Vehicle Connectors, Thermal Cycle, Corrosion

مقدمه

خوردگی پایه‌های کانکتور در اثر لرزش ناشی از ورود ارتعاشات، یک نگرانی بزرگ در صنعت خودرو به شمارمی‌آید. لرزش دو قسمت پایه در کنار هم باعث بالارفتن مقاومت و در نهایت قطع اتصال الکتریکی می‌گردد. شبیه سازی ارتعاشات کانکتور به دلیل نیازمندی به آگاهی از کمیت‌های بسیار و طبیعت به شدت غیرخطی این پدیده، امری بسیار پیچیده محسوب می‌شود و در عمل، آزمون تجربی کاربردی ترین روش مطالعه آن است[1]. با این‌حال دکتر فلاورز در سال ۲۰۰۵ میلادی سعی کرد تا با ارائه یک الگوی عددی ساده، رابطه‌ای منطقی بین ارتعاشات کانکتور و خوردگی سطح تماس پایه‌های آن پیدا کند تا با کمک آن بتوان میزان خوردگی ناشی از ارتعاشات را در پایه‌ها پیش‌بینی کرد. در این راستا، اثر ارتعاشات بر کانکتور را، طی طراحی یک آزمون تجربی مطالعه کردند. این آزمون در دمای محیط انجام شد. با مقایسه نتایج شبیه‌سازی و آزمون تجربی، ایشان و همکارانش توانستند بر عملکرد صحیح الگوی ارائه شده، صحه گذارند[1]. در سال ۲۰۱۲ میلادی، رویبجان با کمک فلاورز و سایر همکاران، کانکتورهای عبور دهنده جریان برق موجود در خودروهای دونیرو را مورد بررسی قرار دادند. این کانکتورها توان نسبتا بسیاری را حین کار از خود عبور می‌دهند و از دو قسمت استوانه ای تشکیل شده‌اند که برای برقراری اتصال قسمت نر آن در داخل قسمت ماده قرار می‌گیرد و یک فنر، وظیفه برقراری اتصال دائم را برعهده دارد. طی این پژوهش ابتدا اثرات دما و دامنه جریان عبوری روی مقاومت کانکتور مطالعه شد و سپس آزمون تجربی با پایش همزمان دما انجام شد. در انتها اثرات تغییر دما و گذر جریان عبوری از نتایج آزمون ارتعاشی کم شد تا بتوان اثر خالص ارتعاشات را بر تغییر مقاومت در کانکتور بررسی کرد[2]. بهزاد در دانشگاه تهران در سال ۲۰۱۸ با کمک روش المان محدود علاوه بر مطالعه اثر فرکانس ارتعاشات روی نوسانات مقاومت الکتریکی، اثر پیش‌بار روی پایه‌های کانکتور از طرف قسمت مادگی را بررسی کرد. در این پژوهش مشاهده گردید که با افزایش پیش‌بار، جابجایی نسبی بین قسمت نر و ماده پایه کاهش یافت و تشدید در فرکانس‌های بالاتری رخ داد و درنتیجه نوسانات مقاومت الکتریکی با دامنه کمتری اتفاق افتادند. در این پژوهش رابطه‌ی خطی بین دامنه شتاب اعمال شده به کانکتور و دامنه نوسانات مقاومت مشاهده شد[3]. سال ۲۰۱۸ دانشجویان دانشگاه لاند کشور سوئد با همکاری شرکت ولوو روشی برای اندازه‌گیری جابجایی نسبی پایه نر و ماده نسبت به هم ارائه دادند. آن‌ها طی آزمون تجربی روی دستگاه لرزاننده، جابجایی نسبی را با استفاده از لیزر و سوراخ‌های ریزی که روی کانکتور ایجاد کردند، بدست آوردند و نتایج بدست آمده را با داده‌های خروجی شتاب سنج مقایسه کردند. سپس این آزمون را با اتصال کانکتور در سر جای خود روی پیشران احتراق داخلی تکرار کردند[4]. کینمو شن یک سامانه اجرای آزمون ارتعاشی به همراه داده برداری و با قابلیت حذف اغتشاشات محیط ارائه کرد. فیلتر اغتشاشات ارائه شده، می‌تواند در محدوده وسیعی از فرکانس‌ها عملکرد مناسبی داشته باشد[5]. در پژوهش حاضر یک سامانه آزمون ارتعاشی معرفی شده است تا بتوان اثرات ارتعاشات و تغییرات دمای محیط را بر نوسانات مقاومت الکتریکی کانکتور مطالعه کرد.

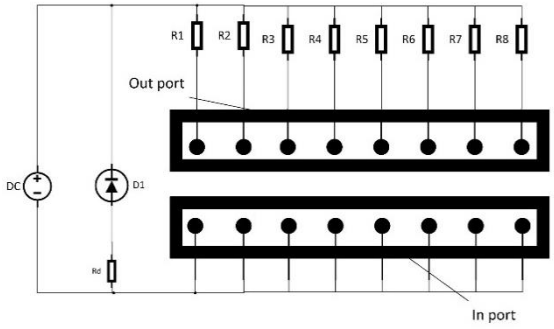
روش آزمون تجربی

آزمون ارتعاشی، بر اساس استاندارد شرکت پژو طراحی شده است. طی این آزمون، کانکتورها طی ۱۴۴ ساعت در ۳ راستای X، Y و Z به ارتعاش واداشته شدند. آزمون در هر راستا، به مدت ۴۸ ساعت به طول می‌انجامد، که طی هر ۴۸ ساعت قطعه بایستی شش سیکل دمایی را به مدت ۸ ساعت مطابق شکل، بپیماید. در هر چرخه دمایی، قطعه باید دو ساعت را در دمای ۴۰- و پنج ساعت و ده دقیقه را در دمای ۸۵ درجه سانتیگراد بگذراند. شکل ۱ نمودار چرخه‌ی دما حین آزمون ارتعاشی را نشان می‌دهد.



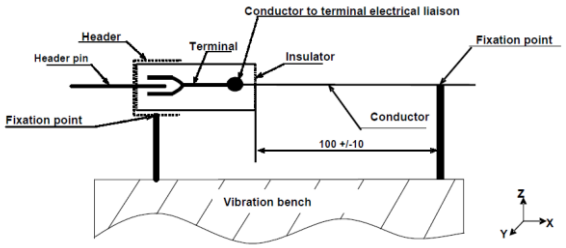
شکل ۱: نمودار چرخه‌ی دما حین آزمون ارتعاشی

به منظور پایش برخط عملکرد کانکتورها حین آزمون ارتعاشی مدار شکل ۲ طراحی گردید. به واسطه این مدار می‌توان با خوانش مقدار و اختلاف پتانسیل الکتریکی دو سر هر کانکتور به همراه مقاومت آن، قطعی در کانکتورها را تشخیص داد. اتصال کانکتور به عنوان اتصال کوتاه عمل می‌کند و اختلاف پتانسیل الکتریکی را در دو سوی محل خوانش کاهش می‌دهد. این اختلاف پتانسیل الکتریکی تقریباً برابر صفر خواهد بود اما با تضعیف اتصال در پایه‌های کانکتور اختلاف پتانسیل الکتریکی خوانده شده افزایش می‌یابد.



شکل ۲: مدار طراحی شده به منظور پایش تغییرات اختلاف پتانسیل برقی

ثابت کردن کانکتورها به‌گونه‌ای که شرایط واقعی عملکرد کانکتور را حین آزمون شبیه‌سازی کند، الزامی است. براساس استاندارد شرکت پژو با توجه به نوع کانکتور می‌توان آن را به دو صورت نشان داده شده در شکل ۳ مقید کرد.



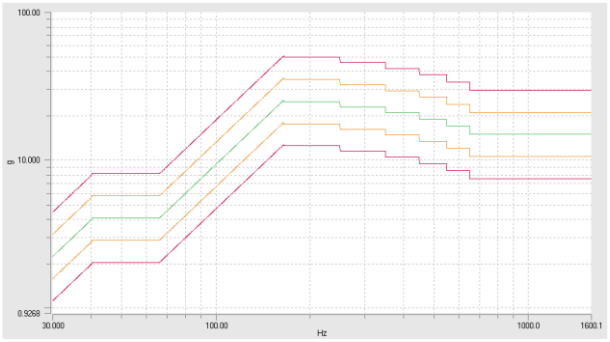
شکل ۳: نحوه تثبیت کانکتور روی نگهدارنده و تعریف محورهای ارتعاش

فرکانس طبیعی نگهدارنده طراحی‌شده نباید در محدوده فرکانسی آزمون باشد، زیرا در این حالت تشدید به‌وجودآمده در بدنه نگهدارنده می‌تواند باعث شتاب و جابجایی بیشتر از محدوده مجاز در کانکتورها گردد. شکل ۴ جهت‌گیری استاندارد کانکتور را در هر سه مرحله‌ی ارتعاشی نسبت به محور ارتعاش نشان می‌دهد.

می‌توان برای اجرای آزمون در راستای X، Y و Z سه عدد نگهدارنده طراحی نمود. در این پژوهش طراحی نگهدارنده به‌گونه‌ای صورت گرفت که بتوان از آن برای به ارتعاش درآوردن کانکتورها در هر سه راستا استفاده نمود. در این نگهدارنده هر کانکتور جایگاه مخصوص به خود را دارد و با تسمه آلومینومی و به کمک بستن پیچ‌های تسمه، کانکتور در سر جای خود محکم می‌گردد. سیم‌های کانکتور در انتهای دیگر نگهدارنده، توسط تسمه آلومینیومی نگه‌داشته می‌شوند، تا الزامات آزمون رعایت گردد.

شکل ۴: نگهدارنده کانکتور طی آزمون ارتعاشی در سه راستای X، Y و Z

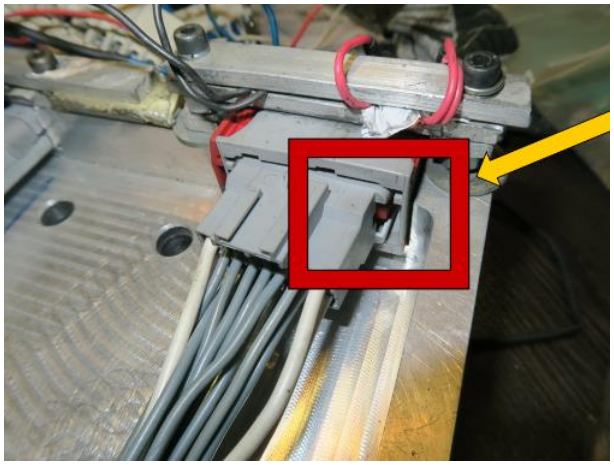
فرکانس ارتعاش در آزمون، مطابق شکل ۵ از ۳۰ الی ۱۶۰۰ هرتز در نظر گرفته شد. آزمون ارتعاشی همراه با چرخه دمایی اجرا گردید. در هر چرخه که ۸ ساعت به طول انجامید، قطعه از دمای محیط با نرخ ۵ درجه بر دقیقه سرد شد تا به دمای ۴۰- درجه رسید. سپس به مدت ۲ ساعت در این دما قرار گرفت و پس از آن دما با نرخ ۵ درجه بر دقیقه افزایش یافت تا به دمای بیشینه خود، ۸۵ درجه سلسیوس رسید و ۵ ساعت و ۱۰ دقیقه را در این دما سپری کرد.



شکل ۵: دامنه شتاب بر حسب فرکانس ارتعاشات کانکتور

بحث بر روی نتایج

پیش از اجرای آزمون، تمامی کانکتورها شماره‌گذاری شدند. همچنین عدم اتصال مناسب در کانکتور شماره ۷ مشاهده شد که در شکل ۶ نمایش داده شده است. این امر می‌تواند سبب تضعیف اتصال در پین‌ها، به خصوص پین‌های شماره ۶ و ۷ این کانکتور شود.



شکل ۶: عدم اتصال مناسب کانکتور شماره ۷

آزمون ارتعاشات کانکتور به همراه اجرای چرخه دمایی طی ۴۸ ساعت اجرا گردید. مقاومت پلیه‌ها در ابتدا و انتهای آزمون اندازه‌گیری شد؛ همچنین اختلاف پتانسیل برقی پلیه‌ها همگام با اجرای آزمون ثبت گردید. اجرای تمامی مراحل آزمون ارتعاشی در محفظه شرایط محیطی مطابق شکل ۷ انجام شده است.

شکل ۷: اجرای آزمون ارتعاشی درون محفظه تنظیم دما (در راستا Z)

کانکتور ۱

در کانکتور شماره۱ در راستای X و Y تضعیف اتصال مشاهده نگردید اما در انتهای ارتعاشات راستای Z، اندکی افزایش اختلاف پتانسیل الکتریکی را مشاهده می‌کنیم. این افزایش اختلاف پتانسیل الکتریکی در محدوده مجاز استاندارد قرار دارد.

شکل ۸: کانکتور شماره ۱ پس از آزمون ارتعاشی

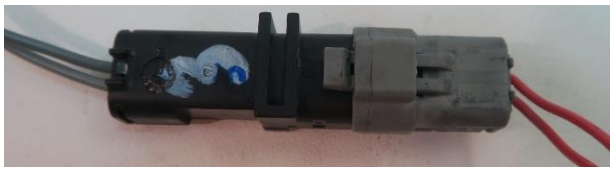
کانکتور۲

نتایج برای کانکتور شماره۲ در راستای X مشابه نتایج آزمون کانکتور شماره۱ است، اما در دیگر راستاها، نوسانات اختلاف پتانسیل الکتریکی شدیدتری مشاهده می‌گردد. این نوسانات به‌صورت متناوب و تقریباً در فاصله‌های به مدت ۸ ساعت رخ داده است که بیانگر تأثیر تغییر دما بر عملکرد کانکتور است. بر اساس شکل X، در دمای سرد، نوسانات اختلاف پتانسیل الکتریکی کانکتور شماره۲ قدرت یافته است و در دماهای گرمتر اتصال بهتری در پایه‌ها برقرار شده است. دلیل این امر می‌تولند تغییر حجم آلیاژهای پایه بر اثر دما باشد. در هنگام افزایش دما، پایه نر، تنها می‌تواند به سمت بیرون بسته شود در حالی که پایه ماده به سمت داخل و بیرون افزایش حجم می‌دهد، بدین ترتیب هنگام گرم شدن، قسمت الف و ب به یکدیگر فشرده می‌شوند و قطر ورودی پایه ماده بزرگتر می‌شود. در مرحله سرد، حجم هر دو قسمت ماده و نر کاهش می‌یابد و نیروی اعمالی این دو قسمت به یکدیگر که موجب تماس مناسب آن‌ها می‌شود، کاهش می‌یابد.

شکل ۹: کانکتور شماره ۲ پس از آزمون ارتعاشی

کانکتور شماره ۳

این کانکتور همانند کانکتور شماره ۱ عملکرد خوب خود را طی ۴۸ ساعت آزمون ارتعاشی، حفظ کرده است و تغییرات قابل ملاحظه‌ای مشاهده نمی‌گردد.

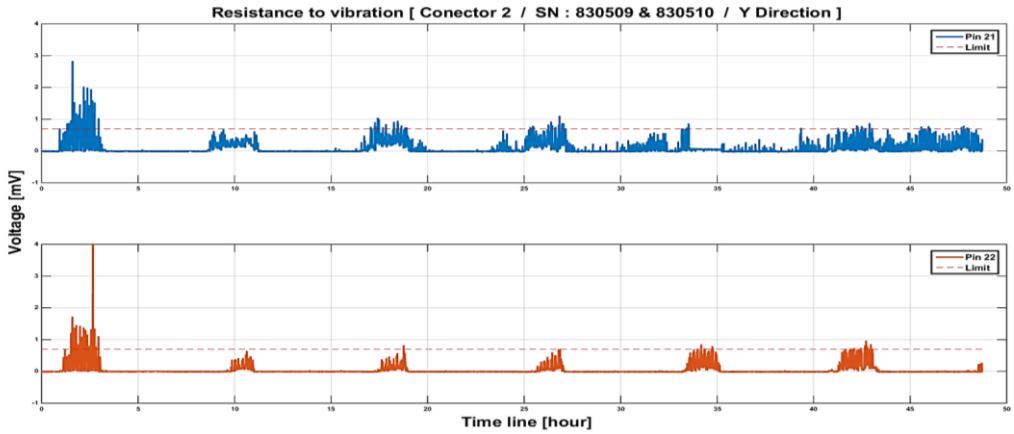


شکل ۱۰: کانکتور شماره ۳ پس از آزمون ارتعاشی

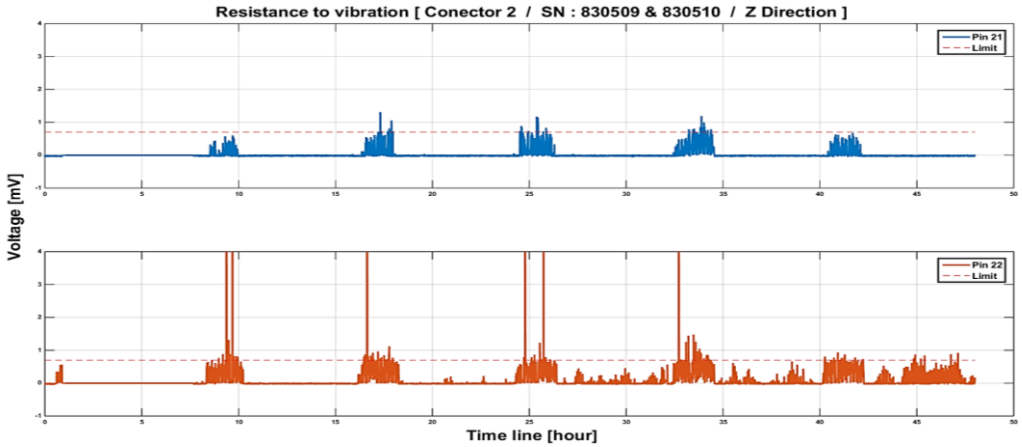
کانکتور شماره ٤

کانکتور شماره ۴، عملکرد خوبی در تحمل ارتعاش راستای X و Y دارد اما طی آزمون در راستای Z، نوسانات اختلاف پتانسیل الکتریکی به صورت متناوب، همراه با چرخه دمایی در هر دو پایه مشاهده می‌شود. پایه‌ی شماره ۱ این کانکتور در ابتدای ارتعاشات در محور Z، دامنه نوسانات اختلاف پتانسیل الکتریکی کمی را در مرحله گرم از خود نشان می‌دهد اما با گذشت زمان، این دامنه افزایش می‌یابد و در انتها، دامنه نوسانات اختلاف پتانسیل الکتریکی در مرحله گرم چرخه دمایی، با میزان این کمیت در مرحله سرد برابری می‌کند. مشاهده فوق نتیجه شل شدن تدریجی قسمت ماده پایه شماره ۱ و افزایش لقی کانکتور است.

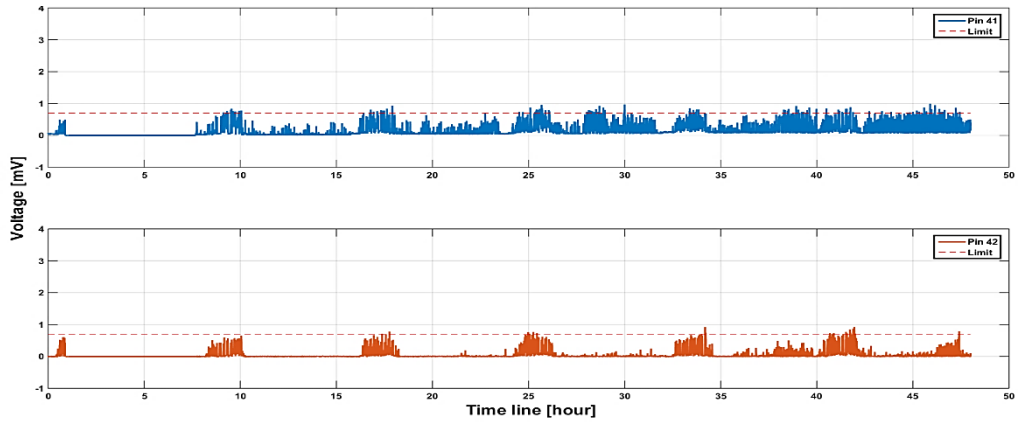
شکل ۱۱: کانکتور شماره ۴ پس از آزمون ارتعاشی



شکل ۱۲: نوسانات اختلاف پتانسیل الکتریکی کانکتور شماره ۲ طی آزمون ارتعاشی در راستای Y



شکل ۱۳: نوسانات اختلاف پتانسیل الکتریکی کانکتور شماره ۲ طی آزمون ارتعاشی در راستای Z



شکل ۱۴: نوسانات اختلاف پتانسیل الکتریکی کانکتور شماره ۴ طی آزمون ارتعاشی در راستای محور Z

کانکتور شماره ۵

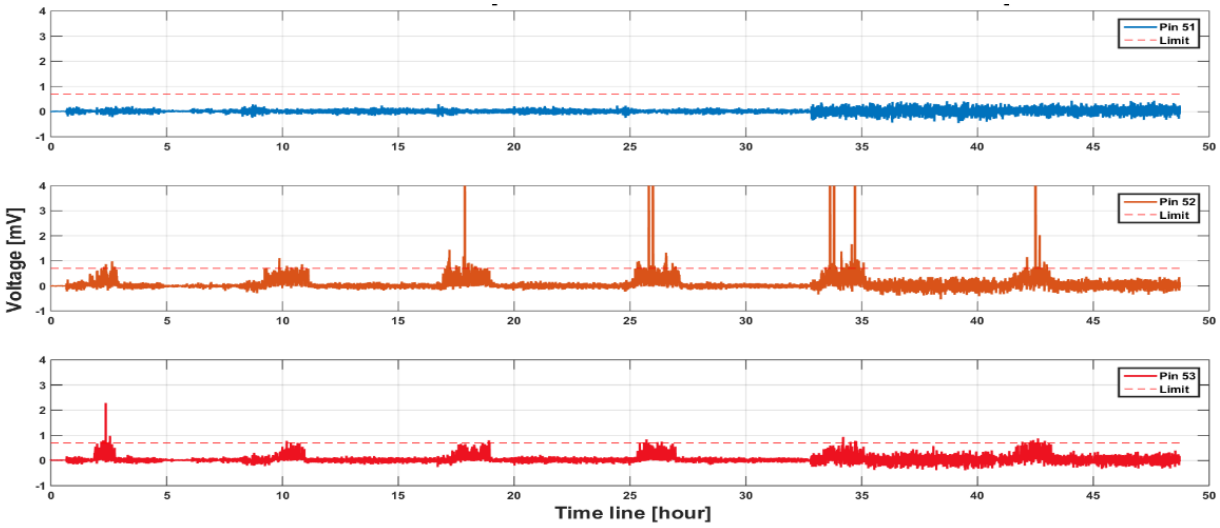
کانکتور شماره ۵ شامل سه پایه است که هیچ یک از این پایه‌ها، در ارتعاشات محور X نوسانات اختلاف پتانسیل الکتریکی قابل ملاحظه‌ای را نشان نمی‌دهند، اما پایه شماره ۲ این کانکتور در ارتعاشات راستای محور Y، نوسانات اختلاف پتانسیل الکتریکی غیرمجازی را در مرحله سرد چرخه دمایی، از خود نشان می‌دهد، همچنین در ابتدای آزمون درجهت Y و در مرحله گرم چرخه دمایی، نوسانات ناچیزی دارد اما رفته رفته این نوسانات افزایش می‌یابد، این رفتار در دو پایه دیگر نیز قابل مشاهده است. مشاهده یاد شده می‌تواند حاکی از شل شدن پایه‌ها در سر جای خود به سبب ارتعاش و تغییر دما باشد. اگرچه ادامه روند مشابه در هر سه پایه کانکتور ۵ طی آزمون در راستای محور Z، احتمال وجود نویز در سیستم را تقویت می‌کند اما عدم وجود این نوسانات در سایر کانکتورها باعث رد شدن این فرضیه می‌گردد. لازم به ذکر است نوسانات اختلاف پتانسیل الکتریکی تمامی پایه‌های کانکتور ۵، طی آزمون ارتعاشی در راستای Z به جز در چند لحظه‌ی کوتاه در محدوده مجاز قرار دارد. خروج لحظه‌ای دامنه اختلاف پتانسیل الکتریکی از محدوده مجاز، نمی‌تواند معیار مناسبی برای قضاوت در مورد کیفیت اتصال پایه‌ها باشد؛ زیرا عوامل متنوعی از جمله اغتشاشات لوازم موجود در محیط، می‌تواند باعث این رخداد باشد.

کانکتور شماره ٦

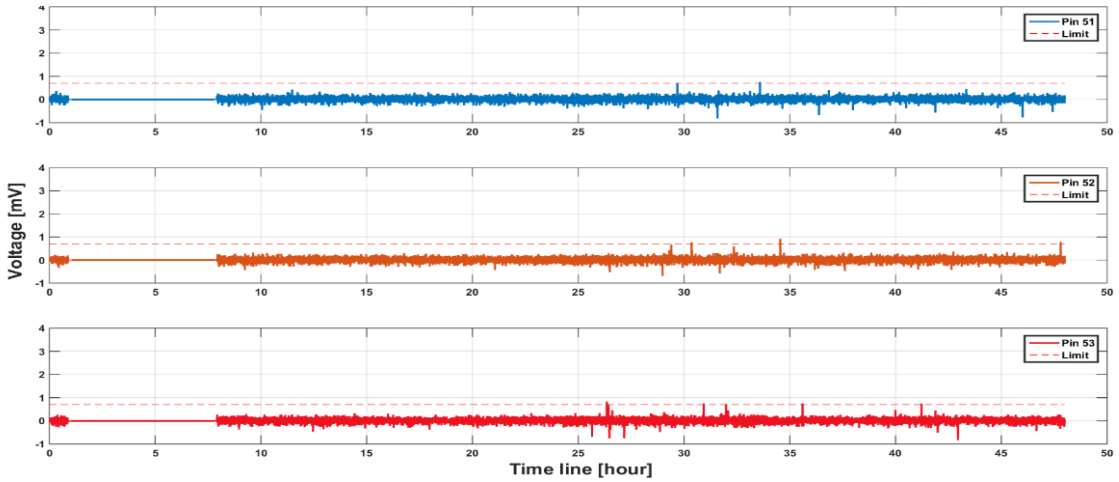
کانکتور شماره ۶ دارای ۶ پایه است اما ۵ عدد از آن‌ها دارای سیم رابط هستند و مورد آزمایش قرار می‌گیرند. علاوه بر تعداد پایه، قطر سیم‌های متصل به برخی پایه‌ها متفاوت است. قطر سیم پایه‌های ۳ و ۴ از سایر پایه‌ها بیشتر است. در ارتعاشات جهت X پایه‌های ۱، ۴ و ۵ عملکردی عالی دارند اما پایه‌های ۲ و ۳ در حدود ساعت ۲۴ آزمون شروع به نوسانات اختلاف پتانسیل الکتریکی غیرمجاز می‌کنند. ساعت ۲۴ زمان شروع چرخه دمای و کاهش دمای قطعه به ۴۰- درجه سلسیوس است. این بدین معنی است که لقی پایه‌های ۲ و ۳ پس از طی سه چرخه دمایی افزایش یافته است و باعث ضعیف‌تر شدن اتصال گردیده است. افزایش نوسانات اختلاف پتانسیل الکتریکی در مرحله سرد آزمون برای پایه شماره ۲ در راستای y ادامه می‌یابد. ایجاد نوسانات با دامنه مجاز در سایر چهارپایه از ساعت ۳۳ آزمون حاکی از ایجاد اختلال از طرف عامل خارجی است. پایه شماره ۱ و ۵ نوسانات اختلاف پتانسیل الکتریکی بسیار کمی را در راستای z از خود به جا گذاشتند در حالی که پایه‌های ۳ و ۴ به طور کامل در انتهای آزمون قطع گردیدند. اختلاف پتانسیل الکتریکی دو سر پایه شماره ۳ نیز متناسب با مرحله سرد آزمون از محدوده مجاز خارج گردید. نکته حائز اهمیت این است که قطعی کامل در هر دو پایه با قطر سیم رابط بزرگ‌تر از سایر پایه‌ها رخ داده است.

شکل ۱۵: کانکتور شماره ۵ پس از آزمون ارتعاشی

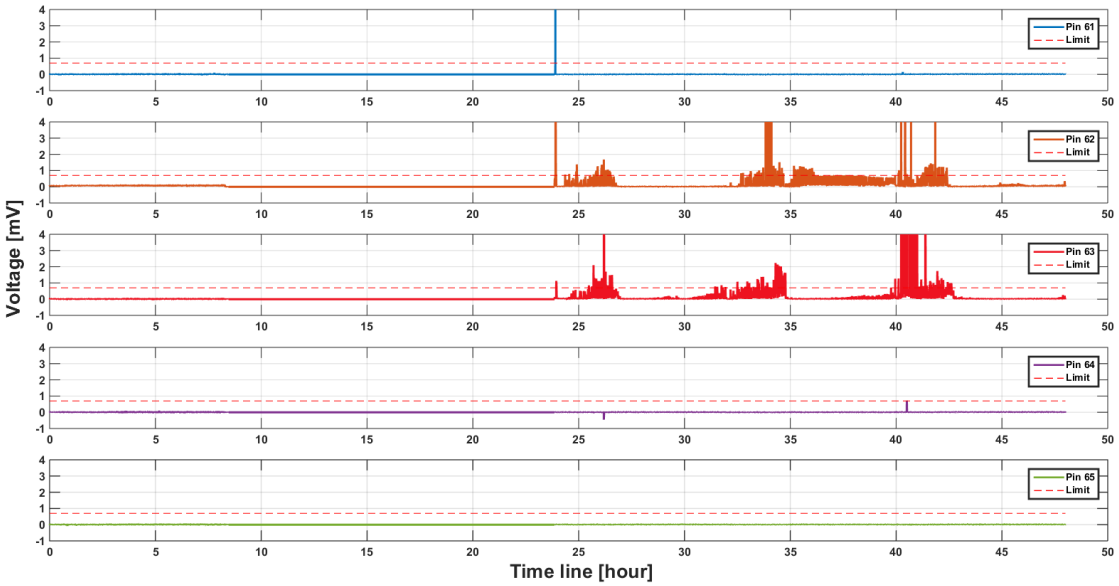
شکل ۱۶: کانکتور شماره ۶ پس از آزمون ارتعاشی



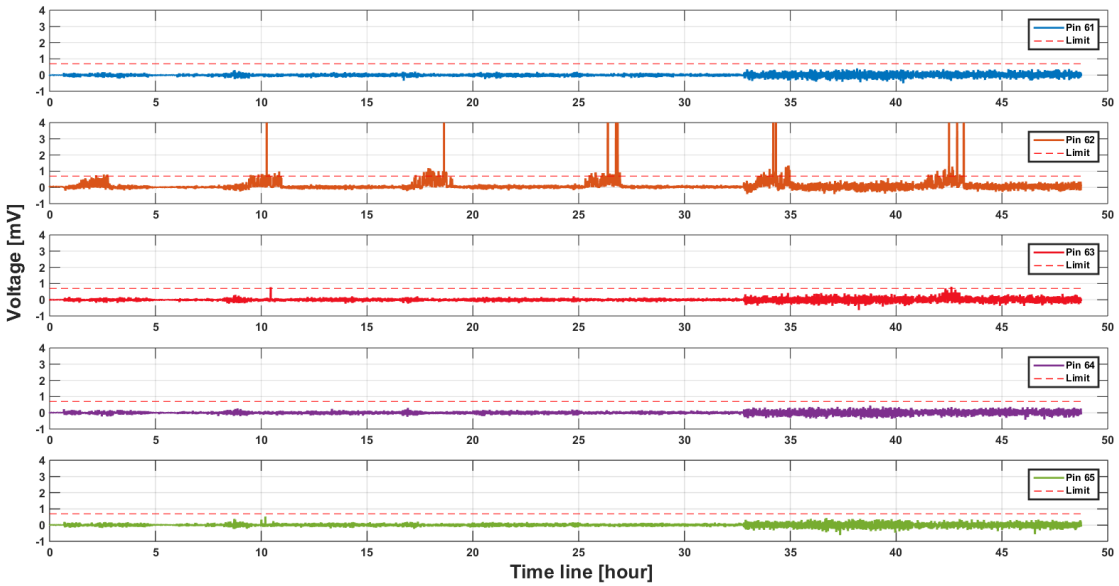
شکل ۱۷: نوسانات اختلاف پتانسیل الکتریکی کانکتور شماره ۵ طی آزمون ارتعاشی در راستای محور Y



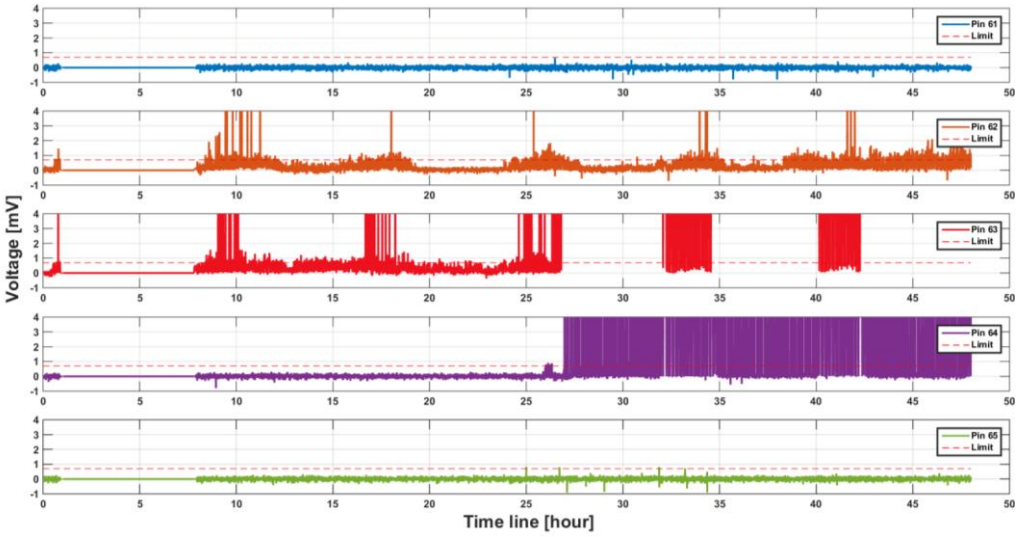
شکل ۱۸: نوسانات اختلاف پتانسیل الکتریکی کانکتور شماره ۵ طی آزمون ارتعاشی در راستای محور Z



شکل ۱۹: نوسانات اختلاف پتانسیل الکتریکی کانکتور شماره ۶ طی آزمون ارتعاشی در راستای محور X



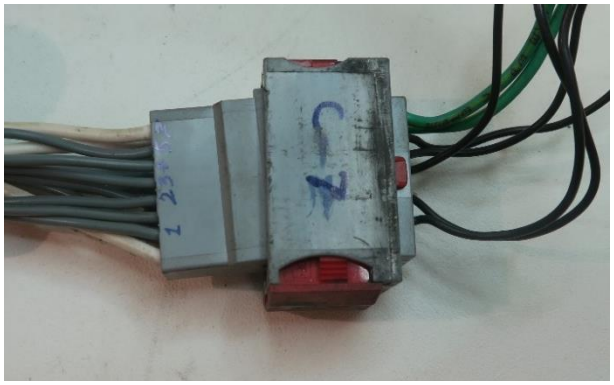
شکل ۲۰:نوسانات اختلاف پتانسیل الکتریکی کانکتور شماره ۶ طی آزمون ارتعاشی در راستای محور Y



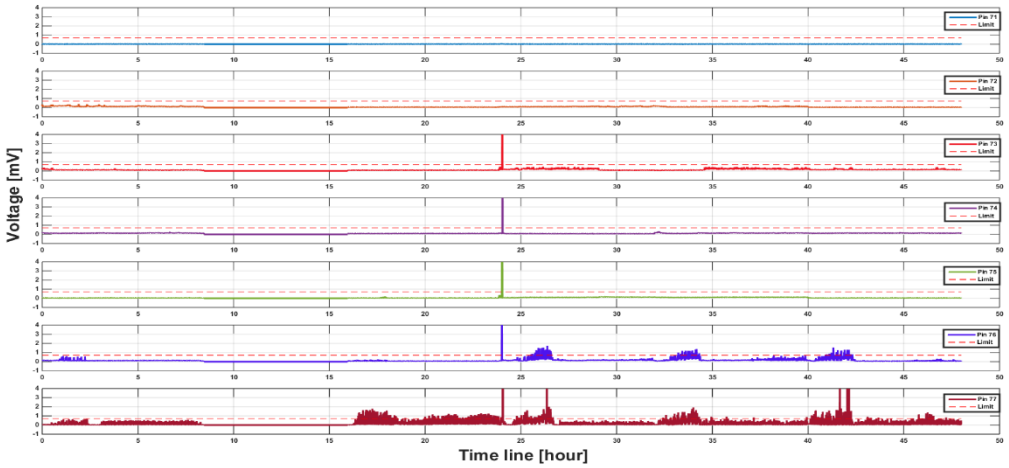
شکل ۲۱: نوسانات اختلاف پتانسیل الکتریکی کانکتور شماره ۶ طی آزمون ارتعاشی در راستای محور Z

کانکتور شماره ۷

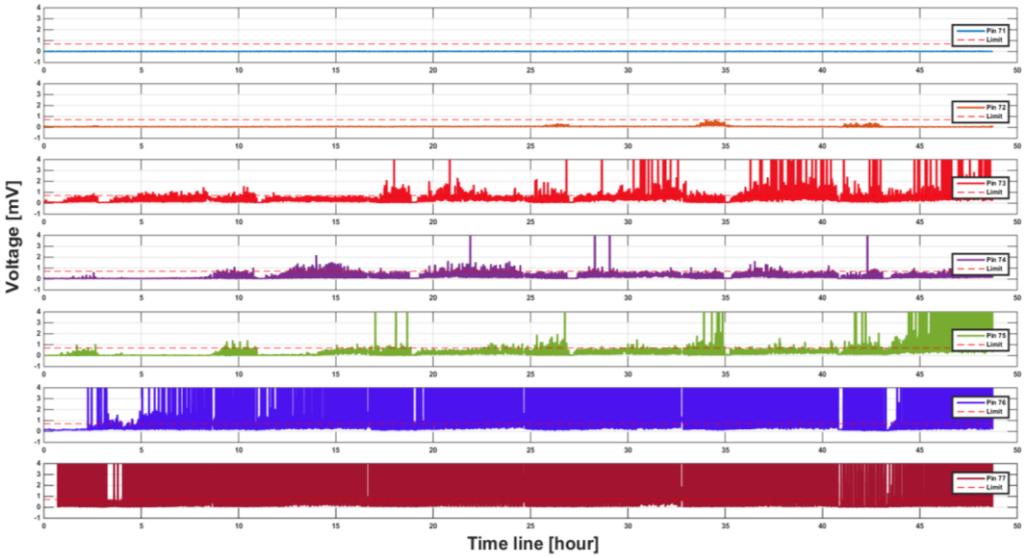
کانکتور شماره ۷ هم دارای ۷ پایه با اتصال سیم رابط است که نوسانات اختلاف پتانسیل الکتریکی آن‌ها مورد مطالعه قرار گرفت. دو سمت کانکتور شماره ۷ توسط یک ضامن به یکدیگر قفل می‌شوند و نحوه اتصال آن با سایر کانکتورها متفاوت است. به طور کلی سیم‌های کانکتور شماره ۷ از سایر کانکتورها ضخیم‌تر است. سیم‌های رابط کانکتور ۶ و ۷ در میان سیم‌های این کانکتور از قطر بزرگ‌تری برخوردار هستند. پایه‌های ۱ الی ۵ عملکرد مناسبی طی ارتعاش در راستای X از خودشان نشان داده‌اند اما به مرور زمان نوساناتی غیر قابل چشم‌پوشی در پایه‌های ۶ و ۷ قابل تشخیص است. وضعیت مشابهی برای کانکتورهای ۳ الی ۵ طی ارتعاش در سایر راستاها، رخ می‌دهد و در انتهای آزمون، دامنه نوسانات اختلاف پتانسیل الکتریکی در پایه‌های ۳ و ۵، به بالاتر از ۴ ولت می‌رسد اما پایه شماره چهار تقریباً از ساعت ۱۰ آزمون راستای Y، دامنه نوسانات اختلاف پتانسیل الکتریکی تقریباً ثابتی را تجربه می‌نماید. در این بین کانکتورهای شماره ۶ و ۷ از همان ساعات اولیه ارتعاش در راستای Y، به طور کامل قطع می‌گردد و این قطعی در آزمون راستای Z نیز پایدار است. پایه شماره یک عملکرد عالی خود را طی ارتعاش در هر سه راستا حفظ می‌کند. اگرچه عدم قرارگیری دو قسمت کانکتور ۷ در تماس با یکدیگر، می‌تولند باعث ایجاد قطعی در پایه‌های آن گردد، با توجه به قطعی پایه‌های ۶ و ۷ در کانکتور شماره ۷ و همچنین قطع اتصال پایه‌های ۳ و ۴ می‌توان این فرضیه را مطرح نمود که قطر سیم در عملکرد ارتعاشی کانکتور نقش به‌سزایی دارد و با افزایش ضخامت اتصالات و سیم‌ها، عمر کانکتور و دوام ارتعاشی آن‌ها می‌تواند کاهش یابد.



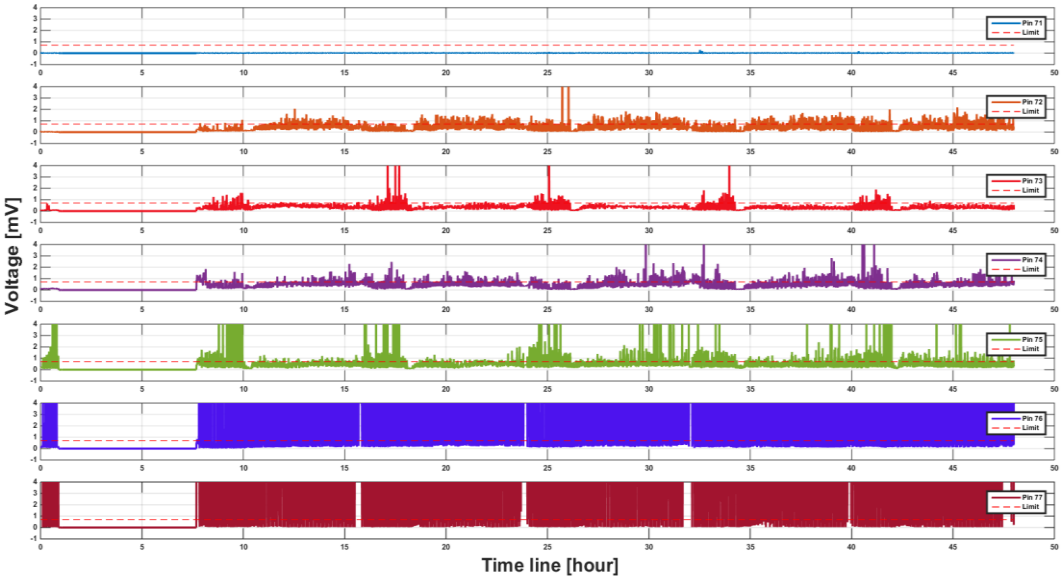
شکل ۲۲: کانکتور شماره ۷ پس از آزمون ارتعاش



شکل ۲۳:نوسانات اختلاف پتانسیل الکتریکی کانکتور شماره ۷ طی آزمون ارتعاشی در راستای محور X



شکل ۲۴:نوسانات اختلاف پتانسیل الکتریکی کانکتور شماره ۷ طی آزمون ارتعاشی در راستای محور Y



شکل ۲۵: نوسانات اختلاف پتانسیل الکتریکی کانکتور شماره ۷ طی آزمون ارتعاشی در راستای محور Z

نتیجه‌گیری

این پژوهش به منظور بررسی عملکرد کانکتورهای موجود در خودرو، طی آزمون ارتعاشی و با اعمال چرخه دمایی صورت گرفت. هفت عدد کانکتور به مدت ۴۸ ساعت در سه جهت به ارتعاش در آمدند.
با توجه به قطعی پایه‌های ۳ و ۴ از کانکتور شماره ۶ و پایه‌های ۶و۷ از کانکتور شماره ۷ که دارای سیم‌های اتصال بزرگتر نسبت به سایر پایه‌ها بودند، می‌توان نتیجه گرفت که اندازه قطر سیم‌های رابط در عملکرد ارتعاشی کانکتور تاثیر گذار است. برای مطالعه دقیق‌تر این تاثیر، بایستی تعدادی بیشتری کانکتور با قطر سیم‌های متفاوت مورد آزمون قرارگیرد.
با اجرای آزمون ارتعاشی، در برخی پایه‌ها، طی مرحله سرد چرخه دمایی، نوسانات اختلاف پتانسیل الکتریکی قابل ملاحظه‌ای مشاهده شد. با توجه به تکرارپذیری این نوسانات، با فرکانسی معادل فرکانس تکرار چرخه دما، اینگونه استنباط می‌گردد که تغییرات دما اثر به‌سزایی در ایجاد نوسانات اختلاف پتانسیل الکتریکی دارند. هرچه از مدت آزمون می‌گذرد این نوسانات در بعضی از پایه‌ها در مراحل گرم نیز ادامه پیدا می‌کند تا جایی که نوسانات در تمامی مراحل چرخه دما، یکسان مشاهده می‌گردد. اندازه‌گیری ابعاد هندسی قسمت نر و ماده کانکتور، در ابتدا و انتهای آزمون،می‌تولند کمک کند تا نقاط ضعف کانکتورهایی که دچار این تغییر شده‌اند را بدست آوریم.

تشکر و قدردانی

گرد آورندگان این مقاله مراتب قدردانی خود را از شرکت توسعه قوای محرکه دینا، که امکانات آزمایشگاهی لازم برای انجام این پژوهش را فراهم نمود، اعلام می‌دارند.

مراجع و منابع

[1] G. T. Flowers, F. Xie, M. J. Bozack, R. Horvath, R. D. Malucci, and B. I. Rickett, “Modeling early stage fretting of electrical connectors subjected to random vibration,” *IEEE Trans. Components Packag. Technol.*, vol. 28, no. 4, pp. 721–727, 2005, doi: 10.1109/TCAPT.2005.859762.

[2] R. Fu *et al.*, “Vibration-induced changes in the contact resistance of high power electrical connectors for hybrid vehicles,” *IEEE Trans. Components, Packag. Manuf. Technol.*, vol. 2, no. 2, pp. 185–193, 2012, doi: 10.1109/TCPMT.2011.2170168.

[3] M. Behzad, H. Darvish Gohari, and A. A. Mohammadi-Dehabadi, “Vibration effect on electrical resistance fluctuations in electrical connectors,” *Eng. Solid Mech.*, vol. 6, no. 4, pp. 299–306, 2018, doi: 10.5267/j.esm.2018.9.002.

[4] M. Magnusson, “Fretting tests on connector terminals,” Lunds University, 2018.

[5] Q. Shen, K. Lv, G. Liu, and J. Qiu, “Dynamic Performance of Electrical Connector Contact Resistance and Intermittent Fault under Vibration,” *IEEE Trans. Components, Packag. Manuf. Technol.*, vol. 8, no. 2, pp. 216–225, 2018, doi: 10.1109/TCPMT.2017.2771157.