

AVTOMOBIL ELEKTR ZANJIRLARIDAGI KONTAKT NOSOZLIKLARINI KO'P PARAMETRLI METROLOGIK DIAGNOSTIKA ASOSIDA ERTA ANIQLASH

Murodova Aziza
Yorqin qizi

Jizzax politexnika instituti "M va S" kafedrası p.f.f.d.
v.b.dotsenti

Azizamurodova664@gmail.com

G'aybullayev Akmal
Elmurot o'g'li

Jizzax politexnika instituti "M va S" kafedrası
magistranti

akmaljonqaybullayev03@gmail.com

Аннотация

Maqolada avtomobillarning past kuchlanishli elektr zanjirlaridagi kontakt birikmalarining texnik holatini kuchlanish tushuvi, tok va harorat ko'rsatkichlari asosida baholash usuli taklif etiladi. Tadqiqotning maqsadi kontakt qarshiligi ortishini aniqlashda o'lchash noaniqligini hisobga oluvchi diagnostik qaror qoidasini ishlab chiqishdan iborat. Nazariy modelda kontakt qarshiligi yuklama ostidagi kuchlanish tushuvi va tok nisbatidan aniqlanadi, harorat ortishi esa yordamchi diagnostik belgi sifatida qo'llanadi.

Kalit so'zlar:

avtomobil elektr tizimi, kontakt qarshiligi, kuchlanish tushuvi, metrologik diagnostika, o'lchash noaniqligi, harorat nazorati, texnik holat, qaror qoidasi.

РАННЕЕ ВЫЯВЛЕНИЕ КОНТАКТНЫХ НЕИСПРАВНОСТЕЙ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЯХ АВТОМОБИЛЯ НА ОСНОВЕ МНОГОПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ МЕТРОЛОГИЧЕСКОЙ ДИАГНОСТИКИ

Аннотация. Предложен метод оценки технического состояния контактных соединений низковольтных автомобильных цепей по падению напряжения, току и температуре. Цель работы заключается в разработке диагностического правила, учитывающего неопределённость измерений при выявлении повышенного контактного сопротивления. Сопротивление определяется по отношению падения напряжения к току нагрузки, а превышение температуры используется как дополнительный диагностический признак. На основе расширенной неопределённости выделяются допустимое, пограничное и недопустимое состояния.

Ключевые слова: электрооборудование автомобиля, контактное сопротивление, падение напряжения, метрологическая диагностика,

неопределённость измерений, температурный контроль, техническое состояние, правило принятия решения.

EARLY DETECTION OF CONTACT FAULTS IN AUTOMOTIVE ELECTRICAL CIRCUITS THROUGH MULTIPARAMETER METROLOGICAL DIAGNOSTICS

Abstract. This paper proposes a method for assessing contact connections in low-voltage automotive electrical circuits using voltage drop, current, and temperature measurements. The objective is to develop a diagnostic decision rule that accounts for measurement uncertainty when identifying increased contact resistance. Resistance is estimated from the voltage-drop-to-current ratio, while temperature rise serves as a supplementary diagnostic indicator. Expanded uncertainty is used to distinguish acceptable, borderline, and unacceptable states.

Keywords: automotive electrical system, contact resistance, voltage drop, metrological diagnostics, measurement uncertainty, temperature monitoring, technical condition, decision rule.

KIRISH

Avtomobilning elektr va elektron tizimlari barqaror ishlashi quvvat manbai, simlar, ulagichlar, relelar va kontakt birikmalarining holatiga bogʻliq. Kontakt yuzasidagi oksidlanish, mexanik boʻshash yoki siqish sifatining yomonlashishi tok oʻtish yoʻlidagi qarshilikni oshirishi mumkin. Bunday oʻzgarish dastlab qurilmaning toʻliq ishlamay qolishi bilan emas, yuklama oshgan paytdagi kuchlanish pasayishi, beqaror ishlash yoki mahalliy qizish bilan namoyon boʻladi. Shu sababli diagnostika ishlamay qolgan elementni topish bilan birga, funksional buzilishdan oldingi belgilarni aniqlashga ham yoʻnaltirilishi lozim. Kontakt qarshiligi kichik boʻlgani uchun uni oddiy qarshilik oʻlchash rejimida tekshirish ayrim holatlarda yetarli axborot bermaydi. Oʻlchash simlari va zondlarning qarshiligi natijaga qoʻshilishi, yuklamasiz sinov esa real ish rejimidagi holatni toʻliq aks ettirmasligi mumkin. Yuklama ostida kuchlanish tushuvini aniqlash kontaktning ishlash sharoitiga yaqinroq baho beradi. Biroq bunday oʻlchashda tokning oʻzgarishi, kanallarni vaqt boʻyicha moslashtirish va harorat taʼsirini hisobga olish talab qilinadi. Metrologik diagnostikada oʻlchangani qiymat bilan ruxsat etilgan chegarani qiyoslashning oʻzi yetarli emas. Chegaraga yaqin natijada oʻlchash noaniqligi qarorning asoslanganligiga bevosita taʼsir qiladi. Masalan, bir xil kontakt turli asboblardan bilan oʻlchanganda nuqtaviy baholar chegaraning turli tomonida joylashishi mumkin. Noaniqlik eʼtibordan chetda qolsa, yaroqli birikma asossiz rad etilishi yoki shubhali birikma qabul qilinishi ehtimoli yuzaga keladi. Maqolaning maqsadi kontakt qarshiligi va harorat belgilarini birgalikda tahlil qiluvchi, noaniqlikni hisobga oladigan diagnostika usulini ishlab chiqishdir. Ushbu maqsad “Avtomobillarning elektr va elektron tizimlaridagi nosozliklarni metrologik diagnostika qilish va texnik holatini baholash usullarini takomillashtirish” mavzusidagi magistrlik tadqiqotining aniq bir qismini qamrab oladi. ADM Jizzax zavodi taklif etilayotgan usulni tekshirish uchun amaliy obyekt sifatida koʻriladi; korxonaning

amaldagi ishlab chiqarish jarayoni yoki mavjud diagnostika vositalari haqida tasdiqlanmagan ma'lumotlar kiritilmaydi.

ADABIYOTLAR TAHLILI

JCGM hujjatlarida o'lchash natijasini baholash o'lchash modeli, kirish kattaliklari va ularning noaniqliklari bilan bog'liq holda ko'rib chiqiladi [1, 2]. Kontakt qarshiligini bilvosita aniqlash uchun bu yondashuv kuchlanish va tok kanallarining ta'sirini alohida hisoblash imkonini beradi. JCGM 106 hujjatida esa noaniqlikning muvofiqlikni baholashdagi o'rni yoritilgan [3]. Ushbu maqolada mazkur umumiy prinsiplar kontakt birikmasi bo'yicha diagnostik qarorni loyihalashga tatbiq etiladi. Kichik qarshiliklarni o'lchashga oid Tektronix va Keithley texnik materiallarida ikki simli ulashda o'lchash simlari qarshiligining natijaga qo'shilishi hamda to'rt simli Kelvin ulashining afzalligi ko'rsatiladi [4]. Bu prinsip tekshirilayotgan kontaktning ikkala tomoniga kuchlanish zondlarini aniq joylashtirish zarurligini asoslaydi. Nazorat nuqtalari uzoqlashtirilsa, o'lchanadigan kattalik faqat kontakt qarshiligini emas, ular orasidagi sim qismlarining qarshiligini ham qamrab oladi.

Avtomobil elektr jihozlarini sinashda tashqi elektr ta'sirlarini hisobga olish ham zarur. ISO 16750-2:2023 hujjati yo'l transporti vositalaridagi elektr va elektron jihozlarning elektr yuklamalariga oid sinovlar doirasini belgilaydi [5]. Mazkur standart maqolada universal kontakt qarshiligi chegarasining manbai sifatida ishlatilmaydi. Muayyan ulagich yoki elektr tarmog'i uchun ruxsat etilgan qiymat ishlab chiqaruvchi texnik hujjati va kelishilgan sinov rejimidan olinishi kerak. Tokni qayd etishda shuntga asoslangan o'lchash kanali qo'llanishi mumkin. Masalan, Texas Instruments kompaniyasining INA240-Q1 qurilmasi avtomobil ilovalari uchun mo'ljallangan tok o'lchash kuchaytirgichi bo'lib, impuls kengligi modulyatsiyasi bilan bog'liq umumiy rejimdagi o'tkinchi ta'sirlarni bostirish xususiyatiga ega [6]. Bunday komponentning mavjudligi butun diagnostika tizimining aniqligi yoki avtomobilga o'rnatishga tayyorligini avtomatik tasdiqlamaydi; shunt, kuchaytirgich, raqamlashtirgich va ulanishlar birgalikda tekshirilishi lozim. Ko'rib chiqilgan manbalar asosida tadqiqot masalasi uchta o'lchash ko'rsatkichini shunchaki yig'ish emas, ularni bir xil ish rejimida talqin qilish deb belgilandi. Ushbu ishning metodik hissiati kontakt qarshiligi bo'yicha uch holatli qaror qoidasini qo'shimcha harorat belgisi va o'lchash ma'lumotlarining yaroqlilik nazorati bilan birlashtirishdan iborat. Uning amaliy ustunligi tajriba orqali tekshirilishi kerak.

MATERIAL VA METODLAR

Tadqiqot nazariy modellashtirish, sezgirlik koeffitsiyentlari orqali noaniqlikni hisoblash va shartli ssenariylarni qiyoslash usullariga asoslanadi. Tadqiqot predmeti past kuchlanishli avtomobil elektr zanjirlaridagi kontakt birikmasining yuklama ostidagi ekvivalent qarshiligidir. Dastlabki sinovlar tok chekloviga ega laboratoriya stendida bajarilishi ko'zda tutiladi. Usul yuqori kuchlanishli tortish tizimlari uchun bevosita qo'llash yo'riqnomasi hisoblanmaydi. O'lchash majmuasi kontaktning ikki tomonidagi differensial kuchlanish kanali, tok kanali, kontakt yuzasi harorati datchigi, yaqin muhit harorati datchigi va vaqt belgilarini yozuvchi qurilmadan tashkil topadi. Elektr kattaliklar bir xil vaqt oynasida olinadi. Haroratning elektr signalga nisbatan sekinroq o'zgarishi hisobga olinib, uning o'rtachalashtirish oralig'i alohida

belgilanadi. Turli tezlikdagi kanallarni mexanik ravishda bir vaqt nuqtasiga birlashtirish o'rniga, har bir yozuvning vaqt oralig'i saqlanadi. Kalibrlashda kuchlanish kanali kutilayotgan millivolt diapazonida, tok kanali esa sinov yuklamalari oralig'ida tekshiriladi. Harorat kanali mos tayanch termometr bilan taqqoslanadi. Kalibrlash sertifikatidagi noaniqlik va tuzatmalar, raqamlashtirish qadami, nol siljishi hamda takrorlanuvchanlik hisobga olinadi. Kalibrlashdan oldingi va keyingi nazorat o'lchashlari kanallarning siljishini aniqlashga yordam beradi. Metrologik kuzatuvchanlik qo'llangan tayanch vositalar hujjatlari orqali ta'minlanishi kerak.

O'LCHASH MODELI VA DIAGNOSTIK MEZONLAR

Kontaktning tanlangan nazorat nuqtalari orasidagi ekvivalent qarshiligi quyidagicha aniqlanadi:

$$R = \Delta V / I. \quad (1)$$

Bu yerda R — qarshilik, Ω ; ΔV — tuzatmalar qo'llangan kuchlanish tushuvi, V ; I — shu vaqt oynasidagi tok, A . Model kvazistatsionar, asosan rezistiv rejim uchun qo'llanadi. Tok nolga yaqinlashganda nisbat beqarorlashadi; shuning uchun hisoblash faqat oldindan belgilangan minimal tokdan yuqorida bajariladi. O'tkinchi rejimda induktiv tashkil etuvchi ahamiyatli bo'lsa, $\Delta V/I$ sof kontakt qarshiligi sifatida talqin qilinmaydi.

Mahalliy qizishni baholash uchun kontakt va yaqin muhit harorati farqi olinadi:

$$\Delta T = T_k - T_m. \quad (2)$$

Harorat farqi atrof-muhitning umumiy isishini qisman ajratishga yordam beradi. Biroq kontakt yaqinidagi dvigatel yoki boshqa issiqlik manbai, havo oqimi, datchikni mahkamlash usuli va issiqlik inersiyasi natijaga ta'sir qiladi. Shu sababli ΔT kontakt qarshiligi ortishining yakka isboti emas, elektr o'lchashlarini qo'llab-quvvatlovchi belgi sifatida ishlatiladi. Kvazistatsionar sharoitda kontaktning elektr quvvat yo'qotishi $P = I^2 R$ bilan ifodalanadi. Bir xil tokda qarshilik ortishi ajraladigan quvvatni oshiradi. Real avtomobil zanjirida esa tok ham o'zgarishi mumkin; shu bois qarshilik ikki barobar oshganda harorat ham ikki barobar oshadi degan xulosa chiqarilmaydi. Haroratning vaqt bo'yicha javobi birikmaning issiqlik sig'imi va sovitilish sharoitiga bog'liq. Kirish kattaliklari o'zaro korrelyatsiyalanmagan va chiziqlashtirish maqbul bo'lgan holatda birlashgan standart noaniqlik quyidagicha yoziladi [1]:

$$uc(R) = \sqrt{[(u(\Delta V)/I)^2 + (\Delta V \cdot u(I)/I^2)^2]}. \quad (3)$$

Kengaytirilgan noaniqlik $U_r = k \cdot uc(R)$ orqali aniqlanadi. Quyidagi misolda $k = 2$ qabul qilinadi; uni barcha holatlarda aynan 95 foizlik qamrov deb talqin qilish mumkin emas. Kuchlanish va tok o'lchashlari umumiy omilga bog'liq bo'lsa, kovariatsiya hadi qo'shiladi. Ulangan simlar, harorat tuzatmasi yoki sinxronlash ta'siri ahamiyatli bo'lsa, ular o'lchash modeliga alohida kiritiladi. Ruksat etilgan yuqori qarshilik chegarasi R_1 bo'lsin. Maqolada konservativ interval taqqoslash qoidasi taklif etiladi: $R + U_r \leq R_1$ bo'lsa, natija belgilangan rejimda me'yor doirasida; $R - U_r > R_1$ bo'lsa, me'yordan tashqari; qolgan holatlarda esa chegaraviy deb baholanadi [3].

1-jadval.

Diagnostic holat va keyingi amal

Holat	Qarshilik bo'yicha shart	Tavsiya etiladigan amal
Me'yor doirasida	$R + U_r \leq R_1$	Natijani sinov rejimi bilan qayd etish
Chegaraviy	Interval R_1 chegarasini kesadi	Ulanish, yuklama va noaniqlikni tekshirib, qayta o'lchash
Me'yordan tashqari	$R - U_r > R_1$	Kontaktni mustaqil tekshirish va texnik hujjat bo'yicha chora ko'rish
Baholab bo'lmaydi	Tok yetarli emas yoki ma'lumot yaroqsiz	O'lchash sharoitini tiklash; holatni avtomatik sog'lom deb belgilamaslik

Harorat bo'yicha ortiqcha qizish yoki tez o'sish kuzatilsa, elektr mezon me'yor doirasida bo'lgan taqdirda ham alohida tekshiruv belgilanadi. Bunday vaziyat tashqi issiqlik manbai, zondlarning noto'g'ri joylashishi yoki elektr kanalning nosozligi bilan bog'liq bo'lishi mumkin. Kontakt bo'yicha "me'yor doirasida" xulosasi butun avtomobil yoki elektron tizimning yaroqliligini tasdiqlamaydi; xulosa tekshirilgan birikma va sinov rejimi bilan chegaralanadi.

HISOBLASH NATIJALARI

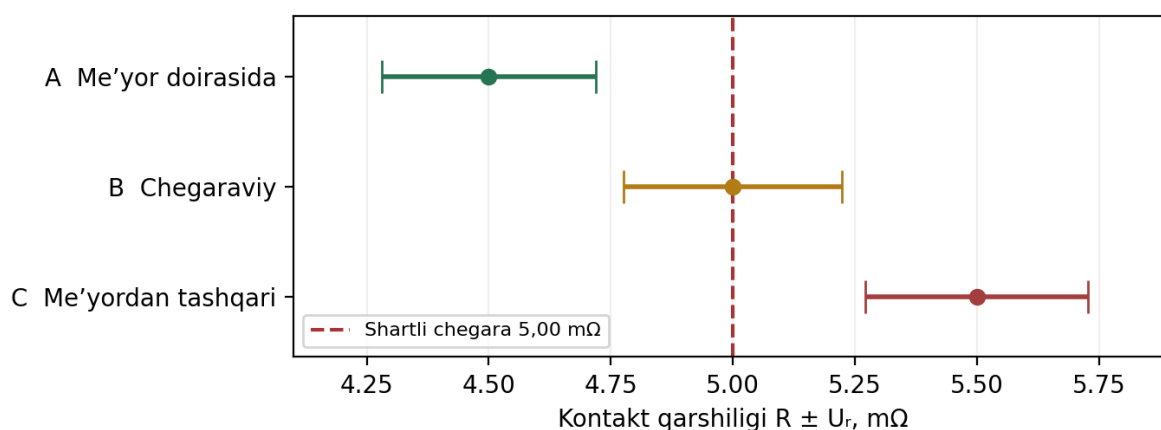
Quyidagi qiymatlar usulni namoyish etish uchun tanlangan shartli hisoblash ma'lumotlaridir. Ular ADM Jizzax zavodida olingan o'lchashlar emas. Birinchi misolda $\Delta V = 0,100$ V va $I = 20,0$ A deb olinsa, $R = 0,005 \Omega = 5,00$ m Ω hosil bo'ladi. Kuchlanishning umumiy standart noaniqligi 0,002 V, tokning umumiy standart noaniqligi esa 0,20 A deb qabul qilinadi. Bu qiymatlar muayyan asbob pasportiga nisbat berilmaydi. Kuchlanish kanalining qarshilikka keltirilgan hissasi $0,002/20 = 0,000100 \Omega$, ya'ni 0,100 m Ω ga teng. Tok kanalining hissasi $0,100 \cdot 0,20/20^2 = 0,000050 \Omega$, ya'ni 0,050 m Ω ni tashkil qiladi. Ularning kvadratik yig'indisidan $uc(R) \approx 0,112$ m Ω , $k = 2$ da esa $U_r \approx 0,224$ m Ω kelib chiqadi. Demak, natija $R = (5,00 \pm 0,22)$ m Ω ko'rinishida ifodalanadi.

Ushbu misolda qarshilik dispersiyasiga kuchlanish kanalining hissasi 80 foiz, tok kanalining hissasi 20 foizni tashkil etadi. Bu ulushlar faqat qabul qilingan noaniqliklar va ish nuqtasi uchun tegishli. Shuning uchun diagnostika aniqligini yaxshilashning birinchi yo'li kuchlanish kanalidagi nol siljishi, zond ulanishi va shovqin manbalarini kamaytirish bo'lishi mumkin. Boshqa tok yoki diapazonda hissalar qayta hisoblanadi. Qaror mexanizmini taqqoslash uchun $R_1 = 5,00$ m Ω shartli chegara tanlandi. Bu qiymat zavod me'yori yoki biror avtomobil modeli uchun ruxsat etilgan limit emas. Uch ssenariyda tok 20,0 A da saqlanadi, kuchlanish tushuvi esa mos ravishda 0,090; 0,100 va 0,110 V deb olinadi. Har bir ssenariy uchun noaniqlik alohida hisoblangan.

2-jadval.

Shartli hisoblash ssenariylari

Ssenariy	ΔV , V	I, A	R, m Ω	U_r , m Ω	Qaror
A	0,090	20,0	4,50	0,219	Me'yor doirasida
B	0,100	20,0	5,00	0,224	Chegaraviy
C	0,110	20,0	5,50	0,228	Me'yordan tashqari



1-rasm. Shartli qarshilik limitiga nisbatan noaniqlik intervallari

Birinchi ssenariyda intervalning yuqori chegarasi taxminan 4,72 mΩ boʻlib, shartli limitdan pastda qoladi. Ikkinchi ssenariy intervali chegarani kesib oʻtadi va nuqtaviy bahoning aynan limitga tengligi yakuniy qabul qilish uchun yetarli boʻlmaydi. Uchinchi ssenariyda pastki chegara taxminan 5,27 mΩ boʻlgani uchun tanlangan qoida boʻyicha meʼyordan tashqari holat aniqlanadi. Shunday qilib, intervaldan foydalanish chegaraviy natijani mustaqil diagnostik toifa sifatida ajratadi. Hisoblashlar nosozlikni aniqlash ehtimoli yoki vaqt boʻyicha erta ogohlantirish samaradorligini isbotlamaydi. “Erta aniqlash” imkoniyatini tasdiqlash uchun kontakt holati yomonlashishi davomida signalning qachon paydo boʻlishi va funksional buzilishning qachon boshlanishi tajribada qayd etilishi kerak. Mazkur natijalar esa bunday tekshiruv uchun metrologik qaror mexanizmini beradi.

ADM JIZZAX SHAROITIDA TEKSHIRISH METODIKASI

Amaliy tadqiqotning birinchi bosqichida korxona mutaxassislari bilan diagnostika obyekti kelishiladi: ulagich, quvvat taqsimlash birikmasi yoki past kuchlanishli zanjirning aniq segmenti tanlanadi. Har bir obyekt uchun nazorat nuqtalari, nominal ish rejimi, ruxsat etilgan harorat va qarshilik talablari hujjatlashtiriladi. Turli material, kesim va tuzilishga ega birikmalarni bitta universal limit bilan baholash oʻrniga, taqqoslanadigan guruhlar shakllantiriladi.

Ikkinchi bosqichda laboratoriya stendida dastlabki xarakteristikalar olinadi. Nazorat qilinadigan qarshilik elementlari yordamida diagnostik kanalning javobi tekshiriladi, keyin esa alohida namunaviy kontakt birikmalarining holati oʻrganiladi. Ketma-ket rezistor elektr yoʻqotishni modellashtirishi mumkin, lekin boʻshashgan yoki oksidlangan kontaktning barcha issiqlik va noxiziqli xususiyatlarini takrorlamaydi. Shu farq hisobotda saqlanadi. Nosozlikni modellashtirish ishlab chiqarilayotgan avtomobilning elektr tarmogʻida bajarilmaydi.

Uchinchi bosqichda tok, atrof-muhit harorati va kontakt holati boʻyicha omilli sinov rejasi tuziladi. Faktor darajalari obyektning texnik chegaralari ichida tanlanadi. Har bir holatda takroriy oʻlchashlar, barqarorlashish vaqti va dastlabki harorat qayd etiladi. Takrorlar soni oldindan baholangan tarqalish va talab etiladigan baholash aniqligiga muvofiq belgilanadi. Ketma-ket yozilgan minglab namunalar mustaqil minglab tajribaga tenglashtirilmaydi.

To'rtinchi bosqichda oddiy nuqtaviy mezon bilan noaniqlikni hisobga oluvchi qoida bir xil sinov ma'lumotlarida taqqoslanadi. Haqiqiy holat taklif etilgan algoritmdan mustaqil tayanch tekshiruv bilan belgilanadi. Baholashda aniqlangan nosozliklar ulushi, soxta ogohlantirishlar ulushi, aniqlanmagan nosozliklar ulushi va chegaraviy natijalar ulushi alohida ko'rsatiladi. Chegaraviy natijalar hisobdan chiqarib tashlansa, usulning amaliy imkoniyati sun'iy ravishda yuqori ko'rinishi mumkin.

Beshinchi bosqichda erta ogohlantirish vaqti baholanadi. Diagnostik signal paydo bo'lgan vaqt bilan mustaqil belgilangan funksional buzilish mezoniga yetish vaqti orasidagi farq qayd etiladi. Harorat kanaliga ketma-ket kuzatuv sharti qo'llansa, u soxta signallarni kamaytirishi bilan birga ogohlantirishni kechiktirishi mumkin. Shu sababli ketma-ket namunalar soni hamda namuna olish oralig'i tajribada birgalikda tanlanadi.

Sinov bayonnomasida obyekt kodi, birikma turi, ulanish sxemasi, tayanch vositalar, kalibrlash holati, yuklama, muhit harorati, vaqt qatori, noaniqlik budjeti va qaror qayd etiladi. Korxona sharoitida joriy etishdan oldin o'lchashning ishlab chiqarish sikliga ta'siri, zond ulash takrorlanuvchanligi va operatorlar orasidagi farq tekshiriladi. Ta'mir yoki kontakti qayta mahkamlashdan keyin ayni sharoitda takroriy o'lchash o'tkazilishi diagnostik xulosani mustaqil tekshirishga yordam beradi.

MUHOKAMA

Taklif etilgan usulda kuchlanish va tok birgalikda qarshilikni baholashga xizmat qiladi, harorat esa fizik izohni to'ldiradi. Faqat kuchlanish tushuviga tayangan holda qaror chiqarishda yuklamaning o'zgarishi nosozlik belgisi bilan aralashib ketishi mumkin. Tokni hisobga olish bu omilni qisman ajratadi, lekin juda kichik tokda noaniqlikning nisbiy ta'siri ortadi. Shu sababli metodikaning ajralmas qismi yaroqli o'lchash sharoitini oldindan belgilashdir. Harorat nazoratining qo'shilishi elektr belgilarni tekshirish imkonini kengaytiradi, ammo turli fizik kattaliklarning mavjudligi avtomatik ravishda diagnostik ishonchlilikni oshirmaydi. Masalan, sovitilish kuchaysa, qarshilik yuqori bo'lgan kontakt ham sezilarli qizimasligi mumkin. Aksincha, tashqi issiqlik manbai yaxshi kontaktning haroratini oshiradi. Shuning uchun barcha belgilar bir vaqtda chegaradan oshishini majburiy talab qilish ayrim nosozliklarni o'tkazib yuborishi mumkin; harorat qarori elektr qaroridan alohida saqlanadi. Usulning chegarasi uning kontakt birikmasi va belgilangan ish rejimiga bog'liqligidir.

XULOSA

Avtomobil elektr zanjirlaridagi kontakt birikmalarini yuklama ostida kuchlanish tushuvi, tok va harorat ko'rsatkichlari orqali baholash usuli taklif etildi. Qarshilikning nuqtaviy qiymatini noaniqlik intervali bilan to'ldirish asosida me'yor doirasidagi, chegaraviy va me'yordan tashqari holatlarni ajratadigan qaror qoidasi ishlab chiqildi. O'lchashning yaroqlilik shartlari va haroratning yordamchi belgi sifatidagi vazifasi belgilandi.

Shartli hisoblashda 5,00 mΩ qarshilik uchun kengaytirilgan noaniqlik taxminan 0,22 mΩ ni tashkil etdi. Bu misol chegara yaqinida birgina o'lchangan qiymatga tayanish yetarli emasligini ko'rsatadi. Kuchlanish kanalining noaniqlikdagi ustun hissasi aniqlikni yaxshilash ishlarini qaysi yo'nalishdan boshlashni asoslashga xizmat qildi; ushbu natija qabul qilingan hisoblash shartlari bilan cheklanadi.

ADM Jizzax avtomobil zavodi misolida usulni tekshirish uchun obyekt tanlash, o'lchash kanallarini kalibrlash, omilli sinovlar va mustaqil tayanch baholashni o'z ichiga olgan metodika tavsiya etildi. Kelgusidagi tadqiqotda erta ogohlantirish vaqti, soxta signallar va aniqlanmagan nosozliklar ulushi baholanishi kerak. Taklifning ishlab chiqarish samaradorligi mazkur tajribalar o'tkazilgandan keyingina miqdoriy tasdiqlanishi mumkin.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. JCGM. Evaluation of measurement data — Guide to the expression of uncertainty in measurement. JCGM 100:2008. DOI: <https://doi.org/10.59161/JCGM100-2008E>
2. JCGM. Guide to the expression of uncertainty in measurement — Part 6: Developing and using measurement models. JCGM GUM-6:2020. DOI: <https://doi.org/10.59161/JCGMGUM-6-2020>
3. JCGM. Evaluation of measurement data — The role of measurement uncertainty in conformity assessment. JCGM 106:2012. DOI: <https://doi.org/10.59161/JCGM106-2012>
4. Tektronix / Keithley. Overview of Two-Wire and Four-Wire (Kelvin) Resistance Measurements. Application note. URL: <https://www.tek.com/en/documents/application-note/overview-two-wire-and-four-wire-kelvin-resistance-measurements>
5. ISO. ISO 16750-2:2023. Road vehicles — Environmental conditions and testing for electrical and electronic equipment — Part 2: Electrical loads. URL: <https://www.iso.org/standard/76119.html>
6. Texas Instruments. INA240-Q1 — Automotive current-sense amplifier. Product documentation and datasheet. URL: <https://www.ti.com/product/INA240-Q1>