SCIENCE HUB REVIEW
2026
Volume 1
Issue 5
www.sciencehubreview.uz
ILMIY ELEKTRON JURNAL

AVTOMOBILLARNING ELEKTR VA ELEKTRON TIZIMLARI: TUZILISHI, ISHLASH PRINSIPLARI VA ASOSIY TEXNIK KO‘RSATKICHLARI
АВТОМОБИЛЬНЫЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ И ЭЛЕКТРОННЫЕ СИСТЕМЫ: СТРУКТУРА, ПРИНЦИПЫ РАБОТЫ И ОСНОВНЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ
AUTOMOTIVE ELECTRICAL AND ELECTRONIC SYSTEMS: STRUCTURE, OPERATING PRINCIPLES AND KEY TECHNICAL PARAMETERS

Murodova Aziza Yorqin qizi

Jizzax politexnika instituti, “Metrologiya va standartlashtirish” kafedrasi, PhD, v.b. dotsent

azizamurodova664@gmail.com

G‘aybullayev Akmal Elmurot o‘g‘li

Jizzax politexnika instituti, “Metrologiya va standartlashtirish” kafedrasi magistranti

akmaljongaybullayev03@gmail.com

Annotatsiya

Avtomobillarning elektr va elektron tizimlarini funksional jihatdan tasniflash, ularning ishlash prinsiplarini hamda tipik texnik ko‘rsatkichlarini umumlashtirish. Materiallar va metodlar: ilmiy-texnik adabiyotlar, standartlar va avtomobil elektr jihozlarining funksional sxemalari nazariy-tahliliy, taqqoslash va tizimlashtirish usullari bilan o‘rganildi. Natijalar: elektr ta’minoti, ishga tushirish, o‘t oldirish, dvigatelni elektron boshqarish, yoritish, nazorat-o‘lchov, xavfsizlik, qulaylik hamda bort aloqa tarmoqlari to‘qqiz funksional guruhga ajratildi; ularning tipik parametrlariga oid jadvallar tuzildi. Bundan tashqari, CAN va OBD-II interfeyslariga asoslangan, nosozlik kodlarini o‘zbek tilida tushuntiruvchi ESP32 diagnostika qurilmasining konseptual tuzilishi hamda sinov mezonlari taklif etildi. Xulosa: avtomobil elektronikasining integratsiyalashuvi diagnostika, metrologik ishonchlilik va kiberxavfsizlikka qo‘yiladigan talablarni oshiradi. Qurilmaning amaliy samaradorligi keyingi tajriba-sinovlarda tekshirilishi lozim.

Kalit so‘zlar
avtomobil elektr jihozlari, elektron boshqaruv bloki, ECU, CAN-shina, OBD-II, datchik, aktuator, metrologik diagnostika, ESP32.
Аннотация
Классифицировать электрические и электронные системы автомобилей, обобщить принципы их работы и типовые технические параметры. Методы: теоретический анализ научно-технической литературы и стандартов, функциональное сравнение и систематизация. Результаты: выделены девять функциональных групп автомобильных систем и сведены в таблицы их типовые характеристики. Предложена концепция диагностического устройства на базе ESP32 с интерфейсами CAN и OBD-II и пояснением кодов неисправностей на узбекском языке; определены показатели его последующей проверки. Выводы: интеграция электронных систем повышает требования к диагностике, метрологической достоверности и кибербезопасности. Экспериментальная эффективность предлагаемого устройства пока не подтверждена.
Ключевые слова
электрооборудование автомобиля, электронный блок управления, CAN, OBD-II, датчик, исполнительное устройство, метрологическая диагностика, ESP32.
Abstract
Automotive electrical and electronic systems and summarize their operation and typical technical parameters. Methods: a theoretical review of technical literature and standards, functional comparison, and systematic analysis. Results: nine functional groups were identified, and typical electrical and communication parameters were summarized in comparative tables. A conceptual ESP32-based diagnostic device using CAN and OBD-II, with Uzbek-language explanations of diagnostic trouble codes, and a plan for its subsequent validation were also proposed. Conclusions: increasing integration of automotive electronics creates stronger requirements for diagnostics, measurement reliability, and cybersecurity. The proposed device has not yet been experimentally validated.
Keywords
automotive electrical systems, electronic control unit, CAN bus, OBD-II, sensors, actuators, metrological diagnostics, ESP32.

Kirish (Introduction)

So‘nggi o‘n yilliklarda avtomobil sanoatida elektr va elektron komponentlarning ulushi keskin ortdi. Agar XX asrning o‘rtalarida avtomobil elektr jihozlari asosan akkumulyator, generator, starter, o‘t oldirish va yoritish tizimlaridan iborat bo‘lgan bo‘lsa, bugungi kunda zamonaviy yengil avtomobilda o‘nlab, premium sinfda esa yuzdan ortiq elektron boshqaruv bloklari ishlaydi. Elektronika avtomobil tannarxining sezilarli qismini tashkil etadi va bu ulush elektromobillar hamda gibrid avtomobillarga o‘tish bilan yanada ortib bormoqda [1, 2]. Elektron tizimlarning keng joriy etilishi bir necha omil bilan bog‘liq: ekologik me’yorlarning qat’iylashuvi (chiqindi gazlar toksikligini kamaytirish), yoqilg‘i

tejamkorligiga bo‘lgan talab, harakat xavfsizligini oshirish (ABS, ESP, haydovchiga yordam tizimlari) hamda qulaylik va axborot-aloqa imkoniyatlarini kengaytirish. Biroq o‘quv va ilmiy adabiyotlarda mazkur tizimlar ko‘pincha alohida-alohida, yagona tizimli sxemasiz bayon etiladi. Bu esa avtomobil elektr va elektron jihozlarini o‘rganuvchi mutaxassislar uchun ularning o‘zaro bog‘liqligini tushunishni qiyinlashtiradi. Avtomobil elektr tizimidagi kontakt nosozliklarini bir nechta o‘lchash belgisi orqali baholash, shuningdek, salonning yong‘in xavfini ko‘p parametrli monitoring asosida aniqlash bo‘yicha tadqiqotlar elektr va elektron jihozlarning o‘zaro bog‘liq holatda diagnostika qilinishi muhimligini ko‘rsatadi [6, 7]. Ushbu yondashuv funksional tasnif bilan birga diagnostika imkoniyatlarini ham tahlil qilish zaruratini asoslaydi.

Tadqiqotning maqsadi — avtomobillarning elektr va elektron tizimlarining tuzilishi, ishlash prinsipi va asosiy texnik ko‘rsatkichlarini tizimlashtirish.

Vazifalar: (1) tizimlarni vazifasi bo‘yicha tasniflash; (2) asosiy komponentlar va boshqaruv algoritmlarini izohlash; (3) tipik texnik parametrlarni taqqoslash; (4) CAN/OBD-II asosidagi mahalliy diagnostika qurilmasi konsepsiyasini shakllantirish; (5) yondashuvning cheklovlari va kelgusidagi sinov mezonlarini belgilash.

Materiallar va metodlar (Materials and methods)

Tadqiqot nazariy-tahliliy xarakterga ega bo‘lib, real avtomobildan olingan eksperimental o‘lchashlar yoki tayyor qurilmaning laboratoriya sinovlari natijalarini o‘z ichiga olmaydi. Manba sifatida avtomobil elektr jihozlariga oid darsliklar [1–3], CAN va funksional xavfsizlik bo‘yicha standartlar [4, 5], hamda avtomobil elektr zanjirlarining diagnostikasiga oid mahalliy ilmiy ishlar [6, 7] ko‘rib chiqildi.

– Adabiyotlarni tahlil qilish — avtomobil elektr jihozlari bo‘yicha xalqaro darsliklar, ishlab chiqaruvchilarning texnik ma’lumotnomalari va standartlari (ISO 11898, ISO 26262 va boshqalar) o‘rganildi;

– Tizimli yondashuv — avtomobil elektr va elektron jihozlari yagona tizim sifatida, kirish (datchiklar), qayta ishlash (ECU) va chiqish (aktuatorlar) bloklariga ajratib ko‘rildi;

– Taqqoslash usuli — an’anaviy (karbyurator va kontaktli) hamda zamonaviy (elektron boshqariladigan) tizimlar solishtirildi;

– Umumlashtirish — texnik ko‘rsatkichlar tipik qiymat oralig‘ida jadvalga jamlandi.;

Tahlilda tizimlar funksional vazifasi, kirish signali, boshqaruv qismi, ijro elementi va aloqa kanali mezonlari bo‘yicha guruhlandi. CAN/OBD-II qurilmasi konsepsiyasi uchun apparat komponentlari, diagnostik so‘rovlar va tekshirish ko‘rsatkichlari alohida tizimlashtirildi. Me’yoriy qiymatlar faqat tipik diapazon sifatida berildi: ular muayyan avtomobil, dvigatel, boshqaruv bloki va ishlab chiqaruvchining talablarini almashtirmaydi. Taklif etilayotgan diagnostikani keyinchalik baholashda tekshiruv skaneri bilan taqqoslash, o‘lchash sharoitini qayd etish va elektr parametrlarining noaniqligini hisobga olish zarur [7, 9]. Ishning asosiy natijasi funksional tasnif va tajribada tekshirilishi lozim bo‘lgan texnik taklifdir; sinovdan o‘tmagan natijalar isbotlangan samaradorlik sifatida keltirilmaydi.

Natijalar (Results)

3.1. Avtomobil elektr va elektron tizimlarining funksional tasnifi

Avtomobil elektr va elektron jihozlarini funksional belgilariga ko‘ra quyidagi guruhlarga ajratish mumkin:

1-jadval. Avtomobil elektr va elektron tizimlarining funksional guruhlari

№	Guruh	Asosiy tarkibiy qismlari	Vazifasi
1	Elektr ta’minoti tizimi	Akkumulyator batareyasi, generator, kuchlanish rostlagichi	Barcha iste’molchilarni elektr energiyasi bilan ta’minlash
2	Dvigatelni ishga tushirish tizimi	Starter, tortuvchi rele, yoqish kaliti yoki tugma	Dvigatel tirsakli valini dastlabki aylantirish
3	O‘t oldirish tizimi	O‘t oldirish g‘altagi, shamlar, boshqaruv bloki	Yonilg‘i-havo aralashmasini uchqun bilan yondirish
4	Yoqilg‘i purkash va dvigatelni boshqarish	Forsunkalar, yoqilg‘i nasosi, ECU, datchiklar	Aralashma tarkibi va yonish jarayonini boshqarish
5	Yoritish va signalizatsiya	Faralar, orqa chiroqlar, burilish ko‘rsatkichlari, ovozli signal	Ko‘rinishni ta’minlash va boshqa harakat qatnashchilarini ogohlantirish
6	Nazorat-o‘lchov asboblari	Tezlik o‘lchagich, taxometr, yoqilg‘i va harorat ko‘rsatkichlari, displey	Haydovchini avtomobil holati haqida xabardor qilish
7	Xavfsizlik va barqarorlik tizimlari	ABS, ESP, havo yostiqchalari (SRS), yordamchi tizimlar	Faol va nofaol xavfsizlikni ta’minlash
8	Qulaylik va axborot tizimlari	Konditsioner, oyna ko‘targich, markaziy qulf, multimedia	Qulaylik va axborot imkoniyatlari
9	Bort aloqa tarmoqlari	CAN, LIN, FlexRay, MOST, Ethernet	Bloklar o‘rtasida ma’lumot almashinuvi

3.2. Elektr ta’minoti va dvigatelni ishga tushirish tizimlari

Tuzilishi. Tizim akkumulyator batareyasi, generator (o‘zgaruvchan tok generatori va o‘zgarmas tokka to‘g‘rilovchi diodli ko‘prik) hamda kuchlanish rostlagichidan iborat. Yengil avtomobillarda bort tarmog‘ining nominal kuchlanishi 12 V, yuk avtomobillari va avtobuslarda 24 V ni tashkil etadi. Ishlash prinsipi. Dvigatel to‘xtab turgan paytda barcha iste’molchilar, jumladan starter, akkumulyator batareyasidan ta’minlanadi. Dvigatel ishga tushgach, generator tirsakli val aylanishi hisobiga elektr energiyasi ishlab chiqaradi. Generator rotorining qo‘zg‘atish chulg‘amidagi tokni rostlagich o‘zgartirib turadi va tarmoq kuchlanishini aylanish tezligi hamda yuklamadan qat’i nazar barqaror (taxminan 13,8–14,5 V) saqlaydi. Generator quvvati iste’molchilar talabidan oshganda ortiqcha energiya batareyani zaryadlashga yo‘naltiriladi. Zamonaviy yechimlar. Ko‘plab avtomobillarda «Start-Stop» tizimi, energiyani rekuperatsiya qilish va aqlli zaryadlash boshqaruvi qo‘llanadi. Bunda generator kuchlanishi batareya holatiga qarab ECU tomonidan o‘zgartiriladi, bu esa yoqilg‘i sarfini kamaytiradi.

Starter — ketma-ket qo‘zg‘atishli o‘zgarmas tok elektr dvigateli bo‘lib, tortuvchi rele va bendiks (erkin yurish muftasi) mexanizmi bilan jihozlangan. Haydovchi yoqish kalitini burganda (yoki tugmani bosganda) rele ishga tushib, bir vaqtning o‘zida bendiks shesternyasini dvigatel maxovigi tojiga ilashtiradi va kuchli kontaktlarni ulaydi. Starter yuzlab amper tok iste’mol qilib, tirsakli valni dvigatel o‘zi ishga tushguncha aylantiradi. Dvigatel yurib ketgach, erkin yurish muftasi starterni tojdan ajratib, uni ortiqcha aylanishdan himoya qiladi.

3.3. O‘t oldirish va dvigatelni elektron boshqarish tizimlari

Benzinli dvigatellarda o‘t oldirish tizimi past kuchlanishni (12 V) yuqori kuchlanishga (taxminan 20–40 kV) aylantirib, shamlar orasida uchqun hosil qiladi. Evolyutsion rivojlanish quyidagi bosqichlardan o‘tdi:

– kontaktli (mexanik uzgich-taqsimlagich) tizimlar;

– kontaktsiz (tranzistorli) tizimlar;

– mikroprotsessorli tizimlar;

– har bir sham uchun individual g‘altakli (taqsimlagichsiz) tizimlar.

Zamonaviy tizimda ECU tirsakli val va taqsimlash vali datchiklari signallari, dvigatel yuklamasi, harorati hamda detonatsiya datchigi ma’lumotlari asosida o‘t oldirish oldinlash burchagini real vaqtda hisoblab, g‘altakka boshqaruv impulsini beradi. Impuls to‘xtagan paytda g‘altakning birlamchi chulg‘amidagi tok keskin uziladi va ikkilamchi chulg‘amda yuqori kuchlanish induksiyalanadi. Bu tizim uch asosiy qismdan iborat: datchiklar (kirish), elektron boshqaruv bloki — ECU (qayta ishlash) va aktuatorlar (chiqish).

Asosiy datchiklar:

– havo massasi sarfi datchigi (MAF) yoki kirish kollektoridagi bosim datchigi (MAP);

– tirsakli val va taqsimlash vali holati datchiklari (Xoll effekti yoki induktiv);

– sovutish suyuqligi va kirish havosi harorati datchiklari (NTC termistor);

– drossel zaslonkasi va gaz pedali holati datchiklari (potensiometrik yoki Xoll);

– kislorod datchigi (lambda-zond);

– detonatsiya datchigi (pezoelektrik).

Ishlash prinsipi. ECU datchiklardan kelgan analog va raqamli signallarni qabul qilib, mikrokontrolleri xotirasidagi xarita (kalibrovka jadvallari) bilan solishtiradi va forsunkalarni ochish davomiyligi (purkash impulsi eni), o‘t oldirish burchagi, salt yurish rostlagichi holati va boshqa parametrlarni hisoblaydi. Kislorod datchigi chiqindi gazlardagi kislorod miqdorini o‘lchab, teskari aloqa hosil qiladi: aralashma tarkibi stexiometrik nisbatga (lambda ≈ 1) yaqin saqlanadi, bu esa uch komponentli katalitik neytralizatorning samarali ishlashini ta’minlaydi. Dizel dvigatellarda (Common Rail) ECU forsunkalarni yuqori bosimli akkumulyatordan (rail) elektromagnit yoki pezoelektrik klapanlar orqali boshqaradi. Bir sikl davomida bir necha marta (pilot, asosiy va qo‘shimcha) purkash amalga oshiriladi, bu shovqin va toksiklikni kamaytiradi. Bundan tashqari, ECU o‘z-o‘zini diagnostika qiladi (OBD-II/EOBD): nosozlik aniqlanganda xotiraga xato kodi (DTC) yozadi va asboblar panelidagi «Check Engine» chirog‘ini yoqadi.

3.4. Yoritish, nazorat-o‘lchov va xavfsizlik tizimlari

Yoritish tizimi yaqin va uzoq yorug‘lik faralari, gabarit va tormoz chiroqlari, burilish ko‘rsatkichlari, orqaga yurish chirog‘i va tuman chiroqlaridan iborat. Elektr zanjirlar

asosan rele va saqlagichlar orqali kommutatsiya qilinadi. Zamonaviy avtomobillarda galogen lampalar o‘rniga LED va lazer yorug‘lik manbalari, shuningdek, yo‘l sharoitiga moslashuvchan (adaptiv) faralar ishlatilmoqda. Nazorat-o‘lchov asboblari klassik strelkali ko‘rsatkichlardan to‘liq raqamli displeyli asboblar panelisiga o‘tdi. Datchiklar signali bort tarmog‘i orqali asboblar panelisining kontrolleriga uzatiladi va grafik shaklida ko‘rsatiladi. ABS (blokirovkaga qarshi tizim). G‘ildirak aylanish tezligi datchiklari signali ECU tomonidan tahlil qilinadi. G‘ildirak blokirovkalanish arafasida bo‘lsa, gidromodulyator klapanlari tormoz suyuqligi bosimini sekundiga bir necha o‘n marta o‘zgartirib, g‘ildirakning yo‘l bilan ilashuvini va boshqariluvchanligini saqlaydi. ESP (dinamik barqarorlik tizimi). Rul burchagi, kuzov burilish tezligi va ko‘ndalang tezlanish datchiklari ma’lumotlari haydovchining mo‘ljallangan harakat yo‘nalishi bilan solishtiriladi. Og‘ish aniqlansa, tizim alohida g‘ildiraklarni tormozlaydi va dvigatel momentini kamaytiradi. SRS (havo yostiqchalari). Tezlanish (inersion) datchiklari to‘qnashuvni aniqlaganda, boshqaruv bloki piropatronni yoqib, yostiqchani millisekundlar ichida to‘ldiradi. Tizim yuqori ishonchlilik talablariga javob berishi, shuningdek, ISO 26262 funksional xavfsizlik standartiga muvofiq ishlab chiqilishi shart.

3.5. Bort aloqa tarmoqlarining texnik xususiyatlari

Bloklar sonining ortishi bilan har bir datchik va aktuatorni alohida simlar bilan ulash iqtisodiy va texnik jihatdan maqsadga muvofiq bo‘lmay qoldi. Shu sababli ma’lumotlar yagona raqamli shinalar orqali uzatiladi:

2-jadval. Avtomobildagi bort aloqa tarmoqlarining taqqoslanishi

Tarmoq	Tezligi	Qo‘llanish sohasi
LIN	taxminan 20 kbit/s gacha	Oyna ko‘targich, ko‘zgular, o‘rindiqlar kabi oddiy qulaylik tizimlari
CAN (ISO 11898)	125 kbit/s – 1 Mbit/s	Dvigatel, transmissiya, ABS/ESP, kuzov elektronikasi
CAN FD	5–8 Mbit/s gacha (ma’lumot fazasida)	Ko‘proq ma’lumot talab qiladigan zamonaviy tizimlar
FlexRay	10 Mbit/s gacha	Yuqori ishonchlilik va determinizm talab qiladigan xavfsizlik tizimlari
MOST	25–150 Mbit/s	Multimedia va axborot-ko‘ngilochar tizimlar
Avtomobil Ethernet	100 Mbit/s – 1 Gbit/s va undan yuqori	Kameralar, radarlar, yuqori o‘tkazuvchanlikdagi magistrallar

CAN protokolida har bir xabar identifikator bilan uzatiladi va arbitraj (ustuvorlik) mexanizmi orqali bir nechta qurilma bir vaqtda uzatishga urinsa, past qiymatli identifikatorli xabar ustunlikka ega bo‘ladi. Xatolarni aniqlash uchun siklik nazorat yig‘indisi (CRC) va boshqa mexanizmlar qo‘llanadi.

3.6. Asosiy texnik ko‘rsatkichlarning umumlashtirilishi

Tizimlarning umumlashtirilgan xarakteristikalari 3-jadvalda berildi. Ko‘rsatkichlar ishlab chiqaruvchi, transport vositasi turi va konfiguratsiyasiga qarab farqlanishi mumkin. Ular muayyan model uchun normativ chegaralar sifatida emas, solishtirma ma’lumot sifatida talqin qilinadi.

3-jadval. Avtomobil elektr va elektron tizimlarining tipik texnik ko‘rsatkichlari

Tizim / element	Ko‘rsatkich	Tipik qiymat
Bort tarmog‘i (yengil avtomobil)	Nominal kuchlanish	12 V
Bort tarmog‘i (yuk avtomobili, avtobus)	Nominal kuchlanish	24 V
Qo‘rg‘oshinli akkumulyator batareyasi	Sig‘imi	45–100 A·soat
Qo‘rg‘oshinli akkumulyator batareyasi	Sovuq holda ishga tushirish toki	300–800 A (modelga qarab)
Generator	Rostlangan kuchlanish	13,8–14,5 V
Generator	Maksimal tok	70–150 A
Starter	Quvvati	0,8–2,5 kVt (dizelda 4 kVt gacha)
O‘t oldirish tizimi	Ikkilamchi kuchlanish	20–40 kV
O‘t oldirish g‘altagi	Uchqun energiyasi	30–100 mJ atrofida
Portga purkash (benzin)	Yoqilg‘i bosimi	3–4 bar
To‘g‘ridan-to‘g‘ri purkash (GDI)	Yoqilg‘i bosimi	100–350 bar
Dizel Common Rail	Rail bosimi	1600–2700 bar
Lambda boshqaruvi	Havo ortiqligi koeffitsiyenti	1,00 ± 0,01
ECU	Mikrokontroller	32-bitli, taxminan 100–300 MGts
Yuqori kuchlanishli elektromobil batareyasi	Kuchlanish	400 V yoki 800 V

3.7. CAN/OBD-II asosidagi o‘zbek tilidagi diagnostika qurilmasi konsepsiyasi

Nazariy tahlil asosida ESP32 mikrokontrolleri, tashqi CAN transiveri va avtomobilning OBD-II diagnostika ulagichi yordamida ishlaydigan, xato kodlarini o‘zbek tilida izohlaydigan qurilmaning konseptual arxitekturasi ishlab chiqish uchun taklif etildi. Ushbu tuzilma prototip sifatida yig‘ilgani yoki ishlab chiqarish sharoitida sinovdan o‘tkazilgani haqida ma’lumot mavjud emas. Bozordagi arzon ELM327 turidagi

adapterlar nosozlik kodini faqat xalqaro belgisi (masalan, P0300) bilan ko‘rsatadi, ko‘pincha chet tilidagi ilovalarga bog‘liq bo‘ladi va sifati nobarqaror. Mahalliy usta va avtomobil egasi uchun kodning o‘zbek tilidagi sodda izohi, ehtimoliy sabablari va tekshirish tartibi ko‘proq foyda beradi. Bunday mahalliylashtirilgan va internetga bog‘liq bo‘lmagan yechim hozircha keng tarqalmagan.

4-jadval. Taklif etilayotgan diagnostika qurilmasining funksional bloklari

Blok	Komponent	Vazifasi
Boshqaruv	ESP32 (ichki TWAI/CAN kontrolleri bor)	Xabarlarni qabul qilish, tahlil qilish, Wi-Fi/Bluetooth orqali uzatish
CAN transiveri	SN65HVD230 yoki shunga o‘xshash 3,3 V mikrosxema	CAN-H va CAN-L signallarini mantiqiy sathga o‘tkazish
Ta’minot	12 V → 5 V/3,3 V kuchlanish pasaytirgich, himoya diodi	OBD-II ulagichi 16-kontaktidan ta’minlanish
Ulagich	OBD-II (OBD-II) vilkasi	CAN-H (6-kontakt), CAN-L (14-kontakt), "yer" (4, 5), +12 V (16)
Interfeys	Telefon ilovasi yoki veb-sahifa	Ma’lumotlarni ko‘rsatish, kodlar bazasi (oflayn)

Qurilmaning ishlash ketma-ketligi quyidagicha ko‘zda tutiladi:

– Qurilma OBD-II ulagichiga ulanadi va ta’minot oladi.

– ESP32 va CAN transiveri orqali tashxis aloqa sessiyasi transport vositasida qo‘llaniladigan ISO 15765-4 talablari va CAN identifikatorlari formatiga mos o‘rnatiladi; tezlik va protokol avtomobilga qarab tanlanadi [8].

– ECU bilan standart diagnostik so‘rovlar amalga oshiriladi: 01-rejim — joriy ko‘rsatkichlar; 03-rejim — saqlangan nosozlik kodlari; 09-rejim — transport vositasi identifikatsiyasi. 04-rejimdagi kodlarni o‘chirish funksiyasi faqat alohida foydalanuvchi tasdig‘i va xavfsizlik tekshiruvi mavjud bo‘lganda ko‘rib chiqiladi.

– Javob baytlari formulalar orqali o‘qiladigan qiymatga aylantiriladi. Masalan, dvigatel aylanishi (PID 0x0C) = (256·A + B) / 4 ayl/min, sovutish suyuqligi harorati (PID 0x05) = A − 40 °C, dvigatel yuklamasi (PID 0x04) = A · 100 / 255 %.

– Nosozlik kodi qurilma xotirasidagi bazadan topilib, o‘zbek tilida izoh, ehtimoliy sabablar va tekshirish ketma-ketligi bilan ko‘rsatiladi.

– Ma’lumotlar Bluetooth/Wi-Fi orqali telefonga uzatiladi va xohishga ko‘ra xotira kartasiga yozib boriladi.

3.8. Loyihaning yangilik elementlari va sinov mezonlari

Qurilma konsepsiyasining amaliy yo‘nalishlari quyidagilar:

– o‘zbek tilidagi nosozlik kodlari va tushuntirishlar bazasi (internetsiz ishlaydi);

– mahalliy ommabop avtomobillar (masalan, Chevrolet Cobalt, Gentra, Spark) uchun tez-tez uchraydigan nosozliklar bo‘yicha qisqa tekshiruv yo‘riqnomalari;

– joriy parametrlarni yozib borish va ularning me’yoriy oraliqdan chetlanishini sodda qoida asosida ogohlantirish;

– komponentlarning arzonligi hisobiga ommaviy foydalanishga yaroqlilik.;

Kelgusidagi sinovlarda turli diagnostika protokollariga ega kamida 2–3 turdagi mos avtomobil tanlanishi va nazorat vositasi bilan bir xil sharoitda taqqoslash amalga oshirilishi taklif etiladi. Sinov parametrlari 5-jadvalda keltirilgan; ular bo‘yicha hozircha eksperimental sonli natijalar mavjud emas.

5-jadval. Diagnostika qurilmasini keyinchalik sinash uchun tavsiya etilgan ko‘rsatkichlar

Ko‘rsatkich	Baholash usuli
Parametrlarni o‘qish aniqligi (aylanish, harorat, tezlik)	Etalon skaner bilan farq, %
So‘rovga javob vaqti	ms hisobida o‘lchash
Nosozlik kodini to‘g‘ri aniqlash ulushi	Aniqlangan va jami kodlar nisbati
Aloqa barqarorligi	Uzilishlar soni / test davomiyligi
Tannarx	Komponentlar yig‘indisi, so‘m

Texnik cheklovlar: ayrim eski avtomobillar K-line yoki boshqa diagnostika protokollaridan foydalanadi va ular uchun alohida interfeys kerak bo‘lishi mumkin. Ishlab chiqaruvchiga xos kengaytirilgan kodlar standart OBD-II so‘rovlari orqali to‘liq ochilmasligi mumkin. Qurilmaning asosiy vazifasi ma’lumotlarni o‘qish, izohlash va qayd etishdan iborat; xavfsizlikka ta’sir qiluvchi yozish, dasturlash yoki kalibrlash amallari loyiha doirasiga kiritilmaydi.

Muhokama (Discussion)

Tahlil natijalari avtomobil elektr va elektron tizimlarining uch asosiy xususiyatini ko‘rsatadi.

Birinchidan, tizimlarning integratsiyasi. Alohida ishlovchi mexanik va elektr qurilmalar o‘rniga bir-biri bilan bort tarmog‘i orqali bog‘langan mexatronik tizimlar

shakllandi. Masalan, ESP tizimi ABS datchiklaridan, dvigatel ECU sidan va rul burchagi datchigidan ma’lumot oladi. Bu integratsiya funksionallikni oshirsa-da, nosozliklarni topish murakkabligini ham oshiradi, chunki bitta datchikning noto‘g‘ri signali bir nechta tizimning ishiga ta’sir qilishi mumkin. Shu sababli zamonaviy diagnostikada skaner va osiloskopdan foydalanish an’anaviy multimetr bilan o‘lchashni to‘ldirmoqda.

Ikkinchidan, energetik talablarning ortishi. Elektr iste’molchilar soni ko‘payishi (elektr rul kuchaytirgichi, isitkichlar, ko‘p sonli boshqaruv bloklari, yordamchi tizimlar) generator va akkumulyator batareyasiga yuklamani oshirdi. Bu 48 V li yengil gibrid (mild-hybrid) tizimlarga o‘tish va quvvatli elektr tarmoqlarini ikki kuchlanishli (12/48 V) qilib loyihalashga olib kelmoqda. Elektromobillarda esa 400–800 V li tortuvchi tarmoq va past kuchlanishli 12 V yordamchi tarmoq birgalikda ishlaydi.

Uchinchidan, dasturiy ta’minot va xavfsizlik. Avtomobil funksiyalarining katta qismi endi dasturiy ta’minot orqali belgilanadi. Bu havodan yangilash (OTA) imkoniyatini beradi, ammo bort tarmoqlariga ruxsatsiz kirish xavfini ham tug‘diradi. Klassik CAN protokolida autentifikatsiya va shifrlash mexanizmlari bo‘lmaganligi sababli zamonaviy avtomobillarda shlyuz (gateway) bloklari, xabarlarni autentifikatsiya qilish va kiberxavfsizlik standartlariga muvofiqlik muhim ahamiyat kasb etmoqda.

Keltirilgan texnik yechimlarni metrologik jihatdan taqqoslash uchun faqat xatolik kodi yoki alohida kuchlanish qiymati yetarli emas. Kontakt qarshiligini tok va harorat bilan birgalikda nazorat qilish hamda avtomobil salonida xavf belgilarini ko‘p parametrli monitoring qilishga oid ishlarda diagnostik qarorni asoslashda o‘lchash noaniqligi va tashqi ta’sirlarni hisobga olish zarurligi yoritilgan [6, 7]. Mazkur maqoladagi OBD-II yechimi esa bunday o‘lchash tizimlarining o‘rnini bosmaydi: u asosan elektron boshqaruv bloklari uzatgan diagnostik ma’lumotlarni talqin etishga qaratilgan.

Taklif etilayotgan ESP32 yechimining ilmiy va amaliy qiymatini asoslash uchun keyingi bosqichda kommunikatsiya barqarorligi, kodni to‘g‘ri aniqlash ulushi, javob berish vaqti, elektr ta’minotining o‘zgarishlariga chidamlilik va standart skaner bilan tafovutlar miqdoriy baholanishi lozim. Nosozlik kodining o‘zbekcha izohi ekspert tomonidan tekshirilishi, qurilma esa ishlab chiqaruvchining diagnostika hujjatlari bilan moslashtirilishi zarur.

Tadqiqot chegaralari: tahlil texnik manbalar va umumlashtirilgan qiymatlarga asoslangan. Qurilmaning apparat qismi, dasturiy ta’minoti va diagnostik aniqligi hali eksperimental tasdiqlanmagan. Shu bois taklif etilgan qurilmaning arzonligi, samaradorligi yoki barcha avtomobil modellarida ishlashi haqida qat’iy miqdoriy xulosa chiqarilmaydi.

Xulosa (Conclusion)

Tadqiqotda avtomobil elektr va elektron jihozlari to‘qqiz funksional guruhga ajratilib, ularning kirish datchiklari, elektron boshqaruv bloklari va aktuatorlar orqali ishlash mantig‘i tizimlashtirildi.

Elektr ta’minoti, o‘t oldirish, dvigatelni elektron boshqarish, yoritish, xavfsizlik hamda bort aloqa tarmoqlarining tuzilishi va tipik texnik ko‘rsatkichlari jadvallarda umumlashtirildi. Bort tarmog‘ining qiymatlari va aloqa tezliklari qat’iy universal me’yor emas, balki avtomobil turiga bog‘liq namunaviy diapazonlardir.

CAN va OBD-II protokollari asosida ESP32 mikrokontrolleridan foydalanib nosozlik kodlarini o‘zbek tilida sharhlovchi diagnostika qurilmasining funksional tuzilishi taklif etildi, shuningdek, kelgusidagi sinovlar uchun baholash ko‘rsatkichlari belgilandi.

Mazkur tadqiqotning natijalari nazariy-tahliliy xususiyatga ega. Qurilmaning diagnostik aniqligi, tezkorligi va barqarorligi real avtomobillar hamda kalibrlangan nazorat vositalari bilan o‘tkaziladigan tajribalar orqali mustaqil tekshirilishi lozim. Bort tarmoqlari integratsiyasi kuchaygan sari metrologik ishonchlilik va kiberxavfsizlik talablari ham alohida ahamiyat kasb etadi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Denton T. Automobile Electrical and Electronic Systems. 5th ed. London: Routledge, 2017.

2. Ribbens W. B. Understanding Automotive Electronics: An Engineering Perspective. 8th ed. Oxford: Butterworth-Heinemann, 2017.

3. Robert Bosch GmbH. Bosch Automotive Handbook. 10th ed. Chichester: Wiley, 2018.

4. ISO 11898-1. Road vehicles — Controller area network (CAN). Part 1: Data link layer and physical signalling.

5. ISO 26262. Road vehicles — Functional safety (standartlar seriyasi).

6. Murodova A. Y., G‘aybullayev A. E. Avtomobil salonida yong‘inni ko‘p parametrli o‘lchash asosida aniqlash va egasini GSM orqali ogohlantirish tizimining metrologik asoslari // Global Science and Innovations: Interdisciplinary Research and Modern Technologies: xalqaro ilmiy-amaliy konferensiya materiallari. 2026. B. 35–42. DOI: https://doi.org/10.5281/zenodo.23957769.

7. Murodova A. Y., G‘aybullayev A. E. Avtomobil elektr zanjirlaridagi kontakt nosozliklarini ko‘p parametrli metrologik diagnostika asosida erta aniqlash // Ta’limga oid tushunchalar va yutuqlar. 2026. 7-jild, 3-son (sentabr–oktabr). B. 68–75. ISSN 3060-4648. URL: https://eyib.uz.

8. ISO 15765-4. Road vehicles — Diagnostic communication over Controller Area Network (DoCAN). Part 4: Requirements for emissions-related systems.

9. JCGM 100:2008. Evaluation of measurement data — Guide to the expression of uncertainty in measurement (GUM). DOI: https://doi.org/10.59161/JCGM100-2008E.