

**TOSHKENT DAVLAT TRANSPORT UNIVERSITETI
HUZURIDAGI ILMIY DARAJALAR BERUVCHI
PhD.15/31.08.2022.T.73.01 RAQAMLI ILMIY KENGASH**

TOSHKENT DAVLAT TRANSPORT UNIVERSITETI

NURIDDINOV QURBONALI KOMILJON O'G'LI

**“INTERNET OF THINGS” TEXNOLOGIYALARI ASOSIDA PEREGON
SIGNAL NUQTASI QURILMALARI HOLATINI UZLUKSIZ
MONITORING QILISHNING MIKROPROTSESSORLI VOSITALARI**

05.08.03 – Temir yo‘l transportini ishlatish

**TEXNIKA FANLARI BO‘YICHA FALSAFA DOKTORI (PhD) DISSERTATSIYASI
AVTOREFERATI**

Toshkent – 2024

**Texnika fanlari bo‘yicha falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi
avtoreferati mundarijasi**

**Оглавление автореферата диссертации доктора философии (PhD)
по техническим наукам**

**Content of the dissertation abstract of doctor of philosophy (PhD)
on technical sciences**

Nuriddinov Qurbonali Komiljon o‘g‘li

“Internet of things” texnologiyalari asosida peregon signal nuqtasi qurilmalari holatini uzluksiz monitoring qilishning mikroprotssessorli vositalari 3

Нуриддинов Курбонали Комилжон угли

Микропроцессорные средства непрерывного мониторинга состояния устройств сигнальной точки перегона на основе технологий «Internet of things» 21

Nuriddinov Kurbonali Komiljon ugli

Microprocessor tools for continuous monitoring the state of railway run signal point devices based on “Internet of things” technologies 41

E‘lon qilingan ishlar ro‘yxati

Список опубликованных работ

List of published works..... 44

**TOSHKENT DAVLAT TRANSPORT UNIVERSITETI
HUZURIDAGI ILMIY DARAJALAR BERUVCHI
PhD.15/31.08.2022.T.73.01 RAQAMLI ILMIY KENGASH**

TOSHKENT DAVLAT TRANSPORT UNIVERSITETI

NURIDDINOV QURBONALI KOMILJON O'G'LI

**“INTERNET OF THINGS” TEXNOLOGIYALARI ASOSIDA PEREGON
SIGNAL NUQTASI QURILMALARI HOLATINI UZLUKSIZ
MONITORING QILISHNING MIKROPROTSESSORLI VOSITALARI**

05.08.03 – Temir yo‘l transportini ishlatish

**TEXNIKA FANLARI BO‘YICHA FALSAFA DOKTORI (PhD) DISSERTATSIYASI
AVTOREFERATI**

Toshkent – 2024

Texnika fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi mavzusi O'zbekiston Respublikasi Oliy ta'lim, fan va innovatsiyalar vazirligi huzuridagi Oliy attestatsiya komissiyasida B2024.3.PhD/T4998 raqam bilan ro'yxatga olingan.

Dissertatsiya Toshkent davlat transport universitetida bajarilgan.

Dissertatsiya avtoreferati uch tilda (o'zbek, rus, ingliz (rezyume)) Ilmiy kengash veb-sahifasida (www.tstu.uz) va "ZiyoNet" Axborot ta'lim portalida (www.ziynet.uz) joylashtirilgan.

Ilmiy rahbar:

Azizov Asadulla Raximovich
texnika fanlari nomzodi, professor

Rasmiy opponentlar:

O'ljayev Erkin
texnika fanlari doktori, professor

Rixsiyev Dilmurod Xojiakbarovich
texnika fanlari nomzodi, dotsent

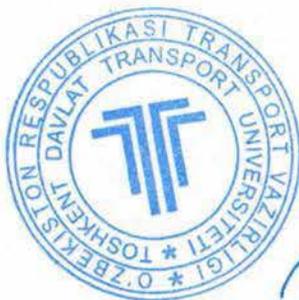
Yetakchi tashkilot:

**Muhammad al-Xorazmiy nomidagi Toshkent
axborot texnologiyalari universiteti**

Dissertatsiya himoyasi Toshkent davlat transport universiteti huzuridagi PhD.15/31.08.2022.T.73.01 raqamli Ilmiy kengashning 2024-yil 28-noyabr soat 15⁰⁰ dagi majlisida bo'lib o'tadi. Manzil: 100167, Toshkent sh., Temiryo'Ichilar ko'chasi, 1-uy. Tel.: (99871) 299-00-01; faks: (99871) 293-57-54; e-mail: rektorat@tstu.uz

Dissertatsiya bilan Toshkent davlat transport universitetining Axborot-resurs markazida tanishish mumkin (191-raqami bilan ro'yxatga olingan). Manzil: 100167, Toshkent, Temiryo'Ichilar ko'chasi, 1-uy. Tel: (99871) 299-05-66.

Dissertatsiya avtoreferati 2024-yil 14-noyabr kuni tarqatildi.
(2024-yil 14-noyabrdagi 51-raqamli reyestr bayonnomasi).



J.F. Kurbanov
Ilmiy darajalar beruvchi
Ilmiy kengash raisi, t.f.d., professor

Sh.M. Suyunbayev
Ilmiy darajalar beruvchi
Ilmiy kengash ilmiy kotibi,
t.f.d., professor

M.X. Rasulov
Ilmiy darajalar beruvchi Ilmiy
kengash qoshidagi Ilmiy seminar raisi,
t.f.n., professor

KIRISH (falsafa doktori dissertatsiyasi (PhD) annotatsiyasi)

Dissertatsiya mavzusining dolzarbligi va zarurati. Temir yo‘l transportida harakat tarkibining xavfsiz, yo‘lda to‘xtalishlarsiz manziliga o‘z vaqtida yetib borishi ko‘p jihatdan avtomatika va telemexanika tizimi hamda qurilmalariga bog‘liq. Har qanday ishlab chiqarish jarayonini, ayniqsa temir yo‘l transporti kabi murakkab jarayonni samarali boshqarishga, jarayonlarning muvaffaqiyatli bajarilishiga faqat obyektlarning holati to‘g‘risida to‘liq, ishonchli va tahliliy tayyorlangan ma‘lumotlar asosida erishish mumkin. Bunday ma‘lumotlarning mavjudligi tashish jarayonini optimal tashkil etish, ishlab chiqarish xarajatlarini aniqlash va kamaytirish, tariflarni tartibga solish va temir yo‘l transporti sohasida samarali siyosatni amalga oshirishning majburiy hamda ajralmas sharti bo‘lib hisoblanmoqda. Shu sababli temir yo‘l peregonlarida avtoblokirovka tizimining signal nuqtasi qurilmalari holatini real vaqt mobaynida masofadan turib monitoring qilish, nosozliklarni aniqlash hamda ularda ma‘lumot uzatishni zamonaviy usullarda tashkil etish orqali qurilmalar ishonchligini oshirish muhim ahamiyat kasb etmoqda. Shuningdek, hozirgi zamon talablaridan kelib chiqib resurslar va energiyani tejaydigan elementlar asosida uzluksiz nazorat, monitoring qilishga mo‘ljallangan mikroprotessorli vositalarni ishlab chiqish hamda ularni qo‘llashga alohida e‘tibor qaratilmoqda.

Jahonda temir yo‘l avtomatika tizimlari, qurilmalari va ularni tashkil qiluvchi elementlarini takomillashtirgan holda tubdan yangi yoki qisman modernizatsiya qilish yo‘li bilan mikroprotessorli vosita hamda qurilmalarni yaratishga yo‘naltirilgan turli xil ilmiy tadqiqot ishlari amalga oshirilmoqda. Ushbu yo‘nalishda, jumladan, zamonaviy aloqa kommunikatsiya texnologiyalaridan keng miqyosda foydalangan holda temir yo‘l avtomatika va telemexanika tizimining qurilmalari holatini nazorat hamda monitoring qilish usullari, algoritmlari hamda bazaviy dasturiy ta‘minotlarini yaratish bo‘yicha tadqiqotlar o‘tkazish muhim bo‘lib, shu bilan bir qatorda, temir yo‘l peregonlaridagi avtoblokirovka tizimining qurilmalari ishonchligini oshirish bo‘yicha ilmiy tadqiqotlar ustuvor hisoblanmoqda. Shuningdek, temir yo‘l avtoblokirovka tizimi ishonchlik ko‘rsatkichlarini, qurilmalar holati to‘g‘risidagi monitoring natijalarini hamda aniqlangan nosozlik xabarlarini temir yo‘l xizmatchi xodimlariga real vaqt mobaynida uzatish dolzarb vazifalardan hisoblanmoqda.

Respublikamizda transport yo‘nalishi bo‘yicha islohotlarga e‘tibor yanada kuchayib, sohani rivojlantirish chora-tadbirlari bo‘yicha bir qator ishlar amalga oshirilmoqda. Jumladan, amaldagi temir yo‘l liniyalari uzunligi, yo‘nalishlar va ulardagi qatnovlar sonini ko‘paytirish, foydalanishda bo‘lgan mavjud liniyalarda elektrlashtirish ishlarini olib borish, temir yo‘l liniyalari bo‘ylab joylashgan infratuzilma obyektlarini takomillashtirish va rivojlantirish yuzasidan keng qamrovli ishlar amalga oshirilib, ko‘zlangan natijalarga erishilmoqda. 2022–2026-yillarga mo‘ljallangan Yangi O‘zbekistonning taraqqiyot strategiyasida, jumladan, "... barcha turdagi transportlarni uzluksiz bog‘lash orqali yaxlit transport tizimini rivojlantirish, ... temir yo‘l infratuzilmasini elektrlashtirish darajasini 60 foizga yetkazish, ... temir yo‘l transporti tizimini takomillashtirish va uning

infratuzilmasini rivojlantirish”¹ kabi vazifalar belgilab berilgan. Bu borada, jumladan temir yo‘l peregionlarining avtoblokirovka signal nuqtasi qurilmalarida yuzaga keladigan buzilishlarni kamaytirish, ularning ishonchliligini oshirish, sanoat miqyosidagi tarmoq hamda dasturlashtiriladigan mantiqiy kontrollerlar asosida uzluksiz nazorat va monitoring qilish vositalarini yaratish, ilmiy jihatdan asoslash muhim vazifa hisoblanadi.

Ushbu dissertatsiya ishida olib borilgan tadqiqotlar O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2022-yil 9-sentabrdagi “Energiya tejoychi texnologiyalarni joriy qilish va kichik quvvatli qayta tiklanuvchi energiya manbalarini rivojlantirish bo‘yicha qo‘shimcha chora-tadbirlar to‘g‘risida”gi PF-220-sonli hamda 2019-yil 1-fevraldagi “Transport sohasida davlat boshqaruvi tizimini tubdan takomillashtirish chora-tadbirlari to‘g‘risida”gi PF-5647-sonli Farmonlari, 2022-yil 6-iyuldagi “2022 – 2026-yillarda O‘zbekiston Respublikasining innovatsion rivojlanish strategiyasini amalga oshirish bo‘yicha tashkiliy chora-tadbirlar to‘g‘risida”gi PQ-307-sonli Qarori va transport sohasiga dahldor boshqa shu kabi me‘yoriy-huquqiy hujjatlarda ko‘zda tutilgan vazifalarni amalga oshirishga tegishli darajada xizmat qiladi.

Tadqiqotning respublika fan va texnologiyalari rivojlanishining ustuvor yo‘nalishlariga muvofiqligi. Ushbu tadqiqot respublika fan va texnologiyalar rivojlanishining II “Energetika, energiya va resurs tejamkorlik” ustuvor yo‘nalishi doirasida bajarilgan.

Muammoning o‘rganilganlik darajasi. Temir yo‘l transportida poyezdlar harakati xavfsizligi, tezligi va ishonchliligini oshirish usullarini ishlab chiqish, avtomatika va telemexanika tizimlarini takomillashtirish, shuningdek, mikroelektronika integral sxemalari asosida tayyorlangan yangi tizimlarni loyihalash bo‘yicha dolzarb bo‘lgan masalalar yechimiga yo‘naltirilgan ilmiy tadqiqotlar jahonning turli xil yetakchi oliy o‘quv yurtlari, ilmiy tadqiqot markazlari va nufuzli firmalari tomonidan amalga oshirilmoqda. Bular sirasiga xorijiy nomdor tashkilotlar, jumladan Technische Universitat Wien (Avstriya), Dresden University of Technology, Institute of Railway and Transportation Engineering (Germaniya), Xian Railway Engineering Staff University (Xitoy), Peterburg davlat temir yo‘l universiteti, Rossiya transport universiteti (Rossiya) va “Siemens”, “Bombardier” firmalari kiradi. Shular bilan birga O‘zbekiston Respublikasida Toshkent davlat transport universtiteti ham ushbu yo‘nalishda faoliyat olib borishmoqda.

Temir yo‘lda avtomatika, telemexanika tizim va qurilmalarining samaradorligi, ishlash ishonchliligini oshirish bo‘yicha turli darajadagi muammolarni o‘rganib, ularni hal etishda C. Pinedo, I. Lopez, P. Singh, G. Teega, P. Fraga-Lamas, V.M. Lisenkov, Yu.A. Kravtsov, V.V. Sapojnikov, VI.V. Sapojnikov, N.F. Kotlyarenko, V.S. Dmitriyev, A.B. Nikitin, P.F. Bestemyanov, V.P. Molotsov, A.A. Ivanov, D.V. Efanov, V.A. Sharikov kabi yetuk xorij olimlari va soha mutaxassislari o‘z hissalarini qo‘shganlar. Mamlakatimizda ham shu kabi olimlardan V.G. Stokov, Sh.R. Xorunov, N.M. Aripov, D.X. Baratov,

¹ O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2022-yil 28-yanvardagi “2022 – 2026-yillarga mo‘ljallangan Yangi O‘zbekistonning taraqqiyot strategiyasi to‘g‘risida”gi PF-60-son Farmoni

J.F. Kurbanov, A.R. Azizov, D.X. Rixsiyev, S.T. Boltayev, E.K. Ametova, Sh.M. Yuldashev, F.F. Shakirova, R.B. Abdullayev, B.B. Raxmonov, Z.F. Mirzaraxmedovlar o'z ilmiy ishlarida transport jarayonlaridan foydalanishning nazariy-amaliy tahlil masalalariga, texnik-texnologik yechimlariga, temir yo'lda signallashtirish, markazlashtirish va blokirovka tizimlariga, shuningdek boshqarish hamda nazorat qilishning mikroprotessorli vositalariga alohida e'tibor berishgan.

O'zbekiston Respublikasida bajarilgan yuqorida sanab o'tilgan ilmiy ishlarda mualliflar tomonidan yangi zamonaviy mikroelektron texnologiyalardan foydalanishning keng imkoniyatlari va ularni amalga oshirish tamoyillari qayd etilgan hamda asoslab berilgan, ammo temir yo'l avtoblokirovka tizimlarining signal nuqtalarida harakat xavfsizligiga bevosita bog'liq bo'lgan qurilmalar holatini uzluksiz monitoring qilish hamda ma'lumotlarni ishchi xodimga tezkor uzatish masalasi o'rganilmagan. Hozirgacha monitoring qilish, tashxislash va ma'lumotlarni uzatish, algoritmlar va dasturiy ta'minotni ishlab chiqish muammolarini hal qilish graflar nazariyasi usullari asosida bajarilmagan hamda energiya, resurs tejovchi "Internet of things" texnologiyalarini qo'llagan holda amalga oshirilmagan. Shuningdek, belgilangan vazifani bajarish maqsadida avtoblokirovka tizimlarida alohida olingan elementlar ishlashining matematik modellari, algoritmlari va dasturiy ta'minot imkoniyatlaridan foydalanilmagan hamda ishlab chiqish, amaliyotga joriy etish masalalari yetarlicha tadqiq etilmagan.

Dissertatsiya tadqiqotining dissertatsiya bajarilgan oliy o'quv muassasasi ilmiy tadqiqot ishlari rejalari bilan bog'liqligi. Dissertatsiya tadqiqoti O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2022-yil 6-iyuldagi "2022 – 2026-yillarda O'zbekiston Respublikasining innovatsion rivojlanish strategiyasini amalga oshirish bo'yicha tashkiliy chora-tadbirlar to'g'risida"gi PQ-307-sonli Qarorining 4-ilovasida ko'rsatilgan 2023 – 2026-yillarda iqtisodiyot tarmoqlarida amalga oshiriladigan "Drayver" innovatsion loyihalarining 155-bandida "RailNav yo'lovchi poyezdlar harakatlanishi onlayn monitoringi axborot tizimini yaratish" loyihasi hamda 33/2024-1-sonli "Manyovr svetoforini boshqarish uchun mikroelektron blokini ishlab chiqish" xo'jalik shartnomasi (2024-yil) bo'yicha ilmiy-tadqiqot ishi rejalari doirasida bajarilgan.

Tadqiqotning maqsadi "Internet of things" texnologiyalari asosida peregon signal nuqtasi qurilmalari holatini uzluksiz monitoring qilishning mikroprotessorli vositalarini ishlab chiqish va tadqiq etishdan iborat.

Tadqiqotning vazifalari:

temir yo'l avtomatika va telemexanikasining avtoblokirovka tizimidagi signal nuqtasi qurilmalarini uzluksiz monitoring qilish vositalarining zamonaviy holati hamda muammolarini tadqiq etish;

avtomatika va telemexanika jihozlariga qo'yiladigan texnik talablar asosida peregon signal nuqtasi qurilmalarining holatini uzluksiz monitoring qilish mikroprotessorli vositalarini ishlab chiqish usullari va tamoyillaridan foydalanish zaruriyatini asoslash;

"Internet of things" texnologiyalari asosida peregon signal nuqtasi qurilmalari holatini uzluksiz nazorati va monitoringini amalga oshirish maqsadida

mikroprotessorli vositalarning matematik modellari, ishlash algoritmlari, shuningdek dasturiy ta'minotlarini ishlab chiqish;

peregon signal nuqtasida nazorat qilinadigan qurilmalarning diskret signallarini jo'natadigan kamerton generatorlaridan voz kechish maqsadida uning vazifalarini bajaruvchi mikroprotessorli vositalarni loyihalash, yaratish hamda sxemaviy yechimlarini ishlab chiqish;

peregon signal nuqtasi qurilmalari holatini masofaviy nazorat va monitoring qilish, tashxislash hamda kelgusida yuzaga kelish ehtimoli bo'lgan nosozliklarni bashoratlash maqsadida smartfon mobil ilovasini ishlab chiqish va yagona ma'lumotlar bazasini shakllantirish.

Tadqiqot obyekti sifatida peregon signal nuqtasi qurilmalari holatini uzluksiz monitoring qilish vositalari olingan.

Tadqiqot predmeti sifatida peregon signal nuqtasi qurilmalarining holatini uzluksiz monitoring qilish mikroprotessorli vositalarini matematik modellashtirish va apparatli ta'minotini amalga oshirish usullari, ishlash algoritmlari va bazaviy dasturiy ta'minotlari olingan.

Tadqiqot usullari. Ilmiy tadqiqot ishlari davomida Kolmogorov matematik tenglamalari, ehtimollar nazariyasi, graflar nazariyasi, xususan, Petri tarmog'i multigrafi hamda Markov zanjirlari holat grafi kabi matematik modellashtirish usullari qo'llanilgan.

Tadqiqotning ilmiy yangiligi quyidagilardan iborat:

temir yo'l avtomatika, telemexanika jihozlariga belgilangan texnik talablarni e'tiborga olib, energiya-resurs tejovchi va zamonaviy aloqa texnologiyalardan foydalanish orqali peregon signal nuqtasi qurilmalari holatini uzluksiz nazorat va monitoring qilish hamda tashxislashning mikroprotessorli vositalarini ishlab chiqish usullari va tamoyillari asoslangan;

peregon signal nuqtasi qurilmalari holatini hisobga olib Petri tarmoqlari grafi va Markov zanjirlari holatlar grafi asosida uzluksiz monitoring qilish, texnik tashxislash va bashoratlash, yo'l relesi kuchlanishini o'lchash hamda ma'lumotlar uzatishni tashkil etishning matematik modellari ishlab chiqilgan;

peregon signal nuqtasida nazorat qilinadigan qurilmalarning xavfli nosozlik holati haqidagi ma'lumotlarini zudlik bilan xizmat xodimlariga yetkazishni hisobga olgan holda, mobil ilova yordamida ogohlantirish orqali xabarlarini simsiz uzatish usuli ishlab chiqilgan;

monitoring ma'lumotlarini aloqa kanalidan tezkor uzatishni hisobga olgan holda, signal nuqtasi qurilmalari iste'mol tokining muhim qiymatlari darajalarini qisqa ma'lumotlar ko'rinishiga o'zgartirish orqali soddalashtirilgan tashxislash usuli ishlab chiqilgan.

Tadqiqotning amaliy natijalari quyidagilardan iborat:

kamerton generatorining funksional vazifalarini amalga oshiradigan qo'shimcha afzalliklarga ega peregon signal nuqtasi qurilmalari holatini uzluksiz monitoring va tashxis qilishning mikroprotessorli vositalari hamda ulash sxemaviy yechimlari ishlab chiqilgan;

“Internet of things” texnologiyalari asosida peregon signal nuqtasi qurilmalari holatini uzluksiz monitoring qilishning mikroprotessorli vositalari uchun tuzilmaviy sxemalar, ishlash algoritmlari va dasturiy ta’minotlari ishlab chiqilgan;

peregon signal nuqtasi qurilmalarini masofaviy nazorat va monitoring qilish, tashxislash hamda kelgusida yuzaga kelish ehtimoli bo‘lgan nosozliklarni bashorat qilish maqsadida “Internet of things” texnologiyalarini qo‘llagan holda smartfon mobil ilovasi yaratilgan va yagona ma’lumotlar bazasi shakllantirilgan.

Tadqiqot natijalarining ishonchliligi. Tadqiqotlar natijalarining ishonchliligi mikroprotessorli vositalarning tarkibiy barcha qismlari bir-biri bilan mutanosib ravishda ishlashi hamda mavjud avtomatik blokirovka signal nuqtasi qurilmalari bilan olib borilgan tajribalarga ko‘ra tasdiqlanishi orqali izohlanadi.

Tadqiqot natijalarining ilmiy va amaliy ahamiyati. Tadqiqot natijalarining ilmiy ahamiyati peregon signal nuqtasi qurilmalari holatini monitoring qilishda resurs va energiya tejankor mikroprotessorli vositalarni yaratish vazifasini amalda bajarish maqsadida matematik modellashtirish usullarini takomillashtirish bilan izohlangan.

Tadqiqot natijalarining amaliy ahamiyati signal nuqtasi qurilmalari holatini real vaqt davomida uzluksiz monitoring qilishning mikroprotessorli vositalarni yaratish, ularni inkor etishlarsiz va nosozlikka uchramasdan ishlash qobiliyatini oshirish hamda buzilishlarni tezkor bartaraf etish imkoniyati yaratilganligi bilan izohlangan. Shuningdek, bu murakkab ishlab chiqarish jarayonlarini samarali boshqarishni ta’minlaydi hamda obyektlarning holati to‘g‘risidagi to‘liq, ishonchli ma’lumotlarga asoslanib, tashish jarayonini optimal tashkil etishga, ishlab chiqarish xarajatlarini kamaytirishga va tariflarni tartibga solishga olib keladi.

Tadqiqot natijalarining joriy qilinishi. “Internet of things” texnologiyalari asosida peregon signal nuqtasi qurilmalari holatini uzluksiz monitoring qilishning mikroprotessorli vositalarini yaratish va amalda qo‘llashga yo‘naltirilgan ilmiy tadqiqot natijalari asosida:

qurilmalar holatini texnik tashxislash, bashoratlash, yo‘l relesi kuchlanishini o‘lchash hamda ma’lumotlarni simsiz uzatishni tashkil etish matematik modellari, ishlash algoritmlari, dasturiy ta’minotlari, shuningdek mikroprotessorli vositalarni ishlab chiqishning asoslangan usullari va tamoyillari hamda ularning sxemaviy yechimlari “O‘zbekiston temir yo‘llari” AJning “Signallashtirish va aloqa boshqarmasi” tasarrufidagi Salar-Nurhayot peregonida joriy etilgan (O‘zbekiston Respublikasi Transport Vazirligining 2023-yil 19-dekabrda 4/8876-sonli ma’lumotnomasi). Natijada signal nuqtasida qurilmalar holatini uzluksiz monitoring qilishning mikroprotessorli vositalari bexato ishlashini tekshirish, ularning ishlash ishonchliligini oshirishga erishilgan hamda monitoring va tashxislash ma’lumotlarini masofadan uzatishning talab etadigan shartlarini inobatga olish imkoni yaratilgan;

sanoat miqyosidagi “DVP20SX2” turidagi dasturlashtiriladigan mantiqiy kontroller, “SimCom SIM7600E” tarmoq kontrolleri apparatli bazasida yaratilgan mikroprotessorli vositalar hamda “Internet of things” texnologiyalari asosida ishlab chiqilgan smartfon mobil ilovasi Toshkent signallashtirish va aloqa masofasi

Salar – Xojikent temir yo‘l uchastkasi, 8-kilometr 6-piketdagi 1-6-signal nuqtasiga joriy qilingan (O‘zbekiston Respublikasi Transport Vazirligining 2023-yil 19-dekabrda 4/8876-sonli ma‘lumotnomasi). Natijada kamerton generatorini istisno qilish, to‘satdan yuzaga kelgan nosozlik va buzilishlar haqidagi ma‘lumotlarni xizmat ko‘rsatuvchi xodimlarning mobil telefonlariga SMS xabarlar ko‘rinishida zudlik bilan simsiz yetkazish imkoniyati paydo bo‘lgan. Mobil ilova yordamida qurilmalar holatini masofadan monitoring va nazorat qilish resurs sarfini 30...40 % ga kamaytirish, signallashtirish qurilmalariga texnik xizmat ko‘rsatish jadvallariga muvofiq bir qator davriy ishlarni bajarishdan voz kechish imkonini bergan.

Tadqiqot natijalarining aprobatsiyasi. Tadqiqot natijalari 6 ta ilmiy-amaliy konferensiyalar, shu jumladan 2 ta xorijiy (Scopus bazasida) va 4 ta respublika miqiyosidagi ilmiy-amaliy anjumanlarda muhokama qilingan.

Tadqiqot natijalarining e‘lon qilinganligi. Dissertatsiya mavzusi bo‘yicha jami 14 ta ilmiy ish, shundan O‘zbekiston Respublikasi Oliy attestatsiya komissiyasi tomonidan chop etish tavsiya etilgan ilmiy nashrlarda 8 ta maqola chop etilgan, jumladan 5 ta maqola respublika va 3 ta xorijiy jurnallarda chop etilgan hamda 2 ta elektron hisoblash mashinalari uchun yaratilgan dasturning rasmiy ro‘yxatdan o‘tkazilganligi to‘g‘risida guvohnomalar olingan.

Dissertatsiyaning tuzilishi va hajmi. Dissertatsiya kirish, to‘rtta bob, xulosa, foydalanilgan adabiyotlar ro‘yxatidan iborat. Dissertatsiyaning hajmi 120 betni tashkil etadi.

DISSERTASIYANING ASOSIY MAZMUNI

Ishning **Kirish** qismida dissertatsiya tadqiqotining dolzarbligi va zaruriyati bayon qilingan, tadqiqotning maqsadi va vazifalari, obyekt va predmetlari tavsiflangan, O‘zbekiston Respublikasi fan va texnologiyalari rivojlanishining ustuvor yo‘nalishlariga mosligi, tadqiqotning ilmiy yangiligi, ishonchligi va natijalarning amaliy ahamiyati yoritib berilgan. Shuningdek olingan natijalarni amaliyotga joriy etilishi, nashr qilingan ishlar va dissertatsiyaning umumiy tuzilishiga doir ma‘lumotlar keltirilgan.

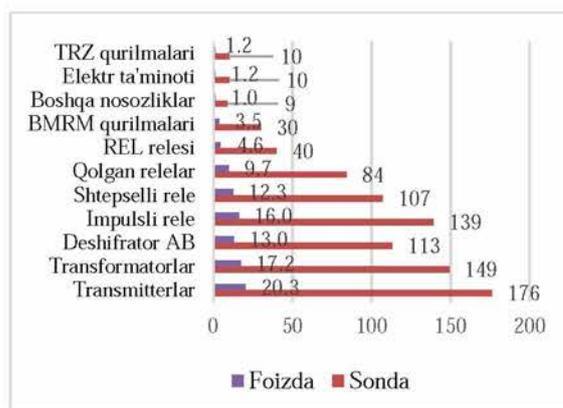
Dissertatsiyaning **“Peregon signal nuqtasi qurilmalarining texnik holatini uzluksiz monitoring qilish jarayonlarini avtomatlashtirish masalasi”** nomli birinchi bobida temir yo‘l avtomatikasining peregon signal nuqtasi qurilmalari texnik holatini nazorat qilishning mavjud tizimlari va zamonaviy usullari hamda ularning rivojlanish bosqichlari tahlil qilingan. Shuningdek avtomatika va telemexanika tizimlarida mikroprotsessori texnologiyalaridan foydalanish tajribasi o‘rganilgan.

O‘tkazilgan tadqiqotlar shuni ko‘rsatdiki, temir yo‘l avtomatikasining peregonidagi signal nuqtalarida joylashgan qurilma va jihozlari uzluksiz nazorat qilishning mikroprotsessori vositalarini ishlab chiqib, amaliyotga joriy etish zaruriyati so‘nggi yillarda oshib borgan. O‘zbekiston temir yo‘llarida hozirda mavjud bo‘lgan dispetcherlik nazorat tizimlari o‘tgan asrning 60-yillarida yaratilgan bo‘lib, bugungi kunda energiya hamda resurs tejankor texnologiyalarga bo‘lgan

talabning yuqoriligi, shuningdek, axborot texnologiyalarining jadal rivojlanishi munosabati bilan zamonaviy, tezkor mikroprotessorli va ko‘p funksiyali nazorat tizimlarini ishlab chiqish masalasi katta ahamiyat kasb etmoqda.

Ma‘lumki, poyezdlar harakatini boshqarish tizimining signal nuqtalaridan diskret ma‘lumotlarni qo‘shni stansiyalarga uzatish kamerton generatori yordamida amalga oshirilgan. Bu jarayonda ma‘lumotlarning tezkorlik belgisi bo‘yicha darajalarga ajratish mavjud emas. Ushbu generator nazorat qilish funksiyalari doirasi torligi uning cheklanganligini bildiradi va signal nuqtasidagi bir qator analog qurilmalarning parametrlari nazoratini qamrab olmasligi bilan tavsiflanadi.

Statistika ma‘lumotlari natijalari shuni ko‘rsatmoqdaki avtomatika va telemexanika tizimining eng ko‘p nosozliklarga hamda parametrlarida og‘ishlar kuzatiladigan qurilmalarining ko‘p sonli ulushi aynan peregon signal nuqtalari qurilmalariga to‘g‘ri kelgan (1-rasm). Bunda elementlarning yemirilishi va resurslarning eskirishi evaziga nosozliklar aniqlanishi ortib bormoqda. Bu esa yangi buzilishlar yuzaga kelishiga, shuningdek navbatdagi joriy ta‘mirlash ishlarini amalga oshirishga olib kelmoqda. O‘z navbatida ushbu qurilmalarni to‘g‘rilash va tiklashga sarflanadigan qo‘shimcha xarajatlar tobora ortib borishiga, jihozlar



1-rasm. Nosozliklarning qurilmalar bo‘yicha taqsimlanishi

ishdan chiqishi sababli poyezdlarning to‘xtashi va turib qolishiga bog‘liq sarf-xarajatlar o‘shishiga, qurilmalarga texnik xizmat ko‘rsatish uchun foydalanilayotgan xarajatlarning karrali tarzda ortishiga olib keladi. Shu nuqtai nazardan bu kabi jihoz va qurilmalarni davriy ta‘mirlash yoki almashtirish samarali hisoblanmaydi.

Bozordagi narx-navolarning iqtisodiy tahlillari natijasida so‘nggi 10 yil davomida elektr mexanik qurilmalarning narxi 15 marotabagacha oshgani, bazasi mikroelektron komponentdan tashkil topgan qurilma va extiyot qismlarning narxi esa 5 barobargacha ko‘tarilgani aniqlangan.

O‘tkazilgan tadqiqotlar katta gabaritli jihozlar miqdorini kamaytirishga, elektr energiyasini tejashga olib keladigan, shuningdek, nazorat qurilmalarini tashxislash va kelgusidagi holatini bashoratlash, ma‘lumotlarni “Internet of things” texnologiyasi asosida simsiz uzatish, avtoblokirovka tizimi signal nuqtasi qurilmalarining analog va diskret signallarini nazorat qilish imkoniyatlarini o‘zida birlashtirgan qurilma mavjud emasligini ko‘rsatgan.

Shuning uchun “O‘zbekiston temir yo‘llari” AJ avtomatika va telemexanika qurilmalarining raqobatbardoshlik ko‘rsatgichlarini oshirish maqsadida mamlakatimizning iqlim sharoitlarini hisobga olgan holda tezkor nazorat qilish vazifalarini bajaruvchi hamda qo‘shimcha afzalliklarga ega zamonaviy mikroprotessorli vositalarini ishlab chiqish, amaliyotga tatbiq qilish zarurati paydo bo‘ladi.

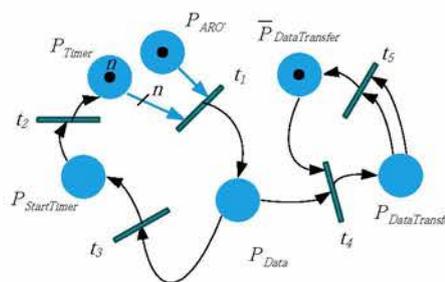
Dissertatsiyaning **“Peregona signal nuqtasi qurilmalari holatini uzluksiz monitoring qilishning matematik modelini tadqiq qilish va ishlab chiqish”** deb nomlangan ikkinchi bobida signal nuqtasi qurilmalarini nazorat qilish tizimining ishini tahlil qilish va modellashtirish usulini tanlash amalga oshirilgan. Shuningdek ushbu bob peregonda poyezdlar harakatini avtomatik boshqarish tizimlarining signal nuqtasidagi qurilmalari holatini uzluksiz nazorati va monitoringini amalga oshirishda mikroprotessorli vositalarning eng maqbul ishlash algoritmini ishlab chiqish maqsadida qurilmalar holatini texnik tashxislash, bashoratlash, yo‘l relesi kuchlanishini o‘lchash, simsiz texnologiyalar asosida ma‘lumotlar uzatishni tashkil etish matematik modellarini ishlab chiqishga bag‘ishlangan. Matematik modellashtirishda ehtimollar nazariyasi, Kolmogorov matematik tenglamalari va graflar nazariyasi usuli, xususan, Markov zanjirlari holat grafi hamda Petri tarmog‘i grafi yordamida ishlab chiqish va tadqiq etish amalga oshirilgan.

Avtoblokirovka yo‘l relesi kuchlanishini nazorat qilishda taklif qilinayotgan qurilmaning ishlash algoritmini olish uchun uning modeli yorliqli Petri tarmog‘i grafi yordamida ishlab chiqilgan. Bunda Petri tarmog‘i grafining bir necha holatlari mavjud bo‘lib, ular quyidagicha tavsiflanadi: $P_{StartTimer}$ – taymerni ishga tushirish uchun modulning harakatlarini aks ettiruvchi holat, bu holatda yorliqning mavjudligi ma‘lumotlarni o‘qish amalini boshlashga olib keladi;

P_{ARO} – analog raqamli o‘zgartirgichning (ARO‘) ish faoliyatini aks ettiruvchi holat; bu holatda yorliq mavjudligi qabul qilingan analog ma‘lumotlarni raqamli ma‘lumotlarga aylantirish bo‘yicha amalni davom ettirishdan dalolat beradi; P_{Timer} – ARO‘da analog signalni o‘qish amali bajarilayotgan vaqt oralig‘ini (ularning miqdori n ga teng) aks ettiruvchi holat, bu holatda yorliqning mavjudligi ma‘lumotlarning keyingi holatga o‘tishi uchun ruxsat berishga mos keladi;

$P_{DataTransfer}$ – modulning ma‘lumotlarni uzatish bo‘yicha amalni aks ettiruvchi holat, bu holatda yorliq mavjudligi aloqa kanaliga ulanish vaqtiga to‘g‘ri keladi; $\bar{P}_{DataTransfer}$ – modulning ma‘lumotlarni uzatish bo‘yicha amal mavjud emasligini aks ettiruvchi $P_{DataTransfer}$ holatiga teskari holat, bu holatda yorliqning mavjudligi aloqa kanalidan uzilish vaqtiga to‘g‘ri keladi; P_{Data} – qabul qilingan ma‘lumotlarni tahlil qilish va maksimal qiymatni aniqlash tartibini yakunlovchi holat, bu holatda yorliq mavjudligi ushbu amaliyotlarning tugashini va ma‘lumotlarni uzatish so‘rovini aks ettiradi.

Dastlabki holatda, P_{Data} holatida yorliq yo‘q, chunki uni ishga tushirish uchun $I(t_1) = \{P_{Timer}, P_{ARO}\}$ kirish funksiyasi shartlari bajarilganda, uning chiqish funksiyasi $O(t_1) = \{P_{Data}\}$ bo‘yicha t_1 o‘tishdan kelib chiqadigan o‘lchov ma‘lumotlari yo‘q (2-rasm). P_{ARO} holatida yorliqning mavjudligi, taymerning ruxsati mavjudligidan qat‘iy nazar, yo‘l relesi analog kuchlanish qiymatini diskret shaklga aylantirishning



2-rasm. Impuls relesi kuchlanish nazorat qilish qurilmasi dastlabki holatining Petri tarmog‘i grafi

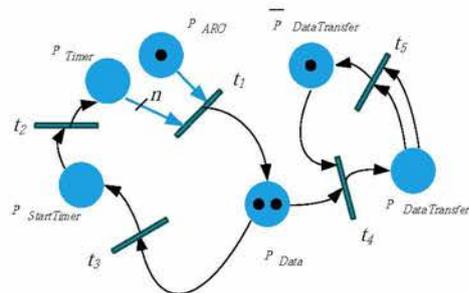
uzluksiz jarayonini ko'rsatadi. Raqamli ma'lumotlarni ARO' chiqishidan P_{Data} holatiga o'tkazish buyrug'i P_{Timer} holatidagi yorliq tomonidan ishlab chiqariladi, u n -marta paydo bo'ladi, shundan so'ng taymer ishlashni to'xtatadi. $I(P_{Data}) = \{t_1\}$ kiritish funksiyasiga ko'ra, bu habar ma'lumotlarni saqlash qurilmasiga kiradi va bitta yorliq P_{Data} holatiga joylashtiriladi hamda

maksimal kuchlanish qiymatini aniqlash jarayoni bajarilganidan so'ng, ikkinchi yorliq bu holatga joylashtiriladi (3-rasm). Shunday qilib, ma'lum vaqt oralig'ida yo'l relesi bo'yicha maksimal kuchlanish qiymatini aniqlash tartibi tugallanadi va ma'lumotlar aloqa kanaliga uzatishga tayyor.

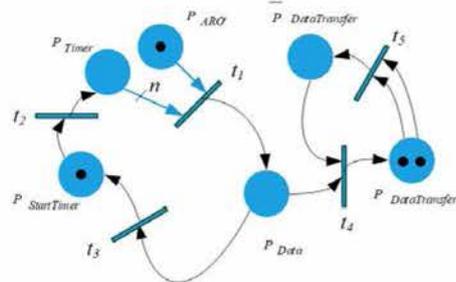
P_{Data} holatida ikkita yorliqning mavjudligi $O(P_{Data}) = \{t_3, t_4\}$ chiqish funksiyasini bajarish, ikkita o'tishni t_3 va t_4 ishga tushirish uchun sharoit yaratadi. Ushbu ikkita o'tish bir vaqtning o'zida ishlash qobiliyatiga ega. t_4 o'tishni ishga tushirish

shartlari va natijalarini ko'rib chiqamiz, bu erda uning kiritish $I(t_4) = \{P_{Data}, \bar{P}_{DataTransfer}\}$ funksiyasiga ko'ra, 3-rasmdagi graf holatiga muvofiq, P_{Data} va $\bar{P}_{DataTransfer}$ holatlarida yorliqlar bo'lishi kerak. Bu shartlar bajariladi. Chunki ko'rib chiqilayotgan vaqtda ma'lumotlarni uzatish amaliyoti mavjud emas. Shuning uchun $\bar{P}_{DataTransfer}$ holatida yorliq mavjud va chiqish funksiyasi $O(\bar{P}_{DataTransfer}) = \{t_4\}$ teng bo'ladi. Shunday qilib, t_4 o'tishni boshlash

uchun barcha shartlar bajariladi va chiqish $O(t_4) = \{P_{DataTransfer}\}$, kirish $I(P_{DataTransfer}) = \{t_4\}$ funksiyasiga muvofiq, yorliq ma'lumotlarni uzatish jarayonining boshlanishiga to'g'ri keladigan $P_{DataTransfer}$ holatiga o'tadi. Uning tugashi bilan ikkinchi yorliq joylashtiriladi (4-rasm). $P_{DataTransfer}$ holatida ikkita yorliqning mavjudligi $I(t_5) = \{P_{DataTransfer}\}$ ifodasiga ko'ra t_5 o'tishni ishga tushirish va yorliqni $\bar{P}_{DataTransfer}$ holatiga o'tkazish uchun sharoit yaratadi. t_3 o'tishni ishga tushirish tugallanganidan so'ng va yorliq $P_{StartTimer}$ holatiga qo'yilgandan so'ng, chiqish $O(t_3) = \{P_{StartTimer}\}$ va kirish $I(t_2) = \{P_{StartTimer}\}$ funksiyalari bo'yicha, uning kirish $I(t_2) = \{P_{StartTimer}\}$ funksiyasiga muvofiq t_2 o'tishni ishga tushirish uchun sharoit yaratiladi. Ushbu o'tishni ishga tushirish shartlarining bajarilishi yorliqning P_{Timer} holatiga o'tishiga va taymerning qayta tiklanishiga olib keladi hamda grafik 2-rasmdagi boshlang'ich holat shaklini oladi. Modellashtirish natijasida Petri tarmog'i grafi uchun quyida kengaytirilgan kirish va chiqish funksiyalari aniqlangan (1). Yo'l relesi kuchlanishini o'lchash qurilmasi modelini Petri tarmoqlari grafi asosida tadqiq



3-rasm. Qabul qilingan ma'lumotlarni tahlil qilish va maksimal qiymatni aniqlashdan keyin grafning holati



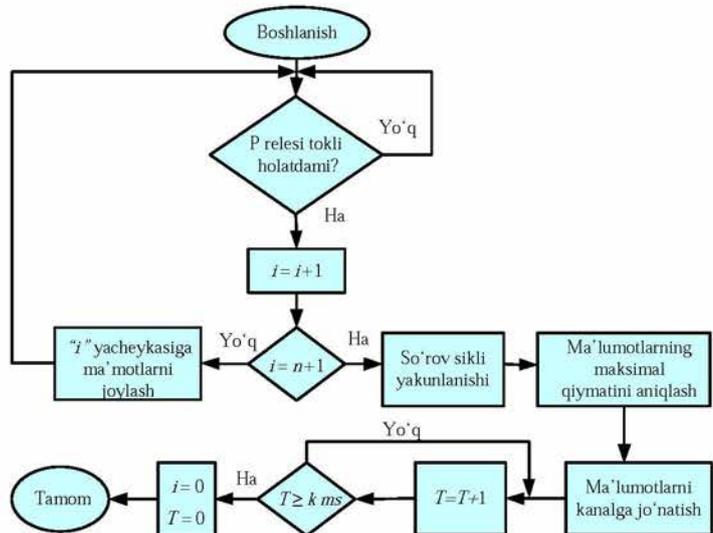
4-rasm. Ma'lumotlar shakllangandan keyingi hamda ma'lumotlarni uzatish moslamasiga ulanishga tayyorlik grafning holati

qilish natijalariga ko'ra, 5-rasmda ko'rsatilgan yo'l relesi kuchlanishini kuzatish qurilmasining ishlash algoritmi ishlab chiqilgan. Algoritmga ko'ra yo'l relesi g'altagiga keladigan o'zgaruvchan kuchlanish impuls va intervallardan iborat. Tadqiqotlar shuni ko'rsatdiki, o'lchov qiymatlarining eng katta amplitudasini aniqlash uchun o'lchashlarni 400 ms davriylikda amalga oshirish ishonchli ma'lumotlarini qo'lga kiritish mumkin.

$$\begin{aligned}
 I(P_{Timer}) &= \{t_2\}; & O(P_{ARO'}) &= \{t_1\}; \\
 I(P_{StartTimer}) &= \{t_3\}; & O(P_{Timer}) &= \{t_1\}; \\
 I(P_{Data}) &= \{t_1\}; & O(P_{StartTimer}) &= \{t_2\}; \\
 I(P_{DataTransfer}) &= \{t_4\}; & O(P_{Data}) &= \{t_3, t_4\}; \\
 I(\bar{P}_{DataTransfer}) &= \{t_5\}; & O(P_{DataTransfer}) &= \{t_5\}; \\
 I(t_1) &= \{P_{Timer}, P_{ARO'}\}; & O(\bar{P}_{DataTransfer}) &= \{t_4\}; \\
 I(t_2) &= \{P_{StartTimer}\}; & O(t_1) &= \{P_{Data}\}; \\
 I(t_3) &= \{P_{Data}\}; & O(t_2) &= \{P_{Timer}\}; \\
 I(t_4) &= \{P_{Data}, \bar{P}_{DataTransfer}\}; & O(t_3) &= \{P_{StartTimer}\}; \\
 I(t_5) &= \{P_{DataTransfer}\}; & O(t_4) &= \{P_{DataTransfer}\}; \\
 & & O(t_5) &= \{\bar{P}_{DataTransfer}\}.
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

Tashxislash va monitoring ma'lumotlarini simsiz uzatishni tashkil etish matematik modeli ham yuqordagi kabi Petri tarmoqlari grafi yordamida tadqiq etilib, ishlab chiqigan. Modellashtirish natijalari shuni ko'rsatdiki, bir vaqtda ma'lumot uzatishga tayyor axborot manbalari o'rtasida ziddiyatni bartaraf etish maqsadida taymer funksiyasi kiritilishi lozim.

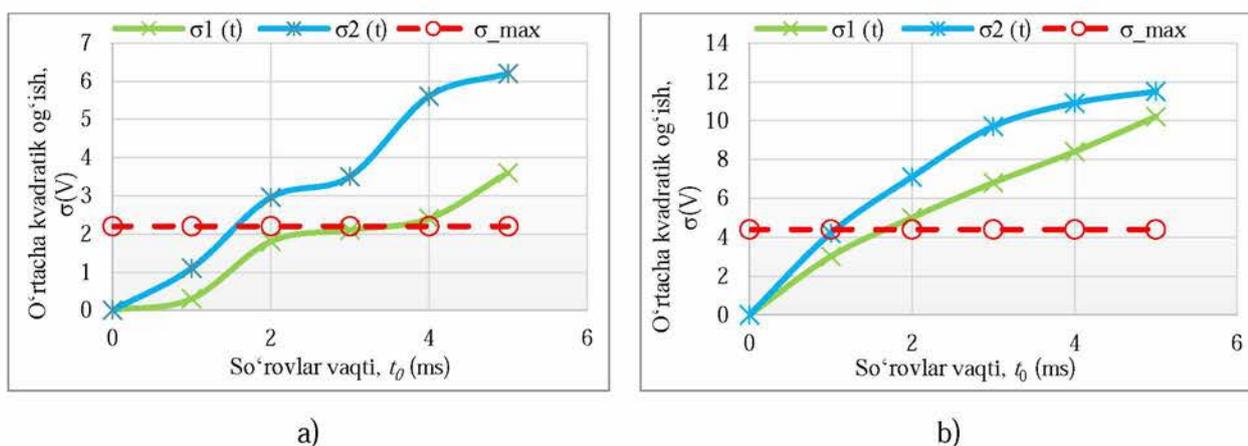
Ushbu taymer doimiy va takrorlanuvchan ishlagan holda ma'lumot manbasining ustuvorligi hamda ma'lumot uzatishga tayyorlik yorlig'iga qarab har bir axborot manbalarining aloqa kanali bilan bog'lanishini ta'minlashi kerak. Bundan tashqari signal nuqtasidagi monitoring qilinadigan qurilmalarning ishlash jarayonida yuzaga keladigan hodisalar tasodifiy tusga ega bo'lganligi sababli va buzilishlar qaysi qurilmalarda ko'p uchrashini aniqlash maqsadida Markov zanjirlariga asoslangan holatlar grafi yordamida qurilmalar holatini monitoring qilish, texnik tashxislash va bashoratlash matematik modeli ishlab chiqilgan. Unga ko'ra signal nuqtasidagi qurilmalardan o'lchangan birlamchi ma'lumotlar asosida qurilma holati baholanadi va uning holati haqidagi tashxislash ma'lumotlari zudlik bilan choralar ko'rishni talab qiluvchi yoki "eslatma" toifasiga tegishli ogohlantirishlarga ajratiladi. Modellashtirish natijasida



5-rasm. Avtoblokirovka tizimining yo'l relesi kuchlanishini o'lchash uchun qurilmaning ishlashi algoritmi

Ushbu tuzilmaviy sxemada o'lchash kanallari kirish aktiv R0 qarshiligi o'lchanayotgan kuchlanish nominal qiymatlaridan kelib chiqib, 50-560 kOmgacha o'zgaradi. Galvanik ajratma sifatida ZMPT101B turidagi kichik gabaritli transformator ishlatilgan. Aktiv kirish qarshiligi yordamida pasaytirilgan analog signal tokini 2 dona 2 kaskadli LM358N operatsion kuchaytirgichlar yordamida kuchaytiriladi va keyinchalik DMKning analog raqamli o'zgartirgichi kirishlariga yuboriladi. 7-rasmda tasvirlangan tuzilmaviy sxema loyihasi EasyEDA – elektrik sxemalar hamda bosma platalar yaratish onlayn dasturiy vositasi yordamida ishlab chiqilgan. Ushbu sxema asosida elektron elementlarni bir-biriga nisbatan qulay joylashtirgan holda yaxlit bosma plata loyihasi ishlab chiqilgan.

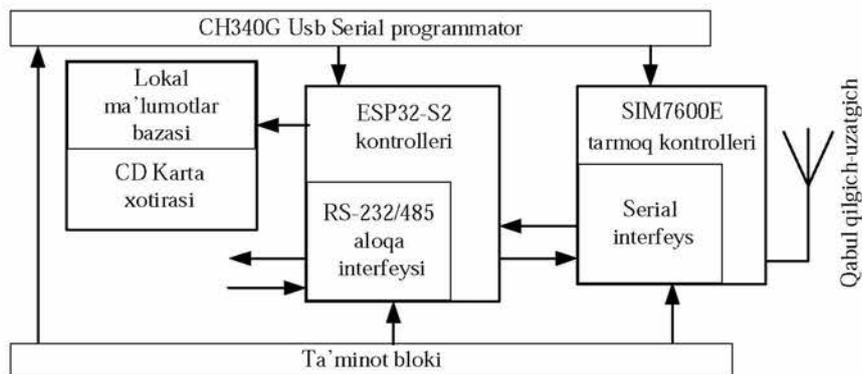
Ma'lumotlarni yig'ish moduli sifatida sanoat miqyosida ishlatiladigan Delta DVP20SX2 DMKidan foydalanilgan. Analog signalning samarali qiymatini aniqlashda o'rtacha kvadratik og'ishning so'rov vaqtiga bog'liqligi ushbu kontroller asosida tadqiq qilingan va so'rov vaqtlarining o'lchash xatoligiga nisbatan optimal qiymatlari aniqlab topilgan. Analog raqamli o'zgartirgichning t_0 so'rov vaqtiga bog'liq ravishda kuchlanishni o'lchashda $\sigma_{\Delta x}$ o'rtacha kvadrat og'ish o'zgarishlarini aks ettiruvchi $\sigma_1(t)$ (ta'minot kuchlanishining ideal sinusoidasida) va $\sigma_2(t)$ (garmonik halaqitlar qo'yilganda) ko'rinishidagi olingan egri chiziqlarining har bir kuchlanish chastotasi uchun optimal t_0 so'rov vaqtlari aniqlangan. Unga ko'ra 110 V kuchlanishli va 25 Hz chastotali analog signal bo'yicha olingan natijalarda $\sigma_1(t)$ va $\sigma_2(t)$ egri chiziqlaridan ko'rinib turibdiki, $t_0=1,5$ ms so'rovi vaqtida ikkala ko'rinishdagi analog signal uchun maksimal ruxsat etiladigan o'rtacha kvadrat og'ish σ_{max} dan o'tib ketmagan. 220 V kuchlanishli va 50 Hz chastotali analog signal bo'yicha olingan natijalarda esa $t_0=1$ ms so'rovi vaqtida ikkala ko'rinishdagi analog signal uchun maksimal ruxsat etiladigan o'rtacha kvadrat og'ishdan o'tib ketmasligi aniqlangan (8-rasm).



8-rasm. Nazorat qilinadigan analog signalning samarali qiymatini aniqlashda o'rtacha kvadrat og'ishning so'rov vaqtiga bog'liqligi: a) 110 V, 25 Hz chastotali analog signal; b) 220 V, 50 Hz chastotali analog signal

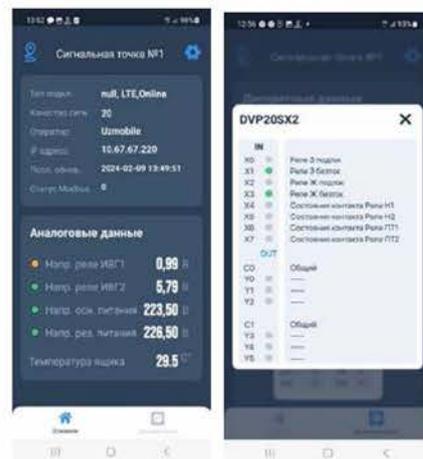
DVP20SX2 kontrollerining analog hamda diskret kirishlari yordamida yig'ib olingan ma'lumotlar RS-485-aloqa interfeysi orqali ma'lumotlarni simsiz uzatish moduliga yuborilgan. Modellashtirish natijalaridan olingan 5-rasmdagi algoritim

asosida analog ma'lumotlarni yig'ish hamda tashxislash va monitoring ma'lumotlarini uzatish, nazorat parametrlarida me'yoriy qiymatdan og'ishlar hamda xavfli nosozlik holati sodir bo'lganda tezkor SMS xabarini xizmat xodimiga jo'natish dasturiy ta'minoti yaratilgan. Dasturni yaratishda ISPSoft 3.16 dasturiy interfeysidan foydalanilgan. Dasturiy ta'minotga Intellektual mulk agentligidan DGU 17956-sonli elektron hisoblash mashinalari uchun guvohnoma olingan. Ma'lumotlarni simsiz uzatish modulini ishlab chiqish maqsadida jahon bozoridagi modemlarning qiyosiy tahlillari o'tkazilgan. Ularning texnik tavsiflari va bir-biridan farqli jihatlari taqqoslangan holda SimCom firmasining SIM7600E tarmoq kontrolleri tanlab olingan. Modulning funksional sxemasi 9-rasmda tasvirlangan.



9-rasm. Monitoring ma'lumotlarni simsiz uzatish modulining funksional sxemasi

Sxemada ESP32-S2 kontrolleri DMKdan olingan ma'lumotlarni lokal ma'lumotlar bazasida saqlash va tarmoq kontrolleri bilan birga "Internet of things" texnologiyasining https mahfiy ma'lumotlar almashish bayonnomasi yordamida ma'lumotlarni serverga uzatish uchun xizmat qiladi. Peregon signal nuqtasi qurilmalari holatini masofaviy nazorat va monitoring qilish, tashxislash hamda kelgusida yuzaga kelishi ehtimoli bo'lgan nosozliklarni bashorat qilish maqsadida "Internet of things" texnologiyalarini qo'llagan holda Android operatsion tizimi uchun smartfon mobil ilovasi hamda yagona ma'lumotlar bazasi yaratilgan (10-rasm). Mobil ilovaning dasturiy ta'minoti uchun O'zbekiston Respublikasi Intellektual mulk agentligidan DGU 33930-sonli elektron hisoblash mashinalari uchun guvohnoma olingan.

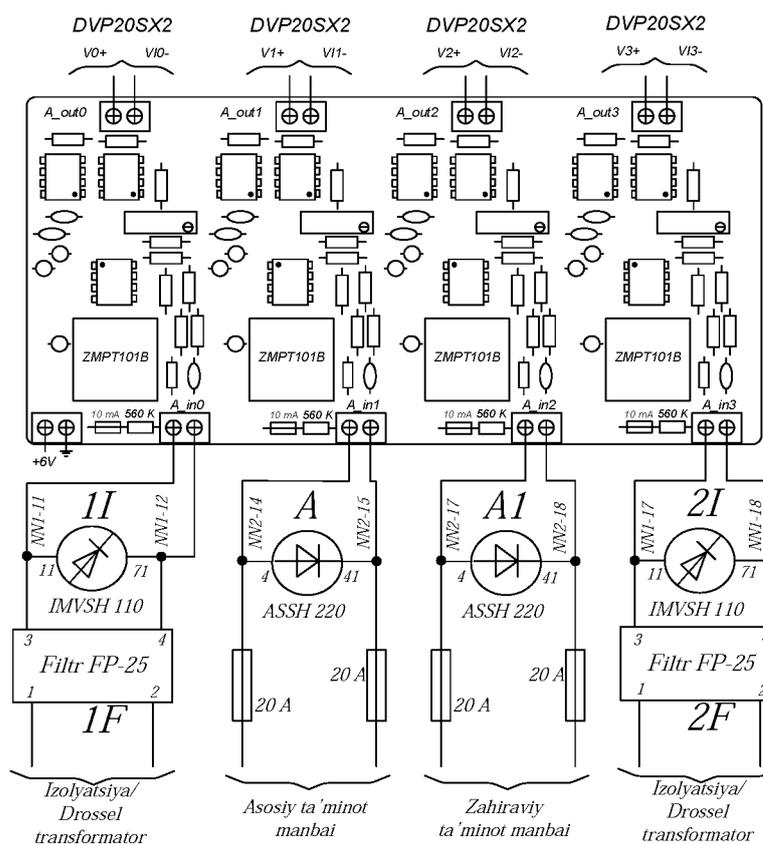


10-rasm. Smartfon mobil ilovasi

“Peregon signal nuqtasi qurilmalarining holatini uzluksiz monitoring qiluvchi mikroprotessorli texnik vositalarni tatbiq etish bo'yicha tavsiyalarni ishlab chiqish” deb nomlangan to'rtinchi bobda mikroprotessorli vositalarning qo'yilgan vazifalar bo'yicha ishlash qobiliyati laboratoriya test-sinovlaridan o'tkazish shartlari ishlab chiqilgan. Mikroprotessorli vositalar peregonning amaldagi bir yo'lli avtoblokirovka signal nuqtasidagi mavjud qurilmalariga eksperimental ulash orqali tajribaviy sinov tekshiruvidan o'tkazilgan. Mikroprotessorli vositalar yordamida jo'natilgan monitoring ma'lumotlarini

avtomatlashtirilgan ma'lumotlar bazasida saqlash va arxivlashtirish natijalari keltirilgan hamda davriy monitoring o'tkazish bo'yicha tavsiyalar ishlab chiqilgan. Bundan tashqari mikroprotsektorli vositalarni amaliyotga joriy etishning iqtisodiy samaradorligi hisoblab topilgan.

Mikroprotsektorli vositalarni to'g'ri ishlayotganini aniqlash maqsadida "Mikroelektronika plyus" mas'uliyati cheklangan jamiyatining texnik laboratoriyasida analog va diskret kattaliklarni o'lchash, o'lchangan ma'lumotlarni va xavfli nosozlik xabarlarini simsiz uzatishga doir sinovlar o'tkazilgan. Laboratoriya sinovlari muvaffaqiyatli yakunlanib, ishlab chiqilgan mikroprotsektorli vositalar majmuasi soz va xatoliklarsiz ishlagani isbotlangandan so'ng "O'zbekiston temir yo'llari" AJ Signallashtirish va aloqa boshqarmasi boshlig'ining 2023-yil 10-oktabrdagi Sh-31/23-sonli "O'lchov qurilmalari holatini kuzatib borish uchun "Internet of Things" texnologiyalarini tajriba-sinovdan o'tkazish haqida" gi buyrug'iga asosan Toshkent signallashtirish va aloqa masofasi Salar – Xojikent temir yo'l uchastkasi, 8-kilometr 6-piketdagi 1-6-signal nuqtasiga tajriba-sinov tarzida ulash ishlari amalga oshirilgan. Sinovdan o'tkazish uchun amaldagi signal nuqtasi texnik hujjatlarida ko'rsatilgan nazorat nuqtalariga analog signallarni kiritish moduli 11-rasmda tasvirlangan sxema bo'yicha ulangan. Sinov jarayonidan o'tkazish natijasida uzluksiz monitoring qilishning mikroprotsektorli vositalari signal nuqtasi qurilmalari bilan inkor etishlarsiz ishlagani va harakat xavfsizligiga bog'liq bo'lgan qurilmalar ishiga nojo'ya ta'sir ko'rsatmagani tasdiqlangan. Shuningdek, qurilmalarning holati haqidagi ma'lumotlar aniq belgilangan vaqt intensivligi bilan xizmat xodimi smartfonida aks ettirilgan. Signal nuqtasining buzilishi yoki qurilma parametrlarida jiddiy og'ishlar aniqlanganda, ushbu shoshilinch axborotlar xodimlarning mobil telefonlariga SMS xabarlar ko'rinishida zudlik bilan yetkazilgan. Ishchi guruh bilan o'tkazilgan tajriba-sinovlari natijasida sinov dalolatnomasi olingan.



11-rasm. Kuchlanish qiymatlari mavjud bo'lgan qurilmalarning nazorat nuqtalariga analog signallarni kiritish modulini ulash sxemasi

Ishlab chiqilgan mikroprotsektorli vositalar "O'zbekiston temir yo'llari" AJning "Signallashtirish va aloqa boshqarmasi" tarkibidagi Salar-Nurhayot peregonida joriy etilgan. Natijada kamerton generatorini istisno qilish, to'satdan

yuzaga kelgan nosozlik yoki buzilishlar haqidagi ma'lumotlarni xizmat ko'rsatuvchi xodimlarga zudlik bilan uzatish, mobil ilova yordamida qurilmalar holatini masofadan kuzatib borish va tekshirish, resurs iste'molini 30...40 % ga kamaytirish, signallashtirish qurilmalariga texnik xizmat ko'rsatish jadvallariga muvofiq bir qator davriy ishlarni bajarishdan voz kechish imkoniyati paydo bo'lgan. Mikroprotessorli vositalarni Salar – Xojikent temir yo'l uchastkasining Salar-Nurhayot peregonida amaliyotga tatbiq qilish natijasida iqtisodiy samaradorlik birinchi yilda 115,4 mln. so'mni va keyingi har yili uchun 14,7 mln. so'mni tashkil qildi.

XULOSA

“Internet of things” texnologiyalari asosida peregon signal nuqtasi qurilmalari holatini uzluksiz monitoring qilishning mikroprotessorli vositalarini ishlab chiqish bo'yicha o'tkazilgan tadqiqot natijalariga ko'ra quyidagi xulosalar taqdim etildi:

1. Temir yo'l avtomatika va telemexanika qurilmalariga belgilangan texnik talablarni e'tiborga olib, energiya va resurstejamkor hamda zamonaviy aloqa texnologiyalardan foydalanish orqali peregon poyezdlar harakatini avtomatik boshqarish tizimining signal nuqtasi qurilmalari holatini uzluksiz monitoring qiluvchi mikroprotessorli vositalarni ishlab chiqish usullari va tamoyillari asoslangan. Natijada mikroprotessorli monitoring qilish vositalarini ishlab chiqishda analog signallarni kiritishning galvanik ajratish usullari, ma'lumotlarni simsiz uzatishning zamonaviy tamoyillarini samarali qo'llash imkoniyati yaratilgan.

2. Peregon signal nuqtasi qurilmalari holatini uzluksiz nazorat qilish va monitoringini hisobga olib Petri tarmoqlari grafi, ehtimollik nazariyasi hamda Markov zanjirlari holati grafi asosida qurilmalar holatini texnik tashxislash, bashoratlash, yo'l relesi kuchlanishini o'lchash hamda ma'lumotlar uzatishni tashkil etishning matematik modellari ishlab chiqilgan. Modellashtirish natijasida analog signallarning monitoringini tashkil etish tartiblari hamda ularning optimal so'rov davri va davomiyligi aniqlangan, shuningdek, bir vaqtda ma'lumot uzatishga tayyor axborot manbalari o'rtasida ziddiyatni bartaraf etish shartlarini inobatga olish imkoniyati aniqlangan.

3. Nazorat qilinadigan qurilmalarning holati haqidagi tashxislash ma'lumotlari zudlik bilan choralar ko'rishni talab qiluvchi va “eslatma” toifalariga ajratilib, mobil ilova yordamida ogohlantirish orqali xabarlarini simsiz uzatishni tashkil etish usuli ishlab chiqilgan. Natijada signal nuqtasidan olingan xavfli buzilish haqidagi tashxislash ma'lumotlari xizmat ko'rsatuvchi xodimlarga SMS habarlar ko'rinishida zudlik bilan yetkazish imkoniyati paydo bo'lgan.

4. Tadqiqot natijalariga ko'ra, funksional imkoniyatlari cheklangan kamerton generatorlaridan voz kechish imkoniyati amalga oshirilgan va zamonaviy mikroelektronika elementlaridan samarali foydalanish orqali uning funksional vazifalarini amalga oshira oladigan hamda qo'shimcha afzalliklarga ega bo'lgan mikroprotessorli talqini va uning sxemaviy yechimlari ishlab chiqilgan, ulash usullari amalga oshirilgan. Natijada peregon signal nuqtasini nazorat qilish qurilmalarining resurs iste'molini 30...40 %ga kamaytirishga erishilgan. Shuningdek, mahalliyashtirish va tejamkor texnologiyalarni joriy qilish shartlariga

mos keladigan narxi kamerton generatoriga nisbatan deyarli 3 barobar arzon bo'lgan mikroprotessorli vositalar majmuasi ishlab chiqilgan.

5. "Internet of things" texnologiyalari asosida peregon signal nuqtasi qurilmalari holatini uzluksiz monitoring qilishning mikroprotessorli vositalaridan tezkor xodimga ma'lumotlarni simsiz uzatish usulining bazaviy dasturiy ta'minotlari, ishlash algoritmlari va tuzilmaviy sxemalari ishlab chiqilgan. Natijada nosozlik yoki buzilishlar sababli poyezdlarning to'xtab qolishining oldini olish, nazorat qurilmalarining ishlash muddatini uzaytirish va peregonidagi signallashtirish qurilmalariga texnik xizmat ko'rsatish jadvallariga muvofiq bir qator davriy ishlarni bajarishdan voz kechish imkoni yaratilgan.

6. Qabul qilingan ma'lumotlarni tahlil qilish va real vaqt davomida qurilmalar holatini monitoring qilish natijalariga muvofiq chora-tadbirlar ko'rish maqsadida "Internet of things" texnologiyalaridan foydalangan holda operativ xodimning smartfoni uchun mobil ilova ishlab chiqilgan. Shuningdek, monitoring qilish natijalariga tayanib, kelgusida yuzaga kelish ehtimoli bo'lgan nosozliklar haqida bashorat qilish maqsadida yagona ma'lumotlar bazasi shakllantirilgan. Natijada signal nuqtasidagi qurilmalarning holati haqida ma'lumotlar aniq belgilangan vaqt intensivligi bilan xizmat xodimi smartfonida aks ettirish, ma'lumotlar bazasini tahlil qilish orqali qurilmaning kelajakda buzilishlarga uchrash ehtimolini bashoratlash mumkin bo'lgan.

7. "Internet of things" texnologiyalari asosida peregon signal nuqtasi qurilmalari holatini uzluksiz monitoring qilishning mikroprotessorli vositalari Toshkent signallashtirish va aloqa masofasi Salar-Nurhayot peregonining 1-6 signal nuqtasiga joriy qilingan. Ishlab chiqilgan mikroprotessorli vositalardan foydalanish natijasida olinadigan yillik iqtisodiy samara ushbu uchastka uchun birinchi yilda 115,4 mln. so'mni va keyingi har yili uchun 14,7 mln. so'mni tashkil qilgan.

**НАУЧНЫЙ СОВЕТ PhD.15/31.08.2022.Т.73.01 ПО ПРИСУЖДЕНИЮ
УЧЕНЫХ СТЕПЕНЕЙ ПРИ ТАШКЕНТСКОМ ГОСУДАСТВЕННОМ
ТРАНСПОРТНОМ УНИВЕРСИТЕТЕ**

**ТАШКЕНТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТРАНСПОРТНЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ**

НУРИДДИНОВ КУРБОНАЛИ КОМИЛЖОН УГЛИ

**МИКРОПРОЦЕССОРНЫЕ СРЕДСТВА НЕПРЕРЫВНОГО
МОНИТОРИНГА СОСТОЯНИЯ УСТРОЙСТВ СИГНАЛЬНОЙ ТОЧКИ
ПЕРЕГОНА НА ОСНОВЕ ТЕХНОЛОГИЙ
«INTERNET OF THINGS»**

05.08.03 – Эксплуатация железнодорожного транспорта

**АВТОРЕФЕРАТ ДИССЕРТАЦИИ ДОКТОРА ФИЛОСОФИИ (PhD)
ПО ТЕХНИЧЕСКИМ НАУКАМ**

Ташкент – 2024

Тема диссертации доктора философии (PhD) по техническим наукам зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Министерстве высшего образования, науки и инноваций Республики Узбекистан за №B2024.3.PhD/T4998.

Диссертация выполнена в Ташкентском государственном транспортном университете.

Автореферат диссертации на трех языках (узбекский, русский, английский (резюме)) размещен на веб-странице Научного совета (www.tstu.uz) и Информационно-образовательном портале «ZiyoNet» (www.ziynet.uz).

Научный руководитель:	Азизов Асадулла Рахимович кандидат технических наук, профессор
Официальные оппоненты:	Улжаев Эркин доктор технических наук, профессор Рихсиев Дилмурод Хожиакбарович кандидат технических наук, доцент
Ведущая организация:	Ташкентский университет информационных технологий имени Мухаммада ал-Хоразмий

Защита диссертации состоится 28 ноября 2024 года в 15⁰⁰ часов на заседании Научного совета PhD.15/31.08.2022.T.73.01 при Ташкентском государственном транспортном университете. Адрес: 100167, г. Ташкент, ул. Темирийулчилар, 1. Тел.: (99871) 299-00-01; факс: (99871) 293-57-54; e-mail: rektorat@tstu.uz.

С диссертацией можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре Ташкентского государственного транспортного университета (регистрационный номер №191). Адрес: 100167, г. Ташкент, ул. Темирийулчилар, 1. Тел.: (99871) 299-05-66.

Автореферат диссертации разослан 14 ноября 2024 года.
(протокол реестра №51 от 14 ноября 2024 года).



Ж.Ф. Курбанов
Председатель Научного совета
по присуждению учёных степеней,
д.т.н., профессор

Ш.М. Суюнбаев
Ученый секретарь Научного совета
по присуждению учёных степеней,
д.т.н., профессор

М.Х. Расулов
Председатель Научного семинара
при Научном совете по присуждению
учёных степеней, к.т.н., профессор

ВВЕДЕНИЕ (аннотация диссертации доктора философии (PhD))

Актуальность и востребованность темы диссертации. На железнодорожном транспорте безопасное и своевременное прибытие подвижного состава к месту назначения без остановок в пути во многом зависит от устройств и систем автоматики и телемеханики. Эффективное управление любым производственным процессом, особенно таким сложным процессом, как железнодорожный транспорт, и успешное выполнение процессов могут быть достигнуты только на основе полной, достоверной и аналитически подготовленной информации о состоянии объектов. Наличие такой информации является обязательным и неременным условием оптимальной организации перевозочного процесса, выявления и снижения производственных затрат, регулирования тарифов и реализации эффективной политики в области железнодорожного транспорта. По этой причине важно повысить надежность устройств системы автоблокировки на железнодорожном перегоне за счет удаленного мониторинга состояния сигнальных устройств в режиме реального времени, выявления неисправностей и организации передачи информации современными способами. Также, исходя из требований настоящего времени, особое внимание уделяется разработке и использованию микропроцессорных средств, предназначенных для непрерывного контроля и мониторинга на основе элементов, экономящих ресурсы и энергию.

В мире совершенствуются системы железнодорожной автоматики, их устройства и составные элементы, проводятся различные научно-исследовательские работы, направленные на создание микропроцессорных средств и устройств путем коренной или частичной модернизации. В этом направлении важно провести исследование по созданию базового программного обеспечения, алгоритмов и методов контроля мониторинга состояния устройств систем железнодорожной автоматики и телемеханики, используя современные коммуникационные технологии связи. Вместе с этим, приоритетными считаются научные исследования по повышению надежности устройств системы автоблокировки на перегонах. Также, одной из актуальных задач считается передача показателей надежности системы железнодорожной автоблокировки, результатов контроля состояния устройств, сообщений об обнаруженных неисправностях работникам железнодорожного транспорта в режиме реального времени.

В нашей республике возрастает внимание к реформам в сфере транспорта, проводятся множество работ по мерам развития отрасли. В том числе, ведутся масштабные работы и достигаются намеченные результаты по увеличению протяженности существующих железнодорожных линий, количества маршрутов и поездов по ним, электрификации существующих, действующих линий, улучшению и развитию объектов инфраструктуры, расположенных вдоль железнодорожных путей. В стратегии развития Нового Узбекистана на 2022 – 2026 годы определены такие задачи как, «...развитие единой транспортной системы путем непрерывного подключения всех видов

транспорта, ...повышение уровня электрификации железнодорожной инфраструктуры до 60%, ... совершенствование системы железнодорожного транспорта и развитие ее инфраструктуры»¹. С этой точки зрения, важной задачей является снижение неисправностей, возникающих в устройствах сигнальных точек автоблокировки железнодорожных перегонов, повышение их надежности, создание и научное обоснование средств непрерывного контроля и мониторинга на базе сетевых и программируемых логических контроллеров, используемых в промышленных масштабах.

Исследования, проведенные в данной диссертационной работе, в значительной степени служат для реализации задач, предусмотренных Указами Президента Республики Узбекистан №УП-220 от 9 сентября 2022 года «О дополнительных мерах по внедрению энергосберегающих технологий и развитию возобновляемых источников энергии малой мощности» и №УП-5647 от 1 февраля 2019 года «О мерах по коренному совершенствованию системы государственного управления в сфере транспорта», а также Постановлением №ПП-307 от 6 июля 2022 года «Об организационных мерах по реализации Стратегии инновационного развития Республики Узбекистан на 2022 – 2026 годы» и в других аналогичных нормативно-правовых документах, относящиеся к сфере транспорта.

Соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологий республики. Данное исследование выполнено в соответствии с приоритетным направлением развития науки и технологий республики: II. «Энергетика, энерго- и ресурсосбережение».

Степень изученности проблемы. Различные передовые высшие учебные заведения, научно-исследовательские центры и престижные фирмы проводят научные исследования, направленные на решение актуальных задач по разработке методов повышения безопасности, скорости и надежности движения поездов на железнодорожном транспорте, усовершенствованию систем автоматики и телемеханики, а также проектирование новых систем, выполненных на основе микроэлектронных интегральных схем. К ним можно отнести множество известных зарубежных организации, таких как Technische Universitat Wien (Австрия), Dresden University of Technology, Institute of Railway and Transportation Engineering (Германия), Xian Railway Engineering Staff University (Китай), Петербургский государственный университет путей сообщения, Российский университет транспорта (Россия) и фирмы «Сименс», «Бомбардье». В тоже время в этом направлении проводятся работы в Ташкентском государственном транспортном университете Республики Узбекистан.

Передовые зарубежные ученые К. Пинедо, И. Лопес, П. Сингх, Г. Тиега, П. Фрага-Ламас, В.М. Лисенков, Ю.А. Кравцов, В.В. Сапожников, Вл.В. Сапожников, Н.Ф. Котляренко, В.С. Дмитриев, А.Б. Никитин, П.Ф. Бестемьянов, В.П. Молотцов, А. А. Иванов, Д. В. Ефанов, В. А. Шариков

¹ Указ Президента Республики Узбекистан №УП-60 от 28 января 2022 года «О стратегии развития Нового Узбекистана на 2022-2026 годы»

и другие ведущие специалисты на различных уровнях изучали проблемы повышения эффективности и эксплуатационной надежности систем и устройств автоматики, телемеханики железнодорожного транспорта и внесли значимый вклад. В нашей стране ученые В.Г. Строков, Ш.Р. Хорунов, Н.М. Арипов, Д.Х. Баратов, Ж.Ф. Курбанов, А.Р. Азизов, Д.Х. Рихсиев, С.Т. Болтаев, Е.К. Аметова, Ш.М. Юлдашев, Ф.Ф. Шакирова, Р.Б. Абдуллаев, Б.Б. Рахманов, З.Ф. Мирзарахмедов в своих научных работах особое внимание уделяли техническим и технологическим решениям, теоретическому и практическому анализу использования транспортных процессов, систем централизации и блокировки на железной дороге, а также микропроцессорным средствам контроля и управления.

В указанных научных работах, выполненных в Республике Узбекистан, авторами были отмечены и обоснованы широкие возможности по использованию новых современных микроэлектронных технологий и принципы их реализации, однако не изучены вопросы непрерывного контроля состояния устройств на сигнальных точках систем железнодорожной автоблокировки, непосредственно связанных с безопасностью движения, и оперативной отправкой информации дежурному персоналу. До сегодняшнего дня решение задач по мониторингу, диагностике, передаче данных, разработка алгоритмов и программного обеспечения не были выполнены на основе методов теории графов, а также не реализованы с использованием энерго- и ресурсосберегающих технологий, таких как «Internet of things». Также, не использованы и недостаточно исследованы вопросы разработки, внедрения широкие возможности математического моделирования, программного обеспечения и алгоритмы работы отдельных взятых элементов систем автоблокировки, с целью выполнения поставленных задач.

Связь диссертационного исследования с планами научно-исследовательских работ высшего образовательного учреждения, где выполнена диссертация. Диссертационное исследование выполнено согласно научно-исследовательским планам в рамках проекта «Создание информационной системы онлайн-мониторинга движения пассажирских поездов RailNav» согласно пункту 154 инновационных проектов «Драйвер», подлежащих реализации в отраслях экономики в 2023 – 2026 годах, указанных в приложении 4 Постановления Президента Республики Узбекистан №УП-307 от 6 июля 2022 года «Об организационных мерах по реализации Стратегии инновационного развития Республики Узбекистан на 2022 – 2026 годы» и хозяйственного договора №33/2024-1 «Разработка микроэлектронного блока управления маневрового светофора» (2024 г.).

Целью исследования является разработка и исследование микропроцессорных средств непрерывного мониторинга состояния устройств сигнальной точки перегона на основе технологий «Internet of things».

Задачи исследования:

исследование проблем и современного состояния средств непрерывного мониторинга устройств сигнальной точки в системе автоблокировки железнодорожной автоматики и телемеханики;

обоснование необходимости использования методов и принципов разработки микропроцессорных средств непрерывного мониторинга состояния устройств сигнальной точки перегона на основе технических требований к оборудованию автоматики и телемеханики;

разработка математических моделей, алгоритмов работы и программного обеспечения микропроцессорных средств с целью реализации непрерывного контроля и мониторинга состояния устройств сигнальной точки перегона на основе технологий «Internet of things»;

проектирование, создание и разработка схемных решений микропроцессорных средств, выполняющих задачи, возложенные на камертонные генераторы, передающие дискретные сигналы контролируемых устройств сигнальной точки перегона с целью отказа от них;

разработка мобильного приложения для смартфона и формирование единой базы данных, в целях удаленного контроля и мониторинга, диагностики и прогнозирования возможных сбоев устройств сигнального точки перегона в будущем.

Объектом исследования являются средства непрерывного контроля состояния устройств сигнального точки перегона.

Предметом исследования являются методы математического моделирования и аппаратной реализации, алгоритмы работы и базовое программное обеспечение микропроцессорных средств непрерывного мониторинга состояния устройств сигнальной точки перегона.

Методы исследования. В ходе научных исследований использовались такие методы, как математическое моделирование, математические уравнения Колмогорова, теория вероятностей, теория графов, в частности мультиграф сети Петри и граф состояний цепей Маркова.

Научная новизна исследования заключается в следующем:

обоснованы методы и принципы разработки микропроцессорных средств диагностики, непрерывного контроля и мониторинга состояния устройств сигнальной точки перегона, за счет использования энерго-ресурсосберегающих и современных коммуникационных технологий с учетом технических требований к оборудованию железнодорожной автоматики и телемеханики;

разработаны математические модели непрерывного мониторинга, технического диагностирования и прогнозирования, измерения напряжения путевых реле и организации передачи данных на основе графа сетей Петри и графа состояний цепи Маркова с учетом состояния устройств сигнальной точки перегона;

разработан метод беспроводной передачи сообщений посредством оповещения с помощью мобильного приложения с учетом немедленной

доставки информации обслуживающему персоналу об опасном отказе контролируемых устройств сигнальной точки перегона;

разработан упрощенный метод диагностики путем преобразования уровней важных значений тока потребления устройств сигнальной точки в виде укороченных данных с учетом оперативной передачи данных мониторинга по каналу связи.

Практические результаты исследования заключаются в следующем:

разработаны схемные решения подключения и микропроцессорных средств непрерывного мониторинга и диагностики состояния устройств сигнальной точки перегона, выполняющие функциональные задачи камертонного генератора, обладающих дополнительными возможностями;

разработаны структурные схемы, алгоритмы работы и программное обеспечение микропроцессорных средств непрерывного мониторинга состояния устройств сигнальной точки перегона на основе технологий «Internet of things»;

создано мобильное приложение для смартфона и сформирована единая база данных с использованием технологий «Internet of things» в целях удаленного мониторинга, контроля, диагностики и прогнозирования вероятности появления будущих неисправностей устройств сигнальной точки перегона.

Достоверность результатов исследования. Достоверность результатов исследований объясняется тем, что все компоненты микропроцессорных средств работают согласованно друг с другом, что подтверждается результатами экспериментов, проведенных с устройствами действующих сигнальных точек автоблокировки.

Научная и практическая значимость результатов исследования.

Научная значимость результатов исследований объясняется совершенствованием методов математического моделирования с целью практического решения задачи создания ресурсо- и энергосберегающих микропроцессорных средств мониторинга состояния устройств сигнальной точки перегона.

Практическая значимость результатов исследования объясняется созданием микропроцессорных средств непрерывного контроля в реальном масштабе времени за состоянием сигнальных устройств, увеличения периода времени их безотказной работы, а также возможностью оперативной локализации повреждений. Также, это обеспечит эффективное управление сложными производственными процессами, что возможно на основе полной, достоверной информации о состоянии объектов, приводит к оптимальной организации перевозочного процесса, снижению производственных затрат и регулированию тарифов.

Внедрение результатов исследования: По результатам исследований, направленных на создание и практическое применение микропроцессорных средств непрерывного контроля состояния устройств сигнальной точки перегона на базе технологий «Internet of things» получены:

математические модели, алгоритмы работы, программное обеспечение для технического диагностирования, прогнозирования, измерения напряжения путевых реле и организации беспроводной передачи данных, а также обоснованные методы и принципы разработки микропроцессорных средств и их схематические решения были внедрены на перегоне Салар-Нурхаёт «Управления сигнализации и связи» АО «Узбекистан темир йуллари» (справка Министерства транспорта Республики Узбекистан №4/8876 от 19 декабря 2023 года). В результате удалось убедиться в безошибочной работе микропроцессорных средств непрерывного контроля за устройствами сигнальной точки, а также учесть необходимые условия дистанционной отправки данных мониторинга и диагностики;

внедрены микропроцессорные средства, созданные на аппаратной базе сетевого контроллера «SimCom SIM7600E» и программируемого логического контроллера типа «DVP20SX2» промышленного масштаба, а также мобильное приложение для смартфона, разработанное на основе технологий «Internet of things» на 1-6 сигнальной точке 6-м пикете 8-го километра Салар-Ходжикентского участка железной дороги «Управления сигнализации и связи» (справка Министерства транспорта Республики Узбекистан №4/8876 от 19 декабря 2023 года). В результате появилась возможность исключения работы камертонного генератора, немедленная беспроводная доставка информации на мобильные телефоны обслуживающего персонала в виде СМС-сообщений о внезапных неисправностях или поломках. Удаленный мониторинг и контроль состояния устройств с помощью мобильного приложения позволили снизить потребление ресурсов на 30...40%, отказаться от ряда периодических работ в соответствии с графиками обслуживания устройств сигнализации.

Апробация результатов исследования. Результаты исследований обсуждались на 6-ти научно-практических конференциях, в том числе 2 зарубежных (в базе Scopus) и 4 научно-практических конференциях республиканского уровня.

Опубликованность результатов исследования. Всего по теме диссертации опубликовано 14 научных работ, в том числе 8 статей в научных журналах, рекомендованных к публикации Высшей аттестационной комиссией Республики Узбекистан, из них опубликовано 5 статей в республиканских и 3 в зарубежных журналах, а также получены 2 свидетельства об официальной регистрации программы, созданной для электронно-вычислительных машин.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка использованной литературы. Объем диссертации составляет 120 страниц.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во **введении** отражена актуальность и востребованность диссертационного исследования, описаны цель и задачи, объекты и предметы

исследования и соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологии Республики Узбекистан, показана научная новизна, достоверность и практическая значимость результатов исследования. Также приведены сведения о реализации полученных результатов, опубликованных работах и общей структуре диссертации.

В первой главе диссертации на тему «**К вопросу автоматизации процессов непрерывного мониторинга технического состояния устройств сигнальных точек перегона**» анализируются существующие системы и современные способы контроля технического состояния устройств сигнальной точки перегона железнодорожной автоматики и этапы их развития. Также изучен опыт использования микропроцессорных технологий в системах автоматики и телемеханики.

Исследования показали, что в последние годы возросла потребность в разработке и внедрении в практику микропроцессорных средств непрерывного контроля устройств и оборудования, расположенных на сигнальной точке перегона железнодорожной автоматики. Системы диспетчерского контроля, имеющиеся в настоящее время на железных дорогах Узбекистана, были созданы еще в 60-х годах прошлого века, и сегодня вопрос разработки современных, оперативных микропроцессорных и многофункциональных систем контроля приобретает большое значение и обусловлен высоким спросом на энерго- и ресурсосберегающие технологии, а также бурным развитием информационных технологии.

Известно, что передача дискретных данных о результатах контроля к соседним станциям от сигнальных точек систем управления движением поездов осуществляется с помощью камертонного генератора. При этом градация информации по признаку оперативности полностью исключена. В связи с узким диапазоном функций контроля этого генератора, определяется его ограниченность, что характеризуется невозможностью охватить контроль параметров ряда аналоговых устройств на сигнальной точке.

Результаты статистических данных показывают, что наибольшее количество устройств системы автоматики и телемеханики с наибольшим количеством отказов и отклонений по своим параметрам соответствовало устройствам сигнальной точки перегона (рис. 1). Из-за старения элементов и износа их ресурсов увеличивается обнаружение отказов, что приводит к возникновению новых, а также к необходимости выполнению ремонтных работ. Это, в свою очередь, приводит к увеличению дополнительных затрат на исправление и восстановление этих устройств, росту затрат, связанных с остановкой и стоянкой поездов из-за выхода из строя оборудования,

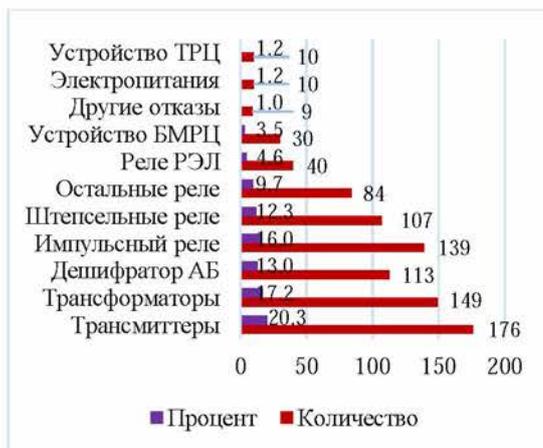


Рис. 1. Распределение отказов по устройствам

многократному увеличению затрат на техническое обслуживание устройств. С этой точки зрения периодический ремонт или замена такого оборудования и устройств считается не эффективным.

В результате экономического анализа, рыночной стоимости, выяснилось, что за последние 10 лет цены на электромеханические устройства выросли в 15 раз, а цены на устройства и их запасные части, в основе которых лежат микроэлектронные компоненты, выросла всего в 5 раз.

Проведенные исследования показали, что не существует оборудования, сочетающего в себе возможности контроля за аналоговыми и дискретными устройствами сигнальной точки системы автоблокировки, применение которого приведет к снижению количества массогабаритных приборов, экономии электроэнергии, осуществления диагностики и прогнозирования, будущего состояния устройств контроля, а также отправки данных по беспроводной сети, на основе технологии «Internet of things».

Поэтому в целях повышения конкурентоспособности устройств автоматики и телемеханики АО «Узбекистан темир йуллари» возникает необходимость разработки и внедрения в практику современных микропроцессорных средств, способных выполнять задачи оперативного контроля, обладающих дополнительными информационными преимуществами, принципы построения, которых учитывают климатические особенности нашей страны.

Во второй главе, озаглавленной «**Исследование и разработка математической модели непрерывного мониторинга состояния устройств сигнальной точки перегона**», осуществлен анализ работы системы контроля устройств сигнальных точек и выбор метода моделирования. Эта глава также посвящена разработке математических моделей для технического диагностирования и прогнозирования состояния оборудования, измерения напряжения путевого реле и организации беспроводной передачи данных с целью разработки оптимальных алгоритмов работы микропроцессорных средств при осуществлении непрерывного контроля и мониторинга состояния устройств сигнальных точек системы автоматического управления движением поездов на перегонах. Математическое моделирование осуществлено с использованием теории вероятностей, математических уравнений Колмогорова и методов теории графов, в частности, графов состояния цепи Маркова и графов сети Петри.

С целью получения алгоритма работы предлагаемого устройства мониторинга напряжения на путевом реле автоблокировки, разрабатывается его модель с использованием маркированного графа сети Петри. В этом случае имеется несколько позиций графов сети Петри, которые описываются следующим образом: $P_{\text{Запуск таймера}}$ – позиция, отражающая действия модуля по запуску таймера, наличие метки в этой позиции, приводит к началу операции по считыванию данных; $P_{\text{АЦП}}$ – позиция, отражающая рабочее состояние аналого-цифровой преобразователя (АЦП), наличие фишки в этой позиции, показывает о продолжении операции по преобразованию полученных

аналоговых данных в цифровые; $P_{\text{Таймер}}$ – позиция, отражающая отрезок времени (количество которых равно n), при котором идет процедура считывания аналогового сигнала в АЦП, наличие фишки в этой позиции, соответствует разрешению на дальнейший перенос данных; $P_{\text{Пер.данных}}$ – позиция, отражающая действия модуля по передаче данных, наличие фишки в этой позиции соответствует времени подключения к каналу; $\bar{P}_{\text{Пер.данных}}$ – позиция, инверсная позиции $P_{\text{Пер.данных}}$, отражающая отсутствие действия модуля по передаче данных, наличие фишки в этой позиции соответствует времени отключения от канала; $P_{\text{Данные}}$ – позиция, завершающая процедуру анализа принятых данных и определению максимального значения, наличие фишки в этой позиции отражает окончание этих операций и запросу на передачу данных.

В исходном состоянии в позиции $P_{\text{Данные}}$ отсутствует фишка, так как нет измеренных данных, которые могут поступить с перехода t_1 , согласно его выходной функции $O(t_1) = \{P_{\text{Данные}}\}$ при выполнении условий входной функции $I(t_1) = \{P_{\text{Таймер}}, P_{\text{АЦП}}\}$ для его запуска (рис. 2). Наличие фишки в позиции $P_{\text{АЦП}}$ указывает на непрерывный процесс перевода аналогового значения напряжения путевого реле в дискретную форму, независимо от наличия разрешения от таймера. Команду на перенос цифровых данных с выхода АЦП в позицию $P_{\text{Данные}}$ формирует фишка в позиции $P_{\text{Таймер}}$, которые появляются n -ое количество раз, после чего таймер прекращает свою работу. Согласно входной функции $I(P_{\text{Данные}}) = \{t_1\}$, эта информация поступает в устройство хранения данных и в позиции $P_{\text{Данные}}$ помещается одна фишка, а после завершения процедуры по определению максимальное значение напряжения, в эту позицию помещается вторая фишка (рис. 3). Следовательно, процедура определения максимального значения напряжения на путевом реле в заданном отрезке времени завершена, и данные готовы к передаче их в канал связи. Наличие двух фишек в позиции $P_{\text{Данные}}$, создают условия для выполнения выходной функции $O(P_{\text{Данные}}) = \{t_3, t_4\}$ и запуску двух переходов t_3 и t_4 . Эти оба перехода имеют возможность одновременного запуска. Рассмотрим условия и результаты запуска перехода t_4 , где согласно его входной функции

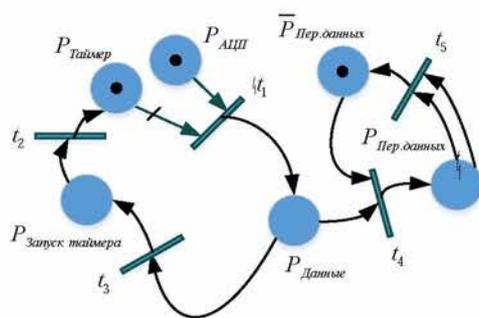


Рис. 2. Граф сети Петри исходного состояния устройства мониторинга напряжения импульсного реле

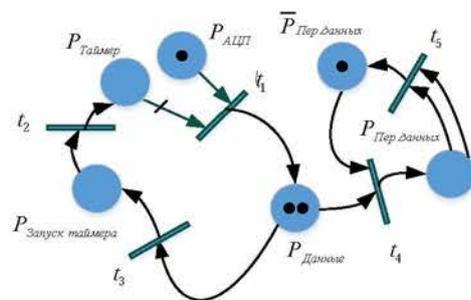


Рис. 3. Состояние графа после анализа полученных данных и определения максимального значения.

$I(t_4) = \{P_{\text{Данные}}, \bar{P}_{\text{Пер.данных}}\}$, должны присутствовать фишки в позициях $P_{\text{Данные}}$ и $\bar{P}_{\text{Пер.данных}}$, в соответствии с состоянием графа, эти условия выполняются, т.к. в рассматриваемый момент времени отсутствует процедура передачи данных, поэтому в позиции $\bar{P}_{\text{Пер.данных}}$ имеется фишка и выходная функция имеет вид $O(\bar{P}_{\text{Пер.данных}}) = \{t_4\}$. Следовательно, все условия для запуска перехода выполняются и в соответствии с выходной $O(t_4) = \{P_{\text{Пер.данных}}\}$ и входной $I(P_{\text{Пер.данных}}) = \{t_4\}$ функцией фишка перемещается в позицию $P_{\text{Пер.данных}}$, что соответствует началу процесса передачи данных, по завершению которого в позицию помещается вторая фишка (рис. 4). Наличие двух фишек в позиции $P_{\text{Пер.данных}}$ создает условия для запуска перехода t_5 , согласно выражения $I(t_5) = \{P_{\text{пер.данных}}\}$ и переносу фишки в позицию $\bar{P}_{\text{Пер.данных}}$. После завершения запуска перехода t_5 и помещения фишки в позицию $P_{\text{Запуск таймера}}$, в соответствии с выходной $O(t_5) = \{P_{\text{Запуск таймера}}\}$ и входной $I(t_2) = \{P_{\text{Запуск таймера}}\}$ функций, создаются условия для запуска перехода t_2 в соответствии с его входной функцией $I(t_2) = \{P_{\text{Запуск таймера}}\}$. Выполнение условий запуска этого перехода приводит к перемещению фишки в позицию $P_{\text{Таймер}}$, и возобновлению работы таймера, при этом граф примет вид исходного состояния (рис. 2). В результате моделирования определены следующие расширенные входные и выходные функции для графа сети Петри (1).

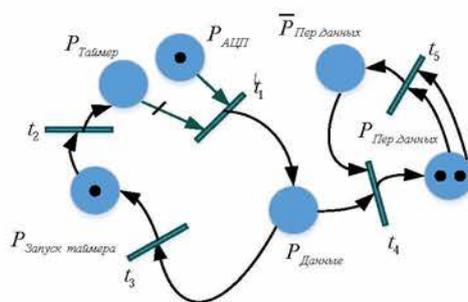


Рис. 4. Состояние графа после формирования и готовности подключения к устройству передачи данных и запуску таймера

$$\begin{aligned}
 I(P_{\text{Таймер}}) &= \{t_2\}; & O(P_{\text{АЦП}}) &= \{t_1\}; \\
 I(P_{\text{Запуск таймера}}) &= \{t_3\}; & O(P_{\text{Таймер}}) &= \{t_2\}; \\
 I(P_{\text{Данные}}) &= \{t_1\}; & O(P_{\text{Запуск таймера}}) &= \{t_2\}; \\
 I(P_{\text{Пер.данных}}) &= \{t_4\}; & O(P_{\text{Данные}}) &= \{t_3, t_4\}; \\
 I(\bar{P}_{\text{Пер.данных}}) &= \{t_5\}; & O(P_{\text{Пер.данных}}) &= \{t_5\}; \\
 I(t_1) &= \{P_{\text{Таймер}}, P_{\text{АЦП}}\}; & O(\bar{P}_{\text{Пер.данных}}) &= \{t_4\}; \\
 I(t_2) &= \{P_{\text{Запуск таймера}}\}; & O(t_1) &= \{P_{\text{Данные}}\}; \\
 I(t_3) &= \{P_{\text{Данные}}\}; & O(t_2) &= \{P_{\text{Таймер}}\}; \\
 I(t_4) &= \{P_{\text{Данные}}, \bar{P}_{\text{Пер.данных}}\}; & O(t_3) &= \{P_{\text{Запуск таймера}}\}; \\
 I(t_5) &= \{P_{\text{пер.данных}}\}. & O(t_4) &= \{P_{\text{Пер.данных}}\}; \\
 & & O(t_5) &= \{\bar{P}_{\text{пер.данных}}\}.
 \end{aligned} \tag{1}$$

По результатам исследования модели устройства измерения напряжения путевого реле на основе графа сети Петри был разработан алгоритм работы устройства контроля напряжения путевого реле, представленный на рис. 5. Согласно алгоритма, переменное напряжение, поступающее на катушку путевого реле, состоит из импульсов и интервалов. Исследования показали,

что можно получить достоверные данные для определения максимальной амплитуды измеряемой величины, выполнив измерения на частоте 400 мс.

Математическая модель организации беспроводной передачи данных мониторинга и диагностики, также была разработана и исследована с использованием графа сетей Петри, как указано выше. Результаты моделирования показали, что необходимо ввести функцию таймера, чтобы

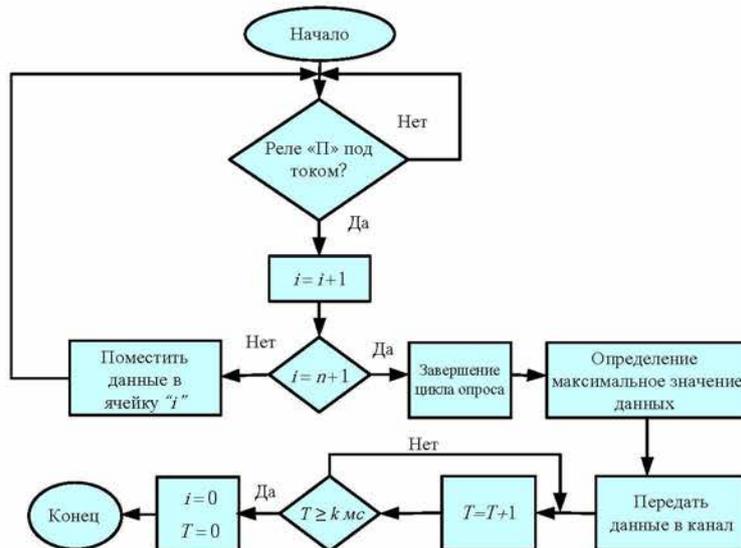


Рис. 5. Алгоритм работы устройства измерения напряжения путевого реле системы автоблокировки

исключить конфликт между источниками информации, готовыми к одновременной передаче данных. Этот таймер при непрерывной и повторяющейся работе, должен обеспечить подключение каждого источника информации к каналу связи в зависимости от приоритета источника информации и маркера готовности к передаче данных. Кроме того, в связи с тем, что события,

происходящие при работе контролируемых устройств на сигнальной точке, имеют случайный характер и с целью определения, какие устройства подверженных большому количеству сбоев, разработана математическая модель для мониторинга состояния устройств, технической диагностики и прогнозирования с использованием графа состояний на основе цепей Маркова. По нему оценивается состояние оборудования на основе первичных данных, измеренных устройствами сигнальной точки и диагностической информацией, о состоянии устройств разделяются на предупреждения, требующие немедленных действий или относящиеся к категории «уведомления». В результате моделирования разработан метод организации беспроводной передачи сообщений посредством оповещения обслуживающего персонала с помощью мобильного приложения, позволяющего незамедлительно доставлять диагностическую информацию об опасных неисправностях устройств.

В третьей главе под названием «Проектирование и разработка микропроцессорных средств непрерывного мониторинга состояния устройств сигнальной точки перегона» осуществлено проектирование и разработка модуля ввода аналоговых сигналов для мониторинга путевых реле перегонных рельсовых цепей и источников питания, модуля беспроводной передачи данных мониторинга на основе технологии «Internet of things». Также были разработаны структурные схемы и программное обеспечение для

сбора данных контроля на базе программируемого логического контроллера (ПЛК), разработано мобильное приложение для смартфона с целью наблюдения и прогнозирования мониторинговых и диагностических данных.

Общая функциональная схема микропроцессорных средств непрерывного мониторинга состояния устройств сигнальной точки перегона представлена на рисунке 6. В основном они состоят из трех частей: модуля ввода аналогового сигнала, модуля сбора данных и модуля беспроводной передачи данных. Напряжение основного, резервного питания и путевых реле рельсовых цепей посылаются с помощью модуля ввода аналоговых сигналов в модуль сбора данных. Помимо этих данных, модуль сбора данных также принимает дискретные сигналы и передает их в модуль беспроводной передачи. Модуль беспроводной передачи данных отправляет все данные мониторинга и диагностики на свой сервер с использованием канала мобильной радиосвязи на основе технологии «Internet of things».

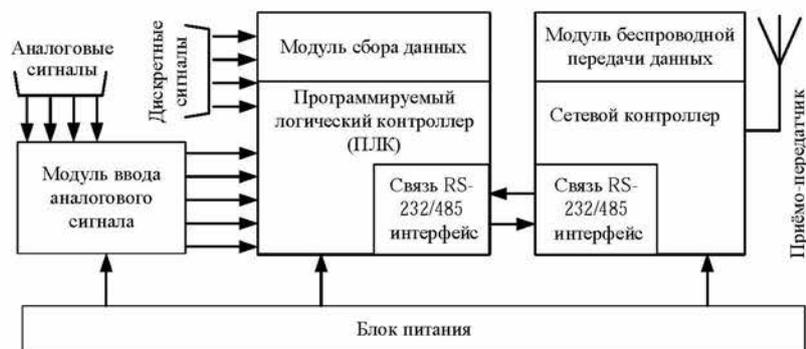


Рис. 6. Функциональная схема общей работы микропроцессорных средств

Модуль ввода аналоговых сигналов состоит из 4 независимых каналов. На рисунке 7 представлена принципиальная схема подключения одного канала модуля к точкам контроля, определенных в действующих схемах сигнальной точки.

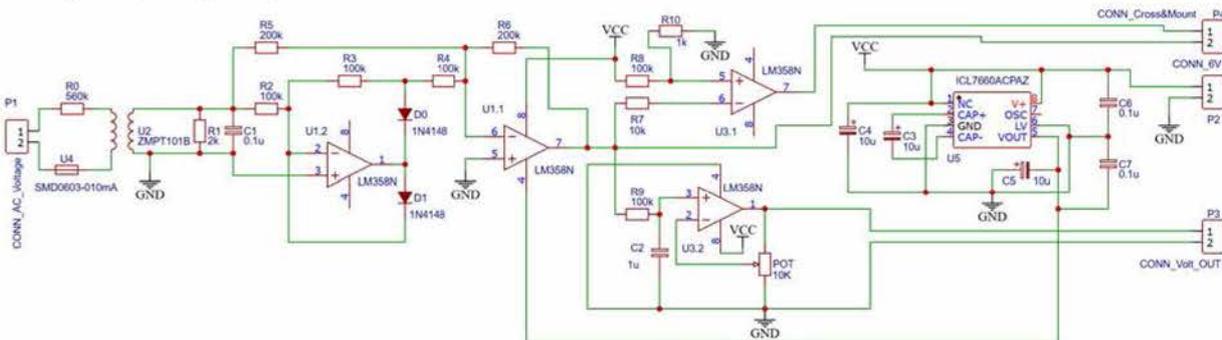


Рис. 7. Принципиальная схема одного канала модуля ввода аналоговых сигналов контроля основным напряжением питания

В данной структурной схеме входное активное сопротивление R_0 измерительных каналов изменяется от 50 до 560 кОм исходя из номинальных значений измеряемого напряжения. В качестве гальванической развязки использовался малогабаритный трансформатор типа ZMPT101B. Ток аналогового сигнала, уменьшенный активным входным сопротивлением, усиливается двумя 2-х каскадными операционными усилителями LM358N и

затем подается на входы аналого-цифрового преобразователя ПЛК. Принципиальная схема, показанная на рис. 7, была разработана с помощью EasyEDA – онлайн-программы для создания электрических схем и печатных плат. На основе этой схемы разработан проект целой печатной платы с удобным размещением электронных элементов относительно друг друга.

В качестве модуля сбора данных использован промышленный ПЛК типа Delta DVP20SX2. При определении действующего значения аналогового сигнала на основе данного контроллера была исследована зависимость среднеквадратического отклонения от времени опросов и определены оптимальные значения времени опросов с учетом погрешности измерения. Определены оптимальные времена опроса t_0 для каждой частоты напряжения, полученных в виде кривых $\sigma_1(t)$ (в случае идеальной синусоиды питающего напряжения) и $\sigma_2(t)$ (при внесении гармонических искажений), отражающие изменение среднеквадратического отклонения $\sigma_{\Delta x}$ при измерении аналоговых сигналов в зависимости от времени опросов t_0 аналого-цифрового преобразователя. Согласно нему в результатах, полученных для аналогового сигнала напряжением 110 В и частотой 25 Гц, из кривых $\sigma_1(t)$ и $\sigma_2(t)$ видно, что в течение запроса $t_0=1,5$ мс не превышает предельно допустимого среднеквадратического отклонения σ_{max} для обоих типов аналогового сигнала. В результатах, полученных для аналогового сигнала напряжением 220 В и частотой 50 Гц, что в течение запроса $t_0=1$ мс не превышает предельно допустимого среднеквадратического отклонения для обоих типов аналогового сигнала (рис. 8).

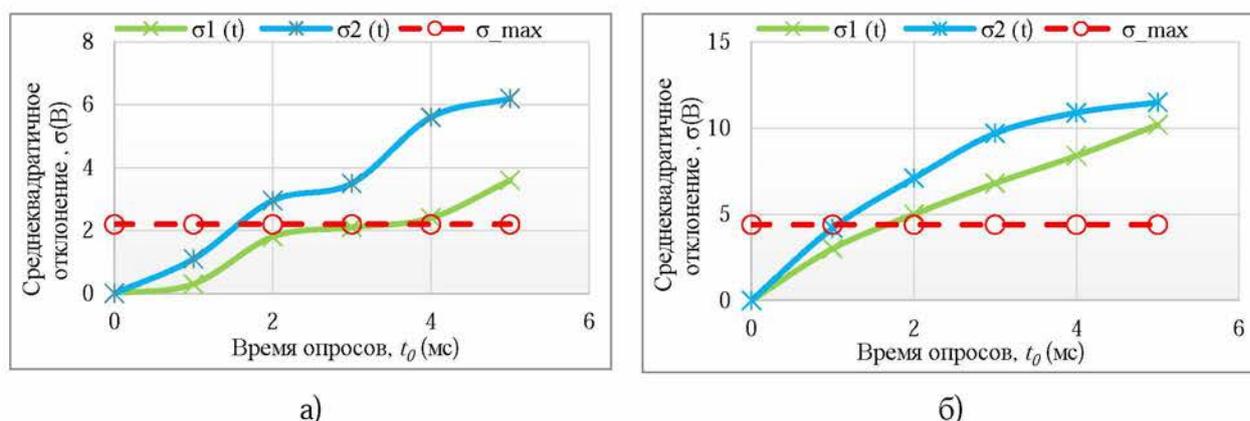


Рис. 8. Зависимость среднеквадратического отклонения от времени опросов при определении действующего значения контролируемого аналогового сигнала:
а) аналоговый сигнал 110 В, 25 Гц; б) аналоговый сигнал 220 В, 50 Гц

Данные, собранные с помощью аналоговых и дискретных входов контроллера DVP20SX2, передавались в модуль беспроводной передачи данных через интерфейс связи RS-485. На основе алгоритма на рисунке 5, полученного по результатам моделирования, было создано программное обеспечение для сбора аналоговых данных и передачи диагностических и мониторинговых данных на мобильное устройство, а также для отправки мгновенного SMS-сообщения обслуживающему персоналу при отклонении параметров контроля от нормативных значений и при возникновении опасных

неисправностей. Для создания программы использовался программный интерфейс ISPSoft 3.16. На программное обеспечение для электронных вычислительных машин получено свидетельство №DGU 17956 от Агентства интеллектуальной собственности. С целью разработки модуля беспроводной передачи данных был проведен сравнительный анализ модемов, представленных на мировом рынке. Путем сравнения их технических характеристик и различий был выбран сетевой контроллер SIM7600E от фирмы SimCom. Функциональная схема модуля изображена на рисунке 9.

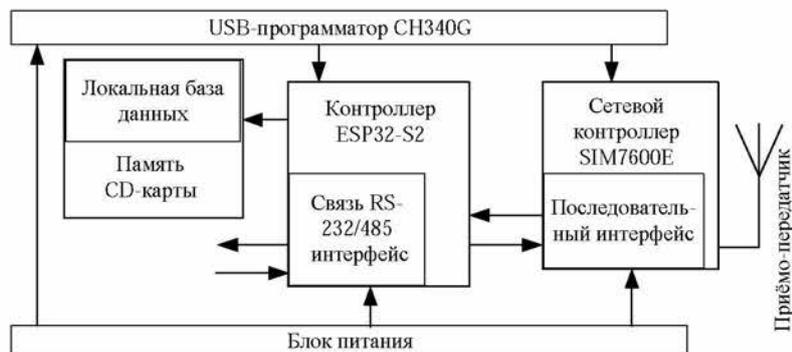


Рис. 9. Функциональная схема модуля беспроводной передачи данных мониторинга

В схеме контроллер ESP32-S2 служит для хранения полученных данных от ПЛК в локальной базе данных и отправки данных на сервер по секретному протоколу обмена данными https технологии «Internet of things» совместно с сетевым контроллером. Также созданы единая база данных и мобильное приложение для смартфона под операционную систему Android с использованием технологий «Internet of things» с целью диагностики и прогнозирования возможных предстоящих неисправностей, удаленного мониторинга и контроля состояния устройств сигнального точки перегона (рис. 10). На программное обеспечение мобильного приложения получено свидетельство для электронных вычислительных машин №DGU 33930 от Агентства интеллектуальной собственности Республики Узбекистан.

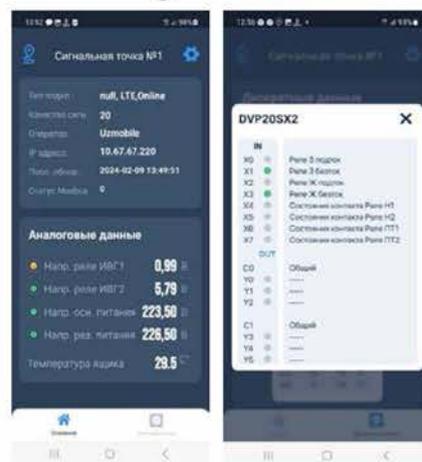


Рис. 10. Мобильное приложение для смартфона

В четвертой главе, озаглавленной «**Разработка рекомендаций по внедрению микропроцессорных технических средств непрерывного контроля состояния устройств сигнальной точки перегона**», разработаны условия проведения лабораторных испытаний работоспособности по поставленным задачам. Микропроцессорные средства были протестированы экспериментально, путем подключения их к существующим устройствам в действующий точке односторонней автоблокировки перегона. Представлены результаты хранения и архивирования данных мониторинга в автоматизированной базе данных, передаваемых с помощью микропроцессорных средств, а также разработаны рекомендации по

периодическому мониторингу. Кроме того, рассчитана экономическая эффективность внедрения микропроцессорных средств.

С целью определения корректности работы микропроцессорных средств были проведены испытания по измерению аналоговых и дискретных величин, беспроводной передаче измеренных данных и сообщений об опасных отказах в технической лаборатории ООО «Микроэлектроника Плюс». Успешно проведены лабораторные испытания и доказано, что разработанный комплекс микропроцессорных средств работает корректно и без ошибок. На основе приказа начальника отдела сигнализации и связи АО «Узбекистон темир йуллари» от 10 октября 2023 года №Ш-31/23 «Об опытной эксплуатации технологии «Internet of things» мониторинга состояние измерительного оборудования» осуществлены работы по подключению микропроцессорных средств в опытно-испытательном порядке к сигнальным точкам 1-6 на 6-м пикете 8-го километра железнодорожного участка Салар-Ходжикент Ташкентской дистанции сигнализации и связи. Для тестирования модуль ввода аналогового сигнала

подключен по схеме, представленной на рисунке 11 к точкам контроля, указанным в технической документации действующей сигнальной точки. В результате тестирования было подтверждено, что микропроцессорные средства, непрерывного контроля, работали без отказов совместно с устройствами сигнальной точки и не оказывали негативного влияния на работу устройств, связанных с безопасностью движения. Также информация о состоянии устройств отображалось на смартфоне обслуживающего персонала с четко определенной временной интенсивностью.

Срочная информация немедленно доставлялись на мобильные телефоны сотрудников в виде SMS-сообщений при обнаружении поломки устройства сигнальной точки или серьезных отклонений в его параметрах. В результате проведенных экспериментальных испытаний, с рабочей группой, получен акт испытаний.

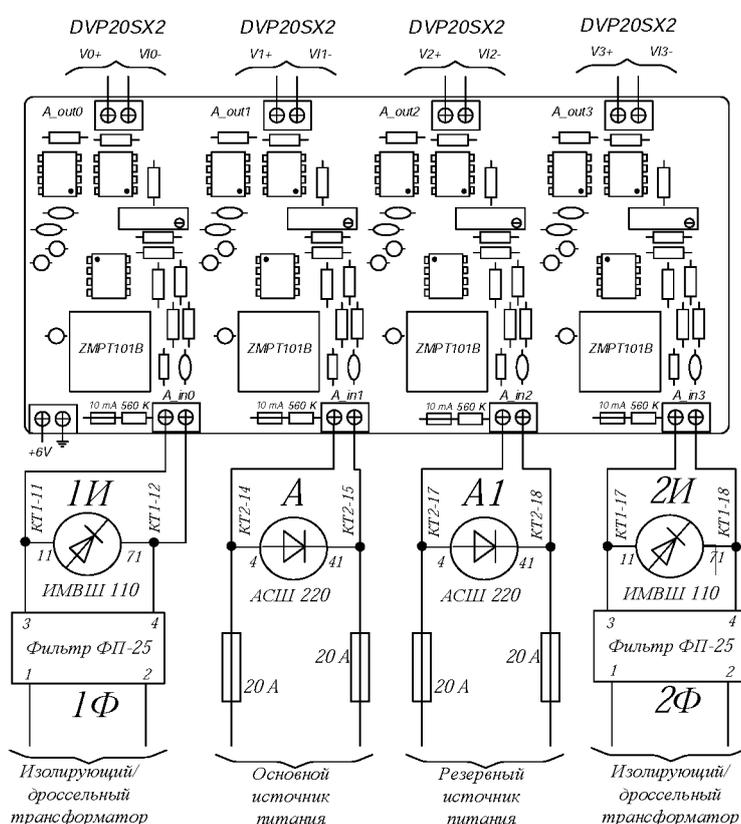


Рис. 11. Схема подключения модуля ввода аналоговых сигналов в точки контроля устройствами со значениями напряжения

Разработанные микропроцессорные средства внедрены на перегоне Салар-Нурхаёт в составе «Управления сигнализации и связи» АО «Узбекистон темир йуллари». В результате появилась возможность исключить камертонный генератор, оперативно передать информацию обслуживающему персоналу о внезапных поломках или неисправностях, удаленно контролировать и проверять состояние устройств с помощью мобильного приложения, снижать потребление ресурсов на 30...40%, отказаться от ряда периодических работ в соответствии с графиками технического обслуживания устройств сигнализации. В результате внедрения микропроцессорных средств на перегоне Салар-Нурхаёт железнодорожного участка Салар-Ходжикент экономическая эффективность в первый год составила 115,4 млн. сумов и по 14,7 млн. сумов за каждый последующий год.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По результатам исследования разработки микропроцессорных средств непрерывного мониторинга состояния устройств сигнальной точки перегона на основе технологий «Internet of things» представлены следующие выводы:

1. Обоснованы методы и принципы разработки микропроцессорных средств непрерывного мониторинга состояния устройств сигнальной точки перегона за счет использования энерго-, ресурсосберегающих и современных коммуникационных технологий с учетом технических требований, предъявляемых к устройствам автоматики и телемеханики. В результате появилась возможность эффективно использовать современные принципы беспроводной передачи данных и методы гальванической развязки ввода аналоговых и дискретных сигналов при разработке средств микропроцессорного мониторинга.

2. Разработаны математические модели для технической диагностики, прогнозирования, измерения напряжения путевого реле и организации передачи данных на основе графов сети Петри, теории вероятностей и графа состояния цепи Маркова с учетом непрерывного контроля и мониторинга состояния устройств сигнальной точки перегона. В результате моделирования определен порядок организации мониторинга аналоговых и дискретных сигналов, а также появилась возможность определения оптимального периода опроса, продолжительности аналоговых сигналов и учета условий устранения конфликта между источниками информации, готовыми к одновременной передаче данных.

3. Разработан метод организации беспроводной передачи сообщений путем оповещения с помощью мобильного приложения, при этом диагностическая информация о состоянии контролируемых устройств классифицируется по категориям, требующим немедленных действий и «напоминаний». В результате появилась возможность незамедлительной доставки диагностической информации об опасной неисправности, обслуживающему персоналу, в виде SMS сообщений, поступившей от сигнальной точки перегона.

4. По результатам исследования реализована возможность отказа от камертонного генератора, с ограниченными возможностями, разработан его микропроцессорный аналог, схемные решения, которые способны выполнять функциональные задачи генератора и имеющие дополнительные преимущества за счет эффективного использования современных элементов микроэлектроники, а также реализованы способы его подключения. В результате ресурсоёмкость устройств контроля сигнальной точки перегона снижена на 30...40%. Также разработан комплекс микропроцессорных средств, цена которых почти в 3 раза дешевле аналогичного показателя камертонного генератора, что соответствует условиям локализации и внедрения экономически эффективных технологий.

5. На основе технологий «Internet of things» разработаны алгоритмы работы, структурные схемы и базовое программное обеспечение, беспроводного способа доставки данных оперативному персоналу от микропроцессорных средств непрерывного контроля состояния устройств сигнальной точки перегона. В результате появилась функциональная возможность предотвратить остановки поездов из-за неисправностей или поломок, продлить срок службы устройств контроля, а также отказаться от ряда периодических работ в соответствии с графиками технического обслуживания устройств сигнализации на перегонах.

6. Разработано мобильное приложение для смартфона оперативного работника с использованием технологий «Internet of things», с целью анализа полученных данных и принятия мер в соответствии с результатами контроля за состоянием устройств, в режиме реального времени. Также по результатам мониторинга сформирована единая база данных для прогнозирования возможных будущих неисправностей. В результате стало возможным отображать информацию о состоянии устройств на сигнальной точке на смартфоне сотрудника службы с четко определенной временной интенсивностью, а также прогнозировать вероятность выхода устройства из строя в будущем путем анализа базы данных.

7. Микропроцессорные средства непрерывного мониторинга состояния устройств сигнальной точки перегона на основе технологий “Internet of things” внедрены на 1-6 сигнальной точки Салар-Нурхаётского перегона Ташкентской дистанции сигнализации и связи. Годовой экономический эффект, получаемый в результате применения разработанных микропроцессорных средств по данному участку, составляет 115,4 млн. сумов в первый год и по 14,7 млн. сумов за каждый последующий год.

**TASHKENT STATE TRANSPORT UNIVERSITY
SCIENTIFIC COUNCIL FOR AWARDED
SCIENTIFIC DEGREES PhD.15/31.08.2022.T.73.01**

TASHKENT STATE TRANSPORT UNIVERSITY

NURIDDINOV KURBONALI KOMILJON UGLI

**MICROPROCESSOR TOOLS FOR CONTINUOUS MONITORING THE
STATE OF RAILWAY RUN SIGNAL POINT DEVICES BASED ON
“INTERNET OF THINGS” TECHNOLOGIES**

05.08.03 – Operation of railway transport

**DISSERTATION ABSTRACT OF THE DOCTOR OF PHILOSOPHY (PhD)
ON TECHNICAL SCIENCES**

Tashkent – 2024

The theme of the dissertation of doctor of philosophy (PhD) on technical sciences was registered at the Supreme Attestation Commission at the Ministry of Higher Education, Science and Innovations of the Republic of Uzbekistan under №B2024.3.PhD/T4998.

The dissertation has been prepared at Tashkent state transport university.

The abstract of the dissertation is posted in three languages (Uzbek, Russian, English (resume)) on the website of the Scientific Council (www.tstu.uz) and on the web site of "ZiyoNet" Information and education portal (www.ziynet.uz).

Scientific supervisor:

Azizov Asadulla Rakhimovich
doctor of technical sciences, professor

Official opponents:

Uljaev Erkin
doctor of technical sciences, professor

Rixsiyev Dilmurod Xojiakbarovich
candidate of technical sciences, docent

Leading organization:

**Tashkent University of Information Technologies
named after Muhammad al-Khwarizmi**

The defense will take place on 28.11.2024 at 15⁰⁰ o'clock at a meeting of Scientific Council at the Scientific Council PhD.15/31.08.2022.T.73.01 Tashkent state transport university. Address: 1, Temiryulchilar str., Tashkent 100167, Uzbekistan. Phone: (+998 71) 299-00-01, fax: (99871) 293-57-57, e-mail: tashiit_rektorat@tstu.uz

The doctoral (PhD) dissertation can be reviewed at the Information-Resource Center of the Tashkent state transport university (registration number – 191). (Address: 1, Temiryulchilar str., Tashkent 100167, Uzbekistan. Phone: (+998 71) 299-05-66).

Abstract of dissertation was distributed on november 14, 2024 year.
(mailing record №51 on november 14, 2024 year)



J.F. Kurbanov
Chairman of Scientific Council
on awarding scientific degrees,
Doctor of technical sciences, professor

Sh.M. Suyunbayev
Scientific secretary of the Scientific Council
on awarding scientific degrees,
Doctor of technical sciences, professor

M.X. Rasulov
Chairman of the scientific seminar under scientific council
on awarding scientific degrees,
candidate of technical sciences, professor

INTRODUCTION (abstract of PhD thesis)

The aim of the research is to develop and study microprocessor tools for continuous monitoring the state of railway run signal point devices based on “Internet of things” technologies.

Tasks of the research:

study of the problem and current state of tools for continuous monitoring of the signal point devices in the automatic block system of railway automation and telemechanics;

substantiation the need to use of methods and principles for developing microprocessor tools for continuous monitoring the state of railway run signal point devices based on technical requirements for automation and telemechanics equipment;

development of mathematical models, operating algorithms and software for microprocessor tools with the aim of implementing continuous control and monitoring of the state of railway run signal point devices based on “Internet of things” technologies;

design, creation and development of circuit solutions for microprocessor tools that perform similar tasks assigned to tuning fork generators, transmitting discrete signals from controlled devices of the railway run signal point with the purpose of rejecting them;

development of a mobile application for a smartphone and the formation of a single database for the purposes of remote control and monitoring, diagnostics and forecasting of possible future failures of the railway run signal point devices.

Scientific novelty of the research is as following:

substantiated methods and principles of developing microprocessor diagnostic tools, continuous control and monitoring of the state of devices of the railway run signal point, through the use of energy-resource-saving and modern communication technologies, taking into account the technical requirements for railway automation and telemechanics equipment;

developed mathematical models of continuous monitoring, technical diagnostics, forecasting, voltage measurement of track relays and organization of wireless data transmission based on the graph of Petri networks graph and the Markov chain state graph, taking into account the state of the signal point devices of the railway run;

developed a method of wireless transmission of messages by means of notification using a mobile application, taking into account the immediate delivery of information to service personnel about a dangerous failure of the controlled devices at the signal point of the railway run;

developed a method of simplified diagnostic by converting the levels of important values of current consumption of signal point devices into a short form of data, taking into account the fast transmission of monitoring data via a communication channel.

The structure and volume of the dissertation. The dissertation consists of an introduction, four chapters, a conclusion, and a list of references. The volume of the dissertation is 120 pages.

E'LON QILINGAN ISHLAR RO'YXATI
СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ
LIST OF PUBLISHED WORKS

I bo'lim (часть I, part I)

1. Нуриддинов К.К. Анализ состояния перегонных объектов железнодорожной автоматики и методы совершенствования систем их мониторинга / The scientific journal of vehicles and roads. – 2022. – №2. – С. 81-86 (05.00.00; O'zbekiston Respublikasi Vazirlar Mahkamasi huzuridagi Oliy attestatsiya komissiyasining 2020-yil 30-iyuldagi 01-10/1103-sonli xati).

2. Nuriddinov Q.K. Research of a mathematical model for monitoring, technical diagnostics and forecasting the condition of equipment at signal points of the railway run / The scientific journal of vehicles and roads. – 2022. – №2. – P. 146-151 (05.00.00; O'zbekiston Respublikasi Vazirlar Mahkamasi huzuridagi Oliy attestatsiya komissiyasining 2020-yil 30-iyuldagi 01-10/1103-sonli xati).

3. Нуриддинов К.К. Разработка автоматической системы контроля путевых реле в релейном помещении железнодорожной станций АО «Ўзбекистон темир йўллари» / Ежеквартальный журнал «Вестник ТашИИТ», – Ташкент: ТашИИТ, 2019. – №2. – С. 215-219 (05.00.00; №11).

4. Нуриддинов К.К., Азизов А.Р. Метод реализации и исследование модели устройства для измерения напряжения путевого реле автоблокировки / Научно-технический и информационно-аналитический журнал ТУИТ. – 2022, – №2 (62), – С. 77-89 (05.00.00; №31).

5. Nuriddinov Q.K., Azizov A.R., Yuldashev Sh.M. Peregon rels zanjirlari yo'l relesini monitoring qilishda kuchlanish o'lchash tuzilmaviy sxemasini ishlab chiqish / Muhammad al-Xorazmiy avlodlari. – Toshkent: Toshkent axborot texnologiyalari universiteti, 2023. – Volume (23). – №1. – 103-110 b. (05.00.00; №10).

6. Nuriddinov Q.K., Azizov A.R., Aripov N.M., Ametova E.K. Monitoring ma'lumotlarini simsiz jo'natish qurilmasini loyihalash va ishlab chiqish / Farg'ona politexnika instituti ilmiy-texnika jurnali. – 2023. – Tom 27. – № 4, –112-120 b. (05.00.00; №20).

7. Nuriddinov Q.K., Azizov A.R. Development of structural schemes for collecting monitoring and diagnostic data of signaling points of the railway run based on programmable logic controllers / European Journal of Artificial Intelligence and Digital Economy. –Vol. 1 – No. 3 (2024), – P. 52-58 (05.00.00; №12 (Index Copernicus), №14 (ResearchBib), №35 (CrossRef)).

8. Nuriddinov Q.K., Azizov A.R., Yuldashev SH.M. Avtobloklash signal nuqtasi qurilmalarini tashxislash va nazorat qilishda analog signallar o'lchovining so'rov vaqti parametrlari / "Transportda resurs tejamkor texnologiyalar" xalqaro ilmiy-texnikaviy anjuman materiallari (Toshkent, 2-3 dekabr 2022-y.). – T.: TDTrU, 2022. – 57-61 (05.00.00; O'zbekiston Respublikasi Oliy ta'lim, fan va innovatsiyalar vazirligi huzuridagi Oliy attestatsiya komissiyasi Rayosatining 2022-yil 30-noyabrdagi 327/3-sonli qarori).

9. Nuriddinov Q.K, Azizov A.R, Abdullaev R.B. Method of optimization and protection of diagnostic data in monitoring railway automation devices / Universum: технические науки: научный журнал. – 2023. – № 5(110). – С. 32-37. (05.00.00; №12 (Index Copernicus), №35 (CrossRef)).

II bo‘lim (часть II, part II)

10. Q.K. Nuriddinov, A.R. Azizov, E.K. Ametova, S.Q. Ubaydullayev. Development, research of a model and an algorithm for organizing data transfer in a monitoring device / E3S Web Conferences 371, 03069 (2023) <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202337103069> (SCOPUS).

11. Q.K. Nuriddinov, A.R. Azizov, E.K. Ametova, S.Q. Ubaydullayev. The operation model of the point setting relay for a microelectronic device / E3S Web of Conferences 515, 04001 (2024) <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202451504001> (SCOPUS).

12. Nuriddinov Q. K. “Internet of things” texnologiyalarini temir yo‘l avtomatika va telemexanikasi peregon tizimlarida qo‘llash / “Yosh ilmiy tadqiqotchi” I xalqaro ilmiy-amaliy anjumani maqolalar to‘plami. –Toshkent 2022, – 364-369 b.

13. Nuriddinov Q.K., Azizov A. R., Abdullaev R. B., Ro‘zimurotov M. Z. Avtoblokirovka signal nuqtalaridan olingan monitoring va tashxislash ma‘lumotlarini mantiqiy qayta ishlash usuli / “Yosh ilmiy tadqiqotchi” II xalqaro ilmiy-amaliy anjumani maqolalar to‘plami. – Toshkent 2023, – 53-56 b.

14. Nuriddinov Q.K. Temir yo‘l peregon qurilmalari monitoringida ma‘lumotlar uzatish ishonchligini oshirish. “Credo majmuasida axborotni modellashtirish texnologiyalari” mavzusida xorijiy hamkorlar ishtirokidagi ilmiy-amaliy anjuman. – Toshkent: TGTrU, – 2022. – 178-181 b.

15. Nuriddinov Q.K., Azizov A.R. Temir yo‘l signal nuqtalaridan raqamli ma‘lumotlarni yig‘ish moduli dasturiy ta‘minoti. Elektron hisoblash mashinalari uchun yaratilgan dasturning rasmiy ro‘yxatdan o‘tkazilganligi to‘g‘risida guvohnoma. № DGU 33930. 12.07.2022-y.

16. Nuriddinov Q.K., Azizov A.R. Monitoring va tashxislash ma‘lumotlarini kuzatib borish hamda bashoratlash mobil ilovasi. Elektron hisoblash mashinalari uchun yaratilgan dasturning rasmiy ro‘yxatdan o‘tkazilganligi to‘g‘risida guvohnoma. № DGU 33930. 08.02.2024-y.

Avtoreferat “Transport xabarnomasi” ilmiy-amaliy jurnali tahririyatida tahrirdan o‘tkazildi va matnlarning mosligi tekshirildi (11.11.2024 yil).

Qog‘oz bichimi 84x60-1/16 Rizograf bosma usuli Times garniturasini
Shartli bosma tabog‘i: 3 b.t. Adadi: 100 nusxa. Buyurtma № 43-25/2024
Nashrga ruxsat etildi: 14.11.2024-yil.

Toshkent davlat transport universitetida chop etilgan.
Manzil: 100167, Toshkent shahar, Temiryo‘lchilar ko‘chasi, 1-uy.