

**ТОШКЕНТ ТЕМИР ЙЎЛ МУҲАНДИСЛАРИ ИНСТИТУТИ
ХУЗУРИДАГИ ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ
PhD.28.06.2018.Т.73.01 РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ**

ТОШКЕНТ ТЕМИР ЙЎЛ МУҲАНДИСЛАРИ ИНСТИТУТИ

РИХСИЕВ ДИЛМУРОД ХОДЖИАКБАРОВИЧ

**ТЕМИР ЙЎЛ АВТОМАТИКА ВА ТЕЛЕМЕХАНИКА ТИЗИМЛАРИ
РЕЛЬС ЗАНЖИРЛАРИНИНГ ИМПУЛЬС-ФАЗАЛИ
ЙЎЛ ҚАБУЛ ҚИЛГИЧИ**

05.08.03 – Темир йўл транспортини ишлатиш

**ТЕХНИКА ФАНЛАРИ БЎЙИЧА ФАЛСАФА ДОКТОРИ (PhD)
ДИССЕРТАЦИЯСИ АВТОРЕФЕРАТИ**

**Техника фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD) диссертацияси
автореферати мундарижаси**

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

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

Рихсиев Дилмурод Ходжиакбарович

Темир йўл автоматика ва телемеханика тизимлари
рельс занжирларининг импульс-фаза ли йўл қабул қилгичи..... 3

Рихсиев Дилмурод Ходжиакбарович

Импульсно-фазовый путевой приёмник рельсовой цепи
систем железнодорожной автоматики и телемеханики..... 19

Rikhsiev Dilmurod Khodzhiakbarovich

Pulse-phase track receiver of a rail circuit systems railway
automatics and telemechanics 35

Эълон қилинган ишлар рўйхати

Список опубликованных работ
List of published works..... 38

ТОШКЕНТ ТЕМИР ЙЎЛ МУҲАНДИСЛАРИ ИНСТИТУТИ
ҲУЗУРИДАГИ ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ
PhD.28.06.2018.T.73.01 РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ

ТОШКЕНТ ТЕМИР ЙЎЛ МУҲАНДИСЛАРИ ИНСТИТУТИ

РИХСИЕВ ДИЛМУРОД ХОДЖИАКБАРОВИЧ

ТЕМИР ЙЎЛ АВТОМАТИКА ВА ТЕЛЕМЕХАНИКА ТИЗИМЛАРИ
РЕЛЬС ЗАНЖИРЛАРИНИНГ ИМПУЛЬС-ФАЗАЛИ
ЙЎЛ ҚАБУЛ ҚИЛГИЧИ

05.08.03 – Темир йўл транспортини ишлатиш

ТЕХНИКА ФАНЛАРИ БЎЙИЧА ФАЛСАФА ДОКТОРИ (PhD)
ДИССЕРТАЦИЯСИ АВТОРЕФЕРАТИ

Техника фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD) диссертациясининг мавзуси Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамаси қошидаги Олий аттестация комиссиясида №В 2018.4.PhD/T951 рақами билан рўйхатга олинган.

Диссертация Тошкент темир йўл муҳандислари институтида бажарилган.

Диссертация автореферати уч тилда (ўзбек, рус, инглиз (резюме)) Илмий кенгаш веб-саҳифасида (www.tashiit.uz) ва «ZiyoNet» Ахборот таълим порталида (www.ziynet.uz) жойлаштирилган.

Илмий раҳбар:

Арипов Назиржон Мукарамович
техника фанлари доктори, профессор

Расмий оппонентлар:

Худайберганов Кобилжон Тахирович
техника фанлари доктори, профессор

Халматов Давронбек Абдалимович
техника фанлари номзоди, доцент

Етакчи ташкилот:

Фарғона политехника институти

Диссертация ҳимояси Тошкент темир йўл муҳандислари институти ҳузуридаги PhD.28.06.2018.T.73.01 рақамли Илмий кенгашнинг 2019 йил «26» январ соат 14⁰⁰ даги мажлисида бўлиб ўтади. Манзил: 100167, Тошкент, Одилхужаев кўчаси, 1 уй. Тел.: (99871) 299-00-01; факс: (99871) 293-57-54; e-mail: tashiit_rektorat@mail.ru.

Диссертацияси билан Тошкент темир йўл муҳандислари институтининг Ахборот-ресурс марказида танишиш мумкин (__ рақами билан рўйхатга олинган). Манзил: 100167, Тошкент, Одилхужаев кўчаси, 1 уй. Тел: (99871) 299-00-01

Диссертация автореферати 2019 йил “ ___ ” _____ куни тарқатилди.
(2019 йил “ ___ ” _____ даги _____ рақамли реестр баённомаси).

А.Э. Адилходжаев
Илмий даражалар берувчи
илмий кенгаш раиси, т.ф.д., профессор

Я.О. Рузметов
Илмий даражалар берувчи
илмий кенгаш илмий котиби, т.ф.н.

Н.Н. Ибрагимов
Илмий даражалар берувчи илмий
кенгаш қошидаги илмий семинар раиси,
т.ф.д., профессор

КИРИШ (фалсафа доктори (PhD)диссертацияси аннотацияси)

Диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурати. Жаҳонда темир йўл транспорти юқори тезюрар ҳаракат таркиблари хавфсизлигини таъминловчи назоратлаш, йўлкаларни бошқаришнинг автоматика ва телемеханика воситалари, қурилмалари, элементларини янги технологиялар асосида такомиллаштиришда етакчи ўринни эгалламоқда. Шу жиҳатдан, хавфсизликни таъминлаш жараёнида асосий юклама остида ҳаракатланувчи релелар, уларнинг тузилиш схемалари, шунингдек, ишончлилигини таъминловчи элементларнинг ҳаракат давомида емирилиши каби омилларни бартараф этишда қўлланиладиган микропроцессорли схемаларни ишлаб чиқиш ва мавжуд тизимлар билан мослаштиришга алоҳида эътибор қаратилмоқда. Дунёнинг ривожланган мамлакатларида, жумладан АҚШ, Англия, Франция, Испания, Германия, Япония, Хитой ва бошқа давлатларда, юқори тезликда ҳаракатланувчи поездлар учун темир йўлларни лойиҳалаш, автоматика ва телемеханика тизимларини тузишда, уларнинг барқарорлиги, ишончлилиги, ўз-ўзини назоратлаш ва буйруқ берувчи мураккаб тизимларни ишлаб чиқишга катта аҳамият берилмоқда.

Жаҳонда темир йўл автоматика ва телемеханика асбоб-ускуналари, қурилмалари ва элементларини ривожлантириш билан боғлиқ бўлган автоматик бошқариш назариясига, рельс занжирларини схемаларини замонавийлаштиришга қаратилган илмий-тадқиқот ишлари олиб борилмоқда. Бу йўналишда, жумладан рельс занжирларини турли электрон элементлар базаси асосида йўл қабул қилгич қурилмаларини такомиллаштириш, электр магнит мослаштиришнинг янги математик моделларини ишлаб чиқиш, темир йўл йўлкаларида ҳосил бўладиган турли халақитларни сўндиришнинг янги схемаларини ишлаб чиқиш, назорат қилиш ва бошқаришда микроконтроллер базаси асосида ташкил этилган микропроцессорли тизимларни, уларнинг бошқариш алгоритмлари ва дастурий таъминотларини ишлаб чиқиш муҳим вазифаларидан бири ҳисобланади. Шу билан бир қаторда, юқори тезликда ҳаракатланувчи таркибларни назорат қилиш ва бошқаришда қўлланиладиган механик релелар ўрнига микропроцессорли импульс-фазали йўл қабул қилгичларни ишлаб чиқиш зарур ҳисобланмоқда.

Республикида турли транспорт соҳаларини ривожлантириш, жумладан темир йўл транспорти инфратузилмасини ривожлантириш, юқори тезликда ҳаракатланувчи таркиб йўлкаларини кенгайтириш, мавжуд йўлкаларни электрлаштириш чора-тадбирлари амалга оширилмоқда. 2017-2021 йилларда Ўзбекистон Республикасини ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегиясида, жумладан «...миллий иқтисодиётнинг рақобатбардошлигини ошириш, ...транспорт-коммуникация ва социал-инфратузилмавий лойиҳаларни ечишга йўналтирилган фаол инвестицион сиёсат, ...ишлаб чиқаришни техник ва технологик янгилаш, ...ишлаб чиқаришга энергия тежовчи технологияларни кенг тадбиқ этиш»¹ вазифалари белгилаб берилган. Ушбу вазифани амалга

¹ Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 7 февралдаги ПФ-4947-сон «Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегияси тўғрисида» ги Фармони

ошириш, жумладан рельс занжирларини халақит бардошлилигини оширувчи, маълумотларга рақамли ишлов бериш асосида импульс-фазали усуларини ишлаб чиқиш ва уларинг ижро этувчи элементларини такомиллаштириш зурур вазифалардан бири ҳисобланади.

Ўзбекистон Республикаси «Темир йўл транспорти тўғрисида» ги Қонуни (1999), Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 7 февралдаги ПФ-4947-сон «Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегияси тўғрисида» ги Фармони, 2017 йил 26 майдаги ПҚ-3012-сон «2017-2021 йилларда қайта тикланувчи энергетикани янада ривожлантириш, иқтисодиёт тармоқлари ва ижтимоий соҳада энергия самарадорлигини ошириш чора-тадбирлари дастури тўғрисида» ги Қарори ҳамда ҳамда мазкур фаолиятга тегишли бошқа меъёрий-ҳуқуқий ҳужжатларда белгиланган вазифаларни амалга оширишга ушбу диссертация тадқиқоти муайян даражада хизмат қилади.

Тадқиқотнинг республика фан ва технологиялари ривожланишининг устувор йўналишларига мослиги. Мазкур тадқиқот республика фан ва технологиялар ривожланишининг II. «Энергетика, энергия ва ресурстежамкорлик» устувор йўналиши доирасида бажарилган.

Муаммони ўрганилганлик даражаси. Темир йўл транспортида автоматика ва телемеханика тизимларини модернизациялаш, ҳаракат таркиби ҳаракат хавфсизлигини ошириш усулларини ишлаб чиқиш бўйича долзарб масалаларни ечишга йўналтирилган илмий тадқиқотлар дунёдаги етакчи илмий марказлар, олий ўқув юртлари ва номдор чет эл фирмаларида, жумладан Massachusetts Institute of Technology (США), Dresden University of Technology (Германия), Università degli Studi di Torino (Италия), Technische Universität Wien (Австрия), «Siemens», «Bombardier», Петербург давлат темир йўл университети (Россия), Россия транспорт университети (Россия, МИИТ), Тошкент темир йўл муҳандислари институти, «Боштранслоиҳа» АЖ (Ўзбекистон) да амалга оширилган.

Темир йўлда автоматика ва телемеханика тизимлар иши унумдорлиги ва ишончилигини ошириш масалаларини ечиш бўйича Ю.А. Кравцов, А.М. Брылеев, В.В. Сапожников, Вл.В. Сапожников, В.М. Лисенков, Н.Ф. Котлеренко, В.С. Дмитриев, М.Н. Василенко, А.Б. Никитин, А.М. Костроминов, Г.Д. Казиев, В.А. Кобзев, В.И. Сороко, F.Bailey, G.Teeg, E.Andres, T Brendt, U. Mashek, D. Mongradi, Y. Paxl, D. Straetton ва кўпгина бошқа йирик олим ва мутахассислар сезиларли даражада ўз ҳиссасини қўшган. Бундан ташқари, транспорт логистик тизимлар ва транспортли жараёнлардан фойдаланишни назарий-амалий таҳлил қилиш усуллари бўйича масалалар тадқиқотига, поездлар ҳаракатини ташкил қилишда техник-технологик ечимларга, темир йўл автоматика ва телемеханика тизимларига, шунингдек бошқаришдаги автоматлаштириш воситаларига мамлакатимиздаги таниқли олимлар: М.Х. Расулов, Н.Н. Ибрагимов, К.Т. Худойберганов, А.А. Халиков, Н.М. Арипов, С.Ф. Амиров, Д.Х. Баратов, М.М. Алиев, Ш.Р. Хорунов, А.А. Азизов, И.К. Колесников, Р.М. Алиев, М.А. Ходжиму-

хаметова, С.К. Худойбергенов, Ж.Р. Кабулов ва бошқаларнинг ишларида алоҳида эътибор берилган.

Бироқ бу ишларда янги принцип ва замонвий тизимларни тўла ҳажмда қўллаш имкониятларидан кенг фойдаланилмаган, хусусан темир йўл транспортдаги халақитли вазиятларнинг ноқулай шароитларида йўлнинг ҳолати ҳақидаги маълумотни юқори аниқлик билан узатадиган сигналларга рақамли ишлов беришда, рельс занжирларини импульс-фазали ҳимоялаш усули асосида микропроцессорли қурилмалар ёрдамида такомиллаштириш масалалари етарли даражада ўрганилмаган.

Диссертация тадқиқотининг диссертация бажарилган олий таълим муассасасининг илмий-тадқиқот ишлари режалари билан боғлиқлиги. Диссертация талқиқоти Тошкент темир йўл муҳандислари институти илмий-тадқиқот ишлари режасининг №А-03-55 «Ўзбекистон истиқболли ва тезкор темир йўл автоматика ва телемеханика қурилмаларини ҳисобга олиш ва назорат қилишни автоматлаштирилган тизимни ишлаб чиқиш» (2015-2017), №БВ-Атех-2018-109 «Ўзбекистонда истиқболли ва тезкор темир йўл автоматика ва телемеханика қурилмаларини ҳисобга олиш ва назорат қилишни штрих-кодлашни қўллаган ҳолда интеллектуал автоматлаштирилган тизимни ишлаб чиқиш» (2018-2020) мавзуларидаги лойиҳалари доирасида бажарилган.

Тадқиқотнинг мақсади темир йўл автоматика ва телемеханика тизимларида станциянинг рельс занжирларидаги импульс-фазали йўл қабул қилгичини ишлаб чиқишдан иборат.

Тадқиқотнинг вазифалари:

рельс занжирининг йўл қабул қилгичини ташқи халақитлар манбаидан импульс-фазали ҳимоялаш усулини қўллашни асослаш;

рельс занжирларини халақитлардан ҳимояланишини ошириш учун микропроцессорли ва электрон-релели йўл қабул қилгичини яратиш;

халақит қилувчи таъсирларнинг турли даражаларида йўл қабул қилгичининг фаза ва частотавий хусусиятларини тадқиқот қилиш учун математик моделни ишлаб чиқиш;

импульс-фазали йўл қабул қилгич тадбиқ этилганда поездлар ҳаракатини узлуксизлигини таъминлаш бўйича тавсияларни ишлаб чиқиш.

Тадқиқотнинг объекти сифатида темир йўл автоматика ва телемеханика тизимларида станциянинг рельс занжирлари олинган.

Тадқиқотнинг предмети рельс занжирларидаги йўл қабул қилгичининг халақитга бардошлилигининг фаза ва частотавий тавсифларини математик моделлаш усуллари ва ҳисоблаш алгоритминини ташкил этади.

Тадқиқотнинг усуллари. Тадқиқот жараёнида электрон занжирлар назарияси, Z-ўзгартгичлар ва Фурьенинг тезкор ўзгартиришлари ёрдамида сигналларга рақамли ишлов бериш, импульс-фазали қабул қилгичнинг тавсифларини тажрибавий тадқиқот усулларида фойдаланилган.

Тадқиқотнинг илмий янгилиги қуйидагилардан иборат:

турли хилдаги халақитлардан рельс занжирларини ҳимоялашнинг импульс-фазали усули станциядаги рельс занжирларининг ишлаш қобилия-

тини ошириш учун сигналга импульсли белгиларни киритиш ёрдамида асосланган;

йўл қабул қилгичнинг филтрлаш чегаравий имкониятларини ҳисоблаш ва ундаги назоратини амалга ошириш учун фаза бурчагининг шаффофлигини ростлаш асосида фазавий тавсифлар аниқланган;

поездлар ҳаракати узлуксизлигини оширилишига таъсирини баҳолаш учун частотали селекция принципи асосида йўл қабул қилгичини частотавий хусусиятларининг математик модели ишлаб чиқилган;

рельс занжирлари ишлашини инкор қилиш ва унинг ишдан узилиши ҳамда кўрсаткичларининг оғишини ишончли ва ўз вақтида кузатиш орқали станциядаги рельс занжирлари ишлаш қобилятини ошириш мақсадида микропроцессорли импульс-фазали йўл қабул қилгичи ишлаб чиқилган.

Тадқиқотнинг амалий натижалари қуйидагилардан иборат:

ташиш жараёнини ишончли бошқариш учун рельс занжирлари аппаратурасига техник талабларни ҳисобга олган ҳолда микропроцессорли қабул қилгичнинг ишлаш қобилятини баҳолаш усули ишлаб чиқилган;

рельс занжирлари барқарорлигига халақитлар таъсирини баҳолаш ва чегаравий филтрлаш имкониятларини аниқлаш учун ташқи халақитларнинг турли даражаларида йўл қабул қилгичининг фаза ва частотавий тавсифларини ҳисоблаш алгоритмлари ишлаб чиқилган.

Тадқиқот натижаларининг ишончилиги. Тадқиқот натижаларининг ишончилиги импульс-фазали йўл қабул қилгичининг барча таркибий қисмларини ўзаро мувофиқ ишлаши натижасида математик тарзда ҳисоблаб чиқилган кўрсаткичларининг темир йўл станцияси рельс занжирларида тажрибавий тасдиқлашлар билан асосланган.

Тадқиқот натижаларининг илмий ва амалий аҳамияти. Тадқиқот натижаларининг илмий аҳамияти частотавий асинхрон двигателли ҳаракат таркибидаги тортқили токнинг узлуксиз халақитлари, тескари тортқили токни асимметрияси ҳамда ёндош блок-участкалар тоқларининг таъсирида, рельс занжирини барқарорлиги таъминлаш мақсадида импульс-фазали ҳимоялаш усулини такомиллаштириш билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг амалий аҳамияти янги микропроцессорли импульс-фазали йўл қабул қилгичини яратиш, ишлаб чиқилган қабул қилгични станция рельс занжирларида кенг қўлланилиши ҳамда уларнинг ишлаш қобилятини ошириш мақсадида ташқи халақитларни турли даражаларида, йўл қабул қилгичларининг фаза ва частотавий тавсифларини ҳисоблаш алгоритмларини ишлаб чиқилганлиги билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг жорий қилиниши. Темир йўл автоматика ва телемеханика тизимлари рельс занжирлари учун ишлаб чиқилган импульс-фазали йўл қабул қилгичи бўйича олинган натижалар асосида:

турли хилдаги халақитлардан рельс занжирларини ҳимоялашнинг импульс-фазали усули «Ўзбекистон темир йўллари» АЖ тасаруфидаги «Салар» станциясига рельс занжирларини ишлатиш ва модернизациялаш амалиётига жорий қилинган («Ўзбекистон темир йўллари» АЖнинг 2018 йил 13 ноябрдаги НГ/6388-18 – сон маълумотномаси). Илмий тадқиқот

натижасида йўл қабул қилгичнинг асосий блоки сифати ишлатиладиган фаза-частотавий анализатор рельс занжирини хавфли инкор этишлардан, ёндош рельс занжирлари таъсиридан электр тортқили ва бошқа халақит манбаларидан химоялаш имконини берган;

поездлар ҳаракати узлуксизлигини оширилишига таъсирини баҳолаш учун частотали селекция принципи асосида йўл қабул қилгичини частотавий хусусиятларининг математик модели «Ўзбекистон темир йўллари» АЖ тасаруфидаги «Салар» станциясига йўл қабул қилгич занжирларини такомиллаштириш учун жорий этилган («Ўзбекистон темир йўллари» АЖнинг 2018 йил 13 ноябрдаги НГ/6388-18 – сон маълумотномаси). Илмий тадқиқот натижасида юқори ўзгарувчан торқили ток ва унинг гармоникалари таъсирларидан йўл қабул қилгичнинг халақитга бардошлилигини яхшилаш орқали станциядаги поездлар ҳаракат хавфсизлигини ошириш имконини яратган;

станциянинг рельс занжирлари ишлаш қобилиятини ошириш мақсадида ишлаб чиқилган STM32F103 микроконтроллер негизидаги импульс-фазали йўл қабул қилгичи «Ўзбекистон темир йўллари» АЖ тасаруфидаги «Салар» станциясига автоматика ва телемеханика қурилмасини такомиллаштириш учун жорий этилган («Ўзбекистон темир йўллари» АЖнинг 2018 йил 13 ноябрдаги НГ/6388-18 – сон маълумотномаси). Илмий тадқиқот натижасида йўл қабул қилгичнинг контактли ДСШ туридаги механик релелар ўрнига контактсиз тезкор микроконтроллерли бошқарувчи қурилмани ўрнатish орқали юқори тезликда ҳаракатланувчи поездлар хавфсизлигини таъминлаш имконини берган.

Тадқиқот натижаларининг апробацияси. Тадқиқот натижалари 10 та илмий-амалий анжуманлар, шу жумладан 4 та халқаро анжуманлар ва 6 та республика илмий-амалий анжуманларида апробациядан ўтди.

Тадқиқот натижаларининг эълон қилиниши. Диссертация мавзуси бўйича жами 18 та илмий иш, хорижий журналларда 1 та мақола, республика журналларида 4 та мақола чоп этилган бўлиб, Ўзбекистон Республикасининг 1 та ЭҲМ дастурларига гувоҳномаси мавжуд.

Диссертациянинг тузилиши ва ҳажми. Диссертация кириш, тўртта боб, хулоса, адабиётлар рўйхати, иловалардан иборат. Диссертациянинг ҳажми 115 бетдан ташкил этади.

ДИССЕРТАЦИЯНИНГ АСОСИЙ МАЗМУНИ

Ишнинг **Кириш** қисмида диссертацияда ўтказилган тадқиқотларнинг долзарблиги ва зарурати асосланган, тадқиқотларнинг мақсади ва вазифалари, объект ва предметлари тавсифланган, Ўзбекистон Республикаси илм ва технологиялари ривожланишининг устивор йўналишларига мослиги кўрсатилган, тадқиқотнинг илмий янгилиги ва амалий натижалари баён қилинган, олинган натижаларни амалиётга жорий қилиш, нашр этилган ишлар ва диссертация тузилиши бўйича маълумотлар келтирилган.

Диссертациянинг **«Рельс занжирларини замонавий ҳолати ва халқитлардан химояланганлигини ошириш масалалари»** деб номланган

биринчи бобида темир йўлдаги автоматика ва телемеханикада рельс занжирларини замонавий ҳолати ва ривожланишини таҳлили келтирилди ва кўриб чиқилди. Таҳлил асосида темир йўл блок-участкаси ҳолати ҳақидаги маълумотни тезкор олишда механик элементларни минималлаштириш ва амалдаги йўл қабул қилгичларни модернизациялаш кераклиги ҳақида хулоса қилинган. Шу жиҳатдан, автоматик локомотив сигналлаштириш кодлари рельс занжирларининг йўл қабул қилгичлари ва генераторларида жойлаштирилган электрон узатгичлардан берилиши ҳамда кодли кўрсаткичлар эса ҳар бир давлатнинг талабларига мувофиқ қайта дастурланиш имкониятига эга бўлиши керак. Шуннинг учун, рельс занжири элементларининг хизмат муддатини ва хизмат кўрсатиш бўйича профилактик ишларни минимумга келтириш; уларнинг ишлаш барқарорлиги ошириш; жаҳон бозорида темир йўл автоматика ва телемеханика қурилмаларини рақобатдошлигини таъминлаш мақсадида лойиҳалаш ва монтаж учун харажатларни ва апаратура сарфларини пасайтириш талаб этилади.

Ўтказилган тадқиқотлар шуни кўрсатадики, намунавий узлуксиз рельс занжирларидаги икки элементли секторли фазасезгир реле йўл қабул қилгичи етарли даражада поездлар ҳаракати узлуксизлигини таъминлай олмайди. Ўзбекистонда станцияларидаги рельс занжирларининг тахминан 70% ДСШ турларидаги релелар билан жиҳозланганлигини ҳисобга олиб, хавфли бузилишлар эҳтимоллигини башорат қилиш мумкин.

Импульсли-кодли рельс занжирлари узлуксиз халақитлардан яхши ҳимояланган, аммо ёндош рельс занжирлари таъсиридан қониқарсиз ҳимояга эга. Импульсли рельс занжири схемалар учун, йўл қабул қилгичларда, ёндош рельс занжири томонидан фазали ҳимоялаш усулини қўллаш мақсадга мувофиқ ҳисобланади. Ушбу усулни ДСШ турдаги индукцион реле базасида амалга ошириш мумкин эмас.

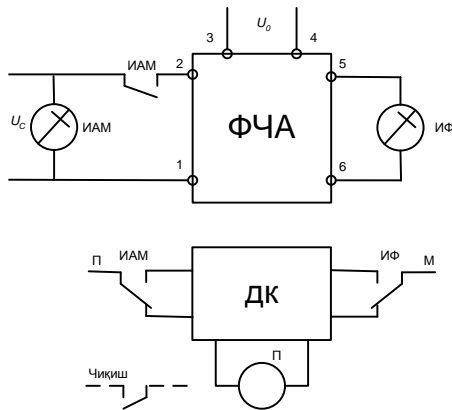
Фазали ҳимоялаш принципи ишлатилганда, мавжуд йўл қабул қилгичлари, ёндош рельс занжирлари ва асинхрон юритмали электр ҳаракат таркибидаги инверторларининг ишлаши ҳамда 50 Гц ли саноат частотаси таъсирдан етарли даражада барқарор бўлмайди. Шу сабабли, ДСШ туридаги релели рельс занжирлари ишлашини импульсли режимга ўтказиш, узлуксиз рельс занжирларининг халақитларга барқарорлигини оширади, жумладан, ушбу режим поездларнинг тезлиги ортиши ва электр тортқи воситаларини такомиллаштириш шароитларида рельс занжирларини ишига ташқи халақитлар манбаи таъсирини камайтиради.

Йўллар тармоғида, тортқи туридан қатъий назар, рельс занжирларини лойиҳалаштириш 25 Гц ли частотада олиб борилади. Асосий кўпчиликни ташкил қиладиган халақитлар 50 Гц ёки унга қаррали частотада таъсир қилади (яъни, ўзгармас ток электр тортқиси бўлганда, тортиш ним станциялардаги филтёрларнинг бузилиш ҳолатларида). Тортқи токи ва унинг гармоникларини йўл қурилмаларига таъсири, рельс занжирлари ишидаги барча бузилишларнинг 20% ташкил қилади.

Юқорида айтилганларни умумлаштириб, рельс занжирларини халақитлардан ҳимояланганлигини ошириш учун йўл қабул қилгичларни импульс-

фазали усул асосида такомиллаштириш зарурлигини қайд қилиш мумкин.

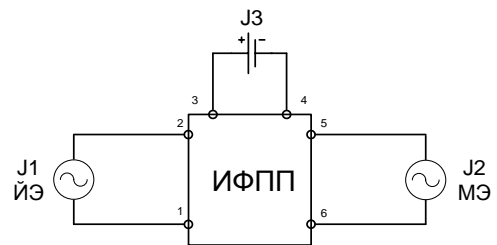
«Йўл қабул қилгичлар учун импульс-фазали усулни тадқиқот қилиш ва амалий жиҳатдан амалга ошириш» деб номланган иккинчи бобида блок схемаси 1-расмда кўрсатилган электрон-релели импульс-фазали йўл қабул қилгичи ишлаб чиқилган. Схемادا u_o ва u_c – мос равишда таянч ва



1-расм. Импульс-фазали йўл қабул қилгичининг блок схемаси

рельс линияси кучланишларидир. Қабул қилгичининг таркибига қуйидагилар киради: импульсли қувват анализатори (ИАМ); фазачастотавий анализатор (ФЧА); импульс-фазавий реле (ИФ) – импульсларни ўзгартиргичи (импульслар дешифратори ёки тўғрироғи динамик конъюктор, ДК). Сўнгра анализаторнинг фронтал контакти орқали сигнал u_c фазачастотавий анализатор ФЧА нинг киришига берилади. ФЧА уни таянч сигнал $u_o = U_o \sin \omega t$ билан таққослайди, агар таққослаш натижаси ижобий бўлса (сигнал u_c фазавий шаффофлик бурчаги φ доирасида жойлашган бўлса), фазачастотавий анализаторнинг чиқишига импульс-фазали реле ИФ уланади.

Темир йўл участкаларининг станциялардаги 25 Гц ли ўзгарувчан ток фазасезгир рельс занжирларида йўл релеси сифатида STM32F103 микроконтроллер базасидаги импульс-фазали йўл қабул қилгичини икки элементли секторли ДСШ туридаги йўл релелари ўрнида қўллаш таклиф этилади. 2-расмда микропроцессорли импульс-фазали йўл қабул қилгичининг блок схемаси келтирилган. Станциялардаги 25 Гц ли ўзгарувчан ток фазасезгир рельс занжирларига эга темир йўл участкаларида йўл релеси сифатидаги STM32F103 микроконтроллерли йўл қабул қилгичининг нормал ишлаши, 25 Гц частотали ўзгарувчан ток тармоғига тескари фазада уланиш орқали ўзгарткич ПМ (йўл релеларининг маҳаллий элементларини манбаловчи) нинг чиқиш кучланишини 90° бурчакка кечикиши ҳисобига таъминланади.

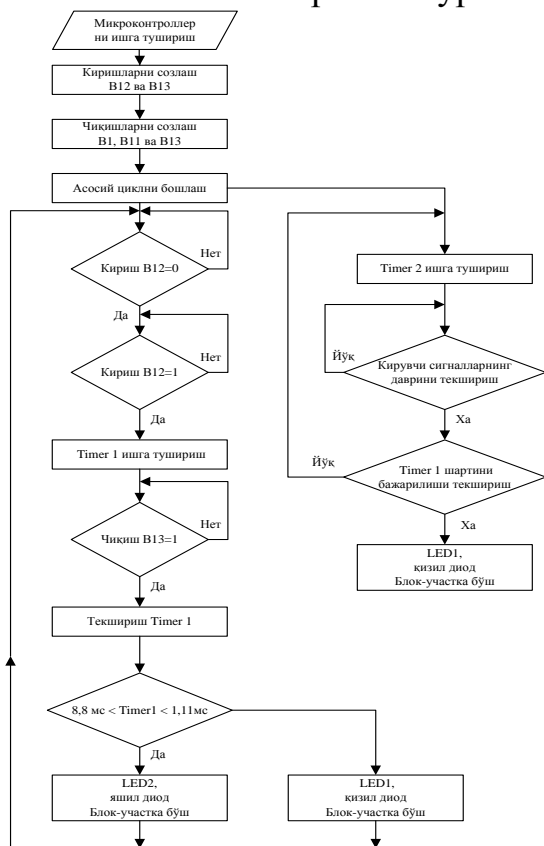


2-расм. Микропроцессорли импульс-фазали йўл қабул қилгичининг блок схемаси

Шу мақсадда, мувофиқ ҳолда уланган йўл элементи ЙЭ ўзгартиргич ПП (йўл кодли трансформаторни манбаловчи) нинг кириш J1 га уланган, маҳаллий элемент МЭ эса ўзгартиргич ПМ (маҳаллий элементларни манбаловчи) нинг J2 чиқишга тескари фазада уланган. ПМ ва ПП ларнинг бир пайтда уланиши натижасида, импульс-фазали қабул қилгичининг электрон релеси ишга тушади, ва ўзининг фронтал контактлари орқали рельс

занжирини йўл ва код трансформаторларининг манбалаш занжирларини туташтиради. Импульс-фазали йўл қабул қилгичининг электрон релесини ишлаши учун J3 киришга 24 В ли ўзгармас кучланиш берилади.

3-расмда микроконтроллер асосидаги импульс-фазали йўл қабул қилгичининг ишлаш алгоритми кўрсатилган.



3-расм. Микроконтроллер асосидаги импульс-фазали йўл қабул қилгичининг ишлаш алгоритми

Микропроцессорли йўл қабул қилгичида оптрон ажраткичнинг ишлатилиши, схеманинг барча элементларини яхши электрик изоляцияга эга бўлиши ва манбадан қабул қилгичга кетадиган бир томонлама йўналган сигнални узатишга имкон беради. Оптононлар ёрдамида турли частоталарга эга бўлган занжирлар, ўзгармас ва ўзгарувчан токли занжирлар, кучсиз занжирлар ва кучли занжирлар ўзаро уланади.

STM32F103 микроконтроллерини йўл қабул қилгичи схемасида қўлланилиши, амалдагиларга нисбатан электр токи сарфини 3 баробарга қамайтириш, 10 баробар тежамкорликка эришиш, ишга тушишлар сони бўйича 50 баробар усутунликка эга бўлиш ва йўл қабул қилгичига хизмат кўрсатишни соддалаштиришга имконни берди.

Учинчи боб «Импульс-фазали

йўл қабул қилгичининг тавсифларини тадқиқот қилиш ва унинг математик таърифи» деб номланиб, унда импульс-фазали қабул қилгичининг математик модели ишлаб чиқарилган. Ушбу қабул қилгичининг хусусиятларини эмпирик баҳолаш мураккаблигини ҳисобга олиб, диссертацияда маълум чекловлар қабул қилинган.

Агар киришдаги сигнал u_c таянч сигнал u_0 билан частота ва фаза бўйича мос келса ва, импульснинг нисбий кенглиги $Q = 2$ деб қабул қилинса, ярим давр мобайнида, остонавий элементдаги ўртача кучланиш учун қуйидагига эга бўламиз:

$$u_{cp} = \frac{2}{T_0} \int_0^{T_0/2} U_0 \sin \omega t = -\frac{2}{T_0} \frac{U_0}{\omega} \cos \omega t \Big|_0^{T_0/2} = \frac{2}{T_0} \frac{U_0}{\omega} \left(1 - \cos \omega \frac{T_c}{2}\right) = \frac{2U_0}{\pi}, \quad (1)$$

бунда T_c – кириш сигнали U_c нинг даври; T_0 – U_0 амплитудали таянч сигнал даври.

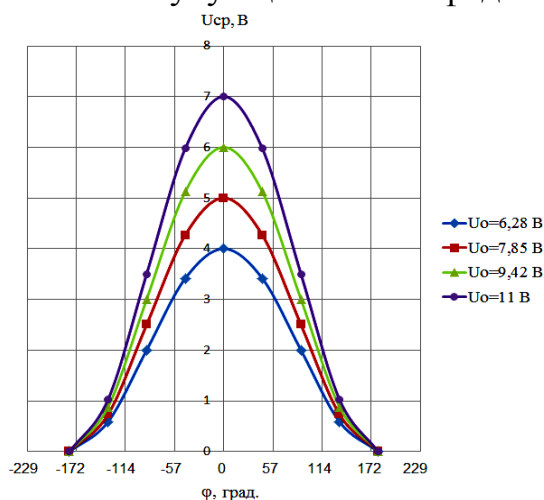
Фараз қиламиз, киришдаги сигнал таянч сигнал билан частота ва фаза бўйича мос келди. Тахмин қиламиз, $T_c/2$ ва $T_0/2$ ярим даврлар τ вақтга

силжиган. Унда остонавий элементдаги ярим давр мобайнидаги ўртача кучланиш

$$u_{cp} = \frac{U_0}{\pi} \left(1 + \cos \pi \frac{\tau}{T_0/2} \right) = \frac{U_0}{\pi} (1 + \cos \varphi), \quad (2)$$

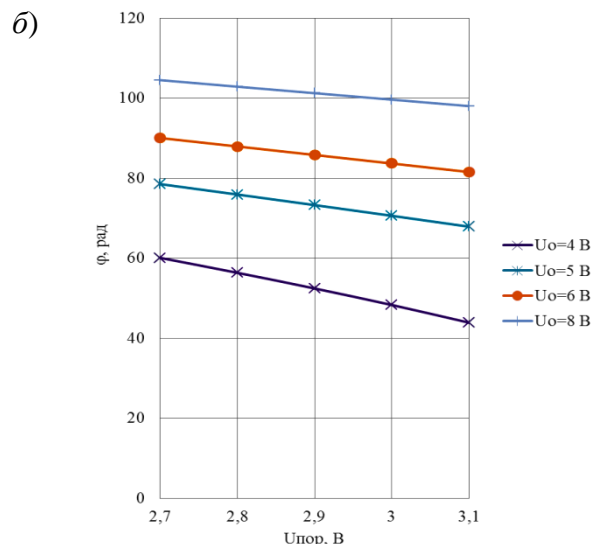
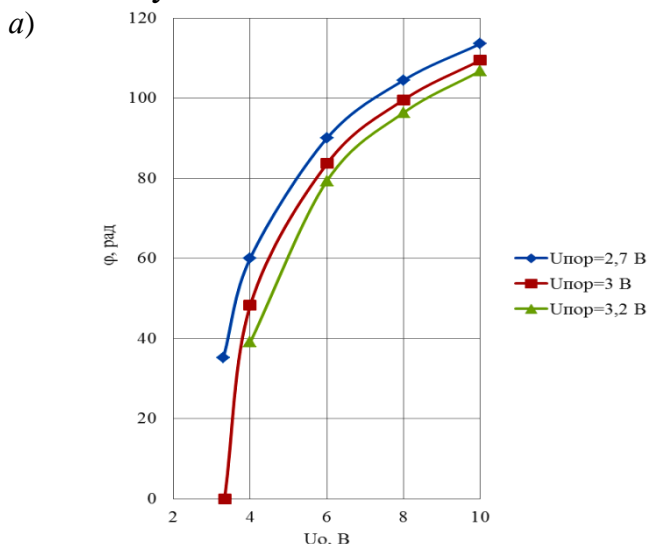
бунда $\varphi = \pi \frac{\tau}{T_0/2}$ – фазавий шаффофлик бурчаги (УФП).

(2) ифода u_0 нинг турли қийматлари учун тавсиф $u_{cp} = f(\varphi)$ лар мажмуасини олиш учун ҳисоблаш ифодаси ҳисобланади (4-расм).



4-расм. Ўртача кучланишни фазавий шаффофлик бурчагига боғлиқлиги манбаи кучланишидан ночизиқли боғланишига эга.

$\pm \varphi = f(u_0)$ боғлиқликнинг энг юқори сезгирлиги $u_0 \approx u_{пор}$ бўлганда намоён бўлади.



5-расм. Фазавий шаффофлик бурчагини таянч кучланишга (а) ва остонавий кучланишга (б) боғлиқлиги

Шунинг учун, йўл қабул қилгичи учун u_0 катталиқни $u_{пор}$ нисбатан 1,5...2,5 маротабагача каттароқ танлаш мақсадга мувофиқ бўлади. $\Delta u_0 = 5 \dots 8$ В интервал ва $u_{пор} = 2,7$ В учун фазавий шаффофлик бурчагининг сезгирлик қиймати $\Delta \varphi / \Delta u_0 = 7,7$ град/В га, ва $u_{пор} = 3,2$ В учун эса сезгирлик $\Delta \varphi / \Delta u_0 = 10,3$ град/В га тенг бўлади.

ФЧА нинг частотали селекциялаш принципи шундаки, таянч частотадан фарқли бўлган халақитнинг кириш частотаси f_n да, транзисторлар остонавий элементга ярим тўлқин энергиясининг фақат бир қисмини ўтказди ва ундаги ўртача кучланиш камаяди. Таянч частота f_0 нинг ярим даврини $-T_0/2$ ва кириш частота f_n нинг ярим даврини $-T_n/2$ (улар тенг бўлмаган ҳолда кириш частотаси халақитни акс эттиради) деб белгилаймиз. Киришдаги халақитларнинг нисбий кенглиги 2 га тенг. Ярим ўтказгич асбоблардаги кучланишнинг бевосита йўқотишларини ҳисобга олмаймиз. Агар $T_0 > T_n$ ва $\{T_0/T_n\} \in N$ бўлса, (бунда N – бирга тенг бўлмаган натурал сон), унда ФЧА остонавий элементидаги ўртача кучланиш ўртача кучланишнинг ярмига тенг.

T_0/T_n нисбат жуфт ва $[0; T_0/2]$ бўлакчада у бутун сон маротаба жойлашади деб фараз қиламиз. Унда нисбий кенглиги $Q = 2$ бўлганда, таянч частота ω нинг ҳар бир ярим тўлқини, вақт бўйича ярим даврнинг марказига нисбатан қатъиян симметрик тенг бўлакларга бўлинади. Биекцияни қўллаб, транзисторли калитлар ўтказувчанлигининг вольт-секундлик майдони, транзисторли калитлар билан ажратилувчи вольт-секундлик майдонга тўппа-тўғри мувофиқликда бўлади. Бошқа сўз билан айтилганда, бу ҳолатда вольт-секундлик майдон ярим тўлқинли таянч сигналнинг тўла вольт-секундлик майдонининг ярмисига тенгдир. Агар T_0/T_n нисбат тоқ бўлса, унда ўтказувчанлик ва давр T_0 бўлаги ажратмасини вольт-секундлик майдонларининг мослиги мавжуд. Шундай қилиб, остонавий элементдаги вольт-секундлик майдон, тўла очик транзисторларда бўлиши мумкин бўлган вольт-секундлик майдоннинг ярмига тенг.

Шарт бўйича, T_0/T_n – бутун сон ва $u_0 = U_0 \sin \omega t$. Шундай экан, таянч частота ω нинг ярим даври, бутун сонли бир хил вақт интервалларига бўлинади, бунда улардан бири остонавий элементдаги нулли вольт-секундлик майдонига мос келса, биринчилар билан ёнма-ён бошқалари эса, остонавий элементда қандайдир вольт-секундлик майдонга эга. Биринчи вольт-секундлик майдонинг бошланиши таянч частота ω ярим тўлқининг бошланиши билан мос тушади деб ҳисоблаб, таянч частота ω нинг ярим давр интервалидаги барча вольт-секундлик майдонларнинг йиғиндисини аниқлаймиз:

$$S = \int_0^{T_0/2} U_0 \sin \omega t + \int_{T_n}^{T_n+T_n/2} U_0 \sin \omega t + \int_{2T_n}^{2T_n+T_n/2} U_0 \sin \omega t + \dots + \int_{kT_n}^{kT_n+T_n/2} U_0 \sin \omega t + \dots + \int_{\left(\frac{T_0}{2T_n}-1\right)T_n}^{\left(\frac{T_0}{2T_n}-1\right)T_n+T_n/2} U_0 \sin \omega t \quad (4)$$

Ўзгартиришларни бажариб, қуйидагига эга бўламиз

$$S = \frac{U_0}{2\omega} \left[1 - \frac{\cos(4n-1)(\omega T_n/4)}{\cos(\omega T_n/4)} \right] \quad (5)$$

аммо $\omega T_n = 2\pi \frac{T_n}{T_0} = \frac{\pi}{n}$, унда

$$S = \frac{U_0}{\omega} \quad (6)$$

$T_0/2$ вақтдаги вольт-секундлик майдонидан ўртача кучланишга ўтамиз

$$u_{cp} = \frac{2S}{T_0} = \frac{U_0}{\pi} \quad (7)$$

Ушбу вақт ичида синусоидал ярим тўлқинли тўла ўртача кучланиш

$$u'_{cp} = \frac{2}{T_0} \int_0^{T_0} U_0 \sin \omega t = \frac{2U_0}{\pi} \quad (8)$$

Нисбат $u'_{cp}/u_{cp} = \frac{2U_0}{U_0\pi} \pi = 2$ тенг.

Олинган умумий натижаларни. ҳисоблаш учун қулай бўлган кўринишга келтирамиз.

$T_n < T_0$ ҳолат учун оламиз

$$u'_{cp} = \frac{m(S^{(sup_i)} + S^{(sup_j)}) + S^{(i)}}{kT_0} \quad (9)$$

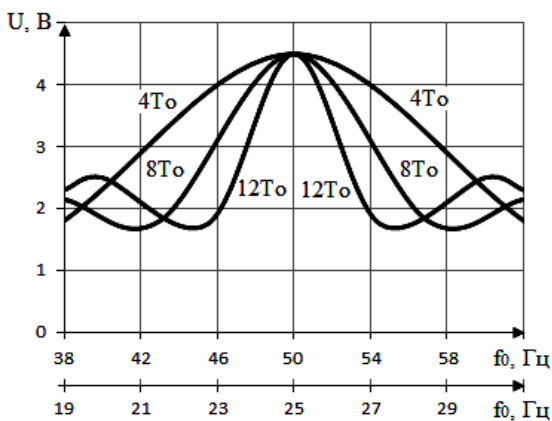
$$u'_{cp} = \frac{m(S^{(sup_i)} + S^{(sup_j)}) + S^{(sup_i)} + S^{(j)}}{kT_0} \quad (10)$$

$T_n > T_0$ ҳолатда топамиз

$$u''_{cp} = \frac{m(S^{(sup_i)} + S^{(sup_j)}) + S^{(i)} + S_0}{kT_0} \quad (11)$$

$$u''_{cp} = \frac{m(S^{(sup_i)} + S^{(sup_j)}) + S^{(sup_i)} + S^{(i)} + S_0}{kT_0} \quad (12)$$

бунда $m - [0, (T_0/2) \text{ sup}_i]$ интерваллар сони; $S^{(sup_i)} - [0, (T_0/2) \text{ sup}_i]$ интервалда S_i вольт-секундлик майдонларнинг йиғиндиси; $S^{(sup_j)} - [(T_0/2) \text{ sup}_i, (T_0/2) \text{ sup}_i]$ интервалда S_i вольт-секундлик майдонларининг йиғиндиси; $S^{(i)} - [(T_0/2) \text{ sup}_i, (T_0/2) i]$ интервалда вольт-секундлик майдонларининг йиғиндиси; $S^{(j)} - [(T_0/2) \text{ sup}_i, (T_0/2)]$ интервалда вольт-секундлик майдонларининг йиғиндиси.



б-расм. Ўртача кучланиш u_{cp} нинг кириш f_n ва таянч f_0 частоталарга боғлиқлиги

(9) – (12) ифодалар $u_{cp} = \psi(f_n, f_0)$ функцияни ҳисоблаш имконини беради. $f_0 = 50$ Гц ва $f_0 = 25$ Гц лар учун ҳисоблаш натижалари б-расмда келтирилган. Қабул қилинган чекловлар доирасида импульс-фазали қабул қилгичини математик таҳлилининг энг муҳим натижаларини ажратиб кўрсатамиз.

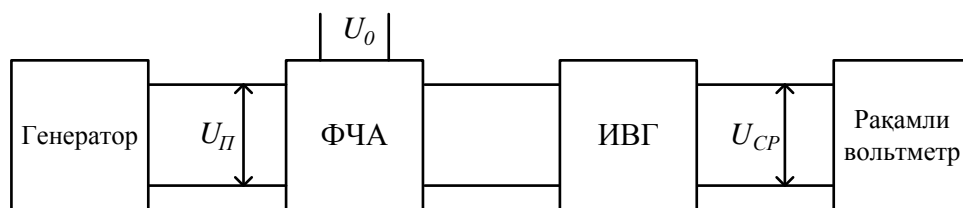
Импульс-фазали қабул қилгичини тадқиқотлари жараёнида, унинг халақитлардан ҳимоялаш имкониятининг янада кенгроқ хоссалари аниқланди.

Хусусан, қабул қилгич, на фақат u_c ва u_o

орасидаги фаза силжишини саралайди, балки бир қатор шарт-шароитларга риоя қилинганда самарадор полосали фильтр ҳам ҳисобланади.

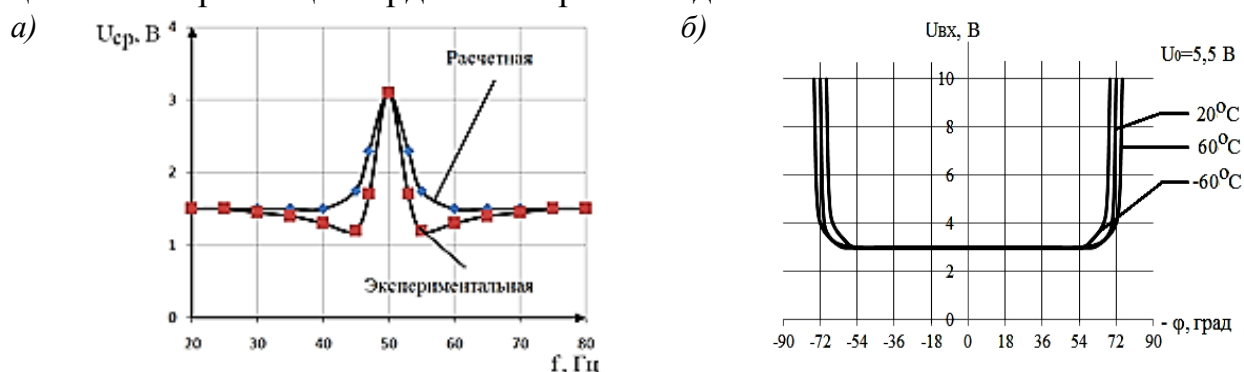
Математик таҳлил натижалари шуни кўрсатадики, рельс занжирлари учун яратилган импульс-фазали йўл қабул қилгичи таянч частота атрофида ётган кафолатланган частотали саралашга эга бўлиб, халақитлардан ишончли ҳимоялайди, шу сабабли, ташиш жараёнини барқарор бошқариш талабларига жавоб берадиган қурилма ҳисобланади.

Тўртинчи боб «Импульс-фазали йўл қабул қилгичларига эга рельс занжирларининг ишлашидаги халақитларга барқарорлигини ошириш бўйича тавсияларни ишлаб чиқиш» деб номланиб, унда яратилган йўл қабул қилгичларнинг самарадорлигини экспериментал текшируви ўтказилган. Математик ҳисоблашлар натижасини текшириш учун 7-расмда берилган электрон-релели йўл қабул қилгичининг экспериментал қурилмаси йиғилган.



7-расм. Электрон-релели йўл қабул қилгичининг иш самарадорлигини аниқловчи экспериментал қурилма

ФЧА частотавий саралаш полосаси қабул қилгичининг интеграциялаш хусусиятига боғлиқ. ИВГ турдаги реле учун экспериментал фазачастотали тавсиф 8-расм, *а* да кўрсатилган. Ўлчашлар бевосита ИВГ чўлғамида бажарилган ва тўғриловчи кўприкдаги диодлардаги кучланишнинг исрофи ҳисобга олинмаган. Агар, масалан, реленинг ишлаб кетиш остонаси 2,0 В эга бўлса, унда ушбу реле учун анализаторнинг саралаш полосаси 46 дан 54 Гц гачани ташкил қилади. Бошқача айтилганда, халақитлар частотасида 46 Гц дан паст ва 54 Гц юқори бўлганда, реле ИФГ уларнинг амплитудасидан қатъий назар халақитлардан таъсирланмайди.

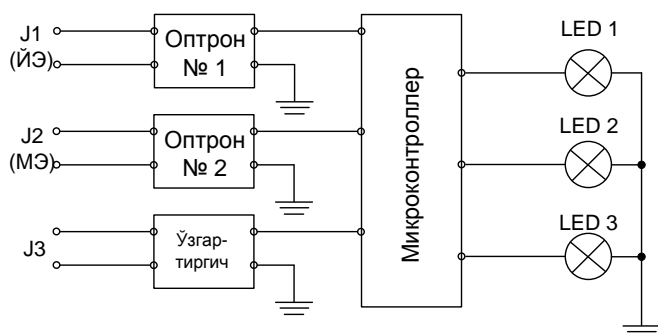


8-расм. Ўртача кучланишнинг таянч частотага боғлиқлиги (*а*) ва қабул қилгичининг фаза-амплитудали тавсифи (*б*)

ФЧА схемаси хавфли инкор қилишлардан шундай ҳимояланганки, бунда унинг элементлари шикастланганда, импульс-фазали қабул қилгичи импульсли ишлаш ҳолатидан «доимий уланган» ёки «доимий ўчирилган» ҳимояланиш ҳолатига ўтади. Бунинг натижасида, ИАМ ва ИФ релеларни рельс занжиридан сигнални қабул қилиб динамик ишлаши жараёнида,

контактларининг мослик ҳолатлари бузилади, ва динамик конъюкторнинг чиқишида сигнал йўқолади. Тажрибавий олинган қабул қилгичининг фаза-амплитудали намунавий тавсифи 8-расм, б да кўрсатилган. Ушбу тавсифни ДСШ релесининг шу каби тавсифидан ажратиб турувчи ўзига хос ижобий хусусияти бўлиб, фаза сезгирлик бурчагини рельс занжиридан олинган сигнал амплитудасига боғлиқ эмаслиги ҳисобланади.

Микропроцессорли йўл қабул қилгичини текшириш учун 9-расмдаги экспериментал қурилма ишлаб чиқилган. Бу йўл қабул қилгичини ишлатиш учун қувват манбаидан J3 киришга $U_3 = 24 \text{ В}$ ўзгармас кучланиш берилади. J1 киришга $U_1 = 15 \text{ В}$, J2 киришга эса 25 Гц частотали синусоидал сигналга эквивалент равишда $U_2 = 110 \text{ В}$ кучланишлар берилган. Оптронлар OP1 ва OP2 га параллел равишда рақамли осциллографлар уланган.



9-расм. Микропроцессорли йўл қабул қилгичини хато ишлашдан ҳимояланганлигини текшириш учун тажрибавий схема

имкониятининг мавжудлиги; 2) истеъмол қилинаётган қувватнинг камайиши ҳисобига ишлаб чиқилган йўл қабул қилгичининг энергия самарадорлиги қўлланилаётганларига нисбатан уч баробар юқорилиги; 3) барча элементларни контактсиз бажарилганлиги; 4) ишга тушиш сонини 10^7 гача кўпайганлиги (фойдаланишдаги ДСШ релелиларга нисбатан эллик баробар усутунликка эга); 5) ишга тушиш вақтини 10^{-6} с гача қисқарганлиги; 6) мавжуд йўл қабул қилгичларига нисбатан беш баробар арзонлиги; 7) импорт ўрнини босишлиги; 8) станция рельс занжирларида манбаланиш ўзгармас токдан импульс режимига ўтганда, унда ҳам импульс режимда ишлаш имкониятининг мавжудлиги.

Шулар билан биргаликда, микропроцессорли йўл қабул қилгичининг барқарор ва бузилмасдан ишлаши, рельс занжирлари назорат режимларининг куйидаги кўринишларида исботланди: а) рельс занжирининг ҳаракат таркибидан озодлигида; б) маҳаллий ва йўл элементларидаги кучланишнинг тушишида; в) келаётган сигналлар ўртасидаги фаза бурчакларининг силжишида ва г) келаётган сигналлар частотасининг ўзгаришида.

Санаб ўтилган афзалликлар, яратилган микропроцессорли импульс-фазали йўл қабул қилгичини, ҳозирда қўлланишга эга электр магнит ДСШ туридаги релега альтернатив равишда ишлатишга ва ташиш жараёнлари бошқаришни барқарорлаштиришга имкон беради.

Ўтказилган катор тажриба натижаларидан келиб чиқиб, микропроцессорли йўл қабул қилгичи куйидаги тавсифларга эга эканлиги тасдиқланди: 1) маҳаллий элементдан келувчи сигнал кучланиши (J2 кириш) га боғлиқ ҳолда йўл элементи сигнал кучланиши (J1 кириш) ни керакли фаза бурчакларига ортда қолишини дастурий созлаш

ХУЛОСА

Темир йўл автоматика ва телемеханика тизими рельс занжирларида импульс-фазали йўл қабул қилгичи бўйича олиб борилган тадқиқотлар натижасида қуйидаги хулосалар тақдим этилди:

1. Темир йўл транспорти автоматика ва телемеханика тизимлари рельс занжирларига, сигналга импульсли белгиларни ҳамда фазавий ажратиш ва частотавий саралаш хусусиятларини киритиш асосидаги, импульс-фазали усул жорий этилган. Натижада рельс занжирларининг узлуксиз ишлаш қобилиятини ошириш ва уларни турли ташқи халақит манбаларидан ҳимоялаш имконияти яратилган.

2. Халақит таъсирларнинг турли даражаларида импульс-фазали йўл қабул қилгичининг фаза ва частотавий хусусиятларини тадқиқ қилиш учун математик модел ишлаб чиқилган. Натижада унинг филтрлаш чегаравий имкониятларини ҳисоблаш, фаза назоратини амалга ошириш ҳамда частотавий филтр сифатида қўлланилишининг поездлар ҳаракати хавфсизлигига таъсирини баҳолаш имконияти олинган.

3. Йўл қабул қилгичининг фаза ва частотавий тавсифларини ҳисоблаш ҳамда частотавий саралаш принципини таъминлашини исботлаш дастурий алгоритмлари тузилган. Натижада қабул қилгичи таянч частота атрофида кафолатланган частотавий саралашга эга бўлиб, у халақитлардан ишончли ҳимоялайди ва ташиш жараёнини барқарор бошқариш талабларига жавоб берадиган рельс занжирини ишлаб чиқиш имкониятини берган.

4. Йўл қабул қилгичнинг асосий блоки сифатида ишлатиладиган фазачастотавий анализатор ишлаб чиқилган. Ушбу блокни импульс-фазали йўл қабул қилгичида қўлланилиши рельс занжирини хавфли инкор этишлардан, ёндош блок-участкалар таъсиридан, электр тортқили ва бошқа халақит манбаларидан ҳимоялаш имкониятини беради ва рельс занжирлари кўрсаткичларини баҳолашнинг аниқлигини орттиради.

5. Темир йўл станцияларидаги 25 Гц ли ўзгарувчан ток фазасезгир рельс занжирларида қўлланиладиган STM32F103 микроконтроллер базасидаги импульс-фазали йўл қабул қилгичи ишлаб чиқилган. Натижада рельс занжирлари ишлашини инкор қилиш ва унинг ишдан узилиши ҳамда кўрсаткичларининг оғишини ишончли ва ўз вақтида кузатиш орқали рельс занжирлари барқарорлигини ошириш имкониятига эришилган.

6. Микропроцессорли импульс-фазали йўл қабул қилгичини, ҳозирда қўлланишга эга электр магнит ДСШ туридаги контактли реле ўрнида, рельс занжирларининг барча режимларида барқарор ва бузилмасдан ишлаши исботланган. Яратилган қабул қилгичи темир йўл транспорти юқори тезюрар ҳаракат таркиблари хавфсизлигини таъминлаш ва уларни янги технологиялар асосида такомиллаштиришга хизмат қилади.

7. Ишлаб чиқилган станция рельс занжирлари импульс-фазали йўл қабул қилгичи «Ўзбекистон темир йўллари» АЖ тасаруфидаги «Салар» станциясига жорий қилинган. Йўл қабул қилгич қурилмаси қўлланилишидан олинган умумий иқтисодий самарадорлик йилига 95,9 млн. сўмни ташкил этади.

**НАУЧНЫЙ СОВЕТ ПО ПРИСУЖДЕНИЮ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ
ДОКТОРА ФИЛОСОФИИ PhD.28.06.2018.Т.73.01
ПРИ ТАШКЕНТСКОМ ИНСТИТУТЕ ИНЖЕНЕРОВ
ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА**

**ТАШКЕНТСКИЙ ИНСТИТУТ ИНЖЕНЕРОВ
ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА**

РИХСИЕВ ДИЛМУРОД ХОДЖИАКБАРОВИЧ

**ИМПУЛЬСНО-ФАЗОВЫЙ ПУТЕВОЙ ПРИЁМНИК
РЕЛЬСОВОЙ ЦЕПИ СИСТЕМ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ
АВТОМАТИКИ И ТЕЛЕМЕХАНИКИ**

05.08.03 – Эксплуатация железнодорожного транспорта

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

Тема диссертации доктора философии (PhD) по техническим наукам зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Кабинете Министров Республики Узбекистан за №2018.4.PhD/T951.

Диссертация выполнена в Ташкентском институте инженеров железнодорожного транспорта.

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

Научный руководитель:	Арипов Назиржон Мукарамович доктор технических наук, профессор
Официальные оппоненты:	Худайбергандов Кобилжон Тахирович доктор технических наук, профессор Халматов Давронбек Абдалимович кандидат технических наук, доцент
Ведущая организация:	Ферганский политехнический институт

Защита диссертации состоится «26» января 2019 г. в 14⁰⁰ часов на заседании Научного совета PhD.28.06.2018.T.73.01 при Ташкентском институте инженеров железнодорожного транспорта (Адрес: 100167, г Ташкент, ул. Одилхужаев, 1. Тел.: (99871) 299-00-01; факс: (99871) 293-57-54; e-mail: tashiit_rektorat@mail.ru).

С диссертацией можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре Ташкентском институте инженеров железнодорожного транспорта (регистрационный номер - ____). (Адрес: 100167, г.Ташкент ул. Одилхужаева, 1. Тел.: (99871) 299-00-01).

Автореферат диссертации разослан «__» _____ 2019 года.
(протокол рассылки № «__» от «__» _____ 2019 года).

А.Э. Адилходжаев
Председатель научного совета
по присуждению учёных степеней,
д.т.н., профессор

Я.О. Рузметов
Ученый секретарь научного совета
по присуждению учёных степеней, к.т.н.

Н.Н. Ибрагимов
Председатель научного семинара
при научном совете по присуждению
учёных степеней, д.т.н., профессор

Введение (аннотация диссертации доктора философии(PhD))

Актуальность и востребованность темы диссертации. В мире важное место занимает контроль обеспечения безопасности высокоскоростного подвижного состава, усовершенствование управления движением железнодорожного транспорта, на основе средств и оборудования, автоматики и телемеханики элементами новых технологий. В этом отношении, в процессе обеспечения безопасности, особое внимание уделяется разработке микропроцессорных схем и приведение их в соответствии с существующими системами, исключая такие факторы, как контактные релейные элементы и схемы на их основе, в том числе, механического износа элементов обеспечивающих надежность. В разных странах мира, таких как США, Англия, Франция, Испания, Германия, Япония, Китай и в других странах, при проектировании и создании систем автоматики и телемеханики железных дорог для поездов с высокоскоростным движением, особое значение придается их устойчивости, надежности и самоконтроля, а также разработке сложных систем, дающих необходимые управляющие команды.

В мире проводятся научно-исследовательские работы, направленные на теорию автоматического управления, связанные с развитием устройств, оборудования и элементов железнодорожной автоматики и телемеханики, а также решению проблем рельсовых цепей на современном уровне. В этом направлении, в том числе совершенствование устройств путевых приемников рельсовых цепей на базе разных электронных элементов; разработка новых математических моделей по электромагнитной совместимости; новых схем по подавлению различных помех, появляющихся на железнодорожных путях; микропроцессорных систем на основе микроконтроллеров для управления и контроля, их алгоритмов управления и программного обеспечения, считается одной из важных задач. Вместе с тем, считается необходимым замена механических реле, используемых для управления и контроля подвижного состава с высокоскоростным движением, микропроцессорным импульсно-фазовым путевым приемником.

В Республике осуществляются мероприятия по развитию транспортной отрасли, в том числе развитию инфраструктуры железнодорожного транспорта, увеличению железнодорожных линий высокоскоростного движения, электрификации существующих линий. В Стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан на 2017-2021г. указаны задачи, такие как, «...повышение конкурентоспособности национальной экономики, ...активная инвестиционная политика, направленная на решение транспортно-коммуникационных и социально-инфраструктурных проектов, ...техническое и технологическое обновления производства, ...широкое привлечение в производство энергосберегающих технологий»¹. Реализация этих проблем, в частности, по повышению помехозащищенности рельсовых це-

¹ Указ Президента Республики Узбекистан №УП-4947 от 7 февраля 2017 года «О Стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан»

пей, разработка импульсно-фазового способа на основе цифровой обработки информации и их исполнительных элементов считается одним из необходимых задач.

Данное диссертационное исследование, в определенной степени, служит выполнению задач, предусмотренных в Законе Республики Узбекистан «О железнодорожном транспорте» (1999 г.), в Указах Президента Республики Узбекистан № УП-4947 от 7 февраля 2017 года «О Стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан» и № ПП-3012 от 26 мая 2017 года «О программе мер по дальнейшему развитию возобновляемой энергетики, повышению энергоэффективности в отраслях экономики и социальной сфере на 2017-2021 годы», а также в других нормативно-правовых документах, принятых в данной области.

Соответствие исследования с приоритетными направлениями развития науки и технологий в республике. Данное исследование выполнено в соответствии с приоритетным направлением развития науки и технологий республики II. «Энергетика, энерго и ресурсосбережение».

Степень изученности проблемы. Научные исследования, направленные на решение актуальных задач по разработке методов повышения безопасности движения подвижного состава, модернизации систем автоматики и телемеханики железнодорожного транспорта, осуществляются в ведущих научных центрах, вузах мира и известных зарубежных фирм, в том числе в Massachusetts Institute of Technology (США), Dresden University of Technology (Германия), Università degli Studi di Torino (Италия), Technische Universität Wien (Австрия), «Siemens», «Bombardier», Петербургском государственном университете путей сообщений (Россия), Российском университете транспорта (Россия, МИИТ), Ташкентском институте инженеров железнодорожного транспорта, АО «Боштранслейха» (Узбекистан).

Значительный вклад в решение задач по повышению надежности и эффективности функционирования систем железнодорожной автоматики и телемеханики внесли известные ученые и специалисты Ю.А. Кравцов, А.М. Брылеев, В.В. Сапожников, Вл.В. Сапожников, В.М. Лисенков, Н.Ф. Котленко, В.С. Дмитриев, М.Н. Василенко, А.Б. Никитин, А.М. Костроминов, Г.Д. Казиев, В.А. Кобзев, В.И. Сороко, F.Bailey, G.Teeg, E.Andres, T. Brendt, U. Mashek, D. Mongradi, Y. Paxl, D. Straetton и многие другие. Кроме того, исследованию вопросов теоретико-практических методов анализа эксплуатации транспортных процессов и транспортных логистических систем, технико-технологических решений в организации движения поездов, систем железнодорожной автоматики и телемеханики, а также средств автоматизации в управлении особое внимание уделено в работах известных отечественных ученых: М.Х. Расулова, Н.Н. Ибрагимова, К.Т. Худойберганова, А.А. Халикова, Н.М. Арипова, С.Ф. Амирова, Д.Х. Баратова, М.М. Алиева, Ш.Р. Хоруннова, А.А. Азизова, И.К. Колесникова, Р.М. Алиева, М.А. Ходжимухаметовой, С.К. Худойберганова, Ж.Р. Кабулова и других.

Однако, в этих работах не в полной мере используются возможности применения новых принципов и систем, в частности, цифровой обработке

сигналов с высокой достоверностью передаваемой информации о состоянии пути в условиях неблагоприятной помеховой обстановке на железнодорожном транспорте, не на достаточном уровне изучены вопросы совершенствования рельсовых цепей с использованием микропроцессорных устройств на базе импульсно-фазового метода защиты.

Связь диссертационного исследования с планами научно-исследовательских работ высшего образовательного учреждения, где выполнена диссертация. Диссертационная работа выполнена в соответствии с планами научно исследовательских работ Ташкентского института инженеров железнодорожного транспорта: по прикладным грантам: 1) №А-03-55 «Разработка автоматизированной системы учета и контроля устройств автоматики и телемеханики для перспективных и высокоскоростных железных дорог Узбекистана» (2015-2017 гг.), 2) БВ-Атех-2018-109 «Интеллектуальная система контроля и учета устройств железнодорожной автоматики и телемеханики для перспективных и высокоскоростных железных дорог Узбекистана с применением технологии штрих-кодирования» (2018-2020 гг.).

Целью исследования является разработка импульсно-фазового путевого приемника станционных рельсовых цепей систем автоматики и телемеханики железнодорожного транспорта.

Задачи исследования:

обоснование применения импульсно-фазового метода защиты путевого приемника рельсовых цепей от влияния внешних источников помех;

создание электронно-релейного и микропроцессорного путевого приемника для повышения помехозащищённости рельсовых цепей;

разработка математических моделей для исследования частотных и фазовых свойств приемника при различных уровнях мешающих влияний;

разработка рекомендаций по обеспечению непрерывности движения поездов при внедрении импульсно-фазового путевого приемника.

Объектом исследования является станционные рельсовые цепи систем железнодорожной автоматики и телемеханики.

Предметом исследования являются методы математического моделирования и алгоритмы расчета фазовых и частотных характеристик помехоустойчивости путевых приемников рельсовых цепей.

Методы исследования. В процессе исследования использованы теория электронных цепей, цифровая обработка сигналов с помощью Z-преобразований и быстрого преобразования Фурье, методы экспериментальных исследований характеристик импульсно-фазового приемника.

Научная новизна исследования заключается в следующем:

обоснован импульсно-фазовый метод защиты рельсовых цепей от различных помех на основе введения импульсных признаков в сигнал для улучшения работоспособности станционных рельсовых цепей;

определены фазовые характеристики на основе регулирования угла фазовой прозрачности для осуществления контроля фазы и расчета предельных фильтрующих возможностей путевого приемника;

разработаны математические модели частотных свойств приемника на

основе принципа частотной селекции для оценки влияния на повышения бесперебойности движения поездов;

разработан микропроцессорный импульсно-фазовый путевой приемник с целью повышения работоспособности станционных рельсовых цепей с достоверным и своевременным отслеживанием отказов, сбоев и отклонений параметров рельсовых цепей и приемников.

Практические результаты исследования заключаются в следующем:

разработан метод оценки работоспособности микропроцессорного приемника на основе технических требований к аппаратуре рельсовых цепей для надежного управления перевозочным процессом;

разработаны алгоритмы расчета фазовых и частотных характеристик путевого приемника при разных уровнях внешних помех, для определения предельных фильтрующих возможностей и оценки влияния помех на устойчивость рельсовых цепей.

Достоверность результатов исследования. Достоверность результатов исследования обосновывается экспериментальным подтверждением на рельсовых цепях железнодорожных станциях, математически рассчитанных параметров, в результате взаимосогласованной работы всех составляющих частей импульсно-фазового путевого приемника.

Научная и практическая значимость результатов исследования. Научная значимость полученных результатов характеризуется усовершенствованием импульсно-фазового метода защиты, в целях обеспечения устойчивости рельсовых цепей от влияния непрерывных помех тягового тока подвижного состава с частотными асинхронными двигателями, асимметрии обратного тягового тока, а также влияний токов смежных блок-участков.

Практическая значимость результатов исследования заключается в создании нового микропроцессорного импульсно-фазового путевого приемника, с широким применением разработанного путевого приемника в станционных рельсовых цепях, предложенных алгоритмах расчета фазовых и частотных характеристик при разных уровнях внешних помех в целях повышения их работоспособности.

Внедрение результатов исследования: На основе полученных результатов по импульсно-фазовому путевому приемнику, разработанному для рельсовых цепей железнодорожных систем автоматики и телемеханики:

внедрен в практику эксплуатации и модернизации рельсовых цепей импульсно-фазовый метод защиты рельсовых цепей от различных типов помех на станции «Салар» АО «Ўзбекистон темир йўллари» (справка «Ўзбекистон темир йўллари» от 13 октября 2018 года № НГ/4517-16). В результате научного исследования, фазочастотный анализатор, используемый в качестве основного блока путевого приемника, позволяет защитить рельсовые цепи от опасных отказов, от влияния смежных рельсовых цепей, электрической тяги и от других источников помех;

внедрена математическая модель частотных свойств путевого приемника на основе принципа частотной селекции для оценки влияния повышения непрерывности движения поездов, совершенствования путевых приемников

рельсовых цепей станции «Салар» АО «Ўзбекистон темир йўллари» (справка «Ўзбекистон темир йўллари» от 13 октября 2018 года № НГ/4517-16). В результате научного исследования, стало возможным повысить безопасность движения поездов на станции, за счет улучшения помехозащищённости путевого приемника от влияния силового тягового тока и его высших гармоник;

внедрен импульсно-фазовый путевой приемник на основе микроконтроллера STM32F103 с целью повышения работоспособности стационарных рельсовых цепей для совершенствования устройств автоматики и телемеханики станции «Салар» АО «Ўзбекистон темир йўллари» (справка «Ўзбекистон темир йўллари» от 13 октября 2018 года № НГ/4517-16). В результате научного исследования, появилась возможность обеспечения безопасности поездов высокоскоростным движением за счет установки бесконтактного быстродействующего микроконтроллерного управляющего устройства взамен механического реле типа ДСШ путевого приемника.

Апробация результатов исследования. Результаты исследования прошли апробацию на 10 научно-практических конференциях, научных школах и семинарах, в том числе на 4-х международных конференциях и 6-ти республиканских научно-практических конференциях.

Опубликованность результатов. По теме диссертации опубликовано 18 научных работ, 1 статья в иностранном журнале, 4 статьи в Республиканских журналах, вместе с тем имеется 1 свидетельство на программу ЭВМ.

Структура и объём диссертации. Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы, приложений. Объём диссертации составляет 115 страниц.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во введении приводится обоснование актуальности и востребованности диссертационного исследования, описание цели и основных задач, а также объектов и предметов, соответствующих приоритетным направлениям развития науки и технологии Республики Узбекистан, научная новизна и практические результаты, теоретическая и прикладная значимость результатов, сведения об опубликованных работах и структуре диссертации.

В первой главе диссертации «**Современное состояние и вопросы повышения помехозащищённости рельсовых цепей**» рассматривается и проводится анализ развития и современное состояние рельсовых цепей железнодорожной автоматики и телемеханики. На основании анализа было сделано заключение о необходимости модернизировать существующие путевые приемники и минимизировать механические элементы для быстрого действия получения информации о состоянии блок участка. Коды автоматической локомотивной сигнализации должны выдаваться электронными передатчиками, находящимися в генераторах и приемниках рельсовых цепей. Кодовые параметры должны быть перепрограммированы под требования любой страны. При этом требуется повысить устойчивость работы, срок службы элементов рельсовых цепей и свести к минимуму профилактические работы по их об-

служиванию; снизить стоимость аппаратуры, расходы на ее проектирование и монтаж для обеспечения конкурентоспособности устройств железнодорожной автоматики на мировом рынке.

Проведенные исследования показали, что типовые непрерывные рельсовые цепи с фазочувствительным двухэлементным секторным реле в качестве путевого приемника не вполне обеспечивают достаточную бесперебойность движения поездов. Учитывая, что в Узбекистане примерно 70% станционных рельсовых цепей оборудованы реле ДСШ, можно прогнозировать вероятность опасного отказа.

Импульсно-кодовые рельсовые цепи хорошо защищены от непрерывных помех, однако они имеют неудовлетворительную защиту от влияния смежной рельсовой цепи. Очевидно, что для класса импульсных рельсовых цепей наилучшим является фазовый метод защиты путевого приемника от помех со стороны соседней рельсовой цепи. Реализация этого метода невозможна на базе индукционного реле типа ДСШ.

Существующие путевые приемники, в которых применяются фазовые принципы защиты, не достаточно устойчивы к влиянию смежных рельсовых цепей, от промышленной частоты 50 Гц и работы инверторов электроподвижного состава с асинхронным приводом. В этой связи можно сделать вывод о том, что переход на импульсный режим работы рельсовой цепи с реле ДСШ повысит помехоустойчивость существующих непрерывных рельсовых цепей, в частности существенно снизит влияние внешних источников как помех на работу рельсовых цепей в условиях роста скоростей поездов и совершенствования средств электротяги.

На сети дорог, независимо от вида тяги, проектирование рельсовой цепи ведется на частоте 25 Гц. Подавляющее большинство помех действует на частоте 50 Гц или кратной ей (в случае отказа фильтров на тяговых подстанциях при электрической тяге постоянного тока). Влияние тягового тока и его гармоник на путевые приборы составляет 20% от всех отказов работы рельсовых цепей.

Обобщая выше сказанное, можно отметить, что бы повысить помехозащищенность рельсовых цепей необходимо усовершенствовать путевой приемник на основе импульсно-фазового метода.

Во второй главе «**Исследование и практическая реализация импульсно-фазового метода для путевого приемника**» разработан импульсно-фазовый путевой приемник, блок-схема которого показана на рис. 1. На схеме u_0 и u_c – соответственно, опорное напряжение и напряжение от рельсовой линии. В состав приемника входит: импульсный анализатор мощности (ИАМ); фазочастотный анализатор (ФЧА); импульсно-фазовое реле (ИФ) – преобразователь импульсов (дешифратор импульсов или правильнее динамический конъюнктор, ДК).

Сигнал $u_c = U_c \sin \omega t$ поступает от рельсовой линии на импульсный анализатор мощности ИАМ, который его регистрирует. Через фронтальный контакт ИАМ сигнал u_c затем подается на вход фазочастотного анализатора ФЧА. Последний сравнивает его с опорным сигналом $u_0 = U_0 \sin \omega t$, если ре-

зультат сравнения положительный (сигнал u_c находится в области угла фазовой прозрачности φ), на выходе фазочастотного анализатора включается импульсно-фазовое реле ИФ. Предлагается на участках железных дорог в станционных фазочувствительных рельсовых цепях переменного тока 25 Гц в качестве путевого реле использовать импульсно-фазового путевого приемника на базе микроконтроллера STM32F103, вместо путевых двух элементных секторных реле ДСШ.

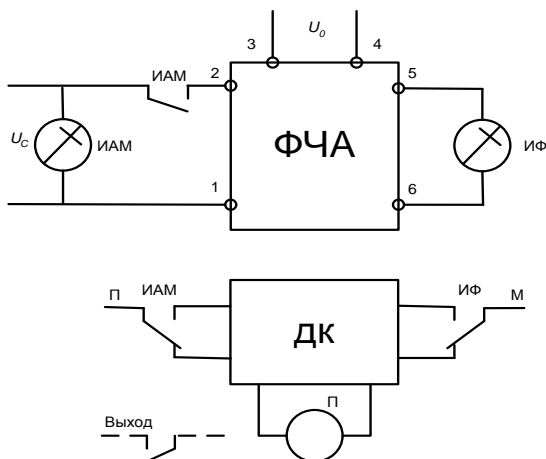


Рис. 1. Блок-схема импульсно-фазового путевого приемника

С этой целью путевые элементы ПЭ, соединенные согласованно, подключены к входу J1, преобразователя ПП (питающего путевой кодировочный трансформатор) элементы МЭ противофазно к преобразователю ПМ (на выход J2, преобразователь питающий местные элементы). При одновременном включении ПМ и ПП сработает реле импульсно-фазового приемника на базе контроллера и фронтowymi контактами замкнет цепь питания путевых и кодировочных трансформаторов рельсовой цепи. Для работы электронного реле импульсно-фазового путевого приемника на вход J3 подается постоянное напряжение 24 В.

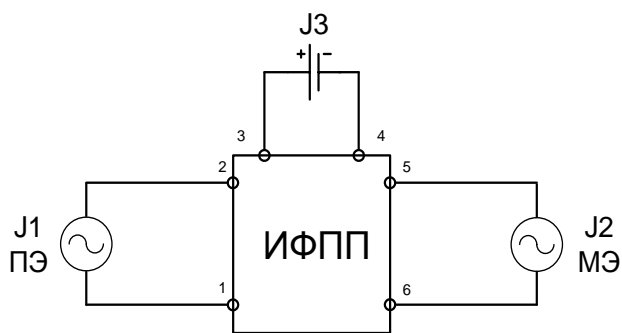


Рис. 2. Блок-схема микропроцессорного импульсно-фазового путевого приемника

На рис. 3 показан алгоритм работы импульсно-фазового путевого приемника на базе микроконтроллера. Использование оптронной развязки в микропроцессорном путевом приемнике позволяет получить хорошую электрическую изоляцию всех элементов схем и обеспечивает однонаправленную передачу сигнала от источника к приемнику.

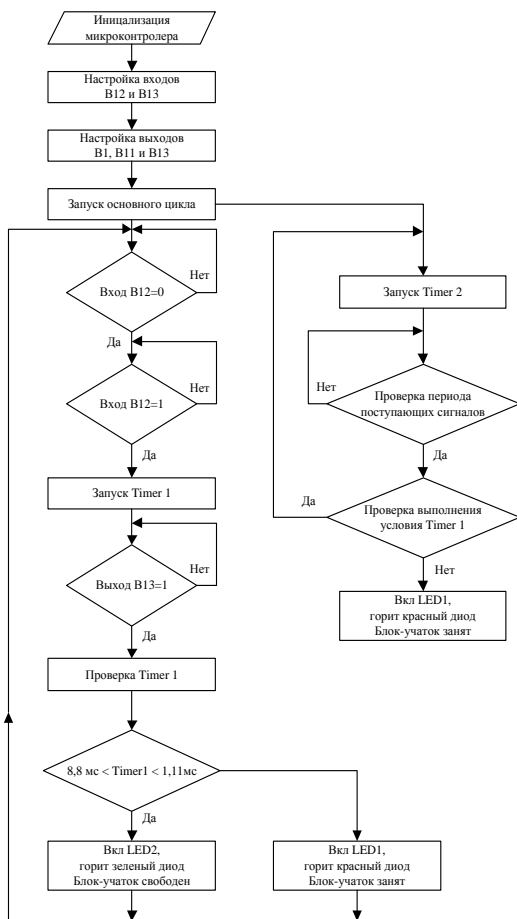


Рис.3. Алгоритм работы импульсно-фазового путевого приемника на базе микроконтроллера

пороговом элементе:

$$u_{\text{ср}} = \frac{2}{T_0} \int_0^{T_0/2} U_0 \sin \omega t = -\frac{2}{T_0} \frac{U_0}{\omega} \cos \omega t \Big|_0^{T_0/2} = \frac{2}{T_0} \frac{U_0}{\omega} \left(1 - \cos \omega \frac{T_c}{2}\right) = \frac{2U_0}{\pi} \quad (1)$$

где T_c – период входного сигнала U_c ; T_0 – период опорного сигнала с амплитудой U_0 .

Допустим, что сигнал на входе совпадает с опорным сигналом по частоте и фазе. Предположим, что полупериоды $T_c/2$ и $T_0/2$ сдвинуты на время τ . Тогда среднее напряжение за полупериод на пороговом элементе

$$u_{\text{ср}} = \frac{U_0}{\pi} \left(1 + \cos \pi \frac{\tau}{T_0/2}\right) = \frac{U_0}{\pi} (1 + \cos \varphi) \quad (2)$$

где $\varphi = \pi \frac{\tau}{T_0/2}$ – угол фазовой прозрачности (УФП);

Формула (2) является расчетной для получения семейства характеристик $u_{\text{ср}} = f(\varphi)$ (рис. 4) для различных значений u_0 . Выбором опорного напряжения при заданном пороговом уровне $u_{\text{пор}}$ можно регулировать угол фазовой прозрачности путевого приемника φ .

С помощью оптронов связывается цепи с различными частотами, цепи постоянного и переменного тока, маломощные цепи с мощными (силовыми) цепями.

Применение микроконтроллера типа STM32F103 в качестве путевого приемника позволило в 3 раза сократить электропотребление по сравнению с существующими, экономичнее в 10 раз, в 50 раз превосходит по числу срабатывания, упрощает обслуживание путевого приемника.

В третьей главе «Математическое описание и исследование характеристик импульсно-фазового путевого приемника» разработана математическая модель ИФПП. Учитывая сложность эмпирической оценки свойств импульсно-фазового приемника, были приняты известные ограничения.

Если сигнал на входе u_c совпадает с опорным сигналом u_0 по частоте и фазе и, принимая скважность $Q = 2$ получим за полупериод среднее напряжения на

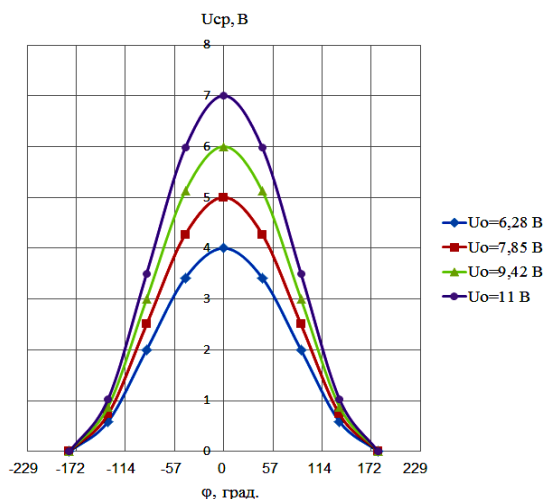
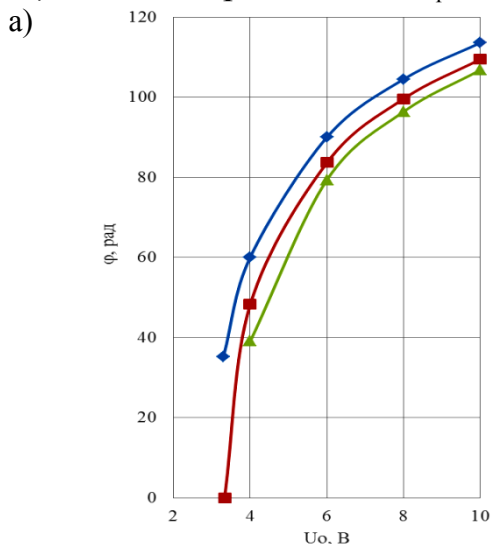


Рис 4. Зависимость среднего напряжения от угла фазовой прозрачности

выбирать в 1,5...2,5 раза больший по сравнению с $u_{пор}$. Для интервала $\Delta u_o = 5 \dots 8$ В для $u_{пор} = 2,7$ В математические значения чувствительности УФП $\Delta\varphi/\Delta u_o = 7,7$ град/В, для $u_{пор} = 3,2$ В чувствительность $\Delta\varphi/\Delta u_o = 10,3$ град/В.



Установим функциональную связь

$$\pm\varphi = f(u_o):$$

$$\pm\varphi = \arccos\left(\frac{\pi u_{пор}}{U_o} - 1\right) = \arccos\left(\frac{\pi u_{пор}}{U_o \sqrt{2}} - 1\right) \quad (3)$$

Иллюстрация «поведения» угла фазовой прозрачности в зависимости от $u_{пор}$ и u_o приведена на рис. 5, а и б.

ИФПП обладает нелинейной зависимостью УФП от напряжения опорного источника питания. Наиболее высокая чувствительность $\pm\varphi = f(u_o)$ проявляется при $u_o \approx u_{пор}$. Поэтому для путевого приемника имеет смысл величину u_o

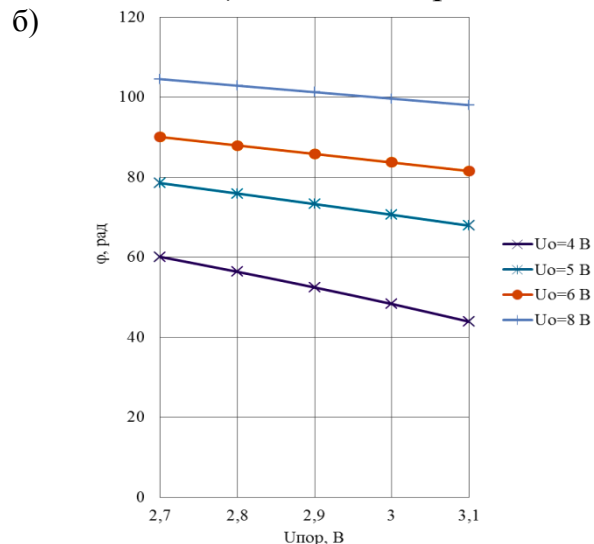


Рис. 5. Зависимость угла фазовой прозрачности от опорного напряжения (а) и от порогового напряжения (б)

Принцип частотной селекции ФЧА заключается в том, что при входной частоте помехи f_n отличной от опорной, транзисторы пропускают лишь часть энергии полуволн к пороговому элементу и среднее напряжение на нем уменьшается. Обозначим $T_o/2$ полупериод опорной частоты f_o и $T_n/2$ – полупериод входной частоты (при их неравенстве входная частота отображает помеху). Допустим, что скважность помехи на входе равна 2. Прямое падение напряжения на полупроводниковых приборах учитывать не будем.

Если $T_o > T_n$ и $\{T_o/T_n\} \in N$, где N – натуральное число, не равное единице, то среднее напряжение на пороговом элементе ФЧА равно половине среднего напряжения. Допустим, отношение T_o/T_n четное и укладывается на отрезке $[0; T_o/2]$ целое число раз. Тогда при скважности $Q = 2$ каждая полуволна опорной частоты ω будет разделена на равные по времени отрезки, строго симметричные относительно центра полупериода. Используя биекцию, получим, что

вольт-секундная площадь проводимости транзисторных ключей находится в строгом соответствии с вольт-секундной площадью, отсекаемой транзисторными ключами.

Другими словами, вольт-секундная площадь в этом случае равна половине полной вольт-секундной площади полуволны опорного сигнала. Если отношение T_0/T_{π} нечетное, то существует соответствие вольт-секундных площадей проводимости и отсечки на отрезке периода T_0 . Следовательно, вольт-секундная площадь на пороговом элементе равна половине вольт-секундной площади, которая могла бы быть при полностью открытых транзисторах.

По условию T_0/T_{π} – целое число, а $u_0 = U_0 \sin \omega t$. Следовательно, полупериод опорной частоты ω делится на целое число одинаковых временных интервалов, причем одни из них соответствуют нулевой вольт-секундной площади на пороговом элементе, другие, смежные с первыми, имеют некоторую вольт-секундную площадь на пороговом элементе. Определим сумму всех вольт-секундных площадей на интервале полупериода опорной частоты ω , считая, что начало первой вольт-секундной площади совпадает с началом полуволны опорной частоты ω :

$$S = \int_0^{T_0/2} U_0 \sin \omega t + \int_{T_{\pi}}^{T_{\pi}+T_{\pi}/2} U_0 \sin \omega t + \int_{2T_{\pi}}^{2T_{\pi}+T_{\pi}/2} U_0 \sin \omega t + \dots + \int_{kT_{\pi}}^{kT_{\pi}+T_{\pi}/2} U_0 \sin \omega t + \dots + \int_{\left(\frac{T_0}{2T_{\pi}}-1\right)T_{\pi}}^{\left(\frac{T_0}{2T_{\pi}}-1\right)T_{\pi}+T_{\pi}/2} U_0 \sin \omega t \quad (4)$$

Выполнив преобразования, получим

$$S = \frac{U_0}{2\omega} \left[1 - \frac{\cos(4n-1)(\omega T_{\pi}/4)}{\cos(\omega T_{\pi}/4)} \right]. \quad (5)$$

Но $\omega T_{\pi} = 2\pi \frac{T_{\pi}}{T_0} = \frac{\pi}{n}$, тогда

$$S = \frac{U_0}{\omega} \quad (6)$$

Перейдем от вольт-секундной площади за время $T_0/2$ к среднему напряжению

$$u_{\text{cp}} = \frac{2S}{T_0} = \frac{U_0}{\pi} \quad (7)$$

Полное среднее напряжение синусоидальной полуволны за это время

$$u'_{\text{cp}} = \frac{2}{T_0} \int_0^{T_0/2} U_0 \sin \omega t = \frac{2U_0}{\pi} \quad (8)$$

Отношение $u'_{\text{cp}}/u_{\text{cp}} = \frac{2U_0}{U_0\pi} \pi = 2$.

Приведем общие полученные результаты к виду, удобному для вычислений.

Для случая $T_{\pi} < T_0$ получим

$$u'_{\text{cp}} = \frac{m(S^{(\text{sup}_i)} + S^{(\text{sup}_j)}) + S^{(i)}}{kT_0} \quad (9)$$

$$u'_{cp} = \frac{m(S^{(sup_i)} + S^{(sup_j)}) + S^{(sup_i)} + S^{(j)}}{kT_0} \quad (10)$$

В случае $T_{п} > T_0$ найдем

$$u''_{cp} = \frac{m(S^{(sup_i)} + S^{(sup_j)}) + S^{(i)} + S_0}{kT_0} \quad (11)$$

$$u''_{cp} = \frac{m(S^{(sup_i)} + S^{(sup_j)}) + S^{(sup_i)} + S^{(i)} + S_0}{kT_0} \quad (12)$$

где m – число интервалов $[0, (T_0/2)sup_i]$; $S^{(sup_i)}$ – сумма вольт-секундных площадей S_i на интервале $[0, (T_0/2)sup_i]$; $S^{(sup_j)}$ – сумма вольт-секундных площадей S_i на интервале $[(T_0/2)sup_i, (T_0/2)sup_i]$; $S^{(i)}$ – сумма вольт-секундных площадей на интервале $[(T_0/2)sup_i, (T_0/2)i]$; $S^{(j)}$ – сумма вольт-секундных площадей на интервале $[(T_0/2)sup_i, (T_0/2)]$.

Формулы (9) – (12) позволяют вычислить функцию $u_{cp} = \psi(f_{п}, f_0)$. Результаты вычислений для $f_0 = 50$ Гц и для $f_0 = 25$ Гц приведены на рис. 6.

Выделим главные результаты математического анализа ИФПП в рамках принятых допущений.

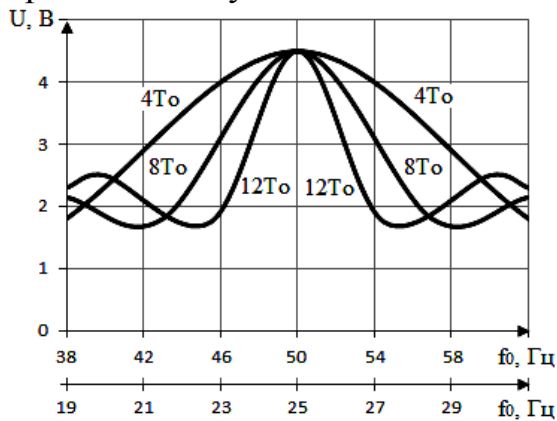


Рис. 6. Зависимость среднего напряжения u_{cp} от частот $f_{п}$ и f_0

В окрестности опорной частоты и является помехозащитным устройством, отвечающим требованиям устойчивого управления перевозочным процессом.

В четвертой главе «**Разработка рекомендаций по повышению помехоустойчивости работы рельсовых цепей с импульсно-фазовым путевым приемником**» произведена экспериментальная проверка работоспособности разработанных путевых приемников.

Для проверки результатов математических расчетов была собрана экспериментальная установка для электронно-релейного приемника (рис. 7). От звукового генератора на вход ФЧА подавалось напряжение с амплитудой 10 В, эквивалентное прямоугольным импульсам при пороге чувствительности анализатора примерно 0,55 В. Напряжение местного источника U_0 с частотой $f_0 = 50$ Гц взято равным 5,2 В (номинальное для эксплуатационных условий). Параллельно обмотке реле ИВГ включен цифровой вольтметр в режиме с

В процессе исследований ИФПП были получены более широкие помехозащитные свойства. В частности, ИФПП не только селектирует фазовый сдвиг между u_c и u_0 , но и является эффективным полосовым фильтром при соблюдении ряда условий.

Результаты математического анализа показывают, что предложенный импульсно-фазовый путевой приемник для рельсовых цепей обладает гарантированной частотной селекцией. Она лежит в окрестности опорной частоты и является помехозащитным устройством, отвечающим требованиям устойчивого управления перевозочным процессом.

ручным запуском. Интегрирующие свойства вольтметра установлены примерно 250 мс.

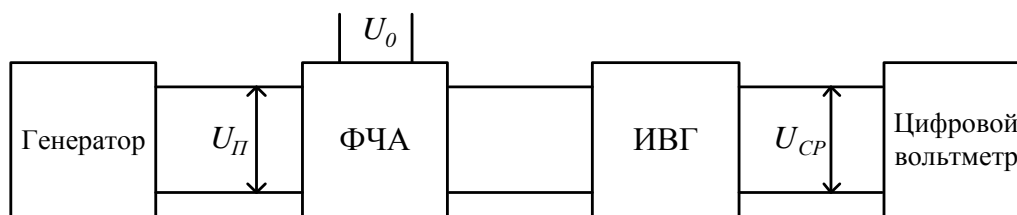


Рис. 7. Экспериментальная установка для проверки работоспособности электронно-релейного путевого приемника

Полоса частотной селекции ФЧА зависит от интегрирующих свойств приемника ИФПП. Измерения выполнены непосредственно на обмотке ИВГ и не учитывают падения напряжения на диодах выпрямительного моста ИВГ. Если, например, реле имеет порог срабатывания 2,0 В, то полоса селекции анализатора для этого реле составит от 46 до 54 Гц (рис. 8, а). Иначе говоря, при частотах помех ниже 46 Гц и выше 54 Гц реле ИВГ не реагирует на помехи независимо от их амплитуды.

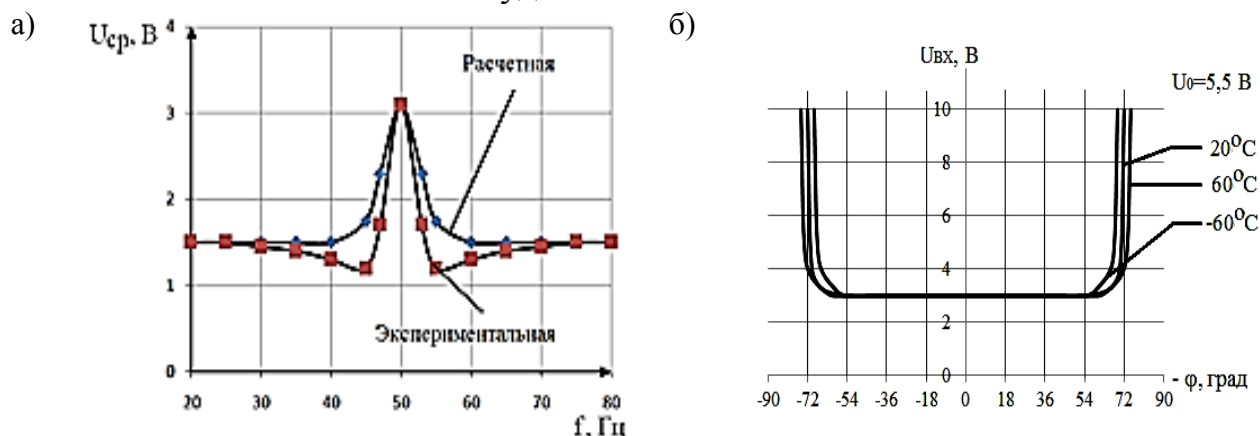


Рис 8. Зависимость среднего напряжения от частоты помех (а) и фазаамплитудная характеристика приемника (б)

Схема ФЧА защищена от опасного отказа тем, что при повреждениях ее элементов ИФПП переходит из состояния импульсной работы в защитное состояние «постоянно включено» либо «постоянно выключено». В результате этого нарушается совпадение состояний контактов реле ИАМ и ИФ в процессе их динамической работы при приеме сигнала из рельсовой цепи, и сигнал на выходе динамического конъюнктора пропадает.

Типичная фазаамплитудная характеристика, приемника полученная экспериментально показана на рис. 8, б. Отличительной положительной особенностью этой характеристики от аналогичной характеристики реле ДСШ является независимость угла фазовой чувствительности от амплитуды сигнала из рельсовой цепи. Влияние разброса коэффициентов усиления транзисторов по результатам экспериментальных исследований пренебрежимо мало.

Разработана экспериментальная установка для проверки микропроцессорного путевого приемника (рис.9).

От источника питания на вход J3 подавалось постоянное напряжение $U_3 = 24$ В для запуска работы путевого приемника на базе микропроцессора. На вход J1 приемника подавалось $U_1 = 15$ В, на вход J2 – напряжение $U_2 = 110$ В, эквивалентное синусоидальному сигналу частотой 25 Гц. Параллельно оптронам OP1 и OP2 подключались цифровые осциллографы.

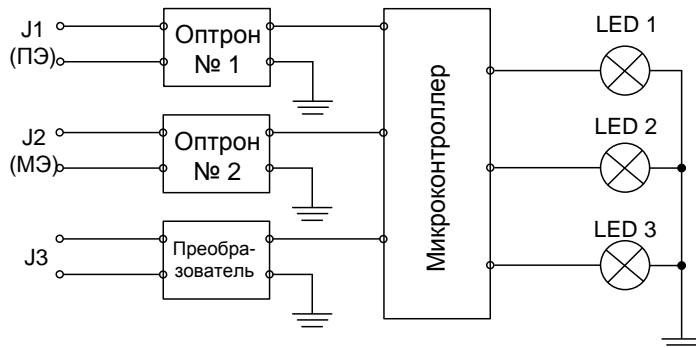


Рис.9. Схема испытаний по проверке защищенности микропроцессорного путевого приемника от ложной работы

В результате проведенных выше перечисленных вариантов эксперимента можно показать, что микропроцессорный импульсно-фазовый приемник имеет следующие характеристики: 1) наличие программируемых настроек отставания напряжения поступающего сигнала путевого элемента (вход J1) от напряжения поступающего сигнала с местного

элемента (входа J2) на необходимые угла фаз; 2) энергоэффективность предлагаемого путевого приемника в три раза выше по сравнению существующими путевыми приемниками за счет снижения потребляемой мощности; 3) бесконтактное исполнение всех элементов; 4) увеличение числа срабатываний 10^7 раз (в 50 раз больше существующего реле ДСШ); 5) время срабатывания 10^{-6} с (у реле ДСШ 0,25 с); 6) экономическая выгода, в пять раз дешевле по сравнению с существующими путевыми приемниками; 7) импорт замещение; 8) возможность работы в импульсном режиме, если в стационарных рельсовых цепях изменится питания с непрерывного режима в импульсный режим.

Доказано устойчивая и безотказная работа микропроцессорного путевого приемника в следующих видах контрольного режима рельсовой цепи: а) при свободности рельсовой цепи от подвижного состава; б) при падении напряжения на местном или путевом элементе; в) при сдвиге угла фаз между поступающих сигналов и г) при изменении частоты поступающих сигналов.

Перечисленные преимущества дают возможность использовать предлагаемый микропроцессорный импульсно-фазовый путевой приемник в качестве альтернативы используемых электромагнитных реле, и обеспечивает бесперебойность в управление перевозочным процессом.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По результатам проведенных исследований импульсно-фазового приемника рельсовой цепи систем железнодорожной автоматики и телемеханики, представлено следующее заключение:

1. Импульсно-фазовый метод, на основе введения импульсных признаков в сигналы, а также особенностей фазовой избирательности и частотной селекции, внедрен в рельсовые цепи систем автоматики и телемеханики же-

лезнодорожного транспорта. В результате увеличена непрерывность работоспособности рельсовых цепей и создана возможность их защиты от различных источников внешних помех.

2. Разработана математическая модель для исследования фазовых и частотных свойств импульсно-фазового путевого приемника при различных уровнях действия помех. В результате получена возможность расчета предельно допустимых значений фильтрующих свойств, осуществления фазового контроля, а также оценки влияния его применения в качестве частотного фильтра на безопасность движения поездов.

3. Составлены программные алгоритмы для расчета фазовых и частотных характеристик, а также для доказательства обеспечения принципа частотной селекции. В результате приемник обладает в окрестности опорной частоты гарантированной частотной селекцией и надежно защищает от помех, и дает возможность разработать рельсовую цепь, отвечающей требованиям устойчивого управления процессами перевозок.

4. Разработан фазочастотный анализатор, используемый в качестве основного блока путевого приемника. Применение этого блока в импульсно-фазовом путевом приемнике дает возможность защитить рельсовые цепи от опасных отказов, влияния смежных рельсовых цепей, электрической тяги и от других источников помех и повысить точность оценки параметров рельсовых цепей.

5. Разработан импульсно-фазовый путевой приемник на базе микроконтроллера STM32F103, применяемый в фазочувствительных рельсовых цепях переменного тока на железнодорожных станциях. В результате достоверного и своевременного отслеживания отказов, сбоев и отклонений параметров, достигнута возможность повышения устойчивости станционных рельсовых цепей.

6. Доказана, устойчивая и безотказная работа во всех режимах рельсовой цепи, при замене, используемого электромагнитного контактного реле типа ДСШ, микропроцессорным импульсно-фазовым путевым приемником. Созданный приемник служит обеспечению безопасности высокоскоростного подвижного состава железнодорожного транспорта и совершенствованию рельсовых цепей на основе новых технологий.

7. Разработанный импульсно-фазовый путевой приемник внедрен на станции «Салар» АО «Ўзбекистон темир йўллари». Общая годовая экономическая эффективность от применения устройства путевого приемника составляет 95,9 млн. сум.

**TASHKENT INSTITUTE OF RAILWAY ENGINEERING
SCIENTIFIC COUNCIL FOR AWARDING
SCIENTIFIC DEGREES PhD.28.06.2018.T.73.01**

TASHKENT INSTITUTE OF RAILWAY ENGINEERING

RIKHSIEV DILMUROD KHODZHIAKBAROVICH

**PULSE-PHASE TRACK RECEIVER OF A RAIL CIRCUIT SYSTEMS
RAILWAY AUTOMATICS AND TELEMECHANICS**

05.08.03 - Operation of railway transport

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

Tashkent – 2019

The theme of the dissertation of doctor of philosophy (PhD) on technical sciences was registered at the Supreme Attestation Commission at the Cabinet of Ministers of the Republic of Uzbekistan under № B2018.4.PhD/T951.

The dissertation has been prepared at Tashkent Institute of Railway Engineering.

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

Scientific supervisor:

Aripov Nazirjon Mukaramovich
doctor of technical sciences, professor

Official opponents:

Khudaiberganov Kobildjon Tahirovich
doctor of technical sciences, professor

Khalmatov Davronbek Abdalimovich
candidate of technical sciences, assistant professor

Leading organization:

Ferghana polytechnic institute

The defense will be take place «26» january 2019 at 14⁰⁰ at the meeting of Scientific Council at the Scientific Council PhD.28.06.2018.T.73.01 Tashkent institute of railway engineering. Address: 1, Adilkhodjayev str., Tashkent 100167, Uzbekistan. Phone: (+998 71) 299-00-01, fax: (99871) 293-57-57, e-mail: tashiit_rektorat@mail.ru

The doctoral (PhD) dissertation can be reviewed at the Information – Resource Center of the Tashkent institute of railway engineering (Registration number – ____). (Address: 1, Adilkhodjayev str., Tashkent 100167, Uzbekistan. Phone: (+998 71) 299-05-66.

Abstract of dissertation was distributed on «__» _____ 2019 year.

(mailing record № _____ on «__» _____ 2019 year)

A.E. Adilkhodjaev
Chairman of Scientific Council
on awarding scientific degrees,
Doctor of technical sciences, professor

Ya.O. Ruzmetov
Scientific secretary of the Scientific Council
on awarding scientific degrees,
Candidate of technical sciences

N.N. Ibragimov
Chairman of this scientific seminar under scientific council
on awarding scientific degrees,
Doctor of technical sciences, professor

INTRODUCTION (abstract of PhD thesis)

The aim of the research is the development and study of a pulse-phase track receiver station rail circuits systems automatics and telemechanics in railway transport.

Tasks of their search:

grounding of the use of a pulse-phase method for protecting a track receiver of track circuits from external sources interference;

creation of an electronic relay and microprocessor track receiver to improve the noise immunity of track circuits;

development of mathematical models for studying the frequency and phase properties of a track receiver, with various levels of interfering influences;

development of recommendations for ensuring uninterrupted movement of trains on introducing a pulse-phase track receiver.

Object of their search is station track circuits of the railway automatics and telemechanics systems.

Scientific novelty of the research is as following:

the pulse-phase method of protection of track circuits against various interferences is substantiated on the basis of the introduction of impulse attributes into the signal to improve the performance of station track circuits;

dependencies of phase characteristics are determined on the basis of adjusting the angle of phase transparency to control the phase and calculate the limiting filtering capabilities of the device;

mathematical models of the frequency properties of the receiver have been developed on the basis of the frequency principle selection to assess the effect on increasing the continuity of train traffic;

a method for assessing the performance of a microprocessor receiver has been developed, based on technical requirements for outdoor equipment for reliable control of the transportation process.

The structure and volume of the research work. The thesis consists of an introduction, four chapters, a conclusion, a list of literature, and applications. The volume of the thesis is 115 pages.

ЭЪЛОН ҚИЛИНГАНИШЛАР РЎЙХАТИ
СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ
LIST OF PUBLISHED WORKS

1. Арипов Н.М., Рихсиев Д.Х. Анализ станционных рельсовых цепей в системах железнодорожной автоматики и телемеханики // ВЕСТНИК, Ташкент: ТашИИТ, 2017. №1. С.79 – 83. (05.00.00; №11).

2. Арипов Н.М., Рихсиев Д.Х. Особенности станционных рельсовых цепей // ВЕСТНИК, Ташкент: ТашИИТ, 2017. №2. С.66 – 72. (05.00.00; №3).

3. Арипов Н.М., Рихсиев Д.Х. Особенности фазовых характеристик цифрового путевого приемника систем железнодорожной автоматики и телемеханики // ВЕСТНИК, Ташкент: ТашГТУ, 2018. №3. С.27 – 32. (05.00.00; №16).

4. Aripov N.M., Rihsiev D.H. Improvements to the station track circuits of railway automation and telemechanics control systems // European science review, Viena: 2018. №5-6. С.377 – 380. (05.00.00; №3).

5. Рихсиев Д.Х. Рельсовые цепи систем железнодорожной автоматики и телемеханики на железных дорогах мира // ВЕСТНИК, Ташкент: Турин ПТУ, 2018. №3. С.29 – 33. (05.00.00; №25).

6. Костроминов А.М., Рихсиев Д.Х. Теоретический анализ частотных свойств импульсно – фазового приемника // Известия, Санкт-Петербург: ПГУПС, 2011. №3. С.181 – 190.

7. Костроминов А.М., Рихсиев Д.Х. Защита приемника рельсовых цепей от помех с помощью импульсно-фазового анализатора // Транспорт РФ. Санкт-Петербург: ПГУПС, 2011. №5. (36). С.68 – 70.

8. Костроминов А.М., Рихсиев Д.Х. Модернизация станционных рельсовых цепей // Республиканская научно-техническая конференция с участием зарубежных ученых «Ресурсосберегающие технологии на железнодорожном транспорте». – Ташкент: ТашИИТ, 15-16 декабря 2011 г. С.132 – 133.

9. Рихсиев Д.Х. Актуальность совершенствования станционных рельсовых цепей // Научно-техническая конференция «Транспорт: Проблемы, идеи, перспективы». – Санкт-Петербург: ПГУПС, 12-27 апреля 2011 г. С. 62 – 63.

10. Рихсиев Д.Х. Снижение рисков опасных отказов в рельсовых цепях // XXXX Международной научно-практической конференции. – Санкт-Петербург: СПбГПУ, 5-10 декабря 2011 г. С. 3 – 4.

11. Костроминов А.М., Рихсиев Д.Х. Модернизация станционных рельсовых цепей // Республиканская научно-техническая конференция с участием зарубежных ученых «Ресурсосберегающие технологии на железнодорожном транспорте». – Ташкент: ТашИИТ, 15-16 декабря 2011 г. С.143 – 144.

12. Рихсиев Д.Х. Роль рельсовых цепей в логистике транспорта// Республиканская научно-техническая конференция с участием зарубежных ученых «Транспортная логистика мультимодальные перевозки». – Ташкент: ТашИИТ, 10-11мая 2013 г. С.54 – 56.

13. Рихсиев Д.Х. Повышение защиты путевых приемников рельсовых цепей // Международная научно-практическая конференция «Транспорт-

2013». – Ростов-на-Дону: РГУПС, 24-26 апреля 2013 г. С.45 – 46.

14. Баратов Д.Х., Рихсиев Д.Х. Математическая модель цепей СЖАТ // Республиканская научно-техническая конференция с участием зарубежных ученых «Ресурсосберегающие технологии на железнодорожном транспорте» – Ташкент: ТашИИТ, 6-7 декабрь 2014 г. С.136 – 138.

15. Арипов Н.М., Рихсиев Д.Х. Усовершенствования систем автоматики и телемеханики при организации перевозок // Республиканская научно-техническая конференция с участием зарубежных ученых «Транспортная логистика мультимодальные перевозки». – Ташкент: ТашИИТ, 17-18 мая 2017г. С.60 – 61.

16. Арипов Н.М., Рихсиев Д.Х. Микропроцессорные технологии в системах железнодорожной автоматики и телемеханики // Международная научно-практическая телеконференция «Eurasia Science». – Москва, 31 октября 2018 г. С.57 – 59.

17. Rihsiev D.H. Improvements to the station track circuits of railway automation and telemechanic control systems // International scientific conference «The latest research in modern science: experience, traditions and innovations». – USA: North Charleston, SC, 3-4 October 2018 г. С.18 – 21.

18. Рихсиев Д.Х. Программа для анализа передаваемой информации в рельсовых цепях на железнодорожном транспорте // Агентство по интеллектуальной собственности РУз. Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ № DGU 05739, 31.10.2018 г.

Автореферат «ТошТЙМИ ахборотномаси» илмий-амалий журнали
тахририятида таҳрирдан ўтказилди ва матнларни мослиги текширилди
(25.12.2018 йил).

Қоғоз бичми 84x60-1/16 Ризограф босма усули Times гарнитураси
Шартли босма табағи: 2,75 б.т. Адади: 100 нусха. Буюртма № 19-1/2019
Наширга рухсат этилди: 07.01.2019 й.

Тошкент темир йул муҳандислари институти босмахонасида чоп этилган.
Босма хона манзили: 100167, Тошкент шаҳар, Одилхўжаев кўчаси, 1-уй.