

**ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТЕХНИКА УНИВЕРСИТЕТИ ҲУЗУРИДАГИ
ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ DSc.27.06.2017.Т.03.02 РАҚАМЛИ
ИЛМИЙ КЕНГАШ**

ТОШКЕНТ ТЕМИР ЙЎЛ МУҲАНДИСЛАРИ ИНСТИТУТИ

АТАУЛЛАЕВ НОДИРЖОН ОДИЛОВИЧ

**АВТОНОМ ТАЪМИНЛАШ МАНБАЛАРИНИ НАЗОРАТ ВА БОШҚАРУВ
ТИЗИМЛАРИ УЧУН ЎЗГАРМАС ТОК МАГНИТОМОДУЛЯЦИОН
ЎЗГАРТИРГИЧЛАРИ**

**05.01.06 –Ҳисоблаш техникаси ва бошқарув тизимларининг элементлари
ва қурилмалари**

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

Тошкент – 2018

**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**

Атауллаев Нодиржон Одилевич

Автоном таъминлаш манбаларини назорат ва бошқарув тизимлари
учун ўзгармас ток магнитомодуляцион ўзгартиргичлари..... 3

Атауллаев Нодиржон Одилевич

Магнитомодуляционные преобразователи постоянного тока для систем
контроля и управления автономными источниками питания..... 21

Ataullaev Nodirjon Odilovich

Magnetomodulating dc converters for systems of control and modes of
autonomous power sources..... 39

Эълон қилинган ишлар рўйхати

Список опубликованных работ
List of published works..... 42

**ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТЕХНИКА УНИВЕРСИТЕТИ ХУЗУРИДАГИ
ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ DSc.27.06.2017.Т.03.02 РАҚАМЛИ
ИЛМИЙ КЕНГАШ**

ТОШКЕНТ ТЕМИР ЙЎЛ МУҲАНДИСЛАРИ ИНСТИТУТИ

АТАУЛЛАЕВ НОДИРЖОН ОДИЛОВИЧ

**АВТОНОМ ТАЪМИНЛАШ МАНБАЛАРИНИ НАЗОРAT ВА БОШҚАРУВ
ТИЗИМЛАРИ УЧУН ЎЗГАРМАС ТОК МАГНИТОМОДУЛЯЦИОН
ЎЗГАРТИРГИЧЛАРИ**

**05.01.06 – Ҳисоблаш техникаси ва бошқарув тизимларининг элементлари
ва қурилмалари**

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

Тошкент – 2018

Техника фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD) диссертациясининг мавзуси Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамаси қошидаги Олий аттестация комиссиясида В2018.1.PHD/Т545 рақами билан рўйхатга олинган.

Диссертация Тошкент темир йўл муҳандислари институтида бажарилган.

Диссертация автореферати уч тилда (ўзбек, рус, инглиз тилида (резюме)) Илмий кенгаш веб-саҳифасида (www.tdtu.uz) ва «ZiyoNet» ахборот таълим порталда (www.ziyounet.uz) жойлаштирилган.

Илмий раҳбар:

Амиров Султон Файзуллаевич
техника фанлари доктори, профессор

Расмий оппонентлар:

Абдукаюмов Абдурашид
техника фанлари доктори, профессор

Сафаров Абдурауф Маликович
техника фанлари номзоди, доцент

Етакчи ташкилот:


«Ўзбекэнерго» АЖ «Илмий-техника
маркази» масъулияти чекланган
жамияти

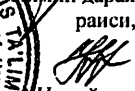
Диссертация химояси Тошкент давлат техника университети хузуридаги DSc.27.06.2017.Т.03.02 рақамли Илмий кенгашининг 2018 йил «10» 07 соат 10⁰⁰ даги мажлисида бўлиб ўтади. Манзил: 100095, Тошкент, Университет кўч., 2.Тел.: (99871) 246-46-00; факс: (99871) 227-10-32; e-mail: tstu_info@tdtu.uz.


Диссертация билан Тошкент давлат техника университетининг Ахборот-ресурс марказида танишиш мумкин (~~92~~ рақами билан рўйхатга олинган). Манзил: 100095, Тошкент, Университет кўч., 2. Тел.: (99871) 246-03-41.

Диссертация автореферати 2018 йил «26» 06 да тарқатилди.
(2018 йил «9» 06 даги № 9 рақамли реестр баённомаси).




Н.Р. Юсупбеков
Илмий даражалар берувчи илмий кенгаш
раиси, т.ф.д., профессор, академик


Ж.У. Севиннов
Илмий даражалар берувчи илмий кенгаш
илмий котиби, т.ф.д., доцент


Х.З. Игамбердиев
Илмий даражалар берувчи илмий кенгаш
қошидаги илмий семинар раиси,
т.ф.д., профессор, академик

КИРИШ (фалсафа доктори (PhD) диссертацияси аннотацияси)

Диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурати. Жаҳонда турли соҳаларда, жумладан телекоммуникация, транспорт, саноат ва халқ хўжалигининг бошқа соҳаларини ривожланиши натижасида бирламчи манбаси ва буфер тўплаги сифатидаги аккумулятор батареяларидан ташкил топган автоном таъминлаш манбаларини такомиллаштиришга алоҳида эътибор қаратилмоқда. Ушбу йўналишда автоном таъминлаш манбаларини лойиҳалашда техник, метрологик, ҳалакит ва турли таъсирларга бардошли ҳамда кичик габаритли қурилмаларни ишлаб чиқишга катта эътибор қаратилмоқда. Шу жиҳатдан автоном таъминлаш манбасининг аккумулятор батареясининг зарядланиш, зарядсизланиш ва тўйиниш зарядини ортиши режимлари назорат қилиш ва бошқариш воситаларини ишлаб чиқиш муҳим вазибалардан бири ҳисобланмоқда.

Жаҳонда автоном таъминлаш манбасининг самарадорлигини оширувчи мукамал параметрли, электр тоқини муқобиллиги ва узлуксизлигини таъминловчи назорат қилиш ва бошқариш системаларининг илмий асосларини ишлаб чиқиш муҳим аҳамият қасб этади. Шунингдек уларнинг асосий техник тавсифларини, хусусан ўзгармас ток ўзгартиргичларига юқорн дифференциал сезувчанлик, аниқлик, ишончилиқ, ток йўналишига нисбатан сезувчанлик, кичик тоқлар соҳасида статик тавсифларнинг қизикчилиги ва катта тоқлар соҳасида ўзгартирилаётган ўзгармас тоқнинг катталиги ва йўналиши бўйича маълумотларни сақлаш қобилиятининг тавсифларини схематик ечимларини асослашга қаратилган тоқикотлар олиб борилмоқда. Ушбу йўналишда автоном таъминлаш манбаларини назорат қилиш ва бошқарув тизимлари учун ўзгармас ток магнитомодуляцион ўзгартиргичлар магнит жараёнларининг математик моделлари, ҳисоблаш усулларини такомиллаштириш, илмий асосларини яратиш зарур ҳисобланмоқда.

Республикамизда энергия ва ресурслар сарфини қамайтирувчи энергия тежамкор технология ва техник воситалари ҳамда қайта тикланадиган энергия манбаларини қўллаш, жумладан республикамизнинг қатор ҳудудларида қуёшли электр манбалардан фойдаланилмоқда ҳамда шамол электр станцияларини қуриш чора-тадбирлари амалга оширилмоқда. 2017-2021 йилларда Ўзбекистон Республикасини ривожлантириш Ҳаракатлар стратегиясида, жумладан « ... янги электр энергияси ишлаб чиқариш қувватларини қуриш ва мавжудларини модернизация қилиш, ... аҳолини бошқа ёқилғи-энергия ресурслари билан таъминлашни яхшилаш ва қайта тикланадиган энергия манбаларидан фойдаланишни кенгайтириш бўйича чора-тадбирларни амалга ошириш асосида аҳолини электр энергияси билан таъминлашни яхшилаш, ...

бошқарув тизимига ахборот-коммуникация технологияларини жорий этиш»¹ вазифалари белгиланган. Мазкур вазифаларни амалга оширишда, жумладан ўзгармас ток магнитомодуляцион ўзгартиргичининг магнит тизими такомиллаштириш, ушбу қурилма орқали аккумулятор батареяларининг зарядланиш, зарядсизланиш ва тўйиниш зарядини ортиши режимларининг оғишини назоратловчи янги қурилма ишлаб чиқиш, қурилманинг статик ва динамик тавсифлари ҳамда импульсларни шакллантириш жараёнларининг математик моделлари ишлаб чиқиш муҳим вазифалардан бири ҳисобланади.

Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 7 февралдаги ПФ-4947-сон «Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича ҳаракатлар стратегияси тўғрисида»ги Фармони, 2017 йил 23 августдаги ПҚ-3238-сон «Замонавий энергия самарадор ва энергия тежайдиган технологияларни янада жорий этиш чора-тадбирлари тўғрисида»ги, 2017 йил 13 ноябрдаги ПҚ-3384-сон «Электр энергияси ва табиий газ назорати ва ҳисобининг автоматлаштирилган тизимини жадал жорий этиш чора-тадбирлари тўғрисида»ги Қарорлари ҳамда мазкур фаолиятга тегишли бошқа меъёрий-ҳуқуқий ҳужжатларда белгиланган вазифаларни амалга оширишга ушбу диссертация тадқиқоти муайян даражада хизмат қилади.

Тадқиқотнинг республика фан ва технологиялари ривожланиши-нинг устувор йўналишларига мослиги. Мазкур тадқиқот республика фан ва технологияларни ривожлантиришнинг II. «Энергетика, энергия ва ресурстежамкорлик» устувор йўналишига мувофиқ бажарилган.

Муаммонинг ўрганилганлик даражаси. Ўзгармас тоқларнинг контактсиз ўзгартиргичлари ва ўлчаш асбобларини ишлаб чиқиш бўйича долзарб масалаларни ҳал этишга қаратилган илмий тадқиқотлар дунёнинг етакчи илмий марказлари ва олий таълим муассасаларида, жумладан University of Michigan ва General Electric (АҚШ), Technical University of Ilmenau ва Siemens (Германия), НАВК (Буюк Британия), Sony ва Tokyo technology institute, Mitshyubushi (Япония), University of Cantabria (Испания), «Москва энергетика институти» ИТУ, Томск бошқарув ва радиоэлектрониканинг автоматлашган тизимлари университети (Россия), Электрдинамикаинститути (Украина) ва Тошкент давлат техника университети ҳамда Тошкент темир йўл муҳандислари институти (Ўзбекистон) да олиб борилмоқда.

Ўзгармас тоқларнинг электромагнит контактсиз ўзгартиргичларини такомиллаштириш илмий муаммоларини ечишга L. Zoltan, N. Bardahl, A. Schilling, E. Zimmermann, R. Agey, Ю.В. Афанасьев, С.А. Спектор, В.В. Серков, Г.В. Джикаев, Абрамзон, Г.И. Разин, А.П. Щелкин, Н.Г. Семенко, Ю.А. Гамазов, Ю.А. Андреев, А.А. Святочевский, шунингдек мамлакатимиз олимлари М.Ф. Зарипов, А.М. Плахтиев, А. Абдуқаюмов, С.Ф. Амиров, Г.П.

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

Петров, А.М. Сафаров, Н. Савридинов, Н.Е. Балгаев ва бошқалар ўзларининг маълум даражада ҳиссаларини кўшганлар. Ушбу олимларнинг саъй-ҳаракатлари билан ўзгармас тоқларнинг контактсиз ўзгартиргичларини лойиҳалаш ва ҳисоблаш назарий асослари ишлаб чиқилди ва ривожланди, мазкур ўзгартиргичларнинг ўзига хос, оригинал конструкциялари ва схемаларига оид қарорлар таклиф қилинди ҳамда ишлаб чиқаришга жорий этилди. Шу билан бирга, автоном таъминлаш манбаларининг иш режимларини назорат қилиш ва бошқариш тизимлари учун мўлжалланган ҳамда юқори дифференциал сезувчанлик, аниқлик, ишончлилик ва статик тавсифларнинг кенг чизикли участкасига эга бўлган ўзгармас ток ўзгартиргичларини яратишга етарли даражада ўрганилмаган.

Диссертация тадқиқотининг диссертация бажарилган олий таълим муассасаси илмий-тадқиқот ишлари режалари билан боғлиқлиги. Диссертация тадқиқоти Тошкент темир йўл муҳандислари институти илмий-тадқиқот ишлари режасининг 3-сон «Темир йўл транспорти учун электрмагнит ўлчаш воситаларини такомиллаштириш» (2012) ва 33-сон «Юқори тезликдаги электр транспортининг электр таъминотида носимметрик режимларни ўрганиш» (2017) мавзулардаги лойиҳалар доирасида бажарилган.

Тадқиқотнинг мақсади автоном таъминлаш манбаларининг иш режимларини назорат қилиш ва бошқариш тизимлари учун юқори дифференциал сезувчанлик, аниқлик, ишончлилик ва статик тавсифларнинг кенг чизикли майдонига эга бўлган ўзгармас ток магнитомодуляцион ўзгартиргичларини ишлаб чиқишдан иборат.

Тадқиқотнинг вазифалари:

ўзгармас ток ўзгартиргичларининг турини танлаш ва ушбу танловни асослаш;

аккумулятор батареяларининг зарядланиш, зарядсизланиш ва тўйиниш зарядини ортиши режимлари хусусиятларини аниқлаш;

ўзгармас ток магнитомодуляцион ўзгартиргичининг магнит тизими схемасини такомиллаштириш;

автоном таъминлаш манбалари иш режимларини назорат қилиш ва бошқариш тизимларининг ўзгармас ток ўзгартиргичларига кўядиган асосий талабларни ифодалаш;

юқори дифференциал сезувчанлик, аниқлик, ишончлилик ва статик тавсифларнинг кенг чизикли майдонига эга бўлган ўзгармас ток магнитомодуляцион ўзгартиргичларининг янги конструкцияларини ишлаб чиқиш;

ўзгармас ток магнитомодуляцион ўзгартиргичларининг берилган техник тавсифлари асосида уларни лойиҳалаш муҳандислик усуллари ва параметрларини ҳисоблаш алгоритминини ишлаб чиқиш.

Тадқиқотнинг объекти сифатида статик тавсифларнинг кенг чизикли майдонига ва юкори дифференциал сезувчанликка эга ўзгармас ток магнитомодуляцион ўзгартиргичлари олинган.

Тадқиқотнинг элементи юкори дифференциал сезувчанлик, аниклик, ишончлилиқ ва статик тавсифларнинг кенг чизикли майдонига эга бўлган ўзгармас ток магнитомодуляцион ўзгартиргичларининг коаксал жойлашган тороидал ферромагнит ўзаги, трансформаторли автогенератор, иккита реверсли импульс ҳисоблагичи, ариметик-мантикий блок, конъюктор ва тўлдириш генераторини ташкил этади.

Тадқиқотнинг усуллари. Тадқиқот жараёнида чизикли ва ночизик ҳамда таксимланган параметрларга эга электр ва магнит занжирлари назарияси, фазо ва ҳолатни Z-ўзгартириш усуллари, электромагнит майдон назарияси элементлари хатоликлар назариясидан фойдаланилган.

Тадқиқотнинг илмий янгилиги қуйидагидан иборат:

ўзгармас ток магнитомодуляцион ўзгартиргичининг магнит тизими коаксал жойлашган тороидал ферромагнит ўзаги конструктив схемасини ўзгартириш асосида такомиллаштирилган;

ўзгармас ток магнитомодуляцион ўзгартиргичнинг магнит-транзисторли мультивибратор схемасидаги триггер ва бўлувчиларни схемадан чиқариб, реверсив мантикий ҳисоблагич элементини қўллаш асосида такомиллаштирилган;

ўзгармас ток магнитомодуляцион ўзгартиргичининг магнит тизими ва магнит-транзисторли мультивибратори схемасини бирлаштириш орқали аккумулятор батареяларининг зарядланиш, зарядсизланиш ва тўйиниш зарядини ортиши режимларининг оғишини назорат қилувчи янги қурилма ишлаб чиқилган;

ўзгармас ток магнитомодуляцион ўзгартиргичининг техник тавсиф-ларини назарий таҳлил қилиш учун статик ва динамик тавсифлари ҳамда импульсларни шакллантириш жараёнларининг математик моделлари ишлаб чиқилган.

Тадқиқотнинг амалий натижалари қуйидагилардан иборат:

ўзгармас ток магнитомодуляцион ўзгартиргичларининг берилган техник тавсифлари асосида уларни лойиҳалаш муҳандислик усуллари ва параметрларини ҳисоблаш алгоритми ишлаб чиқилган;

дифференциал сезувчанлиги юкори ва статик тавсифининг чизикли майдони кенгайтирилган ўзгармас токни қучланишга ўзгартирувчи қурилма яратилган.

Тадқиқот натижаларининг ишончлилиги. Тадқиқот натижаларининг ишончлилиги дифференциал сезувчанлиги юкори ва статик тавсифининг чизикли майдони кенгайтирилган ўзгармас токни қучланишга ўзгартирувчи ўзгармас ток магнитомодуляцион ўзгартиргич қурилмаси ҳисоблаш техникаси ва бошқариш тизимининг элементлари ва қурилмаларининг асосий қонунлари,

назариялари, занжирлар ва тизимларни ҳисоблаш усулларини қўллаш, шунингдек назарий ва экспериментал таҳлиллари ва натижаларнинг ўзаро мос келиши билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг илмий ва амалий аҳамияти. Тадқиқот натижаларининг илмий аҳамияти янги ўзгартиргичларни назарий таҳлил қилиш учун ишлаб чиқилган математик моделлар, ўзгармас токнинг магнитомодуляцион ўзгартиргичлари чизикли ва ночизикли динамик моделлари билан изоҳланади.

Натижаларнинг амалий аҳамияти берилган тавсифлар бўйича ўзгармас ток магнитомодуляцион ўзгартиргичларини лойиҳалашнинг муҳандислик усуллари ва параметрларини ҳисоблаш дастури алгоритминини ишлаб чиқиш, схемани соддалаштириш, статик тавсифларнинг кенг чизикли майдони ва дифференциал сезувчанликни ошириш каби параметрларига эришиш билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг жорий қилиниши. Автоном таъминлаш манбаларини назорат ва бошқарув тизимлари учун ишлаб чиқилган ўзгармас ток магнитомодуляцион ўзгартиргичлари бўйича олинган натижалар асосида:

автоном таъминлаш манбалари иш режимларини назорат қилиш ва бошқариш тизимлари учун қурилмага Интеллектуал мулк агентлигининг ихтирога патенти олинган («Сарфни ўлчовчи электромагнит ўзгартиргичи», №IAP 04866-2014 й.). Натижада ўлчаш ўзгартиргичининг коаксал жойлашган тороидал ферромагнит ўзаги конструктив схемасини ўзгартириш орқали дифференциал сезувчанлиги ортишига эришилган;

автоном таъминлаш манбаларининг иш режимларини назорат қилиш ва бошқариш тизимлари учун ўзгармас ток ўлчаш ўзгартиргичи қурилмасига Интеллектуал мулк агентлигининг ихтирога патенти олинган («Ўзгармас ток ўлчаш ўзгартиргичи», №IAP 05590-2018 й.). Натижада ўзгармас ток ўлчаш ўзгартиргичи статик тавсифининг чизикли майдонини кенгайтириш ва қурилманинг ишончлигини ортишига эришилган;

ўзгармас ток магнитомодуляцион ўзгартиргичи Ўзбекистон Республикаси «Муқобил ёқилғи ва энергия корхоналари» ассоциацияси тизимидаги корхоналарда, хусусан «HUDRO ENERGY GROUP» ва «SOLAR ENERGY PRODUCTS» МЧЖларнинг аккумулятор батареясини зарядланиш, зарядсизланиш ва тўйиниш зарядини ортиши режимларининг оғишини назоратловчи қурилма ишлаб чиқариш жараёнига жорий этилган (Ўзбекистон Республикаси «Муқобил ёқилғи ва энергия корхоналари» ассоциациясининг 2018 йил 7 июндаги 507-сон маълумотномаси). Илмий тадқиқот натижаси автоном таъминлаш манбалари иш режимларини назорат қилиш ва бошқариш тизимлари ростилаш аниқлигини ошириш имконини берган.

Тадқиқот натижаларининг апробацияси. Мазкур тадқиқот натижалари 10 та илмий-амалий анжуманларда, жумладан 5 та халқаро ва 5 та республика анжуманларида синовдан ўтди.

Тадқиқот натижаларининг эълон қилиниши. Диссертация мавзуси бўйича жами 21 та илмий иш, жумладан чет эл журналларида 2 та ва республика даврий илмий журналларида 6 та мақола чоп этилган, шунингдек ихтиролар учун 2 та Ўзбекистон Республикаси патенти олинди.

Диссертациянинг тузилиши ва ҳажми. Диссертация кириш қисми, тўртта боб, хулоса, адабиётлар рўйхати ва иловалардан иборат. Диссертация ишининг ҳажми 123 бетни ташкил этади.

ДИССЕРТАЦИЯНИНГ АСОСИЙ МАЗМУНИ

Кириш қисмидашнинг долзарблиги асосланган, масаланинг ҳолати ёритилган, тадқиқот мақсади ва вазифалари шакллантирилган, тадқиқот объекти ва предмети ифодаланган, тадқиқотнинг республика фан ва технологиялар ривожланиши устувор йўналишларига мослиги кўрсатилган, тадқиқотнинг илмий янгилиги ва амалий натижалари баён қилинган, ишнинг ишончлилиги, назарий ва амалий аҳамияти асосланган, диссертация тадқиқоти натижаларининг ишлаб чиқаришга жорий қилиниши кўрсатилган.

“Масаланинг ҳолати ва тадқиқот вазифаларининг қўйилиши” номли биринчи бобда Автоном таъминлаш манбалари (АТМ) иш режимларини назорат қилиш тизимлари учун ўзгармас ток ўзгартиргичларига нисбатан асосий талаблар қўйилган. АТМ иш режимларини назорат қилиш ва бошқариш объектининг хусусиятлари мисолида қуёш батареялари олинган бўлиб, ўзгармас ток ўзгартиргичларига (ЎТЎ) қуйидаги махсус талаблар қўйилиши кўрсатилган: юкори дифференциал сезувчанлик, аниклик, ишончлилик, ток йўналишига нисбатан сезувчанлик, кичик тоқлар соҳасидаги статик тавсифларнинг чизиклиги ва катта тоқлар соҳасида ўзгартирилаётган ўзгармас тоқнинг катталиги ва йўналиши тўғрисидаги маълумотларни сақлаш қобилияти, энергиянинг кам сарфланиши ва минимал габарит кўрсаткичлари.

АТМ иш режимларини назорат қилиш ва бошқариш тизимларида қўлланадиган ЎТЎлар юкори дифференциал сезувчанлик, аниклик, ишончлилик ва статик тавсифларнинг кенг чизикли майдонига эга бўлиши зарурлиги аниқланди.

Асосий тавсифларнинг қиёсий таҳлили ўтказилди ва мавжуд ЎТЎ таснифи тузилди. АТМ иш режимларини назорат қилиш тизимлари учун кенглик-импульсли модуляцияга (КИМ) эга магнитомодуляцион ЎТЎларини (ЎТМЎ) қўллаш мақсадга мувофиқ. Юкори метрологик тавсифлар, ишончлилик, ўта юқлиниш қобилияти, хизмат кўрсатишдаги қулайлик, катта чиқиш қуввати каби сифатлар бундай ўзгартиргичларнинг асосий афзалликлари саналади.

Шу билан бирга, мавжуд ЎТМЎлар паст даражали дифференциал сезувчанликка, аникликка, ишончлиликка ва статик тавсифларнинг тор чизикли майдонига эга. Шу боис кейинчалик ўтказиладиган тадқиқотлар АТМ иш

режимларини назорат қилиш ва бошқариш тизимлари учун юқори дифференциал сезувчанликка, аниқликка, ишонччиликка ва статик тавсифларнинг кенг чизикли участкасига эга ЎТМЎларни ишлаб чиқишга қаратилган бўлиши лозим.

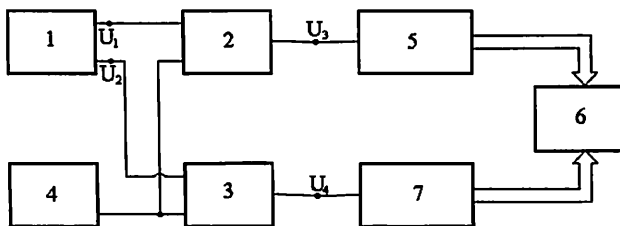
Адабиёт манбаларининг тахлили натижалари ва қўйилган мақсадга мувофиқликдан келиб чиқиб, тадқиқотнинг асосий вазифалари белгиланди.

“Ўзгармас токнинг магнитомодуляцион ўзгартиргичлари ва уларнинг математик моделларини ишлаб чиқиш” номли иккинчи боб ЎТМЎларнинг конструкцияси ва схемасини такомиллаштиришга бағишланган. Чулғамлари кетма-кет-мувофиқ туташган секцияларга эга ўзаро диаметрал кўтармалар билан боғланган бир қанча коаксиал жойлашган ўзақлар кўринишида магнит тизимини бажариш ЎТМЎларнинг сезувчанлигини ошириш имконини беради (1-расм).



1, 2 и 3 – торондал ўзақлар; 4 – ферромагнит кўтармалар; 5 – ўзгарувчан ток чулғамларининг секциялари; 6, 7 – коллекторли ва база чулғамларининг секциялари.
1-расм. ЎТМЎ магнит тизимининг конструктив схемаси

Трансформатор автогенератори, иккита конъюктор, тўлдириш генератори, иккита реверсив ҳисоблагич, арифметик блок, иккинчи конъюкторнинг трансформаторли автогенератор билан ҳамда иккинчи ҳисоблагичнинг чиқиши арифметик блокнинг бошқа киришига бевосита боғланиши кабиларни ўз ичига оладиган рақамли чиқишга эга ўзгармас ток магнитомодуляцион ўзгартиргичида трансформаторли автогенераторнинг иккала чиқишида сигналларнинг мавжудлиги қарама-қарши фазада унинг конструктив ижросини соддалаштиради ҳамда триггер ва бўлувчини схемадан чиқариб ташлаш ҳисобига унинг элементли ишонччиликни оширади (2-расм).



1 – трансформаторли автогенератор; 2,3 – конъюкторлар; 4 – тўлдириш генератори; 5, 7 – импульсларнинг реверсив ҳисоблагичлари; 6 – арифметик блок.

2-расм.ЎТМЎ блок-схемаси

Ўзгармас ток магнитомодуляцион ўзгартиргичлари магнит занжирларининг математик моделлари параметрлари тақсимланишини ҳисобга олган ҳолда магнит кучланиш ишлаб чиқилди. Магнит занжирларини соддалаштириш мақсадида тақдим этилган халқасимон ёпиқ ўзақ ҳамда ферромагнитли уланувчи, ўзаро диметрал уланган коаксал жойлашган халқасимон ёпиқ ўзақга мувафיק ва ён магнит оқим тарқалиши эса хавотирланмас даражада кам. Бу четланишлар ҳисобларда сезиларсиз ноникликлар билан таъсир этади, лекин кўрилайётган занжир таҳлилни соддалаштиради.

Ўртача эгри магнитланишларининг биринчи яқинлашишини ночизиклигини ҳисоби аниқ магнит қаршилик ўртача киймати $\rho_{\text{ср}}$ ёрдамида ишлаб чиқилган ва кўйидаги кўринишда аниқланади:

$$\rho_{\text{ср}} = \rho_{\text{min}} - \frac{\rho_{\text{min}} - \rho_{\text{max}}}{2} = \frac{\rho_{\text{min}} + \rho_{\text{max}}}{2}, \quad (1)$$

бу ерда ρ_{min} ва ρ_{max} – ўзгарувчан токнинг пастки ва баланги ўзгариш чегарасига мос келувчи аниқ магнит қаршилигининг минимал ва максимал кийматлари.

Ўзгармас ток магнитомодуляцион ўзгартиргичларининг магнит занжирининг математик модели, ўзгарувчан токдан магнит кучланиши, магнит оқим ҳамда магнит майдонининг кучланганлиги ва ЎТМЎларнинг магнит системаларини параметрлари боғлиқликлари кўринишида олинган:

$$U_{\mu}(\alpha) = \frac{F_x}{\Delta} \{sh[\gamma(\alpha_M - \alpha)] - sh(\gamma\alpha)\} + \frac{F_x \gamma Z_{\mu 0}}{\Delta 2Z_{\mu \Pi}} \{ch[\gamma(\alpha_M - \alpha)] - ch(\gamma\alpha)\}, \quad (2)$$

$$Q_{\mu}(\alpha) = \frac{\gamma F_x}{2Z_{\mu \Pi} \Delta} \left\{ \{ch[\gamma(\alpha_M - \alpha)] + ch(\gamma\alpha)\} + \frac{\gamma Z_{\mu 0}}{2Z_{\mu \Pi}} \{sh[\gamma(\alpha_M - \alpha)] + sh(\gamma\alpha)\} \right\}, \quad (3)$$

$$H_x = \frac{F_x}{\alpha_n \Delta} \left\{ \left[\frac{\gamma Z_{\mu 0}}{Z_{\mu \Pi}} [ch(\gamma\alpha_n) - 1] + sh(\gamma\alpha_n) \right] \right\}, \quad (4)$$

бу ерда. F_x – ўзгартириладиган ток чулғами секциясининг магнит харакатлантирувчи кучи (МХК); $\Delta = \left(1 + \frac{\gamma^2 Z_{\mu 0}^2}{4Z_{\mu n}^2} \operatorname{sh}(\gamma \alpha_M) \right) + \frac{\gamma Z_{\mu 0}}{Z_{\mu n}} \operatorname{ch}(\gamma \alpha_M)$; $\gamma = \sqrt{2Z_{\mu n} C_{\mu n}}$ – магнит занжир бўйлаб магнит окимининг таксимлиниш коэффициентлари; $Z_{\mu n}, C_{\mu n}$ – мос равишда тороидал ўзаклар магнит қаршилиги ва улар ўртасидаги α бурчак координатаси бирлигига тўғри келадиган магнит сифмининг погон кийматлари; $Z_{\mu 0}$ – ферромагнит кўтармаларнинг магнит қаршилиги; α_M – α нинг максимал киймати.

Магнит кучланиш магнит занжир бўйлаб ночизик равишда таксимланган ва магнит нейтрал нуктасида ўз белгисини ўзгартиради, магнит оким эса бекарор ва магнит нейтрал нуктасида минимал кийматга эга, буёнда магнит окими сўниш коэффициентининг ортиши сайин магнит кучланишнинг таксимланиши ночизиклиги даражаси ва магнит занжирнинг узунлиги бўйлаб магнит окимининг бекарорлиги ортади.

Ўзгармас ток магнитомодуляцион ўзгартиргичларида импульсларнинг шаклланиши жараёнининг статик математик модели куйидаги боғлиқликда ишлаб чиқилган:

$$T_1 = k_1 k_2' S_{\mu} W_k \left\{ \frac{k_2' U_{2x}}{R^2 + k_2'^2 U_{2x}^2} \operatorname{arctg} \left[\frac{2k_2' I_{km}}{1 - k_2' I_1'} \right] - \frac{R}{2[R^2 + k_2'^2 U_{1x}^2]} \ln \frac{U_{1k}^2 [1 + k_2'^2 I_1'^2]}{U_{2k}^2 [1 + k_2'^2 I_2'^2]} \right\}, \quad (5)$$

$$T_2 = k_1 k_2' S_{\mu} W_k \left\{ \frac{k_2' U_{1x}}{R^2 + k_2'^2 U_{1x}^2} \operatorname{arctg} \left[\frac{2k_2' I_{km}}{1 - k_2' I_1'} \right] - \frac{R}{2[R^2 + k_2'^2 U_{1x}^2]} \ln \frac{U_{1k}^2 [1 + k_2'^2 I_2'^2]}{U_{2k}^2 [1 + k_2'^2 I_1'^2]} \right\}, \quad (6)$$

бунда k_1, k_2', S_{μ} – мос равишда магнитлашнинг ўртача эгрилиги аппроксимацияси ва ўзак кесими коэффициентлари;

$$I_1' = I_{km} - I_x'; I_2' = I_x' + I_{km}; U_{1k} = E_1 - I_{km} R; U_{2k} = E_1 + I_{km} R; U_{1x} = E_1 - I_x' R; U_{2x} = E_1 + I_x' R$$

$E_1 = E - U_{k1} = E - U_{k2}$; E – магнит-транзисторли мультивибраторнинг таъминот манбаи; $U_{k1} \approx U_{k2}$ – транзисторлардаги кучланишнинг камайиши; R – балластли резисторнинг қаршилиги; I_x' – коллектор чулғамидаги ўрамлар сонига келтирилган ўлчанаётган ток киймати; I_{km} – коллектор чулғамидаги токнинг максимал киймати.

Ўлчанаётган токдан ташқари шаклланаётган импульсларнинг давомийлиги таъминот манбаи кучланиши, балластли резистор қаршилиги, коллектор чулғами токи ва ўзакнинг магнит хусусиятларига боғлиқлиги аниқланди.

Ўзгармас ток магнитомодуляцион ўзгартиргичларининг чизикли ва ночизикли динамик моделлари ишлаб чиқилди. КИМга эга ўзгартиргични импульс кенглигининг кичик оғишишларида амплитуда-импульсли модуляцияга эга чизикли динамик кетма-кет уланган занжирлар кўринишида ифодалаш мумкин, динамик хусусиятларини аниқ тадқиқ этиш учун эса δ - импульсларни шакллантирувчи калит ва мусбат тўғри бурчакли импульсларни шакллантирувчи ночизик шакллантиргич кўринишида ифодалаш мумкин.

“Ўзгармас ток магнитомодуляцион ўзгартиргичларининг статик ва динамик тавсифларини тадқиқ этиш” номли учинчи бобда ишлаб чиқилган ЎТМЎларнинг статик ва динамик тавсифлари ўрганилган.

Статик тавсифнинг олинган ифодаси куйидаги кўринишга эга:

$$U_{\text{вых}} = E_1 \frac{\left[\frac{k_2' U_{2x}}{R^2 + k_2'^2 U_{2x}^2} - \frac{k_2' U_{1x}}{R^2 + k_2'^2 U_{1x}^2} \right] \arctg \left[\frac{2k_2' I_{km}}{1 - k_2' I_1'} \right] + \left[\frac{k_2' U_{2x}}{R^2 + k_2'^2 U_{2x}^2} + \frac{k_2' U_{1x}}{R^2 + k_2'^2 U_{1x}^2} \right] \arctg \left[\frac{2k_2' I_{km}}{1 - k_2' I_1'} \right] - \left[\frac{R}{2[R^2 + k_2'^2 U_{1x}^2]} \ln \frac{U_{1k}^2 [1 + k_2'^2 I_2'^2]}{U_{2k}^2 [1 + k_2'^2 I_1'^2]} \right] - \left[\frac{R}{2[R^2 + k_2'^2 U_{1x}^2]} \ln \frac{U_{2k}^2 [1 + k_2'^2 I_1'^2]}{U_{1k}^2 [1 + k_2'^2 I_2'^2]} \right]}{\left[\frac{R}{2[R^2 + k_2'^2 U_{1x}^2]} \ln \frac{U_{1k}^2 [1 + k_2'^2 I_2'^2]}{U_{2k}^2 [1 + k_2'^2 I_1'^2]} \right] + \left[\frac{R}{2[R^2 + k_2'^2 U_{1x}^2]} \ln \frac{U_{2k}^2 [1 + k_2'^2 I_1'^2]}{U_{1k}^2 [1 + k_2'^2 I_2'^2]} \right]} \quad (7)$$

E , R , R_δ , W_k ва W_δ параметрларининг аниқ кийматлари учун $U_{\text{вых}} = f(I_x)$ статик тавсифлар эгрилиги ва $E = 18$ Ом; $R = 150$ Ом; $R_\delta = 200$ Ом; $W_k = 100$; $W_\delta = 50$ параметрларининг бошланғич кийматлари 3 ва 4-расмларда келтирилган.

Ишлаб чиқилган ЎТМЎ статик тавсифлар тахлили уларнинг бошланғич майдонида юкори чизикликка эгалигини кўрсатди, бунда тавсифнинг чизикли майдони давомийлиги коллекторнинг максимал токига (I_{km}), таъминот манбаи кучланиши кийматларига (E), резисторнинг база қаршилигига (R_δ) ва база чулғамининг ўрамлар сонига (W_δ) таъсир этувчи катталикларга боғлиқ.

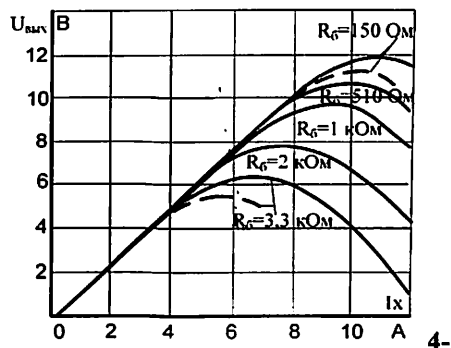
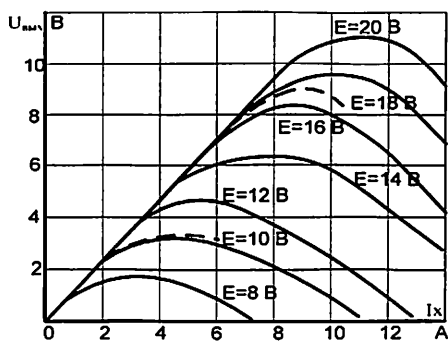
Статик тавсиф тахминан $(-0,6 I_{km} W_k < I_x < +0,6 I_{km} W_k)$ майдонда чизикли экани аниқланди. Ишлаб чиқилган ЎТМЎларнинг сезувчанлиги аксарият ҳолларда балласт резистори қаршилигининг катталиги (R), коллектор чулғамининг ўрамлари сони (W_k) билан белгиланади ҳамда у W_k нинг камайиши ва R нинг кўпайиши билан ортади.

Рақамли чиқиш ва дискрет филтрга эга ЎТМЎ статик тавсифи ифодасининг тахлили дискрет филтри ЎТМЎнинг статик тавсифлари шаклига таъсир этмаслигини кўрсатди.

КИМга эга магнит-транзистор мультивибраторидаги (МТМ) ЎТМЎда манфий тесқари алоқадан (МТА) фойдаланиш унинг сезувчанлигини $(1 +$

$K_p K_1 \frac{W_{oc}}{R_{oc}})$ мартага камайишига олиб келади (бу ерда K_p, K_1 - мос равишда узилган манфий алоқага эга ЎТМЎнинг узатиш статик коэффициентини ва

кучайтиргичнинг кучайиш коэффициенти; W_{oc} , R_{oc} – мос равишда чулгамнинг ўрамлар сони ва тескари алоқа каршилиги), тавсифнинг чизикли майдони узунлиги эса $\frac{U_{вык}K_1W_{oc}}{R_{oc}}$ катталигига ортиши аниқланган.



3-расм. E таъминот кучланишининг турли кийматларида ўТМў статик тавсифлари эгри чизиклари. Туташган эгри чизиклар – ҳисобий; пунктирли эгри чизиклар – экспериментал

расм. $R_г$ таъминот кучланишининг турли кийматларида ўТМў статик тавсифлари эгри чизиклари. Туташган эгри чизиклар – ҳисобий; пунктирли эгри чизиклар – экспериментал

Ишлаб чиқилган ўТМўларнинг ўтиш жараёнини тадқиқ этиш натижасида (5-расм) паст частоталардаги филтёр (ПЧФ) нинг катта вақт доимийларида ($\tau_{\phi}/T \geq 12$, бу ерда τ_{ϕ} , T – мос равишда ПЧФ вақт доимийси ва импульслар давомийлиги) КИМга эга магнит-транзистор мульти-вибраторидаги (МТМ) ўТМўларни амплитуда-импульсли модуляцияга эга чизикли импульс боғланиши кўринишида намоён этиш мақсадга мувофиқлиги аниқланди.

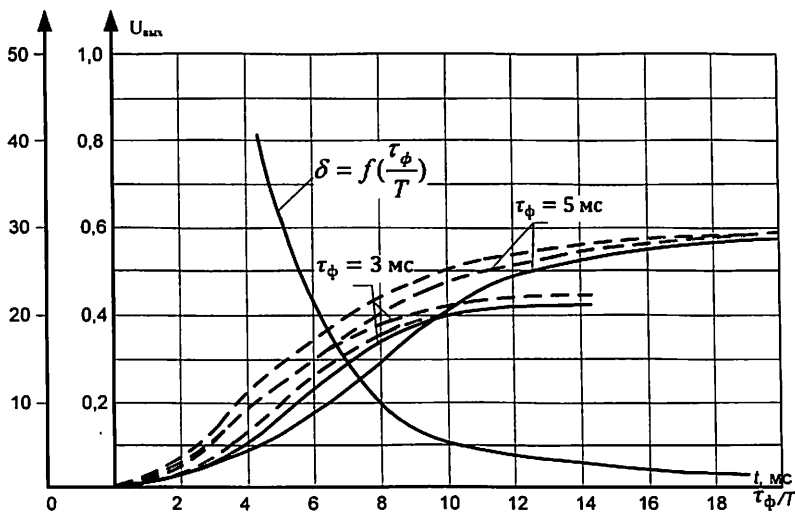
Дискрет филтрли ўТМўларнинг динамикаси асосан қирувчи занжир доимий вақти катталиги $\tau_{вх}$ ва токга $I_{вх}$ боғлиқ чиқувчи кучланишининг кечикиш вақтини аниқловчи давр T орқали белгиланиши аниқланган.

Ёпиқ МТАли ўТМўнинг узатиш функциясининг ифодаси олинди:

$$W_3(p) = \frac{N \frac{d_1^{1-\lambda} - d_1}{p - d_1}}{1 + N \frac{W_{oc} d_1^{1-\lambda} - d_1}{R_{oc} p - d_1} \frac{p}{p - d_{oc}}} = K_1 \frac{p - d_{oc}}{p^2 + bp + c}, \quad (8)$$

бу ерда $K_1 = N(d_1^{1-\lambda} - d_1)$; $N = \frac{K_{CT}}{\lambda}$ – доимий қисмининг узатиш коэффициенти; $b = -\left[N \frac{W_{oc}}{R_{oc}} (d_1^{1-\lambda} - d_1) - d_{oc} - d_1\right]$; $W_p(p) = N \frac{d_1^{1-\lambda} - d_1}{p - d_1}$ – ёпиқ системали МТАсиз ўТМўнинг узатиш функцияси; $c = d_1 d_{oc}$; λ –

шаклланган импульснинг шартли давомийлиги; $d_1 = e^{-\frac{T}{\tau_\phi}}$; $d_{oc} = e^{-\frac{T}{\tau_{oc}}}$; τ_{oc} – МТА занжирининг доимий вакти.



5-расм. ПЧФ τ_ϕ вақт доимийларининг турли кийматларида ҳамда чизикли ва ночизикли моделлар ёрдамида ўтиш жараёнининг давомийлигини ҳисоблашда ҳатоликнинг τ_ϕ/T катталиқка боғлиқлиги ҳолатида ишлаб чиқилган ЎТМЎнинг ўтиш жараёни графиклари: туташган чизиклар – чизикли модел бўйича; пунктир чизиклар – экспериментал маълумотлар.

Экспериментал тадқиқотлар натижасида МТАга эга ЎТМЎ динамикасини таҳлил қилишда W_{oc} чулғами ва R_{oc} резистори орқали ташкил топган занжир вақт доимийсини инобатга олмаса ҳам бўлади, боиси МТА занжирининг реал параметрларида вақт доимийсининг кийматлари микросекунд бирликларини ташкил этади, бу эса бошқа занжирларнинг вақт доимийларидан минимум икки мартага кам.

Ўзгармас ток магнитомодуляцион ўзгартиргичлари асосий тавсифларининг ҳатоликлари ва ишончлилигини тадқиқ этиш” номли тўртинчи боб ишлаб чиқилган ЎТМЎларининг ҳатоликлари ва ишончлилиги, шунингдек уларнинг амалиётда қўлланиши масалаларига бағишланган.

Ишлаб чиқилган ЎТМЎларининг ҳатоликлари манбаларини таҳлил қилиш натижасида уларнинг элементлари параметрларига, хусусан ўзгартриш аниқлигига атроф-муҳит ҳароратининг ўзгариши катта таъсир кўрсатиши аниқланди. Ҳарорат таъсирида ферромагнит ўзаги параметрларининг ўзгаришида вужудга келадиган ҳатоликлар ЎТМЎ бошқа элементлари

параметрларининг ҳарорат ўзгаришларида вужудга келадиган хатоликлардан тахминан икки мартага кам эканлиги аниқланди.

Таҳлилий изланишлар натижаларини шуни кўрсатдики, $\pm 50^{\circ}\text{C}$ ҳарорат оралигида, $U_{\text{чик}}$ нинг ҳароратдан хатолик боғлиқлиги деярли чизикли. Шунинг учун хатоликларни мусбат ҳароратлар соҳасида текшириш етарли бўлди.

Ҳарорат таъсирида ЎТМЎ транзисторларини кучайтириш коэффицентларининг ўзгариши хатолик катталигига улкан хисса қўшиши кўрсатилган. Бунда уларнинг катталиги қанчалик кичик ва улар ўртасидаги тафовут қанчалик катта бўлса, ЎТМЎ чиқиш кучланишининг ҳарорат дрейфи ҳам шунчалик катта бўлади. Ўзгартиргич транзисторини кучайтириш коэффицентлари ўзгаришининг йиғма хатоликка таъсирини истисно этиш учун мумкин қадар юқори кучайтириш коэффицентига эга транзисторларни танлаш ёки улама (таркибли) транзисторларни қўллаш зарур. Масалан, 100 кучайтириш коэффицентига эга транзисторларни қўллашда ЎТМЎ хатолиги уч мартадан ортик камаяди.

Ишлаб чиқилган ЎТМЎ чиқиш кучланишининг ҳарорат дрейфи минимуми шартли олинди:

$$\frac{ER_6W_k + 2U_dRW_6}{2U_dRW_6} = \frac{K_U}{K_R}, \quad (9)$$

бу ерда K_R , K_U – мос равишда балласт каршилиги ва кучланишнинг диодлардаги камайиши (U_d) ҳарорат коэффицентлари.

Ўтказилган тадқиқотларга кўра (9) шартнинг бажарилиши схемага қўшимча мураккабликларни киритмай туриб, ЎТМЎ ҳарорат хатолигини тахминан 1,8 мартага камайтириш имконини бериши аниқланди. ЎТМЎ хатоликларининг ҳарорат ташкил этувчиларини камайтириш усуллари ишлаб чиқилди. МТАни киритиш факатгина мультипликатив хатоликларни камайтириши ҳамда аддитив хатоликни МТА таъсирида сезиларсиз ўзгариши аниқланди. Аддитив хатоликлар факатгина чиқиш сигналени олдинги қийматларини сақлаб қолиш мақсадида, МТАни киритганда, ҳамда ушбу ЎТМЎнинг кирувчи катталикларини номинал қийматлари ошганда сезиларли камаяди. Агар маълум ЎТМЎ учун МТАнинг ажратилган занжирида максимал хатолик максимал сигналнинг 2 % ини ташкил этса, МТАнинг туташган занжирида ўзгармайдиган статик узатиш коэффицентини ва мос равишда кетма-кет-мувофиқ бирлаштирилган чулғам секцияларига эга диаметрал кўтармалар билан туташтирилган бир қанча коаксиал жойлашган торондал ўзақлар кўринишидаги магнит тизимини тайёрлаш ҳисобига ўзгартиргич кириш занжирининг катталашган МХК шароитида ушбу хатолик 0,74% ни ташкил этди.

Ишлаб чиқилган ЎТМЎларнинг хатоликларини камайтириш ва ишончлилигини ошириш учун 3 дан 2-таъсирини асосида ишлайдиган ҳамда

TEKNOLOGIJA I INFORMATIKA
UNIVERSITETI
17

$2m + 1$ дан $m + 1$ (бу ерда m –резервлаш карралиги (мартаси)) функциясини бажарадиган ток кириш сонига эга мажоритар орган ёрдамида мажоритар захиралаш усули мақбул саналади. Бунда чиқиш сигнали ўрта қийматидан унинг ўрта квадрат оғишишини камайтириш ҳисобига ўзгартириш хатолигини камайтиришга эришилади.

Ишлаб чиқилган ЎТМЎнинг асосий техник характеристикалари

Ўлчаш чегараси, А	0-200
Сезгирлиги, В/А	1,1
Асосий келтирилган хатолик, $\pm\%$	0,4
Статик характеристиканинг ишчи ҳудудини ночизиклилик даражаси, %	0,5
Таъминловчи манба кучланиши, В	12
Коллектор чўлғамининг ўрамлари сони	100
База чўлғамининг ўрамлари сони	25
Балласт резисторининг қаршилиги, Ом	100
База резисторининг қаршилиги, Ом	150
Ўлчамлари, мм	115x75x30
Оғирлиги, кг, (ортик эмас)	150

Мазкур ишда ЎТМЎнинг ишончилиги тадқиқ этилган. Ишлаб чиқилган ЎТМЎларнинг ишдан чиқишига олиб келадиган асосий элементлар сифатида чўлғамлар намоён бўлади, улардаги бузилишлар қисқа туташув ёки узилишлар оқибатида юзага келади. $T_{\text{доп}} = 90^{\circ}\text{C}$ га тенг симнинг рухсат этилган қизиш ҳароратида ва унинг 20°C дан 110°C гача тебранишида, ишончилик ($0,983 \div 0,831$) чегарасида, $T_{\text{доп}} = 140^{\circ}\text{C}$ ва ҳароратнинг шу тебранишларида ишончилик ($0,985 \div 0,910$) чегарасида бўлади.

Ишлаб чиқилган ЎТМЎларни аккумулятор батареяларига эга автоном таъминлаш манбаида ишлайдиган тоқларни ўлчаш ишлаб чиқариш жараёнида қўлланилган. Ишлаб чиқилган ЎТМЎларни қўллаш зарядланиш, зарядсизланиш ва тўйиниш зарядини ортиши режимларини бошқариш жараёнларини назорат қилишнинг аниқлигини ошириш имконини берди. Бунда қутилаётган йиллик иктисодий самарадорлик 103,9 млн. сўмни ташкил этади.

Диссертация иловасида ишлаб чиқилган ЎТМЎларнинг хатоликларини ўлчаш ва уларни баҳолаш ҳисоблари, шунингдек диссертация натижаларини ишлаб чиқаришга жорий этиш акти ва маълумотномаси келтирилган.

ХУЛОСА

«Автоном таъминлаш манбаларини назорат ва бошқарув тизимлари учун ўзгармас ток магнитомодуляцион ўзгартиргичлари» мавзусидаги фалсафа доктори (PhD) диссертацияси бўйича олиб борилган тадқиқотлар натижасида куйидаги хулосалар тақдим қилинади:

1. Автоном таъминлаш манбаларининг иш режимларини назорат қилиш тизимларида қўлланадиган ўзгармас ток ўзгартиргичлари юқори дифференциал сезувчанликка, аникликка, ишончлиликка, ток йўналишига нисбатан сезувчанликка, кичик тоқлар соҳасидаги статик тавсифларнинг чизиклиги ва катта тоқлар соҳасида ўзгартирилаётган ўзгармас тоқнинг катталиги ва йўналиши тўғрисидаги маълумотларни саклаш қобилятига, энергиянинг кам сарфланишига эга бўлиши зарурлиги аниклашга хизмат қилади. Шунингдек, ўзгармас ток магнитомодуляцион ўзгартиргичлари мазкур талабларга тўлиқ жавоб бериши аникланди.

2. Янги ўзгармас ток магнитомодуляцион ўзгартиргичлари ишлаб чиқилди. Вакт бўйича ўлчанаётган ток ҳосиласига таъсир кўрсатадиган трансформаторнинг блокловчи калитларига эга токни ва иккита кутиш мультивибраторларини ўзгартиргич схемасига ёқиш ўлчанаётган тоқнинг йўналиши тўғрисидаги нотўғри маълумотларни истисно этишга хизмат қилди.

3. Трансформатор автогенератори, иккита конъюктор, тўлдириш генератори, иккита реверсив ҳисоблагич, арифметик блок, иккинчи конъюкторнинг трансформаторли автогенератор билан ҳамда иккинчи ҳисоблагичнинг чиқиши арифметик блокнинг бошқа киришига бевосита боғланиши қабиларни ўз ичига оладиган рақамли чиқишга эга ўзгармас ток магнитомодуляцион ўзгартиргичида трансформаторли автогенераторнинг иккала чиқишида сигналларнинг мавжудлиги қарама-қарши фазада унинг конструктив ижросини соддалаштиради ҳамда триггер ва бўлувчини схемадан чиқариб ташлаш ҳисобига унинг элементли ишончилигини ошириш имконини беради.

4. Ўзгармас ток магнитомодуляцион ўзгартиргичларида импульсларни шакллантиришнинг статик математик модели ишлаб чиқилди. Ўлчанаётган тоқдан ташқари шаклланаётган импульсларнинг давомийлиги таъминот манбаи қучланиши, балластли резистор қаршилиги, коллектор қучлами тоқи ва ўзақнинг магнит хусусиятларига боғлиқлиги аниклаш имконини яратди.

5. Ўзгармас ток магнитомодуляцион ўзгартиргичларининг чизикли ва ночизик динамик моделлари ишлаб чиқилди. Кенглик-импульс модуляцияга эга ўзгартиргични импульс кенглигининг кичик оғишишларида амплитуда-импульсли модуляцияга эга чизикли динамик кетма-кет уланган занжирлар кўринишида ифодалаш мумкин, динамик хусусиятларини аник тадқиқ этиш учун эса δ -импульсларни шакллантирувчи калит ва мусбат тўғри бурчакли импульсларни шакллантирувчи ночизик шакллантиргич кўринишида ифодалаш мумкинлиги кўрсатилган. Натижада ўзгартиргич динамик характеристикаларини ҳисоблаш аниклиги ортади.

6. Ишлаб чиқилган ўзгармас ток магнитомодуляцион ўзгартиргичлари статик тавсифларини таҳлил қилиш натижасида улар бошланғич майдонида катта чизиклиликка эгаллиги аниқланди, бунда тавсифнинг чизикли участкаси давомийлиги коллекторнинг максимал токига ($I_{км}$) таъсир этувчи катталикларга, яъни таъминот манбаи кучланиши қийматлари (E), база резисторининг қаршилиги ($R_б$) ва база чулғамининг ўрамлар сонига ($W_б$) боғлиқ. Натижада статик тавсифнинг тахминан ($-0,6I_{км}W_к < I_x < +0,6I_{км}W_к$) участкасида чизикли эканлигини аниқлаш имконини берди.

7. Ўзгармас ток магнитомодуляцион ўзгартиргичларида манфий тескари алоқадан фойдаланиш унинг сезувчанлигини ($1 + K_p K_1 \frac{W_{oc}}{R_{oc}}$) мартага камайишига олиб келади (бу ерда K_p, K_1 – мос равишда узилган манфий алоқага эга ЎТМЎнинг узатиш статик коэффициенти ва кучайтиргичнинг кучайиш коэффициенти; W_{oc}, R_{oc} – мос равишда чулғамнинг ўрамлар сони ва тескари алоқа қаршилиги), тавсифнинг чизикли майдони узунлиги эса $\frac{U_{вых} K_1 W_{oc}}{R_{oc}}$ катталигига ортиши аниқланган. Бу яратилган магнитомодуляцион ўзгартиргич ўлчаш аниқлигини ошириш имконини берди.

8. Ҳарорат таъсирида ўзгармас ток магнитомодуляцион ўзгартиргич транзисторларини кучайтириш коэффицентларининг ўзгариши хатолик катталигига улкан хисса қўшиши кўрсатилган. Бунда уларнинг катталиги қанчалик кичик ва улар ўртасидаги тафовут қанчалик катта бўлса, ўзгармас ток магнитомодуляцион ўзгартиргич чиқиш кучланишининг ҳарорат дрейфи ҳам шунчалик катта бўлади. Ўзгартиргич транзисторини кучайтириш коэффицентлари ўзгаришининг йиғма хатоликка таъсирини истисно этиш учун мумкин қадар юқори кучайтириш коэффицентига эга транзисторларни танлаш ёки улама (таркибли) транзисторларни қўллаш зарур. Масалан, 100 кучайтириш коэффицентига эга транзисторларни қўллашда ўзгармас ток магнитомодуляцион ўзгартиргич хатолиги уч мартадан ортиқ камаяди. Бу ўзгартиргич аниқлигини ошириш имконини берди.

**НАУЧНЫЙ СОВЕТ ПО ПРИСУЖДЕНИЮ УЧЁНЫХ СТЕПЕНЕЙ
DS.c.27.06.2017 Т.03.02 ПРИ ТАШКЕНТСКОМ ГОСУДАРСТВЕННОМ
ТЕХНИЧЕСКОМ УНИВЕРСИТЕТЕ
ИМЕНИ ИСЛАМА КАРИМОВА**

**ТАШКЕНТСКИЙ ИНСТИТУТ ИНЖЕНЕРОВ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО
ТРАНСПОРТА**

АТАУЛЛАЕВ НОДИРЖОН ОДИЛОВИЧ

**МАГНИТОМОДУЛЯЦИОННЫЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ
ПОСТОЯННОГО ТОКА ДЛЯ СИСТЕМ КОНТРОЛЯ И УПРАВЛЕНИЯ
АВТОНОМНЫМИ ИСТОЧНИКАМИ ПИТАНИЯ**

**05.01.06 – Элементы и устройства вычислительной техники
и систем управления**

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

Ташкент – 2018

Тема диссертации доктора философии (PhD) по техническим наукам зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Кабинете Министров Республики Узбекистан за № В2018.1.PhD/T545.

Диссертация выполнена в Ташкентском институте инженеров железнодорожного транспорта.

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

Научный руководитель: Амиров Султон Файзуллаевич
доктор технических наук, профессор

Официальные оппоненты: Абдукаюмов Абдурашид
доктор технических наук, профессор

Сафаров Абдурауф Маликович
кандидат технических наук, доцент

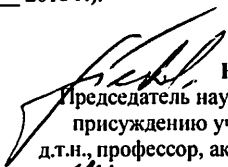
Ведущая организация: ООО «Научно-технический
центр» АО «Ўзбекэнерго»


Защита диссертации состоится «10» 07 2018 г. в 10⁰⁰ часов на заседании Научного Совета DSc.27.06.2017.T.03.02 при Ташкентском государственном техническом университете по адресу: 100095, г Ташкент, ул. Университетская, 2. Тел.: (99871) 246-46-00; факс: (99871) 227-10-32; e-mail: tstu_info@tdtu.uz.

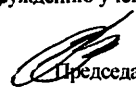
С диссертацией можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре Ташкентского государственного технического университета (регистрационный номер - 48). (Адрес: 100095, Ташкент, ул. Университетская, 2. Тел.: (99871) 246-03-41.

Автореферат диссертации разослан «26» 06 2018 г.
(протокол рассылки № «9» от «9» 06 2018 г.).




Н.Р. Юсупбеков
Председатель научного совета по
присуждению учёных степеней,
д.т.н., профессор, академик АН РУз


Ж.У. Севинов
Ученый секретарь научного совета по
присуждению учёных степеней, к.т.н., доцент


Х.З. Игамбердиев
Председатель научного семинара при
научном совете по присуждению учёных
степеней, д.т.н., профессор, академик АН РУз

ВВЕДЕНИЕ (аннотация диссертации доктора философии (PhD))

Актуальность и востребованность темы диссертации. В мире в связи с развитием разных сфер, в особенности телекоммуникации, транспорта, промышленности и других областей народного хозяйства, стало уделяться особое внимание развитию автономных источников питания, содержащие первичные источники и аккумуляторные батареи в качестве буферного накопителя. В этом направлении, при разработке автономных источников питания, особое внимание уделяется проектированию преобразователей с малыми габаритами, с улучшенными техническими и метрологическими характеристиками, а также устойчивыми к помехам и другим разным влияниям. Поэтому разработка средств систем контроля и управления режимами заряда, разряда и подзаряда аккумуляторных батарей автономных источников питания является одной из важнейших задач.

В мире с целью повышения эффективности и бесперебойности автономных источников питания разрабатываются научные основы их систем контроля и управления. В частности, проводятся исследования, направленные на обоснование схемных решений преобразователей постоянного тока с повышенной дифференциальной чувствительностью, точностью, надежностью, чувствительностью к направлению тока, а также линейностью статической характеристики в области малых токов и способностью сохранять информацию о величине и направлении преобразуемого постоянного тока в области больших токов для автономных источников питания. В связи с этим разработка математических моделей, усовершенствование методов расчета и создание научных основ магнитомодуляционных преобразователей постоянного тока для систем контроля и управления автономных источников питания является актуальной задачей.

В Республике реализуются меры по применению энерго- и ресурсосберегающих технологий, технических средств и возобновляемых источников питания таких как, солнечные источники питания, а также осуществляется строительство ветряных электрических станций. В Стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан в 2017-2021 гг., отмечены задачи, а именно, «...создание новых мощностей по производству электрической энергии и модернизация существующих, ...улучшение обеспечения населения электрической энергией на основе осуществления мероприятий по расширению использования возобновляемых источников энергии и обеспечению другими топливно-энергетическими ресурсами, ... внедрение в систему управления информационно-коммуникационных технологий»². Реализация данных задач, в том числе усовершенствование магнитных систем и с помощью этой системы разработать новый преобразователь постоянного тока для контроля и управления режимами

² Указ Президента Республики Узбекистан от 7 февраля 2017 г. № УП-4947 «О Стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан».

заряда, разряда и подзаряда аккумуляторных батарей, а также разработка математических моделей статических и динамических характеристик, процесса формирования импульсов является важнейшей задачей.

Данное диссертационное исследование в определенной мере служит осуществлению поставленных нормативно-правовых задач, а именно: Указ Президента Республики Узбекистан от 7 февраля 2017 г. № УП-4947 «О Стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан», Указ Президента Республики Узбекистан от 23 августа 2017 г. № УП-3238 «О мерах по дальнейшему внедрению современных энергоэффективных и энергосберегающих технологий», Указ Президента Республики Узбекистан от 13 ноября 2017 г. № УП-3334 «О мерах по ускоренному внедрению автоматизированной системы контроля и учета электрической энергии и природного газа».

Соответствие исследования с приоритетными направлениями 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. Научные исследования, направленные на решение актуальных задач по разработке бесконтактных преобразователей и измерителей постоянных токов, осуществляются в ведущих научных центрах и высших образовательных учреждениях мира, в том числе в University of Michigan и General Electric (США), Technical University of Ilmenau и Siemens (Германия), HAWK (Великобритания), Sony и Tokyo technology institute, Mitsubushi (Япония), University of Cantabria (Испания), в НИУ «Московский энергетический институт», Томском университете автоматизированных систем управления и радиоэлектроники (Россия), институте Электродинамики (Украина), Ташкентском государственном техническом университете и Ташкентском институте инженеров железнодорожного транспорта (Узбекистан).

Определенный вклад в решение научных проблем совершенствования электромагнитных бесконтактных преобразователей постоянных токов внесли L. Zoltan, N. Bardahl, A. Schilling, E. Zimmermann, R. Arey, Ю.В. Афанасьев, С.А. Спектор, В.В. Серков, Г.В. Джикаев, Абрамзон, Г.И. Разин, А.П. Щелкин, Н.Г. Семенко, Ю.А. Гамазов, Ю.А. Андреев, А.А. Святочевский, а также отечественные ученые М.Ф. Зарипов, А.М. Плахтиев, А. Абдукаюмов, С.Ф. Амиров, Г.П. Петров, А.М. Сафаров, Н. Савридинов, Н.Е. Балгаев и др. Усилиями этих ученых разработаны и развиты теоретические основы проектирования и расчета бесконтактных преобразователей постоянных токов, предложены и внедрены в производство оригинальные конструкции и схемные решения этих датчиков. Вместе с этим не уделено достаточного внимания созданию преобразователей постоянного тока, предназначенных для систем контроля и управления режимами работы автономных источников питания и имеющих повышенную дифференциальную чувствительность,

точность, надежность и широкий линейный участок статической характеристики.

Связь диссертационного исследования с планами научно-исследовательских работ высшего образовательного учреждения, где выполнена диссертация. Диссертационная работа выполнена в соответствии с планом научно-исследовательских работ Ташкентского института инженеров железнодорожного транспорта №3 «Совершенствование электромагнитных измерительных средств для железнодорожного транспорта» (2012) и №33 «Исследование несимметричных режимов при электроснабжении высокоскоростного электрического транспорта» (2017).

Целью исследования является разработка магнитомодуляционных преобразователей постоянного тока с повышенной дифференциальной чувствительностью, точностью, надежностью и широким линейным участком статической характеристики для систем контроля и управления режимами работы автономных источников питания.

Задачи исследования:

выбор и обоснование типа преобразователей постоянного тока;
выявление особенностей режимов заряда, разряда и подзаряда аккумуляторных батарей;

усовершенствование конструкции магнитной системы магнитомодуляционного преобразователя постоянного тока;

обоснование основных требований к преобразователям постоянного тока для систем контроля и управления режимами работ автономных источников питания;

разработка новых конструкций магнитомодуляционных преобразователей постоянного тока с повышенной дифференциальной чувствительностью, точностью, надежностью и широким линейным участком статической характеристики;

разработка инженерной методики проектирования и алгоритма программ для расчета параметров магнитомодуляционных преобразователей постоянного тока по их заданным характеристикам.

Объектом исследования являются магнитомодуляционные преобразователи постоянного тока с широким линейным участком статической характеристики и повышенной дифференциальной чувствительностью.

Предметом исследования является коаксиально расположенный тороидальный ферромагнитный сердечник, трансформаторный автогенератор, конъюктор, генератор заполнения, реверсивный счетчик импульса, арифметический блок магнитомодуляционного преобразователя постоянного тока с повышенной дифференциальной чувствительностью, точностью, надежностью и широким линейным участком статической характеристики.

Методы исследований. В процессе исследований использованы теория линейных и нелинейных электрических и магнитных цепей с распределенными параметрами, методы Z – преобразования и пространства состояний, элементы

теории электромагнитного поля, теория погрешностей. Теоретические расчеты проводились с применением компьютерной техники, а также использовались экспериментальные методы исследований.

Научная новизна исследования заключается в следующем:

усовершенствован магнитомодуляционный преобразователь постоянного тока на основе изменения конструктивной схемы коаксиально расположенного тороидального ферромагнитного сердечника магнитной системы;

усовершенствован магнитомодуляционный преобразователь постоянного тока на основе исключения из схемы триггера и делителя, а также за счет использования реверсивного счетчика импульсов в схеме магнитно-транзисторного мультивибратора;

разработано новое устройство контроля и управления режимами заряда, разряда и подзаряда за счет объединения магнитной системы и магнитно-транзисторного мультивибратора в одной схеме;

разработаны математические модели процесса формирования импульсов, а также статических и динамических характеристик магнитомодуляционных преобразователей постоянного тока для теоретического анализа их технических характеристик.

Практические результаты исследования заключаются в следующем:

разработаны инженерная методика проектирования и алгоритм программы для расчета параметров магнитомодуляционных преобразователей постоянного тока по их заданным характеристикам;

разработано устройство для преобразования постоянного тока в импульсное напряжение с широким линейным участком статической характеристики и повышенной дифференциальной чувствительностью.

Достоверность полученных результатов исследования. Достоверность обосновывается корректным применением основных законов, теорий и методов расчета цепей, элементов и устройств вычислительной техники и систем управления для магнитомодуляционных преобразователей постоянного тока с высокой дифференциальной чувствительностью и широким линейным участком статической характеристики и совпадением результатов теоретических и экспериментальных исследований.

Научная и практическая значимость результатов исследования.

Научная значимость результатов исследования характеризуется разработанными математическими моделями процесса формирования импульсов, линейными и нелинейными динамическими моделями для теоретического анализа разработанных магнитомодуляционных преобразователей постоянного тока с учетом нелинейности кривой намагничивания.

Практическая значимость результатов работы заключается в разработке инженерной методики проектирования и алгоритма программы для расчета параметров магнитомодуляционных преобразователей постоянного тока с

широким линейным участком статической характеристики и повышенной дифференциальной чувствительностью по их заданным характеристикам.

Внедрение результатов исследования. На основе полученных результатов по разработке магнитомодуляционных преобразователей постоянного тока для систем контроля и управления автономных источников питания:

получен патент на изобретение Агентства по интеллектуальной собственности на устройство для систем контроля и управления режимами работ автономных источников питания («Электромагнитный преобразователь расхода» №IAP 04866-2014 г.). В результате коаксиального расположения тороидального ферромагнитного сердечника магнитной системы достигнуто повышение дифференциальной чувствительности преобразователя.

получен патент на изобретение Агентства по интеллектуальной собственности на преобразователь постоянного тока для систем контроля и управления режимами работ автономных источников питания («Измерительный преобразователь постоянного тока» №IAP 05590-2018 г.). В результате расширен линейный участок статической характеристики и повышена элементная надежность преобразователя постоянного тока.

Разработанный магнитомодуляционный преобразователь постоянного тока внедрен в производственный процесс контроля постоянного тока заряда, разряда и подзаряда аккумуляторной батареи ООО «HUDRO ENERGY GROUP» и ООО «SOLAR ENERGY PRODUCTS» Ассоциация «Предприятий альтернативных видов топлива и энергии» Республики Узбекистан (Справка Ассоциации «Предприятий альтернативных видов топлива и энергии» Республики Узбекистан №507 от 7 июня 2018 г.). Результаты научных исследований дали возможность повысить точность регулирования системы контроля и управления режимами работы автономных источников питания.

Апробация результатов исследования. Результаты данного исследования прошли апробацию на 10 научно-практических конференциях, в том числе на 5 международных и на 5 республиканских конференциях.

Публикация результатов исследования. По теме диссертации опубликована 21 научная работа, в том числе 2 статьи в зарубежных и 6 статей в республиканских периодических научных журналах, а также получены 2 патента РУз на изобретение.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы, приложения. Объем диссертации составляет 123 страницы.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во введении обоснована актуальность работы, освещено состояние вопроса, сформулированы цель и задачи исследования, характеризуются объект и предмет исследования, показано соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологии республики, излагаются научная

новизна и практические результаты исследования, обоснована достоверность, теоретическая и практическая значимость, представлены акт внедрения результатов научных исследований в производство.

В первой главе – «Состояние вопроса и постановка задачи исследований» – выявлены основные требования к преобразователям постоянного тока (ППТ) для систем контроля режимами работы автономных источников питания (АИП). На примере особенности объекта контроля и управления режимами работы АИП – солнечной батареи, показано, что к ППТ выдвигаются следующие специфические требования: повышенная дифференциальная чувствительность, точность, надежность, чувствительность к направлению тока, линейность статической характеристики в области малых токов и способность сохранять информацию о величине и направлении преобразуемого постоянного тока в области больших токов, малое потребление энергии и минимальные массогабаритные показатели.

Установлено, что ППТ, применяемые в системах контроля и управления режимами работы АИП, должны иметь повышенную дифференциальную чувствительность, точность, надежность и широкий линейный участок статической характеристики.

Проведен сравнительный анализ основных характеристик и составлена классификация существующих ППТ. Выявлено, что для систем контроля режимами работы АИП наиболее приемлемыми являются магнитомодуляционные ППТ (МППТ) с широтно-импульсной модуляцией (ШИМ). Основными достоинствами этих преобразователей являются высокие метрологические характеристики, перегрузочная способность, простота обслуживания, большая выходная мощность.

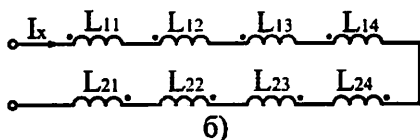
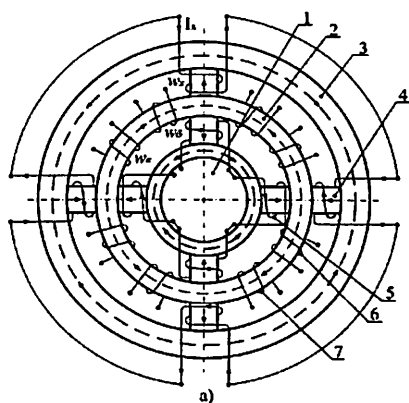
Вместе с этим показано, что существующие МППТ имеют низкую дифференциальную чувствительность, точность, надежность и узкий линейный участок статической характеристики. Поэтому дальнейшие исследования должны быть направлены на разработку МППТ с повышенной дифференциальной чувствительностью, точностью, надежностью и широким линейным участком статической характеристики для систем контроля и управления режимами работы АИП.

Исходя из результатов анализа литературных источников и в соответствии с поставленной целью, сформулированы основные задачи исследования.

Вторая глава – «Разработка магнитомодуляционных преобразователей постоянного тока и их математических моделей» – посвящена конструктивным и схемным усовершенствованиям МППТ. Показано, что выполнение магнитной системы в виде нескольких коаксиально расположенных тороидальных сердечников, соединенных между собой диаметрными переемычками с последовательно-согласно соединенными секциями обмоток на них, позволяет повысить чувствительность МППТ (рис.1). Показано, что в магнитомодуляционном преобразователе постоянного тока с цифровым выходом, содержащем трансформаторный автогенератор, два

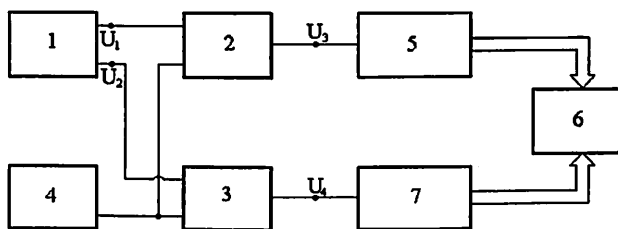
конъюктора, генератор заполнения, два реверсивных счётчика, арифметический блок, непосредственное соединение входа второго конъюктора с трансформаторным автогенератором, а выхода второго счётчика - с другим входом арифметического блока, а также нахождение сигналов с обоих выходов трансформаторного автогенератора в противофазе упрощает его конструктивное исполнение и повышает его элементную надежность за счет исключения из схемы элементов триггера и делителя (рис.2).

Разработаны математические модели магнитных цепей магнитомодуляционных преобразователей постоянного тока с учетом распределенности их параметров. С целью упрощения анализа магнитных цепей предполагалось, что кольцевые замкнутые сердечники, а также ферромагнитные переключки, диаметрально соединяющие между собой коаксиально расположенные кольцевые замкнутые сердечники, идентичны, а боковые магнитные потоки рассеяния пренебрежимо малы. Эти допущения вносят незначительные неточности в расчетах, однако существенно упрощают анализ рассматриваемых цепей.



1, 2 и 3 – тороидальные сердечники; 4 – ферромагнитные переключки; 5 – секции обмотки преобразуемого тока; 6, 7 – секции коллекторной и базовой обмоток.

Рис.1. Конструктивная схема магнитной системы МПТТ



1 – трансформаторный автогенератор; 2, 3 – конъюктора; 4 – генератор заполнения; 5, 7 – реверсивные счетчики импульсов; 6 - арифметический блок.

Рис.2. Блок-схема МПТТ

Учет нелинейности средней кривой намагничивания в первом приближении произведен с помощью среднего значения удельного магнитного сопротивления $\rho_{\mu ср}$, определяемого в виде

$$\rho_{\mu ср} = \rho_{\mu min} - \frac{\rho_{\mu min} - \rho_{\mu max}}{2} = \frac{\rho_{\mu min} + \rho_{\mu max}}{2}, \quad (1)$$

где $\rho_{\mu min}$ и $\rho_{\mu max}$ - соответственно минимальное и максимальное значения удельного магнитного сопротивления, соответствующие нижнему и верхнему пределам изменения преобразуемого тока.

Математические модели магнитных цепей магнитомодуляционных преобразователей постоянного тока получены в виде следующих зависимостей магнитного напряжения, магнитного потока и напряженности магнитного поля от преобразуемого тока и параметров магнитной системы МППТ:

$$U_{\mu}(\alpha) = \frac{F_x}{\Delta} \{sh[\gamma(\alpha_M - \alpha)] - sh(\gamma\alpha)\} + \frac{F_x \gamma Z_{\mu 0}}{\Delta 2Z_{\mu n}} \{ch[\gamma(\alpha_M - \alpha)] - ch(\gamma\alpha)\}, \quad (2)$$

$$Q_{\mu}(\alpha) = \frac{\gamma F_x}{2Z_{\mu n} \Delta} \left\{ \{ch[\gamma(\alpha_M - \alpha)] + ch(\gamma\alpha)\} + \frac{\gamma Z_{\mu 0}}{2Z_{\mu n}} \{sh[\gamma(\alpha_M - \alpha)] + sh(\gamma\alpha)\} \right\}, \quad (3)$$

$$H_x = \frac{F_x}{\alpha_n \Delta} \left\{ \left[\frac{\gamma Z_{\mu 0}}{Z_{\mu n}} [ch(\gamma\alpha_M) - 1] + sh(\gamma\alpha_M) \right] \right\}, \quad (4)$$

где F_x - магнитодвижущая сила (МДС) секции обмотки с преобразуемым током; $\Delta = \left(1 + \frac{\gamma^2 Z_{\mu 0}^2}{4Z_{\mu n}^2} sh(\gamma\alpha_M) \right) + \frac{\gamma Z_{\mu 0}}{Z_{\mu n}} ch(\gamma\alpha_M)$; $\gamma = \sqrt{2Z_{\mu n} C_{\mu n}}$ - коэффициент распространения магнитного потока по магнитной цепи; $Z_{\mu n}, C_{\mu n}$ - соответственно погонные значения магнитного сопротивления торoidalных сердечников и магнитной емкости между ними, приходящиеся на единицу угловой координаты α ; $Z_{\mu 0}$ - магнитное сопротивление ферромагнитных перемычек; α_M - максимальное значение угловой координаты α .

Показано, что магнитное напряжение вдоль магнитной цепи распределено нелинейно и меняет свой знак в точке магнитной нейтрали, а магнитный поток непостоянен и имеет минимальное значение в точке магнитной нейтрали, причем при увеличении коэффициента затухания магнитного потока степень нелинейности распределения магнитного напряжения и непостоянства магнитного потока по длине магнитной цепи возрастает.

Разработана статическая математическая модель процесса формирования импульсов в магнитомодуляционных преобразователях постоянного тока в виде следующих зависимостей:

$$T_1 = k_1 k_2' S_{\mu} W_k \left\{ \frac{k_2' U_{2x}}{R^2 + k_2'^2 U_{2x}^2} \arctg \left[\frac{2k_2' I_{km}}{1 - k_2' I_1'} \right] - \frac{R}{2[R^2 + k_2'^2 U_{1x}^2]} \ln \frac{U_{1k}^2 [1 + k_2'^2 I_1'^2]}{U_{2k}^2 [1 + k_2'^2 I_2'^2]} \right\}, \quad (5)$$

$$T_2 = k_1 k_2' S_{\mu} W_k \left\{ \frac{k_2' U_{1x}}{R^2 + k_2'^2 U_{1x}^2} \arctg \left[\frac{2k_2' I_{km}}{1 - k_2' I_1'} \right] - \right.$$

$$- \frac{R}{2[R^2 + k_2'^2 U_{1x}^2]} \ln \frac{U_{1k}^2 [1 + k_2'^2 I_2']}{U_{2k}^2 [1 + k_2'^2 I_1'^2]} \Big\}, \quad (6)$$

здесь k_1, k_2', S_μ – соответственно коэффициенты аппроксимации средней кривой намагничивания и сечение сердечника; $I_1' = I_{km} - I_x'$; $I_2' = I_x' + I_{km}$; $U_{1k} = E_1 - I_{km}R$; $U_{2k} = E_1 + I_{km}R$; $U_{1x} = E_1 - I_x'R$; $U_{2x} = E_1 + I_x'R$; $E_1 = E - U_{k1} = E - U_{k2}$; E – источник питания магнитно-транзисторного мультивибратора; $U_{k1} \approx U_{k2}$ – падение напряжения на транзисторах; R – сопротивление балластного резистора; I_x' – приведенное к числу витков в коллекторной обмотке значение измеряемого тока; I_{km} – максимальное значение тока в коллекторной обмотке.

Выявлено, что длительность формируемых импульсов кроме измеряемого тока зависит от напряжения источника питания, сопротивления балластного резистора, тока коллекторной обмотки и магнитных свойств сердечника.

Разработаны линейная и нелинейная динамические модели магнитомодуляционных преобразователей постоянного тока. Показано, что разработанный преобразователь тока с ШИМ при малых отклонениях ширины импульса можно представить в виде последовательно соединенных цепочек линейных динамических звеньев с амплитудно-импульсной модуляцией, а для более точных исследований динамических свойств – в виде ключа, формирующего δ - импульсы и нелинейного формирователя, формирующего положительные прямоугольные импульсы.

В третьей главе – «Исследование статических и динамических характеристик магнитомодуляционных преобразователей постоянного тока» – изучены статические и динамические характеристики разработанных МППТ.

Полученное выражение статической характеристики имеет следующий вид:

$$U_{\text{вых}} = E_1 \frac{\left[\frac{k_2' U_{2x}}{R^2 + k_2'^2 U_{2x}^2} - \frac{k_2' U_{1x}}{R^2 + k_2'^2 U_{1x}^2} \right] \arctg \left[\frac{2k_2' I_{km}}{1 - k_2' I_1'} \right] + \frac{\left[\frac{k_2' U_{2x}}{R^2 + k_2'^2 U_{2x}^2} + \frac{k_2' U_{1x}}{R^2 + k_2'^2 U_{1x}^2} \right] \arctg \left[\frac{2k_2' I_{km}}{1 - k_2' I_1'} \right] - \left[\frac{R}{2[R^2 + k_2'^2 U_{1x}^2]} \ln \frac{U_{1k}^2 [1 + k_2'^2 I_2']}{U_{2k}^2 [1 + k_2'^2 I_1'^2]} - \frac{R}{2[R^2 + k_2'^2 U_{1x}^2]} \ln \frac{U_{1k}^2 [1 + k_2'^2 I_1'^2]}{U_{2k}^2 [1 + k_2'^2 I_2']} \right] - \left[\frac{R}{2[R^2 + k_2'^2 U_{1x}^2]} \ln \frac{U_{1k}^2 [1 + k_2'^2 I_2']}{U_{2k}^2 [1 + k_2'^2 I_1'^2]} + \frac{R}{2[R^2 + k_2'^2 U_{1x}^2]} \ln \frac{U_{1k}^2 [1 + k_2'^2 I_1'^2]}{U_{2k}^2 [1 + k_2'^2 I_2']} \right]}{1}. \quad (7)$$

Кривые статических характеристик $U_{\text{вых}} = f(I_x)$ для конкретных значений параметров E, R, R_δ, W_k и W_δ и при начальных значениях параметров: $E = 18$ Ом; $R = 150$ Ом; $R_\delta = 200$ Ом; $W_k = 100$; $W_\delta = 50$ приведены на рис. 3 и 4.

Анализ статических характеристик разработанных МППТ показал, что они имеют высокую линейность на начальном участке, причем продолжительность линейного участка характеристики зависит от величин, в основном влияющих

на максимальный ток коллектора ($I_{км}$), значений напряжения источника питания (E), сопротивления базового резистора ($R_б$) и числа витков базовой обмотки ($W_б$).

Установлено, что статическая характеристика линейна приблизительно на участке $(-0,6I_{км}W_k < I_x < +0,6I_{км}W_k)$. Чувствительность разработанных МППТ в большей степени определяется величиной сопротивления балластного резистора (R), числом витков коллекторной обмотки (W_k) и она растет с уменьшением W_k и с увеличением R .

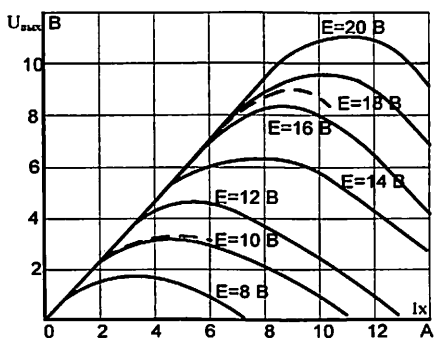


Рис.3. Кривые статических характеристик МППТ при разных значениях напряжения питания E .

Сплошные кривые – расчетные; пунктирные – экспериментальные

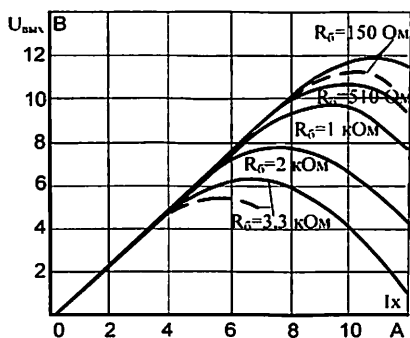


Рис.4. Кривые статических характеристик МППТ при разных значениях сопротивления базового резистора $R_б$.

Сплошные кривые – расчетные; пунктирные – экспериментальные

Анализ выражения статической характеристики разработанного МППТ с цифровым выходом и с дискретным фильтром показал, что дискретный фильтр не влияет на форму статической характеристики МППТ.

Установлено, что использование отрицательной обратной связи (ООС) в МППТ на магнитно-транзисторном мультивибраторе (МТМ) с ШИМ приводит к уменьшению его чувствительности в $(1 + K_p K_1 \frac{W_{oc}}{R_{oc}})$ раз (где K_p, K_1 – соответственно статический коэффициент передачи МППТ с разомкнутой отрицательной связью и коэффициент усиления усилителя; W_{oc}, R_{oc} – соответственно число витков обмотки и сопротивление обратной связи), а длина линейного участка характеристики увеличивается на величину $\frac{U_{вых} K_1 W_{oc}}{R_{oc}}$

Исследование переходного процесса разработанных МППТ показал (рис.5), что при больших постоянных времени фильтра низких частот (ФНЧ) ($\tau_\phi / T \geq 12$, где τ_ϕ, T – соответственно постоянная времени ФНЧ и

длительность импульсов) целесообразным является представление МППТ на МТМ с ШИМ в виде линейного импульсного звена с амплитудно-импульсной модуляцией.

Выявлено, что динамика МППТ с дискретным фильтром определяется в основном величиной постоянной времени входной цепи $\tau_{вх}$ и периодом T , определяющим время запаздывания выходного напряжения относительно тока $I_{вх}$.

Получено выражение передаточной функции МППТ с замкнутой ООС:

$$W_3(p) = \frac{N \frac{d_1^{1-\lambda} - d_1}{p - d_1}}{1 + N \frac{W_{oc}}{R_{oc}} \frac{d_1^{1-\lambda} - d_1}{p - d_1} \frac{p}{p - d_{oc}}} = K_1 \frac{p - d_{oc}}{p^2 + bp + c}, \quad (8)$$

где $K_1 = N(d_1^{1-\lambda} - d_1)$; $N = \frac{K_{ст}}{\lambda}$ - коэффициент передачи непрерывной части; $b = -\left[N \frac{W_{oc}}{R_{oc}} (d_1^{1-\lambda} - d_1) - d_{oc} - d_1\right]$; $c = d_1 d_{oc}$; $W_p(p) = N \frac{d_1^{1-\lambda} - d_1}{p - d_1}$ - передаточная функция МППТ без ООС разомкнутой системы); λ - относительная длительность сформированного импульса; $d_1 = e^{-\frac{T}{\tau_\phi}}$; $d_{oc} = e^{-\frac{T}{\tau_{oc}}}$; τ_{oc} - постоянная времени цепи ООС.

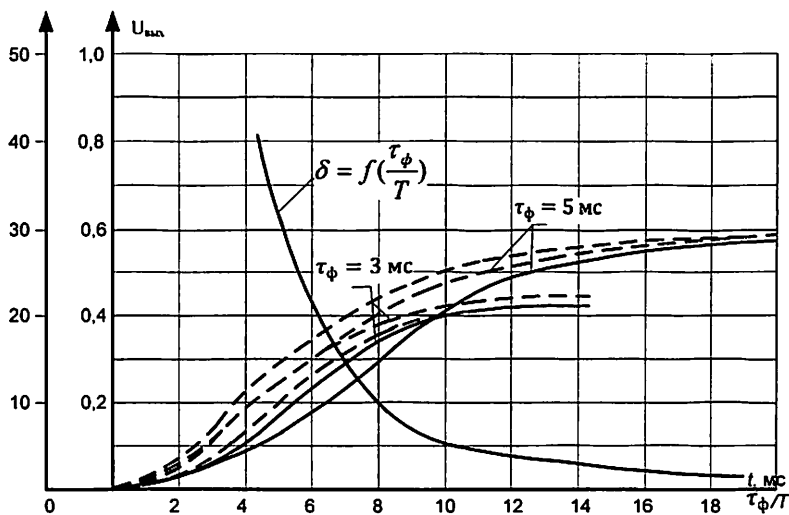


Рис.5. Графики переходного процесса разработанного МППТ при разных значения постоянного времени ФНЧ τ_ϕ и зависимости ошибки от величины τ_ϕ/T при расчете длительности переходного процесса при помощи линейной и нелинейной моделей: сплошные – по линейной модели; пунктирные – по экспериментальным данным.

Экспериментальными исследованиями установлено, что при анализе динамики МППТ с ООС можно пренебречь постоянной времени цепи, образованной обмоткой W_{oc} и резистором R_{oc} , так как при реальных параметрах цепи ООС, значения этой постоянной времени составляют единицы микросекунд, что минимум на два порядка меньше постоянных времени других цепей.

В четвертой главе – «Исследование погрешности и надежности магнитомодуляционных преобразователей постоянного тока» – исследованы погрешность и надежность, а также вопросы практического применения разработанных МППТ.

Анализ источников погрешностей разработанных МППТ показал, что наибольшее влияние на параметры их элементов, следовательно, на точность преобразования, оказывает изменение температуры окружающей среды. Выявлено, что погрешность, возникающая при изменении параметров ферромагнитного сердечника под воздействием температуры, приблизительно на два порядка ниже, чем погрешности, возникающие при температурных изменениях параметров других элементов МППТ.

Результаты проведенных экспериментальных исследований показал, что зависимость погрешности $U_{вых}$ от температуры практически линейна в интервале температур $\pm 50^\circ\text{C}$. Поэтому достаточно было исследовать погрешность в области положительных температур.

Показано, что наибольший вклад в величину погрешности вносит изменение коэффициентов усиления транзисторов МППТ под воздействием температуры, причем, чем меньше их величина и чем больше различаются они между собой, тем больше температурный дрейф выходного напряжения МППТ. Установлено, что для исключения влияния изменения коэффициентов усиления транзисторов преобразователя на суммарную погрешность, необходимо подобрать транзисторы с возможно более высоким коэффициентом усиления, либо применять составные транзисторы. Например, при применении транзисторов с коэффициентов усиления 100, погрешность МППТ уменьшается более, чем в три раза.

Получено условие минимума температурного дрейфа выходного напряжения разработанных МППТ:

$$\frac{ER_6W_k + 2U_dRW_6}{2U_dRW_6} = \frac{K_U}{K_R}, \quad (9)$$

где K_R , K_U – температурные коэффициенты соответственно балластного сопротивления и падения напряжения на диодах (U_d).

Проведенные исследования показали, что выполнение условия (9) позволяет уменьшить температурную погрешность МППТ приблизительно в 1,8 раза без дополнительного усложнения схемы. Рассмотрены способы уменьшения температурных составляющих погрешностей МППТ. Установлено,

что введение ООС уменьшает только мультипликативную погрешность, аддитивная погрешность незначительно изменяется под влиянием ООС. Аддитивные погрешности заметно уменьшаются только в тех случаях, когда при введении ООС, чтобы сохранить прежнее значение выходного сигнала, увеличивают номинальное для данного МППТ значение входной величины. Показано, что если для известного МППТ при разомкнутой цепи ООС максимальная погрешность составляла около 2% от максимального сигнала, то при замкнутой цепи ООС при неизменном статическом коэффициенте передачи $K_{ст}$ и соответственно с увеличенным МДС входной цепи преобразователя за счет изготовления магнитной системы в виде нескольких коаксиально расположенных тороидальных сердечников, соединенных между собой диаметральными перемычками с последовательно-согласно соединенными секциями обмотки на них эта погрешность составила уже около 0,74%.

Основные технические характеристики разработанного МППТ

Диапазон измерений, А	0-200
Чувствительность, В/А	1,1
Основная приведенная погрешность, $\pm\%$	0,4
Степень нелинейности рабочего участка статической характеристики, %	0,5
Напряжение источника питания, В	12
Количество витков в коллекторной обмотке	100
Количество витков в базовой обмотке	25
Сопrotивление балластного резистора, Ом	100
Сопrotивление базового резистора, Ом	150
Габариты, мм	115x75x30
Масса, кг, не более	150

Установлено, что для уменьшения погрешности и повышения надежности разработанных МППТ наиболее приемлемым методом является мажоритарное резервирование с помощью мажоритарного органа с нечетным числом входов, работающий по принципу 2 из 3 и реализующая функцию $m + 1$ из $2m + 1$ (где m – кратность резервирования). При этом уменьшение погрешности преобразования достигается уменьшением среднеквадратичного отклонения выходного сигнала от его среднего значения.

В работе исследована надежность МППТ. Показано, что основными элементами, приводящими к выходу из строя разработанных МППТ являются модулирующие и измерительные обмотки, в которых отказы происходят из-за

обрыва или короткого замыкания. Установлено, что при допустимой температуре нагрева провода, равной $T_{\text{доп}} = 90^{\circ}\text{C}$, и колебание её от 20°C до 110°C , надежность разработанных МППТ находится в пределах $(0,983 \div 0,831)$, а при $T_{\text{доп}} = 140^{\circ}\text{C}$ и в тех же пределах колебаний температуры - $(0,985 \div 0,910)$.

Разработанный МППТ внедрен в производственный процесс измерения тока на автономном источнике питания с аккумуляторными батареями. Применение разработанного МППТ позволило повысить точность контроля и управления процессами заряда, разряда и подзаряда. При этом ожидаемый годовой экономический эффект составил 103,9 млн. сум.

В приложении диссертации приведены результаты измерений и расчеты оценки погрешностей разработанных МППТ, а также акты внедрения и справки об использовании результатов научных исследований в производстве.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По результатам проведенных исследований по диссертации доктора философии (PhD) на тему: «Магнитомодуляционные преобразователи постоянного тока для систем контроля и управления автономными источниками питания» предлагается следующее заключение:

1. Выявлено, что преобразователи постоянного тока, применяемые в системах контроля режимами работы автономных источников питания, должны быть чувствительны к направлению тока в контролируемом объекте, иметь высокую дифференциальную чувствительность, точность измерения, линейность статической характеристики и надежность, а также должны сохранять способность преобразования в области больших токов и потреблять малую мощность. Показано, что наиболее полно этим требованиям отвечают магнитомодуляционные преобразователи постоянного тока.

2. Разработаны новые магнитомодуляционные преобразователи постоянного тока. Показано, что включение в схему преобразователя тока с блокирующими ключами трансформатора, реагирующего на производную измеряемого тока по времени и двух ждущих мультивибраторов, практически полностью исключает ложную информацию о направлении измеряемого тока, в результате чего повышается достоверность измерений.

3. Показано, что в магнитомодуляционном преобразователе постоянного тока с цифровым выходом, содержащим трансформаторный автогенератор, два конъюктора, генератор заполнения, два реверсивных счётчика, арифметический блок, непосредственное соединение входа второго конъюктора с трансформаторным автогенератором, а выхода второго счетчика - с другим входом арифметического блока, а также нахождение сигналов с обоих выходов трансформаторного автогенератора в противофазе, повышает его элементную надежность за счет исключения из схемы триггера и делителя. В результате

этого повышается дифференциальная чувствительность и надежность преобразователя тока.

4. Разработана статическая математическая модель процесса формирования импульсов в магнитомодуляционных преобразователях постоянного тока. Выявлено, что длительность формируемых импульсов, кроме измеряемого тока, зависит от напряжения источника питания, сопротивления балластного резистора, тока коллекторной обмотки и магнитных свойств сердечника. В результате этого повышается точность определения статических характеристик преобразователя тока.

5. Разработаны линейная и нелинейная динамические модели магнитомодуляционных преобразователей постоянного тока. Показано, что преобразователь тока с широтно-импульсной модуляцией при малых отклонениях ширины импульса можно представить в виде последовательно соединенных цепочек линейных динамических звеньев с амплитудно-импульсной модуляцией, а для более точных исследований динамических свойств - в виде ключа, формирующего δ - импульсы и нелинейного формирователя. В результате этого повышается точность определения динамических характеристик преобразователя тока.

6. Анализ статических характеристик разработанных магнитомодуляционных преобразователей постоянного тока показал, что они имеют высокую линейность на начальном участке, причем продолжительность линейного участка характеристики зависит от величин, в основном влияющих на максимальный ток коллектора ($I_{км}$), значения напряжения источника питания (E), сопротивления базового резистора (R_6) и числа витков базовой обмотки (W_6). Показано, что статическая характеристика линейна приблизительно на участке $(-0,6I_{км}W_k < I_x < +0,6I_{км}W_k)$.

7. Установлено, что использование отрицательной обратной связи в магнитомодуляционных преобразователях постоянного тока приводит к уменьшению его чувствительности в $(1 + K_p K_1 \frac{W_{oc}}{R_{oc}})$ раз (где K_p, K_1 - соответственно статический коэффициент передачи магнитомодуляционного преобразователя постоянного тока с разомкнутой отрицательной связью и коэффициент усиления усилителя; W_{oc}, R_{oc} - соответственно число витков обмотки и сопротивление обратной связи, а длина линейного участка характеристики увеличивается на величину $\frac{U_{вых} K_1 W_{oc}}{R_{oc}}$. Это позволяет повысить точность измерения разработанного магнитомодуляционного преобразователя тока.

8. Показано, что наибольший вклад в величину погрешности вносит изменение коэффициентов усиления транзисторов под воздействием температуры, причем, чем меньше их величина и чем больше различаются они между собой по значениям, тем больше температурный дрейф выходного напряжения магнитомодуляционных преобразователей постоянного тока.

Установлено, что для исключения влияния изменения коэффициентов усиления транзисторов преобразователя на погрешность, необходимо подобрать транзисторы с возможно более высоким коэффициентом усиления. Например, при применении транзисторов с коэффициентов усиления 100, погрешность магнитомодуляционных преобразователей постоянного тока уменьшается более чем в три раза. Это позволяет повысить точность измерения преобразователя тока.

**SCIENTIFIC COUNCIL ON ADMISSION OF ACADEMIC DEGREES
DS.c.27.06.2017 T.03.02 AT TASHKENT STATE
TECHNICAL UNIVERSITY
NAMED AFTER ISLAM KARIMOV**

**TASHKENT INSTITUTE OF RAILWAY
ENGINEERS**

ATAULLAEV NODIRJON ODILOVICH

**MAGNETOMODULATING DC CONVERTERS FOR SYSTEMS OF
CONTROL AND MODES OF AUTONOMOUS POWER SOURCES**

**05.01.06 - Elements and devices of computer and data processing
and controlling systems**

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

Tashkent 2018

Dissertation theme of the Ph.D. in technical sciences was registered in the Higher Attestation Commission under the Cabinet of Minister of the Republic of Uzbekistan under No. B2018.1.PHD/T545.

The thesis was made at the Tashkent Institute of Railway Engineers.

The abstract of the dissertation is given in three languages (Uzbek, Russian, English (summary)) is available on the web page of the Scientific Council (www.tdtu.uz) and the Information and Educational Portal "ZiyoNet" (www.ziyo.net).

Scientific consultant: **Amirov Sulton Fayzullaevich**
doctor of technical sciences, professor

Official opponents: **Abdukayumov Abdurashid**
doctor of technical sciences, professor

Safarov Abdurauf Malikovich
candidate of technical sciences, associate professor

Leading organization: "Scientific and technical center" of JSC
"Uzbekenergo"

Defense of the thesis will be held "10" 07 2018 at 10⁰⁰ the meeting of the Scientific Council DSc.27.06.2017.T.03.03 at the Tashkent State Technical University. (Address: 100095, Tashkent, Universitetskaya St., 2. Tel: (99871) 246-46-00; fax: (99871) 227-10-32; e-mail: tstu_info@tdtu.uz).

The thesis is available at the Information and Resource Center of the Tashkent State Technical University (registration number - 48). (Address: 100095, Tashkent, Universitetskaya St., 2. Tel.: (99871) 246-03-41).

The thesis abstract was sent out "26" 06 2018.
(mailing list No. "9" from "9" 06, 2018).



N.R. Yusupbekov
Chairman of the Scientific Council for
awarding academic degrees.

Doctor of Technical Sciences, Professor, Academician of the
Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan

J.W. Sevinov
Scientific Secretary of the Scientific Council for
awarding academic degrees, Ph.D., associate professor

H.Z. Igamberdiev
Chairman of the Scientific Council for
the Award of Scientists Degrees,
Doctor of Technical Sciences, Professor, Academician of the
Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan

INTRODUCTION (abstract of the thesis of the Doctor of Philosophy (PhD))

The aim of the research is the development of magnet modulation of DC converters with increased differential sensitivity, accuracy, reliability and a wide linear section of the static characteristic for control systems and control modes of the operation of autonomous power supplies.

The objectives of the research:

selection and justification of the type DC converters;
identifying characteristics of the charge mode, discharge and recharging the batteries;

improvement of the design of the magnetic system of the magnet modulation of DC converter;

substantiation of the basic requirements for DC converters for control and management systems for the modes of operation of autonomous power supplies;

development of new designs of magnet modulation of DC converters with increased differential sensitivity, accuracy, reliability and a wide linear section of the static characteristic;

the development of an engineering methodology for the design and algorithm of programs for calculating the parameters of magnet modulation of DC converters according to their specified characteristics.

The object of the research are magnet modulation of DC converters with a wide linear portion of the static characteristic and an increased differential sensitivity.

The scientific novelty of the research is as follows:

the magnet modulation of DC converter has been improved on the basis of a change in the design scheme of a coaxially located toroidal ferromagnetic core of the magnetic system;

the magnet modulation of DC converter has been improved on the basis of exclusion from the trigger and divider circuit, and also by using a reverse pulse counter in the circuit of a magneto-transistor multi vibrator;

a new device for monitoring and controlling the discharge, discharge and recharge modes due to the integration of the magnetic system and the magneto-transistor multi vibrator in one circuit is developed;

development of mathematical models of the process of pulse formation, as well as static and dynamic characteristics of magnet modulation of DC converters for theoretical analysis of their technical characteristics.

The structure and scope of the dissertation. The thesis consists of an introduction, four chapters, a conclusion, a list of literature, and an appendix. The volume of the thesis is 123 pages.

ЭЪЛОН ҚИЛИНГАН ИШЛАР РЎЙХАТИ
СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ
LIST OF PUBLISHED WORKS

I бўлим (I часть; I part)

1. Amirov S. F., Ataulaev N.O. Performance of Magnitemodulying Current Sensor// International Jornal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology. ISSN (Online): 2350 – 0328. Vol. 3, Issue 7, July 2016. – P. 2337 – 2346. (05.00.00 №8).

2. Amirov S. F., Ataulaev N.O., Ataulaev A.O. Approximation of the main magnetization curve of sensor magnetic circuits// International Jornal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology. ISSN (Online): 2350 – 0328. Vol. 5, Issue 4, April 2018. – P. 5515 – 5518. (05.00.00 №8).

3. Амиров С.Ф., Атауллаев Н.О., Рустамов Д.Ш. Статические характеристики магнитомодуляционных датчиков тока// Химическая технология. Контроль и управление. – Ташкент, 2011 – № 5. – С. 36-41. (05.00.00 №12).

4. Амиров С.Ф., Атауллаев Н.О., Рустамов Д.Ш. Линейная динамическая модель магнитомодуляционного датчика тока// Химическая технология. Контроль и управление. – Ташкент, 2011 – № 6. – С. 36-41. (05.00.00 №12).

5. Амиров С.Ф., Атауллаев Н.О., Рустамов Д.Ш. Нелинейная динамическая модель магнитомодуляционного преобразователя тока// Химическая технология. Контроль и управление.– Ташкент, 2012 – № 2. – С. 41-46. (05.00.00 №12).

6. Амиров С.Ф., Атауллаев Н.О., Рустамов Д.Ш. Погрешности магнитомодуляционных измерительных устройств постоянного тока// Химическая технология. Контроль и управление.– Ташкент, 2012 – №4. – С. 17-24. (05.00.00 №12).

7. Плахтиев А.М., Атауллаев Н.О., Атауллаев А.О. Погрешности бесконтактных ферромагнитных преобразователей неразрушающего контроля качества // Химическая технология. Контроль и управление. – Ташкент, 2010 – № 6. – С. 45-49. (05.00.00 №12).

8. Амиров С.Ф., Атауллаев Н.О., Шойимов Й.Ю. Динамика магнитомодуляционного преобразователя тока // Вестник ТашИИТ. – Ташкент, 2012. – №2. – С. 51-55. (05.00.00 №11).

9. Патент РУз. №04866. Электромагнитный преобразователь расхода/ Амиров С.Ф., Атауллаев А.О., Турдыбеков К.Х., Жураева К.К., Атауллаев Н.О.// Расмий ахборотнома. – 2014. – №4.

10. Патент РУз. №05590. Измерительный преобразователь постоянного тока Амиров С.Ф., Турдыбеков К.Х., Рустамов Д.Ш., Атауллаев Н.О., Файзуллаев Ж.С.// Расмий ахборотнома. – 2018. – №5.

11. Amirov S. F., Ataulaev N.O., Ataulaev A.O. Dynamics of magnetic-modulation current converter // Conference MITA 2015. The 11th international Conference on Multimedia Information Technology and Application. June 30 - July 2. 2015. Tashkent Uzbekistan.

12. Ataullaev N.O., Abdullaeva R. Converter for control and management of autonomous power sources // International Conference. Bridge to science: Research works. March 30, 2018. San Francisco, California, USA. – p.123-125.

13. Амиров С.Ф., Атауллаев Н.О. Электромагнитные датчики тока для контроля и управления автономными системами // Материалы Республиканской научно-технической конференции "Перспективы развития техники и технологии и достижения горно-металлургической отрасли за годы независимости Республики Узбекистан". – Навои, 2011. – С.511.

14. Амиров С.Ф., Атауллаев Н.О. Поисковое конструирование датчиков тока // Международная научная конференция. «Инновация-2011». Сборник научных статей. –Ташкент, 2011. –С.218-219.

15. Атауллаев Н.О. Характеристики магнитомодуляционных датчиков тока для автономных электрических объектов // Материалы Республиканской научно-технической конференции «Современные технологии и инновации горно-металлургической отрасли». – Навои, 2012. – С.247.

16. Атауллаев Н.О., Товбаев А.Н. Энергообеспечение автономных энергетических объектов с преобразованием солнечного света в электрический ток // Материалы Республиканской научно-технической конференции «Современные технологии и инновации горно-металлургической отрасли». – Навои, 2012. – С.301.

17. Атауллаев Н.О. Поисковое конструирование линейных динамических моделей магнитомодуляционного датчика тока // Международная научно-технической конференция «Современные техники и технологии горно-металлургической отрасли и пути их развития». – Навои, 2013. – С.204.

18. Атауллаев Н.О. Исследование динамических характеристик магнитомодуляционных преобразователей тока в химических производствах // Материалы научно-технической конференции «Перспективы науки и производства химической технологии в Узбекистане». – Навои, 2014. – С.219-220.

19. Атауллаев Н.О. Исследование нелинейных динамических моделей магнитомодуляционного преобразователя тока в металлургических и химических производствах // Материалы научно-технической конференции. «Перспективы науки и производства химической технологии в Узбекистане». – Навои, 2014. – С.167-168.

20. Атауллаев Н.О., Атауллаева Н.Б. Исследование магнитомодуляционных датчиков // Материалы научно-технической конференции «Горно-металлургический комплекс: достижения, проблемы и современные тенденции развития». – Навои, 2015. – С.225.

21. Атауллаев Н.О., Атауллаева Н.Б. Электромагнитные датчики постоянного тока с широтно-импульсной модуляцией // Материалы IX международной научно-технической конференции «Достижения, проблемы и современные тенденции развития горно-металлургического комплекса». – Навои, 2017. – С.205.

Автореферат «ТошТЙМИ хабарномаси» илмий-амалий журнали тахририятида тахрирдан ўтказилиб, ўзбек, рус ва инглиз тилларидаги матнларни ўзаро мослиги текширилди (25.06.2018 й.).

Қоғоз бичими 84x60-1/16. Ризограф босма усули. Times гарнитураси
Шартли босма табоғи: 2,7 б.т. Адади: 100 нусха.
Буюртма № 19-6/2018 Нашрга рухсат этилди: 25.06.2018 й.

Тошкент темир йўл муҳандислари институти босмахонасида чоп этилган.
Босмахона манзили: 100167, Тошкент шаҳар, Одилхўжаев кўчаси, 1-уй.