

ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТЕХНИКА УНИВЕРСИТЕТИ
ҲУЗУРИДАГИ ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ
DSc.03/30.12.2019.Т.03.02 РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ

НАВОИЙ ДАВЛАТ КОНЧИЛИК ВА ТЕХНОЛОГИЯЛАР
УНИВЕРСИТЕТИ

ИСМОИЛОВ МУХРИДДИН ТУЛКИН ЎҒЛИ

ЮҚОРИ ТЕЗЛИҚДАГИ АНАЛОГ АҲБОРОТЛАРИ КИРИШ
ҚУРИЛМАЛАРИНИНГ АНИҚЛИГИ ВА ШОВҚИНГА
ТУРҒУНЛИГИНИ ОШИРИШ

05.03.01 - Асбоблар. Ўлчаш ва назорат қилиш усуллари (техника фанлари)

техника фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD) диссертацияси
АВТОРЕФЕРАТИ

Тошкент – 2022

Фалсафа доктори (PhD) диссертацияси автореферати мундарижаси

Оглавление автореферата диссертации доктора философии (PhD)

Contents of dissertation abstract of doctor of philosophy (PhD)

Исмоилов Мухриддин Тулкин ўғли Юқори тезликдаги аналог ахборотлари кириш қурилмаларининг аниқлиги ва шовқинга турғунлигини ошириш.....	3
Исмоилов Мухриддин Тулкин угли Повышение точности и помехоустойчивости быстродействующих устройств ввода аналоговой информации.....	21
Ismoilov Mukhriddin Tulkin ugli Improving the accuracy and noise immunity of high-speed analog input devices.....	39
Эълон қилинган ишлар рўйхати Список опубликованных работ List of published works.....	42

**ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТЕХНИКА УНИВЕРСИТЕТИ
ҲУЗУРИДАГИ ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ
DSc.03/30.12.2019.T.03.02 РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ**

**НАВОИЙ ДАВЛАТ КОНЧИЛИК ВА ТЕХНОЛОГИЯЛАР
УНИВЕРСИТЕТИ**

ИСМОИЛОВ МУХРИДДИН ТУЛКИН ЎҒЛИ

**ЮҚОРИ ТЕЗЛИКДАГИ АНАЛОГ АХБОРОТЛАРИ КИРИШ
ҚУРИЛМАЛАРИНИНГ АНИҚЛИГИ ВА ШОВҚИНГА
ТУРГУНЛИГИНИ ОШИРИШ**

05.03.01 - Асбоблар. Ўлчаш ва назорат қилиш усуллари (техника фанлари)

**техника фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD) диссертацияси
АВТОРЕФЕРАТИ**

Фалсафа доктори (PhD) диссертацияси мавзуси Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамаси ҳузуридаги Олий аттестация комиссиясида В2020.3.PhD/T1819 рақам билан рўйхатга олинган.

Диссертация Навоий давлат кончилик ва технологиялар университетига бажарилган.

Диссертация автореферати уч тилда (Ўзбек, рус, инглиз (резюме)) Илмий кенгашнинг веб-саҳифасида (www.tdtu.uz) ва «ZiyoNeb» Ахборот таълим порталида (www.ziyounet.uz) жойлаштирилган.

Илмий раҳбар:

Жумаев Одил Абдужалилович
техника фанлари доктори, доцент

Расмий оппонентлар:

Алиев Равшан Маратович
техника фанлари доктори, профессор

Платнев Анатолий Михайлович
техника фанлари доктори, профессор

Етақчи ташкилот:


Муҳаммад ал-хоразмий номидаги Тошкент
ахборот технологиялари университети


Диссертация химияси Тошкент давлат техника университети ҳузуридаги DSc.03/30.12.2019.T.03.02 рақамли Илмий кенгашнинг 2023 йил «09» 01 соат 12⁰³ даги мажлисида бўлиб ўтди. (Манзил: 100095, Тошкент, Университет кўч., 2. Тел./факс: (99871) 246-46-00; (99871) 227-10-32; e-mail: tstu_info@tdtu.uz).


Диссертация билан Тошкент давлат техника университетининг Ахборот-ресурс марказида танишиш мумкин (292-рақам билан рўйхатга олинган). (Манзил: 100095, Тошкент, Университет кўч., 2. Тел.: (99871) 246-03-41.)

Диссертация автореферати 2022 йил «26» 12 куни тарқатилди.
(2022 йил «3» 12 даги 31- рақамли реестр баённомаси)




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


У.Ф. Мамиров
Илмий даражалар берувчи
илмий кенгаш илмий котиби,
т.ф.д., доцент


У.Т. Муҳамедханов
Илмий даражалар берувчи
илмий кенгаш қошидаги илмий семинар раиси,
т.ф.д., профессор

КИРИШ (фалсафа доктори (PhD) диссертациясининг аннотацияси)

Диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурати. Жаҳонда ҳозирги вақтда рақамли технологияларни қўллаган ҳолда, шу жумладан шовқин ва ҳалақитларни филтрлаш ёрдамида ўлчаш маълумотларини юқори сифатли қайта ишлашга катта эътибор берилмоқда. Бу борада аппарат ва дастурий воситалар ўртасида шовқинни филтрлаш функцияларини оптимал тақсимлаш жараёни, ўлчаш тизимларининг аниқлигини ва шовқинга турғунлигини ошириш борасида аналог модулларни яратиш муҳим аҳамият касб этмоқда. Бу борада дунёнинг ривожланган мамлакатларида рақамли ўлчаш тизимлари самарадорлигини оширишда эришилган натижалар, замонавий элементлар базаси ва рақамли технологиялар ютуқларини қўллаш орқали ўлчаш тизимларининг аниқлиги ва шовқинга турғунлигини ошириш масалаларини ўрганиш ва бу соҳадаги илмий изланишларни амалиётга жорий этиш муҳим вазифалардан бири ҳисобланади.

Жаҳонда замонавий илмий тадқиқотларда бирламчи ўзгартиргичлардан олинган сигналларни рақамли қайта ишлайдиган қурилмалар ҳал қилувчи роль ўйнайдиган ўлчаш тизимларининг тезлиги ва аниқлигини ошириш масалаларига қаратилган тадқиқотларга алоҳида эътибор берилмоқда. Ўлчаш тизимларининг ишончлилигини ошириш, салбий таъсир этувчи омилларни пасайтириш ва улар атрофида электрмагнит майдонлар туфайли ҳосил бўлган паразит шовқинларни йўқотиш мақсадида ўлчов воситаларини ишлаб чиқиш муҳим аҳмият касб этмоқда. Шу жумладан ўлчаш воситаларини яратиш учун аниқлик ва шовқинга турғунлигини оширадиган ўлчаш воситаларини ишлаб чиқиш ва амалиётга жорий этиш долзарб вазифалардан бири ҳисобланмоқда.

Республикамызда рақамли иқтисодий фаол ривожлантириш, барча тармоқлар ва соҳаларда, энг аввало, давлат бошқаруви, таълим, соғлиқни сақлаш ва қишлоқ хўжалигида замонавий ахборот-коммуникация технологияларини кенг жорий этиш, ва ўлчаш тизимларини жорий этиш бўйича комплекс тизимли чора-тадбирлар амалга оширилмоқда. 2022-2026 йилларга мўлжалланган Янги Ўзбекистоннинг тараққиёт стратегиясида, жумладан "... иқтисодийнинг энергия ва ресурс сарфини қисқартириш, ишлаб чиқаришга энергия тежамкор технологияларни жорий этиш, иқтисодий тармоқларидаги меҳнат унумдорлигини ошириш, ... иқтисодий, маҳсулотлар ишлаб чиқаришнинг технологик жараёнлариغا инновацион ишланма ва технологиялар жорий этилишини таъминлаш"¹ вазифалари белгилаб берилган. Мазкур вазифаларни амалга ошириш жумладан ўлчаш воситалари ва интеллектуал интерфейс тизимлари таркибий қисмларининг метрологик хусусиятларини яхшилаш муҳим вазифалардан бири ҳисобланади.

Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2018 йил 27 апрелдаги ПФ-3682сон "Инновацион ғоялар, технологиялар ва лойиҳаларни амалий жорий қилиш тизимини янада такомиллаштириш чора-тадбирлари тўғрисида"

¹ Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2022 йил 28 январдаги ПФ-60-сон "2022-2026 йилларга мўлжалланган Янги Ўзбекистоннинг тараққиёт стратегияси тўғрисида"га Фармони

ги ва 2022 йил 28 январдаги ПФ-60-сон “2022-2026 йилларга мўлжалланган Янги Ўзбекистоннинг тараққиёт стратегияси тўғрисида”ги Фармонлари, 2019 йил 17 январдаги ПҚ-4124-сон “Кон-металлургия тармоғи корхоналари фаолиятини янада такомиллаштириш чора-тадбирлари тўғрисидаги” қарори, ҳамда мазкур фаолиятга тегишли бошқа меъриий-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 техникасини ривожланишининг - IV “Ахборотлаштириш ва ахборот-коммуникация технологияларини ривожлантириш” устувор йўналиши доирасида бажарилган.

Муаммонинг ўрганилганлик даражаси. Дунёда, олий ўқув юртларининг кўплаб илмий марказлари ва лабораторияларида интерфейс тизимларининг хусусиятларини, шу жумладан интеллектуал ўлчаш тизимлари учун аналог кириш модулларини такомиллаштириш муаммоларини ҳал қилиш бўйича Berkeley, Los Angeles Massachusetts Institute of Technology, (АҚШ), University of Munich, Automatisierung (Германия), The University of Edinburgh, (Вуюк Британия), Yaskawa Toshiba (Япония), Technion-Israel Institute of Technology (Израиль), Н.Э.Бауман номидаги Москва давлат техника университети (Россия), Swiss Federal Institute of Technology Lausanne (Швейцария), Erasmus University Rotterdam (Голландия), ва ТошДТУ (Ўзбекистон) Миллий метрология институти ва бошқаларда илмий тадқиқот ишлари амалга оширилмоқда.

Тадқиқотнинг муаммоли вазифаларини ҳал қилиш ва ахборотни қайта ишлашнинг янги тамойиллари билан барқарор бошқарув тизимларини яратишда хорижлик олимлардан жумладан, J.R. Barnes², H.W. Ott³, С. Plapous⁴, R. V. Snyder,⁵ А. Н. Кузнецов,⁶ А. О. Калита⁷ ва бошқалар ўзларининг улкан хиссаларини қўшганлар.

² Tuomi M., Hugh R. J., James S. J., Chris G., R. Paul B., Steve S. V., John R. B. “Signals embedded in the radial velocity noise-Periodic variations in the τ Ceti velocities.” *Astronomy and Astrophysics* 551 2013: A79.

³ Ott H. W. *Electromagnetic compatibility engineering*. John Wiley and Sons, 2011.

⁴ Plapous C., Claude M., Laurent M., Pascal S. A two-step noise reduction technique // *IEEE international conference on acoustics, speech, and signal processing*, vol. 1, pp. 1-289. IEEE, 2004.

⁵ Snyder R. V., Macchiarella G., Bastioli S., Tomassoni C. Emerging trends in techniques and technology as applied to filter design. // *IEEE Journal of Microwaves*, 1, 2021 pp.317-344.

⁶ Кузнецов А. Н., Поляваев О. И., Перспективы использования систем активного шумоподавления // *Вестник* 1 2010: С. 46.

⁷ Калита А. О., Шахайда В. М. Системы шумоподавления с адаптивным управлением // *In Современные проблемы радиотехники и телекоммуникаций РТ-2015*, С. 221-221.

Мамлакатимиз олимларидан: Р.К.Азимов⁸, Ш.М.Гулямов⁹, Х.З.Игамбердиев¹⁰, П.Р.Исматуллаев¹¹, Т.Д.Раджабов¹², Э.Улжаев¹³, Ю.Г.Шипулин¹⁴, Н.Р.Юсупбеков¹⁵ ва бошқалар ўлчаш тизимларига доир муаммоларни ҳал қилиш, ўлчаш қурилмаларининг математик масалаларини ечиш, интеллектуаллаштириш ва моделлаштириш бўйича формал усуллар ва алгоритмлар ишлаб чиқишда муносиб ҳисса қўшганлар.

Бироқ, сўнгги йилларда ўлчаш тизимларининг аниқлигини оширишга қўйиладиган талаблар сезиларли даражада ошди, ammo ўлчашлар сифатини ошириш масалалари етарлича ўрганилмаган. Шу билан бирга, ўлчаш тизимларининг сифат хусусиятларини яхшилайдиган шовқинга чидамли қурилмаларни яратишга етарлича эътибор берилмаган.

Диссертация тадқиқотининг диссертация бажарилган олий таълим муассасасининг илмий-тадқиқот ишлари режалари билан боғлиқлиги. Диссертация тадқиқоти Навоий давлат кончилиқ ва технологиялар университети илмий тадқиқот ишлари режаларининг: 11/2021-Э-“Навоий кон металлургия комбинатининг 5-ва 7-сон металлургия заводларида рақамли технологиялар асосида интеллектуал бошқариш жараёнлари тизимини ишлаб чиқиш” (2020-2021) мавзусидаги хўжалиқ шартномаси доирасида бажарилган.

Тадқиқотнинг мақсади шовқин, ҳалақит ва ғалаёнларни дастурий филтрлаш орқали ўлчаш тизимлари учун юқори аниқлик ва шовқинга бардошли интерфейс қурилмаларини ишлаб чиқишдан иборат.

Тадқиқотнинг вазибалари:

ўлчаш тизимларининг шовқинга бардошлилигини ошириш учун асбоблар ва усулларни ўрганиш ва таҳлил қилиш;

фликкер шовқин таъсирини ҳисобга олган ҳолда ўлчаш тизимининг шовқинга бардошлилигини ошириш алгоритминини ишлаб чиқиш;

ўлчаш тизимларининг аниқлик хусусиятларига таъсир қилувчи оқ шовқинни бартариф этиш бўйича тадқиқотлар ўтказиш;

⁸ Азимов Р. К., Шипулин Ю. Г., Азимов А. Р. Оптоэлектронный преобразователь перемещений // Патент № 1825977 А1 МПК G01B 21/00. № 4900902 07.07.1993

⁹ Юсупбеков Н. Р., Темербекова Б. М., Гулямов Ш. М. Современные информационные технологии в автоматизированных системах управления энергохозяйством промышленных предприятий // Промышленные АСУ и контроллеры. – 2018. – № 12. – С. 3-9.

¹⁰ Igamberdiev H. Z., Kholodzhayev V. A. Algorithms for sustainable recovery of input influence on the basis of dynamic filtration methods // International Journal of Psychosocial Rehabilitation, 2020 24(03).

¹¹ Исматуллаев П. Р., Карлов А. В. Устройство для связи с объектом управления // Патент РФ № 1807586 А1 СССР, МПК H04Q 3/02.: 07.04.1993;

¹² Раджабов Т. Д., Рахимов Б. Н., Ларина Т. В. Оптоэлектронная информационная измерительная система для обнаружения и регистрации предразрушения элементов металлических конструкций. // Интерэкспо Гео-Сибирь, 5(1), 2011. pp.132-137.

¹³ Uljaev E., Narzullaev S. N., Erkinov, S. M. Increasing calibration accuracy of the humidity control measuring device of bulk materials. // Technical science and innovation, 2020(3), pp. 172-179.

¹⁴ Хамдамов Б. М., Шипулин Ю. Г., Абдураимов Ф. А., Холматов У. С. Интеллектуальный оптоэлектронный прибор для контроля расхода воды в открытых каналах // Наука. Образование. Техника. – 2015. – № 2(52). – С. 72-82.

¹⁵ Юсупбеков Н.Р., Алиев Р.А., Алиев Р.Р., Юсупбеков А.Н., Интеллектуальные системы управления и принятие решений // Ташкент. Издательство Национальной энциклопедия Узбекистана, 2015 – 572 с.

шовқин ва шовқинларнинг ўлчаш сигналларига таъсирини ўрганиш ва уларни ўлчаш тизимларининг шовқинга турғунлигини ва аниқлигини ошириш учун дастурий таъминот орқали филтрлаш имкониятларини яратиш.

Тадқиқотнинг объекти ўлчаш маълумотлари сифатини яхшилаш учун ҳалақит ва шовқинни дастурий филтрлашга ўлчаш тизимидан иборат.

Тадқиқотнинг предмети ҳалақит ва шовқинни дастурий филтрлашга ўлчаш тизимининг аниқлиги ва шовқинга турғунлигини ошириш усуллари ва алгоритмларидан иборат.

Тадқиқотнинг усуллари. Тадқиқот жараёнида тизимли таҳлил назарияси, сигналларни қайта ишлаш, ўлчаш тизимларини шовқинга турғунлигини ошириш, экспериментал маълумотларни таҳлил қилиш, қайта ишлаш ва шовқинни филтрлаш усулларида фойдаланилган.

Тадқиқотнинг илмий янгилиги қўйидагилардан иборат:

ўлчаш тизимларининг шовқинга турғунлигини ошириш қурилмалари ва усуллари таҳлил қилиш асосида ўлчаш тизимларининг динамик кўрсаткичларини яхшилаш имконини берадиган кириш сигнални рақамли филтрлаш услуги ишлаб чиқилган;

резистив элементлар томонидан юқори частотали бузилишлар ва ҳалақитларда ҳосил бўладиган, фликкер шовқиннинг таъсирини ҳисобга оладиган, узоқ ўлчаш даврини талаб қиладиган жараёнларда ўлчаш тизимининг шовқинга турғунлигини оширадиган кириш сигналнинг дисперсиясини ҳисоблаш алгоритми ишлаб чиқилган;

тасодиқий жараёнлар таъсирида юзага келадиган, ўлчаш тизимларининг аниқлик хусусиятларига таъсир қиладиган, оқ шовқинни бартараф этиш коэффицентини аниқлаш алгоритми ишлаб чиқилган;

ўлчаш тизимининг аниқлигини оширадиган, унинг динамик характеристикасини силлиқловчи, кириш сигнали параметрларининг қийматларини ҳисоблаш алгоритми ишлаб чиқилган.

Тадқиқотнинг амалий натижалари қўйидагилардан иборат:

интерфейс модуллари таъминлаш ва ўлчаш тизимларининг аниқлиги ва шовқинга турғунлигини оширишга ёрдам берадиган схемалар ишлаб чиқилган;

саноат ускуналарининг ўлчаш тизимларида энг кенг тарқалган шовқин турларини рақамли филтрлаш жараёнларини амалга оширадиган алгоритмлар ва таъминот дастурлар ишлаб чиқилган.

Тадқиқот натижаларининг ишончлилиги. Тадқиқотда олинган натижаларнинг ишончлилиги ўлчаш асбоблари ёрдамида олиб борилган назарий ва экспериментал тадқиқотлар натижаларининг ўзаро уйғунлиги, интерфейс қурилмаларини тадқиқ этиш учун назарий ҳисоблашлар ва компьютерли моделлаштириш натижалари ва уларнинг изчиллиги билан асосланади.

Тадқиқот натижаларининг илмий ва амалий аҳамияти.

Тадқиқот натижаларининг илмий аҳамияти ишлаб чиқилган алгоритмлар ва шовқинларни филтрлашга мос келувчи дастурларни қўллаш асосида

Ўлчаш тизимларининг аниқлиги ва шовқинга турғунлигини оширувчи услубиятларнинг таклиф этилганлиги билан тавсифланади.

Тадқиқот натижаларининг амалий аҳамияти ўлчов ахборотини юқори тезликда қайта ишловчи, шовқинларни филтрловчи ишлаб чиқилган микропроцессорли ўлчов тизимининг амалиётда қўлланганлиги билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг жорий қилиниши. Микропроцессорли ўлчаш тизимини ишлаб чиқиш бўйича олинган илмий ва амалий натижалар асосида:

резистив элементлар томонидан юқори частотали бузилишлар ва ҳалақитларда ҳосил бўладиган, фликкер шовқиннинг таъсирини ҳисобга оладиган, узоқ ўлчаш даврини талаб қиладиган жараёнларда ўлчаш тизимининг шовқинга турғунлигини оширадиган кириш сигналининг дисперсиясини ҳисоблаш алгоритми Кон-металлургия комбинати Марказий Кон бошқармасининг ГМЗ-7 да жорий қилинган (Навоий Кон-металлургия комбинати давлат корхонасининг 2022 йил 20 сентябрдаги 26.01-01-05/1106-сон маълумотномаси). Натижада, маълумотларни киритиш қурилмаларининг аниқлиги ва шовқинга чидамлилигини ошириш, технологик режимларини барқарорлаштириш ва асбоб-ускуналар ва саноат қурилмаларининг самарадорлигини ошириш имконини берган;

ўлчаш тизимининг аниқлигини оширадиган, унинг динамик характеристикасини силлиқловчи, кириш сигнали параметрларининг қийматларини ҳисоблаш алгоритми Кон-металлургия комбинати Марказий Кон бошқармасининг ГМЗ-7 да жорий қилинган (Навоий Кон-металлургия комбинати давлат корхонасининг 2022 йил 20 сентябрдаги 26.01-01-05/1106-сон маълумотномаси). Натижада, жараённинг технологик режимларини барқарорлаштириш, энергияни бошқариш сифати ва аниқлиги, ёқилгини тежаш ва маҳсулот таннархини пасайтириш натижасида 2-3% иқтисодий самарадорликка эришилган.

Тадқиқот натижаларининг апробацияси. Мазкур тадқиқот натижалари 2 та халқаро ва 2 та республика миқёсидаги илмий-амалий конференцияларда муҳокамадан ўтказилган.

Тадқиқот натижаларининг эълон қилинганлиги. Диссертация мавзуси бўйича жами 18 та илмий иш чоп этилган, шулардан Ўзбекистон Республикаси Олий аттестация комиссияси томонидан тавсия этилган илмий нашрларда 6 та мақола, хорижий илмий журналларда 3 та мақола чоп қилинган. Шунингдек, Ўзбекистон Республикаси Адлия Вазирлиги хузуридаги Интеллектуал мулк агентлигидан ЭХМ лар учун дастурий маҳсулотларга 7 та гувоҳнома олинган.

Диссертациянинг тузилиши ва ҳажми. Диссертация кириш, тўртта боб, хулоса, фойдаланилган адабиётлар рўйхати ва иловалардан иборат. Диссертация ҳажми 100 бетни ташкил этади.

ДИССЕРТАЦИЯНИНГ АСОСИЙ МАЗМУНИ

Кириш қисмида тадқиқот мавзусининг долзарблиги кўрсатилган, мақсади шакллантирилган ва унга эришиш учун вазифалар қўйилган, илмий янгилик, шунингдек тадқиқотнинг назарий ва амалий аҳамияти очиб берилган. **“Ўлчаш тизимлари учун шовқинга чидамли модулларни яратиш хусусиятлари”** деб номланган биринчи бобида ахборот ва ўлчаш тизимларининг аналог модулларига ҳалақитларни бартараф этиш учун мавжуд ҳисоблаш усуллари ва схемотехник тамойиллари, шунингдек уларнинг шовқинга турғунлигини таъминлаш усуллари таҳлил қилинди.

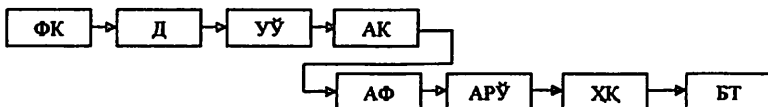
Шовқинга турғунликни оширишнинг мавжуд конструктив ва схемотехник усуллари барча ташқи безовта қилувчи омилларни тўлиқ қоплай олмаслиги ва уларнинг таъсирини ҳар томонлама бартараф эта олмаслиги, шунингдек интерфейс тизимларининг аналог модулларининг шовқинга турғунликни таъминлай олмаслиги аниқланди.

Интерфейс тизимларининг аналог кириш модулларининг шовқинга турғунлигини таъминлаш учун илгари ишлаб чиқилган конструктив ва схемотехник ечимларини кўриб чиқиш шуни кўрсатдики, энг долзарб усул лойиҳалаш ва техник хизмат кўрсатишнинг барча босқичларида аналог модулларнинг шовқинга турғунлигини ошириш учун алгоритмик усулларни ишлаб чиқишга асосланган.

Шунингдек, аналог модулларнинг шовқинга турғунлигини ва ишончлигини оширишнинг истиқболли йўналиши-бу лойиҳаланаётган блокларнинг оптимал тузилишини аниқлаш учун шовқинга турғунлигини мақбул даражасига имкон берадиган оптимал қийматларни ва ташқи безовта қилувчи ҳалақитларнинг спектрал частоталарини қидириш ҳисобланади.

Иккинчи боб **“Ўлчаш тизимларининг шовқинга турғунлигини аниқлашнинг математик усуллари”** деб номланган бўлиб, ташқи безовта қилувчи шовқинлар таъсири остида ахборот ва ўлчаш тизимларининг аналог блокларининг элементар базаси таркибида юзага келадиган ва ўлчаш сигналларининг аниқлиги ва ишонччилиги бўйича номинал қийматлардан оғишига олиб келадиган жараёнларни тавсифлайди.

Аналогли киритиш қурилмаларининг ривожланиш тенденциялари ўлчаш каналининг куйидаги тузилишини аниқлайди (1-расм). Физик катталик (ФК) бирламчи ўлчаш ўзгарткичи (датчик-Д) томонидан ток ёки кучланишга (Доимий, Ўзгарувчан) айлантирилади, кейин бу сигнал унификациялашган ўзгарткич (УЎ) томонидан кучайтирилади, бу унификацияланган сигнални ҳосил қилади (0-1В, 0-2В, 0-5В, 0-20мА, 4-20мА) бу сигнал алоқа канали (АК) бўйлаб Аналог рақамли ўзгарткич (АРЎ) киришларига узатилади. Баъзи ҳолларда АРЎ олдида аналог (анти-лайзингли) фильтрлар (АФ) ўрнатилади. АРЎ дан кейин маълумотлар рақамли равишда микроконтроллер, дастурланувчи мантиқий қурилма ёки компьютердан иборат ҳисоблаш қурилмаси (ХҚ) томонидан қайта ишланади. Ўлчанган параметрнинг қиймати назорат ва бошқарув тизимининг рақамли интерфейсларига узатилади.



1-расм. Ўлчаш каналининг структура схемаси

Динамик режимда Интеллектуал ўлчаш тизимлари аналог блокларининг кириш ўлчаш сигналларининг барқарор шовқин турғунлигини таъминлайдиган математик модель қурилди. Ҳарорат ва частотанинг бузилиши ва шовқинларининг биргаликдаги таъсирини ҳисобга олган ҳолда прецизион кучайтиргичларида ва интеллектуал ўлчаш тизимлари аналог блокларининг ўзгарткич қисмида кириш сигналларининг аниқлиги ва ишончилиги нуқтаи назаридан хусусиятларнинг барқарорлигини баҳолаш алгоритми ишлаб чиқилди.

Аналог блокларнинг умумий хатолигини аниқлаш учун иккита формула қабул қилинди:

$$\delta_{\Sigma \Delta x} = \delta_{\Delta x} + \delta_D + \delta_{U\dot{U}} + \delta_{AK} + \delta_{AF} + \delta_{AR\dot{U}} + \delta_{HK}$$

$$\delta_{\Sigma \Delta x} = \sqrt{(\delta_{\Delta x})^2 + (\delta_D)^2 + (\delta_{U\dot{U}})^2 + (\delta_{AK})^2 + (\delta_{AF})^2 + (\delta_{AR\dot{U}})^2 + (\delta_{HK})^2} .$$

Бу ерда

$\delta_{\Sigma \Delta x}$ - солиштирма хатоликларнинг арифметик суммаси

$\delta_{\Sigma \Delta x}$ - солиштирма хатоликларнинг ўрта квадратик қиймати.

Рақамли датчикнинг чиқишида сигналнинг хатолиги (γ_{RD}) 4 та компонентга эга

$$(\gamma_{RD})^2 = (\gamma_D)^2 + (\gamma_{AF})^2 + (\gamma_{AR})^2 + (\gamma_H)^2,$$

бу ерда γ_D - унификациялашган чиқишли датчик хатолиги;

γ_{AF} - антиалязингли фильтр хатолиги;

γ_{AR} - аналог интерфейс хатолиги (аналог мультиплексор, аналог хотира қурилмаси, АРЎ);

γ_H - спектр қўйилиши хатолиги.

Спектр қўйилиши хатолиги (γ_H) датчик сигнални дискретизациялашда частота дискретизацияси (ω^H) ва $A(\omega)$ датчик сигналнинг спектрал зичлигининг параметри ҳисобланади:

$$\gamma_H = F_1(\omega^H; A(\omega)).$$

Ушбу боғлиқликни спектрларнинг суперпозициясининг берилган хатолиги учун частота дискретизацияси нуқтаи назаридан ҳам кўриб чиқиш мумкин

$$\omega^H = F_2(\gamma_H; A(\omega)).$$

Паст частотали спектрли сигналлар учун спектрларни суперпозиция қилиш хатолигини сигналнинг спектрал зичлиги $A(\omega)$ дискретизация

частотаси ω_{∂}^H ёрдамида олиш мумкин:

$$(\gamma_H)^2 = \frac{\delta_1 + \delta_2}{E},$$

бу ерда δ_1 – кесиш частотасидан кейинги сигнал энергияси;

δ_2 – кесиш частотасидан олдинги сигнал энергияси;

E – бутун диапазонда сигнал энергияси.

Бу қийматлар [1,2,3] формулалар бўйича ҳисобланади

$$\delta_1 = \frac{1}{\pi} \cdot \int_{0,5\omega_{\partial}^H}^{\infty} |A(\omega)|^2 d\omega, \quad (1)$$

$$\delta_2 = \frac{1}{\pi} \cdot \int_0^{0,5\omega_{\partial}^H} \left| \sum_{l \neq 0}^{+\infty} A(\omega + \omega_{\partial} \cdot l) \right|^2 d\omega, \quad (2)$$

$$E = \frac{1}{\pi} \cdot \int_0^{\infty} |A(\omega)|^2 d\omega. \quad (3)$$

Қўплаб амалий ҳолатлар учун ўринли бўлган Дискретлаштирилган сигнални 1-гармоникаси бўйича чегаралайдиган бўлсак δ_1 и δ_2 катталар тенг бўлади. Унда қуйидаги $(\gamma_H)^2 = \frac{1\delta_1}{E}$ тенглик кўринишда ёзилади.

“Рақамли филтрлашнинг алгоритмик усуллари ва кириш сигналнинг квантлашнинг чиқиш сигналига таъсири” деб номланган учинчи бобда шовқин турғунлиги даражасини ва аниқлигини баҳолаш алгоритми ишлаб чиқилган ва бу интеллектуал ўлчаш тизимлари аналог модулларининг ташқи безовта қилувчи омилларни этиборга олган ҳолда иш қобилиятини башорат қилишга имкон беради.

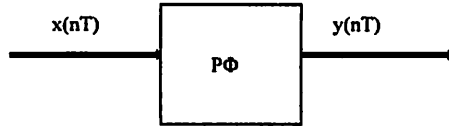
Интеллектуал ўлчаш тизимлари аналог модулларини лойиҳалаш ва эксплуатация қилиш пайтида ташқи безовта қилувчи ҳам иссиқлик, ҳам фликкер шовқин хусусиятларининг қийматларини аниқлаш, барқарор шовқин турғунлигини ва ўлчаш сигналларининг ишончлилигини таъминлаш муаммосини ҳал қилиш учун шовқинга турғунлигини ошириш алгоритмлари ишлаб чиқилган.

Дискрет бошқарув тизимининг барқарорлигини таъминлаш шартларини ҳисобга олган ҳолда рақамли технологиялар асосида амалга ошириладиган классик адаптив бошқарув алгоритмларини такомиллаштириш учун схемотехник ечимлардан фойдаланиш ҳар доим ҳам керакли натижани бермайди.

Технологик жараёнларни бошқариш тизимларини янада ривожлантириш билимларни қайта ишлашнинг замонавий усуллари ва технологияларидан фойдаланган ҳолда автоматик бошқариш тизимларини интеллектуаллаштиришга асосланган.

Рақамли филтрни (РФ) қуйидаги тенглама билан тавсифланган дискрет тизим сифатида кўриб чиқиш мумкин, унинг ечими дастурий равишда амалга ошади.

$$y(nT) = \sum_{m=1}^{M-1} a_m y(nT - mT) + \sum_{k=0}^{N-1} b_k x(nT - kT).$$



2-расм. Рақамли филтр структура схемаси

Кириш параметри $x(nT)$ ва чиқиш функцияси $y(nT)$ квантлар кетма-кетлиги сифатида аниқланади (2-расм). Бироқ, алгоритмнинг ишлашини амалга оширишда филтрлаш кичик хато билан содир бўлади. Дастурий ва алгоритмик ечимларнинг асосий вазифаси квантлаш хатосини йўқотишдир.

Шовқин ва шовқинларни филтрлаш тезлиги вақт t_{min} бўйича $t_{min} \leq T$, шарт бўйича ҳисобланади, бу ерда T -сигналларнинг квантлаш даври вақти.

Алгоритмик таъминотни амалга оширишнинг асосий воситаси дастурий таъминотни амалга ошириш ҳисобланади.

Куйидаги тенглама билан берилган рекурсив бўлмаган рақамли филтрни амалга оширишни кўриб чиқамиз (3- расм):

$$y(nT) = \sum_{k=0}^4 b_k x(nT - kT) = b_0 x(nT) + b_1 x((n-1)T) + b_2 x((n-2)T) + b_3 x((n-3)T) + b_4 x((n-4)T)$$

ёки узатиш функцияси билан

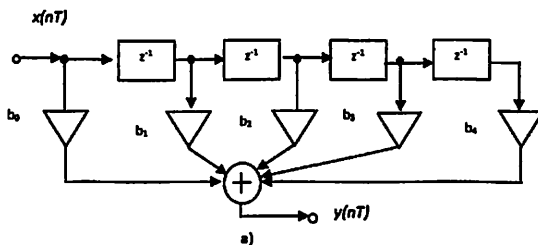
$$H(z) = \sum_{k=0}^4 b_k z^{-k}.$$

Детерминистик таъсир остида филтр ва чиқиш сигналларининг характеристикаларини ҳисоблаш учун қуйидаги усулдан фойдаланамиз.

Л тугуллари ва Р тармоқларини ўз ичига олган блок-диаграмма (ёки дискрет тизимнинг графи) берилсин ва $x_k(nT)$ кириш рақамли сигнали k -туғунида қўшимчанинг чиқишида ҳосил бўлган квантланган кетма-кетлик бўлсин,

$$X_k(z) \text{-} z \text{-кетма-кетликдаги алмаштириш } x_k(nT), \quad k = 1, 2, \dots, L.$$

Графларнинг ҳар бир тугуни учун тугун тенгламаси ёки уларнинг ўзаро кетма-кетлигини тавсифловчи Z тасвирлар ёзилиши мумкин.



3-расм. Рақамли филтр Z тасвирининг структура схемаси

Шундай қилиб, биз Z -тасвирлар учун L алгебраик тенгламалар тизимини $X_k(z)$, $k = 1, \dots, L$ оламиз, бу тизимни ечишда биз $X(z)$:кириш кетма-

кетлигининг Z-тасвири билан ифодаланган $Y(z)$ чиқиш кетма-кетлигининг Z-тасвирини топишимиз мумкин

$$Y(z) = H(z)X(z),$$

бундан тизимнинг узатиш функцияси $H(z)$ аниқланади. Худди шундай, дискрет тизимнинг исталган қисмининг узатиш функциялари аниқланади.

Фильтр киришига гармоник сигнал $x(nT) = e^{j\omega nT}$ берилганда ўткинчи жараённинг давомийлигини ҳисоблаймиз у ҳолда $y(nT)$ чиқиш сигнали $n \rightarrow \infty$ ω частота билан гармоник сигналнинг барқарор қийматига интилади.

$$y_{ch}(nT) = A(\omega)e^{j\varphi(\omega)}e^{j\omega nT},$$

бу ерда $H(z)$ - фильтрнинг белгиланган узатиш функцияси; $A(\omega) = |H(e^{j\omega T})|$ - фильтрнинг АЧХи;

$\varphi(\omega) = \arg H(e^{j\omega T})$ - фильтрнинг ФЧХи. Кўпинча ўтиш жараёнининг ҳақиқий давомийлиги lT ни тахмин қилиш керак $n=l$, $y(nT) \approx y_{ch}(nT)$ яқинлашиш қийматини аниқлаш талаб этилади. Шубҳасиз, иккинчиси тўғри, агар

$$\sum_{n=0}^{\infty} |h(nT)| \approx \sum_{n=0}^l |h(nT)|. \quad (4)$$

(4) тахминий тенгликнинг маъноси (5) аниқланиши мумкин, масалан: (5) агар бажарилган бўлса:

$$\sum_{n=0}^{\infty} |h(nT)| - \sum_{n=0}^l |h(nT)| = \sum_{n=l+1}^{\infty} |h(nT)| < \varepsilon, \quad (5)$$

ва
$$\varepsilon \leq \varepsilon_1 \sum_{n=0}^l |h(nT)|. \quad (6)$$

ε_1 , катталикини бериб, масалан $\varepsilon_1 = 0,01 \dots 0,001$, ва маълум бўлган $h(nT)$ характеристика орқали (6) дан l катталикини аниқлаш мумкин, бунда хатолик ε белгиланган қийматдан ошиб кетмайди. Дискрет тасодифий кетма-кетликларни фильтрлаш қуйидагича амалга оширилади, бу ерда $x(nT)$ стационар тасодифий кетма-кетлик импульсли характеристикаси ва $h(nT)$ узатиш функцияси бўлган дискрет фильтрда ишлайди

$$H(z) = \sum_{n=0}^{\infty} h(nT)z^{-n}.$$

Фильтрнинг чиқиш $y(nT)$ тасодифий кетма-кетлиги нисбатдан аниқланади:

$$y(nT) = \sum_{k=0}^{\infty} h(kT)x(nT - kT)$$

ёки Z тасвирдаги муносабат орқали

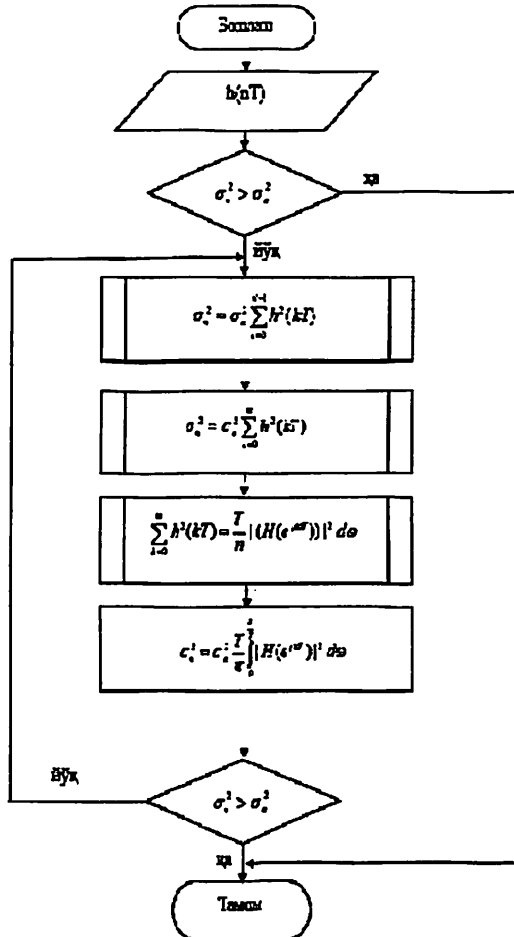
$$y(z) = H(z)X(z).$$

Кириш кетма-кетлигига мутаносиб характеристикалар маълум бўлса, $y(nT)$ чиқиш кетма-кетлиги статистик характеристикасини топамиз. Чиқиш кетма-кетлиги ўртача қуввати $P_{урт}$

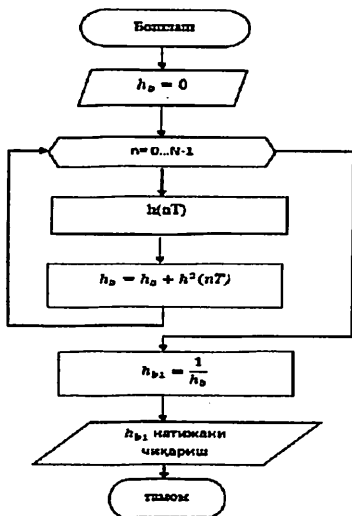
$$P_{урт} = P_{ур} \sum_{n=0}^{\infty} h^2(nT).$$

Агар кириш сигнали нолга тенг бўлса ($\mu_x = 0$), унда

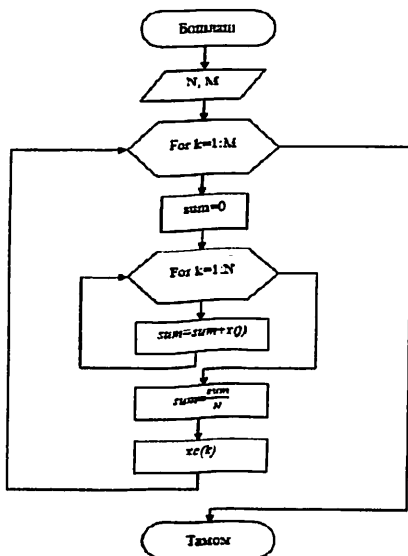
$$\sigma_y^2 = \sigma_x^2 \sum_{n=0}^{\infty} h^2(nT)$$



4-расм. Фликкер шовқин таъсирини ҳисобга олган ҳолда кириш сигналнинг дисперсиясини ҳисоблаш алгоритми



5-расм. Ўлчаш тизимларининг аниқлик хусусиятларига таъсир қилувчи оқ шовқинни баргараф этиш коэффициентини аниқлаш алгоритми.



6-расм. Кириш сигнали параметрларининг ўртача арифметик қийматларини ҳисоблаш алгоритми

“Шовқинларни дастурий филтрлаш билан микропроцессорли ўлчаш тизимини ишлаб чиқиш ва тадқиқ қилиш” деб номланган тўртинчи бобда интеллектуал ўлчаш тизимлари аналог блоklarининг шовқинга

турғунлигини ошириш ва баҳолаш учун ишлаб чиқилган алгоритмларни лойиҳалаш ва ишлаш босқичларида амалий татбиқ этиш кўриб чиқилган.

Автоматик бошқариш тизимларида (АБТ) аналогли киритиш чиқариш қурилмалари реал бошқариш объектлари билан контроллерларнинг мультиплекс алоқа каналлари интерфейсларини ташкил қилиш учун кенг қўлланилади. Дастурланувчи мантиқий контроллер (ДМК) ва ўлчаш датчиклари ўртасида ахборот алмашинувининг тавсия этилган тезлигини таъминлаш кўп жиҳатдан коммутация мосламаларининг конфигурациясини мақбул танлашга, ресурслардан оқилона фойдаланишга ва интерфейс параметрларига боғлиқ.

Ишлаб чиқилган киритиш чиқариш интерфейси биринчи марта НКМК ОАЖ ГМЗ-7 рақамли бошқарувининг ишлаб чиқариш тармоқларида, RS-485 интерфейсли модулар ўрнида интерфейс сифатида тизимнинг датчик ва ижро механизмлари билан алоқасини ташкил этиш учун ишлатилган. Ушбу модуль бир вақтнинг ўзида муҳандислик ечимларида маълумот олиш ва сигналларни узатиш учун қурилма сифатида ишлатилиши мумкин. Ишлаб чиқилган интерфейснинг схемаси 8-расмда кўрсатилган.

Унификациялашган ток сигналларини қабул қилиш ва узатиш учун интерфейс схемаси функционал равишда ток датчики 6, инвертор киришдан фойдаланилган кучайтиргич 10, АРЎ 7 ва интерфейс қабул қилувчиси қисмидата ўз ташқи қувват манбаини 5 бошқариш учун тизим микроконтроллеридан 4 иборат; интерфейс қабул қилувчи қисмида, ток манбаи 8, маълумотларни таққослаш кучайтиргичи 11 ва тизим интерфейснинг узатувчи қисмидаги РАЎ 9 дан иборат.

Чиқиш токига таъсир қиладиган хатоларни ютиш учун ток манбаи 8 ва қабул қилгич-узатгични таққослаш учун кучайтиргичдан иборат электрон манфий тескари алоқа билан қопланади ва уларнинг рақамли интерфейслари ишлаб чиқувчининг хоҳишига кўра тизим микроконтроллерига 4 уланиши мумкин, ёки тўғридан-тўғри алоқа орқали ёки гальваник боғлиқлик схемалари орқали уланиши мумкин. Ток датчикининг кириши 6 бир вақтнинг ўзида бутун қабул қилгич узатгичнинг кириши ток манбаининг чиқиш контакти 8 бутун интерфейс тизимининг чиқиши ҳисобланади. Унификациялашган ток сигналлари қабул қилгич узатгич интерфейси ишлаши қуйидагича: қабул қилгич токли ҳалқа схемасига уланганда интерфейснинг узатувчи қисмидаги ток манбаи 8 очиқ бўлади, натижада кириш токи стабилизатор 2 нинг параллель контурида кучланиш тушуви ҳосил бўлади.

Қабул қилгичнинг стабиллашган ток даражаси ток манбаи 8 томонидан белгиланади ва ўрнатилади, унинг номинал даражаси интерфейс қабул қилгич узатгичнинг ўз истеъмол эҳтиёжлари токидан кам бўлмаслиги керак. Микроконтроллер 4 таркибида 9 кўп тактли интеграллаш АРЎ 7 ва РАЎ 9 мавжуд. Қурилма узатиш режимида ишлаётганда, микроконтроллер 4 РАЎ 9 га чиқиш токига мос келадиган рақамли маълумотларни ёзишни бошлайди. АРЎ 7 чиқишидаги маълумотларни ўқийди ва бир вақтнинг ўзида уларни узатиш токининг жорий қиймати билан таққослайди. Қўлланган ва

узатилаётган токнинг фарқ қийматлари билан микроконтроллер томонидан католик сигнали ҳосил қилинади.

Қурилма қабул қилувчи режимда ишлаётганда, узатгич қисмида алгоритмик равишда ўлчанган ток диапазонининг юқори чегарасидан ошиб кетадиган белгиланган сигнални аниқлаш ва бериш вазифасини белгилаш керак. Шундай қилиб, кириш ток амплитудаларининг тасодифий тебранишларидан автоматик ҳимоя қилиш амалга оширилади, чунки айни пайтда жорий чегарада белгиланган даражага эришилади, бу эса қурилманинг ишончлилигини таъминлайди.

Микропроцессор тизими билан маълумот алмашишни ташкил қилиш учун универсал интерфейс ишлаб чиқилган

Универсал интерфейс 4 - 20мА /0 - 5мА

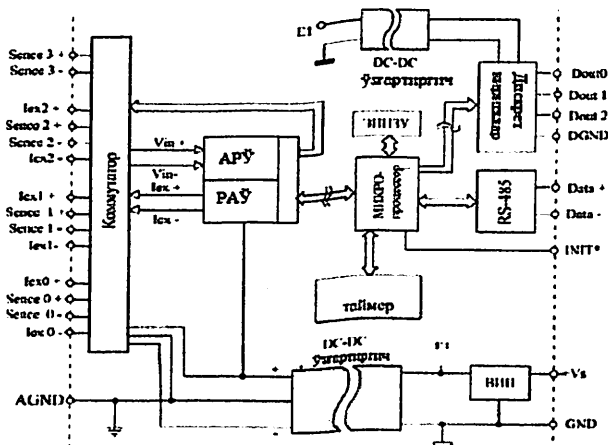
Қабул қилувчи узатувчи қурилманинг асосий техник параметрлари

1. Чиқиш сигналларини узатиш ва қабул қилиш режимларида ҳимояни аниқ ўрнатиш имконияти мавжуд.

2. Муҳим ўлчаш нуқталарини кучайтириш ва алмаштириш орқали хизмат кўрсатадиган интерфейслар ва критик нуқталар сонини мустақил тартибга солиш мавжуд.

3. 0-5 мА интерфейзда жорий сигнални қайтариш режимларини тезкор фаоллаштириш имкониятлари

4. У 5 В, 7 В, 17 В учун универсал стабиллаштирилган таъминот кучланиши билан жиҳозланган



7-расм. Ишлаб чиқилган микропроцессор модулининг структура схемаси

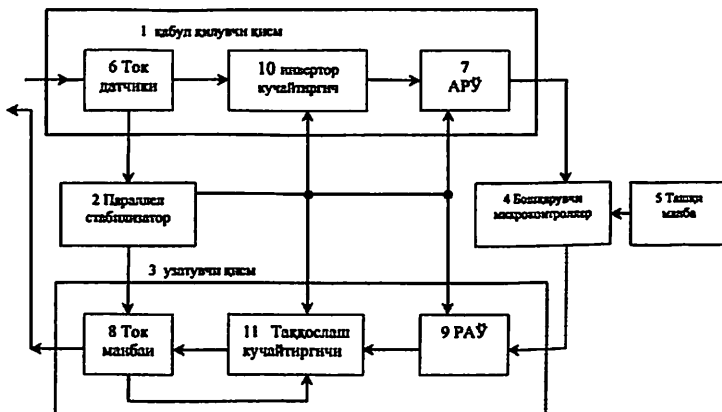
5. Қурилманинг универсал қувват манбаи бирламчи ўзгарткичларнинг ёрдамчи ускунасига таъминот кучланишини таъминлаш учун 3 В ёки 5 В ўрнатилган кучланиш стабилизаторини ўз ичига олади.

6. Модулнинг ўлчаш қисмини қувват билан таъминлаш учун ўрнатилган 2,5 В мос ёзувлар кучланиш манбаи мавжуд.

7. АРЎда модулнинг шовқинга турғунлигини ошириш учун ўрнатилган рақамли дастурий таъминот-бешинчи тартибдаги алгоритмик филтр мавжуд

8. Тизим интерфејси қўшимча кириш кучайтиргичи билан жиҳозланган.

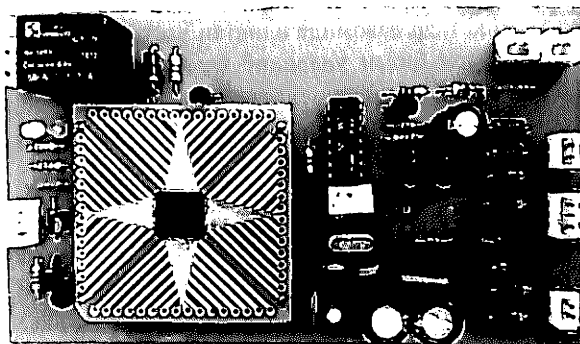
9. Масофавий объектлар билан алоқани ташкил қилиш учун HART ва бошқа тизим модемларига мос келади.



8-расм. Қабул қилувчи узатувчи интерфејс схемаси

Модуль характеристикаси

Ўзгартиришнинг динамик хатолиги		0.05%
Статик чизиқлилиқ		0.01%
Чиқишдаги номинал ток қиймати	- икки томонли тизим учун	4-20 мА
	Тўрт каналли сим учун	0-5 мА.
Истеъмол қилинадиган ток қиймати		400 мкА



9-расм. Ишлаб чиқилган қурилма модулнинг олд томондан кўриниши.

ХУЛОСА

1. Ўлчаш тизимларида шовқинларни бартараф этиш усулларининг тахлили асосида уларнинг аниқлиги ва шовқинга турғунлигини оширишнинг услубий асослари шакллантирилди ҳамда аналог киришлар ва рақамли блоклар ўртасида сигналларни қабул қилиш ва узатиш жараёнини яхшилаш учун ўлчаш тизимларининг интерфейсларидан фойдаланишнинг афзалликлари аниқланди.

2. Шовқинларни бартараф этишнинг классик усулларида фарқли ўлароқ, шовқинларни бартараф этиш учун ўлчаш сигнаolini рақамли филтёрлаш усулидан фойдаланишнинг афзаллиги асосланди.

3. Ишлаб чиқилган ўлчаш тизимининг экспериментал тадқиқотлари бирламчи ўзгартиргич кучайтиргичларида оқ шовқин ва фликкер шовқинни бартараф этиш учун юқори частотали квантлаш билан рақамли филтёрлаш усулини қўллашнинг асосланганлигини кўрсатди.

4. Ўлчаш сигналларини қайта ишлаш жараёнида рақамли филтёрлаш алгоритмларидан фойдаланиш шовқин ва ўлчаш сигнаlining шовқинга хос таъсирларини ҳисобга олиш ва ўлчаш тизимларининг тезлиги ва шовқинга турғунлигини сезиларли даражада ошириш имконини берди.

5. АТmega оиласига мансуб микроконтроллерининг стандарт киритиш чиқариш интерфейсларидан фойдаланиш имкониятлари ишлаб чиқилган ўлчаш тизимининг аналог киришлари ва рақамли блоклари ўртасида гальваник боғланиш каналларини ташкил қилиш учун мажбурий процедуралар сонини камайтирди.

6. Тавсия этилган қабул қилувчи-узатувчи қурилма схемаси сигналларнинг динамик масштабини таъминлайди ва чиқишдаги ток сигналларининг чегара қийматларини чеклаш қобилиятига эга, бу эса ўлчаш тизимининг ишончлилигини оширишга ёрдам беради.

7. Сигнални ўлчаш модулининг тавсия этилган схемаси ички резисторларнинг ҳарорат хусусиятларини 0-5 мА оралиғида мувофиқлаштиришга хизмат қилади ва ўлчаш тизимининг импульс кенглиги модуляторини бошқариш учун барқарор ток генератори билан жиҳозланган;

8. Ишлаб чиқилган ўлчаш тизимининг намунавий нусхасида ўтказилган экспериментал тадқиқотлар давомида олинган частота хусусиятлари назарий тадқиқотлар натижалари билан уларнинг адекватлигини аниқлашга имкон берди.

**НАУЧНЫЙ СОВЕТ DSc.03/30.12.2019.Т.03.02 ПО ПРИСУЖДЕНИЮ
УЧЕНЫХ СТЕПЕНЕЙ ПРИ ТАШКЕНТСКОМ
ГОСУДАРСТВЕННОМ ТЕХНИЧЕСКОМ УНИВЕРСИТЕТЕ**

**НАВОИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГОРНО-
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ**

ИСМОИЛОВ МУХРИДДИН ТУЛКИН УГЛИ

**ПОВЫШЕНИЕ ТОЧНОСТИ И ПОМЕХОУСТОЙЧИВОСТИ
БЫСТРОДЕЙСТВУЮЩИХ УСТРОЙСТВ ВВОДА АНАЛОГОВОЙ
ИНФОРМАЦИИ**

05.03.01 - Приборы. Методы измерения и контроля (технические науки)

**АВТОРЕФЕРАТ
диссертация доктора философии (PhD) по техническим наукам**

Ташкент – 2022

Тема диссертации доктора философии (PhD) зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Кабинете Министров Республики Узбекистан под номером №B2020.3.PHD/T1819.

Диссертация выполнена в Навоийском государственном горно-технологическом университете. Автореферат диссертации на трёх языках (узбекский, русский, английский (резюме)) размещен на веб-странице Научного совета (www.tdtu.uz) и на Информационно-образовательном портале «Ziyouet» (www.ziyouet.uz).

Научный руководитель: Жумаев Одыл Абдужалилович
доктор технических наук, доцент

Официальные оппоненты: Алиев Равшан Маратович
доктор технических наук, профессор
Плахтнев Анатолий Михайлович
доктор технических наук, профессор


Ведущая организация: Ташкентский университет информационных технологий имени Мухаммада Ал Хоразмий


Защита диссертации состоится «09» 01 2023 года в 12⁰⁰ часов на заседании Научного совета DSc.03/30.12.2019.T.03.02 при Ташкентском государственном техническом университете (Адрес: 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 (зарегистрировано за №-292) (Адрес: 100095, г. Ташкент, ул. Университетская, 2. Тел.: 246-03-41.)

Автореферат диссертации разослан «26» 12 2022 года.
(протокол рассылки № 31 от «3» 12 2022 года)




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


У.Ф. Мамиров
Ученый секретарь Научного совета
по присуждению учёных степеней,
д.т.н., доцент


У.Т. Мухамедханов
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 настоящее время в мире уделяется большое внимание высококачественной обработке данных измерений с использованием цифровых технологий, включая фильтрацию шумов и помех. В связи с этим процесс оптимального распределения функций фильтрации шума между аппаратными и программными средствами, а также создание аналоговых модулей повышения точности и устойчивости измерительных систем к шуму становятся все более важными задачами. В этой связи изучение результатов, достигнутых в повышении эффективности цифровых измерительных систем в развитых странах мира, вопросы повышения точности и помехоустойчивости измерительных систем за счет использования современной элементной базы и достижений цифровых технологий, а также внедрение научных исследований в данной области являются особенно актуальными.

В мире особое внимание уделяется научным исследованиям, направленным на повышение быстродействия и точности измерительных систем, в которых решающую роль играют устройства, осуществляющие цифровую обработку сигналов с первичных преобразователей. Все большее значение приобретает разработка средств измерений с целью повышения надежности измерительных систем, снижения негативных влияющих факторов и устранения паразитных помех, вызванных окружающими их электромагнитными полями. В связи с этим для создания средств измерений одной из важных задач является разработка и внедрение в практику средств измерительных приборов, повышающих точность и устойчивость к помехам.

В республике реализуются комплексные системные меры по активному развитию цифровой экономики, широкому внедрению современных информационно-коммуникационных технологий во всех отраслях и звеньях, прежде всего, в государственном управлении, образовании, здравоохранении и сельском хозяйстве, а также внедрению измерительных систем. В стратегии развития Нового Узбекистана на 2022-2026 годы определены задачи, в том числе "...сокращение энерго- и ресурсоемкости экономики, внедрение энергосберегающих технологий в производство, повышение производительности труда в отраслях экономики, ... обеспечение внедрения инновационных разработок и технологий в технологические процессы экономики, производства продукции"¹. Реализация этих задач, в том числе улучшение метрологических характеристик компонентов средств измерений и систем интеллектуального интерфейса, является одной из важных задач.

Данное диссертационное исследование в определенной степени служит выполнению задач, предусмотренных в Указе Президента Республики Узбекистан УП-3682 "О мерах по дальнейшему совершенствованию системы практической реализации инновационных идей, технологий и проектов" от 27

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

апреля 2018 года и УП-60 “О стратегии развития Нового Узбекистана на 2022-2026 годы” от 28 января 2022 года, в Постановлении ПП-4124 “О мерах по дальнейшему совершенствованию деятельности предприятий горно-металлургической отрасли” от 17 января 2019 года, а также в других нормативно-правовых документах, принятых в данной сфере.

Соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологии республики. Данное исследование выполнено в соответствии с приоритетными направлениями развития науки и технологий республики-IV “Развитие информатизации и информационно-коммуникационных технологий”.

Степень изученности проблемы. В мире ведутся научно-исследовательские работы по решению задач совершенствования характеристик интерфейсных систем, в том числе модулей аналогового ввода для интеллектуальных измерительных систем во многих научных центрах и лабораториях высших учебных заведений: Berkeley, Los Angeles Massachusetts Institute of Technology (США), University of Munich, Automatisierung (Германия), The University of Edinburgh (Великобритания), Yaskawa Toshiba (Япония), Technion-Israel Institute of Technology (Израиль), Московский государственный технический университет им. Н.Э.Баумана (Россия), Swiss Federal Institute of Technology Lausanne (Швейцария), Erasmus University Rotterdam (Нидерланды) и Ташкентский государственный технический университет, Национальный метрологический университет (Узбекистан) и другие.

В решение проблемных задач исследований и создание устойчивых систем управления с новыми принципами обработки информации среди зарубежных ученых большой вклад внесли: J. R. Barnes², H. W. Ott³, C. Plapous⁴, R. V. Snyder,⁵ А. Н. Кузнецов,⁶ А. О. Калита⁷ и др.

² Tuomi M., Hugh R. J., James S. J., Chris G., R. Paul B., Steve S. V., John R. B. “Signals embedded in the radial velocity noise-Periodic variations in the τ Ceti velocities”. *Astronomy and Astrophysics* 551 2013: A79.

³ Ott H. W. *Electromagnetic compatibility engineering*. John Wiley and Sons, 2011.

⁴ Plapous Cyril, Claude Marro, Laurent Mauuary and Pascal Scalart. “A two-step noise reduction technique.” In 2004 IEEE international conference on acoustics, speech, and signal processing, vol. 1, pp. 1-289. IEEE, 2004.

⁵ Snyder R. V., Macchiarella G., Bastioli S., Tomassoni C. 2021 Emerging trends in techniques and technology as applied to filter design. // *IEEE Journal of Microwaves*, 1, 2021 pp.317-344.

⁶ Кузнецов А. Н., и О. И. Поливаев. Перспективы использования систем активного шумоподавления. // *Вестник* 1 2010: С. 46.

⁷ Калита А. О., Шахайда В. М. Системы шумоподавления с адаптивным управлением.// *Современные проблемы радиотехники и телекоммуникаций* РТ-2015, С. 221-221.

Из ученых нашей страны: Р.К.Азимов⁸, Ш.М.Гулямов⁹, Х.З. Игамбердиев¹⁰, П.Р.Исматуллаев¹¹, Т.Д.Раджабов¹², Э.Улжаев¹³, Ю.Г.Шипулин¹⁴, Н.Р.Юсупбеков¹⁵ и другие также внесли достойный вклад в разработку формальных методов и алгоритмов решения задач, связанных с измерительными системами, интеллектуализацией и моделированием математических задач измерительных приборов.

В последние годы требования к повышению точности измерительных систем значительно возросли, но вопросы повышения качества измерений не в полной мере изучены. В то же время недостаточное внимание уделялось созданию помехоустойчивых устройств, улучшающих качественные характеристики измерительных систем.

Связь диссертационного исследования с планами научно-исследовательских работ высшего образовательного учреждения, где выполнена диссертация. Диссертационная работа выполнена в соответствии с планом научно-исследовательских работ 11/2021-Э “Разработка интеллектуальной системы управления технологическими процессами на металлургических заводах №5 и №7 Центрального Рудоуправления Навоийского горно-металлургического комбината на базе цифровых технологий” (2020-2021) Навоийского государственного горно-технологического университета.

Целью исследования является разработка интерфейсных устройств с повышенной точностью и помехоустойчивостью для измерительных систем с программной фильтрацией помех, шумов и возмущений.

Задачи исследования:

исследования и анализ устройств и методов для повышения помехоустойчивости измерительных систем;

разработка алгоритма, учитывающего влияние фликкер-шумов для повышения помехоустойчивости измерительной системы;

проведение исследований по погашению белого шума, влияющего на

⁸ Азимов Р. К., Шипулин Ю. Г., Азимов А. Р. Оптоэлектронный преобразователь перемещений // Патент № 1825977 А1 МПК G01B 21/00. № 4900902 07.07.1993

⁹ Юсупбеков Н. Р., Темербекова Б. М., Гулямов Ш. М. Современные информационные технологии в автоматизированных системах управления энергохозяйством промышленных предприятий // Промышленные АСУ и контроллеры, 2018. – № 12. – С. 3-9.

¹⁰ Igamberdiev H. Z., Kholodzhayev B. A. Algorithms for sustainable recovery of input influence on the basis of dynamic filtration methods // International Journal of Psychosocial Rehabilitation, 2020 24(03).

¹¹ Исматуллаев П. Р., Карлов А. В. Устройство для связи с объектом управления // Патент РФ № 1807586 А1 СССР, МПК H04Q 3/02.: 07.04.1993;

¹² Раджабов Т. Д., Рахимов Б. Н., Ларина Т. В. Оптоэлектронная информационная измерительная система для обнаружения и регистрации предразрушения элементов металлических конструкций. // Интерэкспо Гео-Сибирь, 5(1), 2011. pp.132-137.

¹³ Uljaev E., Narzullaev S. N., Erkinov, S. M. Increasing calibration accuracy of the humidity control measuring device of bulk materials. // Technical science and innovation, 2020(3), pp. 172-179.

¹⁴ Хамдамов Б. М., Шипулин Ю. Г., Абдураимов Ф. А., Холматов У. С. Интеллектуальный оптоэлектронный прибор для контроля расхода воды в открытых каналах // Наука. Образование. Техника, 2015. – № 2(52). – С. 72-82.

¹⁵ Юсупбеков Н.Р., Алиев Р.А., Алиев Р.Р., Юсупбеков А.Н. Интеллектуальные системы управления и принятие решений - Ташкент: Издательство Национальной энциклопедии Узбекистана, 2015 - 572 с.

точностные характеристики измерительных систем;

исследование влияния шумов и помех на измерительные сигналы и возможности их программной фильтрации для повышения помехоустойчивости и точности измерительных систем;

Объектом исследования является измерительная система с программной фильтрацией помех и шумов для повышения качества данных измерений.

Предметом исследования являются методы и алгоритмы повышения точности и помехоустойчивости измерительной системы с программной фильтрацией помех и шумов.

Методы исследований. В ходе исследования были использованы теория системного анализа, обработка сигналов, повышение помехоустойчивости измерительных систем, методы анализа и обработки экспериментальных данных и фильтрации шумов.

Научная новизна исследования заключается в следующем:

на основе анализа и исследования устройств и методов повышения помехоустойчивости измерительных систем предложена методика цифровой фильтрации входного сигнала, способствующий улучшению динамических показателей систем измерения;

разработан алгоритм вычисления дисперсии входного сигнала, учитывающий влияние фликкер-шумов, создаваемых резистивными элементами на высоких частотах возмущений и помех, для повышения помехоустойчивости измерительной системы в процессах, требующих длительного периода измерений;

разработан алгоритм определения коэффициента подавления белого шума, который возникает под воздействием случайных процессов, влияющих на точностные характеристики измерительных систем;

разработан алгоритм вычисления значений параметров входного сигнала, сглаживающий его динамическую характеристику, что способствует повышению точности измерительной системы.

Практические результаты исследования заключаются в следующем:

разработаны схемы, обеспечивающие соответствующее быстродействие интерфейсных модулей и способствующие повышению точности и помехоустойчивости измерительных систем;

разработаны алгоритмы и соответствующие им программы, реализующие процессы цифровой фильтрации наиболее распространенных типов помех в измерительных системах промышленного оборудования.

Достоверность результатов исследования. Достоверность полученных в исследовании результатов обосновывается соотношением результатов теоретических и экспериментальных исследований с использованием измерительных приборов, результатов теоретических расчетов и компьютерного моделирования исследований интерфейсных устройств и их согласованностью.

Научная и практическая значимость результатов исследования.

Научная значимость исследования заключается в предложенных методах повышения точности и помехоустойчивости измерительных систем, за счет применения разработанных алгоритмов и соответствующих программ фильтрации шумов.

Практическая значимость работы заключается в практической реализации разработанной микропроцессорной измерительной системы с программной фильтрацией помех, обладающей высоким быстродействием обработки измерительной информации.

Внедрение результатов исследования. На основе научных и практических результатов, полученных при разработке микропроцессорной измерительной системы:

разработанный алгоритм вычисления дисперсии входного сигнала, учитывающий влияние фликкер-шумов, создаваемых резистивными элементами на высоких частотах возмущений и помех, для повышения помехоустойчивости измерительной системы в процессах, требующих длительного периода измерений, был внедрен на ГМЗ-7 Центрального Горного управления Горно-металлургического комбината (справка № 26.01-01-05/1106-20 от 20 сентября 2022 года государственного предприятия "Навоийский горно-металлургический комбинат"). В результате удалось повысить точность и помехоустойчивость устройств ввода данных, стабилизировать технологические режимы и эффективность работы оборудования и промышленных устройств;

разработанный алгоритм вычисления значений параметров входного сигнала, сглаживающий его динамическую характеристику и способствующий повышению точности измерительной системы, был внедрен на ГМЗ-7 Центрального Горного управления горно-металлургического комбината. (справка № 26.01-01-05/1106-20 от 20 сентября 2022 года государственного предприятия "Навоийский горно-металлургический комбинат"). В результате за счёт стабилизации технологических режимов процесса, качества и точности управления энергопотреблением, экономии топлива и снижения себестоимости продукции достигнута экономическая эффективность до 2-3%.

Апробация результатов исследования. Результаты данного исследования обсуждались на 2 международных и 2 республиканских научно-практических конференциях.

Опубликованность результатов исследования. Всего по теме диссертации опубликовано 18 научных работ, в том числе 6 статей опубликованы в научных изданиях, рекомендованных ВАК РУз, 3 статьи опубликованы в зарубежных научных журналах. Также получено 7 свидетельств об официальной регистрации программ для ЭВМ Агентства по интеллектуальной собственности Республики Узбекистан.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка использованной литературы и приложения.

Объем диссертации составляет 100 страниц.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во введении обозначена актуальность темы исследования, сформулирована цель и поставлены задачи для ее достижения, раскрыта научная новизна, а также теоретическая и практическая значимость проводимых исследований.

В первой главе “Особенности создания помехоустойчивых модулей для измерительных систем” проведен анализ существующих методов по учету и схемотехническим принципам устранения возникающих помех в аналоговых модулях измерительных систем, а также рассмотрены методы обеспечения помехоустойчивости.

Выявлено, что существующие конструктивные и схемотехнические методы повышения помехозащищенности не могут полностью охватить все внешние возмущающие факторы и комплексно устранить их воздействие, а также не могут обеспечить помехозащищенность аналоговых модулей интерфейсных систем.

Проведенный обзор ранее разработанных конструктивных и схемотехнических решений обеспечения помехоустойчивости аналоговых входных модулей интерфейсных систем показал, что наиболее актуальным является метод, основанный на разработке алгоритмических методов повышения помехоустойчивости аналоговых модулей на всех этапах проектирования и обслуживания.

Также перспективным направлением повышения помехоустойчивости и надежности аналоговых модулей является поиск оптимальных значений и норм спектральных частот внешних возмущающих помех, позволяющих обеспечить оптимальный уровень помехозащищенности для определения оптимальной структуры проектируемых блоков.

Во второй главе, под названием “Математические методы определения помехоустойчивости измерительных систем”, описаны процессы, протекающие в структуре элементной базы аналоговых блоков измерительных систем под воздействием внешних возмущающих помех и приводящие к отклонению по точности и достоверности измерительных сигналов от номинальных значений.

Тенденции развития устройств аналогового ввода информации определяют следующую структуру измерительного канала (рис. 1). Физическая величина (ФВ) преобразуется первичным измерительным преобразователем (датчиком-Д) в ток или напряжение (постоянный, переменный). Далее этот сигнал усиливается унифицирующим преобразователем (УП), который формирует унифицированный сигнал (0–1 В, 0–2 В, 0–5 В, 0–20 мА, 4–20 мА) для передачи этого сигнала по линии связи (ЛС) на входы АЦП. В ряде случаев перед АЦП устанавливают аналоговые (антиалайзинговые) фильтры (АФ). После АЦП данные в цифровом виде обрабатываются вычислительным устройством (ВУ), состоящим из микроконтроллера, ПЛИС или ЭВМ. Полученное значение измеряемого

параметра передается по цифровым интерфейсам системы управления и контроля. Построена математическая модель, обеспечивающая устойчивую помехоустойчивость входных измерительных сигналов аналоговых блоков интеллектуальных измерительных систем в динамическом режиме.

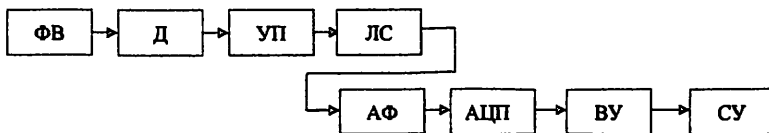


Рис.1. Структурная схема измерительного канала

Разработан алгоритм оценки устойчивости характеристик, как по точности, так и по достоверности входных сигналов в прецезонных усилителях и преобразовательной части АБ ИИС, учитывающий совместное влияние температурных и частотных возмущений и помех.

Для определения общей погрешности аналоговых блоков были приняты две формулы:

$$\delta_{\Sigma AP} = \delta_{ФВ} + \delta_{Д} + \delta_{УП} + \delta_{ЛС} + \delta_{АФ} + \delta_{АЦП} + \delta_{ВУ}$$

$$\delta_{\Sigma СКП} = \sqrt{(\delta_{ФВ})^2 + (\delta_{Д})^2 + (\delta_{УП})^2 + (\delta_{ЛС})^2 + (\delta_{АФ})^2 + (\delta_{АЦП})^2 + (\delta_{ВУ})^2}.$$

Здесь:

$\delta_{\Sigma AP}$ – арифметическая сумма основных относительных погрешностей, а

$\delta_{\Sigma СКП}$ – среднеквадратическое значение суммарной погрешности.

Погрешность сигнала на выходе цифрового датчика ($\gamma_{ЦД}$) имеет 4 составляющих

$$(\gamma_{ЦД})^2 = (\gamma_{Д\alpha})^2 + (\gamma_{АФ})^2 + (\gamma_{АН})^2 + (\gamma_{Н})^2,$$

где $\gamma_{Д\alpha}$ – погрешность датчика с унифицированным выходом;

$\gamma_{АФ}$ – погрешность антиалиазингового фильтра;

$\gamma_{АН}$ – погрешность аналогового интерфейса (аналогового мультиплексора, аналогового запоминающего устройства, АЦП);

$\gamma_{Н}$ – погрешность наложения спектров.

Погрешность наложения спектров ($\gamma_{Н}$) при дискретизации сигнала датчика является функцией частоты дискретизации (ω^H) и параметровгибающей спектральной плотности сигнала датчика $A(\omega)$:

$$\gamma_{Н} = F_1 \left(\omega_{\theta}^H; A(\omega) \right).$$

Эту зависимость можно рассматривать также с точки зрения требуемой частоты дискретизации при заданной погрешности наложения спектров:

$$\omega_{\partial}^H = F_2(\gamma_H; A(\omega)).$$

Погрешность наложения спектров для сигналов с низкочастотным спектром может быть получена с помощью огибающей спектральной плотности сигнала $A(\omega)$ и частоты дискретизации ω_{∂}^H :

$$(\gamma_H)^2 = \frac{\delta_1 + \delta_2}{E},$$

где δ_1 – энергия сигнала после частоты среза;

δ_2 – энергия сигнала перед частотой среза;

E – энергия сигнала во всем диапазоне.

Эти величины рассчитываются по формулам [1,2,3]:

$$\delta_1 = \frac{1}{\pi} \cdot \int_{0,5\omega_{\partial}^H}^{\infty} |A(\omega)|^2 d\omega \quad (1)$$

$$\delta_2 = \frac{1}{\pi} \cdot \int_0^{0,5\omega_{\partial}^H} \left| \sum_{l \neq 0}^{+\infty} A(\omega + \omega_{\partial} \cdot l) \right|^2 d\omega \quad (2)$$

$$E = \frac{1}{\pi} \cdot \int_0^{\infty} |A(\omega)|^2 d\omega \quad (3)$$

Если ограничиться первой гармоникой огибающей спектра продискретизированного сигнала, что справедливо для большинства практических случаев, то величины δ_1 и δ_2 будут равны. Тогда можно записать для $(\gamma_H)^2 = \frac{1\delta_1}{E}$, что упрощает вычисления.

В третьей главе, под названием “Алгоритмические методы цифровой фильтрации и влияния квантования входного сигнала на выходной сигнал”, разработан алгоритм оценки точности и степени помехоустойчивости, позволяющий прогнозировать работоспособность аналоговых модулей интеллектуальных измерительных систем в целом при различных сочетаниях внешних возмущающих факторов.

Разработаны алгоритмы повышения помехоустойчивости, позволяющие решить задачу определения значений свойств внешних возмущающих помех, как тепловых, так и флуктационных, обеспечивающих устойчивую помехозащищенность и достоверность измерительных сигналов, как при проектировании, так и при эксплуатации аналоговых модулей измерительных систем.

Применение схемотехнических решений для совершенствования классических алгоритмов адаптивного управления, реализуемых на основе цифровой техники с учетом условий обеспечения устойчивости дискретной системы управления, не всегда дает желаемый результат.

Дальнейшее развитие систем управления техническими процессами основывается на интеллектуализации систем автоматического управления с использованием современных методов и технологий обработки знаний.

Цифровой фильтр (ЦФ) можно рассматривать как дискретную систему, описываемую уравнением ниже, решение которого осуществляется программно:

$$y(nT) = \sum_{m=1}^{M-1} a_m y(nT - mT) + \sum_{k=0}^{N-1} b_k x(nT - kT)$$

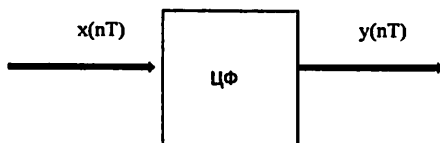


Рис.2 Структурная схема цифрового фильтра

Входной параметр $x(nT)$ и выходная функция $y(nT)$ ЦФ (рис.2) определяются последовательностями квантов. Однако при реализации функционирования алгоритма фильтрация происходит с небольшой погрешностью. Первоочередной задачей программно-алгоритмических решений является поглощение ошибки квантования.

Быстродействие фильтрации шумов и помех вычисляется временем t_{min} , при условии $t_{min} \leq T$, где T - время периода квантования сигналов.

Основным средством реализации алгоритмического обеспечения является программное обеспечение.

Рассмотрим реализацию нерекурсивного цифрового фильтра (рис. 3.), заданного следующим уравнением

$$y(nT) = \sum_{k=0}^4 b_k x(nT - kT) = b_0 x(nT) + b_1 x((n-1)T) + b_2 x((n-2)T) + b_3 x((n-3)T) + b_4 x((n-4)T)$$

или передаточной функцией

$$H(z) = \sum_{k=0}^4 b_k z^{-k}$$

Расчет характеристик фильтра и выходных сигналов при детерминированном воздействии произведем по следующей методике.

Пусть задана структурная схема (или граф дискретной системы), содержащая L узлов и P ветвей, и пусть $x_k(nT)$ – входной цифровой сигнал квантованной последовательности, образующейся на выходе сумматора в k -м узле,

$X_k(z)$ – z - преобразование последовательности $x_k(nT)$, $k=1,2,\dots,L$. Для каждого узла графа может быть записано узловое уравнение, описывающее взаимодействие последовательностей или их Z -изображений.

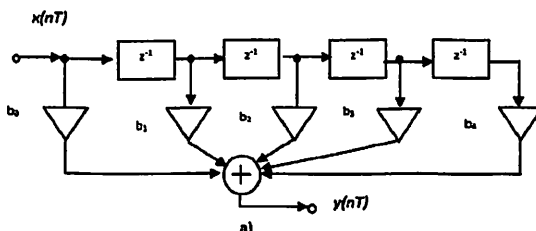


Рис.3. Структурная схема цифрового фильтра Z изображением

Таким образом, получаем систему из L алгебраических уравнений для Z -изображений $X_k(z)$, $k=1, \dots, L$. Решив эту систему, можно найти Z -изображение выходной последовательности $Y(z)$, выраженное через Z -изображение входной последовательности $X(z)$:

$$Y(z) = H(z)X(z),$$

откуда определяется передаточная функция системы, $H(z)$. Аналогично определяются передаточные функции любой части дискретной системы.

Вычисляем длительности переходного процесса, когда на вход фильтра подается гармонический сигнал $x(nT) = e^{j\omega nT}$, тогда сигнал на выходе $y(nT)$ при $n \rightarrow \infty$ стремится к установившемуся значению гармонического сигнала с частотой ω :

$$y_{\infty}(nT) = A(\omega)e^{j\varphi(\omega)}e^{j\omega nT},$$

где $H(z)$ - определяемая передаточная функция фильтра; $A(\omega) = |H(e^{j\omega T})|$ - АЧХ фильтра;

$\varphi(\omega) = \arg H(e^{j\omega T})$ - ФЧХ фильтра. Часто требуется оценить «реальную» длительность переходного процесса lT , т.е. определить то значение $n=l$, при котором выполняется приближенное равенство $y(nT) \approx y_{\infty}(nT)$. Очевидно, что последнее справедливо, если

$$\sum_{n=0}^{\infty} |h(nT)| \approx \sum_{n=0}^l |h(nT)|. \quad (4)$$

Смысл приближенного равенства (4) можно уточнить, например, так: (5) выполняется, если

$$\sum_{n=0}^{\infty} |h(nT)| - \sum_{n=0}^l |h(nT)| = \sum_{n=l+1}^{\infty} |h(nT)| < \varepsilon, \quad (5)$$

и

$$\varepsilon \leq \varepsilon_1 \sum_{n=0}^l |h(nT)|. \quad (6)$$

Задавая величину ε_1 , например $\varepsilon_1 = 0,01 \dots 0,001$, и по известной характеристике $h(nT)$ можно из (6) оценивать величину l , при которой ошибка ε не превышает заданной величины.

Фильтрация дискретных случайных последовательностей осуществляется следующим образом, где стационарная случайная последовательность $x(nT)$ воздействует на дискретный фильтр с импульсной характеристикой $h(nT)$ и передаточной функцией

$$H(z) = \sum_{n=0}^{\infty} h(nT)z^{-n}.$$

Выходная случайная последовательность фильтра $y(nT)$ определяется из соотношения

$$y(nT) = \sum_{k=0}^{\infty} h(kT)x(nT - kT),$$

или из соотношений в Z -изображениях

$$y(z) = H(z)X(z).$$

Найдем статистические характеристики выходной последовательности $y(nT)$, если известны соответствующие характеристики входной последовательности.

Средняя мощность $P_{\text{ср}}$ выходной последовательности

$$P_{\text{ср}} = P_{\text{вх}} \sum_{n=0}^{\infty} h^2(nT).$$

Если входной сигнал имеет нулевую среднюю ($\mu_x = 0$), то и

$$\sigma_y^2 = \sigma_x^2 \sum_{n=0}^{\infty} h^2(nT)$$

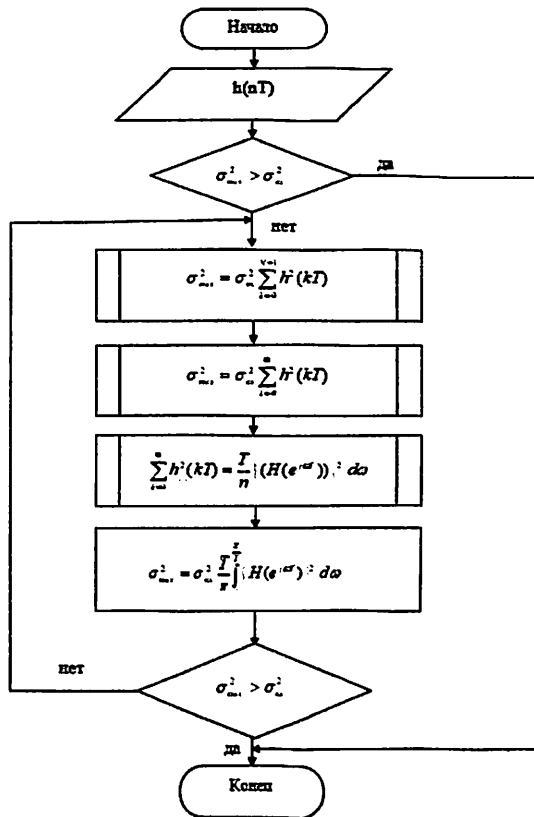


Рис. 4. Алгоритм вычисления дисперсии входного сигнала, учитывающей влияние фликкер-шумов

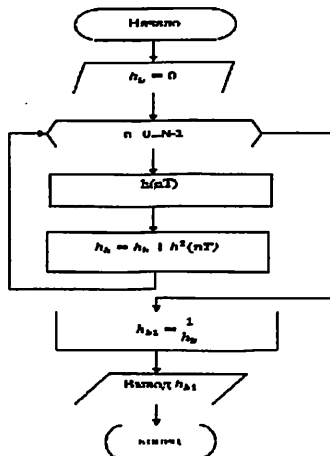


Рис. 5. Алгоритм определения коэффициента подавления белого шума, влияющего на точностные характеристики измерительных систем.

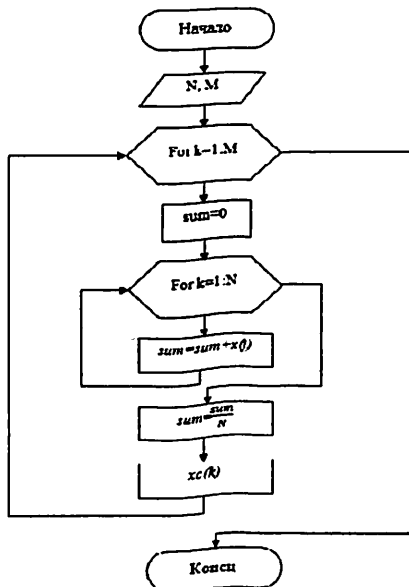


Рис. 6. Алгоритм вычисления среднееарифметических значений параметров входного сигнала, сглаживающий его динамическую характеристику

В четвертой главе, под названием “Разработка и исследование микропроцессорной измерительной системы с программной фильтрацией помех”, рассматривается практическая реализация разработанных алгоритмов оценки и повышения помехоустойчивости

аналоговых блоков измерительных систем на этапах проектирования и эксплуатации.

В системах автоматического управления (САУ) для организации интерфейсов мультиплексных каналов связи контроллеров с реальными объектами управления широко применяются устройства аналогового ввода-вывода. Обеспечение рекомендуемого быстродействия обмена информацией между (ПЛК) и измерительными датчиками во многом зависит от оптимальности выбора конфигурации коммутационных аппаратов, рационального использования ресурсов и параметров интерфейсов.

Разработанный интерфейс ввода-вывода впервые применен в производственных сетях цифрового управления ГМЗ-7 АО НГМК для организации связи системы с датчиками и исполнительными механизмами как интерфейс вместо модуля с интерфейсами RS-485. Данный модуль одновременно может быть использован в инженерных решениях как устройство для приема информации, так и для передачи сигналов. Схема разработанного интерфейса представлена на рис.8.

Интерфейсная схема для приёма и передачи унифицированных токовых сигналов функционально состоит из датчика тока 6, усилителя с использованием инвертирующего входа 10, АЦП 7, и системного микроконтроллера для управления 4 с собственным внешним питанием 5 в части приемника интерфейса; в приёмной части интерфейсной схемы: источника тока 8, усилителя для сравнения текущих данных 11 и ЦАП 9 в передающей части системного интерфейса.

Для погашения погрешностей, воздействующих на выходной ток, цепочка, состоящая из источника тока 8 и усилителя для сравнения приема-передатчика, охвачена отрицательной обратной связью, а их цифровые интерфейсы по выбору разработчика могут быть подключены к системному микроконтроллеру 4, либо непосредственной связью, либо могут подключаться через схемы гальванической развязки. Вход датчика тока 6 одновременно является общим входом всего приемопередатчика, а в свою очередь, выходной контакт источника тока 8 является общим выходом интерфейсной схемы.

Функционирование приемопередатчика интерфейса унифицированных токовых сигналов заключается в следующем: при сопряжении приемопередатчика в схему токовой петли источник тока 8 в передающей части интерфейса открыт, вследствие чего входной ток создает падение напряжение в параллельном контуре стабилизатора 2. Уровень стабилизированного тока приемопередатчика определяется и устанавливается источником тока 8, номинальный уровень которого не должен быть меньше тока собственной нужды потребления интерфейсного приемопередатчика. Микроконтроллер 4 в своем составе содержит АЦП многотактного интегрирования 7 и ЦАП 9. Устройство, когда работает в режиме передачи, микроконтроллер 4, начинает записывать в ЦАП 9 те числовые данные, которые соответствуют току выхода, считывая данные с выхода АЦП 7 и

временно их сравнивает с текущим значением тока передачи. При определенных значениях измеренного и передаваемого тока микроконтроллером формируется сигнал ошибки.

Когда устройство работает в режиме приемника, то в части передатчика алгоритмически установлена задача по определению и выдаче оговоренного сигнала о превышающем значении верхней границы измеряемого диапазона токов. Тем самым реализуется автоматическая защита от случайных колебаний амплитуд входного тока, поскольку при этом достигается ограничение тока на установленном уровне, чем обеспечивается долговечность устройства.

Разработан универсальный интерфейс для организации обмена информацией с микропроцессорной системой

Универсальный интерфейс 4 - 20 мА / 0 - 5 мА

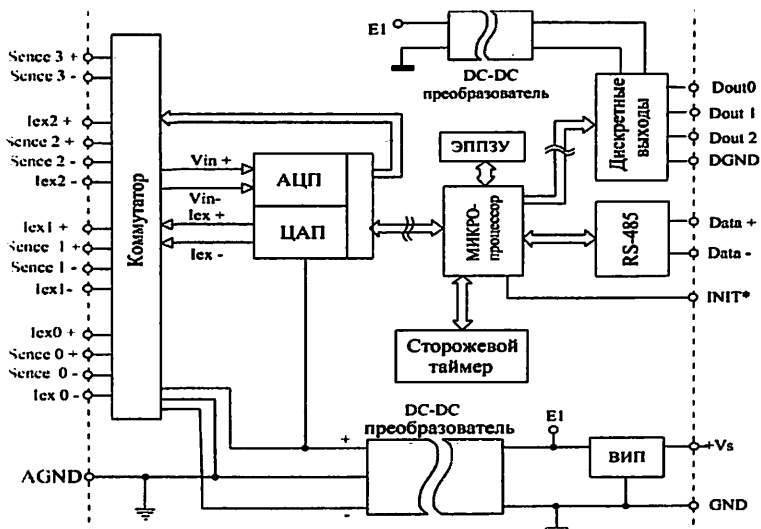
Основные технические параметры приёмника-передатчика

1. Имеется возможность точной установки защиты в режимах передачи и приема выходных сигналов.

2. Имеется возможность независимого регулирования количества подключаемых интерфейсов и нагрузок путем усиления и переключения измерительных точек измерения.

3. Имеется возможность оперативного активизирования режимов измерения токовых сигналов в интерфейсном контуре 0 - 5 мА.

4. Снабжен универсальным стабилизированным блоком питающего напряжения на 5 В, 7 В, 17 В.



с. 7. Структурная схема разработанного микропроцессорного модуля

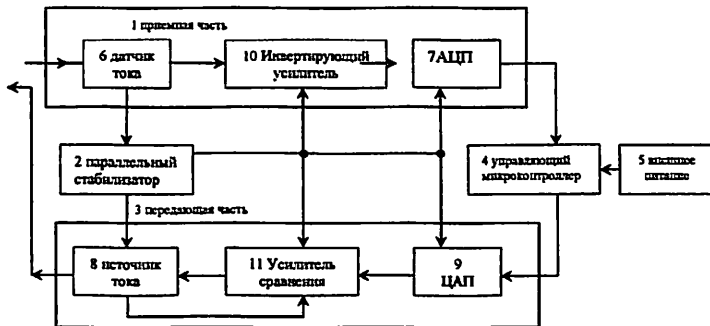


Рис. 8. Схема приемопередатчика интерфейса

5. Универсальный блок питания приемопередатчика содержит встроенный стабилизатор напряжения 3В или 5 В для снабжения питающим напряжением вспомогательных аппаратур первичных датчиков.

6. Для снабжения питанием измерительной части модуля имеется встроенный источник опорного напряжения на 2.5 В

7. В цепи АЦП для повышения помехоустойчивости модуля имеется встроенный цифровой программно-алгоритмический фильтр пятого порядка

8. Системный интерфейс снабжен дополнительным входным усилителем.

9. Для организации связи с удаленными объектами модуль имеет совместимость с HART и другими системными модемами.

Характеристики модуля

Динамическая ошибка преобразования, не более		0.05%
Статическая нелинейность, не более		0.01%
Номинальный ток выхода:	для двухпроводной системы	4-20 мА
	для четырехпроводной системы	0-5 мА.
Максимальная ток потребления		400 мкА

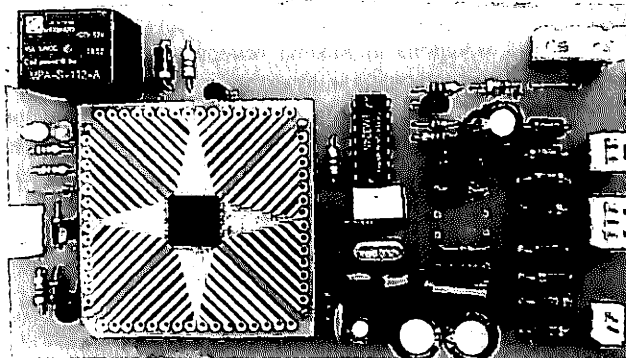


Рис. 9. Вид разработанного модуля приемопередатчика с лицевой стороны.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. На основе анализа методов устранения помех в измерительных системах сформулированы методологические основы повышения их точности и помехоустойчивости, а также выявлены преимущества применения интерфейсов измерительных систем для совершенствования процесса приема-передачи сигналов между аналоговыми входами и цифровыми блоками измерительной системы.

2. В отличие от классических методов устранения помех, обосновано преимущество применения метода цифровой фильтрации измерительного сигнала.

3. Проведенные экспериментальные исследования разработанной измерительной системы показали обоснованность применения метода цифровой фильтрации с высокочастотным квантованием для устранения белого шума и фликкер-шумов, возникающих в усилителях первичного преобразователя.

4. Применение алгоритмов цифровой фильтрации в процессе обработки измерительных сигналов позволяет учитывать влияние эффектов, свойственных шумам и помехам измерительного сигнала, и значительно повысить быстродействие и помехоустойчивость измерительных систем.

5. Возможность использования стандартных интерфейсов ввода-вывода микроконтроллера семейства ATmega позволили сократить число обязательных процедур организации каналов гальванической развязки между аналоговыми входами и цифровыми блоками разработанной измерительной системы.

6. Предложенная схема приемопередатчика обеспечивает динамическое масштабирование сигналов и имеет возможность ограничения предельных значений токовых сигналов на выходе, что способствует повышению надежности работы измерительной системы.

7. Предложенная схема модуля измерения сигналов служит для согласования температурных характеристик внутренних резисторов в диапазоне токов 0-5 мА. Она снабжена генератором стабильного тока для управления широтно-импульсным модулятором измерительной системы.

8. Полученные частотные характеристики в процессе экспериментальных исследований, проведенные на опытном образце разработанной измерительной системы, позволили установить их адекватность с результатами теоретических исследований.

**SCIENTIFIC COUNCIL DSc.03/30.12.2019.T.03.02
ON THE ADMISSION OF SCIENTIFIC DEGREES AT THE
TASHKENT STATE TECHNICAL UNIVERSITY**

NAVOI STATE UNIVERSITY OF MINING AND TECHNOLOGY

ISMOILOV MUKHRIDDIN TULKIN UGLI

**INCREASING THE ACCURACY AND NOISE IMMUNITY OF HIGH-
SPEED ANALOG INFORMATION INPUT DEVICES**

05.03.01 - Devices, methods of measurement and control (technical sciences)

ABSTRACT
of the dissertation for the doctor of philosophy
(PhD) on technical sciences

Tashkent - 2022

The theme of doctor of philosophy (PhD) was registered at the Supreme Attestation Commission at the Cabinet of Ministers of the Republic of Uzbekistan under number B2020.3.PHD/T1819.

The dissertation has been prepared at Navoi state university of mining and technology.

The Abstract of dissertation is posted in Three languages (Uzbek, Russian, English (resume)) is placed on the web-page of the Scientific Council (www.tdtu.uz) and on the Information and Educational Portal «Ziyonet» (www.ziyonet.uz).

Scientific adviser:

Jumaev Odil Abduljililovich

doctor of technical science, associative professor

Official pponents:

Aliyev Ravshan Maratovich

doctor of technical science, professor

Plaxtiyev Anatoliy Mixaylovich

doctor of technical science, professor

Leading organization:

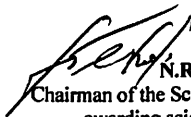
**Tashkent university of information technologies
named after Muhammad al-Khwarizmi**

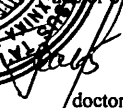
Defense of dissertation will take place in « 09 » 01 2023 at 12⁰⁰ o'clock the meeting of scientific council DSc.03/30.12.2019.T.03.02 at the Tashkent state technical university (Address: 100095, Tashkent city, Street. University 2. Tel./fax: (+99871) 246-46-00; (99871) 227-10-32; e-mail: tstu_info@tdtu.uz).


The doctoral dissertation could be reviewed at the Information-resource center of Tashkent state technical university (registration number 292). Address: 100095, Tashkent, str. University-2, tel.: (99871) 207-14-70).

Abstract of dissertation sent out on « 26 » 12 2022 year.
(mailing report № 31, on « 3 » 12 2022 year).




N.R. Yusupbekov
Chairman of the Scientific council
awarding scientific degrees,
doctor of technical sciences, professor, academician


U.F. Mamirov
Scientific secretary of Scientific council,
awarding scientific degrees,
doctor of technical sciences, associative professor


U.T. Muxamedxanov
Chairman of the Scientific Seminar
under the Scientific council awarding of scientific degrees,
doctor of technical sciences, professor

INTRODUCTION (abstract of PhD thesis)

The aim of the research work is to develop interface devices with increased accuracy and noise immunity for measuring systems with software filtering of interference, noise and disturbances.

The object of the research work a measuring system with software filtering of interference and noise was taken to improve the quality of measurement information.

Scientific novelty of the research work is as follows:

based on the analysis and research of devices and methods for improving the noise immunity of measuring systems, a method of digital filtering of the input signal is proposed, which contributes to improving the dynamic performance of measurement systems.

an algorithm has been developed for calculating the variance of the input signal, taking into account the influence of flicker noise generated by resistive elements on high frequency disturbances and interference, to increase the noise immunity of the measuring system in processes requiring a long measurement period;

an algorithm has been developed for determining the white noise suppression coefficient, which occurs under the influence of random processes affecting the accuracy characteristics of measuring systems;

an algorithm has been developed for calculating the values of the input signal parameters, smoothing its dynamic characteristic, which contributes to improving the accuracy of the measuring system;

Implementation of the research results. Based on the scientific and practical results obtained for the development of a microprocessor measurement system:

The algorithm for calculating the dispersion of the input signal, which is formed by resistive elements in high-frequency disturbances and halakites, taking into account the effect of flicker noise, increasing the noise stagnation of the measuring system in processes requiring a long measurement period, was introduced in GMZ-7 of the Central Mining administration of the Mining and Metallurgical Combine. (Reference No 26.01-01-05/1106 dated september 20, 2022 of Navoi Mining and Metallurgical combinat state enterprise). As a result, it made possible to increase the accuracy and noise resistance of data entry devices, stabilize their technological modes and increase the efficiency of equipment and industrial devices;

The algorithm for calculating the values of the input signal parameters, which increases the accuracy of the measuring system, smoothing its dynamic characteristic, was introduced in GMZ-7 of the Central Mining administration of the Mining and Metallurgical Combine. (Reference No 26.01-01-05/1106 dated september 20, 2022 of Navoi Mining and Metallurgical combinat state enterprise). As a result, 2-3% economic efficiency was achieved by stabilizing the technological modes of the process, quality and accuracy of energy management, saving fuel and reducing the cost of products.

Structure and size of the dissertation. The dissertation consist of an introduction, four chapters, a conclusion, a list of references and appendices. The total volume of the dissertation is 100 pages.

ЭЪЛОН ҚИЛИНГАН ИШЛАР РЎЙХАТИ
СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ
LIST OF PUBLISHED WORKS
I бўлим (I часть; I part)

1. Jumaev O.A., Ismoilov M.T., Mahmudov G.B., Shermurodova M.F. Algorithmic methods of increasing the accuracy of analog blocks of measuring systems // Journal of Physics: Conference Series. Volume 1515, 05-Issue. 2020 p. 052040 Doi:10.1088/1742-6596/1515/5/052040. (3, Scopus, IF=0,547)
2. Jumaev O.A., Nazarov J.T., Sayfulin R.R., Ismoilov M.T. Mahmudov G.B. Schematic and algorithmic methods of elimination influence of interference on accuracy of intellectual interfaces of the technological process // Journal of Physics: Conference Series. Volume 1679, 04-Issue. 2020 p. 042037 Doi:10.1088/1742-6596/1679/4/042037. (3, Scopus, IF=0,547)
3. Jumaev O.A., Sayfulin R. R., Ismoilov M. T., Mahmudov G. B. Methods and algorithms for investigating noise and errors in the intelligent measuring channel of control systems // Journal of Physics: Conference Series. Volume 1679, 05-Issue. 2020 p. 052018 Doi:10.1088/1742-6596/1679/5/052018 (3, Scopus, IF=0,547)
4. Ismoilov M.T. Estimation of influence of additive disturbance on input of a receiver of signals with the identification of distribution laws // Web of Scientist: International Scientific Research Journal Vol. 2 No. 06 (2021): wos pp 176-184 (39, Impact Factor Search IF=7.565)
5. Jumaev O.A., Mahmudov G.B., Ismoilov M.T. Algorithmic methods of evaluation and filtering of interference in digital control systems // Chemical technology control and management №3/2022 pp 70-74 (05.00.00; №12)
6. Jumaev O.A., Ismoilov M.T., Shermuradova M. F. I/O microprocessor interface with the In-Line uniform filter // Chemical technology control and management №4-5/2022 pp 192-197 (05.00.00; №12)

II бўлим

7. Jumaev, O.A., Karpovic D.S., Ismoilov M.T. Methods for digital signal processing and digital filter synthesis / In AIP Conference Proceedings, vol. 2656, no. 1, AIP Publishing LLC, 2022. pp 020026.
8. Жумаев О.А. Исмоилов М.Т. А method to improve the noise immunity of measuring channel / “Технологии 2022: актуальные вопросы теории и практики сборник статей Международной научно-практической конференции, состоявшейся 12 января 2022 г. в г. Пенза, 33-37 с.
9. Jumayev O.A., Ismoilov M.T., Ibragimova Ch.Q. Algorithms for primary processing of analog information / Zarafshon vohasini kompleks innovatsion rivojlantirish yutuqlari, muammolari va istiqbollari xalqaro ilmiy-amaliy anjumani materiallari 27-28 oktabr, 2022. Navoi, Uzbekistan, 68-72 b.
10. Жумаев О.А., Исмоилов М.Т., Жумабоев Э.О., Методы анализа погрешностей и шумов на функционирование системы управления / Материалы международной научно-технической конференции «Перспективы

инновационного развития горно-металлургического комплекса» г. Навои, Узбекистан, 22 -23 ноября 2018 года 352-353 с.

11. Yusupbekov N.R., Jumaev O.A., Ismoilov M.T. Improvement measurements of electromagnetic flow meters // European science review 5-6 (2019): pp 95-99.

12. Юсупбеков Н.Р., Жумаев О. А., Исmoilов М.Т., Арзиев Э.И., Боева О.Х. Лагранж мултипликаторлари усули билан бир ўлчамли филтрнинг частота таъсирини ҳисоблаш дастури / Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ № DGU 2020 2299 от 30.11.2020г. Зарегистрирован в государственном реестре программ для ЭВМ Республики Узбекистан 08.01.2021.

13. Юсупбеков Н.Р., Жумаев О.А., Сайфулин Р.Р., Исmoilов М.Т. Чекланган импульс хусисиятли филтр учун аналог кириш сигналининг фликкер шовкинларига турғунлигини таъминлаш дастури / Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ № DGU 2020 2298 от 30.11.2020г. Зарегистрирован в государственном реестре программ для ЭВМ Республики Узбекистан 08.01.2021.

14. Юсупбеков Н.Р., Жумаев О.А., Базарова С.Дж., Исmoilов М.Т., Чексиз импульс хусусиятли филтрларни (ЧИХ) кўпайтириш операцияларисиз циклар чекланиши аниқлаш дастури / Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ № DGU 2020 2797 от 30.11.2020г. Зарегистрирован в государственном реестре программ для ЭВМ Республики Узбекистан 08.01.2021.

15. Юсупбеков Н.Р., Жумаев О.А., Исmoilов М.Т., Маҳмудов Ф.Б. Ўлчаш сигналининг арифметик амаллар учун аниқланган ва эҳтимолий хатоларни таҳлил қилиш дастури / Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ № DGU 2020 2296 от 30.11.2020г. Зарегистрирован в государственном реестре программ для ЭВМ Республики Узбекистан 08.01.2021.

16. Жумаев О.А., Исmoilов М. Т., Арзиев Э. И., Шермуродова М. Ф. Биквадратик тармоқли ўтказгич филтрининг схематик ҳисоблаш тартиби дастури / Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ № DGU 2020 0023 от 07.01.2020г. Зарегистрирован в государственном реестре программ для ЭВМ Республики Узбекистан 31.01.2020.

17. Исmoilов М. Т. Программа для цифровой фильтрации импульсных помех на микропроцессорных устройств/ Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ № DGU 2021 3916 от 30.11.2021г. Зарегистрирован в государственном реестре программ для ЭВМ Республики Узбекистан 20.12.2021.

18. Жумаев О.А., Исmoilов М.Т. Программа для фильтрация сигнала средним арифметическим методом / Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ № DGU 2022 4536 от 14.09.2022г. Зарегистрирован в государственном реестре программ для ЭВМ Республики Узбекистан 17.10.2022.

**Автореферат «Техника фанлари ва инновация» илмий журнали
тахририятида тахрирдан ўтказилди ҳамда ўзбек, рус ва инглиз тилларидаги
матнларини мослиги текширилди.**

Босмахона лицензияси:



9338

**Бичими: 84x60 1/16. «Times New Roman» гарнитураси.
Рақамли босма усулда босилди.
Шартли босма табоғи: 3,5. Адади 100 дона. Буюртма № 1/22.**

**Гувоҳнома № 851684.
«Тірограф» МЧЖ босмахонасида чоп этилган.
Босмахона манзили: 100011, Тошкент ш., Беруний кўчаси, 83-уй.**