Кыргыз Республикасынын улуттук илимдер академиясынын Машина таануу, автоматика жана геомеханика институту

Ош мамлекаттик университети

И.Раззаков атындагы Кыргыз мамлекеттик техникалык университети

Д 05.24.705 Диссертациялык кеңеш

Кол жазма укугунда

УДК: 621.3.017:004.383.4(043.3)

Бузурманкулова Чолпон Мейманалыевна

Электр энергиянын сапатынын өндүрүш тармактарынын элементтериндеги жоготууларына тийгизген таасирин компьютердик моделдөөнүн жардамы менен изилдөө

05.14.02 – электрчордондор жана электрэнергетикалык тутумдар

Автореферат

Техника илимдеринин кандидаты илимий даражасын изденип алуу үчүн

Бишкек 2025

Диссертациялык иш И. Раззаков атындагы Кыргыз мамлекеттик техникалык университетинин «Электроэнергетика» кафедрасында аткарылды

Илимий жетекчи: **Сатаркулов Калмырза Асанович**
техника илимдеринин кандидаты, доцент,
И.Раззаков атындагы Кыргыз мамлекети
техникалык университетинин
Х.А. Рахматулин атындагы
Токмок филиалынын профессору

Расмий оппоненттери: **Трофимов Герман Геннадьевич**
техника илимдеринин доктору, профессор
Алматы энергетика жана байланыш
университетинин электрмен жабдыуу
кафедрасынын профессору,
Таабалдиев жана Нурзат Дүйшөновна
техника илимдеринин кандидаты, доцент,
Бишкек эл аралык медицина институтунун
окуу-методикалык бөлүмүнүн башчысы

Жетектөөчү уюм: Б.Н. Ельцин атындагы Кыргыз – орус
славян университети (720 000, Кыргыз
Республикасы, Бишкек ш., Киев көч., 44)

Ишти коргоо 2025 жылдын 27 июнында саат 15.00 Кыргыз Республикасынын улуттук илимдер академиясынын машина таануу, автоматика жана геомеханика институту, Ош мамлекаттик университети жана И.Раззаков атындагы Кыргыз мамлекеттик техникалык университети караштуу техника илимдеринин доктору (кандидаты) окумуштуулук даражасын изденип алуу үчүн диссертацияны коргоо боюнча Д 05.24.705 диссертациялык кеңешинин отурумунда болот. Дареги: 720055, Бишкек ш., Скрябин көч., 23. Диссертацияны коргоо боюнча видеоконференцияга кирүү шилтемеси: https://vc.vak.kg/b/052-bdi-qrs-06b

Диссертациялык иш менен Кыргыз Республикасынын улуттук илимдер академиясынын машина таануу, автоматика жана геомеханика институту (720055, Бишкек ш., Скрябин көч., 23), Ош мамлекаттик университети (723500, Ош ш., Бөрүбаев көч., 2), И.Раззаков атындагы Кыргыз мамлекеттик техникалык университети (720044, Бишкек ш, Ч. Айтматов пр., 66) китепканаларынан жана КР Президентине караштуу Улуттук аттестациялык комиссиясынын сайтынан таанышса болот: https://stepen.vak.kg/diss_sovety/d-05-24-705/

Автореферат 2025 жылдын 26 майында таркатылды.

Диссертациялык кеңештин
окумуштуу катчысы,
т.и.к., доцент Медеров Т. Т.

ИШТИН ЖАЛПЫ МҮНӨЗДӨМӨСҮ

Диссертациянын темасынын актуалдуулугу. Электр энергиясынын (QE) сапатын камсыз кылуу маселелери дүйнөнүн ар кайсы өлкөлөрүнүн электр энергетикалык системаларында (ЭЭБ) системалуу түрдө келип чыгат. Бул ЭЭТнын сызыктуу эмес вольт-ампердик мүнөздөмөсү (ВАМ) бар электр кабылдагычтардын (ЭК) үлүшүнүн (мындан ары "сызыктуу эмес жүк") көбөйүшүнө байланыштуу, бул жүк агымында гармоникалык жана интергармоникалык компоненттердин пайда болушуна жана тармактарда электр энергиясынын жоготууларынын көбөйүшүнө алып келет.

Электр тармактарынын техникалык абалынын жана аларды эксплуатациялоо деңгээлинин эң маанилүү сандык көрсөткүчтөрү болуп электр энергиясын жоготуулардын көлөмү жана анын өзгөрүү тенденциясы саналат. Аларды минималдуу деңгээлде кармап туруу милдетин ийгиликтүү чечүү — электр тармактарынын энергетикалык натыйжалуулугун жогорулатуунун бүтүмдүгү. Демек, бөлүштүрүүчү тармактардагы электр энергиясын жоготууларын изилдөө жана азайтуу көйгөйлөрү бөлүштүрүүчү тармактарда электр энергиясынын жоготууларын азайтуу жолдорун издөө максатында бөлүштүрүүчү тармактардагы процесстерди изилдөөнүн ыкмаларын иштеп чыгууга багытталган илимий изилдөөлөрдүн негизинде теманын актуалдуулугун дагы бир жолу тастыктайт.

Диссертациянын темасынын приоритеттүү илимий багыттары, көлөмдүү илимий программалар (проекттер), окуу жана илимий мекемелердин негизги илимий-изилдөө иштери, темалары менен байланышы. Аталган иш КМТУнун Энергетика жана байланыш институтунун илимий иштерине байланыштуу. И.Раззакова жана КР Билим берүү жана илим министрлигинин гранттары боюнча илимий-изилдөө иштери темасы: "«КУЭТ» ААКсынын Өздүк электр тармактарынын жана пайдалануучулардын чек арасындагы реактивдүү кубаттуулукту компенсациялоо даражасына ченемдик талаптарды эсептөө методикасы".

Изилдөөнүн максаты жана милдеттери:

Өнөр жай тармагынын өткөргүч элементтериндеги энергиянын кошумча жоготууларын баалоо максатында гармоникалык жана интергармоникалык компоненттери бар сызыктуу эмес жүк тогун моделдөө жана изилдөө үчүн куралдарды иштеп чыгуу.

Диссертациялык иштин максатына жетүү үчүн төмөнкү милдеттерди чечүү зарыл:

1. ЭКтин ар кандай иштөө режимдеринде электр энергиясынын сапатынын начарлашынын себептерин талдоо;
2. Алдыга коюлган максатка жетүү үчүн колдонулган моделдөө ыкмаларын жана программалык каражаттарды талдоо;
3. Simulink/SimPowerSystems чөйрөсүндө изилденип жаткан өнөр-жай

тармагынын бөлүгүнүн компьютердик моделдери иштелип чыккан, алар чыңалуунун жана токтун интергармоникасынын өнөр жай тармактарынын өткөргүч элементтериндеги кошумча кубаттуулукка жана электр энергиясынын жоготууларына тийгизген таасирин изилдөөгө, ошондой эле сызыктуу эмес элементтердин вольт-ампердик мүнөздөмөлөрүнүн табияты менен интергармониканын пайда болуу мүмкүнчүлүгүнүн ортосундагы байланышты орнотуу;

4. LabVIEW чөйрөсүндө виртуалдык аспап түрүндөгү инструменттердин жардамы менен өнөр-жай тармагынын өткөргүч элементтериндеги фундаменталдык гармоникалык жана интергармоникалык компоненттердин өз ара аракеттенүүсүнүн мүнөзүн талдоо;

5. Өнөр-жай ишканасынын тышкы тармагы активдүү жоготуулардын реалдуу коэффициентин эсептөөсүн автоматташтыруу үчүн виртуалдык түзүлүштү иштеп чыгуу.

Алынган натыйжалардын илимий жаңылыгы.

1. Matlab/Simulink/SimPowerSystems жана LabVIEW программалык пакетинин негизинде Simulink чөйрөсүндө структуралык диаграмма жана SimPowerSystems чөйрөсүндө изилденип жаткан өнөр жай тармагынын иммитациалык модели (ИМ) иштелип чыккан.

2. Иштелип чыккан сызыктуу эмес элементтердин (СЭ) компьютердик моделдери иштелип чыккан, алар СЭ мүнөздөмөлөрүнүн түрүнүн алар тарабынан түзүлгөн жогорку гармоникалардын, анын ичинде интергармоникалыктардын спектралдык курамына тийгизген таасирин изилдөөгө мүмкүндүк берет.

3. Интергармониянын бир бөлүгү катары синусоидалдык эмес токтун аналитикалык сүрөттөлүшү сунушталган. Аналитикалык сыпаттаманын натыйжасы жылышуу амплитудасы менен моделдөөнүн орточо жыштыгы бар синусоидалдык термелүүлөр бир интергармоникалык амплитудага үстөмдүк кылып, жалпы амплитуданын олуттуу өсүшүн камсыздай тургандыгын көрсөттү. Бул жыйынтык электр энергиянын кошумча жоготууларынын пайда болушуна байланыштуу өткөргүчтөгү жоготуулардын көбөйүшүнүн мүмкүн болгон себептеринин бирин актоо үчүн пайдаланылышы мүмкүн.

4. АСНИ чөйрөсүндөгү маселелерди чечүүгө багытталган LabVIEW графикалык программалоо чөйрөсүнүн негизинде инструменталдык комплекс өндүрүштүк тармактын ток жеткирүүчү элементтеринде статистикалык иштетүү жана энергия жоготууларын баалоо мүмкүнчүлүгү менен жогорку гармоника жана интергармоникалык жүк агымынын көз ирмемдик маанилерин моделдөө үчүн виртуалдык түзүлүш түрүндө иштелип чыккан. Сандык эксперименттин натыйжалары жана аларды графикалык көрсөтүү, ошондой эле алынган натыйжаларды статистикалык иштетүү сызыктуу эмес жүктөмдөн

келип чыккан сигналдагы (ток, чыңалуу) интергармоникалык компоненттерден энергиянын кошумча жоготууларынын пайда болушунун дагы бир мүмкүн болгон себебин аныктоого мүмкүндүк берди

5. Жүргүзүлгөн изилдөөлөрдүн жыйынтыгы көрсөткөндөй, канондук гармоникага бир катар интергармоникалар коюлганда, кошумча жоготуулардан улам кубаттуулуктун жоготууларынын көбөйүшүнүн себептеринин бири сигналда туруктуу компоненттин (ток, чыңалуу) пайда болушу менен байланышкан. Сандык эксперимент төмөнкү жыштыктардан турган (50, 92, 167, 270, 273, 276, 279, 282, 285, 288, 291) [Гц] тиешелүү амплитудалык маанилерден (220, 2, 2, 0, 0 20, 20, 20, 20, 20) [В]. Белгилүү болгондой, качан синусоидалдуу эместик 50 Гц эселенген гармониялардан гана пайда болот.

6. Убакыт функционалынын ар бир компоненттери детерминистика, ал эми негизги гармоникалык жана интергармоникалык жыйноо процесси катары жүрүшү эксперименталдык жактан далилденген. Кызыктуу жагдай, кээ бир интергармоникалык (жогорку мисалда 276 Гц) жок болгон учурда процесс убакыттын көбөйүү багытында кокус өзгөргөн амплитудасы менен туруктуу функцияга айланат жана кокус процесстин ишке ашырылышынын бирин чагылдырат.

7. Өнөр-жай ишканасынын тышкы тармагындагы активдүү жоготуулардын реалдуу коэффициентин эсептөөнү автоматташтыруу үчүн ВТ жүктөлгөн токтун курамында интергармониканын болушу мүмкүн экендигин эске алуу менен иштелип чыккан.

Алынган натыйжалардын практикалык маанилүүлүгү. Иштелип чыккан виртуалдык түзүлүштөр сызыктуу эмес жүктөрдү камтыган өнөр жай тармактарын эксплуатациялоо учурундагы жоготууларды баалоодо колдонулушу керек болгон өнөр жай тармактарынын өткөргүч элементтериндеги кубаттуулукка жана энергиялык жоготууларга кошумча, мурда эсепке алуу кыйын болгон факторлордун таасирин негиздөөгө жана изилдөөгө мүмкүндүк берет.

Диссертациянын натыйжалары өнөр-жай тармактарын эксплуатациялоо кызматында мүмкүн болгон кошумча жоготууларды талдоо үчүн сунушталат жана ошондой эле И.Раззаков атындагы КМТУнун “Электрэнергетика” кафедрасында илимий-изилдөө иштерине колдонулат. ЭЖГни моделдөөнүн иштелип чыккан ыкмалары жогоруда аталган кафедрада дипломдук жана курстук долбоорлордо колдонулат.

Диссертациянын коргоого чыгарылуучу негизги жоболору.

1. Simulink чөйрөсүндө структуралык схемасы жана SimPowerSystems чөйрөсүндө изилденип жаткан өнөр жай тармагынын имитациялык модели, сандык эксперименттин жыйынтыгы менен иштелип чыккан;
2. LabVIEWдин негизинде көп функционалдуу виртуалдык аспап

иштелип чыккан, ал өнөр-жай тармактарынын өткөргүч элементтериндеги кубаттуулукка жана электр энергиясынын жоготууларына ар кандай факторлордун таасирин изилдөөгө арналган жана изилденүүчү тармак элементинин электр жүгүн эсептөө мүмкүнчүлүгүнө ээ;

3. Өнөр жай тармагынын ток өткөрүүчү элементтериндеги энергиянын жоготууларын статистикалык иштетүү жана баалоо мүмкүнчүлүгү менен жогорку гармоника жана интергармоникалык жүк агымынын көз ирмемдик маанилерин моделдөө үчүн виртуалдык түзүлүш түрүндөгү инструменттер комплекти;

4. Реалдуу коэффициентти эсептөөнү автоматташтыруу үчүн виртуалдык аспап иштелип чыккан, өнөр жай ишканасынын тышкы тармагындагы активдүү жоготуулар;

5. LabVIEW жана Simulink/SimPowerSystems аркылуу режимдерди компьютердик моделдөөнүн негизинде өткөргүч элементтердеги жоготууларга ар кандай факторлордун таасирин талдоонун натыйжалары.

Изденүүчүнүн жеке салымы. Диссертациялык иштин бардык натыйжалары автор тарабынан өз алдынча алынган. Биргелешип жарыяланган эмгектердин ичинен, изденүүчүнүн жеке изилдөөсүнүн натыйжасы болгон жоболор жана ойлор гана колдонулган.

Изилдөөнүн натыйжаларын апробациялоо. VII международной научно-практической конференции «Интеграционные прогрессы в научно-техническом и образовательном пространстве» (Москва-Бишкек КГТУ-НИУ МЭИ, 2021 г.); Международной научной конференции «Региональный вуз – основа развития региона» (Токмок, 2022 г.); Международной научно-практической конференции посвященной 70-летию известного ученого М.Дж. Джаманбаева (Бишкек, 2022); Международной научно-практической конференции «Роль науки и инновационных технологий в устойчивом развитии горных территорий и экосистем» (Бишкек, 2022); 65- ой международной сетевой научно-технической конференции молодых ученых, аспирантов магистрантов и студентов «Современная наука: актуальные вопросы, достижения и инновации» (Бишкек, 2023); 30-ой международной научно-технической конференции студентов и аспирантов. Радиоэлектроника, электротехника и энергетика (Бишкек, 2024).

Диссертациянын басылмаларда толук чагылдырылышы. Диссертациянын негизги жыйынтыктары 12 илимий журналда, анын ичинде Кыргыз Республикасынын Президентине караштуу Улуттук илимдер академиясынын диссертациясынын негизги илимий жыйынтыктарын жарыялоо үчүн рецензияланган илимий мезгилдүү басылмалардын Тизмесинде журналдарда 8 макала, башка басылмаларда 1 макала жарыяланган, 3 патент Кыргызпатенттен алынган.

Иштин структурасы жана көлөмү. Диссертациялык иш кириш сөздөн, төрт бөлүмдөн, корутундудан жана 2 тиркемеден турат; 54 сүрөт, 13 таблицаларды жана 114 библиографиялык адабияттарды кошкондо, 138 негизги баракты камтыйт.

ДИССЕРТАЦИЯЛЫК ИШТИН НЕГИЗГИ МАЗМУНУ

Киришүүдө иштин темасынын актуалдуулугуна негизделген изилдөөнүн максаты жана милдеттери, изилдөө ыкмалары, илимий ойлоп табуунун, изилдөөнүн жыйынтыгы жана практикалык мааниси аныкталган коргоого коюлган негизги жоболорун, жыйынтыктарын апрабациялоо жөнүндө маалыматтар берилет.

Биринчи бөлүм. Адабияттарды кароо. "Электрэнергиясынын сапатынын начарлашынын себептерин талдоо. Электр менен жабдуу системаларынын начарлашынын кесепеттери".

Аталган бөлүмдө кароого алынган материалдарга ылайык, электр энергиянын сапатын начарлатуучу жүктөр менен электр менен жабдуу системаларындагы энергетикалык процесстердин айрым өзгөчөлүктөрү баяндалган. Азыркы учурда мындай жүктөр сызыктуу эмес мүнөздөмөлөрү бар, симметриялуу эмес үч фазалуу каршылыктары бар жана убакыттын өтүшү менен өзгөрүп туруучу жүктөр, бурмалоочу жүктөр (искажающие нагрузки), деп аталат.

Бир катар көйгөлөрдү карап чыгууда, жогоруда айтылган энергетикалык процесстерди эске албоо, туура эмес тыянактарга же олуттуу кыйынчылыктарга алып келиши мүмкүн экендиги көрсөтүлгөн.

Бурмалоочу жүктөмдөрдүн мүнөздүү өзгөчөлүгү, алар электр менен жабдуу тутумдарында электр энергиясынын сапатын төмөндөтөт жана жогорку гармониканын, үч фазалуу симметриялуу компоненттердин, тескери жана нөлдүк ырааттуулугунун булагы болуп саналат. Башкача айтканда, бурмалоочу жүктөр трансформациялык касиетке ээ деп эсептесе болот: тармактан энергия алуу менен, мындай жүктөр анын көпчүлүгүн колдонушат, энергиянын башка түрлөрүнө айландырышат, ал эми калган бөлүгү токтун жана чыңалуунун анормалдык компоненттерин түзүп, бурмалоо түрүндө кайра тармакка өткөрүлүп берилет (тескери жана нөлдүк ырааттуулукту түзгөн кыска жана кыска эмес гармоника).

Илимий басылмаларда бул процесстерди эсепке алуу зарылдыгы белгиленет: - электр энергиянын сапатын (ЭЭС) көзөмөлдөөдө жана анын сапатын эсепке алууда; - тармактарда кошумча коромжуларды өлчөөдө, талдоодо жана эсепке алууда. Бул маселелердин маанилүүлүгү электр энергиясынын коромжусу электр тармактарынын ишинин үнөмдүүлүгүнүн

маанилүү көрсөткүчү жана энергия менен жабдуучу ишканаларынын ишинин натыйжалуулугунун башкы индикаторлорунун бири болуп санала тургандыгы менен аныкталат. Бул макалада, ЭЭС начарлашы эсептелген электр жүктөмдөрүнүн (ЭЭЖ) маанилерине да таасир этиши мүмкүн экендигине көңүл бурулат, аны аныктоо ар кандай электр менен жабдуу тутумдарынын долбоорлоонун биринчи жана негизги этабы болуп саналат. Илимий басылмаларда белгиленгендей, бул ыкмалар графиктин эки гана эсептелген мүнөздөмөсүн аныктоого мүмкүндүк берет: орточо жүктөмдү жана жылытуу жүктөмүн (же отуз мүнөттүк узактыктагы эң жогорку жүк), алар бүтүндөй технико-экономикалык комплексти чечүү үчүн электр менен жабдуу тармактарын долбоорлоодо, оңдоп-түзөөдө жана колдонуу учурунда келип чыккан көйгөлөр ачык эле жетишсиз.

Жогорудагы маалыматтардын негизинде төмөнкүдөй тыянак чыгарууга болот: - жалпы тутум боюнча электр энергиянын сапатын баалоо үчүн чыңалууну бурмалоонун бөлүштүрүлгөн аралаш булактарын камтыган электр тутумдарынын моделдерине коюлуучу негизги талаптарды талдоодо, эсептөө жолу менен же компьютердик моделдөө ыкмасы аркылуу гана чечиле турган бир катар маселелерди чечүү зарыл; - электрэнергиянын сапатын көзөмөлдөө боюнча маселени чечүү жолдорунун бири катары, физикалык процесстерди виртуалдык (компьютердик) моделдөө ыкмаларына негизделген мониторинг системасын колдонуу болуп саналат, алар илимдин жана өндүрүштүн бардык тармактарында кеңири колдонулат, анткени алар акыркы натыйжанын белгилүү параметрлерин оперативдүү жана эң аз чыгым менен табууга мүмкүндүк берет; - моделдештирүүнүн негизинде компьютердик тажрыйбалардын талашсыз артыкчылыгы болуп электр энергиянын коромжусун жана электр жүктөмүнүн эсептик маанисин, анын сапатынын мүмкүн болгон начарлашын эске алуу менен бирге эсептөө мүмкүнчүлүгү саналат.

Экинчи бөлүм: Материалдар жана изилдөөнүн ыкмалары “Өнөр-жай тармагынын элементтеринин жылуулук режимин эсептөөнүн компьютердик ыкмасы” Өнөр-жай ишканаларынын өткөргүч элементтеринде электр энергиясынын жоготууларды эсептөөнүн компьютердик ыкмаларына арналган.

Изилдөөнүн объектиси болуп сызыктуу эмес ВАМ менен ЭКны камтыган өнөр жай ишканалары үчүн электр менен жабдуу системалары болуп саналат .

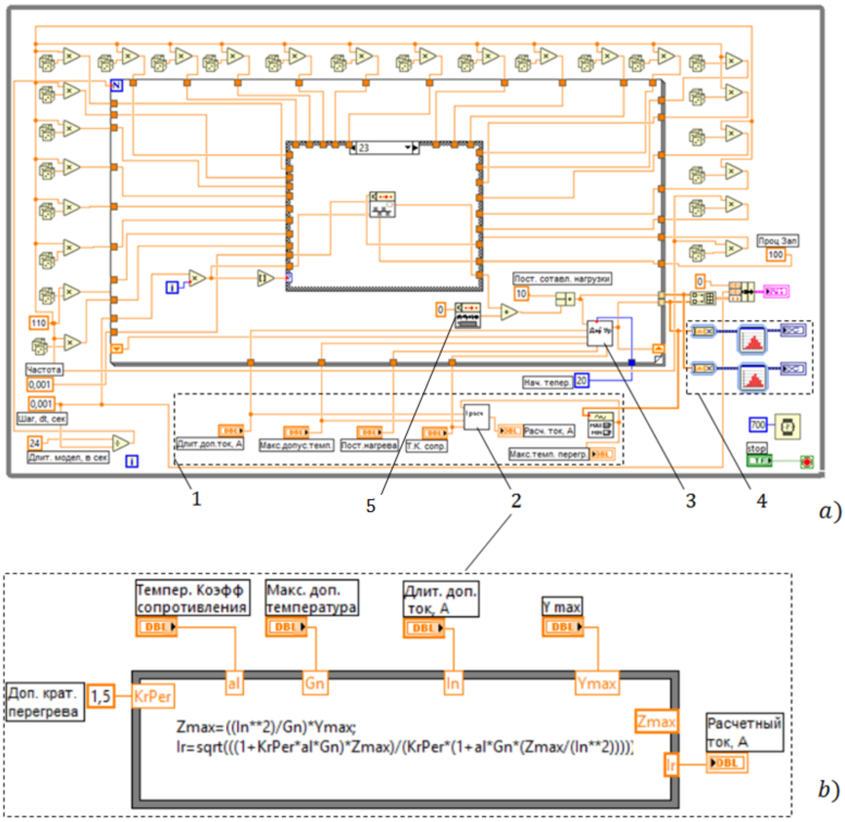
Изилдөөнүн предмети болуп изилдөө объектисинде электр энергиясынын жоготууларына жогорку гармоникалык жана интергармоникалык токтун таасири.

Изилдөөнүн ыкмалары жана каражаттары. Аталган иште LabVIEW чөйрөсүндө жана Simulink кеңейтүү пакети жана SimPowerSystems китепканасы

менен Matlab системасында компьютердик моделдөөнүн негизинде электр чынжырчаларынын теориясынын жана сандык эксперименттин методдору колдонулат.

Анда биздин изилдөөбүздүн кээ бир натыйжалары келтирилген. Главанын башында электр энергиясынын жоготууларын эсептөө ыкмаларына тиешелүү илимий басылмаларды кароонун анализинин натыйжалары берилген. деп белгиленет Көптөгөн илимпоздор синусоидалдык эмес чыңалуулардагы жана токтордогу кубаттуулуктун жалпы кабыл алынган теориясынын азыркы жоктугун белгилешет, алар төмөнкүлөр үчүн негиз катары колдонулушу мүмкүн: электр менен жабдуунун сапатын баалоо; өнөр жай ишканаларын электр менен жабдуу системаларында гармониялык жана интергармоникалык бурмалоолордун булактарын аныктоо, тармактын өткөргүч элементтериндеги кошумча жоготууларды эсептөө.

Электр тармагынын ток өткөрүүчү элементтеринин жылуулук иштөө шарттарын изилдөө үчүн ВА иштеп чыгууда каршылыктын жана өткөргүчтүн туруктуу ыссытылышынын температурага көз карандылыгын эске алуу менен тагыраак дифференциалдык теңдеме (ДТ) колдонулган.



1-сүрөт. a – ток өткөрүүчү элементтердин жылуулук режимин изилдөө боюнча ВА блок-диаграммасы; b – Эсептелген токтун ВПАнын аныктамасы

1-сүрөттө жылуулук режимин изилдөө жана ток өткөрүүчү ыссыка туруктуу элементтерин тандоо үчүн иштелип чыккан ВАнын блок-схемасы көрсөтүлгөн. Программанын өзү LabVIEW графикалык тилинин иконкалары түрүндө берилген, алар аркылуу маалымат түйүндөн программа түйүнүнө өткөрүлүүчү

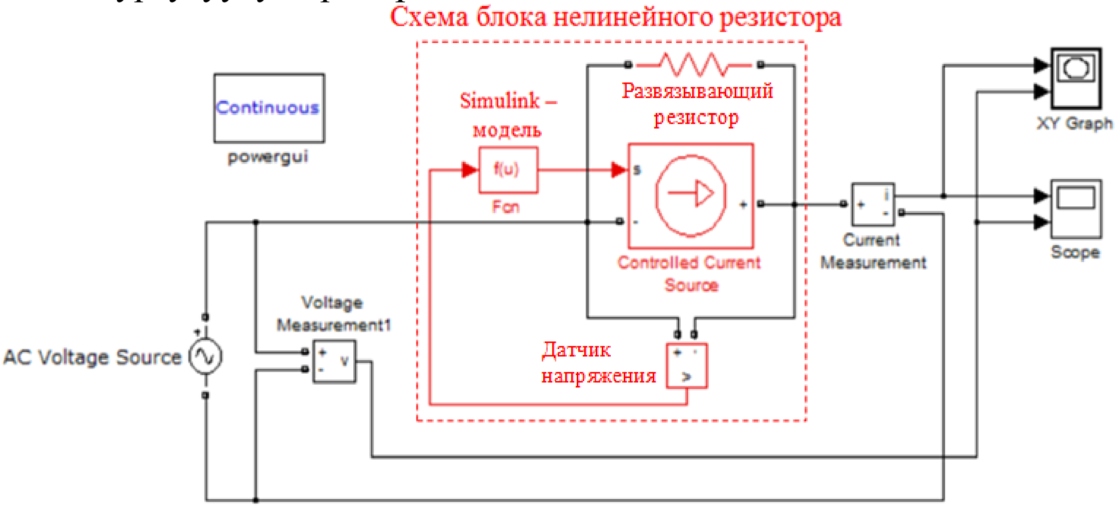
өткөргүчтөр менен байланышкан. Блок-диаграмма ВИнин иштөө алгоритмин жана аткарылган операциялардын ырааттуулугун камтыйт. ВИ жана ВПАларды иштеп чыгууда колдонулган LabVIEW тилинин элементтери (туруктуулар, функциялар, подструктуралар жана структуралар) диссертациядагы тиешелүү таблицаларда көрсөтүлгөн.

1-сүрөт, а) блок-диаграммада ВАнын иштөө алгоритми 1, 2, 3, 4 сандык номурлары менен подпрограммаларды ВПАны колдонуу менен ишке ашырылат. Блок-диаграммадагы калган бүтүндөй номерсиз аймак топтук жүктү моделдөө үчүн подпрограммага туура келет. 5 менен номерленген функция, ЭЭнин сапатына таасир этүү максатта симуляцияланган жүктүн графигине таасир этүүгө болот. 1-3 участоктордо сызыктуу эмес дифференциалдык теңдеменин (СДТ) сандык интеграциялоо операциясын (2), ЭК тобунан эсептик токту аныктоону аткаруучу ВПАнын функционалдык мүмкүнчүлүктөрү ишке ашырылган. Мында түздөн-түз сандык интеграциялоо ВТда жүргүзүлөт (3 сан).

Натыйжада, Экинчи бөлүктө айлана-чөйрөнүн температурасына карата өткөргүчтөрдүн ысып кетүү дифференциалдык теңдемесинин сандык интеграциясы үчүн LabVIEW чөйрөсүндө виртуалдык шайманды иштеп чыгуу боюнча маселе чечилип, ыссуусу боюнча ток өткөрүүчүтүн элементтерин тандоого мүмкүндүк берет. Ошол эле учурда, LabVIEW программасы тиешелүү аппараттык камсыздоо менен айкалышып, дээрлик бардык татаалдыктагы өлчөө, көзөмөлдөө, диагностоо жана башкаруу системаларын иштеп чыгууга мүмкүндүк берет.

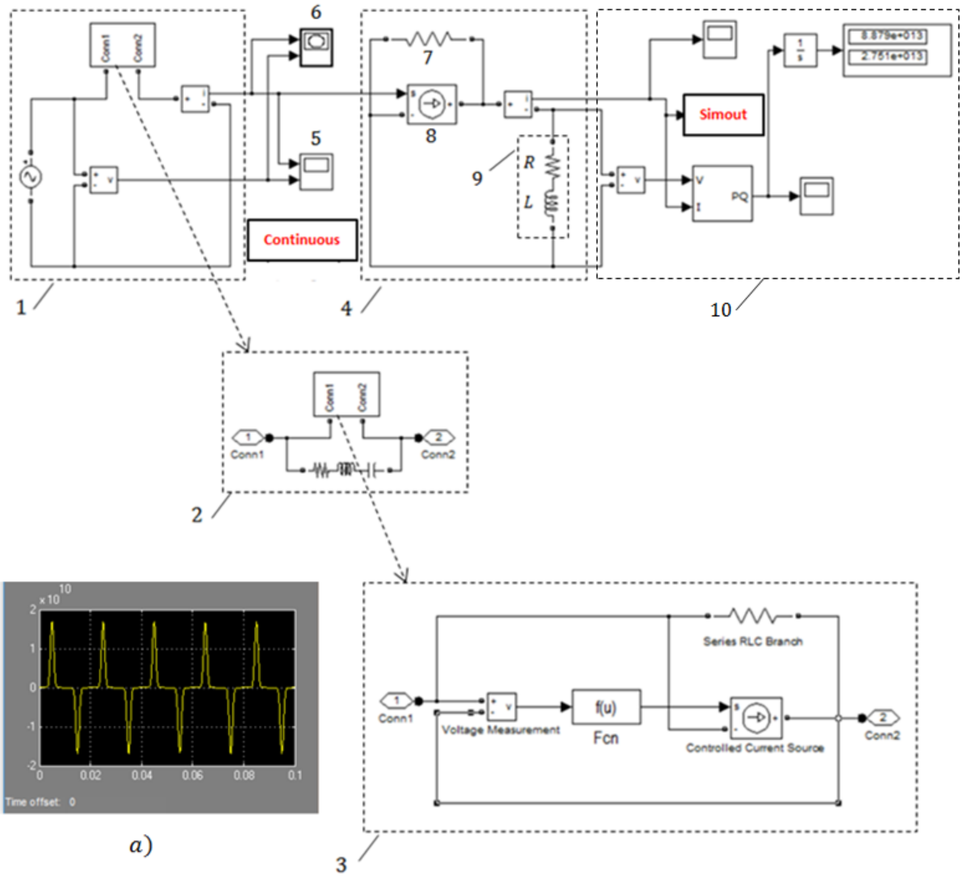
Үчүнчү бөлүм: Жеке изилдөөнүн натыйжалары. Сызыктуу эмес жүк менен өнөр-жай тармагынын кошумча жоготууларын эсептөө үчүн ВК колдонулган математикалык моделди иштеп чыгуу. Компьютердик моделдөө технологиясын колдонуу менен электр энергиянын сапатына тармактын сызыктуу эмес элементтеринин таасири изилденген жана анын кесепеттерин баалоо жүргүзүлгөн. Simulink жана SimPowerSystems пакеттерин пайдалануу менен, анын мүмкүнчүлүктөрүн айкалыштырып, электротехникалык аспаптардын убактылуу тармактагы ишин туурап (иммитировать), ошондой эле ар кандай анализдерди жасоого болот. Мындан тышкары, SimPowerSystems (SPS) тууроо жана түзүмдөрүн моделдөө ыкмаларын айкалыштырып, татаал электр тутумдарын моделдөөгө мүмкүндүк берет. SPS изилденип жаткан тутумдардын моделдерин түзүү үчүн зарыл болгон көптөгөн даяр блоктордун китепканасына ээ. Изилдөөчүгө керектүү шаймандардын моделдери жок болгон учурда, алар Simulink жана SPS блокторунун негизинде түзүлүшү мүмкүн. Диссертациянын бул бөлүмүндө изилденүүчү тармактын SPS – моделин иштеп чыгууда колдонулган сызыктуу эмес резисторлордун жана индукторлордун (каныккан реактордун) моделдери түзүлгөн. SPS – изилденип жаткан тармактын моделдери. Модел катары сызыктуу эмес вольт-ампер мүнөздөмөсү бар резисторлуу электр чынжыр

колдонулат (2-сүрөт). Чектелген сызыктар менен чектелген тик бурчтуктун ички аянты сызыктуу эмес резистор блогунун схемасын камтыйт. Мындан тышкары, диаграммада ток жана чыңалуу өлчөө приборлору жана XY-графикалык тургузуусу көрсөтүлгөн.



2-сүрөт. Сызыктуу эмес резисторлуу схема

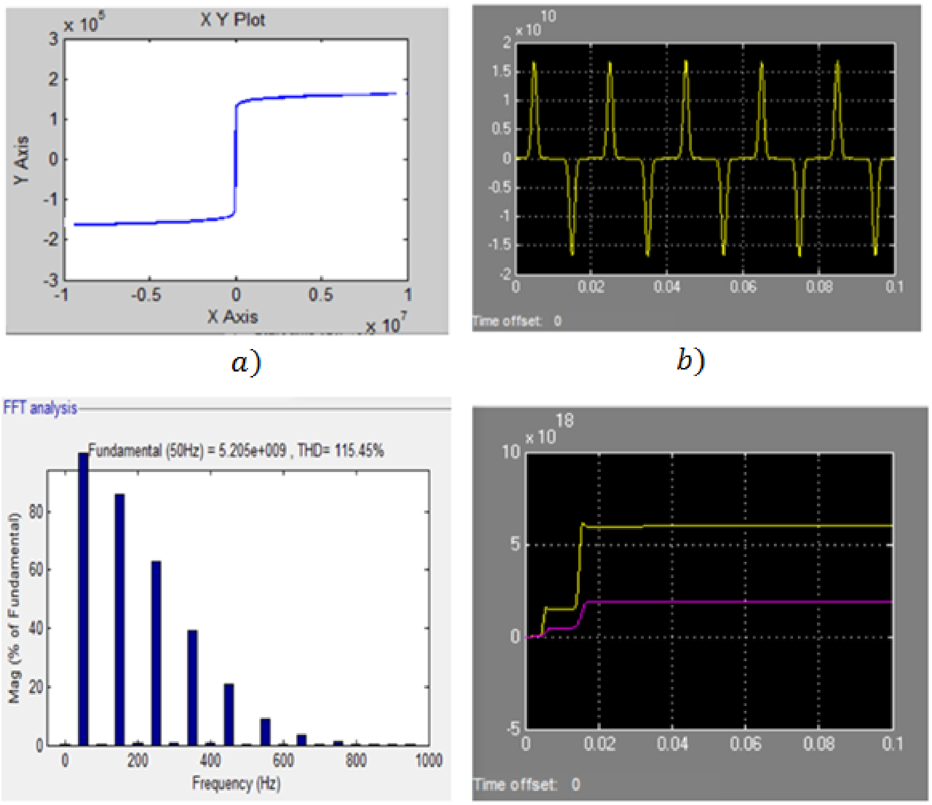
тармактын SPS моделин колдонуу менен бул тармактын элементиндеги электр энергиясынын, кубаттуулуктун жана энергиянын жоготууларынын сапатын баалоочу параметрлердин бири болгон тармактагы токтун гармоникалык курамына сызыктуу эмес резистордун таасирин изилдөө жүргүзүлгөн .



3-сүрөт. Изилденүүчү тармактын участогунун SPS модели

Аталган блоктордун максаты төмөнкүдөй: 1 – башкаруу сигналын түзөт (3-сүрөт, а), ал өлчөмсүз Simulink сигналы болуп саналат, анын өзгөрүү мыйзамы сызыктуу эмес резистордун иштөөсүнө туура келет; 2 – сызыктуу эмес резисторду билдирген RLS блоктун мазмуну (3-блок), $R_{\text{нр-ш}}$, бутак менен шунтталган. Сызыктуу эмес резистордун туруктуу иштешин, б.а. анын ВАМдын туруктуулугун камсыздайт; 3 – сызыктуу эмес резистордун моделин көрсөтүүчү диаграмма; 4 – резистор 7 менен башкарылуучу ток булагы 8 аркылуу башкаруу сигналына ылайык жүктө 9 электр тогун пайда кылуучу чынжыр (5-сүрөт, *a*) ; 5 – осциллограф; 6 – графотургузгуч; 10 - осциллографты камтыган өлчөө бирдиги, анын экранында R-L жүктүн астында кубаттуулуктун жоготуусунун убакытка көз карандылыгы көрсөтүлөт. Бирдикте ошондой эле моделдөө узактыгы боюнча энергиянын жоготууларын көрсөтүүчү дисплей бар.

Электрэнергиясынын сапаты менен электр тармагынын элементиндеги кубаттуулуктун жоготууларынын ортосундагы корреляциянын даражасын баалоо $(R - L)$ үчүн сызыктуу эмес резистор моделинин параметрлеринин төмөнкү сандык маанилери менен эсептөө эксперименттери (ЭЭ) жүргүзүлдү $\log i = \log I_0 + \alpha(\log u - \log U_0)$; $U_0 = 110$ Кв; $I_0 = 500$ А; $\alpha = 25$.

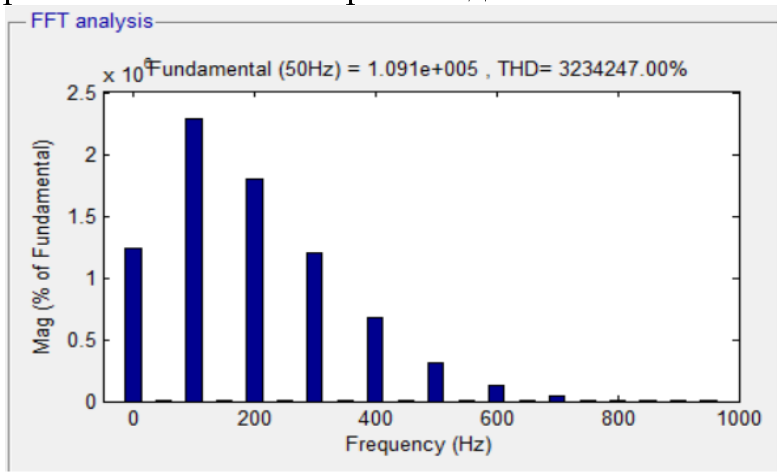


a) *b)* *c)* *d)*

4-сүрөт. Сандык тажрыйбанын жыйынтыгы

4 - сүрөттө, сандык тажрыйбанын жыйынтыгы келтирилген: *a)*- ВАМ сызыктуу эмес резистордун, шунтталган *RLC* – бутагынын кыймылы; *b*, *c* - $(R - L)$ жүктөмүндөгү токтун убактылуу көз карандылыгы жана спектралдык курамы;

d – R жүктөмүндөгү кубаттуулуктун жоголушунун убактылуу көз карандылыгы. Салыштыруу үчүн ЭТ алдында $\alpha = 24$ жана башка бирдей параметрлери кайталанды.Тажрыйбалык (эксперимент) жыйынтыктарды салыштыруу, резистордун сызыктуу эместигинин мүнөзүнүн өзгөрүшү, резистордогу токтун спектралдык курамын 5-сүрөт, кубаттуулуктун жана ЭЭнин жоготууларынын чоңдугунун олуттуу түрдө өзгөргөнүн көрсөттү. Алынган натыйжалар маанилуу практикалык мааниге ээ. Иштин ушул эле бөлүмүндө электр тармагындагы индуктивдүүлүктүн сызыктуу эместигинин (ИСЭ) (нелинейности индуктивности) даражасы өзгөргөндө ЭЭнин сапатына жана жоготууларына тийгизген таасири изилденген.



5-сүрөт. Жүктөмдөгү $(R - L)$ алдында $\alpha = 24$ токтун спектралдык курамы.

Мында токтун i, чыңалуунун u жана агымдын ψ ИСЭнин тез маанилерин байланыштырган теңдемелер формулалар менен көрсөтүлөт:

$$u = Ri + \frac{d\psi}{dt}; \quad i = a\psi + b\psi^3, \tag{1}$$

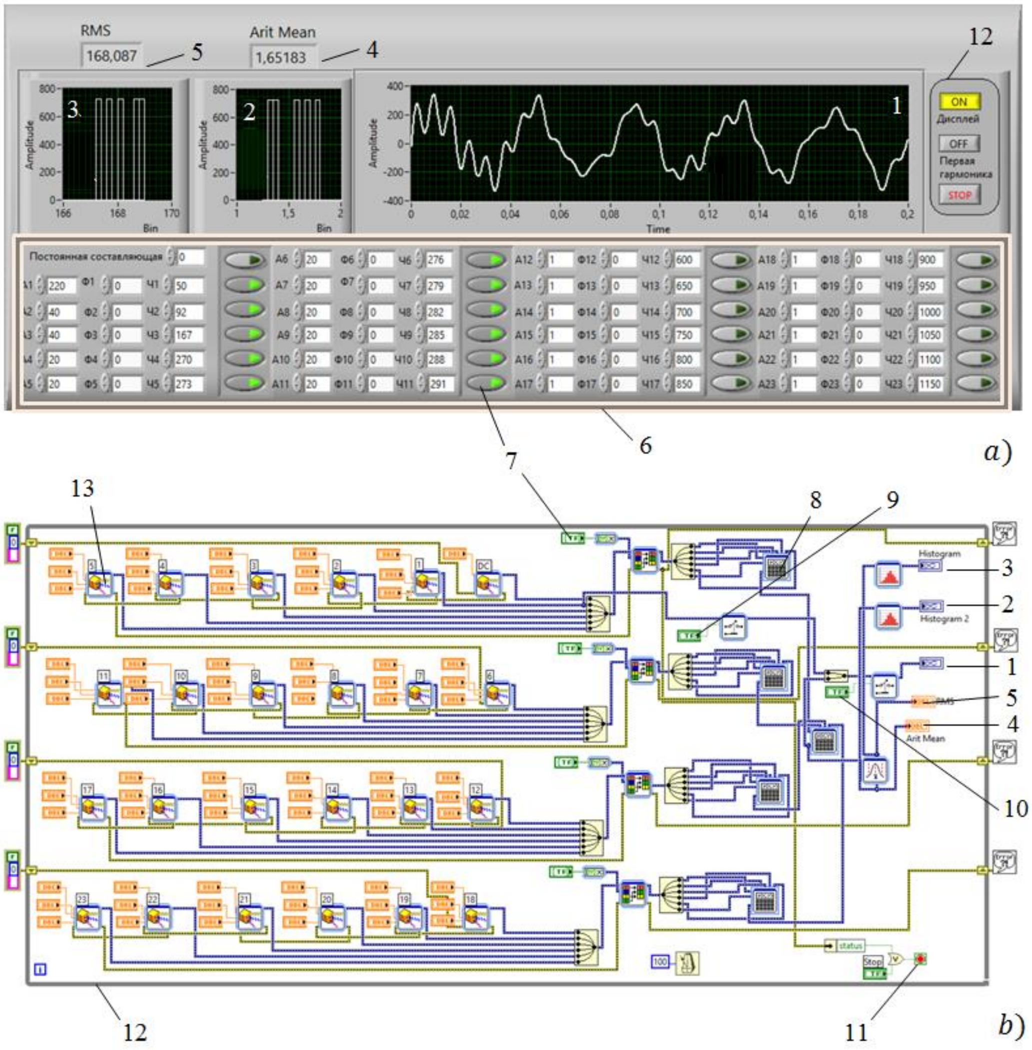
мында a, b – агым менен токтун ортосундагы көзкарандылыкты байланыштырган жана индуктивдүү түрмөгүнүн сызыктуу эместик даражасын аныктоочу моделдик параметрлер. Биринчи теңдемеде – индуктивдүүлүктөгү чыңалууну аныктоочу дифференциалдык теңдеме, ал эми экинчисинде – реактордун тогун, агым менен байланыштырган теңдеме. Экинчи теңдеменин түзүлүшү индуктивдүүлүктүн сызыктуу эместигинин тактыгына болгон талапка жараша аныкталат: ар кандай болушу мүмкүн.Сандык тажрыйбалар сызыктуу эмес индуктивдүүлүктүн (каныккан реактор) SPS моделин колдонуу менен жүргүзүлгөн.Тажрыйбалык натыйжаларды салыштыруу ИСЭни камтыган схемада болуп жаткан бардык процесстерге, анын ичинде гармоника жана интергармониядан келип чыккан жоготууларга каныккан реактордун сызыктуу эместик даражасынын олуттуу таасирин аныктады.

Белгилей кетсек, көптөгөн алдыңкы россиялык эксперттердин пикири боюнча, заманбап өнөр жай ишканаларынын электр менен жабдуу системалары сызыктуу эмес жана тез өзгөрүүчү жүктөрдүн бир кыйла чоң үлүшүн камтыйт. Тармактык токтун амплитудалык спектринде ылдам өзгөрүүчү жүктөрдү, ошондой эле жыштык өзгөрткүчтөрүнөн кубатталган жүктөрдү иштетүүдө

жогорку гармоникалар менен катар электр тармактарынын элементтеринде кубаттуулуктун жана электр энергиясынын кошумча жоготууларынын себептери болуп саналган интергармоникалыктардын олуттуу спектри пайда болот. Ошол эле учурда, илимий басылмалар дагы эле интергармоникалар менен байланышкан электромагниттик бузулуулардын табиятын толук түшүнүү жок экенин белгилешет, жана азыркы учурда бул көрүнүшкө кызыгуу күчөгөн.Бул бөлүмдө LabVIEW чөйрөсүндө иштелип чыккан ВК (6-сүрөт) сызыктуу эмес жүктөн келип жаткан сигналдагы (ток, чыңалуу) интергармоникалык компоненттерден кошумча энергия жоготууларынын пайда болушунун мүмкүн болгон себептеринин бирин тактоого мүмкүндүк берди. Жыштыктын компоненттери (50, 92, 167, 270, 273, 276, 279, 282, 285, 288, 291) [Гц] жана ошого жараша амплитудалык компоненттери (220, 40, 40, 20, 20, 20, 20, 20, 20, 20, 20) [В] мунун себебин сигналда туруктуу компоненттин (ток, чыңалуу) пайда болушу экенин көрсөттү. Белгилүү болгондой, синусоидалуу эместик 50 Гц эселенген гармониялардан гана пайда болгондо, оригиналдуу синусоидалдык эмес сигналда туруктуу компоненти жок болсо, албетте, туруктуу токтун компоненти болбойт.

Сандык эксперимент ошондой эле фундаменталдык негиги гармониканын жана интергармониканын суммасы кокус процесс катары жүрөрүн, ал эми убакыт функцияларынын ар бир мүчөсү детерминиралык экенин көрсөттү. Кызыктуу жагдай, жогоруда аталган интергармоникалардын курамында 276 Гц жыштыгы менен интергармоника жок болгон учурда процесс убакыттын өсүшүнө карай туш келди өзгөрүлүүчү амплитудасы менен туруктуу функцияга айланат жана кокустук процессинин ишке ашырылышынын бири экендигин билдирет

6-сүрөттө *b)*, тиешелүүлүгүнө жараша: 14 – экспресс-ВА, 13 экспресс-ВА синусоидалдык, тик бурчтуу, үч бурчтуу, термелүүсүн же ызы-чуу сигналын кайталай алган сигналды имитациялоо үчүн; 7 – баскычтар түрүндөгү алты логикалык элементтен турган төрт топ; 8 – беш Express ВА - киргизилген маалыматтарды математикалык иштетүү теңдемеси. Экспресс ВИдеги киргизүү жана чыгаруу маалыматтары динамикалык типтерди башка типтеги маалыматтык динамикага айландырылат; Алдыңкы панелдеги 9, 10 логикалык элементтер осциллографтын экранын башкаруу жана экранга биринчи гармоникалык графикти киргизүү/чыгаруу үчүн баскычтар менен берилген; 1, 2, 3 – блок-диаграммада осциллографтар берилет. 11 – ВА күйгүзүү/өчүрүү баскычы, алдыңкы панелде Stop, баскычынын сүрөтү менен көрсөтүлөт; 12 – шарттуу цикл токтотуу баскычы басылганга чейин ушул структуранын ичиндеги программаны итеративдик түрдө аткарат.



6-сүрөт. *a* - Алдыңкы панели жана *b*-ВАнын блок-диаграмассы

6-сүрөттө, *a)* ВАнын интерфейс бөлүгү (алдыңкы панели), ал эми, *b)* функционалдык бөлүгү. 6-сүрөттө *a)* 1, 2, 3 графикалык көрсөткүчтөр, экранда моделдөөнүн натыйжалары, тиешелүүлүгүнө жараша кокустук процесс түрүндөгү сигнал жана анын ыктымалдык мүнөздөмөлөрү (гистограммалар - Arit Mean жана RMS) көрсөтүлөт. Орточо жана RMS); 12 – башкаруу панели. Башкаруу пульту төмөнкү кнопкалардан турат: осциллографтын экранын күйгүзүү/өчүрүү (жогорку жактан биринчи); экранда биринчи гармоникалык графикти көрсөтүү (ортодогу баскыч); күйгүзүү/өчүрүү ВА; 6 – моделдөөнүн гармоникалардын/интергармоникалыктардын параметрлерин киргизүү каражаттары жайгашкан алдыңкы панелдин. Параметрлерге төмөнкү чоңдуктар кирет: амплитудасы Ai, фаза Фi жана жыштык Чi, i - гармониялык/интергармоникалык.

Төртүнчү бөлүмдө. "ВА негизинде эсептөөнүн натыйжаларына салыштырмалуу талдоо" керектөөчүнү тышкы электр менен жабдуу системасында активдүү коромжулуктардын коэффициентин аныктоону автоматташтырууга байланышкан маселелер каралат.

Киришүү бөлүгүндө, белгиленгендей, электрожүгүнүн графитери (ЭЖГ): активдүү $P=P(t)$; реактивдүү $Q=Q(t)$; толук кубаттуулук $S=S(t)$; ток $I=I(t)$

маанилүү чечүүчү милдеттерди долбоорлоодо кеңири пайдаланылат: аныктоо рационалдуу параметрлердин электржабдуу системалары (ЭЧ участокторун, трансформаторлордун кубаттуулугун ж.б.), электр энергиясы коромжусун эсептөө. Ошондой эле, мисалы, электр тармактарында чыналуу жөңгө салуу, электр системаларынын иштөө режимин башкаруу, электртүзүлүштөрүндө иштеп жаткан жерде пайда болгон көйгөйлөр. Мында эксплуатациялоо шартындагы чоңдуктар *(P,Q,S,I)* тишелүү шаймандардын көрсөткүчтөрү боюнча аныкталат жана убакыт аралыгында орто эсеп менен берилет.

Заманбап шарттарда жаңы технологиялык операциялардын негизинде азык-түлүк чыгарууда, пландаштырылган жаңы өнөр-жай ишканаларын долборлоодо, компьютердик моделдөө технологиясы зарыл конструктордук маселелерди чечүү үчүн кеңири колдонулат, мисалы, электр чордондорунун иштөө режимдери жөнүндө алгачкы маалыматтар менен, электрдик жүктүн графиктери симуляциялык моделдөө жолу менен алынат.

Аталган бөлүктө өнөр-жай ишканалары үчүн энергияны үнөмдөө чараларынын маанилүү курамдык бөлүгү тышкы электр менен жабдуу тармагында ΔW электрэнергиянын жоготууларын кыскартуу болуп санала тургандыгына көңүл бурулат.

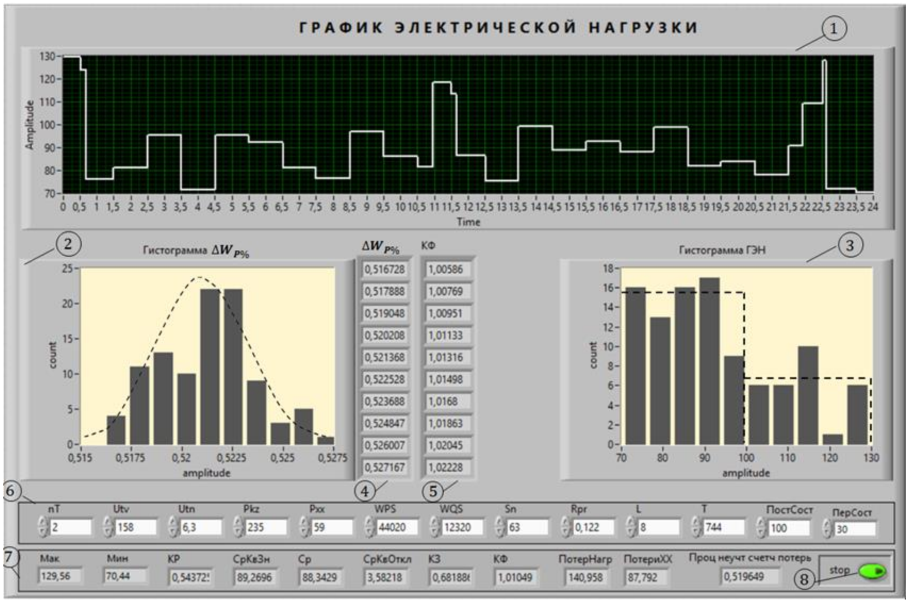
Ишкананын тышкы тармагындагы электрэнергиянын жоготууларын аныктоонун колдонуудагы ыкмалары жана формулалары талданат. “Колго” эсептөөнүн каралып жаткан ыкмасынын чектөөсү жалпы учурда жалпы кубаттуулук графигинин *Кз* толтуруу коэффициенттери жана *Кф* формасы убакыттын өтүшү менен туш келди өзгөрүп турушу жана ΔW мааниси бул коэффициенттерге көз каранды болгондуктан, Тышкы тармак ишканаларында ΔW эсептөөлөрдү тактоодо бул таасир этүүчү факторлорду эске алуу зарыл.

Бул бөлүктө жогоруда айтылган чектөөнү алып салуу үчүн эки ыкма сунушталат: ЭЖГни реалдуу графикке жакын кылып моделдөө жолу менен; тышкы USB 6009 маалыматтарды алуу модулун колдонуу менен жүктөө агымын көзөмөлдөө жана тиешелүү ВА иштеп чыгуу.

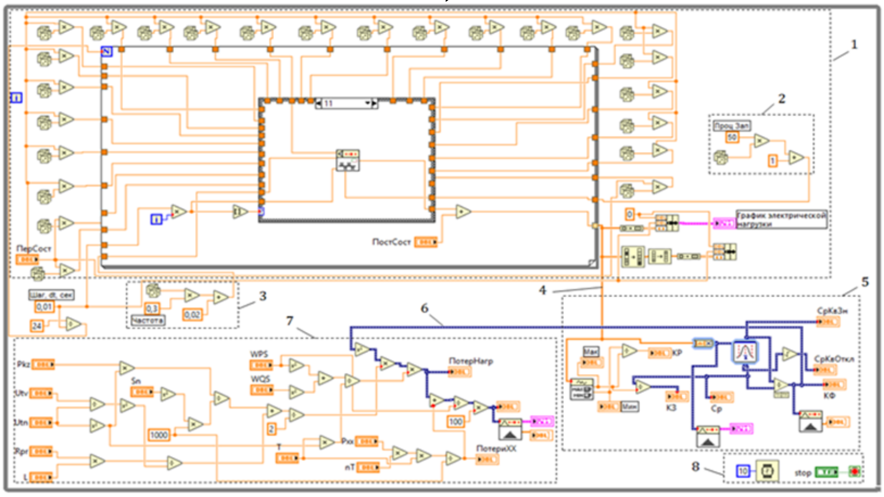
Биринчи ыкманын натыйжасы компьютердик программа түрүндө 6 сүрөттө көрсөтүлгөн (LabVIEW чөйрөсүндөгү виртуалдык аспап).

ВАнын алдыңкы панелинде 7-сүрөт, а) 1, ..., 8 номерлүү интерфейстин элементтери көрсөтүлгөн. Алар моделдөөнүн алынган натыйжаларын көрсөтүү үчүн арналган (1, 2, 3) - графикалык көрсөткүчтөр, (4, 5) - Сандык көрсөткүчтөрдү моделдөө натыйжаларынын бир аталыштагы массивдери, (6) – баштапкы маалыматтарды киргизүү үчүн талаалар, (7) – алынган моделдөө натыйжаларын көрсөтүү үчүн талаалар, (8) – ВА иштешин башкаруу элементи. Бул учурда: 1 - окшоштурулган ЭЖГ; 2 - ΔW гистограммасы - анын өзгөрүшүнүн тандалган диапазонундагы симуляцияланган ΔW маанилеринин пайда болуу жыштыгын (ар бир мамычанын бийиктигин) көрсөтөт.

Мамычалардын саны – тандалган диапазондордун саны. Чекиттүү сызыктар Гаусс таралышын көрсөтөт (нормалдуу бөлүштүрүү); 3- ЭЖГнын гистограммасы. Чекиттүү сызыктар гистограмма мамычаларынын жыштыгынын эки этаптуу бирдей бөлүштүрүлүшүн көрсөтүп турат, анткени ЭЖГ бирдиктүү бөлүштүрүү мыйзамына ылайык негизги (туруктуу) компоненттен жана өзгөрмө компоненттен турат; 4-ΔW чоңдуктарынын чачыранды зонасын көрсөтүүнүн бир өлчөмдүү массиви; 5- КФ маанилеринин чачыратуу зонасын көрсөтүүнүн бир өлчөмдүү массиви; 6 - моделлдөө маанилеринин кыргызча талаалары: nT – трансформаторлордун саны; P*kz*, P*xx* - кыска туташуу жана бош жүрүү жоготуулары;WPS, WQS - ишкананын активдүү жана реактивдүү электроэнергиясын жалпы айлык керектөөсү; S*n* [МВ·А] – трансформатордун кубаттулугу; R*pr* [Ом/км] - АЧ погондук параметрлери; L[km] – аба чубалгысынын узундугу;



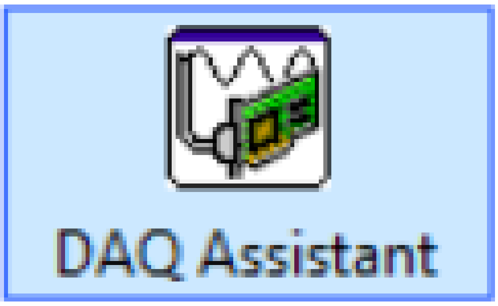
а)



7-сүрөт. *a* - Алдыңкы панели; *b* –программалоонун графикалык тилиндеги ВАнын блок-схемасы (G) LabVIEW чөйрөсүндө

T=744 саат – айдын узактыгы саат менен; ПостСост, ПерСост – тиешелүүлүгүнө жараша жүктүн базалык (туруктуу) жана өзгөрүлмө компоненттери; 7- моделдөө натыйжаларынын маанилерин чыгаруу үчүн талаалар: Max, Min - максималдуу, минималдуу жүктөө учурдагы маанилери; КЗ - бирдейлик коэффициенти; Ср – токтун орточо учурдагы мааниси; СрКвөчүрүү – токтун стандарттык четтөөсү; КЗ – толтуруу коэффициенти; ФК – форманын коэффициенти; ПотерНагр – жүк жоготуулар; ХХ жоготуулары – трансформаторлордо электр энергиясынын ХХ жоготуулары; 8 - башкаруу баскычы. 7-сүрөттө, б), ВА блок схемасы белгилүү болгондой, ВАнын иштеши үчүн программа түзүүгө арналган жана бардык командалар, цикл жана салыштыруу операторлору графикалык символдор менен берилген. Виртуалдык инструменттер курулган компоненттердин өзү да виртуалдык аспаптар. Мисалы, 1 – ЭЖГны моделдөө үчүн; 2 – ЭЖГ мамычаларынын туурасынан кокус өзгөрүшүн моделдейт; 3 - ЭЖГ мамычаларынын кайталануу жыштыгынын кокус өзгөрүшүн моделдейт; 4 - маалымат өткөргүчү, ал аркылуу 1ден 5ке чейин моделдештирилген ЭЖГ түрүндө массивдери берилет, мында ЭЖГ ансамблинин статистикалык иштетүүсү жүргүзүлөт, ЭЖГнын негизги сандык параметрлери эсептелинет жана 2,3 гистограммалары түзүлөт (7, б-сүрөт); 6 - учурдагы ФК маанисин 7, берүү үчүн маалымат өткөргүч, мында жүктүн жоготуулары аныкталат; трансформаторлордо жүк жок учурунда электр энергиясын жоготуулары; негизги көмөкчордондун трансформаторлорунда жана АЭЧ эсептегич тарабынан эсепке алынбаган активдүү электр энергиясынын жоготууларынын пайызы; 8 - ВА контролдоо боюнча программанын элементтери.

Керектөөчүнүн тышкы энергия менен камсыздоо системасында ΔW активдүү жоготуу коэффициентин эсептөөнү автоматташтыруу үчүн USB кабели аркылуу компьютерге (8-сүрөт) туташтырылган USB 6009 өлчөө модулунун аппараттык камсыздоосу менен виртуалдык аспаптын (ВА) ортосундагы программалык интерфейсти камсыз кылган **DAQ Assistant экспрес** – ВА (9-сүрөт) колдонуу сунушталат.

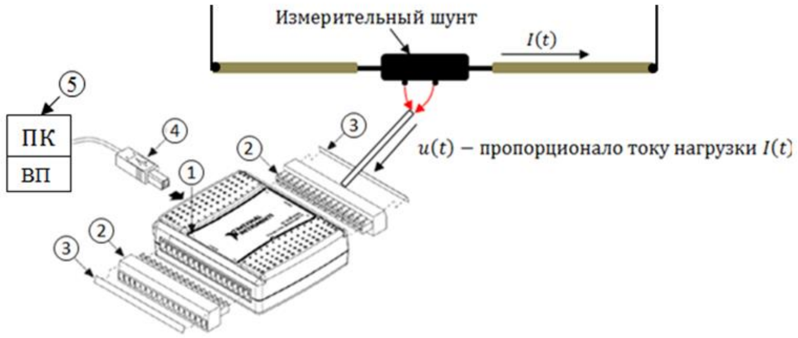


8-сүрөт. **DAQ Assistant** экспрес - ВАсы

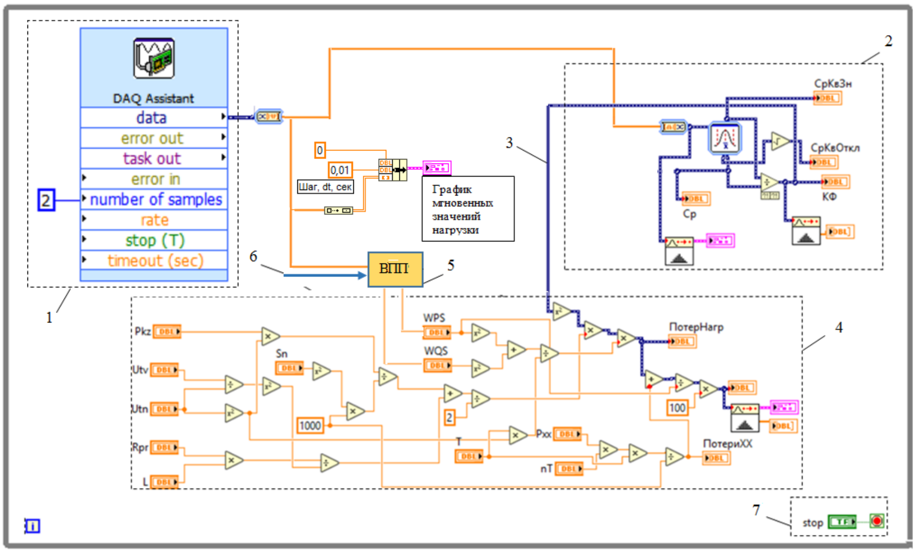
Жүктөлгөн токтун мониторингинин схемасынын аппараттык бөлүгү тиешелүү ток датчиктерин (өлчөөчү шунт) колдонуу менен ишке ашырылышы мүмкүн, 9-сүрөт. 9-сүрөттө: 1-DAQ модулу; 2 - терминалдык блоктор; 3 - сигналдарды көрсөтүүчү этикеткалар. DAQ модулу персоналдык компьютерге

(ПК) туташтырылган - 5 USB кабелин колдонуу менен - 4. Керектелген электр энергиясы жөнүндө маалымат ВП аркылуу компьютерде иштетилет.

10-сүрөттө: 1 - DAQ Assistant экспрес-ВАсы; 2-1-элементтен келген сигналды статистикалык иштетүүнү жүзөгө ашырат; 3 - учурдагы ФК маанисин 4кө өткөрүү үчүн маалымат өткөргүч; 5 – виртуалдык подаспап (ВПА), мында 1ден алынган сигнал өлчөөнүн учурдагы моментинде керектелүүчү активдүү (WPS) жана реактивдүү (WQS) энергияны алуу үчүн иштетилет; 6 – чыңалуу трансформаторунан келген сигнал; 7 – ВАнын башкаруу блогу.



9-сүрөт. Керектелүүчү электр энергиясын автоматтык эсептөө схемасы USB 6009 өлчөө модулун колдонуп, ток трансформаторунан (ТТ) сигналды алуу



10-сүрөт – Кеңейтилген ВАлардын функционалдуу блок-схемасы

КОРУТУНДУ

1. Matlab/Simulink/ SimPowerSystems программалык пакетинин негизинде Simulink чөйрөсүндө структуралык диаграмма жана SimPowerSystems чөйрөсүндө изилденип жаткан өнөр жай тармагынын имитациялык модели (ИМ) иштелип чыккан. ИМ убакыт чөйрөсүндө электрдик түзүлүштөрдүн ишин

кайра чыгарууга, ошондой эле жүк агымындагы гармоникалык жана интергармоникалык компоненттерден изилденип жаткан тармактагы электр энергиясынын кошумча жоготууларын аныктоо үчүн алардын анализинин ар кандай түрлөрүн жүргүзүүгө мүмкүндүк берет .

2. Сызыктуу эмес элементтердин (СЭ) иштелип чыккан компьютердик моделдери алар тарабынан түзүлгөн жогорку гармоникалардын, анын ичинде интергармоникалыктардын спектрдик курамына СЭ мүнөздөмөлөрүнүн түрүнүн таасирин изилдөөгө мүмкүндүк берди .

3. Интергармониканын бир бөлүгү катары синусоидалдык эмес токтун аналитикалык сүрөттөлүшү сунушталат. Аналитикалык сүрөттөлүштөрдүн натыйжасы бир интергармоникалык амплитуданы көрсөттү жылышуу амплитудасы менен моделделген орточо жыштыктын синусоидалдык термелүүсү үстөмдүк кылат, бул жалпы амплитуданын олуттуу өсүшүн берет. Ал жыйынтык электр энергиянын кошумча жоготууларынын пайда болушуна байланыштуу өткөргүчтөгү жоготуулардын көбөйүшүнүн мүмкүн болгон себептеринин бирин түшүндүрүү үчүн пайдаланылышы мүмкүн.

4. LabVIEW графикалык программалоо чөйрөсүнүн негизинде жогорку гармоникалар жана интергармоникалык жүктөмдөрдүн токтун көз ирмемдик маанилерин моделдөө үчүн, аларды статистикалык иштетүү жана өнөр-жай тармагынын ток өткөрүүчү элементтериндеги энергиянын жоготууларын баалоо мүмкүнчүлүгү менен инструменталдык комплект иштелип чыккан. Сандык тажрыйбанын натыйжалары жана аларды графикалык көрсөтүү, ошондой эле алынган натыйжаларды статистикалык иштетүү сызыктуу эмес жүктөмдөн келип чыккан сигналдагы (ток, чыңалуу) интергармоникалык компоненттерден энергиянын кошумча жоготууларынын пайда болушунун дагы бир мүмкүн болгон себебин аныктоого мүмкүндүк берди.

5. Сандык тажрыйбанын жыйынтыгы көрсөткөндөй , интергармоникалык катарларды канондук гармонияга үстөм кылганда, кошумча жоготуулардан улам кубаттуулуктун жоготууларынын көбөйүшүнүн себептеринин бири сигналда туруктуу компоненттин (ток, чыңалуу) пайда болушу менен байланышкан. Сандык тажрыйба төмөнкү жыштыктардан турган (50, 92, 167, 270, 273, 276, 279, 282, 285, 288, 291) [Гц] тиешелүү амплитудалык маанилерден (220, 2, 2, 0, 0 20, 20, 20, 20, 20) [В]. Белгилүү болгондой, синусоидалык эместик 50 Гц эселенген гармоникалардан гана пайда болгондо, оригиналдуу синусоидалуу эмес сигналда туруктуу компонент жок болсо, албетте, туруктуу компонент жок болот.

6. Сандык тажрыйба ошондой эле фундаменталдык гармоника жана интергармониканын суммалар кокус процесс катары иштээрин, ал эми убакыт функцияларынын ар бир мүчөсү детерминистикалык экенин көрсөттү. Кызыктуу жагдай, кээ бир интергармоникалык (жогорку мисалда 276 Гц) жок болгон учурда процесс убакыттын көбөйүү багытында кокус өзгөргөн амплитудасы менен туруктуу функцияга айланат жана кокус процесстин ишке ашырылышынын бирин чагылдырат.

7. Илимий басылмалардын тажрыйбалык натыйжаларын иштелип чыккан

ВАны моделдөөнүн натыйжалары менен салыштыруу алардын канааттандырарлык (сапаттык) дал келүүсүн көрсөттү, бул ВАнын иштөө жөндөмдүүлүгүн тастыктайт.

8. Өнөр жай ишканасынын тышкы тармагында активдүү жоготуулардын реалдуу коэффициентин эсептөөнү автоматташтыруу үчүн виртуалдык машина иштелип чыккан, мында жүк тогунун курамында интергармониялар болушу мүмкүн.

Электр тармагынын элементтеринде кошумча энергия жоготууларын изилдөө үчүн ВА түрүндө иштелип чыккан инструменттер андан ары өнүктүрүү үчүн потенциалга ээ. Алардын өнүгүү багыты электр энергиясынын сапатын начарлатышы мүмкүн болгон электр энергиясын керектөөчүлөрдөн көз каранды. Бул керектөөчүлөр көбүнчө жогорку гармоникалардын же интергармоникалыктардын булагы болуп саналат .

Диссертациялык иштин темасы боюнча жарыяланган эмгектердин тизмеси

1. **Бузурманкулова, Ч.М.** Из истории тарифов [Текст] / Бузурманкулова, Ч.М. – Б.: – Изв. КГТУ им. И. Раззакова № 17 .– Бишкек, 2009.-С. 29-31. Электронный ресурс:https://www.elibrary.ru/item.asp?id=26298731
2. **Бузурманкулова, Ч.М.** Основные виды тарифов на электроэнергию [Текст] / Бузурманкулова, Ч.М. – Б.: – Изв. КГТУ им. И. Раззакова № 19 .– Бишкек, 2010.-С. 118-120. Электронный ресурс: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=26696710
3. **Бузурманкулова, Ч.М.** Возможные пути сглаживания графика электрических нагрузок г. Бишкек [Текст] / Бузурманкулова, Ч.М.. – Б.: Современные тенденции развития науки и технологий № 1-2 .– Белгород, 2016.-С. 8-11 Электронный ресурс: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=25431035
4. **Бузурманкулова, Ч.М.** Применение сред matlab и labview для демонстрации динамического поведения гидроагрегата нового типа [Текст] / А.Б. Бакасова , Г.Н. Ниязова, Т.К. Сатаркулов,Ч.К. Дюшеева . – Б.: Проблемы автоматики и управления. Ин-тут авт. И инф-ных тех-гий НАН КР, - 2019. – № 1(36). - С. 30-39 . Электронный ресурс: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=39323422
5. **Бузурманкулова, Ч.М.** Моделирование несинусоидальных режимов воздушных линий для расчета потерь мощности в них [Текст] / А.Р.Айдарова, Э.Б. Исакеева, Ж.К.Абдыбаева. – Б.: Проблемы автоматики и управления. Ин-тут авт. И инф-ных тех-гий НАН КР, - 2019. – № 2(37). - С. 117-125. Электронный ресурс: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=39323425
6. **Бузурманкулова, Ч.М.** Оценка влияния качества электроэнергии на потери мощности в элементах электрической сети на основе компьютерного моделирования [Текст] / А.К.Кадиева, Э.Б.Исакеева, Ч.К. Дюшеева, Ж.К. Абдыбаева– Б.: Проблемы автоматики и управления. Ин-тут авт. И инф-ных тех-гий НАН КР, - 2019. – № 1(36). - С. 58-64. Электронный ресурс: https: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=42835223

7. Бузурманкулова, Ч.М. Лабораторная установка для измерения потерь мощности в элементах электросети при стохастическом режиме работы электроприемников [Текст] / А.Р.Айдарова, А.Б.Калмурзаев, Н.А. Суюнтбекова– Б.: Проблемы автоматики и управления. Ин-тут авт. И инф-ных тех-гий НАН КР, - 2020. – № 2(39). - С. 33-42. Электронный ресурс: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44592344

8. Бузурманкулова, Ч.М. Численное интегрирование дифференциального уравнения перегрева жил токопроводов относительно температуры окружающего мира в среде labview [Текст] / Ч.М.Бузурманкулова. – Б.: Проблемы автоматики и управления. Ин-тут авт. И инф-ных тех-гий НАН КР, - 2021. – № 2(41). - С. 11-17. Электронный ресурс: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=46337821

9. Бузурманкулова, Ч.М. Компьютерный метод оценки динамического теплового режима проводника распределительных сетей [Текст] / А.Б. Калмурзаев, Ж.К. Абдыбаева, Ж.А. Сулайманова - Б.: Проблемы автоматики и управления. Ин-тут авт. И инф-ных тех-гий НАН КР, - 2024. – № 1(49). - С. 122-129. Электронный ресурс: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=67210025

10. Патент на полезную модель № 285, № Заявки 20190023.2, Кыргызская Республика, KG285, H02H 6/00 (2020.01). Устройство контроля теплового состояния силового масляного трансформатора [Текст] / У.А. Калматов, Арфан Хакам,Ж.С. Иманакунова, Н.Т. Ниязов, Н.А. Суюнтбекова; – Бишкек. Кыр. гос. техн. ун-т им И. Раззакова. 2020, - заявл. 06.05.2019 г. опубл. 30.04.2020 г.

11. Патент № 2370, № Заявки 20220057.1, Кыргызская Республика, (19) KG (11) 2370 (13) C1 (46) 30.03.2023 (51) C08L 53/02 (2012.01) A43B 13/00 (2012.01). Устройство диагностирования силового маслянного трансформатора для обнаружения внутренних повреждений [Текст] / Т. Кабаев, У.А. Калматов, Г.Ш. Эралиева, Н.А. Суюнтбекова, М.Т. Абдылдаева, Ж.К. Сулайманова; – Бишкек. Кыр. гос. техн. ун-т им И. Раззакова. 2023, - заявл. 24.10.22 г. опубл. 30.03.23 г.

12. Патент № 2380, № Заявки 20230017.1, Кыргызская Республика, (19) KG (11) 2380 (13) C1 (46) 29.03.2024 (51) H02H 6/00 (2024.01) .Устройство для оперативной регистрации появления газовых пузырьков в силовом масляном трансформаторе [Текст] / Т. Кабаев, У.А. Калматов, Г.Ш. Эралиева, Н.А. Суюнтбекова, Ж.К. Абдыбаева, З.А. Узагалиев; – Бишкек. Кыр. гос. техн. ун-т им И. Раззакова. 2024,– заявл. 01.03.23 г. опубл. 29.02.24 г.

Бузурманкулова Чолпон Мейманалыевнанын
05.14.02 – электрчордондор жана электрэнергетикалык тутумдар адистиги боюнча техника илимдеринин талапкери окумуштуулук даражасына изденүүгө арналган “Электр энергиянын сапатынын өндүрүш тармактарынын элементтериндеги жоготууларына тийгизген таасирин компьютердик моделдөөнүн жардамы менен изилдөө” диссертациясынын

РЕЗЮМЕСИ

Негизги сөздөр: электр энергиянын сапаты; кубаттулуктун жана электр энергиянын жоготуулары; өнөр-жай тармагынын элементтери; математикалык жана компьютердик моделдер; сызыктуу эмес элементтер; интергармоникалар; ИИАТ элементтери; ток датчиги; LabView; Simulink; SimPowerSystems.

Изилдөөнүн объектиси болуп сызыктуу эмес ВАМ (ВАХ) менен ЭКны камтыган өнөр жай ишканаларын электр менен жабдуу системалары

Изилдөөнүн предмети болуп изилдөө объектисинде энергиянын жоготууларына жогорку гармоникалардын жана интергармоникалыктардын агымдарынын таасири.

Иштин максаты болуп, өнөр-жай тармагынын өткөргүч элементтеринде энергиянын кошумча жоготууларын баалоо максатында гармоникалык жана интергармоникалык компоненттери бар сызыктуу эмес жүк тогун моделдөө жана изилдөө үчүн куралдарды иштеп чыгуу.

Изилдөөнүн ыкмалары жана каражаттары. Иште колдонулду*:* электр чынжырларынын теориясынын ыкмалары SimPowerSystems китепканасынын жана Matlab системасыда, Simulink кеңейтүүлөрүнүн пакети жана LabVIEW чөйрөсүндө компьютердик моделдөөнүн негизделген сандык тажрыйба ыкмалары; алынган маалыматтарды кайра иштетүү менен тажрыйбалык изилдөөлөрдүн методологиясы.

Алынган натыйжалардын илимий жаңычылдыгы: Matlab/Simulink/Sim PowerSystems жана LabVIEW программалык пакетинин негизинде Simulink чөйрөсүндө структуралык диаграмма жана SimPowerSystems чөйрөсүндө изилденип жаткан өнөр жай тармагынын иммитациалык модели (ИМ) иштелип чыккан. Сызыктуу эмес элементтердин (СЭ) компьютердик моделдери иштелип чыккан.. Интергармониянын бир бөлүгү катары синусоидалдык эмес токтун аналитикалык сүрөттөлүшү сунушталган. АСНИ чөйрөсүндөгү маселелерди чечүүгө багытталган LabVIEW графикалык программалоо чөйрөсүнүн негизинде инструменталдык комплект өнөр жай тармагынын ток өткөрүүчү элементтеринде статистикалык иштетүү жана энергия жоготууларын баалоо мүмкүнчүлүгү менен жогорку гармоника жана интергармоникалык жүк агымынын көз ирмемдик маанилерин моделдөө үчүн виртуалдык түзүлүш түрүндө иштелип чыккан. Өнөр-жай ишканасынын тышкы тармагындагы активдүү жоготуулардын реалдуу коэффициентин эсептөөнү автоматташтыруу үчүн ВТ жүктөлгөн токтун курамында интергармониканын болушу мүмкүн экендигин эске алуу менен иштелип чыккан.

Колдонуу чөйрөсү: Маалыматтык технологиялардын жетишкендиктерин колдонуу менен өнөр-жай тармактарын долбоорлоо.

РЕЗЮМЕ

диссертации Бузурманкуловой Чолпон Мейманалыевны на тему: «Исследование влияния качества электрической энергии на потери в элементах промышленных сетей с использованием компьютерного моделирования», на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.14.02 – электростанции и электроэнергетические системы

Ключевые слова: качество электроэнергии; потери мощности и энергии; элементы промышленной сети; математическая и компьютерная модели; нелинейный элемент; интергармоники; LabView; Simulink; SimPowerSystems.

Объектом исследования являются системы электроснабжения промышленных предприятий содержащие ЭП с нелинейной ВАХ

Предметом исследования является влияние токов высших гармоник и интергармоник на потери электроэнергии в объекте исследования.

Цель исследования. Разработка инструментария для моделирования и исследования, тока нелинейной нагрузки с гармоническими и интергармоническими составляющими, с целью оценки добавочных потерь электроэнергии в токопроводящих элементах промышленной сети.

Методы и средства исследований. В работе использованы: методы теории электрических цепей; методы численного эксперимента на основе компьютерного моделирования в среде LabVIEW и системы Matlab с пакетом расширений Simulink и библиотекой SimPowerSystems.

Научная новизна полученных результатов состоит в том, что: На базе программного комплекса Matlab/Simulink/SimPowerSystems и LabVIEW разработана структурная схема в среде Simulink и имитационная модель (ИМ) исследуемой промышленной сети в среде SimPowerSystems. Разработанны компьютерные модели нелинейных элементов (НЭ) позволяющие исследовать, влияние вида характеристик НЭ на спектральный состав сгенерированных ими высших гармоник включая и интергармоники. Предложено аналитическое описание несинусоидального тока в составе интергармоник. На базе графической среды программирования LabVIEW, ориентированной на решение задач из области АСНИ, разработан инструментарий в виде ВП для моделирования мгновенных значений тока нагрузки с высшими гармониками и интергармониками с возможностью статистической их обработки и оценки потерь электроэнергии в токопроводящих элементах промышленной сети. Экспериментально доказано, что сумма основной гармоники и интергармоник ведет себя как случайный процесс, тогда как каждая из слагаемых временных функций детерминированы. Разработан ВП для автоматизации расчета реального коэффициента активных потерь во внешней сети промпредприятия с учетом, что в составе нагрузочного тока возможны интергармоники.

Область применения: Проектирование промышленных сетей с использованием достижений информационных технологий.

ABSTRACT

of Buzurmankulova Cholpon Meimanalyevna dissertation on the topic: "Research of the influence of electric energy quality on losses in elements of industrial networks using computer modeling", for the degree of Candidate of Technical Sciences in the specialty 05.14.02 – Power plants and electric power systems

Keywords: power quality; power and energy losses; industrial network elements; mathematical and computer models; nonlinear element; interharmonics; LabVIEW; Simulink; SimPowerSystems.

The object of the study are power supply systems of industrial enterprises containing EP with nonlinear VAC

The subject of the study is the influence of currents of higher harmonics and interharmonics on the loss of electricity in the object of study.

The purpose of the study. Development of tools for modeling and research of nonlinear load current with harmonic and interharmonic components, with the aim of assessing additional energy losses in conductive elements of an industrial network.

Research methods and tools. The work uses: methods of electrical circuit theory; methods of numerical experiment based on computer modeling in the LabVIEW environment and the Matlab system with the Simulink extension package and the SimPowerSystems library.

The scientific novelty of the obtained results consists in the fact that: Based on the Matlab/Simulink/SimPowerSystems and LabVIEW software package, a structural diagram in the Simulink environment and a simulation model (IM) of the industrial network under study in the SimPowerSystems environment have been developed. Computer models of nonlinear elements (NE) have been developed that allow investigating the influence of the type of NE characteristics on the spectral composition of the higher harmonics generated by them, including interharmonics. An analytical description of non-sinusoidal current in the composition of interharmonics is proposed. Based on the LabVIEW graphical programming environment, oriented towards solving problems in the field of ASNI, A toolkit has been developed in the form of a virtual program for modeling instantaneous values of load current with higher harmonics and interharmonics with the possibility of their statistical processing and assessment of energy losses in current-carrying elements of an industrial network.

It has been experimentally proven that the sum of the fundamental harmonic and interharmonics behaves as a random process, while each of the components of the time functions is deterministic. A virtual machine has been developed to automate the calculation of the real coefficient of active losses in the external network of an industrial enterprise, taking into account that interharmonics are possible in the composition of the load current.

Application area: Design of industrial networks using achievements of information technologies.

Бузурманкулова Чолпон Мейманалиевна

Электр энергиянын сапатынын өндүрүш тармактарынын элементтериндеги жоготууларына тийгизген таасирин компьютердик моделдөөнүн жардамы менен изилдөө

05.14.02 – электрчордондор жана электрэнергетикалык тутумдар

Автореферат

Техника илимдеринин кандидаты илимий даражасын
изденип алуу үчүн

Басууга кол коюлган 26.05.2025
Формат 60х84 1/16. 1, 2- том 5 окуу басылмалары.
Офсеттик басуу. Офсеттик кагаз.
50 нускада басылыды. Заказ 130
«Калем» басма үйү ЖЧКсында басылган, Бишкек , Курчатов көч. 69
Т. 0706-757610, 49-19-36, E -mail: kalem14@mail.ru
www.kalem.press