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

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. Раззакова атындагы Кыргыз мамлекеттик техникалык университетинин, академик Х. А. Рахматулин атындагы Токмок филиалынын профессору

Расмий оппоненттер: ________________________________

Жетектөөчү уюм: ________________________________

Ишти коргоо _____2025-ж. __________ саатында Кыргыз Республикасынын улуттук илимдер академиясынын Машина таануу, автоматика жана геомеханика институтунда, Ош мамлекаттик университетинде, И.Раззаков атындагы Кыргыз мамлекеттик техникалык университетинде техника илимдеринин кандидаты илимий даражасын алуу үчүн диссертацияны коргоо боюнча Д 05.24.705 диссертациялык кеңешинин отурумунда болот. Дареги: 720055, Бишкек ш., Скрябин көч. 23, (корпус 1). Диссертацияны коргоо боюнча видеоконференцияга кирүү шилтемеси:

Диссертациялык иш менен Кыргыз Республикасынын улуттук илимдер академиясынын Машина таануу, автоматика жана геомеханика институтунун (720055, Бишкек ш., Скрябин көч. 23, (корпус 1)), Ош мамлекаттик университетинин (723500, Ош ш., Ленин пр. 331), И.Раззаков атындагы Кыргыз мамлекеттик техникалык университетинин (720044, Бишкек ш, Ч.Айтматов пр., 66) библиотекаларынан жана Кыргыз Республикасынын Президентке караштуу Улуттук аттестациялык комиссиясынын сайтынан таанышса болот.

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

ИШТИН ЖАЛПЫ МҮНӨЗДӨМӨСҮ

КИРИШҮҮ

Диссертациялык иштин актуалдуулугу. Азыркы учурда, электр энергияны үнөмдөө жана анын натыйжалуулугун жогорулатуу маселелерине көңүл буруу күчөдү. Бирок муну менен катар бөлүштүрүүчү электр тармактарында электр энергиянын жоготууларынын жол берилгис жогорку деңгээли байкалууда, анын чоңдугу Кыргыз Республикасынын электр тармактарында акыркы жылдарда кыйла жогорулады. Өлкөнүн отун-энергетикалык балансынын чыңалуусу өсүп жаткан учурда электр энергиянын жоготууларын азайтуу аны үнөмдөө саясатынын башкы аспектилеринин бири болуп калууда.

Электр тармактарынын техникалык абалын жана аларды колдонуу деңгээлинин маанилүү сандык көрсөткүчтөрү болуп, электр энергиянын жоготууларынын чоңдугу жана анын өзгөрүү тенденциясы саналат. Аларды минималдуу деңгээлде кармап туруу маселесин ийгиликтүү чечүү - бул электр тармактарындагы энергия натыйжалуулугун жогорулатуунун кепилдиги. Ошондуктан, изилдөөдөгү көйгөйлөр жана бөлүштүрүү тармктарынын элементтеринде электр энергиянын жоготууларын азайтуунун жолдорун табуу үчүн, бөлүштүрүүчү тармактарда изилдөө ыкмаларын иштеп чыгууга багытталган илимий изилдөөлөрдүн негизинде, электр тармактардагы жоготууларды азайтуу маселелери *актуалдуу* болуп саналат.

Демек, ЭЭ жоготуу маселеси, тармактык бөлүштүрүүчү компаниялардын каржылык туруктуулугун камсыз кылуу үчүн, маанилүү милдеттердин бири болуп калды.

Учурда электр тармактарындагы электр энергиянын жоготууларын эсептөөдө колдонулган ар түркүн ыкмаларды жана математикалык моделдерди, аркыл мамлекеттердин окумуштуулары иштеп чыгышкан: Д.А. Арзамасцев, В.И. Бартоломей, А.С. Бердин, В.А. Веников, В.Э. Воротницкий, А.А. Герасименко, В.С. Железко, В.В. Ершевич, В.И. Идельчик, М.А. Калинкина, Ю.Г. Кононов, Е.А. Конюхова, В.Г. Курбацкий, И.И. Левченко, М.С. Левин, Е.П. Никифоров, А.В. Паздерин, В.Г. Пекелис, Г.Е. Поспелов, А.А. Потребич, Н.В. Савин, В.А. Строев, М.И. Фурсанов, Ю.В. Щербина ж.б.

Бирок, заманбап электр тармактарын колдонуу практикасы жана жаңы кубулуштардын акыркы ачылыштары (токтордун жана чыңалуулардын башаламан өзгөрүшү) сызыктуу эмес электр энергетикалык тутумдун иштешинде жаңы ачылган кубулуштарды эске алуу менен электр энергиянын жоготууларын изилдөөнүн жана өлчөөнүн жаңы шаймандарын түзүү багытында дагыда изилдөөлөр зарыл экенин тастыктап турат.

Диссертациянын темасынын приоритеттүү илимий багыттары, көлөмдүү илимий программалар (проекттер), окуу жана илимий мекемелердин негизги илимий-изилдөө иштери, темалары менен байланышы

Көйгөйдүн актуалдуулугун И.Раззаков атындагы КМТУнун алдындагы Энергетика жана байланыш ИИИде, КР БжИМ буйрутмасы боюнча "Энергетика тутмунун ишинин натыйжалуулугун жогорулатуунун методикалык жана

техникалык каражаттарын иштеп чыгуу жана изилдөө" аттуу илимий долбоорунун алкагында аткарылгандыгы тастыктап турат.

Автор аталган долбоорго изденүүчү катары катышкан, коюлган милдеттерге шайкеш келген электр энергетика объекттеринин моделдерин жана электр энергиянын сапатын изилдөө каражаттарын иштеп чыккан. Автор ошондой эле теориялык иштеп чыгууларды тажрыйбалык текшерүүгө, жаңы билдиргичинин (датчик) физикалык моделдерин түзүүгө жана алардын сызыктуу эмес мүнөздөмөлөрү бар жүктөмдөгү токтун гармоникалык курамын изилдөөгө катышты.

Изилдөөнүн максаты жана милдеттери:

Изилдөөнүн максаты, болуп динамикалык режимде иштеген өнөр-жай тармактарынын элементтериндеги объектилерди жана процесстерди, компьютердик моделдөө методологиясын иштеп чыгуу, алардагы кошумча жүк жоготууларына баа берүү.

Коюлган максат төмөнкү милдеттерди чечүүнү талап кылат:

1. Өнөр-жай тармактарынын элементтеринин динамикалык иштөө режимдеринде электр энергиясынын сапатын олуттуу начарлатуучу себептерди талдоо;

2. Ушул максатта колдонулган моделдөө ыкмаларын, программалык каражаттарды талдоо;

3. Реалдуу динамикалык процесстерди адекваттуу камсыз кылган жана моделдөө милдетин олуттуу жөнөкөйлөтүүгө жана анын убактысын алгылыктуу маанилерге чейин кыскартууга мүмкүндүк берген электр кабылдагычтардын иштөөсүнүн ыктымалдык мыйзамдары менен электр жүктөмдөрүнүн топтук графигин моделдөө алгоритмин иштеп чыгуу;

4. Өнөр-жай тармактарынын өткөрүүчү элементтериндеги кошумча кубаттуулуктун жана электр жоготууларынын, ар кандай факторлорунун таасирин изилдөө үчүн иштелип чыккан (LabVIEW чөйрөсүндөгү көп функционалдуу виртуалдык аспабы жана Simulink/SimPowerSystems чөйрөсүндөгү түзүмдүк түзүлүш) компьютердик моделдерин иштеп чыгуу;

5. Алынган илимий натыйжаларды тажрыйбалык текшерүүгө мүмкүндүк берген, токтун датчигинин иштеп жаткан жаңы макеттерин иштеп чыгуу;

Алынган иштин илимий жаңычылдыгы:

1. LabVIEWдин негизинде көп функционалдуу виртуалдык аспап иштелип чыккан, ал өнөр-жай тармактарынын өткөрүүчү элементтериндеги кубаттуулуктун жана электр энергиянын жоголуусундагы ар кандай факторлордун таасирин изилдөөгө арналган жана изилденүүчү тармактын элементтеринин электр жүктөмдөрүн эсептөө мүмкүнчүлүгүнө ээ.

2. Электротехникалык жабдуулардын убакыт жаатындагы ишин көргөзүүгө, ошондой эле аларды анализдөөнүн ар кандай түрлөрүн аткарууга мүмкүндүк берүүчү Simulink чөйрөсүндө структуралык түзүлүш жана SimPowerSystems, чөйрөсүндөгү изилденүүчү тармактын имитациялык модели иштелип чыккан. Мындан тышкары, структуралык моделдөө жана SimPowerSystems ыкмаларын айкалыштыруу менен, татаал электр түзүлүштөрдү моделдөөгө мүмкүндүк берет.

3. Изилдөөлөр мүнөзүндөгү өлчөөлөрдү жүргүзүү үчүн жана электр тармактарынын элементтеринин физикалык моделдеринде электр энергиянын жоготууларын өлчөө ыкмасы, ИИАТ элементтеринин негизинде тажрыйбалык

орнотмо иштелип чыккан.

4. Алынган илимий натыйжаларды тажрыйбалык текшерүүгө мүмкүндүк берүүчү жаңы ток билдиргичинин иштөөчү макети иштелип чыкты.

Алынган изилдөөлөрдүн практикалык натыйжалуулугу математикалык куралдарды, моделдөөнүн программалык комплекстерин туура колдонуу, алынган божомолдордун негиздүүлүгү менен камсыз кылынат жана эсептөөнүн натыйжалары, тажрыйбалык маалыматтардын ортосундагы канааттандырарлык макулдашуу менен ырасталат.

Коргоого коюлуучу негизги жоболор:

- LabVIEW негизиндеги көп функциялуу виртуалдык аспап;
- Simulink чөйрөсүндөгү структуралык түзүлүш жана SimPowerSystems чөйрөсүндө изилденүүчү тармактын иммитациялык модели;
- LabVIEW жана Simulink/SimPower Systems чөйрөлөрү аркылуу режимдерди компьютердик моделдөөнүн негизинде өткөргүч элементтердеги жоготуулардын ар кандай факторлордун таасирин талдоонун натыйжалары;
- ИИАТ элементтери менен тажрыйбалык орнотмо жана электр тармардын элементинин физикалык моделинде электр энергиянын жоготууларын өлчөө ыкмасы;

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.

Диссертациянын натыйжаларын апробациялоо. Диссертациянын негизги теориялык жоболору жана жыйынтыктары: «Интеграционные прогрессы в научно-
техническом и образовательном пространстве», эл аралык илимий-практикалык конференциясында, " Региональный вуз – основа развития региона" аталышындагы эл аралык илимий конференциясында, "Современная наука: актуальные вопросы, достижения и иновации" эл аралык тармактык илимий-техникалык конференциясында баяндама жасалды жана талкууланды.

Диссертациянын басылмаларда толук чагылдырылышы. Диссертацияда алынган негизги илимий натыйжалар 14 басма эмгекте жарык көргөн жана 2 ойлоп табууга патент (Кыргызпатенттен) алынган.

Иштин структурасы жана көлөмү. Диссертациялык иш кириш сөздөн, төрт бөлүмдөн, корутундудан жана 4 тиркемеден турат; 66 сүрөт, 13 таблицаларды жана 105 библиографиялык адабияттарды кошкондо, 150 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. Электр энергиянын сапатынын начарлашынын себептерин талдоо. Электр менен жабдуу тутумдарынын 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 турууучу 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. Ошондуктан, диссертацияда жумушчу гипотеза катары ЭЭСнын начарлашы ЭЭЖ дин маанисине таасир этиши мүмкүн экенин белгилейт. Демек, электр жүктөмдөрүнүн динамикалык моделдеринин жана аларды эсептөө методдорунун өз ара байланышын алдын ала карап чыгуу зарыл, анткени ЭЭЖдин ишенимдүү аныктоо маселеси электр менен камсыздоо тармагындагы көйгөйлөрдүн арасында өзгөчө орунду ээлейт, бул ЭЭЖ менен байланышкан илимий басылмаларда бир нече жолу баса белгиленет.

Иште, жалпы өнөр-жай түзүмдөрүндө ЭЭЖны аныктоо үчүн негиз болуп Г.М. Каялов жана Б.С. Мешел тарабынан сунушталган жана иштелип чыккан, иреттелген диаграммалар жана статистикалык ыкмалар сунушталат.

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. Графиктин динамикалык мүнөздөмөлөрү жөнүндө кошумча маалыматка ээ болуу зарыл.

Г. М. Каялов сунуштаган, стационардык нормалдуу кокустук процесстин математикалык моделин колдонгон ыктымалдык моделдөөнүн ыкмасы электрдик жүктөмдөрдүн жалпы теориясын андан ары өнүктүрүүгө түрткү берди. Аталган мезгилдин айырмалоочу өзгөчөлүгү ыктымалдуулук-статистикалык жана

иммитациялык графиктерди моделдөө ыкмаларынын интенсивдүү өнүгүшү. Бардык көрсөтүлгөн жагдайлар алдыга коюлган гипотезага ылайык электр жүктөмүнүн эсептелген маанилерине электр энергиянын сапатынын таасирин эске алууга мүмкүндүк берүүчү процесстерди ыктымалдык моделдөө үчүн шаймандарды андан ары өнүктүрүү зарылдыгын аныктайт.

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. Бул реалдуу тажрыйбада дайыма эле мүмкүн боло бербеген натыйжага бардык киргизүү параметрлеринин таасирин толук көзөмөлдөөнү камсыз кылуу, каалагандай көп сандагы факторлорду эске алууга болот.

Экинчи бөлүм: Материалдар жана изилдөөнүн ыкмалары

Изилдөөнүн объектиси болуп өнөр-жай тармактарынын өткөргүч элементтери (зымдар, кабельдер, туташтыргычтар) болуп саналат.

Изилдөөнүн предмети болуп керектөөчүлөрдү кокустан которуштурууда алардын ишин динамикалык режимде изилдөө объектилеринин процесстеринин (жылуулук, электр) моделдери эсептелет.

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.

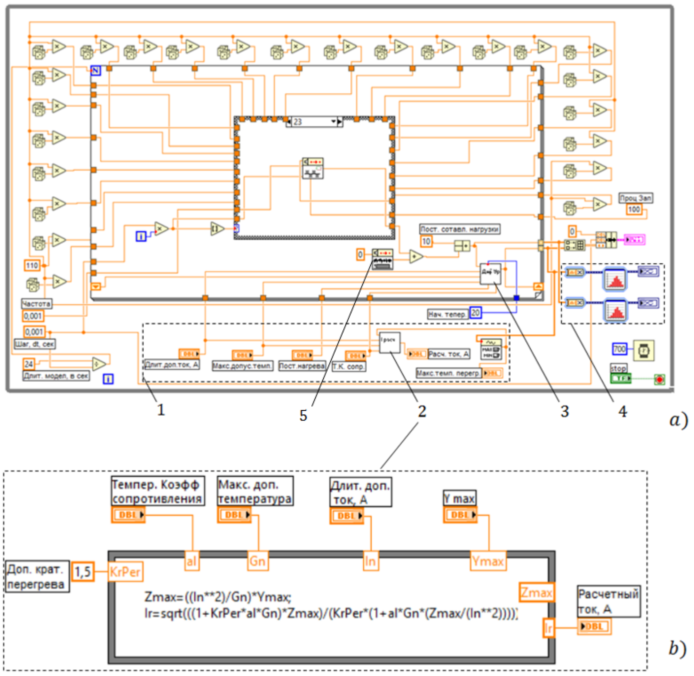
Өнөр-жай ишканаларынын өткөргүч элементтериндеги кубаттуулуктун жоготууларын эсептөөнүн компьютердик ыкмаларына арналган. Анда биздин изилдөөлөрүбүздүн кээ бир натыйжалары келтирилген. Аталган бөлүмдүн башталышында электрэнергиясынын жоготууларын эсептөө ыкмаларына тиешелүү илимий басылмаларды талдоонун натыйжалары келтирилген.

Көптөгөн илимпоздор, синусоидалдык эмес чыңалуулардагы жана токтордогу кубаттуулуктун жалпы кабыл алынган теориясынын жоктугуна көңүл бурушат, алар негиз катары колдонулушу мүмкүн: электр менен жабдуунун сапатын баалоо үчүн; өнөр жай ишканаларын электр менен жабдуу системаларында гармониялык жана интергармоникалык бурмалоолордун булактарын аныктоо.

Жогоруда айтылгандарга байланыштуу, жумушта синусоидалдык эмес чыңалуу жана ток менен байланышкан электр энергиянын сапатынын (ЭЭС) начарлашы интергармоникалык компоненттерден улам кошумча жоготуулардын эсептелген маанилерине да таасир этиши мүмкүн деген гипотеза айтылган, анткени электр менен жабдуу системалары үчүн жоготууларды эсептөө теориясы иштелип чыккан, жүк агымында дагы эле интергармония бурмалоосу жок болгон учурда.

Аталган бөлүмдө өнөр-жай ишканасында энергияны үнөмдөө чараларынын маанилүү курамдык бөлүгү ишкананын бардык элементтеринде, анын ичинде электр менен жабдуу тармактарында электр энергиясынын жоготууларын азайтуу болуп санала тургандыгы белгиленген.

Ошондуктан, жогоруда айтылган божомолду текшеру үчүн компьютердик шаймандарды иштеп чыгуунун кажети болуп турат, анткени натуралдуу экспериментатор кымбат жана кееде интергармоникадан кошумча жоготууларды кармай турган так аспаптардын мүмкүнчүлүктөрү тар. Компьютердик курал катары биринчи бөлүмдө LabVIEW чөйрөсүндө программа иштелип чыккан (1-сүрөт). LabVIEWдеги компьютердик программанын жалпы аталышы виртуалдык аспап (ВА). Субпрограмма виртуалдык подаспап (ВПА) болуп саналат.



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

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-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.

2-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).

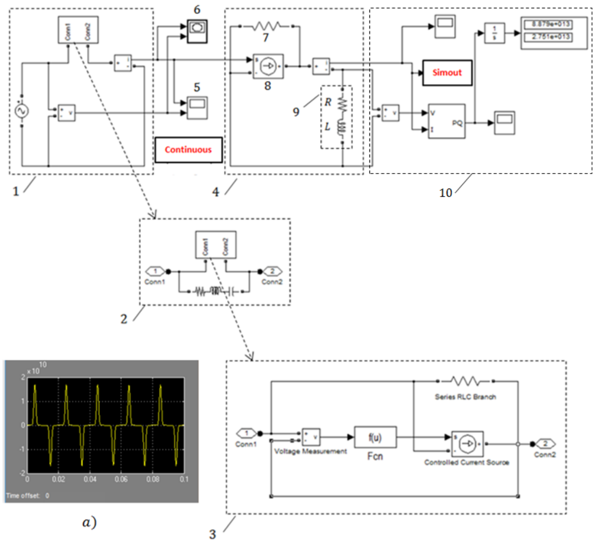
Натыйжада, Экинчи бөлүктө айлана-чөйрөнүн температурасына карата өткөргүчтөрдүн ысып кетүү дифференциалдык теңдемесинин сандык интеграциясы үчүн LabVIEW чөйрөсүндө виртуалдык шайманды иштеп чыгуу боюнча маселе чечилип, ыссуусу боюнча ток өткөрүүчүтүн элементтерин тандоого мүмкүндүк берет. Ошол эле учурда,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

Үчүнчү бөлүм: Жеке изилдөөнүн жыйынтыктары. 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.

Түз бурчтуктун ички аймагында чекиттүү сызыктар менен чектелген сызыктуу эмес резистор блогон схемасы бар. Мындан тышкары, схемада ток жана чыңалууну өлчөө аспаптар, XY- Graph тургузуучу көрсөтүлгөн.

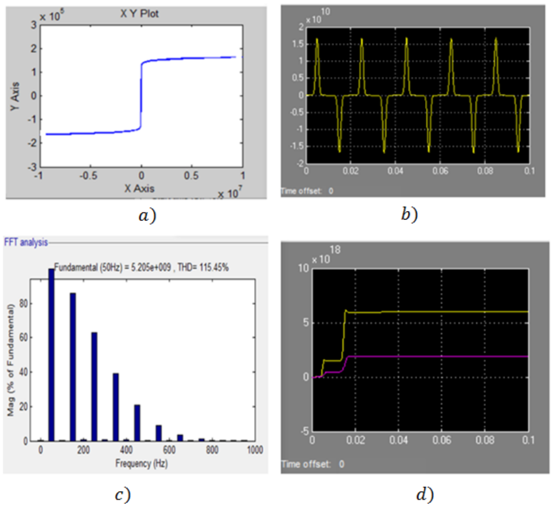
Чыныгы тармактагы кандайдыр бир түзүлүштү чагылдырган сызыктуу эмес резистордун, чыңалуу жана токтун ортосундагы функциялык байланышы төмөнкү формула менен аныкталат: $\log i = \log I_0 + \alpha(\log u - \log U_0)$
мында: i жана u токтун жана чыңалуунун заматтагы мааниси; U_0 - чыңалуунун босого (пороговое) мааниси; I_0 - босого маанисине туура келген чыңалуунун берилген чоңдугундагы түзүлүштүн тогунун мааниси; α - резистордун сызыктуу эмес даражасын аныктоочу чоңдук, биздин учурда $0 < \alpha < 50$.
Жумушта кабыл алынган БНР схемасы чекиттүү тик бурчтуктун ички аймагында берилген (3-сүрөт), аталган блокту колдонуу менен ишке ашырылган

параметрлердин, төмөнкү сандык маанилери бар: $U_0 = 110$ Кв; $I_0 = 500$ А; $\alpha = 25$.



2-сүрөт. Изилденүүчү тармактын участогунун SPS модели

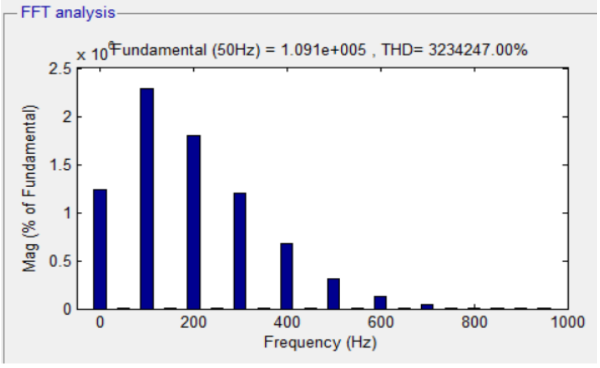
Тармактагы токтун гармоникалык курамына сызыктуу эмес резистордун таасирин изилдөө жүргүзүлдү, бул тармактын элементинде ЭЭнин сапатын жана кубаттуулуктун жана жоголушун баалоочу параметрлеринин бири болуп саналат, төмөнкү блоктордон турган изилденип жаткан тармактын SPS модели (2-сүрөт, *а*), ал өлчөмсүз Simulink сигналы болуп саналат, анын өзгөрүү мыйзамы сызыктуу эмес резистордун иштөөсүнө туура келет; 2 – сызыктуу эмес резисторду билдирген $R_{\text{нр–ш}}$ мазмуну (3-блок), шунтталган RLC -бутагы. Шунттун болушу зарыл, анткени ал сызыктуу эмес резистордун туруктуу иштешин камсыз кылат, б.а. анын ВАМдык туруктуулугун камсыз кылат; 3 – сызыктуу эмес резистордун моделин көрсөтүүчү схема; 4 – шунтталган резистор 7 менен башкарылуучу ток булагы 8 колдонулат, ал эми башкаруу сигналына (2-сүрөт. *а*) ылайык, жүк 9 электр тогун түзүүчү схема; 5-осциллограф; 6 – графтургузуучу; 10 - осциллографты камтыган өлчөө бирдиги, анын экранында $R - L$ жүгүнүн астында кубаттуулуктун жоголуусу убакытка көз карандылыгын көрсөтүп турат. Блок, ошондой эле моделдөө узактыгы боюнча ЭЭнин жоготууларын көрсөткөн дисплейди камтыйт.



3-сүрөт. Сандык тажрыйбанын жыйынтыгы

3 - 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.



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

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.

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.

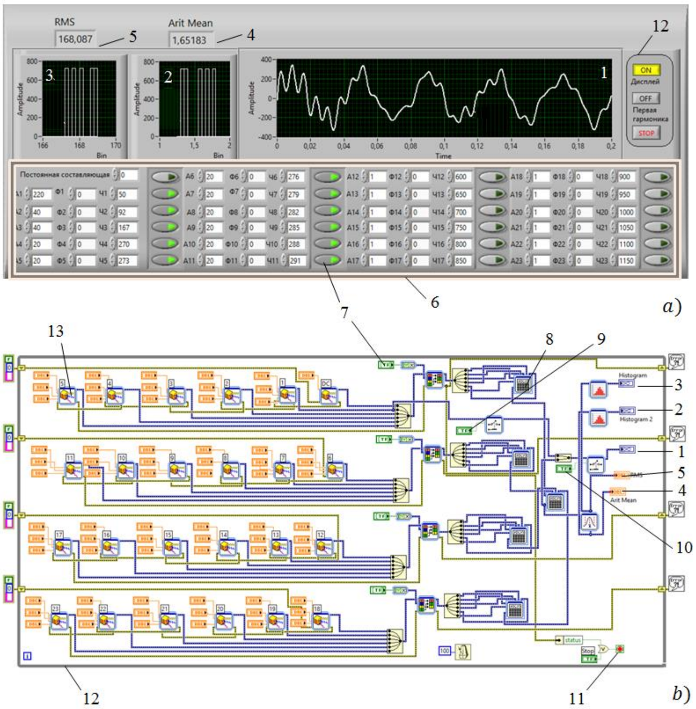
Тажрыйбалык натыйжаларды салыштыруу ИСЭни камтыган схемада болуп жаткан бардык процесстерге, анын ичинде гармоника жана интергармониядан келип чыккан жоготууларга каныккан реактордун сызыктуу эместик даражасынын олуттуу таасирин аныктады.

РФнын көптөгөн алдыңкы адистеринин пикири боюнча, заманбап өнөр жай ишканаларынын электр менен камсыздоо тутумдарында сызыктуу эмес жана кескин өзгөрүлмө жүктөрдүн бир кыйла чоң үлүшү бар экенин белгилей кетели. Тармактык токтун амплитудалык спектринде кескин өзгөрүлмө жүктөрдү, ошондой эле жыштык өзгөрткүчтөрүнөн кубатталган жүктөрдү иштетүүдө жогорку

гармоникалар менен катар электрдик түзүлүштөрдүн элементтеринде кубаттуулуктун жана электрэнергиясынын кошумча жоготууларын пайда кылган интергармониянын тармактарда олуттуу спектри пайда болот. Ошол эле учурда, илимий басылмалар интергармоника менен байланышкан электромагниттик бузулуулардын табиятын толук түшүнүү дагы эле жок экенин белгилешет жана учурда бул көрүнүшкө кызыгуу күчөгөн.

Бул бөлүмдө LabVIEW чөйрөсүндө иштелип чыккан VI (5-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 Гцге эселенген гармониялардан гана пайда болгондо, оригиналдуу синусоидалдык эмес сигналда туруктуу компоненти жок болсо, албетте, туруктуу токтун компоненти болбойт.

Сандык эксперимент ошондой эле фундаменталдык гармоникалык жана интергармониканын суммасы кокус процесс катары 1 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.



5-сүрөт. *а)* Алдыңкы панели жана *b)* ВАнын блок-диаграмассы

5-сүрөттө, *а)* ВАнын интерфейс бөлүгү (алдыңкы панели), ал эми, *b)* функционалдык бөлүгү

5-сүрөттө *а)* 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/өчүрүүВА;6 – моделдөөнүн гармоникалардын/интергармоникалыктардын параметрлерин киргизүү каражаттары жайгашкан алдыңкы панелдин. Параметрлерге төмөнкү чоңдуктар кирет: амплитудасы A_i, фаза Φ_i жана жыштык $Ч_i$, i - гармониялык/интергармоникалык. *b)*, тиешелүүлүгүнө жараша: 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.

Төртүнчү бөлүмдө 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.

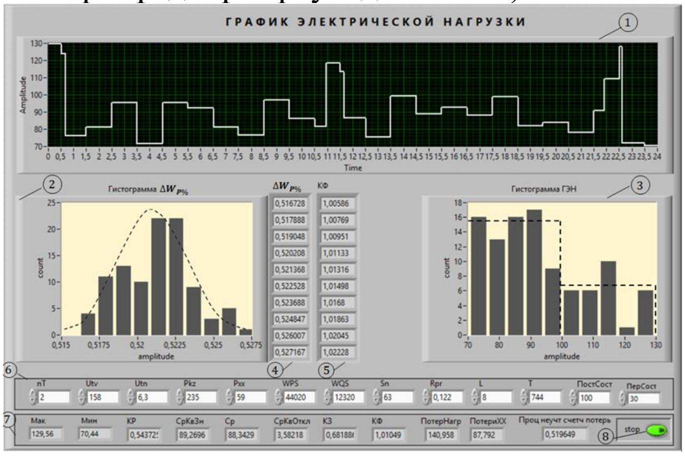
Заманбап шарттарда жаңы технологиялык операциялардын негизинде азык-түлүк чыгарууда, пландаштырылган жаңы өнөр-жай ишканаларын долборлоодо, компьютердик моделдөө технологиясы зарыл конструктордук маселелерди чечүү үчүн кеңири колдонулат, мисалы, электр чордондорунун иштөө режимдери жөнүндө алгачкы маалыматтар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

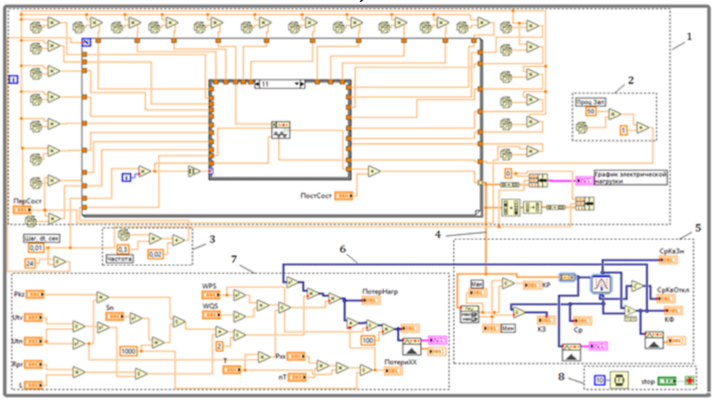
Ишкананын тышкы тармагындагы электрэнергиянын жоготууларын аныктоонун колдонуудагы методологиясы жана формулалары талданат. “Колго” эсептөөнүн каралып жаткан ыкмасынын чектөөсү жалпы учурда жалпы кубаттуулук графигинин *Кз* толтуруу коэффициенттери жана *Кф* формасы убакыттын өтүшү менен туш келди өзгөрүп 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).



а)



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

ВАнын алдыңкы панелинде (6-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.

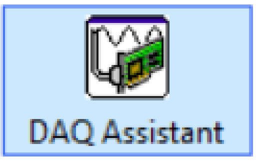
Чекиттүү сызыктар Гаусс таралышын көрсөтөт (нормалдуу бөлүштүрүү); 3- ЭЖГнын гистограммасы. Чекиттүү сызыктар гистограмма мамычаларынын жыштыгынын эки этаптуу бирдей бөлүштүрүлүшүн көрсөтүп турат, анткени ЭЖГ бирдиктүү бөлүштүрүү мыйзамына ылайык негизги (туруктуу) компоненттен жана өзгөрмө компоненттен 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; U*tv*,U*tn* – трансформатордун жогорку жана томонку тараптын чыналуулары; P*kz*, P*xx* - кыска туташуу жана бош жүрүү жоготуулары;*WPS,WQS* - ишкананын активдүү жана реактивдүү электроэнергиясын жалпы айлык керектөөсү; S*n* [MV·A] – трансформатордун кубаттулугу; R*pr* [Ом/км] - АЧ погондук параметрлери; L[km] – аба чубалгысынын узундугу; 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.

6-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 (6, 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 (7-сүрөт) колдонуу сунушталат.

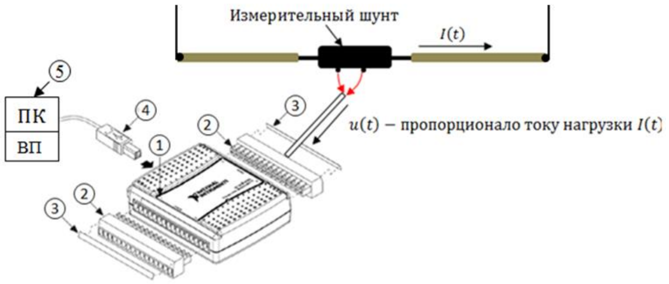


7-сүрөт. DAQ Assistant экспрес - ВАсы

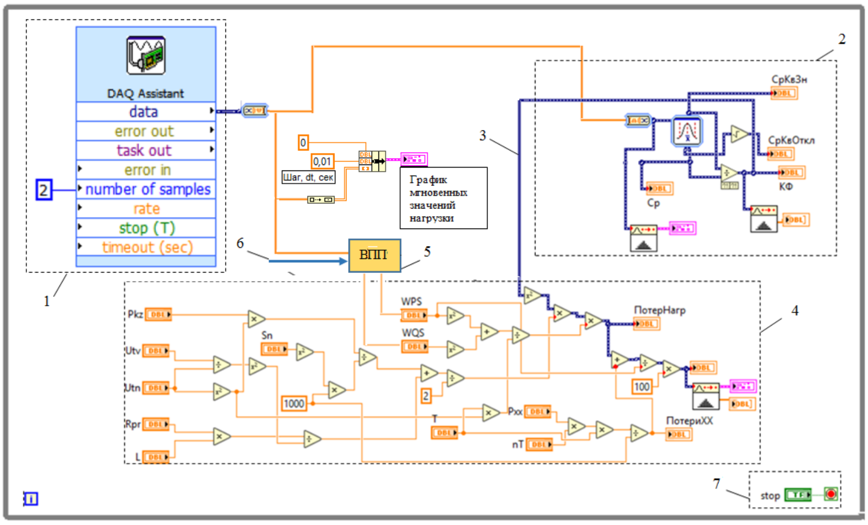
Жүктөлгөн токтун мониторингинин схемасынын аппараттык бөлүгү тиешелүү ток датчиктерин (өлчөөчү шунт) колдонуу менен ишке ашырылышы мүмкүн, 8-сүрөт. 8, 9 номерленген элементтер төмөнкүдөй максаттарга ээ. 8-сүрөт: 1-DAQ модулу; 2 - терминалдык блоктор; 3 - сигналдарды көрсөтүүчү этикеткалар. DAQ модулу персоналдык компьютерге (ПК) туташтырылган - 5 USB кабелин колдонуу

менен - 4. Керектелген электр энергиясы жөнүндө маалымат ВП аркылуу компьютерде иштетилет.

9-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.



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



9-сүрөт – Кеңейтилген ВАлардын функционалдуу блок-схемасы

КОРУТУНДУ

Иште сызыктуу эмес элементтери бар бөлүштүрүүчү тармактардагы процесстерди изилдөөгө, жаңы ачылган көрүнүштөрдү эске алуу менен ЭЭнин жоготууларын изилдөөнүн жана өлчөөнүн жаңы шаймандарын түзүүгө багытталган илимий изилдөөлөрдүн негизинде электр тармактарындагы ЭЭнин жоготууларын изилдөө методикаларын иштеп чыгуунун актуалдуу маселелери коюлган жана чечилген.

Изилдөөнүн негизги натыйжалары төмөнкүлөр:

1. Илимий адабияттарды талдоонун негизинде төмөнкүдөй корутундулар чыгарылды: - электр энергиянын сапатын начарлатуучу интергармоникалардын пайда болушуна өбөлгө түзгөн көптөгөн жүктөр бар; - ЭЭнин сапатын тажрыйбалык изилдөөнүн келечектүү ыкмаларынын бири анын сапатынын мүмкүн

болгон начарлашын эске алуу менен ЭЭнин жоготууларын жана электр жүктөмүнүн эсептелген маанисин биргелешип эсептөөгө мүмкүндүк берүүчү компьютердик ыкмаларды колдонуу болуп саналат; - синусоидалдык эмес чыңалуулар жана токтор менен байланышкан ЭЭнин сапатынын начарлашы электрдик жүктөрдүн эсептелген маанилерине да таасир этиши мүмкүн деп болжолдонууда, анткени электрдик жүктөрдүн теориясы электр менен жабдуу түзүмдөрү үчүн бурмалоосуз иштелип чыккан.

2. Электр жүктөмдөрүн эсептөө ар кандай электр менен жабдуу түзүмдөрүн долбоорлоодо биринчи жана негизги этап экенин эске алып, алдыга коюлган божомолду текшерүү үчүн шаймандарды иштеп чыгуу зарылчылыгы келип чыгат. Бул максатта, LabVIEW программалык чөйрөсүндө тиешелүү виртуалдык аспаптар иштелип чыккан.

3. Виртуалдык аспап (ВА) түрүндө (LabVIEW), компьютердик программа иштелип чыккан, ал сызыктуу эмес дифференциалдык теңдемени сандык интеграциялоого арналган, электр тармагынын элементтеринин ысып кетүү температурасынын өзгөрүү динамикасын так сүрөттөйт. ВАнын кошумча мүмкүнчүлүгү - бул ыссуу даражасына жараша ток өткөрүүчү элементтерди тандоого жана ага тиешелүү аппараттык каражаттар болгон учурда өлчөө жана диагнос түзүмүн уюштурууга мүмкүндүк берет.

4. Интергармониканын курамындагы синусоидалык эмес токту биргелешип графикалык чагылдыруу үчүн аналитикалык сүрөттөө сунушталды.

5.LabVIEW чөйрөсүндө гармоникалык жана интергармоникалык термелүүлөрдүн өз ара аракеттенүүсүн сапаттык талдоо үчүн виртуалдык аспап иштелип чыккан.

6. Сунушталган ВАнын көрсөткүчтөрүн текшерүү үчүн тажрыйбалык натыйжалары, ВАнын моделдөөсүнүн натыйжасы менен салыштырылды. Бул жыйынтыктарды салыштыруу алардын канааттандырарлык (сапаттуу) экенин көрсөтөт, ал ВАнын иштөө жөндөмдүүлүгүн тастыктайт.

7. Ал, ЭЭМдин жардамы менен тез агуучу жараяндардын тажрыйбалык изилдөөлөрүн башкарууга мүмкүндүк берүүчү лабораторду стенд сунуш кылынды. Кошумчалай кетсек, бул стенд физикалык үлгү менен орнотмодо көрсөтүлгөн электр тармагынын айрым элементтериндеги кошумча ЭЭнин жоготууларын изилдөөнү автоматташтырууга мүмкүндүк берет.

Диссертациялык иштин темасы боюнча жарыяланган эмгектердин тизмеси

1. **Бузурманкулова, Ч.М.** Основные виды тарифов на электроэнергию [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.** 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
3. **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

4. **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
5. **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
6. **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
7. **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
8. **Бузурманкулова, Ч.М.** Методы контроля состояния изоляции высоковольтного кабеля [Текст] / З.А. Узагалиев, Т. Кабаев. – Б.: Научные исследования в Кыргызской республике № 2-2 .– Бишкек, 2021.-С. 5-13. Электронный ресурс: https: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=49930405
9. **Бузурманкулова, Ч.М.** Анализ возможности идентификации места обрыва воздушной линии электропередачи, выполненной на основе провода нового типа [Текст] / Г.Ш. Эралиева, Г.Н. Ниязова, Ж.А. Сулайманова – Б.: Проблемы автоматики и управления. Ин-тут авт. И инф-ных тех-гий НАН КР, - 2022. – № 2(44). - С. 77-84Электронный ресурс: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=49227581
10. **Бузурманкулова, Ч.М.** Устройство для контроля состояния силового трансформатора [Текст] / Т.Кабаев, Г.Ш. Эралиева, Ж.К. Абдыбаева– Б.: Проблемы автоматики и управления. Ин-тут авт. И инф-ных тех-гий НАН КР, - 2022. – № 3(45). - С. 52-58.Электронный ресурс: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=50020282
11. **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

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 өнөр-жай тармактарынын өткөргүч элементтери (зымдар, кабельдер, туташтыргычтар) болуп саналат.

Изилдөөнүн предмети болуп керектөөчүлөрдү кокустан которуштурууда алардын ишинин динамикалык режиминде изилдөө объектилеринин процесстеринин (жылуулук, электр) моделдери эсептелет.

Иштин максаты болуп, динамикалык режимде иштеген өнөр-жай тармактарынын элементтериндеги объектилерди жана процесстерди, компьютердик моделдөө методологиясын иштеп чыгуу, алардагы кошумча жүк жоготууларына баа берүү.

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:
1. LabVIEWдин негизинде көп функционалдуу виртуалдык аспап иштелип чыккан, ал өнөр-жай тармактарынын өткөрүүчү элементтериндеги кубаттуулуктун жана электр энергиянын жоголуусундагы ар кандай факторлордун таасирин изилдөөгө арналган жана изилденүүчү тармактын элементтеринин электр жүктөмдөрүн эсептөө мүмкүнчүлүгүнө ээ. 2. Электротехникалык жабдуулардын убакыт жаатындагы ишин кайра чыгарууга, ошондой эле аларды анализдөөнүн ар кандай түрлөрүн аткарууга мүмкүндүк берүүчү Simulink чөйрөсүндө структуралык түзүлүш жана SimPowerSystems, чөйрөсүндөгү изилденүүчү тармактын имитациялык модели иштелип чыккан. Мындан тышкары, структуралык моделдөө жана SimPowerSystems ыкмаларын айкалыштыруу менен, татаал электр системаларын моделдөөгө мүмкүндүк берет.

Диссертациянын практикалык мааниси. ИИАТ элементтери менен иштелип чыккан тажрыйбалык торнотмо, электр тармагынын элементинин физикалык моделиндеги электр энергиянын жоготууларын өлчөө ыкмасы, виртуалдык шайман, ошондой эле чубалгынын математикалык модели, мурда эске алуу кыйын болгон кошумча факторлордун өнөр-жай тармактарынын өткөрүүчү элементтеринин физикалык моделдеринде кубаттуулуктун жана энергиянын жоготууга тийгизген таасирин ишенимдүү изилдөөгө мүмкүндүк берет, бул кубаттуу сызыктуу эмес жана симметриялуу эмес жүктөрдү камтыган электр тутумдарынын жоготууларын баалоодо колдонулуусу кажет.

Иштин жыйынтыгынын ишке ашуусу. Диссертациялык иштин жыйынтыктары И.Раззаков атындагы КМТУнун "Электроэнергетика" кафедрасында изилдөө иштерин жүргүзүү үчүн, өнөр-жай тармактарынын өткөрүүчү элементтериндеги техникалык жоготууларынын чоңдугун, эсепке алуу кыйын болгон ар кандай факторлордун таасирин талдоодо колдонулат.

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 токопроводящие элементы (провода, кабели, шинопроводы) промышленных сетей, содержащих 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. ИМ позволяет воспроизвести работу электротехнических устройств во временной области, а также выполнять различные виды их анализа по определению добавочных потерь электроэнергии в исследуемой сети от гармонических и интергармонических составляющих в нагрузочном токе. Разработанные компьютерные модели нелинейных элементов (НЭ) позволило исследовать, влияние вида характеристик НЭ на спектральный состав сгенерированных ими высших гармоник включая и интергармоники.Предложено аналитическое описание несинусоидального тока в составе интергармоник. Результат аналитического описание показал, что, на амплитуду одной интергармоники накладываются синусоидальные колебания усреднённой частотой модулированной амплитудой смещения, что дает значительное увеличение общей амплитуды. Этим результатом можно обосновать одно из возможных причин увеличение потерь в проводнике за счет возникновения дополнительных потерь мощности.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. Результаты численного эксперимента и их графическое представление, а также статистическая обработка полученных результатов позволили, установить еще одну из возможных причин возникновения дополнительных потерь мощности от интергармонических составляющих в сигнале (ток, напряжение) обусловленную нелинейной нагрузкой.

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 is the conductive elements (wires, cables, busbars) of industrial networks 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 studying the current of a nonlinear load with harmonic and interharmonic components, in order to assess additional losses of electricity in conductive elements of an industrial network.

To achieve the research goal in the dissertation work, it is necessary to solve the following tasks: 1. Analysis of the causes of deterioration in the quality of electricity in various modes of operation of the EP; 2. Analysis of modeling methods, software tools that can be used to achieve the set goal; 3. Development of computer models of the industrial network under study in the Simulink/SimPowerSystems environment, designed to study the influence of various factors on additional losses of power and electricity in conductive elements of industrial networks; 4. Computer implementation in the LabVIEW environment of an algorithm for modeling a group graph of electrical loads with specified probabilistic laws of operation of electric receivers;

Methods and means of research. The work uses: methods of the theory of electrical circuits; 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 results obtained is that on the basis of the Matlab/Simulink/SimPowerSystems and LabVIEW software package, the following have been developed: 1. A block diagram in the Simulink environment and a simulation model of the industrial network under study in the SimPowerSystems environment, allowing to reproduce the operation of electrical devices in the time domain, as well as perform various types of their analysis to determine additional power losses in the network under study; 2. A multifunctional virtual device based on LabVIEW, designed to study the influence of various factors on power and electricity losses in conductive elements of industrial networks and having the ability to calculate the electrical load of the network element under study. 3. Tools in the form of VP for modeling instantaneous load current values with higher harmonics and interharmonics with the possibility of statistical processing and evaluation of power losses in conductive elements of an industrial network; 4. A virtual device for automating the calculation of the coefficient of active losses in the external network of an industrial enterprise.

The practical significance of the dissertation. The developed virtual devices make it possible to substantiate and investigate the influence of additional previously difficult to account for factors on power and energy losses in conductive elements of industrial networks, which should be used in assessing losses during operation of industrial networks containing nonlinear loads. Implementation of the results of the work.

The results of the dissertation work are recommended for the analysis of possible additional losses in the service of operation of industrial networks, and are also used for research at the Department of "Electric Power Engineering" of I. Razzakov KSTU, when analyzing the degree of influence of various factors that are difficult to take into account on the magnitude of technical losses in conductive elements of industrial networks. The developed methods of GEN modeling are used in diploma and course design at the above-mentioned department.

Scope of application: Design of industrial networks using the achievements of information technology.

Басууга берилди 01.06.2024ж. Форматы 60х841/16.
Офсеттик кагаз. Санариптик басуу. Көлөмү 6,0 б.т. Нускасы 40 д.
Бишкек ш., Курчатов көч, 69, “Калем” басма үйү
т. 0706-757610 , 49-19-36, E-mail: kalem14@mail.ru
www.kalem.press