

**ЎЗБЕКИСТОН РЕСПУБЛИКАСИ ФАНЛАР АКАДЕМИЯСИ
ЭНЕРГЕТИКА МУАММОЛАРИ ИНСТИТУТИ
ХУЗУРИДАГИ ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ
DSc.02/30.12.2021.Т.143.01 РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ**

БУХОРО МУҲАНДИСЛИК-ТЕХНОЛОГИЯ ИНСТИТУТИ

ШОБОЕВ АЛИШЕР ҲИКМАТИЛЛОЕВИЧ

**ДОННИ ҚАЙТА ИШЛАШ КОРХОНАЛАРИНИНГ ЭНЕРГИЯ
САМАРАДОРЛИГИНИ ОШИРИШ**

05.05.01 – Энергетика тизимлари ва мажмуалари

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

Тошкент – 2024

Фалсафа доктори(PhD) диссертацияси автореферати мундарижаси

Оглавление автореферата диссертации доктора философии (PhD)

Content of dissertation abstract of doctor of philosophy (PhD)

Шобоев Алишер Ҳикматиллоевич

Донни қайта ишлаш корхоналарининг энергия самарадорлигини ошириш ... 3

Шобоев Алишер Ҳикматиллоевич

Повышение энергоэффективности зерноперерабатывающих предприятий.. 23

Shoboyev Alisher Hikmatilloevich

Improving the energy efficiency of grain processing enterprises 43

Эълон қилинган ишлар рўйхати

Список опубликованных работ

List of published works..... 47

**ЎЗБЕКИСТОН РЕСПУБЛИКАСИ ФАНЛАР АКАДЕМИЯСИ
ЭНЕРГЕТИКА МУАММОЛАРИ ИНСТИТУТИ
ХУЗУРИДАГИ ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ
DSc.02/30.12.2021.Т.143.01 РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ**

БУХОРО МУҲАНДИСЛИК-ТЕХНОЛОГИЯ ИНСТИТУТИ

ШОБОЕВ АЛИШЕР ҲИКМАТИЛЛОЕВИЧ

**ДОННИ ҚАЙТА ИШЛАШ КОРХОНАЛАРИНИНГ ЭНЕРГИЯ
САМАРАДОРЛИГИНИ ОШИРИШ**

05.05.01 – Энергетика тизимлари ва мажмуалари

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

Тошкент – 2024

Техника фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD) диссертациясининг мавзуси Ўзбекистон Республикаси Олий таълим, фан ва инновациялар вазирлиги хузуридаги Олий аттестация комиссиясида В2023.4PhD/Т93 рақам билан рўйхатга олинган.

Диссертация Бухоро муҳандислик-технология институтида бажарилган.

Диссертация автореферати уч тилда (ўзбек, рус, инглиз тилида (резюме)) Илмий кенгаш веб-саҳифасида (www.energetika.uz) ҳамда “ZiyoNet” ахборот–таълим порталида (www.ziynet.uz) жойлаштирилган.

Илмий раҳбар:

Садуллаев Насулло Нематович

техника фанлари доктори, профессор

Расмий оппонентлар:

Исаков Абдусайд Жалилович

техника фанлари доктори, профессор

Болтаев Отабек Ташмухамматович

техника фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD), доцент

Етакчи ташкилот:

Тошкент давлат аграр университети

Диссертация химояси Ўзбекистон Республикаси Фанлар академияси Энергетика муаммолари институти хузуридаги DSc.02/30.12.2021.Т.143.01 рақамли Илмий кенгашнинг 2024 йил «__» _____ соат _____ даги мажлисида бўлиб ўтади. (Манзил: 100076, Тошкент шаҳри, Мухтор Ашрафий 1-тор кўчаси, 9-А. Тел.: (99871) 283-23-08; факс: (99871) 283-23-08; e-mail: energetika_in@umail.uz).

Диссертация билан Ўзбекистон Республикаси Фанлар академияси Энергетика муаммолари институтининг Ахборот-ресурс марказида танишиш мумкин (___ рақам билан рўйхатга олинган). (Манзил: 100076, Тошкент шаҳри, Мухтор Ашрафий 1- тор кўчаси, 9-А. Тел.: (99871) 283-23-08).

Диссертация автореферати 2024 йил «__» _____ куни тарқатилди.

(2024 йил «__» _____даги __ рақамли реестр баённомаси).

Х.М.Муратов

Илмий даражалар берувчи илмий кенгаш раиси, техника фанлари доктори, профессор

К.Ш.Кадиров

Илмий даражалар берувчи илмий кенгаш илмий котиби техника фанлари доктори, катта илмий ходим

О.Х. Ишназаров

Илмий даражалар берувчи илмий кенгаш қошидаги илмий семинар раиси, техника фанлари доктори, профессор

КИРИШ (фалсафа доктори (PhD) диссертацияси аннотацияси)

Диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурати. Жаҳонда энергетика тизимининг инфратузилмасига “ақлли” электр тармоқларнинг асоси бўлган рақамли қатламни қўшиш билан фаол ривожлантирилмоқда. Корхона электр таъминоти тизими иш режимларини тавсифловчи маълумотлар ҳажмини кескин ошиши ҳисобига корхона электр ускуналари ҳолати бўйича катта ҳажмдаги ахборотни барқарор алгоритмлар билан қайта ишлаш имкониятига эга бўлган корхона электр таъминоти тизимининг янада мукамалроқ математик моделини яратишга эҳтиёж туғилмоқда. Энергия тежашнинг асосий потенциали асосий энергия истеъмолчиси бўлган саноатда мужассамлашган. Саноат корхоналарида энергия тежаш захираларини аниқлаш учун корхонага юқори малакали мутахассислар иштирокида энергетик текширувларни ўтказиш зарур бўлади. Бу харажатларнинг катта қисми бир хил ҳисоблашлар билан корхона энергия истеъмоли бўйича таҳлилий маълумотларни аниқлашга сарфланади. Корхона электр таъминоти тизимини математик модели асосида бу ҳисоблашларни автоматлаштириш бу текширувларга кетадиган вақт ва харажатларни сезиларли даражада қисқартириш имконини беради. Электр таъминоти тизимининг моделини қуришда матрицавий алгебранинг математик аппаратидан фойдаланиш, корхонада энергетик балансларини аниқроқ тузиш, ҳисоблаш алгоритмларини соддалаштиради, ҳамда кўпвариантли ва корректловчи ҳисоблашларни ўтказиш, шунингдек турли мезонлар асосида маълумотларни қайта таҳлил қилиш имконини беради.

Жаҳонда донни қайта ишлаш корхоналари электр таъминоти тизимининг энергия самарадорлигини ошириш, турли истеъмол режимлари аналитик тадқиқ қилиш орқали оптимал иш режимларини аниқлаш, радиал ва магистрал тармоқларнинг оптимал параметрларини аниқлаш қаратилган илмий тадқиқотлар олиб борилмоқда. Ушбу йўналишда, жумладан, мураккаб электр тармоқларда энергия оқимларини аниқлашда матрицалардан фойдаланиш электр таъминоти тизимининг самарадорлигини ошириш ва уларнинг асосий параметрларини оптималлаштириш, донни қайта ишлаш корхонаси электр таъминоти тизимини матрицавий моделлаштириш бўйича тадқиқотлар устивор ҳисобланмоқда. Шу билан бирга, электр таъминоти тизимининг матрицавий моделидан фойдаланиб аналитик тадқиқотларни ўтказиш, донни қайта ишлаш корхоналари энергия самарадорлигини ошириш долзарб вазибалардан ҳисобланмоқда.

Республикамизда электр энергиясини ҳисобга олишни замонавий ахборот инфратузилмаси яратилган. Электрэнергияси ҳисоблагичларидан катта миқдорда ўлчанган маълумотларнинг қийматлари олинади, аммо амалда истеъмол қилинган электр энергияси миқдори, асосан тўлов учун фойдаланилади. Ҳисоблагич орқали ўлчанган қолган қийматлардан фойдаланиш, корхонада комплекс тадқиқотлар учун ишлатилиши мумкин. Бошқа бир муаммо сифатида тартиблашмаган маълумотлар ҳажмининг

ошиши, ахборотни қайта ишлашда вақтнинг камлиги ва зарур маълумотдан фойдалана олмаслик билан тавсифланади.

Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2022 йил 28 январдаги ПФ-60-сон «2022-2026-йилларга мўлжалланган Янги Ўзбекистоннинг тараққиёт стратегияси тўғрисида»ги Фармони¹, 2019 йил 22 августдаги ПҚ-4422-сон «Иқтисодиёт тармоқлари ва ижтимоий соҳанинг энергия самарадорлигини ошириш, энергия тежовчи технологияларни жорий этиш ва қайта тикланувчи энергия манбаларини ривожлантиришнинг тезкор чора-тадбирлари тўғрисида»² ги, 2020 йил 10 июлдаги ПҚ-4779-сон «Иқтисодиётнинг энергия самарадорлигини ошириш ва мавжуд ресурсларни жалб этиш орқали иқтисодиёт тармоқларининг ёқилғи энергетика маҳсулотларига қарамлигини камайтиришга доир қўшимча чора-тадбирлари тўғрисида»³ ги Қарорлари ҳамда мазкур фаолиятга тегишли меъерий-ҳуқуқий ҳужжатларда белгиланган вазифаларни амалга оширишга ушбу диссертация тадқиқоти муайян даражада хизмат қилади.

Тадқиқотнинг республика фан ва технологиялари ривожланишининг устувор йўналишларига мослиги. Диссертация иши бўйича тадқиқотлар республика фан ва технологиялари ривожланишининг 2. «Энергетика, энерготехнологиялар ва муқобил энергия манбалари» устувор йўналишига мос келади.

Муаммонинг ўрганилганлик даражаси. Ҳозирги вақтда корхона энергия хўжалигини самарали бошқариш учун ахборот – аналитик тизимини яратишга йўналтирилган илмий изланишлар жаҳоннинг етакчи илмий марказлари ва олий таълим муассасалари, жумладан Хитойнинг Шимолий-Шарқий электр энергетика университетида, Хитой жанубий энерготизимининг электр энергетика илмий-тадқиқот институтида, Шимолий-Хитой электроэнергетика институтида, Буюк Британиянинг Лестер шаҳри де Монфор сунбий интеллект университетида, Дания техника университети, Швейцариянинг Базел университети, Қатар университети ва бошқа тадқиқот марказларида изланишлар олиб борилмоқда.

Жаҳоннинг етакчи олимларидан, жумладан Mark Munday, Mary Attenborough, Zhiying Feng, Jingjing Huang, Dongchao Chen (Хитой), Frauke Wiese (Дания), Yassine Himeur (Қатар) Франк Хилдмар, Лифанова Е.И., Фрейдкина Е.М., Бушуева В.В., Апполонова Ю.С. (Россия) ва бошқалари корхона электр истеъмолчи мониторинг тизимини самаралироқ инфратузилмаси ва математик моделини яратиш устида тадқиқотлар олиб бормоқда.

¹ 1 Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2022 йил 28 январдаги ПФ-60 сон “2022-2026 йилларга мўлжалланган Янги Ўзбекистон тараққиёт стратегияси тўғрисида”ги Фармони

² Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2019 йил 22 августдаги ПҚ-4422 сон “Иқтисодиёт тармоқлари ва ижтимоий соҳанинг энергия самарадорлигини ошириш, энергия тежовчи технологияларни жорий этиш ва қайта тикланувчи энергия манбаларини ривожлантиришнинг тезкор чора-тадбирлари тўғрисида”ги Қарори

³ Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2020 йил 10 июлдаги ПҚ-4779 сон “Иқтисодиётнинг энергия самарадорлигини ошириш ва мавжуд ресурсларни жалб этиш орқали иқтисодиёт тармоқларининг ёқилғи энергетика маҳсулотларига қарамлигини камайтиришга доир қўшимча чора-тадбирлари тўғрисида”ги Қарори

Бу тизимнинг назарияси ва амалиётини ҳосил қилишнинг асосий ҳолатлари ўзимиздаги Т.Х.Носиров, К.Р.Аллаев, Х.М.Муратов, Ф.А.Ҳошимов, Т.Ш. Ғойипов, Н.Н. Садуллаев, М.Б Худояровларнинг тадқиқотларида келтирилган.

Маълум бўлган усулларнинг таҳлилидаги етишмовчилиги, энергосамарадорлик кўрсаткичлари баҳосини янада деталли комплекс тадқиқотлашни ўтказишга имкон берувчи, саноат объектининг электр таъминоти тизимининг умум элементар математик моделининг йўқлиги, ва ҳамда маълумотларни аналитик ишлов беришнинг етарли имконияти йўқлигидадир.

Диссертация тадқиқотнинг диссертация бажарилган илмий-тадқиқот муасасасининг илмий тадқиқот ишлари режалари билан боғлиқлиги. Диссертация тадқиқоти Бухоро муҳандислик-технология институтида амалга оширилаётган «Саноат корхоналари ва тақсимловчи тармоқларда электр энергиясини тежаш ва исрофларни камайтиришни узлуксиз назорат тизимини яратиш» мавзуси бўйича, шунингдек, қуйидаги: ИОТ-2015-2-1 рақамли «6-10 кВ тақсимловчи тармоқларда электр энергиясини техник исрофларининг автоматлаштирилган мониторинг тизими» мавзусидаги инновация лойиҳаси, шунингдек “ОТ-Ф2-62 рақамли “Саноат корхонаси “интеллектуал” электр тармоғини электр таъминоти тизимини умумлашган самарадорлик кўрсаткичи асосида яратиш назариясини ривожлантириш” (2017-2020 йй.) мавзусидаги фундаментал илмий тадқиқот иши режаси доирасида бажарилган.

Тадқиқотнинг мақсади: донни қайта ишлаш корхоналарида энергия самарадорлигини ошириш бўйича ҳисоблашларни автоматлаштириш учун корхона электр таъминоти тизимини кўп ўлчовли матрица кўринишидаги рақамли моделини ишлаб чиқишдан иборат.

Тадқиқотнинг вазифалари:

донни қайта ишлаш корхонаси электр таъминоти тизими алоҳида босқичлари бўйича ҳисоблашларни кўп ўлчамли матрица асосида ягона тизимга интеграциялаш имкониятини аниқлаш;

донни қайта ишлаш корхонаси электр таъминоти тизими босқичлари ва элементлари бўйича электр истеъмоли режимларини таҳлил қилиш имконини берувчи электр таъминоти тизимининг матрицавий моделини шакллантириш алгоритмларини ишлаб чиқиш;

донни қайта ишлаш корхонаси электр истеъмоли кўрсаткичларини чуқурроқ аналитик тадқиқ қилиш имконини берувчи электр таъминоти тизимини ўлчов ва қайдлов тизимлари ахборот инфратузилмасига интеграллашган кўп ўлчовли матрица кўринишидаги компьютер моделини ишлаб чиқиш;

электр таъминоти схемаси босқичлари бўйича электр истеъмоли параметрларини элементлар бўйича ҳисоблаш имконини берувчи электр таъминоти тизимининг матрицавий тенгламаларини ҳисоблаш алгоритмларини ишлаб чиқиш;

ишлаб чиқилган электр таъминоти тизими матрицавий модели асосида корхона электр таъминоти схемасининг турли кўринишларини автоматлашган ҳисоблашни таъминловчи ҳамда энергия самарадорликни ошириш бўйича корхона электр тармоғи оптимал параметрларини аниқловчи алгоритмларни ишлаб чиқиш;

донни қайта ишлаш корхонаси электр таъминоти тизимининг матрицавий моделидан фойдаланиб корхона электр таъминоти тизимида минимал исрофларни ва корхона энергия самарадорлигини оширишни таъминловчи электр истеъмолининг оптимал режимларини аниқлаш.

Тадқиқот объекти саноат корхонасининг электр таъминоти тизими ва унинг мониторинг тизимини ахборот инфратузилмаси ҳисобланади.

Тадқиқот предмети электр таъминоти тизимини фаолият юргизишини самаралироқ тадқиқ қилиш имконини берувчи мониторинг тизимини яратиш ва саноат корхонаси электр истеъмоли бўйича аналитик маълумотларни олиш имконини берувчи корхона электр таъминоти тизимини математик моделини такомиллаштириш.

Тадқиқотнинг усуллари. Электр тармоқлари ва тизимлари назарияси асосларига, матрицавий алгебра ҳисоблашларига, исрофлар ҳисобларига, энергетик балансларнинг таҳлилига, чизиқли дастурлаш, «Delphi» ва Matlab тилларидаги ҳисоб дастурларини қўллашга таянади.

Тадқиқотнинг илмий янгилиги қуйидагилардан иборат:

ишлаб чиқилган корхона электр таъминоти тизимининг матрицавий моделида кўп вариантли оптималлаш методларини ҳисобга олган ҳолда минимал исрофларни таъминловчи электр таъминоти схемасининг оптимал параметрлари аниқланган;

донни қайта ишлаш корхонаси электр таъминоти тизими истеъмолчилар гуруҳини уланиш схемасига мувофиқ кўп ўлчамли матрица кўринишида ифодалаш ҳисобига электр таъминоти тизимининг матрицавий маълумотларни қатъий тартиблаш алгоритмлари ишлаб чиқилган;

донни қайта ишлаш корхонаси электр истеъмол кўрсаткичларини самаралироқ аналитик тадқиқ қилиш асосида қайдлов тизимлари ахборот инфратузилмасига интеграциялаш имконини берувчи кўп ўлчовли матрица кўринишидаги компьютер модели ишлаб чиқилган;

корхона электр таъминоти схемасининг матрицавий моделида ҳар хил турдаги (радиал, магистрал ва аралаш) тармоқларни ҳисобга олган ҳолда ягона автоматлаштирилган ҳисоблаш тизимига мувофиқлаштирувчи алгоритм ва автоматлаштирилган ҳисоблаш дастури ишлаб чиқилган;

корхона ички электр таъминоти кабель йўлларида энергия тежаш захираларини комплекс тадқиқ қилиш ҳисобига электр таъминоти схемасининг рационал параметрларини матрицавий ҳисоблаш усули ишлаб чиқилган.

Тадқиқотнинг амалий натижалари қуйидагилардан иборат:

ишлаб чиқилган корхона электр таъминоти тизимининг матрицавий модели асосидаги электр истеъмоли кўрсаткичларини аналитик тадқиқот

усули донни қайта ишлаш корхонасида энергетик аудит текширувларида қўлланилган;

корхона электр таъминоти тизимини матрицавий модели корхона энергия балансларини электр таъминоти тизими босқичлари ва элементлари бўйича энергия сарфини ва исрофларини аниқлашда ҳамда комплекс таҳлил қилишда қўлланилган;

ишлаб чиқилган маълумотларни қайта ишлаш алгоритмлари корхона энергетик балансларини ва оптимал электр истеъмол режимларини аниқлашда минимал вақт сарфи ва харажатлар билан батафсилроқ таҳлил қилиш имконини беради;

ишлаб чиқилган корхона электр таъминоти тизимининг матрицавий компьютер модели ва унга асосланган аналитик тадқиқот усулидан фойдаланиш корхона энергетик тадқиқотларини ҳисоблаш қисмларини автоматлаштириш ҳисобига ушбу босқич харажатларини 5-10 % га ва муддатини 10-15% қисқартириш имконини беради.

ишлаб чиқилган тадқиқот усулининг ЭҲМ дастури Бухоро вилояти корхоналарида электр истеъмоли техник қайдлов тизимини ишлаб чиқишда фойдаланилган ва бундай тизимларни ташкил этиш харажатларини 5-10% атрофида қисқартиришга эришилган.

Тадқиқот натижаларининг ишончлиги. Корхона электр таъминоти тизимининг лойиҳалаш вазифаларини бажаришда компьютерли моделлаш ва муҳандислик ҳисоблашлари хулосалари билан, шунингдек матрицавий алгебранинг математик аппаратидан тўғри фойдаланиш ва уларни мавжуд мониторинг тизимларида қўллаш билан ва уларнинг ўзаро мувофиқ келиши билан тасдиқланади.

Тадқиқот натижаларининг илмий ва амалий аҳамияти. Олинган натижаларнинг илмий аҳамияти саноат корхоналари электр тармоқларида электр энергиясини тежаш имкониятларини чуқурроқ таҳлил қилиш имконини берувчи ишлаб чиқилган саноат корхоналари электр истеъмоли кўрсаткичларини аналитик тадқиқ қилиш математик моделлари ва тадқиқот усули билан тавсифланади.

Олинган натижаларнинг амалий аҳамияти корхона электр таъминоти тизими босқичлари бўйича корхона энергетик балансларини батафсилроқ қуриш орқали энергия тежаш бўйича тўлароқ асосланган тавсиялар ишлаб чиқиш, ҳамда корхона энергия хўжалигини оқилона бошқариш имкониятини берувчи аналитик маълумотларни олиш билан тавсифланади.

Ишлаб чиқилган алгоритмлар ва компьютер дастури электр истеъмоли режимларини тўлароқ деталлаштирилган ҳолда таҳлил қилиш, корхона энергия хўжаликни оқилона бошқариш, корхоналарда энергетик тадқиқотларни ўтказиш муддатини ва харажатларини қисқартириш, ҳамда чуқурроқ асосланган энергия тежаш тадбирларини ишлаб чиқиш учун фойдаланилади.

Тадқиқот натижаларининг жорий қилиниши. Илмий тадқиқот натижалари Бухоро вилояти ҳудудидаги донни қайта ишлаш корхоналарини энергетик текширувларида тадбиқ этилди ва қуйидаги натижалар олинди:

электр таъминоти тизимининг кўп ўлчовли матрица кўринишидаги математик модели «Бухородонмахсулотлари» АЖ корхонасида энергетик текширувлар ўтказишда фойдаланилди (маълумотнома № 6-1-2/69- 358 2023 йилнинг 10 май “Ўздонмахсулот” АК) ва ишлаб чиқилган тавсиялар асосида йиллик иқтисодий самарадорлик 86,45 млн.сўмни ташкил этди. Корхона электр истеъмолининг техник қайдлов тизимида компютер моделини қўллаш натижасида энергетик тадқиқотларнинг ҳисоблаш қисми автоматлаштирилди, шунингдек текширувларга кетадиган вақт ва харажатлар қисқарди.

Тадқиқот натижаларининг апробацияси. Берилган тадқиқотнинг натижалари 2 та халқаро ва 3 та республика илмий-техник ва илмий-амалий конференцияларда апробациядан ўтган.

Тадқиқот натижаларининг эълон қилинганлиги. Илмий иш мавзуси бўйича жами 26 илмий иш, 7 та халқаро илмий журналларда мақола, 13 та мақола республика журналларида чоп қилинган, шунингдек 2 та ЭҲМ дастури учун гувоҳнома олинган.

Диссертациянинг тузилиши ва ҳажми. Илмий иш кириш, тўртта боб, хулоса, адабиётлар рўйхати, иловадан иборат. Илмий иш матнининг ҳажми 118 бетдан иборат.

ДИССЕРТАЦИЯНИНГ АСОСИЙ МАЗМУНИ

Кириш қисмида ўтказилган тадқиқотларни долзарблиги ва жорий этишга эҳтиёжнинг борлиги асосланган, тадқиқотнинг мақсади ва вазифалари, объекти ва предмети тавсифланган, республика фан ва технологиялари ривожланишининг устивор йўналишларига мослиги кўрсатилган, тадқиқотнинг илмий янгилиги ва амалий натижалари баён қилинган, олинган натижаларнинг илмий ва амалий аҳамияти очиб берилган, тадқиқот натижаларини амалиётга жорий қилиш, нашр этилган ишлар ва диссертация тузилиши бўйича маълумотлар келтирилган.

Диссертациянинг **“Донни қайта ишлаш корхоналари энергия самарадорлигини аналитик тадқиқот усуллари ривожланиш муаммолари”** деб номланган биринчи бобида ўрганилаётган тадқиқот предмети соҳаси назарияси ва амалиёти ҳолати ҳамда уни истиқболий ривожланиши йўналишлари ва такомиллаштириш анъаналари очиб берилган.

Замонавий саноат корхоналари катта энергия сифими ва истеъмол энергиясини хилма-хиллиги билан тавсифланади. Корхонанинги энергия таъминоти бошқаруви органларига ҳаққонийлиги юқори бўлган ахборотга эҳтиёж бор. Бунда, ягона ахборот блогидида электр таъминоти тизими (ЭТТ) самарадорлигини тавсифловчи энергия истеъмоли бўйича таҳлилий кўрсаткичлар кўрсатилиши керак. Энергия тежаш бўйича самаралироқ энергоаудит усуллари ва ахборот-таҳлилий тизимларини яратиш, электр

таъминот тизимини такомиллашган математик моделидан фойдаланган холда электр энергияни тежаш имкониятларини чуқурроқ ва деталлашган таҳлил қилишни талаб қилади.

Замонавий компьютерлар янги назарий ишланмаларни қўллаш бўйича янги имкониятлар очиб мукамалроқ ва аниқроқ математик моделлардан фойдаланиш имконини беради. Бу ерда биринчи навбатдаги вазифалар саноат тармоғини ахборот массиви кўринишидаги математик моделини яратиш ва ЭТТ иш самарадорлиги кўрсаткичларини максимал даражада таъминловчи бошқарув алгоритмларини ишлаб чиқиш ҳисобланади.

Ушбу вазифалар электр энергиясининг параметрларини ўлчови ва қайдлов тизими билан электр таъминоти тизимининг компьютер модели билан интеграллашган корхона электр истеъмолининг мониторинг тизимини яратишни тақозо қилади. Донни қайта ишлаш корхоналарида электр энергиясидан фойдаланиш самарадорлигини тадқиқ қилишни самаралироқ усулини яратиш қуйидаги масалаларни ҳал қилиш зарур:

донни қайта ишлаш корхонаси электр таъминоти тизимининг ўлчов ва қайдлов тизимлари ахборот инфратузулмасига интеграллашган саноат корхонаси электр таъминоти математик моделини ишлаб чиқиш;

илмий асосланган услубиёт асосида аналитик таҳлил ўтказиб электр энергиясини тежаш имкониятларини аниқлаш имконини берувчи маълумотларни қайта ишлаш алгоритми ва ЭХМ дастурини ишлаб чиқиш;

электр таъминоти тизими иш самарадорлигини аниқроқ баҳоловчи ва энергия тежаш имкониятларини чуқурроқ таҳлил қилиш имкониятини берувчи электр таъминоти тизими самарадорлик кўрсаткичларини ва меъзонларни ишлаб чиқиш.

Диссертациянинг **“Донни қайта ишлаш корхонаси электр таъминоти тизимининг матрицавий ифодалари”** деб номланган иккинчи бобида саноат корхонасини кўп ўлчамли матрица кўринишидаги электр таъминоти тизимининг математик ифодасини ёзиш масаласи кўриб чиқилган.

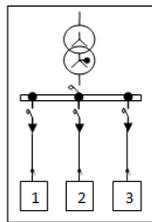
Саноат корхонасини матрицавий тенгламалар асосидаги ЭТТ моделини куриш тамойили ЭТТ схемаси параметрларини тавсифловчи сонли матрицаларини шакллантиришга асосланган. Энг оддий матрица бу сатр матрица бўлиб бу истеъмолчилар тақсимлаш ускунасига радиал уланган схемани тавсифловчи матрицадан иборат бўлади (1-расм, а). Сатр матрицаси элементлари тартиб рақами истеъмолчилар ва уларни таъминловчи кабеллар рақамига мувофиқ келади. Матрицалар ЭТТнинг трансформаторлари бўйича ёки цех подстанциялари бўйича тузилади, уларнинг ҳар бири икки ўлчамли матрицавий тенгламалар билан ифодаланади (1-расм, б).

Трансформатор подстанцияси(ТП)даги тақсимлаш ускуналари (ТУ)нинг максимал сони ва ТУдаги истеъмолчилар сони матрицанинг ўлчамларини аниқлайди. ЭТТнинг мавжуд бўлмаган элементларига яъни стандарт матрицанинг тўлмай қолган элементларига нол қийматлари берилади.

$$S(1,3) = \begin{bmatrix} P_{11} + jQ_{11} & P_{12} + jQ_{12} & P_{13} + jQ_{13} \end{bmatrix}$$

Келтирилган схема бўйича вектор-сатр матрица:

$$S(1,3) = \begin{bmatrix} 22+13j & 35+17j & 18+10j \end{bmatrix}$$

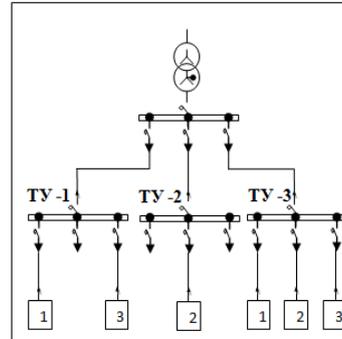


а)

Келтирилган схема бўйича 2 ўлчовли матрица:

	ТУ-1	ТУ-2	ТУ-3
$P_{11} + jQ_{11}$	$P_{12} + jQ_{12}$	$P_{13} + jQ_{13}$	
$P_{21} + jQ_{21}$	$P_{22} + jQ_{22}$	$P_{23} + jQ_{23}$	
$P_{31} + jQ_{31}$	$P_{32} + jQ_{32}$	$P_{33} + jQ_{33}$	

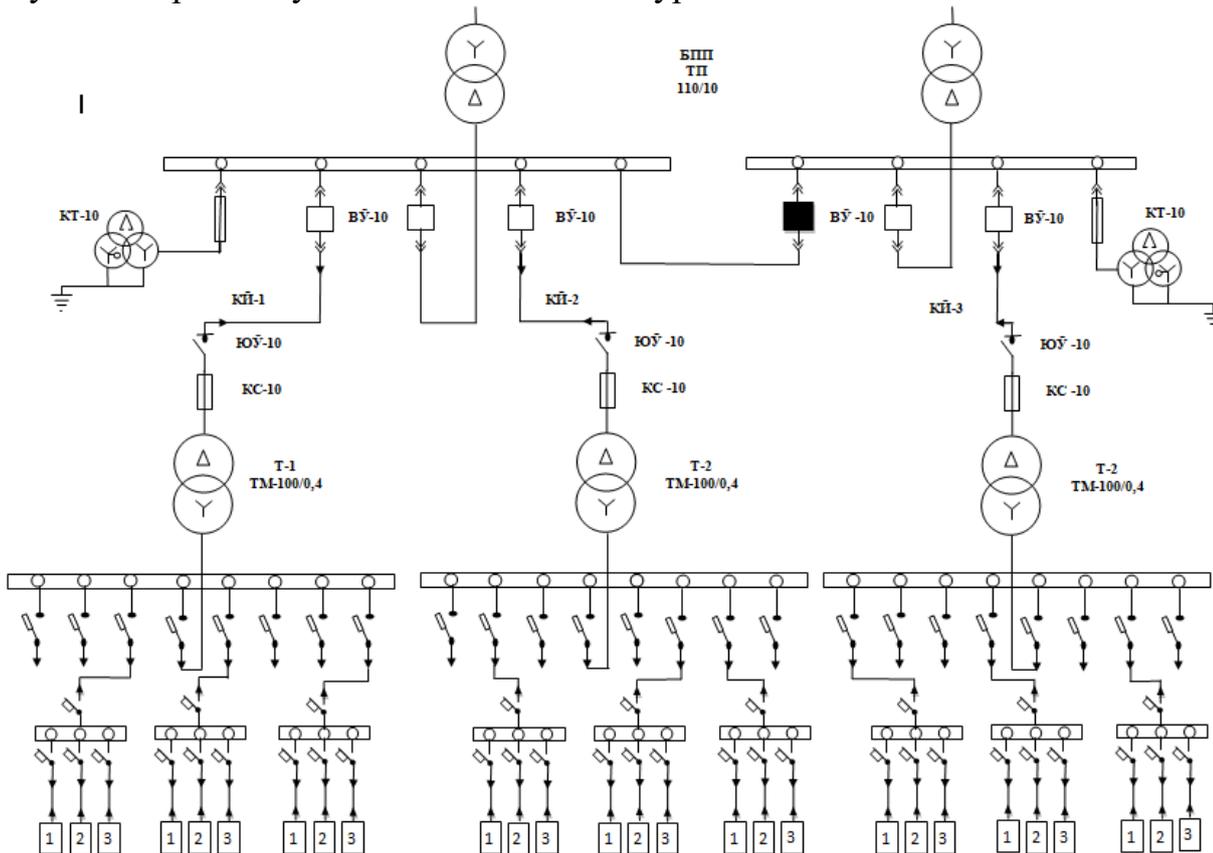
	ТУ-1	ТУ-2	ТУ-3
15+8j	0	33+17j	
0	42+23j	18+11j	
22+10j	0	25+15j	



б)

1-расм. Радиал схема ва унинг бир ўлчовли матрицаси (а), икки босқичли схема ва унинг икки ўлчовли ҳолат матрицаси (б).

2-расмда ҳар бири бир нечта тақсимлаш ускунасига эга бўлган бир нечта трансформаторли подстанциялардан (ТП) иборат бўлган, корхона ЭТТнинг умумлаштирилган уч поғонали схемаси кўрсатилган.

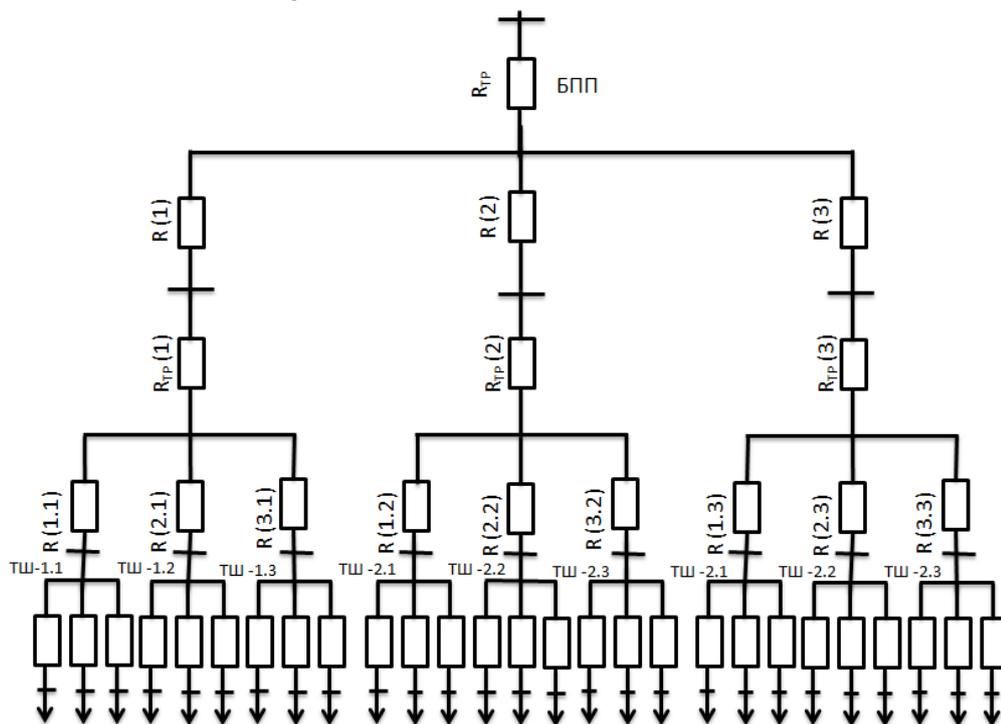


2-расм. Саноат корхонаси электр таъминотининг умумлашган схемаси.

3-расмда ЭТТ учун матрицавий тенгламаларни тузишни соддалаштириш учун ушбу электр таъминоти схемасини ҳисобий иерархик модели кўрсатилган. ЭТТ иерархик моделининг моҳияти, электр таъминоти схемаси

элементларини уланиш тартибига асосан уларни пастки ва юқори поғоналарга ажратилишидан иборат.

Умумлаштирилган электр таъминоти схемаси корхона ЭТТини тўрт босқичини ўз ичига олган. Электр технологик қурилмалар билан тақсимлаш цех тугунлари биринчи босқични, цех подстанциялари ва тақсимлаш тугунларигача бўлган паст кучланишли кабель йўллари иккинчи босқични, юқори кучланиш кабеллари учинчи босқични ва ташқи электр таъминоти тўртинчи босқични ташкил этади. Бу тармоқларни ҳисоблаш учун уч ўлчовли матрица $P(k,j,i)$ дан фойдаланилади. Бу ерда, k – трансформатор подстанцияси ва юқори кучланишни кабель йўли номери; j – тақсимлаш тугуни номери; i – технологик машина номери.



3-расм. Матрицавий тенгламаларни тузиш учун саноат корхонасининг умумлаштирилган ЭТТ иерархик модели.

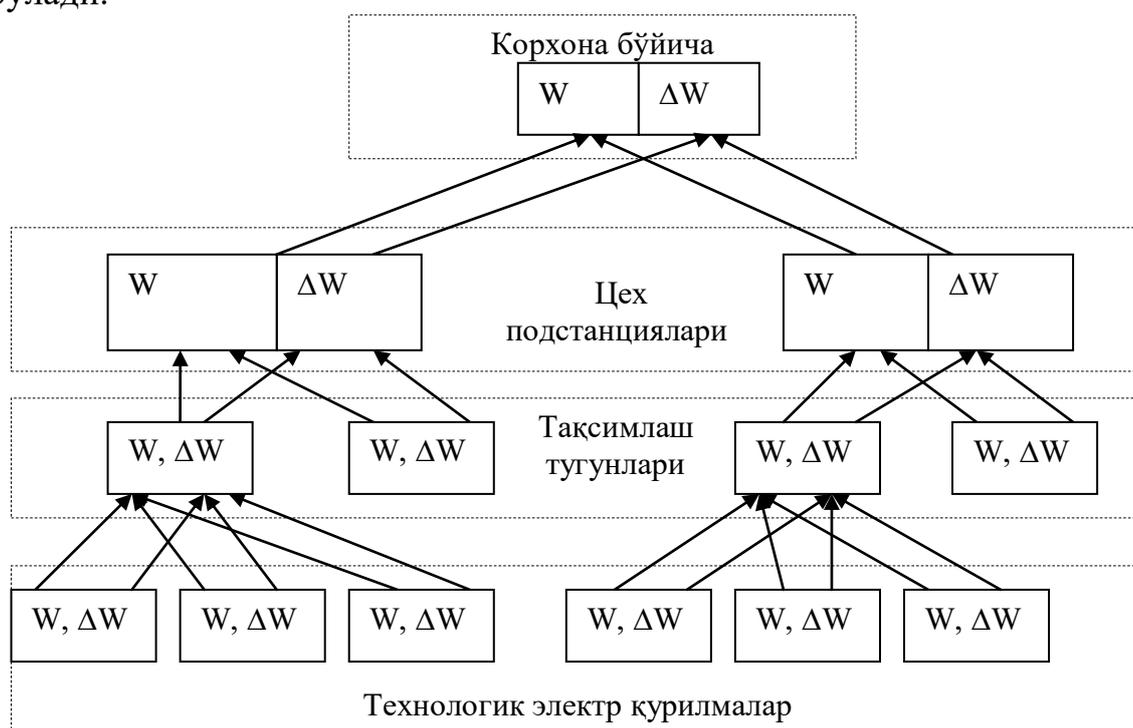
Саноат корхонаси ЭТТ нинг математик модели юкламаларни, исрофларини ва бошқа техника-иқтисодий кўрсаткичларини ҳисоблашда ишлатиладиган кўп ўлчовли маълумот массиви кўринишидаги ўзгарувчилардан иборат тенгламалардан ташкил топади. Модел ёрдамида корхона ЭТТ барча босқичлари ва корхона бўйича энергетик баланслар қуриш учун ҳисоблашлар бажарилади.

Ҳисоблашлар учун дастлабки маълумотлар сифатида истеъмолчиларга ўрнатилган ўлчов ёки қайдлов тизимлари асбобларининг (амперметр, ватметр, ҳисоблагич ва ш.ў.) маълумотлари олинади. Ўлчов тизимлари маълумотлари бўлмаганда электр истеъмоли режимларини тавсифловчи ҳисобий маълумотлардан фойдаланиш мумкин.

ЭТТнинг матрицавий моделлари асосан матрица маълумотлари билан фарқланади. Маълумотлар матрицаси қўлланишига кўра икки гуруҳга: ўзгармас, электр таъминоти схемаси параметрларини (солиштирма индуктив

ва актив қаршиликлар, кабель йўли узунликлари ва шунга ўхшашлар) тавсифловчи маълумотлар, ҳамда ўзгарувчан, электр истеъмоли режимларини (суткали юклама графиклари, тоқлар, истеъмол қуввати ва ш.ў.) тавсифловчи маълумотларга бўлинади.

4-расмда корхона энергетик балансини шаклланиш схемаси келтирилган. Ҳисоблашлар иерархик схема бўйича (ЭТТ босқичлари бўйича) пастдан юқорига қараб амалга оширилади. Энергия сарфи ва исрофлар кўп даврий ҳисоблаш алгоритмлари орқали амалга оширилади. Ҳар бир цикл ЭТТ босқичини белгилайди. Юқори босқичдаги ўзгарувчан параметрлар пастки босқичдаги шу қийматларни йиғиндисидан ҳосил бўлади.



4-расм. Корхона энергия балансини ЭТТ босқичлари бўйича шаклланиш структуравий схемаси.

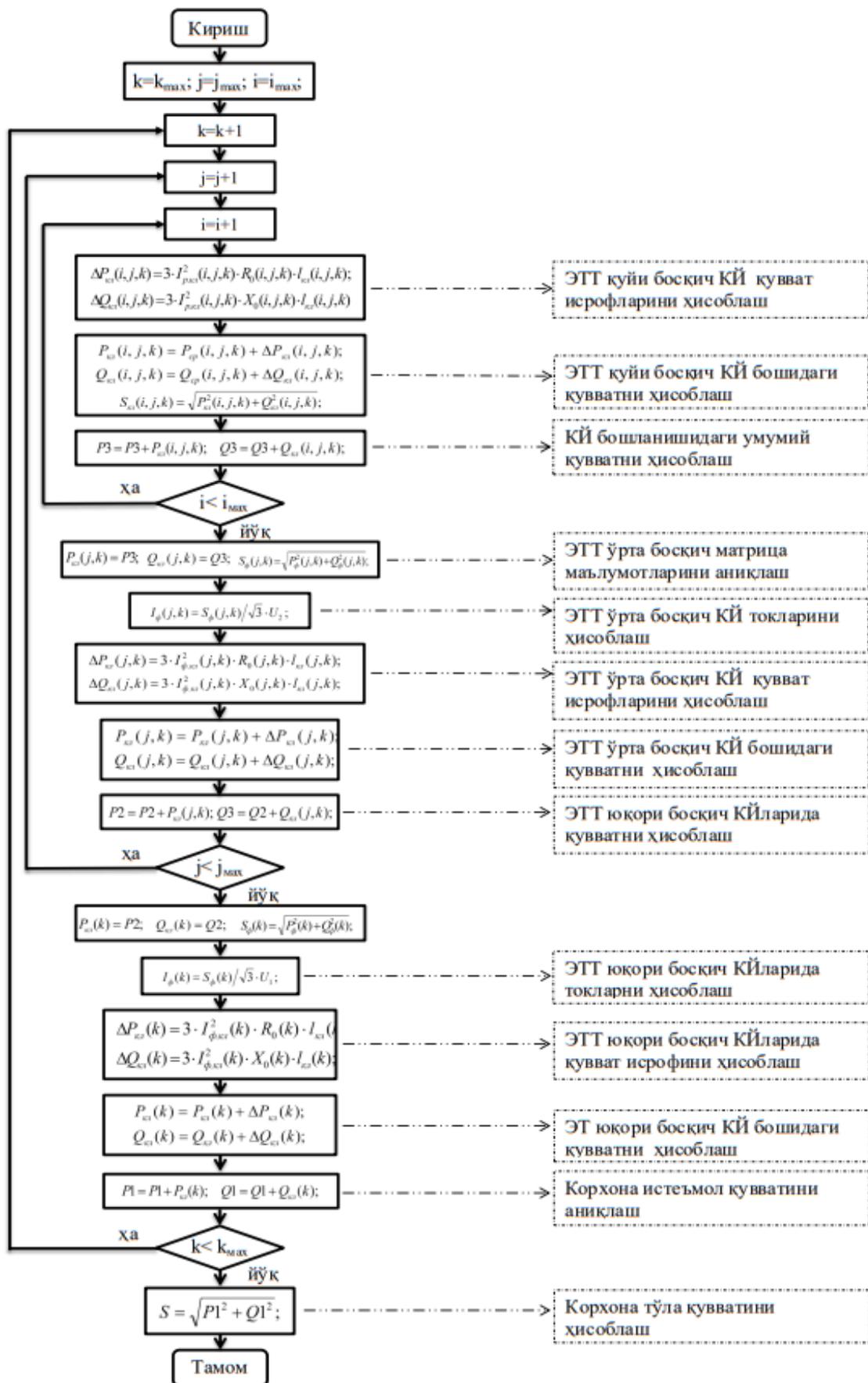
ЭТТ босқичлари ва элементлари бўйича қувват исрофини ҳисоблаш алгоритми 5-расмда келтирилган.

Корхона энергетик балансини қуриш ЭТТнинг қуйи босқичидан бошланади. Қуйи бўғиндаги кабель йўлларининг актив қувват исрофи қуйидаги ифодадан аниқланади:

$$\Delta P_{кл}(i, j, k) = 3 \cdot I_{р.кл}^2(i, j, k) \circ R_0(i, j, k) \circ l_{кл}(i, j, k); \quad (1)$$

бу ерда, $R_0(i, j, k)$ - ЭТТ схемасини қуйи босқичдаги кабель йўлларини солиштирма актив қаршиликни тавсифловчи уч ўлчовли маълумотлар массиви бўлиб, унинг сон қийматлари ЭТТ схемасига мос тўлдирилган уч ўлчовли матрицадан ўқиб ўзлаштирилади, $ом/км$; $l(i, j, k)$ -ЭТТ қуйи босқичдаги КЙ лар узунликлари маълумотлар матрицаси, км.

Олинган натижалар (электр истеъмолини уч ўлчовли маълумот матрицаси) корхона электр истеъмолининг маълум бир вақтдаги қийматини тавсифлайди.



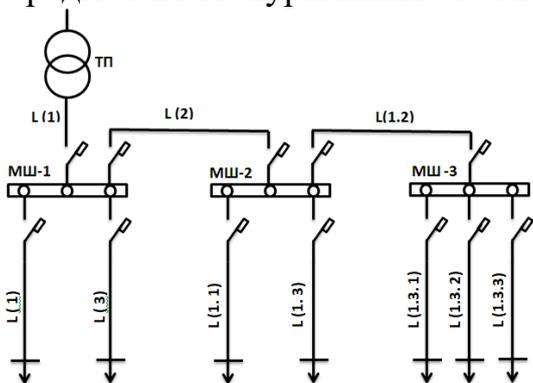
5-расм. Корхона энергетик балансини ҳисоблаш алгоритми.

Агар энергия истеъмоли графикларини тавсифловчи маълумотлар киритилса электр истеъмолини вақт бўйича ўзгариши графиклари олинади. Масалан, корхона тўла қувват истеъмолининг матрицавий ифодаси куйидаги кўринишда бўлади:

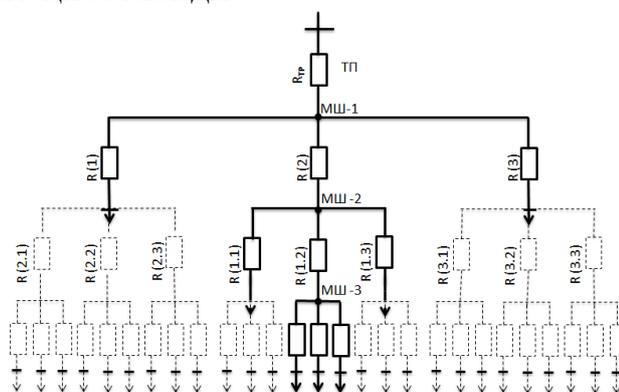
$$S_{ijkt} = \begin{array}{|ccc|ccc|ccc|} \hline S_{1111} & S_{1211} & S_{1311} & S_{1121} & S_{1221} & S_{1321} & S_{1131} & S_{1231} & S_{1331} \\ S_{2111} & S_{2211} & S_{2311} & S_{2121} & S_{2221} & S_{2321} & S_{2131} & S_{2231} & S_{2331} \\ S_{3111} & S_{3211} & S_{3311} & S_{3121} & S_{3221} & S_{3321} & S_{3131} & S_{3231} & S_{3331} \\ \hline S_{1112} & S_{1212} & S_{1312} & S_{1122} & S_{1222} & S_{1322} & S_{1132} & S_{1232} & S_{1332} \\ S_{2112} & S_{2212} & S_{2312} & S_{2122} & S_{2222} & S_{2322} & S_{2132} & S_{2232} & S_{2332} \\ S_{3112} & S_{3212} & S_{3312} & S_{3122} & S_{3222} & S_{3322} & S_{3132} & S_{3232} & S_{3332} \\ \hline \dots & \dots \\ \vdots & \ddots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \dots & \dots \\ \hline S_{11124} & S_{12124} & S_{13124} & S_{11224} & S_{12224} & S_{13224} & S_{11324} & S_{12324} & S_{13324} \\ S_{21124} & S_{22124} & S_{23124} & S_{21224} & S_{22224} & S_{23224} & S_{21324} & S_{22324} & S_{23324} \\ S_{31124} & S_{32124} & S_{33124} & S_{31224} & S_{32224} & S_{33224} & S_{31324} & S_{32324} & S_{33324} \\ \hline \end{array} \begin{array}{l} \downarrow \rightarrow (k) \rightarrow (j) \\ (i) \downarrow (t) \end{array} \quad (2)$$

бу ерда, t – уч ўлчовли матрицанинг индексининг охири рақами электр истеъмолининг суткали графигидаги вақтни тавсифлайди.

ЭТТ нинг умумлашган матрицавий модели ҳар хил кўринишдаги электр таъминоти схемасини тадқиқ этишда қўлланилди. Матрицавий тенгламалар ёзиш учун энг мураккаб схема бу магистрал схемалар ҳисобланади. Ҳар хил кўринишдаги схемалар маълумотлар матрицасини таркибини ўзгартириб шакллантирилди. Масалан, 6-расмдаги магистрал схема кетма-кет уланган 3 та радиал схема кўринишига келтирилиб ҳисобланди.



6-расм. Корхонанинг электр таъминотининг магистрал схемаси.



7-расм. Матрицавий тенгламаларни тузиш учун магистрал линияларнинг ҳисоблаш схемаси.

Шундай қилиб, маълумотлар матрицаси таркибини ўзгартириб ҳар хил кўринишга эга схемаларни ҳисоблаш ягона алгоритм асосида амалга оширилади.

Илмий ишнинг «**Электр таъминоти тизимининг матрицавий модели асосида электр истеъмоли кўрсаткичларининг аналитик тадқиқоти**» номли учинчи бобида корхонада энергия самарадорликни ошириш бўйича тадбирларда матрицавий моделларни қўллаш имкониятлари тадқиқ этилган. Корхонада энергия тежаш бўйича асосий имконият энергия

истеъмолчиларида бўлиб цех ички электр таъминоти тизимини матрицавий моделларда аналитик тадқиқ қилиш натижалари келтирилган.

Цех бўйича маҳсулот бирлигига сарфланган электр энергияси қуйидаги ифодадан аниқланади:

$$\gamma_{mex} = \frac{P_{умумий}}{V_{соат}} = \frac{\Delta P_{mp} + \sum_{j=1}^{j_{max}} \sum_{i=1}^{i_{max}} P_{ф.мех}(j,i) + \sum_{j=1}^{j_{max}} \sum_{i=1}^{i_{max}} P_{эп}(j,i) + \sum_{j=1}^{j_{max}} \Delta P_{күй}(j) + \sum_{j=1}^{j_{max}} \sum_{i=1}^{i_{max}} \Delta P_{күй}(j,i)}{V_{час}}; \quad (3)$$

бу ерда, ΔP_{mp} - цех трансформаторидаги қувват исрофи, кВт; $\Delta P_{күй}(j)$ ва $\Delta P_{күй}(j,i)$ – КЙлардаги қувват исрофи, кВт; $P_{ф.мех}(j,i)$ – технологик қурулмаларда қувват сарфи, кВт; $\Delta P_{эп}(j,i)$ - ёрдамчи ишлаб чиқариш қувват истеъмоли, кВт.

Бу эгриликлар билан чегараланган юза энергия исрофини белгилайди:

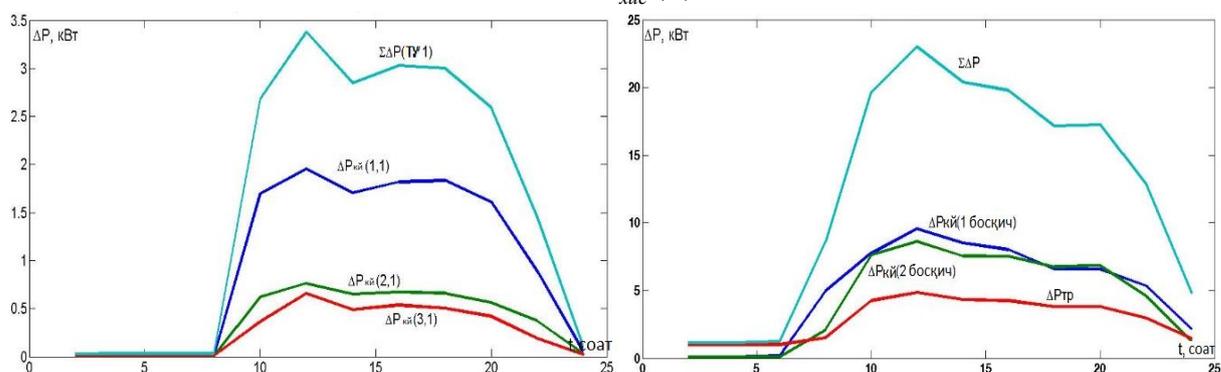
$$\Delta W_{күй}(i, j, k) = \int_1^{24} \Delta P_{күй}(i, j, k) dt; \quad (4)$$

Цехда ўрнатилган ҳисоблагичлардан олинган энергия истеъмолидан аниқланган исрофлар йиғиндисини айириб технологик қурулмалар истеъмол қилган энергия сарфи аниқланади ва маҳсулот бирлигига сарфланган энергия сарфи аниқланади:

$$W_{ф.мех}(k) = W_{хис}(k) - (\Delta W_{күй}(i, j, k) + \Delta W_{күй}(j, k)); \quad (5)$$

ЭТТ ни электр энегиясини истеъмолчиларга узатиш бўйича ФИК и қуйидаги ифодадан аниқланади:

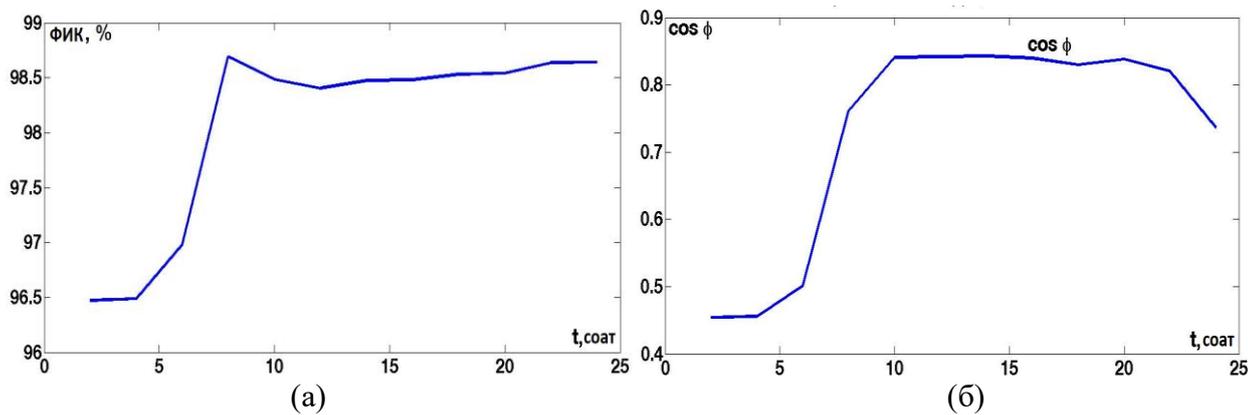
$$\eta = \frac{W_{ф.мех}(k)}{W_{хис}(k)}; \quad (6)$$



8-расм. Цех ички электр таъминотининг қуйи –(а), ва юқори босқичидаги (б) кабель йўлларидаги қувват исрофлари ўзгариши.

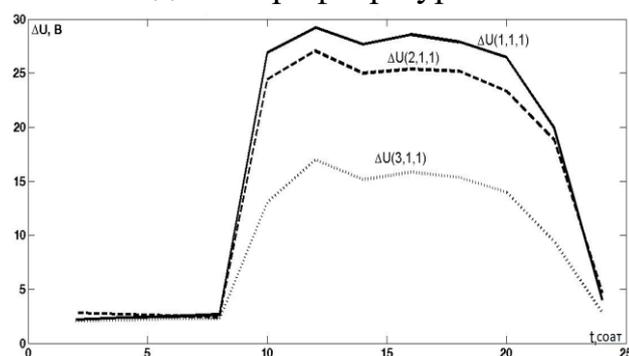
9 - расмда цех ички электр истеъмолида ФИК ва қувват коэффициенти қийматини сутка давомида ўзгариши эгриликлари келтирилган.

ЭТТнинг матрицавий моделларидан фойдаланиб ЭТТ босқичлари бўйича кучланиш исрофлари тадқиқ қилинди (10-расм). Кучланиш исрофларини тадқиқ қилишнинг мураккаблиги кетма-кет жойлашган элементларни кучланиш исрофларини қўшиш билан боғлиқдир. Чунки, кучланиш исрофларини ЭТТ босқичлари бўйича матрицалари ўлчамлари ҳар хил бўлади. Шунинг учун матрицалар қўшишдан олдин матрица ўлчамидаги бирлик матрицага кўпайтирилиб бир хил ўлчамга келтирилди.

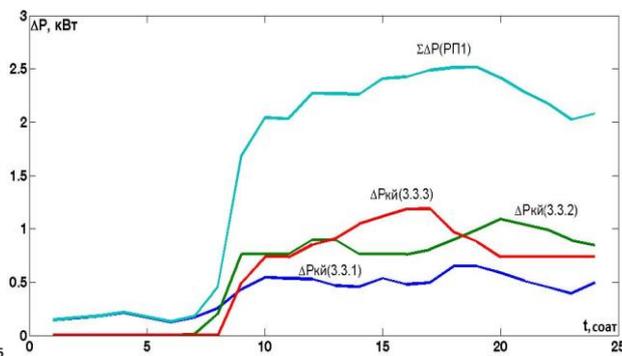


9-расм. Цех ички ЭТТда ФИК нинг- (а) ва қувват коэффициентини –(б) ўзгариши.

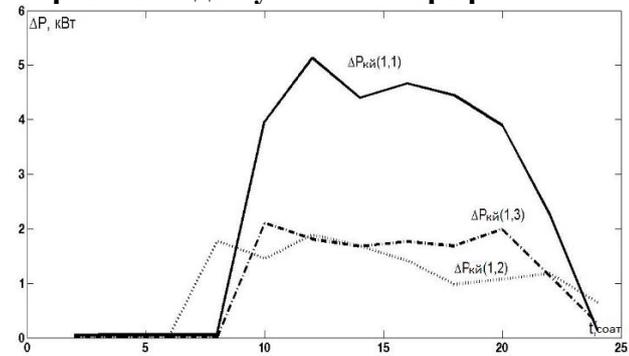
Уч босқичли ЭТТга эга бўлган корхона ички электр таъминоти схемаси (4-расм) аналитик тадқиқотлар асосида таҳлил қилинган. 11-расмда ЭТТнинг куйи поғонасидаги, 12-расмда ўрта поғонасидаги ва 13-расмда юқори поғонасидаги исрофлар кўрсатилган.



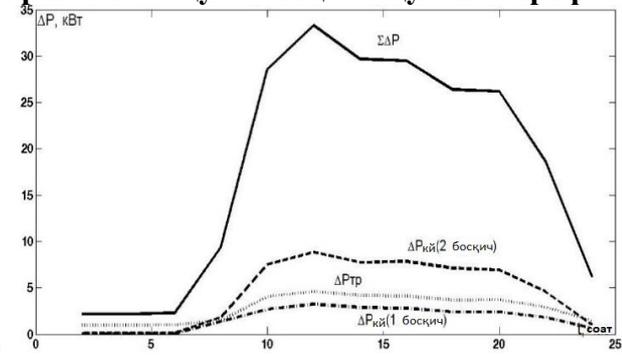
10-расм.ЭТТда кучланиш исрофи.



11-расм. ЭТТ куйи босқичи қувват исрофи.



12-расм.ЭТТ ўрта бўғини қувват исрофи.



13-расм.ЭТТ юқори бўғини қувват исрофи.

“Электр таъминоти тизимининг матрицавий моделдан фойдаланиб саноат корхоналарининг энергия самарадорлигини тадқиқ қилиш усули” номли тўртинчи бобида саноат корхоналарида матрицавий моделларни амалий қўллаш натижалари таҳлил қилинган.

Корхонада ЭТТнинг матрицавий моделларидан фойдаланиб электр истеъмоли параметрларини аналитик тадқиқотлар ўтказиш уни қуйидаги масалларда қўллаш имконияти борлигини кўрсатди:

- корхона энергия хўжалигини оқилона бошқариш учун электр истеъмоли параметрларини мониторинг тизимида қўллаш;
- корхонада ички энергетик аудитни ўтказишда;

-корхонада энергетик тадқиқотлар, энергетик экспертиза ва ташқи энергетик аудит ўтказишда;

-корхона энергия истеъмолини режалаштириш ва башоратлашда;

-корхона энергетик паспортини ишлаб чиқишда;

-электр таъминоти тизимини ишлаш самарадорлигини баҳолашда.

ЭТТнинг компютер модели ўлчов ва қайдлов тизими маълумотларини қайта ишлаб қуйидаги таҳлилий маълумотларни тақдим этади:

-корхона ЭТТ босқичлари бўйича электр таъминоти элементлардаги техник исрофларни қийматини;

-электр таъминоти тизими элементларида ва тугунларида кучланиш исрофларини қийматларини;

-цех подстанциялари, тақсимлаш тугунлари, цехлар бўйича суткалик (сменали) актив ва реактив қувват истеъмоли графиклари;

-ЭТТ босқичлари бўйича энергетик коэффициентларни (ФИК ва $\cos\phi$) қийматларини ўзгариш графиклари.

ЭТТ компютер моделининг чиқиш маълумотлари сифатида қуйидаги таҳлилий маълумотлар бўлади:

-корхона ЭТТ босқичлари бўйича энергетик баланслар;

-корхонада аналитик тадқиқотлар асосида олинган энергетик самарадорлик кўрсаткичлари;

-электр энергиясини тежаш имконияти бўлган ва мейёрдан ортиқ исрофларга эга бўлган ЭТТ элементлари рўйхати;

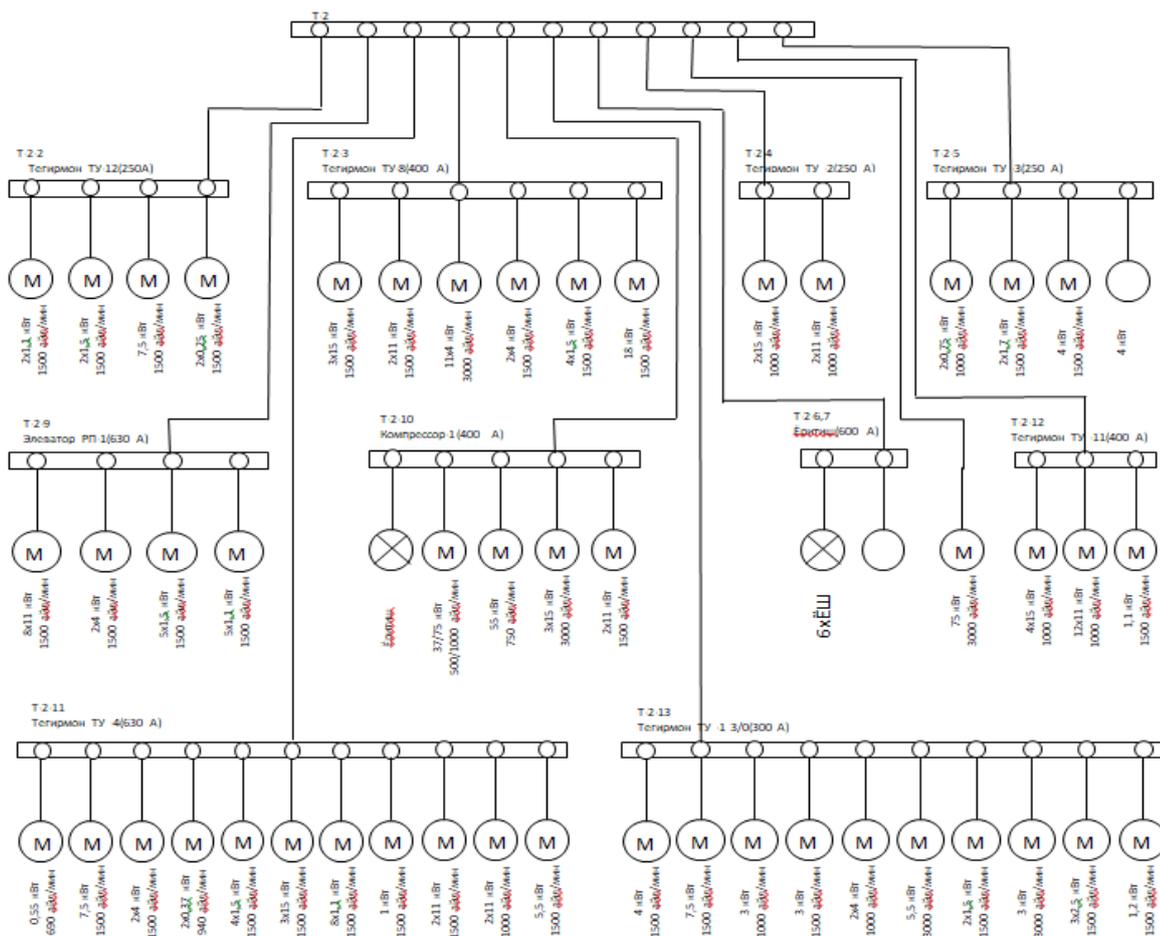
-айрим электр энергияси сифати кўрсаткичлари (кучланишнинг оғиши, носиммертиклиги) қиймати ва улар туфайли вужудга келадиган қувват исрофлари;

-мавжуд ЭТТни ишлаш самарадорлигини баҳолаш бўйича таҳлилий маълумотлар;

-технологик, цех ва корхона бўйича маҳсулот бўйича солиштирма энергия сарфининг ҳисобий қийматлари.

Ишлаб чиқилган “Саноат корхонаси электр таъминоти тизимининг матрицавий модели” компютер дастури корхонада электр истеъмоли параметрларини мониторинг тизимининг асоси бўлиб хизмат қилади. Қайдлов тизими ҳисоблагичларидан маълумотларни олиш учун «КТС энергомера» дастурий таъминотидан фойдаланилади.

Тадқиқот натижалари Бухоро вилояти саноат корхоналарида, жумладан, «Бухородонмаҳсулотлари» АЖнинг энергетик текшируви хўжалик шартномаси №17-18 ишини бажаришда қўлланилган. Корхона ЭТТнинг матрицавий модели тузилган ва корхонанинг элементлар бўйича энергетик баланси ишлаб чиқилган. Тадқиқотларда ЭХМ учун ишлаб чиқилган «Корхона электр таъминоти тизимининг матрицавий модели» ва «Саноат корхонаси электр таъминоти тизимининг самарадорлигининг умумлашган кўрсаткичларини ҳисоблаш дастури» қўлланилган. Корхона подстанциясидаги Т-2 трансформаторининг технологик жиҳозлари схемаси 14- расмда кўрсатилган.



14-расм. Корхона подстанциясидаги Т-2 трансформатори истеъмолчиларининг электр таъминоти схемаси.

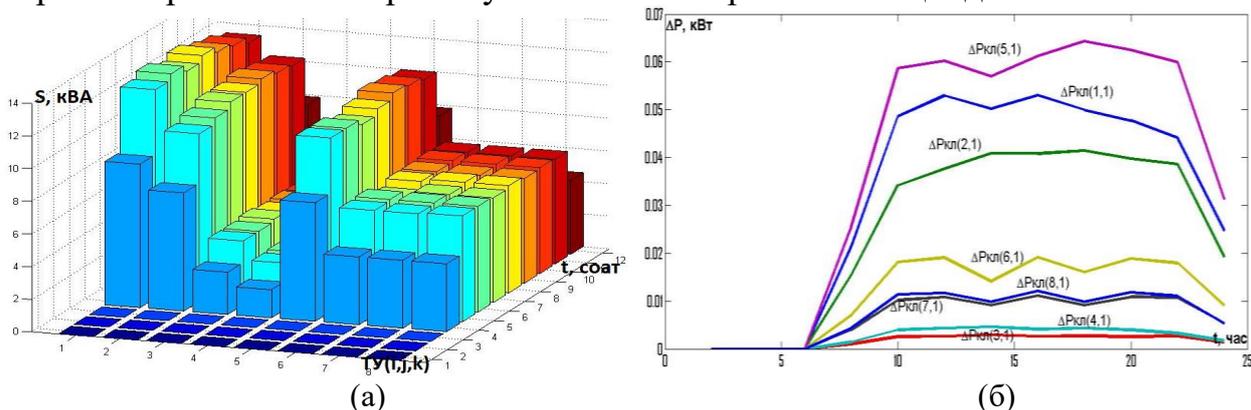
Т-2 трансформатор истеъмолчиларининг актив кувват маълумотлар матрицаси куйидаги шаклда бўлади:

$$P_{\text{мел}}(10,11) = \begin{pmatrix} 2,2 & 3 & 7,5 & 0,5 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 88 & 8 & 7,5 & 5,5 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0,55 & 8 & 8 & 0,74 & 6 & 45 & 8,8 & 1 & 22 & 22 & 5,5 \\ 45 & 22 & 44 & 8 & 6 & 18 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 75 & 55 & 45 & 22 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 4 & 7,5 & 3 & 3 & 8 & 5,5 & 3 & 3 & 7,5 & 1,2 & 0 \\ 30 & 22 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 75 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 60 & 132 & 1,1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1,5 & 3,4 & 4 & 4 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} \quad (11)$$

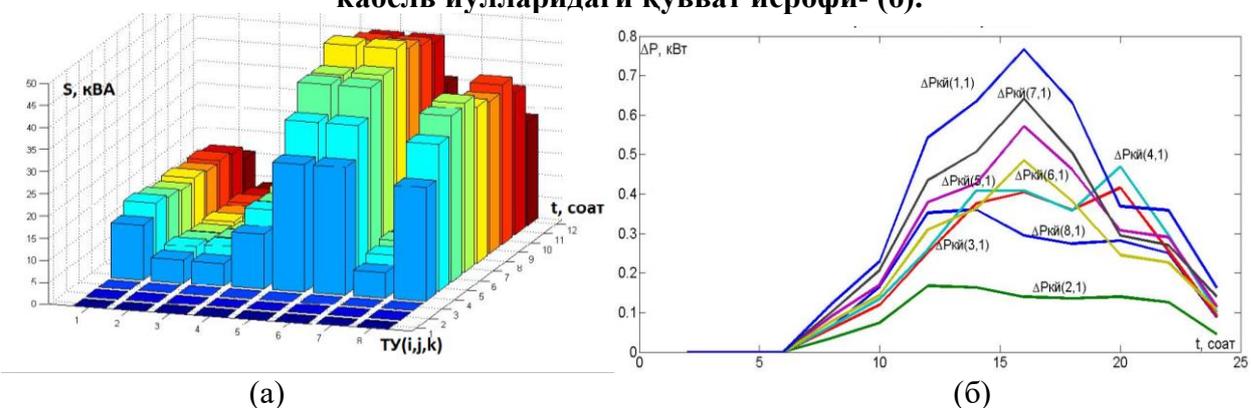
Цех подстанцияларининг, технологик цехларнинг электр истеъмоли режимлари, корхона энергия баланслари аналитик тадқиқотлар асосида ўрганилган.

Корхона электр таъминоти схемасини ўрганиш, ҳамда экспериментал-аналитик тадқиқотлар асосида корхона электр таъминоти тизими матрицавий модели маълумотлари аниқланди ва корхона энергетик баланси ЭХМ дастуридан фойдаланиб автоматлаштирилган ҳисоблашлар асосида қурилди. Бу корхонада ўтказилган тадқиқотлар харажатларини 5-10% га, муддатини 10-15% қисқартириш имконини берди. Корхона энергетик балансини батафсил ўрганиш билан корхонадаги технологик, цех ва корхона бўйича маҳсулот бирлигига солиштирма энергия сарфлари таҳлил қилинди. Электр

истеъмоли самарадорлик кўрсаткичлари таҳлили асосида корхонада энергия харажатларини камайтириш бўйича тавсиялар ишлаб чиқилди.



15-расм. Тегирмон цехи 1-ТТ истеъмолчилари суткали истеъмол графиги-(а) ва кабель йўлларидаги қувват исрофи- (б).



16-расм. Тегирмон цехи 3-ТТ истеъмолчиларининг суткали истеъмол графиги –(а) ва кабель йўлларидаги қувват исрофлари - (б).

Ишлаб чиқилган компьютер дастури ва тадқиқот усули «Бухородонмахсулотлари» АЖ корхонасининг энергетик аудит текширувини ўтказишда қўлланилган. Матрицавий модел истеъмолчилар бўйича энергия истеъмоли ва кучланиш исрофи, махсулот бирлигида сарфланган солиштирма электр энергияси, корхона электр истеъмоли ва энергия самарадорлиги кўрсаткичларини ҳисоблашда фойдаланилган.

ХУЛОСА

Илмий ишга тегишли бўлган тадқиқот натижаларини умумлаштириб, қуйидаги хулосаларни келтириш мумкин:

1. Донни қайта ишлаш корхоналарида электр таъминоти тизимининг матрицавий моделини тузиш услубиёти ишлаб чиқилди. Натижада корхона электр таъминоти тизими бошқичлари ва элементлари бўйича энергия тежаш имкониятларини чуқурроқ таҳлил қилиш имконини берди.

2. Донни қайта ишлаш корхонаси электр таъминоти тизимини ўлчов ва қайдлов тизимлари ахборот инфратузилмасига интеграллашган кўп ўлчовли матрица кўринишидаги компьютер модели ишлаб чиқилди. Натижада корхона электр истеъмоли ва энергия самарадорлиги кўрсаткичларини янада самарали аналитик тадқиқ қилиш имконини берди.

3. Электр таъминотини ҳар хил уланиш (радиал ва магистралл) схемаларини ифодаловчи матрицавий тенгламалари асосида автоматлаштирилган ҳисоблаш алгоритмлари ва дастури ишлаб чиқилди. Натижада кўп вариантли оптималлаш усулида рационал электр таъминоти схемаси параметрлари аниқланди.

4. Донни қайта ишлаш корхонаси электр истеъмоли кўрсаткичларини электр таъминоти тизимини матрицавий компьютер моделидан фойдаланиш асосида аналитик тадқиқ қилиш усулини ишлаб чиқилди. Натижада корхонада энергетик тадқиқотлар ўтказиш харажатларини 5-10 % га, муддатини эса 10-15 % га қисқатириш имконини берди.

5. Тадқиқот натижалари «Бухородонмаҳсулотлари» АЖ ва Бухоро вилоятининг бошқа корхоналарида жорий қилинган бўлиб умумий йиллик иқтисодий самарадорлик 86 453 000 сўмни ташкил этган.

**НАУЧНЫЙ СОВЕТ ПО ПРИСУЖДЕНИЮ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ
ДОКТОРА НАУК DSc.02/30.12.2021.Т.143.01 ПРИ ИНСТИТУТЕ
ПРОБЛЕМ ЭНЕРГЕТИКИ АКАДЕМИИ НАУК
РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН**

БУХАРСКИЙ ИНЖЕНЕРНО – ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТКИ

ШОБОЕВ АЛИШЕР ХИКМАТИЛЛОВИЧ

**ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ
ЗЕРНОПЕРЕРАБАТЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЙ**

05.05.01 – Энергетические системы и комплексы

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

Ташкент – 2024

Тема диссертации доктора философии (PhD) по техническим наукам зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Министрове высшего образования, науки инноваций Республики Узбекистан за номером В2023.4. PhD/Т93.

Диссертация выполнена в Бухарском инженерно – технологическом институте.

Автореферат диссертации на трех языках (узбекский, русский, английский (резюме)) размещен на веб-странице научного совета (www.energetika.uz) а также в Информационно-образовательном портале «ZiyoNet» (www.ziyo.net).

Научный руководитель: **Садуллаев Насулло Нематович**
доктор технических наук, профессор

Официальные оппоненты: **Исаков Абдусайд Жалилович**
доктор технических наук, профессор

Болтаев Отабек Ташмухамматович
доктор философии по техническим наукам (PhD),
доцент

Ведущая организация: **Ташкентский государственный аграрный университет**

Защита диссертации состоится «___» _____ 2024 г. в ___ часов на заседании Научного совета DSc.02/30.12.2021.T.143.01 при Институте проблем энергетики Академии наук Республики Узбекистан (Адрес: 100076, г.Ташкент, ул. Мухтора Ашрафий 1-проезд, 9-А. Тел.: (99871) 283-23-08; факс: (99871) 283-23-08; e-mail: energetika_in@umail.uz).

С диссертацией можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре Института проблем энергетики Академии наук Республики Узбекистан (регистрационный номер ___). (Адрес: 100076, г.Ташкент, ул. Мухтора Ашрафий 1-проезд, 9-А. Тел.: (99871) 283-23-08)

Автореферат диссертации разослан «___» _____ 2024 года.

(протокол рассылки №___ от «___» _____ 2024 года).

Х.М. Муратов
Председатель научного совета по присуждению
учёных степеней, д.т.н., профессор

К.Ш.Кадиров
Ученый секретарь научного совета
по присуждению учёной степени, д.т.н., с.н.с

О.Х. Ишназаров
Председателя научного семинара при научном совете
по присуждению ученых степеней, д.т.н., профессор

ВВЕДЕНИЕ (аннотация диссертации доктора философии (PhD))

Актуальность и востребованность темы диссертации. В мире активно развивается инфраструктура энергосистемы, с добавлением цифрового слоя, который является основой для создания умных сетей. С учетом резкого возрастания объема информации, характеризующей режимы работы системы электроснабжения предприятия, возникает необходимость создания более совершенной математической модели системы электроснабжения предприятия, позволяющей обработать большой объем информации о состоянии электрооборудования с устойчивыми алгоритмами расчета. Важнейший потенциал экономии электроэнергии сосредоточен в промышленности, как основном потребителе энергии. Для определения резервов экономии электроэнергии в промышленных объектах энергосистемы необходимо проведение энергетического обследования предприятия с привлечением высококвалифицированных специалистов. Значительная часть этих затрат расходуется на расчеты однотипных задач по выявлению аналитических данных по электропотреблению предприятия. Автоматизация этих расчетов на базе математической модели системы электроснабжения предприятия позволяет значительно сокращать сроки и затраты на эти обследования. Модели системы электроснабжения, при построении которых используется математический аппарат матричной алгебры, обеспечивают составление наиболее точных энергобалансов предприятия, упрощают алгоритмизацию расчетов и позволяют проведение многовариантных и корректировочных расчетов, а также аналитическую обработку данных.

В мире проводятся научные исследования, направленные на повышение энергоэффективности системы электроснабжения зерноперерабатывающих предприятий, определение оптимальных режимов работы путем аналитического исследования различных режимов потребления, определение оптимальных параметров радиальных и магистральных сетей. В этом направлении, в том числе, использование матриц при определении энергетических потоков в сложных электросетях, повышении эффективности системы электроснабжения и оптимизации их основных параметров, исследование матричных моделей системы электроснабжения зерноперерабатывающего предприятия считается приоритетом. При этом актуальными задачами считаются проведение аналитических исследований с использованием матричной модели системы электроснабжения, повышение энергоэффективности зерноперерабатывающих предприятий.

В нашей республике создана современная информационная инфраструктура учета электроэнергии в энергосистеме. Из счетчиков электроэнергии получают большое количество информации измеряемых величин, но на практике используется количество потребленного электроэнергии, в основном для оплаты. При использовании остальных измеряемых величин с счетчика, можно применить для комплексного обследования предприятие. Проблема характеризуется увеличением объема

поступающих данных и недостаточностью информации для принятия решения. К другим проблемам относится возрастание объема неупорядоченных данных и сокращение времени на переработку информации, увеличивающаяся избыточность информации и неумение воспользоваться нужными данными.

Диссертационная работа направлена на решение задач, предусмотренных в Указах Президента Республики Узбекистан № ПП-60 от 28 января 2022 года «О новой стратегии развития Республики Узбекистан на 2022-2026 годы»¹, № УП-4422 от 22 августа 2019 года «Об ускоренных мерах по повышению энергоэффективности отраслей экономики и социальной сферы, внедрению энергосберегающих технологий и развитию возобновляемых источников энергии»², № УП-4779 от 10 июля 2020 года «О дополнительных мерах по сокращению зависимости отраслей экономики от топливно-энергетической продукции путем повышения энергоэффективности экономики и задействования имеющихся ресурсов»³, а также в других нормативно-правовых документах, принятых в данной области.

Соответствие исследований приоритетам развития науки и техники в республике. Данное диссертационное исследование выполнено в соответствии с приоритетным направлением развития науки и технологий республики: 2. «Энергетика, энергосбережение и альтернативные источники энергии».

Степень изученности проблемы. В настоящее время исследованиями направленное для создание информационно - аналитической системы для эффективного управления энергохозяйством предприятия ведут ведущие исследовательские центры мира, в частности Северо-Восточного Электроэнергетического университета, Научно-исследовательский институт электроэнергетики китайской южной энергосистемы, (Китай) В школе экономики и менеджмента Северо-Китайского электроэнергетического института, В институте искусственного интеллекта, университета де Монфора (г. Лестер, Великобритания), в техническом университете Дании, Базельском университете Швейцарии, а также Катарском университете.

Ведущие ученые мира, в том числе Mark Munday, Mary Attenborough, Zhiying Feng, Jingjing Huang, Dongchao Chen (Китай), FraukeWiese (Дания), Yassine Himeur (Катар), Франк Хилдмар, Лифанова Е.И., Фрейдкина Е.М., Бушуева В.В., Апполонова Ю.С., Кудрин Б.И. и другие предложили более совершенную математическую модели и инфраструктуру системы мониторинга электропотребления предприятия.

¹ Указ Президента Республики Узбекистан от 28.01.2022г № УП-60«Стратегия развития Нового Узбекистана на 2022-2026 годы»

² Указ Президента Республики Узбекистан от 22.08.2019 г № УП-4422 «Об ускоренных мерах по повышению энергоэффективности отраслей экономики и социальной сферы, внедрению энергосберегающих технологий и развитию возобновляемых источников энергии»

³ Указ Президента Республики Узбекистан от 10.06.2020 г № УП-4779 «О дополнительных мерах по сокращению зависимости отраслей экономики от топливно-энергетической продукции путем повышения энергоэффективности экономики и задействования имеющихся ресурсов»

Основные положения теории и практики создания такой системы приведены в работах отечественных ученых Т.Х. Насырова, К.Р.Аллаева, Х.М.Муратова, Ф.А. Хашимова, Н.Н. Садуллаева, М.Б. Худоярова, а также зарубежных специалистов.

Недостатком разработанных аналитических систем является отсутствие общей поэлементной математической модели системы электроснабжения промышленного объекта, позволяющей проводить более детальное, комплексное исследование по оценке показателей энергоэффективности, а также недостаточной возможности по аналитической обработке данных.

Связь темы диссертации с планами научно-исследовательских работ высшего образовательного учреждения, где выполнена диссертация. Диссертационное исследование выполнено в соответствии с планами НИР, утвержденных Советом Бухарском инженерно – технологическом институте по теме: «Разработка системы непрерывного контроля по уменьшению потерь и экономии электроэнергии в распределительных сетях и промышленных предприятиях», а также в рамках следующих научных-исследовательских проектов: ИОТ-2015-2-1 «Автоматизированная система мониторинга технических потерь электроэнергии в распределительных сетях 6-10 кВ», а также ОТ-Ф-3-15 «Развитие теории создания “интеллектуальной” сети промышленного предприятия на основе обобщенного показателя эффективности системы электроснабжения промышленного предприятия».

Цель исследования заключается в разработке цифровой модели системы электроснабжения зерноперерабатывающего предприятия в виде многомерной матрицы, для автоматизации расчетов по повышению энергоэффективности.

Задачи исследования:

определения возможности интеграции расчетов по отдельным ступеням системы электроснабжения зерноперерабатывающих предприятия в единый расчетный цикл на основе многомерной матрицы;

разработка алгоритмов порядка составления матричной модели системы электроснабжения, позволяющей проводить анализ режимов электропотребления по этапам и элементам системы электроснабжения зерноперерабатывающего предприятия;

разработка компьютерной модели в виде многомерной матрицы, интегрированной в информационную инфраструктуру систем измерения и учета системы электроснабжения, позволяющей провести более глубокое аналитическое исследование показателей электропотребления зерноперерабатывающего предприятия;

разработать алгоритмы расчета матричных уравнений системы электроснабжения, позволяющие производить поэлементный расчет параметров электропотребления по ступеням схемы электроснабжения;

разработать алгоритмы автоматизированного расчета различного вида схемы электроснабжения предприятия, а также определения оптимальных

параметров электрические сети для повышения энергоэффективности на основе матричной модели системы электроснабжения предприятия;

определить оптимальные режимы электропотребления, обеспечивающие минимум потери на системы электроснабжения и повышающие энергоэффективность предприятия с использованием матричной модели системы электроснабжения зерноперерабатывающего предприятия.

Объектом исследования является система электроснабжения и информационная инфраструктура системы мониторинга электропотребления зерноперерабатывающего предприятия.

Предметом исследования является создание более эффективной системы мониторинга функционирования системы электроснабжения и усовершенствование математической модели системы электроснабжения, позволяющей получать аналитические данные по электропотреблению предприятия.

Методы исследования. Базируются на применении основ теории электрических сетей и систем, вычислениях с применением матричной алгебры, расчетах потерь, анализе энергетических балансов, линейного программирования, программы расчетов – на языках «Delphi» и Matlab.

Научная новизна исследования заключается в следующем:

определена с использованием разработанной матричной модели системы электроснабжения оптимальные параметры схемы электроснабжения предприятия с учетом многовариантные методы оптимизации, обеспечивающие минимальные потери в системе электроснабжения предприятия;

разработана алгоритм составления строго упорядоченных данных за счет описания системы электроснабжения зерноперерабатывающих предприятия в виде многомерной матрицы в соответствие со схемой соединения групп потребителей, позволяющая поэлементный анализ режимов электропотребления по ступеням системы электроснабжения предприятия;

разработана компьютерная модель системы электроснабжения зерноперерабатывающих предприятия в виде многомерной матрицы, позволяющий интеграции информационной инфраструктуры системы измерений и учета электроэнергии предприятия на основе более эффективного аналитического исследования показателей электропотребления предприятия;

разработан алгоритм и программа автоматизированного расчета, согласующие расчетов с учетом различных (радиальных, магистральных и смешанных) соединения электрических сетей в единый алгоритм в матричной модели схемы электроснабжения предприятия.

Практические результаты исследования следующие:

разработанный метод аналитического исследования и матричная модель системы электроснабжения применены на энергетическом аудите

зерноперерабатывающих предприятиях по определению их энергетических показателей;

применена матричной модели системы электроснабжения предприятия при определении энергобаланса предприятия по элементам и ступеням системы электроснабжения с расчетом расхода и потерь электроэнергии;

разработанные алгоритмы обработки данных позволяют определить оптимальные режимы электропотребления и более детальный анализ энергетического баланса предприятия и с наименьшими затратами времени и расходов;

использование разработанной компьютерной модели системы электроснабжения предприятия и аналитический метод исследования позволило за счет автоматизации расчетную часть энергетических обследований предприятия и сократил в среднем затраты на 5-10% и сроки обследования на 10-15%.

разработанная программа использована при создании системы технического учета электропотребления на предприятиях Бухарской области, которая сократила затраты на создание этих систем в пределах 5-10%.

Достоверность результатов исследования. подтверждается итогами компьютерного моделирования и инженерной практики при решении задач проектирования системы электроснабжения предприятий, а также корректным использованием математического аппарата матричной алгебры и применением их в существующих системах мониторинга и их взаимной согласованностью.

Научная и практическая значимость результатов исследования. Научная значимость полученных результатов характеризуется разработанными математическими моделями и методом исследования энергоэффективности промышленных предприятий, позволяющими более подробно исследовать потенциал экономии электроэнергии в промышленных сетях.

Практическая значимость полученных результатов характеризуется более детальным построением энергобаланса предприятия по ступеням системы электроснабжения предприятия, позволяющим разработать более обоснованные рекомендации по энергосбережению, а также получением аналитических данных по эффективному мониторингу энергохозяйством предприятия.

Разработанные алгоритмы и компьютерная программа расчетов используются для более детализированного анализа режимов электропотребления, рационального управления энергохозяйством предприятия, для сокращения сроков и затрат энергетического обследования предприятия, а также для разработки более обоснованных энергосберегающих мероприятий.

Внедрение результатов исследования. Результаты научного исследования внедрены при проведении энергетических обследований в зерноперерабатывающих предприятиях на территории Бухарской области и получены следующие результаты:

математическая модель системы электроснабжения в виде многомерной матрицы использована при проведении энергетического аудита АО «Бухородонмахсулотлари» (Справка № 6-1-2/69-358 от 10 мая 2023 года АК «Уздонмахсулот») и подтверждены ежегодным экономическим эффектом 86,45 млн.сум. В результате применения компьютерной модели системы электроснабжения предприятия автоматизирована расчетная часть исследований, а также сокращены сроки и затраты на обследования.

Апробация результатов исследования. Результаты данного исследования прошли апробацию на 2 международных и 3 республиканских научно-технических и научно-практических конференциях.

Публикация результатов исследования. По теме диссертации опубликовано 26 научных труда, в том числе 7 статей в зарубежных, 13 статей в республиканских журналах, также имеется 2 свидетельства на программу для ЭВМ.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы, приложений. Объем текста диссертации составляет 118 страниц.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во введении обоснованы актуальность и востребованность проведенного исследования, цель и задачи исследования, охарактеризованы объект и предмет исследования, показано соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологий республики, изложены научная новизна и практические результаты исследования, внедрения в практику результатов исследования, сведения по опубликованным работам и структуре диссертации.

В первой главе диссертации **«Проблемы развития аналитических методов исследования энергоэффективности зерноперерабатывающих предприятия»** проанализировано состояние теории и практики рассматриваемой предметной области и раскрыты тенденции их дальнейшего развития и совершенствования.

Современные промышленные предприятия характеризуются большой энергоёмкостью и разнообразием видов потребляемой энергии. Органам управления энергоснабжением предприятия все в большей степени нужна полная и достоверная информация. При этом, в едином информационном блоке должны быть представлены аналитические показатели электропотребления, характеризующие эффективность работы системы электроснабжения (СЭС). Создание более эффективных методов энергоаудита и информационно-аналитических систем по энергосбережению предполагает более глубокий и детализированный анализ возможностей экономии энергии с использованием более совершенной математической модели системы энергоснабжения.

Современные компьютеры позволяют использовать более точные и подробные математические модели, открывая новые возможности в

применении теоретических разработок. Здесь первоочередными задачами являются создание математической модели промышленной сети в виде информационного массива и разработка алгоритмов управления, обеспечивающие поддержание показателей эффективности функционирования СЭС предприятия на максимальном уровне.

Эти задачи требуют создания интегрированной информационной инфраструктуры с усиленной аналитической частью системы. Для создания более эффективного метода исследования эффективности использования электроэнергии в промышленности необходимо решить следующие задачи:

разработать математическую модель системы энергоснабжения зернообрабатывающего предприятия интегрированной в информационную структуру системы учета электроэнергии, позволяющую автоматизировать расчеты по определению показателей эффективности электропотребления и выявлению резервов экономии энергоресурсов;

разработать алгоритмы расчетов и прикладные программы на ЭВМ, позволяющие проводить по научно - обоснованной методике аналитическую обработку данных для выявления резервов экономии электроэнергии;

сформулировать критерии и показатели эффективности системы энергоснабжения, обеспечивающие более детальное исследование возможности экономии энергии и более точную оценку эффективности работы системы энергоснабжения.

Во второй главе диссертации **«Матричное описание системы электроснабжения зерноперерабатывающего предприятия»** рассматриваются вопросы математического описания системы электроснабжения промышленного объекта в виде многомерной матрицы.

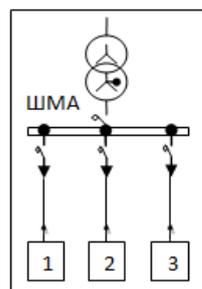
Принцип построения модели СЭС на основе матричных уравнений основан на составлении матрицы данных, характеризующих параметры схемы СЭС промышленного предприятия (ПП). Наиболее простая схема, которая описывается одномерной матрицей, является радиальная схема электроснабжения (рис. 1(а)). Элементы строк матрицы соответствуют порядковым номерам потребителей и питающих их кабелей. Матрицы составляются по трансформаторам или по цеховым подстанциям СЭС, каждый из которых описывается двухмерными матричными уравнениями (рис. 1(б)).

Максимальное число РП в ТП, и потребители в РП определяют размеры матрицы. Отсутствующим элементам (СЭС) матрицы присваиваются нулевые значения.

$$S(1.3) = \begin{bmatrix} P_{11} + jQ_{11} & P_{12} + jQ_{12} & P_{13} + jQ_{13} \end{bmatrix}$$

В примере по схеме матрица вектор-строка:

$$S(1.3) = \begin{bmatrix} 22+13j & 35+17j & 18+10j \end{bmatrix}$$



а)

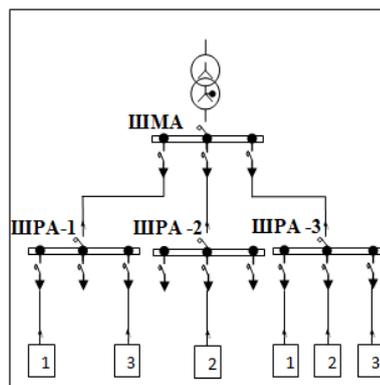
	ШРА -1	ШРА -2	ШРА -3
$P_{11} + jQ_{11}$	$P_{12} + jQ_{12}$	$P_{13} + jQ_{13}$	
$P_{21} + jQ_{21}$	$P_{22} + jQ_{22}$	$P_{23} + jQ_{23}$	
$P_{31} + jQ_{31}$	$P_{32} + jQ_{32}$	$P_{33} + jQ_{33}$	

S(3.3)=

В примере по схеме
двумерная матрица:

ШРА -1	ШРА -2	ШРА -3
15+8j	0	33+17j
0	42+23j	18+11j
22+10j	0	25+15j

S(3.3)=



б)

Рис.1. Радиальная схема и его одномерная матрица (а), двухступенчатая схема и его двумерная матрица состояния (б).

На рис.2. показана наиболее обобщенная трехступенчатая схема ЭС предприятия, состоящая из нескольких трансформаторных подстанций (ТП), подключенных к распределительным пунктам (РП) и потребителям.

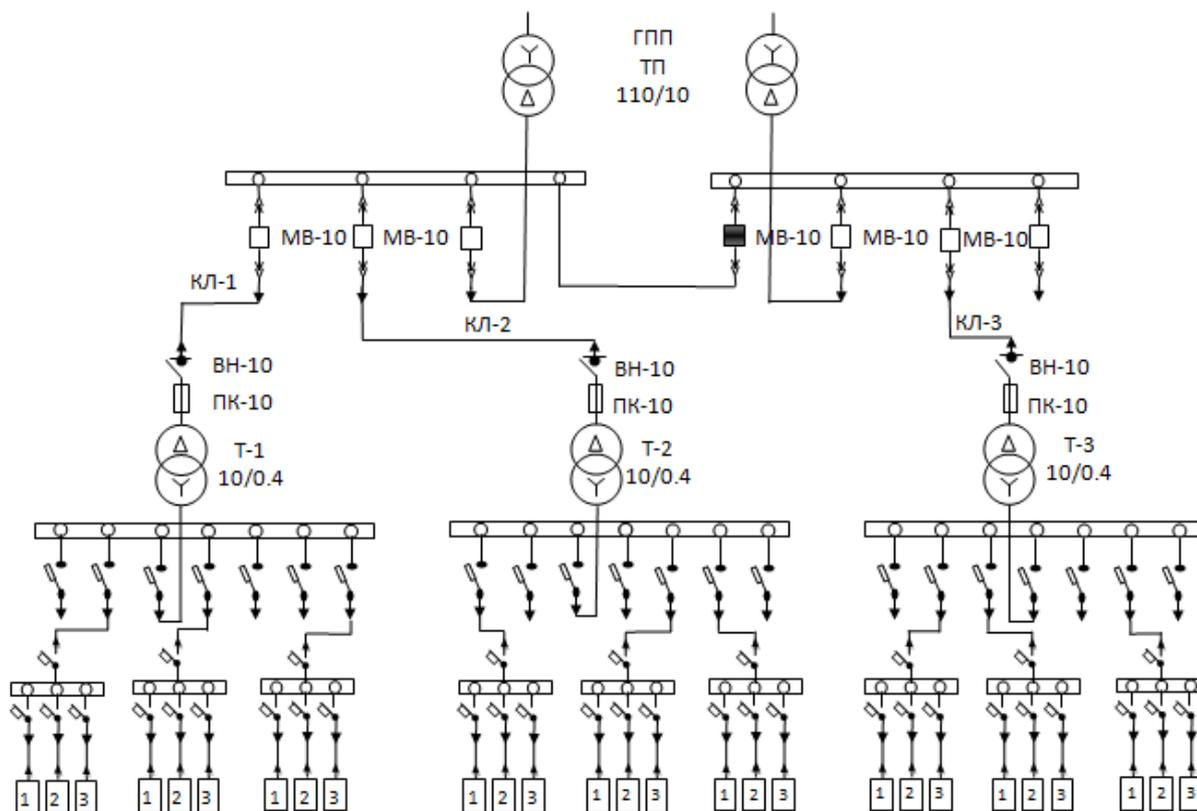


Рис.2. Обобщенная схема электроснабжения промышленного предприятия.

На рис.3. показана иерархическая расчетная модель СЭС предприятия для составления матричной модели СЭС. Сущность иерархической модели СЭС состоит в выделении нижних и высших уровней, состоящих из групп ЭП и подстанций с соединяющей их электрической сетью.

Обобщенная схема электроснабжения включает в себя четыре уровня СЭС предприятия. Электрические сети между технологическим электрооборудованием и распределительными пунктами составляют первый уровень СЭС, от трансформаторных подстанций (ТП) до распределительными пунктами (РП) составляют второй уровень СЭС,

высоковольтные кабельные линии (КЛ) и цеховые ТП составляют третий уровень СЭС и четвертым уровнем СЭС является внешняя система электроснабжения предприятия. Для расчета этих сетей используется трехмерный массив $P(k,j,i)$. Где, k – определяет номер трансформаторной подстанции и высоковольтной кабельной линии; j – номер РП; i – номер ТЭО.

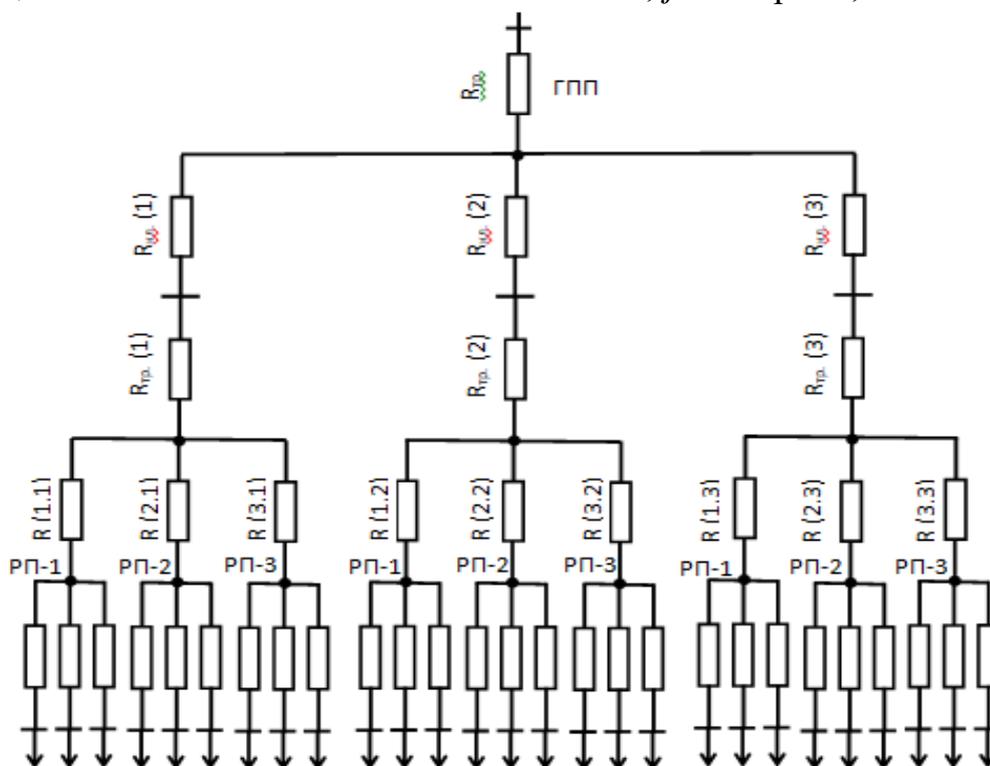


Рис. 3. Иерархическая модель СЭС ИП для составления матрицы данных.

Математическая модель СЭС предприятия состоит из уравнений, используемых при расчете нагрузок, при расчете потерь и технико-экономических показателей СЭС. С помощью модели осуществляют расчет по построению энергобаланса предприятия по всем уровням СЭС, и в целом по предприятию.

В качестве исходных данных для расчетов используются показания измерительных приборов (ваттметров или амперметров) или счетчиков системы технического учета электроэнергии установленных у потребителей. При отсутствии этих данных можно использовать расчетные данные, характеризующие режимы электропотребления.

Матричные модели СЭС отличаются в основном по структуре матрицы данных. Исходные матрицы данных делятся на два типа: постоянные, характеризующие параметры схемы электроснабжения (активное и индуктивное удельное сопротивление, длина КЛ и т.п.), а также переменные, характеризующие режимы электропотребления (графики суточных нагрузок, токи, потребляемые мощности и т.п.).

На рис. 4. показана структурная схема формирования расчетных данных (технологического расхода и потерь мощности) энергетического баланса предприятия. Расчет осуществляется по иерархической схеме (по ступеням СЭС), т.е. снизу вверх. Расчет электропотребления и потерь в элементах СЭС

осуществляется многоциклическими алгоритмами расчета. Каждый цикл определяет уровень СЭС. Расчетные параметры элементов СЭС верхнего уровня определяются суммированием этих же параметров нижнего уровня.

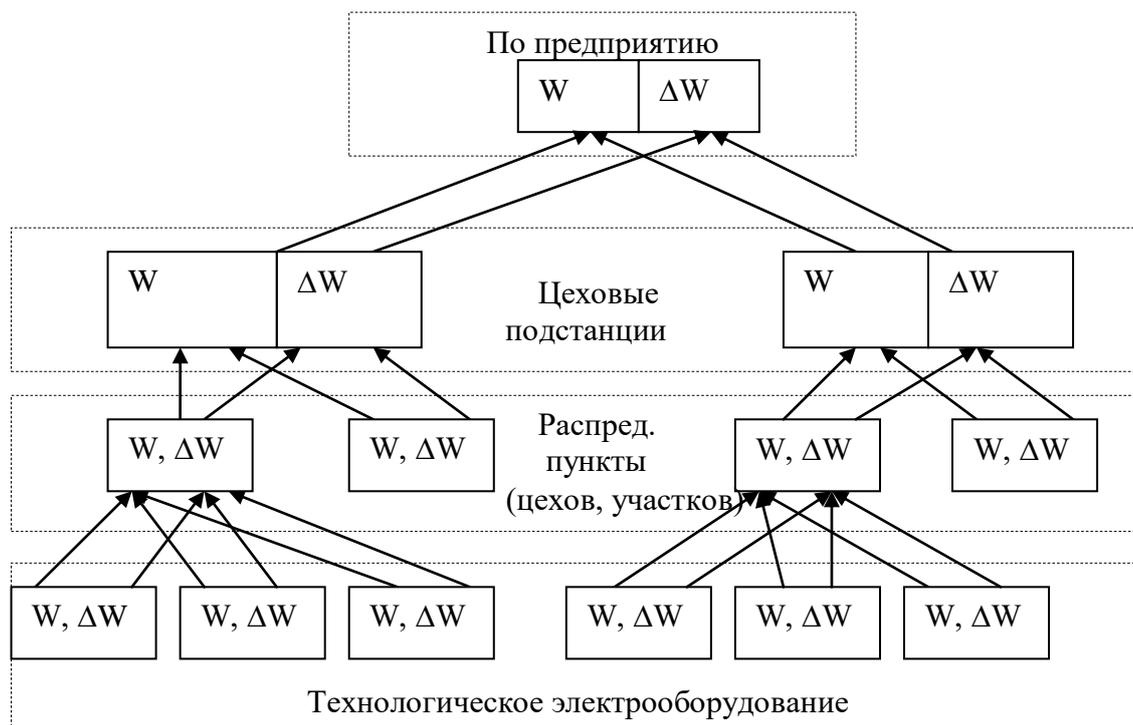


Рис. 4. Структурная схема формирования расчетных данных энергобаланса промышленных предприятия.

Алгоритм поэлементного расчета потерь мощности по ступеням СЭС предприятия показан на рис. 5.

Построение энергобаланса предприятия начинается с нижней ступени СЭС. Потери активной мощности в кабельных линиях низшей ступени определяется из следующего выражения:

$$\Delta P_{кл}(i, j, k) = 3 \cdot I_{p.кл}^2(i, j, k) \circ R_0(i, j, k) \circ l_{кл}(i, j, k); \quad (1)$$

где, $R_0(i, j, k)$ - трехмерный массив данных, описывающий удельное активное сопротивление кабельных линии нижней ступени схемы ЭТТ, его числовые значения получены путем считывания с трехмерного матрица, заполненная по схеме СЭС, Ом/км; $l_{кл}(i, j, k)$ – матрица данных длины КЛ на нижнем ступени СЭС, км.

Полученные данные (трехмерная матрица данных электропотребления) характеризуют потребляемую мощность предприятия в определенный момент времени.

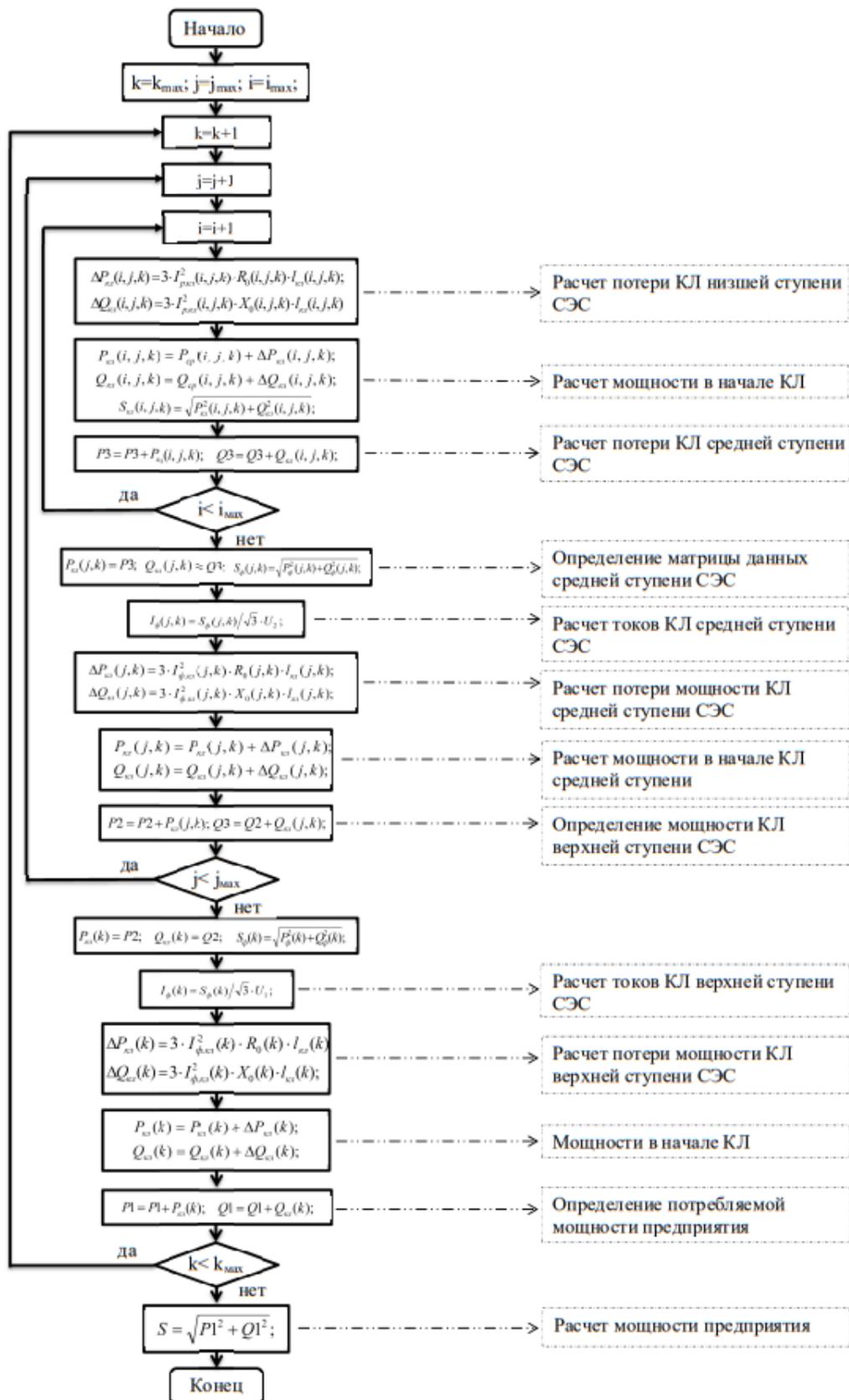


Рис. 5. Алгоритм поэлементного расчета потерь мощности по ступеням СЭС предприятия.

Если исследуются режимы электропотребления по времени, используется четырёхмерная матрица, в которой трехмерная матрица изменяется по времени. Например, общий вид четырехмерной матрицы,

описывающей график потребления полной мощности предприятия будет в следующем виде:

$$S_{ijk} = \begin{array}{|c|c|c|c|c|c|c|c|c|} \hline S_{1111} & S_{1211} & S_{1311} & S_{1121} & S_{1221} & S_{1321} & S_{1131} & S_{1231} & S_{1331} \\ \hline S_{2111} & S_{2211} & S_{2311} & S_{2121} & S_{2221} & S_{2321} & S_{2131} & S_{2231} & S_{2331} \\ \hline S_{3111} & S_{3211} & S_{3311} & S_{3121} & S_{3221} & S_{3321} & S_{3131} & S_{3231} & S_{3331} \\ \hline S_{1112} & S_{1212} & S_{1312} & S_{1122} & S_{1222} & S_{1322} & S_{1132} & S_{1232} & S_{1332} \\ \hline S_{2112} & S_{2212} & S_{2312} & S_{2122} & S_{2222} & S_{2322} & S_{2132} & S_{2232} & S_{2332} \\ \hline S_{3112} & S_{3212} & S_{3312} & S_{3122} & S_{3222} & S_{3322} & S_{3132} & S_{3232} & S_{3332} \\ \hline \dots & \dots \\ \hline \vdots & \ddots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \hline \dots & \dots \\ \hline S_{11124} & S_{12124} & S_{13124} & S_{11224} & S_{12224} & S_{13224} & S_{11324} & S_{12324} & S_{13324} \\ \hline S_{21124} & S_{22124} & S_{23124} & S_{21224} & S_{22224} & S_{23224} & S_{21324} & S_{22324} & S_{23324} \\ \hline S_{31124} & S_{32124} & S_{33124} & S_{31224} & S_{32224} & S_{33224} & S_{31324} & S_{32324} & S_{33324} \\ \hline \end{array} \begin{array}{l} \downarrow \rightarrow (k) \rightarrow (j) \quad (2) \\ (i) \quad \downarrow \\ (t) \end{array}$$

где, t – последняя цифра индекса трехмерной матрицы, характеризующая момент времени в суточном графике электропотребления.

Обобщенная матричная модель СЭС предприятия применена при аналитических исследованиях для предприятий с различными схемами электроснабжения. Наиболее сложными схемами электроснабжения для описания матричных уравнений являются магистральные линии СЭС. Варианты схемы соединений потребителей получают изменением матрицы данных. Например, для математического описания схемы, показанной на рис.6., схему можно рассматривать как 3 последовательно включенных радиальных линий (рис.7).

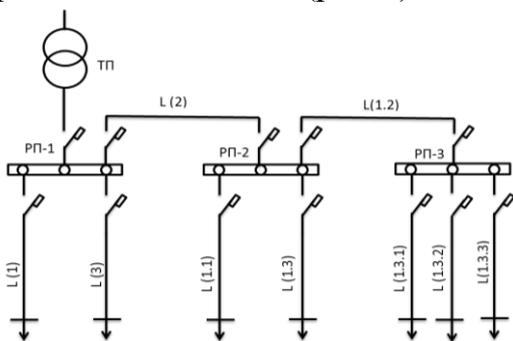


Рис.6. Магистральная схема электроснабжения предприятия.

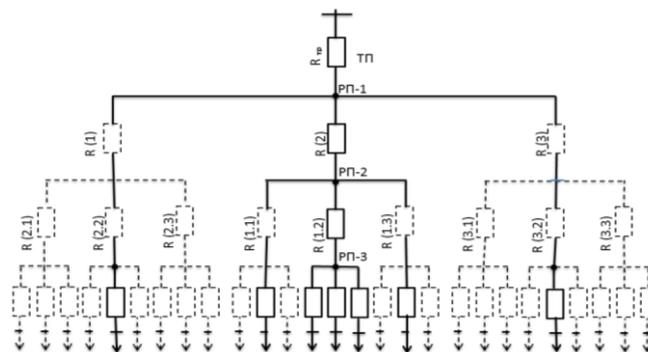


Рис.7. Расчетная схема магистральных линий для составления матричных уравнений.

В третьей главе диссертации «Аналитическое исследование показателей электропотребления на основе матричной модели системы электроснабжения» аналитически исследованы возможности применения матричной модели СЭС в мероприятиях по повышению энергоэффективности предприятий. Основным потенциалом энергосбережения выявляется непосредственно у потребителей. Матричная модель использована для расчета поэлементных потерь и потерь напряжения, удельных расходов электроэнергии на единицу продукции, показателей электропотребления отдельных цехов

предприятия. На рис.8 показаны кривые изменения потерь КЛ низшей ступени СЭС и суммарные потери КЛ по цеху.

Общецеховой удельный расход электроэнергии определяется по следующей формуле:

$$\gamma_{\text{мех}} = \frac{P_{\text{об.ц}}}{V_{\text{час}}} = \frac{\Delta P_{\text{тр}} + \sum_{j=1}^{j_{\text{max}}} \sum_{i=1}^{i_{\text{max}}} P_{\text{ф.мех}}(j,i) + \sum_{j=1}^{j_{\text{max}}} \sum_{i=1}^{i_{\text{max}}} P_{\text{пр}}(j,i) + \sum_{j=1}^{j_{\text{max}}} \Delta P_{\text{кл}}(j) + \sum_{j=1}^{j_{\text{max}}} \sum_{i=1}^{i_{\text{max}}} \Delta P_{\text{кл}}(j,i)}{V_{\text{час}}}; \quad (3)$$

где, $\Delta P_{\text{тр}}$ - потери в трансформаторах цеховой подстанции, кВт; $\Delta P_{\text{кл}}(j)$ - потери в КЛ, находящейся между ТП и РП, кВт; $\Delta P_{\text{кл}}(j,i)$ - потери в КЛ, питающих потребителей от РП, кВт; $P_{\text{ф.мех}}(j,i)$ - технологический расход мощности, кВт; $\Delta P_{\text{вс}}(j,i)$ - вспомогательных производственных расход мощности, кВт.

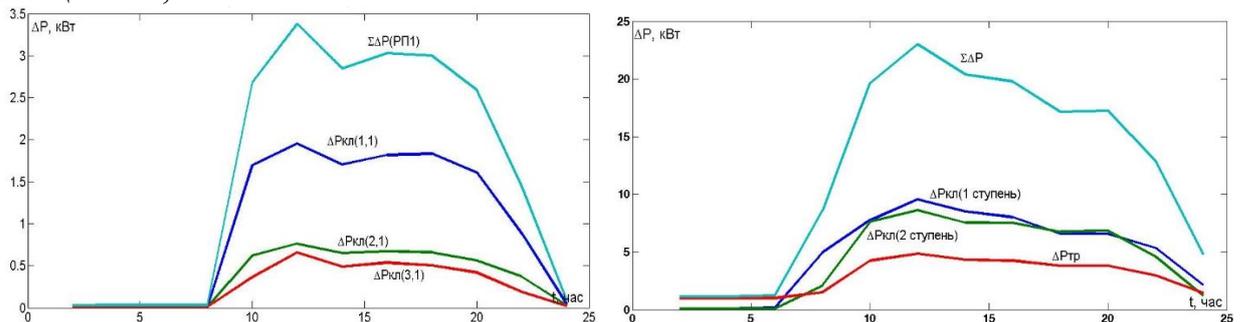


Рис.8. Кривые изменения потерь КЛ низшей ступени –(а), суммарных потерь КЛ по цеху (б).

Площадь, ограниченная этими кривыми, определяет потери энергии по ступеням СЭС предприятия, т.е.:

$$\Delta W_{\text{кл}}(i,j,k) = \int_1^{24} \Delta P_{\text{кл}}(i,j,k) dt. \quad (4)$$

Потребленная энергия потребителей определяется вычитанием суммарных потерь энергии от потребленной энергии цеха, полученной от показания счетчика, установленного на выходе трансформатора:

$$W_{\text{пол}}(k) = W_{\text{счет}}(k) - (\Delta W_{\text{кл}}(i,j,k) + \Delta W_{\text{кл}}(j,k)); \quad (5)$$

К.П.Д. СЭС передачи электроэнергии к потребителям определяется по следующей формуле:

$$\eta = \frac{W_{\text{пол}}(k)}{W_{\text{счет}}(k)}; \quad (6)$$

На рис. 9. показаны кривые изменения К.П.Д. СЭС и коэффициента мощности электропотребления цеха в течение суток.

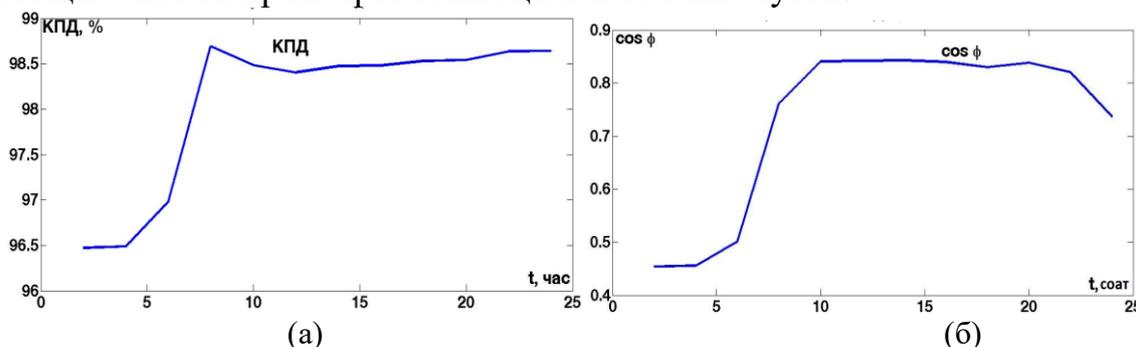


Рис.9. Кривые изменения К.П.Д. СЭС - (а) и коэффициента мощности – (б) электропотребления цеха в течение суток.

С использованием матричной модели СЭС исследованы потери напряжения по ступеням СЭС предприятия (рис.10). Основная сложность определения общего падения напряжений обусловлена сложением падений напряжений в последовательно включенных элементах схемы ЭС, которые имеют матрицы с различной размерностью. Поэтому, для сложения этих матриц использовано умножение матрицы на единичную матрицу с размерностью матрицы.

Аналитически исследована трехступенчатая внутривзаводская схема электроснабжения предприятия (рис.4). На рис. 11 показаны потери КЛ нижней ступени, на рис. 12 средней ступени и на рис. 13 верхней ступени СЭС предприятия.

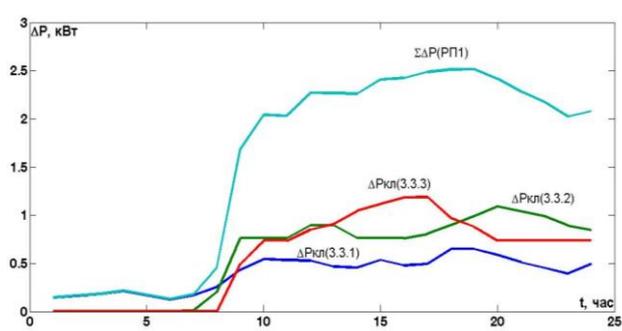
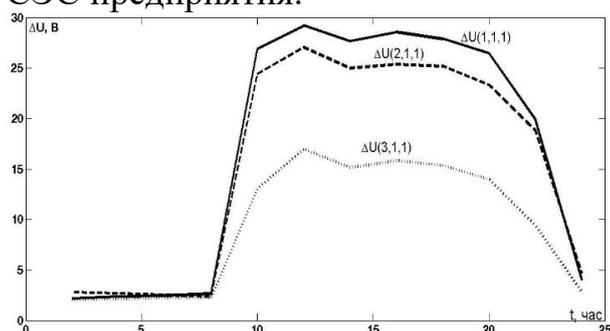


Рис.10. Кривые падений напряжений СЭС. Рис.11. Кривые потерь КЛ потребителей.

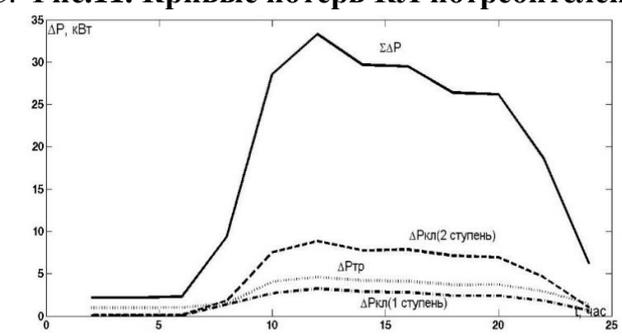
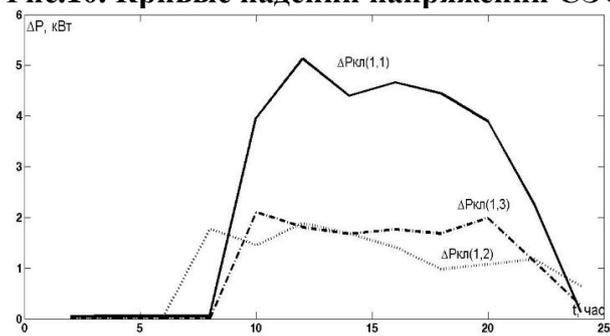


Рис.12. Потери КЛ средней ступени СЭС. Рис.13. Потери в КЛ верхней ступени СЭС.

В четвертой главе диссертации «**Применение матричной модели системы электроснабжения для исследования энергоэффективности предприятия**» рассмотрено практическое применение матричных моделей в энергосберегающих мероприятиях промышленных предприятий. Аналитическое исследование показателей электропотребления с использованием матричных моделей СЭС предприятия показало возможность применения их при решении следующих задач:

- мониторинг показателей электропотребления предприятия для рационального управления энергохозяйством предприятия;
- проведение внутреннего энергоаудита предприятия;
- проведение энергетического обследования, энергетической экспертизы и внешнего энергоаудита предприятия;
- прогнозирование и планирование режимов электропотребления предприятия;
- разработка энергетического паспорта предприятия;

- контроль эффективности функционирования СЭС предприятия;
- эффективное управление энергохозяйством предприятия.

Компьютерная модель СЭС после обработки данных систем учета и измерений обеспечивает следующие аналитические данные:

- значение технических потерь по элементам и по узловым точкам (ступеням) СЭС предприятия;
- значение потерь напряжения в элементах и узловых точках схемы электроснабжения предприятия;
- графики потребляемой активной и реактивной энергии по цехам и в целом предприятием;
- энергетические коэффициенты (КПД и $\cos\phi$) СЭС предприятия при передаче электроэнергии к потребителям.

Основными выходными результатами компьютерной модели СЭС будет следующего аналитические данные:

- электробалансы по всем ступеням СЭС предприятия;
- показатели энергоэффективности предприятия;
- перечень элементов СЭС, имеющих сверхнормативные потери и возможность экономии электроэнергии;
- показатели качества электроэнергии (отклонение напряжения, несимметричность напряжения) и соответствующие потери из-за некачественной электроэнергии;
- оценка эффективности существующей СЭС предприятия;
- определение фактических значений технологического, общецехового и общезаводского расхода электроэнергии на единицу продукции;
- научно-обоснованная (расчетная) норма расхода электроэнергии на единицу продукции.

Разработаны компьютерные программы, позволяющие на основе полученных аналитических данных создать эффективную систему мониторинга показателей эффективности распределительной сети. Для получения исходных данных от счетчиков используется программа «КТС энергомера».

Результаты исследований применены при выполнении хоздоговорной работы №17-18 Энергетическое обследование АО «Бухородонмахсулотлари». Составлена матричная модель СЭС предприятия и исследован детализированный энергетический баланс предприятия. В исследованиях использована программа ЭВМ «Матричная модель системы электроснабжения предприятия». Схема технологического оборудования трансформатора Т-2 показана на рис.14.

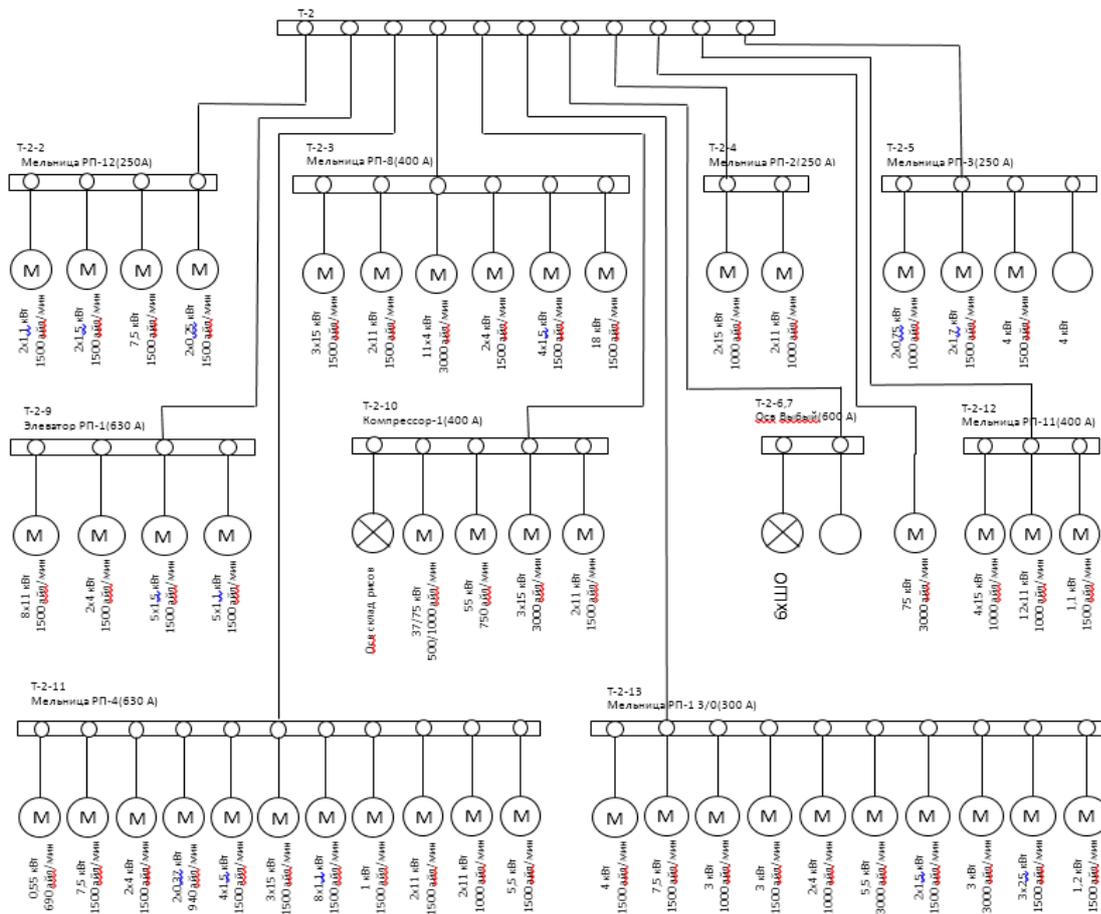


Рис. 14. Схема электроснабжения потребителей Т-2.

Матрица мощности потребителей мельницы предприятия будет иметь следующий вид:

$$P_{\text{мел}}(10,11) = \begin{pmatrix} 2,2 & 3 & 7,5 & 0,5 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 88 & 8 & 7,5 & 5,5 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0,55 & 8 & 8 & 0,74 & 6 & 45 & 8,8 & 1 & 22 & 22 & 5,5 \\ 45 & 22 & 44 & 8 & 6 & 18 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 75 & 55 & 45 & 22 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 4 & 7,5 & 3 & 3 & 8 & 5,5 & 3 & 3 & 7,5 & 1,2 & 0 \\ 30 & 22 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 75 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 60 & 132 & 1,1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1,5 & 3,4 & 4 & 4 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} \quad (7)$$

Исследованы графики суточных нагрузок цеховых подстанций, режимы работы ТЭО предприятия, а также составляющие потерь электроэнергии в энергетическом балансе предприятия.

На основе изучения схемы электроснабжения, а также экспериментально-аналитическим методом определены матрицы исходных данных и произведен автоматизированный расчет энергобаланса предприятия с помощью ЭВМ. Это позволило снизить затраты на 5–10% и сократить сроки исследований на 10-15% по предприятию.

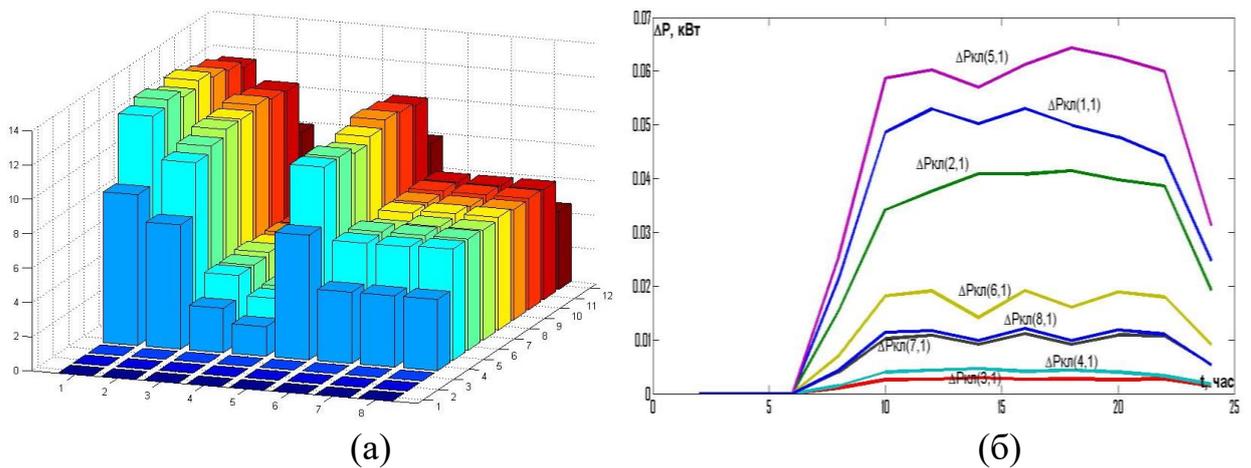


Рис. 15. График суточного электропотребления потребителей мельницы -а), потерь в КЛ включенных РП-1.

Подробным изучением энергобалансов предприятий проанализированы технологические, общецеховые и общезаводские удельные расходы электроэнергии на единицу продукции. На основе анализа показателей эффективности электропотребления разработаны рекомендации по уменьшению энергозатрат предприятия.

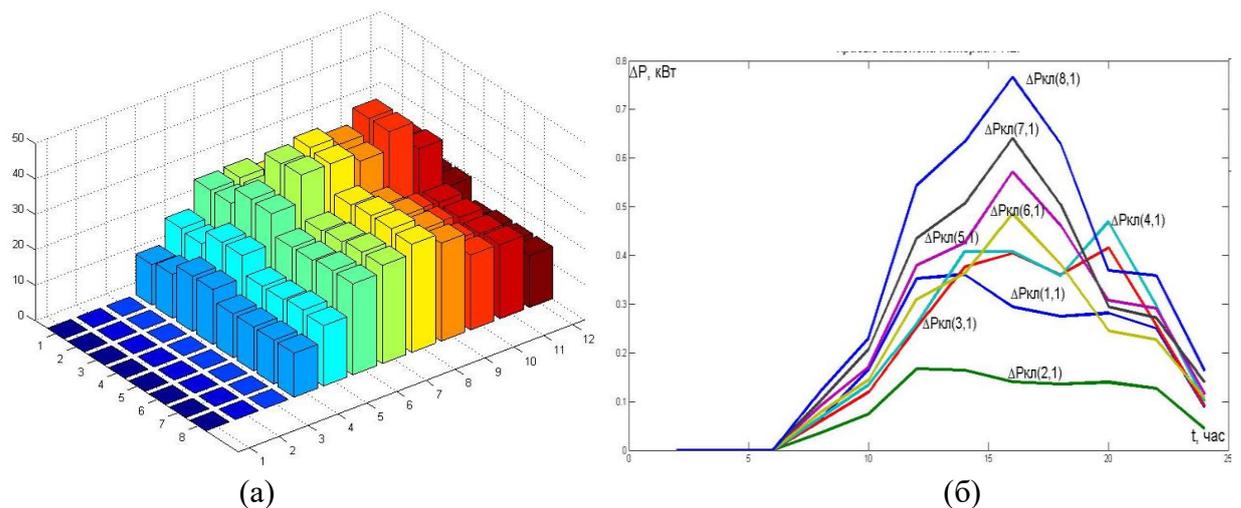


Рис. 16. График суточного электропотребления потребителей (а) и потерь в КЛ (б), включенных в РП-3 трансформатора Т-2.

Разработанная на ЭВМ программа и метод исследования электропотребления предприятия применен при проведении энергетического аудита предприятия АО «Бухородонмахсулотлари». Матричная модель использована для расчета поэлементных потерь и потерь напряжения, удельных расходов электроэнергии на единицу продукции, показателей электропотребления и энергоэффективности предприятия.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Обобщая результаты исследований, относящиеся к данной диссертации, можно сделать следующие выводы:

1. Разработана методика создания матричной модели системы электроснабжения зерноперерабатывающих предприятий. В результате на предприятии появилась возможность детально проанализировать энергосбережения по этапам и элементам системы электроснабжения.

2. Разработана компьютерная модель в виде многомерной матрицы, интегрированной в информационную инфраструктуру системы электроснабжения зерноперерабатывающего предприятия. В результате на предприятии появилась возможность более эффективно анализировать показатели электропотребления и энергоэффективности.

4. Разработаны алгоритмы и программное обеспечение на основе матричных уравнений для автоматизированного расчета различные схемы электроснабжения (радиальную и магистральную). В результате методом многомерной оптимизации были определены параметры рациональной схемы электроснабжения.

3. Разработан метод аналитического исследования показателей электропотреблению зерноперерабатывающего предприятия на основе использования матричной компьютерной модели системы электроснабжения. В результате удалось сократить затраты на проведение энергетических исследований на предприятии на 5-10 %, а продолжительность – на 10-15 %.

5. Результаты исследования подтверждены общим годовым экономическим эффектом в размере 86,45 млн. сум, реализованным в АО «Бухородонмахсулотлари» и других предприятиях Бухарской области.

**SCIENTIFIC COUNCIL DSc.02/30.12.2021.T.143.01 ON AWARDING
SCIENTIFIC DEGREES OF DOCTOR OF SCIENCE
UNDER THE INSTITUTE OF ENERGY PROBLEMS OF THE ACADEMY
OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF UZBEKISTAN**

BUKHARA ENGINEERING TECHNOLOGICAL INSTITUTE

SHOBOYEV ALISHER HIKMATILLOYEVICH

**IMPROVING THE ENERGY EFFICIENCY OF GRAIN PROCESSING
ENTERPRISES SYSTEM**

05.05.01-Energy systems and complexes

**ABSTRACT OF DOCTORAL DISSERTATION (PhD)
ON TECHNICAL SCIENCES**

Tashkent – 2024

The theme of doctor of philosophy (PhD) was registered at the Supreme Attestation Commission at the Higher Attestation Commission under the Ministry of Higher Education, Science and Innovation of the Republic of Uzbekistan under № B2023.4PhD/T93.

The dissertation was completed at the Bukhara engineering-technological institute.

The abstract of the dissertation is posted in three languages (Uzbek, Russian, English (resume)) on the website of the Scientific council (www.energetika.uz) and on Information-educational portal «ZiyoNet» (www.ziyo.net).

Scientific supervisor: **Sadullayev Nasullo Nematovich**
Doctor of technical sciences, professor

Official opponents: **Isakov Abdusaid Jalilovich**
Doctor of technical sciences, professor

Boltayev Otabek Tashmuxammatovich
Doctor of philosophy in engineering sciences, PhD

Leading organization: **Tashkent state agrarian university**

The defense will take place «___» _____ 2024 y. in ___ at the meeting of Scientific Council the DSc 02/30.12.2021.T.143.01 at the Institute of Energy Problems of the Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan. Address: 100076, Tashkent, Mukhtor Ashrafiy street 1-way, 9-A. Tel.: (99871) 283-23-08; fax: (99871) 283-23-08; e-mail: energetika_in@umail.uz.

The doctoral (PhD) dissertation can be reviewed at the Information Resource Centre of the Institute of Energy Problems of the Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan (Registration number ___). Address: 100076, Tashkent, Mukhtor Ashrafiy street 1-way, 9-A. Tel.: (99871) 283-23-08; fax: (99871) 283-23-08

Abstract of dissertation was distributed on «___» _____ 2024 year.

(mailing record № ___ on «___» _____ 2024 year)

Kh.M. Muratov

Chairman of the Scientific Council for the award of scientists degrees, Doctor of technical sciences, Professor

K.Sh.Kadirov

Scientific secretary of the Scientific Council on awarding scientific degrees, Doctor of technical sciences, Senior Scientific Researcher

O.Kh. Ishnazarov

Scientific Secretary of the Scientific Council for the Award of Scientists degrees, Doctor of technical sciences, Professor

INTRODUCTION (abstract of PhD dissertation)

The purpose of research is to develop a digital model of the power supply system of a grain processing enterprise in the form of a multidimensional matrix to automate calculations to improve energy efficiency.

The tasks of the research:

determining the possibility of integrating calculations for individual stages of the power supply system of grain processing enterprises into a single settlement cycle based on a multidimensional matrix;

development of algorithms for compiling a matrix model of the power supply system, which allows for analysis of power consumption modes by stages and elements of the power supply system of a grain processing enterprise;

development of a computer model in the form of a multidimensional matrix integrated into the information infrastructure of measurement and accounting systems of the power supply system, allowing for a more in-depth analytical study of the power consumption indicators of a grain processing enterprise;

develop algorithms for calculating matrix equations of the power supply system, allowing for element-by-element calculation of power consumption parameters by stages of the power supply scheme;

develop algorithms for automated calculation of various types of enterprise power supply schemes, as well as determining the optimal parameters of the electrical network to improve energy efficiency based on the matrix model of the enterprise's solar power system;

determine optimal power consumption modes that ensure minimum losses at the solar power plant and increase the energy efficiency of the enterprise using the matrix model of the solar power plant of a grain processing enterprise.

The object of research is the power supply system and information infrastructure of the power consumption monitoring system of grain processing enterprises.

The scientific novelty of research is as follows:

using the developed matrix model of the power supply system, the optimal parameters of the enterprise's power supply scheme were determined, taking into account multivariate optimization methods that ensure minimal losses in the enterprise's power supply system;

an algorithm has been developed for compiling strictly ordered data by describing the power supply system of grain processing enterprises in the form of a multidimensional matrix in accordance with the connection diagram of consumer groups, allowing element-by-element analysis of power consumption modes at the stages of the enterprise's power supply system;

a computer model of the power supply system of grain processing enterprises in the form of a multidimensional matrix has been developed, allowing the integration of the information infrastructure of the enterprise's electricity measurement and accounting system based on a more effective analytical study of the enterprise's energy consumption indicators;

an algorithm and an automated calculation program have been developed that coordinate calculations taking into account various (radial, main and mixed) connections of electrical networks into a single algorithm in a matrix model of the enterprise's power supply circuit.

The practical results of research are as follows:

the developed method of analytical research and the matrix model of the power supply system were applied to the energy audit of grain processing enterprises to determine their energy indicators;

a matrix model of the enterprise's power supply system was applied to determine the enterprise's energy balance by elements and stages of the power supply system with the calculation of electricity consumption and losses;

developed data processing algorithms make it possible to determine optimal power consumption modes and a more detailed analysis of the enterprise's energy balance with the least amount of time and expense;

The use of the developed computer model of the enterprise's power supply system and the analytical research method allowed, through automation, the calculation part of the enterprise's energy surveys and reduced on average costs by 5-10% and survey time by 10-15%.

The developed program was used to create a system for technical accounting of electricity consumption at enterprises in the Bukhara region, which reduced the costs of creating these systems by 5-10%.

Implementation of the research results. The results of the scientific research were implemented during energy surveys in grain processing enterprises in the Bukhara region and the following results were obtained:

a mathematical model of the power supply system in the form of a multidimensional matrix was used during the energy audit of JSC "Bukhorodonmahsulotlari" (Certificate No. 6-1-2/69-358 dated May 10, 2023, JSC "Uzdonmahsulot") and confirmed by the annual economic effect of 86.45 million soums . As a result of the use of a computer model of the enterprise's SES, the calculation part of the research has been automated, and the time and costs of examinations have been reduced.

The structure and volume of the research work. The thesis consists of an introduction, four chapters, a conclusion, a list of literature, and applications. The volume of the thesis is 118 pages.

ЭЪЛОН ҚИЛИНГАН ИШЛАР РЎЙХАТИ
СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ
LIST OF PUBLISHED WORKS

I бўлим (I часть; I part)

1. Н.Н.Садуллаев, А.Х.Шобоев, М.Б.Бозоров. Исследования влияния регулирования параметров режима на выбор оптимальной схемы электроснабжения. //Проблемы энерго-и ресурсосбережения. -Ташкент, 2013 №1-2. с. 34-38. (05.00.00; №21).
2. Н.Н.Садуллаев, А.Х.Шобоев, М.Б.Бозоров. Информационная инфраструктура «Интеллектуальной» сети на основе коэффициента технической эффективности системы электроснабжения. //Узбекский журнал «Проблемы информатики и энергетики». -Ташкент, 2014 №1-2. с. 92-97. (05.00.00; №5).
3. Н.Н.Садуллаев, А.Х.Шобоев, М.Б.Бозоров. Махсулот бирлигига сарфланган электр энергияси сарфини матрицали тенгламалар орқали аниқлаш. //ТошДТУ Хабарлари. -Тошкент, 2014 №3. 12-16 б. (05.00.00; №16).
4. Н.Н.Садуллаев, А.Х.Шобоев. Исследования влияния нелинейностей при оптимизации параметров схемы электроснабжения предприятий. //Развитие науки и технологий. –Бухара, 2015. №1, с. 34-37. (05.00.00; №21).
5. Н.Н.Садуллаев, А.Х.Шобоев. Использование матричных уравнений в задачах оптимизации системы электроснабжения предприятий. //Развитие науки и технологий. –Бухара, 2015 №3. с. 4-7. (05.00.00; №21).
6. Н.Н.Садуллаев, А.Х.Шобоев. Матричная модель системы электроснабжения предприятия для исследования потерь электроэнергии. //Проблемы энерго-и ресурсосбережения. -Ташкент, 2016 №1-2.с 28-31. (05.00.00; №21).
7. Н.Н.Садуллаев, А.Х.Шобоев. Трехмерная матричная модель системы электроснабжения предприятия. //Главный энергетик. –РФ, Москва, 2016 №9. с. 68-73. (05.00.00; №25).
8. Н.Н.Садуллаев, А.Х.Шобоев, М.Б.Бозоров, А.Т.Панов. Система мониторинга электропотребления предприятия на основе коэффициента эффективности системы электроснабжения. //Scientific journal «European Applied Sciences». Germany, Stuttgart. 2016 №8, August. pg. 36-39. ISSN 2195-2183. (05.00.00; №3).
9. Н.Н.Садуллаев, А.Х.Шобоев, М.Б.Бозоров, А.Т.Панов. Оценка эффективности системы электроснабжения методом многокритериального анализа. //Scientific journal «European Applied Sciences». Germany, Stuttgart. 2016 №8, August. pg. 40-43. ISSN 2195-2183. (05.00.00; №3).
10. Н.Н.Садуллаев, А.Х.Шобоев. Матричный модель системы электроснабжения для исследования показателей электропотребления

- предприятия. //Проблемы энерго-и ресурсосбережения. –Ташкент, 2016 №3-4. с. 116-120. (05.00.00; №21).
11. Н.Н.Садуллаев, А.Х.Шобоев. Использование матричной модели системы электроснабжения в энергетических обследованиях предприятия. //Узбекский журнал «Проблемы информатики и энергетики». -Ташкент, 2016 №5. с. 66-70. (05.00.00; №5).
 12. Н.Н.Садуллаев, А.Х.Шобоев. Мониторинг показателей электропотребления предприятия на основе матричной модели системы электроснабжения. //Промышленная энергетика. РФ, Москва, 2017 №4. с 13-16.
 13. А.Х.Шобоев. Определение удельных расходов энергии на единицу продукции с использованием матричной модели системы электроснабжения. //Развитие науки и технологий. –Бухара, 2017 №2. с. 38-42. (05.00.00; №21).
 14. Sadullaev N.N., Shoboev A.H., Nematov S.N. Monitoring of indicators of the power consumption with use of matrix model of system of electro supply of the enterprise. //World wide journal of multidisciplinary research and development. India, 2017 3(6), pg 76-80. e-ISSN: 2454-6615. (№2. MJIF, IF:4.25).
 15. Н.Н.Садуллаев, А.Х.Шобоев, Ш.Н.Нематов. Мониторинг показателей электропотребления с использованием матричной модели системы электроснабжения предприятия. // Горный вестник Узбекистана № 3 (74) 2018. ст.93-96 (05.00.00; №7).
 16. А.Х.Шобоев. Саноат корхонаси электр таъминоти тизимини матрицавий ҳолат тенгламаси. //ФарПИ илмий-техника журнали. -Фарғона, 2017 №1. . 20-24 б. (05.00.00; №20).
 17. Н.Н.Садуллаев, А.Х.Шобоев, Ф.Ф.Муртазоев, А.Маджидов. Кабел йўллари иқтисодий самарадор кесим юзасини матрицавий тенгламалардан фойдаланиб аниқлаш. Фан ва технологиялар тараққиёти. -Bosma, №3/2021. 136-142 б. (05.00.00; №21).

II бўлим (II часть; II part)

18. Садуллаев Н.Н., Шобоев А.Х., Бозоров М.Б. Электр таъминоти тизими самарадорлигини кўп меъзонли таҳлил асосида баҳолаш. «Юқори технологияларга асосланган техник ва технологик жараёнларни моделлаштиришнинг замонавий муаммолари» («Олий математика» кафедраси ташкил этилганлигининг 50 йиллигига бағишланади) мавзусида республика илмий-амалий анжумани. Конференция материаллари 26-28 ноябр. Бухоро-2013. 167-169 б.
19. Садуллаев Н.Н., Шобоев А.Х., Бозоров М.Б. Электр таъминоти параметрларини оптималлаш масалаларини «MATLAB» муҳитида ҳисоблаш. «Юқори технологияларга асосланган техник ва технологик жараёнларни моделлаштиришнинг замонавий муаммолари» («Олий математика» кафедраси ташкил этилганлигининг 50 йиллигига

- бағишланади) мавзусида республика илмий-амалий анжумани. Конференция материаллари 26-28 ноябр. Бухоро-2013. 171-173 б.
20. Садуллаев Н.Н., Шобоев А.Х., Бозоров М.Б. Исследования влияния регулирования параметров электроэнергии на выбор оптимальной схемы электроснабжения. Современные инструментальные системы, информационные технологии и инновации. Сборник научных трудов –ой Международной научно-практической конференции 19-21 марта 2014 г. Том 4. с. 28-32.
 21. Шобоев А. Ҳ. Саноат корхонаси электр таъминоти тизимини уч ўлчовли матрицавий ҳолат тенгламаси. «XXI аср-интеллектуал авлод асри» ҳудудий илмий-амалий анжумани тўплами. Бухоро-2016. 227-229 б.
 22. Шобоев А.Х. Система мониторинга показателей электропотребления предприятия интегрированная с инфраструктурой системы учета электроэнергии. Материалы республиканской научно-технической конференции «Актуальные проблемы энергосбережение при использование альтернативных источников энергии». 28-29 апрель, Карши-2017. с. 135-136.
 23. Шобоев А.Х. Матричная модель системы электроснабжения предприятия для расчета потерь мощности. International scientific-online conference: Intellectual education technological solutions and innovative digital tools. Niderlands: Vol. 2 No. 19 (2023). pg 159-161.
 24. Садуллаев Н.Н., Шобоев А.Х., Бозоров М.Б. Программное обеспечение «Матричная модель системы электроснабжения предприятия». //Программа для ЭВМ № DGU 04139, 30.12.2016 г.
 25. Sadullaev.N.N., Shoboev A.H., Murtazoyev F.F., Majidov A.M. Kabel yo`li effektiv kesim yuzasini aniqlash. EHM uchun dastur DGU 14304. O`zbekiston Respublikasining Dasturiy mahsulotlar davlat reestrída 21.01.2022 y. ro`yxatdan o`tkazilgan.
 26. Шобоев А. Ҳ. Матричная модель системы электроснабжения предприятия для расчета потерь. мощности International scientific-online conference: Intellectual education technological solutions and innovative digital tools. Niderlands: Vol. 2 No. 19 (2023). pg 159-161.

