

DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.17672417>

ЭЛЕКТР ТАЪМИНОТ ТИЗИМЛАРИ РЕЖИМЛАРИНИ БОШҚАРИШДА ИНТЕЛЛЕКТУАЛ ТЕХНОЛОГИЯЛАР

Сапаев Маматкарим

Техника фанлари номзоди, Тошкент ахборот технологиялари университети “Энергия таъминлаш тизимлари” кафедраси доценти

Саттаров Хурийд Абдишукурович

Техника фанлари номзоди, Тошкент ахборот технологиялари университети “Электроника ва радиотехника” кафедраси профессори

s.xurshid@tuit.uz

Аннотация. Интеллектуал технологиялар – бу электр энергиясининг мақсадли натижаларига эришиш учун технологик жараёнларни оптималлаштиришни таъминлайдиган, электр энергетика тизимларининг ишлашини самарали бошқаришнинг янги ёндашуви ҳисобланади. Энергетика соҳасида замонавий бошқарув технологиялари “ақлли тизим”га ўтиш тамойилларига асосланиб, нафақат ташкилий ва бошқарув ечимларини, балки тегишли техник ҳамда технологик тадбирларни амалга оширишни ҳам талаб этади. Энергетика тармоқларида интеллектуал технологияларни жорий этиш масаласи юқори самарадорликка эга тизим ва тармоқларни шакллантириш учун рақамли технологияларга асосланган модулли интерфейсларни яратиш, ишга тушириш ва улар орқали ўзаро мослашувчан бошқарувни таъминлай оладиган янги ташкилий, иқтисодий ва технологик ечимларни ишлаб чиқишни талаб қилади. Мазкур ишда замонавий воситалар ва рақамли технологиялар асосида электр тармоқларининг иш режимларини бошқариш муаммоларини ҳал этишда интеллектуал технологиялардан фойдаланишнинг айрим жиҳатлари кўриб чиқилган.

Калит сўзлар: интеллектуал тизимлар, рақамли энергетика, Smart Grid, fuzzy logic, оптималлаштириш, нейрон тармоқлар, электр таъминоти, ахборот-коммуникация тизимлари.

КИРИШ

Сўнгги ўн йилликлар технология, иқтисодиёт ва жамиятнинг жадал ривожланиш даври бўлиб, бу жараён энергетика секторига юқори талабларни қўювчи ва унга сезиларли таъсир кўрсатувчи туб ўзгаришлар – юқори технологияларнинг кенг жорий этилиши, аҳоли сонининг ортиши, глобал исиш каби омиллар билан бирга кечмоқда.

Ҳозирги вақтда Ўзбекистон Республикасида электр энергетикасини ривожлантириш масалаларига алоҳида эътибор қаратилиб, республиканинг электр энергетикаси тармоғини модернизация қилиш ва янада ривожлантиришга қаратилган стратегиялар ишлаб чиқилган. Мутахассислар жамият ва иқтисодиёт ривожланишидаги бир қатор асосий тенденцияларни аниқлаган бўлиб, улар энергетика соҳасига бевосита таъсир кўрсатмоқда. Улар қаторига қуйидагилар

киради: электр энергияси манбаларининг етишмаслиги; истеъмолчиларнинг электр таъминоти ишончлилиги ва сифати бўйича талабларининг ортиб бориши; энергетика соҳасида малакали мутахассислар тақчиллигининг кучайиши; манфаатдор томонларнинг энергетика компаниялари фаолияти самарадорлигига бўлган талабларининг ошиши; энергетика саноати объектларига қўйиладиган экологик ва саноат хавфсизлиги талаблари кескинлашуви; бутун тизим бўйича харажатларни камайтириш зарурати ва бошқа омиллар.

Сўнгги йилларда энергия тизимларини модернизация қилишнинг жадал ривожланаётган глобал тенденцияси бўлган Smart Grid, яъни ақлли технологиялардан кенг фойдаланиш ғояси, бутун дунёда катта қизиқиш уйғотмоқда. Бугунги кунда Smart Grid концепцияси энергетика секторини ривожлантиришнинг асосий йўналишларини қайта кўриб чиқиш зарурати, кенг қўламли вазифалар ва ўзига хос технологиявий талаблар туфайли энергия тизимини тубдан янгилашга қаратилган инновацион ёндашув сифатида қаралмоқда.

ЎЗБЕКИСТОНДА ЭЛЕКТР ЭНЕРГИЯСИ ИСТЕЪМОЛИ ТАРКИБИ ВА ЭНЕРГЕТИК ТИЗИМИ РЕЖИМЛАРИНИ БОШҚАРИШ МУАММОЛАРИ

Республиканинг иқтисодий фаровонлиги мавжуд энергия ва хомашё ресурсларидан оқилона фойдаланишга бевосита боғлиқдир. Глобал миқёсда рақобатлаша оладиган маҳсулотлар ишлаб чиқариш ишлаб чиқариш самарадорлигини ошириш ва харажатларни камайтиришни тақозо этади. Ушбу масалани ҳал этиш барча харажатлар таркибини батафсил таҳлил қилишни, ишлаб чиқариш таннархининг асоссиз юқори бўлишига олиб келаётган омилларни аниқлашни талаб қилади.

Республикада энергия тежамкорлиги бўйича энг катта салоҳият энергия ресурсларининг асосий истеъмолчиси бўлган саноат секторида жамланган. Энергия таъминоти ҳар қандай ишлаб чиқариш объекти инфратузилмасининг муҳим таркибий қисми бўлиб, унинг узлуксиз ва самарали ишлаши зарур технологик параметрлар ва маҳсулотларнинг рақобатбардошлигини кафолатлайди. Замонавий ишлаб чиқариш объектлари юқори энергия талаб қилиши, турли хил энергия ресурсларидан комплекс фойдаланиши билан тавсифланади.

Маҳсулдорликни ошириш, ишлаб чиқариш харажатларини қисқартириш зарурати билан чамбарчас боғлиқ бўлиб, бу эса барча харажатлар элементларини ҳар томонлама таҳлил қилишни ва асоссиз сарфлар манбаларини аниқлашни талаб қилади. Ушбу мақсадга эришишнинг энг муҳим воситаларидан бири ишлаб чиқаришда энергия тежамкорлигини таъминлаш ҳамда корхонанинг энергия бошқарув тизимини оптималлаштиришдан иборат.

Саноат секторида электр энергияси бўйича йўқотишлар энергия ресурслари умумий истеъмолининг сезиларли қисмини ташкил этиб, тахминан 18–19 миллиард кВт·соатни ташкил қилади. Бу кўрсаткич энергия тежамкорлиги

чораларини кучайтириш, технологик жараёнларни оптималлаштириш ва энергия бошқаруви тизимларини такомиллаштириш зарурлигини яна бир бор тасдиқлайди.

Саноат корхонасининг энергия тизими учун белгиланган талаб ва шартларга риоя этилишини таъминлаш нуктаи назаридан энергия таъминоти тизимининг салоҳиятини акс эттирувчи интеграл индикаторни яратиш алоҳида аҳамиятга эга. Бу эса, ўз навбатида, саноат объектларида энергия аудити методологиясини такомиллаштириш, энергия таъминоти тизимининг иш самарадорлигини баҳолаш ҳамда электр энергияси истеъмоли бўйича мониторинг тизимларини ривожлантириш зарурлигини тақозо этади.

Электр энергияси саноат ва ишлаб чиқариш жараёнларининг асосий ресурси ҳисобланади. Энергия самарадорлигини ошириш эса ишлаб чиқариш ва тақсимлаш жараёнларини юқори даражада самарали ташкил этишни талаб этади. Турли усуллар ва етарли ахборот билан таъминланган энергия самарадорлигини объектив баҳолаш корхонанинг умумий самарадорлигини аниқлаш имконини беради. Саноат объектларининг иқтисодий мақсадга мувофиқлигини баҳолашда турли хил мутлақ ва нисбий кўрсаткичлардан фойдаланилади

Ўзбекистон Республикасида ягона электр энергетика тизимини (ЭЭТ) бошқариш кенг қамровли меъёрий-ҳукукий ҳужжатлар, қоидалар ва стандартлар тизимига асосланади. Ушбу тизим мамлакат энергетика инфратузилмасининг техник, ташкилий ва экологик жиҳатларини тартибга солувчи халқаро, давлатлараро ва миллий норматив ҳужжатларни ўз ичига олади.

Ушбу тизимда қонунчиликнинг роли алоҳида аҳамият касб этади. Хусусан, Ўзбекистон Республикасининг “Стандартлаштириш тўғрисида”ги Қонуни ҳамда Президентнинг 2019-йил 27-мартдаги ПҚ-4249-сон қарори энергетика секторини ривожлантириш ва электр энергетика саноатини ислоҳ этишнинг стратегик йўналишларини белгилаб беради. Шунингдек, энергия бошқарув тизимини тартибга солувчи ИСО 50001:2018 каби халқаро стандартларни жорий этишга ҳам катта эътибор қаратилмоқда.

Бугунги кунда қайта тикланадиган энергия манбалари – қуёш ва шамол электр станцияларидан фойдаланишнинг ўзига хос хусусиятларини ҳисобга олган ҳолда янги техник регламентлар фаол ишлаб чиқилмоқда ва амалиётга татбиқ этилмоқда. Бу жараён, айниқса, энергетика соҳасини янада барқарор, инновацион ва экологик тоза йўналишга ўтказиш шароитида долзарб аҳамият касб этади.

Назорат-ҳукукий базанинг шаффофлиги ва очиқлигини таъминлаш мақсадида рақамли ресурслардан кенг фойдаланилмоқда. Ўзбекистон бутун энергетика секторининг самарадорлиги, ишончилиги ва барқарорлигини оширишга хизмат қилувчи халқаро тажриба ва илғор стандартлар асосида Ягона энергетика тизими режимларини бошқариш учун замонавий, мослашувчан ва рақамлаштирилган бошқарув механизмларини шакллантирмоқда.

Белгиланган эҳтиёж ва мақсадларга эришиш, шунингдек турли хил энергия манбаларидан фойдаланилган ҳолда ахборот технологиялари ҳамда

телекоммуникация ресурсларининг узлуксиз ишлашини таъминлаш нуқтаи назаридан мониторинг ва бошқарув тизимларини яратиш ҳамда жорий этиш алоҳида аҳамиятга эга. Ушбу доирада энергия таъминотини бошқариш ва назорат қилишга хизмат қилувчи алгоритмлар ва дастурий таъминотни ишлаб чиқиш, шунингдек бутун тизимнинг барқарор ва самарали ишлашини таъминлайдиган техник ҳамда ўлчов воситаларини такомиллаштиришга эътибор қаратилади.

Ахборот-коммуникация технологиялари (АКТ) энергия таъминоти тизимларининг тузилиши турли сценарийларни инобатга олган ҳолда нормал ва фавқулодда режимларда барқарор ишлаш имкониятига эга бўлиши лозим. Нормал режимда АКТ ускуналари белгиланган стандартларга мувофиқ сифатли электр энергияси билан таъминланади, бу эса техник хизмат кўрсатувчи ходимларнинг аралашувисиз тизимнинг узлуксиз фаолиятини кафолатлайди. Фавқулодда режимларда эса энергия сифати АКТ ускуналари талаблари билан мос келмаслиги мумкин бўлганлиги сабабли, техник хизмат кўрсатувчи мутахассисларнинг бевосита иштироки талаб этилади.

Ускуналар эксплуатацияси жараёнида жиддий носозликларга мойил бўлган ёки хавфсизлик ҳамда энергия таъминоти барқарорлигига таҳдид солувчи қурилмаларни автоматик равишда ўчириш имкониятини таъминлаш муҳим саналади. Тарқоқ характерга эга ишлаб чиқариш марказлари ва фаол истеъмолчиларнинг жадал ривожланиши тақсимлаш тармоғининг тузилмаси ва иш режимларини ўзгартиришни талаб қилади. Янги энергия манбаларининг улуши ошиб бориши билан бу жараён асосий электр тармоғига ҳам сезиларли таъсир кўрсатади.

Асосий параметрлар сифатида иш режимларини алмашишда тизимнинг мослашувчанлиги ва самарадорлиги, шунингдек тармоқнинг ишлаб чиқариш манбалари ҳамда истеъмолчилар таркибидаги динамик ўзгаришларга мослашиш имкониятларининг кенгайиши алоҳида қайд этилади. Ушбу омиллар “ақлли тармоқлар”ни яратишга қаратилган миллий стратегияларни ишлаб чиқишда инобатга олинади. Мазкур стратегияларнинг 2030–2035 йиллар давомида босқичма-босқич амалга оширилиши ривожланиб бораётган энергетика сектори ва фаол истеъмолчиларнинг талабларига мос келувчи янги авлод энергия таъминоти инфратузилмасини яратишга хизмат қилади.

ЭЛЕКТР ЭНЕРГЕТИКА ТИЗИМИДА ИНТЕЛЛЕКТУАЛ ТЕХНОЛОГИЯЛАРНИНГ РОЛИ ВА ЎРНИ

Интеллектуал энергия тизимлари соҳасидаги асосий тараққиёт йўналишлари қуйидаги устувор жиҳатларни ишлаб чиқишни ўз ичига олади:

- интеллектуал бошқарув воситалари билан интеграциялашган энергия тизимларини яратиш бўйича ёндашувларни ишлаб чиқиш;
- ижтимоий соҳалар ва йирик саноат зоналарида ақлли энергия бошқарув тизимларини лойиҳалашнинг илмий-амалий тамойилларини шакллантириш;
- қурилмаларнинг функционал ҳолати ва уларнинг иш параметрларини техник мониторинг қилиш механизмларини такомиллаштириш;

- электр таъминоти тизимлари учун замонавий ёндашувлар, техник баҳолаш усуллари ва ҳисоб-китоб алгоритмларини ишлаб чиқиш;
- ўзаро боғланган ақлли тизимлар ва уларнинг компонентларини таҳлил қилиш, диагностика қилиш ва такомиллаштиришга хизмат қилувчи замонавий воситалар ҳамда интеграциялашган дастурий платформаларни яратиш;
- интеллектуал энергетика тизимларини виртуал лойиҳалаш, моделлаштириш, таҳлил қилиш ва оптималлаштириш имконини берувчи интеграциялашган рақамли ечимларни ишлаб чиқиш.

Ахборот-коммуникация технологияларининг жадал ва изчил ривожланиши электр энергетикаси тизимида таҳлил ва ҳодисаларни башорат қилиш жараёнларини сезиларли даражада тезлаштирди ҳамда жуда катта ҳажмдаги маълумотларни қайта ишлаш асосида оптимал бошқарув қарорларини қабул қилиш учун ноёб имкониятларни яратди.

Марказлаштирилмаган, кўп агентли бошқарув тамойилларига асосланган ёндашувлар, нейрон тармоқ технологиялари ва сунъий интеллектдан фойдаланишга таянган илғор бошқарув моделлари электр энергетикаси тизимлари ва электр энергияси бозорини янада мослашувчан бошқаришга ўтиш имкониятларини кенгайтормоқда. Мазкур йўналишдаги инновацион ечимларни топишга қаратилган илмий-амалий изланишлар бир неча йилдан буён "ақлли тармоқ" концепсияси билан бевосита боғлиқ. Кейинги авлод ЭЭТнинг асосий ўзига хос жиҳати энергия ва ахборот тармоқларини ягона инфратузилмага бирлаштириш ва интеграциялаш орқали истеъмолчиларга электр энергиясини самарали етказиб беришни таъминлашдан иборатдир.

Замонавий электр энергияси тармоқларида жорий этилаётган ақлли тизимлар бутун энергетика инфратузилмасининг ишончлилиги, самарадорлиги ва мослашувчанлигини оширишга хизмат қилувчи бир қатор муҳим функцияларни бажаради. Ушбу функциялардан бири автоматик мониторинг ва диагностика ҳисобланади. Бу имкониятлар тизимнинг жорий ҳолатини реал вақт режимида кузатиш ва юзага келиши мумкин бўлган носозлик ёки оғишларни эрта аниқлашга ёрдам беради, бу эса муаммо жиддий авария ёки фавқулодда ҳодисага айланишидан аввал чоралар кўришга имкон яратади.

Юклама ва ишлаб чиқаришни башорат қилиш функцияси ҳам алоҳида аҳамиятга эга. Аналитик ечимлар ва математик моделлардан фойдаланган ҳолда ақлли тизим энергия талабидаги ўзгаришлар ҳамда ишлаб чиқариш қуввати динамикасини олдиндан баҳолай олади. Бу тизимга иш режимларини олдиндан тарзда созлаш, ортиқча юкланишларнинг олдини олиш ва энергия таъминотининг барқарорлигини таъминлаш имконини беради.

Бундан ташқари, ақлли технологиялар ўзини ўзи мослаштириш ва ўзини ўзи тиклаш имкониятига эга. Бу шуни англатадики, тизим инсон аралашувисиз ўз параметрларини мустақил равишда оптималлаштириши ёки ғайритабiiй ҳолатлардан сўнг фаолиятини тиклаши мумкин. Мазкур ёндашув энергия тизимининг барқарорлиги ва автономлигини сезиларли даражада кучайтиради.

Яна бир муҳим функция – йўқотишларни камайтириш ва энергия самарадорлигини оширишдир. Ақлли тизимлар тармоқ элементларининг ишлашини комплекс таҳлил қилади ва улар ўртасидаги ўзаро таъсирни энергия йўқотишлари ва эксплуатация харажатларни минималлаштирган тарзда оптималлаштиради. Бу эса электр энергияси таъминотини янада тежамкор, барқарор ва иқтисодий жиҳатдан самаралироқ қилади.

РЕСПУБЛИКА ЭЛЕКТР ЭНЕРГЕТИКА ТИЗИМИГА АҚЛЛИ ТЕХНОЛОГИЯЛАРНИ ЖОРИЙ ЭТИШНИНГ ХУСУСИЯТЛАРИ ВА МУАММОЛАРИ

Республика электр энергетикаси соҳасида дуч келаётган муаммоларни таҳлил қилиш ақлли энергетика тизимларининг (АЭТ) самарали ишлаши учун зарур бўлган интеграциялашган бошқарув ва моделлаштириш тизимларини ишлаб чиқишда юзага келадиган асосий вазифаларни аниқлаш имконини беради. Бунда моделлаштириш усуллари танлашнинг илмий асосларига уларнинг АЭТларни таҳлил қилиш, оптималлаштириш ва лойиҳалаш жараёнларидаги асосий восита сифатида аҳамият берилади. Шундан сўнг, энергетика соҳасида ақлли технологияларни кенг жорий этишга тўсқинлик қилаётган омилларнинг тизимли таҳлили амалга оширилади ва фан ҳамда техниканинг ҳозирги ривожланиш даражасига асосланган ечимлар таклиф этилади. Ушбу масалаларнинг ўрганилиши энергетика соҳасида қўлланиши кўзда тутилган интеллектуал ечимларни кейинчалик режалаштириш ва жорий этиш учун зарур илмий-амалий асосни яратади.

Энергетика ва электр энергетикаси соҳасида интеграциялашган тизимларни яратиш жараёнини икки асосий лойиҳа босқичига ажратиш мумкин: тайёргарлик (1-босқич) ва асосий (2-босқич). Бу жараён учта асосий компонентга таянган ҳолда амалга оширилади: энергия манбалари, энергия ташувчиларнинг транспорт тизимлари ва фаол истеъмолчи тизимлари.

Биринчи босқич – интеграциялашган тизимларни ишлаб чиқиш босқичи бўлиб, унда энергия манбалари, энергия узатиш линиялари ва фаол истеъмолчи тизимларининг бошланғич лойиҳалари кўриб чиқилади. Бу дастлабки босқич ақлли интеграциялашган тизимни яратиш учун зарур пойдеворни шакллантиради ва кетма-кет амалга ошириладиган бешта вазифани ўз ичига олади: объектда қўлланиши мумкин бўлган истиқболли технологияларни тадқиқ қилиш ва таҳлил этиш; объектнинг математик-симуляцион моделларини яратиш; объектнинг иш режимларини оптималлаштириш; объектнинг схемалари ва техник тузилмасини ишлаб чиқиш; лойиҳа учун зарур техник-технологик асосларни шакллантириш.

Иккинчи босқич – интеграциялашган тизимларни барпо этиш босқичи бўлиб, унда алоҳида элементларни моделлаштиришдан тўлиқ, ақлли бошқарувга эга интеграциялашган тизимни яратишга ўтилади. Ушбу босқичда олдиндан тайёрланган барча компонентлар ягона бошқарув тизимига бирлаштирилади. Босқичнинг асосий мақсади электр энергетика тизимларида ақлли бошқарув

қатламини яратиш, уни такомиллаштириш ва кейинги амалий синовлардан ўтказишдан иборат. Мазкур босқич қуйидаги вазифаларни қамраб олади: интеллектуал интеграциялашган тизимни яратишнинг мақсад ва функционал талабларини аниқлаш; тизим учун зарур усул ва моделларни ишлаб чиқиш; интеллектуал тизимнинг ишлашини оптималлаштириш; интеллектуал тизимга мос дастурий таъминот тўпламларини ишлаб чиқиш; яратилган тизимни стандарт амалий тадқиқотлар ҳамда синов услублари асосида текшириш ва баҳолаш.

Учинчи босқич – интеллектуал интеграциялашган тизимнинг ишлашини оптималлаштириш.

Тўртинчи босқич – интеллектуал интеграциялашган тизим учун дастурий таъминот тўпламларини ишлаб чиқиш. Бешинчи босқич - ишлаб чиқилган интеллектуал интеграциялашган тизимни стандарт амалий тадқиқотлар ёрдамида синовдан ўтказиш.

Интеллектуал энергетика тизимларини яратиш жараёнидаги асосий қийинчиликларни аниқлаш ҳамда уларни бартараф этиш бўйича ёндашувларни белгилаш ушбу соҳанинг узлуксиз ривожланиши учун муҳим аҳамият касб этади. Бу, аввало, АЭТларни ишлаб чиқиш ва жорий этиш учун зарур бўлган асосий билим соҳалари ва технологиялар комплексини аниқлашни ўз ичига олади. Бунга рақамли технологиялар, автоматлаштириш, шунингдек экологик тоза энергия манбаларидан фойдаланишга асосланган замонавий энергия инфратузилмалари қиради.

Интеллектуал энергетика тизимларини ривожлантиришда муҳим ўрин тутадиган тадқиқот ва ишланмалар қуйидаги йўналишлардан иборат:

1. Инновацион энергетик технологияларининг тизимли таҳлили – бу янги энергетик ечимларини умумий энергетика экотизимининг таркибий қисмлари сифатида кенг қамровли ўрганиш ва баҳолашни назарда тутди.

2. Энергетика соҳасидаги интеллектуал ахборот ва коммуникация технологиялари – энергетика тизими учун “мия” ва “асаб тизими” вазифасини бажариб, ахборот йиғиш, алмашиш ва жараёнларни автоматлаштириш имкониятини яратади.

3. Энергетика тизимларида оптималлаштириш ва бошқарувнинг математик ва эвристик усуллари – энергетика тизимлари ҳамда уларнинг алоҳида элементлари фаолиятини интеллектуал ростлаш учун зарур назарий ва амалий асосни ташкил этади.

4. Интеллектуал энергетика тизимларини ишлаб чиқиш ва ривожлантириш ҳамда бошқаришни асослаш методологияси – барча техник ечимлар ва бошқарув усуллари барча техник ечимларни қўллаб-қувватлаш тизимига интеграциялаш учун мўлжалланган концептуал ва стратегик платформани ифода этади.

5. АЭТнинг энергия хавфсизлиги ва ишончилигини таъминлаш усуллари – фавқулодда ҳолатлар, носозликлар, киберхужумлар ва экстремал юкламаларда тизимнинг узлуксиз ишлашини кафолатлашга қаратилган чора-тадбирлар мажмуасини ўз ичига олади.

6. Интеллектуал энергетика тизимлари ва энергетика стратегиясининг мураккаб масалалари – техник, иқтисодий ва ижтимоий-сиёсий омилларни уйғунлаштирувчи юқори даражадаги бошқарув ва лойиҳалаш муаммоларини қамраб олади.

Илғор технологияларни баҳолашдан тортиб, энергия барқарорлигини таъминлаш ва давлат стратегиясини ишлаб чиқишгача бўлган кенг қамровли фундаментал масалалари интеллектуал энергетика тизимларини жорий этиш жараёнини илмий, муҳандислик ва бошқарув даражаларида пухта методологик асос ҳамда мувофиқлаштирилган ҳамкорликсиз тасаввур этиб бўлмаслигини яққол кўрсатиб турибди.

Бугунги глобал шароитда электр тармоқлари ишончли, самарали ва экологик барқарор бўлиши зарурлиги тобора долзарб тус олмоқда. Электр энергиясига бўлган талабнинг узлуксиз ошиши, инновацион технологияларнинг жадал жорий этилиши ва электр таъминоти сифатининг юқори даражасини таъминлаш эҳтиёжи интеллектуал бошқарув тизимларининг ривожланишига кучли туртки бермоқда.

Электр энергияси тизимларини бошқаришда интеллектуал технологияларни қўллаш ҳозирги энергия тизимларининг мураккаблиги, ноаниқликлари ва турли бошқарув вазифаларининг мавжудлиги билан изоҳланади. Замонавий электр энергияси тизимлари иерархик тузилиш, маълумотларнинг ноаниқлиги ва тўлиқ бўлмаганлиги, бир нечта оптималлаштириш мезонларининг мавжудлиги, шунингдек, электр узатиш жараёнига хос бўлган сезиларли инерционлиги билан тавсифланади.

Ушбу омиллар тизимнинг жорий ҳолатини баҳолаш ва унинг келажакдаги хатти-ҳаракатини башорат қилишни мураккаблаштириб, бошқарув вазифасини кўп мезонли таҳлил шароитида, ноаниқликлар мавжуд бўлган муҳитда бошқарув тизимини синтез қилиш масаласига айлантиради. Бундай шароит энергия истеъмоли ва талабининг ўзгарувчан характери билан белгиланади. Бундан ташқари, электр узатиш линияларининг ўтказувчанлик имкониятлари уларнинг физик хусусиятлари ва электр параметрларидан келиб чиқиб чекланган бўлиши ҳам ҳисобга олиниши лозим.

Мазкур мураккаб вазифаларнинг ечимларидан бири сифатида ноаниқ тўпламлар назарияси, ноаниқ мантиқ ва нейрон тармоқларига асосланган илғор интеллектуал бошқарув усулларида фойдаланиш таклиф этилади. Ушбу ёндашувлар тизимнинг ноаниқлик шароитида самарали ишлашини таъминлайди ҳамда электр энергияси тизимларининг мослашувчан бошқарувини кучайтиради.

Ҳозирги вазият шуни кўрсатмоқдаки, қатъий назорат жараёнига асосланган анъанавий бошқарув ёндашувлари электр энергетикаси тизимларининг мураккаб шароитларида етарли самарадорлик бермаяпти. Шу сабабли ахборотнинг эҳтимоллик табиатини ҳисобга олувчи, интеллектуал технологиялар ютуқларидан фойдаланадиган замонавий бошқарув усуллари қўллаш зарурати юзага келмоқда.

Электр энергетикаси тизимларида ноаниқликнинг икки асосий тури мавжуд: биринчиси – бошқарув мақсадларига оид ноаниқликлар; иккинчиси – тизим ишлайдиган жараёнлар ва ташқи шароитларга хос ноаниқликлар. Мақсадлардаги ноаниқлик энергетик бошқарув вазифаларининг кўп қиррали ва тўлиқ белгилаб берилмаганлиги билан изоҳланади. Жараёнлардаги ноаниқлик эса башоратлаш даврининг беқарорлиги ҳамда ўрганилаётган объектнинг хусусиятлари тўлиқ маълум бўлмаслиги билан боғлиқ.

Сўнгги йилларда ноаниқ тўпламлар назариясига асосланган усуллар кенг қўлланила бошлади. Ноаниқ тўпламлар назарияси ноаниқликни ўз ичига олган маълумотларни моделлаштириш, қайта ишлаш ва баҳолаш имконини беради. Масалан, ноаниқ мантиқий контроллерлар бир нечта сенсорлардан олинган ахборотни қайта ишлаш, тизимнинг жорий ҳолатини баҳолаш ва нормал иш режимидан четланишларни аниқлашга қодир. Сунъий интеллект соҳасидаги изланишларнинг мақсади эса бошқарув қарорларини қабул қилишни қўллаб-қувватловчи янги усуллар ва ҳисоблаш механизмларини ишлаб чиқишдан иборат.

Электр энергияси ускуналарининг иш режимларини бошқариш вазифасини ҳал қилишда дастлабки маълумотлардаги ноаниқликларни инобатга олган ҳолда сунъий нейрон тармоқлар ва нейрон-фаззи (гибрид) моделлардан фойдаланиш мақсадга мувофиқдир. Бундай гибрид ёндашув мураккаб динамик жараёнларни баҳолаш, таҳлил қилиш ва тавсифлаш учун самарали интеграциялашган ечимни тақдим этади.

Интеллектуал тизимларни мавжуд энергия инфратузилмасига интеграция қилиш кўплаб техник ва ташкилий масалаларни ҳисобга олишни талаб қилади. Аввало, SCADA ва ERP тизимлари каби мавжуд бошқарув тизимлари билан ўзаро мосликни таъминлаш муҳим бўлиб, бу маълумот алмашинуви протоколларининг ягона стандартларга асосланишини тақозо этади. Интеграция жараёни маҳаллий (подстанция даражаси) ва марказий бошқарув маркази даражасида интеллектуал модуллари жойлаштиришни ўз ичига олган архитектура ечимлари орқали амалга оширилади. Бу ёндашув электр энергияси тизимининг мослашувчанлиги ва ишончлилигини сезиларли даражада оширади.

Энергетика инфратузилмасида рақамли эгизакларини яратишга алоҳида эътибор қаратилмоқда. Реал вақт режимидаги телеметрия билан синхронлаштирилган рақамли эгизаклар ёрдамида тизимнинг ишлашини виртуал синовдан ўтказиш, самарадорликни баҳолаш ва потенциал носозликларни улар содир бўлишидан аввал аниқлаш имконияти яратилади.

ХУЛОСА

Энергетиканинг келажаги тобора кўпроқ интеллектуал бошқарув тизимлари билан боғланмоқда. Асосий йўналишлардан бири – сунъий интеллектдан фойдаланиш даражасини ошириш орқали автоном бошқарувга эришишдир. Бу жараён автоматик режимдан тортиб носозликлардан кейинги ўзини ўзи тиклашгача бўлган мураккаб функцияларни ўз ичига олади.

Шунингдек, тизимларнинг ривожланишини юқори аниқлик билан башорат қилувчи рақамли эгизакларнинг кенг қўлланиши кутилмоқда. Бу эса энергетика инфратузилмасида рақамлаштириш, симуляция ва тезкор моделлаштириш имкониятларининг кескин кенгайишига олиб келади.

Интеллектуал тизимларни тақсимланган энергия манбалари ва истеъмолчилари билан интеграциялаш истиқболли йўналишлардан биридир. Бу интеграция ташқи омиллар таъсирини инобатга олувчи мослашувчан бошқарув ва башоратлаш архитектурасини талаб қилади.

Шу билан бирга, республикада энергетика секторининг рақамли трансформациясини қўллаб-қувватловчи норматив-ҳуқуқий база ва давлат дастурларини ишлаб чиқиш катта аҳамият касб этади. Энергетика тизимларида интеллектуал технологияларни жорий этиш фақат ягона стратегия ва саноатнинг барча иштирокчиларининг ҳамоҳанг саъй-ҳаракатлари орқали амалга оширилиши мумкин.

Натижада, таҳлил, башорат қилиш ва автоматлаштирилган бошқарувнинг илғор усуллари, шунингдек интеллектуал технологияларни қўллаш замонавий энергетиканинг ҳозирги эҳтиёжларини қондиришга қодир бўлган янада мослашувчан ва барқарор электр энергияси тизимларини яратиш учун зарур шарт-шароитларни шакллантириш имкониятини яратади.

ФОЙДАЛАНИЛГАН АДАБИЁТЛАР РЎЙХАТИ

- 1.Кобец Б. Б., Волкова И. О. Инновационное развитие электроэнергетики на базе концепции Smart Grid. - М.: ИАЦ Энергия, 2010. - 208 с
- 2.Баширова, Э.М. Интеллектуальные системы управления и обеспечения безопасности в электроэнергетических комплексах: учеб. пособие/ Э.М. Баширова, И.Г. Хуснутдинова. – Уфа: Изд-во УГНТУ, 2020. – 48 с.
- 3.Porubay O., Siddikov I., Madina K. Algorithm for optimizing the mode of electric power systems by active power// 2022 International Conference on Information Science and Communications Technologies (ICISCT). – IEEE, 2022. – pp. 1-4.
- 4.Сапаев М., Кодиров Ф. Системы мониторинга энергоснабжения инфокоммуникационных сетей на базе SCADA-системы// Материалы XI международной научно-технической конференции «Актуальные проблемы системы электроснабжения». 2023. - с.171-173
- 5.Бурковский В.Л. Реализация концепции Smart Grid с применением искусственных нейронных (ИНС) и нейро-нечётких сетей (ННС)/ В.Л. Бурковский, В.Н. Крысанов, А.Л. Рудков// Энергия XXI век – 2015. - No 3(91). – С. 38-46.
- 6.Крысанов В.Н. Вопросы концептуального развития Smart Grid в электроэнергетике с применением искусственных нейронных и нейро-нечётких сетей/ В.Н. Крысанов, А.Л. Рудков// Электротехнические комплексы и системы управления - 2014.– No1. – С. 7 – 14.
- 7.Домышев А. В. Нейро-аналитические сети для оценивания состояния и прогнозирования параметров ЭЭС // Методические вопросы исследования

надежности больших систем энергетики. Международный научный семинар им. Ю.Н.Руденко, 91-е заседание семинара на тему «Методические и практические проблемы надежности систем энергетики», в 2-х книгах. Отв. ред. Н.И. Воропай. 2019. С. 295-304.

8.Марахимов А.Р., Игамбердиев Х.З., Юсупбеков А.Н., Сиддиқов И.Х. Нечетко-множественные модели и интеллектуальное управление технологическими процессами. – Ташкент: ТашГТУ, 2014. - 240 с.

9.Руцков А.Л. Анализ применения нечётких нейронных сетей для прогнозирования энергопотребления промышленных предприятий/ А.Д. Данилов, Шукур О.М., А.Л. Руцков// Актуальные научные исследования XXI века: теория и практика. 2016.- т.4. - №6 (26). – С. 59-63.

10.Прогнозирование электропотребления с помощью нейронных сетей с LSTM / И.У. Рахмонов, В.Я. Ушаков, Н.Н. Ниёзов, Н.Н. Курбонов// Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2023. – Т. 334. – № 12. – С. 125–133.

11.Рахмонов И.У., Реймов К.М. Математические модели и алгоритмы оптимального управления нагрузкой электропотребителей// Известия высших учебных заведений и энергетических объединений СНГ. – 2019. – № 62 (6). – С. 528–535. URL: <https://doi.org/10.21122/1029-7448-2019-62-6-528-535>.

12.Taslimov A.D., Rakhmonov I.U. Optimization of complex parameters of urban distribution electric networks // Journal of Physics: Conference Series. APITECH-2019. – 2019. DOI: 10.1088/1742-6596

13. Sattarov Kh., Sapayev M., Suyarov A., Turaev A. Improving efficiency in a distribution network with asymmetric load due to connected solar panels with a phase relationship. E3S Web of Conferences, 2023, 401, 04001, <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202340104001>

14. Сапаев М., Саттаров Х .А. Цифровизация энергетики-один из основных факторов повышения эффективности электроэнергетических систем Innovations in science and technologies ilmiy-elektron jurnali ISSN3030-3451, №3 (2) mart 2025. DOI: 10.528/zenodo.15438045

15. Сапаев М., Порубай О.В. Электр энергетикаси тизими режимларини нейрон хисоблашлар асосидаги бошқариш алгоритми .Филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ» в городе Ташкенте «Современные проблемы физики, энергетики и теплотехники» Сборник тезисов первой международной научно-технической конференции, Самарканд-2024, 102 стр.

16.Ильин, А. А., Копылов, С. А. Интеллектуальные системы управления в электроэнергетике. – М.: Энергия, 2019.