

**МИКРО ЖЕЛІДЕ МУЛЬТИАГЕНТТІ ЖҮЙЕЛЕРДІ ҚОЛДАНУҒА ШОЛУ****ТОЛЕГЕНОВА Г., ЖУКАБАЕВА Т., ЗАКИРОВА А., АБДИЛДАЕВА А.***Қазақстан-Британ техникалық университеті, 050000, Алматы, Қазақстан*

**Аңдатпа.** Соңғы уақыттарда бірнеше агенттерге негізделген ақылды желілік қосымшаларға көп көңіл бөлініп келеді. Мультиагенттік жүйе ретінде бір-бірімен ақпарат алмасуды жүзеге асыра алатын және белгілі бір жолмен қоршаған ортамен өзара әрекеттесетін белгілі бір ортаға орналастырылған бағдарламалық жасақтаманың немесе физикалық құрылғылар бірліктерінің (нысандарының) жиынтығы түсіндіріледі. Сонымен қатар мульти-агентті жүйенің компоненттері келесі қасиеттерге ие: олар автономды, орталықтандырылмаған принцип бойынша басқарылады және қоршаған ортаның шектеулі бөлігінен ғана ақпарат ала алады. Микро желілер мультиагентті жүйелерді тиімді қолдануға болатын жүйенің типтік мысалы болып келеді. Бұл жұмыста микро желіде мультиагентті жүйені қолдану ұсынылған. Сонымен қатар тұжырымдамалар, көп агентті жүйенің архитектурасы, басқарудың төрт стратегиясы бойынша жіктелген микро желіні басқарудың әртүрлі аспектілеріне жан-жақты шолу қарастырылады.

**Түйінді сөздер:** Smart grid, микро желі, орталықтандырылған микро желі, орталықтандырылмаған микро желі, мультиагенттік жүйе.

**ОБЗОР ПРИМЕНЕНИЯ МУЛЬТИАГЕНТНЫХ СИСТЕМ В МИКРОСЕТИ****ТОЛЕГЕНОВА Г., ЖУКАБАЕВА Т., ЗАКИРОВА А., АБДИЛДАЕВА А.***Казахстанско-Британский технический университет, 050000, Алматы, Казахстан*

**Аннотация.** В последнее время большое внимание уделяется приложениям интеллектуальных сетей на основе нескольких агентов. Подмультиагентной системой понимается набор единиц (сущностей) программного обеспечения или физических устройств, которые помещены в некую среду, в которой они могут осуществлять информационный обмен друг с другом и взаимодействовать определенным образом со средой. При этом компоненты мультиагентной системы обладают следующими свойствами: они автономны, управляются по децентрализованному принципу и могут получать информацию лишь из ограниченной части окружающей среды. Микросети являются типичным примером системы, в которой могут быть эффективно применены мультиагентные системы. В данной работе представлено применение мультиагентной системы в микросети. Кроме того, будут рассмотрены концепции, архитектуры мультиагентной системы, всесторонний обзор различных аспектов управления микросети, которые в целом классифицируются по четырем стратегиям управления: централизованная, децентрализованная, распределенная и иерархическая.

**Ключевые слова:** интеллектуальная сеть, микросеть, централизованная микросеть, децентрализованная микросеть, управление энергоэффективностью, мультиагентная система.

**REVIEW OF MULTIAGENTS SYSTEMS APPLICATION  
IN MICROGRIDS****TOLEGENOVA G., ZHUKABAEVA T., ZAKIROVA A., ABDILDAEVA A.***Kazakh-British technical university, 050000, Almaty, Kazakhstan*

**Abstract.** Recently, a lot of attention has been paid to smart network applications based on multi -agents. A multi-agent system is a set of units (entities) of software or physical devices that are placed in a certain

environment in which they can exchange information with each other and interact in a certain way with the environment. At the same time, the components of a multi-agent system have the following properties: they are Autonomous, run on a decentralized basis, and can only receive information from a limited part of the environment. Micro grid networks are a typical example of a system in which multi-agent systems can be effectively applied. This paper presents the application of a multi-agent system in a micro grid. In addition, concepts, multi-agent system architectures, and a comprehensive overview of various aspects of micro grid management will be considered, which are generally classified into four management strategies: centralized, decentralized, distributed, and hierarchical.

**Keywords:** Smartgrid, microgrid, centralized microgrid, decentralized microgrid, multi-agent system

### Кіріспе

Біздің елімізде цифрлық технологиялардың дамуы ақпараттық-коммуникациялық қызметтердің әлемдік нарықтағы рөлін күшейту және ақпараттық индустрияның бәсекеге қабілеттілігін арттыру және еліміздің экономикасын жаңғырту үшін ақпараттық қызметтерді өндіретін және экспорттайтын отандық кәсіпорындар мен компанияларға қолдау көрсету сияқты жағдайлар мен факторлармен анықталады. Қазақстанның Үкіметі мен мемлекеттік органдары ұзақ мерзімді экономикалық өсуді айқындауда қоғамды ақпараттандырудың және цифрлық технологияларды дамытудың маңыздылығын сезіне отырып, мемлекеттік саясаттың түйінді бағыттарының бірі ретінде осы саланы дамытуға белсенді қатысады.

Сондықтан бүгін қазақстандық кәсіпорындардың алдына "Индустрия 4.0" шеңберінде цифрлық жаңғырту рельстеріне көшу міндеті қойылды»[1].

Энергетикадағы негізгі әлемдік тренд желінің барлық элементтері мен қатысушылары арасында тиімді ақпарат алмасуды қамтамасыз ету, ірі іркілістерден, табиғи катаклизмдерден, сыртқы қатерлерден қорғау және өзін-өзі қалпына келтіру мақсатында әртүрлі Smart технологияларды енгізу болып табылады.

Электр энергетикасы саласының нысаналы жай-күйі энергетикалық жүйелердің одан әрі интеллектуализациясымен (Smart Grid) сипатталады. Интеллектуалды энергия жүйесі тұрақты, бейімделгіш, экономикалық тиімді, сенімді және қауіпсіз электрмен жабдықтауды қамтамасыз ету мақсатында өзінің барлық элементтерін басқару қабілетіне ие.

Микро желі – бұл интеллектуалды желінің құрылыс блогы және әдетте тұтынушы жағында орналасқан төмен вольтты желіні, сақтау жүйесін, басқару блоктарын және жел энергиясын, күн энергиясын, отын элементтерін, микротурбиналарды және гидроэлектростанцияларды қамтитын электр жүйелерінің заманауи түрі [2]. Дамушы елдерде Smart Grid интеллектуалды жүйесі микро желілерден тұратын тиімді және сенімді энергияны қамтамасыз етуге бағытталған микро желіні кеңінен дамыту мүмкіндігі бар. Бұл микро желі Smart Grid интеллектуалды жүйесінің ішкі ұяшығын білдіреді. Осылайша интеллектуалды жүйені басқару әртүрлі микро желілерді дәйекті түрде басқаруға алып келеді [3].

Бұл өте күрделі жүйені құру үшін байланыс жүйелері, сондай-ақ электр энергиясын өндіру және тұтынушылық сұраныс процестерін бақылауға арналған арнайы электроника қажет.



1-сурет. Smart Grid интеллектуалды жүйесінің компоненттері мен технологиялары [3].

Smart Grid интеллектуалды жүйесінің міндеттерінің бірі ақпараттық-комму-

никациялық технологиялардың ішкі жүйесін іске асыру болып табылады, ол энергия менеджментінің компонентіне энергияны өндіруге, таратуға және тұтынуға байланысты істеріне жауап беру үшін әртүрлі ішкі жүйелерді басқару бойынша автономды іс-қимылдарды бір уақытта жүзеге асыра отырып, электр энергиясын жеткізу туралы тиімді шешімдер қабылдауға мүмкіндік береді [3].

Интеллектуалды желі қазіргі электр желісіндегі зондтау, басқару және байланыс протоколы саласындағы алдыңғы қатарлы технологияларды жеткізу деңгейінде де, тарату деңгейінде де біріктіреді. Ол сонымен қатар келесі буынның энергетикалық жүйесі ретінде қарастырылады. Микро желі қолданыстағы энергетикалық инфрақұрылымды толықтыратын маңызды инновацияға айналды. Бұл тағы бір микро көзді, энергияны сақтау элементтерін (қайта зарядталатын батарея) және жүктемелерді қолдануды қамтиды. Микро желілер одан әрі басқару архитектурасына, жүйеде барлық негізгі компоненттерді – орталықтандырылған және орталықтандырылмаған микро желіні байланыстыру үшін қолданылатын коммуникациялық технологияларға сәйкес екі түрге бөлінді.

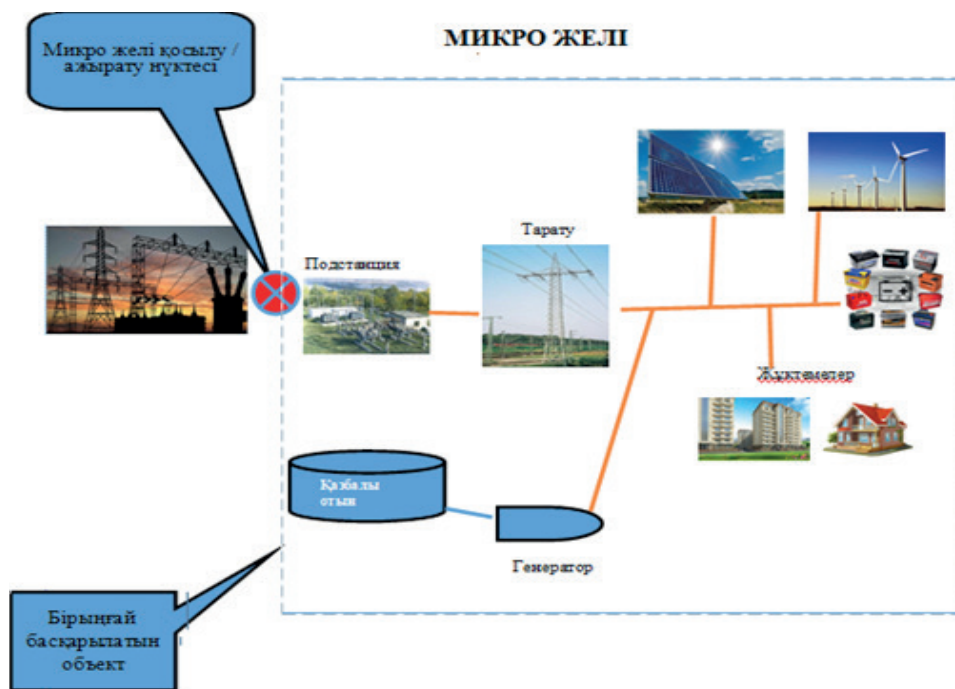
### **Микро желілер архитектурасы**

Микро желілер жаңартылатын энергия көздерін дамытуға және оларды қолданыстағы электр желілеріне біріктіруге ықпал ететін негізгі технологияға айналды. Бұл жүйелер бірнеше мәселелерді шешіп, ғимараттардың энергия тиімділігін арттыруға мүмкіндік береді.

Микро желі – шағын модульдік генераторларды төмен вольтты тарату жүйелерімен қосу арқылы қалыптасатын электр жүйесінің жаңа түрі. Микро желі басқа компоненттер арасында бірнеше энергия өндіру

жүйелерін, энергияны үнемдеу жүйесін, энергияны басқару жүйесін, байланыс жүйесін және басқару жүйесін қамтуы мүмкін. Осылайша микро желі тор деңгейінің біртұтас мәні ретінде жергілікті генерациялар мен жүктемелерді басқару шешімін ұсынады. Тек микро желі энергия жүйесінің тиімділігін, электр энергиясының сапасын және сыни жүктемелер кезінде тұрақты энергетикалық кепілдікті арттыру әлеуетіне ие. Сонымен қатар микро желінің тағы бір ерекшелігі – оның автономды болу мүмкіндігі. Бұл дегеніміз микро желінің желіге қосылу режимінде де, автономды режимінде де жұмыс істеуі үшін желіге қосыла және өшіре алатындығын білдіреді. Сондықтан микро желінің маңызды ерекшелігі, оның басқа таратылған буындарды басқару қабілеттілігі болып табылады [3].

Микро желілердің архитектурасы 2 суретте көрсетілген, бұл жерде анықтамаға сәйкес бөлінген ресурстар (сақтау және генерация), жүктемелер және басқарылатын жүктемелер көрсетілген. Ол жалпы байланыс нүктелері ретінде анықталатын электрлік шекараларын айқындайды. Бұл нүктелер басқа желілермен байланыс болып табылады. Микро желілер мен сыртқы торлардың кернеу сипаты әртүрлі болуы мүмкін. Мұндай жағдайда өзара байланысты қамтамасыз ету үшін микро желінің бөлігі болып табылатын интерфейс элементі орнатылуы керек. Орталықтандырылған немесе орталықтандырылмаған басқару жүйесі біртұтас басқарылатын жүйе ретінде жұмыс істеуге жағдай тудырады. Микро желі айнымалы, тұрақты немесе аралас айнымалы/тұрақты ток режимінде жұмыс істей алады. Осы технологияларға байланысты таратылған ресурстар мен жүктемелерді микро желілермен байланыстыру үшін қуатты электроника немесе трансформаторларды пайдалану керек.



2-сурет. Микро желі архитектурасы [4]

### Орталықтандырылған және орталықтандырылмаған микро желілер

Өзара байланысқан микро желілерді басқарудың көптеген модельдері бар. Орталықтандырылған энергия менеджменті жүйесі – микро желілердің бірі. Модельде микро желілер туралы барлық тиісті ақпарат бірыңғай энергия менеджменті жүйесінің иелігінде, сондықтан энергия менеджменті жүйесіндегі ақаулық бүкіл микро желілерге әсер етеді. Бұған бәсекелес модель орталықтандырылмаған энергия менеджменті жүйесі деп аталады. Бұл модельде әр микро тор өзін бөлек жоспарлайды және басқа микро желілер туралы хабардар болмайды. Аталған бөлімде негізгі айырмашылықтар, артықшылықтар, топология/құрылым және микрожүйедегі ең жаңа технологиялар көрсетілген.

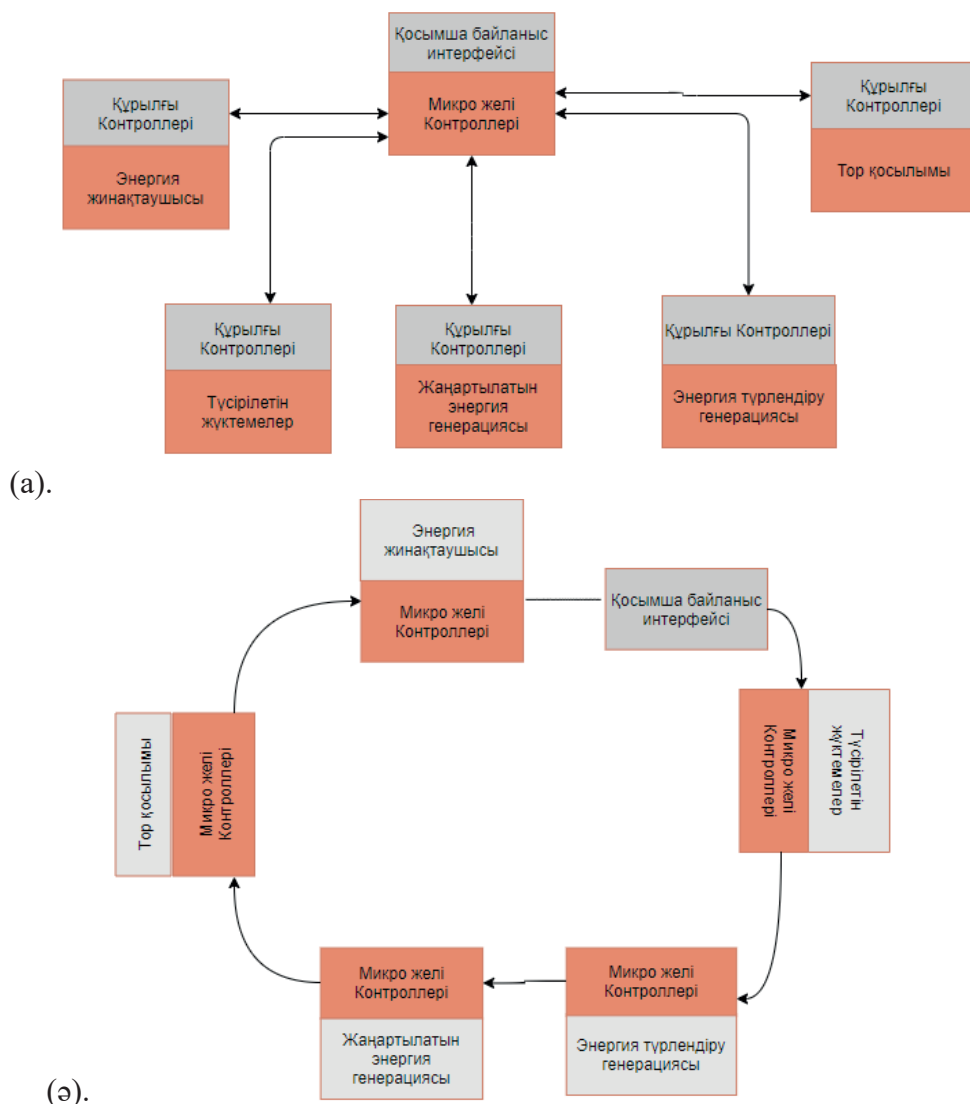
Орталықтандырылған микро желі моделінде микро желі туралы барлық мәліметтер (өсу жылдамдығының бірліктері, минималды көтеру уақыты, минималды жұмыс уақыты, заряд пен разрядты сақтау, жүктеме түрі және т.б.) энергияны басқару жүйесінің иелігінде. Ал орталық барлық жіберілген мәліметтер мен мақсатты функцияға сүйеніп отырып, бөлімшелердің қызметін бір күн

бұрын жоспарлайды. Осы оңтайландыру процедурасы сенімділікті арттыруға, шығындарды азайтуға және т. б. бағытталуы мүмкін.

Орталықтандырылмаған микро желі моделінде әр микро желі өзінің пайдасын барынша арттыру үшін тиісті басқару блоктарын бөлек басқарады, яғни режимде микро желілер тарату желісінің операторымен тікелей байланыста болады және прокси агенті жоқтың қасы. Орталықтандырылмаған жүйелер контроллердің негізгі ақауларын сәтсіздік болған түйіннен оқшаулаудың артықшылығы бар. Түйіндер тәуелсіз және бір контроллерге тәуелсіз болғандықтан, бұл жүйелер сенімді және оңай жаңартылады.

3-суретте орталықтандырылған және орталықтандырылмаған микро желі моделі көрсетілген. Энергияны басқарудың орталықтандырылған моделінде тек бір оңтайландыру энергияны басқару жүйесімен жүзеге асырылады, ал микро желі желіге модельдің жалпы шинасы арқылы қосылады, әр микро желі бөлек оңтайландырумен жүзеге асырылады және микро желі торға тікелей қосылады. Орталықтандырылмаған модельде әр микро желі бөлек оңтайландыру арқылы жүзеге асырылады және микро желі торға тікелей қосылады [5].





3 сурет. а) Орталықтандырылған және ә) орталықтандырылмаған микро желілер [6].

Бұрын электр жүйелерін орталықтандырылған басқару әдістері өте кең таралған еді. Олар нақты, өйткені тор шектеулі басқарылатын және бақылаушы құрылғыларға арналған болатын. Электр энергиясын тұтыну қажеттілігі өскен сайын жүйе күрделене түсті. Орталық басқару жүйесі сан қырлы және қымбат.

Орталықтандырылған және орталықтандырылмаған микро желінің басты айырмашылығы олардың басқару архитектурасында ғана емес, сонымен қатар басқа да маңызды функциялары бар: олар микрожүйенің негізгі компоненттері өзара әрекеттесетін байланыс. Қазіргі уақытта орталықтандырылған және орталықтандырылмаған жүйелер микрожүйенің

жұмысына жарамды, бірақ орталықтандырылмаған әдістер анағұрлым қолайлы; оның микрожүйелерде үздіксіз жұмыс істеу мүмкіндігі бар және шеткі байланыстың шектеулі қажеттілігі бар энергия жүйесі инфрақұрылымының автономды компоненттері бар. Осылайша оларды коммуналдық желілердің сыртқы желісіне тәуелсіз басқаруға болады, дегенмен жергілікті контроллерлер тиісті шешімдер қабылдай алады. Алайда ақылға қонымды құны бар орталықтандырылған жүйені жүзеге асыру салыстырмалы түрде қиын, ол нарықта бір сағат ішінде тұрақты түрде ставка жасай алады, сонымен бірге микро желіні өшіруге немесе белгілі бір жүктемені өшіруге немесе келесі қысқа уақыт аралығында тұрақсыз

жұмыс кезінде белгілі бір қондырғы қондырғысын реттеуге мүмкіндік алады. Осыған байланысты мәселе деректерді беру инфрақұрылымына қатысты. Микро желінің үздіксіз және қауіпсіз жұмыс істеуі үшін шектеулі ақпарат алмасу үшін қарапайым жергілікті желі/жергілікті контроллер қажет. Орталықтандырылмаған тәсілді қолдану әр блок өндірушіге және таратылған энергия жүктемелеріне ережелерге сәйкес бағдарламаланатын агентті жабдық контроллеріне енгізуге мүмкіндік береді. Екінші жағынан, орталықтандырылған жүйеде кез келген жаңа модульді орнату Орталық контроллерде қосымша бағдарламалауды және оны жүзеге асыру үшін бүкіл жүйені бөлісуді қажет етеді [7].

Кәдімгі микрожүйеде микрожүйеге қосылған жергілікті жүктемелерден сұранысты анықтау үшін арнайы байланыс арналары (жергілікті желі) бар, ал таратылған микрожүйе жергілікті басқару әрекетін орындауға мүмкіндік беретін компоненттер арасындағы тең-теңімен байланыс желісін пайдаланады. Тең-теңімен байланыс таратылған басқаруға шешім қабылдау және тиісті басқару әсері тұрғысынан үлкен сенімділік береді. Деректер алмасу жүйелердің осы түрлерін қарастырудың маңызды факторы болып табылады. Орталықтандырылған микрожүйеден айырмашылығы, жүктеме туралы ақпарат ағыны таратылған контроллерде жергілікті түрде орындалуы мүмкін, сондықтан деректер ағыны орталықтандырылған желі арқылы аз әсер етеді. Бұл зерттеу орташа кернеулі тұрақты тоқтың микро желісіне салыстырмалы талдау жүргізді және таратылған. Алайда осы әдістер микросеталардың құрылымы мен топологиясына байланысты, басқару стратегиясы орталықтандырылған микро жүйеге қарағанда, жүктеменің өзгеруіне төзімді екенін көрсетеді.

#### **Электроэнергетика жүйесіндегі мультиагенттік жүйе тұжырымдамасы**

Агент – бұл белгілі бір ортада орналасқан және сол ортадағы өзгерістерге дербес

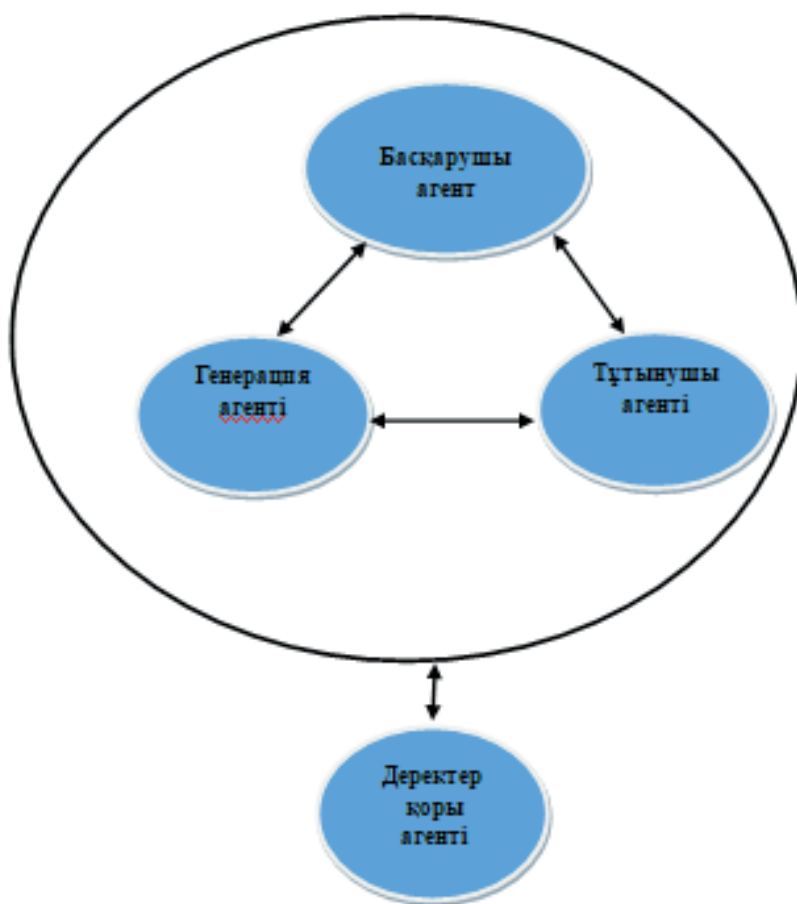
жауап бере алатын бағдарламалық немесе аппараттық нысан. Балама анықтамаға сәйкес агент ортадағы жүйенің жобалық міндетін дербес шешетін әрекеттерді орындау мүмкіндігі бар ортада орналасқан жүйе болып саналады. Сондықтан сенсорлар мен қуатты электронды құрылғылар (коммутаторлар) арқылы бақылау шешімдерін орындау үшін бүкіл желіні саналы түрде басқаратын субъект болуы керек. Демек, электр энергетикасы жүйесіндегі көп агентті жүйелер – бұл ортақ мақсаттары бар және энергияны басқару, бақылау және агенттер арасындағы байланыс жүйесіне қатысты тиісті шешімдер қабылдау үшін дербес әрекет ететін жүйеде көптеген агенттердің жиынтығы. Сонымен қатар мультиагентті жүйе – бұл бір агент немесе жүйенің мүмкіндіктерінен тыс болуы мүмкін мәселелерді шешу үшін өзара әрекеттесетін бірнеше ақылды агенттерден тұратын жүйе [8].

Осы анықтамаларға сүйене отырып, агенттер мультиагенттік жүйе ретінде әрекет етуі үшін агенттер өздігінен әрекет етуі, қоршаған ортаның ең жақсы мүдделерін білдіруі, бірлесіп жұмыс істеуі, келіссөздер жүргізуі және бірауыздан шешім қабылдауы қажет. Мультиагентті жүйелер адамның немесе басқа агенттердің тікелей араласуынсыз әрекет ете алуы керек және өздерінің мінез-құлқы мен ішкі жағдайын бақылауы және икемді автономды әрекетке ие болуы керек, ол келесі сипаттамаларды көрсетеді: агенттер қоршаған ортаны қабылдап, ондағы динамикалық өзгерістерге уақтылы жауап беруі керек, агенттер қоршаған ортаға жауап беріп қана қоймай, мақсатты мінез-құлық танытуы тиіс, өздерінің дизайн мақсаттарына жету үшін бастама көтеріп, ал агенттер мүмкіндігінше басқа агенттермен, немесе өз міндеттерін орындауға тырысатын адамдармен өзара әрекеттесіп, басқаларға өз қызметінде көмектесуі қажет.

Сыртқы электр желісіне қосылған микро желі үшін классикалық көп агентті жүйенің архитектурасы 4-суретте көрсетілген. Жүйе агенттердің төрт түрінен тұрады, атап айтқанда басқарушы агент (Control Agent),

генерациялау агенті (DER – agent), тұтынушы агенті (User Agent), дерекқор (Database Agent). Мультиагенттік жүйе жұмысында әрбір агент бірегей мақсаттар мен міндеттерге ие. Бірлескен жұмыс кезінде барлық агенттер

энергиямен жабдықтау сапасын және микро энергия жүйесінің сенімділігін сақтау болып табылатын ортақ мақсатқа жету бағытында жұмыс істейді.



4-сурет. Мультиагентті жүйе құрылымы [10].

**Мультиагенттік жүйелерді қолдануға талдау**

Біз мультиагентті жүйелерді қолдануды

талдаймыз, 1-кестеде авторларының тәжірибесін қарастырамыз.

### 1-кесте. Мультиагентті жүйелерді салыстырмалды талдау

№	Авторлар	Қарастырылған мәселесі
1.	Jiahu Qin және т.б. [11].	Консенсус және көп агенттік жүйелерді үйлестіру
2.	Yara Rizk және т.б. [12].	Бұл шолуда MAS бірлескен шешім модельдері бойынша соңғы бес жылдағы жұмыстар зерттелді
3.	Amira Mohammed; Shady S. Refaat [13].	Мақалада mg айнымалы тогының негізгі функциялары мен проблемалары туралы толық сипаттама берілген және басқарудың иерархиялық архитектурасы тиімді шешім ретінде сипатталған. Сондай-ақ басқару деңгейлері туралы егжей-тегжейлі талқылау бар.
4.	NouhaDkhili және т.б. [14].	Аталған жұмыста электр желілерінің "ақылды желілерге" эволюциясы таратылған генерацияның таралуы мен осыған орай ерекшеліктерге байланысты зерттеледі.

5.	Dayong Ye және т.б. [15].	Сол сияқты өзін-өзі ұйымдастыратын көп агентті жүйелер саласындағы соңғы онжылдықтардағы әдебиеттерге шолу берілген
6.	AS Nair және т.б. [16].	Зерттеуде ақпараттық және коммуникациялық технологиялар, өлшеу, бақылау және автоматтандыру технологиялары. Электр электроникасы және энергияны сақтау технологиялары тұрғысынан зияткерлік желілердің маңызды мәселелеріне егжей-тегжейлі шолу жасалады.
7.	Arun Sukumaran Nair және т.б. [17].	Еңбекте MAS-ті экономикалық диспетчерлендіруге (ED) және зияткерлік желілердегі жеке міндеттемелерге (UC) қолдану туралы әдебиеттерге жан-жақты шолу жасалады
8.	hJ Alejandro Torreño және т.б. [18].	Сонымен қатар шешуші бағдарламаларға ерекше назар аударып, MAP-тің ең өзекті тәсілдері қарастырылады
9.	Luis M. Camarinha-Matos және т.б. [19].	Осы мақаланың мақсаты энергетика саласындағы бірлескен желілердің модельдерін, тәсілдері мен құралдарын қолдануға қатысты үрдістерді, мүмкіндіктер мен проблемаларды анықтау мақсатында жаңа әдебиеттерге жүйелі шолу жасау болып табылады
10	Farhan H.Malik және т.б. [20].	Бұл құжат зияткерлік желінің негізгі сипаттамаларына, агент анатомиясына және зияткерлік желінің мақсатына жету үшін осы ақылды агенттердің энергетикалық жүйеде қолданылуына көңіл бөледі.

Авторлардың еңбектерін қарап, талдағаннан кейін[1]-[10] зерттеулерде әртүрлі әдістер қолданылды деп айта аламыз. Энергия тұтынуды басқару және микро желідегі басқаруды оңтайландыру бір немесе бірнеше мақсатты функцияға ие болуы мүмкін. Бұл функциялар ұсынылған оңтайландыру міндетіне байланысты ерекшелене алады. Бұл бір мақсатты немесе көп мақсатты мәселелерге әкелуі мүмкін, оған шығындарды азайту (пайдалану және техникалық қызмет көрсету құны, отын құны және батареялар немесе конденсаторлар сияқты сақтау элементтерінің бұзылу құны), шығарындыларды азайту және қанағаттандырылмаған жүктемелерді азайту кіреді.

Зерттеушілер біріктірілген байланыс мәселесін шешу үшін орталықтандырылған, иерархиялық және таратылған модельдерде мультиагентті жүйелерді қолдануды зерттеді. Зерттеу [9] және [10] үйлестіру стратегиялары мен генетикалық алгоритмнің тұжырымдамаларын қолданатын таратылған модельге назар аударды.

Зерттеулерге сәйкес мультиагентті жүйелер қазіргі заманғы өнеркәсіптік жүйелерде көлік, қаржы портфелін басқару, энергияны оңтайландыру, ақылды құрылыс және ақылды қалалар, жасанды интеллектуалды жүйелер, энергия жүйелерін жоспарлау және маркетинг және басқару жүйелері сияқты қосымшалары бар қуатты құрал ретінде өзін

танытты. Осылайша мультиагентті жүйе – бұл өте маңызды технология, әмбебап және оны барлық аспектілерде, соның ішінде микро-желіде де қолдануға болады.

### Қорытынды

Жыл сайын электр энергиясын тұтыну артып келеді, сондықтан энергия жүйесі өте күрделі. Қазақстанда SmartGrid интеллектуалды желісін енгізумен "KEGOC" АҚ айналысады, оның жоспарында – белсенді-бейімделген желі құру, нәтижесінде ол елдің зияткерлік энергия жүйесінің өзегі болуы тиіс [22].

Сонымен қатар Алматы энергетика және байланыс университетінде Smart технологияларды Қазақстанның бірыңғай энергетикалық жүйесіне енгізуді зерттеумен айналысатын «Зияткерлік электр энергетикалық жүйелер» Ғылыми-зерттеу зертханасы жұмыс істейді.

Бұл мақалада микрожүйеде көп агентті жүйені қолдануға шолу жасалды. Сондай-ақ микро желілерге анықтамалар берілді, микро желілер құрылымы көрсетілді, әртүрлі салаларда мультиагентті жүйелерді қолдану ұсынылды. Сонымен қатар тұжырымдамалар, мультиагентті жүйелердің тұжырымдамасы, басқарудың төрт стратегиясы бойынша жіктелген микро желілерді басқарудың әрқелкі аспектілеріне жан-жақты шолу қарастырылды, яғни олардың артықшылықтары, кемшіліктері мен айырмашылықтары бойынша талқыланды.



## ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР

1. <https://zerde.gov.kz/images/%D0%93%D0%9F%20%D0%A6%D0%B8%D1%84%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%BE%D0%B9%20%D0%9A%D0%B0%D0%B7%D0%B0%D1%85%D1%81%D1%82%D0%B0%D0%BD%20%D0%BD%D0%B0%202017-2020%20%D0%B3%D0%BE%D0%B4%D1%8B.pdf>.
2. M. Azeroual, T. Lamhamdi, H.E. Moussaaoui, H.E. Markhi. Real-time distributed systems control and energy management using multi-agent technologies//International Meeting on Advanced Technologies in Energy and Electrical Engineering – 2019.
3. F.Z. Harmouch, N. Krami, D. Benhaddou, N. Hmina, E. Zayer, E.H. Margoum. Survey of multiagents systems application in Microgrids//IEEE – 2016.
4. Eduard Bullich-Massagué, Francisco Díaz-González, Mònica Aragüés-Peñalba, Francesc Girbau-Llistuella, Pol Olivella-Rosell, Andreas Sumper. Microgrid clustering architectures//Applied Energy. – 2018. – Том 212. – 340-361б.
5. <https://www.semanticscholar.org/paper/Study-of-Microgrid-and-Its-Communication-Protocols-Tripathi-Basak./403efbb281486a7d6192b82ed4953e8468b4edcb>
6. Andrew Tuckey, Sasan Zabihi. Decentralized Control of a Microgrid//– IEEE – 2017.
7. Farshad Khavari, Ali Badri, Ali Zangeneh, Morteza Shafiekhani. A Comparison of Centralized and Decentralized Energy-Management Models of Multi-microgrid Systems//Smart Grids Conference – 2017.
8. Muhammad Waseem, Khanab Jie Wanga. The research on multi-agent system for microgrid control and optimization.// Renewable and Sustainable Energy Reviews – 2017. – Том 80. – 1399-1411 б.
9. Abhilash Kantamneni a, n, E. Laura Brown a, Gordon Parker b, Wayne W. Weaver. Survey of multi-agent systems for microgrid control.// Engineering Applications of Artificial Intelligence – 2015. – Том 45 . – 192-203б.
10. Н.А. Карджаубаев, Мультиагентное регулирование напряжения в многосвязных электрических сетях// Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук – 2018
11. Я.В. Марков. Совершенствование принципов мультиагентного подхода к моделированию элементов электротехнических комплексов и систем нефтяной отрасли// Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук – 2016.
12. J Qin, Q Ma, Y Shi, L Wang. Recent Advances in Consensus of Multi-Agent Systems: A Brief Survey// IEEE – 2016,
13. Y Rizk, M Awad, EW Tunstel, Y Rizk, M Awad, EW Tunstel. Decision Making in Multiagent Systems: A Survey //IEEE – 2018.
14. A Mohammed, SS Refaat, S Bayhan, A Mohammed, SS Refaat, S Bayhan. AC Microgrid Control and Management Strategies: Evaluation and Review//IEEE. – 2019. – Том 6
15. D Ye, M Zhang, AV Vasilakos. A Survey of Self-Organization Mechanisms in Multiagent Systems.//IEEE. – 2016.
16. N Dkhili, J Eynard, S Thil, S Griefu. A survey of modelling and smart management tools for power grids with prolific distributed generation//Sustainable Energy, Grids and Networks. – 2020. – Том 21.
17. I Colak, S Sagiroglu, G Fulli, M Yesilbudak. A survey on the critical issues in smart grid technologies.//Renewable and Sustainable Energy Reviews – 2016. – Том 54. – 396-405 б.
18. AS Nair, T Hossen, M Campion, DF Selvaraj. Multi-Agent Systems for Resource Allocation and Scheduling in a Smart Grid.// Technology and Economics of Smart Grids and Sustainable Energy – 2018. – Том 3.
19. A Torreño, E Onaindia, A Komenda. Cooperative Multi-Agent Planning: A Survey.// ACM Computing Surveys November – 2017.

20. M. Luis. Camarinha-Matos. Collaborative smart grids – A survey on trends. // Renewable and Sustainable Energy Reviews – 2016. – Том 65. – 283-2946.
21. FH Malik, M Lehtonen. A review: Agents in smart grids.// Electric Power Systems Research – 2016. – Том 131. – 71-796.
22. <https://kursiv.kz/news/biznes/2019-11/v-kazakhstane-stroyat-umnuyu-elektroenergetiku>

## REFERENCES

1. <https://zerde.gov.kz/images/%D0%93%D0%9F%20%D0%A6%D0%B8%D1%84%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%BE%D0%B9%20%D0%9A%D0%B0%D0%B7%D0%B0%D1%85%D1%81%D1%82%D0%B0%D0%BD%20%D0%BD%D0%B0%202017-2020%20%D0%B3%D0%BE%D0%B4%D1%8B.pdf>.
2. Azeroual M., Lamhamdi T., Moussaoui H.E., Markhi H.E. Real-time distributed systems control and energy management using multi-agent technologies//International Meeting on Advanced Technologies in Energy and Electrical Engineering – 2019.
3. Harmouch F.Z., Krami N., Benhaddou D., Hmina N., Zayer E., Margoum E.H. Survey of multiagents systems application in Microgrids//IEEE – 2016.
4. Eduard Bullich-Massagué, Francisco Díaz-González, Mònica Aragüés-Peñalba, Francesc Girbau-Llistuella, Pol Olivella-Rosell, Andreas Sumper. Microgrid clustering architectures//Applied Energy. – 2018. – Том 212. – 340-3616.
5. <https://www.semanticscholar.org/paper/Study-of-Microgrid-and-Its-Communication-Protocols-Tripathi-Basak./403efbb281486a7d6192b82ed4953e8468b4edcb>
6. Andrew Tuckey, Sasan Zabihi. Decentralized Control of a Microgrid//– IEEE – 2017.
7. Farshad Khavari, Ali Badri, Ali Zangeneh, Morteza Shafiekhani. A Comparison of Centralized and Decentralized Energy-Management Models of Multi-microgrid Systems.//Smart Grids Conference – 2017.
8. Muhammad Waseem, Khanab Jie Wanga. The research on multi-agent system for microgrid control and optimization.// Renewable and Sustainable Energy Reviews – 2017. – Том 80. – 1399-14116.
9. Abhilash Kantamneni a, n, Laura E. Brown a, Gordon Parker b, Wayne W. Weaver. Survey of multi-agent systems for microgrid control.// Engineering Applications of Artificial Intelligence – 2015. – Том 45. – 192-2036.
10. Kardzhaubayev N.A. Multiagentnoye regulirovaniye napryazheniya v mnogosvyaznykh elektricheskikh setyakh// Dissertatsiya na soiskaniye uchenoy stepeni kandidata tekhnicheskikh nauk – 2018
11. Markov Ya.V. Sovershenstvovaniye printsipov multiagentnogo podkhoda k modelirovaniyu elementov elektrotekhnicheskikh kompleksov i sistem neftyanoy otrasli// Dissertatsiya na soiskaniye uchenoy stepeni kandidata tekhnicheskikh nauk – 2016.
12. J Qin, Q Ma, Y Shi, L Wang. Recent Advances in Consensus of Multi-Agent Systems: A Brief Survey// IEEE – 2016,
13. Y Rizk, M Awad, EW Tunstel, Y Rizk, M Awad, EW Tunstel. Decision Making in Multiagent Systems: A Survey //IEEE – 2018.
14. A Mohammed, SS Refaat, S Bayhan, A Mohammed, SS Refaat, S Bayhan. AC Microgrid Control and Management Strategies: Evaluation and Review//IEEE. – 2019. – Том 6
15. D Ye, M Zhang, AV Vasilakos. A Survey of Self-Organization Mechanisms in Multiagent Systems.//IEEE. – 2016.
16. N Dkhili, J Eynard, S Thil, S Grieu. A survey of modelling and smart management tools for power grids with prolific distributed generation//Sustainable Energy, Grids and Networks. – 2020. – Том 21.

17. I Colak , S Sagioglu , G Fulli , M Yesilbudak . A survey on the critical issues in smart grid technologies.//Renewable and Sustainable Energy Reviews – 2016. – Том 54. – 396-4056.
18. AS Nair, T Hossen, M Champion, DF Selvaraj. Multi-Agent Systems for Resource Allocation and Scheduling in a Smart Grid.// Technology and Economics of Smart Grids and Sustainable Energy – 2018. – Том 3.
19. A Torreño, E Onaindia, A Komenda. Cooperative Multi-Agent Planning: A Survey.// ACM Computing Surveys November – 2017.
20. Luis M.Camarinha-Matos. Collaborative smart grids – A survey on trends. // Renewable and Sustainable Energy Reviews – 2016. – Том 65. – 283-2946.
21. FH Malik, M Lehtonen. A review: Agents in smart grids.// Electric Power Systems Research – 2016. – Том 131. – 71-796.
22. <https://kursiv.kz/news/biznes/2019-11/v-kazakhstane-stroyat-umnuyu-elektroenergetiku>

---

### Information about authors:

1. Tolegenova G. – Kazakh-British Technical University
2. Zhukabaeva T. – Kazakh-British Technical University
3. Zakirova A. – Kazakh-British Technical University
4. Abdildaeva A. – Kazakh-British Technical University