

Т.И. Глущенко, Г.М. Нугуманова
(А.Байтұрсынов атындағы Қостанай мемлекеттік университеті)

ЭЛЕКТР ЭНЕГЕТИКАЛЫҚ ЖҮЙЕЛЕРДІҢ ИМИТАЦИЯЛЫҚ МОДЕЛИ

Аннотация. Ұсынылған әдістемелік үлгі және энергетика жүйелерін дамытудың әзірленген имитациялық моделдері тиімді шешімдер салаларын электр энергетикалық жүйелердің жергілікті иерархия деңгейлері бойынша байланыстыруға мүмкіндік береді. Осының нәтижесінде аймақтың энергетика жүйелеріндегі белгісіздік және көпкритериялық жағдайларында интеграциялық процестерді нақты бағалауға мүмкіндік туады.

Кілтті сөздер: имитациялық модель, болжамдау, энергетика, электрэнергетикалық жүйелер, аппроксимация.

Энергетиканы басқарудың жаңа құралдары мен механизмдерін енгізумен байланысты жаңа әлеуметтік-экономикалық даму жағдайларында жүйелі зерттеулер методологиясы мен инструментариін дамыту қажеттілігі байқалады. Болып жатқан өзгерістер энергетиканың дамуын болжамдау технологиялары мен әдістерінің айқынды өзгерістерін талап етеді. Сонымен қатар, мемлекеттің отын-энергетикалық кешенін қатал орталықтандырып басқару концепцияларына жауап беретін әдістер мен моделдер құнсызданады. Энергетика саласындағы экономикалық дербестік және жаңа ұйымдық формалардың пайда болуы жағдайларында энергетиканың дамуын басқарудағы аймақтық деңгейдің рөлі сапа жағынан өзгеріп келеді. Сонымен қатар, энергетика жүйелерінің, әсіресе электр энергия жүйелерінің (ЭЭЖ) жергілікті иерархия деңгейлері бойынша интеграциялық байланыстарының тиімділігін негіздеу бойынша қиындықтар туындайды.

Қарастырылып жатқан жағдайларда электр энергетиканы дамытуды онтайландырудың дәстүрлі әдістерінің әлсіздігі байқалады. Аймақтық ЭЭЖ-ің дамуын болжамдау есептері белгісіздік пен көпкритериялылықты ескергенде, айнымалылары жүздер және мыңдарға дейін жететін модельдермен сипатталады. Бұл жерде математикалық бағдарламалаудың және есептеу құралдарының дәстүрлі әдістерін пайдалануға негізделген зерттеулер көп еңбекті талап етеді. Осының барлығы біріге отырып, жүйелі зерттеулер инструментариін ойлап табуға түрткі болады. Ол имитациялық моделдеу принциптеріне негізделген. Бұл принциптер ЭЭЖ-ді дамытудың оптимизациялық моделдеріне имитациялық эксперименттер жүргізуді ұйғарады. Бұнда алынатын көптеген шешімдерді сипаттайтын көрсеткіштерді аппроксимациялаудың арнайы әдістері пайдаланылады.

ЭЭЖ-дің дамуын болжамдау барысында ЭЭЖ-дің дамуы мен қалыптасуының өзара байланысты үш иерархиялық деңгейін белгілеп өтуге болады:

- жергілікті;
- аймақтық;
- мемлекет түгелімен.

Қарастырылған деңгейлер электр энергетика көрсеткіштерін агрегаттау дәрежесі бойынша елеулі ерекшеленеді. Бірінші деңгейде басқарылатын айнымалылар ретінде энергетикалық нысандардың көрсеткіштері қарастырылады: 1) қуаты (N_i); 2) электр энергетикасы өндірісінің белгілі бір электр станциялары бойынша көлемі (W_i); 3) өткізу мүмкіндіктері; 4) электрлік байланыстардың жұмыс режимдерінің параметрлері және басқа. Бұл электр энергетикалық нысандардың қазіргі сатыдағы құрылысы мен параметрлерін таңдау шараларымен ескертіледі.

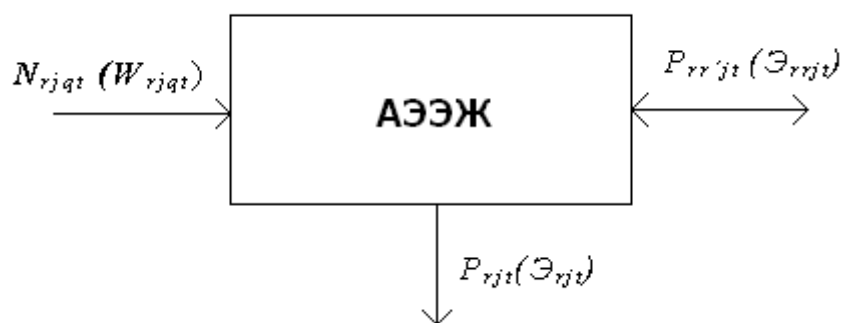
Иерархияның екінші деңгейінде электр энергетикалық нысандардың тиімді құрылымын қамтамасыз етуге ерекше назар бөлінеді. Дербес жағдайларда аймақаралық (аймақтық) маңызы бар нақты нысандар қарастырылуы мүмкін. Соңғысы басқарылатын айнымалылар құрамын таңдауға сәйкес шектеулер табады. Берілген деңгейде бірлік электр энергетикалық нысандардың орнына энергетикалық жабдықтардың түрі, жұмыс тәртібі, отын түрлері және басқалар бойынша біріктірудің құрылымдық топтары таңдалады. Бұл жерде басты басқарылатын айнымалылар ретінде интеграциялық байланыстардың көрсеткіштері – бұл ең алдымен жергілікті ЭЭЖ-лер арасындағы энергия қуатының өзара ағымдары ($N_{rr'}$, $W_{rr'}$) қарастырылады.

Үшінші деңгей екіншіден электр энергетикалық нысандарды біріктіру дәрежесімен ерекшеленеді, себебі бұл жағдайда аймақаралық байланыстар оптимизцияланады.

ЭЭЖ-дің дамуының баланстық-оптимизациялық моделдерді әзірлеудің жалпы қағидаттары мен инструментариі көптеген жұмыстарда қарастырылған [1-4].

ЭЭЖ-нің белгіленген территориялық иерархия деңгейлері бойынша оптимизациялау нәтижелерін байланыстыру үшін имитациялық моделдеу қағидаттарына негізделген әдістемелік тәсілдер ұсынылған [3,4].

Берілген тәсілдердің маңызы – ЭЭЖ-нің территориялық-өндірістік иерархия деңгейі бойынша есептер нәтижелерін жалпылайтын біріктірілген имитациялық моделдерді алуда. Әзірленетін моделдер ЭЭЖ-дің құрылымын, сондай-ақ әртүрлі рангтық жүйелердегі интеграциялық үрдістерді зерттеу үшін пайдалануға арналған. Әдістемелік жағынан қарағанда, бірінші және екінші деңгейдегі моделдерді түйістіру тәсілдері аса қиынға түседі. Бұл электр энергетикалық нысандар бойынша айнымалылары бар моделдерден (нысандық түрі) құрылымдық айнымалылары бар біріктірілген моделдерге (құрылымдық түрі) көшумен байланысты сапасы жағынан жақсартылған әдістермен түсіндіріледі. Сол себептен бірінші деңгейдегі оптимизациялық моделдерді құрастыру барысында айнымалыларды «нысандық-құрылымдық» түрде беру ұйғарылады, Бұл белгілі бір энергетикалық нысандарға жатқызылатын айнымалыларды оптимизациялау негізінде жалпы аудандық электр энергетикалық жүйе (АЭЭЖ) бойынша біріктірілген сипаттамалар алуға мүмкіндік береді. Басқаша айтқанда, РЭЭЖ-нің көрсеткіштерін біріктіру барысында кеңістіктік құрылым моделдерінен бірбуындық моделдер көрсеткіштеріне өту қажет (*1 сурет*).



мұндағы $N_{rjqt} (W_{rjqt})$ – қуат және r энергия жүйесінің j жүктеме графигінің аймақтары, q отын түрлері және t кезеңдер бойынша энергия өндіруінің жиынтық шамалары;

$P_{rjt}(\mathcal{E}_{rjt})$ – *электрдің жүктемелері және жылдық электрді тұтыну жиынтығы;*

$P_{rrjt}(\mathcal{E}_{rrjt})$ – *жүйелер арасындағы қуат пен электр энергияның өзара ағымдары.*

1 сурет. Аудандық электр энергия жүйесінің біріктірілген моделінің көрсеткіштері

Өңірдің электр энергетикасының көрсеткіштерін (эндогендік айнымалылар) қалыптастыру шаралары саланың дамуының негізгі көлемдік көрсеткіштерін сипаттауға арналған шартты үздіксіз айнымалыларды қосуы тиіс. Сонымен бірге, аймақтық деңгейде электр энергетикалық нысандардың типтік өлшемдерінің дискреттілігін ескермеуге болады. Шығындарды сипаттайтын көрсеткіштердің моделдерін құру барысында регрессиялық анализді қолданады. Ал дербес жағдайларда сыртқы шарттар векторының құраушылары арасында орасан зор корреляциялық байланыстар байқалған кезде регрессиялық және факторлық әдістер анализін үйлестіру пайдалы болуы мүмкін [6,7].

Осының негізінде электр энергетикасының даму көрсеткіштерінің біріктірілген моделдерін тұрғызу үшін келесі әдіс әзірленді, ол мына кезеңдерді құрайды:

- ЭЭЖ басқару параметрлерінің моделденетін шығыстық көрсеткіштерінің құрылымын (эндоргендік айнымалылар) анықтау;
- негізгі оптимизациялық электр энергетикалық моделді құру;
- сыртқы жағдайлар көрсеткіштерінің (экзогенді айнымалылар) құрамын анықтау;
- басқару параметрлері мен экзогенді айнымалылар үшін деңгейлер санын және ауытқу диапазондарын орнату;
- факторлардың өзара әрекеттесу эффектілеріне сапалы баға беру;
- электр энергетикасының даму көрсеткіштерін аппроксимациялау үшін регрессиялық моделдер түрін таңдау;
- имитациялық эксперименттер жоспарын құру;
- оқыту және бақылау таңдамаларды қалыптастыру;

- негізгі оптимизациялық электр энергетикалық моделдерде есептеулер жүргізу;
- регрессиялық талдау жасау.

4,5,6 және 7 кезеңдер арасындағы тығыз тура және кері байланыстарға назар аудару қажет. Электр энергетикасының даму көрсеткіштерінің регрессиялық моделдер түрлерін таңдау өте маңызды болып табылады (6 кезең), оның алдында белгіленген факторлардың (экзогенді айнымалылардың) әсер ету сипатының априорлық анализі және олар арасындағы әрекеттесулер (4 және 5 кезең) болуы тиіс. 4 кезеңде жүзеге асырылатын экзогендік айнымалыларды түрлендіру деңгейлер санын таңдау екі шартқа тәуелді: пайдаланылатын модел түріне және сәйкес көрсеткіштердің біркәнсіздік интервалдарының шамасына. Сызықты моделдерді (бірінші ретті полиномдар) қарастыру барысында, сондай-ақ біркәнсіздіктің шағын интервалдарында (20-30% дейін) екі деңгейлі факторларды қолдану ұсынылады. Біркәнсіздік дәрежесі үлкен болған жағдайда сызықты емес моделдерді қолдану мүмкіндігіне ие болу үшін түрлендірудің үшінші (аралық) деңгейін енгізу орынды болады. Деңгейлері үштен артық жоспарларды пайдалану қиынға түседі, себебі таңдамалардың өлшемдері күрт жоғарлайды, және де жуықтатылатын моделдердің нақтылығын жоғарлату мүмкіндігі төмендейді.

Жуықтатылатын регрессиялық моделдер түрін таңдау алдында факторлар арасында өзара қатынастар сапалы түрде талдану қажет (5 кезең). Әсіресе, бұл талап энергетикалық нысандардың техникалық экономикалық көрсеткіштерін сипаттайтын айнымалыларға қатысты. Дербес түрде қуат концентрациясы және электр энергетикалық нысандарды орналастыру әрекеттері электр энергетикалық, отын-энергетикалық және экологиялық жағдайларға байланысты болады. Қойылған есепке регрессиялық түрде ұсынылған теңдеулер сәйкес келеді:

$$F = \sum_{t=1}^T \left(\sum_r F_{rt} + \sum_{rr'} F_{rr't} \right) (1 + \alpha)^{-t}, \quad (1)$$

қайда α - дисконттың нормасы.

Өз кезегінде, функционал F_t құрайтыны қуатқа байланысты электрогенериралды үш құрамдас бөліктер, көз мүмкін бөлу F_r^N , отынның тұтынуы F_r^B және аймақтық ресурстарды пайдалану F_r^M :

$$F_r = F_r^N + F_r^B + F_r^M \quad (2)$$

Қарастырылып жатқан есептерде моделдердің екі түрі пайдаланылуы мүмкін: факторлық және полиномиалдық (6 кезең). Бұл жерде басты эффектiлердің факторлық моделдері (мысалы, интегралдық шығындар) бір ғана факторға (айнымалыға) байланысты қосынды топтарын біріктіреді. Полиномиалдық моделдердің арқасында айнымалылар кеңістігінің үлкен өлшемдерімен жұмыс істеу мүмкіндігі пайда болғандықтан, сондықтан оларды пайдалану орындырақ болады.

Модель түрін таңдау шаралары имитациялық эксперименттер жоспарын әзірлеумен тығыз байланысты (7 кезең). Есептердің өлшемдері көп болмаған жағдайда (факторлар саны 6-8) бірінші ретті факторлық және полиномиалдық моделдерді тұрғызу үшін екі деңгейлі толық факторлық эксперименттердің бөлшекті репликалары қолданылуы мүмкін [6]. Екінші ретті полиномиалдық моделдерді қолдану барысында үш деңгейлі жоспарға көшу қажеттілігі туады.

Эксперименттерді жоспарлағаннан кейін жоспарлардың спектрлерін анықтап, сол арқылы базалық моделдегі оптимизациялық есептер бағдарламасын анықтау үшін оқыту таңдамасын құру мүмкіндігі туады (8 кезең). Оқыту таңдамасымен бірге бақылау таңдамасын белгілеу қажет. Соңғысына жоспардың екі түрін кіргізу дұрыс болады: аралық және қашықталған (сыртқы шарттар көрсеткіштерінің арақашықтық бойынша евклидтік кеңістікте). Біріншісі алынатын жуықталған моделдердің интерполяциялық қасиеттерін тексеру үшін, ал екіншісі экстраполяциялық қасиеттерін бағалау үшін арналған. Сонымен қатар, бақылау таңдамаларын қалыптастыру барысында сараптау жолымен белгіленген жоспарлар қызығушылық тудырады.

Базалық моделде көптеген оптимизациялық есептеулер қатарын жүргізу қажеттілігіне байланысты (9 кезең) бастапқы ақпаратты дайындап, түзетуді жеңілдету үшін, сондай-ақ есептеулер нәтижелерін компьютерде өңдеу үшін арнайы сервистік бағдарламалар қолдану тиімді болады. Сонымен қатар, есептеулер нұсқаларын сыртқы шарттар көрсеткіштері бойынша

топтастыру пайдалы болады, ол оптимизациялық есептеулердің ең тиімді жолын таңдауға мүмкіндік береді.

Ақырғы кезеңнің міндетіне регрессиялық моделдер тұрғызу жатады (10-кезең). Бұл мақсатта жоғарыда аталып өткен регрессиялық және корреляциялық анализдер аппаратын пайдалану қажет [6,7]. Зерттеулер барысында параметрлердің статистикалық маңызы бар критерийлері бойынша қолайлы регрессиялық моделдер анықталуы қажет, және солардың ішінен аса тиімді моделдер іріктеліп алынады.

Ұсынылған әдіс ЭЭЖ дамуын болжау барысында имитациялық моделдеудің тиімділігін арттырады, ол ең бастысы айнымалылар кеңістігінің өлшемділігін әлдеқайда төмендетудің, болашақ жағдайлар белгісіз болғандағы сыртқы факторлар әсерін тіркеуді қамтамасыз етудің арқасында, сондай-ақ энергетиканы басқару жүйелері субъектілерінің мүдделерін ескере отырып, ЭЭЖ-дің аймақтық-өндірістік иерархиясының деңгейлері бойынша келісілген шешімдер мүмкіндіктерін кеңейту арқасында жүзеге асырылады.

ӘДЕБИЕТТЕР

1. Мелентьев Л.А. Системные исследования в энергетике. М: Наука, 1983. – С. 143-145
2. Макаров А.А., Мелентьев Л.А. Методы исследования и оптимизации энергетического хозяйства. Новосибирск: Наука, Сибирское отделение, 1973. – С. 97-101
3. Криворуцкий Л.Д. Имитационная система для исследований развития энергетического комплекса. Новосибирск: Наука. 1983, – С. 44-46
4. Имитационное моделирование систем энергетики / Д.А. Арзамасцев, В.Р.Ерохин, Л.Д. Криворуцкий, Л.И. Мардер, А.Л. Мьзин. Иркутск - Свердловск: СЭИ, 1988. – С. 88-89
5. Дрейпер Н, Смит Г. Прикладной регрессионный анализ. М.: Статистика, 1987. 35-51
6. Четыркин Е.М. Статистические методы прогнозирования. М.: Статистика, 1977. 87-90

Глущенко Т.И., Нугуманова Г.М.

Имитационная модель электроэнергетических систем

Резюме. Рассмотрена имитационная модель электроэнергетической системы, позволяющая осуществлять прогнозирование в условиях многокритериальности для принятия эффективных решений в условиях развития электроэнергетики. Предложено использование имитационной модели, позволяющей проведение имитационных экспериментов над оптимизационными моделями развития систем электроэнергетики. Разрабатываемая модель предназначена для использования при исследовании структуры системы электроэнергетики, а также интеграционных процессов в системах различных рангов.

Gluchenko T., Nugumanova G.

Imitating model of electropower systems

Summary. The imitating model of electropower system allowing to carry out forecasting in conditions of presence of various criteria for acceptance of the effective decisions in conditions of development of electric power industry is considered. Use of imitating model allowing realization of imitating experiments above optimizing models of development of systems of electric power industry is offered. The developed model intended for use at research of structure of system of electric power industry, and also processes of association in systems of various ranks.