

2. Рахымбек Д. Математиканы оқыту әдістемесі. Ұғымдық алыптастыру  
<https://youtu.be/Sp7eaYb4goE>

УДК 517

## **ЭЛЕКТР ЭНЕРГЕТИКАЛЫҚ ЖҮЙЕЛЕРДІҢ ТҰРАҚТЫ РЕЖИМІНДЕГІ ТЕҢДЕУЛЕР ЖҮЙЕСІН ШЕШУДІҢ ИТЕРАЦИЯЛЫҚ ӘДІСТЕРІНІҢ ЖИНАҚТАЛУЫН ТАЛДАУ**

**Бежежанова Шакизат Сержанқызы**

[Begezhanova.sh@mail.ru](mailto:Begezhanova.sh@mail.ru)

Л.Н.Гумилев атындағы ЕҰУ «Алгебра және геометрия» кафедрасының 1-курс магистранты  
Ғылыми жетекші - А.Р.Джандигулов

Электр энергетикасы жүйелерін зерттеуде қалыптасқан режим маңызды рөл атқарады. Қалыптасқан режимдерді талдаудың дәстүрлі тәсілдері көп өлшемді теңдеулердің сызықтық емес жүйелерін шешуді қарастырады, оларды шешу итерациялық әдістермен жүзеге асырылады, бұл әрқашан қанағаттанарлық нәтижелерге әкелмейді.

Д.С. Ахметбаевтың еңбектерінде желі топологиясы негізінде табылған ток тарату коэффициенттерінің көмегімен қалыптасқан режимдерді зерттеудің жаңа тәсілі ұсынылды. Д.С. Ахметбаевтың теңдеулері негізінде жүргізілген есептеулердің бірқатар нәтижелері итерациялық процестердің жылдам жинақталуын көрсетеді. Алайда алынған теңдеулер жүйесін шешудің итерациялық әдістерінің жинақталуына егжей-тегжейлі математикалық талдау жүргізілген жоқ.

Осылайша, осы зерттеудің мақсаты топологиялық модель негізінде алынған электр энергетикалық жүйелердің тұрақты режиміндегі теңдеулер жүйесін шешудің итерациялық әдістерінің жинақталуын зерттеу болып табылады. Бұл күрделі электр энергетикалық жүйелерді сипаттайтын модельді басқа матрицалық модельдерімен салыстырмалы талдау міндеті тұр.

Түйінді сөздер: желі топологиясы, Граф ағашы, содан кейін бөлу коэффициенттері, түйіндердің кернеуі

При изучении электроэнергетических систем важную роль играет установившийся режим. Традиционные подходы к анализу установившихся режимов предусматривают решение нелинейных систем уравнений достаточно большой размерности, решение которых проводится итерационными методами, что не всегда приводит к удовлетворительным результатам.

В работах Ахметбаева Д.С. предложен новый подход к исследованию установившихся режимов с помощью коэффициентов токораспределения найденных на основе топологии сети. Ряд результатов вычислений проведенных на основе уравнений Ахметбаева Д.С. показывает быструю сходимость итерационных процессов. Однако подробный математический анализ сходимости итерационных методов решения получаемых систем уравнений не проводился.

Таким образом, целью настоящего исследования является изучение сходимости итерационных методов решения системы уравнений установившегося режима электроэнергетических систем, полученных на основе топологической модели. Ставится задача сравнительного анализа указанной модели с матричными моделями описания сложных электроэнергетических систем.

Ключевые слова: топология сети, дерево графа, коэффициенты токораспределения, напряжения узлов.

Steady state plays an important role in the study of electric power systems. Traditional approaches to the analysis of steady-state regimes provide for the solution of nonlinear systems of equations of sufficiently large dimensions, the solution of which is carried out by iterative methods, which does not always lead to satisfactory results.

In the works of D.S. Akhmetbaev a new approach to the study of steady-state modes using the current distribution coefficients found based on the network topology is proposed. A number of results of calculations carried out on the basis of the equations of Akhmetbaev D.S. shows the fast convergence of iterative processes. However, a detailed mathematical analysis of the convergence of iterative methods for solving the resulting systems of equations has not been carried out.

Thus, the purpose of this study is to study the convergence of iterative methods for solving the system of equations for the steady state of electric power systems obtained on the basis of a topological model. The task of comparative analysis of this model with another matrix models for describing complex electric power systems is posed.

Keywords: network topology, graph tree, current distribution coefficients, node voltages.

Жұмыста қалыптасудың жаңа топологиялық алгоритмі көрсетілген энергия жүйелерінің күрделі желілерінің тораптық кернеулері. Алгоритмнің бірінші кезеңі-берілген электр жүйесіне сәйкес келетін графиктің барлық мүмкін және нақты ағаштарының шамаларын іздеу және анықтау. Топологиялық тәсілдің белгілі артықшылығы тұрақты режимнің сызықтық емес теңдеулерінің түпкілікті шешімін алуға мүмкіндік беретін матрицалық әдістер көптеген әдістер мен тиісті бағдарламалық жасақтамалардың дамуына әкелді. Жұмыс бұл әдістердің артықшылықтары мен кемшіліктеріне салыстырмалы талдау жасалады.

Бұл әдістердің негізгі есептеу күрделілігі кез-келген бұтақты алып тастау арқылы бастапқы ағаштан екіге бөлу арқылы алынған 2 ағашты табу. Жетекшім 2 ағашты табуды қажет етпейтін жаңа топологиялық тәсілді ұсынды. Әдіс келесі кезеңдерден тұрады: графтың барлық мүмкін ағаштарын табу, таңдау тораптық кернеулерді есептеу. Жұмыста осы кезеңдердің операцияларын орындау алгоритмі қарастырылады, олар бағдарламалық деңгейде іске асырылды және сыналды. Бағдарламалық кешеннің жұмыс істеу нәтижесі берілген токтардың таралу коэффициенттерін қолдана отырып, күрделі электр желісінің тұрақты режимін есептеу.

Электр желісін топологиялық талдаудың негізгі міндеті-оның барлық мүмкін ағаштарын анықтау. Түйіндер саны өскен сайын ағаштар саны көбейетіні белгілі нақты электр желісінің графигі тез өседі. Осыған байланысты тиімді іздеу алгоритмдерін жасау қажет барлық мүмкін ағаштар.

Бұл мүмкін ағаштарды табудың үш әдісін жүзеге асырады күрделі электр желілері. Барлық осы әдістердің мәні-бұл ағаштар ма, жоқ па деген кіші графиктерді зерттеу және зерттеу. Бұл жағдайда, бір әдіспен сұрыптау келесілер бойынша жүзеге асырылады бұтақтарда, екіншісінде-түйіндерде, үшіншісінде – контурларда. Тағы бір науқан құрылымдық сандар теориясында жүзеге асырылады. Бұл әдістердің кемшіліктері-үлкен деректер жиынтығын жадта сақтау қажеттілігі.

Жоғарыда аталған әдістердің кең практикалық таралуының себептерінің бірі деп аталатындарды табу қажеттілігі болып табылады. 2-ағаштар, әр табылған ағаш үшін, бұл қажетті операциялардың санын едәуір арттырады.

Бұл жұмыста жаңа топологиялық тәсіл жүзеге асырылады, 2 ағашты табуды талап етеді. Бірінші кезеңде, қолданыстағы әдістердегідей, графиктің барлық мүмкін ағаштары есептеледі. Іздеу алгоритмі келесідей: барлық түрлерін бағдарлы сұрыптау

іріктеменің 1 қабырғаларының барлық қабырға баған бір уақытта тексере отырып, бойынша алған залал сомасы к подграфа арналған байланыстылық. Ұсынылған алгоритмнің артықшылығы-үлгінің бағытына байланысты қайталануды болдырмау.

Әрі қарай, екінші кезеңде, 2 ағашты табудың орнына, бірінші кезеңде табылған барлық бағандардың ішінен ерекше бағандар бөлінеді мүмкін ағаштар Граф. Белгілі болғандай, өздері де ағаштар қажет емес, ал бізге олармен бірге ағаштардың мөлшері қажет ағаштарға кіретін бұтақтардың таразысын жасау. Сондықтан ағаштарды есте сақтаудың қажеті жоқ, тек олардың салмағын есте сақтау жеткілікті. Бұл таразыларды білу коэффициенттерді есептеу үшін қолданылады бұл сияқты теңдеулер жүйесін шешпей, ток тарату матрицалық әдістерде жүзеге асырылады. Ток тарату коэффициенттері үшінші кезең үшін бастапқы деректер - түйінді есептеу желі кернеулері. Қарастырылып отырған желіде барлық тармақтардың саны 11, түйіндердің саны 9 Барлық мүмкін ағаштардың саны 85-ке тең олар ұсынылған 1-кестеде.

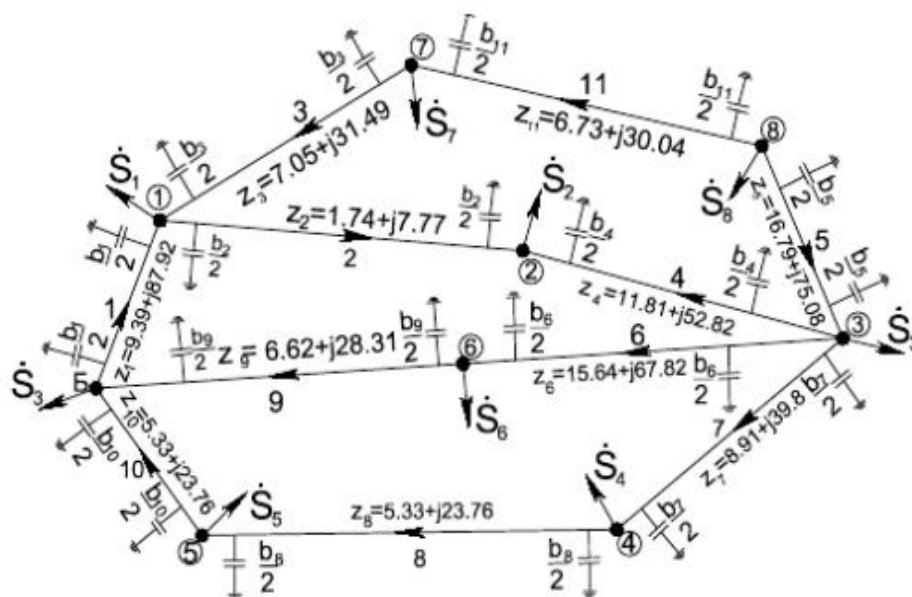


Рис. 1 – Схема замещения.

Берілген токтардың таралу коэффициенттерін есептеу Берілген токтардың таралу коэффициенттері матрицалық әдістер немесе желілік схемалар топологиясының әдістері арқылы алынған өрнектер негізінде есептеледі. Коэффициенттерді анықтау үшін жұмыста матрицалық әдіспен келесі өрнек алынады:

$$C = Z_B^{-1} M^T (M Z_B^{-1} M^T)^{-1}, \quad 3$$

Жұмыста Формула (3) алымы айырмашылық ретінде есептеледі қажетті матрица элементінің индексіне , базалық түйіннің тиісті баған тармағына қатысты анықталатын ерекше 2 Ағаш таразыларының қосындысы. Қарастырылып отырған әдістің негізгі есептеу күрделілігі әр ағаш үшін 2 ағашты табу болып табылады, оны алып тастау арқылы екі бөлікке бөлу арқылы алынады қандай да бір бұтағы. Көлемді есептеулерді жүргізу қажеттілігіне байланысты бұл әдіс кең практикалық қолдануды таппады.

№ де-рева	Список ветвей	№ де-рева	Список ветвей	№ де-рева	Список ветвей
1	1 2 3 4 5 6 7 8	29	1 2 4 5 6 7 8 11	57	1 4 5 6 7 8 10 11
2	1 2 3 4 5 6 7 10	30	1 2 4 5 6 7 10 11	58	1 4 5 6 7 9 10 11
3	1 2 3 4 5 6 8 10	31	1 2 4 5 6 8 10 11	59	1 4 5 6 8 9 10 11
4	1 2 3 4 5 7 8 9	32	1 2 4 5 7 8 9 11	60	1 4 5 7 8 9 10 11
5	1 2 3 4 5 7 9 10	33	1 2 4 5 7 9 10 11	61	2 3 4 5 6 7 8 9
6	1 2 3 4 5 8 9 10	34	1 2 4 5 8 9 10 11	62	2 3 4 5 6 7 8 10
7	1 2 3 4 6 7 8 11	35	1 2 5 6 7 8 9 11	63	2 3 4 5 6 7 9 10
8	1 2 3 4 6 7 10 11	36	1 2 5 6 7 8 10 11	64	2 3 4 5 6 8 9 10
9	1 2 3 4 6 8 10 11	37	1 2 5 6 7 9 10 11	65	2 3 4 5 7 8 9 10
10	1 2 3 4 7 8 9 11	38	1 2 5 6 8 9 10 11	66	2 3 4 6 7 8 9 11
11	1 2 3 4 7 9 10 11	39	1 2 5 7 8 9 10 11	67	2 3 4 6 7 8 10 11
12	1 2 3 4 8 9 10 11	40	1 3 4 5 6 7 8 9	68	2 3 4 6 7 9 10 11
13	1 2 3 5 6 7 8 9	41	1 3 4 5 6 7 8 10	69	2 3 4 6 8 9 10 11
14	1 2 3 5 6 7 8 10	42	1 3 4 5 6 7 8 11	70	2 3 4 7 8 9 10 11
15	1 2 3 5 6 7 8 11	43	1 3 4 5 6 7 9 10	71	2 3 5 6 7 8 9 11
16	1 2 3 5 6 7 9 10	44	1 3 4 5 6 7 10 11	72	2 3 5 6 7 8 10 11
17	1 2 3 5 6 7 10 11	45	1 3 4 5 6 8 9 10	73	2 3 5 6 7 9 10 11
18	1 2 3 5 6 8 9 10	46	1 3 4 5 6 8 10 11	74	2 3 5 6 8 9 10 11
19	1 2 3 5 6 8 10 11	47	1 3 4 5 7 8 9 10	75	2 3 5 7 8 9 10 11
20	1 2 3 5 7 8 9 10	48	1 3 4 5 7 8 9 11	76	2 4 5 6 7 8 9 11
21	1 2 3 5 7 8 9 11	49	1 3 4 5 7 9 10 11	77	2 4 5 6 7 8 10 11
22	1 2 3 5 7 9 10 11	50	1 3 4 5 8 9 10 11	78	2 4 5 6 7 9 10 11
23	1 2 3 5 8 9 10 11	51	1 3 4 6 7 8 9 11	79	2 4 5 6 8 9 10 11
24	1 2 3 6 7 8 9 11	52	1 3 4 6 7 8 10 11	80	2 4 5 7 8 9 10 11
25	1 2 3 6 7 8 10 11	53	1 3 4 6 7 9 10 11	81	3 4 5 6 7 8 9 11
26	1 2 3 6 7 9 10 11	54	1 3 4 6 8 9 10 11	82	3 4 5 6 7 8 10 11
27	1 2 3 6 8 9 10 11	55	1 3 4 7 8 9 10 11	83	3 4 5 6 7 9 10 11
28	1 2 3 7 8 9 10 11	56	1 4 5 6 7 8 9 11	84	3 4 5 6 8 9 10 11
				85	3 4 5 7 8 9 10 11

#### Қорытынды

- Есептеу үшін алгоритмдік және арнайы бағдарламалық қамтамасыз ету әзірленді: күрделі топология негізіндегі ток бөлу коэффициенттері электр желісінің; күрделі электр энергия жүйесінің желілері.
- Тұрақты режимді қалыптастыру алгоритмін бағдарламалық қамтамасыздандыру зерттеудің тиімділігін едәуір арттырады энергия жүйесінің электр желісінің тораптары мен тармақтары санының өсуіне қарай.

#### Қолданылған әдебиеттер тізімі

- Гераскин О.Т. Топологический анализ коэффициентов токораспределения в электрических сетях. Известия вузов. Энергетика, 1967, №5, с. 20–28.
- Кристофидес Н. Теория графов. Алгоритмический подход. М.: Мир, 1978, - 432 с.
- Джандигулов А.Р., Ахметбаев Д.С. Нахождение всех остовных графов заданного графа. Программа для ЭВМ. Свидетельство о внесении сведений в государственный реестр прав на объекты, охраняемые авторским правом. №1551 от 31 января 2019г.
- Akhmetbayev D., Akhmetbayev D.S., Zhumazhanov S., Zhakishiev B. New Modeling of Steady-State Modes of Complex Electrical Grids of Power

Systems MATEC Web of Conferences 155, 01043 (2018).

5. Akhmetbayev D., Akhmetbayev A., Aidarova A. Determination of rational transformation coefficients transformers distribution networks//E3S Web of conferences 25.04003 (2018).

ОӘЖ 512.541

## МЕКТЕП МАТЕМАТИКА КУРСЫНДА РАЦИОНАЛ САНДАРДЫҢ БЕЙНЕЛЕНУІ

**Бейсенбай Қалдықұл Ғаниқызы**

[beisenbaiova@mail.ru](mailto:beisenbaiova@mail.ru)

Л.Н.Гумилев атындағы ЕҰУ Механика және математика факультетінің I курс магистранты,  
Нұр-Сұлтан, Қазақстан  
Ғылыми жетекшісі – Бекенов М.И

Мектептегі математика курсының негізгі тақырыптарының бірі - "Бөлшектер" тақырыбы. Осы тақырып негізінде орта мектептің өте үлкен көлемі ұсынылған. Бұл желіні зерттеудің іргетасы негізгі мектептің 5 сыныбында қаланады. Ал оқушыларға математиканы ары қарай оқыту тақырыптың қаншалықты қол жетімді және түсінікті түсіндірілуіне байланысты. Сондықтан мектеп математика курсына "Рационал бөлшек сандар" тақырыбын оқыту мәселесі өзекті болып қалады. Бұл мақалада осы тақырыптың мектеп бағдарламасында оқыту шаралары, қажеттіліктері мен маңыздылығы айқындалады.

Сан туралы ұғым адамзат мәдениетінің тууымен және оның дамуымен тығыз байланысты. Шынында, егер осы ұғым болмаса, өзіміздің рухани өміріміз бен практикалық қызметімізді тиісті дәрежеде көрсете алмас едік. Есеп – қисап жүргізу, уақыт пен қашықтықты өлшеу, еңбек нәтижесінің қорытындысын есептеу сан ұғымынсыз мүмкін емес. Сан әуел баста заттарды санаудың қажеттілігінен туған математикалық ұғымдардың бірі. Кейін ол математикалық білімнің дамуына қарай жетілдірілді. Бұл ұғым өте ерте заманда адамдардың практикалық қызметтерінен қажеттілігінен келіп туды. Нәрселерді санауда пайдаланылатын сандарды натурал сандар деп аталады. Натурал сандар қатары 1 санынан басталады. Оның мүшелері шексіз болады. Натурал сандар ұғымының дамуы ерте заманда адамдардың заттар жиынтығының санын оларды санамай-ақ, яғни өзара бірмәнді сәйкестікті тағайындау негізінде қабылдануымен сипатталады.

Нөл саны, натурал сандар және оған қарама – қарсы сандар бүтін сандар жиынын құрайды. Оны  $Z$  әріпімен белгілейді. Ал бүтін сандар жиыны және теріс бөлшектер рационал сандар жиынын құрайды. Рационал сандар жиынын  $Q$  әріпімен белгілейді. Рационал термині латын тіліндегі «ratio» деген сөзден шыққан. Ол қазақшаға аударғанда «бөлінді», «қатынас» деген мағынаны береді. Яғни бұл жерде рационал сан бүтін сандардың қатынасы деп түсіндіріледі. Мысалы  $7 = 7/1$ ;  $7 = 14/2$ ;  $7 = 21/3$

Бұлар бөлшек сандар. Жалпы рационал сан ұғымы әртүрлі шамаларды – ұзындықты, салмақты, ауданды, периметрді және тағы сол сияқты өлшеу процесіне байланысты пайда болды.

Бөлшектердің пайда болуы шамаларды өлшеумен пайда болды. Ерте кезде адамдарға сауда – саттық және түрлі есептеу жұмыстарында бөлшектер мен үлестерді есептеу қажет болған. Алғашында математикада бөлшектерді «сынық сандар» деп атаған. Бөлшектер туралы түсініктің дамуында үш түрлі бөлшектер ұғымы қалыптасқан.

Кез-келген мектеп бағдарламасында рационал сандарды оқыту әдістемесі бар. Яғни бұл бізге осы тақырыптың маңыздылығын көрсетеді. Ең бірінші Рационал сан не екенін және олардың қасиеттері мен қолданылу амалдарын қарастырайық.

Рационал сан деп (лат. қатынас «қатыс, бөлу, бөлшек») –  $m/n$  жай бөлшек түрінде көрсетуге болатын сан. Мұндағы  $m$ -бүтін сан және  $n$  - натурал сан.