

ЎЗБЕКИСТОН РЕСПУБЛИКАСИ ОЛИЙ ВА ЎРТА МАХСУС
ТАЪЛИМ ВАЗИРЛИГИ

АБУ РАЙХОН БЕРУНИЙ НОМИДАГИ ТОШКЕНТ ДАВЛАТ
ТЕХНИКА УНИВЕРСИТЕТИ

187
21.311(075)
365

ЭНЕРГЕТИКА ИНСТИТУТИ

ЭНЕРГЕТИКАНИНГ МАТЕМАТИК МАСАЛАЛАРИ
фанидан

ЎҚУВ ҚўЛЛАНМА

MAGNIFLANDI

13434410
TDTU AK

Тошкент 2004

Тузувчи: СИДДИКОВ И.Х.

Услубий қўлланмада 5520200 – "Электроэнергетика" ва 5520300 – "Гидроэнергетика" бакалавр йўналишлари талабалари учун «Энергетиканинг математик масалалари» фани бўйича курс текширув иши топшириқлари ва уларни бажариш услубиятлари келтирилган. Ушбу фандан амалий машғулотлар бажаришда керак услубиятлар ва уларни ўрганиш учун келтирилган мисоллар қўлланманинг асосини ташкил қилади.

Услубий қўлланма 5520200 – "Электроэнергетика" ва 5520300 – "Гидроэнергетика" бакалавр йўналишларининг Давлат таълим стандартларига мос равишда тузилган.

Тошкент давлат техника университетининг илмий-методик кенгаши қарорига мувофиқ нашр этилди.

Тақризчилар: ХАМИДОВ Ш.В. – т.ф.н., доцент,
ДАК "Ўзбекэнерго"

ШАРИПОВ У.Б. – т.ф.н. доцент
"Электр тизимлари
ва тармоқлари"
кафедраси ТошДТУ
ЎЗР ОваЎМТВ

Кириш

Фундаментал ва амалий фанларнинг тараққиёти физик тушунишларни математикалаштириш, математик моделлаштириш усулларини интенсив қўллаш ва уларни замонавий ЭХМлар ёрдамида ечишни талаб қилмоқда.

"Энергетиканинг математик масалалари" фанининг асосий вазифаси бўлиб математика фанини электр энергетика йўналиши масалаларини ечиш билан боғлаш ва энергетика соҳасида тадқиқотлар ўтказиш учун математик аппарат беришдир.

Ушбу қўлланма "Энергетиканинг математик масалалари" фанидан бажарилиши лозим бўлган назорат ва курс топшириқларини ўз ичига олади. Ҳар бир қўйилган масалани ечиш моҳиятини англаш учун қўлланмада масалаларни ечиш намуналари ечиш йўлларини моҳиятини оча олиш ва ўргатиш даражасида келтирилган.

Топшириқлар учта вазифадан иборат:

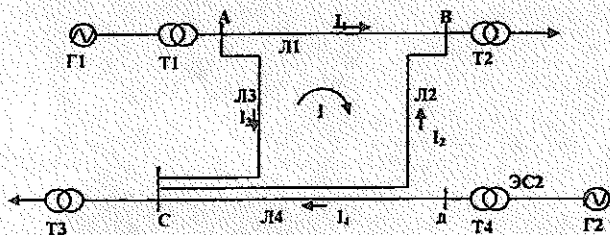
1-вазифа Электр энергетика тизимини матрица кўринишидаги ҳолат тенгламалари тузилсин.

2-вазифа Электр энергетика тизимини матрица кўринишидаги ҳолат тенгламалари тескари матрица, Гаусс ва кетма-кет яқинлашниш усуллари ёрдамида тадқиқ қилинсин.

3-вазифа Электр энергетиканинг чизикли дастурлаш масалалари график ва иқтисодий потенциаллар усули ёрдамида тадқиқ қилинсин.

Назорат ишлари вариантлари ўқув шифрининг охириги икки рақами асосида танланади.

Мисол: Электр энергетика тизимини матрица кўринишидаги ҳолат тенгламалари тузилсин (расм.1).

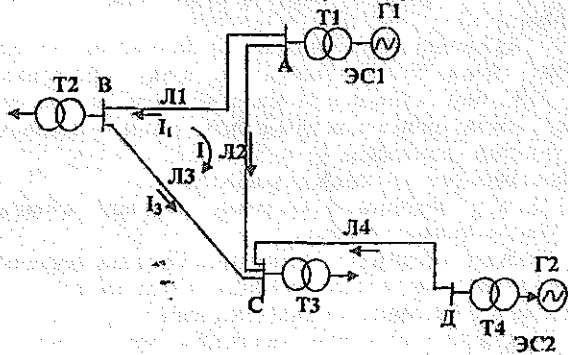


1-расм. Электр энергетика тизимининг принципал схемаси

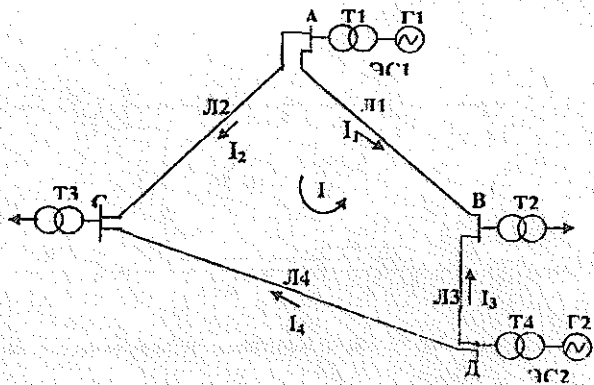
1 ВАРИАНТ

Электр энергетика тизимининг матрица кўринишидаги ҳолат тенгламалари тузилсин.

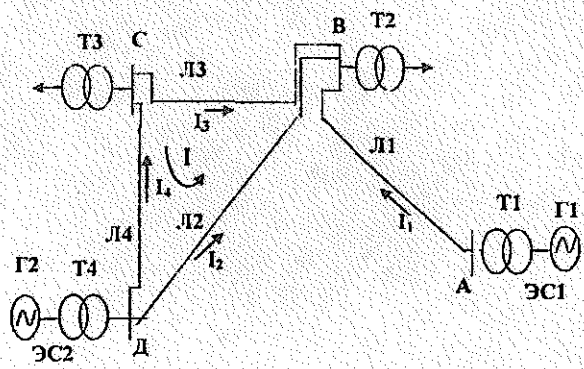
1,11,21,31,41,51,61,71,81,91 вариантлар



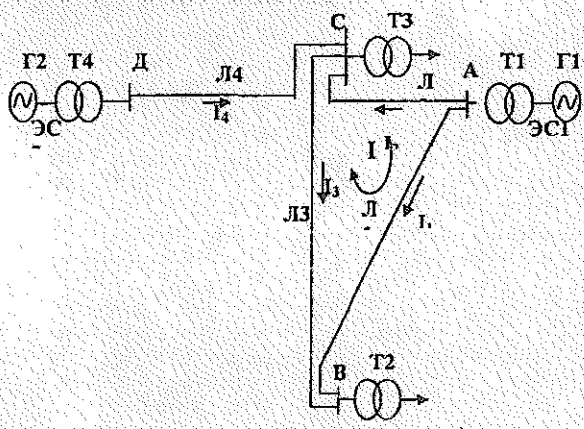
2,12, 22, 32,42,52,62,72,82,92 вариантлар



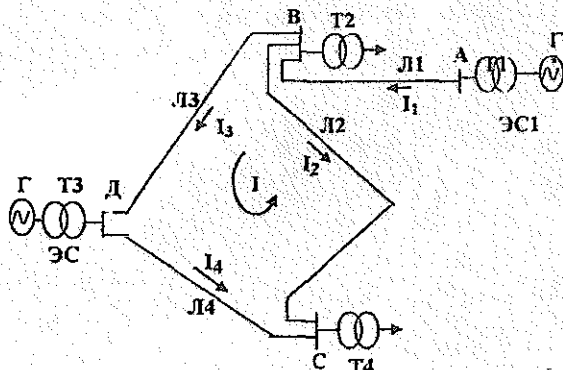
3,13,23,43,53,63,73,83,93 вариантлар



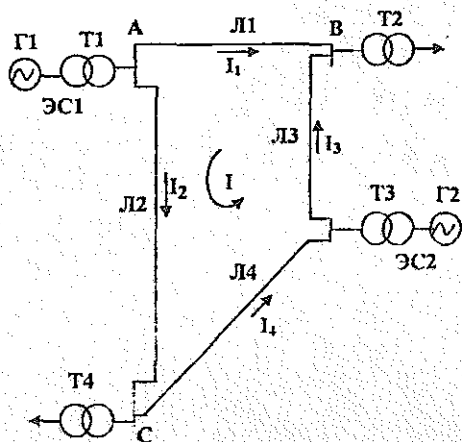
4,14,24,34,44,54,64,74,84,94 вариантлар



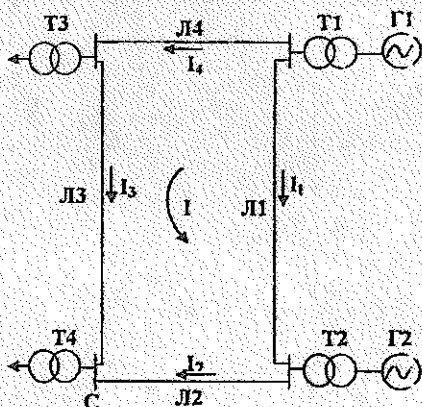
5.15,25,35,45,55,65,75,85,95 вариантлар



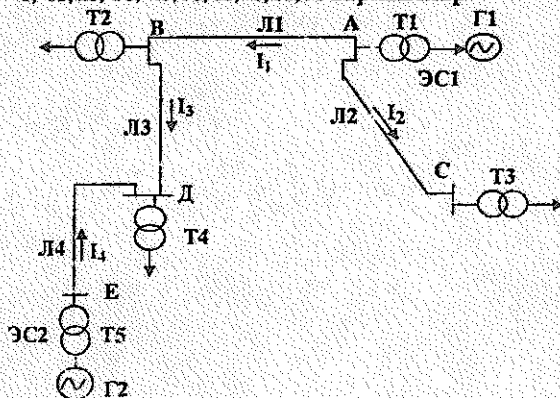
6, 16, 26, 36, 46, 56, 66, 76, 86, 96 вариантлар



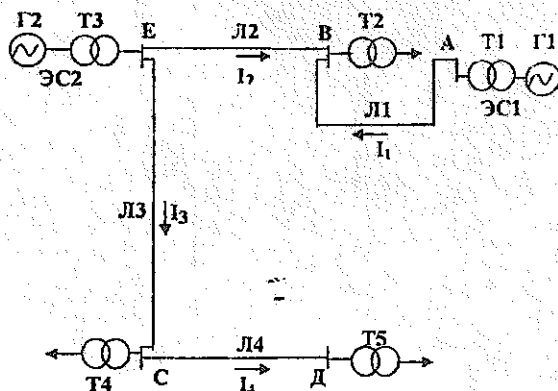
7, 17, 27, 37, 47, 57, 67, 77, 87, 97 вариантлар



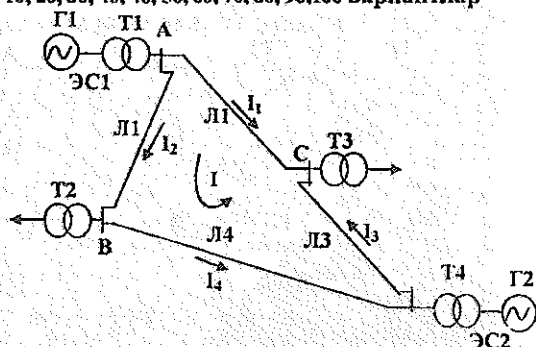
8, 18, 28, 38, 48, 58, 68, 78, 88, 98 вариантлар



9, 19, 29, 39, 49, 59, 69, 79, 89, 99 вариантлар

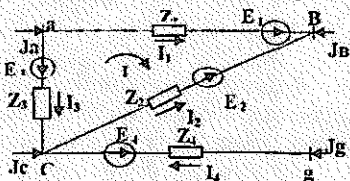


10, 20, 30, 40, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100 вариантлар



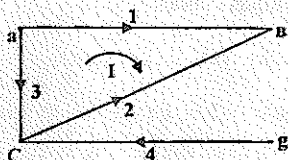
Г1,Г2 –ЭС1 ва ЭС2 электр станциялар генераторлари,
 Т1,Т4 – электр станциялар подстанциялари трансформаторлари,
 Т3,Т4 – пасайтирувчи подстанциялар трансформаторлари,
 Л1 – Л4 – электр узатиш линиялари.

Электр алмаштириш схемаларини тузамиз (2-расм).



2-расм. Электр тизимининг алмаштириш схемаси.

Электр энергетика тизимининг схемаси конфигурациясини боғланган граф шаклида тасвирлаймиз. Графнинг тармоклари маълум бир белгиланган йўналишта эга бўлганлиги учун (ток йўналиши бўйича), графитни йўналтирилган деб қабул қиламиз.



3-расм Электр энергетика тизимининг боғланган йўналтирилган графи.

3-расмда кўрсатишган электр энергетика тизимининг боғланган йўналтирилган графи учун \$M_{\Sigma}\$ матрицаси қуйидаги кўринишда бўлади:

$$M_{\Sigma} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 1 & 0 \\ -1 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & -1 & -1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad \left. \begin{matrix} a \\ b \\ c \\ g \end{matrix} \right\} \text{туғуллар}$$

$\underbrace{\quad \quad \quad \quad}_{1 \quad 2 \quad 3 \quad 4}$
 тармоқлар

Матрица N қуйидаги шаклда бўлади:

$$N = \left[\begin{matrix} 1 & -1 & -1 & 0 \end{matrix} \right] \quad \left. \begin{matrix} \\ \\ \\ \end{matrix} \right\} 1 \text{ боғлиқ бўлмаган контурлар}$$

$\underbrace{\quad \quad \quad \quad}_{1 \quad 2 \quad 3 \quad 4}$
 тармоқлар

бу ерда

а) Тармоқларнинг тугунларда уланишини кўрсатувчи матрица (биринчи уланишлар матрицаси – инциденция матрицаси) M_{Σ} - тўғри бурчакли матрица бўлиб, унинг қаторлар сони электр энергетика тизими тугунлар сонига (n га), устунлар сони эса электр энергетика тизими тармоқлари сонига (m га) тенг. У қуйидагича ифодаланади

$$M_{\Sigma} = (m_{ij}), i = 1, 2, \dots, n : j = 1, 2, \dots, m.$$

M_{Σ} - матрицанинг элементлари учтадан битта қийматни қабул қилади: $m_{ij} = +1$; агар тугун i тармоқ j нинг бошланғич нуқтаси бўлса; $m_{ij} = -1$; агар тугун i тармоқ j нинг охириги нуқтаси бўлса; $m_{ij} = 0$, агар тугун i тармоқ j га тегишли бўлмаса.

б) Тармоқларнинг мустақил контурларда уланишини кўрсатувчи матрица (иккинчи уланишлар матрицаси – инциденция матрицаси) N - тўғри бурчакли матрица бўлиб, унинг қаторлар сони электр энергетика тизимидаги мустақил контурлар

сонига (k га), устунлар сони эса электр энергетика тизими тармоқлари сонига (m га) тенг. У қуйидагича ифодаланади

$$N = (n_{ij}), i = 1, 2, \dots, k; j = 1, 2, \dots, m.$$

N - матрицанинг элементлари учтадан битта қийматни қабул қилади:

$n_{ij} = +1$, агар тармоқ j контур k га кирса ва уларнинг йўналишлари бир хил бўлса;

$n_{ij} = -1$, агар тармоқ j контур k га кирса ва уларнинг йўналишлари тесқари бўлса;

$n_{ij} = 0$, агар тармоқ j контур k га кирмаса.

D тугунни балансловчи деб қабул қилиб (охириги қаторда бўлгани учун) M_{Σ} -матрицадан охириги қаторни ўчириб M матрицани ҳосил қиламиз.

$$M = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 1 & 0 \\ -1 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & -1 & -1 \end{bmatrix}$$

M – матрица асосида электр энергетика тизимининг ҳолат тенгламасини матрица кўринишида ифодалаймиз.

$$M I = J$$

$$N = (Z_k I - E) = 0$$

$I=(I_i), i=1,2,\dots,m$ - тармоқ тоқлар устуни ;

$J=(J_j), j=1,2,\dots,n-1$ тугунга берилган тоқлар устуни;

$Z_n=\alpha_{iag}=(Z_{ai}), i=1,2,\dots,m$ - тармоқлар қаршиликлари диагональ матрицаси;

$E=(E_i), i=1,2,\dots,m$ - тармоқ э.ю.к. лари устуни.

Электр энергетика тизимининг умумлашган ҳолат тенгламаси куйидаги кўринишда бўлади

$$A \times I = F$$

Бу ерда

$$A = \begin{bmatrix} M \\ NZ_a \end{bmatrix} \quad \text{электр энергетика тизими алмаштириш}$$

схемаси параметрлари матрицаси

$$F = \begin{bmatrix} J \\ E_c \end{bmatrix} \quad \text{электр энергетика тизими берилган параметрлари ва}$$

катталиклари матрицаси

2 - расмда берилган схема учун умумий тенгламани тузамиз

$$NZ_a = [1 \ -1 \ -1 \ 0] \begin{bmatrix} Z_1 & & & \\ & Z_2 & & \\ & & Z_3 & \\ & & & Z_4 \end{bmatrix} = [Z_1 \ -Z_2 \ -Z_3 \ 0],$$

$$E_x = NE = [1 \ -1 \ -1 \ 0] \begin{bmatrix} E_1 \\ E_2 \\ E_3 \\ E_4 \end{bmatrix} = [E_1 \ E_2 \ E_3 \ E_4] = [E_{ki}]$$

Аниқланган матрицалар асосида қўрилаётган электр энергетика тизимининг умумий тенгламасини ифodalаш мумкин:

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 & 1 & 0 \\ -1 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & -1 & -1 \\ Z_1 & -Z_2 & -Z_3 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \\ I_3 \\ I_4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} J_a \\ J_c \\ J_c \\ E_{ki} \end{bmatrix} \quad \text{ёки} \quad AI = F$$

2 ВАЗИФА

I вазифа асосида ҳосил қилинган $A \cdot I = F$ матрица кўринишидаги электр энергетика тизимини турғун ҳолат тенгламасини номаълумлари қуйидаги 3 усул ёрдамида ҳисоблансин

- а) тескари матрица усули;
 - б) бўлишнинг бирлик схемаси асосидаги Гаусс усули;
 - в) оддий кетма – кет яқинлашиш усули
- бу ерда

$$A = \begin{bmatrix} M \\ NZ_e \end{bmatrix}; \quad F = \begin{bmatrix} J \\ E_e \end{bmatrix}$$

I – тармоқ тоқлари матрицаси,

J – туғунга берилаётган ёки туғундан олинаётган берилган тоқлар матрицаси, (бу тоқларнинг қийматлари I таблицадан олинади),

M – биринчи инциденция матрицаси (Тармоқларнинг туғунларда уланишларини белгиловчи матрица),

N – иккинчи инциденция матрицаси (Тармоқларнинг мустақил контурларда уланишларини белгиловчи матрица),

$E_e = NE$ – контур э.ю.к.лари (ҳар бир мустақил контурга кирувчи тармоқлар э.ю.к. лари йиғиндисини – қийматлари таблица I дан олинади).

F – берилган параметр ва катталиқлар устун матрицаси.

Электр энергетика тизими турғун ҳолат тенгламасини тескари матрица усули билан ечишга мисол.

Тенгламалар системаси.

$$\begin{cases} I_1 + I_3 = 3 \\ -I_1 - I_2 = -3 \\ I_2 - I_3 - I_4 = -1 \\ 2I_1 - 2I_2 - 2I_3 = 0 \end{cases}$$

2 – вазифани бажариш учун маълумотлар

Таблица I

Схема улчамлари вариантлар	Z_1	Z_2	Z_3	Z_4	J	J	J	E
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	51	1	1	1	3	-1	-4	-2
2	52	2	2	3	4	-4	-1	8
3	53	3	3	4	3	-5	-1	-12
4	54	3	2	3	2	-6	-1	4
5	55	4	3	5	2	-1	-1	-2
6	56	2	3	2	3	-4	-1	5
7	57	2	2	2	3	-1	3	0

8	58	5	4	5	5	5	-1	-2	-2
9	59	5	6	6	6	5	-8	-7	6
10	60	2	2	2	1	4	-1	-3	3
11	61	2	3	2	3	3	-1	-4	-3
12	62	3	3	2	1	3	-4	-1	10
13	63	5	3	4	3	2	-5	-2	-10
14	64	4	4	4	4	1	-6	-1	12
15	65	1	3	5	1	5	-1	-2	-4
16	66	3	2	3	2	5	-4	-1	0
17	67	4	4	3	3	4	-1	-3	-7
18	68	1	2	1	2	8	-1	-4	-5
19	69	3	2	2	4	3	-6	-6	6
20	70	4	4	4	3	5	-1	-4	3
21	71	2	3	2	4	10	-1	-12	-3
22	72	3	4	3	4	5	-5	-1	-1
23	73	5	4	4	5	2	-5	-2	-15
24	74	5	4	5	4	2	-5	-3	2
25	75	6	3	2	5	6	-1	-1	-2
26	76	4	3	3	4	7	-5	-1	4
27	77	2	1	1	2	4	-1	-3	-1
28	78	3	2	4	2	11	-4	-5	-4
29	79	6	5	5	6	2	-3	-3	3
30	80	3	3	2	3	4	-2	-2	11
31	81	1	2	2	4	10	-1	-12	-3
32	82	4	3	3	3	5	-5	-1	5
33	83	3	4	4	4	3	-5	-2	-9
34	84	5	4	5	5	2	-5	-3	-8
35	85	2	5	1	1	6	-1	-3	-2
36	86	4	3	4	4	6	-4	-1	3
37	87	1	2	2	2	6	-1	-4	3
38	88	2	3	4	4	16	-4	-8	-12
39	89	4	5	5	5	4	-6	-5	5
40	90	1	1	2	2	5	-1	-4	7
41	91	2	2	2	2	4	-0	-7	-8
42	92	5	3	5	5	5	-6	-1	-4
43	93	2	3	3	3	3	-5	-2	-6
44	94	4	5	5	5	1	-4	-3	-8
45	95	1	2	2	2	10	-3	-4	-6
46	96	4	4	4	4	9	-7	-1	16
47	97	3	3	3	3	6	-1	-4	-3
48	98	4	6	5	5	12	-4	-5	-6
49	99	1	2	1	1	2	-3	-3	3
50	100	4	2	3	3	9	-2	-6	12

Матрица кўринишида.

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 & 1 & 0 \\ -1 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & -1 & -1 \\ 2 & -2 & -2 & 0 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \\ I_3 \\ I_4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 3 \\ -3 \\ -1 \\ 0 \end{bmatrix} \text{ ёки } \bar{A} \cdot I = F$$

бу ердан $I = A^{-1} \cdot F$

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 & 1 & 0 \\ -1 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & -1 & -1 \\ 2 & -2 & -2 & 0 \end{bmatrix} = 1 \begin{bmatrix} -1 & -1 & 0 \\ 1 & 1 & -1 \\ -2 & -2 & 0 \end{bmatrix} +$$

$$+ 1 \begin{bmatrix} -1 & -1 & 0 \\ 0 & 1 & -1 \\ 2 & -2 & 0 \end{bmatrix} = (-1)(-1)0 +$$

$$+ 0 + 0 - 0 - (-1)(-2)(-1) - 0 + (-1)10 + 0 +$$

$$+ 2(-1)(-1) - 0 - 0 -$$

$$- (-1)(-1)(-2) = 2 + 2 + 2 = 6 \neq 0.$$

яъни махсус бўлмаган матрица.

2. Транспонирланган матрица A^T (берилган A матрицага нисбаган).

$$A^T = \begin{bmatrix} 1 & -1 & 0 & 2 \\ 0 & -1 & 1 & -2 \\ 1 & 0 & -1 & -2 \\ 0 & 0 & -1 & 0 \end{bmatrix}$$

3. A^T матрицанинг ҳар бир элементини унинг алгебраик тўлдирувчиси A_{ij} билан алмаштириб қўшма матрица \tilde{A} ни ҳосил қиламиз.

$$\tilde{A} = \begin{bmatrix} A_{11} & A_{12} & A_{13} & A_{14} \\ A_{21} & A_{22} & A_{23} & A_{24} \\ A_{31} & A_{32} & A_{33} & A_{34} \\ A_{41} & A_{42} & A_{43} & A_{44} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 2 & -2 & 0 & 1 \\ -2 & -4 & 0 & -1 \\ 0 & 2 & 0 & -1 \\ -6 & -6 & -6 & 0 \end{bmatrix}$$

бу ерда

$$A_{11} = (-1)^{1+1} \begin{vmatrix} -1 & 1 & -2 \\ 0 & -1 & -2 \\ 0 & -1 & 0 \end{vmatrix} = (-1)(-1)0 + 0 + 0 - 0 - (-1)(-1)(-2) - 0 = 2$$

$$A_{12} = (-1)^{1+2} \begin{vmatrix} 0 & -1 & -2 \\ 1 & -1 & -2 \\ 0 & -1 & 0 \end{vmatrix} = -(0 + 0 + 1(-2)(-1) - 0 - 0 - 0) = -2$$

$$A_{13} = (-1)^{1+3} \begin{vmatrix} 0 & -1 & -2 \\ 1 & 0 & -2 \\ 0 & 0 & 0 \end{vmatrix} = 0$$

$$A_{14} = (-1)^{1+4} \begin{vmatrix} 0 & -1 & 1 \\ 1 & 0 & -1 \\ 0 & 0 & -1 \end{vmatrix} = -(0 + 0 + 0 - 0 - 1(-1)(-1)) = 1$$

$$A_{21} = (-1)^{2+1} \begin{vmatrix} -1 & 0 & 2 \\ 0 & -1 & -2 \\ 0 & -1 & 0 \end{vmatrix} = -(0 + 0 + 0 - 0 - (-1)(-1)(-2) - 0) = -2$$

$$A_{22} = (-1)^{2+2} \begin{vmatrix} 1 & 0 & 2 \\ 1 & -1 & -2 \\ 0 & -1 & 0 \end{vmatrix} = 0 + 0 + 1 \cdot 2(-1) - 0 - 0 - 1(-2) = -4$$

$$A_{23} = (-1)^{2+3} \begin{vmatrix} 1 & -1 & 2 \\ 1 & 0 & -2 \\ 0 & 0 & 0 \end{vmatrix} = 0$$

$$A_{24} = (-1)^{2+4} \begin{vmatrix} 1 & -1 & 0 \\ 1 & 0 & -1 \\ 0 & 0 & -1 \end{vmatrix} = 0 + 0 + 0 - 0 - 0 - 1(-1)(-1) = -1$$

$$A_{31} = (-1)^{3+1} \begin{vmatrix} -1 & 0 & 2 \\ -1 & 1 & -2 \\ 0 & -1 & 0 \end{vmatrix} = 0 + 0 + 2(-1)(-1) - 0 - 0 - (-1)(-1)(-2) = 4$$

$$A_{32} = (-1)^{3+2} \begin{vmatrix} 1 & 0 & 2 \\ 0 & 1 & -2 \\ 0 & -1 & 0 \end{vmatrix} = -(0+0+0-0-0-1 \cdot (-1)(-2)) = 2$$

$$A_{33} = (-1)^{3+3} \begin{vmatrix} 1 & -1 & 2 \\ 0 & -1 & -2 \\ 0 & 0 & 0 \end{vmatrix} = 0$$

$$A_{34} = (-1)^{3+4} \begin{vmatrix} 1 & -1 & 0 \\ 0 & 1 & 1 \\ 0 & -1 & -1 \end{vmatrix} = -(1(-1)(-1)+0+0-0-0-0) = -1$$

$$A_{41} = (-1)^{4+1} \begin{vmatrix} -1 & 0 & 2 \\ -1 & 1 & -2 \\ 0 & -1 & -2 \end{vmatrix} = -(-1(-1)(-2)+0+2(-1)(-1)-0-0-(-1)(-2)(-1)) = -6$$

$$A_{42} = (-1)^{4+2} \begin{vmatrix} 1 & 0 & 2 \\ 0 & 1 & -2 \\ 1 & -2 & -2 \end{vmatrix} = (1 \cdot 1(-2)+0+0-2 \cdot (1) \cdot 1-0-1(-2)(-1)) = -6$$

$$A_{43} = (-1)^{4+3} \begin{vmatrix} 1 & -1 & 2 \\ 0 & -1 & -2 \\ 1 & 0 & -2 \end{vmatrix} = -(1 \cdot (-1)(-2)+1(-1)(-2)+0-1(-1)2-0-0) = -6$$

$$A_{44} = (-1)^{4+4} \begin{vmatrix} 1 & -1 & 0 \\ 0 & -1 & 1 \\ 1 & 0 & -1 \end{vmatrix} = 1(-1)(-1) + 1(-1) \cdot 1 + 0 \cdot 0 - 0 = 0$$

Тесқари матрица A^{-1} ни ҳисоблаймиз

$$A^{-1} = \frac{1}{\Delta} \tilde{A} = \frac{1}{6} X$$

Ҳақиқатдан ҳам $A \times A^{-1} = E$ эканлигини текшираимиз

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 & 1 & 0 \\ -1 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & -1 & -1 \\ 2 & -2 & -2 & 0 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \frac{1}{3} & -\frac{1}{3} & 0 & \frac{1}{6} \\ -\frac{1}{3} & -\frac{2}{3} & 0 & \frac{1}{6} \\ \frac{2}{3} & \frac{1}{3} & 0 & -\frac{1}{6} \\ -1 & -1 & -1 & 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 \cdot \frac{1}{3} + 0 \cdot (-\frac{1}{3}) + 1 \cdot \frac{2}{3} + (-1) \cdot 0 \\ -1 \cdot \frac{1}{3} + (-1) \cdot (-\frac{1}{3}) + 0 \cdot \frac{2}{3} + 0 \cdot (-1) \\ 0 \cdot \frac{1}{3} + 1 \cdot (-\frac{1}{3}) + (-1) \cdot \frac{2}{3} + (-1) \cdot (-1) \\ 2 \cdot \frac{1}{3} + (-2) \cdot (-\frac{1}{3}) + (-2) \cdot \frac{2}{3} + 0 \cdot (-1) \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} 1 \cdot (-\frac{1}{3}) + 0 \cdot (-\frac{2}{3}) + 1 \cdot \frac{1}{3} + 0 \cdot (-1) & 0 + 0 + 0 + 0 & 1 \cdot \frac{1}{6} + 0 \cdot (-\frac{1}{6}) + 1 \cdot (-\frac{1}{6}) + 1 \cdot (-\frac{1}{6}) + 0 \\ -1 \cdot (-\frac{1}{3}) + (-1) \cdot (-\frac{2}{3}) + 0 \cdot \frac{1}{3} + 0 \cdot (-1) & -1 \cdot 0 + (-1) \cdot 0 + 0 + 0 \cdot (-1) & -1 \cdot \frac{1}{6} + (-1) \cdot (-\frac{1}{6}) + 0 \cdot (-\frac{1}{6}) + 0 \\ 0 \cdot (-\frac{1}{3}) + 1 \cdot (-\frac{2}{3}) + (-1) \cdot \frac{1}{3} + (-1) \cdot (-1) & 0 \cdot 0 + 1 \cdot 0 + (-1) \cdot 0 + (-1) \cdot (-1) & 0 \cdot \frac{1}{6} + 1 \cdot (-\frac{1}{6}) + (-1) \cdot (-\frac{1}{6}) + 0 \\ 2 \cdot (-\frac{1}{3}) + (-2) \cdot (-\frac{2}{3}) + (-2) \cdot \frac{1}{3} + 0 \cdot (-1) & 2 \cdot 0 + (-2) \cdot 0 + (-2) \cdot 0 + 0 \cdot (-1) & 2 \cdot \frac{1}{6} + (-2) \cdot (-\frac{1}{6}) + (-2) \cdot (-\frac{1}{6}) + 0 \end{bmatrix}$$

тенглама
илдиэлари

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \\ I_3 \\ I_4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{1}{3} & -\frac{1}{3} & 0 & \frac{1}{6} \\ -\frac{1}{3} & -\frac{2}{3} & 0 & -\frac{1}{6} \\ \frac{2}{3} & \frac{1}{3} & 0 & -\frac{1}{6} \\ -1 & -1 & -1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 3 \\ -3 \\ -1 \\ 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{1}{3} \cdot 3 + (-\frac{1}{3}) \cdot (-3) + 0 + 0 \\ -\frac{1}{3} \cdot 3 + (-\frac{2}{3}) \cdot (-3) + 0 + 0 \\ \frac{2}{3} \cdot 3 + \frac{1}{3} \cdot (-3) + 0 + 0 \\ -3 + 3 + 1 + 0 \end{bmatrix} = \text{ни}$$

топамиз

$$\begin{bmatrix} 2 \\ 1 \\ 1 \\ 1 \end{bmatrix}$$

ёки $I_1 = 2A, \quad I_2 = 1A,$
 $I_3 = 1A, \quad I_4 = 1A.$

2. Электр энергетика тизими холат тенгламасини Гауссинг бўлишининг бирлик схемаси асосида ечиш.

Тенгламани ечинг:

$$\begin{aligned} I_1 + I_3 &= 3; \\ -I_1 - I_2 &= -1; \\ I_2 - I_3 - I_4 &= -1; \\ 2I_1 - 2I_2 - 2I_4 &= 0 \end{aligned}$$

Тўғри йўл тенгламалар тизимининг коэффициентларини ва оюд хадларни, уларнинг йиғинди суммасини А бўлимга кўчириб ёзишдан бошланади. В, бўлимнинг элементларини топниш учун А бўлим биринчи

катор элементларини "бошловчи элемент" a_{11} (кўрилатган мисолда 1 га тенг) бўламиз.

$A^{(1)}$ бўлимнинг элементлари ҳисоблаш схемасига мос равишда A бўлим элементлари асосида аниқланади:

$$\begin{aligned} a_{22}^{(1)} &= a_{22} - a_{21} \cdot a_{11} = -1 - (-1) \cdot 0 = -1 \\ a_{23}^{(1)} &= a_{23} - a_{21} \cdot a_{13} = 0 - (-1) = 1, \dots \\ a_{32}^{(1)} &= a_{32} - a_{31} \cdot a_{12} = 1 - 0 - 0 = 1 \\ a_{33}^{(1)} &= a_{33} - a_{31} \cdot a_{13} = 1 - 0 \cdot 1 = 1, \dots \end{aligned}$$

B_2 бўлимнинг элементларини ҳисоблашда "бошловчи элемент" бўлиб $a_{22}^{(1)} = -1$ қабул қилинади. Аналогик ҳолда схеманинг (таблицанинг) $A^{(2)}$ и $A^{(3)}$ бўлиmlари элементлари ҳам топилади.

Тескари йўл B бўлимнинг озод ҳади асосида нормалумларни топишдан бошланади.

$$I_4 = B_{45} = 1A.$$

Тенгламалар тизимини Гаусснинг бўлишни бирлик схемаси асосида ечиш

2 таблица

a_1	a_2	a_3	a_4	Озод ҳад a_5	Назорат ΣA_n	Бўлим	Илова
1	0	1	0	3	5	A	
-1	-1	0	0	-3	-5		
0	1	-1	-1	-1	-2		
2	-2	-2	0	-0	-2		
1	0	1	0	3	5	B_1	
	-1	1	0	0	0	A^1	
	1	-1	-1	-1	-2		
	-2	-4	0	-6	-12		
	1	-1	0	0	0	B_2	
		0	-1	-1	-2	A^{1*}	
		-6	0	-6	-12		
		-6	0	-1	-12	A^{11}	Чунки A^{11*} бўлимда элемент $a_{33} = 0$
		0	-1	-6	-2		
		1	0	1	2	B_3	
			-1	-1	2	A^{111}	
			1	1	2	B_4	

$$I_4 = v_{45} = 1.$$

Қолган номаълумлар I_3 , I_2 ва I_1 нинг қийматлари таблиц асосида осон топилади:

$$I_3 = e_{35} - e_{34} \cdot I_4 = 1 - 0 \cdot 1 = 1,$$

$$I_2 = e_{25} - e_{24} \cdot I_4 - e_{23} \cdot I_3 = 0 - 0 \cdot 1 - (-1) \cdot 1 = 1,$$

$$I_1 = e_{15} - e_{14} \cdot I_4 - e_{13} \cdot I_3 - e_{12} \cdot I_2 = 3 - 0 \cdot 1 - 1 \cdot 1 = 2$$

Демак $I_1 = 2A$; $I_2 = 1A$; $I_3 = 1A$; $I_4 = 1A$.

Текшириш: $I_1 + I_3 = 3 \iff 2 + 1 = 3$

3. Электр энергетика тизимини қолат тенгласини оддий кетма-кет яқинлаштиш усулида ечиш.

- Тенгламалар тизимини ечинг

$$(*) \begin{cases} I_1 + I_3 = 3 \\ -I_1 - I_2 = -3 \\ I_2 - I_3 - I_4 = -1 \\ 2I_1 - 2I_2 - 2I_3 = 0 \end{cases}$$

Диагонал коэффициентлар $1; -1; -1; 0$ системанинг бошқа коэффициентларидан анча катта бўлганлиги ҳисоблаш жараёни яқинлашади

Номаълумларга нисбатан тенгламалар системасини ёзамиз

$$(1) \begin{cases} I_1 = 3 - I_3 \\ I_2 = -3 + I_1 \\ I_3 = I_1 - I_2 \\ I_4 = I_1 + I_2 - I_3 \end{cases}$$

Ёки матрица кўринишида:

$$\begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \\ I_3 \\ I_4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 3 \\ -3 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 & 0 & -1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & -1 & 0 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \\ I_3 \\ I_4 \end{bmatrix}$$

Системанинг бошланғич яқинлаштиш ечимларини қабул қиламиз

$$I_1^{(0)} = 3; \quad I_2^{(0)} = -3.$$

$$I_3^{(0)} = 0; \quad I_4^{(0)} = 1.$$

Ушбу қийматларни (1) тенгламалар системасининг ўнг томониغا қўйиб счимларни ҳисоблаймиз.

$$I_1^{(1)} = 3 - 0 = 3,$$

$$I_2^{(1)} = -3 + 3 = 0,$$

$$I_3^{(1)} = 0 - (-3) + 0 = 3,$$

$$I_4^{(1)} = 1 - 3 + 0 = -2$$

1/ системанинг номаълумлари ўрнига топилган қийматларни қўйиб иккинчи, учинчи ва бошқа ёқинлашишлар кўринишидаги счимларнинг қийматларини топамиз.

$$I_1^{(2)} = 3 - 3 = 0,$$

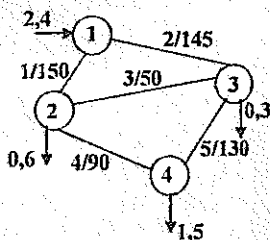
$$I_2^{(2)} = -3 + 3 = 0,$$

$$I_3^{(2)} = 0 + 3 + 0 = 3,$$

$$I_4^{(2)} = 1 + 0 - 3 = -2$$

Масалани ечиш счимларни берилган аниқликда ҳисоблангунча давом эттирилади.

Мисол 3. Уч истеъмолчи ва бир манбадан иборат электр энергетика тизимини ўзаро боғловчи электр узатиш тармоқларини оптимал уланишлар схемаси иктисодий потенциаллар усулида топилсин.

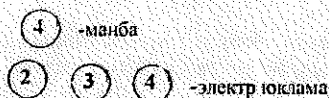


Электр узатишлар тармоқларининг мумкин бўлган уланишлар схемаси

Айлана ичидаги сон – тугун номери;

Суратдаги сон – тармоқ номери;

Махраждаги сон – тармоқ узунлиги км.



Иқтисодий потенциаллар усули бир неча қадамлар натижасида танлаб олинган таянч ечимдан оптимал ечимни ҳисоблаб олиш имконини беради.

Ҳисоблар олиб боришнинг умумий кетма-кетлиги қуйидагича. Берилган таянч ечим учун схемада қувват оқишига мос равишда ҳар бир тугунга мос иқтисодий потенциаллар ҳисобланади. Ҳисобларнинг негизида ҳар бир тармоқдан бирлик қувватни узатиш учун қилувчи сарф – харажатларни миқдори ётади, яъни масалан К ва L тугунлари орасида бирлик қувватни узатиш учун қилинган сарф – жаражатлар C_{kl} асос бўлади. Агар ҳисобланаётган ечимга кирмаган тармоқлар учун (масалан К ва I тугунлар учун иқтисодий потенциаллар фарқи U_{kl}) шу тармоқда бирлик қувватни узатиш учун қилинган иқтисодий сарф-харажатлар $C_{кк}$ дан кичик ва унга тенг бўлса электр узатиш тармоқларининг оптимал уланиши топилган ҳисобланади, акс ҳолда эса янги таянч ечим учун кўрсатилган йўл асосида янги схема қурилади. Бир неча ҳисоблардан сўнг электр узатишлар тармоқларининг оптимал схемаси топилади.

Ҳисоблар учун бошланғич маълумотлар 3 таблицада аниқланган, бу ерда k, l индекслар билан тармоқларни чегараловчи тугунлар кўрсатилган.

Тармоқларда бирлик қувватни узатиш учун қилинган сарф – харажатлар қуйидаги чиқиқли боғлиқликдан топилади

$$C_j = C_j l_j = 2,04 l_j$$

Бу ерда l_j j индекси билан белгиланган тармоқнинг узунлиги .

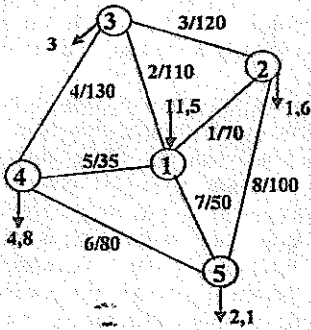
3 ТАБЛИЦА

Тармоқ номери j	j ни чегараловчи k ва l тугунлар номери	Тармоқ узунлиги l_j км	$C_j = C_{kl}$ н.б.
1	1-2	150	306,0
2	1-3	145	295,8
3	3-2	50	102,0
4	2-4	90	183,6
5	3-4	130	265,2

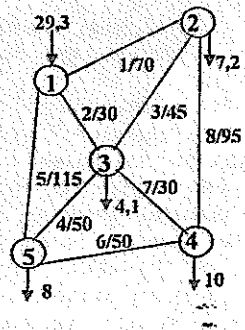
3 ВАЗИФА

Электр энергетиканинг чизиқли дастурлаш масалалари график ва иктисодий потенциаллар усули ёрдамида тадқиқ қилинсин.

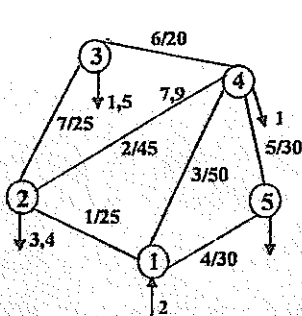
1,26,51,76 вариантлар



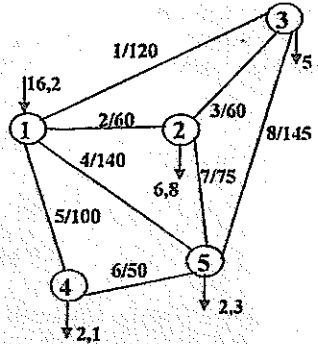
2, 27, 52, 77 вариантлар



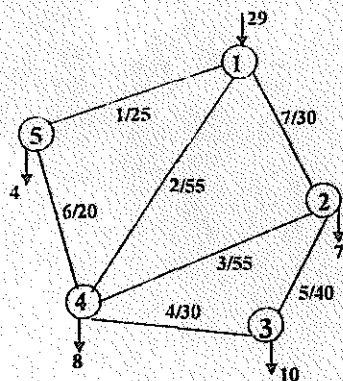
3,28,53,78 вариантлар



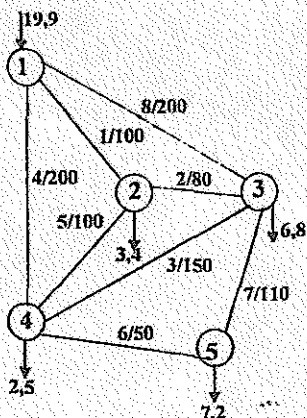
4, 29, 54, 79 вариантлар



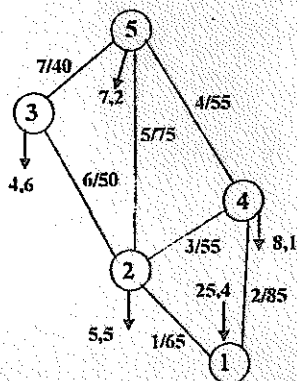
5,30,55,80 вариантлар



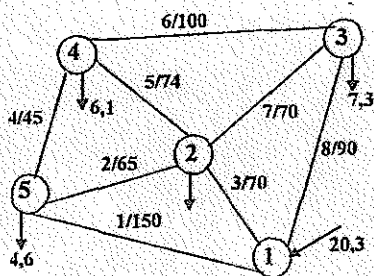
6,31,56,81 вариантлар



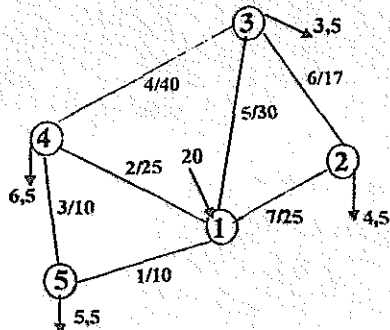
7,32,57,82 вариантлар



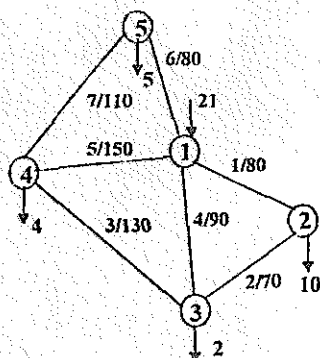
8,33,58,83 вариантлар



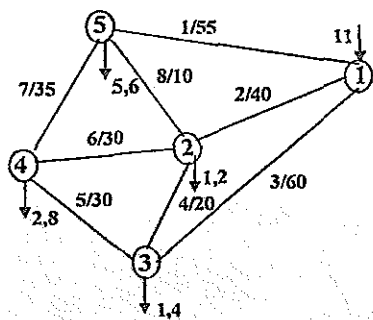
9, 34, 59, 84 вариантлар



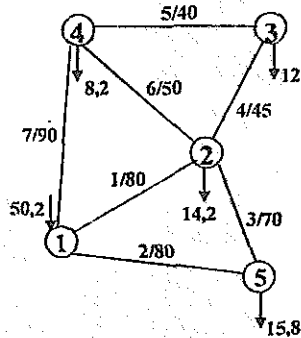
10, 35, 60, 85 вариантлар



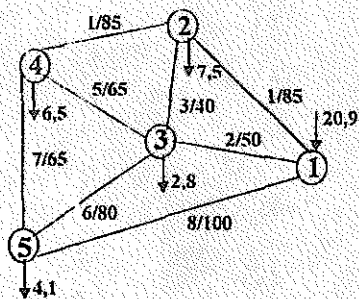
11, 36, 61, 86 вариантлар



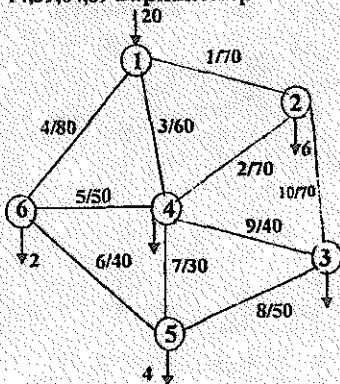
12, 37, 62, 87 вариантлар



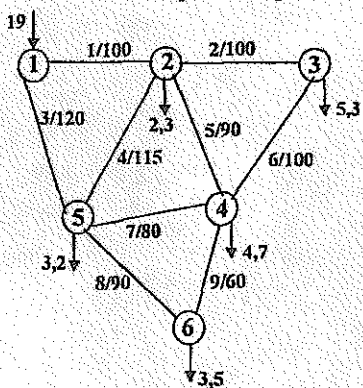
13,38,63,88 вариантлар



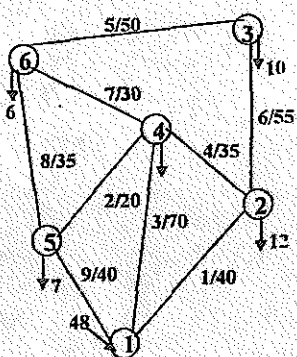
14,39,64,89 вариантлар



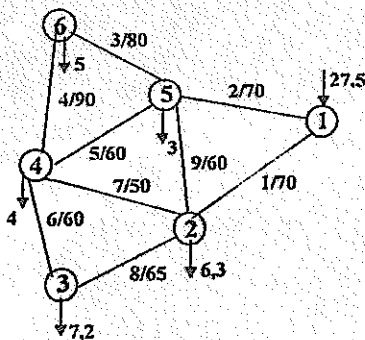
15,40,65,90 вариантлар



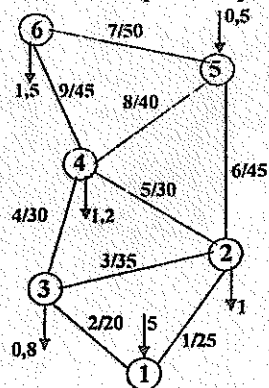
16,41,66,91 вариантлар



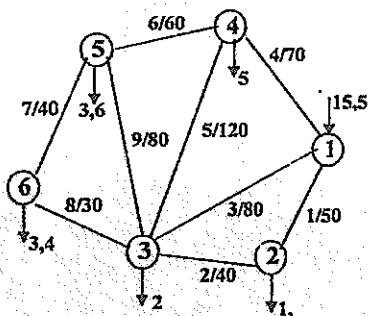
17,42,67,92 вариантлар



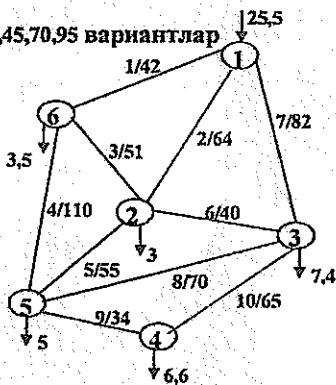
18,43,68,93 вариантлар



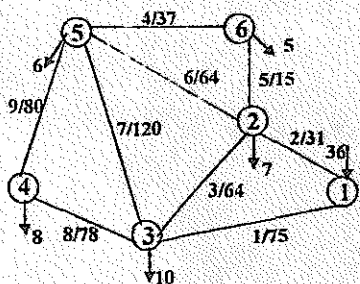
19,44,69,94 вариантлар



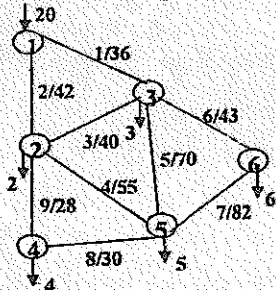
20,45,70,95 вариантлар



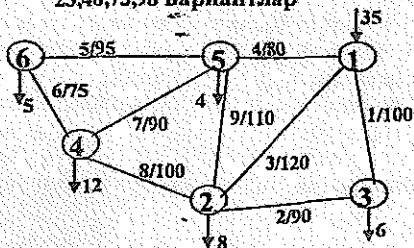
21,46,71,96 вариантлар



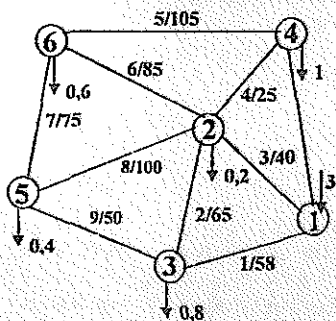
22,47,72,97 вариантлар



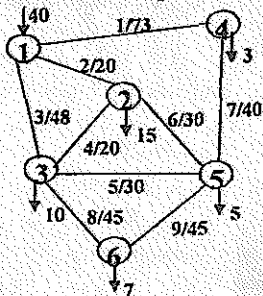
23,48,73,98 вариантлар



24,49,74,99 вариантлар



25,50,75,100 вариантлар



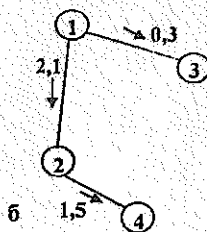
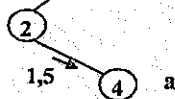
Бошланғич схема – таянч ечимни очик тармоқлар кўринишида тузамиз, масалан 5-расмда кўрсатилган каби ва у схема тугунлари учун иктисодий потенциалларни аниқлаймиз:

$$U_1^{(0)} = 0;$$

$$U_3^{(0)} = U_1^{(0)} + C_{13} = 295,8;$$

$$U_2^{(0)} = U_3^{(0)} + C_{32} = 295,8 + 102,0 = 397,8;$$

$$U_4^{(0)} = U_2^{(0)} + C_{24} = 397,8 + 183,6 = 581,4;$$



5-расм. Электр энергетиканинг чизикли дастурлаш масалалари график ва иктисодий потенциаллар усули ёрдамида тадқиқ қилинган мисол (а, б – солиштирилаётган схемалар).

Йўналиши кўрсатилган сон нисбий бирликдаги узатилаётган қувватнинг йўналиши ва микдори.

Таянч ечимга кирмаган тармоқлар учун потенциаллар фарқини ҳисоблаймиз:

$$U_{21}^{(0)} = U_2^{(0)} - U_1^{(0)} = 397,8;$$

$$U_{43}^{(0)} = U_4^{(0)} - U_3^{(0)} = 581,4 - 397,8 = 183,6.$$

Мезон тенгсизлигини бажарилишлигини текшираимиз:

$$|U_{ij}^{(0)}| \leq C_{ij} \quad //$$

Олинган натижаларга мос равишда:

$$|U_{21}^{(0)}| = 397,8 > 306,0;$$

$$|U_{43}^{(0)}| = 183,6 < 265,2.$$

кўриниб турибдики, // оптималлик мезони 1-2 тармоқлар учун бажарилмади.

Оптималлик мезони бузилган 1 ва 2 тугунлар орасида узатилаётган қувват оқимининг энг кичик микдорини аниқлаймиз. $P_{13} = 2,4$; $P_{32} = 2,1$ қувват оқимлари орасида энг кичиги P_{32} .

5, б, расмга мос келувчи янги таянч ечим тузамиз, бунда 1-2 тармоқ схемага киритилади ва 3-2 тармоқ схемадан чиқарилади.

Янги таянч ечим учун тугунлар иктисодий потенциалларини топамиз.

$$U_1^{(1)} = 0;$$

$$U_2^{(1)} = U_1^{(1)} + C_{11} = 295,8;$$

$$U_2^{(1)} = U_1^{(1)} + C_{12} = 306,0;$$

$$U_3^{(1)} = U_2^{(1)} + C_{21} = 306,0 + 183,6 = 489,6;$$

Янги таянч счымга кирмаган тармоқлар учун иқтисодий потенциаллар фарқини ҳисоблаймиз:

$$U_{23}^{(1)} = 306,0 - 295,8 = 10,2$$

$$U_{43}^{(1)} = 489,6 - 295,8 = 193,8$$

Оптималлик мезонини // бажарилишини текшираимиз:

$$|U_{32}^{(1)}| = 10,2 < 102,0$$

$$|U_{43}^{(1)}| = 193,8 < 265,2$$

Тенгсизлик қаноатлантирилди, демак оптимал счим топилди.

АДАБИЁЛАР РЎЙХАТИ

1. Под ред. Веникова В.А. Математические задачи энергетики. Серия Электрические системы. М., Высшая школа, 1981.
2. Вентцель Е.С. Исследование операции. М.: Знание 1976.
3. Под ред. Захарова В.К. Теория вероятности. Учебник для инженеров технических специальностей. М.: Наука 1983.
4. Щербачев Ш.В. Зейлигер А.Н., Кодомская К.П., и др. Применение цифровых вычислительных машин в энергетике. Л., Ленинград отд. 1980.

Боснишга рухсат этилди 27.04.2004 й. Бичими 60x84 1/16.
Шарли босма табағи 2. Нухаси 50 дон. Булортма № 277.
ТДТУ босмаҳонасида чоп этилди. Топкент ш, Талабалар кўчаси 54.

