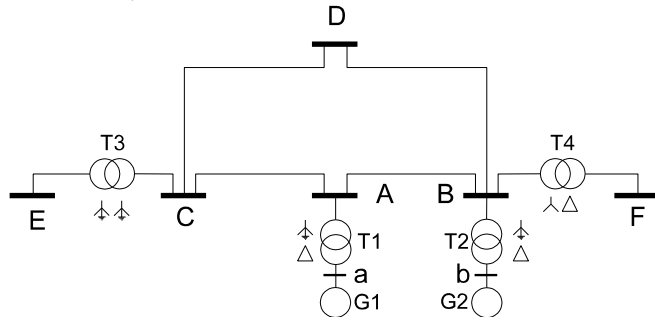
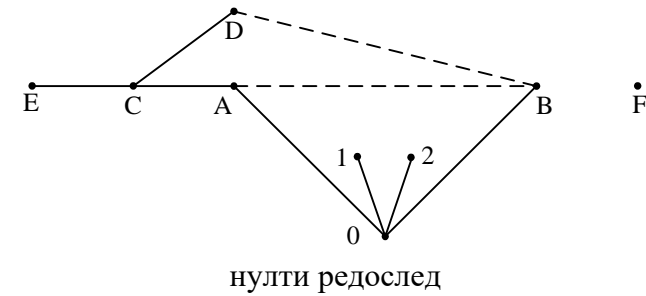
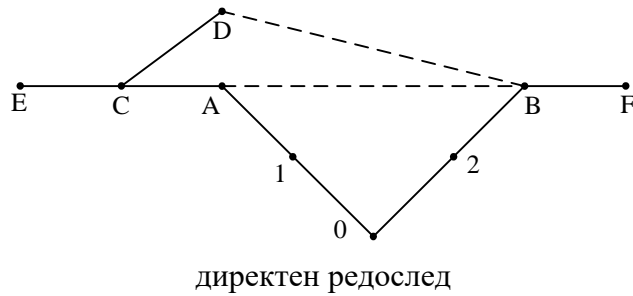


Задача 6. За ЕЕС прикажан на сликата, со помош на алгоритмот за постапно формирање на матрицата на импеданции на системот, да се формираат матриците на импеданции за директниот и нултиот систем.



Елемент	Податоци за елементите	
	Реактанции (p.u.)	
	Директен систем	Нулти систем
Генератор G1	10	10
Генератор G2	25	25
Трансформатор T1	10	10
Трансформатор T2	25	25
Трансформатор T3	37	37
Трансформатор T4	25	25
Вод А-В	30	90
Вод А-С	24	70.8
Вод В-Д	15	54
Вод С-Д	30	90

Решение:



Матрица за нулти редослед

Чекор: 1 :: Гранка од стеблото :: 0-1(G1); k=0 - нов јазол=1 m=1; $Z_{k-m} = (0, 10)$; $Z(i,1) = Z(1,i) = Z(0,i)$, $i=1$, n_j-1
 $Z(1,1) = Z(0,0) + Z_{k-m} = (0, 0) + (0, 10) = (0, 10)$

X 1 1

1 10

Чекор: 2 :: Гранка од стеблото :: 1-A(T1); k=0 - нов јазол=A m=2; $Z_{k-m} = (0, 10)$; $Z(i,2) = Z(2,i) = Z(0,i)$, $i=1$, n_j-1
 $Z(2,2) = Z(0,0) + Z_{k-m} = (0, 0) + (0, 10) = (0, 10)$

X 1 1 2 A

1 10 0
2 0 10

Чекор: 3 :: Гранка од стеблото :: 0-2(G2); k=0 - нов јазол=2 m=3; $Z_{k-m} = (0, 25)$; $Z(i,3) = Z(3,i) = Z(0,i)$, $i=1$, n_j-1
 $Z(3,3) = Z(0,0) + Z_{k-m} = (0, 0) + (0, 25) = (0, 25)$

X	1 1	2 A	3 2
1	10	0	0
2	0	10	0
3	0	0	25

Чекор: 4 :: Гранка од стеблото :: 2-B(T2); k=0 - нов јазол=B m=4; Zk-m=(0, 25); Z(i,4) = Z(4,i) = Z(0,i), i=1, nj-1
 $Z(4,4) = Z(0,0) + Z_{k-m} = (0, 0) + (0, 25) = (0, 25)$

X	1 1	2 A	3 2	4 B
1	10	0	0	0
2	0	10	0	0
3	0	0	25	0
4	0	0	0	25

Чекор: 5 :: Спојница A-B; k=2; m=4; Zk-m(0, 90)

Xпом.ред.	1 1	2 A	3 2	4 B
1	0	10	0	-25

Zпом. = Zпом.ред.(2) - Zпом.ред.(4) + Zk-m = (0, 10) - (0, -25) + (0, 90) = (0, 125)
 $Z(i,j) = Z(i,j) - Zпом.ред.(i) \cdot Zпом.ред.(j) / Zпом., i, j = 1, nj$

Xнова	1 1	2 A	3 2	4 B
1	10	0	0	0
2	0	9.2	0	2
3	0	0	25	0
4	0	2	0	20

Чекор: 6 :: Гранка од стеблото :: A-C; k=2 - нов јазол=C m=5; Zk-m=(0, 70.8); Z(i,5) = Z(5,i) = Z(2,i), i=1, nj-1
 $Z(5,5) = Z(2,2) + Z_{k-m} = (0, 9.2) + (0, 70.8) = (0, 80)$

X	1 1	2 A	3 2	4 B	5 C
1	10	0	0	0	0
2	0	9.2	0	2	9.2
3	0	0	25	0	0
4	0	2	0	20	2
5	0	9.2	0	2	80

Чекор: 7 :: Гранка од стеблото :: C-D; k=5 - нов јазол=D m=6; Zk-m=(0, 90); Z(i,6) = Z(6,i) = Z(5,i), i=1, nj-1
 $Z(6,6) = Z(5,5) + Z_{k-m} = (0, 80) + (0, 90) = (0, 170)$

X	1 1	2 A	3 2	4 B	5 C	6 D
1	10	0	0	0	0	0
2	0	9.2	0	2	9.2	9.2

3	0	0	25	0	0	0
4	0	2	0	20	2	2
5	0	9.2	0	2	80	80
6	0	9.2	0	2	80	170

Чекор: 8 :: Спојница В-D; k=4; m=6; Zk-m(0, 54)

Хпом.ред.	1 1	2 А	3 2	4 В	5 С	6 D
1	0	-7.2	0	18	-78	-168

Zпом. = Zпом.ред.(4) - Zпом.ред.(6) + Zk-m = (0, 18) - (0, -168) + (0, 54) = (0, 240)

Z(i,j) = Z(i,j) - Zпом.ред.(i)·Zпом.ред.(j) / Zпом., i, j = 1, nj

Хнова	1 1	2 А	3 2	4 В	5 С	6 D
1	10	0	0	0	0	0
2	0	8.984	0	2.54	6.86	4.16
3	0	0	25	0	0	0
4	0	2.54	0	18.65	7.85	14.6
5	0	6.86	0	7.85	54.65	25.4
6	0	4.16	0	14.6	25.4	52.4

Чекор: 9 :: Гранка од стеблото :: Е-С(Т3); k=5 - нов јазол=Е m=7; Zk-m = (0, 37); Z(i,7) = Z(7,i) = Z(5,i), i=1, nj-1

Z(7,7) = Z(5,5) + Zk-m = (0, 54.65) + (0, 37) = (0, 91.65)

X	1 1	2 А	3 2	4 В	5 С	6 D	7 E
1	10	0	0	0	0	0	0
2	0	8.984	0	2.54	6.86	4.16	6.86
3	0	0	25	0	0	0	0
4	0	2.54	0	18.65	7.85	14.6	7.85
5	0	6.86	0	7.85	54.65	25.4	54.65
6	0	4.16	0	14.6	25.4	52.4	25.4
7	0	6.86	0	7.85	54.65	25.4	91.65

Матрица за директен и инверзен редослед

Чекор: 1 :: Гранка од стеблото :: 0-1(G1); k=0 - нов јазол=1 m=1; Zk-m = (0, 10); Z(i,1) = Z(1,i) = Z(0,i), i=1, nj-1

Z(1,1) = Z(0,0) + Zk-m = (0, 0) + (0, 10) = (0, 10)

X 1 1

1 10

Чекор: 2 :: Гранка од стеблото :: 1-A(T1); k=1 - нов јазол=А m=2; Zk-m = (0, 10); Z(i,2) = Z(2,i) = Z(1,i), i=1, nj-1

Z(2,2) = Z(1,1) + Zk-m = (0, 10) + (0, 10) = (0, 20)

X 1 1 2 А

1	10	10
2	10	20

Чекор: 3 :: Гранка од стеблото :: 0-2(G2); k=0 - нов јазол=2 m=3; Zk-m=(0, 25); Z(i,3) = Z(3,i) = Z(0,i), i=1, nj-1
 Z(3,3) = Z(0,0) + Zk-m=(0, 0) + (0, 25) = (0, 25)

X	1 1	2 A	3 2
1	10	10	0
2	10	20	0
3	0	0	25

Чекор: 4 :: Гранка од стеблото :: 2-B(T2); k=3 - нов јазол=B m=4; Zk-m=(0, 25); Z(i,4) = Z(4,i) = Z(3,i), i=1, nj-1
 Z(4,4) = Z(3,3) + Zk-m=(0, 25) + (0, 25) = (0, 50)

X	1 1	2 A	3 2	4 B
1	10	10	0	0
2	10	20	0	0
3	0	0	25	25
4	0	0	25	50

Чекор: 5 :: Спојница A-B; k=2; m=4; Zk-m(0, 30)

Xпом.ред.	1 1	2 A	3 2	4 B
1	10	20	-25	-50

Zпом. = Zпом.ред.(2) - Zпом.ред.(4) + Zk-m = (0, 20) - (0, -50) + (0, 30)=(0, 100)
 Z(i,j) = Z(i,j) - Zпом.ред.(i)·Zпом.ред.(j) / Zпом., i, j = 1, nj

Xнова	1 1	2 A	3 2	4 B
1	9	8	2.5	5
2	8	16	5	10
3	2.5	5	18.75	12.5
4	5	10	12.5	25

Чекор: 6 :: Гранка од стеблото :: A-C; k=2 - нов јазол=C m=5; Zk-m=(0, 24); Z(i,5) = Z(5,i) = Z(2,i), i=1, nj-1
 Z(5,5) = Z(2,2) + Zk-m=(0, 16) + (0, 24) = (0, 40)

X	1 1	2 A	3 2	4 B	5 C
1	9	8	2.5	5	8
2	8	16	5	10	16
3	2.5	5	18.75	12.5	5
4	5	10	12.5	25	10
5	8	16	5	10	40

Чекор: 7 :: Гранка од стеблото :: C-D; k=5 - нов јазол=D m=6; Zk-m=(0, 30); Z(i,6) = Z(6,i) = Z(5,i), i=1, nj-1

$$Z(6,6) = Z(5,5) + Z_{k-m} = (0, 40) + (0, 30) = (0, 70)$$

X	1 1	2 A	3 2	4 B	5 C	6 D
1	9	8	2.5	5	8	8
2	8	16	5	10	16	16
3	2.5	5	18.75	12.5	5	5
4	5	10	12.5	25	10	10
5	8	16	5	10	40	40
6	8	16	5	10	40	70

Чекор: 8 :: Спојница B-D; k=4; m=6; $Z_{k-m}(0, 15)$

Xпом.ред.	1 1	2 A	3 2	4 B	5 C	6 D
1	-3	-6	7.5	15	-30	-60

$$Z_{\text{пом.}} = Z_{\text{пом.ред.}}(4) - Z_{\text{пом.ред.}}(6) + Z_{k-m} = (0, 15) - (0, -60) + (0, 15) = (0, 90)$$

$$Z(i, j) = Z(i, j) - Z_{\text{пом.ред.}}(i) \cdot Z_{\text{пом.ред.}}(j) / Z_{\text{пом.}}, i, j = 1, n_j$$

Xнова	1 1	2 A	3 2	4 B	5 C	6 D
1	8.9	7.8	2.75	5.5	7	6
2	7.8	15.6	5.5	11	14	12
3	2.75	5.5	18.125	11.25	7.5	10
4	5.5	11	11.25	22.5	15	20
5	7	14	7.5	15	30	20
6	6	12	10	20	20	30

Чекор: 9 :: Гранка од стеблото :: E-C(T3); k=5 - нов јазол=E m=7; $Z_{k-m} = (0, 37)$; $Z(i, 7) = Z(7, i) = Z(5, i), i=1, n_j-1$

$$Z(7, 7) = Z(5, 5) + Z_{k-m} = (0, 30) + (0, 37) = (0, 67)$$

X	1 1	2 A	3 2	4 B	5 C	6 D	7 E
1	8.9	7.8	2.75	5.5	7	6	7
2	7.8	15.6	5.5	11	14	12	14
3	2.75	5.5	18.125	11.25	7.5	10	7.5
4	5.5	11	11.25	22.5	15	20	15
5	7	14	7.5	15	30	20	30
6	6	12	10	20	20	30	20
7	7	14	7.5	15	30	20	67

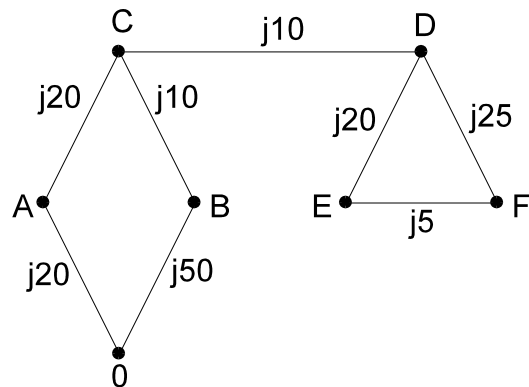
Чекор: 10 :: Гранка од стеблото :: B-F(T4); k=4 - нов јазол=F m=8; $Z_{k-m} = (0, 25)$; $Z(i, 8) = Z(8, i) = Z(4, i), i=1, n_j-1$

$$Z(8, 8) = Z(4, 4) + Z_{k-m} = (0, 22.5) + (0, 25) = (0, 47.5)$$

X	1 1	2 A	3 2	4 B	5 C	6 D	7 E	8 F
1	8.9	7.8	2.75	5.5	7	6	7	5.5
2	7.8	15.6	5.5	11	14	12	14	11
3	2.75	5.5	18.125	11.25	7.5	10	7.5	11.25
4	5.5	11	11.25	22.5	15	20	15	22.5

5	7	14	7.5	15	30	20	30	15
6	6	12	10	20	20	30	20	20
7	7	14	7.5	15	30	20	67	15
8	5.5	11	11.25	22.5	15	20	15	7.5

Задача 7. За ЕЕС прикажан на сликата, со помош на алгоритмот за постапно формирање на матрицата на импеданции на независни јазли, да се формира матрицата на импеданции на системот. Реактанциите на гранките се прикажани на сликата и се изразени во р.и.



Решение:

Чекор: 1 :: Гранка од стеблото :: 0-A; k=0 - нов јазол=A m=1; $Z_{k-m} = (0, 20)$; $Z(i,1) = Z(1,i) = Z(0,i)$, $i=1, nj-1$
 $Z(1,1) = Z(0,0) + Z_{k-m} = (0, 0) + (0, 20) = (0, 20)$

X	1 A
1	20

Чекор: 2 :: Гранка од стеблото :: 0-B; k=0 - нов јазол=B m=2; $Z_{k-m} = (0, 50)$; $Z(i,2) = Z(2,i) = Z(0,i)$, $i=1, nj-1$
 $Z(2,2) = Z(0,0) + Z_{k-m} = (0, 0) + (0, 50) = (0, 50)$

X	1 A	2 B
1	20	0
2	0	50

Чекор: 3 :: Гранка од стеблото :: A-C; k=1 - нов јазол=C m=3; $Z_{k-m} = (0, 20)$; $Z(i,3) = Z(3,i) = Z(1,i)$, $i=1, nj-1$
 $Z(3,3) = Z(1,1) + Z_{k-m} = (0, 20) + (0, 20) = (0, 40)$

X	1 A	2 B	3 C
1	20	0	20
2	0	50	0
3	20	0	40

Чекор: 4 :: Спојница B-C; k=2; m=3; $Z_{k-m}(0, 10)$

Xпом.ред.	1 A	2 B	3 C
1	-20	50	-40

$Z_{пом.} = Z_{пом.ред.}(2) - Z_{пом.ред.}(3) + Z_{k-m} = (0, 50) - (0, -40) + (0, 10) = (0, 100)$

$Z(i,j) = Z(i,j) - Z_{пом.ред.}(i) \cdot Z_{пом.ред.}(j) / Z_{пом.}.$, $i, j = 1, nj$

Хнова	1 А	2 В	3 С
1	16	10	12
2	10	25	20
3	12	20	24

Чекор: 5 :: Гранка од стеблото :: C-D; k=3 - нов јазол=D m=4; $Z_{k-m} = (0, 10)$; $Z(i,4) = Z(4,i) = Z(3,i)$, $i=1, nj-1$
 $Z(4,4) = Z(3,3) + Z_{k-m} = (0, 24) + (0, 10) = (0, 34)$

X	1 А	2 В	3 С	4 D
1	16	10	12	12
2	10	25	20	20
3	12	20	24	24
4	12	20	24	34

Чекор: 6 :: Гранка од стеблото :: D-E; k=4 - нов јазол=E m=5; $Z_{k-m} = (0, 20)$; $Z(i,5) = Z(5,i) = Z(4,i)$, $i=1, nj-1$
 $Z(5,5) = Z(4,4) + Z_{k-m} = (0, 34) + (0, 20) = (0, 54)$

X	1 А	2 В	3 С	4 D	5 E
1	16	10	12	12	12
2	10	25	20	20	20
3	12	20	24	24	24
4	12	20	24	34	34
5	12	20	24	34	54

Чекор: 7 :: Гранка од стеблото :: D-F; k=4 - нов јазол=F m=6; $Z_{k-m} = (0, 25)$; $Z(i,6) = Z(6,i) = Z(4,i)$, $i=1, nj-1$
 $Z(6,6) = Z(4,4) + Z_{k-m} = (0, 34) + (0, 25) = (0, 59)$

X	1 А	2 В	3 С	4 D	5 E	6 F
1	16	10	12	12	12	12
2	10	25	20	20	20	20
3	12	20	24	24	24	24
4	12	20	24	34	34	34
5	12	20	24	34	54	34
6	12	20	24	34	34	59

Чекор: 8 :: Спојница E-F; k=5; m=6; $Z_{k-m}(0, 5)$

Хпом.ред.	1 А	2 В	3 С	4 D	5 E	6 F
1	0	0	0	0	20	-25

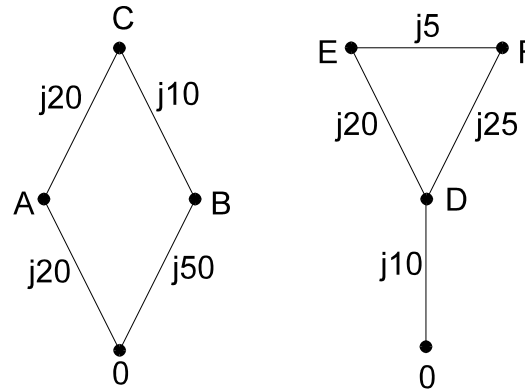
$Z_{пом.} = Z_{пом.ред.}(5) - Z_{пом.ред.}(6) + Z_{k-m} = (0, 20) - (0, -25) + (0, 5) = (0, 50)$

$Z(i,j) = Z(i,j) - Z_{пом.ред.}(i) \cdot Z_{пом.ред.}(j) / Z_{пом.}, i, j = 1, nj$

Хнова	1 А	2 В	3 С	4 D	5 E	6 F
1	16	10	12	12	12	12

2	10	25	20	20	20	20
3	12	20	24	24	24	24
4	12	20	24	34	34	34
5	12	20	24	34	46	44
6	12	20	24	34	44	46.5

Задача 8. За ЕЕС прикажан на сликата, со помош на алгоритмот за постапно формирање на матрицата на импеданции на независни јазли, да се пресмета матрицата на импеданции на системот. Реактанциите на гранките се прикажани на сликата и се изразени во р.и.



Решение:

Чекор: 1 :: Гранка од стеблото :: 0-A; k=0 - нов јазол=A m=1; $Z_{k-m} = (0, 20)$; $Z(i,1) = Z(1,i) = Z(0,i)$, $i=1, nj-1$
 $Z(1,1) = Z(0,0) + Z_{k-m} = (0, 0) + (0, 20) = (0, 20)$

X	1 A
1	20

Чекор: 2 :: Гранка од стеблото :: 0-B; k=0 - нов јазол=B m=2; $Z_{k-m} = (0, 50)$; $Z(i,2) = Z(2,i) = Z(0,i)$, $i=1, nj-1$
 $Z(2,2) = Z(0,0) + Z_{k-m} = (0, 0) + (0, 50) = (0, 50)$

X	1 A	2 B
1	20	0
2	0	50

Чекор: 3 :: Гранка од стеблото :: A-C; k=1 - нов јазол=C m=3; $Z_{k-m} = (0, 20)$; $Z(i,3) = Z(3,i) = Z(1,i)$, $i=1, nj-1$
 $Z(3,3) = Z(1,1) + Z_{k-m} = (0, 20) + (0, 20) = (0, 40)$

X	1 A	2 B	3 C
1	20	0	20
2	0	50	0
3	20	0	40

Чекор: 4 :: Спојница B-C; k=2; m=3; $Z_{k-m}(0, 10)$

Зпом.ред.	1 A	2 B	3 C
1	-20	50	-40

$Z_{пом.} = Z_{пом.ред.}(2) - Z_{пом.ред.}(3) + Z_{k-m} = (0, 50) - (0, -40) + (0, 10) = (0, 100)$

$Z(i,j) = Z(i,j) - Z_{\text{пом.ред.}}(i) \cdot Z_{\text{пом.ред.}}(j) / Z_{\text{пом.}}, i, j = 1, n_j$

Хнова	1 А	2 В	3 С
1	16	10	12
2	10	25	20
3	12	20	24

Чекор: 5 :: Гранка од стеблото :: 0-D; k=0 - нов јазол=D m=4; $Z_{k-m} = (0, 10)$; $Z(i,4) = Z(4,i) = Z(0,i), i=1, n_j-1$
 $Z(4,4) = Z(0,0) + Z_{k-m} = (0, 0) + (0, 10) = (0, 10)$

X	1 А	2 В	3 С	4 D
1	16	10	12	0
2	10	25	20	0
3	12	20	24	0
4	0	0	0	10

Чекор: 6 :: Гранка од стеблото :: D-E; k=4 - нов јазол=E m=5; $Z_{k-m} = (0, 20)$; $Z(i,5) = Z(5,i) = Z(4,i), i=1, n_j-1$
 $Z(5,5) = Z(4,4) + Z_{k-m} = (0, 10) + (0, 20) = (0, 30)$

X	1 А	2 В	3 С	4 D	5 E
1	16	10	12	0	0
2	10	25	20	0	0
3	12	20	24	0	0
4	0	0	0	10	10
5	0	0	0	10	30

Чекор: 7 :: Гранка од стеблото :: D-F; k=4 - нов јазол=F m=6; $Z_{k-m} = (0, 25)$; $Z(i,6) = Z(6,i) = Z(4,i), i=1, n_j-1$
 $Z(6,6) = Z(4,4) + Z_{k-m} = (0, 10) + (0, 25) = (0, 35)$

X	1 А	2 В	3 С	4 D	5 E	6 F
1	16	10	12	0	0	0
2	10	25	20	0	0	0
3	12	20	24	0	0	0
4	0	0	0	10	10	10
5	0	0	0	10	30	10
6	0	0	0	10	10	35

Чекор: 8 :: Спојница E-F; k=5; m=6; $Z_{k-m}(0, 5)$

Zпом.ред.	1 А	2 В	3 С	4 D	5 E	6 F
1	0	0	0	0	20	-25

$Z_{\text{пом.}} = Z_{\text{пом.ред.}}(5) - Z_{\text{пом.ред.}}(6) + Z_{k-m} = (0, 20) - (0, -25) + (0, 5) = (0, 50)$

$Z(i,j) = Z(i,j) - Z_{\text{пом.ред.}}(i) \cdot Z_{\text{пом.ред.}}(j) / Z_{\text{пом.}}, i, j = 1, n_j$

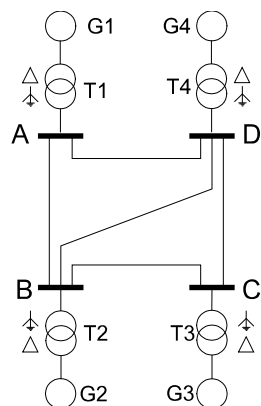
Хнова	1 А	2 В	3 С	4 D	5 E	6 F
-------	-----	-----	-----	-----	-----	-----

1	16	10	12	0	0	0
2	10	25	20	0	0	0
3	12	20	24	0	0	0
4	0	0	0	10	10	10
5	0	0	0	10	22	20
6	0	0	0	10	20	22.5

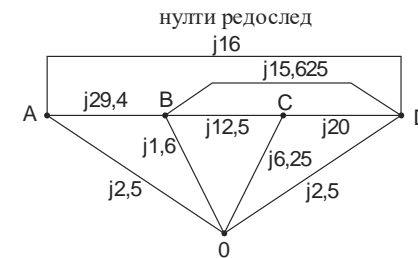
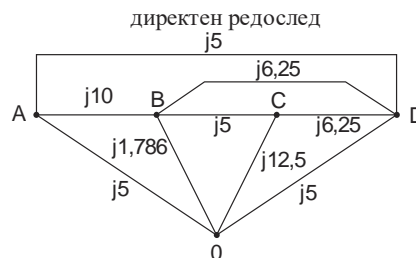
Задача 9. За ЕЕС прикажан на сликата податоците за реактанциите на елементите се дадени во табелата. Да се пресметаат струите во гранката на грешка на куса врска, напоните во сите собирници и струите низ водовите, ако највисокиот очекуван напон во мрежата е 1.00 р.у.:

а) во случај на трифазна куса врска на собирницата D;

б) во случај на еднофазна куса врска на собирницата D;



Елемент	Податоци за елементите	
	Реактанции (р.у.)	
	Директен систем	Нулти систем
Генератор G1	2.5	2.5
Генератор G2	0.186	0.186
Генератор G3	6.25	6.25
Генератор G4	2.5	2.5
Трансформатор T1	2.5	2.5
Трансформатор T2	1.6	1.6
Трансформатор T3	6.25	6.25
Трансформатор T4	2.5	2.5
Вод А-В	10	29.4
Вод А-Д	5	16
Вод В-С	5	12.5
Вод В-Д	6.25	15.625
Вод С-Д	6.25	20



Решение:

X (0)	1 1	2 A	3 2	4 B	5 C	6 D	7 3	8 4
1 1	2.5	0	0	0	0	0	0	0
2 A	0	2.052201	0	0.1134294	0.07291172	0.2414009	0	0
3 2	0	0	0.186	0	0	0	0	0
4 B	0	0.1134294	0	1.304485	0.3928208	0.1911838	0	0
5 C	0	0.07291172	0	0.3928208	3.619648	0.3654465	0	0
6 D	0	0.2414009	0	0.1911838	0.3654465	1.813696	0	0
7 3	0	0	0	0	0	0	6.25	0
8 4	0	0	0	0	0	0	0	2.5

X (1) / X (2)	1 1	2 A	3 2	4 B	5 C	6 D	7 3	8 4
1 1	1.866806	1.233611	0.02583051	0.2480284	0.2800178	0.4600133	0.1400089	0.2300067
2 A	1.233611	2.467222	0.05166102	0.4960569	0.5600355	0.9200267	0.2800178	0.4600133
3 2	0.02583051	0.05166102	0.1805136	0.1333188	0.08332422	0.06249317	0.04166211	0.03124658
4 B	0.2480284	0.4960569	0.1333188	1.280147	0.8000917	0.6000688	0.4000459	0.3000344
5 C	0.2800178	0.5600355	0.08332422	0.8000917	3.000057	1.000043	1.500029	0.5000215
6 D	0.4600133	0.9200267	0.06249317	0.6000688	1.000043	2.000032	0.5000215	1.000016
7 3	0.1400089	0.2800178	0.04166211	0.4000459	1.500029	0.5000215	3.875014	0.2500108
8 4	0.2300067	0.4600133	0.03124658	0.3000344	0.5000215	1.000016	0.2500108	1.750008

Трифазна куса врска во јаволот D; $\sqrt{3} \cdot U_a(0) = 1 \text{ p.u.}$; $Z_{к.в.} = (0, 0) \Omega$

Симетрични компоненти и фазни големини p.u.

$k=6$; $Z_{kk}(1) = (0, 2.000032)$; $Z_{кв} = (0, 0)$

$I_k(012) = (\sqrt{3} \cdot U_0(a) / (Z_{kk}(1) + Z_{кв})) \cdot [0 \ 1 \ 0]^T = (0, -0.4999919) \cdot [0 \ 1 \ 0]^T$

$I_k(abc) = (U_0(a) / (Z_{kk}(1) + Z_{кв})) \cdot [1 \ a^2 \ a]^T = (0, -0.2886705) \cdot [1 \ a^2 \ a]^T$

$U_k(012) = (\sqrt{3} \cdot U_0(a) \cdot Z_{кв} / (Z_{kk}(1) + Z_{кв})) \cdot [0 \ 1 \ 0]^T = (0, 0) \cdot [0 \ 1 \ 0]^T$

$U_k(abc) = (U_0(a) \cdot Z_{кв} / (Z_{kk}(1) + Z_{кв})) \cdot [1 \ a^2 \ a]^T = (0, 0) \cdot [1 \ a^2 \ a]^T$

	0	1	2	a	b	c
$I_{ткв}(D)$	(0, 0)	(0, -0.49999)	(0, 0)	(0, -0.28867)	(-0.25, 0.14434)	(0.25, 0.14434)
$U_{ткв}(D)$	(0, 0)	(0, 0)	(0, 0)	(0, 0)	(0, 0)	(0, 0)

Напони во јазлите (p.u.)

$U_i(012) = U_i(012)(0) - Z_{ik}(012) \cdot I_k(012)$; $U_i(abc) = T \cdot U_i(012)$

	0	1	2	a	b	c
1	(0, 0)	(0.77, 0)	(0, 0)	(0.44456, 0)	(-0.22228, -0.385)	(-0.22228, 0.385)
A	(0, 0)	(0.53999, 0)	(0, 0)	(0.31177, 0)	(-0.15588, -0.27)	(-0.15588, 0.27)
2	(0, 0)	(0.96875, 0)	(0, 0)	(0.55931, 0)	(-0.27966, -0.48438)	(-0.27966, 0.48438)
B	(0, 0)	(0.69997, 0)	(0, 0)	(0.40413, 0)	(-0.20206, -0.34999)	(-0.20206, 0.34999)
C	(0, 0)	(0.49999, 0)	(0, 0)	(0.28867, 0)	(-0.14433, -0.24999)	(-0.14433, 0.24999)
D	(0, 0)	(0, 0)	(0, 0)	(0, 0)	(0, 0)	(0, 0)
3	(0, 0)	(0.74999, 0)	(0, 0)	(0.43301, 0)	(-0.2165, -0.375)	(-0.2165, 0.375)
4	(0, 0)	(0.5, 0)	(0, 0)	(0.28868, 0)	(-0.14434, -0.25)	(-0.14434, 0.25)

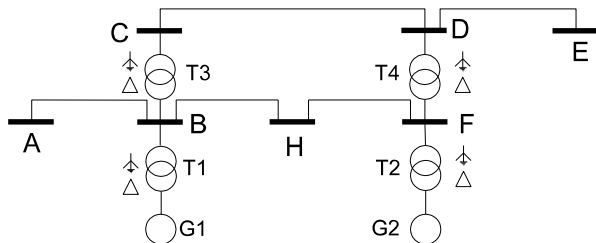
Струи во елементите (p.u.)

$I_{k-1}(012) = \text{inv}(Z_{k-1}(012)) \cdot (U_i(012) - U_l(012))$; $I_{k-1}(abc) = T \cdot I_{k-1}(012)$

	0	1	2	a	b	c
0-1	(0, 0)	(0, 0.308)	(0, 0)	(0, 0.17782)	(0.154, -0.088912)	(-0.154, -0.088912)
1-A	(0, 0)	(0, -0.092001)	(0, 0)	(0, -0.053117)	(-0.046001, 0.026558)	(0.046001, 0.026558)
0-2	(0, 0)	(0, 5.2084)	(0, 0)	(0, 3.007)	(2.6042, -1.5035)	(-2.6042, -1.5035)
2-B	(0, 0)	(0, -0.16799)	(0, 0)	(0, -0.096989)	(-0.083995, 0.048494)	(0.083995, 0.048494)
A-B	(0, 0)	(0, 0.015998)	(0, 0)	(0, 0.0092362)	(0.0079988, -0.0046181)	(-0.0079988, -0.0046181)
B-C	(0, 0)	(0, -0.039997)	(0, 0)	(0, -0.023092)	(-0.019998, 0.011546)	(0.019998, 0.011546)
B-D	(0, 0)	(0, -0.112)	(0, 0)	(0, -0.06466)	(-0.055998, 0.03233)	(0.055998, 0.03233)
A-D	(0, 0)	(0, -0.108)	(0, 0)	(0, -0.062353)	(-0.053999, 0.031177)	(0.053999, 0.031177)
C-D	(0, 0)	(0, -0.079998)	(0, 0)	(0, -0.046187)	(-0.039999, 0.023093)	(0.039999, 0.023093)
0-3	(0, 0)	(0, 0.12)	(0, 0)	(0, 0.069281)	(0.059999, -0.034641)	(-0.059999, -0.034641)
3-C	(0, 0)	(0, -0.040001)	(0, 0)	(0, -0.023095)	(-0.020001, 0.011547)	(0.020001, 0.011547)
0-4	(0, 0)	(0, 0.2)	(0, 0)	(0, 0.11547)	(0.1, -0.057735)	(-0.1, -0.057735)
4-D	(0, 0)	(0, -0.2)	(0, 0)	(0, -0.11547)	(-0.1, 0.057735)	(0.1, 0.057735)

Задача 10. За ЕЕС прикажан на сликата податоците за реактанциите на елементите се дадени во табелата. Да се пресмета:

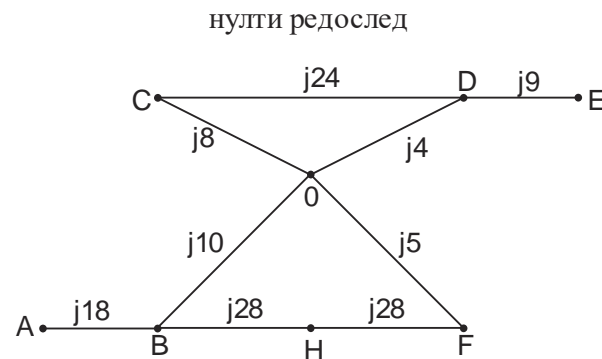
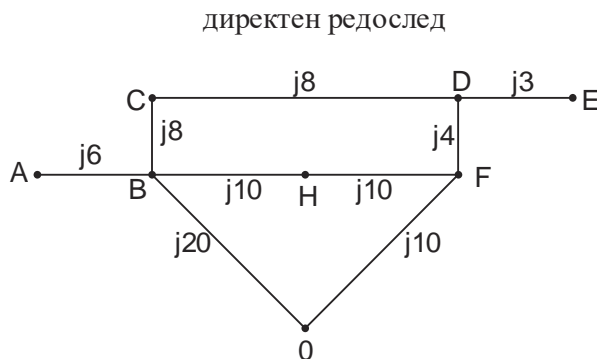
1. струјата низ водот В-Н во случај на трифазна куса врска на собирницата А;
 2. напонот на собирницата D и струјата низ трансформаторот T4 во случај на еднофазна куса врска на собирницата E.
- Највисока очекувана вредност на напонот во мрежата е 1,0 р.у.



Слика 10

Елемент	Податоци за елементите	
	Реактанции (р.у.)	
	Директен редослед	Нулти редослед
Генератор G1	10	10
Генератор G2	5	10
Трансформатор T1	10	10
Трансформатор T2	5	5
Трансформатор T3	8	8
Трансформатор T4	4	4
Вод А-В	6	18
Вод В-Н	10	28
Вод Н-F	10	28
Вод C-D	8	24
Вод D-E	3	9

Решение: Еквивалентните шеми за директниот и нултиот редослед се:



Бидејќи струите во гранките В-Н и В-F се еднакви, јазолот Н може да се изостави затоа што не е потребно да се пресметува напонот во тој јазол. Поради тоа водовите В-Н и Н-F ќе ги еквивалентираме со еден вод В-H-F.

X (1) / X (2)	1 1	2 B	3 2	4 F	5 A	6 C	7 D	8 E
1 1	7.5	5	1.25	2.5	5	4	3	3
2 B		5	10	2.5	5	10	8	6
3 2			1.25	2.5	2.5	3	3.5	3.5
4 F				2.5	3.75	6	7	7
5 A					5	8	6	6
6 C						8	12	8
7 D							8	10
8 E								10

1. Трифазна куса врска во A

Трифазна куса врска во јаволот A; $\sqrt{3} \cdot U_a(0) = 1 \text{ p.u.}$; $Z_{к.в.} = (0, 0) \Omega$

Симетрични компоненти и фазни големини p.u.

$k=5$; $Z_{kk}(1)=(0, 16)$; $Z_{кв}=(0, 0)$

$I_k(012)=(\sqrt{3} \cdot U_0(a)/(Z_{kk}(1)+Z_{кв})) \cdot [0 \ 1 \ 0]^T = (0, -0.0625) \cdot [0 \ 1 \ 0]^T$

$I_k(abc)=(U_0(a)/(Z_{kk}(1)+Z_{кв})) \cdot [1 \ a^2 \ a]^T = (0, -0.03608439) \cdot [1 \ a^2 \ a]^T$

$U_k(012)=(\sqrt{3} \cdot U_0(a) \cdot Z_{кв}/(Z_{kk}(1)+Z_{кв})) \cdot [0 \ 1 \ 0]^T = (0, 0) \cdot [0 \ 1 \ 0]^T$

$U_k(abc)=(U_0(a) \cdot Z_{кв}/(Z_{kk}(1)+Z_{кв})) \cdot [1 \ a^2 \ a]^T = (0, 0) \cdot [1 \ a^2 \ a]^T$

	0	1	2	a	b	c
$I_{ткв}(A)$	(0, 0)	(0, -0.0625)	(0, 0)	(0, -0.036084)	(-0.03125, 0.018042)	(0.03125, 0.018042)
$U_{ткв}(A)$	(0, 0)	(0, 0)	(0, 0)	(0, 0)	(0, 0)	(0, 0)

Напони во јазлите (p.u.)

$U_i(012) = U_i(012)(0) - Z_{ik}(012) \cdot I_k(012)$; $U_i(abc) = T \cdot U_i(012)$

	0	1	2	a	b	c
1	(0, 0)	(0.6875, 0)	(0, 0)	(0.39693, 0)	(-0.19846, -0.34375)	(-0.19846, 0.34375)
B	(0, 0)	(0.375, 0)	(0, 0)	(0.21651, 0)	(-0.10825, -0.1875)	(-0.10825, 0.1875)
2	(0, 0)	(0.84375, 0)	(0, 0)	(0.48714, 0)	(-0.24357, -0.42188)	(-0.24357, 0.42188)
F	(0, 0)	(0.6875, 0)	(0, 0)	(0.39693, 0)	(-0.19846, -0.34375)	(-0.19846, 0.34375)
A	(0, 0)	(0, 0)	(0, 0)	(0, 0)	(0, 0)	(0, 0)
C	(0, 0)	(0.5, 0)	(0, 0)	(0.28868, 0)	(-0.14434, -0.25)	(-0.14434, 0.25)
D	(0, 0)	(0.625, 0)	(0, 0)	(0.36084, 0)	(-0.18042, -0.3125)	(-0.18042, 0.3125)
E	(0, 0)	(0.625, 0)	(0, 0)	(0.36084, 0)	(-0.18042, -0.3125)	(-0.18042, 0.3125)

Струи во елементите (p.u.)

$I_{k-1}(012) = \text{inv}(Z_{k-1}(012)) \cdot (U_i(012) - U_l(012))$; $I_{k-1}(abc) = T \cdot I_{k-1}(012)$

	0	1	2	a	b	c
0-1 (G1)	(0, 0)	(0, 0.06875)	(0, 0)	(0, 0.039693)	(0.034375, -0.019846)	(-0.034375, -0.019846)
1-B (T1)	(0, 0)	(0, -0.03125)	(0, 0)	(0, -0.018042)	(-0.015625, 0.0090211)	(0.015625, 0.0090211)
0-2 (G2)	(0, 0)	(0, 0.16875)	(0, 0)	(0, 0.097428)	(0.084375, -0.048714)	(-0.084375, -0.048714)
2-F (T2)	(0, 0)	(0, -0.03125)	(0, 0)	(0, -0.018042)	(-0.015625, 0.0090211)	(0.015625, 0.0090211)
B-F	(0, 0)	(0, 0.015625)	(0, 0)	(0, 0.0090211)	(0.0078125, -0.0045105)	(-0.0078125, -0.0045105)
B-A	(0, 0)	(0, -0.0625)	(0, 0)	(0, -0.036084)	(-0.03125, 0.018042)	(0.03125, 0.018042)
B-C (T3)	(0, 0)	(0, 0.015625)	(0, 0)	(0, 0.0090211)	(0.0078125, -0.0045105)	(-0.0078125, -0.0045105)
F-D (T4)	(0, 0)	(0, -0.015625)	(0, 0)	(0, -0.0090211)	(-0.0078125, 0.0045105)	(0.0078125, 0.0045105)
C-D	(0, 0)	(0, 0.015625)	(0, 0)	(0, 0.0090211)	(0.0078125, -0.0045105)	(-0.0078125, -0.0045105)
D-E	(0, 0)	(0, 0)	(0, 0)	(0, 0)	(0, 0)	(0, 0)

2. Еднофазна куса врска во Е

Еднофазна куса врска во јазолот Е; $\sqrt{3} \cdot U_a(0) = 1 \text{ p.u.}$; $Z_{к.в.} = (0, 0) \Omega$

Симетрични компоненти и фазни големини p.u.

$k=8$; $Z_{kk}(1)=Z_{kk}(2)=(0, 13)$; $Z_{kk}(0)=(0, 12.55556)$; $Z_{кв}=(0, 0)$

$U_{k(012)} = (\sqrt{3} \cdot U_0(a) / (Z_{kk}(0) + 2 \cdot Z_{kk}(1) + 3 \cdot Z_{кв})) \cdot [(-Z_{kk}(0)) \quad (Z_{kk}(0) + Z_{kk}(2) + 3 \cdot Z_{кв}) \quad (-Z_{kk}(2))]^T =$

$U_{k(012)} = (0, -0.0259366) \cdot [(-Z_{kk}(0)) \quad (Z_{kk}(0) + Z_{kk}(2) + 3 \cdot Z_{кв}) \quad (-Z_{kk}(2))]^T$

$U_{k(abc)} = T \cdot U_{k(012)}$

$I_{k(012)} = (\sqrt{3} \cdot U_0(a) / (Z_{kk}(0) + 2 \cdot Z_{kk}(1) + 3 \cdot Z_{кв})) \cdot [1 \quad 1 \quad 1]^T = (0, -0.0259366) \cdot [1 \quad 1 \quad 1]^T$

$I_{k(abc)} = T \cdot I_{k(012)} = (3 \cdot U_0(a) / (Z_{kk}(0) + 2 \cdot Z_{kk}(1) + 3 \cdot Z_{кв})) \cdot [1 \quad 0 \quad 0]^T = (0, -0.04492351) \cdot [1 \quad 0 \quad 0]^T$

	0	1	2	a	b	c
U _{кв} (E)	(-0.32565, 0)	(0.66282, 0)	(-0.33718, 0)	(0, 0)	(-0.28202, -0.5)	(-0.28202, 0.5)
I _{кв} (E)	(0, -0.025937)	(0, -0.025937)	(0, -0.025937)	(0, -0.044924)	(0, 0)	(0, 0)

Напони во јазлите (p.u.)

$U_i(012) = U_i(012)(0) - Z_{ik}(012) \cdot I_{k(012)}$; $U_i(abc) = T \cdot U_i(012)$

	0	1	2	a	b	c
F	(0, 0)	(0.81844, 0)	(-0.18156, 0)	(0.36771, 0)	(-0.18385, -0.5)	(-0.18385, 0.5)
D	(-0.092219, 0)	(0.74063, 0)	(-0.25937, 0)	(0.22462, 0)	(-0.19217, -0.5)	(-0.19217, 0.5)
E	(-0.32565, 0)	(0.66282, 0)	(-0.33718, 0)	(0, 0)	(-0.28202, -0.5)	(-0.28202, 0.5)

Во случај на еднофазна куса врска во Е струјата низ Т4 е:

$$\underline{I}_{T4(е.к.в.)}^{abc} = \underline{T} \cdot \underline{I}_{T4(е.к.в.)}^{0,1,2}$$

$$\underline{I}_{T4(е.к.в.)}^{0,1,2} = \underline{I}_{F-D(е.к.в.)}^{0,1,2} = \left(\underline{Z}_{F-D}^{0,1,2} \right)^{-1} \cdot \left(\underline{U}_{F(е.к.в.)}^{0,1,2} - \underline{U}_{D(е.к.в.)}^{0,1,2} \right) = \begin{bmatrix} \frac{1}{\underline{Z}_{F-D}^{(0)}} & 0 & 0 \\ 0 & \frac{1}{\underline{Z}_{F-D}^{(1)}} & 0 \\ 0 & 0 & \frac{1}{\underline{Z}_{F-D}^{(2)}} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 0 - (-0.092219) \\ 0.81844 - 0.74063 \\ -0.18156 - (-0.25937) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{0.092219}{\underline{Z}_{F-D}^{(0)}} & 0 & 0 \\ 0 & \frac{0.07781}{\underline{Z}_{F-D}^{(1)}} & 0 \\ 0 & 0 & \frac{0.07781}{\underline{Z}_{F-D}^{(2)}} \end{bmatrix}$$

$$\underline{I}_{T4(е.к.в.)}^{0,1,2} = \begin{bmatrix} \frac{0.092219}{4} & 0 & 0 \\ 0 & \frac{0.07781}{4} & 0 \\ 0 & 0 & \frac{0.07781}{4} \end{bmatrix} = -j \begin{bmatrix} 0.02305475 \\ 0.0194525 \\ 0.0194525 \end{bmatrix}$$

$$\underline{I}_{T4_{(e.k.v.)}}^{a,b,c} = \underline{T} \cdot \underline{I}_{T4_{(e.k.v.)}}^{0,1,2} = -j \cdot \underline{T} \cdot \begin{bmatrix} 0.02305475 \\ 0.0194525 \\ 0.0194525 \end{bmatrix} = -j \begin{bmatrix} 0.03577 \\ 0.00208 \\ 0.00208 \end{bmatrix}$$

Но, струјата во трансформаторот Т4 (F-D) може да се пресмета и без да се пресметуваат напоните во јазлите F и D.

$$\underline{I}_{T4_{(e.k.v.)}}^{0,1,2} = \underline{I}_{F-D_{(e.k.v.)}}^{0,1,2} = \left(\underline{Z}_{F-D}^{0,1,2} \right)^{-1} \cdot \left(\underline{U}_{F_{(e.k.v.)}}^{0,1,2} - \underline{U}_{D_{(e.k.v.)}}^{0,1,2} \right) = \begin{bmatrix} \frac{1}{\underline{Z}_{F-D}^{(0)}} & 0 & 0 \\ 0 & \frac{1}{\underline{Z}_{F-D}^{(1)}} & 0 \\ 0 & 0 & \frac{1}{\underline{Z}_{F-D}^{(2)}} \end{bmatrix} \cdot \left(\begin{bmatrix} \underline{Z}_{DE}^{(0)} & 0 & 0 \\ 0 & \underline{Z}_{DE}^{(1)} & 0 \\ 0 & 0 & \underline{Z}_{DE}^{(2)} \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} \underline{Z}_{FE}^{(0)} & 0 & 0 \\ 0 & \underline{Z}_{FE}^{(1)} & 0 \\ 0 & 0 & \underline{Z}_{FE}^{(2)} \end{bmatrix} \right) \cdot \underline{I}_{E_{(e.k.v.)}}^{0,1,2}$$

Бидејќи $\underline{Z}_{FE}^{(0)} = 0$ и $\underline{Z}_{F-D}^{(0)} = \underline{Z}_{0-D}^{(0)}$, претходната формула може да се напише во облик:

$$\underline{I}_{T4_{(e.k.v.)}}^{0,1,2} = \begin{bmatrix} \frac{\underline{Z}_{DE}^{(0)}}{\underline{Z}_{0-D}^{(0)}} & 0 & 0 \\ 0 & \frac{\underline{Z}_{DE}^{(1)} - \underline{Z}_{FE}^{(1)}}{\underline{Z}_{F-D}^{(1)}} & 0 \\ 0 & 0 & \frac{\underline{Z}_{DE}^{(2)} - \underline{Z}_{FE}^{(2)}}{\underline{Z}_{F-D}^{(2)}} \end{bmatrix} \cdot \underline{I}_{E_{(e.k.v.)}}^{0,1,2}$$

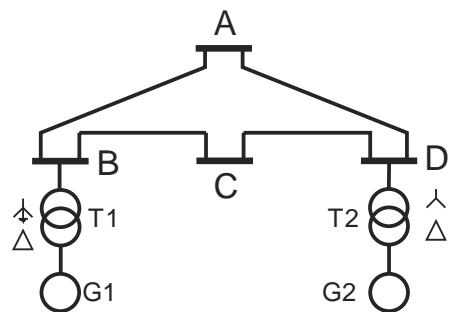
Од претходниот израз се гледа дека за нултиот систем нема потреба да се формира делот од матрицата на импеданции на независни јазли што се однесува на јазлите A, B, H и F.

X (0)	C	D	E
C	6.222222	0.8888889	0.8888889
D	0.8888889	3.555556	3.555556
E	0.8888889	3.555556	12.555556

$$\underline{I}_{T4_{(e.k.v.)}}^{a,b,c} = \underline{T} \cdot \underline{I}_{T4_{(e.k.v.)}}^{0,1,2} = -j \begin{bmatrix} 0.03577 \\ 0.00208 \\ 0.00208 \end{bmatrix}$$

Задача 11. За ЕЕС прикажан на сликата податоците за реактанциите на елементите се дадени во табелата. Ако највисокиот очекуван напон во мрежата е 1,05 р.у., да се пресмета:

- напонот на собирницата В и струите низ водовите C-D, A-D и трансформаторот T2 во случај на трифазна куса врска на собирницата D;
- струјата и напонот на грешка при еднофазна куса врска во D и струјата низ T1.



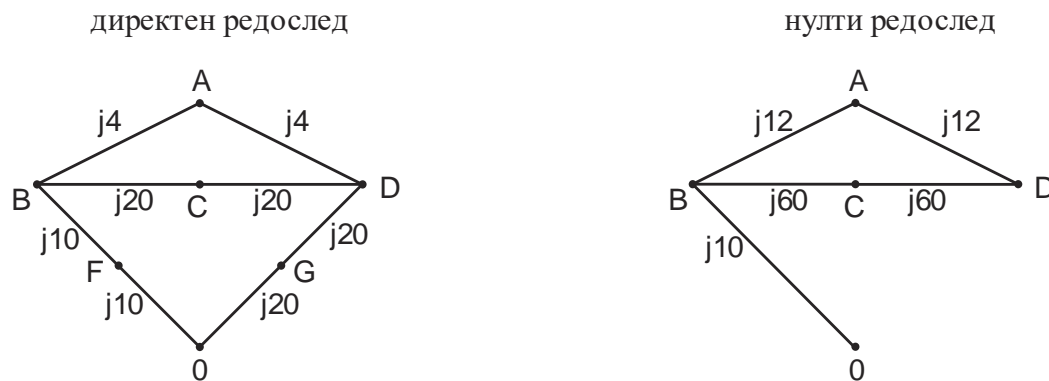
Податоци за елементите

Елемент	Реактанции (р.у.)	
	Директен систем	Нулти систем
Генератор G1	10	10
Генератор G2	20	10
Трансформатор T1	10	10
Трансформатор T2	20	20
Вод A-B	4	12
Вод B-C	20	60
Вод C-D	20	60
Вод A-D	4	12

Слика 11

Решение

Еквивалентните шеми за директниот и нултиот систем се:



Бидејќи при трифазна куса врска во јазолот D струјата во генераторот G2 и трансформаторот T2 се еднакви, гранките 0-G и G-D (во директниот систем) можат да се евивалентираат со една еквивалентна гранка 0-G-D.

Матрица X за директен систем

	B	D	C	A
B	14.0000	12.0000	13.0000	13.0000
D	12.0000	16.0000	14.0000	14.0000
C	13.0000	14.0000	23.5000	13.5000
A	13.0000	14.0000	13.5000	15.5000

Матрица X за нулти систем

	B	C	D	A
B	10.0000	10.0000	10.0000	10.0000
C	10.0000	45.0000	20.0000	15.0000
D	10.0000	20.0000	30.0000	20.0000
A	10.0000	15.0000	20.0000	21.0000

1. Трифазна куса врска во D

Трифазна куса врска во јазолот D; $\sqrt{3} \cdot U_a(0) = 1.05 \text{ p.u.}$; $Z_{к.в.} = (0, 0) \Omega$

Симетрични компоненти и фазни големини p.u.

$k=4$; $Z_{kk}(1) = (0, 16)$; $Z_{кв} = (0, 0)$

$I_k(012) = (\sqrt{3} \cdot U_0(a) / (Z_{kk}(1) + Z_{кв})) \cdot [0 \ 1 \ 0]^T = (0, -0.065625) \cdot [0 \ 1 \ 0]^T$

$I_k(abc) = (U_0(a) / (Z_{kk}(1) + Z_{кв})) \cdot [1 \ a^2 \ a]^T = (0, -0.03788861) \cdot [1 \ a^2 \ a]^T$

$U_k(012) = (\sqrt{3} \cdot U_0(a) \cdot Z_{кв} / (Z_{kk}(1) + Z_{кв})) \cdot [0 \ 1 \ 0]^T = (0, 0) \cdot [0 \ 1 \ 0]^T$

$U_k(abc) = (U_0(a) \cdot Z_{кв} / (Z_{kk}(1) + Z_{кв})) \cdot [1 \ a^2 \ a]^T = (0, 0) \cdot [1 \ a^2 \ a]^T$

	0	1	2	a	b	c
$I_{ткв}(D)$	(0, 0)	(0, -0.065625)	(0, 0)	(0, -0.037889)	(-0.032812, 0.018944)	(0.032812, 0.018944)
$U_{ткв}(D)$	(0, 0)	(0, 0)	(0, 0)	(0, 0)	(0, 0)	(0, 0)

Напони во јазлите (p.u.)

$U_i(012) = U_i(012)(0) - Z_{ik}(012) \cdot I_k(012)$; $U_i(abc) = T \cdot U_i(012)$

	0	1	2	a	b	c
B	(0, 0)	(0.2625, 0)	(0, 0)	(0.15155, 0)	(-0.075777, -0.13125)	(-0.075777, 0.13125)
C	(0, 0)	(0.13125, 0)	(0, 0)	(0.075777, 0)	(-0.037889, -0.065625)	(-0.037889, 0.065625)
A	(0, 0)	(0.13125, 0)	(0, 0)	(0.075777, 0)	(-0.037889, -0.065625)	(-0.037889, 0.065625)

Струи во елементите (p.u.)

$I_{k-l}(012) = \text{inv}(Z_{k-l}(012)) \cdot (U_i(012) - U_l(012))$; $I_{k-l}(abc) = T \cdot I_{k-l}(012)$

	0	1	2	a	b	c
0-D	(0, 0)	(0, 0.02625)	(0, 0)	(0, 0.015155)	(0.013125, -0.0075777)	(-0.013125, -0.0075777)
D-C	(0, 0)	(0, 0.0065625)	(0, 0)	(0, 0.0037889)	(0.0032812, -0.0018944)	(-0.0032812, -0.0018944)
D-A	(0, 0)	(0, 0.032812)	(0, 0)	(0, 0.018944)	(0.016406, -0.0094722)	(-0.016406, -0.0094722)

2. Еднофазна куса врска во D

При еднофазна куса врска во D струјата низ T1 е:

$$\underline{I}_{T1}^{a,b,c} = \underline{I}_{F-B}^{a,b,c} = \underline{T} \cdot \underline{I}_{F-B}^{0,1,2} = \underline{T} \cdot \left[\underline{Z}_{F-B}^{0,1,2} \right]^{-1} \cdot \left(\underline{U}_F^{0,1,2} - \underline{U}_B^{0,1,2} \right) = \underline{T} \cdot \begin{bmatrix} \frac{\underline{Z}_{DB}^{(0)} - \underline{Z}_{FD}^{(0)}}{\underline{Z}_{F-B}^{(0)}} & 0 & 0 \\ 0 & \frac{\underline{Z}_{DB}^{(1)} - \underline{Z}_{FD}^{(1)}}{\underline{Z}_{F-B}^{(1)}} & 0 \\ 0 & 0 & \frac{\underline{Z}_{DB}^{(2)} - \underline{Z}_{FD}^{(2)}}{\underline{Z}_{F-B}^{(2)}} \end{bmatrix} \cdot \underline{I}_{D(т.к.в.)}^{0,1,2}$$

Бидејќи $\underline{Z}_{FD}^{(0)} = 0$ и $\underline{Z}_{F-B}^{(0)} = \underline{Z}_{0-B}^{(0)}$ за струјата низ T1 добиваме:

$$\underline{I}_{T1}^{a,b,c} = \underline{I}_{F-B}^{a,b,c} = \underline{T} \cdot \underline{I}_{F-B}^{0,1,2} = \underline{T} \cdot \left[\underline{Z}_{F-B}^{0,1,2} \right]^{-1} \cdot \left(\underline{U}_F^{0,1,2} - \underline{U}_B^{0,1,2} \right) = \underline{T} \cdot \begin{bmatrix} \frac{\underline{Z}_{DB}^{(0)}}{\underline{Z}_{0-B}^{(0)}} & 0 & 0 \\ 0 & \frac{\underline{Z}_{DB}^{(1)} - \underline{Z}_{FD}^{(1)}}{\underline{Z}_{F-B}^{(1)}} & 0 \\ 0 & 0 & \frac{\underline{Z}_{DB}^{(2)} - \underline{Z}_{FD}^{(2)}}{\underline{Z}_{F-B}^{(2)}} \end{bmatrix} \cdot \underline{I}_{D(т.к.в.)}^{0,1,2}$$

Симетричните компоненти на струјата во T1 можат да се пресметаат и ако се еквивалентираат гранките 0-F и F-B со една гранка 0-B.

$$\underline{I}_{F-B}^{0,1,2} = \begin{bmatrix} \underline{I}_{0-B}^{(0)} \\ \underline{I}_{0-B}^{(1)} \\ \underline{I}_{0-B}^{(2)} \end{bmatrix}$$

$$\underline{I}_{F-B}^{0,1,2} = \begin{bmatrix} \frac{\underline{Z}_{DB}^{(0)}}{\underline{Z}_{0-B}^{(0)}} & 0 & 0 \\ 0 & \frac{\underline{Z}_{DB}^{(1)}}{\underline{Z}_{0-B}^{(1)}} & 0 \\ 0 & 0 & \frac{\underline{Z}_{DB}^{(2)}}{\underline{Z}_{0-B}^{(2)}} \end{bmatrix} \cdot \underline{I}_{D(т.к.в.)}^{0,1,2} = -j \cdot 0.016935 \begin{bmatrix} 10 \\ 10 \\ 12 \\ 20 \\ 12 \\ 20 \end{bmatrix} = -j \cdot \begin{bmatrix} 0.016935 \\ 0.010161 \\ 0.010161 \end{bmatrix}$$

Од претходниот израз се гледа дека нема потреба за воведување на помошните собирници F и G заради пресметка на струјата низ трансформаторот T1.

 Еднофазна куса врска во јазолот D; $\sqrt{3} \cdot U_a(0) = 1.05 \text{ p.u.}$; $Z_{к.в.} = (0, 0) \Omega$

Симетрични компоненти и фазни големини p.u.

$k=4$; $Z_{kk}(1)=Z_{kk}(2)=(0, 16)$; $Z_{kk}(0)=(0, 30)$; $Z_{кв}=(0, 0)$

$$U_k(012) = (\sqrt{3} \cdot U_0(a) / (Z_{kk}(0) + 2 \cdot Z_{kk}(1) + 3 \cdot Z_{KB})) \cdot [(-Z_{kk}(0)) \quad (Z_{kk}(0) + Z_{kk}(2) + 3 \cdot Z_{KB}) \quad (-Z_{kk}(2))]^T =$$

$$U_k(012) = (0, -0.01693548) \cdot [(-Z_{kk}(0)) \quad (Z_{kk}(0) + Z_{kk}(2) + 3 \cdot Z_{KB}) \quad (-Z_{kk}(2))]^T$$

$$U_k(abc) = T \cdot U_k(012)$$

$$I_k(012) = (\sqrt{3} \cdot U_0(a) / (Z_{kk}(0) + 2 \cdot Z_{kk}(1) + 3 \cdot Z_{KB})) \cdot [1 \ 1 \ 1]^T = (0, -0.01693548) \cdot [1 \ 1 \ 1]^T$$

$$I_k(abc) = T \cdot I_k(012) = (3 \cdot U_0(a) / (Z_{kk}(0) + 2 \cdot Z_{kk}(1) + 3 \cdot Z_{KB})) \cdot [1 \ 0 \ 0]^T = (0, -0.02933312) \cdot [1 \ 0 \ 0]^T$$

	0	1	2	a	b	c
Uкв(D)	(-0.50806, 0)	(0.77903, 0)	(-0.27097, 0)	(0, 0)	(-0.44, -0.525)	(-0.44, 0.525)
Iкв(D)	(0, -0.016935)	(0, -0.016935)	(0, -0.016935)	(0, -0.029333)	(0, 0)	(0, 0)

Напони во јазлите (p.u.)

$$U_i(012) = U_i(012)(0) - Z_{ik}(012) \cdot I_k(012); U_i(abc) = T \cdot U_i(012)$$

	0	1	2	a	b	c
F	(0, 0)	(0.94839, 0)	(-0.10161, 0)	(0.48889, 0)	(-0.24444, -0.525)	(-0.24444, 0.525)
B	(-0.16935, 0)	(0.84677, 0)	(-0.20323, 0)	(0.27378, 0)	(-0.28355, -0.525)	(-0.28355, 0.525)

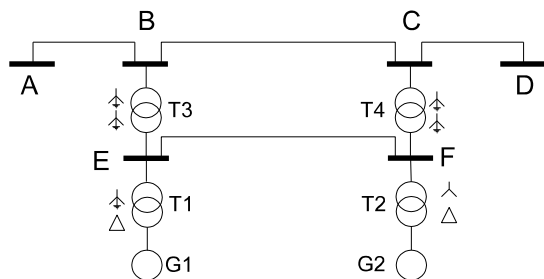
Струи во елементите (p.u.)

$$I_{k-1}(012) = \text{inv}(Z_{k-1}(012)) \cdot (U_i(012) - U_l(012)); I_{k-1}(abc) = T \cdot I_{k-1}(012)$$

	0	1	2	a	b	c
F-B(T1)	(0, -0.016935)	(0, -0.010161)	(0, -0.010161)	(0, -0.021511)	(0, -0.0039111)	(0, -0.0039111)

Задача 12. За ЕЕС прикажан на сликата податоците за реактанциите на елементите се дадени во табелата. Ако највисокиот очекуван меѓуфазен напон во мрежата е 1,08 р.и., да се пресмета:

- при трифазна куса врска на собирниците В, да се пресмета вкупната струја во гранката на грешката, напонот на собирниците С, струите во гранките В-С и В-Е;
- при еднофазна куса врска на собирниците В, да се пресмета вкупната струја во гранката на грешката, напонот на собирниците С, струите во гранките В-С и В-Е;
- ако во системот се исклучи трансформаторот Т4 (F-C), да се пресмета струјата низ трансформаторот Т3 (B-E) при трифазна куса врска на собирниците во В;
- ако трансформаторот Т4 се замени со трансформатор чијашто реактанција е еднаква на 0.08889 р.и., да се пресмета струјата во гранката на грешка при трифазна куса врска во В.

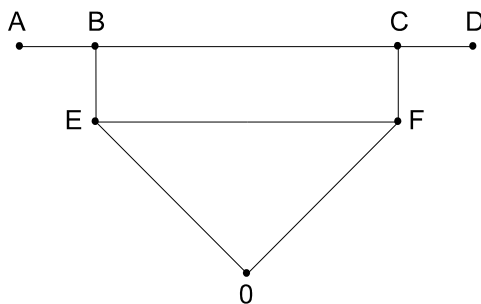


Слика 12

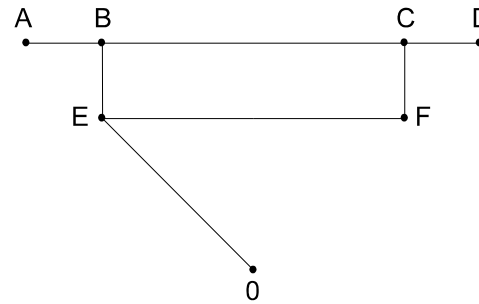
Елемент	Податоци за елементите	
	Реактанции (р.и.)	
	Директен систем	Нулти систем
Генератор G1	0.16	0.16
Генератор G2	0.32	0.32
Трансформатор T1	0.16	0.16
Трансформатор T2	0.32	0.32
Трансформатор T3	0.08	0.08
Трансформатор T4	0.16	0.16
Вод A-B	0.04	0.12
Вод B-C	0.16	0.40
Вод C-D	0.13	0.39
Вод E-F	0.32	0.96

Еквивалентните шеми за директниот и нултиот систем се:

Директен систем



Нулти систем



Матрица X за директен систем

	E	F	B	C	A	D
E	.2300	.1800	.2200	.2000	.2200	.2000
F	.1800	.2800	.2000	.2400	.2000	.2400
B	.2200	.2000	.2800	.2400	.2800	.2400
C	.2000	.2400	.2400	.3200	.2400	.3200
A	.2200	.2000	.2800	.2400	.3200	.2400
D	.2000	.2400	.2400	.3200	.2400	.4500

Матрица X за нулти систем

	E	F	B	C	A	D
E	.1600	.1600	.1600	.1600	.1600	.1600
F	.1600	.5440	.2080	.4480	.2080	.4480
B	.1600	.2080	.2360	.2160	.2360	.2160
C	.1600	.4480	.2160	.4960	.2160	.4960
A	.1600	.2080	.2360	.2160	.3560	.2160
D	.1600	.4480	.2160	.4960	.2160	.8860

1. Трифазна куса врска во В

Трифазна куса врска во јазолот В; $\sqrt{3}\cdot U_a(0)=1.05\text{p.u.}$; $Z_{к.в.} = (0, 0)\Omega$

Симетрични компоненти и фазни големини p.u.

$k=5$; $Z_{kk}(1)=(0, 0.28)$; $Z_{кв}=(0, 0)$
 $I_{k(012)}=(\sqrt{3}\cdot U_0(a)/(Z_{kk}(1)+Z_{кв}))\cdot [0\ 1\ 0]^T = (0, -3.75)\cdot [0\ 1\ 0]^T$
 $I_{k(abc)}=(U_0(a)/(Z_{kk}(1)+Z_{кв}))\cdot [1\ a^2\ a]^T = (0, -2.165063)\cdot [1\ a^2\ a]^T$
 $U_{k(012)}=(\sqrt{3}\cdot U_0(a)\cdot Z_{кв}/(Z_{kk}(1)+Z_{кв}))\cdot [0\ 1\ 0]^T = (0, 0)\cdot [0\ 1\ 0]^T$
 $U_{k(abc)}=(U_0(a)\cdot Z_{кв}/(Z_{kk}(1)+Z_{кв}))\cdot [1\ a^2\ a]^T = (0, 0)\cdot [1\ a^2\ a]^T$

	0	1	2	a	b	c
$I_{ткв}(B)$	(0, 0)	(0, -3.75)	(0, 0)	(0, -2.1651)	(-1.875, 1.0825)	(1.875, 1.0825)
$U_{ткв}(B)$	(0, 0)	(0, 0)	(0, 0)	(0, 0)	(0, 0)	(0, 0)

Напони во јазлите (p.u.)

$U_i(012) = U_i(012)(0) - Z_{ik}(012)\cdot I_{k(012)}$; $U_i(abc) = T\cdot U_i(012)$

	0	1	2	a	b	c
E	(0, 0)	(0.225, 0)	(0, 0)	(0.1299, 0)	(-0.064952, -0.1125)	(-0.064952, 0.1125)
C	(0, 0)	(0.15, 0)	(0, 0)	(0.086603, 0)	(-0.043301, -0.075)	(-0.043301, 0.075)

Струи во елементите (p.u.)

$I_{k-l}(012) = \text{inv}(Z_{k-l}(012))\cdot (U_i(012) - U_l(012))$; $I_{k-l}(abc) = T\cdot I_{k-l}(012)$

	0	1	2	a	b	c
E-B(T3)	(0, 0)	(0, -2.8125)	(0, 0)	(0, -1.6238)	(-1.4062, 0.8119)	(1.4062, 0.8119)
B-C	(0, 0)	(0, 0.9375)	(0, 0)	(0, 0.54127)	(0.46875, -0.27063)	(-0.46875, -0.27063)

2. Еднофазна врска во В

Еднофазна куса врска во јазолот В; $\sqrt{3}\cdot U_a(0)=1.05\text{p.u.}$; $Z_{к.в.} = (0, 0)\Omega$

Симетрични компоненти и фазни големини p.u.

$k=5$; $Z_{kk}(1)=Z_{kk}(2)=(0, 0.28)$; $Z_{kk}(0)=(0, 0.236)$; $Z_{кв}=(0, 0)$
 $U_{k(012)}=(\sqrt{3}\cdot U_0(a)/(Z_{kk}(0)+2\cdot Z_{kk}(1)+3\cdot Z_{кв}))\cdot [(-Z_{kk}(0))\ (Z_{kk}(0)+Z_{kk}(2)+3\cdot Z_{кв})\ (-Z_{kk}(2))]^T =$
 $U_{k(012)}=(0, -1.319095)\cdot [(-Z_{kk}(0))\ (Z_{kk}(0)+Z_{kk}(2)+3\cdot Z_{кв})\ (-Z_{kk}(2))]^T$
 $U_{k(abc)}=T\cdot U_{k(012)}$
 $I_{k(012)}=(\sqrt{3}\cdot U_0(a)/(Z_{kk}(0)+2\cdot Z_{kk}(1)+3\cdot Z_{кв}))\cdot [1\ 1\ 1]^T = (0, -1.319095)\cdot [1\ 1\ 1]^T$
 $I_{k(abc)}=T\cdot I_{k(012)}=(3\cdot U_0(a)/(Z_{kk}(0)+2\cdot Z_{kk}(1)+3\cdot Z_{кв}))\cdot [1\ 0\ 0]^T = (0, -2.28474)\cdot [1\ 0\ 0]^T$

	0	1	2	a	b	c
$U_{екв}(B)$	(-0.31131, 0)	(0.68065, 0)	(-0.36935, 0)	(0, 0)	(-0.2696, -0.525)	(-0.2696, 0.525)
$I_{екв}(B)$	(0, -1.3191)	(0, -1.3191)	(0, -1.3191)	(0, -2.2847)	(0, 0)	(0, 0)

Напони во јазлите (p.u.)

$$U_i(012) = U_i(012)(0) - Z_{ik}(012) \cdot I_k(012); U_i(abc) = T \cdot U_i(012)$$

	0	1	2	a	b	c
E	(-0.21106, 0)	(0.7598, 0)	(-0.2902, 0)	(0.14927, 0)	(-0.25741, -0.525)	(-0.25741, 0.525)
C	(-0.28492, 0)	(0.73342, 0)	(-0.31658, 0)	(0.076158, 0)	(-0.28483, -0.525)	(-0.28483, 0.525)

Струи во елементите (p.u.)

$$I_{k-1}(012) = \text{inv}(Z_{k-1}(012)) \cdot (U_i(012) - U_l(012)); I_{k-1}(abc) = T \cdot I_{k-1}(012)$$

	0	1	2	a	b	c
E-B(T3)	(0, -1.2531)	(0, -0.98932)	(0, -0.98932)	(0, -1.8659)	(0, -0.15232)	(0, -0.15232)
B-C	(0, 0.065955)	(0, 0.32977)	(0, 0.32977)	(0, 0.41887)	(0, -0.15232)	(0, -0.15232)

3. Трифазна куса врска во В ако е исклучен трансформаторот Т4

Гранката F-C ќе ја исклучиме ако во мрежата воведеме нова паралелна гранка со негативна импеданција. Бидејќи кусата врска е симетрична, промените ќе ги направиме само во матрицата на импеданции (реактанции) за директниот систем. За да се пресмета струјата во гранката на на грешката и струјата во водот В-Е, од матрицата на реактанции се потребни само елементите X_{BB} и X_{BE} .

Спојница F-C; $k=4$; $m=6$; $Z_{k-m}(0, -0.16)$

Зпом. ред.	0 1 1	0 2 E	0 3 2	-0.96 4 F	0.08 5 B	-1.12 6 C	7 A	8 D
4 F	0.09	0.18	0.14	0.28	0.2	0.24	0.2	0.24
6 C	0.09999999	0.2	0.12	0.24	0.24	0.32	0.24	0.32
	-0.01	-0.02	0.20	0.04	-0.04	-0.08	-0.04	-0.08

$$Z_{пом.} = Z_{пом.ред.}(4) - Z_{пом.ред.}(6) + Z_{k-m} = (0, 0.04) - (0, -0.08) + (0, -0.16) = (0, -0.04)$$

$$Z(i, j) = Z(i, j) - Z_{пом.ред.}(i) \cdot Z_{пом.ред.}(j) / Z_{пом.}, i, j = 1, nj$$

$$X_{пом.} = X_{пом.ред.(F)} - X_{пом.ред.(C)} + X_{F-C} = 0.04 - (-0.08) + (-0.16) = -0.04$$

$$X_{BB(нов)} = X_{BB(стар)} - \frac{X_{пом.ред.(B)} \cdot X_{пом.ред.(B)}}{X_{пом.}} = 0.28 - \frac{(-0.04) \cdot (-0.04)}{-0.04} = 0.32$$

$$X_{BE(нов)} = X_{BE(стар)} - \frac{X_{пом.ред.(B)} \cdot X_{пом.ред.(E)}}{X_{пом.}} = 0.22 - \frac{(-0.04) \cdot (-0.02)}{-0.04} = 0.24$$

Трифазна куса врска во јазолот В; $\sqrt{3} \cdot U_a(0) = 1.05 \text{ p.u.}$; $Z_{кв.} = (0, 0) \Omega$

Симетрични компоненти и фазни големини p.u.

$$k=5; Z_{kk}(1) = (0, 0.32); Z_{кв} = (0, 0)$$

$$I_k(012) = (\sqrt{3} \cdot U_0(a) / (Z_{kk}(1) + Z_{кв})) \cdot [0 \ 1 \ 0]^T = (0, -3.28125) \cdot [0 \ 1 \ 0]^T$$

$$I_k(abc) = (U_0(a) / (Z_{kk}(1) + Z_{кв})) \cdot [1 \ a^2 \ a]^T = (0, -1.894431) \cdot [1 \ a^2 \ a]^T$$

$$U_k(012) = (\sqrt{3} \cdot U_0(a) \cdot Z_{кв} / (Z_{kk}(1) + Z_{кв})) \cdot [0 \ 1 \ 0]^T = (0, 0) \cdot [0 \ 1 \ 0]^T$$

$$U_k(abc) = (U_0(a) \cdot Z_{кв} / (Z_{kk}(1) + Z_{кв})) \cdot [1 \ a^2 \ a]^T = (0, 0) \cdot [1 \ a^2 \ a]^T$$

	0	1	2	a	b	c
Иткв (В)	(0, 0)	(0, -3.2812)	(0, 0)	(0, -1.8944)	(-1.6406, 0.94722)	(1.6406, 0.94722)
Уткв (В)	(0, 0)	(0, 0)	(0, 0)	(0, 0)	(0, 0)	(0, 0)

Напони во јазлите (p.u.)

$$U_i(012) = U_i(012)(0) - Z_{ik}(012) \cdot I_k(012); U_i(abc) = T \cdot U_i(012)$$

	0	1	2	a	b	c
Е	(0, 0)	(0.2625, 0)	(0, 0)	(0.15155, 0)	(-0.075777, -0.13125)	(-0.075777, 0.13125)

Струи во елементите (p.u.)

$$I_{k-1}(012) = \text{inv}(Z_{k-1}(012)) \cdot (U_i(012) - U_l(012)); I_{k-1}(abc) = T \cdot I_{k-1}(012)$$

	0	1	2	a	b	c
Е-В(Т3)	(0, 0)	(0, -3.2812)	(0, 0)	(0, -1.8944)	(-1.6406, 0.94722)	(1.6406, 0.94722)

4. Трифазна куса врска во В ако се промени реактанцијата на Т4

И во овој случај станува збор за симетрична куса врска, заради што промени ќе направиме само во матрицата за директниот систем. При тоа, бидејќи е потребно да се пресмета само струјата на грешка, од новата матрица на реактанции на независни јазли за директниот систем ќе го пресметаме само дијагоналниот елемент што одговара на јазолот В. Промената на импеданцијата на гранката F-C може да се изведе на два начина. Бидејќи гранката F-C ја исклучивме за решавање на претходниот случај, во матриците на реакции на независни јазли од случајот треба да ја додадеме спојницата F-C со реактанција 0.08889 p.u. Во тој случај, помошната редица и помошниот вектор се еднакви на:

	Е	Ф	В	С	А	Д
Пом. ред.	-.0800	.1600	-.1600	-.3200	-.1600	-.3200

$$X_{ВВ(\text{нов})} = X_{ВВ(\text{стар})} - \frac{X_{\text{пом, ред. (В)}} \cdot X_{\text{пом, ред. (В)}}}{X_{\text{пом.}}} = 0.32 - \frac{(-0.16) \cdot (-0.16)}{0.5689} = 0.275$$

Вториот начин е да се додаде спојница во мрежата за основната мрежа (случај 1.), при што еквивалентната гранка F-C треба има реактанција 0.088890 p.u. Во основната мрежа постои спојницата F-C со реактанција 0.16 p.u., па заради тоа новата спојница треба да има реактанција што може да се определи од следниот израз:

$$\frac{1}{Z_{F-C_{\text{екв.}}}} = \frac{1}{Z_{F-C_{\text{нова}}}} + \frac{1}{Z_{F-C_{\text{стара}}}} = \frac{1}{j0.08889}$$

Од тука следи дека импеданцијата на новата спојница треба да биде еднаква на:

$$Z_{F-C_{\text{нова}}} = \frac{Z_{F-C_{\text{стара}}} \cdot Z_{F-C_{\text{екв.}}}}{Z_{F-C_{\text{стара}}} - Z_{F-C_{\text{екв.}}}} = j \frac{0.16 \cdot 0.08889}{0.16 - 0.08889} = j0.2$$

Спојница F-C; k=F; m=C; X(k-m) = .2000; Xпом = .3200

	E	F	B	C	A	D
Пом.ред.	-.0200	.0400	-.0400	-.0800	-.0400	-.0800

$$X_{BB(\text{нов})} = X_{BB(\text{стар})} - \frac{X_{\text{пом.ред.}(B)} \cdot X_{\text{пом.ред.}(B)}}{X_{\text{пом.}}} = 0.28 - \frac{(-0.04) \cdot (-0.04)}{0.32} = 0.275$$

Трифазна куса врска во јазолот В; $\sqrt{3} \cdot U_a(0) = 1.05 \text{ p.u.}$; $Z_{к.в.} = (0, 0) \Omega$

Симетрични компоненти и фазни големини p.u.

$k=5$; $Z_{kk}(1) = (0, 0.275)$; $Z_{кв} = (0, 0)$

$I_{k(012)} = (\sqrt{3} \cdot U_0(a) / (Z_{kk}(1) + Z_{кв})) \cdot [0 \ 1 \ 0]^T = (0, -3.818182) \cdot [0 \ 1 \ 0]^T$

$I_{k(abc)} = (U_0(a) / (Z_{kk}(1) + Z_{кв})) \cdot [1 \ a^2 \ a]^T = (0, -2.204428) \cdot [1 \ a^2 \ a]^T$

$U_{k(012)} = (\sqrt{3} \cdot U_0(a) \cdot Z_{кв} / (Z_{kk}(1) + Z_{кв})) \cdot [0 \ 1 \ 0]^T = (0, 0) \cdot [0 \ 1 \ 0]^T$

$U_{k(abc)} = (U_0(a) \cdot Z_{кв} / (Z_{kk}(1) + Z_{кв})) \cdot [1 \ a^2 \ a]^T = (0, 0) \cdot [1 \ a^2 \ a]^T$

	0	1	2	a	b	c
$I_{ткв}(B)$	(0, 0)	(0, -3.8182)	(0, 0)	(0, -2.2044)	(-1.9091, 1.1022)	(1.9091, 1.1022)
$U_{ткв}(B)$	(0, 0)	(0, 0)	(0, 0)	(0, 0)	(0, 0)	(0, 0)
