



**Коммерциялық емес  
акционерлік  
қоғам**

**ҒҰМАРБЕК ДӘУКЕЕВ  
АТЫНДАҒЫ АЛМАТЫ  
ЭНЕРГЕТИКА ЖӘНЕ  
БАЙЛАНЫС  
УНИВЕРСИТЕТІ**

Электр станциялар  
және электр энергетика  
жүйелері кафедрасы

**ЭЛЕКТР ТОРАПТАР МЕН ЖҮЙЕЛЕРДІҢ  
РЕЖИМДЕРІН ЕСЕПТЕУ**

5B071800 – Электр энергетика мамандығы үшін есептік-сызба жұмыстарын  
орындау бойынша әдістемелік нұсқаулықтар

Алматы 2020

ҚҰРАСТЫРУШЫЛАР: Генбач Н.А., Утешкалиева Л.Ш. Электр тораптар мен жүйелердің режимдерін есептеу. 5В071800 – Электр энергетика мамандығы студенттері үшін есептік-сызба жұмыстарды орындау бойынша әдістемелік нұсқаулықтар. – Алматы: АЭЖБУ, 2020. - 34 б.

Әдістемелік нұсқаулықтарда желілердегі кернеулердің, токтардың және сыйымдылықтардың таралу заңдылықтары, электр берілісінің жұмыс сипаттамалары, желілердің режимдерін анықтайтын кейбір тәуелділіктер бар; қарымталау құрылғылардың параметрлерінің есептері келтірілген және берілетін қуаттың шектері және оларды жоғарлату құралдары анықталған.

Әдістемелік нұсқаулықтар 5В071800 – Электр энергетика мамандығының барлық оқыту формасындағы студенттерге арналған.

Ил. – 16, кесте – 5, әдеб. көрсеткіші – 3 атау.

Пікір беруші: т.ғ.к., доц. К.О. Ғали

«Ғұмарбек Дәукеев атындағы Алматы энергетика және байланыс университеті» коммерциялық емес акционерлік қоғамының 2019 жылғы жоспары бойынша басылады.

© «Ғұмарбек Дәукеев атындағы Алматы энергетика және байланыс университеті» КЕАҚ, 2020 г.

## Мазмұны

Кіріспе.....	4
№ 1 есептік-сызба жұмыс бойынша әдеместелік нұсқаулықтар. Күрделі түйықталған электр тораптарының жұмыс режимдерін есептеу.....	5
№ 2 есептік-сызба жұмыс бойынша әдеместелік нұсқаулықтар. RastrWin бағдарламасында электр тораптардың жұмыс режимдерін есептеу.....	13
№ 3 есептік-сызба жұмыс бойынша әдеместелік нұсқаулықтар. Электр беріліс режимдері. Кернеу және ток таралуын анықтау.....	21
А қосымшасы.....	30
Б қосымшасы.....	33
Әдебиет тізімі.....	34

## Кіріспе

Есептік-сызба жұмыстарды орындауға арналған нұсқаулық 5B071800 - Энергетика мамандығы бойынша бакалаврларды дайындауға арналған.

Осы есептік сызба жұмыстарды орындаудың мақсаты электр желілері мен жүйелерінің жұмыс режимдерін зерттеу, есептелген компонент элементтерін және желілік эквивалентті сұлбаларды дайындау, есепті шешудің ең тиімді әдістерін оқып үйрену және қолдану болып табылады. Қолмен іске асырылатын дәстүрлі әдістермен алынған нәтижелер RastrVin бағдарламасын қолдана отырып алынған формальды әдістермен салыстырылады.

Қалааралық электр желілерінің қалыпты жұмыс істеуі үшін реактивті қуат ағындарының таралуы үлкен мәнге ие, оларды анықтау әдістері бірқатар факторларға арналған, олар сонымен бірге электр берудің режиміне әртүрлі факторлардың әсерін қарастырады.

Электр желілерінің өткізу қабілеттілігіне және олардың негізгі пайдалану сипаттамаларына, жүйелік элементтердің белсенді тұрақтылығы көптеген маңызды жағдайларда аз әсер етеді.

Есептік-сызба жұмыстарда желілердегі кернеулер, токтар мен күштердің таралу заңдылықтары, электр берілісінің жұмыс сипаттамалары, желілердің режимдерін анықтайтын кейбір тәуелділіктер қарастырылады; Өтемдік құрылғылардың параметрлерінің есептері келтірілген және берілетін қуаттың шектері және оларды көбейту құралдары анықталған.

Мәселелерді шешуде қолданбалы формулалар мен қатынастар келтіріліп, оларға қысқаша түсініктемелер және олардың құрамына кіретін шамалардың мәні келтірілген. Формулалармен толық танысу үшін әдебиетке сілтеме жасалады. Есептеулер негізінен салыстырмалы бірліктерде жүргізіледі.

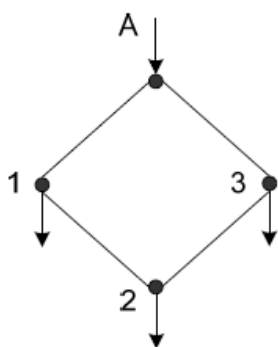
## № 1 есептік сызба жұмысы бойынша әдеместелік нұсқаулықтар. Күрделі тұйықталған электр тораптарының жұмыс режимдерін есептеу

Жұмыс мақсаты: күрделі тұйықталған электр тораптарының режимдерін есептеуді орындаумен танысу.

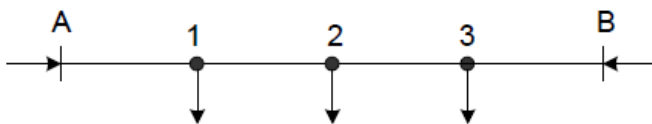
*Теориялық мәліметтер.*

Электр энергиясын тұтынушыларға кемінде екі жағынан берілуі мүмкін желілерді тұйықталған электр желілері деп аталады.

Қарапайым тұйықталған желілерге бір контурдан тұратын (1 сурет) немесе екі шеттен қоректенетін ашық желіні білдіретін желілер жатады (2 сурет). Бұл желілерде әрбір жүктеме торабы екі желі бойынша қорек алады.

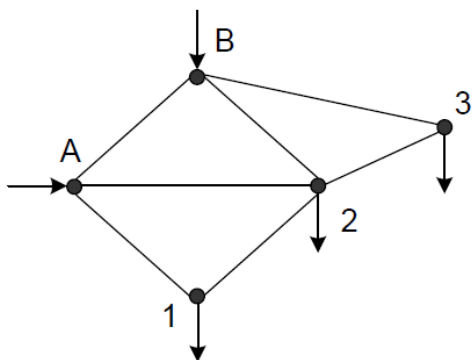


1 сурет – Бір контурлы  
жабық желі

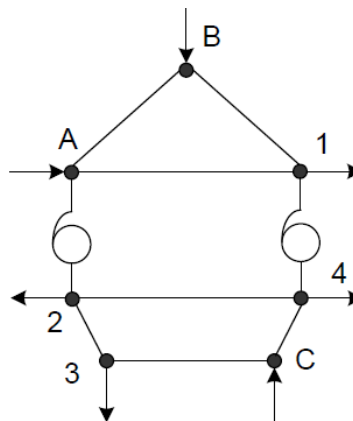


2 сурет – Екі жақты қоректенетін желі

Күрделі тұйықталған желілерге бірнеше контурлары бар желілер жатады. Сонымен қатар контурларға бір (3 сурет) және бірнеше номиналды кернеулердің желілері кіруі мүмкін (4 сурет).



3 сурет – Бір номиналды кернеудің  
күрделі тұйықталған желісі



4 сурет – бірнеше номиналды  
күрделі тұйықталған желі

Тұйықталған желілердің негізгі артықшылықтарына тұтынушыларды электрмен жабдықтаудың жоғары сенімділігі және активті қуаттың аз шығынынан жоғары үнемділік жатады. Кемшілігі оларды пайдаланудың күрделенуі, сондай-ақ күрделі тұйықталған желілердің көп мөлшерде қымбаттауы.

Тұйықталған Электр тораптарының режимдерін есептеу тұйықталған электр тораптарына қарағанда едәуір күрделі. Жеке учаскелердегі тұйықталған тораптардағы қуаттар жүктемелер мен қуат шығындарын қарапайым тізбектей қосумен табады. Тұйықталған желілерде сұлбаның тармақтары бойынша қуаттарды бөлу айқын емес және учаскелер сымдарының ұзындығы мен қимасына, тораптар жүктемесінің шамаларына және қоректендіру көздерінің кернеу режимдеріне байланысты. Сондықтан тұйықталған желілерді есептеу үшін арнайы әдістер қолданылады. Күрделі тұйықталған электр желілерінің белгіленген режимдерінің параметрлерін қолмен есептеу үшін желіні түрлендіру әдісі қолданылуы мүмкін. Бұл әдістің мәні желіні қарапайым түрге (бір сақинаға немесе ажыратылған желіге) келтіруге әкеледі. Сонымен қатар, бұл жүйе белгілі әдістермен есептеледі, содан кейін желіні бастапқы түрге қайта түрлендіреді. Түрлендіру әдісін пайдаланған кезде желі учаскесінің ұштары бойынша және жұлдыз орталығынан жүктемелерді тарату, қуат көзі мен жүктемелердің соңғы көздерін біріктіру, электр желісі схемаларының пассивті бөліктерін түрлендіру тәсілдері қолданылады.

Қайта құру әдісі оның түрлендірілетін бөлігіне қатысты сыртқы желінің белгіленген режимі параметрлерінің өзгермейтін шарттарын сақтай отырып қолданылуы тиіс.

Бұдан басқа, қайта құру тәсілдерін пайдалану кезінде алдын ала барлық қабылданатын жіберулерді ескеру қажет.

Төменде желіні түрлендірудің кейбір тәсілдері қарастырылған.

*Учаскенің соңы бойынша жүктемелерді тарату.*

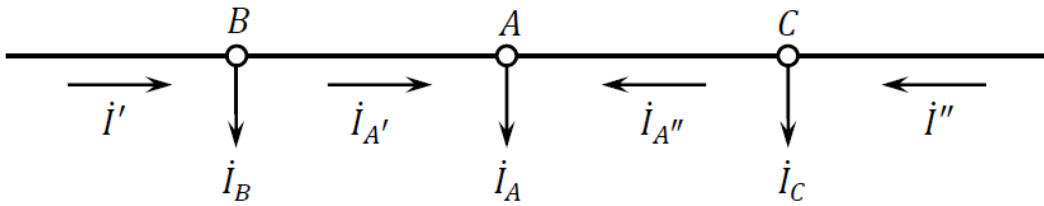
Жүктемелерді тарату электр торабын түрлендіру эквивалентті болатындай етіп орындалуы тиіс. Егер нәтижесінде түрлендіруге ұшырамаған сұлбаның бөлігінде режим параметрлері өзгертілмесе, түрлендірудің эквиваленттілігі сақталады.

Электр желісінің учаскесінде тұратын А, В, С, түйіндерді қарастырайық берілген жүктемесі түйіндік ток түрінде  $I_A$ ,  $I_B$ ,  $I_C$  және тармақтарының желісі бар кедергі  $Z_{BA}$  және  $Z_{AC}$  (5 сурет).

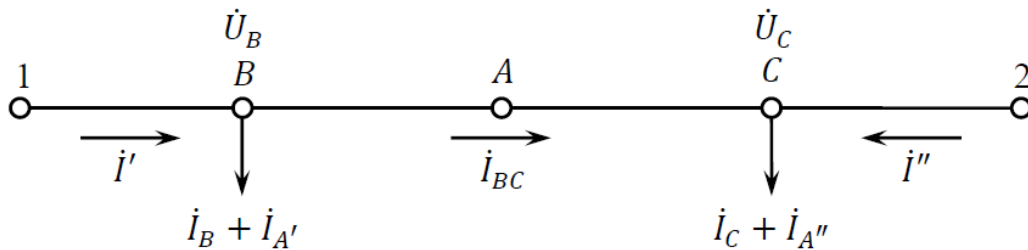
А тораптарының жүктемелерін В және С тораптарының арасындағы бөлуді орындаймыз және В және С тораптарының арасында сәйкесінше бөлінген  $I_{A'}$  және  $I_{A''}$  ( $I_A$  жүктеме тогының бөліктері) токтарын анықтаймыз (6-сурет). Бастапқы (5-сурет) және эквивалентті сұлбада (6 сурет)  $I'$  және  $I''$  токтары бірдей.

$$\Delta \dot{U}_{BC} = \Delta \dot{U}_{AC} = I_{A'} \cdot Z_{BA} \cdot \sqrt{3} - I_{A''} \cdot Z_{AC} \cdot \sqrt{3} = I_{BC} (Z_{BA} + Z_{AC}) \cdot \sqrt{3} \quad (1)$$

5 суреттегі сұлбада  $I_{A'}$  және  $I_{A''}$  түйін токтары арқылы В және С тораптары арасындағы кернеудің төмендеуін білдіреміз және олардың шартты бағытына сәйкес 6 сурет  $I_{BC}$  тогы арқылы:



5 сурет – Электр желісінің бастапқы сұлбасы



6 сурет – Электр желісінің баламалы сұлбасы

В түйінін Кирхгофтың I заңының негізінде 5 сурет сұлбасынан :

$$I_{A'} = I' - I_B,$$

A түйіні үшін:

$$I_{A''} = I_A - I_{A'} = I_A + I_B - I',$$

В түйіні үшін 6 сурет сұлбасынан:

$$I_{BC} = I' - (I_B + I_{A'}).$$

Алынған өрнектерді (1)-ге қойып және қысқартуды орындай отырып, аламыз

$$I_A \cdot Z_{AC} \sqrt{3} = I_{A'} \cdot (Z_{BA} + Z_{AC}) \cdot \sqrt{3}.$$

Осыдан

$$I_{A'} = I_A \cdot \frac{Z_{AC}}{Z_{BA} + Z_{AC}}; \quad I_{A''} = I_A \cdot \frac{Z_{BA}}{Z_{BA} + Z_{AC}}. \quad (2)$$

Осылайша,  $\dot{I}_A$  тогы В және С тораптарының арасында А торабынан В және С тораптарына дейінгі кедергілерге кері пропорционал бөлінеді. Егер тораптардың жүктемелері қуаттар түрінде берілген болса, онда жүктемені тарату үшін қосымша жол беру керек – жүктемелерді тарату В–А–С учаскесінде қуат шығынын есепке алу болмаған кезде орындалады. Енді (2) өрнегін қолданамыз және  $\dot{I}_{A'}$ ,  $\dot{I}_{A''}$  и  $\dot{I}_A$  қуат ағындары арқылы

$$\dot{I}_{A'} = \frac{S_{A'}^*}{U_A^* \cdot \sqrt{3}}; \quad \dot{I}_{A''} = \frac{S_{A''}^*}{U_A^* \cdot \sqrt{3}}; \quad \dot{I}_A = \frac{S_A^*}{U_A^* \cdot \sqrt{3}},$$

сонда

$$S_{A'}^* = S_A^* \cdot \frac{Z_{AC}}{Z_{BA} + Z_{AC}}; \quad S_{A''}^* = S_A^* \cdot \frac{Z_{BA}}{Z_{BA} + Z_{AC}}, \quad (3)$$

немесе

$$\dot{S}_{A'} = \dot{S}_A \cdot \frac{\hat{Z}_{AC}}{\hat{Z}_{BA} + \hat{Z}_{AC}}; \quad \dot{S}_{A''} = \dot{S}_A \cdot \frac{\hat{Z}_{BA}}{\hat{Z}_{BA} + \hat{Z}_{AC}}. \quad (4)$$

$\dot{I}_A$  және  $\dot{S}_A$  тогы мен қуатын тек ең жақын ғана емес, кез келген екі 1 желі нүктелері арасында ажыратуға болады. Бұл операцияны тораптар мен тармақтар тізбекті сұлба бойынша бір-бірімен байланысты болған жағдайда орындауға болады. Мысалы,  $\dot{I}_{IA}$ , и  $\dot{I}_{IIA}$  токтарын табуға болады,  $\dot{S}_{IA}$  және  $\dot{S}_{IIA}$  қуаттарын, I және II қоректену пункттері үшін (7 сурет).

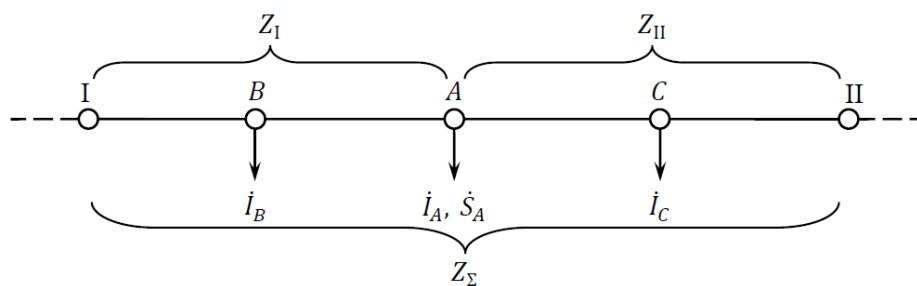
Енді

$$\dot{I}_{IA} = \dot{I}_A \cdot \frac{Z_{II}}{Z_{\Sigma}}, \quad \dot{I}_{IIA} = \dot{I}_A \cdot \frac{Z_I}{Z_{\Sigma}}, \quad (5)$$

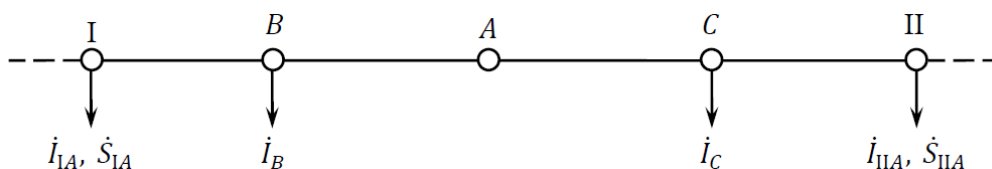
$$\dot{S}_{IA} = \dot{S}_A \cdot \frac{\hat{Z}_{II}}{\hat{Z}_{\Sigma}}; \quad \dot{S}_{IIA} = \dot{S}_A \cdot \frac{\hat{Z}_I}{\hat{Z}_{\Sigma}}. \quad (6)$$

Тұйықталмаған тораптар сияқты, әдетте, тұйықталған тораптардың электрлік есептері, ең көп және ең аз жүктемелердің қалыпты орныққан режимдері үшін орындалады. Сонымен қатар, тұйықталған желілерді талдау кезінде желінің жекелеген элементтерін ажырату кезінде апаттан кейінгі режимдердің есептеулерін жүргізу қосымша талап етіледі. Бұл тұйықталған желі учаскесін ажырату жол берілмейтін кернеу режимі мен қуат ағындарының айтарлықтай өзгеруін тудыруы мүмкін.





а)



б)

а – бастапқы; б – нәтижелі сұлбалар.

7 сурет – Түптеу жүктеме

Тұйықталған желілердің көптеген практикалық есептері ДК-де орындалады. Бір жағынан, бұл желінің контурлары, тораптары мен учаскелерінің көп саны бар нақты желілердің тарамдалуына байланысты есептеулердің үлкен күрделілігімен түсіндіріледі. Екінші жағынан, мұндай есептеулер үшін ДК-де жеткілікті тиімді алгоритмдер мен бағдарламалар құрылған. Тұйықталған желілерді есептеу әдістерін игеру электр торабының режимдерімен байланысты, процестердің физикалық мәнін және ДК-де есеп жүргізілетін шарттарды түсіну үшін қажет.

*Жұлдыз ортасынан жүктемені тарату.*

8, а суретте көрсетілген желі сұлбасынан қарастырайық және жұлдыз ортасынан (А түйіні) В, С және D тораптарының арасында жүктемені (8, б сурет) таратамыз.

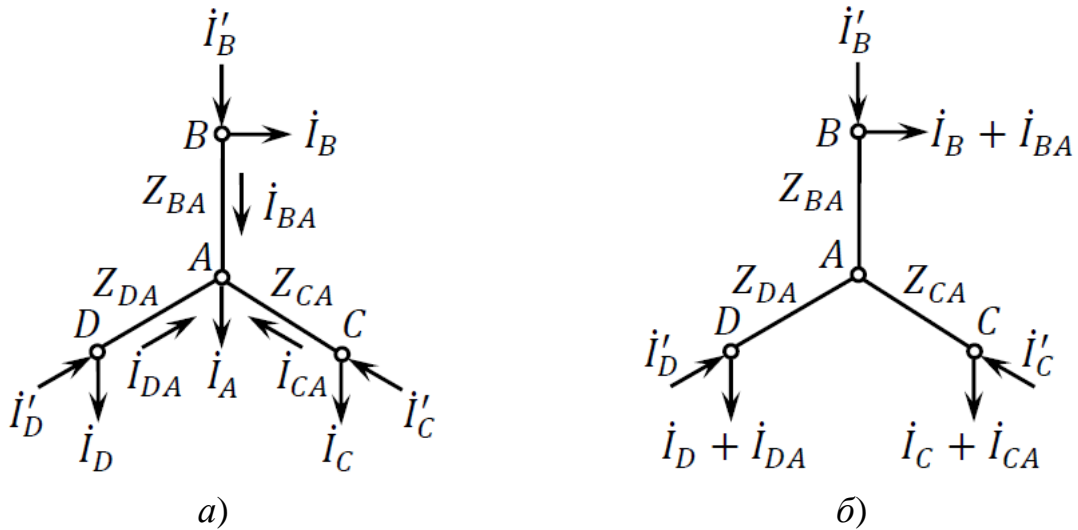
В,С,Д түйін кернеулерінің теңдігі туралы жорамалдарды қабылдаймыз:

$$\dot{U}_B = \dot{U}_C = \dot{U}_D$$

сонда

$$\Delta \dot{U}_{BC} = \dot{I}_{CA} \cdot Z_{CA} \cdot \sqrt{3} - \dot{I}_{BA} \cdot Z_{BA} \cdot \sqrt{3} = 0;$$

$$\Delta \dot{U}_{BD} = \dot{I}_{BA} \cdot Z_{BA} \cdot \sqrt{3} - \dot{I}_{DA} \cdot Z_{DA} \cdot \sqrt{3} = 0;$$



*a* – бастапқы; *б* – нәтижелі сұлбалар.

8 сурет – Жұлдыз ортасынан жүктемені тарату.

Кирхгофтың I Заңының негізінде және тиісті нұсқаларды орындай отырып, келесі өрнектерді аламыз:

$$i_{BA} = i_A \cdot \frac{Y_{BA}}{Y_{\Sigma}}; \quad i_{CA} = i_A \cdot \frac{Y_{CA}}{Y_{\Sigma}}; \quad i_{DA} = i_A \cdot \frac{Y_{DA}}{Y_{\Sigma}}, \quad (7)$$

сондай-ақ, сәуле жұлдызына арналған тапсырма шешіледі:

$$i_{iA} = i_A \cdot \frac{Y_{ia}}{Y_{\Sigma}}, \quad i = 1, 2, \dots, n. \quad (8)$$

Қуат үшін келесі өрнектерді аламыз

$$S_{iA} = S_A \cdot \frac{\hat{Y}_{iA}}{\hat{Y}_{\Sigma}}, \quad i = 1, 2, \dots, n.$$

Жұлдыз ортасынан жүктемелердің таралуын орындау кезінде сыртқы желі режимінің параметрлері өзгермейді,  $i'_B$ ,  $i'_C$ ,  $i'_D$  токтары бастапқы мәндерді сақтайды.  $S'_B$ ,  $S'_C$ ,  $S'_D$  қуаттары үшін бұл тек қана жорамалдармен әділ, яғни DA, BA және CA тармақтарындағы қуаттардың шығыны болмайды.

(7) және (8) формулалары жұлдыз тораптарындағы кез келген кернеулерде, оның ішінде әртүрлі кернеулерде пайдаланылуы мүмкін.

*Пассивті сұлбаларды түрлендіру.*

Пассивті сұлбаларды түрлендіру «Электротехниканың теориялық негіздері» пәнін оқу кезінде қарастырылады, сондықтан мұнда тек соңғы түрлендірулер өрнектері келтіріледі.

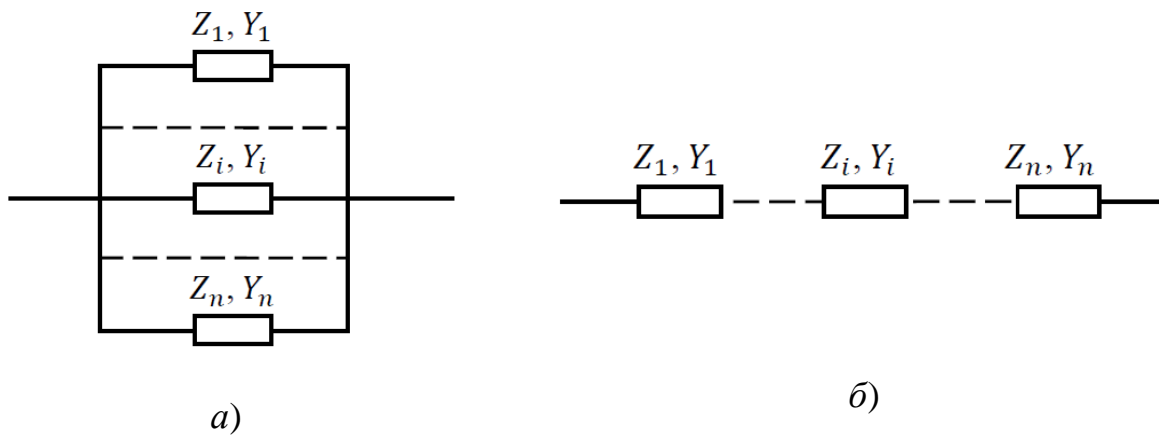
Кедергі мен өткізгіштіктің тізбекті және параллельді қосылуы 9-суретте көрсетілген.

$n$  элементтерді параллель қосу кезінде  $Z_{\exists}$  эквивалентті кедергі және  $Y_{\exists}$  өткізгіштік былай анықталады:

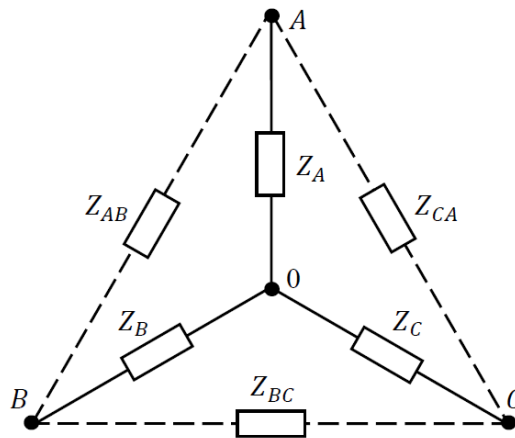
$$\frac{1}{Z_{\exists}} = \sum_{i=1}^n \frac{1}{Z_i}; \quad Y_{\exists} = \sum_{i=1}^n Y_i. \quad (9)$$

$N$  элементтерді тізбектей қосу кезінде:

$$Z_{\exists} = \sum_{i=1}^n Z_i; \quad \frac{1}{Y_{\exists}} = \sum_{i=1}^n \frac{1}{Y_i}. \quad (10)$$



9 сурет – Элементтерды параллель (а) және тізбектей (б) қосу



10 сурет – Жұлдызшаны үшбұрышқа түрлендіру

Жұлдызшаны үшбұрышқа түрлендіру және керісінше (10 сурет) қатынасы бойынша жүргізіледі:

$$Z_{AB} = \frac{Z_A \cdot Z_B + Z_A \cdot Z_C + Z_B \cdot Z_C}{Z_C}; \quad (11)$$

$$Z_A = \frac{Z_{AB} \cdot Z_{BC}}{Z_{AB} + Z_{BC} + Z_{CA}}. \quad (12)$$

*Есептік-сызба жұмыстарын орындау үшін бастапқы деректер.*

Жұмыс режимдерін есептеу жүргізілетін электр желісінің сұлбасы 11-суретте бейнеленген. Жұмысты орындау үшін қажетті электр желісінің параметрлері (электр беру желілерінің ұзындығы, әуе желілері сымының маркасы, тораптық жүктемелер) А қосымшада келтірілген.

Есептік - сызба жұмыс нұсқаның нөміріне сәйкес орындалады; нұсқа нөмірін оқытушы көрсетеді.

Есептік - сызба жұмысты орындау электр желісінің жұмыс режимдерін есептеуді орындауға дайындықты болжайды; есептеулерді «қолмен» орындауды көздейді.

1. Есептерді орындауға дайындық:

- есептік-сызба жұмыста бастапқы деректер негізінде және нұсқаға сәйкес электр торабының алмастыру сұлбасын құрастыру керек;

- алмастыру сұлбасында қосалқы станциялардың шиналарынан қоректенетін тұтынушылардың жүктемелерінің мәндерін салу, сондай-ақ аудандық төмендететін қосалқы станциялардың шиналарында қолдау көрсетілетін кернеудің мәнін көрсету;

- алмастыру сұлбасының барлық тораптары 1-ден 100-ге дейінгі сандармен нөмірленуі;

- желі элементтерінің параметрлерін есептеу;

- есептік параметрлерді алмастыру сұлбасына салу.

2. Есептердің орындалуы:

- (3) формуласын пайдалана отырып, қарастырылатын тұйық желінің негізгі учаскелерінің қуатын есептеу;

- Кирхгофтың бірінші заңын пайдалана отырып, желінің қалған учаскелерінің қуатын есептеу және барлық алынған мәндерді 1-кестеге енгізу;

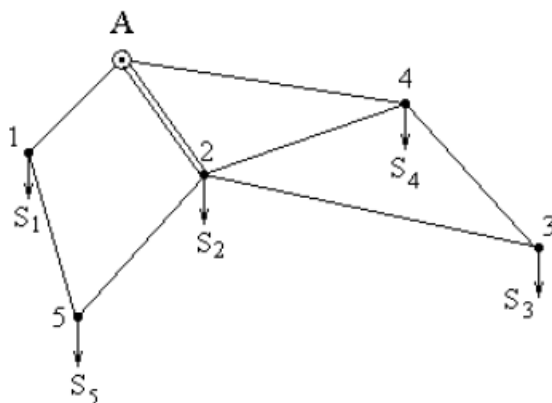
- әр учаскеде кернеудің құлау мәнін есептеу және әр тораптағы кернеу деңгейін анықтау. Алынған нәтижелерді 2-кестеге енгізу.

1 кесте – Электр желісіндегі қуат ағындары

Желі учаскесі	$P_{\text{баст.}} \text{ МВт}$	$P_{\text{соң.}} \text{ МВт}$	$Q_{\text{баст.}} \text{ Мвар}$	$Q_{\text{соң.}} \text{ Мвар}$
А – 2				
А – 1				
А – 4				
1 – 5				
5 - 2				
2 - 4				
2 - 3				
4 - 3				

2 кесте – Желідегі кернеу деңгейі

Қосалқы станция	$U$ , кВ
1	
2	
3	
4	
5	



11 сурет – Электр желісінің сұлбасы

**№ 2 Есептік-сызба жұмысы бойынша әдеместелік нұсқаулықтар. RastrWin бағдарламасында электр тораптардың жұмыс режимдерін есептеу**

Жұмыстың мақсаты: RastrWin бағдарламалық кешенімен танысу. RastrWin бағдарламасының жұмыс істеу барысында тәжірбие алу.

*Теориялық мәліметтер.*

*RastrWin бағдарламасы туралы жалпы ақпарат.* RastrWin бағдарламасы кез келген күрделіктегі және кез келген кернеудегі (0,4-тен 1150 кВ-ға дейін) электр желілерінің режимдерін есептеуді, эквиваленттеуді және ауырлатуды жүргізуге мүмкіндік береді, бастапқы деректерді экрандық енгізу және түзету, тораптар мен сұлба тармақтарын жылдам ажырату мүмкіндігін қамтамасыз етеді, желіні аудандастыру және сұлбаның немесе оның жекелеген фрагменттерінің кез келген бастапқы параметрлерімен және есептеу нәтижелерімен бірге графикалық ұсыну мүмкіндігіне ие.

*Бастапқы деректерді дайындау.* Есептеулерді жүргізу алдында бастапқы деректерді RastrWin түсінікті нысанда ұсыну қажет. Ол үшін барлық тораптардың нөмірлері (үш орамалы трансформатордың және автотрансформатордың орташа нүктесін қоса алғанда) қойылатын барлық желінің орнын ауыстыру сұлбасы жасалады, олар бірегей және нөлден ерекшеленетін бүтін сандарға, сондай-ақ әрбір торап үшін номиналды

кернеуге қойылады. Желінің жеке элементтері (энергия жүйесі, генераторлар, жүктемелер, компенсациялық құрылғылар, желілер, трансформаторлар) алмастыру сұлбасында 12 және 13-суретте көрсетілген түрде ұсынылады.

12 және 13 суреттерде шамалар белгіленген:

$k, l, j, m, n$  – түйіннің нөмірі;

$U_k$  –  $k$ -м тораптағы қуат;

$\delta_k$  – тораптағы кернеу бұрышы;

$P_{k,ген}, Q_{k,ген}$  –  $k$ -М тораптағы генерацияның активті және реактивті қуаттары;

$P_k, Q_k$  –  $k$ -М тораптағы жүктеменің активті және реактивті қуаттары;

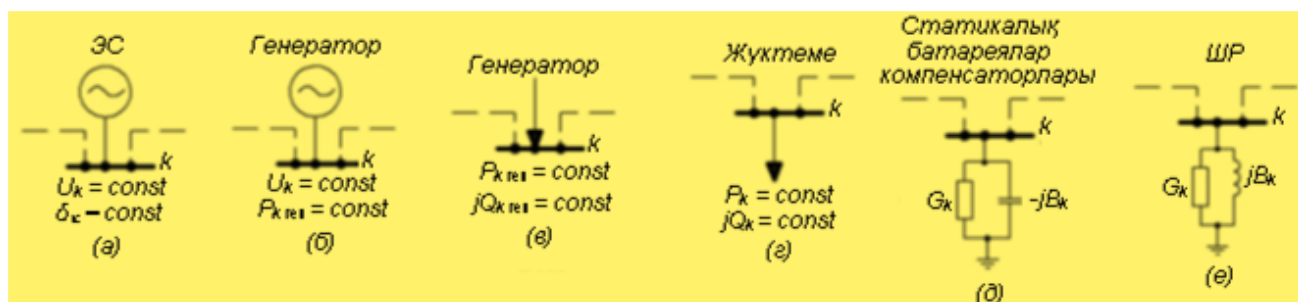
$G_k, B_k$  – БСК статикалық конденсаторларының батареясы немесе ШР шунттаушы реакторы бар  $k$ -түйіннің активті және реактивті өткізгіштігі;

$R_{ij}, X_{ij}, R_{jm}, X_{jm}, R_{jn}, X_{jn}$  – тармақтардың активті және реактивті кедергісі  $i-j, j-m, j-n$ ;

$G_{ij}, B_{ij}$  – тармақтардың активті және реактивті өткізгіштігі  $i-j$ ;

$k_{T ij}, k_{T jm}, k_{T jn}$  – тармақтардың трансформация коэффициенттері  $i-j, j-m, j-n$ .

Трансформаторларға жататын тармақтардың параметрлері жоғары кернеу орамының кернеуіне келтірілуі тиіс.

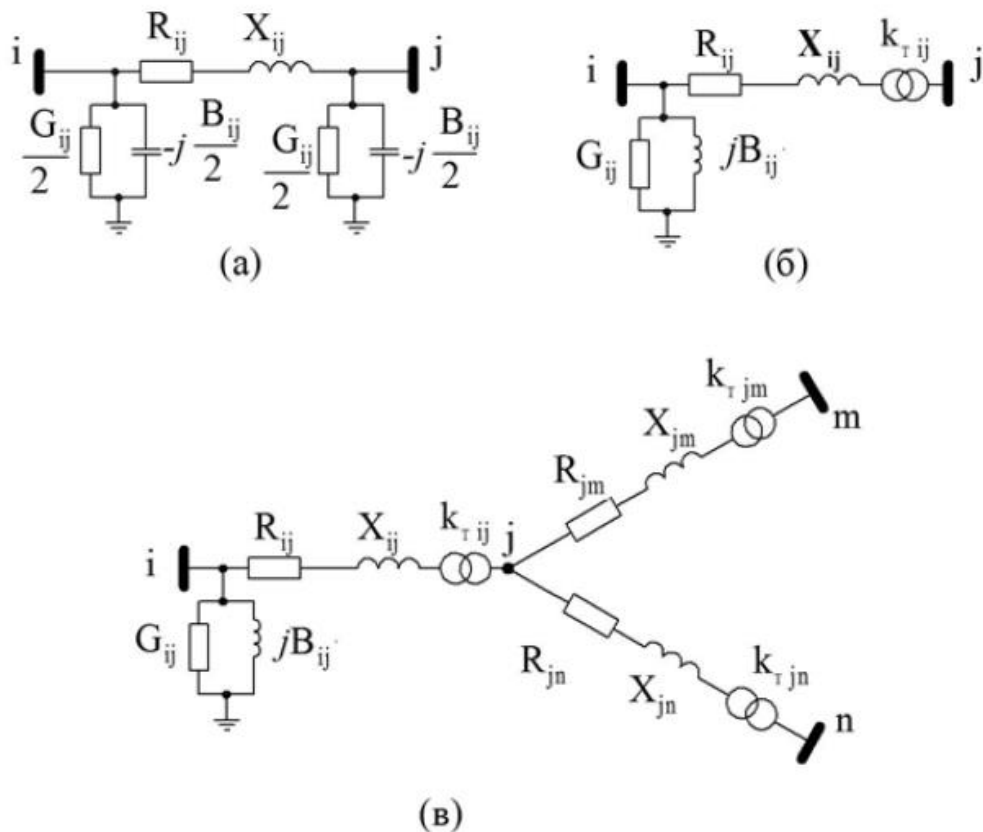


- (а) – энергия жүйесі; (б) – тіркелген кернеуі бар генератор және актив-генератор; (в) – тіркелген генерацияланатын қуаты бар генератор; (г) – жүктеме торабы; (д) –СКБ бар торап; (е) – ШР бар торап.

## 12 сурет – Электр желісінің тораптарын алмастыру сұлбасы

*RastrWin*-мен жұмысты бастау. *RastrWin* бағдарламасын ашқаннан кейін (компьютердің жұмыс үстеліндегі тиісті атауы бар таңбалар) жұмыс аймағының терезесі ашылады, онда жеке терезелерде жүктелген файлдардың (режимдер кестесі, сызба және т.б.) мазмұны көрсетіледі.

Дискідегі бар желі режимін *Жұмыс аймағына* жүктеу үшін, Бағдарламаның басты мәзірінің *Файлдары* тармағында *Жүктеу* командасын орындау және кеңейтумен қажетті файлды таңдау қажет. *rg2*.



(а) – ЭБЖ; (б) – екі орамды трансформатор;  
 (в) – үш орамды трансформатор немесе автотрансформатор.

### 13 сурет – Электр желісінің тармақтарын алмастыру сұлбасы

Жаңа сұлбаны енгізер алдында басты мәзірдегі жаңа *Файлдар* командасын орындау керек және режим файлының түрін белгімен белгілеу керек. *Rg2 (Файлдар-жаңа режим.rg2)*. Осыдан кейін бірден жаңа құрылған режим файлын (*Файлдард Ретінде сақтау*) қабылдау және сәйкестендіру үшін ыңғайлы және топ, студенттің тегі, есептік – графикалық жұмыс нөмірі туралы ақпаратты қамтитын студенттің жұмыс каталогында сақтау қажет.

Режим файлын сақтағаннан кейін желінің тораптары мен тармақтары туралы ақпаратты енгізу үшін бос кестеден тұратын екі терезені ашу қажет (*Торап – Тораптарды Ашу және Тармақ – Тармақтарды Ашу*), оларды басты мәзірдің *Терезе* пунктiнiң көмегімен экранда қолайлы түрде – каскадпен, көлденең не тік мозаикамен орналастыруға болады.

Ашық кестелер *Тораптар мен Тармақтарда* туралы ақпарат енгізілетін бағандар мен жолдар болады. Әрбір баған (терезе) деректердің белгілі бір түріне сәйкес келеді (атауы, номиналды кернеу, кедергі және т.б.), ал әрбір жол әрбір торап немесе тармақ үшін жазба (деректер жиынтығы) болып табылады.

Кестеге жолдар қосу барысында, оларды жою және қайталау үшін Басты мәзір *Кестесінің* тармағында *Қою*, *Қосу*, *Жою*, қайталау топтарды пайдалану қажет (қосу кестенің соңында, ал кірістіру – таңдалған жолдың алдында).

Кесте бағандары мен жолдары бойынша тінтуір мен тиісті пернетақта пернелері арқылы жылжуға болады, ал кестені қарау және өңдеу режимдері арасында – таңдалған ұяшықта тінтуірмен басып, *Enter және F2* пернелерімен ауысуға болады.

*Бағдарламаның жұмыс аймағын жөндеу.* Кесте бағандарының тақырыптары тиісті өріске (бастапқы деректер) енгізілуі қажет немесе желі режимін есептеу барысында анықталған деректер атауларынан тұрады (есептік деректер). Қажетті/қажетсіз деректер бағандарының кейбірі бағдарлама параметрлеріне байланысты кестелерде болмауы/болуы мүмкін.

Осы файлмен ағымдағы сеанс кезінде қажетті ақпарат (Бастапқы немесе есептік) бағандарды көрінетіндей етіп жасыруға немесе жасыруға тиісті бағанның атауында тышқанның оң батырмасын басу арқылы пайда болатын мәзірге *Жасыру*, *Ауыстыру*, *Кірістіру*, дейін қою команда арқылы болады.

Кестедегі бағандардың енін және бағандардағы (поле сандық ақпаратты шығару дәлдігін қажетті бағанның атауында тінтуірдің оң жақ батырмасын басқаннан кейін пайда болатын диалог терезесінің *Ені* мен *Дәлдігін* және келесі бағанның атауымен мәзір тармағын (мәзірдің бірінші тармағы) таңдағаннан кейін өзгертуге болады. Бұл ретте деректер бағанының *Тақырыбы мен Сипаттамасын* өзгерту қажет емес.

Жүктелген файлмен жұмыс істеу сеансы кезінде бағанның енін, сондай-ақ, тақырып аясындағы бағанның шегін өзгерту арқылы тінтуірдің көмегімен өзгертуге болады. Дегенмен, бұл әрекет бағдарламадан шыққаннан кейін немесе жаңа файл ашылғаннан кейін жасалған өзгерістерді сақтауға мүмкіндік бермейді.

Бағандардағы ақпаратты өсу немесе кему бойынша сұрыптауға болады, тінтуірдің сол жақ бөлігін екі рет басып. Кесте бағанын жылжыту тінтуірдің сол жақ батырмасын басып, оны ұстап тұрыңыз.

Басқа файл ашылғаннан немесе бағдарламадан шыққаннан кейін баптаулардағы өзгерістер жойылмаса, оларды сақтау керек.

Кестелерден қосылған немесе жойылған бағандарды сақтау үшін кез келген бағанның атауында тышқанның оң батырмасын басқаннан кейін мәзір тармағын таңдап, *OK* басу керек, содан кейін *Файл – Бағдарлама – Форманың* диалог командасын орындау керек, *Формалар* тізімінен *Форманың* диалогтық терезесінде кестенің (*Тораптар* немесе *Тармақтар*) атауын таңдау, *Ретімен Қолдану және Сақтау* басу керек, және барлық таңдалған таңбалар кезінде пайда болған терезеде *OK* басу керек, содан кейін жабу керек.

Егер баған енін және деректерді шығару дәлдігін сақтау қажет болса, үлгіні басты мәзір *Файлдары* тармағында *Сақтау* командасын орындау керек.

*Бағдарламаға тораптар мен тармақтар туралы ақпаратты енгізу.* Желі сұлбасын енгізуді тораптар бойынша деректерден бастау ұсынылады. Әрбір желі торабы үшін ең аз қажетті ақпарат жиынтығы болып табылады:



О – торапты белгілеу (сұрыптау, таңдау, баламалау және т. б. үшін қолданылады); торапты белгілемесе, бұл бағана бос;

S – торап күйі (қосулы/өшірулі); торап қосылу кезінде бағана бос болып табылады;

Түр – торап түрі (*База, Нагр, Ген+, Ген-*); базистік (теңгеруші) торапты қоспағанда, бағдарламамен автоматты түрде анықталады, ол ретінде осы ұяшықта *База* нұсқасын таңдап, энергия жүйесінің шинасын (12, а суреттегі ЭС) беру қажет;

Нөмір – торап нөмірі; желіні ауыстыру сұлбасында сәйкес беріледі;

Атауы – тораптың аты қойылады;

$U_{\text{ном}}$  – түйіннің номиналды кернеуі беріледі, [кВ];

$P_{\text{н}}, Q_{\text{н}}$  – активті және реактивті қуат жүктеме торабында;  $Q_{\text{р}}, Q_{\text{к}}$  (12, г сурет) [МВт] және [Мвар] шамасымен жазылады;

$P_{\text{г}}, Q_{\text{г}}$  – активті және реактивті қуатты генерациялау торабында; қойылады шамасы  $P_{\text{к}}$ . 12, б сурет, және  $P_{\text{к}}$  жағдайы үшін ген. ген,  $Q_{\text{к}}$ . 12, в сурет жағдайы үшін ген; сондай-ақ тек  $Q_{\text{к}}$  берілуі мүмкін. КУ үшін ген (+ $Q_{\text{к}}$ . БКС үшін ген, -  $Q_{\text{к}}$ . ШР үшін ген,  $\pm Q_{\text{к}}$ . (СҚ үшін ген); базистік (теңгеруші) торап үшін-есептік шамалар, [МВт] және [Мвар]];

$Q_{\text{min}}, Q_{\text{max}}$  – тораптағы реактивті қуатты генерациялау шектері; 12 б суреттегі жағдай үшін генераторлық тораптар үшін беріледі, [Мвар]]

$V_{\text{зд}}$  – түйіндегі тіркелген кернеу модулі;  $U_{\text{к}}$  кернеуі беріледі және бекітіледі,  $U_{\text{к}}$ , [кВ]:

а) энергожүйенің шиналарында, яғни базистік (теңгеруші) торап үшін (12, а сурет);

б) 12, б суреттегі жағдай үшін генераторлық тораптарда егер  $Q_{\text{min}}$  –  $Q_{\text{max}}$  және  $Q_{\text{min}} < Q_{\text{max}}$  реактивті қуатты генерациялаудың берілген шектері мүмкіндік берсе;

$G_{\text{ш}}, B_{\text{ш}}$  – БСК немесе ШР орнатылған тораптардағы жерге шунттың активті және реактивті өткізгіштігі; 12 е, [мкСм] суреттегі жағдай үшін 12, д, және  $G_{\text{к}}, B_{\text{к}}$  шамалары беріледі ;

V – есептік модулі кернеу торабында; базистік үшін (тепе-теңдік) және генераторлық торабы (12, б сурет) автоматты түрде тіркеледі кейін тапсырманың шамалары  $V_{\text{зд}}$ , қалған тораптарды бағдарламамен есептеледі, [кВ];

Delta – есептік бұрышы кернеу торабында; базистік үшін (тепе-теңдік) торабына қойылады және тіркеледі шамасы  $\delta_{\text{к}}$  (12, а сурет), қалған тораптар үшін бағдарламамен есептеледі, [град].

Желі тармақтары бойынша бастапқы деректер енгізілетін негізгі бағаналар:

О – тармақ белгісі (сұрыптау, іріктеу, баламалау және т. б. үшін пайдаланылады); осы бағанада тармақ белгіленбеген болса, онда ол өріс бос болады;

$S$  – тораптың жай-күйі (қосылған/ажыратылған); қосылып тұрған кезде өріс бос болады; торап басында, соңында немесе екі жағынан ажыратылуы мүмкін;

Үлгі-тармақ түрі (*ЭБЖ*, *Tr-p*); тармақтардың трансформация коэффициенті енгізілетін ұяшықтың мәні бойынша бағдарламамен автоматты түрде анықталады;

$N_{\text{баст}}$ ,  $N_{\text{соңы}}$  – тармақтары шектелген тораптардың нөмірлері; трансформатор үшін тармағының басы  $N_{\text{баст}}$  - бұл міндетті түрде кернеуге оның параметрлері келтірілген торап (әдетте, бұл жоғары кернеу орамының кернеуі);

Атауы-тармақ атауы; осы тармақты шектейтін тораптардың белгілі атаулары бойынша бағдарламамен автоматты түрде беріледі;

$N_{\text{п}}$  – тармақтың параллель нөмірі; егер бірнеше желі немесе трансформаторлар параллель жұмыс істесе, қойылады;

$R$ ,  $X$  тармақтардың активті және реактивті кедергісі; 13 сурет бойынша  $R_{ij}$ ,  $X_{ij}$ ,  $R_{jm}$ ,  $X_{jm}$ ,  $R_{jn}$ ,  $X_{jn}$  шамалары беріледі, [Ом];

$G$ ,  $B$  – тармақтардың активті және реактивті қосынды өткізгіштігі; ЭБЖ үшін  $G_{ij}$ ,  $-B_{ij}$  (13, а сурет) шамалары беріледі және  $G_{ij}$ ,  $B_{ij}$  трансформатор үшін (13, б, в сурет), [мкСм];

$K_{T/T}$  – трансформатордың кешенді трансформация коэффициентінің заттық бөлігі; трансформаторлардың көпшілігі үшін трансформация коэффициенті оның заттық бөлігіне сәйкес келетіндіктен, бағандарға осы шамалар енгізіледі  $k_{T ij}$ ,  $k_{T jm}$ ,  $k_{T jn}$  (13, б, в сурет) маңызды:  $K_{T/T}$  шамасы  $N_{\text{соңы}}$  торап орамының номиналды кернеуіне қатынасы торап орамының кернеуіне  $N_{\text{баст}}$  қатынасы бар, яғни  $K_{T/T} < 1$ .

Бастапқы ақпаратты *Тораптар* мен *Тармақтарға* енгізгеннен кейін құрылған режим файлын сақтау қажет.

*Желі режимін есептеу.* Желінің белгіленген режимін есептеу алдында қажет болған жағдайда есептеу параметрлерін орнату керек, ол үшін бағдарламаның басты мәзірі арқылы Режим кестесі (*Есептеулер – Параметрлер... – Режим*) ашылуы тиіс. Параметрдің мәні Дәлдігін есептеу (dP) (МВт беріледі) тораптардағы құжаттарды желіге байланысты түзету қажет, өйткені жүктемемен өлшенетін дәлдік кезінде есептеу нәтижелері дұрыс емес болуы мүмкін. Басқа параметрлердің мәндерін қалдыра аласыз, және тек режимді есептеу кезінде проблемалар пайда болса ғана өзгертуге болады (бастапқы деректер дұрыс қойылмаса, режим шығындалады және т. б.).

Желі режимін *Есептеу* командасы орындалғаннан кейін жүргізіледі – *Режим* немесе *F5 пернесін басу*.

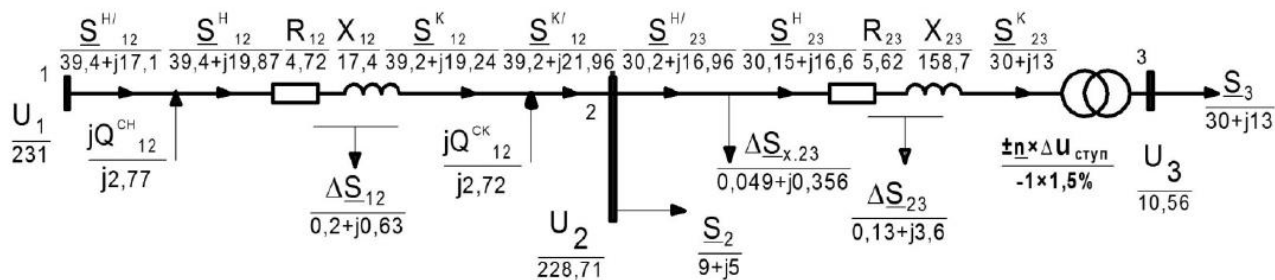
Апаттық есептеу аяқталған кезде (режим тарады) пайда болған терезеде қызыл белгімен белгіленген қысқаша сипаттамасы бар қате көрсетіліп және итерациялық процестің кезеңдері бойынша сипаттамасы бар *Хаттама* болады. Сонымен қатар, бұл жағдайда бағдарлама автоматты түрде *Тораптар мен Тармақтардың* кестелерінде (кейбір Тораптарды немесе тармақтарды

ажырату) өзгерістер жасай алады, олар есептеулердің авариялық аяқталуына әкеп соққан қателерді түзеткеннен кейін жасалуы қажет. Бастапқы деректерді және/немесе бағдарлама параметрлерін түзеткеннен кейін, режимді есептеуді қайталау керек.

Егер есеп сәтті аяқталса (режим келтірілді), *Хаттама* терезесінде қателер туралы хабарламалар болмайды. Протокол терезесіндегі келтіру кестесінің соңғы жолындағы *Max. неб.* өрісіндегі мән *Режим* кестесіндегі *Есептің Дәлдігі* (dP) параметр мәнінен жоғары болмауы тиіс.

*Есептеу нәтижелерін басып шығару.* Тораптар мен Тармақтардың кестелерінде көрсетілген желі режимін есептеу нәтижелерін басып шығару үшін тиісті терезені белсенді етіп жасау қажет, *Бет Параметрлері* диалогтық терезеде (*Файлдар – Принтер параметрлері...*) А4 қағаз өлшемін және беттің альбомдық бағдарын таңдау, содан кейін *Файл – Басып шығару...* командасын орындау керек, ашылған терезеде қажетті принтерді таңдау және *OK* басу керек.

*Режимді есептеу нәтижелерін рәсімдеу.* Электр тораптарын алмастыру сұлбасының принтерінде (14 сурет), оның принципті сұлбасы 15-суретте келтірілген, ЕСЖ орындау кезінде режимді есептеу нәтижелерін қалай рәсімдеу көрсетілген.



14 сурет – Режимді есептеу нәтижелерімен желіні ауыстыру сұлбасы

Алмастыру сұлбасында белгіленген кейбір режимдер (14 сурет):

$\underline{S}_{12}^{H'}$ ,  $\underline{S}_{23}^{H'}$  – тораптардың басындағы қуат ағыны 1-2 және 2-3 (бағандар  $SI_{\text{баст}}$  немесе  $P_{\text{баст}}$  және  $Q_{\text{баст}}$  *Тармақ* кестесінде бағдарлама RastrWin);

$jQ_{12}^{HC}$  – тармақ басында зарядтау қуаты 1-2 (өткізгіштіктің жартысы бойынша қолмен есептеледі  $B_{12}$  және есптелген RastrWin 1-2 тармағының басындағы кернеу);

$\Delta S_{x23}$  – 2-3 тармақтағы трансформатор б.ж. қуатының шығындары (деректер бағандары  $P_{\text{ш}}$  и  $Q_{\text{ш}}$  в RastrWin, тиісті шунт тармақтарының қуаты);

$\underline{S}_{12}^H$ ,  $\underline{S}_{23}^H$  – желінің тиісті тармақтарының бойлық бөлігінің басындағы ағындар (RastrWin-да көрінбейді,  $\underline{S}_{12}^{H'}$ ,  $\underline{S}_{23}^{H'}$  белгілі бойынша есептеледі және  $jQ_{12}^{HC}$ ,  $\Delta S_{x23}$  тиісінше);

$\underline{S}_{12}^{K'}$ ,  $\underline{S}_{23}^{K'}$  – 1-2 және 2-3 тармақтардың соңындағы қуат ағыны (баған  $SI_{\text{соңы}}$  немесе  $P_{\text{соңы}}$  және  $Q_{\text{соңы}}$  RastrWin бағдарламасының *Тармақтар* кестесінде);

$jQ_{12}^{CK}$ – 1-2 соңында зарядтау қуаты (В12 өткізгіштігінің жартысы және 1-2 тармағының соңындағы RastrWin есептелген кернеу бойынша қолмен есептеледі);

$\underline{S}_{12}^K$ – 1-2 тармағының ұзына бойлық бөлігінің соңына қуат ағыны (RastrWin-да көрсетілмейді, белгілі  $\underline{S}_{12}^{K'}$  және  $jQ_{12}^{CK}$ ) есептеледі;

$\Delta S_{12}$  ,  $\Delta S_{23}$  - желі тармақтарының бойлық бөлігіндегі (кедергілеріндегі) қуаттың шығыны (баған  $dP$  және  $dQ$  RastrWin бағдарламасының Тармақтар кестесінде);

$\pm n \times \Delta u_{\text{сат}}$  – трансформатордың реттеу тармақталуының нөмірі және реттеу сатысы.

*Есептік-сызба жұмыстарын орындау үшін бастапқы деректер.*

Жұмыс режимдерін есептеу жүргізілетін электр желісінің сұлбасы 11 суретте бейнеленген. Жұмысты орындау үшін қажетті электр желісінің параметрлері (электр беру желілерінің ұзындығы, әуе желілері сымының маркасы, тораптық жүктемелер, ӨКП шиналарында қолдау көрсетілетін кернеу деңгейі, сондай-ақ қосалқы станцияларда орнатылған төмендететін күштік трансформаторлардың саны мен маркасы) А қосымшада келтірілген.

Есептік - сызба жұмыстар нұсқаның нөміріне сәйкес орындалады; нұсқа нөмірін оқытушы көрсетеді.

Есептік - сызба жұмыстарды орындау үш негізгі кезеңді көздейді: электр желісінің жұмыс режимдерін есептеуді орындауға дайындау; RastrWin бағдарламасында есептеулерді орындау.

1. Есептерді орындауға дайындық:

- есептік-сызба жұмыстар бастапқы деректер негізінде және нұсқаға сәйкес электр желісін алмастыру сұлбасын құрастыру;

- алмастыру сұлбасында қосалқы станциялардың шиналарынан қоректенетін тұтынушылардың жүктемелерінің мәндерін салу, сондай-ақ аудандық төмендететін қосалқы станциялардың шиналарында қолдау көрсетілетін кернеудің мәнін көрсету);

- алмастыру сұлбасының барлық тораптары 1-ден 100-ге дейінгі сандармен нөмірленуі;

2. RastrWin бағдарламасында есептеулерді орындау:

- алмастыру сұлбасында сәйкес RastrWin бағдарламасында электр желісінің жұмыс режимін есептеу үшін деректерді дайындауды жүргізу, тораптар кестесін және бағдарламалық кешен тармақтарының кестесін толтыру;

– алынған есептік сұлба негізінде RastrWin бағдарламасында қарастырылып отырған электр желісінің сызбалық бейнеленуін қалыптастыру;

– бағдарламаға енгізілген бастапқы ақпаратты бақылауды орындау, қателер табылған жағдайда оларды түзету;

- RastrWin бағдарламасында электр желісі жұмысының қалыпты қалыптасқан және апаттан кейінгі режимін, есептеуді орындау;

- есептеу нәтижелерін 3 және 4 кестелерге енгізу;

- RastrWin бағдарламасында орнатылған режимдерді есептеу;

- RastrWin бағдарламасында курстық режимдерді есептеу.

3 кесте – Электр желісіндегі қуат ағындары

Желі учаскесі	$P_{\text{баст.}} \text{ МВт}$	$P_{\text{соң.}} \text{ МВт}$	$Q_{\text{баст.}} \text{ Мвар}$	$Q_{\text{соң.}} \text{ Мвар}$
А – 2				
А – 1				
А – 4				
1 – 5				
5 – 2				
2 – 4				
2 – 3				
4 – 3				

4 кесте – Желідегі кернеу деңгейі

Қосалқы станция	$U, \text{ кВ}$
1	
2	
3	
4	
5	

### **№ 3 Есептік-сызба жұмысы бойынша әдеместелік нұсқаулықтар. Электр беріліс режимдері. Кернеу және ток таралуын анықтау**

*Жұмыс мақсаты:* электр желілеріндегі кернеулердің, токтардың және сыйымдылықтардың таралу заңдылықтарын зерттеу, электр желілерінің сипаттамаларын зерттеу.

Ұзын электр желілерінің жұмыс режимі негізінен режимдерге айтарлықтай әсер ететін электромагниттік процестердің толқындық сипатымен байланысты бірқатар ерекшеліктерге ие.

Ұзындығы электромагниттік толқынның ұзындығымен салыстырылатын ұзындықтағы сызықтардың жұмысына талдау жасау кезінде сызықтардың толқындық сипаттамаларын ескеру қажет болады және олар үлестірілген параметрлері бар тізбектер ретінде қарастырылады [4,5].

Таратылған параметрлері бар электр желілері дегеніміз - дәл сол сәтте желінің бір нүктесінен екіншісіне ауысу кезінде тұрақты ток пен кернеу өзгеретін желілер.

Желілердің толқындық сипаттамалары:

1)  $Z_T$ – формула бойынша анықталған толқындық кедергі:

$$\underline{Z}_B = \sqrt{\frac{\underline{Z}_0}{\underline{Y}_0}} = \sqrt{\frac{r_0 + jx_0}{g_0 + jb_0}}, \quad (13)$$

мұндағы  $\underline{Y}_0 = g_0 + jb_0$  – погондық өткізгіштік, См/км;

$\underline{Z}_0 = r_0 + jx_0$  – погондық кедергі, Ом/км.

2)  $\underline{\gamma}_0$  – электромагниттік толқындардың таралу коэффициенті

$$\underline{\gamma}_0 = \sqrt{\underline{Z}_0 \cdot \underline{Y}_0} = \sqrt{(r_0 + jx_0) \cdot (g_0 + jb_0)} = \alpha_0 + j\beta_0, \quad (14)$$

мұндағы  $\alpha_0$  – Бірлік ұзындығына бір сызық бойымен толқын таралу кезіндегі кернеу (ток) толқынының сөнуін сипаттайтын тозу коэффициенті;

$\beta_0$  – Бірлік ұзындығына сызық бойымен толқын таралу кезіндегі кернеу (ток) векторының айналуын сипаттайтын электромагниттік толқынның фазалық өзгеру коэффициенті [рад/км]=[эл.град/км];

$$\beta_0 = \frac{2\pi f}{v}, \quad (15)$$

бұл жерде  $v = 3 \cdot 10^5$  км/сағ – жарық жылдамдығы.

$f = 50$  Гц  $\beta_0 = 1,05 \cdot 10^{-5}$  рад/км кезінде электромагниттік толқын ұзындығы 6000 км. Нақты сызықтар үшін әртүрлі сымдар мен тірек конструкциялары үшін индуктивті қарсылықтың ( $x_0$ ) және сыйымдылық өткізгіштіктің ( $b_0$ ) мәндерінің айырмашылығын ескере отырып,  $\beta_0$  мәні аздап өзгеруі мүмкін.

Кейбір жағдайларда ұзартылған сызықтардың режимдерін есептеу кезінде сызықтың географиялық ұзындығы километрмен анықталмаған, бірақ оның толқын ұзындығын градуспен көрсетілген  $\lambda$  пайдалану ыңғайлы:

$$\lambda = \beta_0 \cdot L, \quad (16)$$

бұл жерде  $L$  – желі ұзындығы, км.

Ұзын сызық режимдерін есептеу кезінде сызықтық белсенді өткізгіштіктің мәні  $g_0$  негізінен тәжге кететін қуат пен энергияның жоғалуымен анықталатынын ескеру қажет.

Алайда, тәж шығындары желінің соңында қуат алу түрінде ескеріледі. Бұл шығындар желінің параметрлеріне іс жүзінде әсер етпейді. Сонымен қатар, ұзақ сызықтар үшін индуктивті қарсылық белсендіден гөрі үлкен ( $x_0 \gg r_0$ ), сондықтан режимдерді есептеуді жеңілдету үшін  $r_0$  және  $g_0$  мәндерін елемеуге болады.

Бұл жағдайда түсу коэффициенті  $\alpha_0=0$ , ал толқындардың таралу коэффициенті  $\underline{\gamma}_0$  және толқындарға төзімділік  $\underline{Z}_B$  өрнектері келесі түрді алады:

$$\underline{\gamma}_0 = \sqrt{x_0 \cdot b_0} = j\beta_0; \quad \underline{Z}_B = \sqrt{\frac{x_0}{b_0}}. \quad (17)$$

Жеңілдетулер (17) идеализацияланған электр беріліс желілеріне тән.

Жұмыс режимін талдауды  $dl$  ұзындығының элементарлы бөлімін қолдану арқылы жүргізуге болады (14 сурет).

Таңдалған секцияның эквивалентті тізбегінің бойлық тармағында ток  $i$  ағып жатқан кезде  $dl$  элементіндегі кедергі мен индуктивтіліктің кернеуінің төмендеуіне байланысты соңында кернеу  $dU$  басталуынан аз болады.

Келесі бөлімнің бойлық тармағындағы ток эквивалентті тізбектің көлденең тармағына байланысты  $di$  азаяды. Соңғысы екі компоненттен тұрады: активті және сйымдылық өткізгіштіктегі токтар.

Оңайлатуларды ескере отырып (17), ұзын сызықтың параметрлерін есептеуге арналған теңдеулер келесі түрде болады:

1) Бастапқы мәліметтерді жолдың басында орнатқан кезде, режимнің параметрлері сызықтың аралық нүктесінде және сызықтың соңында ( $\lambda_x = \lambda$  болғанда), егер  $\lambda_x$  желінің басынан бастап  $x$  -ге дейін есептелетін болса

$$\left. \begin{aligned} \dot{U}_X &= \dot{U}_1 \cdot \cos \lambda_X - j \dot{I}_1 \cdot Z_B \cdot \sin \lambda_X \\ \dot{I}_X &= \dot{I}_1 \cdot \cos \lambda_X - j \frac{\dot{U}_1}{Z_B} \cdot \sin \lambda_X \\ \dot{S}_X &= \dot{U}_X \cdot \dot{I}_X = P_X \pm j Q_X \end{aligned} \right\}. \quad (18)$$

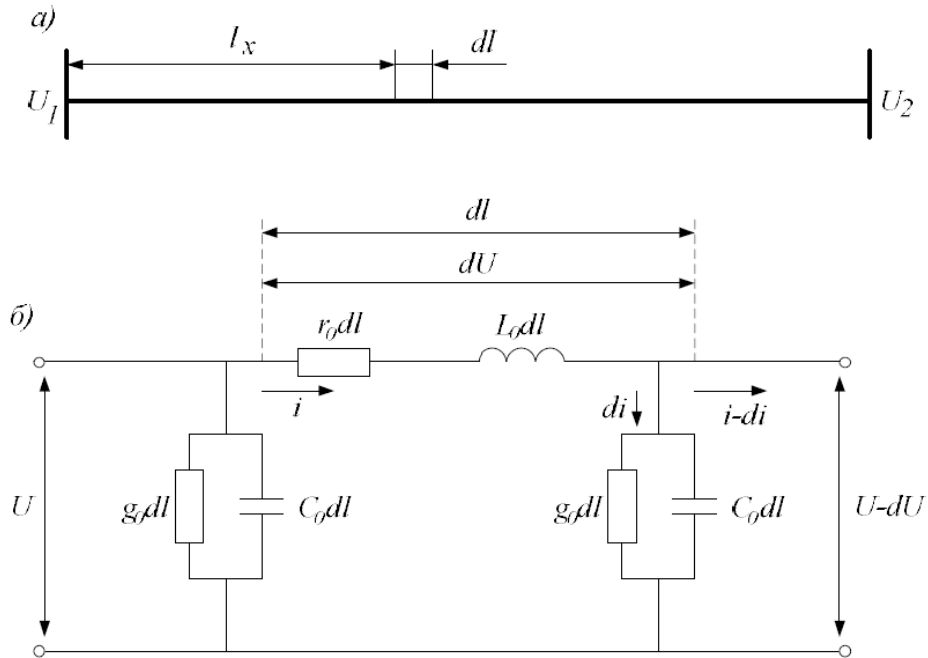
2) Бастапқы мәліметтерді жолдың соңында орнатқанда, сызықтың аралық нүктесіндегі және сызық басындағы режим параметрлері ( $\lambda_x = \lambda$  болғанда), егер  $\lambda_x$  желінің соңынан  $x$  -ке дейін есептелген болса:

$$\left. \begin{aligned} \dot{U}_X &= \dot{U}_2 \cdot \cos \lambda_X - j \dot{I}_2 \cdot Z_B \cdot \sin \lambda_X \\ \dot{I}_X &= \dot{I}_2 \cdot \cos \lambda_X + j \frac{\dot{U}_2}{Z_B} \cdot \sin \lambda_X \\ \dot{S}_X &= \dot{U}_X \cdot \dot{I}_X = P_X \pm j Q_X \end{aligned} \right\}. \quad (19)$$

(18) және (19) теңдеулерде күрделі ток мәні бар, бірақ режимдердің практикалық есептеулерінде, әдетте, қуат мәні қолданылады, содан кейін:

1) Жолдың басында бастапқы деректерді орнату кезінде:

$$\left. \begin{aligned} \dot{U}_X &= \dot{U}_1 \cdot (\cos \lambda_X - Q_{*1} \cdot \sin \lambda_X) - jP_* \cdot \sin \lambda_X \\ \dot{I}_X &= \frac{\dot{U}_1}{Z_B} \cdot [P_* \cos \lambda_X - j(\sin \lambda_X + Q_{*1} \cdot \cos \lambda_X)] \\ \dot{S}_{*X} &= \dot{U}_X \cdot \dot{I}_X = P_{*X} \pm jQ_{*X} \end{aligned} \right\}. \quad (20)$$



а) желінің элементарлық бөлігі ; б) оның алмастыру сұлбасы.

14 сурет –  $dl$  ұзындықты элементарлық бөлік

2) Жолдың соңында бастапқы деректерді орнату кезінде:

$$\left. \begin{aligned} \dot{U}_X &= \dot{U}_2 \cdot (\cos \lambda_X - Q_{*2} \cdot \sin \lambda_X) - jP_* \cdot \sin \lambda_X \\ \dot{I}_X &= \frac{\dot{U}_2}{Z_B} \cdot [P_* \cos \lambda_X - j(\sin \lambda_X + Q_{*2} \cdot \cos \lambda_X)] \\ \dot{S}_{*X} &= \dot{U}_X \cdot \dot{I}_X = P_{*X} \pm jQ_{*X} \end{aligned} \right\}. \quad (21)$$

(20), (21) өрнектерінде:

$P_* = P_{*1} = P_{*2} = \frac{P_1}{S_{1\text{БАЗ}}}$ ;  $Q_{*1} = \frac{Q_1}{S_{1\text{БАЗ}}}$  и  $Q_{*2} = \frac{Q_2}{S_{2\text{БАЗ}}}$  –  $dl$  желінің элементар бөлімінің басында және соңында активті және реактивті қуат ағындары (с.б.), бұл жерде  $S_{1\text{БАЗ}} = \frac{U_1^2}{Z_B}$  и  $S_{2\text{БАЗ}} = \frac{U_2^2}{Z_B}$  – базистық қуаттар.



Айнымалы ток электр берілісі оның режимін есептеу кезінде әдетте бөліктермен ұсынылады, олардың әрқайсысы төртполюстікпен ұсынылуы мүмкін.

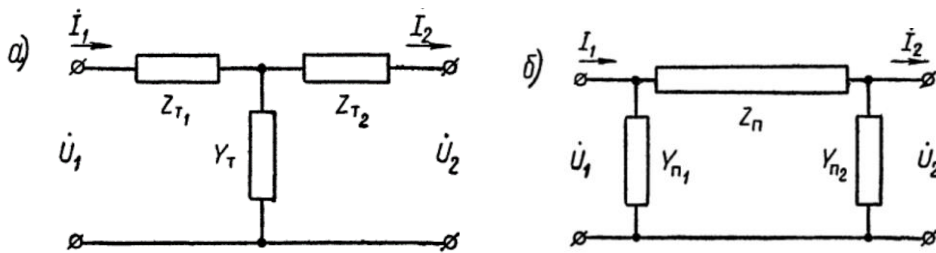
Төртполюстіктің жалпыланған тұрақтылары (трансформаторлардың, реакторлардың, конденсаторлар батареяларының) жеке бөліктерінің алмастыру сұлбаларының бос жүріс және қысқа тұйықталу режимдерін қарастырған кезде алынған мәліметтерден табылады.

T-тәрізді алмастыру сұлбасы жағдайында (15, а сурет) жалпыланған тұрақтылар теңдеулер жүйесінен табылады:

$$\left. \begin{aligned} A &= 1 + Y_T Z_{T1} \\ B &= Z_{T1} + Z_{T2} + Y_T Z_{T1} \cdot Z_{T2} \\ C &= Y_T \\ D &= 1 + Y_T \cdot Z_{T2} \end{aligned} \right\}. \quad (22)$$

П-тәрізді алмастыру сұлбасы жағдайында (15, б сурет):

$$\left. \begin{aligned} A &= 1 + Z_{II} Z_{II2} \\ B &= Z_{II} \\ C &= Y_{III} + Y_{II2} + Z_{II} \cdot Y_{III} \cdot Y_{II2} \\ D &= 1 + Z_{II} \cdot Y_{III} \end{aligned} \right\}. \quad (23)$$



15 сурет – Электр беріліс бөліктерінің алмастыру сұлбалары  
5 кесте –10-1150 кВ желілерінің беріліс қашықтығы және өткізгіштік қаблеті

Желі кернеуі, кВ	Сым қимасы, мм <sup>2</sup>	Берілегін қуат, МВт		Электр беріліс желісінің ұзындығы, км	
		натуралдық	Ток тығыздығында 1,1 А/мм <sup>2</sup> *	ПӘК=0,9 болғанда шектік	орташа (екі көрші ҚС аралығында)
1	2	3	4	5	6
110	70 - 240	30	13 - 45	80	25
150	150 - 300	60	38 - 77	250	20
220	240 - 400	135	90 - 150	400	100
330	2X240 - 2X400	360	270 - 450	700	130
400	3x300 - 3x400	500	620 - 820	1000	180
500	3X300 - 3X500	900	770 - 1300	1200	280
750	5X300 - 5X400	2100	1500 - 2000	2200	300
1150	8X300 - 8X500	5200	4000 - 6000	3000	—

\* Ток тығыздығы 0,85 А/мм<sup>2</sup> болғанда 750 – 1150 кВ әуе желіліріне арналған

Жоғары кернеулі электр желісі электр берудің ауыспалы режимімен сипатталады, бұл желі бойындағы кернеудің өзгеруіне әкеледі. Сонымен, егер  $P > P_{\text{нат}}$  болса, желі соңындағы  $U_2$  кернеу аз болса, оны көтеру керек. Қуат  $P < P_{\text{нат}}$  дейін аз болған кезде (минималды жүктеме сағаттарында)  $U_2$  үлкен болғанда, оны төмендету керек. Сонымен қатар, минималды жүктемелер кезінде желінің индуктивті кедергісінде реактивті қуат шығындары азаяды және қосымша шығындарды тудыратын  $Q_C$  зарядтау қуатының үлкен ағындары пайда болады

$$\Delta P_L = \frac{Q_C^2}{U^2} \cdot r_L. \quad (18)$$

Сондықтан, кернеуі өте жоғары электр жеткізу желілерінде, әдетте, әртүрлі қарымталау құрылғылары (ҚҚ) орнатылады. ҚҚ көмегімен кернеу желі бойымен тураланады, зарядттық қуат ағындары шектеледі.

Сонымен қатар, ҚҚ маңызды функцияларды орындайды, желі арқылы берілетін ең жоғары қуатты арттырады және қабылдау жүйелеріндегі реактивті қуаттың тепе-теңдігін қамтамасыз етеді.

Мысал қарастырайық. Ұзындығы  $l = 1000$  км желісі 3хАСО-500 маркалы сыммен орындалған.  $P_2 = 400$  және  $1000$  МВт қуатты беру кезінде желінің ортасындағы кернеуді табу қажет және желы басындағы токпен кернеу фазаларын анықтау керек.

Екі жағдайда да желінің соңындағы кернеу  $500$  кВ құрайды; желі шығынсыз деп қарастырылады ( $U_1 = U_2 = 500$  кВ;  $r_0 = 0$ ); желінің толқындық кедергісі  $Z_c = 278$  Ом; натуралдық қуат  $P_c = 900$  МВт; бірілік ұзындығына фазаның өзгеру коэффициенті  $\alpha_0 = 0,06 \frac{\text{град}}{\text{км}}$ .

Шешімі. Желінің жалпыланған тұрақтылары анықталады:

$$A_{cp} = \cos \alpha_0 l = \cos 60^\circ = 0,50;$$

$$B_{cp} = j z_c \sin \alpha_0 l = j 278 \cdot 0,866 = 241 e^{j90^\circ} \text{ Ом};$$

$$C = j \frac{1}{z_c} \sin \alpha_0 l = j \frac{1}{278} \cdot 0,866 = j 3,11 \cdot 10^{-3} = 3,11 \cdot 10^{-3} e^{j90^\circ} \text{ См}.$$

Электр беріліс желісін алмастырушы төртполюстік симметриялы болғандықтан  $A = D$ , сондықтан,  $A = 0,5$ .

Салыстырмалы бірілікте берілетін қуат:

$$P_{*2} = \frac{P_2}{P_c} = \frac{400}{900} = 0,455.$$

Желі соңындағы реактивті қуат:

$$Q_{*2} = -ctg \alpha_0 l + \sqrt{\frac{1}{\sin^2 \alpha_0 l} - P_{*2}^2} = -0,577 + \sqrt{\frac{1}{0,866^2} - 0,455^2} = 0,48$$

немесе атаулық бірлікте,

$$Q_2 = Q_{*2} P_c = 0,48 \cdot 900 = 432 \text{ Мвар.}$$

Бұл желі кернеудің төмендеуінсіз жұмыс жасайтындықтан, желінің басындағы реактивті қуат соңындағы реактивті қуатқа тең және қарсы белгімен. Сондықтан,

$$Q_1 = -432 \text{ Мвар.}$$

Сонымен, желіде берілетін қуат натуралдыққа қарағанда аз ( $P_{*2} < 1$ ) болғандықтан, ол артық реактивті қуатты генрациялайды, оны қабылдау және беру соңында қарымталау қажет.

$I_2$  токпен  $U_2$  кернеу арасындағы  $\varphi_2$  бұрышы анықталады:

$$|\varphi_2| = \arctg \frac{Q_2}{P_2} = \arctg \frac{432}{400} = 47,2^\circ.$$

Желі соңындағы ток

$$I = \sqrt{3} I_{2\phi} = \frac{\sqrt{P_2^2 + Q_2^2}}{U_2} e^{-j\varphi_2} = \frac{\sqrt{400^2 + 432^2}}{500} e^{-j47,2^\circ} = 1,18 e^{-j47,2^\circ} \text{ кА.}$$

$U_2$  кернеу векторы оң нақты ось бойымен бағытталады, яғни  $U_2 = U_1$  қабылданады.

Желі басындағы кернеу:

$$U_1 = AU_2 + \sqrt{3}BI_{2\phi} = 0,5 \cdot 500 + 241e^{j90} \cdot 1,18e^{-j47,2} = 250 + 284e^{j42,8^\circ} = 500 \cdot e^{j22,8^\circ} \text{ кВ.}$$

Сондықтан, желінің басындағы кернеу модулі соңындағы кернеу модуліне тең,  $U_1$  және  $U_2$  арасындағы бұрыш  $22,8^\circ$  құрайды.

Желі басындағы ток:

$$I_1 = \sqrt{3}I_{10} = CU_2 + DI_{20} = 3.11 \cdot 10^{-3} e^{j90^\circ} \cdot 500 + 0.5 \cdot 1.18 e^{-j47.2^\circ} = 1.18 e^{j47.2^\circ} \text{ кА.}$$

Сонымен, желі басындағы ток модулы оның соңындағы ток модуліне тең, ал аргументі өзінің абсолютті мәнін өзгертпей белгісін қарсыға өзгертеді.

Желі ұзындығының жартысына жалпыланған тұрақты мәндерді анықтаймыз:

$$A_{opt} = \cos \frac{\alpha_0 l}{2} = 0,866;$$

$$B_{opt} = jz_c \sin \frac{\alpha_0 l}{2} = j278 \cdot 0,5 = 139 e^{j90^\circ} \text{ Ом;}$$

$$C_{opt} = o \frac{1}{z_c} \sin \frac{\alpha_0 l}{2} = j \frac{1}{278} \cdot 0,5 = 1,8 \cdot 10^{-3} e^{j90^\circ} \text{ См;}$$

$$D_{opt} = \cos \frac{\alpha_0 l}{2} = 0,866.$$

Желі ортасындағы кернеу:

$$U_{cp} = A_{cp} U_2 + B_{cp} I_2 = 0,866 \cdot 500 + 139 e^{j90^\circ} \cdot 1,18 e^{-j47.2^\circ} = 565 e^{j11.4^\circ} \text{ кВ.}$$

Салыстырмалы бірліктегі берілетін қуат:

$$P_{*2} = \frac{P_2}{P_c} = \frac{1000}{900} = 1,11.$$

Желі соңындағы реактивті қуат:

$$Q_{*2} = -0,577 + \sqrt{\frac{1}{0,866^2} - (1,11)^2} = -0,261.$$

Натуралдық ( $P_{*2} > 1$ ) шамасынан үлкен қуатты электр беріліс желісі арқылы беру кезінде желіге реактивті қуат екі жағынан да беру керек.

Желі соңындағы атаулық бірлікте реактивті қуат:

$$Q_2 = Q_{2*} P_c = -0,261 \cdot 900 = 235 \text{ МВАр,}$$

$$Q_1 = -235 \text{ МВАр.}$$

Желі соңындағы ток:

$$I_{20} = \frac{\sqrt{1000^2 + 235^2}}{500} e^{j\varphi_2} = 2,06e^{j13,2^\circ} \text{ кА.}$$

Бұрыш

$$|\varphi_2| = \arctg \frac{235}{1000} = 13,2^\circ.$$

Желі ортасындағы кернеу:

$$U_{cp} = 0,866 \cdot 500 + 139e^{j90^\circ} \cdot 2,06e^{j13,2^\circ} = 463e^{j37,0^\circ} \text{ кВ.}$$

*№ 3 есептік-сызба жұмысқа тапсырма.*

Ұзындығы  $l$  км желі тапсырма нұсқасына сәйкес маркалы сымдарымен орындалған. Тапсырма нұсқалары Б қосымшада келтірілген.

1.  $P$ , МВт қуатты беру кезінде желі ортасындағы кернеуді табу керек және  $U_1 = U_2 =$  шарт кезінде желі басындағы кернеумен ток фазаларын анықтау.

2. Алдыңғы параметрлерімен желі соңында ажыратылған; желі басына  $U_1 =$  кернеу келтірілген, анықтау керек  $U_2$ .

3.  $P$  қуатпен жүктелген ортанғы нүктедегі осы нүктеге  $Q_p$  қуатты реактор қосылған кезде кернеуді анықтау.

## А қосымшасы

### № 1 есептык сызба жұмысына тапсырма

А.1 кесте – Электр тораптар жабдықтарының параметрлері

Нұсқалар								
Торап бөлімдері	1	2	3	4	5	6	7	8
ЭБЖ бөлігінің ұзындығы км								
А - 2	20	35	26	25	19	24	27	20
А - 1	25	22	28	30	26	20	25	22
А - 4	10	20	25	22	17	21	24	18
1 - 5	18	21	21	18	25	22	22	21
5 - 2	63	52	69	41	52	45	12	85
2 - 4	23	56	89	21	78	54	52	20
2 - 3	89	66	66	20	45	89	63	56
4 - 3	69	26	26	23	54	69	22	14
ЭБЖ сымның маркасы								
А - 2	АС-240	АС-185	АС-185	АС-240	АС-185	АС-185	АС-185	АС-185
А - 1	АС-185	АС-240	АС-240	АС-240	АС-185	АС-240	АС-185	АС-185
А - 4	АС-150	АС-150	АС-185	АС-150	АС-150	АС-185	АС-185	АС-120
1 - 5	АС-150	АС-185	АС-150	АС-185	АС-150	АС-150	АС-185	АС-150
5 - 2	АС-240	АС-185	АС-185	АС-240	АС-185	АС-185	АС-185	АС-185
2 - 4	АС-185	АС-240	АС-240	АС-240	АС-185	АС-240	АС-185	АС-185
2 - 3	АС-150	АС-150	АС-185	АС-150	АС-150	АС-185	АС-185	АС-120
4 - 3	АС-150	АС-185	АС-150	АС-185	АС-150	АС-150	АС-185	АС-150
Тұтынушының жүктемесі, МВА								
П/С 1	29+j17	22+j15	20+j12	21+j11	20+j12	28+j 18	20+j 12	21+j11
П/С 2	28+j18	27+j18	28+j10	28+j 18	22+j 15	22+j 15	22+j 15	20+j 12
П/С 3	22+j15	21+j11	27+j 17	27+j 18	28+j 18	20+j 12	28+j 18	22+j 15
П/С 4	29+j17	22+j15	20+j12	21+j11	20+j12	28+j 18	20+j 12	21+j11
П/С 5	28+j18	27+j18	28+j10	28+j 18	22+j 15	22+j 15	22+j 15	20+j 12
Варианты								
Торап бөлімдері	9	10	11	12	13	14	15	16
ЭБЖ бөлігінің ұзындығы км								
А - 2	20	35	26	25	19	24	27	20
А - 1	25	22	28	30	26	20	25	22
А - 4	10	20	25	22	17	21	24	18
1 - 5	18	21	21	18	25	22	22	21
5 - 2	63	52	69	41	52	45	12	85
2 - 4	23	56	89	21	78	54	52	20
2 - 3	89	66	66	20	45	89	63	56
4 - 3	69	26	26	23	54	69	22	14
ЭБЖ сымның маркасы								

A - 2	AC-240	AC-185	AC-185	AC-240	AC-185	AC-185	AC-185	AC-185
A - 1	AC-185	AC-240	AC-240	AC-240	AC-185	AC-240	AC-185	AC-185
A - 4	AC-150	AC-150	AC-185	AC-150	AC-150	AC-185	AC-185	AC-120
1 - 5	AC-150	AC-185	AC-150	AC-185	AC-150	AC-150	AC-185	AC-150
5 - 2	AC-240	AC-185	AC-185	AC-240	AC-185	AC-185	AC-185	AC-185
2 - 4	AC-185	AC-240	AC-240	AC-240	AC-185	AC-240	AC-185	AC-185
2 - 3	AC-150	AC-150	AC-185	AC-150	AC-150	AC-185	AC-185	AC-120
4 - 3	AC-150	AC-185	AC-150	AC-185	AC-150	AC-150	AC-185	AC-150
Тұтынушының жүктемесі, МВА								
П/С 1	29+j17	22+j15	20+j12	21+j11	20+j12	28+j 18	20+j 12	21+j11
П/С 2	28+j18	27+j18	28+j10	28+j 18	22+j 15	22+j 15	22+j 15	20+j 12
П/С 3	22+j15	21+j11	27+j 17	27+j 18	28+j 18	20+j 12	28+j 18	22+j 15
П/С 4	29+j17	22+j15	20+j12	21+j11	20+j12	28+j 18	20+j 12	21+j11
П/С 5	28+j18	27+j18	28+j10	28+j 18	22+j 15	22+j 15	22+j 15	20+j 12
Нұсқалар								
Тора п бөлім дері	17	18	19	20	21	22	23	24
ЭБЖ бөлігінің ұзындығы км								
A - 2	20	35	26	25	19	24	27	20
A - 1	25	22	28	30	26	20	25	22
A - 4	10	20	25	22	17	21	24	18
1 - 5	18	21	21	18	25	22	22	21
5 - 2	63	52	69	41	52	45	12	85
2 - 4	23	56	89	21	78	54	52	20
2 - 3	89	66	66	20	45	89	63	56
4 - 3	69	26	26	23	54	69	22	14
ЭБЖ сымның маркасы								
A - 2	AC-240	AC-185	AC-185	AC-240	AC-185	AC-185	AC-185	AC-185
A - 1	AC-185	AC-240	AC-240	AC-240	AC-185	AC-240	AC-185	AC-185
A - 4	AC-150	AC-150	AC-185	AC-150	AC-150	AC-185	AC-185	AC-120
1 - 5	AC-150	AC-185	AC-150	AC-185	AC-150	AC-150	AC-185	AC-150
5 - 2	AC-240	AC-185	AC-185	AC-240	AC-185	AC-185	AC-185	AC-185
2 - 4	AC-185	AC-240	AC-240	AC-240	AC-185	AC-240	AC-185	AC-185
2 - 3	AC-150	AC-150	AC-185	AC-150	AC-150	AC-185	AC-185	AC-120
4 - 3	AC-150	AC-185	AC-150	AC-185	AC-150	AC-150	AC-185	AC-150
Тұтынушының жүктемесі, МВА								
П/С 1	29+j17	22+j15	20+j12	21+j11	20+j12	28+j 18	20+j 12	21+j11
П/С 2	28+j18	27+j18	28+j10	28+j 18	22+j 15	22+j 15	22+j 15	20+j 12
П/С 3	22+j15	21+j11	27+j 17	27+j 18	28+j 18	20+j 12	28+j 18	22+j 15
П/С 4	29+j17	22+j15	20+j12	21+j11	20+j12	28+j 18	20+j 12	21+j11
П/С 5	28+j18	27+j18	28+j10	28+j 18	22+j 15	22+j 15	22+j 15	20+j 12
Нұсқалар								
Тора п бөлім дері	25	26	27	28	29	30	31	32
ЭБЖ бөлігінің ұзындығы км								
A - 2	20	35	26	25	19	24	27	20

A - 1	25	22	28	30	26	20	25	22
A - 4	10	20	25	22	17	21	24	18
1 - 5	18	21	21	18	25	22	22	21
5 - 2	63	52	69	41	52	45	12	85
2 - 4	23	56	89	21	78	54	52	20
2 - 3	89	66	66	20	45	89	63	56
4 - 3	69	26	26	23	54	69	22	14
ЭБЖ сыманының маркасы								
A - 2	AC-240	AC-185	AC-185	AC-240	AC-185	AC-185	AC-185	AC-185
A - 1	AC-185	AC-240	AC-240	AC-240	AC-185	AC-240	AC-185	AC-185
A - 4	AC-150	AC-150	AC-185	AC-150	AC-150	AC-185	AC-185	AC-120
1 - 5	AC-150	AC-185	AC-150	AC-185	AC-150	AC-150	AC-185	AC-150
5 - 2	AC-240	AC-185	AC-185	AC-240	AC-185	AC-185	AC-185	AC-185
2 - 4	AC-185	AC-240	AC-240	AC-240	AC-185	AC-240	AC-185	AC-185
2 - 3	AC-150	AC-150	AC-185	AC-150	AC-150	AC-185	AC-185	AC-120
4 - 3	AC-150	AC-185	AC-150	AC-185	AC-150	AC-150	AC-185	AC-150
Тұтынушының жүктемесі, МВА								
П/С 1	29+j17	22+j15	20+j12	21+j11	20+j12	28+j 18	20+j 12	21+j11
П/С 2	28+j18	27+j18	28+j10	28+j 18	22+j 15	22+j 15	22+j 15	20+j 12
П/С 3	22+j15	21+j11	27+j 17	27+j 18	28+j 18	20+j 12	28+j 18	22+j 15
П/С 4	29+j17	22+j15	20+j12	21+j11	20+j12	28+j 18	20+j 12	21+j11
П/С 5	28+j18	27+j18	28+j10	28+j 18	22+j 15	22+j 15	22+j 15	20+j 12



## Б қосымшасы

### № 3 есептік сызба жұмысына тапсырма

Б.1 кесте – Электр тораптарының параметрлері

№	Желі ұзындығы $l$ , км	Кернеу $U_1$ , кВ	Сым маркасы	Берілетін қуат, $P$ , МВт	Реактордың қуаты, $Q_p$ Мвар
1	500	500	3хАСО-400	300	180
2	600	500	3хАСО-500	400	180
3	800	500	3хАСО-400	500	180
4	900	500	3хАСО-300	600	300
5	1000	500	3хАСО-300	500	300
6	1000	500	3хАСО-300	800	300
7	700	500	3хАСО-400	400	180
8	600	500	3хАСО-300	500	300
9	500	500	3хАСО-500	750	180
10	1200	500	3хАСО-500	600	300
11	1000	750	4хАСО-500	1000	300
12	1100	750	4хАСО-600	1200	360
13	1200	750	4хАСО-700	1300	360
14	800	750	4хАСО-500	900	300
15	900	750	4хАСО-600	800	500
16	700	750	4хАСО-700	500	500
17	600	750	4хАСО-500	1000	300
18	500	750	4хАСО-600	1100	300
19	400	750	4хАСО-700	1200	360
20	1100	750	4хАСО-600	950	500
21	700	500	3хАСО-300	550	260
22	600	330	3хАСО-300	420	180
23	550	500	3хАСО-300	500	250
24	650	500	4хАСО-300	950	180
25	700	500	4хАСО-300	1000	180

## Әдебиеттер тізімі

1. Идельчик В.И. Электрические системы и сети: Учебник для вузов. – М.: Энергоатомиздат, 2000. – 592 с.
2. Электрические системы. Т. II Электрические сети/Под ред. В.А. Веникова. М. Высшая школа, 2000. – 412 с.
3. Поспелов Г.Е.,Федин В.Т. и др. Электрические системы и сети. – Минск: УП Технопринт, 2004. – 720 с.

Наталья Алексеевна Генбач  
Ляззат Шынбулатовна Утешкалиева

ЭЛЕКТР ТОРАПТАРЫ МЕН ЖҮЙЕЛЕРДЫҢ  
РЕЖИМДЕРІН ЕСЕПТЕУ

5B071800 – Электр энергетика мамандығы үшін есептеу-сызба жұмысына  
арналған әдістемелік нұсқаулар

Редактор Ж.Н. Изтелеуова

Стандарттау бойынша маман Е.Т. Данько

Басуға \_\_\_\_\_ қол қойылды  
Таралымы 30 дана  
Көлемі 2,13 есептік-баспа табак

Пішімі 60x84 1/16  
Баспаханалық қағаз № 1  
Тапсырыс Бағасы 1060 тенге

«Алматы энергетика және байланыс университеті»  
коммерциялық емес акционерлік қоғамының  
көшірмелі-көбейткіш бюросы  
050013, Алматы, Байтұрсынұлы көшесі, 126/1