

**T.Sh. Gayibov, K.M. Reymov,
G.M. Turmanova**

ELEKTR ENERGETIKA SISTEMALARINIŇ JAǴDAYLARIN BASQARIW HÁM OPTIMALLAW



51.2
G 15

ÓZBEKSTAN RESPUBLIKASI
JOQARI HÁM ORTA ARNAWLÍ BILIMLENDIRIW MINISTRILIGI
BERDAQ ATÍNDAGÍ QARAQALPAQ
MÁMLEKETLIK UNIVERSÍTETI

T.Sh. Gayibov, K.M. Reymov, G.M. Turmanova

5310200 – «Elektr energetikası»
bakalavriat tálim baǵdarı studentleri ushın

**ELEKTR ENERGETIKA
SISTEMALARINIŇ JAǵDAYLARIN BASQARIW
HÁM OPTIMALLAW**

páningen oqıw qollanba

TASHKENT
“DONISHMAND ZIYOSI”
2022

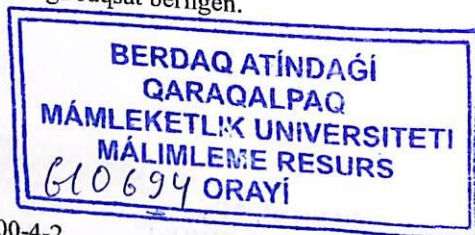
Sinshilar:

Abubakirov A.B. – Qaraqalpaq mámleketlik universiteti, «Elektr texnikası hám metrologiya» kafedrası baslıǵı, t.i.f.d (PhD)., docent.

Nurimbetov A.S. – «Qaraqalpaq AETK» AJ texnikalıq direktori.

Oqıw qollanba Berdaq atındaǵı Qaraqalpaq mámleketlik universiteti Keñesi-
niń 2021-jıl 10-aprel kúńgi 8-sanlı bayanlaması menen maqullanǵan hám baspaǵa
usıldı.

Ózbekstan Respublikası Joqarı hám orta arnawlı bilimlendiriw ministrliginiń
2021-jıl 18-avgust kúńgi 356-sanlı buyırǵına muwapıq oqıw qollanba sıpatında
baspadan shıǵarıwǵa ruqsat berilgen.



978-9943-8300-4-2

© «Donishmand ziyosi», 2022

KIRISIW

Házirgi dáwirde dúnya júzinde islep shıǵarıw tarawlarınıń, má-
deniy turmıstıń joqarı pátler menen rawajlanıwı sebepli energiyaǵa
bolǵan talap ta keskin asıp barmaqta. Dástúriy organikalıq janılǵınıń
qorları keskin kemeymekte. Bunday sharayatlarda energiyaǵa bolǵan
talaptı qanaatlandırıw ushın energiya resurslarınan únemli paydalanıw,
alternativ energiya dereklerin izlep tabıw hám olardan tejep paydala-
nıwdı jolǵa qoyıw mashqalası áhmiyetli esaplanmaqta. Sonıń menen
birqatarda, islep shıǵarılǵan energiyadan maqsetke muwapıq payda-
lanıw – onı uzatıw, bólistiriw hám paydalanıw procesinde joqarı dá-
rejedeǵı energiya nátiyjeligin támiyinlew áhmiyetli máselelerinen biri
bolıp qalmaqta.

Usı baǵdarda Ózbekstan Respublikasında birinshi nábette ámelge
asırılıwı kerek bolǵan tiykarǵı jumıslar Ózbekstan Respublikası Prezi-
denti hám Ministrler Kabineti tárepinen keyingi jıllarda qabıl etilgen
birqatar buyırq, qarar, pármánları hám basqa hújjetlerde óz kórinisin
tapqan. Usı nızam hújjetlerinde belgilenip, jaqın keleshekte orınlanıwı
jobalastırılǵan birinshi gezektegi sharalar kóleminde respublikamızda
bar bolǵan birqatar jıllıq elektr stanciyalarında agregatlardı joqarı ná-
tiyjelikke iye bolǵan puw-gaz qurılmalı agregatlarǵa almasıwıw, quyash
hám samal stanciyaların, mini hám mikroGESlerdi salıw hám isletiw,
jıllıq hám gidroelektr stanciyaların modernizaciyalaw, podstanciya-
lardı zamanagóy joqarı nátiyjelikke iye bolǵan qurılma hám úskeler
esabınan modernizaciyalaw, elektr tarmaqların rawajlandırıw – jańa
podstanciyalar hám elektr uzatıw liniyaların salıw hám isletiw, elektr
hám jıllıq energiyanıń islep shıǵarıw, uzatıw, bólistiriw hám paydala-
nıwdıń únemli usılların islep shıǵıw hám ámeliyatqa engiziw boyınsha
kóplegen jumıslar ámelge asırılmaqta. 2030-jılǵa barıp respublikamızda
bir jıl dawamında islep shıǵarılıwshı elektr energiya muǵdarın házirgi

dáwirdegige salıstırǵanda shama menen eki mártege asırıw jobalastırılǵan.

Ózbekstan Respublikasınıń jáne de rawajlandırıwdıń 2017-2021-jılǵa arnalǵan háreketler Strategiyasında ekonomikanıń barlıq tarawlarında energiya hám resurs kólemin azaytıw, miynet ónimdarlıǵın artırıw, islep shıǵarıwǵa energiya únemlewshi texnologiyalardı keń engiziw, qayta tikleniwshi energiya dereklerinen paydalanıwdı keńeytiw **kózde tutilǵan**. Bul máselelerdi sheshiw menen baylanış bolǵan áhmiyetli mashqalalardan biri olardı sheshiwdiń únemli usılların islep shıǵıw hám engiziw esaplanadı.

Ózbekstan Respublikası Prezidentiniń 2017-jıl 7-fevraldaǵı PP-47-sanlı «Ózbekstan Respublikasınıń jáne de rawajlandırıw boyınsha háreketler strategiyası haqqında»ǵı Pármanı, 2015-jıl 5-maydaǵı PP-2343-sanlı «2015–2019-jıllarda ekonomika tarmaqları hám social turmista energiya kólemin kemeytiw, energiya únemli texnologiyalardı engiziw haqqında»ǵı hám 2017-jıl 26-maydaǵı PP-3012-sanlı «2017–2021-jıllarda qayta tikleniwshi energetikanı rawajlandırıw, ekonomika tarmaqları hám social turmista energiya nátiyjeligin asırıw sharaları baǵdarlaması haqqında»ǵı qararları hám basqa qabıllanǵan nızam hújjetlerinde belgilengen wazıypalardı orınlaw elektr energetika sistemalarınń jaǵdayların zamanagóy avtomatlastırılǵan basqarıw sistemalarınan paydalanıw tiykarında optimal basqarıw boyınsha da únemli usıl hám algoritmlerdi islep shıǵıw hám engiziwdi talap etedi.

Búgingi quramalı elektr energetika sistemaların joybarlaw, isletiw hám **sazlawdı únemli shólkemlestiriw** sáykes avtomatlastırılǵan basqarıw sistemalarınan paydalanıwdı názerde tutadı. Avtomatlastırılǵan basqarıw sisteması (ABS) kibernetikanıń gezektegi kórinisi bolıp, sapası boyınsha hár qıylı bolǵan sistemalar ushın ulıwma belgileri, qásiyetleri hám de basqarıw usılları hám texnikasınıń ulıwma jaǵdayların anıqlawshı ulıwma qaǵıydalardı belgileydi.

Basqarıwdıń zárúrli qurawshısı xabardı qayta islew esaplanadı. Bul kózqarastan hárqanday basqarıw sisteması xabar sisteması dep júrgiziliwi múmkin. Hárqanday avtomatlastırılǵan hám avtomatlashtırılmaǵan basqarıwdı úsh basqısıhtan ibarat dep qaraw múmkin. Bular – máseleniń qoyılıwı, xabardı qayta islew hám qarar qabıllawdan ibarat.

Elektr energetikasınıń házirgi rawajlanıwı olardıń únemli islewini támiyinlewshi basqarıw usılların islep shıǵıwdı talap etedi.

Ekonomikanıń kóp ǵana basqa tarmaqlarındaǵı sıyaqlı energetikada da nátiyjelikti támiyinlew eki jol menen ámelge asırılıwı múmkin.

Birinshisi, jańadan iske túsiriliwshi úskenelerdi jetilistiriw, energetika sisteması parametrleri hám strukturasin jetilistiriwge tiykarlangan. Bunday sharalar úlken muǵdardaǵı qarjılardı talap etip, tek jańadan iske túsirilip atırǵan qurılma hám obyektlerdiń jaǵdaylarına tásir etedi.

Ekinshi jol, uzatılıwshi elektr energiyasınıń sapası hám muǵdarın támiyinlegen halda, energetika sistemasınıń jaǵdayın optimallaw arqalı maksimal dárejede ekonomikalıq nátiyjeni alıwdan ibarat.

Qısqa múddetli dáwir ushın ekinshi jol boyınsha sheshiwshi máselelerdiń bir bólimi bolıp elektr stanciyaları hám olarda islewshi agregatlardıń optimal quramın tańlaw; elektr energetika sistemasınıń aktiv hám reaktiv júklemelerin elektr stanciyaları (olardıń agregatları) ortasında optimal bólistiriw hám elektr tarmaqtıń jaǵdayın optimallaw máseleleri esaplanadı.

Joqarıda belgilep ótilgen optimallaw máseleleri ulıwma bir waqıtta kompleks jaǵdayda sheshiliwi tiyis. Sonıń menen bir waqıtta kompleks optimallaw máselesiniń ólshemi (yaǵnıy olarda tabılıwı tiyis bolǵan belgisizler sanı) júda úlken bolǵanlıǵı sebepli olardı birden-bir algoritim tiykarında sheshiw quramalı másele esaplanadı. Sol sebepli, bul qıynshılıqlardı jeńip ótiwdiń tiykarǵı jolı kompleks máseleni maqsetke muwapıq túrde dekompoziciyalaw, yaǵnıy óz aldına máselelerge ajratıp sheshiwden ibarat. Bul kompleks másele ádette tómendegi máselelerge ajratıladı: elektr energetika sisteması jaǵdayın aktiv quwatlıq boyınsha optimallaw; elektr tarmaǵınıń jaǵdayın optimallaw; úlken energetikalıq birlespeniń jaǵdayın óz aldına sistemalar arasındaǵı quwatlıq aǵımların esapqa alıp optimallaw.

Bunday dekompoziciyalawdan paydalanılǵanda kompleks optimallaw máselesin sheshiw payda qılınǵan máselelerdi óz aldına izbe-iz túrde sheshiw tiykarında ámelge asırıladı. Bunda óz aldına máseleni sheshiwde basqa máselelerdiń parametrleri turaqlı sıpatında qabıl etiledi.

Usı qollanbada energetika sistemasınıń sutkalıq hám qısqa múddetli jaǵdayların dáslepki maǵlıwmatlar anıq bolǵan sharayatlarda optimallaw

máselesi kórip shıǵılǵan. Ámelde, ayırım jaǵdaylarda, dáslepki maǵlıwmatlar itimallı yaǵı bir bólegi anıq emes xarakterde boladı. Soǵan qaramastan máselelerdi anıqlanǵan kóriniste alıp sheshiw ózin aqlaydı. Sebebi, qısqa múddetli jaǵdaylardı basqarıwda dáslepki maǵlıwmatlar hám sáykes jaǵdayda olardan paydalanıwshı máselelerdi sheshiw real waqıt boyınsha korrekciyalanadı, yaǵnıy tuwrılanadı.

Ekinshi joldı ámelge asırıwda uzaq múddetli yaǵı jıl ushın she-shiliwshı jáne bir másele bolıp elektr stanciyalarınń tiykarǵı úskene-lerin ońlaw hám GESlerdiń suw saqlaǵıshları jaǵdayların jobalastırıw esaplanadı. Suw saqlaǵıshlarınń jaǵdayların anıqlawda oǵan quyı-lıwshı dáryalardan aǵıp keliwshı suw muǵdarınıń kútilip atırǵan mánisi esaplanadı. Aǵıp keliwshı suw muǵdarı itimallı xarakterde bolıp, analiz ushın uzaq jıllar dawamındaǵı baqlawlar nátiyjelerinen paydalanıwdı talap etedi. Bul pánniń óz aldına tarawın quraydı.

Suw saqlaǵıshları kaskadı bar bolǵanda olardıń óz ara tásirin de esapqa alıw kerek. Bunday jaǵdayda másele jáne de quramalasadı. Barlıq jaǵdaylarda prognozlawdıń aqırǵı nátiyjeleri optimal jaǵdaydı ámelge asırıw waqtında belgili korrekciyalardı ámelge asırıwdı kóz-alınadı. Sol sebepli usı iste bul másele gidrologiyalıq kózqarastan kó-rilmeydi.

Kiritiliwshı korrekciyalardıń mánisin túsiniw ushın olardıń jumıs jaǵdayların hápte ushın jobalastırıw jeterli.

Elektr energetika sisteması jaǵdayın jobalastırıw máselesi matema-tikalıq jaqtan sıızqlı baǵdarlamalaw máselesi bolıp, ol júdá quramalı algoritmleri belgili jetilistiriwlerdi talap etedi.

Usı oqıw qollanbada, atap aytqanda, energetika sistemasınıń júkle-mesin jıllılıq elektr stanciyaları hám jıllılıq elektr orayları ortasında op-timal bólistiriw máselesi kóriledi. Bunday mäseleni sheshiwdiń eń qolay usılı tuwrıdan-tuwrı esaplaw usılı esaplanadı. Bul usıl salıstırmalı ósiw-elektr stanciyasınıń salıstırmalı ósiwler xarakteristikası (SÓX) tarmaq faktori hám basqa shegaralıq shártlerdi esapqa alıp aldınnan qurılıwı mümkin.

Joaqırdıǵılardan basqa salıstırmalı ósiwlerdiń teńligi usılı iymek sı-zıqlı baǵdarlamalawdıń bar usılları hám olardıń túrli modifikaciyaları aldında birqatar abzallıqlarǵa iye bolıp, olar tiykarınan tómendegilerden ibarat:

a) maqset funkciyasında ádette bar bolıwshı úzilisler esaplaw proce-sine tásir etpeydi;

á) elektr stanciyalarınń ısırap xarakteristikalarındaǵı qáteliklerge onsha sezgir emes;

b) elektr stanciyalarınń xarakteristikalarında tarmaq faktori itibarǵa alınǵan jaǵdayda mäseleni izbe-iz jaqınlasıwsız, yaǵnıy iteraciyasız sheshiw imkanın beredi.

Usı abzallıqlar menen birqatarda salıstırmalı ósiwler usılınıń tiy-karǵı kemshiligi, onda teńlik kórinisindegi funkcional shegaralıq shárt-lerdi esapqa alıwdıń qıyınlıǵı esaplanadı.

Energetika sisteması júklemesin onda bar bolǵan jıllılıq elektr stan-ciyaları (JES) hám gidroelektr stanciyaları (GES) ortasında bólistiriw máselesi óz specifikalıq qásiyetine iye. GESlerde suw jumsalıwı olardıń júkleme grafiklerine baylanıslı. Sonday-aq, suw muǵdarı, kópshilik jaǵ-daylarda sheklengen boladı. Optimallaw máselesin sheshiwde usı she-garalıq shártler itibarǵa alınadı.

Usı oqıw qollanbada, sonday-aq, elektr stanciyalarında islewshı ag-regatlardıń optimal quramın tańlaw, elektr tarmaqlarınıń jaǵdayların op-timallaw máseleleri de keń ashıp berilgen.

Baqlaw sorawları

1. Energetikada nátiyjelikti asırıwdıń qanday jolları bar?
2. Energetika sisteması jaǵdayın optimallaw máselesiniń mánisi neden ibarat?
3. Energetika sisteması jaǵdayın optimallaw máselesi qanday shólkemlestiril-gen bólimlerge ajratıladı?
4. Usı pánniń tiykarǵı maqset hám wazıypaları nelerden ibarat?
5. Energetika sisteması jaǵdayın optimallawda ABSnıń áhmiyeti nelerden iba-rat?

1. AVTOMATLASTIRILGAN BASQARIW SISTEMALARI HAQQINDA ULIWMA MAGLIWMATLAR

1.1. Avtomatlastirilgan basqariw sistemaları hám olardıń strukturası

Avtomatlastirilgan basqariw sistemaları (ABS) kibernetikanıń barlıq sapa jaǵınan túrlishe bolǵan sistemaları basqariwdıń tiykarı bolıp, basqariwdıń usıl hám texnikasındaǵı ulıwma qásiyetler hám usıllardı belgilewshi nızamlar esaplanıwın kórsetiwshi quramlıq bólimi esaplanadı. Kibernetikanıń bul qaǵıydasınan paydalanıw basqariw mashqalasın matematika hám kibernetikanıń túrli bólimleri (maǵlıwmatlar teoriyası, úlken dinamikalıq sistemalar, algoritmler) hám de kibernetikanıń tiykarǵı qurallarınan (esaplaw texnikası, avtomatika, baylanıs hám telemexanika) birgelikte paydalanıw tiykarında sapa jaǵınan jáne de joqarı dárejege alıp shıqtı. Kibernetika maǵlıwmat haqqında fundamental túsinikti anıqlaydı hám onnan paydalanadı. Sol sebepli tez-tez kibernetika hárqanday qásiyettegi quramalı sistemalarda maǵlıwmattı alıw, saqlaw, uzatıw hám ózgeriwdiń ulıwma nızamalı haqqındaǵı pán degen túsinikti ushıratamız.

Solay etip, basqariwdıń áhmiyetli shólkemlestirilgen bólimi bolıp maǵlıwmattıń qayta isleniwı esaplanadı. Bul kózqarastan hárqanday basqariw sisteması informaciyalıq sistema dep atalıwı múmkin. Aqıbet-basqısthan quralǵan kóriniste ańlatıw múmkin: máseleń qoyılıwı; maǵlıwmattı qayta islew; qarar qabil etiw. Avtomat basqariw sistemalarında tań dúzilgen algoritm boyınsha adamnıń tikkeley qatnasıwısız orınlana-sistema adamnıń tikkeley qatnasın názerde tutıp, bunda juwmaqlawshı qarardı qabil qılıwda adam hal qılıwshı roldi oynaydı. *Házirgi dáwirde ABS sıpatında basqariwshı sistemada máseleńi qoyıw hám tiykarǵı qarardı qabil etiw adam, bunıń ushın zárır bolǵan maǵlıwmattı qayta islew bolsa – arnawlı qurılmalar kompleksi – EEM, telemexanika, baylanıs hám basqa qurallar tárepinen orınlawshı adam-mashina sisteması* túsiniledi.

ABSda adamnıń sheshiwshi roli sonıń menen belgilenedi, bul sistemaların joqarı dárejede quramalılıǵı sebepli olardı matematika járdeminde de, modellestiriwshi qurılmalar járdeminde de formallastırıp bolmaydı.

Avtomatlastirilgan basqariw sistemalarında EEM matematikalıq usıllar hám algoritmlerdiń birden-bir kompleksinen paydalanıw tiykarında maǵlıwmatlardı qayta islewdiń barlıq proceslerinde tiykarǵı qural esaplanadı.

ABSnıń basqariw bólimi tómendegi támiynat sistemalarınan quralǵan:

1. *Ilimiy támiynat sisteması* – matematikalıq modellerdiń eki kompleksi: basqariwshı sistema hám basqariw procesleri. Basqariwshı sistema modelleri kompleksi sistemaniń texnikalıq hám ekonomikalıq iskerligin ańlatıw ushın xızmet etip, ol tómendegilerdi óz ishine aladı:

- basqariwshı sistema elementleri hám olardıń baylanıslarınıń matematikalıq ańlatpaları;

- elementler hám olardıń kombinacijaları hám de pútkil basqariwshı sistemaniń maqset funkciyaları;

- sistemaniń sırtqı ortalıq penen baylanısları.

Basqariw procesleri modelleri kompleksi – basqariw maqsetlerinde maǵlıwmattı alıw, saqlaw, qayta islew hám beriwdiń kólemi, xarakteri hám izbe-izligin belgilewshi informaciyalıq model.

2. *Matematikalıq támiynat sisteması* – basqariw máselelerin sheshiw algoritmleri hám sáykes EEMde esaplaw baǵdarlamaları kompleksi.

3. *Shólkemlestirilgen támiynat sisteması* – ABS shólkemlestirilgen strukturasın qalıplestiriw qaǵıydası, ABSnıń óz aldına shólkemlestirilgen bólimleri huqıqları, wazıypaları hám máseleleri haqqında qaǵıydalar, adamlar hám EEMniń óz ara iskerlik kórsetiw qaǵıydaları hám normaları.

4. *Texnikalıq támiynat sisteması* – informaciyalıq esaplaw sisteması (sırtqı telemexanika hám baylanıs úskeneleri menen birgelikte).

5. *Kadr támiynatı sisteması* – basshı hám xızmet kórsetiw xızmetkerleri shtatı hám de olardıń tájiriybesin asırıw boyınsha turaqlı iskerlik kórsetiwshi sistema.

Házirgi dáwirde xalıq xojalıǵınıń tiykarǵı islep shıǵarıw – ekonomikalıq sistemaları basqarıwdıń maqsetlerine muwapıq keliwshi ierarxiyanı qurawshı avtomatlastırılǵan basqarıw sistemasına iye.

Jóqarıda ABSnıń avtomatlastırılmaǵan basqarıw aldındaǵı abzallıqları kórip ótildi. Sonday-aq, basqarıwdı shólkemlestiriw, operativ basqarıw hám baylanıs sıyaqlı funkciyalardı da orınlawda abzallıqlar bar:

1. Qarardı kibernetika, ekonometrika hám matematika usılları tiykarında qabıl etiw nátiyjesinde sheshimniń obyektivlik hám tiykarlanǵanlıǵın asırıw.

2. Kóp sanlı alternativ sheshimlerdi úyreniw tiykarında anıqlıq hám buǵan muwapıq nátiyjeliktı asırıw.

3. Basqarıw ierarxiyasınıń túrli dárejelerindegi sheshimlerdi jaqınan muwapıqlastırıw imkanınıń barlıǵı.

4. Sheshimlerdiń operativligin basqarılıwshı sistemada hám qorshaǵan ortalıqta orınlanıwshı usı ólshewlerdi esapqa alıw tiykarında asırıw.

5. Basqarılıwshı sistemalardıń specifikalıq qásiyetlerin operativ túrde esapqa alıwshı basqarılıwshı sistemanı qurıw imkanınıń barlıǵı.

ABSnı jetilistiriwde tez-tez onıń ekonomikalıq nátiyjeligin bahlawǵa hárezet etiledi. Bul tábiyiy, sebebi ABSnı júzege keltiriw, onı qollanıw nátiyjesinde alınıwshı ekonomikanı salıstırıw hám bul tiykarda onı engiziwdiń maqsetke muwapıqlıǵın belgilewshı qarjını talap etedi. Biraq bul jerde qáte jiberiw ushın itibarlı bolıw lazım. Sebebi, hám-bolmaydı. Sol sebepli ekonomikalıq nátiyjeliktı emes, al ABSnı basqarılıwshı berilgen funkciyasın túrlishe qarjılar menen támiyinlewshı túrli variantların salıstırmalı nátiyjeligin anıqlaw áhmiyetli esaplanadı.

Xalıq xojalıǵı sisteması ushın ierarxiyanıń úsh tiykarǵı tipi bar:

- tarawlar boyınsha (awır sanaat tarawı, atap aytqanda energetika);
- aymaqlıq-tarawlar boyınsha (jeńil sanaat hám sanaat bolmaǵan tarawlar);
- aymaqlıq (respublika ministrlikleri sisteması hám kárxanalar ushın hám t.b.).

Islep shıǵarıw-ekonomikalıq sistemalardıń tarawlar boyınsha ierarxiyası basqarıw sistemaları ierarxiyasında óz kórinisin tapqan:

- pútkil mámleket avtomatlastırılǵan sisteması (PMAS);
- tarawlar boyınsha avtomatlastırılǵan basqarıw sistemaları (TABS);
- kárxanalardı avtomatlastırılǵan basqarıw sistemaları (KABS);
- texnologiyalıq proceslerdi avtomatlastırılǵan basqarıw sistemaları (TPABS).

1.2. ABSnıń wazıypaları. Basqarıw esaplaw mashinalarınıń strukturası hám basqarıw jaǵdayı

ABS hám esaplaw sistemalarınń nátiyjeligi tolıq olardıń strukturası hám jumıs jaǵdayların tańlaw menen belgilenedi. Bul túsinikler jaqın baylanısta bolıp, olar birgelikte alıp úyreniliwi tiyis. Tórende olardıń mánisin ashıwdı qolaylastırıw ushın olar óz aldına kórip shıǵıladı.

Basqarıw strukturası. Mashinanıń processorı hám basqa bólimlerin islew procesinde óz ara iskerligin shólkemlestiriw usılı *basqarıw strukturası* dep júrgiziledi. Birinshi hám ekinshi áwlad mashinaların *bir baǵdarlamalı basqarıw strukturasma* iye bolǵan mashina dep qaraw múmkin. Bul mashinalarda hárbir minutta qanday da bir buwın (processor, kirgiziw yaqı shıǵarıw qurılısı hám t.b.), usı baǵdarlamaǵa muwapıq iskerlik kórsetedi. Bul tiptegi mashinalardıń tiykarǵı kemshiligi oraylasqan processordı nátiyjesiz paydalanıw hám buǵan sáykes jaǵdayda basqarıwdı ámelge asırıwda (atap aytqanda kirgiziw-shıǵarıw qurılısında) kóp waqıttı jumsawı esapalanadı.

Kóp baǵdarlamalı strukturada bir waqıttıń ózinde birneshe baǵdarlamalar orınlanadı yaqı EEMnıń birneshe bólimleri iskerlik kórsetedi. Buǵan multibaǵdarlamalaw, multiprocessorlı sistemalar hám EEM komplekslerin qollanıw esabınan erisiledi.

Multibaǵdarlamalaw – bul kóp baǵdarlamalı jaǵday bolıp, onda esaplaw sistemasında bir waqıttıń ózinde paydalanıwshılardıń birneshe baǵdarlamaları jaylasadı hám paydalanıladı. Bunda olardan biriniń orınlanıwı basqasın orınlawǵa ótiw ushın toqtatılıp, sońınan dáslepki jaǵdayına qaytıwı múmkin.

Multiprocessorlı sistemalar bir waqıtta islew imkaniyatına iye hám yadıń bir blogına shaqırıwı múmkin bolǵan birneshe processorlar yaqı

birneshe usı sıyaqlı qurılımalardı birlestiriwdi názerde tutadı. Bunday birlestiriwde, birinshiden, sistemanıń islep shıǵarıw dárejesi artadı, sebebi parallel islew imkaniyatına iye bolǵan birneshe element bar boladı, ekinshiden, sistemanıń isenimliligi artadı.

Basqarıw jaǵdayları. EEMda sheshiliwshi máseleńiń xarakterinen kelip shıǵıwshı sırtqı maǵlıwmat aǵımın qayta islew hám oǵan keri juwaptı beriw *EEMniń is jaǵdayı* dep júrgiziledi. Ol yaqı bul máselelerdi orınlanıp barıwı menen yadqa qanday da bir náwbet penen jańa máseleler kirgiziledi. Bul náwbettiń qanday qalıplesiwine baylanıslı jaǵdayda EEMniń eki tiykarǵı jaǵdayı bar: paketli qayta islew jaǵdayı hám waqıttı bóleklew jaǵdayı.

Paketli qayta islew jaǵdayında máseleler olardı qalıplestiriw usılı menen belgileniwshi izbe-izlikte orınlanadı. Eń ápiwayı jaǵdayda máseleler olardıń paketke kelip túsiwi yaqı payda bolıw tártibinde orınlanadı. Quramalıraq jaǵdaylarda, bir qıylı tiptegi, máseleń, tolıq yaqı bir bólegi maǵlıwmattan paydalanıwshı máseleler sheshiledi.

Máseleler paketleri waqıttıń belgilengen momentlerinde iske túsiriledi. Paydalanıwshı pútkil paketti qayta islew tamamlanǵannan soń nátiyjeni aladı. ABS kózqarastan bunday jaǵday kemnen-kem jaǵdaylarda jaramlı esaplanadı. Sebebi, EEMniń islep shıǵarıw dárejesi joqarı bolıwına qaramastan, máselelerdiń sheshimlerin zárúrlık bolǵanda tezlik penen, múddetinen aldın alıw múmkin emes. Bunnan tisqari usı jaǵdayda adamnıń mashina menen dialogın ámelge asırıp bolmaydı.

Waqıttı bóleklew jaǵdayı – kóp baǵdarlamalı islewdiń eń keń rawajlanǵan kórinisi bolıp, joqarıdaǵı jaǵdaylardıń unamalı tárepleri paydalanıwshılardıń esaplaw quralına tikkeley shıǵa alıwı hám barlıq paydalanıwshılardı real waqıtlarda islewı menen muwapıqlastırılǵan. Bunda juwaptı alıw waqıtı mashinadan monopol paydalanılǵanda talap etiliwshi waqıtqa imkanı barınsha jaqınlastırıladı. Waqıttı bólektoqtatıp turıp, maǵlıwmattıń aralıq jaǵdayın sırtqı yadta saqlap qojerinen qayta tiklew hám onı sheshiwdi dawam ettiriw imkaniyatları kózde tutılǵan.

1.3. Energetika sistemasında avtomatlastırılǵan dispatcherlik basqarıwın shólkemlestiriw tiykarları

Mámlekettiń házirgi zaman elektr energetikası hám onıń bólimleri – aymaqlıq birlesken energetika sistemaları (BES) hám óz aldına energetika sistemaları (ES) kibernetikalıq tiptegi úlken dinamikalıq sistemalar esaplanadı. Bul úlken hám quramalı avtomatlastırılǵan sistema kompleksin basqarıw sapasın asırıw ushın taraw avtomatlastırılǵan basqarıw sisteması (TABS) islep shıǵılǵan hám ol shólkemlestirilmekte. Bul sistema birlesken energetika sistemaları, energetika sistemalarınń rayon basqarmaları, elektr stanciyaları hám tarmaq kárxanaların hám de ilmiy-izertlew hám joybarlaw institutları, qurılıs-montaj hám saqlaw shólkemleriniń iskerlik kórsetiw tarawların óz ishine alıwshı kóp dárejeli sistemasına iye.

Funkcional sistemalarǵa túrli avtomatlastırılǵan dispatcherlik basqarıw sistemaları (ADBS) kiredi. ADBS operativ túrde birlesken energetika sisteması hám onıń bólimleri jaǵdayların basqarıw, hákimshilik hám xojalıq basqarıw kárxanalarınń islep shıǵarıw iskerligi, materiallıq-texnikalıq támiynatın belgilew, baqlaw hám analizlew, energetika sistemaları rawajlanıwın perspektivalı jobalastırıw hám basqalar ushın xızmet etedi.

ADBS ierarxialıq princip boyınsha qurılǵan sistemanı operativ basqarıw wazıypasın atqaradı. ADBSnıń joqarı organı bolıp, birlesken energetika sisteması dispatcherlik basqarması esaplanadı. Bunnan soń operativ ierarxiya boyınsha energetika sistemalarınń dispatcherlik xızmetleri (MDX), sońınan elektr stanciyaları hám elektr tarmaqları kárxanaların basqarıwdıń operativ organları baradı.

MDM mámleketlik energetika sistemasınıń jaǵdayın operativ basqarıp, normal jaǵdaylarda onıń únemliligi, isenimliligi, úzliksiz islewın elektr hám jıllılıq energiyalarınń talap etiliwshi sapasın támiyinlegen jaǵdayda ámelge asırıw hám avariylardı saplastırıwı shárt. MDMnıń wazıypalarına, sonday-aq, qısqa múddetli jobalastırıw hám elektr energiya islep shıǵarıw hám paydalanıwdı uzaq múddetli prognózlaw, jaǵday jobaların koordinaciyalaw, energetika sisteması ushın janılıǵı re-

surslarınan optimal paydalanıwdı támiyinlew sıyaqlı máseleler de kiredi. Álbette, ierarxiyanıń hárbir basqışında óz máseleler kompleksi bar. Soǵan qaramastan hám energetika sistemaları hám birlesken energetika sisteması basqışlarında sheshiletuǵın máseleler de bar. Bularǵa tiykarınan tómendegiler kiredi:

1) ierarxiyanıń tómengi basqışlardan keliwshi maǵlıwmatlardı jıynaw hám hújjetlestiriw;

2) stanciyalar, elektr tarmaqları kárxanaları, sistemalararalıq baylanıslar hám pútkil sistemanıń islewiniń texnikalıq hám ekonomikalıq (isenimligin esapqa alıp) kórsetkishlerin anıqlaw;

3) sistemanıń jaǵdayların esaplaw hám analizlew (turaqlı jaǵdaylar, qısqa tutasıw tokları, statikalıq hám dinamikalıq turaqlılıq hám t.b. esaplaw), múmkin bolǵan avariyaǵan keyingi halatlar ushın jaǵdaylardı bahalaw. Dispatcherdiń talabına muwapıq esaplawlardı ámelge asırıw;

4) óz aldına túyinler, pútkil sistema júklemesi hám de qońsı energosistemalar menen quwatlıq aǵımları almasıwın prognozlaw;

5) sistemanıń optimal jaǵdayların tómendegi máselelerni sheshiw arqalı optimallaw:

– sistemanıń aktiv júklemesin stanciyalar arasında hám stanciyalar da bolsa agregatlar ortasında ekonomikalıq jaqtan optimal bólistiriw;

– reaktiv júklemelerdi optimal bólistiriw, reaktiv quwatlıq dereklerinń júklemelerin ruqsat etilgen kernewlerdi esapqa alıp tańlaw;

– islewshi agregatlardıń optimal quramın tańlaw;

– úskenelerinń profilaktikalıq hám jergilikli ońlaw hám de optimal múddetlerin tańlaw;

– tiykarǵı úskenelerdiń jaǵdayları hám olardı kapital sazlawdı uzaq múddetli jobalastırıw.

Sanap ótilgen máselelerdi energetika birlespeleri hám energetika sistemalarında ámelde sheshiw olardı keńislik hám waqıtta maqsetke

muwapıq túrde kishi máselelerge ajratıwdı talap etedi:

1) perspektivalı hám operativ esaplawlardı eki óz aldına toparlarǵa ajratıw;

2) ierarxiyanıń joqarı basqışında sistemalardıń jaǵdayların esaplawda másele ólshemin kemeytiw maqsetinde tómén basqıştaǵı kishi

sistemalardı kishi detallardı itibarǵa almastan ulıwmalasqan, úlkeytilgen kólemdegi kóriniste ańlatıw;

3) kishi sistemalar (podsistemalar) jaǵdayların óz aldına esaplap, sońınan olardı pútkil sistema xarakteristikasını payda etiw ushın muwapıqlastırıw. Podsistemalar jaǵdayların bul túrde óz aldına esaplaw hám sońınan olardı birlestiriw qaǵıydaları sisteması *diakoptika*, sistemanı podsistemalarǵa ajratıw bolsa *dekompoziciya* dep júrgiziledi.

Baqlaw sorawları

1. Kibernetika ne? Energetikada kibernetikanıń áhmiyeti nelerden ibarat?
2. Avtomat hám avtomatlastırılǵan basqarıw sistemaları óz ara ne menen parıqlanadı?
3. Ne sebepten elektr energetika sisteması jaǵdayın basqarıwda tiykarınan avtomatlastırılǵan basqarıw sistemaları (ABS)nan paydalanıladı?
4. ABS qanday bólimlerden quralǵan? Onıń bólimleri qanday wazıypalardı atqaradı hám olar arasında qanday baylanıslar bar?
5. Basqarıw esaplaw mashinaları (BEM)niń strukturasına neler kiredi?
6. Basqarıw strukturası ne hám ol ne ushın xızmet etedi?
7. Bir hám kóp baǵdarlamalı strukturalar ne hám olar ne menen parıqlanadı?
8. Basqarıw jaǵdayı ne hám ol ne ushın xızmet etedi?
9. Paketli qayta islew hám waqıttı bóleklew jaǵdaylarınıń mánisin túsindirir.
10. Energetika sistemasında ABS qalay shólkemlestiriledi?
11. Ne sebepten energetika sistemasın basqarıwda ierarxiyalıq strukturadan paydalanıladı? Onıń abzallıqları nelerden ibarat?
12. Avtomatlastırılǵan dispatcherlik basqarıw sisteması (ADBS) ne hám ol ne ushın xızmet etedi?
13. Diakoptika hám dekompoziciya ne? Energetika sistemasın basqarıwda olardıń áhmiyeti qanday?

2. ELEKTR ENERGETIKA SISTEMALARI HÁM OLARDIŇ JAĞDAYLARI HAQQÍNDÁ ULÍWMA MAĞLÍWMATLAR

2.1. Tiýkargı túsiniń hám anıqlamalar

Aldın birqatar atama hám túsinińlerdiń anıqlamaları menen tanısa-yıq.

Energetika sisteması – elektr hám jıllılıq stanciyaları, podstanciyaları hám tutınıwshılarınıń elektr hám jıllılıq tarmaqları járdeminde baylanısqań kompleksi.

Elektr energetika sisteması – elektr stanciyaları, podstanciyaları hám tutınıwshılarınıń elektr tarmaqları járdeminde baylanısqań kompleksi.

Energetika sistemasınıń strukturası. Elektr stanciyalarınń belgilengen (nominal), ornاتیлған hám jumısshı quwatlıǵı túsinińleri bar. Ornاتیлған quwatlıq belgilengen quwatlıqtan úzilisler hám sheklewler sebolsa, ornاتیлған quwatlıqtan elektr stanciyasınıń onılawǵa shıǵarıлған agregatlarınń quwatlıǵın ayırıp taslanıwman payda bolǵan quwatlıqqa teń. Úzilis (máseleń, qazanlardıń qızıwshı betleriniń shókpeler tásirinde jabılıp qalıwı nátiyjesinde) shekleńiwden (máseleń, JESniń suwıtıwshı suwı temperaturasınıń asıwı nátiyjesinde) parıqlı jaǵdayda oǵan elektr stanciyası yaki sistemasınıń personalı tásir ete alıw imkanıyatınıń barlıǵı menen parıqlanadı.

Energetika sistemasınıń belgilengen quwatlıǵı onıń quramına kırıwshı barlıq túrdegi elektr stanciyalarınń belgilengen quwatlıqlarınıń jıyındısına teń.

Energetika sistemasınıń strukturası onıń quramına kırıwshı túrli elektr stanciyalarınń belgilengen quwatlıqların pútkil energetika sistemasınıń belgilengen quwatlıǵına salıstırǵanda úlesi menen belgilenedi. Máseleń, energetika sistemasınıń belgilengen quwatlıǵı 14000 MVt, onıń quramına tek JES, GES hám blok-stanciyalarınń ulıwma belgilengen quwatlıqları sáykes jaǵdayda 12900 MVt, 1540 MVt hám 560 MVt bolsa, ol jaǵdayda energetika sistemasınıń strukturası sáykes jaǵdayda 0,85 hám 0,11 hám 0,04 ti quraydı.

Elektr stanciyaların isletiwdiń ózine tánliǵı. Isletiwde elektr stanciyalarına qoyılıwshı talaplar menen tanısqı ótemiz. Energetika sisteması tárepinen elektr stanciyalarına qoyılıwshı tiýkargı talaplarǵa tómendeги imkanıyatlardı támiyinlew kiredi:

– nominal hám minimal quwatlıqlarda uzaq waqıt dawamında islew (hárqanday isletiw sharayatlarında);

– qolay sharayatlarda zıyat júkleniw;

– agregatlardı toqtatıw hám iske túsiriw;

– júklemesin tez asıra alıw hám PJK kemeygen jaǵdaylarda onı tez retlew;

– joqarı dárejedegi isenimlilik.

Kondensaciyalıq elektr stanciyaları. Stanciyalarınń isletiw qásiyetleri olardıń elementleri esaplangan puw generatorı, turbina hám elektr generatorı menen belgilenedi. Puw generatorınıń nominal quwatlıǵın támiyinlewge beriliwshı janılıǵınıń muǵdarı hám sapası (ıǵallıǵı, tazalıǵı), qızdırılıwshı maydanniń sapası boyınsha sheklewler (shlaklanıw, ruqsat etilgen qızıw, suwdıń turbinaǵa ketiwi), maksimal júklemede puw generatorınıń paydalı jumı koefficientiniń páseyiwi, járdemshı úskenelerdiń (támiyinlewshı nasoslar, tútin sorıǵıshlar hám t.b.) jaǵdayları sıyaqlılar tásir etedi.

Zamanagóy puw generatorları júklemelerin tómene shegaraları joqlıǵı janıwdıń turaqlılıq shegarası (jalınıń óship qalıw qáwpi menen) hám qızıw maydanlarınń gidravlikalıq hám temperatura jaǵdaylarınń turaqlılıǵı menen belgilenedi. Júklemeniń tómengi shegarasın qattı janılıǵıdan paydalanılǵan jaǵdaylarda nominal quwatlıqtıń 50–65% muǵdarına shekem hám gaz-mazut janılıǵısan paydalanılǵan jaǵdaylarda 35–40% muǵdarına shekem kemeytiw ushın sekciyalanǵan ciklonlı janılıǵı ısıtqıshları, puwdıń asa qızıp ketiwin forcirovka túrinde retlew, arnawlı puw-mexanikalıq forsunkalar hám t.b. qullanıladı.

Puw turbinasınıń maksimal quwatlıǵı turbinaǵa bariwshı puwdıń temperaturası hám basımı, kondensatorda vakuumniń dárejesi (suwı tuwshı suwdıń temperaturasına baylanıslı), kondensator hám zatvor apparatı betiniń jaǵdayı sıyaqlı turbinanı PJKne tásir etiwshı faktorlar menen belgilenedi. Jaz máwsimi dáwirinde suwıtıwshı suwı temperaturasınıń joqarılıǵı turbinanıń maksimal quwatlıǵın sheklewı múmkin.

Turbinanın minimal quwatlıǵı tómengi basım basqışında zatvordın joqarı dárejede qızıp ketiw qáwpi menen shegaralanadı.

Elektr generatorının maksimal quwatlıǵı rotor yaki statordın shegaralıq maksimal togı menen belgilenedi. Onıń mánisine qorshaǵan ortalıq hawasınń temperaturası tásir etedi. Ulıwma, energetika blokınıń maksimal quwatlıǵı boyınsha shegara jazǵı máwsim dáwirlerinde turbinanıń (suwıtıwshı suw temperaturasınıń asırıw nátiyjesinde) hám qısqa máwsim dáwirlerinde qazannıń (janılıǵınıń ıǵallıǵı asırıw nátiyjesinde) imkaniyatları menen belgilenedi.

Bloktı toqtap turǵan jaǵdayınan iske túsiriw tezligi tiykarınan puw turbinasınıń imkaniyatları – aylanıwshı hám qozǵalmas bólimleri arasındıǵı aralıqtıń kemeyiwı hám de turbinanıń korpusında temperatura kernewleri menen shegaralanǵan. Iske túsiriw waqtın kemeytiw ushın diwaldıń qalıńlıǵı hám turbina korpusınıń keńligi boyınsha temperaturanıń ayırmasın ruqsat etilgen shegaralarda uslap turıw zárúr.

Jıllılıq elektr órayınıń rejimi imkaniyatları elektr hám jıllılıq júklemeleriniń óz ara baylanışlıǵı menen belgilenedi. Bunday baylanıştıń xarakterı turbinanıń tipi, turbinaǵa barıwshı puwdıń parametrleri hám puw alınıwshı retleniwshı shıǵıwlarında puwdıń basımı menen belgilenedi.

Gidroelektr stanciyaları energetika sistemasınıń jaǵdayın basqarıwda óz aldına orındı iyeleydi. Olar ushın joqarı dárejedeǵı manevrlik (jaǵdayın tez ózgerge alıw qábileti), úlken PJK, retlewdeǵı kem ısıraplar, tolıq avtomatlastırıw hám jaǵdayın toparda retlew, tez iske túsiriw hám toqtatıw imkaniyatları xarakterli esaplanadı. Gidroelektr stanciyasınıń (GES) energetikalıq nátiyjeligin energoresurstıń muǵdarın tosınnan faktorlarǵa (dárıyanıń aǵımı) hám onıń parametrlerin energetikalıq emes suw tutınıwshılarınıń jumıs jaǵdaylarına baylanışlılıǵın shekleydi.

Elektr stanciyaları quwatlıq uzatıw imkaniyatları boyınsha shegaralar hám ısıraplar esapqa alınbaytuǵın elektr tarmaqları menen baylanisqan energetika sisteması *konfetraciyalanǵan energetika sisteması* dep júrgiziledi.

Quramında tek jıllılıq hám gidroelektr stanciyaları bar bolǵan energetika sisteması *gidrojıllılıq energetika sisteması* dep júrgiziledi.

Energetika sistemasınıń jaǵdayları. Energetika sisteması waqıttıń hárqanday momentinde kóplep jaǵday parametrleri menen belgileniw-

shi qanday da bir jaǵdayda boladı. Parametrler ruqsat etilgen mánisleri arasınan qanday da bir anıq mánislerge iye boladı. Sistemanıń parametrleri jaǵdaylar hám hal parametrlerine bólinedi.

Sistemanıń jaǵday parametrleri – sistemanı qurawshı elementlerdiń parametrleri esaplanadı (generatorlar, transformatorlar, sinxron kompensatorlardıń nominal quwatlıqları, elektr uzatıw liniyalarınıń kesim maydanları hám uzınlıqları, úskenelerdiń nominal kernewleri hám t.b.). Sistemanıń jaǵday parametrleri bar sistemanı isletiw haqqında sóz etkende basqarılmaytuǵın parametrlar esaplanadı. Biraq gáp sistemanıń rawajlanıwı haqqında bolǵanda bunday parametrlar basqarılwshı parametrlar sanaladı.

Sistemanıń jaǵday parametrleri – onıń jaǵdayın kórsetiwshı parametrlardıń tap usı alınǵan momentindeǵı jergilikli mánisleri esaplandı. Jaǵday parametrleri texnologiyalıq hám elektr parametrlerge bólinedi. Texnologiyalıq parametrlerge misal sıpatında GESda suwdıń basımı (napor), gidroturbinalardıń baǵıtlawshı apparatlarınń ashıqlıq dárejesi, JESde puw hám suwıtıwshı suwdıń sarıp hám t.b. alıw múmkin. Elektr jaǵday parametrleri sıpatında bolsa, tarmaqtıń hár qıylı noqatlarındaǵı kernewler, túyinlerdiń aktiv hám reaktiv júklemeleri, liniyalardaǵı toklar, transformatorlardıń transformaciyalaw koefficientleri hám t.b. alıw múmkin.

Sistemanıń bir jaǵdaydan basqasına ótiwi *ótiw procesi* dep júrgiziledi. Normal hám avariyalıq ótiw procesleri bar. Usı kitapta biz tek normal jaǵdaylardı kórip ótemiz.

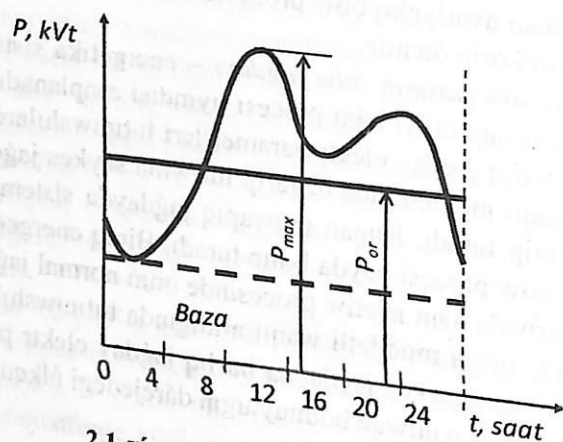
Energetika sistemasınıń ótiw jaǵdayı – energetika sistemasınıń bir jaǵdaydan basqasına ótiwi hám procesi jıyındısı esaplanadı. Energetika sistemasınıń barlıq jaǵday elektr parametrleri tutınıwshılardıń júkleme-leriniń hárbir waqt momentinde ózgerip turıwına sáykes jaǵdayda úzlik-siz túrde ózgerip turadı. Buǵan muwapıq jaǵdayda sistemada úziksiz túrde normal ótiw procesi payda bolıp turadı. Biraq energetika sistemasın joybarlastırıwda hám isletiw procesinde onıń normal jaǵdayın bahaslaw maqsetinde qısqa múddetli waqt aralıǵında tutınıwshılardıń júklemelerin hám buǵan sáykes jaǵdayda barlıq jaǵday elektr parametrlerin turaqlı dep alıw ruqsat etiwge bolmaytuǵın dárejedeǵı úlken qáteliklerge alıp kelmeydi.

2.2. Elektr energetika sistemalarının jüklemе grafikleri

Energetika sistemalarının jüklemeleri özgermeli esaplanadı. Jüklemenin sutkalıq, háptelik hám jıllıq tegis emeslikleri túyinsheleri bar. Jüklemenin sutka dawamında özgeriw xarakterin energetika sistemasının aktiv hám reaktiv jüklemesin sutka dawamında özgeriwin kórsetiwshi sutkalıq jüklemе grafigi járdeminde ańlatıw múmkin. Ádette, sutkalıq jüklemе grafigi tórt xarakterli tipke – normal jumıs kúni, shembı, ekshembı hám dúyshembı kúnleri ushın sutkalıq jüklemе grafiklerine ajratıladı.

Sutkalıq jüklemе grafigi (2.1-súwret) ádette eki pik – azanǵı hám keshki hám eki batıw – kúndizgi hám túngi noqatlarǵa iye boladı. Jüklemе grafiginin tómengi bólimi baza hám joqarı bólimi pik dep júrgiziledi. Jüklemе grafigi birqatar kórsetkishler menen xarakterlenedi. Jüklemе parametr sutka dawamındaǵı ortasha jüklemе P_{or} nı maksimal jüklemе P_{max} ga qatnası menen belgilenip, jüklemе grafiginin tıǵızlıǵı dep júrgiziledi:

$$\gamma = \frac{P_{or}}{P_{max}} \quad (2.1)$$



2.1-súwret. Sutkalıq jüklemе grafigi.

Jüklemenin háptelik tegis emesligi onıń atap aytqanda ekshembige shekem kemeyiwi hám dúyshembige keskin asıwı menen ayqın boladı. Ay dawamında jüklemenin özgeriwin analizlese, ol ádette ekinshi dekadannıń aqırınan baslap asıp baradı hám keyingi aydın birinshi dekadasına kelip birqansha páseyedi.

Jüklemenin jıllıq tegis emesligi sutkalıq jüklemelerdin maksimumların jıl dawamında ózgerip barıwın baqlaǵanımda ańsat kórinedi. Buniń ushın birneshe normal jumıs kúnleriniń xarakterli sutkalıq jüklemе grafiklerin quramız hám olardıń maksimal mánislerin tutastıramız (2.2-súwret). Payda bolǵan grafikte batıw zonası anıq kórinedi. Tiykarǵı jüklemeleri awıl xojalıq elektr tutınıwshılardan ibarat bolǵan sistemalarda jazǵı dáwirge sáykes keliwshi batıw zonası ulıwma bolmawı da múmkin. Elektr tutınıwshıları quramında kóp muǵdardaǵı hawa kondicionerleri bar bolǵan sistemalarda da tap usı sıyaqlı jaǵdaydı baqlawımız múmkin. Jüklemе grafiginin batıw zonası energetika sistemasının úskenelerin ońlaw ushın qolay sharayattı jaratadı. Sol sebepli batıw zonasın úskenelerdi ońlaw zonası (yaki ońlaw maydanshası) dep te júrgiziledi.

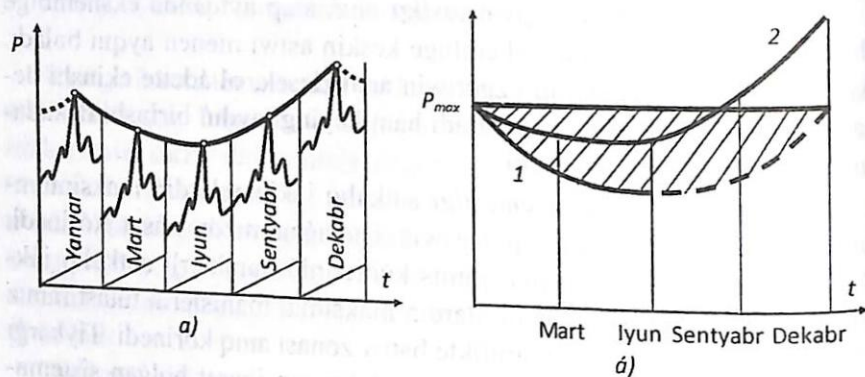
Energetika sisteması halatının áhmiyetli kórsetkishlerinen biri bolıp jıllıq maksimal jüklemeden paydalanıw waqtı T_{max} esaplanıp, ol jıl dawamında islep shıǵarılıwshı energiya E_{jl} dı jıllıq maksimal jüklemе P_{max} ǵa qatnası menen anıqlanadı:

$$T_{max} = \frac{E_{jl}}{P_{max}} \quad (2.2)$$

Energetika sistemasının optimal jaǵdayların esaplawda jüklemе grafigi eki formada beriliwi múmkin.

1. Tutınıwshılardıń jüklemе grafigi elektr tarmaqlarındaǵı aktiv hám reaktiv quwatlıq ısırapların óz ishine aladı. Bunday jaǵdaylarda ısırap túyin jüklemesiniń qosımsha jüklemesi sıpatında esapqa alınıp, onıń paydalı jüklemesine qosıladı.

2. Jüklemе grafigi elektr tarmaqlarındaǵı ısıraplardı esapqa almastan tutınıwshılardıń paydalı jüklemeleriniń jıyındısı sıpatında qurıladı.



2.2-súwret. Jıl dawamında sutkalıq maksimal júklemenin ózgeriwi.
 a – keńisliktegi kórinisi; á – tegisliktegi kórinisi: 1-júklemenin salıstırmalı ósiwisiz; 2-júkleme salıstırmalı asqanda; shtrixlawlar menen júklemenin batıw zonası ajratılğan.

Júkleme grafiginin túrli formalarda beriliwi qanday da bir dáreje de optimallaw nátiyjesine tásir etedi. Máselen, birinshi jaǵdayda elektr stanciyaların quwatlıqları jıyındısı hár minutta grafik boyınsha júklemge teń bolsa, ekinshi jaǵdayda ol grafik boyınsha anıqlanıwshı júklemge salıstırǵanda tarmaqtaǵı ısırapqa teń bolǵan muǵdarǵa artıqsha boladı.

Eger energetika sistemasının jaǵdayın optimallawda ısıraplardı qatań esapqa alıw zárúr bolsa, ol jaǵdayda júkleme grafigi beriliwiniń ekinshi forması qollanıladı. Biraq bunday jaǵdayda optimallawdıń hár bir adımında ısıraptı esaplaw zárúr boladı. Bul bolsa, kóp esaplawlardı talap etedi.

Júkleme grafiginin ısıraplardı esapqa alǵan jaǵdayda súwretlew júklemenin elektr stanciyaları ortasında bólistiriliwinen aldın anıqlanıwshı ısırap stanciyasınıń quwatlıǵına baylanıslı emes dep qarawdı kózde tutadı. Bunday jaǵdaylarda, ádette, ısıraplar quwatlıq balansında esapqa alınbastan, olar elektr stanciyaların xarakteristikalarına ózǵertiriwler kirgiziw arqalı esapqa alınadı.

2.3. Elektr energetika sistemasında quwatlıq hám energiya balansı

Aktiv quwatlıq balansı. Energetika sistemasında waqıttın hárqanday momentinde aktiv quwatlıqlar balansı saqlap turıladı. Qanday da bir t momenttegi balans tómendegishe anlatıladı:

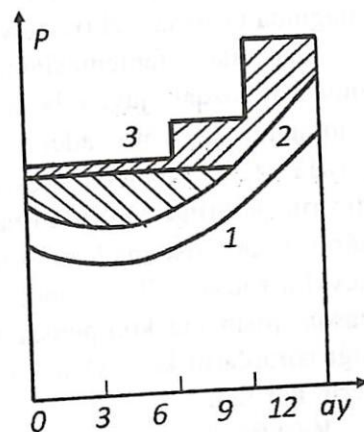
$$\sum_i P_{gen,t} = \sum_j P_{j,t} + \sum_l \pi_{l,t} \quad (2.3)$$

Bul jerde $\sum_i P_{gen,t}$ – energetika sistemasındaǵı barlıq generatorlardıń ulıwma quwatlıǵı; $\sum_j P_{j,t}$ – energetika sistemasındaǵı barlıq tutınıwshılardıń ulıwma júklemesi; $\sum_l \pi_{l,t}$ – energetika sistemasının elektr tarmaqlarında ulıwma aktiv quwatlıq ısırap bolıwı hám stanciyaların óz mıtájlik júklemeleri jıyındısı.

Energetika sistemasında aktiv quwatlıq balansının buzılıwı jıyılıqtın awısıwına, yaǵnıy elektr energiyanıń sapasınıń buzılıwına alıp keledi.

Energetika sistemasının jaǵdayın optimallaw onda aktiv quwatlıq balansı dúzilgeninen soń ámelge asırıladı. Isletiw maqsetlerinde bunday balans hár ayda yaki hár bir hápte ushın dúziledi. Energetika sistemasının jumıs jaǵdayları yaki rawajlanıwın jobalastırıwda quwatlıqtın jobalastırılǵan balansı jáne de úlkenirek múddetke (jıllıq, bes jıllıq hám t.b.) dúziliwi múmkin. Tez-tez quwatlıq balansı grafikalıq kóriniste súwretlenedi (2.3-súwret).

Quwatlıq balansınan basqa *energiya balansı* da dúziledi. Ol energetika



2.3-súwret. Energetika sistemasının quwatlıq balansı. 1-júkleme maksimumları iymek sıızǵı; 2-qor quwatlıǵı; 3-quwatlıq tegis emes kirgizilgende energetika sistemasının ornatılǵan quwatlıǵı.

sistemasında bunnan keyin sarp bolıwshı janılgı muǵdarın anıqlaydı hám tómendegi kóriniste ańlatıladı:

$$\sum_i E_{gen,i} = \sum_j E_j + \sum_l \Delta E_l \quad (2.4)$$

Reaktiv quwatlıq balansı. Energetika sistemalarında aktiv quwatlıq balansı sıyaqlı reaktiv quwatlıq balansı da támiyinlep turıladı:

$$\sum Q_{gen,i,t} + \sum Q_{k,q,t} + \sum Q_{z,l,t} = \sum Q_t + \sum q_t \quad (2.5)$$

Bul jerde $\sum Q_{gen,i,t}$ – elektr stanciyalardaǵı generatorlardıń ulıwma reaktiv quwatlıǵı; $\sum Q_{k,q,t}$ – kompensaciyalawshı qurılmalardıń ulıwma quwatlıǵı; $\sum Q_{z,l,t}$ – liniyalardıń ulıwma zaryad quwatlıǵı; $\sum Q_t$ – elektr tutınıwshılarınıń ulıwma reaktiv júklemesi; $\sum q_t$ – elektr tarmaǵında ulıwma reaktiv quwatlıq ısırap bolıwı.

Usı balans teńlemesiniń on tárepi, yaǵnıy paydalanıwshı reaktiv quwatlıq asqan jaǵdaylarda elektr tarmaǵında kernewdiń páseyiwi baqlanadı hám bul, ádette, qosımsha aktiv quwatlıq ısırap bolıwın payda etedi. Demek, balans tarmaqtıń barlıq túyinlerinde kernewdiń ruqsat etilgen mánisin támiyinlew shártinen kelip shıǵıp dúziliwi zárúr. Elektr sistema hám tarmaqlarınıń rawajlanıwın joybarlawda kernewdiń ruqsat etilgen mánisleriniń támiyinleniwin tekserip kóriwden basqa qosımsha kompensaciyalawshı qurılmalardı tańlawda tarmaqtaǵı ısıraplardı kemeytiw kózqarasınan da maqsetke muwapıqlıq tekserip kóریledi.

Reaktiv quwatlıq balansınıń aktiv quwatlıq balansınan tiykarǵı parqı hámme waqıtta sistemanıń bir bólimindegi artıqsha reaktiv quwatlıq esabınan onıń basqa bólimindegi reaktiv quwatlıq jetispewin qaplap bolmawı esaplanadı. Bul elektr sistemasında reaktiv quwatlıqtı uzaq aralıqqa uzatıwdıń hámme waqıtta únemli emesligi, sonday-aq, kernewdiń páseyiwi yaki asıp ketiwi menen baylanıslı halda hámme waqıt ta mümkin emesligi menen túsindiriledi.

Reaktiv quwatlıq balansı kernewdiń sapasına qoyılıwshı talap joqarı dárejede bolǵan túyinlerde názerde tutiladı.

2.4. Elektr energetika sistemalarında quwatlıq rezervleri

Tutınıwshılardı energiya menen támiyinlew isenimliligin asırıw ushın quwatlıq rezervlerinen paydalanıladı. Quwatlıqtıń ulıwma rezervi júkleme, avariya, onlaw hám xalıq xojalıǵı rezervlerinen ibarat boladı.

Onlaw rezervi kapital onlaw hám jergilikli onlaw rezervlerinen quraladı.

Quwatlıqtıń júkleme rezervi, ádette, sistemanıń belgilengen quwatlıǵınıń 1-3% bólimine teń bolıp, ol júklemenıń qısqa waqıt dawamında jobadan tısqarı asıp ketiwi hám tosınnan túrtkiler tásirinde ózgeriwin qaplaw ushın xızmet etedi.

Quwatlıqtıń avariya rezervi sistemasınıń tosattan úzilip qalǵan úskenesin almasıw ushın xızmet etedi. Ol itimallıq usılları járdeminde elektr támiynatınıń qabıl etilgen isenimlilik indeksi yaki ziyannıń bahasınıń kelip shıǵıp esaplanadı.

Avariya rezervi sistemada bar eń úlken agregattıń quwatlıǵınan kem bolmasıǵı zárúr. Avariya rezerviniń tiykarǵı bólimin GESda ornatiw ekonomikalıq jaqtan maqsetke muwapıq esaplanadı. Quwatlıq rezervi jaylastırılǵan stanciya jiyilik páseygen jaǵdayda rezervti iske túsiriwshı avtomat iske túsiriw qurılmaları menen úskenelenedi.

Avariya rezervin ornatiw nátiyjesinde stanciyada islewshı agregatlardıń optimal quramınıń buzılıwına hám sol sebepli energetika sistemasında qosımsha janılgı sarplanıwına alıp keledi.

Kapital onlaw ushın quwatlıq rezervi energetika sistemasınıń onlaw maydandashası úskenenı sazlawdı támiyinley almaǵan jaǵdaylarda názerde tutadı. Jergilikli onlaw ushın quwatlıq rezervi blokli tiptegi kondensaciyalıq jıllılıq elektr stanciyaları (KES) ushın bul tiptegi agregattıń belgilengen quwatlıqtı 6% muǵdarında, rezerv qazanǵa iye bolmaǵan kese baylanıslı jıllılıq elektr orayları (JEO) hám KESlar ushın – 3% muǵdarında belgilenedi. GESler ushın arnawlı jergilikli onlaw rezervi muǵdarında belgilenedi.

názerde tutılmaydı. Olardıń agregatları, ádette, suw kem bolǵan dáwirlerde jobaǵa muwapıq túrde ońlanadı.

Xalıq xojalıǵı rezervi elektr paydalanıwınıń jobalastırǵanına salıstırǵanda asıp ketiwin qaplaw ushın xızmet etedi hám ol maksimal júklemenin 1-2% bólimin quraydı.

2.5. Elektr energetika sistemasının dispetcherlik basqarıwı

Energetika sistemasında úsh túrli basqarıw — hákimshilik-xojalıq, texnikalıq hám operativ basqarıw qollanıladı. Usı kursta tiykarınan operativ basqarıw máseleleri kóríledi. Opretiv basqarıw arnawlı dispatcherlik xızmeti tárepinen ámelge asırılǵanlıǵı sebepli ol dispatcherlik basqarıwı dep te júrgiziledi. Bul xızmet dispatcherlik punktıları tarmaǵınan paydalanadı.

Dispatcherlik basqarıwı – energetika sistemasınıń jaǵdayların operativ baslıq – dispatcher tárepinen ámelge asırılatuǵın oraylasqan basqarıwı esaplanadı. Dispatcherlik basqarıwı úzliksiz túrde ámelge asırıladı. Dispatcherlik orayınıń nátiyjeli islewı ushın dispatcherge baqlanıp atırǵan sistema haqqında maǵlıwmatlardı jetkerip turıwshı belgili texnikalıq qurallar talap etiledi. Dispatcherlestiriwdiń baslanǵısh basqıshlarında ápiwayı basqarıw shitleri hám ádettegi baylańısh quralları (telefonlar)dan paydalanılǵan. Keyinirek shitte súwretlew ushın energetika sistemasındaǵı kommutaciya apparatlarınń jaǵdayları hám tiykarǵı ózgeriwshı jaǵday parametrleriniń mánisleri haqqında maǵlıwmatlardı avtomat túrde jetkerip turıwshı telemexanika quralları qollanıla baslandı. Dispatcherlik punktlarında avtomat túrde jiyilik hám quwatlıq aǵımların retlew, júklemeni bólistiriw ushın apparatura lar ornاتیлады.

Házirgi dáwirge kelip, dispetcherlik basqarıw sistemasınıń modernizaciyalawda hám jańa úskenelerdi kirgiziwde texnologiyalıq processlerdi mikroprocessorlı dástúriy-texnikalıq kompleksler tiykarındaǵı avtomatlastırılǵan basqarıw sistemaları engizilmekte.

26

Energetikada operativ basqarıw tórt jeterlishe avtonom basqıstıan (basqarıw dárejesi) quralǵan. Bular elektr stanciyası – energetika sisteması (islep shıǵarıw birlespesi) – birlesken dispatcherlik basqarıwı (BDB).

Bunday ierarxiya bazda *keńislik ierarxiya dep júrgiziledi*. Bunnan basqa waqıt hám situaciya boyınsha ierarxiya da bar. Waqıt boyınsha ierarxiyaǵa mıtájlik energetika sistemalarınń rawajlanıwı hám rejimin jobalastırıwda waqıt intervallarınıń dawamlılıǵı boyınsha parıqlardı esapqa alıw zárúrliǵı menen baylanıslı.

Situaciya boyınsha ierarxiya basqarıwdı úsh dárejege – normal, avariya dan keyingi hám avariya jaǵdayların basqarıwǵa ajratadı.

Dispetcherlik xızmetiniń wazıypaları. Dispetcherlik basqarıwıdın avariyadan keyingi hám avariya jaǵdayların basqarıwıdın jańa bir qatarması. Dispetcherlik xızmetiniń wazıypaları. Dispetcherlik basqarıwıdın avariyadan keyingi hám avariya jaǵdayların basqarıwıdın jańa bir qatarması. Dispetcherlik xızmetiniń wazıypaları. Dispetcherlik basqarıwıdın avariyadan keyingi hám avariya jaǵdayların basqarıwıdın jańa bir qatarması.

Energetikani basqarıwdıń máseleleri hár qıylı bolıp, olardıń qatarına tómendegiler kiredi:

tómendegiler kiredi:

- jiyilik, aktiv quwatlıq hám elektr uzatıw liniyalarında quwatlıq ağımların avtomat reflew;

- korrupsiya bilan bog'liq qiyvatliqtı avtomat retlew;

- kernew hám reaktiv quwatlıqtı avtomat retlew,
- sutkalıq qayta optimallaw hám júkemeler bólistiriliwin korrek-

– jergilikli jaǵdaydın jobadan awısıwın analizlew;

- jergilikli jagdaydın jobadan awısıwın ananizew;
- operativ basqarıw maqsetlarında energetika sisteması hám tar-
maq túyinleriniń sutkalıq júkleme grafiklerin tezlik penen prognoz-
law;

– elektr tarmagınıń normal jaǵdayı, statikalıq hám dinamikalıq tu-
raqlılıǵın ekspress esaplaw;

– dispatcherlik hújjetlerin júrgiziw **hám basqalar.**
Bul jerde keltirilgen máselelerdiń kópshiligi quramalı optimallaw máseleleri esaplanadı. Olardı sheshiw ushın zamanagóy esaplaw mas-

hinaları keñ qollanıladı. Usı máseleler basqarıwdıń hár qıylı basqıshlarında avtomatlastırılǵan basqarıw sistemaları tárepinen sheshiletuǵın máseleler kompleksine kiredi.

Energetika sistemasınıń jaǵdayın basqarıw hám basqarılıwshı parametler. Barlıq energetika sistemasınıń jaǵdayın eki jol menen ózgertiw múmkin:

1) sistemanıń qanday da bir elementi – generator, liniya, transformator, reaktiv quwatlıq deregin úziw (yaki jalǵaw) arqalı;

2) jaǵdaydıń qanday da bir parametrleri – energiya resursınıń jum-salıwı, onıń energetikalıq potencialı, quwatlıq, kernew hám t.b. ózgertiw arqalı.

Basqarıwdıń birinshi jolı sistema elementleriniń racional quramın (yaki quramdı) tańlaw, ekinshi jolı bolsa, parametrlerdı tańlaw dep júrgiziledi. Energetika sistemasınıń racional jaǵdayın tańlawda tez-tez usı eki máseleni bir waqıtta sheshiwge tuwrı keledi.

Elementler quramı turaqlı bolǵanda energetika sistemasınıń jaǵdayın:

- generaciyalawshı túyinlerdiń aktiv quwatlıqların;
- generaciyalawshı túyinlerdiń reaktiv quwatlıqların;
- retleniwshı transformatorlardıń transformaciyalaw koefficientlerin retlew arqalı ózgertiw múmkin.

Energetika sistemasınıń jaǵdayın ózgertiw imkanın beriwshı bul parametrlar *basqarılıwshı parametrlar* dep júrgiziledi.

Baqlaw sorawları

1. Energetika sisteması hám elektr energetika sistemasınıń anıqlamaların keltiriń hám mánisin túsindiririń.
2. Energetika hám elektr energetika sistemalarınń strukturaları nelerden ibarat?
3. Hár qıylı elektr stanciyalarınń qásiyetleri nelerden ibarat?
4. Energetika sistemasınıń jaǵdayı ne? Energetika sistemasınıń qanday xarakterli jaǵdayların bilesiz? Olar ne menen xarakterlenedi?
5. Energetika hám elektr energetika sistemalarınń jaǵday parametrlrine neler kiredi?

6. Energetika sistemasınıń júkleme grafigi ne? Ol qanday parametrlerge iye? Qanday júkleme grafiklerin bilesiz?
7. Quwatlıq hám energiya balansı ne? Ol qanday anıqlanadı hám ne ushın kerek?
8. Quwatlıq hám energiya rezervi ne? Ol qanday anıqlanadı hám ne ushın kerek?
9. Energetika sistemasında dispetcherlik basqarıwı ne? Ol ne ushın talap etiledi? Dispetcherlik basqarıwdıń tiykarǵı wazıypalarına neler kiredi?

3. ENERGETIKADA AVTOMATLASTIRILGAN BASQARIW SISTEMASI

3.1. Energetikada avtomatlastirilgan basqariw sistemasın shólkemlestiriw metodi

Avtomatlastırılğan sistema – mağlıwmatlardı alıw, qayta islew hám olar tiykarında basqarıwda hár qıylı avtomat qurılmalardan paydalanılğan jaǵdayda basqarıwdıń ayırım funkciyaları insan tárepinen ámelge asırılatuǵın sistema esaplanadı. «Avtomatlastırılğan» sózi proceste álbette insannıń qatnasıwın názerde tutadı. Bunday sistema insan-mashına yaqı ergatikalıq sistema dep te júrgiziledi.

Basqarıw – obyekt yaki proceske onıń parametrleriniń sapa hám muǵdar jaǵınan ózgeriwi nátiyjesinde belgilengen maqsetke erisiwdi támiyinlenetuǵın etip tásir ettiriw esaplanadı.

Mámleket standartında keltirilgen anıqlama boyınsha avtomatlastırılğan basqarıw sisteması – insaniyat iskerliginiń túrli tarawlarında basqarıwdı optimallaw ushın xabardı avtomatlastırılğan túrde jıynaw hám qayta islewdi támiyinleytuǵın insan-mashina sisteması esaplanadı. Bul standartta optimallaw procesine tómendegishe anıqlama berilgen: optimallaw procesi basqarıwdıń sapasın belgilewshi qanday da bir kriteriyanıń minimal yaki maksimal bolıwı támiyinlenetuǵın basqarıw variantın tańlaw esaplanadı.

Ushu anıqlamalardan kelip shıgıp, *elektr stanciyasınıń (energetika sistema yaqı energetikalıq birlespe) avtomatlastırılğan basqarıw sisteması* degende elektr stanciyasınıń (energetika sisteması yaqı energetikalıq birlespe) rawajlanıwı hám jumıs jaǵdayların optimallaw ushın avtomatlastırılğan túrde xabardı jıynaw hám qayta islewdi támiyinlewshi in-san-mashina sisteması túsiniledi. Elektr stanciyasınıń avtomatlastırılğan basqarıw sisteması (ES ABS) gárezsiz hám energetika sistemasınıń (energetikalıq birlespe) avtomatlastırılğan basqarıw sisteması quramında isley aladı.

ABSniń túrleri. Basqarıw túri boyınsha ABS eki túрге – hákimshilik hám texnologiyalıq basqarıwǵa bólinedi. *Hákimshilik basqarıw* – sistemaǵa basshılıq etiw máselesin sheshiw esapalanadı. *Texnologiyalıq*

basqariw – agregatlar, stanoklar hám mexanizmlerdi basqariw esaplanadı. Bul eki sistema ortasındaǵı ayırmashılıq basqariw obyektı menen belgilenedi. Birinshi jaǵdayda bul insanlar bolsa, ekinshi jaǵdayda – mashinalar, apparatlar hám texnologiyalıq procesler esaplanadı. Basqa ayırmashılıq xabardı uzatıw formasında birinshi jaǵdayda bul hújjetler bolsa, ekinshi jaǵdayda – túrli signallar esaplanadı.

Házirgi zaman basqarıw sistemaları bir waqıttıń ózinde hám shólkemlestirilgen hám texnologiyalıq basqarıw elementlerin óz ishine alǵan jaǵdayda kóbirek shólkemlestirilgen yaki kóbirek texnologiyalıq basqarıw sisteması esaplanadı. Sol sebepli olar integrallasqan basqarıw sisteması dep júrgiziledi.

Avtomatlaşdırılan basqarıw sistemaları shártlı túrde izlew, másláhát beriwshi hám basqarıwshı sistemalarğa bólinedi. Izlew sisteması degen qanday da bir klastağı obyekt haqqında xabardı izlew sisteması túsinedi. Izlew shifrlanğan kóriniste obyektin qásiyetlerin klassifikatsiyalanıladı. Izlew shifrlanğan talap boyınsha ámelge asırıladi. Bunday sistemalar bibliografiyalıq izlewlerde, kerek bolğan «jumis»tı tabıwda joybarlastırılıp atırğan mashınağa uqsas mashinalar dúziliwinin bayanlaması, berilgen talap yaki kod boyınsha patentler dizimi hám t.b. izlewe paydalanılıwı múmkin.

Elektr stanciyalarının avtomatlastırılğan basqarıw sistemaları shara-yatında *másláhát beriwshi sistema* operativ basqarıwda paydalanıladı. Ol basshılarğa operativ islep shıǵarıw jobasınan awısıwlardı anıqlaw-shı xabardı beredi. Bunday xabarlar jobaǵa sáykes ózgerisler kirgiziw yaki úlken awısıwlarda jańa operativ jobanı islep shıǵıw imkanın beredi. Másláhát beriwshi sistema waqıttıń hárbir dáwirinde islep shıǵarıw pro-cesin tezletiw yaki jaqsılaw imkanıyatların anıqlaydı hám bul haqqında elektr stanciyasının operatorına xabar beredi.

Eger operator o'gan berilgen másláhátı orınlawdı kerek dep esapla-
masa, ol jaǵdayda ABS másláhát qabıllanbaǵanı sebepli júzege keliw-
shı energoresurs ısırapları haqqında maǵlıwmatlardı jıynap barıwı hám
olardı smena juwmaǵında ısıraplar júzege kelgenliginiń sebeplerin kór-
setken jaǵdayda baspadan shıǵarıwı zárúr.

ABS shartaylatlarında *basqariwshi sistema* maslahat beriwshi sistema waziypaların atqaradı, biraq onda beriliwshi usınıslardıń bir bólimi ayı-

rim texnologiyalıq obyektlardı tikkeley basqarıwshı (agregatlardı iske túsiriw hám toqtatıw, jıyılık hám quwatlıq ağımların retlew hám t.b.) signallar kórinisinde beriledi.

Avtomatlastırılğan basqarıw sistemasınıń metodı, jaratıw hám iskerliginiń tiykarları. ABS metodınıń áhmiyetli faktorları arasında ekonomikalıq jaqtan maqsetke muwapıqlıqtı aytıp ótiw lazım. ABSnı birinshi gezekte ol imkanı barınsha úlken nátiye beriwshi iri energetika sistemalarında qollanıw maqsetke muwapıq. ABS optimallaw xarakterindegi máseleler, máselen energetika sistemasınıń sutkalıq yaqı aylıq optimal jaǵdayların jobalastırıw máselelerinde qollanıw eń únemli esaplanadı.

ABSnıń tiplestiriw faktori tipik sheshimlerden maksimal dárejede paydalanıwǵa umtılıwın sáwlelendiredi. ES yaqı EESnıń avtomatlastırılğan basqarıw sistemasınıń tiplik máselelerden alıp islep shıǵıw múmkin. ABS texnikalıq quralları kompleksiniń quramı tiplestiriledi. Bulardıń barlıǵı qarjılardı azaytadı hám ABSnı islep shıǵıwdı tezletedi.

Sistemalı qatnas faktori ESnıń avtomatlastırılğan basqarıw sistemasın islep shıǵıw hákimshilik, metodikalıq hám texnikalıq sharalar kompleksini orınlangannan soń ámelge asırılıwın talap etedi.

ABS haqqında keń túsiniq. Túrlı klastaǵı ABSnı 6 funkcional – hár qıylı kishi sistemalardan yaqı támiynatlardan ibarat dep qaraw múmkin. Bul – bazda ABSnıń texnikalıq quralları kompleksini dep júrgiziliwshi texnikalıq támiynat; quramına ABS ushın algoritmler hám baǵdarlamabardı jıynaw, saqlaw hám qayta islew sisteması hám qaǵıydaları); shóltámiynat.

Sanap ótilgen birinshi úsh támiynat penen keyinireq usı kitapta tereń tanısamız. *Huquqiy támiynat* ABS xızmet kórsetiwshiniń jumısın reglamentlewshi akt hám qollanbalardan ibarat boladı. Ol mashınada alınǵan hújjetlerdi rasmiyleshtiriw, maǵlıwmattı saqlaw boyınsha juwapker shilik hám EEM usınısların orınlamaw, ABS sharayatında buxalterlik reviziyların ámelge asırıw tártibi, ayırım maǵlıwmattar sırlılıǵı boyınsha belgilengen tártip hám huquqiy jaǵın bekkemleydi.

Metodikalıq támiynat hár qıylı tiptegi hám basqıshlardıǵı ABSlardıń bir-birin almastıra alıwın támiyinlewshi qollanba hám qollan-

ba materialların ańlatıwshi hám olardı birden-bir sistemaǵa jámlewshi strukturanı ózinde sáwlelendiredi. Jaratılıwshı ABSlardıń metodikalıq birliğin támiyinlewshi áhmiyetli hújjet – bul sáykes MámSt hám ABSnı islep shıǵıw boyınsha ulıwma tarmaq qollanba metodikalıq materiallar esaplanadı.

ABSnıń kadrlar támiynatı – onıń normal iskerlik kórsetiwini támiyinlew ushın zárúr bolǵan qánige kadrlar esaplanadı.

3.2. Energetikada ABSnıń strukturasi

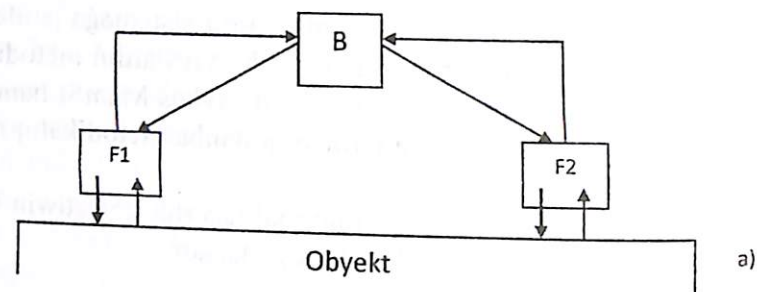
Funkcional ABS. ABSnıń payda bolıwınan aldın basqarıw funkcional princip boyınsha ámelge asırılǵan. Kárxanalarda (tarmaq) anıq belgilengen funkciyalardı orınlawshı basqarıw bólimleri bolǵan (3.1a-súwret). Jaratılǵan birinshi ABSlar bar basqarıw strukturasını tákirarlagan jaǵdayda bul sistema üstinde ornatılǵan. Funkcional ABS dep júrgiziliwshi bunday ABSnı (3.1b-súwret) sáykes basqarıw bólimleriniń óz tiykarǵı funkciyların orınlawǵa járdem beriwshi birqatar funkcional kishi sistemalardan ibarat etip súwretlew múmkin.

Hár bir kishi sistema usı basqarıw bólimi tárepinen sheshiletuǵın máselelerden quralǵan. Bul máseleler ushın xabar sáykes basqarıw bólimleri tárepinen tayarlangan.

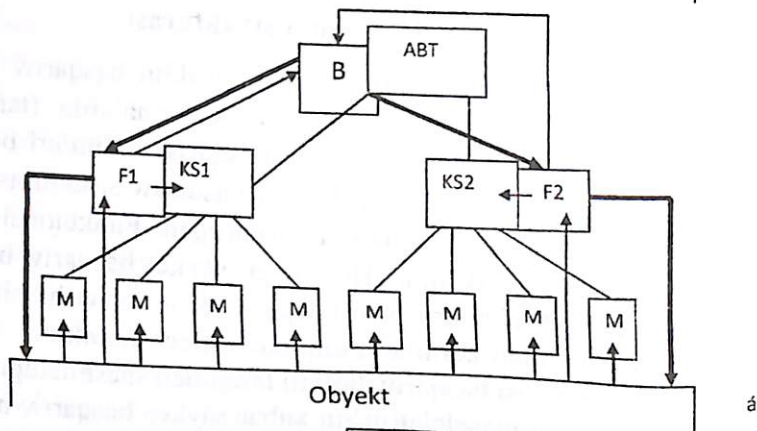
Xabardı jıynawdıń eski sisteması jańa, ádette jáne de qıyınraq máselelerdi sheshiw imkanıyatların sheklegen. Bunday mashqalalardıń barlıǵı integrallasqan xabar sistemasına iye bolǵan jańa ABSnıń payda bolıwına alıp keldi (3.1v-súwret).

Solay etip, funkcional ABS jeterlishe kishi sistemalardan quralǵan. Hár bir kishi sistema ulıwmalasqan integrallasqan xabar sistemasına birlesken birqatar wazıypalardı óz ishine aladı. Kishi sistemalar hám wazıypalardıń quramı ABSnıń strukturasını belgileydi.

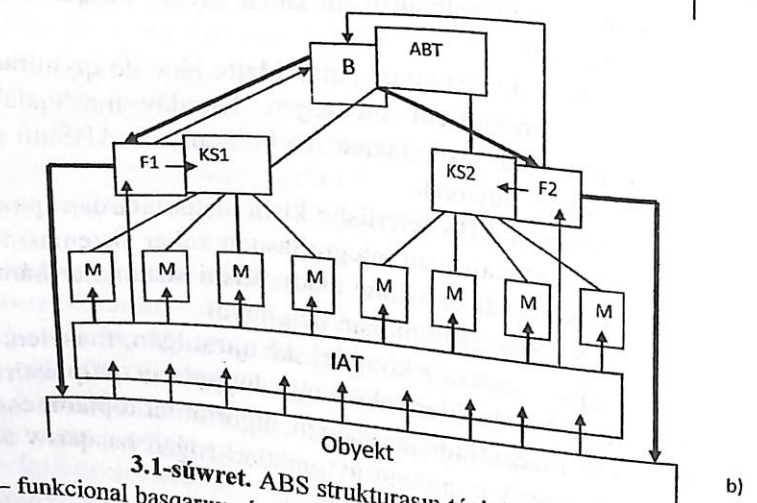
Wazıypa. Wazıypa – ǵárezsiz komplekske ajratılǵan, máselen, dáslepki maǵlıwmattar, kórsetkishler yaqı shıǵıw hújjetlerin qalıplestiriwde qolaylıqtı támiyinlew maqsetinde jámlengen, algoritmler toplamı esaplanadı. Wazıypalar jıynaǵı kárxananıń avtomatlastırılğan basqarıw sisteması imkanıyatların kórsetedi.



a)



á)



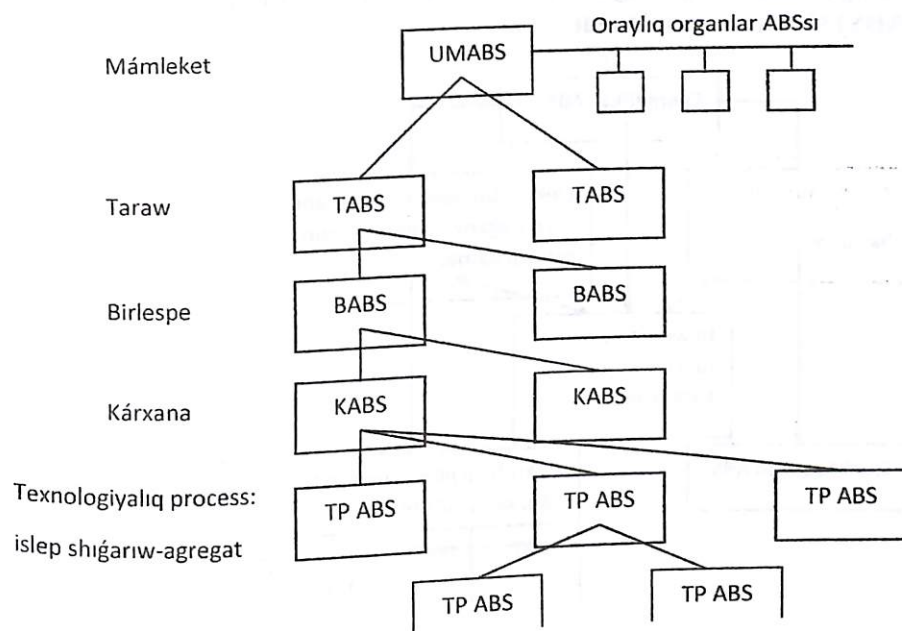
b)

3.1-súwret. ABS strukturasınıń túsininde arnalǵan.
a – funktsional basqarıw; *á* – integrallasqan xabar sistemasız funktsional ABS;
b – integrallasqan xabar sistemalı funktsional ABS; *B* – baslıq; *F* – funktsional bólim; *KS* – ABS kishi sisteması; *M* – ABS kishi sistemasınıń máselesi.

Támiyinlewshi kishi sistemalar. Joqarıda sanap ótilgen funktsional kishi sistemalardan basqa ABS quramına barlıq funktsional kishi sistemalar ushın ulıwma bolǵan kishi sistemalar da kiredi. Bular, máseken, xabar kishi sisteması, matematikalıq támiynat hám basqalar. Bunday kishi sistemalar támiyinlewshi kishi sistemalar dep júrgiziledi.

ABS ierarxiyası. ABSnıń tiykarǵı túrleri. Ádette ABS ierarxialıq faktorlar tiykarında qurıladı. Tarmaq hám aymaqlıq ABSlar bar. ABSnıń tómeken basqısı bolıp texnologiyalıq procesler ABS (TP ABS) esaplanadı (3.2-súwret).

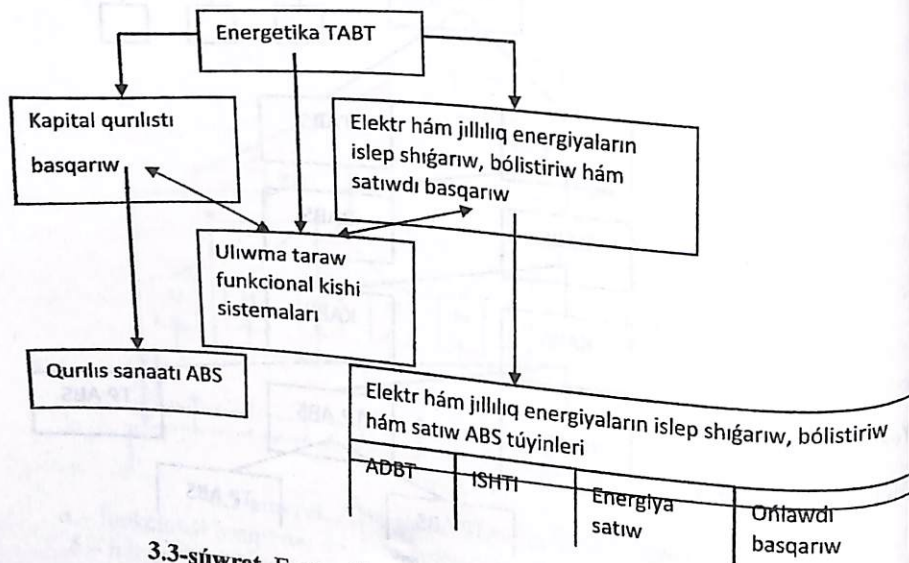
Bul basqısı, ádette, nolinshi basqısı dep esaplanadı. Birinshi, ekinshi hám úshinshi basqısı bolıp sáykes jaǵdayda kárxana (KABS), sanaat birlespesi (BABS) hám taraw (TABS) ABSları esaplanadı. Basqarıwdıń eń joqarı – tórtinshi basqısı pútkil mámleketti basqarıwshı ulıwma mámleket ABS esaplanadı (UMABS).



3.2-súwret. Mámlekettiń avtomatlastırılǵan basqarıw sisteması ierarxiyası.

Energetika tarawınıń avtomatlastırılǵan basqarıw sisteması (ABS).
Energetika sistemasın islew hám isletiwdi basqarıw ushın usı tarawdıń avtomatlastırılǵan basqarıw sisteması (ABS) jaratılǵan. Bul sistema mámlekettiń áhmiyetli tarawlarınan biri bolǵan energetikanıń únemli basqarıwdı támiyinlewshi zamanagóy esaplaw, shólkemlestirilgen hám xabar quralları bazasındaǵı matematikalıq, ekonomikalıq hám hákimshilik usıllar jıyındısı bolıp tabıladı. Tarawdıń ABS elektr hám jıllılıq energiyaların islep shıǵarıw, bólistiriw hám satıw hám de usı tarawdaǵı qurılıslardı basqarıwdıń birden-bir sisteması sıpatında qalıplestiredi.

Energetika tarawınıń ABSsı eki qánigelesken, toǵız funktsional hám birqatar támiyinlewshi ulıwma taraw kishi sistemalarınan ibarat (3.3-súwret). Birinshi qánigelesken kishi sistema – kapital qurılıs, qurılıs sanaatı kárxanaları hám sanaat kárxanaların basqarıw sisteması esaplanadı. Ekinshi qánigelestirilgen kishi sistema bolsa – elektr hám jıllılıq energiyaların islep shıǵarıw, bólistiriw hám satıwdı basqarıw (EISHBS ABS) sisteması esaplanadı.

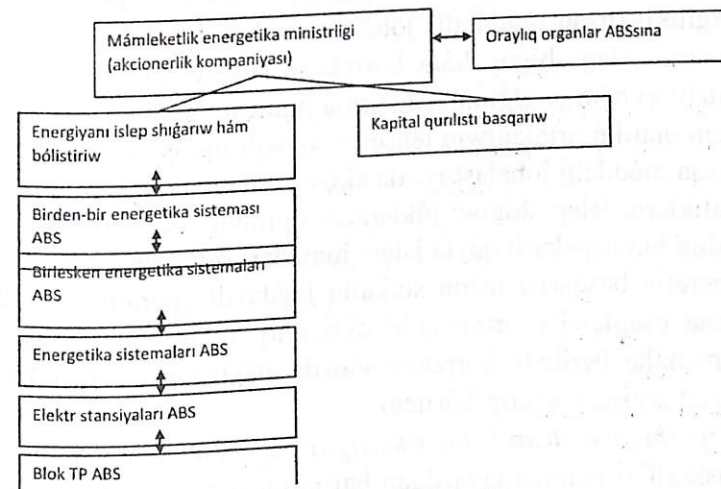


3.3-súwret. Energetika tarawınıń avtomatlastırılǵan basqarıw sistemasınıń struktura sxeması.

Funktsional kishi sistemalar. Funktsional kishi sistemalar joqarı basqısh ABSsına xızmet etedi. Bunday kishi sistemalar sıpatında tómendegilerdi keltiriw múmkin:

- 1) tarawdı perspektivalı rawajlandırıw kishi sisteması;
- 2) texnikalıq-ekonomikalıq jobalastırıw kishi sisteması;
- 3) finanslıq iskerlikti basqarıw kishi sisteması;
- 4) miynet hám is haqını jobalastırıw, esaplaw hám analizlew kishi sisteması;
- 5) materiallıq-texnikalıq támiynat hám ońlawdı basqarıw kishi sisteması;
- 6) kadrlardı jobalastırıw, esapqa alıw hám analizlewdi jobalastırıw kishi sisteması;
- 7) ilimiy-izertlew hám joybarlaw jumısları hám de ilimiy-texnikalıq xabardı basqarıw kishi sisteması;
- 8) buxgalterlik esabı kishi sisteması;
- 9) transport hám oraylasqan tasıwdı basqarıw kishi sisteması.

Bazda funktsional kishi sistemalar jıyındısı ǵárezsiz shólkemlestirilgen-ekonomikalıq basqarıw ABS sıpatında qaraladı hám ol taraw ABS-nıń úshinshisi shólkemlestirilgen bólimi funkciyasın atqaradı.



3.4-súwret. Energetika tarawınıń avtomatlastırılǵan basqarıw sisteması ierarxiyası.

Energetika tarawınıń avtomatlastırılğan basqarıw sisteması (ABS) ierarxiyası kóp basqışlı sistema sıpatında qalıplestirilgen (3.4-súwret). Elektr hám jıllılıq energiyaların islep shıǵarıw, bólistiriw hám satıwdı basqarıw (EISHBS ABS) kishi sistemasında nolinshi, birinshi, ekinshi hám úshinshi basqışlar sáykes jaǵdayda elektr stanciyası (energetika blogı), energetika sisteması hám energetika birlespesiniń ABSnan ibarat.

3.3. Elektr hám jıllılıq energiyasını islep shıǵarıw, bólistiriw hám satıwdı avtomatlastırılğan basqarıw sistemalarınń strukturası

Elektr hám jıllılıq energiyasını islep shıǵarıw, bólistiriw hám satıw sisteması tórt buwınnan ibarat (3.3-súwret). Bular operativ dispetcherlik basqarıwı (ADBS); islep shıǵarıw-texnikalıq iskerlik (ISHTI)ti basqarıw; sazlawdı basqarıw; satıwdı basqarıw buwınları esaplanadı.

Birinshi úsh buwındı qısqasha kórip ótemiz.

Avtomatlastırılğan dispetcherlik basqarıw sisteması (ADBS). ADBS tómendegi máselelerdi sheshiwdi óz ishine aladı: xabar menen támiyinlew; jıyilik, aktiv quwatlıq hám elektr uzatıw liniyalarında aǵımlardı retlew; energetika sistemasınıń jumısın sutkalıq optimallaw hám korrekciyalaw; jergilikli jobalastırıw máseleleri hám basqalar.

Jergilikli (uzaq múddetli) jobalastırıwda GESlardıń uzaq múddetli jaǵdayların islep shıǵıw hám korrekciyalaw; energiya islep shıǵarıw masshtabları hám janılıǵınıń salıstırma jumalıwın belgilew, korrekciyalaw hám olardıń orınlanıwın tekseriw sıyaqlı jumıslar ámelge asırıladi.

Qısqa múddetli jobalastırıwda aktiv júklemeniń sutkalıq hám háptelik grafiklerin islep shıǵıw; júklemeni optimal bólistiriw; jergilikli onlaw ushın buyırtpalardı qayta islew jumısları orınlanadı.

Operativ basqarıw ushın sutkalıq jaǵdaydı operativ korrekciyalaw boyınsha esaplawlar orınlanadı; avriyalıq onlaw ushın buyırtpalarǵa ruqsatnamalar beriledi. korrekciyalawda elektr tarmaqlarınıń jaǵdayların ruqsat etiliwi tekserip kóreledi.

Islep shıǵarıw-texnikalıq iskerligin basqarıw. Islep shıǵarıw-texnikalıq iskerlikti avtomatlastırılğan basqarıw sisteması buwını normalastırıw, perspektivalı hám jergilikli jobalastırıw operativ hám statistikalıq esapqa alıw hám analizlew ushın paydalanıladı. Bul buwın tiykarǵı islep

shıǵarıwdıń tiykarǵı texnikalıq-ekonomikalıq kórsetkishlerin basqarıw zárúr. Bul buwındı energetika tarawı ABSnıń basqa – materiallıq-texnikalıq támiynat, jobalastırıw, kadrlardı esapqa alıw hám analizlew, buxgalteriya esabı, transport hám oraylasqan tasıwlar, finanslıq iskerlik sıyaqlı funkcional kishi sistemaları menen birgelikte qaraw lazım. Usı kishi sistemalarǵa buwınnıń sáykes máseleleri kiredi.

Islep shıǵarıw-texnikalıq buwın ADBS penen de baylanıslı esaplanadı. Ol operativ xabar maǵlıwmatları boyınsha texnikalıq-ekonomikalıq kórsetkishlerdi operativ analizleydi, jergilikli onlawda qatnasadı, jobalardı qalıplestiriwde tásir etiwshi islep shıǵarıw-xojalıq faktorların statikalıq túrde esapqa alıp baradı. Sonday-aq, usı buwın ótken dáwir dawamındaǵı maǵlıwmatlardı usınǵan halda perspektivalı rawajlandırıw kishi sisteması menen de baylanıslı esaplanadı.

Energetikalıq sazlawdı basqarıw. Onlaw jumıslarınıń sapasın asırǵan halda onıń múddeti hám bahasın kemeytiwge bolǵan umtılıslar sazlawda avtomatlastırılğan basqarıw sistemasın engiziw hám onıń basqarıw buwının jaratıwǵa alıp keldi.

3.4. Elektr stanciyalarında avtomatlastırılğan basqarıw sistemaları

Elektr stanciyalarınń ABSları kárxanalardıń ABSlarına kiredi. Olar avtomatlastırılğan basqarıw sistemalarınń ulıwma tárepleri menen birqatarda basqarıw obyektleri (elektr stanciyaları) ushın xarakterli bolǵan spesifikalıq tárepleri menen de xarakterlenedi.

Elektr stanciyalarınń ABSların ulıwma tárepleri kibernetikalıq sistemanıń tiykarǵı belgilerin anılatadı. Bul tárepelge optimal iskerlik kórsetiw *maqset* hám *kriteriyaların*ń ierarxiyası barlıǵı; basqarılıwshı sistemanıń elementlerin bir-biri hám sırtqı ortalıq penen úziksiz tárizdegi *óz ara tási*ri; sistemada *keri baylanıs* tiykarında ámelge asırılıwshı basqarıw hám retlewdiń bar ekenligi; *maǵlıwmatlı uzatıw hám qayta islew* (qabıllaw, saqlaw hám qayta islew) tiykarında ámelge asırılıwshı procesti basqarıwdıń bar ekenligi sıyaqlılar kiredi.

Maqsetler hám kriteriyalar. Elektr stanciyalarınń ABSları olardıń aldında qoyılǵan maqsetlerge optimal túrde erisiw ushın xızmet etedi.

Ieraxiyanıń joqarı basqıshlarında dispetcherlik grafigin orınlaw hám onı korrekciyalaw; bul elektr stanciyağa baylanıslı bolğan bóliminde maksimal únemlew, isenimlilik hám turaqlılıqtı támiyinlegen jaǵdayda elektr energiyanı islep shıǵarıw jobasını atqarıw; ortalıqqa ruqsat etilgen shegaralarda keri tásir etiw yaki oǵan únemli tásir etiw maqsetleri kiredi.

Ieraxiyanıń tómengi basqıshlarında elektr stanciyasına onıń ishki strukturası hám iskerliginen kelip shıǵıwshı – isenimlilik, ekonomikalıq hám elektr stanciyasınıń óz aldına quramlıq bólimleriniń óz ara tásirinde muwapıqlıqtı támiyinlew sıyaqlı máseleler qoyıladı.

Kóp maqsetler hám olarga sáykes kriteriyalardıń (bir qatar jaǵdaylarda óz ara qarama-qarsı bolğan) bar bolıwı kóp kriteriyalı (kóp maqsetli) optimallaw máselelerin sheshiw lazımlıǵın keltirip shıǵaradı. Házirgi waqıtta bunday máseleler bir kriteriyalı optimallaw máselesine keltirip sheshiledi. Bunıń ushın ádette barlıq kriteriyalardan eń áhmiyetli tiykarǵı kriteriya sıpatında ajratılıp, qalǵanları sáykes shegaralıq shártler menen almasıdırıladı. Energetika sisteması jaǵdayın optimallaw máselesinde tiykarǵı kriteriya sıpatında ekonomikalıq kriteriyası qabıllanadı.

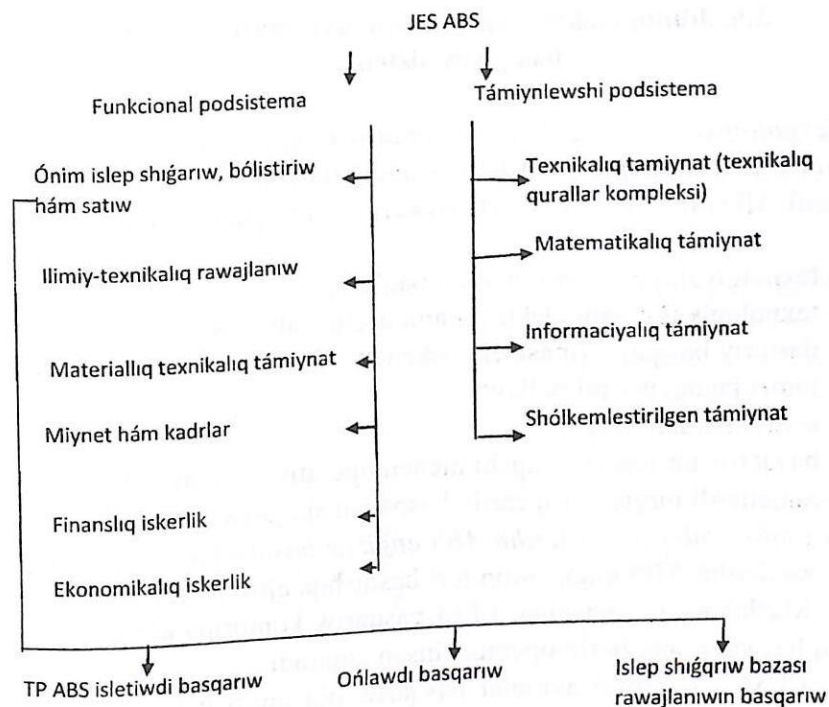
Sistema elementleriniń óz ara táhiri. Joqarıda aytıp ótilgenindey, óz ara tásir sistemada eki baǵdarda – sistema ishinde hám sırtqı ortalıq penen bolıp turadı. Bunday óz ara tásirlerdiń xarakterli tárepi bolıp olardıń itimallı xarakterdeligi esaplanadı. Máselen, elektr stanciyası ushın energiya islep shıǵarıw jobası hám aktiv quwatlıq grafigi beriledi. Bul joba hám grafikler elektr paydalanıwı, janılǵınıń bar bolıwı suw resursınıń elementleri, basqa elektr stanciyaları, elektr tarmaqları, sistemalararalıq baylanis sisteması sıyaqlılardıń xarakteristikaların prognozlastırıwǵa tiykarlanadı.

Tuwrı hám keri baylanislar. Kárxanalardıń ABSnda (atap aytqanda elektr stanciyalarınń ABS) tuwrı baylanislarınń ush túri (toparı) bar. Bular obyektinń úskenelerine tikkeley qolda (sol jerdiń ózinde yaki aralıqtan) hám avtomatlastırılǵan qurallar járdeminde ekspluataciyalıq tásir etiw; úskenegе basqarıwdıń optimal jobaların islep shıǵıw hám ámelge asırıw quralında tásir etiw arqalı (úskeneni ońlaw hám konstrukciyalaw, profilaktikalaw, jańa texnikanı engiziw) islep shıǵarıwdaǵı ulıwma

qarjılardı kemeytiw; miynet birlespelerine tásir etiw (buyırıqlar hám biylikler, jergilikli baspasóz, islep shıǵarıw jıynalısları hám t.b.).

Sanap ótilgen tuwrı baylanislar – basqarıw boyınsha tásirler basqarıwshı sistemada ózgerislerdi keltirip shıǵarıp, ol *basqarıwshı tásirge reakciya* dep júrgiziledi. Keri tásirler *keri baylanisler* dep júrgiziledi.

Elektr stanciyalarınada abs wazıypaları hám strukturası



Keri baylanislar – basqarıwshı hám basqarıwshı sistemalardıń óz ara táhiri bolıp, onı da úsh tiykarǵı túrge bolıw múmkin: qural ekspluataciyalıq tásirler nátiyjesinde alınǵan kórsetkishlerdiń keri tásirleri; ońlaw, profilaktika, rekonstruksiyalaw hám t.b.lar nátiyjesinde alınǵan kórsetkishlerdiń keri óz ara táhiri;

Mağlıwmattı uzatıw hám qayta islew. Kárxanalardıń ABS iskerliginde xabarlar aspekti áhmiyetli bolıp, olar ABSnıń pútkil iskerligin belgileydi. Ámelde mağlıwmattı qabıllaw, uzatıw, saqlaw hám qayta islewdegi hárqanday sapa páseyiwı pútkil sistema hám onıń basqarılwshı hám basqarıwshı sistemalarında iskerlik kórsetiw sapasınıń tómenlewine alıp keledi. Bayan etilgenler tiykarında kárxananıń ABS (atap aytqanda elektr stanciyasınıń ABSsın) islep shıǵarıwǵa qoyılwshı ulıwma hám eń áhmiyetli talaplardı qalıplestiriw múmkin.

3.5. Jılıbıq elektr stanciyasınıń avtomatlastırılǵan basqarıw sisteması

Texnologiyalıq proceslerdi avtomatlastırılǵan basqarıw sistemaların (ABS) wazıypaları. Elektr stanciyalarında texnologiyalıq proceslerdi ABSnıń tómendegi jeti tiykarǵı wazıypalar kórsetiw múmkin:

- texnologiyalıq processtıń barısın baqlaw;
- texnologiyalıq hám elektr parametrlernı stabillew;
- dástúriy basqarıw (máseleń, úskeneni iske túsiriw hám toqtatıw);
- jumıs jaǵdayın optimallaw;
- avariyalardan qorgaw;
- basqarıwdıń joqarı basqıshı menen operativ baylanısta bolıw;
- hújjetlerdi júrgiziw (operativ baspadan shıǵarıw).

Texnologiyalıq proceslerdiń ABS engiziw basqıshları. Texnologiyalıq proceslerdiń ABS engiziwdiń tórt basqıshqa ajratıw múmkin:

1. Másláhatshı – mashina. EEM basqarıw konturına kirgizilmegen. Barlıq basqarıw ámellerin operator-insan atqaradı.
2. EEM – jergilikli avtomat basqarıw qurılısı ústine sazlap qoyılǵan. Basqarıw jergilikli avtomat basqarıwdıń buyırıqların ózgeritiw arqalı ámelge asırıladı.
3. EEM – jergilikli basqarıwdıń arnawlı islep shıǵılǵan sanlı qurılısı ústine sazlap qoyılǵan (máseleń, jergilikli retlegishler wazıypasın atqarıwshı mini-EEMlarǵa sazlap qoyılǵan).
4. Jergilikli basqarıw qurılısı hám oraylıq processorlardı birge jámlewshı birden-bir kibernetikalıq sistema.

Házirgi dáwirde elektr energetikası tarawında texnologiyalıq proceslerdiń ABS engiziwdiń tórtinshi basqıshı dawam etpekte dep bahalaw múmkin.

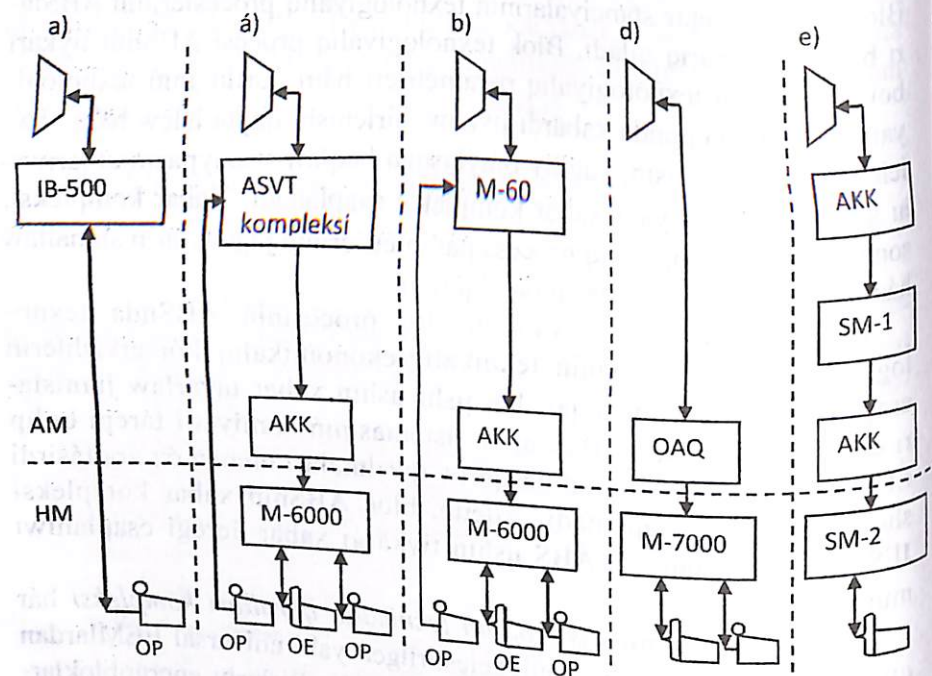
Bloklar hám elektr stanciyalarınń texnologiyalıq procesleriniń ABS. Bloklar hám elektr stanciyalarınń texnologiyalıq procesleriniń ABSları bir-birinen parıq qıladı. Blok texnologiyalıq procesi ABSnıń tiykarı bolıp processtıń texnologiyalıq parametrleri hám qurılımanıń texnologiyalıq jaǵdayı haqqında xabardı jıynaw, birlenshi qayta islew hám sáwlelendiriw wazıypasın, yaǵnıy oraylasqan baqlaw wazıypasın atqarıwshı xabar sisteması yaqı xabar kompleksi esaplanadı. Xabar kompleksi, sonday-aq, texnologiyalıq process parametrleriń jaǵdayların signallaw hám esapqa alıw wazıypasın da atqaradı.

Rawajlangan blok texnologiyalıq procesiniń ABSnda texnologiyalıq process ótiwiniń texnikalıq-ekonomikalıq kórsetkishlerin esaplaw, basqarıwdıń joqarı basqıshı ushın xabar tayarlaw jumısları da ámelge asırıladı. Basqarıw sistemasınıń áhmiyetli tárepi bolıp EEMniń jergilikli avtomat basqarıw qurılısı menen óz ara tásirdi shólkemlestiriw esaplanadı. Ádette, blok ABSnıń xabar kompleksi JESnıń pútkil stanciya ABS ushın tiykarǵı xabar deregi esaplanıwı múmkin.

Texnologiyalıq process ABSnıń texnikalıq quralları kompleksi hár qıylı kóriniste bolıp, olar qanıyelestirilgen yaqı universal EEMlardan paydalanıw tiykarında islep shıǵılıwı múmkin. Birinshi energobloklar-da IV-500 klastaǵı qanıyelestirilgen EEMlar ornatılǵan (3.5a-súwret). Olar júdá sheklengen esaplaw imkanıyatlarına hám yadqa iye bolǵan. Sońınan ekinshi hám úshinshi áwlad EEMlarınń tipikalıq elemetlerinen jıynalǵan «Kompleks-ASVT» dep júritiliwshı energobloklar ushın qanıyelestirilgen qurallar ornatılǵan.

Xabar kompleksiniń jaratılıwı JESnıń jaǵdayın racional basqarıw ushın jeterli bolmaǵan. Sol sebepli bloktıń xabar sisteması ústinde qanıyelestirilgen esaplaw kompleksi (EK) kórinisindegi sazlangan sistema payda bolıp, ol JES ABSsınıń túrli máselelerin sheshiwde paydalanılǵan. Kóp jaǵdaylarda esaplaw kompleksi EKnıń tiykarında M-6000 yaqı M-7000 klasındaǵı EEMlardan paydalanılǵan.

M-6000 klassındaǵı EEMlar energobloklarǵa xızmet kórsetiwden tısqarı JES ABSnıń ulıwma stanciya máselelerin de sheshken. Ol qóı-lanılǵanda JESnıń ABS hám integrallasqan basqarıw sistemasın tábiyy salıstırıw ámelge asırıldı.



3.5-súwret. Jıllıq elektr stanciyalarınń texnologiyalıq procesi texnikalıq quralları kompleksiniń variantları.
a – xabar sisteması IV-500; *á*, *b* – qánigelestirilgen EEMlar bazasındaǵı xabar-esaplaw kompleksi; *d* – integrallasqan bir basqıshlı sistema;
e – eki basqıshlı sistema.

Házirgi dáwirde eń zamanagóy texnologiyalıq process ABSnıń tiykarın birneshe basqıshlarǵa bolıw múmkin bolǵan dástúriy-texnikalıq kompleks quraydı.

Joqarı basqıshqa avtomatlastırılǵan jumıs orınları; xabardı saqlaw hám súwretlew quralları; barlıq mikroprocessorlı qurılmalardıń sinxron islewiniń támiyinlewshi qurallar kiredi.

Tómen basqıshqa tikkeley basqarılwshı obyekt – blok penen baylanısta bolǵan qurılmalar kiredi. Olar járdeminde xabarları jıynaw hám sistemasınıń iskerlik kórsetiwiniń támiyinlew hám texnologiyalıq process ABSnıń barlıq funkciyaların orınlaw ushın zárúr bolǵan basqarıw komandaların beriw ámelge asırıladı. Bunday maqsetlerde ózinde mikroprocessorlı qorǵaw hám basqarıw quralların sáwlelendiriwshi qánigelestirilgen yaki kóp funkciyal intellektual elektron qurılmalar jıyındısı paydalanıladı.

Orta basqıshqa sanlı tarmaqtı shólkemlestiriw ushın zárúrli úskenerler kiredi. Basqa klassifikaciyalarda tarmaq úskenerleri óz aldına ajratılmaстан dástúriy-texnikalıq komplekstin joqarı basqıshınıń bir bólimi sıpatında qaraladı.

3.6. Hidroelektr stanciyasınıń avtomatlastırılǵan basqarıw sisteması

GESnıń avtomatlastırılǵan basqarıw sistemasınıń (ABS) máseleleri. GESnıń ABSnıń máseleleri shártli túrde tórtke bólinedi: «Suw» – suw resurslarınan racional paydalanıw máselesi; «Energiya» – agregatların racional basqarıw máselesi; «Xabar» – xabar-soraw xarakterindegi máseleler toparı; «Ekonomika» – xojalıq iskerligin esaplaw hám texnikalıq-ekonomikalıq jobalastırıw máseleleri. Sońǵı waqıtlarda elektr stanciyaları xojalıǵınıń ǵárezsizligin sheklew nátiyjesinde tórtinshi topar máseleleriniń bir bólimi energetika sisteması (yaki birlespesi) basqıshına ótkerilgen.

Máselelerdiń tiykarǵı tipleri menen tanısamız.

Xabar. 1. Normal hám avariyalıq jumıs sharayatlarında tiykarǵı hám járdemshi úskenerlerdiń jaǵdayları haqqındaǵı xabarları jıynaw hám esapqa alıw.

2. Xabardı súwretlew.

1. Xabardı statistikalıq qayta islew.

2. Elektr energiyanı islep shıǵarıw hám óz mıtájligine sarplanıwshı elektr energiya esabın shólkemlestiriw.

3. Hújjetlerdi qalıplestiriw hám baspadan shıǵarıw.

4. GESnıń jumısı haqqında sorawnama fondın islep shıǵıw.

5. Agregatlar hám stanciyanıń energetikalıq xarakteristikaları, joqarı hám tómén bieflerdiń xarakteristikaları, suw jetkeriwshi binalarda basım ısırap bolıwınıń xarakteristikaların adaptiv anıqlastırıw.

6. Isenimlilik boyınsha stanciya sheklewlerin adaptiv anıqlastırıw.

Suw. 1. Birden-bir GES suw saqlaǵışınıń uzaq múddetli jaǵdayların optimallaw.

2. Berilgen sarplar grafigi boyınsha GESniń quwatlıqların esaplaw.

3. GESniń belgili júklemge grafikleri hám suw saqlaǵışlarınını qáddin esaplaw.

4. Suw menen támiyinleniw dárejesi boyınsha xarakterli sharayatlardı ushın suw saqlaǵışınıń baqlaw dispetcherlik grafiklerin qurıw.

5. Suwdı jiberiw sxemesin esaplaw.

6. Uzaq múddetli retlewde suw resurslarınan kompleks paydalanıwdı optimallaw.

7. Dáslepki xabardı prognozlaw nátiyjeleri boyınsha suw sawlaǵış jaǵdayn korrekciyalaw.

8. Suw saqlaǵışınıń sutkalıq jaǵdayn optimallaw.

9. Dáslepki xabardı prognozlaw nátiyjeleri boyınsha suw sarplanıwın sutkalıq hám háptelik retlewde sarplanıw jaǵdayları hám beflar qáddi parametrlerin korrekciyalaw.

10. Sutkalıq hám háptelik retlewde turaqlı emes jaǵdaydı esaplaw.

11. Esaplıq gidrograflardı modellestiriw.

12. Suw balansın esaplaw.

13. Suw resurslarınan únemli paydalanıw dárejesiniń analizi.

Energiya. 1. Jobalastırıw dáwirine agregatların quramı hám aktiv quwatlıqların anıqlaw.

2. Jobalastırıw dáwirine agregatların quramı hám reaktiv quwatlıqların anıqlaw.

3. Jobalastırıw dáwirine aktiv hám reaktiv quwatlıq rezervlerin agregatlar hám stanciyanıń bólimleri arasında bólistiriw.

4. Jobalastırıw dáwirine járdemshi mexanizmlerden paydalanıw jo-basın dúziw.

5. Avariya dan aldınǵı, avariya hám avariya dan keyingi jaǵday-larda stanciyanı racional basqarıwdıń baǵdarlamaları kompleksin dúziw.

6. Releli qorǵaw hám avtomatika qurallarınıń ornatpaların esaplaw.

7. Stanciyanıń kommutaciya sxemasın tańlaw.

8. Islep shıǵarıw procesindegi normal jaǵdaylarda agregatların jo-balastırılǵan quramın korrekciyalaw.

9. Normal jaǵdaylarda agregatlar hám stanciyanıń aktiv hám reaktiv quwatlıqların aǵındaǵı retlew.

10. Islep shıǵarıw procesinde stanciyanıń rezerv quwatlıqlarınıń muǵdarı hám jaylasıwın korrekciyalaw.

11. Jiyilikti retlew.

12. Kernewdi retlew.

13. Agregatlar, stanciya hám energetika sistemasınıń avariya dan ke-yingi jaǵdayların analizlew.

14. Releli qorǵaw, avtomatika hám signallaw qurılmaların dástúriy rezervlew.

15. Ólshew datchikleriniń sazlıǵın baqlaw.

16. Stanciyanıń ekvivalent energetikalıq xarakteristikasını qurıw.

17. Stanciyanıń ishki jaǵdayları nátiyjeligin analizlew.

GESda xabar derekleri altı toparǵa bólinedi. Bular suw saqlaǵış (joqarı bef), gidrotexnikalıq inshaatlar, mashina zalı, kúsheytiwshi po-dstanciya, tómén bef hám sırtqı (GESǵa salıstırǵan) derekler. Xabar-lardıń bir bólimi dereklerden islep shıǵarıw orınlarınan úzliksiz kelip tursa, basqa bir bólim xabarlar bolsa, turaqlı xarakterde bolıp, xabar sistemasına kirgiziledi yaki salıstırmalı kem jaǵdaylarda anıqlastırı-ladı.

3.7. Intellektual elektron úskeneler bazasındaǵı avtomatlastırılǵan basqarıw sistemaları

Elektr podstanciyaları (stanciyaları) nıń avtomatlastırılǵan basqarıw sisteması olardıń iskerligin operativ basqarıw ushın zárúr bolǵan texni-kalıq qurallar jıyındısan ibarat. Basqarıw sisteması, ádette, bes kishi sistemalarǵa bólinedi:

1. Texnologiyalıq processin parametrleri haqqında zárúr xabar me-nen támiyinlewshi ólshew sisteması.

2. Parmaterler ruqsat etilgen mánislerinen parıq qılǵanda opertiv xızmetkerdiń itibarın qaratiwshi signallaw sisteması.

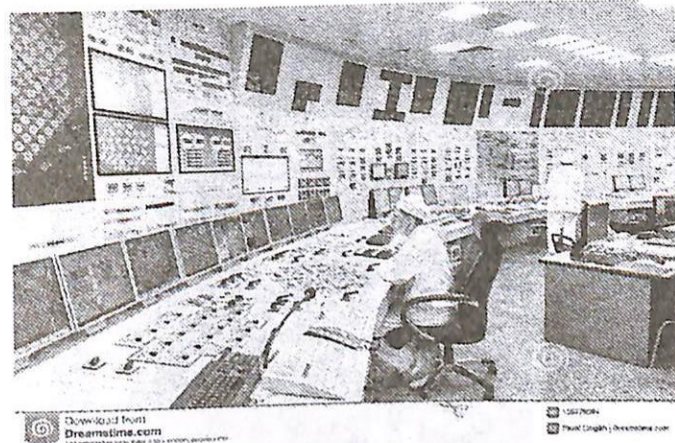
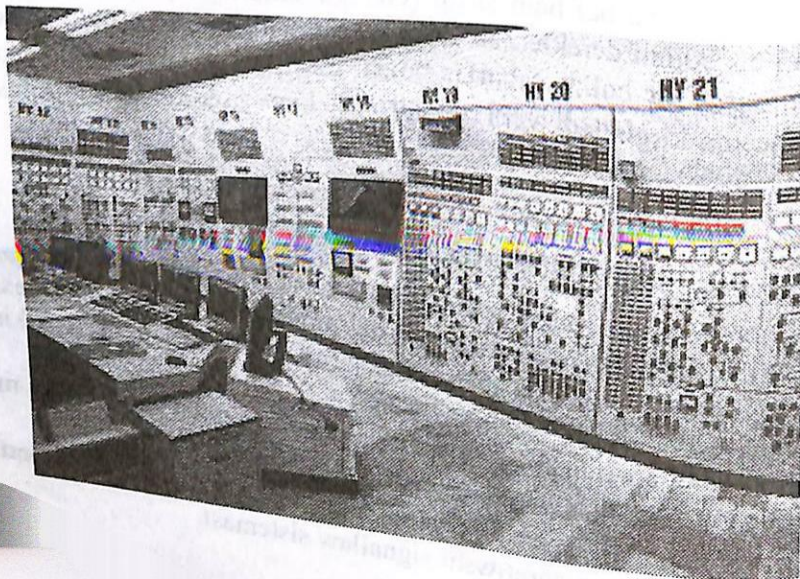
3. Atqarıwshı organlarına tásirín támiyinlewshi aralıqtan basqarıw sisteması.

4. Parametrдің berilgen mánisin avtomat túrde tutıp turıw yaqı onı berilgen nızam boyınsha ózgeriwín támiyinlewshi avtomat basqarıw sisteması.

5. Parametrler avariya zonasına shıqqanda úskeneniń avtomat úziliwín támiyinlewshi qorgaw sisteması.

Baqlaw hám basqarıw sistemasın shólkemlestiriw ekilemshı kommutaciya shınjırı sıpatında ámelge asırıladı. Ekilemshı shınjırlardı shólkemlestiriw ushın dástúriy túrde releli qorgawdan paydalanıp kelingén. Házirgi dáwirde basqarıw sistemasın modernizaciyalaw hám jańa úskenelerdi kirgiziwde texnologiyalıq proceslerdi basqarıwdıń mikroprocessorlı dástúriy-texnikalıq kompleks (DTK) tiykarındaǵı avtomatlastırılǵan basqarıw sistemaları engizilmekte.

Dástúriy hám mikroprocessorlı avtomatlastırılǵan basqarıw sistemaların shólkemlestiriw prinsipleri bir-birinen paraqlanadı. 3.6-súwrette 250 MVt quwatlıqlı bloktıń dástúriy hám mikroprocessorlı qurallar tiykarındaǵı basqarıw shıtlarınıń súwretleri keltirilgen.

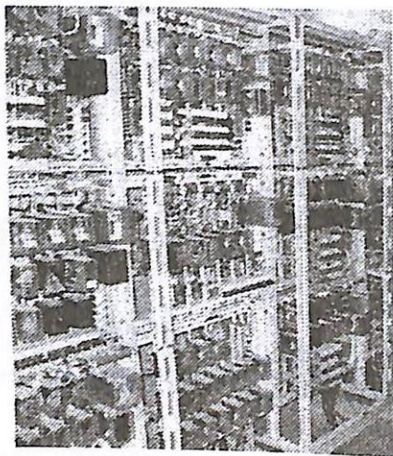


3.6-súwret. Bloktıń dástúriy hám mikroprocessor quralları tiykarındaǵı basqarıw shıtlarınıń ulıwma kórinisi.

DTKsiz basqarıw sisteması xabardı individul túrde jıynaw, qayta islew hám súwretlew menen xarakterlenedi. Operator zárúrli xabardı operativ paneller hám basqarıw shıti pultlerinde yaqı ólshew ornında ornatılǵan ólshew ásbaplarınan aladı. Kommutaciya qurılmaların jaǵdayları (jalǵanǵan/úzilgen) lampochkalar járdeminde ańlatıladı. Atqarıwshı organlarına tásir kilitler (almaslap jalǵaǵıshlar, túymesheleler) járdeminde ámelge asırıladı. Avariya jaǵdayı qáwpi tuwılǵanda operativ xızmetkerdiń itibarın tartıw ushın operativ paneldegi tabloda sáwleleńiw maqsetinde signallaw sxemesında ólshewler, signallastırıw hám

Mikroprocessorlı basqarıw sistemalarında ólshewler, signallastırıw hám aralıqtan basqarıwlar ózinde ádettegi kompyuterdi sáwlelendiriwshı avtomatlastırılǵan jumıs orınlarınan ámelge asırıladı. Qurılmanıń jaǵdayı displeyde mnemosxemalar kórinisinde súwretlenedi. Atqarıwshı qurılmalarǵa operatordıń tásirini «tushqansha» járdeminde ámelge asırıladı. Úlken obzorlı mnemosxemalar ornında ulıwma paydalanıw ekranlarınan paydalanıladı.

Releli texnikada basqarıw logikalıq hám qorgawdı shólkemlestiriw ushın kóp sanlı releli panellerdi islep shıǵıw talap etilgen (3.7-súwret). Texnologiyalıq procesti basqarıwdıń házirgi zaman avtomatlastırılǵan basqarıw sistemalarında algoritmler mikroprocessorlı qurılmaların kontrollerleri járdeminde quralǵan.

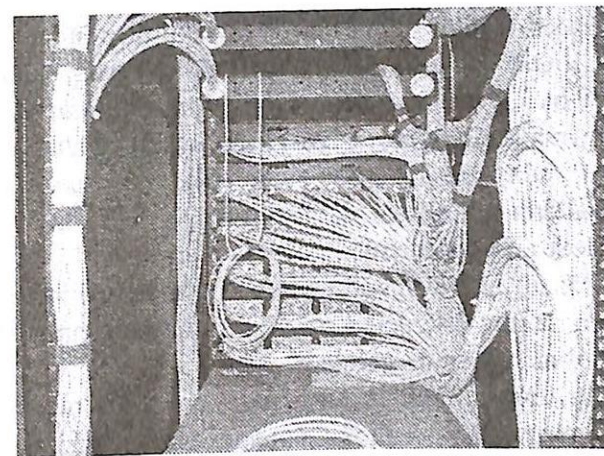


3.7-súwret. Releli paneldiń ulıwma kórinisi.

Releli texnikadan paydalanılǵanda qurılmalar ortasında xabardı uzatıw baqlaw kabelleri járdeminde ámelge asırılǵan. Hár bir signaldı uzatıw ushın óz aldına kabel talap etilgen. Signal hár qıylı qurılmalarda paydalanılǵanda (máselen, kommutaciya apparatınıń jaǵdayı haqqında) signal pultta operativ konturdı ańlatıw ushın hám de blokirovkátúrde iske túsiriw ushın talap etilgende) kabel kanallarınıń sanı da sáy-tınıń súwreti keltirilgen. Texnologiyalıq proceslerdiń mikroprocessorlı ABSnda xabar aǵımınıń tiykarǵı bólimi sanlı tarmaqlarǵa ketedi. Sanlı almasıw esabına DTKke signal bir márte kirgizilgen jaǵdayında xabar dı kóp márte paydalanıw **imkanıyatı** payda boldı. Bunnan basqa, kóp jaǵdaylarda xabardı jıynaw quralların **tikkeley xabar derekleriniń** janına kóshirip, olardı sanlı **tarmaqlar** arqalı uzatıw shólkemlestirilgen (bólistirilgen basqarıw sistemaları). Bunday ózgerislerdiń barlıǵı kabel ónimlerinen paydalanıwdı salmaqlı dárejede kemeytken.

Mikroprocessorlı ABSlarman paydalanıw dástúriy ABS menen sa-lıstırılǵanda tómendegi qosımsha imkanatlardı da payda etedi:

- kirgiziwshi xabardı onıń anıqlıǵın baqlap, jıynaw hám birlemshi qayta islew;
- basqarıw sistemasınıń shuqır dárejede avtomatlastırıw;



3.8-súwret. Kabelli baylanıslardıń ulıwma kórinisi.

- ólsheniwshi hám esaplanıwshi maǵlıwmatlardı operator stanciya-larınıń ekranlarında kórsetiw;
- ótkinshi maǵlıwmatlardı saqlaw hám zárúrli jaǵdaylarda usınıw;
- avariya hádiyselerin esapqa alıw; operativ xızmetker iskerligin baqlaw;
- maǵlıwmatlardı bayanlamalastırıw, esabatlardı tayarlaw;
- úskenelerdiń islewin texnikalıq-ekonomikalıq kórsetkishlerin esaplaw.

3.8. Podstanciyalardıń mikroprocessorlı avtomatlastırılǵan basqarıw sistemaları

Podstanciyanıń texnologiyalıq procesin avtomatlastırılǵan basqarıw sistemasınıń tiykarı bolıp **úskenelerin shártli túrde birneshe basqıshqa** bóliw múmkin bolǵan DTK esaplanadı.

Joqarı basqısh – podstanciya basqıshına avtomatlastırılǵan jumıs orınları (operativ xızmetker, releli qorǵaw hám avtomatika xızme-ti, ABS xızmeti injeneri, xızmet kórsetiwshi xızmetker sıyaqlılardıń); maǵlıwmatlardı saqlaw hám kórsetiw quralları; barlıq mikroprocessorlı qurılmalardıń sinxron islewin támiyinlewshi birden-bir waqıt sistemasın shólkemlestiriw quralları kiredi.

Tómen basqıshqa tikkeley basqarıw obyektı menen baylanısqa qurılmalar kiredi. Olar járdeminde sistemaların iskerligi hám texnologiyalıq processtı basqarıwdıń ABSsın barlıq funkciyaların atqarıw ushın zárúrli maǵlıwmatlardı jıynaw hám basqarıw komandaların beriw támiyinlenedi. Bunday maqsetlerde ózinde mikroprosessorlı qorǵaw hám basqarıw quralların ańlatıwshı qánigelestirilgen yaki kóp funkcionallı intellektual elektron úskenelerden paydalanıladı.

Orta basqıshqa sanlı tarmaqtı qurawshı úskeneler kiredi. Basqa klasifikaciyalarda tarmaq úskeneleri óz aldına ajratılmaıstan DTKnıń joqarı basqıshınıń bólimi sıpatında qaraladı.

Joaqarı hám tómén basqısh qurılmaları ortasında maǵlıwmatlar almasıwı sanlı tarmaqlar quralında ámelge asadı. Házirgi dáwirde iri podstanciyalar ushın islep shıǵarılıp atırǵan texnologiyalıq processtıń ABSnda qurallar ortasında maǵlıwmatlar almasıwı úlken tezlikte islewshi Ethernet tarmaǵı arqalı ámelge asırıwın aytıw zárúr. Biraq, házirgi dáwirde túrli kórinistegi baylanıslardı basqarıw ushın basqa keń tarqalǵan sanlı protokollar standartları menen islewshi intellektual elektron qurılmalardan paydalanıladı.

Intellektual elektron qurılmanıń tiykargı shólkemlestirilgen bólimleri bolıp tómendegiler esaplanadı:

– basqarıw obyektı haqqındaǵı signallardı kirgiziw hám basqarıw tásirlerin islep shıǵıwdı támiyinlewshi obyektler menen baylanıs qurılmaları moduli;

– kiriw maǵlıwmatların qayta islew, basqarıw hám qorǵaw algoritmleriniń islewı hám shıǵıw signalların qalıplestiriwdi támiyinlewshi kontroller;

– elektrotexnikalıq úskenenin ABS elementleri hám de intellektual elektron qurılma injeneringi quralları menen maǵlıwmatlar almasıwın qurawshı sanlı interfeys.

Baqlaw sorawları

1. Avtomatlastırılǵan sistema, basqarıw hám avtomatlastırılǵan basqarıw sisteması ne? Olar ne menen xarakterlenedi?
2. ABSnıń qanday túrleri bar? Olar ne menen xarakterlenedi?
3. ABSnıń metodikalıq támiynatı nelerden ibarat?

4. Energetikada ABSnıń strukturası nelerden ibarat?
5. Funkcional ABS ne? Onıń wazıypaları nelerden ibarat?
6. ABS ierarxiyası ne? Onıń qanday túrleri bar hám olar ne menen xarakterlenedi?
7. Energetika tarawınıń ABS hám onıń ierarxiyası nelerden ibarat?
8. ADBS ne? Onıń wazıypaları nelerden ibarat?
9. Elektr stanciyalarınń ABSları qanday bólimlerden ibarat? Olar ne ushın xızmet etedi?
10. Elektr stanciyalarınń ABSlarınan kárxanalardıń ABS (KABS)ları ne menen parıqlanadı?
11. Maqset hám kriteriyalar.
12. Sistema elementleriniń óz ara tásiiri.
13. ABSda tuwrı hám keri baylanıs ne? Olardıń áhmiyeti nelerden ibarat?
14. JESnıń ABS hám onıń wazıypaları nelerden ibarat?
15. JESnıń texnologiyalıq procesi ABS engiziw basqıshları nelerden ibarat?
16. JESnıń texnologiyalıq procesi ABSnıń texnikalıq quralları nelerden ibarat?
17. GES texnologiyalıq procesin ABS hám onıń wazıypaları nelerden ibarat?
18. GESda ABS ushın talap etiliwshi xabar derekleri nelerden ibarat?
19. Intellektual elektron qurılmalar bazasındaǵı ABS qanday xarakterli qásiyetlerge iye?
20. Intellektual elektron qurılmalar bazasındaǵı ABSnıń abzallıqları nelerden ibarat?
21. Basqarıw sisteması qanday kishi sistemalarga bólinedi hám bul kishi sistemalar ne ushın xızmet etedi?
22. Podstanciyaların mikroprosessorlı ABS neler menen xarakterlenedi?
23. Podstanciyaların mikroprosessorlı ABSnda texnologiyalıq process qanday basqıshlarga ajratıladı? Bul basqıshlardıń mánisin túsindir.

4. AVTOMATLASTIRILGAN DISPETCHERLIK BASQARIW SISTEMALARI

4.1. Dispetcherlik basqariw sistemasında paydalanıwshı maǵlıwmatlar

Basqariw sistemalarında basqariw obyektı hám basqariw tásiriniń parametrleri haqqında muǵdarlıq maǵlıwmat hám obyekt haqqında ayırım sapa xabarların beriwshi maǵlıwmatlar bar. Muǵdarlıq maǵlıwmatı (máselen, kernewler, quwatlıqlar hám t.b.) ólshew hám uzatıw ushın telemexanikalıq sistema kompleksin qurawshı teleólshew, telesignallastırıw hám telebasqariw sistemaları xızmet etedi.

Teleólshew (TÓ) sisteması baqlawshı islep shıǵarıw procesiniń úziksiz ózgerip turıwshı parametrleri haqqında maǵlıwmatlardı (máselen, energetika sisteması ushın jıyılık, túyin kernewleri, stanciyalardıń quwatlıqları hám liniyalardaǵı quwatlıq aǵımları) alıw hám uzatıw wazıypasın atqaradı.

Telesignallastırıw (TS) sisteması basqarılıwshı obyektinń múmkin bolǵan jaǵdaylarınan biri haqqında diskret maǵlıwmatı (máselen, energetika sisteması ushın úzgishtin «jalǵangan-úzilgen» jaǵdayı, transformatorın shaqapshası nomeri hám t.b.) jetkeredi.

Telebasqariw (TB) sisteması «jalǵansın-úzilsin», «avtomatikanıń úskenesi almaslap jalǵansın» tipindegi basqariw komandaları haqqında diskret maǵlıwmatı jetkeredi.

Óziniń fizikalıq tabiyatı boyınsha maǵlıwmatı qabıllaw, uzatıw hám qayta islew úziksiz yaki diskret formada ámelge asırılıwı múmkin. Úziksiz maǵlıwmatı uzatıw hám ózgertiw ámelde sol waqıtın ózinde orınlanadı. Biraq bunda sırtqı tásir hám baylanıs kanallarına joqarı dárejedegi sezgirlikti esapqa alıw lazım. Sebebi, sırtqı tásirler maǵlıwmatın isenimligin az muǵdarda bolsada, atap aytqanda onı uzaq aralıqlarǵa uzatıwda, joǵalıwına alıp keliwı múmkin. Sol sebepli maǵlıwmatı uzatıw sisteması júdá úlken bolǵan kibernetikalıq basqarılıwshı real sistemalar, atap aytqanda energetika sistemalarınń ABS, maǵlıwmatı uzatıw ushın tayarlawda onı aldın diskret maǵlıwmatqa, keyinirek onnan

paydalanıwda bolsa kerisinshe diskretten úziksizge ózgertiwdi názerde tutadı.

Tekst (buyırıqlar, komandalar, bayanlamalar, algoritmler, tablicalar hám t.b.) yaki grafikalıq (sızılmalarlar, sxemalar, fotokopiyalar hám t.b.) kórinisinde súwretleniwshi maǵlıwmatlar da arawlı kodlaw sisteması arqalı diskret formaǵa ótkiziledi.

Úziksiz ózgeriwshi parametr haqqında muǵdarlıq maǵlıwmatı qabıl etiw hám uzatıwdı kórip ótemiz. Baqlanıwshı noqatlardan dáslepki maǵlıwmatlardı jıynaw sórawshı (talap etiwshi) qurılmalar járdeminde ámelge asırılıp, bul qurılmalardaǵı baylanıs kanallarına datchiklerdi jalǵaw ciklik yaki arawlı baǵdarlama járdeminde basqarılıwshı sistema járdeminde orınlanadı. Soraw strukturası hám tártibi basqarılıwshı texnologiyalıq procestin spesifikalıq qásiyeti, baqlanıwshı parametrlerdin ózgeriw xarakteri hám olardı ólshewdegi talaplar menen belgilenedi.

4.2. ADBSniń ulıwma klassifikaciyası hám tiykargı máseleleri

Avtomatlastırılǵan dispetcherlik basqariw sisteması (ADBS) elektr tarmaqları menen qamtıp alınǵan pútkil aymaq boyınsha sistemaniń jaǵdayı haqqında xabardı jıynaw, ózgertiw, uzatıw, qayta islew hám súwretlew, tutınıwshılardı sapalı jıllılıq hám elektr energiyaları menen isenimli hám kem qarjılarda támiyinlew wazıypasın sistema tárepinen orınlaw maqsetinde basqariwshı komandalardı uzatıw hám ámelge asırıwdı taminleytuǵın ierarxiyalıq dúzilgen insan-mashina sisteması esaplanadı.

ADBSniń faktorları 1960-jıllardıń aqırında 1970-jıllardıń baslarında islep shıǵılǵan. Ol basqariw hám xabarlaw máselelerin sheshiwde paydalanıwshı usıllardı rawajlandırıw hám de basqariw quralları – esaplaw hám basqariwshı EEMlardı, xabardı uzatıw hám súwretlew quralların, avtomat retlew hám avariyaǵa qarsı avtomatika quralların jaqsılaw esabınan hámme waqıt jetilisip barmaqta.

ADBS óz quramına oraylıq dispatcherlik basqarıw punktinde basqarıwshı esaplaw orayları, birlesken dispatcherlik basqarmaları, oraylıq dispatcherlik xızmetleri, elektr **tarmaqları** kárxanalarınıń dispatcherlik punktleri hám elektr stanciyaları, energiya blokları hám podstanciyalarınń texnologiyalıq proceslerin avtomatlastırılğan basqarıw sistemaların; avtomat retlew hám basqarıwdıń oraylasqan hám lokal sistemaların aladı. Birden-bir energetika sistemasınıń ADBSniń barlıq elementleri operativ xabardı jıynaw hám uzatıwdıń birlemshi tarmağı hám de basqarıw komandaların birlestiredi.

Birden-bir hám birlesken energetika sistemaları basqırışında basqarıwshı esaplaw orayı ADBSniń tiykırı bolıp *operativ xabar-basqarıw kompleksi* (OABK) esaplanadı. Oraylıq hám birlesken energetika sistemalarınń dispatcher personalı OABK járdeminde energetika sisteması **basqarıwınıń jergilikli jaǵdayı** (*sxemesi*, jaǵdayları, basqarıw quralları), payda bolǵan waqıyalardı analizlew, perspektivadaǵı jaǵdaylardı bahlaw ústinen baqlaw alıp baradı.

Basqarıwshı tásirler birden-bir hám birlesken energetika sistemalarınń dispatcher personalı tárepinen operativ boysınıwshı obyektlerge olardıń dispatcherleri arqalı yaqı energetika obyektleriniń avtomat retlew hám basqarıw sistemaları hám texnologiyalıq procesti ABSna telebasqarıw qurılmaları járdeminde tikkeley uzatıladı. Basqarıw tásirleri elektr tarmağı *sxemesi* yaqı elektr stanciyaları hám podstanciyalarınń úskeneriniń quramın ózgertiw; avtomat hám operativ basqarıw quralların sazlawdıń algoritmleri hám parametrlerin ózgertiw; elektr stanciyaları agregatlarınıń júklemelerin ózgertiw; elektr júklemelerin ózgertiw; elektr tarmaǵınıń baqlawshı noqatlarında keretlewshı shaqapshaların almasıw jálgaw, reaktiv quwatlıqtı kompensaciyalaw qurılmaların jalǵaw hám **úziw arqalı**) ózgertiwden ibarat.

Jaǵdaydı jobalastırıwdıń tiykargı maqseti **tómendegilerden** ibarat:

- elektr hám jıllıq energiyalarına bolǵan zárúrlikti anıqlaw;
- elektr hám jıllıq energiyaların talap etilgen kólemde islep shıǵarıwın támiyinlew ushın resurs bólimin anıqlaw;

- energetikalıq obyektin ruqsat etilgen (optimal) jumıs jaǵdayların liniyalar hám resurslar boyınsha shegaralıq shártlerdi esapqa alıp anıqlaw.

Jobalastırıwdıń bul máseleleri basqarıwdıń hár qıylı waqıt hám aymaq boyınsha basqırışlarında sheshiledi. Waqıt boyınsha jaǵdaylardı jıllıq, kvartallıq hám aylıq jobalastırıwlarǵa ajratıw múmkin. Hár bir basqırışta hár qıylı, biraq bir-biri menen baylanıslı bolǵan maqsetler gózlenedi.

Jıllıq jobalastırıwda tiykargı maqset birlesken energetika sisteması (BES) hám onıń quramına kırıwshı elektr energetika sistemalarında (EES) elektr energiyanı islep shıǵarıw hám paydalanıw boyınsha tapsırmalar muwapıqlastırıladı. Bul kórsetkishler tiykarında BES hám EES resurslarǵa zárúrlik, jumıs jaǵdayları hám shárti hám de natural janılıǵı balansın anıqlaw zárúr. Esaplawlar hár bir aydıń tórt xarakterli sutkaları boyınsha jobalı júkleme grafiklerin esaplaw arqalı aylıq intervallar boyınsha ámelge asırıladı.

Shereklik jobalastırıwda úskenerler quramı, tutınıw, gidroresurslar hám t.b. boyınsha anıqlastırılǵan xabarlar tiykarında jıllıq jobalastırıwda anıqlanǵan tapsırmalar korrekciyalanadı. Esaplaw hápteler boyınsha ámelge asırıladı.

Aylıq jobalastırıwda aylıq tapsırmalı sutkalarǵa bóliw hám sutkalıq grafiklerdi esaplaw máselesi sheshiledi.

Basqarıwdıń joqarı basqırışlarında (máseken, BESda) jaǵdaydı balanslaw, sistemalararalıq aǵımlardı hám onılaw maydanların anıqlaw ámelge asırıladı. Basqarıwdıń joqarı basqırışlarında elektr quwatlıǵı hám energiyasınıń balansı buzılıwı júzege kelgende EES tárepinen buyırtpa etilgen kórsetkishler korrekciyalanadı yaqı qosımsha kelisiwler ámelge asırıladı. BES dispatcherlik basqarıwı basqırışında shehsiliwshı tiykargı máseleler bolıp **tómendegiler esaplanadı:**

- BES dispatcherlik basqarıw dárejesi ushın oraylıq dispatcherlik basqarıw tárepinen jobalastırılǵan sistemalararalıq quwatlıq aǵımları hám onılaw maydanların esapqa alıp jobalıq rejimlerdi esaplaw;

- elektr energetika sistemalarınń **jobalıq kórsetkishlerin** muwapıqlastırıw.

Jağdaylardı jobalastırıwda tómendegi tiykarǵı máseleler sheshiledi:

- elektr paydalanıwın prognozlastırıw; GES, AES hám sanaat blok-stanciyalarınǵı perspektivalı jağdayların shamalıq modellestiriw;
- quwatlıq balansı qurawshıları, ońlaw maydanları hám ońlaw grafiklerin esaplaw (prognozlastırıw usıllarınan paydalanıw tiykarında);
- elektr energiya balansın jobalastırıw;
- xarakterli sutkalar ushın generaciya grafigin esaplaw.

Keleshekte sheshiliwshi máseleler quramın keńeytiw hám tómendegilerdi kirgiziw zárúr:

- shártli hám natural janıǵı balansın jobalastırıw;
 - GESlardıń uzaq múddetli jağdayların optimallaw hám jıl dawamında gidroresurslardı quwatlıq hám energiya balansı shártleri boyınsha qayta bólistiriw;
 - islep shıǵarıwshı jağdaylardıń isenimliligin bahalaw (quwatlıq hám energiya rezervlerin anıqlaw hám de olardı intervallar hám esaplıq sxemanıń túyinleri ortasında bólistiriw, deficitler itimallıǵın anıqlaw);
 - jağdaylardı analizlew (ótken dáwirler menen salıstırıw, úzililerdiń sebeplerin balansınıń qurawshıları boyınsha analizlew hám t.b.);
 - jıllıq jobalastırıw máselelerin kvartallıq hám ayıq jobalastırıw máseleleri menen baylanıstırıw;
 - tiykarǵı texnikalıq-ekonomikalıq kórsetkishlerdi jobalıq balanslar tiykarında esaplaw (jumısshı quwatlıq, islep shıǵarıw, quwatlıq aǵımları boyınsha **tólemdi ámelge asırıw hám t.b.**).
- Jobalastırıwlardı iteraticiya tártibinde óz ara kelisiw nátiyjesinde elektr energetika sisteması, birlesken energetika sisteması hám bir-den-bir energetika sisteması ortasında parallel islew ushın shártnamalar dúziledi.
- Óz aldına EESlar hám BESlar ortasında elektr energiya hám quwatlıqtıń saldo-aǵımları ushın shártnamalar birden-bir energetika sistemasında elektr energiya hám quwatlıqtıń tolıq balansın sistemalararalıq elektr uzatıw liniyalarınǵı ótkeriw qábiletlerin esapqa alıp támiyinlew nátiyjeleri tiykarında dúziledi.

Jağdaydı aktiv quwatlıq boyınsha qısqa **múddetli jobalastırıw** (sutkalıq dispatcherlik grafigin islep shıǵıw) hám **operativ korrekciyalaw** (sutka ishinde korrekciyalaw) sistemasında optimallastırıwdıń minimallastırıwshı maqset funkciyası sıpatında elektr energiya islep shıǵarıwdaǵı qarjılardıń janıǵı qurawshısı funkciyasınan paydalanıladı, yaǵnıy esaplawlarda EES JESlarında elektr energiya islep shıǵarıw bahası janıǵı qurawshısınıń salıstırmalı ósiw xarakteristikaları paydalanıladı.

Quwatlıq hám energiyanı operativ baqlaw hám esapqa alıw sisteması parametrlerdı kelisilgen mánislerinen awısıwların baqlaw hám bunday awısıwlarǵa alıp keliwshi faktorlardı anıqlawdı kózde tutadı.

Basqarıw kriteriyası (maqseti). Basqarıw qararlarınǵı qalıplesiwın támiyinlewshi barlıq basqarıw máselelerin optimallastırıwshı hám bahalawshı túrlerge bóliw múmkin. Birinshi túrdegi máselelerdi sheshimine qanday da bir optimallıq kriteriyasın orınlaw arqalı erisiw múmkin. Ekinshi túrdegi máseleleri sheshiw nátiyjesinde bolsa, obyektin jağdayın anlatıwshı sáykes teńlemeler qanaatlanırıladı. Bahalawshı máselelerdi sheshiw nátiyjeleri qarar qabıllawshı shaxsqqa basqarıw qararların qalıplestiriw ushın zárúr xabardı beredi yaki optimallaw máselelerin sheshiwde paydalanıladı. Sol sebepli, basqarıw kriteriyaları haqqında ayılǵanda birinshi gezekte optimallaw máselelerin kózde tutıw lazım.

Barlıq basqıshlarda basqarıwdıń tiykarǵı wazıypası tutınıwshılardı talap etilgen sapadaǵı elektr hám jıllıq energiyaları menen isenimli támiyinlewde energiyanı islep shıǵarıw, ózgertiw, uzatıw hám **bólistiriwge** sarplanıwshı qarjılardı minimallastırıwdan ibarat esaplanadı. Sol sebepli ierarxiyanıń barlıq basqıshlarında basqarıw qararların islep shıǵıwda tiykarǵı kriteriya sıpatında kórilip atırǵan waqıt dawamında qarjılar minimumlıǵınan paydalanıw maqsetke muwapıq esaplanadı.

EES quramına kiriwshi ayırım aymaqlardıń xojalıq júrgiziw boyınsha gárezsizligi hár qıylı energetika sistemaları ushın basqarıw kriteriyasınıń túrlishe bolıwına alıp keledi. Bunday jağdaylarda olardı basqarıw kriteriyaların muwapıqlashtırıw arnawlı algoritmlerden paydalanıwdı talap etedi.

Basqarıwdıń hár qıylı optimallaw máselelerin sáykes kriteriyalar-dan paydalanılǵan jaǵdayda sheshiw shegaralıq shártler sheńberinde ámelge asırıladı. Bunday shegaralıq shártlerdiń úlken bólimi basqarıw procesinde qalıplestiriledi hám ámelde basqarıwdıń ulıwma máselesin ADBSda sheshiliwshi jeke máselelerge dekompoziciyalaw imkánıyatın támiyinleydi. Bunday shegaralıq shártlerge liniyalardıń ótkeriw qábileti, sistemanıń óz aldına rayonlarında quwatlıq rezervi muǵdarı, generaciya hám júkleme túyinlerinde kernewdiń mánisi hám t.b. boyınsha shegara-lıq shártler kiredi.

4.3. ADBSda paydalanıwshı xabarlar

Xabar – bazıbir waqıya yaki hádiyse haqqında alınǵan xabar esapla-nadı. Procesti basqarıw ol haqqında hár qıylı xabarlardan paydalanıwdı kózde tutadı. Procesti basqarıw ushın qarardıń qabıllanıwın qanday da bir mániste ol haqqında alınǵan xabarlardı qayta islewden ibarat dep túsiniw múmkin.

Basqarıw qararın qabıllaw ushın talap etiliwshi xabar kompleksi xabar támiynatı dep júrgiziledi.

Operativ-dispatcherlik basqarıw máselelerin tabıslı sheshiw ushın dispatcher jeterli isenimli zárúr xabargá iye bolıwı tiyis. Sapa jaǵınan ADBS xabarlar támiynatınıń jańa tárepleri tómendegi xabarlardı qabil etiw hám olardan paydalanıw menen baylanıslı esaplanadı:

- júklemeni prognozlastırıw úziliw itimallıǵınıń anıqlıǵın asırıw ushın meteorologiyalıq sharayattıń prognozi haqqında;

- elektr stanciyaları hám agregatlarınıń ornatılǵan hám jumısshı quwatlıqları hám de jumısshı hám rezerv úskeneleriniń quramın esap-lawda paydalanıwshı mobillik xarakteristikaları;

- birden-bir energetika sistemasınıń isenimlilik kórsetkishlerin esap-law hám prognozlaw maqsetinde tiykarǵı úskeneler jumısınıń úzilip qa-lıwı haqqında;

- JESna keltiriliwshi janılǵınıń sapası haqqında;

- tiykarǵı úskenelerdiń (generaciyalawshı úskene, transformator, atom reaktori hám t.b.lar) óz waqtında ońlawdan shıǵarılıwın támiyin-lew ushın diagnostikalaw procesinde anıqlanıwshı jaǵdayı haqqında;

- isenimlilikti asırıwdıń optimal jolların tańlaw ushın tutınıwshılardı elektr hám jıllılıq energiyaları menen támiyinlewdiń ámeldegi isenimli-ligi haqqında;

- GESda elektr energiya islep shıǵarıwdı optimallaw maqsetinde suw saqlaǵışına aǵıp kiriwshi suw muǵdarınıń prognozi haqqında.

Zárúr xabar sırttan kirip keledi (energetika sistemasına salıstırǵan-da sırtqı esaplanadı) yaki basqarıw procesinde islep shıǵarıladı (ajratıp alınadı).

Xabardıń eń úlken muǵdarı basqarıw procesinde islep shıǵarıladı hám paydalanıladı. Eger basqarılıwshı procesler jeterlishe tez ózgerse, ol jaǵdayda bir neshe sekund (hátte millisekundlar) dawamında xabardı alıw hám basqarıw tásinin uzatıw talap etiledi; eger basqarılıwshı pro-cess basqarıw ońlawdı keshigip beriliw imkanın berse, ol jaǵdayda xa-bardı alıw hám onnan paydalanıw birneshe minutlar yaki saatlardı óz ishine alıwı múmkin.

Basqarıw procesinde paydalanıwshı xabardıń alınıwı telemexanika quralları járdeminde ámelge asırıladı hám bul xabar *telemexanikalıq xa-bar* dep júrgiziledi.

ADBSda telemexanikalıq xabardıń tiykarǵı kórinisleri hám olardı basqarılıwshı obyektlerden basqarıw orayına shekem (*baqlaw xabarı*) hám keri baǵdarda (*komanda maǵlıwmatı*) uzatıwda ruqsat etilgen ke-shigiw diapazonı tómendegishe:

- avtomat avariyaǵa qarsı sistemalar ushın xabar (teleuzatıw) – on-lap millisekundlar;

- joqarı kernewli kommutaciya apparaturasınıń jaǵdayı haqqında te-lesignallaw – sekundlar;

- baqlanıwshı parametrlerdı (bir zamatlıq mánislerin) teleólshew – birneshe yaki onlap sekundlar;

- teleólshew, telesaplaw (integral mánislerin) – birneshe onlap se-kundlar;

- avtomat retlew sisteması ushın teleólshew hám telekomanda – 1 sekundqa shekem;

- **telebasqarıw = birneshe sekundlar;**

- juwap telesignallaw (telebasqarıwdan keyin) = 10 sekundqa she-kem;

– operativ-informaciyalıq basqarıw kompleksiniń EEMı maǵlıwmatlar xabar bazası arasında basqışlar ara mashinalar ortasındaǵı almasıw – birneshe minut;

– energıyanı islep shıǵarıw hám paydalanıw boyınsha dispatcherlik dizimge alıw – bir saatta bir márte.

Telemexanikalıq xabardıń sapası teleuzatpanıń qáteligi hám isenimliligi menen belgilenedi. Onıń isenimliligi teleuzatıw sistemalarınń tazarlıq koefficienti menen xarakterlenedi. Hár qıylı telexabarlardıń teleuzatpaların ruqsat etilgen qátelikler anıqlıq klası menen belgilenedi hám ol bir procent yaki neshe procent shegaralarında jatadı.

Telexabardıń sapasına statikalıq qátelikler menen birqatarda teleuzatıwdıń ruqsat etilgen keshigiwi menen belgileniwshi dinamikalıq qátelikler de salmaqlı tásir kórsetedi. Kodimpulslı telemexanika sistemalarında dinamikalıq qátelik statikalıq qátelik penen óz ara bir qıylı ólshemlerde bolsa, teleólshewdıń tez ózgermeli parametrleri ushın bolsa statikalıq qátelikke salıstırǵanda birneshe márte úlken bolıwı múmkin. Dinamikalıq qátelikti kemeytiw xabardı uzatıw tezligi hám ámelge asırılıwshı ólshewler jıyilgine baylanısh. Xabardı uzatıw tezligin asırıw bahası jáne de joqarı bolǵan úlken keńliktegi baylanıs kanallarınan paydalanıwın talap etedi. Sol sebepli xabardı uzatıw sistemasınıń eń qımbat turıwshı bar baylanıs kanalların ótkeriw qábiletin asırılıwshı signallardı qısıw usılları, xabarlardı uzatıwdıń adaptiv algoritmleri, rawajlanǵan izbe-izlikler sisteması hám t.b. keń paydalanıw zárúr.

Operativ xabardıń barlıq túrleri kodlı sózler hám kodlı gáplerge birlestirilgen kodlastırılǵan diskret signallar kórinisindegi kodimpulslı telemexanikalıq sistemalar járdeminde uzatıladı. Texnikalıq kózqarastan barlıq túrdegi xabarlardıń kodlı sózleri bayt (8 bit) qa eseli bolǵan bir qıylı uzınlıqqa, yaǵnıy baytlı strukturaǵa iye. Eger uzatılıwshı xabar birneshe bayttı talap etse, ol jaǵdayda bazı onlap yaki júzlep baytlardı óz ishine alıwshı paket qalıplestiriledi. Paketler áhmiyetlilik dárejesi joqarı bolǵan xabarlar menen úziliwi múmkin. Ol uzatılǵannan soń paketti uzatıw toqtatılǵan sózden baslap dawam ettiriliwi shárt.

Másele ulıwma-jaǵdayda qoyılǵanda gáp ADBSda xabarlardı paket formasında kommutaciyalaw menen uzatıw ústinde baradı.

Xabarlar paket formasında uzatılǵanda tiykarǵı máseleler tómendegilerge keltiriledi:

– uzatılıwshı paketti áhmiyetlilik joqarıraq bolǵan xabarlı hárqanday sózde úziliwin támiyinlew;

– joqarıraq áhmiyetliliktegi xabar uzatılǵannan soń úzilgen paketten uzatıwın xabarlardı joǵaltpastan qayta tiklew;

– uzatılıwshı xabarda qátelikler anıqlanǵanda paketlerdiń qayta sorawın támiyinlew;

– pakettiń uzınlıǵın sheklew.

Pakettiń uzınlıǵı artıp barıwı menen onıń qalıplesiw itimalı da asıp baradı. Sol sebepli, paketlerdiń ruqsat etilgen uzınlıǵı kodlı sózlerdiń qátelik itimallıǵı hám túrtkilerden qorǵanıw dárejesi menen belgilenedi.

4.4. ADBSniń tiykarǵı teoriyalıq hám metodikalıq máseleleri. Basqarıw máselelerin sheshiw usılları hám algoritmlerine qoyılıwshı talaplar

ADBSda basqarıw máselelerin sheshiwde eń tiykarǵı teoriyalıq hám metodikalıq qıyınshılıqlar tómendegi usıllardı islep shıǵıw menen baylanıshı:

1) JESlardı janılıǵı menen onıń sapasın esapqa alıp támiyinlew hám hár dáwirge onıń qorın tańlaw isenimliligin analizlew;

2) islewshı hám rezerv úskeneleriniń optimal quramın rezervti iske túsiriwdiń tezligine qoyılıwshı túrli talaplardı esapqa alıp anıqlaw;

3) EESniń stanciya jaǵdayların tıyın júklemeleri hám elektr stanciyalarınń ornatılǵan quwatlıqların itimallı kóriniste beriliwin esapqa alıp **esaplaw hám optimallaw;**

4) statikalıq aperiodikalıq turaqlılıqtı hám elektr uzatıw **liniyaların** ótkeriw qorlarınń saqlanıw itimallıǵın anıqlaw;

5) isletiw procesinde tiykarǵı úskeneniń jaǵdayın diagnostikalaw hám onıń nátiyjesi boyınsha úskeneni oilawǵa shıǵarıw waqtınıń maqsetke muwapıqlıǵın anıqlaw;

6) elektr hám jıllılıq tarmaqlarınıń isenimliligin tutınıwshılardı elektr hám jıllılıq energiyaları menen támiyinlew isenimliligin asırıwǵa

bağdarlanğan operativ qararlardı qalıplestiriw imkanıyatın támiyinlewshi tezlikte esaplaw;

7) ierarxiyanıń túrli basqışlarında birden-bir energetika sistemasınıń qáwipsizlik kórsetkishlerin esaplaw hám olardı normağa shekem jetkeriw ushın optimal jollardı tańlaw;

8) avariyağa qarsı avtomatikanıń oraylasqan quralları ornatpaların lokal avariyağa qarsı avtomatika quralların sazlaw algoritmleri menen muwapıqlastırw zárúrligin esapqa alıp sazlaw algoritmlerin tańlaw;

9) telexabarlardıń isenimliligin támiyinlew máselelerin jaǵday parametrlerin súwretler hám hújjetlestiriw anıqlıǵın, ólshew apparaturasınıń anıqlıǵın tiykarlap sheshiw; xabardı jańalawdıń talap etilgen kólemi, anıqlıǵı hám aktivligin tiykarlaw;

10) ADBSın metrologiyalıq attestaciyalaw máselesin sheshiw. Sonday-aq, tómendegiler de principial áhmiyetli esaplanadı:

– elektr energetikada ekonomikalıq qatnaslardıń ilimiy tiykarların islep shıǵıw; operativ-dispatcherlik basqarıw kriteriyaları sistemasın birden-bir energetika sistemasınıń tarmaqları menen qamrap alınǵan ayaqlardıń xojalıq iskerligi dárejesiniń asıp barıwın esapqa alǵan jaǵdayda anıqlastırw. Hár qıylı ierarxiyalıq basqışlarda ADBSınıń jumıs nátiyjeligin xarakterlewshi óz ara qarama-qarsı bolmaǵan kórsetkishler sisteması islep shıǵılıwı lazım;

– birden-bir energetika sistemasınıń isenimliligi kriteriyaları sistemasın tutınıwshılardı elektr hám jıllılıq energiyaları menen támiyin talap kriteriyaların itibarǵa alǵan jaǵdayda islep shıǵıw hám qalıplestiriw.

4.5. ADBSınıń operativ xabarlı-basqarıw kompleksı. Xabardı jıynaw hám uzatıw tarmaǵı

Dispatcherlik basqarıwı ierarxiyasına muwapıq túrde energetika birlespeleri, energetika sistemaları hám elektr tarmaqları kárxanaları dispatcherlik punktleriniń operativ xabar-basqarıw kompleks (OABK) ları bir-biri menen óz ara hám xabardı jıynaw hám uzatıw sistemasınıń

energetika obyektleri (elektr stanciyaları, podstanciyaları) menen baylanısqa hám baylanısta.

Birlemshi tarmaq óz quramına baylanıs kanalları hám kommutaciya texnikasını aladı:

– shólkemlerdiń telefon kanalları, ierarxiyalıq túrde baylanısqa dispatcherlik telefon kommutatorları hám de birden-bir, birlesken hám energetika sistemalarının kommutaciya texnikası;

– baylanıs dispatcherlik punktleri hám sáykes qalalar hám ayaqlardaǵı telefon stanciyaları ortasındaǵı baylanıs esabınan ámelge asırılıwshılı ulıwma xarakterdegi qalalararalıq telefon kanalları;

– ulıwma maqsetler ushın xızmet etiwshi qalalararalıq telefon kanalları.

Birlemshi tarmaqlardıń baylanıs kanalları bazasında sáykes shegaraalıq úskene járdeminde *ekilemshi tarmaqlar* shólkemlestirilgen:

– telexabar tarmaǵı;

– dispatcherlik telefon sóylesiwleri tarmaǵı;

– dispatcherlik punktleriniń texnologiyalıq personalları sóylesiwleri tarmaǵı;

– operativ-texnologiyalıq xabardı uzatıw tarmaǵı;

– elektron pochta;

– elektr energiya tutınıwınıń baqlanıwı hám basqarıwınıń avtomatlastırılǵan sisteması tarmaǵı.

Telexabar tarmaǵı energetika obyektlerde ornatılǵan telemexanika qurılımları hám dispatcherlik punktlerinde ornatılǵan oraylıq qabılaw-uzatıw qurılımları hám de túrli basqışlardaǵı dispatcherlik punktleri ortasında telexabarlar (teleólshewler, telesignallar, telebasqarıw hám teleretlew komandaları) almasıwın avtomatlastırw ushın xızmet etedi.

Bul xabar ADBSınıń podsistemaları – SCADA, jiyilik hám quwatlıqtı avtomat retlew hám de avariyağa qarsı avtomatika qurılımları iskerligin támiyinleydi.

Bunday telexabar sistemasınıń tiykarǵı kemshiliklerine tómendegiler kiredi:

– energetika obyektlerinen keliwshi telexabarlardıń jeterli dárejede emesligi hám sol sebepli OABKga zamanagóy operativ baqlaw hám basqarıwdıń dástúriy quralların engiziwge tosqınlıq etiw;

- almashtırılıwı talap etiliwshi telemexanika qurılmaların kópılgı;
- xabardı jıynaw, qayta islew hám uzatıw boyınsha keńeytilgen funkciyalı zamanagóy baǵdarlamalastırılıwshı telemexanika qurılmaların joqlıǵı;

– uzatılıwshı telexabarların kóleminiń kemeyiwı, keshigiw waqtınıń asıwı, basqarıwdıń barlıq basqışlarında dinamikalıq qáteliktin asıwı, jáne de jańaraq bayanlamalar hám basqalardan paydalanıwdıń nátiyjesizligine alıp keliwshi tómén tezlikli kanallardan paydalanıw.

Dispatcherlik telefon sóylesiwleri tarmaǵı (DTST), texnologiyalıq personaldın telefon sóylesiwleri tarmaǵı (TPTST) hám operativ-texnologiyalıq xabardı uzatıw tarmaǵı (OTXUT)nnıń ekilemshı tarmaqları jıyılıq spekteriniń qalǵan bóliminen paydalanadı. Bunda DTST abonentleri (dispatcherlik personalları) kanaldı iyelew ushın TPTST hám OTAUT abonentlerine salıstırǵanda jeńillikli huqıqqa iye boladı. DTST-niń shegaralawshı úskenesi bolıp túrli dispatcherlik punktleri ortasında telefon nomeriniń termesten (sáykes túyme yaki tumblerdi basıw arqalı) baylanıs ornatiwdı támiyinlewshı dispatcherlik telefon kommutatorları esaplanadı. TPTST hám OTAUTnıń abonentleri óz ara avtomat telefon stanciyasınıń (ATS) dispatcherlik punkti arqalı qısqartılǵan nomerdi teriw arqalı baylanıadı.

OTAUTnıń shegaralıq úskenesi bolıp lokal tarmaqqa jalǵanǵan hám túrli tiptegi modemler hám de telegraf adapterlerine kiriwshı kommutaciyalıq serverler esaplanadı. Bul EEMlardıń baǵdarlamalıq támiynati OnLine jaǵdayında kommutaciyalanıwshı telefon hám telegraf kanalları arqalı maket formasındaǵı islep shıǵarıw-statistikalıq xabarları qabıllaw-uzatıwdı támiyinlewshı kommunikaciyalıq paketti añlatadı.

Kommutaciyalıq paket fayl-serverde jaylasqan hám maketlerdi qabıllaw/uzatıw, sortirovkalaw, baqlaw hám de qabıllanǵan maketlerdi saqlawdı támiyinlewshı operativ maǵlıwmatlar bazası (maǵlıwmatlardı qabıllaw/uzatıw tarmaǵı – MQQUT) menen birgelikte iskerlik kórsetedi. Sortirovkalaw procesinde maketlestirilgen xabar MQQUTda jaylasa, qalıplespegen xabar (máseleń, teletaypogrammalar) operator-telegrafshılardıń jumısshı stanciyalarına uzatıladı. Paket «noqat-noqat» jaǵdayında xabar almasıwın ámelge asıradı.

OTAUT sheńberinde xabardı tıǵızlastırılǵan kanallar arqalı uzatıw tezligi qollanıwshı modemlerdiń modellerine baylanıshı.

Elektr energiya tutınıwınıń baqlanıwı hám basqarıwınıń avtomatlastırılǵan sisteması (ETBBAS) kommerciyalıq esaplar maǵlıwmatları – usaq sawda subyektlerinde quwatlıq hám energiya balansı parametrleriń uzatıw ushın xızmet etedi. Ulıwma jaǵdayda bul parametrler aktiv quwatlıqtıń ortasha yarım saatlıq mánisleri hám de sutka dawamında elektr energiyaniń tarif zonalarına bólingen summalıq mánislerinen ibarat. ETBBASnıń maǵlıwmatlardı jıynaw sisteması tómengi basqışında energetika obyektı (elektr stanciyası, podstanciyası) jaylasqan ierarxıyalıq strukturadan ibarat. Onıń energetika obyektindegi texnikalıq quralları kompleksine tómendegiler kiredi:

- elektr energiyaniń baqlanıwshı noqatlarda ornatiılǵan esaplaǵıshları;
- esaplaǵıshlardan xabardı avtomat túrde jıynaw, onı qayta islew hám saqlaw, basqarıwdıń gezektegi basqışına (máseleń, energiya baqlawı kárxanası, energetika sistemasınıń dispatcherlik punkti) uzatıw ushın fayldı tayarlawdı ámelge asırıwshı bir yaki birneshe kontrollerkoder.

ETBBAS personal kompyuteriniń baǵdarlamalıq támiynati obyektlerdegi kontrollerlardan xabardı avtomat yaki soraw tiykarında alıw, lerdegi kontrollerlardan xabardı avtomat yaki soraw tiykarında alıw, summalıq parametrlerdı esaplaw ushın zárúr bolǵan maǵlıwmatlar bazasınıń qalıplestiriw, shıǵıw maǵlıwmatların monitorda kórsetiw hám baspaǵa shıǵarıw jumısların orınlaw imkanın beredi. ETBBAS personal kompyuterinde qayta islingen belgilengen kólemdegi xabar maketke aylandırıladı hám OTAUT ekilemshı tarmaq sheńberinde basqarıwdıń gezektegi basqış – birlesken yaki birden-bir energetika sistemasınıń dispatcherlik basqarıw punkti kommerciyalıq bólimlerine keyingi qayta islew ushın uzatıladı.

4.6. ADBS operativ xabarlı-basqarıw kompleksiniń texnikalıq quralları

1990-jıllardıń baslarında texnikalıq qurallardı jańa platformaǵa ótkeriw basqarıwdıń barlıq dispatcherlik punktlerinde texnikalıq hám materiallıq eskirgen esaplaw quralların almasırıw zárúrligi menen belgilengen.

gen. Almastırıw koncepciyası ADBSniń oraylastırıw OABKdan oraylaspaǵan tarmaqlı strukturalarǵa evolyuciyalıq túrde basqıshpa-basqısh ótiwdi názerde tutadı.

Birinshi basqıshta jańa OABKniń platforması sıpatında PEEMlar menen birgelikte paydalanıwı múmkin bolǵan IBM lokal tarmaqları hám MS DOS, Windows, NetWare, Nowell baǵdarlama quralları, C, Pascal, Fortran sıyaqlı baǵdarlama tilleri tanlaǵan. Házirgi dáwirde aldın EC EEM hám mini-EEMlarda ámelge asırılǵan barlıq baǵdarlamalıq támiynat (DT) PEEMga qayta islengen hám salmaqlı dárejede jaqsılǵan, PEEMlardı real waqıt masshtabında islewı, túrli basqarıw basqıshlarındaǵı OABKları ortasında baylanıstı támiyinlew, zamanagóy paydalanıwshı interfeys hám basqalar ushın DT islep shıǵılǵan.

Modernizaciyalaw procesi basqarıw funkciyasın buzbaǵan jaǵdayda eski hám jańa platformalardı óz ara muwapıqlastırıw, máselelerdi eski *texnikadan jańasına bir tegis ótkeriw* hám OABKda eski EEMlardı saplastırıw esabına ámelge asırılıwı zárúr.

Ulıwma jaǵday ushın tarmaq OABKniń strukturası 4.1-súwrette kórsetilgen.

Telexabardı kirgiziw dublli oraylıq qabıllaw/uzatıw stanciyasında (OQQUS) ámelge asırıladı. Mikroprocessorlı OQQUS telemexanika qurılımları hám basqa OQQUSlar menen telexabarlar almasıwı, dispatcherlik shitin basqarıw hám de telexabarlardı On Line jaǵdayında qayta islew hám basqa ciklik wazıypalardı atqarıw, atap aytqanda fayl-serverlerde (FS) real waqıt maǵlıwmatları bazasın qalıplestiriw ushın xızmet etiwshı eki PEEMlardıń biri (B) menen xabar almasıwın támiyinleydi.

OQQUS-B moduli eki modifikaciyada tayarlanıwı múmkin:

- telemexanika kanalları kanal adapterlerine, OQQUS bolsa, óz geziginde telexabarlardı qayta islewshı EEMlardıń izbe-iz portlarına jalǵanıwshı avtonom OQQUSdan paydalanıw arqalı;
- PEEMlarda tikkeley ornatılıwshı kanal adapterlerinen paydalanıw arqalı.

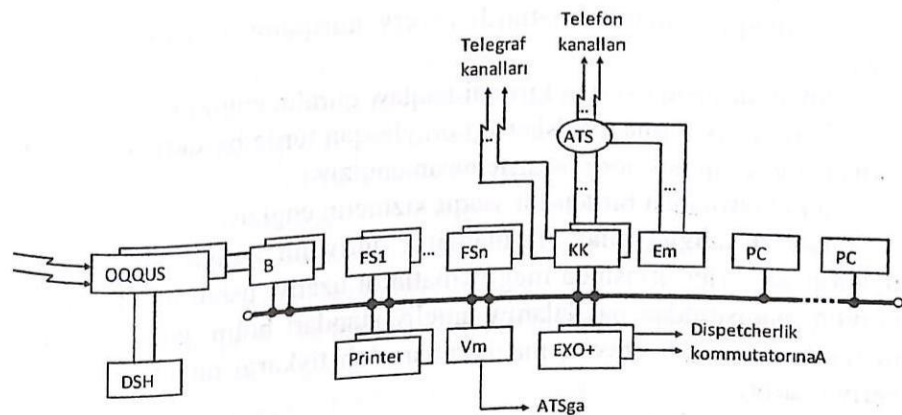
OABK quramına kiriwshı barlıq PEEMlar lokal tarmaq Ethernet (LAN) arqalı birlestiriledi hám eki toparǵa bólinedi:

- hár qıylı wazıypalardı atqarıwshı serverlerdi óz ishine alǵan sistema PEEMları;

- dispatcherler, injener-texnologlar hám basqalardıń avtomatlastırılǵan jumıs ornı (AJO)n óz ishine alǵan paydalanıwshı PEEMlar.

Sistema toparınıń zárúr bolǵan minimal quramı joqarıda esletip ótilgen kópir-PEEMlar B, baǵdarlamalardıń tiykarǵı kólemin saqlaw ushın óz ara bir-birin nusqalawshı eki fayl-serverler FS hám maǵlıwmatlar bazası BD nı óz ishine alıwı zárúr. Nusqalanıwdı ámelge asırıwshı qural sıpatında, máselen, SFTIII sisteması paydalanıwı múmkin. Bul toparǵa B hám FS dan tıs basqa basqıshlarınń OABKları menen kommutaciyalanıwshı telefon hám telegraf baylanıs kanalları arqalı islep shıǵarıw-texnologiyalıq xabarlar almasıwın támiyinlewshı kommunikaciya serverleri KK de kiriwi zárúr. Bunnan basqa sistema toparına lokal tarmaqlarǵa tikkeley yaki print-server arqalı jalǵanıwshı tarmaq printerleri de kirgizilgen bolıwı shárt.

Rawajlanıp barıw procesinde serverler sanı asıp barıwı lazım. Máselen, maǵlıwmatlar bazasınıń funkcional wazıypaları (operativ-dispatcherlik, islep shıǵarıw-statistikalıq, kommerciyalıq xabarlar hám t.b.) boyınsha bólistiriw ushın birneshe jup FS ni shólkemlestiriw maqsetke muwapıq.



4.1-súwret. Tarmaq OABKniń sxeması.

ADBSnıń lokal esaplaw tarmaqlarınıń rawajlanıwı hám modernizaciyası tómendegi kriteriyalardı itibarǵa alǵan jaǵdayda ámelge asırılıwı zárúr:

- lokal tarmaqtıń qanday da bir bóliminde úziliw payda bolǵan jaǵdaylarda islew jaǵdayın saqlap qalınıwın támiyinlewshi joqarı dárejedeǵi isenimlilik;

- áhmiyetli tutınıwshılar ushın tarmaqta maksimal dárejede tez islewdi támiyinlew;

- qalǵan tutınıwshılar ushın tarmaqta qollanılıwı múmkin bolǵan tezlikte islewdi támiyinlew;

- tarmaqtıń maksimal dárejedeǵi baqlanıwshańlıǵı;

- bunnan keyin ósiq hám rawajlanıw imkanıyatı;

- kapital qárejettiń qollanılıwı múmkin bolǵan kólemi hám alınıwshı úskenerlerdi basqıshpa-basqısh tarmaqta jumısın uzaq múddetke toqtatıwı engiziw imkanıyatı.

Bul kriteriyalardı qanaatlandıırıw ushın tómendegi texnikalıq sheşimler usınıs etiledi:

- serverler ortasında maǵlıwmatlardı almasıw ushın joqarı tezlikteǵi oraylasqan magistraldı qurıw;

- magistraldaǵı serverlardıń islep shıǵarıw dárejesin asırıw;

- tutınıwshılardı magistralga kommutaciya texnologiyalarınan paydalanıw tiykarında jalǵaw;

- tarmaqtaǵı maǵlıwmatlardı rezerv nusqalaw sistemasin engiziw;

- lokal tarmaqqa sırttan kırıwdı baqlaw quralın engiziw;

- korporativ tarmaqtıń iskerligi oraylasqan túrde basqarıwshı anti-virus (virusqa qarsı) qorgaw sistemasin engiziw;

- lokal tarmaqqa birden-bir waqıt xızmetin engiziw.

Oraylıq magistrallar. Tarmaqlardı qurıwdıń dúnya ámeliyatında tiykarǵı serverler ortasında maǵlıwmatlardı uzatıw ushın joqarı tezlikli oraylıq magistraldan paydalanıw ámeliy standart bolıp qaldı. Maǵlıwmatlardı uzatıwdıń oraylıq magistralları úsh tiykarǵı talaplarǵa juwap beriwı zárúr:

- onsha kóp bolmaǵan quwatlı, joqarı tezlikli serverlerge kóp sanlı tómén tezlikli klientlerdi jalǵaw imkanıyatınıń barlıǵı;

- klientlerdiń sorawlarına ruqsat etilgen dárejedeǵi tezlikte juwap beriw;

- iskerliktiń joqarı dárejedeǵi isenimliliǵı.

İdeal magistral rawajlangan basqarıw sistemasına iye bolıwı zárúr. Magistraldıń basqarıwı degende onıń barlıq jergilikli ózine tánligine muwapıq túrde konfiguraciyalanıwı, isenimliliǵı onıń ayırım bólimleri isten shıqqan jaǵdayda serverlerdiń jumıs iskerligi saqlanıw qalınatıwın dárejede bolıwın támiyinlew túsiniledi.

Magistralda paydalanılıwı múmkin bolǵan birneshe tarmaq texnologiyaları (Fast Ethernet, Gigabit Ethernet, FDDI, ATM) bar. Paydalanıw ushın texnologiyanı tańlaw máselesi úskeneriń bahası hám xızmet kórsetiwshi xızmetkerlerdi oqıtıw qarjıları, ornatıw hám sazlawdıń ápiwayılıǵı, isletiwdeǵi isenimlilik hám de úziliw hám buzılıwlarǵa qarsı turaqlılıq sıyaqlılar tiykarında sheshiledi.

Tarmaqta maǵlıwmatlardı rezerv nusqalaw. Tarmaqta maǵlıwmatlardı elektr támiynatı, kabel sisteması, tarmaq úskenesi, EEM-lardıń úzilip qalıwı yaqı tutınıwshılardıń qátelikleri sebepli joǵalıw mashqalasınıń sheshimi maǵlıwmatlardı rezerv nusqalaw esaplanadı.

Lokal tarmaqta rezerv nusqalaw sistemasin qurıw ushın tómendegilerdi anıqlap alıw zárúr:

- rezerv tasıwshılarda saqlanıwshı xabardıń kólemi fayllar sanı;

- ol yaqı bul xabardıń joǵalıwı. Sebebi hár qıylı fayllar hár qıylı xabar bahasına iye boladı.

Rezerv nusqalawdı keshki saatlarda yaqı dem alıw kúnleri ámelge asırıw lazım. Rezerv nusqalaw baǵdarlamasınan korporativ tarmaqta paydalanıwshı barlıq (bir jınıslı yaqı geterogen) tiptegi serverler hám stolda jaylastırılıwshı PEEMlardı qollap-quwatlaw talap etiledi. Lokal tarmaqtıń barlıq serverleri hám jumısshı stanciyalarda maǵlıwmatlardı saqlaw boyınsha barlıq jumıslardı qánigelestirilgen arxiv serveriniń orınlawı maqsetke muwapıq emes.

Rezerv nusqalaw sisteması tómendegi imkanıyatlardı da támiyinlewı zárúr:

- keń spekterdeǵi server platformalar (NetWare, Windows, Unix) hám jumısshı stanciyalarınń operaciyalıq sistemaların (DOS, Windows, Unix) qollap-quwatlaw;

- rezerv nusqalaw procedurasın belgilengen grafik, arxiv serveri yaki klienttiń sorawı boyınsha iske túsiriw;
- arxiv serverin ánsat sazlaw;
- nusqalaw turleriniń hár qıylılıǵı: tolıq, jetilistiriliwshi, arxiv;
- rezerv nusqalaw jurnal faylların júritiw.

Baqlaw sorawları

1. ADBSda qanday maǵlıwmatlar paydalanıladı?
2. Maǵlıwmatlardıń qanday túrleri bar?
3. Maǵlıwmatlar qanday túrde alınadı, uzatıladı, qayta islenedi hám paydalanıladı?
4. ADBSniń faktorları nelerden ibarat?
5. ADBS quramına neler kiredi?
6. Operativ xabar-basqarıw kompleksi ne? Onıń quramı hám wazıypaları nelerden ibarat?
7. EESniń jaǵdayın jobalastırıw ne? Onıń maqset hám wazıypaları nelerden ibarat?
8. EESniń jaǵdayın waqıt hám aymaq boyınsha basqarıw basqıshlarınıń wazıypaları nelerden ibarat?
8. Qanday múddetlerge rejelestiriwler ámelde qollanıladı? Olardıń xarakterli qásiyetleri nelerden ibarat?
9. Xabar hám xabar támiynatı túsiniqlerine anıqlama berin.
10. EESni basqarıwda xabardıń áhmiyeti nelerden ibarat?
11. EESni basqarıwda xabardıń qanday túrlerinen paydalanıladı hám olar qanday alınadı?
12. EESni basqarıwda xabardı uzatıwdıń qanday túrleri bar? Olar qanday xarakterlenedi?
13. ADBSda basqarıw máselelerin sheshiwde ushıraytuǵın tiykarǵı teoriyalıq hám metodikalıq qıyınshılıqlar nelerden ibarat?
14. Dispatcherlik basqarıwı ierarxıyasına kóre sub'ektlerdiń operativ xabar-basqarıw kompleksleri ortasında baylanıs qanday shólkemlestiriledi?
15. Baylanıstı qurawshı birlemshi hám ekilemshı tarmaqlar quramına neler kiredi?
16. Telexabar tarmaǵı ne? Onıń kemshilikleri hám jetilistiriwdiń tiykarǵı baǵdarları nelerden ibarat?
17. Elektr energiya tutınıwınıń baqlanıwı hám basqarıwın avtomatlastırılǵan sisteması (ETBBAS) ne? Ol ne ushın xızmet etedi?

18. ETBBASniń energetika obyektindegi texnikalıq quralları kompleksine neler kiredi?
19. ADBS OABKniń strukturasını túsindirin.
20. ADBS OABKniń texnikalıq qurallarına neler kiredi?
21. Oraylıq qabıllaw-uzatıw stanciyası ne? Onıń wazıypaları hám jetilistiriwdiń tiykarǵı baǵdarları nelerden ibarat?
22. Oraylıq magistral ne? Ol ne ushın kerek?
23. Maǵlıwmatlardı qorǵa nusqalaw ne ushın talap etiledi? Ol qalay ámelge asırıladı?

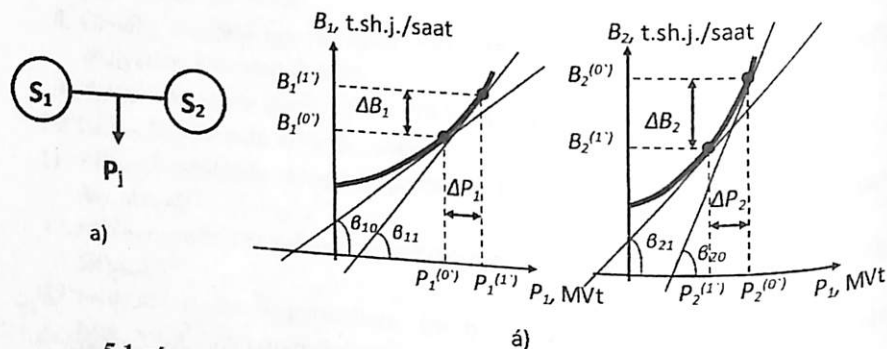
5. ENERGETIKA SISTEMASI JAĞDAYIN TARMAQTAĞI İSIRAPLARDI ESAPQA ALMASTAN OPTİMALLAW

5.1. Energetika sisteması jüklemesin jıllılıq elektr stanciyaları ortasında optimal bölistiriw

Energetika sisteması jüklemesin elektr stanciyaları ortasında optimal bölistiriw másesiniń áhmiyetin túsiniw ushın ápiwayı mısál kórip ótemiz.

Ápiwayılıq ushın JESniń eki blokı bir ulıwma jüklemegе islep atırǵan jaǵdaydı kórip ótemiz (5.1a-súwret). Ulıwma jüklemeni eki JES ortasında optimal bölistiriw másesinde bloklar ornında ózleriniń sáykes energetikalıq xarakteristikaları menen JESlar qatnasadı.

Bloklardıń janılǵı sarplanıwı xarakteristikaları tegis (kvadratlıq) bol-sın. Bul xarakteristikalar 5.1b-súwrette keltirilgen bolıp, ordinata kósherinde bir saat dawamındaǵı shártli janılǵı jumsalıwı, abscissa kósherinde bolsa bloktıń jüklemesi (yaǵnıy beriwshi aktiv quwatlıǵı) súwretlengen.



5.1-súwret. Ulıwma jüklemeni JES blokları ortasında bölistiriw.
a – energetika sistemasınıń ekvivalent sxeması; á – JESlardıń jüklemeleri boyınsha janılǵı jumsalıwın anıqlaw.

Bloklardıń P_1 hám P_2 quwatlıqları jıyındısı jükleme quwatlıǵı P_n ǵa teń bolıwı zárúr:

$$P_1 + P_2 = P_n$$

Baslanǵısh jaǵdayda bloklardıń quwatlıqları $P_1^{(0)}$ hám $P_2^{(0)}$ bolıp, sarplanıw xarakteristikaları boyınsha olarǵa $B_1^{(0)}$ hám $B_2^{(0)}$ janılǵı sarplanıwı sáykes keledi. Bul bölistiriliwdiń únemiligin anıqlaw ushın 1-blok quwatlıǵın $\Delta P_1 = \Delta P$ ǵa asırıp hám 2-blok quwatlıǵın usı muǵdarǵa kemeytip ózgertermiz, yaǵnıy

$$P_1^{(1)} = P_1^{(0)} + \Delta P$$

$$P_2^{(1)} = P_2^{(0)} - \Delta P$$

$$P_1^{(1)} + P_2^{(1)} = P_n$$

Bunday qayta bölistiriw nátiyjesinde birinshi blokta sarplanıwshı shártli janılǵı muǵdarı ΔB_1 ǵa asıp, ekinshi blokta sarplanıwshı shártli janılǵı muǵdarı ΔB_2 ge kemeydi. Bul jerde $\Delta B_1 < \Delta B_2$, yaǵnıy ulıwma jüklemeniń qayta bölistiriliwi nátiyjesinde ekonom qarjıǵa salıstırǵanda úlken bolǵanlıǵı sebepli ekinshi jaǵday ekonomikalıq jaqtan únemli esaplanadı.

Álbette, nátiyjelik ekonomikalıq qayta bölistiriliwdi alıw ushın bloklar quwatlıqların qabıllanǵan baǵdarda ózgerтип barıw zárúr. Bul proces-ti $\Delta B_1 = \Delta B_2$ shárt orınlanǵanǵa shekem dawam ettiriw lazım.

$\Delta P_1 = \Delta P_2$ bolǵanlıǵı sebepli bul eki shártlerdi ulıwma jaǵdayda tómendegishe anlatıw múmkin:

$$\frac{\Delta B_1}{\Delta P_1} = \frac{\Delta B_2}{\Delta P_2} \quad \text{yaki} \quad tg \beta_1 = tg \beta_2$$

Joqarıdaǵı qatnastıń ΔP_i nolǵa umtılǵandaǵı limiti, yaǵnıy

$$\lim_{\Delta P_i \rightarrow 0} \frac{\Delta B_i}{\Delta P_i} = \frac{dB_i}{dP_i} = b_i$$

$i \rightarrow$ blokda janılǵı sarpınıń salıstırmalı ósiwi (salıstırmalı ósiw) dep júrgiziledi.

Solay etip, júklemenin ekonomikalıq bólistiriliw shártı bolıp quwatlıq balansı támiyinlengen jaǵdayda salıstırmalı ósiwlerdin teńligi esaplanadı:

$$\frac{dB_1}{dP_1} = \frac{dB_2}{dP_2} \quad \text{yaki} \quad b_1 = b_2$$

Eger bloklar túrli bahadaǵı janıǵılarda islep atırǵan bolsa, ol jaǵdayda ekonomikalıq shártı (jámi qarjılardıń minimallıǵı) tómendegi kóriniste ańlatıladı:

$$c_1 b_1 = c_2 b_2 \quad (5.2)$$

Bul jerde c_i – i - blokta jaǵılıwshı janıǵımın bahası. Ekonomikalıq kriteriyası (5.1) n (balans támiyinlengen jaǵdayda) jámi janıǵı jumshalıwınıń minimallıǵı shártinen paydalanıp, matematikalıq jol menen de payda etiw múmkin:

$$B = B_1(P_1) + B_2(P_2) \rightarrow \min \quad (5.3)$$

$$W = P_1 + P_2 = P_n \quad (5.4)$$

(5.4) shárt bar bolǵanda (yaǵnıy onı esapqa alıp) maqset funkciyası (5.3) nı minimallastırıwdı tómendegi Lagranj funkciyasınıń ekstremumın (stacionar noqatı) tabıw arqalı ámelge asırıw múmkin:

$$L = B + \mu W = B_1(P_1) + B_2(P_2) + \mu(P_1 + P_2 - P_n) \rightarrow \min \quad (5.5)$$

$$\frac{\partial L}{\partial P_1} = \frac{\partial B_1}{\partial P_1} + \mu \frac{\partial W}{\partial P_1} = \frac{\partial B_1}{\partial P_1} + \mu = b_1 + \mu = 0 \quad (5.6)$$

$$\frac{\partial L}{\partial P_2} = \frac{\partial B_2}{\partial P_2} + \mu \frac{\partial W}{\partial P_2} = \frac{\partial B_2}{\partial P_2} + \mu = b_2 + \mu = 0 \quad (5.7)$$

(5.4), (5.6) hám (5.7) teńlemelerin birgelikte alıp, sistema etip sheshiw barlıq belgisizler, yaǵnıy P_1, P_2 m lardı tabıw imkanın beredi. Bi-

raq bunda mashqalalar payda bolıwı múmkin, sebebi bloklardıń sarp-lanıw xarakteristikaları $B_i = f_i(P_i)$, ádette, úzik yaki sınıq sızıqlı xarakterde boladı. Bul xarakteristikalar dı analitikalıq kóriniste ańlatıw hám olar menen islew olardı joqarı dárejeli algebralıq polinomlar menen approksimaciyalawdı kózde tutadı. Sol sebepli qoyılǵan máseleni sheshiw, ulıwma jaǵdayda, joqarı dárejeli hám úlken ólshemli iymek sızıqlı teńlemeler sistemasın sheshiw hám onnan kelip shıǵıwshı qıyınshılıqlar menen baylanıslı.

Basqasha interpretaciya (kóriniste) máseleniń sheshiliwin ápiwayılastırıw múmkin.

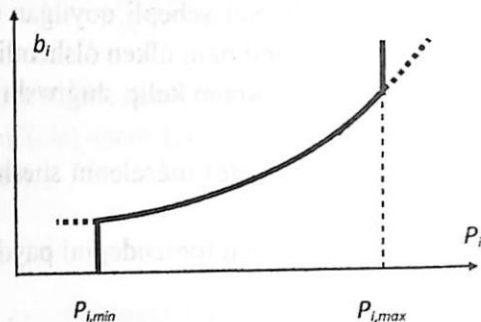
(5.4), (5.6) hám (5.7) teńlemelerden tómendegini payda etemiz:

$$\begin{cases} b_1 = b_2 = -\mu, \\ P_1 + P_2 = P_n. \end{cases} \quad (5.8)$$

(5.8) tiykarında júkleme quwatlıǵın eki blok ortasında optimal bólistiriwdi kórip ótemiz. 1- hám 2-bloklardıń salıstırmalı ósiw xarakteristikaları (SÓX) berilgen bolsın. Bloklar ushın ulıwma bolǵan salıstırmalı ósiw $b_c = b_1 = b_2$ ushın túrli mánislerdi qabıllap sáykes P_1, P_2 lerdı tabıw hám $P_1 + P_2$ lerdı esaplaw tiykarında $b_c = f(P_1 + P_2)$ baylanısın kóremiz. Bul baylanıs boyınsha P_n nıń hárqanday mánisi ushın sáykes $b_c = b_1 = b_2$ lerdı hám bloklardıń SÓXları boyınsha ekonomikalıq bólistirilgen P_1 hám P_2 lerdı tabıwımız múmkin. Bular tiykarında 1- hám 2-bloklardıń ekonomikalıq júkleme grafikleri anıqlanadı. Ekvivalent SÓXnı payda etiw ushın bloklardıń SÓXlarında berilgen barlıq noqatlardı itibarǵa alıw tiyis.

Kórip shıǵılǵan usıl teńlemeler sistemasın sheshpesten bólistiriw imkanın berip, ol tikkeley yaki salıstırmalı ósiwlerdin teńligi usılı dep júrgiziledi. Usı usıl basqalarınan júdá ápiwayılıǵı menen ajırılıp turadı. Bunnan basqa bul usılda energetikalıq xarakteristikalar daǵı bar úzilisler qıyınshılıqsız esapqa alınadı. Sonday-aq blok hám stanciyalardıń minimal hám maksimal quwatlıqları boyınsha shegaralıq shártler ańsat – xarakteristikalıq tosıq kirgiziw arqalı esapqa alınadı. Bloklardıń quwatlıqtı asırıw hám kemeytiw tezligi boyınsha shegaralıq shártler de usı usılda ańsat itibarǵa alınadı.

Blok yaki stanciyaniń minimal hám maksimal quwatlıqları boyınsha shegaralıq shártlerdi esapqa alıwdıń tosıqlar usılında SÓX 4.2-súwrette súwretlengen kóriniste qayta islenedi. Keyingi optimallaw qayta islewde payda bolǵan SÓXlar boyınsha ámelge asırıladı.



5.2-súwret. Stanciyaniń salıstırmalı ósiw xarakteristikasınıń shegaralıq minimal hám maksimal quwatlıqlardı esapqa alıp qayta islew.

JESniń eki blokı ushın jazılǵan optimallıq shárti (5.8) N jıllılıq bloklarınıń parallel islegen jaǵdayları ushın ańsat ulıwmalastırıladı:

$$\begin{cases} b_1 = b_2 = \dots = b_N = -\mu, \\ P_1 + P_2 + \dots + P_N = P_n. \end{cases} \quad (5.9)$$

Aqırǵı (5.9) shártti orınlanıwın támiyinlew joqarıdaǵı tartipte ámelge asırıladı. Ol, sonday-aq, JESlar toplamı ushın da ańsat ulıwmalastırıladı. Bunda hárbir JES ondaǵı óz aldına bloklardıń SÓXların qosıw arqalı payda etiliwshi ekvivalent SÓX menen súwretlenedi.

Júklem qıwatlıǵın eki blok ortasında optimal (ekonomikalıq) bólistiriw shártin ulıwmalastırıw ushın tek alınǵan nátiyje haqıyqat-tan da minimum qarjını támiyinlewın anıqlaw qalmaqta. Ekinshi tar-tipli tuwındınıń belgisin analizlew bunı ańsat anıqlaw imkanın bere-di. Eger

$$\frac{d^2 B}{d P_i^2} = \frac{d b_i}{d P_i} > 0$$

5.10)

bolsa, $b_i = f_i(P_i)$ baylanıs tegis bolǵan jaǵdayda maqset funkciyasınıń mi-nimallıǵı támiyinlenedi.

Real elektr eneketika sistemalarında optimallaw máselesin she-shiwde barlıq stanciyalardıń da júklemeleri belgisizler sıpatında qatna-spaydı. EES júkleme grafiginıń bazasında islewshi retlenbeytuǵın AES, JEO hám GESlar sáykes tıyinlerdegi teris júklemeler menen almastırı-lıwı múmkin. Júkleme grafiginıń ózgerip turıwshı bóliminde qatnasıw-shı elektr stanciyaları esaplıq stanciyalar dep júrgiziledi.

5.2. Energetika sistemasınıń júkleme grafigin JES hám GES járdeminde optimal qaplaw

Bir JES hám bir GES ulıwma júkleme P_n ge islewshi ápiwayı mısál-dı kórip ótemiz. JESniń sarplanıw xarakteristikası tegis bolǵanda onıń iymekligi (sarplanıwdıń salıstırmalı ósiwi) quwatlıq asqan sayın artıp baradı. Sáykes jaǵdayda, JES úlken quwatlıqlarda óz quwatlıǵın jáne de arttırıw ushın kishi quwatlıqlarǵa salıstırǵanda kóp muǵdardaǵı janılǵını jumsaydı. Solay etip, suw saqlaǵıshlarda sheklengen muǵdardaǵı suw qorına iye bolǵan GES júkleme maksimal bolǵan jaǵdayda, tiykarınan maksimal quwatlıq penen islewı maqsetke muwapıq esaplanadı. Bunday maksimal júkleme sharayatlarında GES maksimal quwatlıq penen isle-gewi sebepli JESniń quwatlıǵı kemeyip, janılǵı jumsalıwı salıstırmalı ósiwiniń kishi bolǵan zonasında isleydi, natiyjede retlew cikli (máse-len, sutka) dawamındaǵı ulıwma janılǵı jumsalıwı kemeyedi.

Bul másele matematikalıq kóriniste tómendegishe ańlatıladı. Júk-leme grafigin JES hám GES ortasında sonday bólistiriw kerek, JESda sutka dawamında janılǵı sarplanıwı minimal bolsın, yaǵnıy

$$B = \sum_{t=1}^{24} B^{(t)}(P_T^{(t)}) \rightarrow \min \quad (5.11)$$

támiynlensin.

Shegaralıq shártler sutkaniń hárbir saattı ushın aktiv quwatlıq balans-ları (24 ta teńleme)

$$W^{(t)} = P_T^{(t)} + P_G^{(t)} - D_H^{(t)} = 0 \quad (5.12)$$

hám GESda sutka dawamındaǵı suw sarıp boyınsha

$$\varphi = \sum_{t=1}^{24} Q^{(t)}(P_G^{(t)}) - Q_z = 0 \quad (5.14)$$

bolıp, Bul jerde Q_z – sutka dawamında GESda paydalanılıwı tiyis bolǵan suw muǵdarı; $Q^{(t)}$ – sutkanıń t – saatı dawamında GESda sarplanıwshı suw muǵdarı ($t = 1, 2, \dots, 24$).

GESda sutka dawamındaǵı suw sarplanıwı funkciyası onıń barlıq saatlardaǵı quwatlıqlarınıń funkciyası esaplanganı sebepli (5.13) shegaralıq shárt integral shegaralıq shárt dep júrgiziledi. Sebebi, GESda sutka dawamındaǵı suw jumsalıwı funkciyasınıń sutka dawamındaǵı, yaǵnıy waqıttıń 0-24 saatlar aralıǵındaǵı integralı esaplanadı.

Joqarıda kórip ótilgen jaǵdaydaǵı sıyaqlı (5.11) ni (5.12) hám (5.13) shegaralıq shártlerdi esapqa alıp minimallastırıw tómendegi Lagranj funkciyasın minimallastırıwǵa keltiriledi:

$$L = B + \sum_{t=1}^{24} \mu^{(t)} W^{(t)} + \lambda \varphi \rightarrow \min \quad (5.14)$$

Lagranj funkciyasınıń minimallıǵı tómendegi shárt orınlanganda támiyinlenedi:

$$\begin{cases} \frac{\partial L}{\partial P_T^{(t)}} = 0, & t = 1, 2, \dots, 24; \\ \frac{\partial L}{\partial P_G^{(t)}} = 0, & t = 1, 2, \dots, 24; \\ \frac{\partial L}{\partial \mu^{(t)}} = 0, & t = 1, 2, \dots, 24; \\ \frac{\partial L}{\partial \lambda} = 0. \end{cases} \quad (5.15)$$

Ulıwma, payda bolǵan 73 belgisiz ($24 P_T, 24 P_G, 24 \mu$ teńlemelerdi tómendegi anıǵıraaq kóriniste jazamız:

$$\begin{cases} \frac{\partial L}{\partial P_T^{(t)}} = b^{(t)} + \mu^{(t)} = 0, & t = 1, 2, \dots, 24; \\ \frac{\partial L}{\partial P_G^{(t)}} = \lambda \cdot \frac{\partial Q}{\partial P_G^{(t)}} + \mu^{(t)} = \lambda q^{(t)} + \mu^{(t)} = 0, & t = 1, 2, \dots, 24; \\ \frac{\partial L}{\partial \mu^{(t)}} = P_T^{(t)} + P_G^{(t)} - P_H^{(t)} = 0, & t = 1, 2, \dots, 24; \\ \frac{\partial L}{\partial \lambda} = \sum_{t=1}^a Q^{(t)}(P_G^{(t)}) - Q_z = 0. \end{cases} \quad (5.16)$$

Bunnan tómendegi optimallıq shártin payda etemiz:

$$\begin{cases} b^{(t)} = \lambda q^{(t)}, & t = 1, 2, \dots, 24; \\ P_T^{(t)} + P_G^{(t)} = P_H^{(t)}, & t = 1, 2, \dots, 24; \\ \sum_{t=1}^a Q^{(t)}(P_G^{(t)}) = Q_z. \end{cases} \quad (5.17)$$

Solay etip, optimallıq shárti bolıp hárbir saatta aktiv quwatlıq balansı hám GESda sutka dawamında ulıwma suw jumsalıwınıń usı sutka ushın berilgen mánisine teń bolǵan jaǵdayda hárbir saat ushın JESda janılǵı jumsalıwı salıstırmalı ósiwiniń GESda suw jumsalıwı salıstırmalı ósiwin belgisiz Lagranj kóbeytiwshisi λ ge kóbeymesine teń bolıwı esaplanadı.

λ kóbeytiwshiniń mánisin anıqlaymız. Kórip ótilip atırǵan jaǵdayda $\Delta P_T = \Delta P_G$ ekanligin itibarǵa alıp, (5.17) deǵı 1-teńlemeden

$$\lambda = \frac{b}{q} = \frac{\frac{\partial B}{\partial P_T}}{\frac{\partial Q}{\partial P_G}} = \frac{\frac{\Delta B}{\Delta P_T}}{\frac{\Delta Q}{\Delta P_G}} = \frac{\Delta B}{\Delta Q} \quad (5.18)$$

ni payda etemiz. Bunnan kórinedi, λ GESdağı suw sarplanıwınıń JESdağı janılgı jumsalıwına ekvivalenti esaplanadı. Basqasha aytqanımda, bul koefficient GESda suw sarplanıwınıń bir birlikke artıwı nátiyjesinde JESda qansha muǵdarda janılgı únemleniwın kórsetedi.

λ nıń san mánisin biliw GESnı ekvivalent JES kórinisine keltiriw imkannı beredi. Bunda GESnıń energetikalıq xarakteristikasını λ ǵa kóbeytip, ol esaplaw kózqarasınan ekvivalent JESǵa keltiriledi hám keyingi bólistiriw tap eki JES ortasında bólistirgenligindey ámelge asırıladi. Solay etip, usı jaǵdayda da tikkeley (salıstırmalı ósiwlerdiń teńligi) usılın qollarıw imkanıyatı payda boladı.

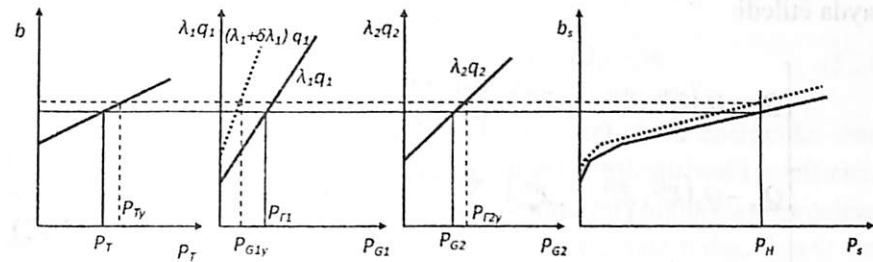
λ koefficienttiń mánisin anıqlaw júdá áhmiyetli másele esaplanadı. Ol tańlaw jolı menen ámelge asırılıwı múmkin. Bunıń ushın onıń baslanǵısh mánisi $\lambda^{(0)}$ qabıllanadı. GESnıń esaplıq xarakteristikası sıpatında $\lambda^{(0)}q$ dı qabıllap, júklemeniń sutkalıq grafigin JES hám GES ortasında optimal bólistiremiz. GESnıń saatlar boyınsha tabılǵan quwatlıqlarınan paydalanıp, saatlar boyınsha onda suw sarplanıwı hám olardı qosıp, sutka boyınsha ulıwma suw jumsalıwı $Q^{(0)}$ dı anıqlaymız. $\lambda^{(0)}$ qálegen yaqı shama menen qabıllanǵanı sebepli bunda anıqlanǵan $Q^{(0)}$ berilgen Q dan úlken yaqı kishi bolıwı múmkin. λ nıń mánisin basqasha qabıllap, bunday esaplaw procesin qaytalawdı $Q = Q^*$ shárt qabıllanǵan anıqlıqta orınlanǵansha dawam ettiriw tiyis. Eger esaplaw procesinde $Q = f(\lambda)$ baylanıs qurılıp, onnan paydalanılsa, λ nı anıqlaw procesi tezlesedi.

5.3. Energetika sistemasınıń júkleme grafigin kóplep JES hám GESlar járdeminde optimal qaplaw

Aldıńǵı paragrafda kórip ótilgen energetika sistemasınıń júkleme grafigin bir JES hám bir GES járdeminde optimal qaplaw máselesindegi sıyaqlı quramında optimallawda qatnasıwshı n JES hám m GES járdeminde júkleme grafigin optimal qaplaw máselesi ushın tómendegi optimallıq shártin payda etemiz:

$$\begin{cases} b_1^{(t)} = b_2^{(t)} = \dots = b_n^{(t)} = \lambda_1 q_1^{(t)} = \lambda_2 q_2^{(t)} = \dots = \lambda_m q_m^{(t)} = -\mu^{(t)}, & t = 1, 2, \dots, 24; \\ P_{T1}^{(t)} + P_{T2}^{(t)} + \dots + P_{Tn}^{(t)} + P_{G1}^{(t)} + P_{G2}^{(t)} + \dots + P_{Gm}^{(t)} - P_H^{(t)} = 0, & t = 1, 2, \dots, 24; \\ Q_j - \sum_{i=1}^n Q_j^{(i)}(P_{fi}^{(t)}) = 0, & j = 1, 2, \dots, m. \end{cases} \quad (5.19)$$

Usı jaǵdayda da belgisiz Lagranj kóbeytiwshileri sanalǵan λ koefficientlerdi anıqlaw ushın, ulıwma, aldınǵı paragrafda kórip ótilgen usıl qollanıladi. Sutkalıq júkleme grafigin qaplawda kóplep suw muǵdarı berilgen GESlar qatnasqan jaǵdayda hárbir GESda suw jumsalıwınıń esaplanıwshı mánisi barlıq GESlardıń λ koefficientleriniń funkeiyası bolıp qaladı. Buǵan energetika sistemasınıń júkleme grafigin bir JES hám eki GES járdeminde optimal qaplaw mısallın kórip ótiw arqalı anısat ǵana isenim payda etiwimiz múmkin (5.3-súwret).



5.3-súwret. Júkleme grafigin bir JES hám eki GES járdeminde optimal qaplaw.

Koefficientlerdiń dáslepki mánisleri λ_1 hám λ_2 da GESlarda esaplanǵan suw sarplanıwı Q_1 hám Q_2 dı quraydı. λ lardan biriniń turaqlı bolǵan jaǵdayında basqasınıń ózgeriwi, máselen λ_1 ni $\delta\lambda_1$ ǵa ózgeriwi, summalıq salıstırmalı ósiw xarakteristikasını hám buǵan sáykes jaǵdayda quwatlıqtı barlıq stanciyalarǵa bólistiriliwiniń ózgeriwine alıp keledi. Bunday jańasha bólistiriwge sáykes túrde GESlar suw sarplanıwı da jańacha Q_{1y} hám Q_{2y} boladı.

Solay etip, ulıwma jaǵdayda

$$Q_j = f_j(\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_m), \quad j = 1, 2, \dots, m \quad (5.20)$$

funkeiya ámel etedi. Barlıq GESlar ushın λ lardı anıqlaw tómendegi teńlemeler sistemasın sheshiwdi talap etedi:

$$\begin{cases} Q_{1z} - Q_1(\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_m) = 0, \\ Q_{2z} - Q_2(\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_m) = 0, \\ \dots \dots \dots \\ Q_{mz} - Q_m(\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_m) = 0. \end{cases} \quad (5.21)$$

Bul teńlemeler sisteması iymek sıızılı xarakterde. Onı sheshiwdiń qolay usıllarınan biri Nyuton-Rafson usılı. Ol boyınsha aldın barlıq belgisiz koefficientler ushın baslanğısh mánisler $\lambda_1^{(0)}, \lambda_2^{(0)}, \dots, \lambda_m^{(0)}$ qabıllanıp, (5.21) sistemadağı barlıq funkciyalar koordinataları koefficientlerdiń baslanğısh mánisleri menen belgileniwshi noqat átirapında Teylor qatarına jayıladı. Payda bolıwshı qatardıń sıızılıq qurawshıları menen shekle-niw arqalı tómendegi kórinistegi sıızılıq algebralıq teńlemeler sisteması payda etiledi:

$$\begin{cases} Q_{1z} - Q_1(\lambda_1^{(0)}, \lambda_2^{(0)}, \dots, \lambda_m^{(0)}) - \sum_{i=1}^m \left(\frac{\partial Q_1}{\partial \lambda_i} \right)^{(0)} \cdot \Delta \lambda_i^{(1)} = 0, \\ Q_{2z} - Q_2(\lambda_1^{(0)}, \lambda_2^{(0)}, \dots, \lambda_m^{(0)}) - \sum_{i=1}^m \left(\frac{\partial Q_2}{\partial \lambda_i} \right)^{(0)} \cdot \Delta \lambda_i^{(1)} = 0, \\ \dots \dots \dots \\ Q_{mz} - Q_m(\lambda_1^{(0)}, \lambda_2^{(0)}, \dots, \lambda_m^{(0)}) - \sum_{i=1}^m \left(\frac{\partial Q_m}{\partial \lambda_i} \right)^{(0)} \cdot \Delta \lambda_i^{(1)} = 0. \end{cases} \quad (5.22)$$

Qolaylıq ushın

$$\Delta Q_j^{(0)} = Q_j - Q_j(\lambda_1^{(0)}, \lambda_2^{(0)}, \dots, \lambda_m^{(0)}) \quad (5.23)$$

belgilewin kirgizip, (5.22) teńlemeler sistemasın tómendegishe kóriniste añlatıw múmkin:

$$\sum_{i=1}^m \left(\frac{\partial Q_j}{\partial \lambda_i} \right)^{(0)} \cdot \Delta \lambda_i^{(1)} = \Delta Q_j^{(0)}, \quad j = 1, 2, \dots, m \quad (5.24)$$

Aqırğı teńlemeni ulıwma jaǵdayda k - iteraciya ushın

$$\sum_{i=1}^m \left(\frac{\partial Q_j}{\partial \lambda_i} \right)^{(k-1)} \cdot \Delta \lambda_i^{(k)} = \Delta Q_j^{(k-1)}, \quad j = 1, 2, \dots, m \quad (5.25)$$

kóriniste súwretlew múmkin.

Eger $\lambda_i^{(k-1)} = (\lambda_1^{(k-1)}, \lambda_2^{(k-1)}, \dots, \lambda_m^{(k-1)})$ noqatta jeke tuwındılar $\left(\frac{\partial Q_j}{\partial \lambda_i} \right)^{(k-1)}$ hám sáykes suw balans teńlikleri $\Delta Q_j^{(k-1)} = (\Delta Q_1^{(k-1)}, \Delta Q_2^{(k-1)}, \dots, \Delta Q_m^{(k-1)})$ niń mánisleri belgili bolsa, ol jaǵdayda teńlemeler sisteması (5.25) ni sheship, $\Delta \lambda_i^{(k)} = (\Delta \lambda_1^{(k)}, \Delta \lambda_2^{(k)}, \dots, \Delta \lambda_m^{(k)})$ lardı tabıw arqalı λ_j niń gezektegi iteraciyaadaǵı mánisi tómendegishe tabıladı:

$$\lambda_i^{(k)} = \lambda_i^{(k-1)} + \alpha \cdot \Delta \lambda_i^{(k)}, \quad j = 1, 2, \dots, m \quad (5.26)$$

Bul jerde α – racional mánisi hárbir konkret elektr energetika sisteması ushın tájiriye jolı menen anıqlanıwshı tezlestiriwshi koefficient. Ádette, onıń mánisi iteraciya procesiniń monoton jaqınlasıwı bayqalǵanda $1 < \alpha < 2$ aralıqta, terbeliwshi iteraciya procesinde bolsa, $0 < \alpha < 1$ aralıqta qabıllanadı.

(5.20) kórinisindegi baylanıs analitikalıq kóriniste bolmawı sebepli usı tártiptegi iteraciya procesinde eń quramalı bólim bolıp $\left(\frac{\partial Q_j}{\partial \lambda_i} \right)$ matri-

canıń elementlerin tabıw esaplanadı. Ulıwma, olardıń mánislerin hárbir iteraciyaada kishi arttırmalar usılında tabıw múmkin. Bunda j – shı GES koefficienttiń mánisine kishi arttırma $\delta \lambda_j$ beriw arqalı qayta bólistiriw-di ámelge asırıp, matricanıń j - shı baǵanasınıń mánisleri esaplanadı.

Bunday tartipte belgisiz Lagranj kóbeytiwshilerin tabıw kóp kólem-degi quramalı ámellerdi orınlawdı talap etedi. Iteraciya procesiniń hár-bir adımında ulıwma jaǵdayda m márte júkleme grafigin qaplaw máse-lesi sheshiledi. Eger sutkalıq júkleme grafigin qaplawdıń juwmaqlawshı optimal nátiyjesin payda etiw ushın N iteraciyanı orınlaw talap etilse, ol jaǵdayda energetika sisteması júkleme grafigin kóplep JES hám GESlar járdeminde qaplaw máselesin sheshiwde orınlanıwshı ámeller kólemi júkleme grafigin $N(m+1)$ márte qaplaw menen baylanışlı boladı. Sol sebepli usı kóbeytiwshilerdi esaplawdıń jeke tuwındıları kishi arttır-malar usılında anıqlawǵa tiykarlangan usılları quramında onsha GES

bolmağan energetika sistemaların jaǵdayların optimallawda únemli qollanılıwı múmkin.

Usı bayan etilgen algoritmda jeke tuwındılardı esaplaw úlken kólemdegi ámellerdi orınlawdı talap etiwı menen birqatar tar jaqınlasıw tarawına iyeligi hám baslanǵısh mániske júdá sezgirliǵı sıyaqlı kemshiliklerge iye. Real elektr energetika sistemaları ushın $Q = f(\lambda)$ baylanıslardıń spesifik kóriniske iyeligi – elektr stanciyalarınń energetikalıq xarakteristikalarınń úzlikliligi menen baylanıslı túrde kóplep gorizont-alawısıw ushastkalarınń barlıǵı tez-tez iteraciya procesiniń uzaqlasıwına alıp keledi. Bunday qıyınshılıqlar tómende keltirilgen usıllardı qollanıw tiykarında saplastırılıwı múmkin.

5.4. Quramında JES hám GES bolǵan energetika sistemaların jaǵdayların optimallawda λ koefficientin anıqlaw

Joqarıda kórip ótilgendey, energetika sistemasınıń júkleme grafigin JES hám GES járdeminde optimal qaplaw máselesin sheshiwde tiykarǵı qıyınshılıq λ koefficientin anıqlawdıń birqatar usılları bar. Olardan urınbalar usılınıń mánisi menen tanısamız.

Esaplaw kózqarasınan GESda sutkalıq suw sarplanıwı λ nıń funkciyası esaplanadı. Bunday jaǵdayda λ nı tabıw ushın

$$F = Q_z - Q(\lambda) = 0$$

kórinisindegi teńlemenı sheshiw zárúr boladı.

Bul teńlemenı urınbalar usılında sheshiw ushın $\lambda^{(0)}$ nıń baslanǵısh mánisin qabıllap, F funkciyasın bul noqat átirapında Teylor qatarına jaıyamız. Jayıwdıń sıızıqlı qurawshıları menen sheklenip,

$$(Q_z - Q^{(0)}) - \frac{\partial Q^{(0)}}{\partial \lambda} \cdot \Delta \lambda = 0$$

yaki

$$(Q_z - Q^{(0)}) - \frac{\partial Q^{(0)}}{\partial \lambda} \cdot \Delta \lambda = 0$$

hám $Q_z - Q^{(0)} = \Delta Q^{(0)}$ ekenligin názerde tutıp,

(5.28)

$$\Delta \lambda^{(1)} = \frac{\Delta Q^{(0)}}{\frac{\partial Q^{(0)}}{\partial \lambda}} \quad (5.29)$$

nı anıqlaymız. λ nıń gezektegi adımdaǵı mánisin tómendegishe tabamız:

$$\lambda(1) = \lambda^{(0)} + \Delta \lambda^{(1)}. \quad (5.30)$$

Sol tárizdegi izbe-iz jaqınlasıw procesi (5.27) teńlik jeterlishe anıqlıqta orınlanǵansha dawam ettiriledi.

$Q = f(\lambda)$ baylanıstıń analitikalıq anılatpası joq. Sol sebepli λ nıń gezektegi iteraciyaadaǵı mánisin (5.29) boyınsha tikkeley anıqlaw múmkin emes. Bunday jaǵdaylarda sanlı differenciallaw usılınnan paydalanıwımız múmkin. Bunıń ushın baslanǵısh $\lambda^{(0)}$ da GESnıń sutkalıq júkleme grafigin anıqlaw tiykarında $Q^{(0)}$ hám tabıladı. Sońınan $\lambda^{(0)}$ ga kishi túrtki $\delta \lambda$ berip hám da energetika sistemasınıń júkleme grafigin stanciyalar ortasında qaytadan bólistirip, janıǵı sarplanıwınıń ózgeriwı anıqlanadı.

$\frac{\delta Q}{\delta \lambda} \approx \frac{\partial Q^{(0)}}{\partial \lambda}$ dep qabıllap, (5.29) boyınsha $\Delta \lambda(0)$ tabıladı. λ nıń jańa mánisi (5.30) boyınsha anıqlanadı.

Bunnan soń $\lambda(1)$ da joqarıdaǵı barlıq esaplawlar qaytalanadı hám natıyjede, $\frac{\partial Q^{(1)}}{\partial \lambda}$, $\Delta \lambda^{(2)}$, $\lambda^{(2)}$ lar tabıladı hám t.b. λ nı usı izbe-izlikte qaytadan anıqlastırıw procesi GESda suw balans emesligi berilgen anıqlıq shegarasında bolıp qalmaǵansha, yaǵnıy (5.27) teńlik berilgen anıqlıqta orınlanbaǵanǵa shekem dawam ettiriledi.

Bazda λ koefficientin izbe-iz anıqlastırıp barıw procesi terbelmeli bolıwı múmkin. Bunday jaǵdaylarda esaplaw procesine dempferlewshi α koefficientin ($0 < \alpha < 1$) kirgiziw hám $\lambda(k+1)$ nı

$$\lambda(k+1) = \lambda(k) + \alpha \Delta \lambda(k+1) \quad (5.31)$$

formula boyınsha tabıw arqalı esaplaw procesiniń jaqınlasıwın támiyinlew hám tezlestiriw múmkin.

λ koefficientin anıqlaw procesi jaqınlasıwdı támiyinlew hám tezlestiriw sharaları. Usı koefficientti anıqlawda esaplaw procesi jaqınlasıwın támiyinlew hám tezlestiriwdiń tiykarǵı sharalarınan biri

onıń baslanǵısh mánisin maqsetke muwapıq túrde qabıl etiw esaplanadı.

λ nıń baslanǵısh mánisin qabıllawdıń 2 usılın kórip ótemiz.

1. Maksimal mánisler usılı.

Joqarıda aytıp ótilgenindey maksimal júkleme jaǵdayında GESlar maksimal quwatlıq penen islewı zárúr. Eger bunda olardıń quwatlıqların maksimal dep qabıllasaq, ol jaǵdayda maksimal júklemeniń qalǵan bólimi JESlar ortasında salıstırmalı ósiwler be nıń teńligi boyınsha optimal bólistiriledi. GESlardıń belgili maksimal quwatlıqları boyınsha sáykes salıstırmalı ósiwler $q_{1,max}, q_{2,max}, \dots, q_{m,max}$ lardı tabıw múmkin. Bunday jaǵday ushın (5.17) dan tómendegini payda etemiz:

$$\lambda_1^{(0)} = \frac{b_c}{q_{1,max}}, \quad \lambda_2^{(0)} = \frac{b_c}{q_{2,max}}, \dots, \quad \lambda_m^{(0)} = \frac{b_c}{q_{m,max}} \quad (5.32)$$

2. Ortasha mánisler usılı

GESlar ushın berilgen ortasha sutkalıq suw sarplanıwı boyınsha olardıń sarplanıw xarakteristikaları $Q = f(P)$ boyınsha sáykes ortasha quwatlıqları $P_{j, \text{ór}}$ tabıladı. Júkleme grafigi boyınsha energetika sistema-sınıń sutka boyınsha ortasha júklemesi tabıladı:

$$P_{o'r, sist.} = \frac{E_{sut}}{24} \quad (5.33)$$

JESlardıń ulıwma ortasha quwatlıǵı tómendegishe anıqlanadı:

$$D_{o'r, T} \quad D_{o'r, sist.} \quad \sum_1 P_{j, \text{ór}} \quad (5.34)$$

JESlardıń ulıwma ortasha quwatlıǵı $P_{\text{ór}, T}$ JESlar ortasında salıstırma-lı ósiwler be nıń teńligi boyınsha optimal bólistiriledi. GESlardıń belgili ortasha quwatlıqları boyınsha sáykes salıstırmalı ósiwler $q_{1, \text{ór}}, q_{2, \text{ór}}, \dots, q_{m, \text{ór}}$ lar tabıladı. Bunday jaǵday ushın joqarıdaǵı usıladaǵı sıyaqlı tómendegilerdi payda etemiz:

$$\lambda_1^{(0)} = \frac{b_c}{q_{1, \text{br}}}, \quad \lambda_2^{(0)} = \frac{b_c}{q_{2, \text{br}}}, \dots, \quad \lambda_m^{(0)} = \frac{b_c}{q_{m, \text{br}}} \quad (5.35)$$

5.5. Energetika sistemaların jaǵdayların optimallawda shegaralıq shártlerdi esapqa alıw

Optimallaw máselesiniń xarakterli tárepi bolıp, ulıwma jaǵdayda, olardaǵı retleniwshi parametrler hám olardıń funkciyalarına qoyılıwshi shegaralıq shártlerdiń kópligi esaplanadı. Olar ápiwayı hám quramalı, teńlik hám teńsizlik kórinislerinde bolıwı múmkin. Bunday máseleler-ni sheshiwde qollanılıwshi algoritmler tez esaplaytuǵın hám tez jaqın-lasıwshi bolıwı menen birqatarda ayırım shegaralıq shártler birgelikte bolmaǵanda, yaǵnıy ruqsat etilgen taraw bar bolmaǵanında shegaralıq shártler júdá kem muǵdarga buzılǵan sheshimlerdi anıqlaw imkanın be-riwi lazım.

Ulıwma jaǵdayda EES jaǵdayın optimallaw máselesi qanday da bir $F(x)$ funkciyasın m ta teńlik kórinisindegi $h(x) = 0$ (másele, quwatlıqlar balansı hám GESlarda suw jumsalıwı boyınsha shegaralıq shártler) hám n teńsizlik kórinisindegi $g(x) \leq 0$ (másele, tarmaq shaqapshalarında quwatlıq aǵımı boyınsha) shegaralıq shártlerdi esapqa alıp minimallastır-wǵa keltiriledi. Tómende bunday shegaralıq shártlerdi esapqa alıwdaǵı tiykarǵı usıllar hám algoritmlerdi keltiremiz.

Ápiwayı shegaralıq shártlerdi esapqa alıw

Ápiwayı shegaralıq shártlerdi (tikkeley retleniwshi parametrlerge qoyılıwshi shegaralıq shártler) esapqa alıwdıń klassikalıq usılı esaplaw kózqarasınan heshqanday qıyınshılıq penen baylanıslı emes. Bul jerde tómendegi izbe-izligi ámelge asırıladı:

a) energetika sistemasınıń ekonomikalıq jaǵdayı shegaralıq shártler-di esapqa almastan esaplanadı;

á) ózleriniń belgilengen shegaralarınan shıǵıp ketken parametrler sáykes shegaralarga biriktiriledi, yaǵnıy shegaralıq mániske teń etip qa-bıllanadı;

b) energetika sistemasınıń ekonomikalıq jaǵdayın esaplaw shegaralıq mánislerge biriktirilgen eski ózgeriwshilerdi turaqlı dep qarap qaytalanadı.

Eger b – punktta orınlaw nátiyjesinde jáne shegaralardıń buzılıwı júz bermese, bul jerde alınǵan nátiyje optimal esaplanadı. Keri jaǵdayda esaplaw barlıq shegaralıq shártler orınlangansha joqarıda kórsetilgen izbe-izlikte tákirarlanadı.

Ápiwayı bolıwına qaramasdan usı usıl retleniwshi parametrler júdá kóp bolǵan jaǵdaylarda kóp waqıttı talap etedi.

Energetika sisteması jaǵdayın salıstırmalı ósiwlerdiń teńligi usılında optimallawda óz aldına stanciyalardıń maksimal hám minimal quwatlıqları boyınsha shegaralıq shártler

$$P_{i,min} \leq P_i \leq P_{i,max}$$

bul stanciyalardıń SÓXların aldınnan korrekciyalaw arqalı ańsat itibarǵa alınadı. Bunıń ushın sáykes stanciyanıń SÓXına 5.2-súwrette kórsetilgenindey eki tosıq kirgiziledi.

Tosıqlar usılı, sonday-aq, stanciyanıń quwatlıǵın asırıw tezligi hám de radial liniyalarda quwatlıq aǵımları boyınsha shegaralıq shártlerdi esapqa alıwda da únemli paydalanılıwı múmkin (optimallawda salıstırmalı ósiwlerdiń teńligi usılınan paydalanılǵanda).

5.6. Energetika sistemaların jaǵdayların túrli usıllarda optimallawda shegaralıq shártlerdi esapqa alıw

Teńlik $h(x) = 0$ hám teńsizlik $g(x) \leq 0$ kórinisindegi funktsional shegaralıq shártlerdi esapqa alıwdıń keń tarqalǵan usıllarınan biri járiyma funktsiya usılı.

Usıldıń mánisi funktsiyanı túrli shegaralıq shártlerdi esapqa alıp shártli minimallaw máselesin izbe-iz túrde dáslepki maqset funktsiyası hám shegaralıq shártlerdi itibarǵa alıwshı járiyma funktsiyaların jıyındısan ibarat bolǵan járdemshi ulıwmalasqan funktsiyanı shártsiz minimallaw máselesi menen almasırıwǵa tiykarlangan. Járiyma funktsiya sonday tańlanadı, ol ruqsat etilgen taraw ishinde, yaǵnıy sáykes shegaralıq shárt orınlanganda nolge teń, chegara buzılǵanda bolsa, onıń buzılıw dárejesine tuwrı proporcional túrde tez ósiwshi bolıwı shárt. Dáslepki shártli optimallaw máselesiniń maqset funktsiyası $F(x)$, i – she-

garalıq shártti esapqa alıwshı járiyma funktsiyası $III_i(x)$ bolsa, ol jaǵdayda járdemshi funktsiya tómendegi kóriniste ańlatıladı:

$$F(x) = F(x) + \sum_{i=1}^M \theta_i(x). \quad (5.36)$$

Bul jerde M – berilgen shegaralıq shártler sanı.

Mısal retinde xarakterli jaǵday – júkleme quwatlıǵın n jıllılıq elektr stanciyaları ortasında liniyalarda aktiv quwatlıq aǵımları boyınsha shegaralıq shártler

$$g_l = P_l - P_{l,c} \leq 0, \quad l = 1, 2, \dots, L \quad (5.37)$$

di esapqa alıp bólistiriw máselesin kórip ótemiz. Bunday jaǵdayda teńlik kórinisindegi shegaralıq shártti belgisiz Lagranj kóbeytiwshisi μ arqalı, teńsizlik kórinisindegi shegaralıq shártlerdi járiyma funktsiyası járdeminde esapqa alǵanımda shártsiz minimumı tabılıwı zárúr bolǵan ulıwmalasqan maqset funktsiyası tómendegi kóriniste ańlatıladı:

$$\hat{O}(P) = \sum_{i=1}^n B_i + \mu W + \sum_{i=1}^L \theta_i \quad (5.38)$$

Bul jerde $-l$ liniyası boyınsha esaplanıwshı hám berilgen shegaralıq aktiv quwatlıq aǵımları; L – aktiv quwatlıq aǵımları qadaǵalanıwshı liniyalar sanı; $SH_l - l$ liniyası ushın shegaralıq shárt buzılǵanda kirgiziliwshı járiyma funktsiyası.

Joqarıdaǵı tiptegi funktsional shegaralıq shártti esapqa alıw ushın ádette tómendegishe kvadrat kórinisindegi járiyma funktsiyasınan paydalanıladı:

$$\theta_i(P) = \frac{\alpha}{2} [g_i(P)]^2 \quad (5.39)$$

Usı kórinistegi járiyma funktsiyası tábiyiy jaqtan teńlik kórinisindegi shegaralıq shártti esapqa aladı. Sebebi ol tek shegaralıq shárt teńlik kórinisinde orınlanganında ǵana nolge teń bolıp, qalǵan barlıq jaǵdaylarda onı esaplanadı. Sol sebepli ol járdeminde joqarıdaǵı teńsizlik kórinisindegi shegaralıq shártti esapqa alıw ushın járiyma koefficienti α nıń mánisin iteraciya procesinde jasalma túrde sáykes túrde ózertip turıla-

di. Bunda eger shegaralıq shárt orınlansa $\alpha = 0$, buzılsa $\alpha > 0$ qabıllanıp, sońǵı jaǵdayda onıń mánisi sáykes shegaralıq shárttiń basqa shegaralıq shártler hám de maqset funkciyasına salıstırǵanda úlesine baylanıslı jaǵdayda tańlanadı.

5.6.1. Energetika sistemalarınń jaǵdayların salıstırmalı ósiwlerdiń teńligi usılında optimallawda funkcional shegaralıq shártlerdi esapqa alıw

Energetika sistemanıń jaǵdayın salıstırmalı ósiwlerdiń teńligi usılında optimallawdıń mánisi hám bunda ápiwayı shegaralıq shártlerdi esapqa alıwdıń tosqıqlar usılı menen joqarıda tanısıp ótken edik. Bul jerde salıstırmalı ósiwlerdiń teńligi usılında optimallawda funkcional shegaralıq shártlerdi esapqa alıw máselesin sheshiw usılı menen tanısamız.

Energetika sistemasınıń jaǵdayın aktiv quwatlıq boyınsha optimallaw máselesinde xarakterli funkcional shegaralıq shárt bolıp qadaǵalanıwshı elektr uzatıw liniyalarında quwatlıq aǵımı boyınsha shegaralıq shártler esaplanadı. Quwatlıq aǵımları boyınsha bunday shegaralıq mánisler, ádette, optimallawdan aldın elektr energetika sistemasınıń statikalıq turaqlılıǵın bahalaw nátiyjesinde anıqlanadı. Optimallaw procesinde liniyadaǵı quwatlıq aǵımın generaciyalawshı hám júkleme túyinleriniń aktiv quwatlıqları arqalı tómendegishe ańlatıw múmkin:

$$P_i = \sum_j C_i^a P_j + \sum_j C_j^i P_j + P_{i0} \quad (5.40)$$

Bunday jaǵdayda funkcional shegaralıq shártlerdi járiyma funkciyası járdeminde esapqa alıp, máseleni tómendegi kórinistegi ulıwmalasqan maqset funkciyasınıń minimumın tabıwǵa keltiriw múmkin:

$$\hat{O}(P) = \sum_{i=1}^n B_i + \mu W + \theta = \sum_{i=1}^n B_i + \mu W + \frac{r}{2} \sum_i \left(\sum_j C_i^a P_j + \sum_j C_j^i P_j + P_{i0} - P_{i\epsilon} \right)^2 \quad (5.41)$$

Bunda

$$\frac{\partial \hat{O}(P)}{\partial P} = 0$$

shárttan tómendegi shárt kelip shıǵadı:

(5.42)

$$b_1 + \theta_1 = b_2 + \theta_2 = \dots = b_n + \theta_n = -\mu \quad (5.43)$$

Bul jerde

$$\theta_k = r \sum_i \frac{\partial P_i}{\partial P_k} \left(\sum_i C_i^a P_i + \sum_j C_j^i P_j + P_{i0} - P_{i\epsilon} \right) \quad (5.44)$$

$$\frac{\partial P_i}{\partial P_k} = C_k \quad (5.45)$$

(5.43) hám (5.44) shártlerden k – shı stanciyanıń quwatlıǵına shegaralıq shárttiń tásiiri stanciyanıń salıstırmalı ósiw xarakteristikasını joqarıǵa yaki tómengge jılastırıw arqalı esapqa alınıwı kelip shıǵadı. Demek, esaplaw procesi izbe-iz jaqınlasıw tártibinde ámelge asırılıp, onıń hárbir adımında

– hárbir k – stanciya ushın járiyma funkciyasınıń tuwındısı (5.44) boyınsha esaplanadı;

– stanciyalardıń salıstırmalı ósiw xarakteristikalarına járiyma funkciyasınıń sáykes tuwındıların qosıw arqalı olar qayta qurılıadı;

– energetika sistemasınıń júklemesin stanciyalar ortasında (5.43) shárt boyınsha optimal bólistiriw nátiyjesinde olardıń jańa adımdaǵı quwatlıqları tabıladı. Usı tártiptegi esaplaw procesi barlıq funkcional shegaralıq shártler orınlangansha dawam ettiriledi.

Joqarıda aytıp ótilgendey, usı usılda paydalanıw ushın usınıs etilgen kvadrat kórinistegi járiyma funkciyası (5.39) teńlik kórinisindegi shegaralıq shártlerdi esapqa alıw ushın arnalǵan. Sebebi, ol shegaralanıwshı funkciya óziniń shegaralıq mánisine teń bolǵanda ǵana nolge teń. Sol sebepli ol járdeminde teńsizlik kórinisindegi shegaralıq shártti esapqa alıw ushın hárbir adımnan soń shegaralıq shárttiń orınlanıwı tekserip kóriledi. Eger bunda shegaralıq shárt orınlansa, gezektegi adım bul shegaralıq shártti esapqa almadan, eger ol orınlanbasa, esapqa alıp ámelge asırıladı.

5.6.2. Energetika sistemasının jaǵdayın gradient usılında optimallawda shegaralıq shártlerdi esapqa alıw

Energetika sistemanın jaǵdayın gradient usılında optimallawda shegaralıq shártlerdi esapqa alıw algoritmleri menen tanısıwdan aldın usı gradient usılın mánisi menen qısqasha tanısıp ótemiz.

Qanday da bir funkciya $F(x)$ tı gradient usılında minimallastırıw barlıq ǵárezsiz ózgeriwshilerdiń baslanǵısh mánisleri $x^{(0)}$ dı qabıllawdı kózde tutadı. Bunda ulıwma jaǵdayda $F(x)$ funkciyasınıń minimumlik shárti, yaǵnıy $\frac{\partial F}{\partial x} = 0$ orınlanbaydı. Sol sebepli, máseleniń optimal sheshimi tárepke barıw ushın qanday da bir adımdı ámelge asırıp, gezektegi adımdı ámelge asırıw ushın jańa noqat payda boladı:

$$x^{(1)} = x^{(0)} + \Delta x^{(0)}.$$

Solay etip, ulıwma jaǵdayda, hár bir adımda gezektegi noqat tómendegishe payda etiledi:

$$x^{(k+1)} = x^{(k)} + \Delta x^{(k)}. \quad (5.46)$$

Funkciyanıń hár qıylı ózgeriwshiler boyınsha antigradientiniń baǵdarı onıń kemeyiw baǵdarın kórsetiwın itibarǵa alıp, usı baǵdarda adımdı tómendegishe ámelge asırıw múmkin:

$$\Delta \delta^{(k)} = -h^{(k)} \frac{\partial F(x^{(k)})}{\partial x} \quad (5.47)$$

(5.46) ni (5.47) ǵa qoyıp tómendegini payda etemiz:

$$\delta^{(k+1)} = x^{(k)} - h^{(k)} \frac{\partial F(x^{(k)})}{\partial x} \quad (5.48)$$

Bul jerde $h^{(k)}$ – adım bolıp, ol $\Delta x^{(k)}$ nıń mánisin belgileydi. Antigradient baǵdarında adım eki usıl – ápiwayı tańlap alıw usılında hám tez túsiw usılında anıqlanıwı múmkin.

Ápiwayı tańlap alıw usılında hár bir iteraciya da h tıń mánisi maqset funkciyası $F(x)$ ni kemeytiw shárti

$$F(x^{(k)}) < F(x^{(k+1)})$$

dan kelip shıǵıp tańlanadı.

Tez túsiw usılında hár bir iteraciya da optimal adım tómendegi bir belgisizli funkciyanı minimallastırıw tiykarında tabıladı:

$$\delta^{(k+1)} = x^{(k)} - h^{(k)} \frac{\partial F(x^{(k)})}{\partial x} \quad (5.48)$$

Usı gradient usılı boyınsha tómendegishe qalıplestiriliwshi optimallaw másalesin sheshiw menen tanısıp ótemiz:

$$\hat{A} = \sum_{i=1}^I \hat{A}_i(P_i) \rightarrow \min \quad (5.49)$$

$$\sum_{i=1}^I P_i - \sum_{j=1}^m P_j = 0 \quad (5.50)$$

Usı yaki basqa adımdı anıqlaw usılı qóllanılǵanda bul máseleni sheshiwdiń teńlik kórinisindegi shegaralıq shárt (5.50) dı esapqa alıw tártibi menen parıqlanıwshi eki sheshiw variantı bar.

Birinshi variant. Máseleni sheshiw quwatlıq balansı formasındaǵı shegaralıq shárt balanslawshı túyindi ajratıw arqalı esapqa alınadı. Bunıń ushın eń úlken quwatlıq retlew diapazonına iye bolǵan stanciyalardan biri balanslawshı stanciya sıpatında belgilenip, onıń quwatlıǵı tómendegi formulaǵa muwapıq anıqlanadı:

$$D_1 = \sum_{j=1}^m (P_j) - \sum_{i=2}^n (P_i) \quad (5.51)$$

Solay etip, usı jaǵdayda P_1 baylanıshlı ózgeriwshi bolıp qaladı. Qalǵan stanciyalardıń quwatlıqları bolsa ǵárezsiz belgisizler esaplanadı. Olar boyınsha funkciyanıń gradienti tómendegishe anıqlanadı:

(5.51) ni esapqa alsaq,

$$\frac{\partial B}{\partial P_i} = b_i - b_1, \quad i = 2, 3, \dots, n \quad (5.52)$$

kelip shıǵadı. Bul jerde b_1, b_i — balanslawshı hám i -shi elektr stanciyalarında janılǵı sarplanıwınıń salıstırmalı ósiwleri.

$k+1$ – iteraciya stanciyaların optimal quwatlıqları (balanslawshı stanciyadan basqa) tómendegi formula boyınsha tabıladı:

$$D_i^{(k+1)} = D_i^{(k)} + h_i^{(k)} \frac{\partial B^{(k)}}{\partial P_i}, \quad i = 2, 3, \dots, n \quad (5.53)$$

Esaplaw baslanğısh mánisler $P_i^{(0)}$ ($i = 2, 3, \dots, n$) ni qabıllawdan baslanadı. Bul mánisler (5.51) formula boyınsha balanslawshı stanciyanın quwatlıǵı $P_i^{(0)}$ hám stanciyaların sarplanıw xarakteristikaları boyınsha (5.52) dan gradientlerdi tabıw hám sońınan (5.53) boyınsha gradient usılında baslanğısh adımı ámelge asırıw imkanın beredi.

Usı tártiptegi esaplawlar iteraciya procesiniń jaqınlasıw shárti

$$|P_i^{(k+1)} - P_i^{(k)}| \leq \varepsilon, \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (5.54)$$

Orınlangansha dawam ettiriledi. (5.54) da ε – esaplaw anıqlıǵı (aldınnan qabıllanıwshı kishi san).

Ekinshi variant birinshi varianttan shegaralıq shárt (5.54) ni esapqa alıw tártibi menen parıqlanadı. Bunda shegaralıq shártti esapqa alıw ushın maqset funkciyası (5.49) ǵa qosımsha qurawshı φ kirgiziledi:

$$\varphi = \sum_{i=1}^l P_i - \sum_{j=1}^m P_j \quad (5.55)$$

Bul jaǵdayda maqset funkciyası (5.49)niń shártli minimumın tabıw máselesi tómendegi Lagranj funkciyasınıń shártsiz minimumı tabıw máselesi menen almasırladı:

$$L = \sum_{i=1}^l B_i(P_i) + \mu \varphi \rightarrow \min \quad (5.56)$$

Bul jerde μ – belgisiz Lagranj kóbeytiwshisi. Sáykes jaǵdayda ekinshi variant ushın (5.52) formulası tómendegi kórinisti aladı:

$$\frac{\partial L}{\partial P_i} = b_i + \mu, \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (5.57)$$

Bul jaǵdayda barlıq stanciyaların quwatlıqları P_i ($i = 1, 2, \dots, n$) ǵárezsiz belgisizler esaplanadı.

Kóbeytiwshı μ di esaplaw metodı gralienti pretkciyalaw usılına tiykarlangan. Ózgeriwshı P_i niń ózgeriw adımı tómendegi formula boyınsha anıqlanadı:

$$\Delta D_i = h \frac{\partial L}{\partial P_i}, \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (5.58)$$

(5.50) shárt esapqa alıńanda hárbir iteraciya da tómendegi talap orınlanıwı zárúr:

$$\sum_{i=1}^n \Delta P_i = 0$$

(5.57) va (5.58) dan

$$\mu = \frac{\sum_{i=1}^h b_i}{n} \quad (5.59)$$

kelip shıǵadı

Solay etip, metodtıń ekinshi variantında esaplawlar kóbeytiwshı μ dı (5.59) boyınsha anıqlawdan baslanadı. Sońınan (5.57) hám (5.58) boyınsha hárbir P_i ushın usı iteraciya daǵı sáykes gradientler hám adımlar esaplanadı.

Bunnan soń belgisizlerdiń gezektegi iteraciya daǵı mánisleri tómendegi formula boyınsha tabıladı:

$$P_i^{(k+1)} = P_i^{(k)} + \Delta D_i^{(k)}, \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (5.60)$$

Bul jerde k – iteraciya nomeri.

Usı tártiptegi esaplawlar iteraciya procesiniń jaqınlasıw (5.54) orınlangansha dawam ettiriledi.

Solay etip, energetika sisteması jaǵdayn gradient usılında quwatlıq balansı shárti balanslawshı stanciyanı ajratıw yaki belgisiz Lagranj kóbeytiwshilerin kirgiziw arqalı esapqa alınıwı múmkin. Bul usılda teńsizlik kórinisindegi ápiwayı texnologiyalıq shegaralıq shártler

$$P_i^{\min} < P_i < P_i^{\max}, \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (5.61)$$

hár bir iteratsiyada chegaradan shıǵıp ketken belgisizlerdi shegaralıq má-nisine biriktirip qoyıw arqalı esapqa alınadı. Bunda hár bir k- iteratsiyada stanciyalardıń quwatlıqların joqarıdaǵı algoritim boyınsha anıqlaǵanı-mızdan soń olar ápiwayı shegaralıq shártler (5.61) nı esapqa alıp tóm-en-degi shártler boyınsha korrektsiyalanadı:

$$P_{i,el}^{(k)} = \begin{cases} P_i^{(k)} & \text{agar } P_i^{\min} \leq P_i^{(k)} \leq P_i^{\max}, \\ P_i^{\min} & \text{agar } P_i^{(k)} < P_i^{\min}, \\ P_i^{\max} & \text{agar } P_i^{(k)} > P_i^{\max} \end{cases} \text{ 'lsa.}$$

Usı usılda optimallawda teńsizlik kórinisindegi funktsional shega-ralıq shártler járiyma funktsiyası usılında esapqa alınadı. Bunda kórilip atırǵan másele joqarıda kórip ótilgen salıstırmalı ósiwlerdiń teńligi usı-lındaǵı sıyaqlı (5.41) funktsiyasınıń shártsiz minimumın tabıwǵa kelti-riledi. Usı usılda da, ádette, kvadrat kórinistegi járiyma funktsiyasınan (5.39) paydalanıladı. Bunda i – shı stanciyanıń k – shı iteratsiyadaǵı op-timal quwatlıǵın esaplaw (quwatlıq balası formasındaǵı shegaralıq shárt balanslawshı stanciyanı ajratıw arqalı esapqa alıńanda) tómendegi for-mulalar boyınsha ámelge asırıladı:

$$\frac{d\bar{O}^{(k-1)}}{dP_i} = \frac{\partial \bar{O}^{(k-1)}}{\partial P_i} + \frac{\partial \bar{O}^{(k-1)}}{\partial P_i} \cdot \frac{dP_i^{(k-1)}}{dP_i} \quad P_i^{(k)} = P_i^{(k-1)} - h_i^{(k)} \cdot \frac{d\bar{O}^{(k-1)}}{dP_i}, \quad i = 2, 3, \dots, n, \quad (5.62)$$

$$P_i^{(k)} = \sum_{j=1}^m P_j - \sum_{i=2}^n P_i^{(k)} \quad (5.63)$$

5.6.3. Energetika sistemasınıń jaǵdayın Nyuton usılında optimallawda shegaralıq shártlerdi esapqa alıw

Usı usılda optimallawda shegaralıq shártlerdi esapqa alıw algo-ritmin kórip shıǵıwdan aldın usıldıń máni menen qısqasha tanı-samız.

Energetika sistemasınıń jaǵdayın qanday da bir múddetke (máse-len, sutkaǵa) optimal jobalastırıw optimallawda qatnasıwshı barlıq stanciyalardıń hár bir intervaldaǵı optimal quwatlıqların anıqlawdı

kózde tutadı. Bunday jaǵdayda energetika sistemasınıń jaǵdayın jo-balastırıw sistemaniń hár bir intervaldaǵı júklemesin optimallawda qatnasıwshı stanciyalar ortasında optimal bólistiriw máselesine kel-tiriledi.

Usı usılǵa muwapıq esaplaw algoritminiń máni menen bir belgisiz-li unimodal funktsiyanı minimallastırıw mısasında tanısamız:

$$F(x) \rightarrow \min \quad (5.64)$$

Esaplaw belgisizdiń baslanǵısh máni $x(0)$ ni qabıllawdan baslana-dı. Abscissası $x(0)$ ga hám ordinatası $F(x(0))$ ǵa teń bolǵan noqat áti-rapında $F(x)$ funktsiyasını Teylor qatarına jayıp, payda bolǵan qatardıń ekinshi tártipli tuwındılarına shekem bolǵan bólimi menen shekleniw arqalı kvadratlıq funktsiya $\varphi(x)$ ni payda etemiz:

$$\varphi(x) = F(x^{(0)}) + \frac{\partial F(x^{(0)})}{\partial x} (x - x^{(0)}) + \frac{1}{2} \frac{\partial^2 F(x^{(0)})}{\partial x^2} (x - x^{(0)})^2 \rightarrow \min \quad (5.65)$$

$x^{(0)}$ noqatta $F(x)$ hám $\varphi(x)$ funktsiyalarınıń x boyınsha birinshi hám ekinshi tártipli tuwındıları bir qıylı boladı.

Belgilew $\Delta x = x - x^{(0)}$ ni kiritip, payda bolǵan funktsiya ekstremumı-nıń jeterli shártinen tómendegini payda etemiz:

$$\frac{\partial \varphi(\Delta x)}{\partial \Delta x} = \frac{\partial F(x^{(0)})}{\partial x} + \frac{\partial^2 F(x^{(0)})}{\partial x^2} \Delta x = 0 \quad (5.66)$$

Bunnan

$$\Delta x^{(1)} = - \left[\frac{\partial^2 F(x^{(0)})}{\partial x^2} \right]^{-1} \times \left[\frac{\partial F(x^{(0)})}{\partial x} \right] \quad (5.67)$$

Sáykes jaǵdayda $\varphi(x)$ funktsiyası minimumǵa erisiwshı noqattı to-mendegishe anıqlaymız:

$$x^{(1)} = x^{(0)} + \Delta x^{(1)} \quad (5.68)$$

Usı tartipte procestiń jaqınlasıw shárti

$$\left| \frac{\partial F(x)}{\partial x} \right| \leq \varepsilon$$

orınlanganğa shekem esaplawlar dawam ettiriledi.

Solay etip, usı usılda iteraciya procesiniń rekkurent añaltpasın, ulıwma jaǵdayda, tómendegi kóriniste súwretlew múmkin:

$$x^{(i+1)} = x^{(k)} - \left[\frac{\partial^2 F(x^{(k)})}{\partial x^2} \right]^{-1} \times \left[\frac{\partial F(x^{(k)})}{\partial x} \right] \quad (5.69)$$

Energetika sistemasınıń júklemesin JESlar ortasında optimal bólistiriw máselesi

$$\hat{A} = \sum_{i=1}^l \hat{A}_i(P_i) \rightarrow \min \quad (5.70)$$

$$\sum_{i=1}^l P_i - \sum_{j=1}^m P_j = 0 \quad (5.71)$$

de usı tártipte sheshiledi.

(5.70) hám (5.71) da n hám m — sáykes túrde optimallawda qatnasıwshı elektr stanciyaları hám júkleme túyinleri sanı.

Bul jerde teńlik kórinistegi shegaralıq shárt (5.71) járiyma funkciyası járdeminde esapqa alınırıw múmkin. Bunday jaǵdayda kórilip atırǵan shártli minimallaw máselesi tómendegi funkciyanı shártsiz minimallaw máselesi menen almasırladı:

$$F = \sum_{i=1}^n B_i(P_i) + \varnothing(P_i, i = \overline{1, n}) \rightarrow \min \quad (5.72)$$

Bul jerde $\varnothing(P_i, i = \overline{1, n})$ — tómendegi añlatpa boyınsha anıqlanıwshı járiyma funkciyası:

$$\varnothing(P_i, i = \overline{1, n}) = \frac{\alpha}{2} \left(\sum_{i=1}^n P_i - \sum_{j=1}^m P_j \right)^2 \quad (5.73)$$

α — júk koefficienti bolıp, onıń mánisi jeterli úlken san, máselen $\alpha = 1000$, qabıllanadı.

(5.72) funkciyasın baslanǵısh jaqınlasıw noqatı átirapında Teylor qatarına jayıwdan payda bolǵan funkciyanı tómendegishe añlatıw múmkin:

$$\varphi(P_i) = \hat{O}(P_i^{(0)}) + \sum_{i=1}^n \frac{\partial \hat{O}(P_i^{(0)})}{\partial P_i} \Delta P_i + \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n \frac{\partial^2 \hat{O}(P_i^{(0)})}{\partial P_i^2} \cdot \Delta P_i^2 \rightarrow \min \quad (5.74)$$

Minimum noqatında bul funkciyanıń P_i boyınsha tuwındısı nolge teń boladı:

$$\frac{\partial \varphi}{\partial \Delta P_i} = \left[\frac{\partial \hat{O}(P_i^{(0)})}{\partial P_i} \right] + \left[\frac{\partial^2 \hat{O}(P_i^{(0)})}{\partial P_i^2} \right] \times [\Delta P_i] = 0 \quad (5.75)$$

Ulıwma jaǵdayda n teńleme hám n belgisizden quralǵan teńlemeler sistemasın sheship, tómendegini anıqlaymız:

$$[P_i^{(1)}] = [P_i^{(0)}] + [\Delta P_i^{(1)}] \quad (5.76)$$

Usı tártiptegi esaplaw procesi tómendegi jaqınlasıw shárti orınlanganğa shekem dawam ettiriledi:

$$[\Delta P_i^{(k)}] \leq \varepsilon, \quad i = 1, 2, \dots, n$$

Usı usılda optimallawda teńsizlik kórinisindegi funktsional shegaralıq shártler de (máselen, qadaǵalanıwshı liniyalarda quwatlıq aǵımlarınıń ruqsat etilgen maksimal mánisleri boyınsha shegaralıq shártler) járiyma funkciyası járdeminde esapqa alınadı. Bunda kvadrat kórinisindegi járiyma funkciyası tek, joqarıda ayılǵan sıyaqlı, hárbir iteraciyanı orınlawda teńsizlik kórinisindegi shegaralıq shárttiń orınlanıwın tekserip kóriw zárúr. Ol orınlangan jaǵdayda gezektegi iteraciya esapqa alın

baydı. Ol orınlanbağan jaǵdayda bolsa, járiyma funkciyası járdeminde esapqa alınadı.

Baqlaw sorawları

1. Energetika sisteması júklemesin jıllılıq elektr stanciyaları (JES) ortasında optimal bólistiriw máselesinde maqset funkciyası hám shegaralıq shártler nelerden ibarat boladı?
2. Energetika sisteması júklemesin jıllılıq elektr stanciyaları (JES) ortasında optimal bólistiriw máselesiniń matematikalıq modeli qanday anlatıladı?
3. Energetika sisteması júklemesin JESlar ortasında optimal bólistiriw shárti (kriteriyası) qanday? Bul shártti keltirip shıǵarıń.
4. JESlardıń janılgı sarplanıwı hám salıstırmalı ósiw xarakteristikaları neni bil-diredi? Olardıń mánisin túsindirín.
5. Belgisiz Lagranj kóbeytiwshisiniń fizikalıq mánisi neden ibarat?
6. Júklemes grafigin JES hám GES járdeminde optimal qaplaw máselesiniń má-nisi neden ibarat? Ol matematikalıq kóriniste qanday anlatıladı?
7. Júklemes grafigin JES hám GES járdeminde qaplawdıń optimallıq shárti qan-day?
8. Ne sebepten júklemes grafigin JES hám GES járdeminde optimal qaplaw má-selesiniń sheshimin teńlemeler sistemasın sheshiw arqalı anıqlaw maqsetke muwapıq emes?
9. Júklemes grafigin JES hám GES járdeminde optimal qaplaw máselesinde maqset funkciyası qanday kóriniste súwretlenedi?
10. Integral shegaralıq shártler ne? Olar qanday esapqa alınadı?
11. Energetika sistemasınıń júklemes grafigin kóplep JES hám GESler járdemin-de optimal qaplaw shártin túsindirín.
12. Energetika sistemasınıń júklemes grafigin kóplep JES hám GESlar járdeminde optimal qaplaw máselesin sheshiwdiń tiykarǵı qıyınshılıǵı nelerden ibarat?
13. λ koefficientiniń mánisi neden ibarat?
14. λ koefficientiniń baslanǵısh mánisin anıqlawdıń qanday usılları bar? Bul usıl-lardıń mánisin túsindirín.
15. λ koefficientiniń mánisin anıqlaw mashqalası neden ibarat?
16. λ koefficientin anıqlawdıń qanday usılları bar? Olardıń mánisin túsindirín.
17. Energetika sisteması jaǵdayın aktiv quwatlıq boyınsha optimallawda qanday shegaralıq shártler esapqa alınadı?
18. Ápiwayı shegaralıq shárt dep nege aytıladı? Energetika sisteması jaǵdayın aktiv quwatlıq boyınsha optimallawda olar qanday esapqa alınadı?

19. Funkcional shegaralıq shárt dep nege aytıladı? Energetika sisteması jaǵdayın aktiv quwatlıq boyınsha optimallawda olar qanday esapqa ali-nadı?
20. Funkcional shegaralıq shártlerdi esapqa alıwdıń járiyma funkciyası usılınıń mánisi neden ibarat? Járiyma koefficienti qanday anıqlanadı?
21. Energetika sistemasınıń jaǵdayın salıstırmalı ósiwlerdiń teńligi, gradient hám Nyuton usıllarında optimallawda shegaralıq shártlerdi esapqa alıw tár-tiplerin túsindirín.

6. ENERGETIKA SISTEMASI JAĞDAYIN TARMAQTAĞI ÍSIRAPLARDI ESAPQA ALIP OPTIMALLAW

6.1. Energetika sistemasınıń jağdayın tarmaқтаǵı ısıraplardı esapqa alıp optimallaw máselesi

Energetika sistemasınıń jağdayın tarmaqtı esapqa alıp optimallaw máselesin úyreniwde quramında tek jıllılıq elektr stanciyaları bar bolǵan elektr energetika sistemasın kórip shıǵıw jeterli. Sebebi GESlar sáykes λ koefficientleri anıqlanǵanнан soń optimallaw kózqarasınan JESlar dárejesine keltiriledi.

Elektr tarmaqtı esapqa alıw energetika sisteması jağdayın optimal lawǵa birqatar talaplardı qoyadı. Olardan birinshisi tarmaqtı esapqa alıw energetika sistemasınıń aktiv júklemesin stanciyalar ortasında bólistiriliwinde salmaqlı ózgerislerge alıp keliwi menen baylanıslı. Bul jerde optimallaw máselesi energetika sistemasında janılǵı sarplanıwınıń kemeyiw tarmaқтаǵı ısıraptı ádettegi bólistiriw esabınan emes, al onı kemeytiw esabınan júz beredi.

Ápiwayı máseleni kórip ótemiz. Eki stanciya túrli aktiv qarsılıqlarǵa iye bolǵan liniyalar ($R_1 > R_2$) arqalı sistemanıń ulıwma júklemesin támiyinlemekte: $P_1 + P_2 = P_n + \pi$. ısırap π dı kemeytiw maqsetinde júklemenı stanciyalar ortasında tarmaqtı esapqa almastan salıstırmalı ósiwlerdiń teńligi, yaǵnıy $b_1^{(0)} = b_2^{(0)}$ boyınsha dáslepki bólistiriliwin ózgertemiz. Bunıń ushın birinshi stanciyanıń quwatlıǵın kemeytiw hám ekinshi stanciyanıń quwatlıǵın sáykes jağdayda asırıw zárúr. Bunda ısıraptıń hám sáykes jağdayda bólistiriliwshi ulıwma júklemesiniń kemeyiwı esabına sarplanıwshı ulıwma janılǵı muǵdarı qanday da bir $\Delta B'$ ga kemeyedi.

Bir tárepten qaralganda, bólistiriwdiń bunday ózgeriwı nátiyjesinde ısıraptıń kemeyiwı esabınan sistemanıń ulıwma júklemesiniń kemeyiwı ondaǵı ulıwma janılǵı sarplanıwınıń kemeyiwine alıp keliwi anıqtay kórinedi. Basqa tárepten júklemenıń bunday qayta bólistiriliwi olardıń salıstırmalı ósiwleri teńliginiń buzılıwına (b_1, b_2) hám buǵan sáykes jağdayda qanday da bir qosımsha janılǵı jumsalıwı DB'' nıń payda bolıwına alıp keledi.

Buǵan sáykes jağdayda energetika sisteması boyınsha janılǵı jumsalıwınıń ulıwma ózgeriwı $\Delta B = \Delta B' - \Delta B''$ boladı. Bunnan kelip shıqqan jağdayda sistema júklemesin stanciyalar ortasında sonday qayta bólistiriw kerek, nátiyjede ΔB eń úlken (maksimal) bolsın. Bunday jağdayda kórilip atırǵan optimallaw máselesiniń sheshimi ulıwma jağdayda minimal ısıraplarǵa iye bolǵan energetika sisteması júklemesin stanciyalar ortasında bólistiriliwi menen bir qıylı bolmaydı hám $b_1 = b_2$ shárt buzıladı. Biraq, hámme waqt sonday h_1 hám h_2 koefficientlerdi tańlaw múmkin, bunda $h_1 b_1 = h_2 b_2$ shárt orınlanadı. Energetika sisteması júklemesin elektr stanciyaları ortasında tarmaqtı esapqa alıp optimal bólistiriliwiniń bul sıyaqlı ańlatpası (elektr stanciyalarınıń salıstırmalı ósiw xarakteristikaları $b = f(P)$ nı qayta qurıw) bul maqsette algoritmi joqarıda keltirilgen tikkeley optimallaw usılın qollanıw imkanıń jaratadı.

Ekinshi talap – elektr uzatıw liniyalarınıń uzatıw qábileti boyınsha shegaralıq shártlerdi esapqa alıw.

Esaplawlardıń birinshi basqışında alınǵan optimal quwatlıqlar liniyalarda turaqlılıq hám tok tásirinde qızıw shártleri boyınsha ruqsat etilmegen quwatlıqlar aǵıwına alıp keliwi múmkin. Bunnan usı faktorlardı esapqa alıp optimallaw máselesi payda boladı. Bunday sharayatlarda eger liniyalar aqalı aǵıwshı quwatlıqlar ruqsat etilgen maksimal shegaralıq mánislerine teń yaki olardan kishi bolsa, jağday ruqsat etilgen esaplanadı.

Ámelde tarmaқтаǵı ısıraplar hám funktsional shegaralıq shártler dep júrgiziliwshi – liniyalarda aǵıwshı quwatlıqlar boyınsha shegaralıq shártlerdi esapqa alıw ulıwma jağdayda iymek sıızıqlı baǵdarlamalardıń matematikalıq apparatların qollanıwdı talap etedi. Usı jol boyınsha qatın barıp, úlken ólshemli zamanagóy EESlardıń jağdayların optimallaw máselelerin sheshiwdiń sáykes algoritmleri hám baǵdarlamaların islep shıǵıw júdá quramalı esaplanadı. Eger maqset funkciyası úzlikli ekenligi sebepli onı joqarı dárejeli polinomlar arqalı súwretlew lazımlıǵın itibarǵa alsaq, másele jáne de quramalasadı.

EES aktiv júklemesin tarmaқтаǵı ısıraptı esapqa alıp optimal bólistiriw shárti. EES júklemesin elektr stanciyaları ortasında tarmaқтаǵı ısıraplardı esapqa alıp optimal bólistiriw máselesiniń matematikalıq táreplerin kórip ótemiz. n JES N túyinge iye bolǵan EES nıń ulıwma

jükleme R_N di parallel jaǵdayda islep támiyinlep atırǵan bolsın. Másele maqset funkciyası bolıp barlıq JESlardaǵı ulıwma janılǵı jumshalıwı funkciyalarınń jıyındısı esaplanadı:

$$B = B_1 + B_2 + \dots + B_n \rightarrow \min. \quad (6.1)$$

Shegaralıq shárt bolsa, quwatlıqlar balansı esaplanadı:

$$W = P_1 + P_2 + \dots + P_n - P_H - P = 0. \quad (6.2)$$

EES nıń elektr tarmaǵında ulıwma aktiv quwatlıq ısırap bolıwı p ulıwma jaǵdayda barlıq dereklerdiń (bir – balanslawshı túyinnen basqa) aktiv hám reaktiv quwatlıqları, tayansh túyinniń kernewi hám retleniwshi transformatorlar transformaciyalaw koefficientleriniń funkciyası esaplanadı:

$$\pi = f(P_1, Q_1, P_2, Q_2, \dots, P_n, Q_n, U_0, K_1', K_1'', \dots, K_h', K_h''), \quad (6.3)$$

Bul jerde h – transformaciyalaw koefficientleri retleniwshen transformatorlar sanı.

Bunday jaǵdayda maqset funkciyası (6.1) nıń shegaralıq shárt (6.2) esapqa alınǵandaǵı minimumı Lagranj funkciyası

$$L = B + \mu W \quad (6.4)$$

niń JESlar quwatlıqları P_i hám belgisiz Lagranj kóbeytiwshisi μ boyınsha minimal mánisi támiyinleniwshi noqatta olar boyınsha jeke tuwındılarınıń nolge teńliginen paydalanıp, tómendegi teńlemeler sistemasın payda etemiz:

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial L}{\partial P_1} &= \frac{\partial B_1}{\partial P_1} + \mu \left(1 - \frac{\partial \pi}{\partial P_1} \right) = b_1 + \mu(1 - \sigma_1) = 0, \\ \frac{\partial L}{\partial P_2} &= \frac{\partial B_2}{\partial P_2} + \mu \left(1 - \frac{\partial \pi}{\partial P_2} \right) = b_2 + \mu(1 - \sigma_2) = 0, \\ &\dots \\ \frac{\partial L}{\partial P_i} &= \frac{\partial B_i}{\partial P_i} + \mu \left(1 - \frac{\partial \pi}{\partial P_i} \right) = b_i + \mu(1 - \sigma_i) = 0, \\ \frac{\partial L}{\partial \mu} &= P_1 + P_2 + \dots + P_i - P_H - P = 0. \end{aligned} \right\} \quad (6.5)$$

(6.5) ni tómendegi sistema kórinisinde ańlatıw múmkin:

$$\left. \begin{aligned} \frac{b_1}{1 - \sigma_1} + \mu &= 0, \\ \frac{b_2}{1 - \sigma_2} + \mu &= 0, \\ &\dots \\ \frac{b_i}{1 - \sigma_i} + \mu &= 0, \\ P_1 + P_2 + \dots + P_i - P_H - P &= 0. \end{aligned} \right\} \quad (6.6)$$

$\frac{1}{1 - \sigma_i} = \eta_i, i = 1, 2, \dots, n$ belgilew kirgizip, (6.6) dan EES jüklemesiniń JESlar ortasında tarmaqtaǵı ısıraplardı esapqa alıp, optimal bólistiriw shártin payda etemiz:

$$\left. \begin{aligned} \eta_1 b_1 = \eta_2 b_2 = \dots = \eta_i b_i &= -\mu, \\ P_1 + P_2 + \dots + P_i &= P_H + P. \end{aligned} \right\} \quad (6.7)$$

Bul jerde $\eta_i (i = 1, 2, \dots, n)$ tarmaq koefficientleri dep júrgiziledi.

6.2. Elektr tarmaqlarında quwatlıq ısırap bolıwı hám onıń tuwındıların ańıqlaw

Energetika sistemasınıń qısqa múddetli jumıs jaǵdayların tarmaqtaǵı ısıraplardı esapqa alıp optimal jobalastırıw aktiv quwatlıq ısırap bolıwı hám onıń tuwındısın tabıwdı talap etedi. Quwatlıq ısırap bolıwı hám buǵan sáykes túrde onıń tuwındısı barlıq jaǵday parametrleriniń quramalı funkciyası esaplanadı. Sol sebepli, ulıwma jaǵdayda, olardıń mánisleri elektr tarmaǵınıń jaǵdayın esaplaw tiykarında tabıladı. Tarmaqtıń normal jaǵdayın esaplaw ushın belgili usıllardan paydalanıw múmkin.

Házirgi zamanda quramında kóplep artıqsha júklengen uzın elektr uzatıw liniyaları bar bolǵan rawajlanǵan energetika sistemalarınıń jaǵdayların optimallawda elektr tarmaqlarında ısıraplardı esapqa alıw áhmiyetli másele esaplanadı. Onı sheshiw, joqarıda belgilengendey, elektr tarmaqlarında aktiv quwatlıq ısırap bolıwınıń optimallawda qatnasıwshı stanciyalardıń quwatlıqları boyınsha tuwındıların esaplaw

tiykarında ámelge asırıladi. Ísrap barlıq jaǵday parametrleriniń quramalı funkciyası bolǵanlıǵı sebepli ısıraptı esapqa alıp optimallawdıń nátiyjeligi bul tuwındıardı esaplaw algoritminiń nátiyjeligi menen belgilenedi.

Ádebiyatlarda ısırap tuwındıların esaplawdıń birqatar usıl hám algoritmleri keltirilgen. Klassikalıq usıl sıpatında sanlı differenciallaw (kishi arttırmalar) usılın kórsetiw múmkin. Bul usıl ısırap tuwındıların elektr tarmaqtıń turaqlı jaǵdayların kóp máртеlep esaplawlar tiykarında jeterlishe úlken anıqlıqta tabıw imkanın beredi. Biraq, esaplawlar hám olardı ámelge asırıw ushın sarplanıwshı waqtıń kópligi, talap etiliwshı dáslepki maǵlıwmatlardıń kópligi sebepli usı usıl energetika sistemasınıń qısqa múddetli jaǵdayların optimal jobalastırıw hám operativ jaǵdayların basqarıw máselelerin sheshiwde keń qóllanılmaydı.

Pútkil Rossiya elektr energetika ilimiy-izertlew institutında islep shıǵılǵan usıl boyınsha ısıraptıń tuwındıları tómendegi kórinistegi sıızıqlı formula boyınsha tabıladi:

$$\sigma_i = \sum_{j \in H} \alpha_j P_j - \sum_{k \in T + \Gamma} \alpha_k P_k + \alpha_{i0} \quad (6.8)$$

Bul jerde α_{ij} , $\alpha_{ik} - j$ - júkleme hám k - generaciya túyinleriniń aktiv quwatlıqların s_i ǵa tásir belgilewshı turaqlı koefficientler; α_{i0} - erkin qurawshı.

Koefficientler α_{ij} , α_{ik} hám erkin qurawshı α_{i0} lardıń mánisleri aldınnan xarakterli sutkalardıń xarakterli waqt intervalları ushın elektr tarmaqtıń turaqlı jaǵdayları etalon esaplawlar tiykarında anıqlanadı.

Ísrap tuwındıların esaplawda sıızıqlı formula (6.8) den paydalanıw esaplaw procesin keskin tezletedi, sebebi bunda elektr tarmaqtıń turaqlı jaǵdayı esaplanbaydı. Sonıń menen birqatarda artıqsha dárejede júklengen elektr uzatıw liniyalrı, salıstırmalı ósiw xarakteristikaları salıstırǵanda jatıq elektr stanciyalarına iye bolǵan energetika sistemaların jaǵdayların optmallawda (6.8) formula boyınsha anıqlanıwshı tuwındıların qáteligi úlken bolıwı nátiyjesinde optimallawdan alınıwshı nátiyje keskin kemeyiwı múmkin.

Elektr tarmaǵındaǵı ısıraplar barlıq jaǵday parametrleriniń quramalı funkciyası bolǵanı sebepli tuwındılar tómendegishe anıqlanıwı zárúr:

$$\sigma_i = \frac{\partial \pi}{\partial P_i} + \sum_j \frac{\partial \pi}{\partial U_j} \cdot \frac{dU_j}{dP_j} + \sum_j \frac{\partial \pi}{\partial U_j^*} \cdot \frac{dU_j^*}{dP_i} \quad (6.9)$$

Bul jerde U_j , U_j^* - j - túyin kompleks kernewiniń haqıyqıy hám shama bólimleri.

(6.9) daǵı barlıq túyinlerdiń kernewlerin haqıyqıy hám shama bólimlerinen túyinlerdiń aktiv quwatlıqları boyınsha alınıwshı tolıq tuwındılar $\frac{dU_j}{dP_i}$, $\frac{dU_j^*}{dP_i}$ elektr tarmaǵınıń turaqlı jaǵdayı túyin teńlemeleri sistemasınan payda bolıwshı, ulıwma jaǵdayda, 2N tártipli (bul jerde N- elektr tarmaǵındaǵı túyinler sanı) sıızıqlı algebralıq teńlemeler sistemasın sheshiw tiykarında tabıladi:

$$\left. \begin{aligned} \frac{dU_i}{dP_i} &= \frac{\partial U_i}{\partial P_i} + \sum_{k=1}^N \frac{\partial U_i}{\partial U_k} \cdot \frac{dU_k}{dP_j} + \sum_{k=1}^N \frac{\partial U_i}{\partial U_k^*} \cdot \frac{dU_k^*}{dP_j} \\ \frac{dU_i^*}{dP_i} &= \frac{\partial U_i^*}{\partial P_i} + \sum_{k=1}^N \frac{\partial U_i^*}{\partial U_k} \cdot \frac{dU_k}{dP_j} + \sum_{k=1}^N \frac{\partial U_i^*}{\partial U_k^*} \cdot \frac{dU_k^*}{dP_j} \end{aligned} \right\} \quad (6.9a)$$

Sol sebepli usı algoritm boyınsha esaplaw quramalı bolǵan jaǵdayda kóp waqtı talap etedi.

Ísrap tuwındısın esaplawdıń basqa algoritmi tómendegi jol menen payda etiliwshı 2N teńleme hám belgisizlerden quralǵan sıızıqlı algebralıq teńlemer sistemasın bir máрте sheshiwge tiykarlanǵan.

i - túyinniń kompleks kernewin faza múyeshi d_i ǵa beriliwshı kishi arttırma $\Delta \delta_i$ tásirinde tarmaqtaǵı ısıraptıń ózgeriwın tómendegishe anıqlaw múmkin:

$$\Delta \pi = \sum_j \frac{\partial \pi}{\partial P_j} \cdot \Delta P_j + \sum_j \frac{\partial \pi}{\partial Q_j} \cdot \Delta Q_j \quad (6.10)$$

Bul jerde $\frac{\partial \pi}{\partial P_j} = \sigma_{P_j}$, $\frac{\partial \pi}{\partial Q_j} = \sigma_{Q_j}$ - j túyinniń aktiv hám reaktiv quwatlıqları boyınsha ısırap tuwındıları; DP_j , DQ_j - arttırma $\Delta \delta_i$ tásirinde j túyinniń aktiv hám reaktiv quwatlıqlarınıń ózgerisleri.

(6.10) teńlemeninń óń tárepindegi birinshi summa elektr tarmaǵınıń barlıq túyinleri boyınsha ámelge asırılsa, ekinshi summaǵa dáslepki

maglıwmat sıpatında túyin kernewiniń moduli berilgen túyinler menen baylanıslı bolǵan qurawshılar kirmeydi.

(6.10) teńlemeninń hár eki tárepin $\Delta\delta_i$ ǵa bólip, onıń nolge umılǵandaǵı limitinen tómendegi teńlemenı payda etemiz:

$$\Delta\pi = \sum_j \frac{\partial\pi}{\partial P_j} \cdot \Delta P_j + \sum_j \frac{\partial\pi}{\partial Q_j} \cdot \Delta Q_j. \quad (6.11)$$

i – túyinniń kernewine kishi arttırma DU_i beriw arqalı tap usı sıyaqlı ámellerdi orınlap, bul arttırmanıń nolge umılǵandaǵı limitinen tómendegi teńlemenı payda etemiz:

$$\frac{d\pi}{dU_i} = \sum_j \sigma_{P_j} \cdot \frac{dP_j}{dU_i} + \sum_j \sigma_{Q_j} \cdot \frac{dQ_j}{dU_i}. \quad (6.12)$$

(6.11) va (6.12) teńlemelerni bir sistemaǵa birlestirip, hám onda tolıq tuwındıardı jeke tuwındılar menen almasırw nátiyjesinde matrica kórinisinde tómendegishe ańlatılıwshı teńlemeler sistemasın payda etemiz:

$$\begin{bmatrix} \frac{\partial P}{\partial \delta} & \frac{\partial Q}{\partial \delta} \\ \frac{\partial P}{\partial U} & \frac{\partial Q}{\partial U} \end{bmatrix} x \begin{bmatrix} \sigma_P \\ \sigma_Q \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{\partial \pi}{\partial \delta} \\ \frac{\partial \pi}{\partial U} \end{bmatrix}. \quad (6.13)$$

(6.13) dan payda bolıwshı teńlemeler sisteması sızıqlı algebralıq teńlemeler sistemasın ańlatadı. Ondaǵı koefficientler matricası túyinler ushın quwatlıqlar balans emesligi funkciyalarınń tuwındılarınan ibarat bolǵan Yakobi matricasınıń transpoziciyalanǵan kórinisin ańlatadı. Sol sebepli ısırap tuwındıların usı teńlemeler sistemasın sheshiw tiykarında esaplawda usı matricanıń elementlerin qayta esaplamastan, Yakobi matricasınıń elektr tarmaqtıń turaqlı jaǵdayın esaplawda tabılǵan mánislerinen paydalanıw múmkin.

Ísırap tuwındıların (6.13) dan payda bolıwshı teńlemeler sistemasın sheshiw tiykarında tabıw algoritmlerinde ulıwma aktiv quwatlıq ısırap bolıwı barlıq túyinler aktiv quwatlıqlarınıń algebralıq jıyındısı sıpatında anıqlanadı:

$$\pi = \sum_{j=0}^N P_j$$

Buǵan sáykes jaǵdayda (6.13) nıń óń tárepindegi jeke tuwındılar tómendegishe anıqlanadı:

$$\frac{\partial\pi}{\partial\delta_i} = \sum_{j \in J_i} \frac{\partial P_j}{\partial\delta_i}, \quad \frac{\partial\pi}{\partial U_i} = \sum_{j \in J_i} \frac{\partial P_j}{\partial U_i}.$$

Bul jerde $J_i - i$ – túyin menen tikkeley baylanısqan túyinler toplamı.

(6.13) teńlemeler sistemasın payda qılıwda funkciyalarınń tolıq tuwındıları olardıń jeke tuwındıları menen almasırwılǵanlıǵı sebepli onı sheshiw nátiyjesinde tabılıwshı ısırap tuwındıları ayırım qáteliklerge iye boladı. Biraq, eksperimental izertlewlerdiń nátiyjeleri bunday qátelikler energetika sistemasınıń jaǵdayın optimal jaǵdayǵa salıstırǵanda, ulıwma jaǵdayda, ruqsat etiwge bolmaytuǵın dárejede paraqlanıwına alıp kelmeydi. (6.13) teńlemeler sistemasın dekompoziciyalaw hám payda bolǵan nátiyjelerdi sızıqlı korrekciyalawǵa tiykarlanǵan tómende keltirilwshı algoritm qóllanılganda bolsa, bunday qátelikler belgili dárejede kompensaciyanadı.

Ádebiyatlarda elektr tarmaqlarında aktiv quwatlıq ısırap bolıwı hám ısırap tuwındıların jeke hám óz ara qarsılıqlar matricasınıń elementlerinen paydalanıwshı formulaları da keltirilgen. Olar ısırap hám onıń tuwındıların elektr tarmaǵınıń turaqlı jaǵdayların esaplaw tiykarında jeterlishe úlken anıqlıqta tabıw imkannı beredi. Biraq elektr tarmaqlarınıń sxemaları tez-tez ózgerip turıwı olardan paydalanıw ushın belgili qıyınshılıqlardı keltirip shıǵaradı.

Ísırap hám onıń tuwındıların esaplawdıń joqarıda keltirilgen usılları hám olardıń xarakterli ózine tánligin itibarǵa alǵan jaǵdayda búgingi kúnde olar arasınan sızıqlı algebralıq teńlemeler sistemasın sheshiwge tiykarlanǵan usıldı salıstırmalı nátiyjeli usıl sıpatında kórsetiw múmkin.

6.3. Energetika sistemasının jüklemesin elektr stanciyaları ortasında elektr tarmaqlarındağı ısıraplardı itibarğa alıp optimal bólistiriw

Energetika sistemalarının jüklmelerin elektr stanciyaları ortasında ısıraplardı itibarğa alıp optimal bólistiriwdiń klassikalıq algoritminde basqarıwdıń hárbir intervalında (6.7) shárt orınlanadı. Bunda esaplaw procesiniń hárbir iteraciyasında ısırap tuwındıları σ_i hám oğan sáykes tarmaq koefficientleri (faktorları) $\eta_i = \frac{1}{1-\sigma_i}$ anıqlanadı.

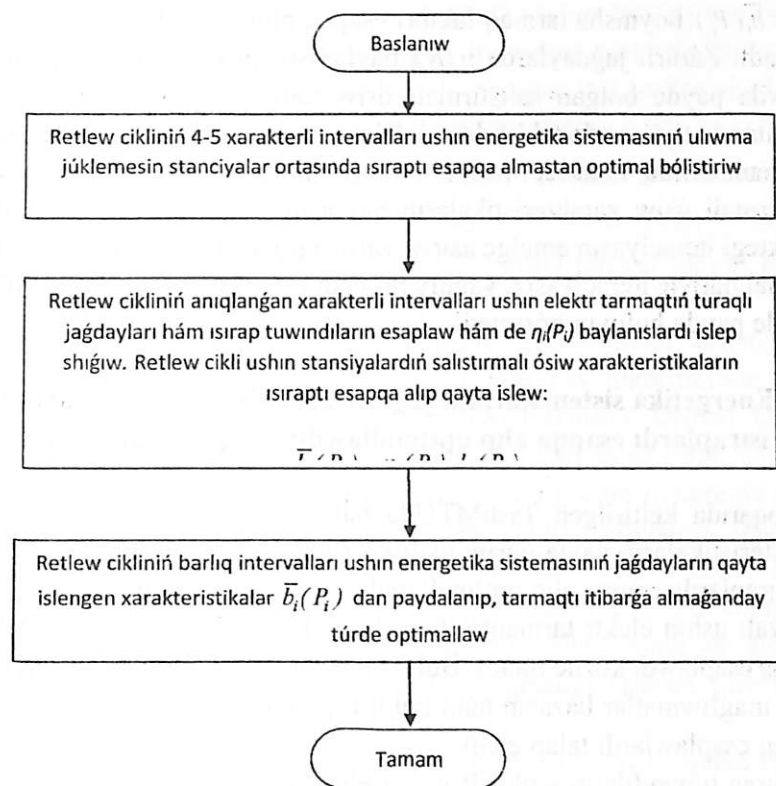
Eksperimental esaplawlar tiykarında bunday algoritm boyınsha esaplaw procesi, ulıwma jaǵdaylarda, terbeliwshi xarakterde bolıwı, artıqsha júklengen energetika sistemalarının jaǵdayların optimallawda bolsa uzaqlasıwı múmkinligi anıqlanǵan. Ayırım jaǵdaylarda iteraciya procesindegi terbeliwlerdi tarmaq koefficientleri η_i nıń mánislerin hárbir iteraciya tómendegi formula boyınsha korrekciyalaw arqalı dempirlaw (sóndiriw) múmkin:

$$\eta_{i,adit}^{(k)} = \eta_{i,adit}^{(k-1)} + \alpha(\eta_i^{(k)} - \eta_{i,adit}^{(k-1)}) \quad (6.14)$$

Bul jerde α – dempirlawshi koefficient bolıp, onıń mánisi $0 \div 1$ aralıǵında qabıllanadı; $\eta_i^{(k)}$, $\eta_{i,adit}^{(k)} - \eta_i$ nıń k - shı iteraciya daǵı dempirlawden aldınǵı hám keyingi mánisleri.

Solay etip, energetika sistemalarının jaǵdayların elektr tarmaqlarındağı ısıraplardı itibarğa alıp optimallawdıń usı algoritmi esaplaw procesinde kóp máртеlep elektr tarmaqtıń turaqlı jaǵdayların esaplawdı talap etedi. Bunnan tisqari, artıqsha júklengen, sonday-aq, quramında jatiq salıstırmalı ósiw xarakteristikalarına iye bolǵan elektr stanciyaları bar bolǵan energetika sistemalarının jaǵdayların optimallawda iteraciya procesiniń jaqınlasıwın kepilli dep bolmaydı. Usı sebepler boyınsha zamanagóy quramalı energetika sistemalarının qısqa múddetli jaǵdayların jobalastırıw hám operativ jaǵdayların basqarıw máselelerin sheshiwde tarmaq faktorın esaplaw procesine kirgiziwdiń bunday algoritminen paydalanıw usınıs etilmeydi. Olar eksperimental esaplawlarda etalon nátiyjelerin alıw ushın qollanıwı múmkin.

Tarmaq faktorın iteraciya procesine kirgiziwde procesiń jaqınlasıwı menen baylanıslı bolǵan mashqalalar tarmaq faktorın esapqa alıp qayta qurılıwshı salıstırmalı ósiw xarakteristikalarınan paydalanılǵanda tolıq saplastırıladı. Qayta qurılıwshı salıstırmalı ósiw xarakteristikaları usılı elektr tarmaqtıń turaqlı jaǵdayların esaplaw tiykarında optimallawda qatnasıwshı barlıq elektr stanciyaları ushın aldınnan qurılıwshı $\bar{b}_i(P_i) = \eta_i(P_i) \cdot b_i(P_i)$ baylanıslardan paydalanıwdı kózde tutadı. Usı usıl óz waqtında Tashkent politexnika institutı (házirgi Tashkent mámleketlik texnika universiteti – TashMTU) alımları tárepinen islep shıǵılǵan bolıp, oǵan tiykarınan esaplaw algoritminiń ulıwmalastırılǵan blok-sxeması 6.1-súwrette berilgen.



6.1-súwret. Energetika sistemalarının jaǵdayların elektr stanciyaların salıstırmalı ósiw xarakteristikaların qayta qurıw arqalı optimallaw algoritminiń ulıwmalastırılǵan blok-sxeması

Algoritmnin mánsi tómendegishe.

Retlew ciklinin 4-6 xarakterli intervalları ushin energetika sistemasinın jaǵdayı optimallastırıladı hám elektr tarmaǵının turaqlı jaǵdayı esaplanadı. Bul esaplawlarda alınǵan nátiyjeler tiykarında optimallawda qatnasıwshı stanciya túyinleri ushin ısırap tuwındıları σ , hám sáykes tarmaq koefficientleri η_i tabıladı. Bunda júkleme grafigine muwapıq jaǵdayda hár bir stanciya ushin $\eta_i(P_i)$ baylanıs payda boladı. Sońınan bul baylanıslardı sáykes stanciyalardıń salıstırmalı ósiw xarakteristikaları $b_i(P_i)$ ǵa kóbeytiw arqalı olar ushin ısıraptı itibarǵa alıp, qayta qurılǵan salıstırmalı ósiw xarakteristikaları $\bar{b}_i(P_i) = \eta_i(P_i) \cdot b_i(P_i)$ payda etiledi. Keyingi optimallaw qayta islew nátiyjesinde payda bolǵan xarakteristikalar $\bar{b}_i(P_i)$ boyınsha tarmaq faktorı esapqa alınbaǵanday túrde ámelge asırıladı. Zárúrlı jaǵdaylarda $\eta_i(R_i)$ baylanısı qurıw procedurası qayta qurıwda payda bolǵan salıstırmalı ósiw xarakteristikaları $\bar{b}_i(P_i)$ dan paydalanıw tiykarında tákirarlanadı hám jáne de anıǵıraq optimal nátiyje alınadı. Biraq, konkret mısallar tiykarındaǵı izertlewlerdin nátiyjeleri salıstırmalı ósiw xarakteristikaların qayta qurıw arqalı optimallawdıń gezektegi iteraciyasın ámelge asırıw zárúrligi joqlıǵı – jeterli anıqlıqtaǵı optimal nátiyje iteraciyasız, yaǵnıy proceduranı bir márte orınlaw nátiyjesinde payda bolıwın kórsetedi.

6.4. Energetika sistemalarının jaǵdayların elektr tarmaqlarındaǵı ısıraplardı esapqa alıp optimallawdıń ekspress-algoritmi

Joqarıda keltirilgen TashMTUda islep shıǵılǵan salıstırmalı ósiw xarakteristikaların qayta qurıw usılı energetika sistemalarının jaǵdayların ısıraplardı esapqa alıp optimallawda retlew ciklinin hár bir xarakterli intervalı ushin elektr tarmaqtın turaqlı jaǵdayın onın tolıq sxeması boyınsha esaplawdı kózde tutadı. Bul óz gezeginde úlken muǵdardaǵı dáslepki maǵlıwmatlar bazasın hám belgili qıyınshılıqlar menen baylanıslı bolǵan esaplawlardı talap etedi.

Ísrap tuwındılardıń pútkil Rossiya elektr energetika ilimiy-izertlew institutı (BEEITI) miynetleri tiykarında esaplaw elektr tarmaǵının turaqlı jaǵdayların esaplawdı talap etpegen jaǵdayda sızıqlı formula (6.8) boyınsha tuwındılardıń shamalıq mánsilerin tabıw imkanın beredi. Bi-

raq bul jerde tarmaq koefficientin esaplaw procesine kirgiziw iterativ túrde ámelge asırılǵanlıǵı sebepli ol keskin terbelisler hám proceshtin jaqınlasıwında isenimlilikhtiń joǵalıwı menen baylanıslı.

Energetika sistemalarının jaǵdayların elektr tarmaqlarındaǵı ısıraplardı esapqa alıp optimallaw boyınsha joqarıda keltirilgen TashMTU hám BEEITI islenbelerinin unamalı táreplerin birlestiriw tiykarında másezeni sheshiwdiń tómende keltirilgen ekspress-algoritmi usınıs etilgen. Algoritmnin mánsi tómendegishe.

Retlew ciklinin 4-6 xarakterli intervalları ushin energetika sistemasinın jaǵdayların tarmaq faktorın itibarǵa almastan optimallaw nátiyjelere paydalanıp, sızıqlı formula (6.8) boyınsha barlıq stanciyalar ushin ısıraptıń tuwındıları σ , hám olar tiykarında sáykes tarmaq koefficientleri η_i tabıladı. Bunda júkleme grafigine muwapıq jaǵdayda hár bir stanciya ushin $\eta_i(R_i)$ baylanıs payda boladı. Sońınan bul baylanıslardı sáykes stanciyalardıń salıstırmalı ósiw xarakteristikaları $b_i(P_i)$ ǵa kóbeytiw arqalı olar ushin ısıraptı itibarǵa alıp, qayta qurılǵan salıstırmalı ósiw xarakteristikaları $\bar{b}_i(P_i) = \eta_i(P_i) \cdot b_i(P_i)$ payda etiledi. Keyingi optimallaw qayta qurılǵan xarakteristikalar $\bar{b}_i(P_i)$ boyınsha tarmaq faktorı esapqa alınbaǵanday túrde ámelge asırıladı.

Solay etip, energetika sistemasinın jaǵdayların elektr tarmaǵındaǵı ısıraplardı itibarǵa alıp optimallawdıń ekspress algoritminde ısırap tuwındılardıń esaplaw sızıqlı formula (6.8) boyınsha, tarmaq faktorın esaplaw procesine kirgiziw bolsa qayta qurılǵan salıstırmalı ósiw xarakteristikaları boyınsha ámelge asırıladı. Usı algoritim tiykarında payda etilgen optimal nátiyje tábiyiy jaǵdayda sızıqlı formulanın shamalıǵı menen baylanıslı qáteliklerge iye boladı. 6.1-tablicada 27 túyin, 11 optimallawda qatnasıwshı jıllılıq elektr stanciyasına iye bolǵan energetika sistemasinın sutkanı xarakterli birneshe intervalları ushin usı algoritim tiykarında optimallastırılǵanda nátiyjenin qáteligi esabına ulıwma janılǵının artıqsha sarıp procientlerde berilgen.

Ekspress-algoritmnin usı ózine tánligin itibarǵa alıp, onnan energetika sistemalarının operativ jaǵdayların optimal basqarıwda paydalanıw múmkin.

6.1-tablica. Ekspres-algoritm járdeminde optimallawdağı qátelik esabına júz beriwshi artıqsha janılğı sarplanıwı

Sutka intervalı	1	2	4	13	14	15	22	23	24
Shártli janılğının artıqsha sarplanıwı, %	0,14	0,13	0,05	0,12	0,09	0,12	0,11	0,12	0,11

6.5. Ísrap tuwındıların sızılıq algebralıq teńlemeler sisteması koefficientler matricasın dekompoziciyalaw arqalı esaplaw algoritmi

Ísrap tuwındıların (6.13) dan payda bolıwshı sızılıq algebralıq teńlemeler sisteması boyınsha esaplawda onıń koefficientler matricasın dekompoziciyalaw tiykarında esaplaw ámelleriniń kólemin kemeytiw esabına procestiń barısın jáne de tezlestiriw, anıqlıqtı bolsa asırıw múmkin.

Teńlemeler sisteması (6.13) da koefficientler matricası elektr tarmağıniń turaqlı jaǵdayın esaplawda paydalanıwshı Yakobi matricasınıń transpoziciyalanǵan kórinisi. Onıń elementlerin esaplaw ushın tarmaqtıń túyinleri ushın quwatlıqlar balansı formasında polyus koordinata sistemasında jazılǵan teńlemelerden payda bolıwshı ańlatpalardan paydalanıladı.

Teńlemeler sisteması (6.13) da birinshi N teńlemeni ajratıp alamız:

$$\frac{\partial P}{\partial \delta} \cdot \sigma_P + \frac{\partial Q}{\partial \delta} \cdot \sigma_Q = \frac{\partial \pi}{\partial \delta}$$

Bunnan

$$\sigma_P = \frac{\partial P^{-1}}{\partial \delta} \cdot \frac{\partial \pi}{\partial \delta} + \frac{\partial P^{-1}}{\partial \delta} \cdot \frac{\partial Q}{\partial \delta} \cdot \sigma_Q \quad (6.15)$$

Túyinniń reaktiv quwatlıǵı Q dı kompleks kernewdiń faza múyeshi δ ǵa baylanıslılıǵınıń tómennigini esapqa alıp, (6.15) daǵı sońǵı qurawshını tómendegi sızılıq vektor funkciya menen alıstıramız:

$$\Delta \sigma_P = \frac{\partial P^{-1}}{\partial \delta} \cdot \frac{\partial Q}{\partial \delta} \cdot \sigma_Q = \alpha P + \alpha_0 \quad (6.16)$$

Bul jerde α – sızılıq funkciyalardıń vektor koefficientleri; α_0 – sızılıq funkciyalardıń erkin aǵzaları vektori.

Teńlemeler sisteması (6.13) nı sheshiw nátiyjesinde payda bolıwshı ısırap tuwındıları vektori $\sigma_P = \frac{\partial \pi}{\partial P}$ shama menen boladı. Sebebi onıń qurawshıları funkciyanıń jeke tuwındıları esaplanadı. Usınıs etilip atırǵan algoritimde sáykes qátelikler α i α_0 vektorlarınıń qurawshılarınıń tómendegi algoritm boyınsha esaplawda azmaz kompensaciyalanadı.

1) Energetika sistemasınıń maksimal hám minimal júklemeli jaǵdayları ushın stanciyalı túyinler ushın ısırap tuwındılarınıń anıq hám shama menen mánisleri $\sigma_{P,T}^{\max}, \sigma_{P,I}^{\max}, \sigma_{P,T}^{\min}, \sigma_{P,I}^{\min}$ sáykes túrde kishi arttırmalar usılı hám teńlemeler sisteması

$$\frac{\partial P}{\partial \delta} \cdot \sigma_P = \frac{\partial \pi}{\partial \delta} \quad (6.17)$$

nı sheshiw tiykarında tabıladı;

2) Maksimal hám minimal júklemeli jumıs jaǵdayları ushın ısırap tuwındıların anıq mánislerinen awısıw dárejesi tómendegishe tabıladı:

$$\Delta \sigma_P^{\max} = \sigma_{P,T}^{\max} - \sigma_{P,I}^{\max}, \quad \Delta \sigma_P^{\min} = \sigma_{P,T}^{\min} - \sigma_{P,I}^{\min};$$

3) Hárbir i – túyin ushın payda bolǵan eki noqat $(P_i^{\max}; \Delta \sigma_{P,i}^{\max})$ va $(P_i^{\min}; \Delta \sigma_{P,i}^{\min})$ lar boyınsha sızılıq baylanıs

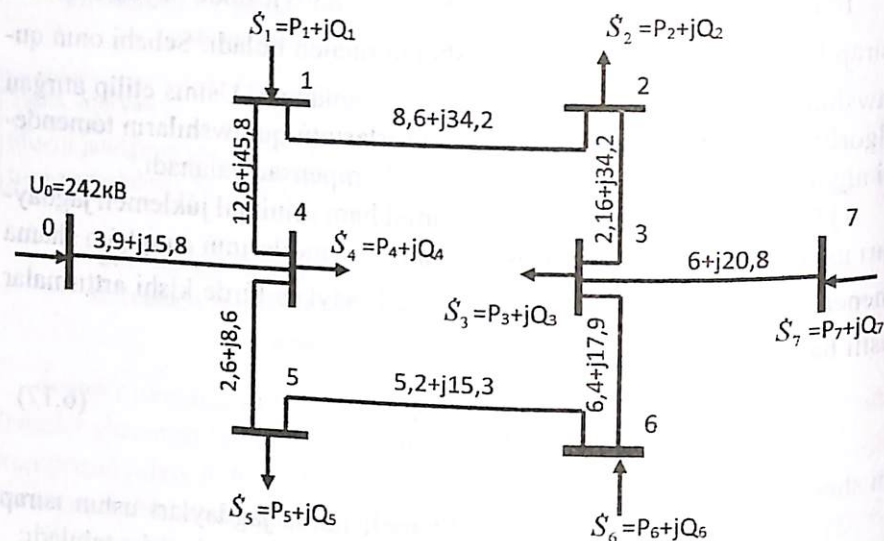
$$\Delta \sigma_{P,i} = \alpha_i P_i + \alpha_{0,i}$$

qurıladı.

Solay etip, ısırap tuwındısın esaplawdıń usı algoritminde aldın (6.17) dan payda bolıwshı sızılıq algebralıq teńlemeler sistemasın sheshiw tiykarında ısırap tuwındıların shama menen $\sigma_{P,I}$. Sońınan olar (6.16) boyınsha anıqlanıwshı arttırmalardı esapqa alıp tómendegishe korrekciyalanadı:

$$\sigma_{P,T} = \sigma_{P,I} + \Delta \sigma_P$$

Usı ısırap tuwındısın esaplaw hám ol tiykarında energetika sistemasınıń jaǵdayın optimallaw algoritmleriniń nátiyjeligi menen sxeması 6.2-súwrette súwretlengen energetika sistemasınıń jaǵdayın tarmaqtaǵı ısıraptı esapqa alıp optimallaw misalında tanısamız.



6.2- súwret. Elektr energetika sistemasınıń sxeması

Júklemeler grafikleri 6.2-tablicada keltirilgen.

Aktiv quwatlıq koefficientleri stanciyalı túyinler ushın 0,85 hám júklemeli túyinler ushın 0,9 ға teń.

0-, 1-, 6-, 7-túyinlerde tómendegi shártli janılgı sarplanıwı xarakteristikalarına iye bolǵan JESlar bar:

$$B_0 = 60 + 0,12P_0 + 0,00055P_0^2, \quad t.sh.j. / saat,$$

$$B_1 = 90 + 0,1P_1 + 0,0007P_1^2,$$

$$B_6 = 70 + 0,11P_6 + 0,0004P_6^2,$$

$$B_7 = 80 + 0,15P_7 + 0,0005P_7^2.$$

6.2-tablica. Tutınıwshılardıń júklemeler grafikleri.

Ulıwma júklemeler PJ, MVt	P2, MVt	P3, MVt	P4, MVt	P5, MVt
1100	230,0	400	130	340
1200	250	450	140	360
1250	260	460	145	385

1300	280	470	150	400
1350	290	490	160	410
1400	300	500	180	420
1500	330	520	200	450
1600	350	550	230	470
1680	350	580	260	490

Tarmaq faktorın esapqa alıp optimallawdan alınıwshı nátiyjeni anıqlaw hám nátiyjelerdi salıstırıw ushın 6.3-tablicada energetika sistemasınıń jaǵdayın tarmaq faktorın esapqa almadan hám ısırap tuwındıların kishi arttırmalar usılında anıqlaw arqalı esapqa alıp optimallaw nátiyjeleri keltirilgen.

6.3-tablica. Optimallaw nátiyjeleri.

PJ, MVt	Tarmaq faktorın esapqa almadan optimallaw					
	p, MVt	P0, MVt	P1, MVt	P6, MVt	P7, MVt	B, t.sh.j/s
1100	35,108	267,167	224,203	379,855	263,884	602,825
1300	53,425	318,407	264,462	450,309	320,247	699,335
1500	77,072	370,897	305,705	529,483	377,987	810,961
1600	93,680	398,265	327,208	560,115	408,092	874,248
1680	105,494	419,814	344,140	589,745	431,796	926,613
	Tarmaq faktorın esapqa alıp optimallaw					
	p, MVt	P0, MVt	P1, MVt	P6, MVt	P7, MVt	B, t.sh.j/s
1100	34,680	259,256	225,830	384,431	264,663	602,684
1300	52,243	305,721	267,630	458,590	320,302	698,802
1500	74,258	352,741	312,196	530,065	373,256	809,774
1600	88,336	374,752	336,713	578,672	398,194	871,856
1680	98,246	393,530	355,224	613,013	416,403	923,153

Esaplawlardıń nátiyjeleri energetika sistemasınıń onsha úlken bolmaǵan júklemelerinde tarmaq faktorın esapqa alınıwdan erisiliwshı nátiyje sezilerli dárejede úlken emesligin kórsetedi. Júklemenıń asıp barıwı menen bolsa, alınıwshı nátiyje de asıp barıwı baqlanadı. Máselen energetika sistemasınıń júklemesi 1100, 1300 MVt bolǵanda shártli janılgıńıń ulıwma sarplanıwı boyınsha nátiyje 0,1% ten aspasa, júklemenıń 1500, 1600 hám 1680 MVt bolǵan mánislerinde bolsa, saykes jaǵdayda 0,15%, 0,28% hám 0,38% ti quraydı.

6.4-tablicada energetika sistemasınıń jaǵdayların ısırap tuwındıların sızıqlı formula (6.8) boyınsha hám joqarıda usınıs etilgen sızıqlı algebralıq teńlemeler sistemasın sheship, korrekciyalawǵa tiykarlangan algoritm boyınsha anıqlap optimallaw nátiyjeleri keltirilgen. Nátiyjelerdi salıstırıw usınıs etilgen algoritm tarmaq faktorınıń ámeliy maqsetler ushın jeterlishe anıqlıqta esapqa alıw imkanın bergen jaǵdayda hár bir iteraciya da orınlanıwshı esaplaw ámelleriniń kólemi ulıwma jaǵdayda 2N sızıqlı algebralıq teńlemeden ibarat bolǵan sistema ornına N sızıqlı algebralıq teńlemeden ibarat bolǵan sistemasın sheshiw esabına sezilerli dárejede kemeyiwın kórsetedi. Orınlanıwshı ámeller kóleminiń bunday kemeyiwı usı algoritmdı energetika sistemasınıń operativ jaǵdayların optimal basqarıw maqsetlerinde de qollanıw imkanıyatın jaratadı.

6.4-tablica. Tarmaq faktorın esapqa alıp optimallaw nátiyjeleri.

PJ, MVt	σ_i ni sızıqlı formula boyınsha esaplaw arqalı						
	p, MVt	P0, MVt	P1, MVt		P6, MVt	P7, MVt	B, t.sh.j./s.
1100	34,63	258,24	225,22	385,20	385,20	265,36	602,68
1300	52,11	304,28	268,32	459,79	459,79	319,72	698,87
1500	74,44	353,94	312,26	535,80	535,80	372,44	809,85
1600	89,48	380,18	334,90	575,07	575,07	399,33	872,29
1680	100,3	401,98	352,14	606,23	606,23	419,98	924,01
PJ, MVt	σ_i ni sızıqlı teńlemeler sistemasın sheship hám korrekciyalap tabıw arqalı						
	p, MVt	P0, MVt	P1, MVt		P6, MVt	P7, MVt	B, t.sh.j./s.
1100	34,69	259,23	225,84		384,95	264,67	602,69
1300	52,10	304,23	269,33		461,65	316,88	698,88
1500	74,00	351,04	314,56		540,95	367,45	809,80
1600	88,22	374,10	336,61		579,73	397,77	871,81
1680	98,27	393,61	355,23		613,02	416,41	923,21

Hár qıylı esaplaw algoritmlerdiń anıqlıqların salıstırıw ushın 6.5-tablicada ısırap tuwındıların túrli usıl hám algoritmler járdeminde esaplaw tiykarında optimallaw nátiyjeleri keltirilgen.

Solay etip, ısırap tuwındısın sızıqlı algebralıq teńlemeler sistemasın sheship, korrekciyalaw tiykarında tabıw arqalı optimallawdan alınıwshı nátiyje onı sızıqlı formula járdeminde tabıw arqalı optimallawǵa salıstırǵanda úlken. Bul parıq energetika sisteması júklemesiniń asıp barıwı menen artıp baradı.

6.5-tablica. Elektr tarmaqlarında ısıraplardı itibarǵa alıw esabına erisiliwshi ekonomikalıq nátiyje

P, MVt	Shártli janılgı boyınsha absolyut únemlew, $\Delta B_{abs.ún}$ t.sh.j./s.	σ_i ni sızıqlı formula boyınsha esaplaw arqalı			σ_i ni sızıqlı teńlemeler sistemasın sheship, korrekciyalap esaplaw arqalı		
		$\Delta B_{ún}$ t.sh.j./s.	$\Delta B_{ún} \% B$ dan	$\Delta B_{ún} \% \Delta B_{abs.ún}$ dan	$\Delta B_{ún}$ t.sh.j./s.	$\Delta B_{ún} \% B$ dan	$\Delta B_{ún} \% \Delta B_{abs.ún}$ dan
1100	0,141	0,14	0,02	99,29	0,135	0,02	95,7
1300	0,533	0,462	0,07	86,27	0,467	0,07	87,6
1500	1,19	1,115	0,144	93,7	1,157	0,14	97,2
1600	2,428	1,996	0,23	82,9	2,426	0,26	99,9
1680	3,49	2,599	0,28	74,5	3,402	0,37	97,2

Baqlaw sorawları

1. EES júklemesin elektr stanciyaları ortasında optimal bólistiriwde esapqa alınıwshı tapırmaq faktori nelerden ibarat?
2. Elektr tarmaqtaǵı ısıraplar qanday parametrlerge baylanıslı?
3. Ne sebepten zamanagóy EESlar jaǵdayın tarmaq faktorın esapqa alıp optimallaw máselesi quramalı másele esaplanadı?
4. Qanday shegaralıq shártler funkcional shegaralıq shárt esaplanadı?
5. Tarmaq koefficienti ne hám ol qanday anıqlanadı?
6. EES júklemesin JESlar ortasında tarmaqtaǵı ısıraplardı esapqa alıp optimal bólistiriw shárti qanday? Bul shártti keltirip shıǵarın.
7. Elektr tarmaqlarındaǵı aktiv quwatlıq ısırap bolıwınıń sızıqlı formulasın keltiriń hám mánisin túsindiriń.
8. Aktiv quwatlıq ısırap bolıwı tuwındısın esaplawdaǵı qıyınshılıqlar nelerden ibarat?
9. ısırap tuwındıların esaplaw ushın sızıqlı teńlemeler sisteması qanday payda etiledi?
10. Elektr tarmaǵında ulıwma aktiv quwatlıq ısırap bolıwı formulası qanday kóriniste anılatıladı?
11. Energetika sistemasınıń júklemesin elektr stanciyaları ortasında ısıraplardı esapqa alıp optimal bólistiriw máselesin sheshiwdiń klassik algoritmin túsindiriń?

12. Energetika sistemasının jüklemesin elektr stanciyaları ortasında ısırapları esapqa alıp optimal bólistiriw máselesin sheshiwdiń klassikalıq algoritminiń tiykarǵı kemshiligi nelerden ibarat?
13. ısıraptı esapqa alıp qayta qurılıwshı xarakteristikalarǵa paydalanıwǵa tiykarlanǵan usıldıń mánisin túsindiriy.
14. Energetika sisteması jüklemesin ısıraptı esapqa alıp bólistiriwdiń ekspress-algoritminiń mánisin túsindiriy. Bul algoritmnıń kemshiligi neden ibarat?
15. Elektr tarmaqlarında ısırap tuwındıların koefficientler matricasın dekompoziciyalaw arqalı esaplaw tártibin túsindiriy. Onıń abzallıq hám kemshilikleri nelerden ibarat?

7. ELEKTR STANCIYALARINDA ISLEWSHI AGREGATLARDIŇ OPTIIMAL QURAMIN TAŇLAW

7.1. Elektr stanciyalarında islewshi agregatlardıń optimal quramın tańlaw máselesi

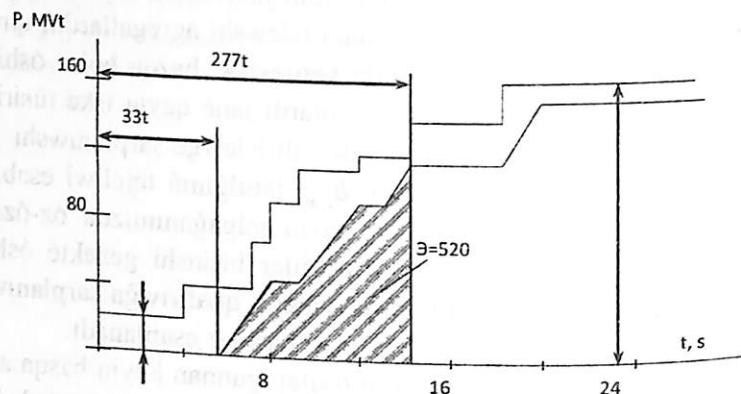
Házirgi zaman energetika sistemalarının jüklemelerin joqarı dáreje-degi tegis emesligi elektr stanciyalarında islewshi agregatlardıń quwatlıqların jükleme kem bolǵan saatlarda kemeytiw, bazda bolsa óshiriw, jükleme kóp bolǵan jaǵdaylarda bolsa olardı jáne qayta iske túsiriwdi talap etedi. JESniń agregatı óshirilgende salt islewge sarplanıwshı $B_{s.i.}$ hám óz mıtájligi ushın sarplanıwshı $B_{o.m.}$ janılǵınıń tejeliwi esabınan ekonomikalıq nátiyje kórilse, olardı qayta jalǵanımızda óz-ózinen qosımsha qarjılar payda boladı. Bul qarjılar birinshi gezekte óshirip qoyılǵan agregatlardı suwıp qalǵanlıǵı sebepli qızdırıwǵa sarplanıwshı janılǵı sarplanıwı menen baylanıslı bolǵan qarjılar esaplanadı.

Solay etip, agregatnıń jüklemesi ol toqtatılǵannan keyin basqa agregatlardıń ótedi. Nátiyede janılǵı sarpanıń salıstırmalı ósiwi artadı hám buǵan sáykes jaǵdayda janılǵı jumalıwı da asadı.

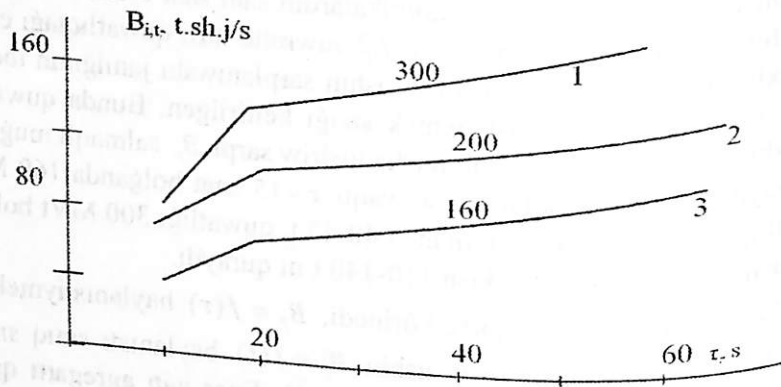
Usı jaǵdaydı túsindiriy ushın 7.1-súwrette iske túsiriw jaǵdaynıń xarakteristikası súwretlengen. Bunda JESniń K-150 tipindegi turbinaga iye bolǵan bloklarınan birinde gorkalardıń sanı saat 6 dan baslap, izbe-iz túrde 2-16 ge shekem artadı. 7.2-súwrette túrli quwatlıqtaǵı energobloklar ushın olardı iske túsiriw ushın sarplanıwshı janılǵınıń toqtap turıw waqtı τ ǵa baylanıslı iymek sızıǵı keltirilgen. Bunda quwatlıq islep shıǵarıwǵa sarplanbaytuǵın iske túsiriw sarıp B_p salmaqlı muǵdarlı quraydı. Máselen, toqtap turıw waqtı $\tau = 15$ saat bolǵanda 160 MVt quwatlıqlı blok ushın B_p nıń mánisi 40-45 t, quwatlıǵı 300 MVt bolǵan blok ushın bolsa, bul kórsetkish 110-140 t nı quraydı.

7.2-súwretten jáne sol nárse kórinedi, $B_p = f(\tau)$ baylanis iymek sızıqlı. Máseleni ápiwayılastırıw ushın $B_p = f(\tau)$ baylanıstı sınıq sızıqlı approksimaciyalaw múmkin (7.3-súwret). Eger gáp agregatnı qısqa múddetke toqtatıw ústinde ketse ($\tau < 20$ saat), ol jaǵdayda sınıq sızıqlı baylanıstıń birinshi bólegi, eger onnan úlken múddet ústinde barsa, ol jaǵdayda sınıq sızıqtıń 2-bólegi ámel etedi.

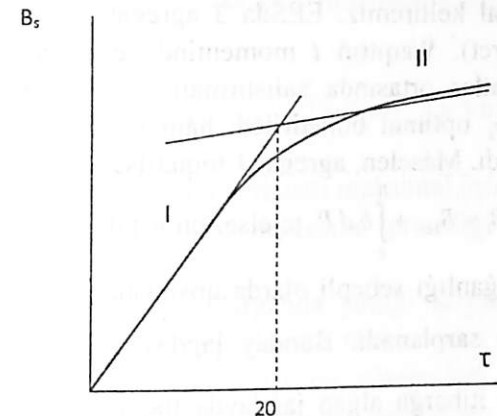
Elektr stanciyalarında islewshi agregatlardıń optimal quramın tańlaw máselesiniń mánisi energetika sistemasınıń pútkil islew cikli dawamında ulıwma janıǵı jumsalıwın minimal bolıwın támiyinlew ushın olardı iske túsiriw hám toqtatıw waqtın anıqlaw máselesine keltiriledi.



7.1-súwret. Iske túsiriw jaǵdayınıń xarakteristikası.

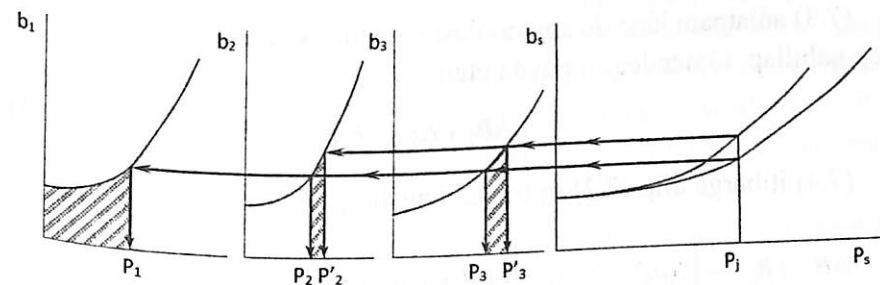


7.2-súwret. Iske túsiriw sarpınıń toqtap turıw waqtına baylanıslılıǵı.



7.3-súwret. Sarplaw xarakteristikasınıń tuwrı sızıqlar menen almastırıw.

Usı másele agregatlardıń iske túsiriw sarpları, bir waqıtta iske túsiriliwi múmkin bolǵan agregatlardıń sanı, qor quwatlıǵınıń muǵdarı hám onı jaylastırıw boyınsha shegaralıq shártlerdi itibarǵa alıp sheshiliwi zárúr. Bunda elektr stanciyalarında islewshi agregatlardıń optimal quramın tańlaw máselesi quramalı iymek sızıqlı másele esaplanadı. Ol waqıttıń bir momenti hám energetika sistemasınıń bir bólegi ushın izolyaciyalanǵan formada kóрилиwi múmkin emes. Onı sheshiwdiń qıynılıǵı ózgeriwshilerdiń bir bólimi pútin sanlı ózgeriwshiler esaplanıwı menen de baylanıslı boladı. Sol sebepli usı másele sheshiwdiń búgingi kúnde ámeliyatta paydalanılıwshı usılları birqatar ápiwayılastırılıwlar menen baylanıslı.



7.4-súwret. Bir agregat toqtatılǵanda júklemenıń qayta bólistiriliwi.

Ápiwayı misal keltiremiz. EESda 3 agregat parallel islep atırğan bolsın. (7.4-súwret). Waqıtın t momentinde energetika sistemasınıń júklemesi agregatlar ortasında salıstırmalı ósiwlerdiń teńligi boyınsha $b_1 = b_2 = b_3 = b_s$ optimal bólistiriledi hám bunda sáykes júklemeler P_1, P_2, P_3 ti quraydı. Máselen, agregat 1 toqtatılса, ol ushın dáslepki jaǵdaydaǵı janılǵı $B_1 = B_{1s,i} + \int_0^{P_1} b_1 dP$ tejelse, onıń júklemesin 2 hám 3- agregatlar qabıl qılǵanlıǵı sebepli olarda qosımsha janılǵı $\Delta B_2 = \int_{P_2}^{P'_2} b_2 dP$ hám $\Delta B_3 = \int_{P_3}^{P'_3} b_3 dP$ sarplanadı. Bunday jaǵdayda birinshi agregattı τ waqıtqa $B_{1s,i}^{(0)}$ ni itibargá alǵan jaǵdayda toqtatıp qoyıwdıń maqsetke muwapıqlıǵı tómendegi shárt boyınsha anıqlanadı:

$$\Delta B = (B_1 + B_{1s,i})\tau - (\Delta B_2 + \Delta B_3)\tau - B_{1s,i}(\tau) \geq 0, \quad (7.1)$$

yaki

$$\Delta B = (B_{1s,i} + \int_0^{P_1} b_1 dP + B_{1s,i})\tau - (\int_{P_2}^{P'_2} b_2 dP + \int_{P_3}^{P'_3} b_3 dP)\tau - B_{1s,i}(\tau) \geq 0 \quad (7.2)$$

Bul jerde $B_{1s,i} - \tau$ waqıtqa asırıp qoyılǵan agregattı iske túsiriw ushın sarplanıwshı janılǵı. $b_2 = f(P_2)$ hám $b_3 = f(P_3)$ baylanıslardı $P_2 \div P'_2$ hám $P_3 \div P'_3$ aralıqlarda tuwrı sızıqlı dep qarap, jıyındı $(\Delta B_2 + \Delta B_3)$ ti tómendegishe anıqlaymız:

$$\Delta B_2 + \Delta B_3 \approx \frac{b_s + b'_s}{2} (P'_2 - P_2) + \frac{b_s + b'_s}{2} (P'_3 - P_3) = \frac{b_s + b'_s}{2} (\Delta P_2 + \Delta P_3) = \frac{b_s + b'_s}{2} P_1 \quad (7.3)$$

(7.3) anlatpanı jáne de ápiwayılastırıw múmkin. Bunıń ushın $b_s \approx b'_s$ dep qabıllap, tómendegini payda etemiz:

$$\Delta B_2 + \Delta B_3 \approx b_s P_1. \quad (7.4)$$

(7.4) itibargá alıp (7.2) ni tómendegishe jazamız:

$$\Delta B = (B_{1s,i} + \int_0^{P_1} b_1 dP + P_{1s,i} \gamma_1)\tau - b_s P_1 \tau - B_{1s,i}(\tau) \geq 0 \quad (7.5)$$

Bul jerde γ_1 — JESda janılǵınıń salıstırmalı sarıp.

Usı agregattı iske túsiriw maqsetke muwapıqlıǵınıń shártı de soǵan uqsas túrde payda etiledi:

$$\Delta B = b_s P_1 \tau + B_{1s,i}(\tau) - (B_{1s,i} + \int_0^{P_1} b_1 dP + P_{1s,i} \gamma_1)\tau \geq 0 \quad (7.6)$$

(7.5) hám (7.6) lar boyınsha agregattı maksimal óshirip qoyıw waqıtı $\tau_{\max}$ yaki óshiriliwshi agregattıń maksimal quwatlıǵı $P_{\max}$ dı anıqlaw múmkin.

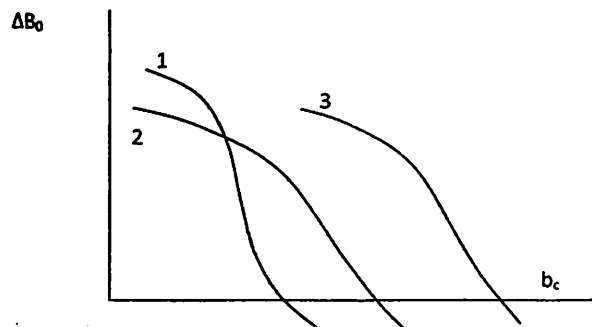
Agregattıń quwatlıǵı asıp barganda janılǵı sarplanıwınıń kóbirek bolıwı hám sonday-aq, agregatlardı iske túsiriw hám toqtatıw waqtında energetika sistemasınıń isenimli islew dárejesiniń páseyiwi esapqa alınbaǵanı sebepli usı anlatpa shama menen esaplanadı. Soǵan qaramastan, iske túsiriw xarakteristikasınıń asırıp qoyıw waqtına baylanısı tuwrı sızıqlı dep alınıwı ámeliyatta paydalanıwshı usıllardıń tiykarın quraydı. Haqıyqatında da (7.5) anlatpanıń barlıq qurawshıların τ ǵa bólip hám $\frac{B_{1s,i}(\tau)}{\tau} = B_{1s,i}^{(0)}$ ni qabıllap, agregattı toqtatıw kriteriyasın payda etemiz:

$$\Delta B_0 = B_{1s,i} + \int_0^{P_1} b_1 dP + P_{1s,i} \gamma_1 - b_s P_1 - B_{1s,i}^{(0)} \geq 0 \quad (7.7)$$

Aqırǵı anlatpa agregattı toqtatıp qoyıw waqtına baylanıslı bolmaǵanlıǵı sebepli ol boyınsha agregattı toqtatıw hám iske túsiriw waqtın hárbir interval ushın óz aldına anıqlaw múmkin.

Solay etip, (7.7) da agregattı toqtatıw sebepli bir saat dawamında alınıwshı únemlew ΔB_0 tek sistema boyınsha janılǵı sarplanıwı salıstırmalı ósiwiniń funkciyası bolıp, onıń ulıwma quwatlıǵına baylanıslı emes. Bul $\Delta B_0 = f(b_s)$ baylanıstı (7.5-súwret) islew imkannın beredi. Bul baylanıstıń abscissa kósheri menen kesilisiw noqatı boyınsha agregattı toqtatıwdı ekonomikalıǵın bahalaw múmkin. Bul noqatqa sáykes keliwshi salıstırmalı ósiw kritikalıq salıstırmalı ósiw dep júrgiziledi.

Usı algoritmnıń tiykarǵı kemshiligi energetika sistemasınıń jaǵdayın hárbir intervalda kóp mártelap esaplaw arqalı tarmaq faktorın iterativ, yaǵnıy izbe-iz jaqınlasıw arqalı esapqa alıw múmkinligi.



7.5-súwret. Agregattı toqtatıw nátiyjeligin kritikalıq salıstırmalı ósiw boyınsha anıqlaw.

Ayırım ádebiyatlarda agregatlardıń optimal quramın tańlawda basqas-haraq kózqarastan qaralǵan. Olarǵa tiykarınan optimal quramdı tańlaw stanciyalardıń aldınan qurılǵan túrli agregatlar quramınan tańlap alınadı. Bul algoritimde agregatlardıń turaqlı quramı ushın qurılǵan baylanıslar boyınsha energetika sistemasınıń júklemesin stanciyalar ortasında optimal bólistiriw máselesi agregatlardıń optimal quramın tańlaw máselesi menen birgelikte (bir waqıtta) sheshiledi. Bunda energetika sistemasınıń júklemesin stanciyalar ortasında baslanǵısh bólistiriw agregatlardıń shamalıq optimal quramınan paydalanıp ámelge asırıladı. Stanciyalardıń payda bolǵan shamalıq optimal júklemelari boyınsha olarda islewshi agregatlardıń optimal quramı anıqlanadı hám olar boyınsha energetika sistemasınıń júklemesin qayta bólistiriw ámelge asırıladı. Usı metodikalıq jaqtan qızıq bolǵan algoritim informaciyalıq-esaplaw xarakterindegi qıyınshılıqlar – tarmaq faktori hám ayırım jaǵday hám de texnologiyalıq shártlerdi esapqa alıwdıń qıyınlıǵı sebepli keń qóllanılmaıdı.

Stanciyalarda islewshi agregatlardıń optimal quramın tańlawdıń gezektegi jáne bir algoritiminde másele dinamikalıq baǵdarlamalaw hám de shaqapshalar hám shegaralar usılları tiykarında sheshiledi. Bul algoritimler basqalarına salıstırǵanda ayırım abzallıqlarǵa iye bolıp, sheshilip atırǵan mäseleniń global sheshimin anıqlaw imkanın beredi. Biraq olar esaplaw procesine salıstırǵanda quramalıǵı menen birqatarda ayırım shegaralıq shártler hám tarmaq faktorlarn esapqa alıwda jeterli qıyınshılıqlardı keltirip shıǵaradı. Usı kemshilikler boyınsha bul usıl energetika

sistemasınıń ishinde optimallaw hám onsha úlken bolmaǵan koncentraciyalanǵan energetika sistemaları ushın qollanılıwı múmkin.

Tómende TashPI (házirgi TashMTU) da jaratılǵan algoritim keltirilgen bolıp, onda hárqanday jaǵday hám texnologiyalıq shegaralıq shártler hám tarmaq faktorları nátiyjeli esapqa alınadı. Bunda iymek sıızılıq pútkil sanlı baǵdarlamalaw máselesi úzliksiz matematikalıq baǵdarlamalaw máselesine keltirip sheshiledi.

Esaplaw algoritmi eki tiykarǵı basqıstıan ibarat. Birinshi basqıstıa óz aldına agregatlar hám olardıń toparlarınń xarakteristikaları tiykarında elektr stanciyalarınń ulıwmalasqan salıstırmalı ósiw xarakteristikaları qurıladı. Bul xarakteristikalarda islewshi agregatlardıń optimal quramı hám iske túsiriw xarakteristikaları itibarǵa alınadı.

Ekinshi basqıstıa energetika sistemasınıń júkleme grafıgi elektr stanciyaları tárepinen olardıń ulıwmalasqan salıstırmalı ósiw xarakteristikalarınan paydalanıp optimal bólistiriledi.

Solay etip, elektr stanciyalarınń ulıwmalasqan salıstırmalı ósiw xarakteristikaları bar bolǵanda agregatlardıń optimal quramın tańlaw máselesi ámelde energetika sistemasınıń júklemesin optimal bólistiriw máselesi menen birlestiriledi.

7.2. Elektr stanciyalarınń ulıwmalasqan xarakteristikaların qurıw hám approksimaciyalaw

Elektr stanciyasınıń ulıwmalasqan salıstırmalı ósiw xarakteristikasını qurıw metodı menen úsh agregatlı elektr stanciyası mısasında túsindiremiz. Bul agregatlardıń sarplaw xarakteristikaları berilgen dep qaraymız (7.6-súwret).

Ulıwmalasqan salıstırmalı ósiw xarakteristikasını qurıw ushın óz aldına agregatlardıń xarakteristikaları minimal quwatlıqlar P_1, P_2, P_3 boyınsha tártipke salınadı (7.6-súwret). Stanciyanın bir quramnan basqa quramǵa ótiwi nátiyjeli bolǵan quwatlıǵın anıqlaw ushın esaplaw dáwiriniń aldınǵı saati ushın optimal quramdı biliw zárúr. Sonday xarakteristika 1-xarakteristika bolsın. Júkleme P_2 bolǵanda salıstırmalı ósiw xarakteristikaları 1 hám 2 bolǵan agregatlar islewi múmkin. Usı júklemede optimal quramdı anıqlaw ushın sarplar B_1 hám B_2 lardı salıstırıw lazım.

Bunda B_2 ga iske túsiriliwshi agregattın iske túsiriw sarplanıwı $B_{2,1}$ qo-
sıadı. Eger $B_1 > B_2 + B_{2,1}$, bul jaǵdayda salıstırmalı ósiw xarakteristikası
2 bolǵan quramǵa ótıledi. Keri jaǵdayda $P_1 \div P'_1$ (bul jerde $P'_1 - 1$ qura-
mın maksimal quwatlıǵı) aralıqta 1 xarakteristikadan 2-xarakteristikaǵa
ótiw quwatlıǵı anıqlanadı. 2.6-súwretten kórinedi, $P_1 \div P'_1$ diapazonında
salıstırmalı ósiw xarakteristikaları 2 ÷ 4 larǵa da ótiw múmkin. Solay
etip, quwatlıq P'_1 ga shekem asqanda salıstırmalı ósiw xarakteristika-
larına iye bolǵan agregatlar quramın birine ótiw eń abzal esaplanadı.

Jańa salıstırılıwshı i - quramǵa ótiw noqatında shárt $i_i = i + 1$ orın-
lanıwı zárúr. Bul jerde B_i hám $B_{i,1}$ - sáykes jaǵdayda i - agregatlar
quramı islegende quwatlıq islep shıǵarıwǵa sarplanıwshı hám iske túsiriw
sarplanıwı. Eger $P = P'_1$ da salıstırmalı ósiw xarakteristikaları 2-4
lardın bazı birewine ótiw abzal bólmasa, ol jaǵdayda $P > P'_1$ bolǵanda
múmkın bolǵan agregatlar quramınan eń kem janılǵı sarplanıwshısına
majburiy ótiw ámelge asırıladı.

Solay etip, stanciyanın retlew diapazonı $P_1 \div P'_1$ da bir agregat-
lar quramınan basqasına ótiwshı barlıq ótiw quwatlıqları anıqlanadı.
Stanciyanın ulıwmalasqan salıstırmalı ósiw xarakteristikasını qurıwda
bir waqıtta iske túsiriliwı múmkın bolǵan agregatlardıń sanı boyın-
sha shegaralıq shártlerdi de avtomat túrde esapqa alıw múmkin. Bul
ápiwayı túrde salıstırılıwshı xarakteristikalar iske túsiriliwı real
bolmaǵan agregatlar quramına tuwrı keliwshı xarakteristikalar esapqa
alınbaydı.

Bunday esaplaw nátiyjesi bolıp elektr stanciyasınıń ulıwmalasqan
salıstırmalı ósiw xarakteristikası esaplanadı (7.6-súwret).

Tap usı sıyaqlı esaplawlar hárbir stanciya ushın ámelge asırıladı.
Eger stanciyada bir qıylı tiptegi agregatlar ornatılǵan bolsa, ol jaǵdayda
agregatlar birikpelerinin sanı ondaǵı agregatlar sanına teń boladı.

Ulıwma jaǵdayda jarǵı sıyaqlı ulıwmalasqan salıstırmalı ósiw xa-
rakteristikalarınan paydalanıw jeterli qıynshılıqlar menen baylanıs-
lı. Bunday jaǵdaylarda maqset funkciyası kóp estremallı bolıp qaladı.
Bul qıynshılıqlardı saplastırıw ushın jarǵı sıyaqlı xarakteristikalar tekis
proksimaciyalanadı (7.6-súwrette shtrix sıziq).

Kórsetilgen appoksimaciya máseleniń sheshimine tábiyiy jaǵdayda
qanday da bir qátelik kirgizedi. Biraq bul jerde gáp stanciyanın optimal
júklemesin emes, al islewshı agregatlardıń optimal quramın tańlaw ús-
tinde barganı sebepli bunday qátelik máseleniń sheshimine derlik tásir
etpeydi.

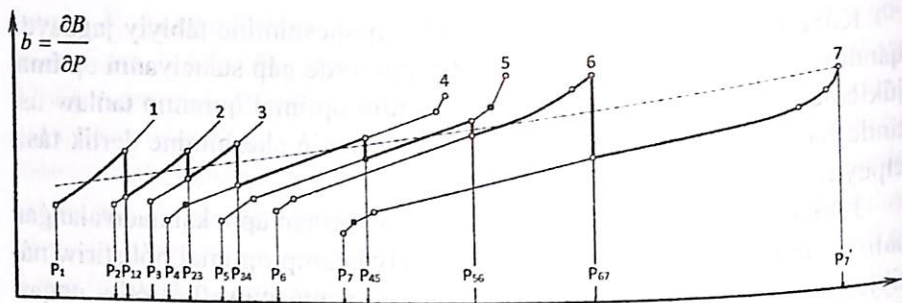
Júklemenı stanciyalar ortasında ulıwmalasqan appoksimaciyalanǵan
salıstırmalı ósiw xarakteristikalarınan paydalanıp optimal bólistiriw ná-
tiyjesinde stanciyalardan biri yaki birneshesiniń quwatlıǵı ótiw noqat-
larına tuwrı keliwi (máselen, 7.6-súwrettegi P_{12} ge) múmkin. Bunday
jaǵdaylarda 1 yaki 2 agregatlar quramın tańlaw máselesi júklemenıń
bunnan keyingi ózgeriwine muwapıq túrde ámelge asırıladı.

7.3. Elektr stanciyaları agregatlarınń optimal quramın tańlawda shegaralıq shártlerdi esapqa alıw

Joqarıda keltirilgen agregatlardıń optimal quramın tańlaw algoritmi-
niń óz aldına ózine tánligi bolıp onda kóplep jaǵday hám texnologiya-
lıq shártler hám de tarmaq faktorları (elektr stancyalarınń shegaralıq
quwatlıqları, liniyalarda quwatlıq aǵımları, stanciyalarda quwatlıqtı ası-
rıw tezligi, energiya resurslarınń sarplanıwı, energetika sisteması bo-
yınsha quwatlıq balansı hám t.b. boyınsha) birden-bir júklemenı optimal
bólistiriw baǵdarlamasında esapqa alınıwı esaplanadı.

Iske túsiriw boyınsha shegaralıq shártlerdi esapqa alıw zárúrligi ús-
kenelerdiń jemiriliw procesin tómendetiwdi támiyinlew menen baylanıs-
lı. Bunday qarjılar birqansha úlken bolıwı múmkin. Biraq olardı qısqa
múddetli jaǵdaylardı optimallaw máselesi sheńberinde anıqlaw qıyın-
shılıq tuwdıradı.

Usı shegaralıq shártler berilgen ruqsat etilgen óshiriwler sheńbe-
rinde esapqa alınıwı múmkin. Sutka dawamında zárúrli úziwler sanın
energetika sistemasınıń júkleme grafigin analizlew tiykarında anıqlaw
múmkın. Eger energetika sistemasınıń t_i - saatta $P_s = P_i$ bolǵan jaǵday-
da tanlaǵan quramın júkleme hám sonsha bolatuǵın t_k - saatqa shekem
ózgerissiz qaldırsaq, ol jaǵdayda agregattı toqtatıw saplastırıladı. Waqıt
 $\Delta t = t_k - t_i$ ádette 4-6 saattan kem bolmaydı.



7.6-súwret. Uliwmalasqan energetikalıq xarakteristikasını islep shıǵıw. Islewshi agregatlardıń barlıq múmkin bolǵan birikpeleri ushın salıstırmalı ósiw xarakteristikaları qurıladı (7.6-súwret). Bul jerde 4- 1 hám 2 agregatlar ushın ulıwma salıstırmalı ósiw xarakteristikası; sol sıyaqlı 5- 1 hám 3 agregatlar ushın; 6- 2 hám 3 agregatlar ushın; 7- barlıq úsh te agregatlar ushın ulıwma (jıyındı) salıstırmalı ósiw xarakteristikaları.

Usı shegaralıq shárt júklemenin gezektegi óshiriwinde iske túsiriw sarplanıwın fiktiv mánisleri B_{PF} dan paydalanıw arqalı onı real iske túsiriw sarplanıwına qosıw arqalı esapqa alınıwı múmkin. B_{PF} nıń mánisin asırıp barıw arqalı agregattı óshiriwden alınıwshı nátiyje ΔB_0 áste-aqırın kemeyip baradı. Nátiyjede ayırım úziw zárúr bolǵan intervallar joǵaladı. Máseleni cikllik túrde sheshiw arqalı úziwler sanın berilgenen kem bolıwǵa erisiw múmkin.

Ayırım túrdegi energoresurslardıń kemligin esapqa alıw usı algoritimde arawlı koefficientler K_i di kirgizip, olardı sáykes salıstırmalı ósiw xarakteristikalarına aldınnan kóbeytip alıw arqalı esapqa alınadı. Bunday koefficientlerdi tańlaw shegaralıq shártlerdi janılgı sarplanıwına tásir dárejesin itibargá alıp qabıllanadı. Eger i - shi elektr stanciyasında imkanı barınsha minimal muǵdardaǵı janılgını sarplaw talap etilse, ol jaǵdayda K_i koefficienti minimal salıstırmalı ósiw $b_{i,min}$ qalǵan stanciyalardıń maksimal salıstırmalı ósiw xarakteristikalarından kishi bólmawın támiyinleytuǵın etip tańlanadı. Bul energetika sistemasınıń júklemesin stanciyalar ortasında bólistiriwde i - shi stanciyanı maksimal dárejede júksizlendiriw esabınan ondaǵı sarplawdı minimallastırıw imkanı beredi.

7.4. Elektr stanciyalarında islewshi agregatlardıń optimal quramın ulıwmalasqan xarakteristikalardan paydalanıp tańlawda quwatlıq qorın itibargá alıw

Energetika sistemasında quwatlıq qorın tańlaw hám jaylastırıw óz aldına áhmiyetli órındı iyeleydi. Bul qorǵa iye bolmaǵan energetika sistemasın tosattan bolıwshı avariya sebepli júzege keliwshı ziyandı júdá úlken bolıwınıń aldın alıw shártlerinen biri esaplanadı. Bunnan basqa energetika sistemasında quwatlıq qorları ondaǵı bar ázzi baylanıslardı itibargá alıp jaylastırılıwı zárúr. Sebebi, bul ázzi baylanıslar zárúr bolǵan qosımsha qordan paydalanıwǵa imkan bermewi múmkin.

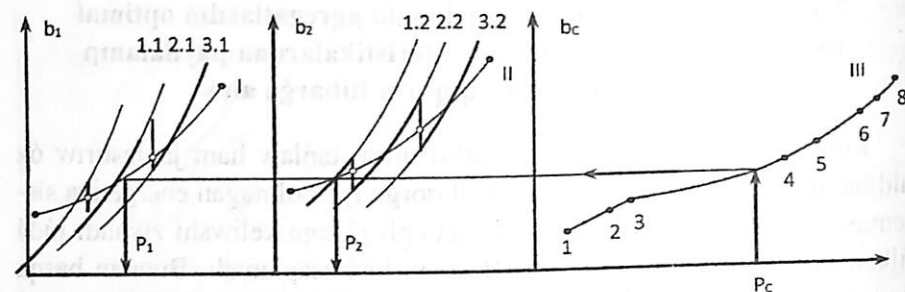
Zárúrli qor quwatlıǵın anıqlaw máselesin sheshiw agregatlardıń optimal quramın tańlaw máselesi menen jaqınnan baylanısqan. Qor dárejesiniń artıwı isletiw qarjıları $Z_e(P)$ asıwına hám tutınıwshılardı elektr energiyanı jetkerip bere almaw nátiyjesinde júzege keliwshı zıyan $U(P)$ dı kemeyiwine alıp keledi. Summalıq baylanıs $Z(P) = Z_i(P) + U(P)$ qordıń optimal mánisi P_{opt} qa sáykes keliwshı birden-bir minimumǵa iye.

P_{opt} tı anıqlawdıń elementlerine kirmesten operativ qor quwatlıǵın jaylastırıw metodı menen tanısamız.

7.7-súwrette ańlatıw ushın hárbirinde úshewden agregat bolǵan eki JESnıń dáslepki hám approksimaciyalanǵan ulıwmalasqan xarakteristikaları (I hám II) keltirilgen. Sol jerdiń ózinde energetika sistemasınıń ulıwmalasqan salıstırmalı ósiw xarakteristikası (III) súwretlengen. Usı súwret boyınsha energetika sistemasınıń P_s júklemesine 3-4 zona hám stanciyalardıń ulıwmalasqan salıstırmalı ósiw xarakteristikaları I hám II boyınsha anıqlanǵan P_1, P_2 sáykes keledi. Bul júklemelerge salıstırmalı ósiw xarakteristikaları 2.1 hám 1.2 bolǵan jaǵdaydaǵı agregatlardıń optimal quramı sáykes keledi (xarakteristika nomerindegi birinshi indeks - xarakteristika nomeri, ekinshi indeks - stanciya nomeri). Bunda qor quwatlıǵı R tómendegishe anıqlanadı:

$$R = P_{max}^{2.1} + P_{max}^{1.2} - P_s.$$

Bul jerde $P_{max}^{2.1}, P_{max}^{1.2}$ - stanciyalarda agregatlardıń 2.1 hám 1.2 quramı islegende olardıń múmkin bolǵan maksimal quwatlıqları.



7.7-súwret. Agregatlardıń optimal quramın ulıwmalasqan energetikalıq xarakteristikalarǵan paydalanıw tiykarında anıqlaw.

Eger $P > P_0$ bolsa, ol jaǵdayda tanlangan agregatlar quramı berilgen qor dárejesine sáykes keledi. Eger $P < P_0$ bolsa, ol jaǵdayda dáslepki zona 3-4 dan gezektegi zona 4-5 ǵa ótiledi. Bul zona stanciyalarda agregatlardıń 2.1 hám 2.2 quramına sáykes keledi. Bunda maksimal sheqaralıq quwatlıqar $P_{\max}^{2.1}$ hám $P_{\max}^{2.2}$. Eger agregatlardıń usı quramında $R \geq R_0$ shárt orınlanbasa, ol jaǵdayda energetika sistemasınıń ulıwmalasqan salıstırma ósiw xarakteristikası boyınsha zárúrli qor dárejesine erisilmegen she hárketleniw dawam ettiriledi. Bunday jaǵdayda zárúrli dárejege erisilmegen jaǵday da bolıwı múmkin. Bunday jaǵdaylarda aqırǵı zona 7-8 ge shekem barıladı. Usı zonada da orınlanbaǵan jaǵdayda ótker intervallarda qosımsha agregatlardı iske túsiriw imkanıyatları kóreledi. Bunı túsindiriw ushın kóz aldımızǵa keltiremiz:

a) stanciyalardıń salıstırma ósiw xarakteristikalarınń nomerindegi birinshi indeksler islep turǵan agregatlardıń sanın kórsetedi;

á) stanciyanıń kórilip atırǵannan aldınǵı interval $(t-1)$ da stanciya 1.1 hám 1.2- agregatlar menen islegen;

b) hár bir elektr stanciyasında bir waqıttıń ózinde birewden agregattı iske túsiriw ruqsat etiledi.

Usı sharayatlarda t intervalda salıstırma ósiw xarakteristikaları 3.1 hám 3.2 stanciyalardıń sáykes ulıwmalasqan xarakteristikalarına kirgizilmeydi, sebebi oǵan ótiw qosımsha agregatlardı iske túsiriw menen baylanıslı. Eger interval $t-1$ da agregatlar quramı 1.1 hám 2.2 lar qabıllanǵan bolsa, ol jaǵdayda á-punktı itibarǵa alıp, t intervalda birinshi stanciyanıń ulıwmalasqan salıstırma ósiw xarakteristikası ózi-

ne 1.1 hám 2.1 lardı kirgizse, ekinshi stanciya ondaǵı bar bolǵan barlıq salıstırma ósiw xarakteristikaların kirgizedi.

7.5. Elektr stanciyalarında islewshi agregatlardıń optimal quramın iymek sızıqlı baylanıslardıń sınıq sızıqlı approksimaciyalaw tiykarında anıqlaw

Tómende energetika sistemalarınń jaǵdayların optimallawda elektr stanciyalarında islewshi agregatlardıń optimal quramın iymek sızıqlı baylanıslardı sınıq sızıqlı approksimaciyalaw tiykarında tańlaw algoritmi keltirilgen.

Usı algoritmnıń mánisin túsindiriwde qolaylıqtı támiyinlew maqsetinde quramında tek optimallawda qatnasıwshı jıllıq elektr stanciyaları bar bolǵan jaǵdaydı kórip ótemiz. Sebebi, energetika sistemasında optimallawda qatnasıwshı GESlar bar bolǵanda olar sáykes λ koefficientlerin anıqlap, energetikalıq xarakteristikaların usı koefficientlerge kóbeytiw arqalı esaplaw kózqarasınan fiktiv JES kórinisine keltiriledi.

Máseleniń qoyılıwı boyınsha ulıwma jaǵdayda energetika sistemasında T retlew cikli dawamında janılǵı sarplanıwı menen baylanıslı bolǵan ulıwma qarjılar funkciyası minimallastırıladı:

$$F = \sum_{i=1}^{n_T} \sum_{t=1}^n [B_i(P_i, \tilde{n}_i) + B_i^I(\tau_i, \tilde{n}_i)] \quad (7.8)$$

Bul jerde n – optimallawda qatnasıwshı JESlar sanı; n_T – kórilip atırǵan retlew cikli T da esaplaw intervallarınıń sanı; R_{it} , V_{it} – i – JESda t – intervaldaǵı júkleme hám janılǵı qarjıları; $\tilde{n}_i$ – i – JESda waqıttıń t – intervalında islewshi agregatlardıń quramı; τ_{it} – i – JESda waqıttıń t – intervalında iske túsiriliwshi agregattıń toqtap turıw waqtı; B_{it}^I – i – JESda agregattı iske túsiriwge sarplanıwshı janılǵı qarjıları τ_{it} . Bul jerde, sonday-aq B_{it}^I óz ishine agregattı hár bir iske túsiriwde resursınıń kemeyiwı esabınan islew múddetiniń kemeyiwı menen baylanıslı bolǵan qarjılardı da aladı.

Joaqarıda ayıp ótilgendey, $\tau_{it} \leq 20$ saat bolǵanda iske túsiriw qarjılarınıń shama menen sızıqlı dep alıw múmkin. Bunday jaǵdayda kórilip atırǵan retlew cikli ushın optimallaw máselesi intervallar boyınsha óz

aldına sheshiliwi múmkin. Bunda maqset funkciyası tómendegi kórinishte súwretlenedi:

$$F = \sum_{i=1}^n [B_i(P_i, c_i) + B_o^i(c_i)] \quad (7.9)$$

Bul jerde $B_{oi}^i = \frac{B_i^i}{\tau_i}$ agregattıń toqtap turıw waqtına baylanısh emes.

(7.9) funkciyasınıń minimallastırw bir waqıtta iske túsiriliwshi agregatlardıń sanı, quwatlıqtı asırıw tezligi, energetika sistemasında aktiv quwatlıq balansı, optimallawda qatnasıwshı stanciyalardıń shegaralıq quwatlıqları baqlap turılıwshı liniyalarda quwatlıq ağımları boyınsha shegaralıq shártlerdi esapqa alıp ámelge asırıladi.

Túyinlerdiń quwatlıqların elektr tarmağınıń shaqapshaları boylap bólistiriliw koefficientlerinen paydalanılǵanda baqlanıwshı liniya arqalı aǵıwshı aktiv quwatlıq P_i optimallawda qatnasıwshı stanciyalardıń quwatlıqlarınıń sızıqlı funkciyası esaplanadı hám ol (5.40) formula boyınsha anıqlanadı.

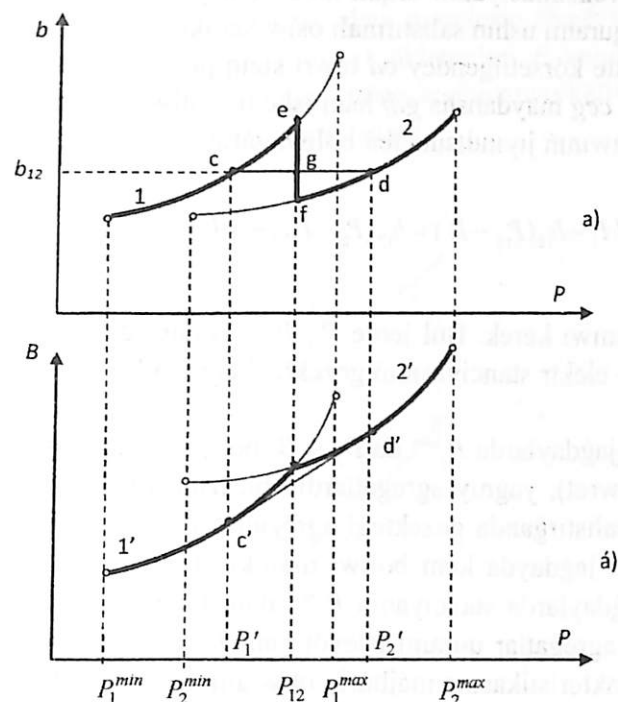
Usı algoritimde kórilip atırǵan pútin sanlı baǵdarlamalaw máselesi onı úziksiz baǵdarlamalaw máselesine keltirip sheshiledi. Ol eki basqishta ibarat. Birinshi basqishta óz aldına agregatlar ushın qarjılardıń salıstırmalı ósiwi boyınsha hár qıylı quramdaǵı agregatlar ushın energetikalıq xarakteristikalar qurılıp, olar tiykarında ulıwmalasqan energetikalıq xarakteristikalar islenedi. Ulıwmalasqan energetikalıq xarakteristikalarda jalǵanǵan óz aldına agregatlar quramı ushın jalǵanǵan agregatlardıń optimal quramın iske túsiriw sarpları esapqa alıp dúziledi. Ekinshi basqishta energetika sistemasınıń júklemesin optimallawda qatnasıwshı stanciyalar ortasında joqarıda aytıp ótilgen barlıq shegaralıq shártlerdi esapqa alıp, sızıqlı baǵdarlamalaw usılları járdeminde ámelge asırıladi.

Hár bir konkret quram ushın salıstırmalı ósiw xarakteristikaları oǵan kiriwshi salıstırmalı ósiw xarakteristikalarınıń abscissaların qosıw arqalı qurıladi.

Ulıwmalasqan salıstırmalı ósiw xarakteristikası (SÓX) hám sarp xarakteristikasınıń qurıw tómendegi tártipte ámelge asırıladi.

Elektr stanciyasında eki múmkin bolǵan agregatlar quramı (1 hám 2) bar dep oylayıq (7.8-súwret). Esaplawlarda $P_1^{min} - P_2^{min}$ aralıqta tek 1-SÓXqa iye bolǵan agregatlar quramı islewi múmkin. $P_1^{max} - P_2^{max}$ aralıqta bolsa, sol sıyaqlı tek 2-SÓXna sáykes agregatlar quramı islewi múmkin. Bunda B_2 ge iske túsiriliwshi agregattıń iske túsiriw sarplanıwı B_{o2}^p da kiredi. Eger júkleme P_2^{min} ge teń bolıp, $B_1 > B_2$ bolsa, ol jaǵdayda bul noqatta 2-SÓX sáykes keliwshi xarakteristikaǵa ótiledi. Keri jaǵdayda $P_2^{min} - R_1^{max}$ aralıqta $B_1 = B_2$ shárttiń orınlanıwın támiyinlewshi ótiw ámelge asırıladi. Eger $P_2^{min} - R_1^{max}$ diapazonda $B_1 < B_2$ bolıp qalsa, ol jaǵdayda 2-SÓXqa P_1^{max} noqatta ótiledi.

7.8-súwrette kórip ótilip atırǵan jaǵday ushın usı tártipte qurılǵan ulıwmalasqan salıstırmalı ósiwler hám sarplaw xarakteristikaları anıqlanǵan (qalıń sızıqlar).



7.8-súwret. JES ushın ulıwmalasqan salıstırmalı ósiwler (a) hám sarıp (a') xarakteristikaların qurıw.

Uliwma jaǵdayda elektr stanciyalarında islewi múmkin bolǵan kóp-
lep agregatlar quramı boladı. Eger sonday stanciyada bir waqıtıń ózinde
birden artıq agregattı iske túsiriw múmkin bólmasa, ol jaǵdayda gezek-
tegi quramǵa ótiw noqatın anıqlawda birden artıq bolǵan quramlarǵa
ótiw múmkin bolǵan barlıq variantlar kóriwden shetlestiriledi.

Solay etip, elektr stanciyasınıń retlew diapazonı ushın bir agregatlar quramınan keyingisine ótiwdiń barlıq noqatları da usı jaǵdayda hárbir agregatlar quramınıń islew zonası anıqlanadı.

Usı tártipte payda bolıwshı ulıwmalasqan salıstırmalı ósıwler xarakteristikası jargı sıyaqlı kóriniske iye boladı. Natıyjede bunday xarakteristikalardan paydalanıwǵa tiykarlanıwshı optimallaw máselesi kóp ekstremumlı bolıp qalıp, onı sheshiw jáne de quramalasadı. Bunday qıyınshılıqtı saplastırıw ushın payda bolǵan salıstırmalı ósıw xarakteristikaları approksimaciyalaw arqalı modifikaciyalanadı. Bunda eki qońsı agregatlar quramı ushın salıstırmalı ósıw xarakteristikalarınıń bir bólimi 7.9a-súwrette kórsetilgendey cd tuwrı sıziq penen almasdırıladı. Bunda maydansha ceg maydansha gdf hám iske túsiriliwshı agregattı iske túsiriw sarplanıwınıń jıyındısına teń bolıwı zárúr, yaǵnıy.

$$\int_{P_1'}^{P_{12}} b_1(P_1) dP_1 - b_{12}(P_{12} - P_1') = b_{12}(P_2' - P_{12}) - \int_{P_{12}}^{P_2'} b_2(P_2) \cdot dP_2 + B_{02}' \quad (7.10)$$

shart orinlanıwı kerek. Bul jerde P'_1, P'_2 - s hám d noqatlardıń abscissaları; P_{12} - elektr stanciyasınıń gezektegi agregatlar quramına ótiliwshi júkleme.

Ayırım jaǵdaylarda P_1^{max} da $B_1 < B_2$ bolǵan jaǵday baqlanıwı múmkin (7.9-súwret), yaǵnıy agregatlardıń birinshi quramında sarp ekinshi quramına salıstırǵanda gezektegi agregattıń iske túsiw sarplanıwın itibarǵa alǵan jaǵdayda kem bolıwı múmkin ($\Delta B = B_2 - B_1$) (7.9b-súwret). Bunday jaǵdaylarda stanciyanıń P_1^{max} dan úlken bolǵan quwatlıqlarında ekinshi agregatlar quramı isleydi hám P_1^{max} da gezektegi agregatlar quramı xarakteristikasına májbúriy ótiw ámelge asırıladı. Bunda jańılǵı sarplanıwı ΔB muǵdarǵa sekirip ózgeredi. Bunday jaǵdayda ulıwmaslasqan xarakteristikanı payda etiw ushın b_{12} tómendegi shártti orınladı:

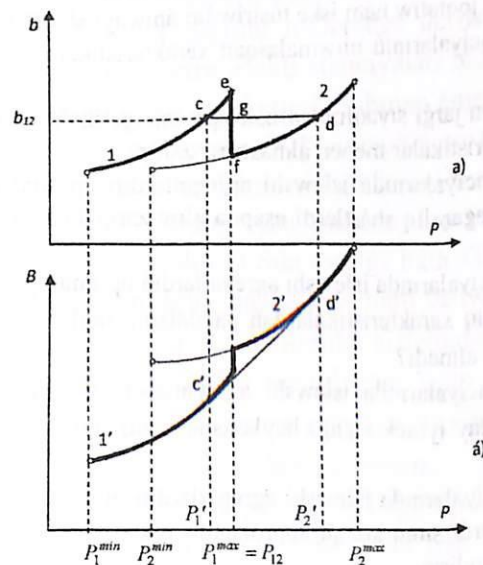
$$\Delta B + \int_{P_1'}^{P_1} b_1(P_1) dP_1 - b_{12}(P_{12} - P_1') = b_{12}(P_2' - P_{12}) - \int_{P_{12}}^{P_2'} b_2(P_2) dP_2 + E_{02}' \quad (7.10a)$$

Elektr stanciyalarının ulıwmalasqan energetikalıq xarakteristikaları qurılğanan soń esaplawlardıń ekinshi basqısı orınlanadı. Bul esaplawlar energetika sistemasındaǵı stanciyalarda jaǵılıwshı ulıwma shártli jarıwı joqarıda keltirilgen shegaralıq shártlerdi esapqa alıp minimallasırıwdan ibarat:

$$F = \sum_{i=1}^n B_i(P_i) \rightarrow \min \quad (7.11)$$

Aqırğı mäseleni sheshiw iymek sızıqlı baylanıslardı sınıq sızıqlı
 approksimaciyalaw hám payda bolğan mäseleni sızıqlı baǵdarlamalaw
 usıllarınan paydalanıp sheshiwdi kózde tutadı.

Payda bolğan sızıqlı bağdarlamalaw másesin sheshiw tiykarında elektr stanciyalarınń shamalıq optimal júklemeleri P_i anıqlanadı. Bunan soń stanciyalarınń payda bolğan júklemesine tuwrı keliwshi agregat quramı optimal quram sıpatında anıqlanadı.



7.9-súwret. JESniñ ulıwmalasqan salıstırmalı ósıwler (a) hám sarplaw (â) xarakteristikaların qurıw

Sızıqlı bağdarlamalaw máselesin sheshiw nátiyjesinde qanday da bir stanciyanıń quwatlıǵı ótiw noqatına, máseken 7.8-súwrettegi P_{12} ge, tuwrı keliwı múmkin. Bunday jaǵdayda 1 yaki 2 agregatlar quramın tańlaw energetika sisteması júklemesiniń bunnan keyingi ózgeriw dinamikasını itibarǵa alıp sheshiledi. Eger keyingi intervalda energetika sisteması júklemesiniń asırıw kútilse, 2 quram, eger keyiwi kútilse, 1-quram qabıllanadı.

Joqarıda ayıp ótilgenidey elektr stanciyalarınń usı algoritim tiykarında anıqlanıwshı quwatlıqları ulıwma jaǵdayda shamalıq boladı. Biraq kóp sanlı esaplaw izertlewleriniń nátiyjesi sonı kórsetedi, bunday anıqlıq stanciyalarda islewshı agregatlardıń optimal quramın tańlawda jeterli esaplanadı.

Baqlaw sorawları

1. Elektr stanciyalarında islewshı agregatlardıń optimal quramın tańlaw máselesiniń mánisin túsindir.
2. JES blokn iske túsiriw sarplanıwı ne? Ol nelerge baylanıslı.
3. Iske túsiriw sarplanıwı xarakteristikası qanday kóriniske iye? Onı neshe tuwrı sızıq kespesi járdeminde ańlatıw múmkin?
4. JES blokn toqtatıw hám iske túsiriwdiń ápiwayı shártlerin keltirip shıǵarıń.
5. Elektr stanciyalarınń ulıwmalasqan xarakteristikaları ne? Olar qalay salınadı?
6. Ne sebepten jargı sıyaqlı ulıwmalasqan energetikalıq xarakteristikaları tegis xarakteristikalar menen almasırıw zárúr?
7. Elektr stanciyalarında islewshı agregatlardıń optimal quramın tańlawda qanday shegaralıq shártlerdi esapqa alıw zárúr hám ol qalay ámelge asırıladı?
8. Elektr stanciyalarında islewshı agregatlardıń optimal quramın ulıwmalasqan energetikalıq xarakteristikalaran paydalanıp tańlawda quwatlıq qorı qanday esapqa alınadı?
9. Elektr stanciyalarında islewshı agregatlardıń optimal quramın tańlawda ádette qanday iymek sızıqlı baylanıslar sınıq sızıqlı baylanıslar menen almasırıladı?
10. Elektr stanciyalarında islewshı agregatlardıń optimal quramın iymek sızıqlı baylanıslardı sınıq sızıqlı approksimaciyalaw tiykarında anıqlaw usılınıń mánisin túsindir.

8. ELEKTR TARMAQLARINIŇ JAǴDAYLARIN OPTIMALLAW

8.1. Elektr energetika sistemalarınń jaǵdayların kompleks optimallaw máselesi

Elektr energiyanı islep shıǵarıw, uzatıw hám bólistiriwdegi isletiw qarjıları tek ǵana jalǵanǵan júklemelerdiń xarakteristikaları hám mánisleri sıyaqlı tiykarǵı sırtqı faktorlarǵa emes, al basqarıw sisteması járdeminde tásir etiw múmkin bolǵan elektr sistemasınıń jaǵdayına da baylanıslı. Isletiw qarjıları Z hám elektr sistemasın basqarıw ortasında tómendegi qatnas penen xarakterleniwshı baylanıs bar:

$$Z = Z_0 + Z(P).$$

Bul jerde Z_0 dı esapqa almaw múmkin. Sebebi ol elektr sistemasınıń jaǵdayına derlik baylanıslı emes. Ol isletiwshı personaldıń aylıǵına sarplanıwshı qarjılar, energiyanı ózgertiw hám uzatıw qurılmalarınń (puw generatorları, turbinalar, generatorlar hám t.b.) paydalı jumıs ko-efficientlerin asırıw esabınan energetika úskenesiniń jumıs ónimdarlıǵın asırıw boyınsha sharalar kompleksine sarplanıwshı qarjılar sıyaqlı qurawshılardan ibarat. Bunday qarjılar júklemegе derlik baylanıslı bolmaǵan jaǵdayda olardı kemeytiw elektr stanciyaları hám tarmaq kárxanalarınń isletiw xızmetkerleri háreketleri esabınan ámelge asırıladı.

Formuladaǵı ekinshi qurawshı $Z(P)$ energiya resurslarına sarplanıwshı qarjılardı xarakterleydi hám energetika sistemasınıń jaǵdayı, islep turǵan úskenerlerdiń quramı hám júklemesine baylanıslı. Bunda tiykarǵı energiya tasıwshı bolıp JESda janılǵı hám GESda suw esaplanadı. $Z(P)$ niń mánisi janılǵını qazıp alıw hám tasıw qarjıları menen belgileniwin túsiniw qıyın emes. Energetika sistemalarınń jaǵdayların basqarıw máselesin sheshiw elektr energiyasını islep shıǵarıw, uzatıw hám bólistiriwge sarplanıwshı ulıwma qarjılardıń minimal bolıwın támiyinlewshı basqarıw tásirlerin anıqlawdan ibarat.

Elektr energetika sistemalarınń jaǵdayların optimallaw máselesi dispatcherlik basqarıwdıń barlıq basqıshlarında hám hárbir aymaqlıq basqıshda sheshiledi hám qısqa múddetli retlew cikli dawamında esaplıq elektr stanciyalarınń aktiv hám reaktiv júklemeleri, retleniwshı kom-

pensatorlarning reaktiv quvatlıqları, tayansh túyinleriniń kernewleri, retleniwshi transformatorlarning transformaciyalaw koefficientlerin retlew cikli dawamında barlıq esaplıq JESlarda janılgı sarplanıwı menen baylanıslı bolğan qarjılar Z minimal bolıwın támiyinlewshi mánislerin tabıwdan ibarat. Usı másele matematikalıq kóriniste tómendegishe ańlatıladi: retleniwshi parametrlerdiń maqset funkciyası

$$Z = \sum_{i=1}^{n_r} \sum_{t=1}^n s_{it} [B_{it}(P_{it}, U_{it}) + \frac{1}{U_{it}} (\tau_{it}, U_{it})] \rightarrow \min \quad (8.1)$$

ni teńlik kórinisindegi

$$W'_t = P_t - \bar{P}_t = 0, \quad i \in N, \quad t = 1, 2, \dots, T; \quad (8.2)$$

$$W'_t = Q_t - \bar{Q}_t = 0, \quad i \in N, \quad t = 1, 2, \dots, T; \quad (8.2a)$$

$$\Delta Q_j = \sum_{i=1}^{n_r} Q_j(H_j, P_j) - Q_j = 0, \quad j = 1, 2, \dots, m; \quad (8.2b)$$

teńsizlik kórinisindegi

$$P_t^{\min} \leq P_t \leq P_t^{\max}, \quad i \in \tilde{A}, \quad t = 1, 2, \dots, T; \quad (8.3)$$

$$Q_t^{\min} \leq Q_t \leq Q_t^{\max}, \quad i \in \tilde{A} + \tilde{A}_q, \quad t = 1, 2, \dots, T; \quad (8.3a)$$

$$U_{K_t^{\min}}^{\min} \leq U_{K_t^{\min}} \leq U_{K_t^{\max}}^{\max}, \quad i \in N, \quad t = 1, 2, \dots, T; \quad (8.3b)$$

$$K_t^{\min} \leq K_t \leq K_t^{\max}, \quad l \in T_k, \quad t = 1, 2, \dots, T \quad (8.3v)$$

$$P_t^{\min} \leq P_t \leq P_t^{\max}, \quad l \in L_p, \quad t = 1, 2, \dots, T; \quad (8.3g)$$

$$I_t^{\min} \leq I_t \leq I_t^{\max}, \quad l \in L_l, \quad t = 1, 2, \dots, T. \quad (8.3d)$$

shegaralıq shártlerdi esapqa alıp, minimal bolıwın támiyinlewshi mánisleri tabılsın.

Bul jerde N – elektr energetika sistemasındağı barlıq túyinler sanı; n – optimallawda qatnasıwshı – esaplıq JES hám GESlar sanı; n_r – retlew ciklindegi intervallar sanı; s_{it} – P_{it} , B_{it} – i – shı JESda retlew cikliniń t – shı intervalında janılgınıń salıstırma bahası, júkleme hám janılgı sarplanıwı; c_{it} – i – shı JESda retlew cikliniń t – shı intervalında islewshi agregatlar

quramı; B'_i – i – shı JESda τ_i waqıt dawamında óshıp turğan agregattı retlew cikliniń t – shı intervalında iske túsiriw ushın janılgı sarplanıwı; Γ – esaplıq elektr stanciyaları tóplamı; Γ_q – retleniwshi reaktiv quwatlıqlı túyinler tóplamı (esaplıq elektr stanciyalarından basqa); P_i , Q_i , $\bar{P}_i$, $\bar{Q}_i$ – i – shı túyinniń retlew ciklin t – shı intervalı ushın esaplıq hám berilgen aktiv hám reaktiv quwatlıqları; P_j , H_j , Q_j – j – shı GESniń retlew ciklin t – shı intervalındağı aktiv quwatlıgı, basımı hám suw sarplanıwı; Q_j – j – shı GES ushın retlew dáwiri T dawamında sarplanıwı zárúr bolğan berilgen suw kólemi; T_k – retleniwshi transformatorlar tóplamı; L_p , L_l – aktiv quwatlıq ağımı hám tok baqlanıwshı shaqapshalar tóplamları; P_i , Q_i , U_i , $P_i^{\min}$, $Q_i^{\min}$, $U_i^{\min}$, $P_i^{\max}$, $Q_i^{\max}$, $U_i^{\max}$ – i – shı túyinniń retlew ciklin t – intervalında esaplıq hám berilgen shegaralıq aktiv hám reaktiv quwatlıqları hám de kernewleri; K'_i , K''_i , $K_i^{\min}$, $K_i^{\max}$, $K_i^{\min}$, $K_i^{\max}$ – l – shı shaqapshadağı transformatorniń kompleks transformaciyalaw koefficienti haqıyqıy hám shama bóliminiń retlew ciklin t – intervalındağı esaplıq hám berilgen shegaralıq mánisleri; P_i , I_i , $P_i^{\min}$, $I_i^{\min}$, $P_i^{\max}$, $I_i^{\max}$ – l – shı baqlanıwshı liniyada aktiv quwatlıq ağımı hám toktıń retlew cikliniń t – shı intervalındağı esaplıq hám berilgen shegaralıq mánisleri.

Energetika sistemasınıń jaǵdayın barlıq ózgeriwshiler boyınsha kompleks optimallaw joqarıda kórsetilgen matematikalıq jaqtan erkin ózgeriwshiler sanalıwshı parametrlerdiń optimal mánislerin tańlawdı kózde tutadı.

Usı tártipte qoyılğan optimallaw máselesinde júdá kóp sanlı erkin ózgeriwshiler menen islewge tuwrı keledi. Másele, ólsheminiń júdá úlkenligi onı pútkilley alıp sheshiwde tiykarǵı qıyınshılıqlardı payda etedi.

Bunnan basqa, ekvivalent sxeması júzlep túyinlerdi óz ishine alıwshı elektr tarmaǵınıń jaǵdayına baylanıslı bolğan shárt-sharayatlardı esapqa alıw ushın kóp sanlı erkin ózgeriwshilerdi kirgiziw zárúr.

Bunday úlken ólshemli mäseleni sheshiw ushın elektr stanciyaları hám tarmaqları boyınsha úlken kólemdegi hár qıylı dáslepki maǵlıwmatlardı (agregatlardıń xarakteristikaları, jıllılıq sxemaları, jıllılıq júklemleri, elektr tarmaǵı elementleriniń parametrleri, aktiv hám reaktiv júklemleri hám t.b.) da talap etiledi.

Añlatılğan úlken ólshemli iymek sızıqlı quramalı máselede ózgeriwshi parametrlar, ulıwma jaǵdayda, hár qıylı masshtablarda ólshenedi. Usı ózine tánligi menen baylanıslı jaǵdayda másele sheshiwde izbe-iz jaqınlasıw (iteraciya) procesi isenimsiz, tez-tez uzaqlasqısh bolıp qaladı. Bunda másele ólsheminiń úlkenligi menen baylanıslı bolǵan qıyınshılıqlar qanday da bir bir moment ushın optimallawdan bazı bir waqıt dawamı ushın optimallawǵa ótilgende usı waqıttıń dawamlılıǵına tuwrı proporcional túrde asıp baradı.

Solay etip, kompleks optimallaw algoritmleri juwmaqlawshı nátiyjeni úlken anıqlıqta tabıw imkannın berse de, joqarıdaǵı qıyınshılıqlar olardan ámeliyatta, atap aytqanda operativ esaplawlarda, paydalanıw imkaniyatların shekleydi.

Energetika sistemasında aylanıwshı dáslepki maǵlıwmatlar kólemiń kemeytiw, dispetcherlik basqarıwıń hár bir basqıshında sheshiliwshi máseleler ólshemin kemeytiw hám bul arqalı ruqsat etilgen waqıt dawamında jeterlishe anıqlıqtaǵı nátiyjeni alıw imkannın támiyinlewdiń bir den-bir jolı másele dekompoziciyalaw, yaǵnıy onı hár qıylı waqıtlarda hám energetika sistemasınıń hár qıylı bólimleri hám basqarıw basqıshları ushın bóleklerge ajratıw tiykarında sheshiw esaplanadı.

Máseleni waqıt hám aymaqlıq belgileri boyınsha kishi máselelerge ajratıw menen birqatarda toparlı relaksaciyalaw usıllarınan paydalanıw arqalı bir waqıt hám aymaqlıq basqıshqa tiyisli máselelerdi jáne de ápiwayıraq kishi máselelerge de keltiriw múmkin. Toparlı relaksaciyalaw usılı energetika sistemasınıń jaǵdayın kompleks optimallastırıw máselesin sheshiwde dekompoziciyalawdan paydalanıwshı usıllar arasında eń keń tarqalǵan hám perspektivası úlken imkaniyatlarga iye bolǵan usıl esaplanadı.

Toparlı relaksaciyalaw usılınnan únemli paydalanıwdıń tiykarǵı shárti bolıp sistemaniń iskerlik kórsetiwi menen baylanıslı bolǵan qarjılardıń additivligi yaki sistemani keńislikte hám waqıtta añlatıwshı sistema teńlemeleriniń topologiyalıq baylanısınıń ázziligi esaplanadı.

Toparlı relaksaciyalaw usılınnıń ideyası optimallaw procesi óz aldına erkin ózgeriwshiler toparları boyınsha izbe-iz túrde alıp barılıwına, yaǵnıy másele izbe-iz túrde sheshiliwshi kishi ólshemli kishi optimallaw máselelerine keltiriwge tiykarlangan. Hár bir kishi másele

sheshiwde talap etiliwshi aralıq maǵlıwmatlar kólemi salmaqlı dárejede kemeyedi.

Dáslepki másele niń sheshimin imkanı barınsha tezirek payda etiw ushın parametrlardıń hár bir toparı boyınsha optimallawdıń anıqlıǵı tájiriye dawamında belgilenedi. Bul anıqlıq parametrlardıń ajratılǵan toparları qurawshılarınıń quramı hám sistema jaǵdayın añlatıwshı teńlemelerdiń baylanıs dárejesine baylanıslı. Bul teńlemelerdiń baylanısı ázzi bolǵanda toparlı relaksaciyalaw iteraciya procesiniń óz aldına basqıshlarında optimallaw anıqlıǵı birqansha joqarı bolıwı múmkin.

Ádette, energetika sistemasınıń jaǵdayın hár bir waqıtlı hám aymaqlıq basqıshqa kompleks optimallaw máselesi energetika sistemasınıń jaǵdayın aktiv quwatlıq boyınsha hám elektr tarmaqlarınıń jaǵdayların reaktiv quwatlıq (yaki kernew) hám transformaciyalaw koefficienti boyınsha optimallaw máselelerine ajratıladı.

8.2. Elektr tarmaqlarınıń jaǵdayların optimallaw máselesi

Elektr tarmaqlarınıń jaǵdayların optimallaw máselesi joqarıda kórip ótilgen kompleks optimallaw máselesinen parıqlı túrde balanslawshı túyinnen basqa barlıq esaplıq stanciyaǵa iye bolǵan generaciyalawshı túyinlerde aktiv quwatlıq P_i ($i \in \tilde{A}$, $i \neq 0$) diń belgili mánislerinde qalǵan barlıq erkin ózgeriwshiler boyınsha optimallawdı kózde tutadı.

Usı máselede erkin ózgeriwshilerdiń mánisleri ózgergende aktiv quwatlıǵı ózgeriwshi birden-bir elektr stanciyası balanslawshı túyindegi elektr stanciyası bolǵanı sebepli janılǵı sarplanıwı menen baylanıslı bolǵan ulıwma qarjılar funkciyası – maqset funkciyası (8.1) óziniń minimal mánisine usı stanciyaniń minimal quwatlıǵında erisedi. Bul stanciyaniń minimal quwatlıǵı bolsa elektr tarmaǵında aktiv quwatlıq ısırap bolıwınıń minimal mánisinde erisedi. Sol sebepli elektr tarmaqlarınıń jaǵdayların optimallaw máselesinde minimallastırılıwshı maqset funkciyası sıpatında aktiv quwatlıq ısırap bolıwı funkciyasın alıw múmkin:

$$\pi_{i,pt} = \min_x \pi. \quad (8.4)$$

Usı másele niń matematikalıq anlatpasında joqarıda kórsetilgen shegaralıq shárt hám sharayatlar quramındaǵı shegaralıq shárt (8.2) balans-

Bul jerde teńsizlik (8.5b) baylanısqań ózgeriwshiler hám funkcionalları qoyılıwshı shegaralıq shártlerdi ańlatsa, (8.5v) erkin ózgeriwshilerge qoyılıwshı shegaralıq shártlerdi ańlatadı. Usı ózine tánligi elektr tarmaqtıń optimal jaǵdayın tabıw máselesine ISDM poziciyasınan qaraılıwı zárúrligin kórsetedi.

Bunnan keyingi pikirler ushın tómendegi túsiniqlerdi kirgizemiz. Funkciyanıń teń dárejesi sıızığı (sırtı) – erkin ózgeriwshı x_i lardıń ózgeriw tarawında maqset funkciyası bir qıylı mániske iye bolǵan ($F = const$) noqatlardıń geometriyalıq orınları.

Absolyut minimum – $F(X)$ funkciyasınıń teńsizlik kórinisindegi shegaralıq shártler itibarǵa alınbaǵan jaǵdaydaǵı minimum noqatı.

Optimallaw máselesi (8.5) ti sheshiwde erkin ózgeriwshilerge qoyılıwshı shegaralıq shártler hárbir iteraciya shegaradan shıqqan ózgeriwshiler x_i di sáykes shegaralıq mánislerine baylanıstırıw arqalı esapqa alınadı. Funkcional shegaralıq shártler (8.5b) ni esapqa alıw procedurası birqansha quramalı bolıp, qollanıwshı iymek sıızıqlı baǵdarlamalaw usılına baylanıslı túrde hár qıylı xarakterge iye. Usı procedura kóp jaqtan optimallaw algoritminiń nátiyjeligin belgileydi.

(8.5b) shártler arasında aktiv hám passiv shegaralıq shártler bar bolıwı múmkin. Shártli optimal noqatta shegaralıq mánislerine teń bolǵanları aktiv, qalǵanları bolsa passiv shegaralıq shártler dep júrgiziledi. Ulıwma passiv shegaralıq shártlerdi optimallawda esapqa almaw múmkin. Biraq, bunday shegaralıq shártler aldınnan belgisiz bolǵanlıǵı sebepli optimallaw procesinde olardıń barlıǵın esapqa alıwǵa tuwrı keledi.

Paydalanıwshı optimallaw usıllarınıń tipine baylanıslı jaǵdayda bar iymek sıızıqlı baǵdarlamalaw usılların úsh úlken klasqa ajratıw múmkin:

1) Tek maqset funkciyasınıń mánislerin esaplawǵa tiykarlanǵan tikkeley izlew usılları;

2) $F(X)$ funkciyasınıń birinshi tártipli tuwındılarınıń anıq mánislerinen paydalanıwshı gradient usılları;

3) $F(X)$ funkciyasınıń birinshi tártipli tuwındıları menen birqatarda ekinshi tártipli tuwındılarınan da paydalanıwshı ekinshi tártipli usıllar.

Tikkeley izlew usıllarınıń áhmiyetliliǵı gúman tuwdırmaıdı. Sebebi, birqatar ámeliy injenerlik máselelerinde izertlewshige belgili bolǵan

birden-bir isenimli maǵlıwmatlar bolıp maqset funkciyasınıń mánisleri haqqındaǵı maǵlıwmatlar esaplanadı. Basqa tárepten, bazda, hátte eń nátiyjeli tikkeley izlew usıllarınan paydalanılǵanda da sheshimin payda etiw ushın júdá kóp márte maqset funkciyasınıń mánislerin esaplaw talap etiledi.

Elektr tarmaqlarınıń jaǵdayların optimallaw máselesin usı usıl járdeminde sheshiwde orınlanıwı talap etiletuǵın ámeller kólemi júdá kóp boladı. Sebebi, tańlanıwshı parametrdiń hárbir mánisinde maqset funkciyasınıń mánisin esaplaw ushın elektr tarmaǵınıń turaqlı jaǵdayın esaplaw talap etiledi.

Ekinshi tártipli usıllardıń abzallıǵı esaplaw procesiniń kvadratlıq jaqınlasıwınıń támiyinleniw nátiyjesinde juwmaqlawshı nátiyjeni alıw ushın orınlanıwshı iteraciya sanınıń keskin kemeyiw esaplanadı. Soǵan qaramasdan, hárbir iteraciyanı orınlawdaǵı ámeller hám talap etiliwshı aralıq maǵlıwmatlar kóleminiń kópligi menen baylanıslı jaǵdayda birqatar optimallaw máselelerin sheshiwde usı usıllardan paydalanıw sheklengen. Bunnan basqa ekinshi tártipli usıllar tez-tez esaplaw qosımsha qıyınshılıqlar menen baylanıslı bolǵan ekinshi tártipli tuwındılardan paydalanıwdı kózde tutadı.

ISDMni sheshiwde eń keń tarqalǵan gradient usılları tómendegi formula boyınsha ámelge asırıwshı iteracion proceduraǵa tiykarlanǵan:

$$X^{(k+1)} = X^{(k)} + h^{(k)} S(X^{(k)}).$$

Bul jerde $X^{(k)}$ – optimal sheshimge jergilikli jaqınlasıw; $h^{(k)}$ – adımıń uzınlıǵın xarakterlewshı parametr; $S(X^{(k)}) = S^{(k)}$ – basqarıwshı ózgeriwshiler x_i niń n -ólsheimli ózgeriw tarawında izlew baǵdarı. Hárbir iteraciya $S(X)$ hám h ni anıqlaw usılı qollanıwshı usıldın qásiyetlerine baylanıslı jaǵdayda tańlanadı.

Energetikanıń túrli optimallaw máselelerin sheshiw algoritmlerinde keń qollanıwshı shártli optimallawdıń gradient usılların kórip óteyik.

Keltirilgen gradient usılı (KGU) jeterlishe universal usıl bolıp, ol ulıwma kóriniste birqatar ISDM ushın qollanıwı múmkin. Ol tómendegi xarakterli ózine tánlikke iye:

- máseleńiń ózgeriwshiler vektorın eki vektorǵa – baylanısqa (bazis) hám erkin ózgeriwshiler vektorlarına ajratıw;
- qanday da bir turaqlı bazista múmkin bolǵan baǵıtlar usılına jaqın bolǵan minimumǵa túsiw usılınan paydalanıw;
- bazisti almasıw (baylanısqa hám erkin ózgeriwshiler vektorların qurawshıların almasıw).

Ulıwma alǵanda KGUń simleks usıldın iymek sıızqlı máseleler ushın ulıwmalastırılǵan kórinisi dep qaraw múmkin.

Kórilip atırǵan usıl boyınsha $F(X)$ funkciyası shártler (8.5b), (8.5v) menen ańlatılıwshı ruqsat etilgen tarawda úzliksiz gradient ∇F ǵa iye dep esaplanadı.

Gradient quramalı funkciyalardı differenciallaw qaǵıydaları boyınsha esaplanadı:

$$\nabla F = \frac{\partial F}{\partial X} + \frac{\partial F}{\partial Y} \frac{\partial Y}{\partial X}.$$

Bul jerde $\frac{\partial Y}{\partial X}$ ayqın emes funkciya $Y(X)$ tıń tuwındıları matricası bolıp, tómendegi sıızqlı teńlemeler sistemasın sheshiw tiykarında tabıladı:

$$\frac{\partial W}{\partial Y} \frac{\partial Y}{\partial X} = \frac{\partial W}{\partial X}.$$

Máseleni sheshiw qanday da bir ruqsat etilgen qálegen noqat $X^{(0)}$ dan baslanadı. Kóp adımlı proceste jańa noqat $X^{(k+1)} = X^{(k)} + h^{(k)} S^{(k)}$ ǵa ótiw ushın aldın ruqsat etilgen optimal túsiw vektorı $S^{(k)}$ ańıqlanadı.

$X^{(k)}$ ruqsat etilgen taraw ishindegi noqat bolǵan jeke jaǵdayda $S^{(k)}$ antigradient $-\nabla F$ qa teń boladı. Eger $X^{(k)}$ ruqsat etilgen tarawdın shegarasında bolsa, ol jaǵdayda $S^{(k)}$ ańıqlaw ushın qosımsha kvadratlıq baǵdarlamalaw máselesin sheshiw zárúr.

$S^{(k)}$ baǵdarında $h^{(k)}$ adım $0 \leq h^{(k)} \leq h_{\max}^{(k)}$ aralıqta funkciyasınıń minimumǵa erisiw shárti boyınsha esaplanadı. Bul jerde $h_{\max}^{(k)} - X^{(k+1)}$ ni ruqsat etilgen sheshimler tarawınıń shegaralıq mánisine teń bolıwın támiyinlewshı maksimal adım.

Keltirilgen gradient usılınıń tiykarǵı ózine tánliklerinen biri esaplaw procesinde bazisti almasıw esaplanadı. Procestiń óz aldına basqıshlarında hám pútkil máseleni sheshiwde ámelge asırılatuǵın esaplawlar kólemi ol yaqı bul bazistiń tańlanıwına baylanıslı boladı.

Bazis qanday da bir baylanısqa ózgeriwshilerdiń ózlerin shegaralıq mánislerine jetisken jaǵdaylardı ózgertedi. Bunday ózgeriwshiler erkin ózgeriwshiler vektorı quramına kirgizilip, olardıń ornına belgilengen tártipte ańıqlanǵan erkin ózgeriwshiler ótkeriledi.

Erkin hám baylanısqa ózgeriwshiler quramınıń ózgeriwi ulıwma jaǵdayda tómendegilerge imkánıyat payda etedi:

esaplaw procesiniń keskin tómendewine alıp keletuǵın bazislerdi saplastırıw;

járdemshi kvadratlıq baǵdarlamalaw máselesiniń kólemin qısartıw, kóp ǵana jaǵdaylarda bolsa onı sheshiwdi saplastırıw esabınan ruqsat etilgen túsiw vektorı $S^{(k)}$ nı ańıqlawdı salmaqlı dárejede ápiwayılastırıw;

$F(X)$ funkciyasın turaqlı baziste tek paralelepiped shegaralıq shártler (1.5v) nı esapqa alıp minimallastırıw ushın birneshe izbe-iz adımlardı orınlaw;

hár qıylı tezlestiriwshı usıllardı qollanıw esabınan kóp adımlı esaplaw procesin tezlestiriw.

Basqa tárepten KGU boyınsha esaplaw algoritmi ózgeriwshilerdi ajratıw strategiyasın qollanıw menen baylanıslı bolǵan ayırım sezilerli kemshiliklerge iye. Birinshiden, ajratıw strategiyası matricalar hám bazis ózgeriwshilerdiń teń kúshliligin tekseriwdi hám olar teń kúshli bolǵan jaǵdaylarda sáykes qayta islew proceduraların qollanıwdı talap etedi. Ekinshiden, bazisti ózgertiw procesi Yakobi matricasına kerı matricanı hám keltirilgen gradientti qayta esaplawdı talap etedi. Bunnan basqa, kvazinyuton usıllarından paydalanılǵanda izlew baǵdarın ańıqlaw ushın bazistiń hár bir almasıw usı waqıtqa shekem jıynalǵan maǵlıwmatlardıń joǵalıwına alıp keledi. Principial kemshilik bolıp ózgeriwshilerdi ajratıwdıń qanday da bir qaǵıydasınıń joq ekenligi esaplanadı. Iteraciya procesiniń jaqınlasıwınıń analizi jaqınlasıw tezligi ózgeriwshilerdi qanday ajratılıwına baylanıslılıǵın kórsetedi, biraq ajratıw procesinde usı faktti esapqa alıwdıń real imkánıyatı joq.

Joqarida aytilgánlardan KGUni qollanıwda xarakterli názik tárepler barlıǵı belgili boladı. Ámelde konkret hám isenimli proceduranı payda etiwge urınıwda ushıraytuǵın qıyınshılıqlardan qorǵanıw ushın usı principlerge muwapıq túrde kóp sanlı itibarlılıq sharaları qollanıladı. Bul óz gezeginde optimallaw máselesin sheshiw algoritminin jáne de quramalasıwına alıp keledi.

8.3.2. Elektr tarmaqlarının jaǵdayların gradient usılında optimallaw

Qanday da bir $F(X)$ funkciyanı minimallastırıwdın gradient usılı barlıq erkin ózgeriwshilerdin baslanǵısh mánislerin qabıllawdı kózde tutadı. Bunda, ulıwma jaǵdayda, $F(X)$ funkciyasının minimallıq shárti, yaǵnıy $\frac{\partial F}{\partial \vec{O}} = 0$ shárt orınlanbaydı. Sol sebepli optimal sheshimge jaqınlasıw ushın qanday da bir adım tómendegi túrde ámelge asırılıp, gezek-tegi iteraciya ushın baslanǵısh noqat payda etiledi:

$$X^{(1)} = X^{(0)} + \Delta X^{(0)}.$$

$k+1$ -chi iteraciya da adım tómendegishe ámelge asırıladı:

$$X^{(k+1)} = X^{(k)} + \Delta X^{(k)} \quad (8.6)$$

Funkciyanın antigradienti onıń kemeyiw baǵdarın kórsetkeni ushın adımı usı baǵdarda ámelge asırıw hám $\Delta X^{(k)}$ nı tómendegishe anıqlaw múmkin:

$$\Delta \vec{O}^{(k)} = -h^{(k)} \frac{\partial F(\vec{O}^{(k)})}{\partial \vec{O}} \quad (8.7)$$

(8.7) ni (8.6) ǵa qoyıp, tómendegini payda etemiz:

$$\vec{O}^{(k+1)} = \vec{O}^{(k)} - h^{(k)} \frac{\partial F(\vec{O}^{(k)})}{\partial \vec{O}} \quad (8.8)$$

Bul jerde $h^{(k)}$ – antigradient baǵdarında $\Delta X^{(k)}$ nıń mánisin belgilewshi adım bolıp, onıń mánisi eki usıl járdeminde – ápiwayı tańlap alıw hám tez túsiw usıllarında anıqlanıwı múmkin.

Ápiwayı tańlap alıw usılında h adım hárbir iteraciya da maqset funkciyası $F(X)$ niń kemeyiw shárti $F(X^{(k)}) > F(X^{(k+1)})$ boyınsha tańlanadı. Gezektegi iteraciya da maqset funkciyasının mánisi asqan jaǵdayda onıń kemeyiwı adımı kemeyiw esabınan támiyinlenedi.

Tez túsiw usılında h adım hárbir k – iteraciya da tómendegi bir ólshemli funkciyanı minimallastırıw tiykarında tabıladı:

$$F(X^{(k)} + h \cdot \Delta X^{(k)}) \rightarrow \min \quad (8.9)$$

Usı usılın tómendegi kórinistegi elektr tarmaǵının jaǵdaynı optimallaw máselesin sheshiwde qóllanıwı menen tanısayıq:

$$\pi \rightarrow \min \quad (8.10)$$

$$W_i' = P_i - \bar{P}_i = 0, \quad i \in N, \quad (8.11)$$

$$W_i'' = Q_i - \bar{Q}_i = 0, \quad i \in N, \quad (8.11a)$$

Adımı anıqlawdın hárqanday usılınan paydalanılǵanda sheǵaralıq shárti (8.11) esapqa alıw usılına baylanıslı jaǵdayda mäseleni sheshiwdiń eki variantı bar.

Mäseleni sheshiwdiń birinshi variantı baylanısqa ózgeriwshilerdi ajratıwdı kózde tutadı. Bunıń ushın retlew diapazonı úlken bolǵan ózgeriwshilerdiń bir bólimi (mäselen, túyinlerdiń kernewleri) baylanısqa ózgeriwshiler Y sıpatında belgilenedi hám olardıń mánisleri qalǵan erkin ózgeriwshiler X niń belgili bolǵan mánislerinde teńlemeler sistemasi (8.11)-(8.11a) sheshiw tiykarında tabıladı.

Solay etip, erkin ózgeriwshiler gradient usılında tabıladı. Bunda gradient quramalı funkciyanıń tuwındısın tabıw sıyaqlı tómendegi anlatpadan anıqlanadı:

$$\frac{\partial \pi}{\partial X} = \frac{\partial \pi}{\partial X} + \frac{\partial \pi}{\partial Y} \frac{\partial Y}{\partial X} \quad (8.12)$$

Erkin ózgeriwshilerdiń gezektegi $k+1$ – iteraciya daǵı mánisleri (8.8) anlatpalardı muwapıq túrde tabıladı:

$$x_i^{(k+1)} = x_i^{(k)} - h_i^{(k)} \frac{\partial \pi^{(k)}}{\partial x_i} \quad (8.13)$$

Solay etip, usı esaplaw algoritmi boyınsha esaplawlar erkin ózgeriwshilderdiń baslanǵısh mánisleri $X^{(0)}$ hám esaplaw anıqlıǵı ε dı qabıllawdan baslanadı. Sońınan (8.11)-(8.11a) teńlemeler sistemasın sheshiw arqalı baylanısqań ózgeriwshilderdiń mánisleri $Y^{(0)}$, elektr tarmaǵındaǵı ısıraplar $\pi^{(0)}$ hám (8.12) boyınsha funkciyanıń gradienti tabıladı. (8.13) boyınsha erkin ózgeriwshilderdiń gezektegi iteraciya daǵı mánisleri esaplanadı. Usı tártiptegi esaplawlar iteraciya procesiniń jaqınlasıw shárti

$$|\pi^{(k+1)} - \pi^{(k)}| \leq \varepsilon \quad (8.14)$$

orınlanǵańa shekem dawam ettiriledi.

Máseleni sheshiwdiń ekinshi variantında shegaralıq shártlerdi (8.11)-(8.11a) esapqa alıw ushın maqset funkciyası (8.10) ǵa qosımsha qurawshılar $\sum_{i \in N} (\lambda'_i W'_i + \lambda''_i W''_i)$ qosılıp, Lagranj funkciyası qalıplestiriledi. Bul jerde $\lambda'_i, \lambda''_i, i \in N$ - belgisiz Lagranj kóbeytiwshileri.

Bunday jaǵdayda kórilip atırǵan (8.10) funkciyanı shártli minimallastırw máselesi tómendegi Lagranj funkciyasın shártsiz minimallastırw máselesine keltiriledi:

$$L = \pi + \sum_{i \in N} (\lambda'_i W'_i + \lambda''_i W''_i) \rightarrow \min. \quad (8.15)$$

Bul jerde barlıq ózgeriwshiler erkin ózgeriwshiler esaplanadı.

Ekinshi variant boyınsha esaplaw algoritmi boyınsha esaplawlar ózgeriwshilderdiń baslanǵısh mánisleri $X^{(0)}$ hám esaplaw anıqlıǵı ε nı qabıletiw hám belgisiz Lagranj kóbeytiwshileri $\lambda'_i, \lambda''_i, i \in N$ nı tabıwdan baslanadı. Sońınan (8.12) boyınsha funkciyanıń gradienti hám (8.13) boyınsha barlıq ózgeriwshilderdiń gezektegi iteraciya daǵı mánisleri esaplanadı.

Usı tártiptegi esaplawlar iteraciya procesiniń jaqınlasıw shárti (8.14) orınlanǵansha dawam ettiriledi.

8.4. Elektr tarmaqlarınıń jaǵdayların reaktiv quwatlıq, túyin kernewleri hám transformaciyalaw koefficientleri boyınsha optimallaw

Elektr tarmaqlarınıń jaǵdayların túyinlerdiń retleniwshen reaktiv quwatlıqları boyınsha optimallaw bunday túyinlerdiń kernewleri boyınsha optimallaw menen almasdırılıwı múmkin. Sebebi, elektr tarmaǵınıń jaǵdayın túyinniń reaktiv quwatlıǵı hám kernewi boyınsha optimallawda bir qıylı optimal nátiyje payda bolıwı da analikalıq hám tájiriye jolı menen dálillengen. Bunday jaǵdayda optimallawdı qanday parametr boyınsha ámelge asırıw máselesi esaplawdıń ápiwayılıǵı hám de iteraciya procesi jaqınlasıwınıń isenimliliǵı hám tezliǵı menen belgilenedi.

Elektr tarmaǵında reaktiv quwatlıǵı retleniwshi túyinler hám transformaciyalaw koefficientleri retleniwshen transformatorlar bar bolǵan jaǵdaylarda maksimal nátiyjelikti támiyinlew ushın olar boyınsha optimallawdı birgelikte ámelge asırıw zárúr. Tómende elektr tarmaǵınıń jaǵdayın reaktiv quwatlıǵı retleniwshi túyinlerdiń kernewleri hám retleniwshi transformatorlardıń transformaciyalaw koefficientleri boyınsha maqset funkciyası ekstremumınıń zárúrli shártinen paydalanıw tiykarında optimallaw algoritmi menen tanısamız.

Joqarıda kórip ótilgen energetika sistemasınıń jaǵdayın kompleks optimallaw máselesiniń mánisinen kelip shıǵıp, qanday da bir waqıtta elektr tarmaǵınıń jaǵdayın optimallaw máselesi tómendegi ulıwma kóriniste ańlatıladı:

elektr tarmaǵında ulıwma aktiv quwatlıq ısırap bolıwı funkciyası

$$P = \sum_{i=0}^n P_i \quad (8.16)$$

tómendegi

a) teńlik kórinisindegi

$$\left. \begin{aligned} W'_i &= P_i - \bar{P}_i = 0, & i &= \tilde{A} + \tilde{I}; \\ W''_i &= Q_i - \bar{Q}_i = 0, & i &\in \tilde{A}_1 + \tilde{I} \end{aligned} \right\} \quad (8.17)$$

hám

ä) teńsizlik kórinisindegi

$$U_{i,\min} \leq U_i \leq U_{i,\max}, \quad i \in \tilde{A} + \tilde{I}; \quad (8.18)$$

$$Q_{i,\min} \leq Q_i \leq Q_{i,\max}; \quad i \in \tilde{A} - \tilde{A}_1; \quad (8.19)$$

$$\left. \begin{aligned} K'_{r,\min} &\leq K'_r \leq K'_{r,\max} \\ K''_{r,\min} &\leq K''_r \leq K''_{r,\max} \end{aligned} \right\} l \in T_K; \quad (8.20)$$

$$P_{l,\min} \leq P_l \leq P_{l,\max} \quad l \in L_P; \quad (8.21)$$

$$I_{l,\min} \leq I_l \leq I_{l,\max} \quad l \in L_I \quad (8.22)$$

shegaralıq shártlerdi esapqa alıp minimallastırıladi.

Bul jerde n - elektr tarmaǵındaǵı túyinler sanı; H, Γ – júklemeli hám generaciyalawshı túyinler tóplamı (balanslawshı túyinnen basqa; Γ_i – reaktiv quwatlıqları retlenbeytuǵın generaciyalawshı túyinler tóplamı; T_k – kompleks transformaciyalaw koefficientleri retleniwshı transformatorlarǵa iye bolǵan shaqapshalar tóplamı; L_p, L_i – aktiv quwatlıq aǵımı hám tok baqlanıwshı shaqapshalar tóplamı; $P_i, Q_i, \bar{P}_i, \bar{Q}_i$ – i -shı túyinniń esaplanıwshı berilgen aktiv hám reaktiv quwatlıqları.

Qalıplestirilgen másele quramalı ISDM esaplanadı. Házirgi dáwirde onı sheshiw boyınsha eki qıylı qatnas bar. Birinshi qatnas máseleńi sheshiw procesin hárbirinde optimallaw adımı hám elektr tarmaqtıń turaqlı jaǵdayın esaplaw ámelge asırılauǵın iteraciya cikline ajratıwǵa tiykarlanǵan. Optimallaw basqışında matematikalıq ańlatpası maqset funkciyası (8.16) hám shegaralıq shártler (8.18)–(8.22) dan quralǵan máseleńi sheshiw tiykarında ózgeriwshiler (retleniwshı parametrlar) tarmaq jaǵdayın ruqsat etilgen tarawǵa kirgiziw hám ónimdarlıǵın asırıw baǵdarında korrekciyalanadı. Usı basqışta (8.15) hám (8.19) kórinisindegi shegaralıq shártler tek reaktiv quwatlıǵı retleniwshı túyinler ushin esapqa alınadı. Elektr tarmaǵınıń turaqlı jaǵdayın esaplawda túyin teńlemeleri sisteması (8.17) reaktiv quwatlıǵı retlenbeytuǵın túyinler ushin (8.18) hám (8.19) shegaralıq shártlerdi esapqa alıp sheshiledi. Bul jerde dáslepki maǵlıwmatlar qatarında beriliwshı erkin ózgeriwshiler bolıp mánisleri optimallaw basqışında tabılıwshı retleniwshı parametrlar esaplanadı.

Ekinshi qatnas (8.16)–(8.22) máselesin óz aldına máselelerge ajratpastan onıń barlıq belgisiz parametrlarin birgelikte tabıwǵa tiykarlanǵan. Ulıwma jaǵdayda másele ólsheminiń úlkenligi, talap etiliwshı maǵlıwmatlar kóleminiń kópligi hám iteraciya procesi jaqınlasıwınıń isenimsizligi usı qatnastan ámeliyatqa paydalanıw imkanıyatların sheklegen.

Házirgi dáwirde keń tarqalǵan hám ámeliyatqa keń qollanıwshı algoritmlerde elektr tarmaǵınıń jaǵdayın esaplaw Nyuton-Rafson usulında, optimallaw bolsa gradient usulında ámelge asırıladi.

Tómende kórip ótiliwshı algoritm de birinshi qatnastan paydalanıwdı kózde tutadı.

Shegaralıq shártlerdi esapqa alıw. Usı algoritmda erkin ózgeriwshilerge qoyılıwshı ápiwayı shegaralıq shártler hárbir iteraciya ruqsat etilgen shegaradan shıqqan ózgeriwshilerdi shegaralıq mánislerine biriktiriw arqalı esapqa alınadı. Optimallawdıń keyingi adımlarında biriktirilgen ózgeriwshilerdi shegaralıq mánislerinen bosatıw zárurligi tekserip kórulei. Bunda eger antigradienttiń usı ózgeriwshı boyınsha qurawshısı shegaranıń ishki tárepine baǵdarlanǵan bolsa, ózgeriwshı shegaralıq mánisinen bosatılıp, ol boyınsha adım ámelge asırıladi. Eger sırtqı tárepke baǵdarlanǵan bolsa, ol jaǵdayda usı iteraciya da ózgeriwshı shegaralıq mánisine biriktirilgeninshe qaldırıladi.

Baylanısqan ózgeriwshilerge qoyılǵan (funkcional) shegaralıq shártler usı algoritmda járiyma funkciyası járdeminde esapqa alınadı. Buǵan sáykes jaǵdayda kórilip atırǵan shártli optimallaw máselesi onı izbe-iz túrde shártsiz optimallaw máselesine keltiriw arqalı sheshiledi.

Elektr tarmaǵınıń jaǵdayın ruqsat etilgen tarawǵa kirgiziw hám de shegaralıq shártlerdiń birgelikte bólmawı hám sáykes túrde ruqsat etilgen taraw bar bolmaǵan jaǵdaylarda shegaralıq shártler minimal dárejede buzılǵan jaǵdaydı anıqlaw ushin júkleme hám reaktiv quwatlıǵı retlenbeytuǵın generaciyalawshı túyinler ushin (8.18) hám de reaktiv quwatlıǵı retleniwshı generaciyalawshı túyinler ushin (8.19) shegaralıq shártler de járiyma funkciyası járdeminde esapqa alınadı.

Baylanısqan ózgeriwshige qoyılǵan (funkcional) $y_i \leq \bar{y}_i$ kórinistegi shegaralıq shártti esapqa alıwshı járiyma funkciyası usı algoritmda tómendegishe kvadratlıq kóriniske iye boladı:

$$\Phi_{\alpha} = \frac{\alpha_i}{2} (y_i - \bar{y}_i)^2 \quad (8.24)$$

Bul jerde α_i – júk (járiyma) koefficienti; $y_i, \bar{y}_i$ – baylanisqan ózgeriwshini esaplanıwshı berilgen shegaralıq mánisleri.

Optimallawdıń hárbir adımın ámelge asırıwdan aldın járiyma funkciyası járdeminde esapqa alınıwshı hárbir shegaralıq shárttiń orınlanıwı tekseriledi. Shegaralıq shárt orınlangan jaǵdayda onı esapqa alıwshı sáykes járiyma funkciyası jasalma túrde nolge teńlestiriledi hám gezektegi adım bul shegaralıq shártti esapqa almadan ámelge asırıladı.

Ózgeriwshilerdiń mánislerin esaplaw metodi.

Baylanisqan ózgeriwshilerge qoyılǵan shegaralıq shártlerdi esapqa alıwdıń qabıllanǵan usılına muwapıq jaǵdayda maqset funkciyası tómendegi kóriniske iye boladı:

$$F = \pi + \Phi = \pi + \sum_{i \in \tilde{A}_1 + I} \Phi_{U_i} + \sum_{i \in \tilde{A} - \tilde{A}_1} \Phi_{Q_i} + \sum_{i \in \tilde{B}} \Phi_{P_i} + \sum_{i \in L_I} \Phi_{I_i} \quad (8.25)$$

Bul jerde $\Phi_{U_i}, \Phi_{Q_i}, \Phi_{P_i}, \Phi_{I_i}$ – sáykes túrde $\Gamma_i + H$ tóplamnıń i – shı túyini kernewi; $\Gamma - \Gamma_i$ tóplamnıń i – shı túyiniń rekativ quwatlıǵı; L_p tóplamnıń i – shı shaqapshasında aktiv quwatlıq aǵımı; L_i tóplamnıń i – shı shaqapshasında tok boyınsha shegaralıq shártler buzılǵanda kiritilwshı járiyma funkciyaları.

Usı algoritmda (8.25) funkciyanı (8.17) shegaralıq shártlerdi esapqa alıp shártli minimallastırıw máselesi tómendegi Lagranj funkciyasın shártsiz minimallastırıw máselesine keltiriledi:

$$L = F + \sum_{i \in \tilde{A} + I} \lambda_i' W_i' + \sum_{i \in \tilde{A}_1 + I} \lambda_i'' W_i'' \quad (8.26)$$

Lagranj funkciyası L minimal mániske iye bolatuǵın noqatta barlıq belgisizler boyınsha jeke tuwındıların nolge teńlik shárti orınlanadı:

$$\begin{cases} \frac{\partial L}{\partial \lambda_i'} = W_i' = P_i - \bar{P}_i = 0; & i \in \tilde{A} + I, \\ \frac{\partial L}{\partial \lambda_i''} = W_i'' = Q_i - \bar{Q}_i = 0; & i \in \tilde{A}_1 + I, \end{cases} \quad (8.27)$$

$$\begin{cases} \frac{\partial L}{\partial \delta_i} = \frac{\partial F}{\partial \delta_i} + \sum_{j \in \tilde{A} + I} \lambda_j' \frac{\partial W_j'}{\partial \delta_i} + \sum_{j \in \tilde{A}_1 + I} \lambda_j'' \frac{\partial W_j''}{\partial \delta_i} = 0; & i \in \tilde{A} + I, \\ \frac{\partial L}{\partial U_i} = \frac{\partial F}{\partial U_i} + \sum_{j \in \tilde{A} + I} \lambda_j' \frac{\partial W_j'}{\partial U_i} + \sum_{j \in \tilde{A}_1 + I} \lambda_j'' \frac{\partial W_j''}{\partial U_i} = 0; & i \in \tilde{A}_1 + I, \end{cases} \quad (8.28)$$

$$\begin{cases} \frac{\partial L}{\partial K_T} = \frac{\partial F}{\partial K_T} + \sum_{j \in \tilde{A} + I} \lambda_j' \frac{\partial W_j'}{\partial K_T} + \sum_{j \in \tilde{A}_1 + I} \lambda_j'' \frac{\partial W_j''}{\partial K_T} = 0; & i \in T_K, \\ \frac{\partial L}{\partial K_T''} = \frac{\partial F}{\partial K_T''} + \sum_{j \in \tilde{A} + I} \lambda_j' \frac{\partial W_j'}{\partial K_T''} + \sum_{j \in \tilde{A}_1 + I} \lambda_j'' \frac{\partial W_j''}{\partial K_T''} = 0; & i \in T_K, \end{cases} \quad (8.29)$$

$$\frac{\partial L}{\partial U_i} = \frac{\partial F}{\partial U_i} + \sum_{j \in \tilde{A} + I} \lambda_j' \frac{\partial W_j'}{\partial U_i} + \sum_{j \in \tilde{A}_1 + I} \lambda_j'' \frac{\partial W_j''}{\partial U_i} = 0; \quad i \in \tilde{A} - \tilde{A}_1. \quad (8.30)$$

Ulıwma alǵanda, payda bolıwshı $4p + 2n_T - m$ teńleme hám belgisizlerden ibarat iymek sıızqlı teńlemeler sistemasın sheshiw barlıq belgisizler, sol atap aytqanda optimallastırılwshı parametrlardıń optimal mánislerin tabıw imkanın beredi. Biraq, quramalı elektr tarmaqları ushın bunday túrli masshtabtaǵı hám túrlishe fizikalıq tábiyatlı kóp sanlı belgisizlerge iye bolǵan másele sheshiw júdá quramalı esaplanadı.

Usı algoritm payda bolıwshı iymek sıızqlı teńlemeler sistemasın tórt sistema (8.27), (8.28), (8.29) hám (8.30) lǵa ajratıp, olardı izbe-iz túrde óz aldına sheshiwdi kózde tutadı. Bul teńlemeler sistemaların óz aldına sheshiwde qalǵan sistemalardıń parametrleri ózgerissiz qaldırıladı.

(8.27) teńlemeler sisteması ózinde anıǵıraq kóriniste tómendegishe súwretleniwshı túyin teńlemeleri sistemasın ańlatadı:

$$\begin{cases} W_i' = g_i U_i^2 - U_i \sum_{j \in J_i} U_j (g_j \cos \delta_j + b_j \sin \delta_j) - \bar{P}_i = 0, & i \in \tilde{A} + I, \\ W_i'' = -b_i U_i^2 - U_i \sum_{j \in J_i} U_j (g_j \sin \delta_j - b_j \sin \delta_j) - \bar{Q}_i = 0, & i \in \tilde{A}_1 + I. \end{cases} \quad (8.31)$$

Bul jerde $d_i, d_j - i$ hám j túyinler kernewleriniń faza múyeshleri; $g_{ij}, b_{ij}, g_{ij}, b_{ij} - i$ hám j túyinlerdiń kompleks jeke hám óz ara ótkiziwsheńlikleriniń haqıyqıy hám shama qurawshıları.

(8.31) teńlemeler sistemasın sheshiw Nyuton-Rafson usılında ámelge asırıldı.

Sońınan (8.28) daǵı jeke tuwındılardıń anıq mánislerinde payda bolıwshı sızıqlı algebralıq teńlemeler sisteması sheshiledi. Bunda

$$\pi = \sum_{i=0}^n P_i \quad \text{hám} \quad \frac{\partial W_j'}{\partial \delta_i} = \frac{\partial P_j}{\partial \delta_i}, \quad \frac{\partial W_j'}{\partial U_i} = \frac{\partial P_j}{\partial U_i}, \quad \frac{\partial W_j''}{\partial \delta_i} = \frac{\partial Q_j}{\partial \delta_i}, \quad \frac{\partial W_j''}{\partial U_i} = \frac{\partial Q_j}{\partial U_i}$$

ekenligin itibargá alıp, aldın bul sistemanı tómendegi kóriniste ańlatıw maqsetke muwapıq:

$$\begin{cases} \sum_{j \in \tilde{A}+I} \bar{\lambda}_j \cdot \frac{\partial P_j}{\partial \delta_i} + \sum_{j \in \tilde{A}_1+I} \lambda_j'' \cdot \frac{\partial Q_j}{\partial \delta_i} = -\frac{\partial P_o}{\partial \delta_i} - \frac{\partial \mathcal{O}}{\partial \delta_i}, & i \in \tilde{A}+I, \\ \sum_{j \in \tilde{A}+I} \bar{\lambda}_j \cdot \frac{\partial P_j}{\partial U_i} + \sum_{j \in \tilde{A}_1+I} \lambda_j'' \cdot \frac{\partial Q_j}{\partial U_i} = -\frac{\partial P_o}{\partial U_i} - \frac{\partial \mathcal{O}}{\partial U_i}, & i \in \tilde{A}_1+I. \end{cases} \quad (8.32)$$

Bul jerde $\bar{\lambda}_j = 1 + \lambda_j'$; P_o – balanslawshı túyinniń aktiv quwatlıǵı;

$$\frac{\partial \mathcal{O}}{\partial \delta_i} = \sum_{j \in \tilde{A}_1+I} \frac{\partial \mathcal{O}}{\partial \delta_i} \frac{\partial U_j}{\partial \delta_i} + \sum_{j \in \tilde{A}-\tilde{A}_1} \frac{\partial \mathcal{O}}{\partial \delta_i} \frac{\partial U_j}{\partial \delta_i} + \sum_{l \in \tilde{B}} \frac{\partial \mathcal{O}}{\partial \delta_i} \frac{\partial U_l}{\partial \delta_i} + \sum_{l \in L_j} \frac{\partial \mathcal{O}}{\partial \delta_i} \frac{\partial I_l}{\partial \delta_i};$$

$$\frac{\partial \mathcal{O}}{\partial U_i} = \sum_{j \in \tilde{A}_1+I} \frac{\partial \mathcal{O}}{\partial U_i} \frac{\partial U_j}{\partial U_i} + \sum_{j \in \tilde{A}-\tilde{A}_1} \frac{\partial \mathcal{O}}{\partial U_i} \frac{\partial U_j}{\partial U_i} + \sum_{l \in \tilde{B}} \frac{\partial \mathcal{O}}{\partial U_i} \frac{\partial U_l}{\partial U_i} + \sum_{l \in L_j} \frac{\partial \mathcal{O}}{\partial U_i} \frac{\partial I_l}{\partial U_i}.$$

Aqırǵı teńlemeler sistemasın sheshiw nátiyjesinde Lagranj kóbeytiwshileri $\lambda_j' (j \in \tilde{A}+I)$ hám $\lambda_j'' (j \in \tilde{A}_1+I)$ tabıladı.

i hám j túyinlerdi tutastırıwshı l -shı baqlanıwshı liniyada aktiv quwatlıq aǵımı hám tok tómendegishe ańlatıladı:

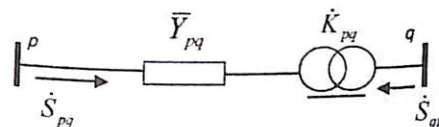
$$P_{i-j} = \text{Re}(\dot{S}_{i-j}) = \bar{g}_j U_i^2 - U_i U_j (\bar{g}_j \cos \delta_j + \bar{b}_j \sin \delta_j), \quad (8.33)$$

$$I_{i-j} = |I_j| = \frac{\bar{Y}_j}{\sqrt{3}} \sqrt{U_i^2 + U_j^2 - 2U_i U_j \cos \delta_j} \quad (8.34)$$

Bul jerde $\bar{g}_{ij}, \bar{b}_{ij}, \bar{Y}_{ij} - i-j$ shaqapshanın aktiv, reaktiv hám tolıq ótkiziwsheńlikleri.

Retleniwshi transformatorlardıń optimal kompleks transformaciyalaw koefficientleriniń haqıyqıy hám shama qurawshılarınıń hárbir iteraciyadaǵı mánislerin tabıw formulaları (8.29) shártten payda etiledi. Ulıwma aktiv quwatlıq ısırap bolıwınıń kompleks transformaciyalaw koefficientiniń qurawshıları boyınsha tuwındılardıń ańlatıw ushın transformatorlı shaqapsha $p-q$ 8.1-súwrette keltirilgen kóriniste súwretlenedi. Aktiv quwatlıq aǵımları P_{pq} hám P_{qp} shaqapshanın aktiv hám reaktiv ótkiziwsheńlikleri $\bar{g}_{pq}, \bar{b}_{pq}$; túyinlerdiń kernewleriniń moduli hám faza múyeshleri $U_p, U_q, \delta_p, \delta_q$ hám retleniwsheń transformatorlı kompleks transformaciyalaw koefficientiniń haqıyqıy hám shama qurawshıları K'_{pq} hám K''_{pq} arqalı ańlatamız. Elektr tarmaǵında ulıwma aktiv quwatlıq ısırap bolıwı barlıq túyinlerdiń aktiv quwatlıqların algebralıq jıyındı, túyinlerdiń quwatlıqları bolsa, óz gezeginde, olardan shıǵıwshı shaqapshalarda aǵıwshı quwatlıqlardıń algebralıq jıyındısı kórinisinde ańlatılǵanlıǵı sebepli aktiv quwatlıq ısırap bolıwınıń $p-q$ shaqapshadaǵı retleniwshi transformatorlı kompleks transformaciyalaw koefficientiniń haqıyqıy hám shama qurawshıları boyınsha tuwındıları tómendegishe ańqlanadı:

$$\frac{\partial \pi}{\partial K'_{pq}} = \frac{\partial P_{pq}}{\partial K'_{pq}} + \frac{\partial P_{qp}}{\partial K'_{pq}}; \quad \frac{\partial \pi}{\partial K''_{pq}} = \frac{\partial P_{pq}}{\partial K''_{pq}} + \frac{\partial P_{qp}}{\partial K''_{pq}}. \quad (8.35)$$



8.1-súwret. Retleniwshi transformator shaqapshasınıń súwretleniwı.

(2.15) shártlerden ayırım forma almastırıwlardan soń transformaciyalaw koefficientiniń haqıyqıy hám shama qurawshılarınıń optimal mánislerin tabıw formulaların payda etemiz:

$$K_{pq}' = \frac{\bar{\lambda}_p' U_p (\bar{g}_{pq} \cos \delta_{pq} + \bar{b}_{pq} \sin \delta_{pq}) + \bar{\lambda}_q' U_p (\bar{g}_{pq} \cos \delta_{qp} + \bar{b}_{pq} \sin \delta_{qp}) +}{2U_q (\bar{\lambda}_q' \bar{g}_{pq} - \bar{\lambda}_q'' \bar{b}_{pq})} \times \\ \times \frac{+\lambda_p'' U_p (\bar{g}_{pq} \sin \delta_{pq} - \bar{b}_{pq} \cos \delta_{pq}) + \lambda_q'' U_p (\bar{g}_{pq} \sin \delta_{qp} - \bar{b}_{pq} \cos \delta_{qp})}{(8.36)}$$

$$K_{pq}'' = \frac{\bar{\lambda}_p' U_p (\bar{g}_{pq} \sin \delta_{pq} - \bar{b}_{pq} \cos \delta_{pq}) + \bar{\lambda}_q' U_p (\bar{g}_{pq} \sin \delta_{qp} - \bar{b}_{pq} \cos \delta_{qp}) -}{2U_q (\bar{\lambda}_q' \bar{g}_{pq} - \bar{\lambda}_q'' \bar{b}_{pq})} \times \\ \times \frac{-\lambda_p'' U_p (\bar{g}_{pq} \cos \delta_{pq} + \bar{b}_{pq} \sin \delta_{pq}) + \lambda_q'' U_p (\bar{g}_{pq} \cos \delta_{qp} + \bar{b}_{pq} \sin \delta_{qp})}{(8.37)}$$

Solay etip, (8.36) hám (8.37) boyınsha transformaciyalaw koefficientiniń qurawshıların esaplawda teńliktiń oń tárepindegi belgisizler ornına olardıń (8.27) hám (8.28) teńlemeler sistemasın (8.32) ni esapqa alıp sheshiw nátiyjesinde payda bolǵan mánisleri qoyıladı.

Túyinlerdiń optimal kernewleri (8.30) sistemadaǵı teńlemelerden ápiwayı iteraciya algoritmi tiykarında payda etiletuǵın formulalar boyınsha tabıladı. Bunda esaplawlar kólemín kemeytiw ushın aldın (8.30) dı tómendegi kóriniste súwretlew maqsetke muwapıq:

$$\frac{\partial P_0}{\partial U_i} + \frac{\partial \emptyset}{\partial U_i} + \sum_{j \in A_i+I} \bar{\lambda}_j' \frac{\partial P_j}{\partial U_i} + \sum_{j \in A_i+I} \lambda_j'' \frac{\partial Q_j}{\partial U_i} = 0 \quad (8.38)$$

Aqırǵı sistemaǵa kırıwshi jeke tuwındılar ushın ańlatpalar tómendegi kórinislerge iye:

$$\frac{\partial P_i}{\partial U_i} = \begin{cases} 2g_i U_i - \sum_{i \in I_i} U_i (g_i \cos \delta_i + b_i \sin \delta_i) = g_i U_i - \frac{P_i}{U_i}, & t = j, \\ -U_j (g_j \cos \delta_j + b_j \sin \delta_j) & t = i, \\ 0, & t \neq i, j \end{cases} \quad (8.39)$$

$$\frac{\partial Q_i}{\partial U_i} = \begin{cases} -U_j (g_j \sin \delta_j - b_j \cos \delta_j) & t = i, \\ 0, & t \neq i, \end{cases} \quad (8.40)$$

$$\frac{\partial P_i}{\partial U_i} = \frac{\partial P_{i-j}}{\partial U_i} = \begin{cases} 2\bar{g}_j U_i - U_j (\bar{g}_j \cos \delta_j + \bar{b}_j \sin \delta_j) & t = i, \\ -U_i (\bar{g}_i \cos \delta_i + \bar{b}_i \sin \delta_i) & t = j, \\ 0, & t \neq i, j \end{cases} \quad (8.41)$$

$$\frac{\partial I_i}{\partial U_i} = \frac{\partial I_{i-j}}{\partial U_i} = \begin{cases} \frac{2\bar{Y}_j (U_i - U_j \cos \delta_j)}{\sqrt{3(U_i^2 + U_j^2 - 2U_i U_j \cos \delta_j)}}, & t = i, \\ \frac{2\bar{Y}_i (U_i - U_i \cos \delta_i)}{\sqrt{3(U_i^2 + U_i^2 - 2U_i U_i \cos \delta_i)}}, & t = j, \\ 0, & t \neq i, j \end{cases} \quad (8.42)$$

(8.30) shártten (8.38) di esapqa alıp, quramalı bolmaǵan ayırım forma almasırlardan soń reaktiv quwatlıǵı retleniwshi túyinlerdiń optimal kernewlerin tabıw formulasın payda etemiz:

$$U_i = \frac{\bar{\lambda}_i' \sum_{i \in I_i} U_i (g_i \cos \delta_i - b_i \sin \delta_i) + \sum_{i \in I_i} \bar{\lambda}_i' U_i (g_i \cos \delta_i - b_i \sin \delta_i) + \sum_{i \in I_i, i \neq 0} \lambda_i'' U_i (g_i \sin \delta_i + b_i \cos \delta_i)}{2\bar{\lambda}_i' g_i} \quad (8.43)$$

Bul jerde $I_i - t$ túyin menen tikkeley baylanısqań túyinler tóplamı. Eger túyin i aktiv quwatlıq aǵımı yaki tok baqlanatuǵın shaqapshanıń ushlarman biri, sonday-aq, olar bul túyin retlew diapazonı sheklengen reaktiv quwatlıq dereǵine iye bolǵan túyin menen tikkeley baylanısqań bolsa, ol jaǵdayda (8.33) formulaniń alımı hám bólimine bul shegaralıq shártlerdi esapqa alıwshı járiyma funkciyalarınan da tuwındılar qosıladı. Iteraciya procesiniń jaqınlasıw isenimligin asırıw hám onı tezletiw ushın hár bir adında transformaciyalaw koefficienti qurawshılarınıń (8.36) hám (8.37) hám de túyin kernewiniń (8.43) formulalar boyınsha tabılǵan mánislerin tómendegi formulalar boyınsha korrekciyalaw zárúr:

$$K_{pq, kor}^{(k+1)} = K_{pq, kor}^{(k)} + h_{pq}^{(k+1)} (K_{pq}^{(k+1)} - K_{pq, kor}^{(k)}), \quad (8.44)$$

$$K_{pq, kor}^{(k+1)} = K_{pq, kor}^{(k)} + h_{pq}^{(k+1)} (K_{pq}^{(k+1)} - K_{pq, kor}^{(k)}) \quad (8.45)$$

$$U_{t,kor}^{(k+1)} = U_{t,kor}^{(k)} + h_t^{(k+1)} (U_t^{(k+1)} - U_{t,kor}^{(k)}), \quad (8.46)$$

Bul jerde $h_{pq}^{(k+1)}$, $h_{pq}^{(k+1)}$, $h_t^{(k+1)}$ – sáykes parametrlar boyınsha iteraciya procesin tezlestiriwshi koefficient bolıp, olardıń baslanğısh mánisleri usı sıyaqlı máseleni sheshiw tájiriýbeleri tiykarında tańlanıp, keyingi iteraciyalarda procestiń barıwına sáykes túrde qayta esaplanadı. Qayta esaplaw, máselen, túyinniń kernewin korrekciyalawda tómendegi shárt boyınsha ámelge asırıladı:

$$h_t^{(k+1)} = \begin{cases} \mu_1 h_t^{(k)} & \text{agar } \Delta U_t^{(k+1)} \cdot \Delta U_t^{(k)} < 0, \\ \mu_2 h_t^{(k)} & \text{agar } \Delta U_t^{(k+1)} \cdot \Delta U_t^{(k)} > 0. \end{cases} \quad (8.47)$$

Bul jerde $\Delta U_t^{(k+1)} = U_t^{(k+1)} - U_{t,kor}^{(k)}$, $\Delta U_t^{(k)} = U_t^{(k)} - U_{t,kor}^{(k-1)}$; μ_1, μ_2 – turaqlı kóbeytiwshiler bolıp, olardıń mánisleri $\mu_1 > 1$, $0 < \mu_2 < 1$ aralıqta esaplaw tájiriýbeleri tiykarında qabıllanadı.

$h_{pq}^{(k+1)}$, $h_{pq}^{(k+1)}$ lerdiń mánisleri de hárbir iteraciya (8.47) sıyaqlı shárt boyınsha qayta esaplanadı.

Solay etip, usı algoritm boyınsha esaplaw tártibi tómendegishe:

1. Elektr tarmağınıń turaqlı jaǵdayı esaplanadı. Bunda erkin jaǵday parametrleriniń mánisleri elektr tarmaǵın isletiw tájiriýbelerinen paydalanıp qabıllanadı. Máselen, olardıń ótken sutkalardıń sáykes saatlarındagı optimal mánisleri qabıllanıwı múmkin.

2. Optimallaw adımı ámelge asırıladı. Natiyjede erkin jaǵday parametrleriniń mánisleri korrekciyalanadı, yaǵnıy retleniwshi transformatorlardıń transformaciyalaw koefficientleri hám reaktiv quwatlıǵı retleniwshi túyinlerdiń kernewleriniń mánisleri tarmaq jaǵdayın ruqsat etilgen tarawǵa kirgiziw hám aktiv quwatlıq ısırap bolıwın kemeytiw baǵdarında ózgertiledi. Jeke hám óz ara ótkiziwshenlikler matricasınıń retleniwshi transformaciyalaw koefficientleri menen baylanıslı bolǵan elementleri korrekciyalanadı.

3. Jaǵday parametrleriniń 2-punktin orınlaw nátiyjesinde payda bolǵan mánislerinde elektr tarmağınıń turaqlı jaǵdayı esaplanadı.

4. Optimallıq shártiniń orınlanıwı – barlıq shegaralıq shártlerdiń orınlanǵan jaǵdayında ulıwma aktiv quwatlıq ısırap bolıwı ózgeriwiniń júdá kemligi tekseriledi.

Aqırǵı shárt orınlanǵan jaǵdayda esaplaw procesi toqtatıladı hám aqırǵı iteraciya payda bolǵan nátiyje optimal nátiyje sıpatında qabıllanadı. Keri jaǵdayda gezektegi iteraciya (adım) 2-punktten baslap joqarıdaǵı tártipte ámelge asırıladı.

Usı algoritm elektr tarmaqlarınıń jaǵdayların retleniwshi transformatorlardıń transformaciyalaw koefficientleri hám reaktiv quwatlıǵı retleniwshi túyinlerdiń kernewleri boyınsha óz aldına optimallaw ushın da ańsat ulıwmalastırıladı. Máselen, tek transformaciyalaw koefficientleri boyınsha optimallawda máseleniń matematikalıq ańlatpasında retleniwshi túyin kernewi menen baylanıslı bolǵan shegaralıq shártler hám hárbir iteraciya teńlemeler sistemasındaǵı (8.30) teńlemeler joǵaladı. Buǵan sáykes jaǵdayda (8.43) hám (8.46) formulalar boyınsha kernewler esaplanbaydı.

Tek túyin kernewleri boyınsha optimallawda bolsa, kerisinshe, máseleniń matematikalıq ańlatpasında retleniwshi transformaciyalaw koefficientleri menen baylanıslı bolǵan shegaralıq shártler hám hárbir iteraciya teńlemeler sistemasındaǵı (8.29) teńlemeler joǵaladı. Buǵan sáykes jaǵdayda (8.36), (8.37), (8.44), (8.45) formulalar boyınsha transformaciyalaw koefficientleri esaplanbaydı.

8.5. Bólistiriliwshi elektr tarmaqlarında ısıraplardı kemeytiw sharaları

Elektr tarmaqlarınıń jaǵdayların optimallawdıń joqarıda kórip ótilgen usılları, tiykarınan, támiyinlewshi elektr tarmaqları ushın qollanılardı. Sebebi, bugungi kúnde transformaciyalaw koefficientleri júkleme astında retlenetuǵın transformatorlar hám de reaktiv quwatlıǵı retlep turılıwı múmkin bolǵan derekler, támiyinlewshi elektr tarmaqlarda bar.

Bólistiriwshi elektr tarmaqlarınıń jaǵdayların optimallaw, ádette, olarda ısıraplardı kemeytiw sharaların qollawdan ibarat.

Elektr tarmaqları jaǵdayların ekonomikalıq jaqtan optimallaw, yaǵnıy olardaǵı ısıraplardı kemeytiw janılgını únemlewdiń áhmiyetli derekleriniń biri esaplanadı.

Elektr energiya ısırapların analizlewde ısırap tómendegi túrlerge ajratıladı:

- ısıraptıń esabat mánisi;
- ısıraptıń esaplıq yaqı texnikalıq mánisi;
- hákımshilik ısıraplar.

Elektr energiya ısırap bolıwın kemeytiw ushın kóplesh sharalar islep shıǵılǵan bolıp, olardan eń optimalın tańlaw máselesi quramalı bolǵanlıǵı ushın olardı klassifikaciyalaw, yaǵnıy túrlerge ajratıwǵa mıtájlik payda etti. Bunday sharalar tiykarınan úsh toparǵa bólinedi: shólkemlestirilgen, texnikalıq hám elektr energiya esaplıq hám texnikalıq esapqa alıw sistemaların jetilistiriw sharaları.

Shólkemlestirilgen sharalardı engiziw heshqanday qosımsha kapital qarjılardı talap etpeydi. Texnikalıq sharalar bolsa kapital qarjılardı talap etedi.

Jabıq konturlardıń bir tekli emesligin kemeytiw. Elektr tutınıwshılardıń isenimli támiyinlew maqsetinde jabıq tarmaqlardan paydalanıladı. Bunnan basqa jabıq tarmaqlardan paydalanılǵanda, ısıraplardı ashıq tarmaqlardaǵıǵa salıstırǵanda kemeytiw imkanıyatları payda bolıwı múmkin.

Jabıq tarmaq bir jınıslı bolǵanda olardan tutınıwshılardıǵa quwatlıq uzatıw eń kem ısıraplarda ámelge asadı. Bunday tarmaqlar konturda qurawshı shaqapshalardıń aktiv hám reaktiv qarsılıqlarınıń qatnasları bir qıylılıǵı menen xarakterlenedi, yaǵnıy

$$\frac{x_i}{r_i} = \text{const}$$

Bir jinsli bolmaǵan jabıq elektr tarmaqlarda konturda qurawshı shaqapshalardıń qarsılıqları qatnasları túrlishe. Bunday tarmaqlarda quwatlıqlardıń tábiyyıy bólistiriliwi tolıq qarsılıq $z = r + jx$ boyınsha ámelge asadı.

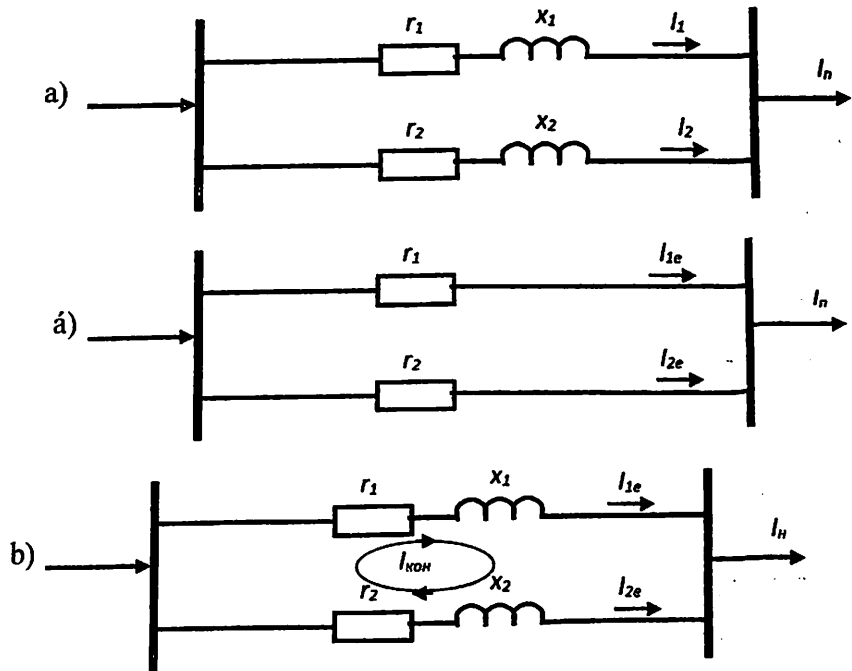
Jabıq tarmaqta quwatlıqtıń ısırap bolıwı eń kem bolıw jaǵdayına sáykes keliwshi ekonomikalıq bólistiriliwi onı tek aktiv qarsılıq boyınsha bólistiriliwi menen bir qıylı boladı.

Bir tekli bolmaǵan jabıq elektr tarmaqta quwatlıqlar aǵımınıń ekonomikalıq bólistiriw imkanıyatların úyreniw ushın bir konturlı jabıq tarmaqtı kórip ótemiz (8.2a-súwret).

Sxemalarda kórsetilgen I_1, I_2, I_{1e}, I_{2e} toklar konturda quwatlıqlar tábiyyıy hám ekonomikalıq bólistirilgen jaǵdaylarǵa sáykes kelip, usı tarmaq ushın olardıń mánisleri Kirxgoftıń birinshi hám ekinshi nızamlarınan paydalanıp, tómendegishe esaplanıwı múmkin:

$$I_1 = I_t \cdot \frac{r_2 + jx_2}{r_1 + r_2 + j(x_1 + x_2)}, \quad I_2 = I_t \cdot \frac{r_1 + jx_1}{r_1 + r_2 + j(x_1 + x_2)},$$

$$I_{1e} = I_t \cdot \frac{r_2}{r_1 + r_2}, \quad \dots \quad I_{2e} = I_t \cdot \frac{r_1}{r_1 + r_2}.$$



8.2-súwret. Jabıq elektr tarmaǵında toktıń tábiyyıy hám ekonomikalıq bólistiriliwi.

a – konturda toktıń tábiyyıy bólistiriliwi; á – tek aktiv qarsılıqqa iye bolǵan konturda toktıń tábiyyıy hám ekonomikalıq bólistiriliwi; b – bir jınıslı bolmaǵan konturda toktıń májbúriy túrde ekonomikalıq bólistiriliwi.

Eger 8.2a-súwrette súwretlengen konturda tarmaqtıń bir tekli bolmaǵanlıǵı sebepli teńlestiriwshi tok I_{kon} aǵadı dep esaplasaǵ (8.2 b-súwret), ol jaǵdayda tábiyiy hám ekonomikalıq bólistiriliw jaǵdayları ushın toklar tómendegi ańlatpalar menen baylanısqa:

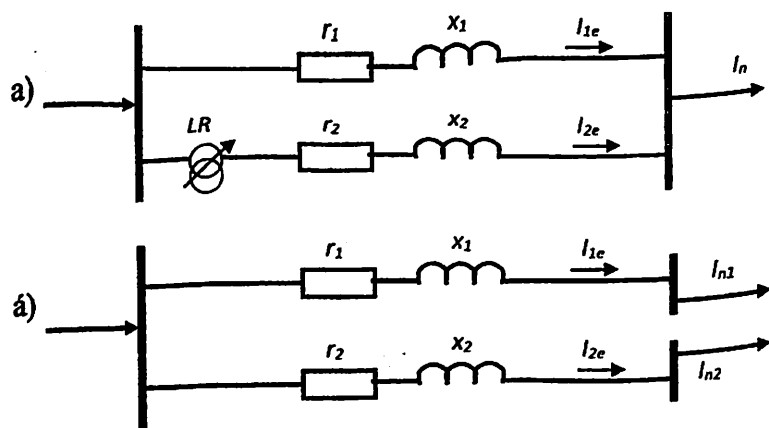
$$I_1 = I_{1e} + I_{kon}; \quad I_2 = I_{2e} - I_{kon}.$$

Solay etip, jabıq elektr tarmaqlarda quwatlıq ısırap bolıwın minimallaw ushın olarda teńlestiriwshi toklardı nolge keltiriw lazım. Bul tarmaqtıń bir tekli emesligin kemeytiw yaqı teńlestiriwshi toklardı kompensaciyalaw arqalı ámelge asırıladı.

Tarmaqtıń bir tekli emesligin kemeytiw ótkizgishlerdiń kese-kesim maydanların ózgeritiw hám boyǵa kompensaciyalawshı qurılma (BKQ) jalǵaw arqalı ámelge asırılıwı múmkin.

Teńlestiriwshi kontur tokların kompensaciyalaw eki jol menen ámelge asırılıwı múmkin:

- 1) kompensaciyalawshı teńlestiriwshi toklardı payda etiw arqalı (konturda quwatlıq aǵımın retlew);
- 2) teńlestiriwshi toklardıń jolın úziw arqalı (tarmaq konturların ashıw arqalı) (8.3 á-súwret).



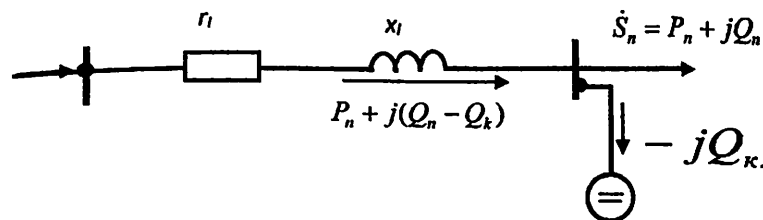
8.3- súwret. Jabıq elektr tarmaǵında ekonomikalıq toktı támiyinlew sharaları.
a – liniya retlegishleri járdeminde EQK payda qılıw arqalı sáykes toklardı támiyinlew; á – tarmaq konturın ashıw arqalı ekonomikalıq toklardı támiyinlew.

Kompensaciyalawshı teńlestiriwshi toklardı payda qılıw konturlarǵa qosımsha EQK kirgiziw arqalı ámelge asırıladı. Óz gezeginde qosımsha EQK liniya retlegishleri esabına, yaǵnıy kernewdi bóylama-kese retlew yaqı teń salmaqlaspaǵan transformaciyalaw koefficientleri esabınan payda etiledi (8.3a-súwret).

Támiyinlewshi elektr tarmaqlarda qosımsha EQKtıń mánisin yaqı konturdı ashıw noqatın anıqlaw ushın onıń jaǵdayın optimallaw máselesi sheshiledi. Bunıń ushın joqarıda keltirilgen optimallaw algoritmlerinen paydalanıw nátiyjeli.

8.6. Bólistiriwshi elektr tarmaqlarında ısıraplardı reaktiv quwatlıqtı kompensaciyalaw arqalı minimallastırıw

Bólistiriwshi elektr tarmaqlar támiyinlewshi tarmaqlardan parıqlı túrde hámme waqıt ashıq jaǵdayda isleydi. Sol sebepli olardıń jaǵdayların ekonomikalıq jaqtan optimallaw, yaǵnıy olarda ısıraptı kemeytiwdiń eń nátiyjeli hám keń paydalanıwshı usılı reaktiv quwatlıqtı kompensaciyalawǵa tiykarlangan. Usı usıl boyınsha ısıraptı kemeytiw imkanıyatları menen sxeması 8.4-súwrette keltirilgen bir liniyadan ibarat bolǵan tarmaq mısasında tanısamız.



8.4- súwret. Elektr tarmaǵında reaktiv quwatlıqtı kompensaciyalaw.

Bizge belgili, reaktiv quwatlıǵı kompensaciyalanbaǵan liniyada aktiv quwatlıq ısırap bolıwı tómendegishe anıqlanadı:

$$\Delta P = \frac{P_j^2 + Q_j^2}{U_n^2} \cdot r_l$$

Liniyanıń aqırında jalǵanǵan tutınıwshılardıń janında kompensaciyalawshı qurılma jalǵanǵannan soń júklemenin ulıwma (kompensator menen birge esaplanǵanda) aktiv quwatlıq koefficienti $\cos\varphi$ asadı hám liniyadaǵı aktiv quwatlıq ısırap bolıwı kemeyedi:

$$\Delta P = \frac{P_j^2 + (Q_j - Q_k)^2}{U_n^2} \cdot r_l$$

Kompensatordıń tarmaqtaǵı quwatlıq ısırap bolıwın eń kem bolıwın támiyinlewshi optimal quwatlıqtı ısırap funkciyası minimumlıǵınıń zárúrli shárti, yaǵnıy ol boyınsha jeke tuwındınıń nolge teńliginen paydalanıp tabıw qolaylı esaplanadı:

$$\frac{\partial \Delta P}{\partial Q_k} = -\frac{2(Q_j - Q_k)}{U_n^2} \cdot r_l = 0.$$

Solay etip, kórilip atırǵan tarmaq ushın $Q_{kpl} = Q$. Demek, usı jaǵdayda júklemenin reaktiv quwatlıǵı kompensator járdeminde tolıq kompensaciyalanǵanda (liniya arqalı tutınıwshıǵa tek aktiv quwatlıq uzatılǵanda) tarmaqtaǵı aktiv quwatlıq ısırap bolıwı minimal boladı.

Baqlaw sorawları

1. Elektr energetika sistemasınıń jaǵdayın kompleks optimallaw qanday parametrler boyınsha optimallawdı názerde tutadı?
2. Elektr energetika sistemasınıń jaǵdayın kompleks optimallaw máselesin matematikalıq kórinisin ańlatıń.
3. Ne sebepten elektr energetika sistemasınıń jaǵdayın kompleks optimallaw máselesi óz aldına máselelerge ajratıp sheshiledi?
4. Elektr tarmaǵınıń jaǵdayın optimallaw máselesi elektr energetika sistemasınıń jaǵdayın kompleks optimallaw máselesinen ne menen parıqlanadı?
5. Elektr tarmaqlarınıń jaǵdayların keltirilgen gradient usılında optimallaw algoritminin mánisin túsindirin. Onıń abzallıq hám kemshilikleri nelerden ibarat?
6. Elektr tarmaqlarınıń jaǵdayların gradient usılında optimallaw algoritminin mánisin túsindirin. Onıń abzallıq hám kemshilikleri nelerden ibarat?
7. Gradient hám keltirilgen gradient usıllarınıń ayırmashılıǵı neden ibarat?

8. Elektr tarmaqlarınıń jaǵdayların túyin kernewleri boyınsha optimallaw algoritminin mánisin túsindirin.
9. Elektr tarmaqlarınıń jaǵdayların transformatorlardıń transformaciyalaw koefficientleri boyınsha optimallaw algoritminin mánisin túsindirin.
10. Elektr tarmaq jaǵdayın optimallaw máselesi matematikalıq kóriniste qanday súwretlenedi?
11. Elektr tarmaqtıń jaǵdayın optimallaw qanday parametrler boyınsha optimallawdı názerde tutadı? Ne sebepten ol sonday ataladı?
12. Elektr tarmaq jaǵdayın optimallaw máselesinde maqset funkciyası ádette qanday kóriniste boladı?
13. Elektr tarmaq jaǵdayın optimallaw máselesinde shegaralıq shártler qanday esapqa alınadı?
14. Elektr tarmaq jaǵdayın optimallaw máselesin sheshiwde Lagranj funkciyası qanday kóriniste dúziledi?
15. Bólistiriwshi elektr tarmaqlarınıń xarakterli ózine tánlikleri nelerden ibarat?
16. Bólistiriwshi tarmaq jaǵdayın reaktiv quwatlıq boyınsha optimallaw qanday shártten paydalanıp ámelge asırıladı?
17. Ne sebepten bólistiriwshi tarmaq jaǵdayın transformatordıń transformaciyalaw koefficienti boyınsha optimallaw máselesi onsha áhmiyetli emes?
18. Bólistiriwshi elektr tarmaqlarında reaktiv quwatlıq boyınsha ısıraptıń minimalıq shárti qanday?
19. Bólistiriwshi elektr tarmaqlarında reaktiv quwatlıqtıń ısıraptı minimal bolıwın támiyinlewshi mánisi qanday tabıladı?

GLOSSARIY

Avtomatlastırılğan basqarıw sisteması (ABS) – mäseleni qoyıw hám tiykarǵı qarardı qabıl etiw ushın zárúr bolğan maǵlıwmattı qayta islew arnawlı qurılımlar kompleksi – EEM, telemexanika, baylanıs hám basqa qurallar tárepinen orınlanıwshı adam-mashina sisteması.

Basqarıw – sistema yaki obyektin jaǵdayın anıqlanğan kóriniske oǵan tásir etiw arqalı ózgertiw.

Birden-bir energetika sisteması – pútkil mámleket yaki onıń úlken bólimin qamrap alǵan energetika sistemaların birlespesi.

Elektr sisteması – energetika sistemasının elektr bólimi.

Elektr támiynatı sisteması – ulıwma islep shıǵarıw procesi menen birlesken elektr sistema elementleriniń elektr tarmaqları, olardı támiyinleytuǵın derekler, elektr tutınıwshıları hám de olarǵa tiyisli basqarıw hám retlew quralları jıyındısı.

Elektr tarmaǵı – elektr energetika sistemasının bir bólimi.

Elektr tarmaǵının maksimal (minimal) jumıs jaǵdayı – elektr tarmaǵının ulıwma júklemesi eń úlken (eń kishi) bolǵan waqıttaǵı jumıs jaǵdayı.

Energetika sisteması – energiyanı islep shıǵarıw, ózgertiriw, uzatıw hám bólistiriw procesi menen óz ara baylanısqa elektr stanciyaları, podstanciyaları, elektr uzatıw liniyaları, elektr hám jıllılıq energiya tutınıwshıları kompleksi.

Energetika sistemasının hal parametri- energetika sistemasının belgili bir waqıttaǵı jaǵdayın kórsetiwshi shama (mäselen: quwatlıq, tok, kernew, jiyilik hám t.b.).

Energetika sistemasının jalǵanıwlar sxeması – energetika sistemasındaǵı elektr stanciyaları, elektr energiyanı ózgertiw, bólistiriw hám

paydalanıw oraylarınıń óz ara jalǵanıwların sızılma kórinisinde súwretleniwi.

Energetika sistemasının jumıs jaǵdayları – energetika sistemasının belgili waqıt dawamında anıq shártler hám muǵdarlar menen xarakterleniwshi jumıs jaǵdayı.

Energetika sistemasının maksimal júklemeli jaǵdayı – baqlanıw atırǵan waqıt aralıǵında energetika sistemasının ulıwma júklemesi eń úlken bolǵan waqıttaǵı normal jumıs jaǵdayı.

Energetika sistemasının normadaǵı jumıs jaǵdayı – energetika sistemasının avariyasız hám elektr energiyasınıń sapa kórsetkishleri normada bolǵandaǵı jumıs jaǵdayı.

Energetika sistemasının optimal jumıs jaǵdayı – energetika sistemasının ruqsat etilgen jumıs jaǵdayları arasında qabıl qılınǵan kriteriyalar boyınsha eń jaqsısı.

Energetika sistemasının parametri – energetika sistemasın táriypleytuǵın hám jumıs jaǵdayı parametrlerin óz ara baylanıstratuǵın shama (mäselen: aktiv hám reaktiv qarsılıqlar, ótkiziwsheńlikler hám t.b.).

Energetika sistemasının shegaralıq jumıs jaǵdayı – jaǵday parametrleriniń ózgeriwi sebepli sistemanın turaqlılıqtan shıǵıw shegaralıq jaǵdayı.

Energetika sistemasının strukturası – energetika sistemasın qurawshı elementlerdin quramı hám olardı bir-birine baylanıslılıǵın hám de sistemanın quramına kiriwshi elektr stanciyalar, túrli agregatlar quwatlıqlarınıń óz ara qatnasınıń kórsetiliwi.

Energetika sistemasının jaǵdayın optimallaw – retleniwshi parametrlerdı energetika sistemasının qabıl qılınǵan barlıq kriteriyaları boyınsha eń jaqsı jumıs jaǵdayın támiyinleytuǵın mánislerin anıqlaw.

Funkciyanı approksimaciyalaw – dáslepki funktsional baylanıstı paydalanıw ushın qolay bolǵan basqa funkciya menen almasıw.

Janılǵı sarplanıwı – birlik waqıt dawamında (mäselen, bir saat dawamında) sarplanıwshı janılǵı muǵdarı.

Janılgı sarplanıwı xarakteristikası – bir saat dawamında sarplanıwshı janılgı muǵdarınıń aktiv quwatlıqqa baylanısın kórsetiwshı funkciya.

Janılgı sarplanıwınıń salıstırmalı ósiwi – aktiv quwatlıq birlik muǵdarga asqanda janılgı sarplanıwınıń ózgeriw muǵdarı.

Janılgınıń salıstırmalı sarplanıwı – islep shıǵarıwshı birlik elektr energiya muǵdarına tuwrı keliwshı janılgı sarplanıwı.

Jasalma sistema – insan tárepinen bazı bir maqsette qalıplestirilgen sistema.

Kadr támiynatı sisteması – basshı hám xızmet kórsetiw xızmetkerleri shtatı hám de olardıń tájiriyesin asırıw boyınsha turaqlı iskerlik kórsetiwshı sisteması.

Kriteriya – belgili bir mäseleniń sheshimi qoyılǵan maqsetke qanshelli sáykes keliwi hám yaqınlıǵın belgilewshı kórsetkish.

Maqset funkciyası – kriteriyanıń matematikalıq kórinistegi ańlatpası.

Matematikahq model – mäseleniń matematikalıq ańlatpası.

Matematikahq modellestiriw – mäseleniń yaki onı sheshiw procesin matematikalıq ańlatpasın dúziw.

Matematikahq támiynat sisteması – basqarıw mäselerin sheshiw algoritmleri hám EEMda esaplaw ushın sáykes baǵdarlamalar kompleksi.

Podstanciyanıń esaplıq júklemesi – túyindegı páseytiriwshı podstanciyanıń tómén hám orta tárepindegi júkemeler hám de transformatorlardagı quwatlıq ısırap bolıwı jıyındısınan ibarat bolǵan júkleme.

Retleniwshı parametr – energetika sistemasınıń jaǵdayın ózgeritiw ushın retlew imkanıyatı bar bolǵan ózgermeli parametr (mäselen: aktiv hám reaktiv quwatlıq, transformaciyalaw koefficientleri hám t.b.).

Retlew – ózgermeli parametrdiń mánisin (yaki úskeneniń jaǵdayın) anıqlanǵan muǵdarga (yaki jaǵdayǵa) sáykeslestiriw.

Tábiyiy sistema – insońa baylanıslı bolmaǵan jaǵdayda tabiiy túrde qalıplesken sistema.

Texnikahq támiynat sisteması – informaciyalıq-esaplaw sisteması (sırtqı telemexanika hám baylanıs úskeneleri menen birgelikte).

Shegaralıq shárt – sistemaniń normal jumıs jaǵdayları tarawın belgilewshı kórsetkish.

Shólkemlestirilgen támiynat sisteması – ABS shólkemlestirilgen strukturasınıń qalıplesiw qaǵıydası, ABSniń óz aldına shólkemlestirilgen bólimleriniń huquqları, wazıypaları hám mäselerleri haqqında qaǵıydalar, adamlar hám EEMniń óz ara iskerlik kórsetiw qaǵıydaları hám normaları.

PAYDALANILGAN ADEBIYATLAR

1. Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегияси тўғрисида. – Т.: ЎзР Президентининг 2017 йил 7 феврал ПФ-4947-сон Фармони.

2. Мирзиёев Ш.М. Буюк келажакимизни мард ва олижаноб халқимиз билан бирга қурамиз. – Т.: «Ўзбекистон» НМИУ, 2017. – 488 б.

3. Автоматизация диспетчерского управления в электроэнергетике/Под общ. ред. Ю.Н.Руденко и В.А.Семенова. – М.: Издательство МЭИ, 2000.

4. Алябышева Т.М., Моржин Ю.И., Протопопова Т.Н., Цветков Е.В. О методах оптимизации режимов энергосистем и энергообъединений// Электрические станции. – Москва, 2005. – №1 – С. 44-49.

5. Баринов В.А., Мамиконянц Л.Г., Строев В.А. Развитие математических моделей и методов для решения задач управления режимами работы и развития энергосистем// Электричество. – Москва, 2005. – №7. – С. 8-21.

6. Бартоломей П.И., Егоров А.О., Машалов Е.В., Паздерин А.В. Решение комплексной задачи распределения электроэнергии в энергосистеме// Электричество. – Москва, 2007. – №2. – С. 8-13.

7. Воропай Н.И., Труфанов В.В. Математическое моделирование развития электроэнергетических систем в современных условиях//Электричество. 2000. № 10. С. 6-12.

8. Гайибов Т.Ш. Методы и алгоритмы оптимизации режимов электроэнергетических систем. – Т.: Изд. ТашГТУ, 2014.

9. Гайибов Т.Ш. Оптимизация режимов электрических сетей по напряжениям узлов с источниками реактивной мощности. – Вестник ТашГТУ, 2005, №3, с.58-61

10. Гайибов Т.Ш., Реймов К.М. К учету потерь в сетях при оптимизации режимов энергосистем. // Вестник филиала АН РУз. Нукус. 2014. №2. с. 26-28.

11. Gayibov T.Sh., Reymov K.M. Taking into account the Power Losses in Optimization of Modes of Power Systems. //International Electrical Engineering Journal Vol. 7 (2016) No.2, pp. 2156-2160. ISSN 2078-2365.

12. Gayibov T.Sh., Reymov K.M. Optimal planning of short-term modes of power systems with control of loads of electric consumers and taking into account of network factor// Scientific journal «European Science review». Austria, Vienna, 2017. - №9-10 September-October. PP. 86-91. ISSN 2310-5577.

13. Elektr tarmoqlari ham sistemalari. Misal ham maseler toplanmi. Oqiw qollanba. /T.Sh.Gayibov., K.M.Reymov., G.M.Turmanova., A.M.Najimova. –Toshkent: «O'zbekiston faylasuflari milliy jamiyati» nashriyoti, 2019-176 b.

14. Molderink, A. Management and control of domestic smart grid technology / A. Molderink, V. Bakker, M.G.C. Bosman, J.L. Hurink, G.J.M. Smit// IEEE Trans.Smart Grid. – 2010. – №2. – pp.109-119.

15. Насыров Т.Х., Гайибов Т.Ш. Теоретические основы оптимизации режимов энергосистем. – Т.: «Фан ва технология», 2014, 184 стр.

16. Трофимов А.В. Основы организации микропроцессорных автоматизированных систем управления технологическими процессами электроустановок: учебное пособие / А.В. Трофимов, А.М. Поляков. – М.: Издательство МЭИ, 2015. – 128 с.

17. Фазылов Х.Ф., Насыров Т.Х. Установившиеся режимы электроэнергетических систем и их оптимизация. — Т.: Молия, 1999.

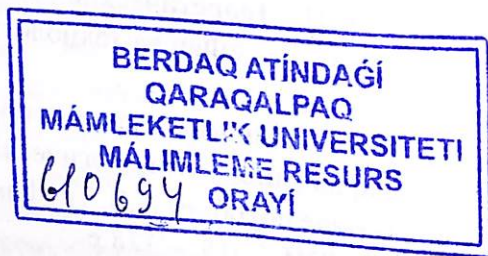
18. Эффективность суточного регулирования нагрузки на рынке электроэнергии. Карпов И.В., Обоскалов В.П., Паниковская Т.Ю. Электрические станции. 2013. № 6 (983). С. 31-35.

<http://www.energsovet.ru/stat696.html>

<http://www.regimov.net>

<http://www.ZiyoNet.uz>

<http://www.matlab.exponenta.ru>



MAZMUNI

Kirisiw.....	3
--------------	---

1. Avtomatlastırılğan basqarıw sistemaları haqqında ulıwma maǵlıwmatlar

1.1. Avtomatlastırılğan basqarıw sistemaları hám olardıń strukturaları	8
1.2. ABSnıń wazıypaları. Basqarıw esaplaw mashinalarınıń strukturası hám basqarıw jaǵdayı.....	11
1.3. Energetika sistemasında avtomatlastırılğan dispetcherlik basqarıwın shólkemlestiriw tiykarları	13

2. Elektr energetika sistemaları hám olardıń jaǵdayları haqqında ulıwma maǵlıwmatlar

2.1. Tiykargı túsiniq hám anıqlamalar.....	16
2.2. Elektr energetika sistemalarınń júkleme grafikleri	20
2.3. Elektr energetika sistemasında quwatlıq hám energiya balansı.....	23
2.4. Elektr energetika sistemalarında quwatlıq rezervleri	25
2.5. Elektr energetika sistemasınıń dispetcherlik basqarıwı.....	26

3. Energetikada avtomatlastırılğan basqarıw sisteması

3.1. Energetikada avtomatlastırılğan basqarıw sistemasınıń shólkemlestiriw metodu	30
3.2. Energetikada ABSnıń strukturası.....	33
3.3. Elektr hám jılılıq energiyasın islep shıǵarıw, bólistiriw hám satıwdı avtomatlastırılğan basqarıw sistemalarınń strukturası.....	38
3.4 Elektr stanciyalarında avtomatlastırılğan basqarıw sistemaları	39

3.5. Jıllılıq elektr stanciyasınıń avtomatlastırılğan basqarıw sisteması.....	42
3.6. Gidroelektr stanciyasınıń avtomatlastırılğan basqarıw sisteması.....	45
3.7. Intellekтуал электрон uskunalar bazasındaǵı avtomatlastırılğan basqarıw sisteması.....	47
3.8. Podstanciyaların mikroprosessorlı avtomatlastırılğan basqarıw sisteması.....	51

4. Avtomatlastırılğan dispatcherlik basqarıw sisteması

4.1. Dispatcherlik basqarıw sistemasında paydalanıwshı maǵlıwmatlar.....	54
4.2. ADBSniń ulıwma xarakteristikaları hám tiykarǵı máseleleri.....	55
4.3. ADBSda paydalanıwshı xabarlar.....	60
4.4. ADBSniń tiykarǵı teoriyalıq hám metodikalıq máseleleri. Basqarıw máselelerin sheshiw usılları hám algoritmlerige qoyılıwshı talaplar.....	63
4.5. ADBSniń operativ xabarlı-basqarıw kompleksi. Xabardı jıynaw hám uzatıw tarmaǵı.....	64
4.6. ADBS operativ xabarlı-basqarıw kompleksiniń texnikalıq quralları.....	67

5. Energetika sisteması jaǵdayın tarmaqtaǵı ısırapları esapqa almastan optimallaw

5.1. Energetika sisteması júklemesin jıllılıq elektr stanciyaları ortasında optimal bólistiriw.....	74
5.2. Energetika sistemasınıń júkleme grafigin JES hám GES járdeminde optimal qaplaw.....	79
5.3. Energetika sistemasınıń júkleme grafigin kóplep JES hám GESlar járdeminde optimal qaplaw.....	82
5.4. Quramında JES hám GES bolǵan energetika sistemaların jaǵdayların optimallawda λ koefficientin anıqlaw.....	86
5.5. Energetika sistemaların jaǵdayların optimallawda shegaralıq shártlerdi esapqa alıw.....	89
5.6. Energetika sistemaların jaǵdayların túrli usıllarda optimallawda shegaralıq shártlerdi esapqa alıw.....	90

5.6.1. Energetika sistemaların jaǵdayların salıstırma ósiwlerdiń teńiligi usılinda optimallawda funktsional shegaralıq shártlerdi esapqa alıw.....	92
5.6.2. Energetika sistemasınıń jaǵdayın gradient usılinda optimallawda shegaralıq shártlerdi esapqa alıw.....	94
5.6.3. Energetika sistemasınıń jaǵdayın Nyuton usılinda optimallawda shegaralıq shártlerdi esapqa alıw.....	98

6. Energetika sisteması jaǵdayın tarmaqtaǵı ısırapları esapqa alıp optimallaw

6.1. Energetika sistemasınıń jaǵdayın tarmaqtaǵı ısırapları esapqa alıp optimallaw máselesi.....	104
6.2. Elektr tarmaqlarında quwatlıq ısırap bolıwı hám onıń tuwındıların anıqlaw.....	107
6.3. Energetika sistemasınıń júklemesin elektr stanciyaları ortasında elektr tarmaqlarındaǵı ısırapları itibarǵa alıp optimal bólistiriw.....	112
6.4. Energetika sistemaların jaǵdayların elektr tarmaqlarındaǵı ısırapları esapqa alıp optimallawdın ekspress-algoritmi.....	114
6.5. ısırap tuwındıların sıızılıq algebralıq teńlemeler sisteması koefficientler matricasın dekompoziciyalaw arqalı esaplaw algoritmi.....	116

7. Elektr stanciyalarında islewshi agregatlardıń optimal quramın tańlaw

7.1. Elektr stanciyalarında islewshi agregatlardıń optimal quramın tańlaw máselesi.....	123
7.2. Elektr stanciyaların ulıwmalasqan xarakteristikaların qurıw hám approksimaciyalaw.....	129
7.3. Elektr stanciyaları agregatların optimal quramın tańlawda shegaralıq shártlerdi esapqa alıw.....	131
7.4. Elektr stanciyalarında islewshi agregatlardıń optimal quramın ulıwmalasqan xarakteristikalarǵan paydalanıp tańlawda quwatlıq qorın itibarǵa alıw.....	133

7.5. Elektr stanciyalarında islewshi agregatlardıń optimal quramın iymek sızıqlı baylanıslardı sınıq sızıqlı approksimaciyalaw tiykarında anıqlaw	135
---	-----

8. Elektr tarmaqlarınıń jaǵdayların optimallaw

8.1. Elektr energetika sistemaların jaǵdayların kompleks optimallaw máselesi	141
8.2. Elektr tarmaqlarınıń jaǵdayların optimallaw máselesi	145
8.3. Elektr tarmaqlarınıń jaǵdayların optimallaw máselesin sheshiwdiń usıl hám algoritmleri	147
8.3.1. Elektr tarmaqlarınıń jaǵdayların keltirilgen gradient usılında optimallaw	147
8.3.2. Elektr tarmaqlarınıń jaǵdayların gradient usılında optimallaw	152
8.4. Elektr tarmaqlarınıń jaǵdayların túyin kernewleri hám transformaciyalaw koefficientleri boyınsha optimallaw	155
8.5. Bólistiriwshi elektr tarmaqlarında ısıraplardı kemeytiw sharaları	165
8.6. Bólistiriwshi elektr tarmaqlarında ısıraplardı reaktiv quwatlıqtı kompensaciyalaw arqalı minimallastırıw	169
Glossariy	172
Paydalanılǵan ádebiyatlar	176

Redaktor	D. Seytkasimov
Kórk. red.	D. Mulla-Axunov
Operator	G. Axmedov

Baspa licenziyası AA № 0049, 18.03.2020-j.
 Basıwǵa ruqsat etilgen waqtı 23.08.2020-j. Formatı 60x84 1/16.
 Ofset qaqazı. Tip «Times New Roman» garniturası.
 Ofset usılında basıldı.
 Kolemi 11,5 b/t., 10,7 shartlı b/t.
 Nusqası 200 dana. Buyırtpa № 10.

«Donishmand ziyosi» JSHJ, Tashkent qalasi, Naoayi ko'shesi, 30.
 Tel: (+998) 71-244-40-91, 99-808-19-49, 99-388-38-83.

«Donishmand ziyosi» JSHJ baspaxanasında basıldı.
 Menzil: Tashkent qalasi, Naoayi ko'shesi, 30.

Gayibov, T.Sh., Reymov, K.M., Turmanova, G.M. Elektr energetika sistemalariniñ jaǵdayların basqarıw hám optimallaw [Tekst]: oqıw qollanba / T.Sh. Gayibov, K.M. Reymov, G.M. Turmanova. – Tashkent: «Donishmand ziyosi», 2022. 184 b.

978-9943-8300-4-2

Oqıw qollanbada elektr energetika sistemaları hám olardıñ jaǵdayları haqqında ulıwma maǵlıwmatlar, elektr stanciyaları, podstanciyaları hám sistemalarında avtomatlastırılǵan basqarıw sistemaları hám avtomatlastırılǵan dispetcherlik basqarıwı, olardı shólkemlestiriw, olardıñ strukturaları, komponentleri, wazıypaları hám tiykarǵı texnikalıq quralları boyınsha materiallar keltirilgen. Energetika sistemalariniñ jaǵdayların tarmaqtaǵı ısıraplardı itibarǵa almay hám itibarǵa alıp optimallaw, optimallawda shegaralıq shártlerdi esapqa alıw, elektr stanciyalarında islewshi agregatlardıñ optimal quramın tańlaw hám elektr tarmaqlarınıñ jaǵdayların optimallaw máseleleri kórip shıǵılǵan.

Oqıw qollanba bakalavriatını «5310200 – Elektr energetikası (energiyanı islep shıǵarıw, uzatıw hám bólistiriw)» tálim baǵdarı studentleri ushın arnalǵan.

UO'K 621.3(075.8)
KBK 31.2ya73