

**S.Z.Məmmədov**

**ELEKTRİK ENERJİSİNİN İSTEHSALI**

**(dərslük)**

AR-nın Təhsil Nazirliyinin 356 sayılı  
27.12.2016-cı il tarixli əmri ilə qrif verilmişdir.

**GƏNCƏ - 2016**

## GİRİŞ

Enerji növlərinin çevrilməsində ən səmərəli vasitə elektrik enerjisiyədir. Elektrik enerjisi elektrik stansiyalarında asanlıqla istehsal olunur, uzaq məsafələrə qənaətli sürətdə göndərilə bilər və yüksək faydalı iş əmsalına malik maşın, qurğu və digər işlədicilər vasitələri ilə başqa enerji növünə çevrilir. Elektrik enerji mənbələri yanacaq mənbələrinə, çayların su hövzələrinə günəşli və küləkli ərazilərdə inşa edilir.

İlk dəfə 1891-ci ildə Dolivo-Dobrovolski tərəfindən Almaniyanın Frankfure şəhərində açılmış sərgidə Laufen şlaləsindən su turbini ilə hərəkətə gətirilən üçfazlı generatordan üçfazlı veriliş xəttindən, üçfazlı transformatorlardan və asinxron mühərrikindən ibarət bir sistem nümayiş etdirilmişdir. Həmin sistemin xəttinin uzunluğu 175 km tezliyi 40 Hs, gücü 390 a.q., gərginliyi 30 kV olmuşdur.

Həmin dövrdən üçfazlı dəyişən cərəyan mənbələrinin yaradılmasına başlanılmışdır.

XX əsr güclü elektrik enerji mənbələrinin yaradılması əsri olmuşdur. Bu əsrdə dünyada Atom Elektrik Stansiyaları, İstilik Elektrik Stansiyaları tikilib istifadəyə verilmişdir. Əsrin sonunda isə atmosferdə yaranan fəsadların azaldılması məqsədi ilə alternativ enerji mənbələrinin yaradılmasına başlanılmışdır.

Hal-hazırda Azərbaycan Respublikasında istismarda olan elektrik stansiyalarının ümumi layihə gücü 6500 MVt-dan çoxdur.

Hər bir ölkənin əhalisinin yaşayış səviyyəsi bir nəfərə düşən elektrik enerjisinin miqdarı ilə müəyyən edilir. Ənənəvi enerji mənbələrinin yanacaq ehtiyatları tükənən olduğundan alternativ və bərpa olunan enerji mənbələrindən istifadə edilməsi zərurətə çevrilmişdir. Elektrik işlədicilərini etibarlı dayanıqlı və arasıkəsilmədən elektrik enerjisi ilə təmin etmək üçün kompleks istifadə olunmasına xüsusi əhəmiyyət verilməlidir.

Alternativ enerji mənbələrindən istifadənin səmərəliliyinin artırılması üçün bu ixtisas üzrə kadr hazırlanması olduqca vacibdir.

Elektrik enerjisinin istehsalı və ondan səmərəli istifadə hər bir ölkə iqtisadiyyatı üçün önəmli əhəmiyyət kəsb edən bir sahədir.

# I FƏSİL

## ELEKTRİK ENERJİSİ İSTEHSAL EDƏN MƏNBƏLƏR

### 1. Ümumi məlumat

Təbiətdə mövcud olan bir enerji növünün digər enerji növünə çevirmək üçün ən səmərəli üsul mövcud enerjinin elektrik enerjisinə çevrilib daha sonra onu istənilən enerji növünə çevirməkdən daha səmərəli vasitə hələ də ixtira olunmamışdır. İlkin enerji növündən asılı olaraq elektrik stansiyaları aşağıdakı növlərə ayrılır:

1. İstilik Elektrik Stansiyaları (İES)
2. Hidravliki Su Elektrik Stansiyaları (HES, SES)
3. Atom Elektrik Stansiyaları (AES)
4. Bərpa olunan enerji mənbələri (BOEM)
5. Hidro Akkumulyasiyalı Elektrik Stansiyaları (HAES).

İstilik Elektrik Stansiyaları yerinə yetirdikləri vəzifələrə görə istilik elektrik mərkəzlərinə və kondensasiyalı elektrik stansiyalarına ayrılır.

İstilik Elektrik Stansiyaları ilkin mühərrikləri aşağıdakılara ayrılır: 1. Buxar turbinli; 2. Daxili yanma mühərriki; 3. Qaz turbinli; 4. Buxar-qaz turbinli və i. a.

Hal-hazırda kimi buxar turbinli İstilik Elektrik Stansiyalarından daha geniş istifadə olunur. Bu stansiyalarda ilkin enerji mənbəyi kimi yanacaq növündən istifadə edilir. Yanacağın yandırılması ilə yüksək təz-

yiqli buxar alınır və turbində mexaniki enerjiyə çevrilir.

Hidro Su Elektrik Stansiyalarında suyun kinetik enerjisindən mexaniki enerji alınır. Atom Elektrik Stansiyalarında isə İstilik Elektrik Stansiyalarında olduğu kimi nüvə yanacağıının reaksiyası nəticəsində istilik enerjisi alınır və o buxar turbinində mexaniki enerjiyə çevrilir.

Bu hər üç tip stansiyalarda alınmış mexaniki (fırlanma) enerji sinxron generatorunun rotoru üzərində quraşdırılmış sabit maqnit seli yaradan təsirləndirmə dolaqlarını fırlatmaq üçün istifadə olunur.

Bərpa olunan enerji mənbəyi kimi əsasən günəş, külək, bioqaz və digər enerji növlərinin elektrik enerjisinə çevrilməsindən geniş istifadə olunmuşdur.

Azərbaycanda BOEM-in inkişafı üzrə 2020-ci ilə qədər 200 MVt külək, 200 MVt günəş, 100 MVt gücündə kiçik güclü Su Elektrik Stansiyalarının quraşdırılması nəzərdə tutulur.

Hidro akkumulyasiyalı elektrik stansiyalarının iş prinsipləri elektrik tələbəcilərinin yük maksimumlarını və minimumlarını hamarlamaq üçün istifadə olunur. Hal-hazırda Azərbaycan respublikasında belə stansiya mövcud deyildir. Ancaq bu tip stansiyaların layihələri təhlil olunmaqdadır.

## 1.1. İstilik energetik stansiyaları

Təbii enerjiləri elektrik enerjisinə çevirmək üçün işlənən energetik qurğular elektrik stansiyaları adlanır. Bunlardan ən çox yayılanı istilik-elektrik stansiyalarıdır (İES). Bu stansiyalarda elektrik enerjisinin alınması üçün üzü maddələrin yanmasından ayrılan istilikdən istifadə olunur. İES hesabına Azərbaycanda hasil olunan elektrik enerjisi ümumi elektrik enerjisinin 90 % - ni təşkil edir.

Elektrik generatorunu hərəkətə gətirmək üçün istifadə olunan mühərrikin tipindən asılı olaraq alternativ istilik-elektrik stansiyalarını aşağıdakı növlərə ayırmaq olar: daxili yanma mühərrikli, buxar maşınli, qaz trubinli, buxar trubinli.

Maye yanacaq ilə işləyən dizelektrik stansiyalarına və kiçik güclü kalorizator mühərrikli stansiyalara çox vaxt dəmiryol nəqliyyatında, kommunal təsərrüfatında və bəzi sənaye sahərində rast gəlmək olur.

Hazırda kiçik güclü istilik-elektrik stansiyalarında buxar turbinləri, buxar qaz tsikli ilə işləyən qurğular və qaz trubin qurğuları geniş tətbiq olunur. Müasir buxar trubinli İES–in f.i.ə. 40 %, qaz trubinli İES–in f.i.ə. isə 34 %-dir. Son zamanlar kombinə edilmiş buxar-qaz qurğularından istifadə olunur ki, onların da gücü 250 MVt – a qədərdir.

Əgər istilik stansiyası xarici işlədicilər üçün ancaq elektrik enerjisi hasil edərsə, belə stansiya kondensasiyalı elektrik stansiyaları (KES) adlanır. Bu stansi-

yalarda ancaq kondensasiya tipli buxar trubinləri yerləşdirilir. Stansiya işlədiciləri həm elektrik, həm də istilik enerjisi ilə təmin edirsə, onda o istilik-elektrik mərkəzi (İEM) adlanır.

### **Kondensasiyalı alternativ elektrik stansiyası**

Yuxarıda qeyd olunduğu kimi, kondensasiyalı elektrik stansiyaları işlədiciləri ancaq elektrik enerjisi ilə təmin edir. Belə stansiyanın sadə sxeminə “Buxar – güc” qurğuları bəhsində baxılmışdır.

Müasir kondensasiyalı alternativ istilik-elektrik stansiyalarının istilik sxemləri çox mürəkkəbdir. Hazırda qənaətliliyin artırılması məqsədi ilə suyun regenerativ qızdırılması üçün aralıq pillələrdə buxarın ayrılması ilə işləyən trubinlərdən istifadə olunur.

Kondensasiyalı alternativ istilik-elektrik stansiyalarının əsas göstəriciləri brutto və netto faydalı iş əmsəlləridir. Qurğuda hasil olunan enerjiyə aid göstərici “brutto”, “netto” indeksi ilə işarə olunur:

$$\eta_{kec}^{br} = \frac{E}{B \cdot Q_a^u}$$

Burada  $E$ –hasil edilən illik elektrik enerjisi, kJ;  
 $B$ –yanacaq sərfi, kq;  $Q_a^u$ –yanacağın yanma istiliyidir, kĞ/kq.

Brutto f.i.ə. – nı aşağıdakı kimi də təyin etmək olar:

$$\eta^{br} = \eta_e + \eta_{qa} + \eta_b$$

Burada  $\eta_e$  –buxar-güc təcikli və turbin aqreqatındakı;  $\eta_{qa}$ –qazan aqreqatındakı;  $\eta_b$ –boru kəmərlərindəki itkiləri nəzərə alan f.i.ə. – dır.

Netto f.i.ə. isə belə tapılır:

$$\eta_{kec}^{net} = \frac{E}{B \cdot Q_a^u}$$

Burada  $E$ –işlədiciyə verilən illik elektrik enerjisi-dir, kJ.

Müasir kondensasiyalı istilik-elektrik stansiyalarında  $\eta = 40...43$  % və  $\eta = 35...38$  % olur. Şərti yanacaqın xüsusi sərfi (şərti yanacağın istiliyi

$Q_a^u = 29350$  kJ/kq qəbul olunur):

$$b_{kec}^{\$} = \frac{1000}{\eta_{kec}^{br} \cdot 29350}, \quad \text{kq/MJ}$$

və ya

$$b_{kec}^{\$} = \frac{3600}{\eta_{kec}^{br} \cdot 29350}, \quad \text{kq/kVt.saat.}$$

Nəhəng KES – lərdə  $b_{kec}^{\$} = 0,3...0,4$  , kq/kVt.saat.

### **Kiçik güclü alternativ istilik-elektrik mərkəzləri**

Elektrik stansiyalarında eyni zamanda, həm istilik, həm də elektrik enerjisinin hasil olunması üçün buxar sistemindən xaric olunması ilə tənzimlənən turbinlər quraşdırılır. Belə qurğunun sadə istilik sxemi şəkli 1.1-də verilmişdir.

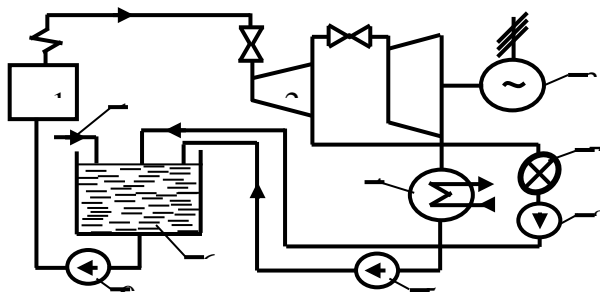
Qazanda (1) alınmış buxar turbinə (2) daxil olur. Burada turbinlə bilavasitə birləşmiş elektrik genera-



toru (3) hərəkətə gəlir. Turbindən çıxan buxar kondensatora (4) daxil olur. Turbinin aralıq pillələrindən təzyiğin lazımı qiymətlərinin nizamlamaq məqsədi ilə ayrılan buxaristilik işlədiciyə (7) verilir. İstehsalatda buxarın bir hissəsi itirilir, digər hissəsi isə kondensatlaşaraq nasos (8) vasitəsilə qidalandırıcı çənə (6) vurulur. Digər tərəfdən kondensatordan çıxan kondensat nasos (5) vasitəsilə çənə berilir. Sistemdəki buxar və su itkisini bərpa etmək üçün qidalandırıcı çənə boru kəməri (10) ilə kimyəvi təmizlənmiş su əlavə olunur. Qazana (1) qidalandırıcı suyun vurulması əməliyyatı qidalandırıcı nasos (9) vasitəsilə yerinə yetirilir. İstilik-elektrik mərkəzinin (İEM) elektrik və istilik üzrə brutto f.i.ə. aşağıdakı kimi təyin olunur:

$$\eta_{el}^{br} = \frac{E}{B_{el} \cdot Q_a^u} \quad \text{və} \quad \eta_{kec}^{br} = \frac{Q}{B_{ucm} \cdot Q_a^u}$$

Burada  $Q$ —xarici işlədicilər üçün hasil olunan illik istilik miqdarı, kJ;  $B_{el}$ —elektrik enerjisi hasilı üçün illik yanacaq sərfi, kg;  $B_{el}$ —xarici işlədicilər üçün hasil olunan istilik enerjisinin alınmasında işlənən yanacaq sərfi, kg.



Şəkil 1.1. İstilik elektrik mərkəzinin prinsipial sxemi

Netto f.i.ə.:

$$\eta_{el}^{net} = \frac{E_1}{(B_{el} - B_1) \cdot Q_a^u}$$
$$\eta_{ucm}^{net} = \frac{Q}{(B_{ucm} + B_1) \cdot Q_a^u}$$

Burada  $B_l$  – xüsusi məqsədlər üçün istehsal olunan elektrik enerjisinə işlənən yanacaqın sərfidir, kg.

İEM – in tam yanacaq sərfi:

$$B = B_{el} + B_{ucm}$$

kimi təyin olunur.

İEM – də bir MJ elektrik enerjisinin hasilindəki şərti yanacaqın xüsusi sərfi:

$$b_{\text{İEM}}^{\text{ş}} = \frac{1000}{\eta_{el}^{br} \cdot 29350}, \text{ kg/MJ}$$

və ya

$$b_{\text{İEM}}^{\text{ş}} = \frac{3600}{\eta_{el}^{br} \cdot 29350}, \text{ kg/kVt.saət.}$$

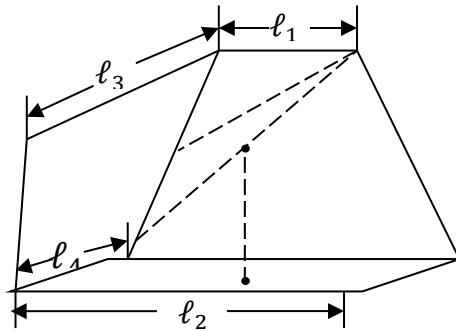
Nəhəng İEM – lərdə  $b_{\text{İEM}}^{\text{ş}} = 0,2 \dots 0,25$ , kg/kVt.saət olur.

## **1.2.Hidro elektrik stansiyaları. Çayların konstruktiv və texniki göstəricilərinin təyin edilməsi**

Çayın tədqiq olunan 3 km-lik hissəsində tədqiq olunan həmin hissənin başlanğıcı ilə sonu arasındakı hündürlüklər fərqi 104 m-ə bərabərdir. Bu hissədə

çayın en kəsiyi kəsik trapesiya şəklindədir. Çay hissədə yəni kəsik trapesiyanın oturacağıının eni  $\ell_1 = 3 - 5 m$  arasında, üst hissədə isə  $\ell_2 = 40 - 60 m$  arasında dəyişir. Bəndlərin tikilməsi və su hövzələrinin yaradılan yerlərində heç bir tikinti istifadəyə yararlı torpaq sahəsi yoxdur.

Həmin hissədən heç bir kommunikasiya şəbəkəsi keçmir.



Şəkil 1.2.

Aparılmış mövcud kiçik güclü HES-in bəndlərinin quruluşu aşağıdakı konstruktiv görünüşü aşağı hissədən  $\ell_3 = 20 m$  yuxarı hissədən  $\ell_4 = 5 m$  və hündürlüyü 35 m olmaqla üç bəndin tikilməsi ən optimal hesab olunur. Belə texnologiyadan istifadə etmək sel sularının tənzimlənməsini geniş hüdudda tənzimləməyə və mövcud texnologiyalarla müqayisədə dağ çayının enerjisindən daha səmərəli istifadəyə imkan verir.

## **Bəndlərin yaratdığı su hövzələrinin potensial enerjisinin təyini**

Çayları böyük çayların qolları olduğundan onların saniyədəki su sərfi nisbətən az və eyni zamanda yüksək sürətə malik olur. Bu çayların su sərfi ilin yaz və payız aylarında yağışların artması ilə əlaqədar olaraq onların sərfi artır, daha güclü enerji mənbəyinə çevrilir. Yağış sularının miqdarı artdıqca çaylara çoxlu miqdarda daş, quru ağac hissələri və torpaq daxil olur və onlar çayların axarı boyunca mənbədən mənsəbə doğru hərəkət edir. Çayların su sərfi il ərzində geniş diapazonda dəyişir. Çaylarında su axımının (cərəyanının) miqdarı artdıqca onun töküldüyü çay suyunun da sərfi artır. Bu hal da əlavə problemlərin yaranılma ehtimalını çoxaldır.

Odur ki, çayların enerjisindən istifadə etməklə onların üzərində kiçik HES-lər tikilməsi ilə, onun törədə biləcəyi fəsadların da aradan qaldırılması iqtisadi cəhətdən çox əhəmiyyətli ola bilər. Onlar aşağıdakılardır:

1. Çayların və onların töküldüyü böyük çaylar daşması ilə münbit torpaqların su altında qalması və bədbəxt hadisələrin azalmasına nail olunur. Daşqınların aradan qaldırılmasına sərf olunan əlavə xərclərə ehtiyac yaranmaz.

2. Çayların üzərindəki kiçik HES-lər onlara yaxın, həm də əsas enerji şəbəkəsindən uzaq olan

məntəqələrin enerji təchizatını yaxşılaşdırar, əlavə iş yerləri yaradar və büdcəyə vergi ödəyər.

3. Çayların üzərində, həm də bəndin tikilməsi HES–ə yaxın ərazidə torpaqların suvarılma imkanlarını artırır, meyvəçiliyin və heyvandarlığın inkişafına şərait yaradar ki, bu da ölkənin daxili məhsul istehsalını artırır. Çayının töküldüyü çayın su sərfinin tənzimlənməsinə imkan yaradar.

4.Çayları üzərindəki bəndlərin su hövzələri bəliqçılığın inkişafına münbit şərait yaradar. Bu da büdcəyə əlavə mədaxildir.

5. Çayların üzərindəki HES-lər ətraf mühiti çirkləndirmir. Kiçik HES–lər ətraf mühitə heç bir zərərli tullantı buraxmamaqla, iqtisadi cəhətdən səmərəli olmaqla, ucuz elektrik enerjisi istehsal etməklə yanaşı, aşağıdakı çatışmazlığa da malikdir.

a) Çayı üzərində HES–in tikilməsi və istismarı üçün çətin dağ relyefi şəraitində kommunikasiya şəbəkəsinin çəkilməsi zərurəti yaradır.

b)Çayı üzərindəki bəndin yaratdığı su hövzəsindəki suyun səviyyəsi qalxdıqda, ətraf sahələrdə qrunut suyunun torpağın səthinə doğru qalxmasını artırır. Bu da hövzənin ətrafındakı meşələrin ağaclarına mənfi təsir edir.

## Çayların suyunun enerjisindən istifadə sxemləri və hidroenergetik hesabı

Axan su kinetik enerjiyə malikdir:

$$W_{kin} = \frac{mV^2}{2} .$$

Çayların suyunun qabağı kəsildikdə çayın suyu gölə çevrilir. Bu zaman axan su özünün malik olduğu kinetik enerjini potensial enerjiyə çevirir. Belə halda potensial enerjinin mənbəyi yaranır:

$$W_{pot} = mgH$$

burada:  $m$  – suyun miqdarı,  $kg$ ;  $g$ –sərbəst düşmə təcildir,  $m/san^2$ ;  $H$  – suyun dibi ilə səviyyəsi arasındakı hündürlüklər fərqi və başqa sözlə, gölün hündürlüyüdür.

Bu enerji növlərindən istifadə etmək üçün çaylar üzərində Hidro Elektrik Stansiyaları qurulur. Onların gücləri adətən 5 MVt–dan az olur. Çayları üzərindəki HES–lər həm bəndli, həm də bəndsiz tikilir.

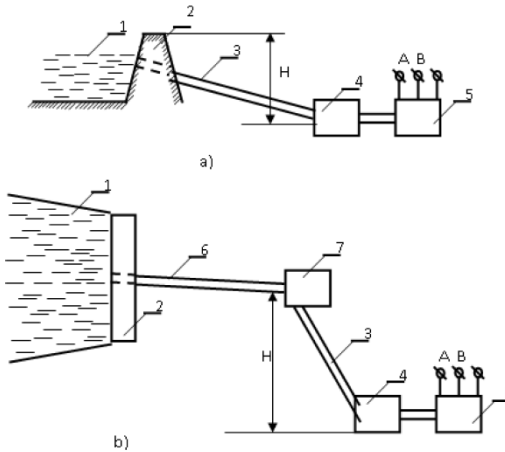
Bəndli HES –lərdə çayın axma sürətinin qarşısını bənd kəsir. Axar su göl yaradır. Yəni potensial enerji mənbəyi yaradır. Suyun malik olduğu potensial enerji yenidən kinetik enerjiyə çevrilir və həmin enerji turbinin valına verilir.

Turbinin valında kinetik enerji mexaniki enerjiyə çevrilir. Həmin enerji hesabına turbin ilə bir val üzərində generatorun valı fırladılır. Nəticə olaraq,

elektrik enerjisi istehsal edilir. Bu proses aşağıdakı sxemlər üzrə yerinə yetirilir.

Bəndli HES–lərdə çayın axma sürətinin qarşısını bənd kəsir. Axar su göl yaradır. Yəni potensial enerji mənbəyi yaradır. Suyun malik olduğu potensial enerji yenidən kinetik enerjiyə çevrilir və həmin enerji turbinin valına verilir.

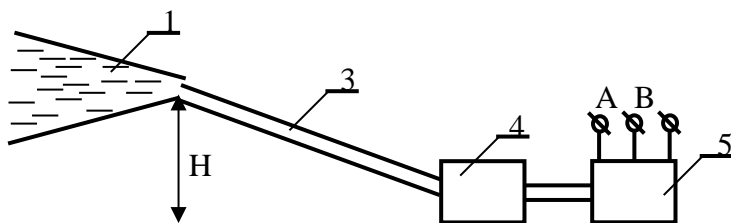
Turbinin valında kinetik enerji mexaniki enerjiyə çevrilir. Həmin enerji hesabına turbin ilə bir val üzərində generatorun valı fırladılır. Nəticə olaraq, elektrik enerjisi istehsal edilir. Bu proses aşağıdakı sxemlər üzrə yerinə yetirilir.



**Sxem 1.3. Bəndli olan orta güclü HES-in sxemi:**

**1 – gölün suyu, 2 – bənd, 3 – təzyiq borusu, 4 – turbin, 5 – generator, 6 – ötürücü boru, 7 – təzyiq tənzimləyicisi.**

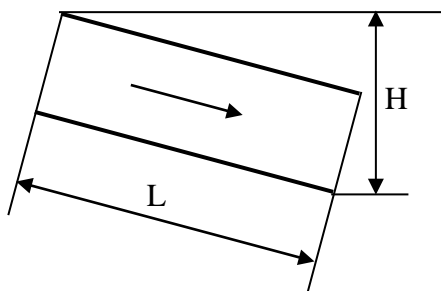
Bəndsiz HES-lər çayın suyunun sürətli axarlı hissəsində qurulur. O hissədə su böyük kinetik enerjiyə malik olur. Belə HES-lərdə su toplanır və kinetik enerjisi təzyiqliq borusu vasitəsi ilə birbaşa turbinin valına ötürülür. Generatorun valı fırladılır və elektrik enerjisi hasil edilir.



Şəkil 1.4. Bəndi olmayan kiçik güclü HES-in sxemi

### Çayların hidroenergetik hesabı

Çayları üzərində tikiləcək kiçik güclü HES – in turbinin valına ötürülən enerji aşağıdakı düsturlardan tapılır:



Şəkil 1.5. Təzyiqliq borusunun kəsiyi

$$P = 1000 Q \cdot H, \quad \text{kg} \cdot \text{m}/\text{san} \text{ və ya}$$



$$P = 1000 \cdot Q \cdot H / 75 = 13,33 Q \cdot H, \text{ a.q. və ya}$$

$$P = 1000/75 \cdot 1,36 = 9,81 \text{ kVt.}$$

burada  $Q$  – boru ilə axan suyun sərfidir ( $\text{m}^3/\text{san}$ );  
 $H$  – borunun əvvəli ilə sonu arasındakı hündürlüklər fərqi, (m);

Borunun su sərfi aşağıdakı ifadədən tapılır:

$$Q = \omega v, \text{ m}^3/\text{san}$$

burada  $\omega$  – boru ilə axan suyun sürətidir,  $\text{m}/\text{san}$ ;  $V$  – borunun en kəsiyidir,  $\text{m}^2$ .

Bu düsturlardan aydın olur ki, turbinin valına ötürülən gücün qiyməti təzyiq borusunun su sərfindən və borunun əvvəli ilə sonu arasındakı hündürlüklər fərqi qiyətindən asılıdır. Kiçik güclü HES – in generatorunda hasil edilən enerjinin gücü aşağıdakı düsturdan tapılır:

$$P_{el} = P \cdot \eta_{tr} \cdot \eta_{ötür} \cdot \eta_{gen}, \text{ kVt.}$$

burada:  $\eta_{tr}$  – turbinin f.i.ə.  $\eta_{ötü}$  – ötürmənin f.i.ə.;  $\eta_{gen}$  – generatorun f.i.ə.

$$\eta_{tr} = P_{tr}/P; \quad \eta_{ötü} = P_{gen}/P_{tr}; \quad \eta_{gen} = P_{el}/P_{gen}.$$

$$\eta_{HES} = \eta_{tr} \cdot \eta_{ötür} \cdot \eta_{gen} - \text{HES – in f.i.ə. – dır.}$$

HES – in hasil etdiyi güc isə aşağıdakı ifadədən tapılır.

$$P_{el} = P \cdot \eta_{HES}.$$

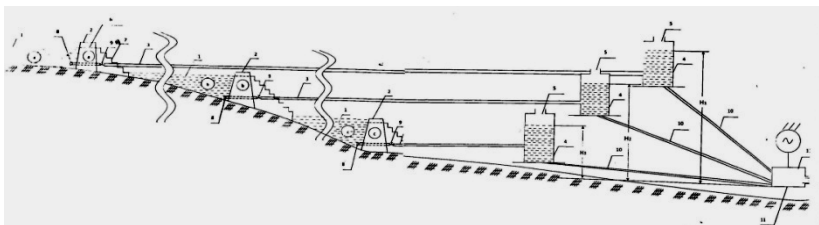
## **Çayların sel sularının sərfinin tənzimlənməsi ilə onun enerjisindən istifadə texnologiyası**

Çayların su mənbələri bulaqlar və yağış suları olduğundan güclü yağışlar zamanı çaylarda sel yara-

nır. Bu zaman çaylara çoxlu miqdarda ağac gövdələri, daşlar gətirməklə insan tələfatına və digər bədbəxt hadisələrin törənməsinə səbəb olur. Gözlənilməz bu halların qarşısının alınması və çayın daimi axar suyunun olmasını nəzərə alaraq onun enerjisindən də istifadə edilməsini nəzərdə tutan texnologiyadır. Çayların yavaş sürətli hissəsində çayın gətirdiyi daşların və ağac gövdələrinin saxlanması və sonradan təmizlənməsi üçün birinci (2a) bəndi inşa edilir. Çayda selin yandığı vaxt artıq sular hövzənin artıq sularını buraxan 6 a kanalı və 7 a su təzyiqini söndürücü tikili vasitə ilə əsas ikinci su hövzəsi olan 1 b- ya ötürür. 2 b bəndi çayın cəld axımlı ən ensiz hissəsində tikilir. Bu hövzədə də daimi su ehtiyatı saxlanılır. Çayda sel suyu yaranan zaman artıq su burada da 6 b hövzənin artıq suyunu buraxan kanallar vasitəsi və 7 b suyun enerjisinin söndürən tikili vasitə ilə sonrakı 1 c hövzəsinə ötürür.

Bu hövzənin böyük su tutumuna malik olması çayın su sərfinin sel yaranan zaman sərfinin tənzimlənməsinə imkan yaradar. Bu bənddə də artıq suyu buraxmaq üçün 6 c su buraxıcı və 7 c suyun təzyiqini söndürücü tikili nəzərdə tutulur. Çaylarında ilin bütün günlərində axar su olduğundan hövzələrdə əsasən də 1 a hövzəsində daimi su ehtiyatı olur. Hövzələrdəki suyun potensial enerjisinin kinetik enerji növünə çevirilməsi üçün hövzələrdəki suyun boru çıxan hissədən müəyyən qədər aşağı yerdə dağ yamacında 4 təzyiq tənzimləyiciləri quraşdırılır. Dağın relyefində

asılı olaraq 4 təzyiq tənzimləyiciləri trubin generator bloklarına yaxın məsafədə yerləşdirilir. Təzyiq tənzimləyicilərindən su 10 yüksək təzyiqli su boruları vasitəsi ilə 11 trubin generator bloklarına verilir. 11 trubin generator bloklarında hasil edilən enerji elektrik paylayıcı quruluşuna verilir. Hövzələrdəki suyun uyğun təzyiq tənzimləyicilərinə ötürən 3 alçaq təzyiqli su borularının üzərində quraşdırılmış 9 avtomatik idarə olunan elektrik intiqallı siyirtmələr vasitələri ilə çayın su sərfi və generatorun sıxaclarında hasil edilən elektrik enerjisinin gərginliyi və tezliyi geniş hüdudda tənzimlənir. Hesabatın reallığa yaxın qiymətlərlə aparılması üçün hər hövzə üzrə hesabat ayrıca aparılır.



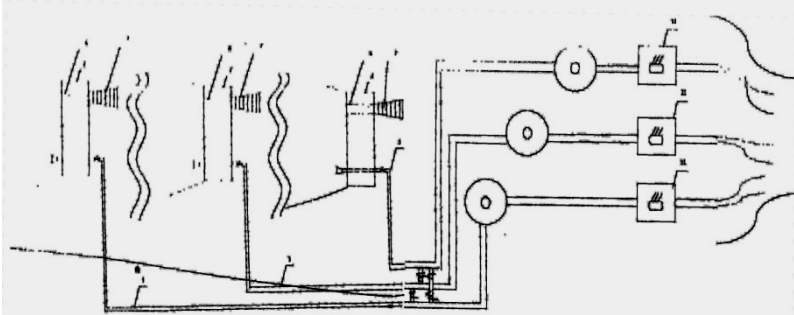
**Şəkil 1.6. Su hövzələri:**

- a) sel sularının gətirdiyi daş və ağacların axımının dayandıran hövzə;
- b) suyun potensial enerji mənbəyini yaradan hövzə;
- c) sel daşının suyunun toplandığı hövzə;

2. Su bəndləridir:

- a) çayın az mailli hissəsində tikilməli olan kiçik hündürlüklü bənddir;

- b) HES-in əsas suyun potensial enerjisinin toplanmasını təmin edən bənddir;
- c) çay suyunun sərfini tənzimləyən bənddir.
3. Alçaq təzyiqli su borularıdır.
4. Təzyiq tənzimləyiciləridir.
5. Hava çıxaran borudur.
6. Hövzənin artıq suyunu buraxan kanaldır.
7. Hövzənin artıq suyunun enerjisini söndürən tikilidir.
8. Su qəbuledici qurğudur.
9. Avtomatik idarə olunan elektrik intiqallı siyirtmədir.
10. Yüksək təzyiqli su borusudur.
11. Trubin generator.



**Şəkil 1.7. Torpaq sədlərinin (bəndlərinin) su buraxma qurğuları: 1-su axıdan qurğular; 2 –fasilələrlə su buraxan qurğular; 3 – su yığan qurğular.**

I qrup qurğular su səthində yaranan artıq əlavə sular, buz parçalarını və su üzərində olan kənar əşyaları aşağıya ötürmək üçün mövcud olan qurğulardır.

II qrup qurğulardan, səddin (bəndin) təmiri za-

manı su hövzəsinin təmizləndiyi zamanı və s. istifadə edilir.

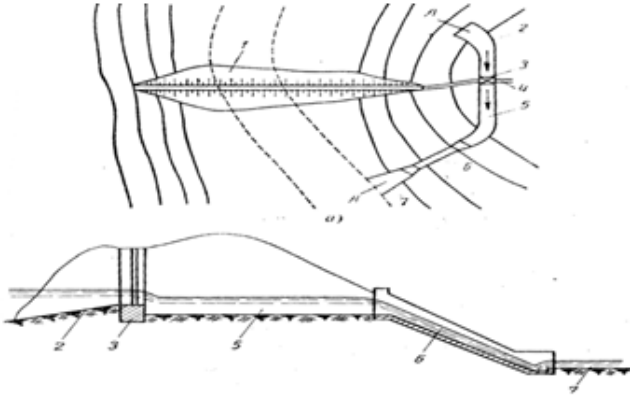
III qrup qurğular müxtəlif su tələbatçılarının istəyi ilə lazım olduqda su səviyyəsinin aşağı düşməsi üçün istifadə edilir. Adları çəkilən su buraxıcı qurğular torpaq bəndlərindən aralıda quraşdırılır. Bu qurğulardan fərqli olaraq kiçik torpaq səddi olan yerlərdə (hündürlüyü 3-4 m) su buraxma qurğuları torpaq bəndinin üzərində quraşdırılır.

Su axıdan qurğular öz konstruksiyalarına görə 2 yerə bölünür: açıq qurğular; qapalı (bağlı) qurğular.

Çox yüksək olmayan (3÷5 m) torpaq sədlərinin çəkilişində, sədd çəkilən yerin topoqrafik və geoloji şəraitindən asılı olaraq artıq suların axıdılması üçün, səddin yanında yerləşən kiçik çay şlyüzlərindən və ya kanaldan istifadə edilir. Bu da ucuz və iqtisadi cəhətdən səmərəlidir.

Aztəzyiqli su hövzələrində tikilən sədlərin, əlavə suların axıdılması qurğuları əsasən qüllə tipli olur. Bu şəkildə açıq tipli artıq suları axıdan qurğunun konstruktiv sxemi verilmişdir .

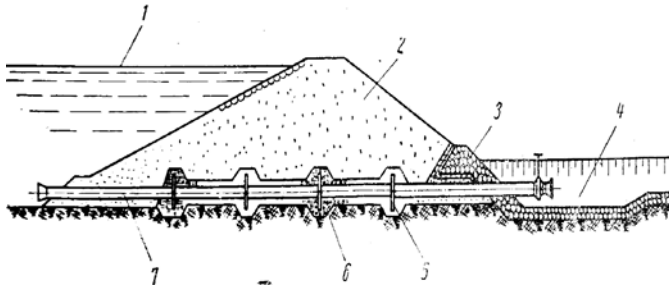
Təzyiqin çox az olduğu yerlərdə əsasən açıq tipli daşlardan və ya taxtadan hazırlanmış qurğulardan istifadə edilir.



**Şəkil 1.8. Açıq tipli artıq suları axıdan qurğunun konstruktiv sxemi: a- bu qurğunun planı; b- A-A kəsiyi üzrə onun profilidir: 1–torpaq səddi (bəndi); 2–su giriş kanalı; 3- su axıdan şlyüz (kanal); 4- yol; 5- su axıdan kanal; 6- suyun axma mailliyi; 7- suyun çıxış kanalı.**

Artıq suların axıdılması üçün qurulan boru-şəkilli qurğularda təzyiq yaratmaq üçün borunun sonunda kilid quraşdırılır. Təzyiq yaradılması önəmli deyilsə kilid borunun yuxarı tərəfində quraşdırılır.

Şəkildən görüldüyü kimi boruşəkilli qurğular bir neçə hissədən ibarət olur.

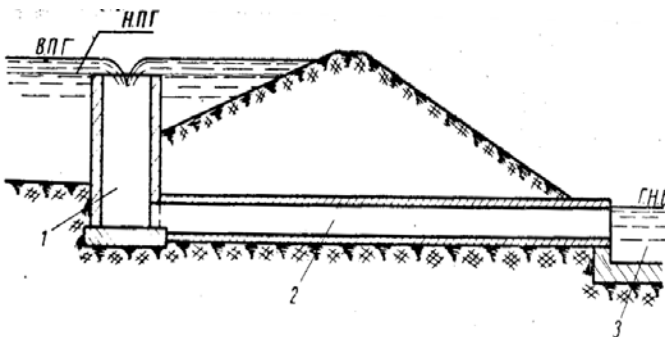


**Şəkil 1.9. Boruşəkilli su axını sistemi**

1-suyun maksimum səviyyəsi; 2-torpaq səddi (bəndi);  
3-prizma şəkilli drenaj qurğusu; 4-su yığılan quyuyu; 5-  
boruda quraşdırılmış diafraqma; 6-gildən hazırlanmış  
qıfıl; 7-su axıdılan boru.

Qüllə tipli qurğunun sxeminə nəzər salaq:

Çay hövzələrində kiçik güclü Mikro SES-lərin inşa edilməsində, meşə təsərrüfatı çox olan kənd və rayonlarda əsasən taxta sədlər quraşdırılır. Bu sədlərin (bəndlərin) çəkilməsi ucuz başa gəlir və iqtisadi cəhətdən əlverişlidir.



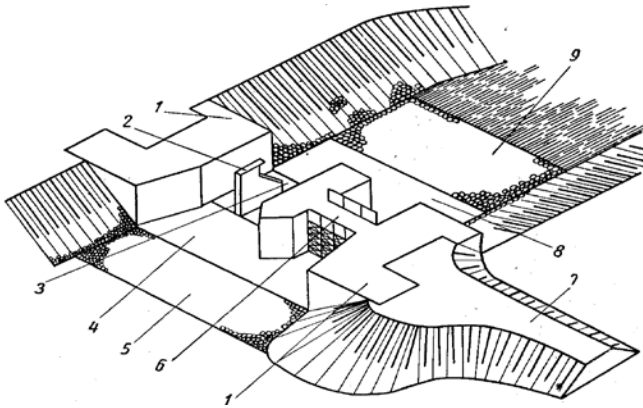
**Şəkil 1.10. Qülləli su axını sistemi: 1 – dairə şəkilli qüllə;  
2 - boru; 3 – su yığılan quyuyu. b – taxta su sədləri (bəndləri).**

Taxta sədlərin (bəndlərin) quraşdırılması ilin hər fəslində mümkündür və asan başa gəlir. Bu sədlər (bəndlər) öz konstruksiyasına görə bir neçə tip olur.

- svaylar üzərində qurulmuş sədd (bənd)
- taxta qutulara yığılmış ağır daşlar və çınqıl üzərində qurulmuş sədlər (bəndlər).

Şəkildə taxtadan qurulmuş səddin (bəndin) sxeminə nəzər salaq.1-taxta səddin dayanıqlı hissəsi;2-taxta qalxan; 3-su kanalı; 4-səthi su buraxmayan material ilə örtülmüş su aşıran sahə; 5-gildən hazırlanmış yastıq; 6-körpücük;7-damba; 8-əlavə suların axıdılması üçün qurğu.

Aşağıdakı şəkillərdə bünövrəsi svaylarla qurulmuş bəndli sxemi və onun ölçüləri göstərilmişdir.

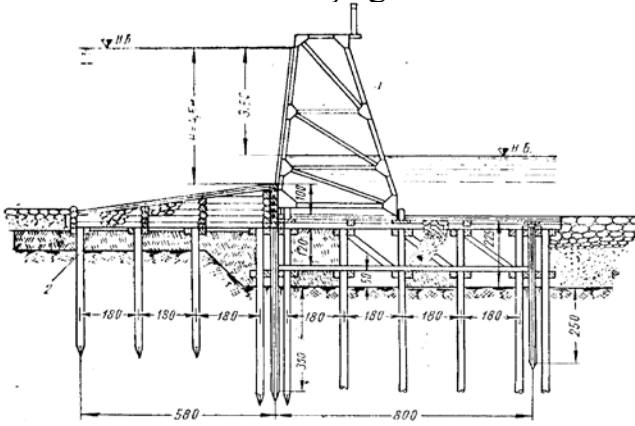


Şəkil 1.11. Taxta bəndin sxemi.





**c-daşlardan hazırlanmış bəndlər**-Bu tip bəndlər (sədlər) əsasən daşlı, çınqıllı, qumlu su hövzələrində, əlavə material tələb olunmayan yerlərdə tikilir və iqtisadi cəhətdən ucuz başa gəlir.



**Şəkil 1.13. Dönən fermalı taxta bənd**  
1- dönən ferma; 2- gil təbəqəsi.

Daşlardan hazırlanmış bəndlər, taxta bəndlərə (sədlərə) nisbətən baha başa gəlir, ancaq dayanıqlıq nöqtəyindən nəzərdən daha etibarlıdır.

Daş bəndlər su hövzəsinin təzyiqindən, suyun miqdarından asılı olaraq, əlavə suların axıdılması üçün qurğusu olan və ya bu qurğu olmayan bəndlər şəklində tikilir.

Daş bəndlər əsasən böyük ağır çay daşlarından hazırlanır və bu daşların trapesiya şəkilində bir-birinin üstünə yığılması ilə tikilir. Bu daş yığımının üst səthi hamar olsun deyə əl ilə yığılır.

## **Hidrostantsiya binaları və onların təyinatı**

Bu binaları eyni zamanda SES-nin hidrotexniki qurğuları da adlandırmaq olar.

Əsasən bu binalar bir neçə hissədən ibarət olur. Maşın və avadanlıqların yerləşdiyi hissə, hidroturbinlər, turbin kameraları və su sorucu boru kameraları.

Binanın aşağı qatında – turbinlər, turbin kameraları, su sorucu boru kameraları, yuxarı qatda isə generator, turbin tənzimləyiciləri və onların idarəetmə qurğuları yerləşdirilir.

Az təzyiqli su hövzələrində tikilən hidrotexniki qurğular su bəndinin (səddin) çox yaxınlığında qurulur ki, burada da əlavə təzyiq yaradan qurğulardan istifadə edilmir. Bu tip hidrotexniki qurğular ucuz başa gəlir və konstruksiyasına görə çox sadədir. Şəkildə SES-nin taxtadan hazırlanmış hidrotexniki binası göstərilmişdir.

Az və orta təzyiqli qurğularda, su turbinlərə təzyiq boruları vasitəsi ilə verilir. Bu zaman binanın konstruksiyası daha da təkmilləşmiş olur. Turbinlərə kənar əşyaların düşməməsi üçün turbin kamerasına girişdə tor olan qurğu quraşdırılır. Sonra toru kənar əşyalardan təmizləmək, ya əl üsulu ilə, ya da mexanikləşdirilmiş üsulla həyata keçirilir.

Su daşıyan qurğular vasitəsi ilə su turbinlərə ötürülür. Bu turbinlər bir neçə tipdə olur:

açıq turbin kamerası; spiral şəkilli beton və ya metal turbin kameraları.

Turbinlərdən çıxan su su sorucu borular vasitəsi ilə su kanalına ötürülür. Kənd SES-da hidrotexniki binanın (qurğunun) aşağı qatı taxtadan, dəmir-beton məmulatlarından, daşlardan və s. tikilir.

### **Turbinlərin təsnifatı və xarakteristikaları**

Turbinlərin sürət əmsalları və ya onun fırlanma sürəti bu turbinin praktik işində və xarakteristikasının yaxşılaşdırılmasında böyük əhəmiyyətə malikdir.

Bu xüsusiyyət turbinin ayrı-ayrı təzyiqlərdə onun fırlanma sürətinin təzyiqə uyğun tənzimlənməsi, eyni zamanda onun sürət əmsalının təyin edilməsi turbinlərin iş rejimini yaxşılaşdırmaq üçün böyük əhəmiyyət kəsb edir.

Turbinin fırlanma sürəti onun 1 dəqiqədə dövrlər sayından, turbinin gücündən və suyun təzyiqindən asılıdır.

$$n_s = \frac{n\sqrt{N}}{H^4\sqrt{H}}$$

formulu ilə turbinin sürət əmsalı təyin edilir.

Burada:  $n_s$ - sürət əmsalı;  $n$  – dövrlər sayı;  $N$  – turbinin gücü;  $H$  – suyun təzyiqidir.

Turbinin normal işi, təzyiqin  $H = 1 \frac{km}{san^2}$  gücünün

nün  $N = 1 \frac{litr}{san}$  qiymətlərində onun fırlanma sürəti ilə təyin edilir.

Nəzərə alsaq ki, turbinin gücü həmişə sabit qalır, yəni yükədən asılı olaraq dəyişir. Onda onun sürət əmsalı da dəyişir.

Aşağıdakı cədvəldə turbinlərin tipindən asılı olaraq, sürət əmsalının dəyişməsinə nəzər salaq.

Cədvəl 1.1

Turbinlərin tipindən asılı olaraq, sürət əmsalının dəyişməsi

Turbinlərin tipi	Sürət əmsalı
1 – çömçəli turbinlər	$n_s = 4 \div 24$
2 – radial oxlu turbin	$n_s = 50 \div 100$
3 – radial normal	$n_s = 150 \div 250$
4- radial yüksək sürətli	$n_s = 250 \div 450$
5 – pərli və dönən kürəkli turbinlər	$n_s = 300 \div 12000$

$$n_s = \frac{n\sqrt{N}}{H^4\sqrt{H}} - \text{formulundan göründüyü kimi, tur-}$$

binin fırlanma sürəti onun sürət əmsalından asılıdır. Sürət əmsalı çox olduqca fırlanma sürəti də artır. Buna görə də cədvəldən göründüyü kimi, yüksək təzyiqli su hövzələrində sürət əmsalı az kürəkli radial oxlu turbinlərdən, aşağı təzyiqli su hövzələrində isə sürət əmsalı böyük olan pərli və dönən kürəkli turbinlərdən istifadə olunur.

Məsələn: gücü  $N=200 \text{ at/gücü}$ .

**1.3. Alternativ enerji mənbələri**  
**Alternativ enerji mənbələrinin xarakteristikaları.**  
**Məhsulların enerji tutumuna görə**  
**qiymətləndirilməsi.**  
**Enerji növləri və enerji tutumlu məhsullar**

**1. Enerjinin növləri:**

1. Kinetik enerji – bu enerji cismin hərəkəti zamanı malik olduğu enerjidir. 2. Potensial enerji – cismin qarşılıqlı vəziyyətində sistem bir haldan başqa hala keçdikdə və cismin sükunət halında malik olduğu enerjidir. 3. Mexaniki enerji – bu enerji mexaniki iş görən enerjidir. 4. Işıq enerjisi – işıq şüalarının malik olduğu enerjidir. 5. Elektrik enerjisi – bu enerji istiqamətlənmiş hərəkətdə olan yüklü hissəciklərin enerjisidir. 6. İstilik enerjisi və i.a. – maddənin temperaturdan asılı olaraq malik olduğu enerjidir.

**II. Enerji tutumlu maddələr:**

1. Neft; 2. Qaz; 3. Atom (uran); 4. Torf və i.a.

**Enerji mənbələrinin enerji tutumuna görə**  
**müqayisəsi**

1980 – ci il hesabatlarına görə dünyada ildə  $37 \cdot 10^9$  ton şərti yanacaqdan istifadə edilir. Bu şərti yanacaqdan  $Q = 10^{22}$  Coul enerji və ya  $Q = 0,25 \cdot 10^{18}$  kal. istilik alınır. Bu enerjinin il ərzində 30 % –dən istifadə olunur. Bir il müddətində Günəş Yerə  $Q_{\text{gün}} =$

10<sup>22</sup>·1500 Coul miqdarında enerji göndərir. Yəni il ərzində dünyada hasil edilən enerjindən Yerə 1500 dəfə çox işıq enerjisi düşür. 1977–ci ildə Türkiyənin İstanbul şəhərində keçirilən dünya energetiklərinin konqresində belə nəticəyə gəlinmişdir ki, yaxın 20...30 il müddətində dünya əhalisinin enerji tələbatı il ərzində 1980–ci il səviyyəsindən 8...10 dəfə çox olacaqdır.

Müasir elmi-texniki araşdırmalar atom enerjisindən istifadəyə daha böyük üstünlüklər verir. Atom enerjisinin elektrik enerjisinə çevrilməsinin faydalı iş əmsalı (f.i.ə.) 30...33 %–dir. Belə müqayisə aparaq: istilik elektrik stansiyalarında istehsal olunan enerjinin 70 %–i yanacağa, 30 %–i isə texniki qurğuya və əmək haqqına sərf olunursa, atom elektrik stansiyalarında yanacağa sərf olunan pay 25...33 %–dir. Elə bu göstəriciyə görə atom enerjisindən istifadə iqtisadi baxımdan daha əlverişli hesab edilir. Nəzərə alsaq ki, atom reaktorundan ayrılan istilik yüksək temperaturlıdır. Onda xüsusi (beton konstruksiyalar istehsalında) texnoloji proseslərdən istifadə etmək daha səmərəli hesab olunur. Lakin belə enerji mənbələrinin yaradılması və ondan elektrik, həm də istilik enerjisinin alınması mürəkkəb beynəlxalq məsələlərin həlli ilə müşayiət olunur.

Bu təhlillərdən də görüldüyü kimi, gələcəkdə yeni alternativ enerji mənbələrinin tapılması və onlardan istifadənin həyata keçirilməsi ölkələrin iqtisadi inkişafına və əhalinin sosial şəraitlərinin yüksəldilməsinə gətirib çıxaracaqdır.

Elektrik enerjisinin ötürülməsi, digər enerji növünə çevrilməsi asan və ucuz başa gəldiyindən müasir dünyada bu enerji növündən istifadə daha geniş yayılmışdır. Gələcəkdə biz elektrik enerji mənbələri ilə məsələlərə daha geniş diqqət yetirəcəyik.

### **Alternativ enerji mənbələri və onlardan istifadənin istiqamətləri**

Ənənəvi enerji mənbələrindən başqa, digər enerji istehsal edən qurğu, obyekt, müəssisə alternativ enerji mənbəyi hesab olunur.

Alternativ enerji mənbələri aşağıdakılardır:

– Çayları və suvarma kanallarının enerji potensiallarından istifadə edən kiçik güclü su elektrik stansiyaları;

– Külək enerji potensialı ilə işləyən külək elektrik stansiyaları;

– Binaların qızdırılması üçün istifadə olunan günəş kollektorları;

– Geotermal su mənbələrinin enerjisindən istifadə etməklə işləyən istilik stansiyaları və istilik məntəqələri;

– Dəniz-dalğa enerji potensialının elektrik enerjisinə çevirən elektrik stansiyaları;

– Sənaye, kənd təsərrüfatı, məişət tullantıları və biokütlə ilə işləyən kiçik güclü istilik elektrik stansiyaları;

– Fotoelementlərin tətbiqi ilə işləyən kiçik güclü



elektrik stansiyaları və digərləri.

Alternativ enerji mənbələrindən əsasən elektrik və istilik enerjisinin alınması istiqaməti daha faydalı hesab olunur.

### **Alternativ enerji mənbələrinin sinifləşdirilməsi**

Alternativ enerji mənbələrinin müqayisəli təhlili aşağıdakı kriteriyalara uyğun aparılır: 1. İstifadə etdiyi yanacağın və ya enerjinin növünə görə; 2. İstehsal olunan enerjinin növünə görə; 3. Texniki-iqtisadi göstəricilərinə görə; 4. Ekoloji təmizliyə görə

**I. Alternativ enerji mənbələri aşağıdakı enerji növlərini istehsal edə bilər:** Elektrik enerjisi; İstilik enerjisi; Mexaniki enerji və i.a.

**II. Alternativ enerji mənbələrinin gücləri aşağıdakılardır:** Çox güclü–250 kVt–a qədər; Kiçik güclü – 250...1000 kVt; Orta güclü –1...5 MVt; Böyük güclü–5 MVt–dan artıq.

**III. Texniki-iqtisadi göstəriciləri;** İl ərzində istifadə saatları; Dayanıqlığı; İnvestisiya qoyuluşu; Ödəmə müddəti

**IV. Ekoloji təmizliyə görə:** Oksigen sərfi; Yanmaya sərf olunan havanın miqdarı; Tikinti sahəsi.

### **Alternativ enerji mənbələrinin texniki iqtisadi göstəricilərinin hesabat metodikası**

Alternativ enerji mənbəyinin texniki və işçi layihəsinin hazırlanması işi aşağıdakı ardıcılıqla yerinə yetirilir.

1. Texniki göstəricilərin hazırlanması; 2. İqtisadi hesabatın işlənməsi; 3. Biznes planının tərtibi.

Texniki göstəricilərin hazırlanması üçün ilkin göstəricilər müəyyən edilməli, ilin ayları və günləri üzrə mənbəyin işləmə vaxtı tapılmalıdır. İlkin enerji yaranan materialların enerji çeviriciyə qədər olan hissədəki konstruktiv quruluşlar müəyyən edilməlidir. Daha sonra generatora qədər olan hissədəki ilkin enerji yaranan materialdakı itkilər nəzərə alınmalıdır. Bundan sonra enerji çeviricilərinin sayı və gücləri seçilməlidir. İnşaat quraşdırma işlərinin həcmi müəyyən edilməlidir. Bu işlər bir neçə variantda yerinə yetirilməlidir.

İqtisadi hesabatda enerji mənbəyinin bir neçə variantda avadanlığının və inşaat quraşdırma işlərinin dəyəri, istehsal olunacaq məhsulun həcmi, maya dəyəri və satışdan əldə olunacaq ümumi məbləğ müəyyən edilir. Biznes planının tərtibində istehsalın bütün istiqamətləri üzrə mədaxil məbləği hesablanır. Məxaric hissəsində layihənin hazırlanmasına onu tikəcək qrupun əmək haqqının, avadanlığın alınmasına və gətirilməsinə, texniki-quraşdırma işlərinin aparılmasına, mənbəyin istismarına onun amortizasiya, təmirinə, vergi və bank xidmətlərinə sərf olunan məsrəflər tapılır. Bu qiymətlər əsasında layihələrdən əldə olunaçaq xalis gəlir məhsul istehsalının rentabelliğini, tələb olunan investisiya qoyuluşu, ümumi rentabellik, investisiya qoyuluşunun effektivliyi və investisiya qoyuluşunun ödəmə müddəti müəyyən edilir. Qeyd edilən

metodika əsasında ən optimal göstəricilərə malik layihələr seçilir.

## **Alternativ enerji mənbələrinin ekoloji göstəricilərə görə qiymətləndirilməsi**

Dünyada hər il atmosfərə enerji mənbələrinin istismarı nəticəsində küllü miqdarda müxtəlif maddələr tullanır. Görünür ki, atom enerjisi mənbəyinin texniki layihəsi, digər mənbələrlə müqayisədə daha çox ekoloji üstünlüyə malikdir.

Kömür yanacağında idarə olunmayan reaktiv tullantılar atom enerjisinə nisbətən 400 dəfə çoxdur, eyni zamanda zərərli maddələr çoxluq təşkil edir və “İstilik” çirklənməsi də atom enerjisi mənbəyində daha çoxdur. Bu işə atmosferdə iqlim tarazlığının pozulmasına səbəb olur. Hər il bir MVt elektrik gücünə düşən ətraf mühitə tullanmış müxtəlif maddələrin miqdarı aşağıdakı cədvəldə verilmişdir.

**Cədvəl 1.2**

S №	Tullantıların adları	Ölçü vahidi	İstilik və atom elektrik stansiyaları		
			kömür	mazut	atom
1.	Oksigen sərfi	min ton	8	8	—
2.	CO <sub>2</sub>	min ton	10	10	—
3.	O <sub>2</sub>	min ton	140	55	—
4.	NO <sub>2</sub> – azot oksidi	min ton	20	20	—
5.	Uçucu kül	min ton	5	0,7	—
6.	CO – karbon	min ton	0,5	0,01	—

	oksidi				
7.	Toz şəkilli tullantı	min ton	350	—	—
8.	Yanmaya sərf olunan hava	$10^6 \text{ m}^3$	29	29	—
9.	Aktiv maddələrə qarışdırılan hava	$10^6 \text{ m}^3$	500	1,6	0,08
10.	Tikinti sahəsi	$100 \text{ m}^2$	1,2...1,4	0,15...0,5	0,3...0,5

## Çayları sularının enerjisi

Çayları böyük çayların qolları olduğundan onların saniyədəki su sərfi nisbətən az və eyni zamanda yüksək sürətə malik olur. Bu çayların su sərfi ilin yaz və payız aylarında yağışların artması ilə əlaqədar olaraq onların sərfi artır, daha güclü enerji mənbəyinə çevrilir. Yağış sularının miqdarı artdıqca çaylara çoxlu miqdarda daş, quru ağac hissələri və torpaq daxil olur və onlar çayların axarı boyunca mənbədən mənbəyə doğru hərəkət etdirilir. Çaylarının su sərfi il ərzində geniş diapazonda dəyişir. Çaylarında su axımının (cərəyanının) miqdarı artdıqca onun töküldüyü çay suyunun da sərfi artır. Bu hal da əlavə problemlərin yaradılma ehtimalını çoxaldır.

Odur ki, çayların enerjisindən istifadə etməklə onların üzərində kiçik HES-lər tikilməsi ilə, onun törədə biləcəyi fəsadların da aradan qaldırılması iqtisadi cəhətdən çox əhəmiyyətli ola bilər. Onlar aşağıdakılardır: 1. Çayların və onların töküldüyü böyük çaylar daşması ilə münbit torpaqların su altında qal-

ması və bədbəxt hadisələrin azalmasına nail olunar. Əlavə xərclərə ehtiyac yaranmaz. 2. Çayların üzərindəki kiçik HES – lər onlara yaxın, həm də əsas enerji şəbəkəsindən uzaq olan məntəqələrin enerji təchizatını yaxşılaşdırar, əlavə iş yerləri aradar və büdcəyə vergi ödəyər. 3. Çayların üzərində, həm də bəndin tikilməsi HES–ə yaxın ərazidə torpaqların suvarılma imkanlarını artırır, meyvəçiliyin və heyvandarlığın inkişafına şərait yaradar ki, bu da ölkənin daxili məhsul istehsalını artırır. Çayının töküldüyü çayın su sərfinin tənzimlənməsinə imkan yaradar. 4. Çayları üzərindəki bəndlərin su hövzələri balıqçılığın inkişafına münbit şərait yaradar. Bu da büdcəyə əlavə mədaxildir. 5. Çayların üzərindəki HES–lər ətraf mühütü çirkləndirmir. Kiçik HES–lər ətraf mühitə heç bir zərərli tullantı buraxmamaqla, iqtisadi cəhətdən səmərəli olmaqla, ucuz elektrik enerjisi istehsal etməklə yanaşı, aşağıdakı çatışmazlığa da malikdir.

a) Çayı üzərində HES – in tikilməsi və istismarı üçün çətin dağ relyefi şəraitində kommunikasiya şəbəkəsinin çəkilməsi zərurəti yaradır. b) Çayı üzərindəki bəndin yaratdığı su hövzəsindəki suyun səviyyəsi qalxdıqda, ətraf sahələrdə qrunut suyunun torpağın səthinə doğru qalxmasını artırır.

Bu da hövzənin ətrafındakı meşələrin ağaclarına mənfi təsir edir.

## Azərbaycanın çayların təsnifatı

Azərbaycanın bütün çayları Xəzər dənizi hövzəsinə daxildir. Respublika daxilindəki çayların sayı 1250–dən artıqdır. Onların çox hissəsi kiçik dağ çaylarıdır. Azərbaycan kiçik dağ çayları ölkəsidir.

Lənkəran, Qobustan və Xaçmaz-Quba çayları Xəzər dənizinə tökülür. Respublikanın qalan rayonlarından keçən çaylar Kür və Araz çaylarına tökülür. Alternativ enerji mənbələrinin tikilməsi üçün əsasən dəniz səviyyəsindən hündürlüyü daha yüksək olan çaylar diqqətçəkən olur. Hündürlüyü 2200–dən 1000 m-ə qədər dəniz səviyyəsindən hündürlük zonasından axan çaylar, əsas etibarilə tranzit xarakteri daşıyır, qismən təsərrüfat ehtiyacları üçün istifadə edilir. Hündürlüyü dəniz səviyyəsinə görə 1000 m-ə qədər olan zonadakı çaylar tamamilə tranzit xarakteri daşıyır və təsərrüfatlarda geniş sürətdə istifadə edilir.

Respublikanın relyefinin və iqlim şəraitinin mürəkkəbliyi və eyni zamanda müxtəlifliyi, çayların su rejimlərinin müxtəlifliyinə səbəb olur. Bu xüsusiyyət respublikanın bütün çaylarını iki qrupa ayırmağa imkan verir: 1. Qarların əriməsi nəticəsində daşan çaylar, yəni səviyyəsi və ya suyunun miqdarı uzun müddət yüksək olan çaylar; 2. Yağışlar nəticəsində daşan çaylar, yəni səviyyəsi ara-sıra qısa bir müddətdə qalxan və enən çaylar. Aparılan tədqiqatlar nəticəsində aşağıdakı çaylar üzərində kiçik HES–lər tikilməsi məqsədə uyğun hesab edilmişdir: 1. Qusar çay Kuzun; 2. Qudyal

çay Susyan yüksəkliyi; 3.Qudyal çayı Xınalıq sahəsində; 4.Viləş çay Yardımlı ərazisində; 5.Viləş çay Şıxlar ərazisində və i.a. Belə çayların sayı 20–ə qədərdir. 1930–cu ildən Azərbaycan çaylarının su sərfinə aylar üzrə nəzarət etmək və müvafiq ölçmələr aparmaq üçün onların üzərində xüsusi məntəqələr fəaliyyət göstərir. 2003–cu ildən bu məntəqələrin xeylisi götürülmüşdür.

Azərbaycan Respublikası da çoxlu sayda dağ çaylarına malik olduğundan ölkədə kiçik güclü HES–lərinin yaradılması ölkə iqtisadiyyatına əhəmiyyətli gəlir gətirər. Bu işlərin aparılması üçün geniş elmi–tədqiqatların aparılması müasir və gələcək dövrün aktual problemidir. Belə tədqiqatların nəticələri menecmentlərin əllərində əhəmiyyətli material olacaqdır.

### **Çayların suyunun enerjisində istifadə sxemləri**

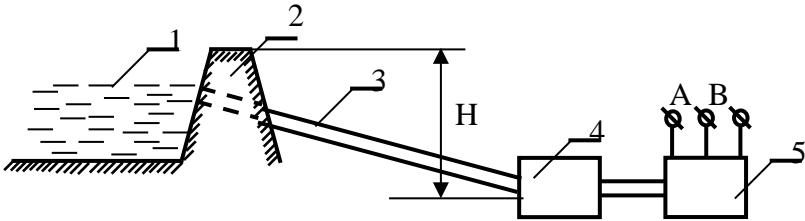
Axan su kinetik enerjiyə malikdir:

$$W_{kin} = \frac{mV^2}{2} .$$

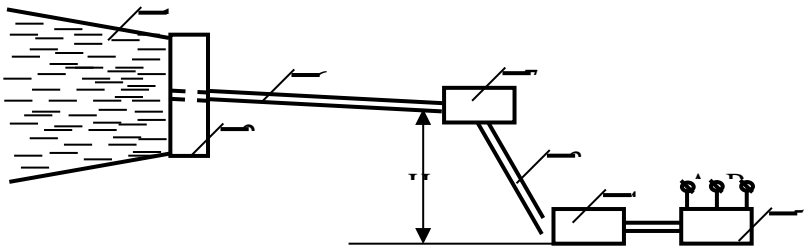
Burada  $W_{pot} = mvH$ ;  $m$  – suyun miqdarı,  $kg$ ;  
 $v$ –suyun hərəkət sürəti,  $m/san$ ;  $H$ –suyun dibi ilə səviyyəsi arasındakı hündürlüklər fərqi və başqa sözlə, gölün hündürlüyüdür.

Çayların suyunun qabağı kəsildikdə çayın suyu gölə çevrilir. Bu zaman axan su özünün malik olduğu kinetik enerjini potensial enerjiyə çevirir. Belə halda potensial enerjinin mənbəyi yaranır:

Bu enerji növlərindən istifadə etmək üçün çaylar üzərində Hidro Elektrik Stansiyaları qurulur. Onların gücləri adətən 5 MVt–dan az olur. Çayları üzərindəki HES–lər həm bəndli, həm də bəndsiz tikilir. Bəndli HES–lərdə çayın axma sürətinin qarşısını bənd kəsir. Axar su göl yaradır. Yəni potensial enerji mənbəyi yaradır. Suyun malik olduğu potensial enerji yenidən kinetik enerjiyə çevrilir və həmin enerji trubinin valına verilir. Trubinin valında kinetik enerji mexaniki enerjiyə çevrilir. Həmin enerji hesabına trubin ilə bir val üzərində generatorun valı fırladılır. Nəticə olaraq, elektrik enerjisi istehsal edilir. Bu proses aşağıdakı sxemlər üzrə yerinə yetirilir (sxem 1.14 və sxem 1.15).



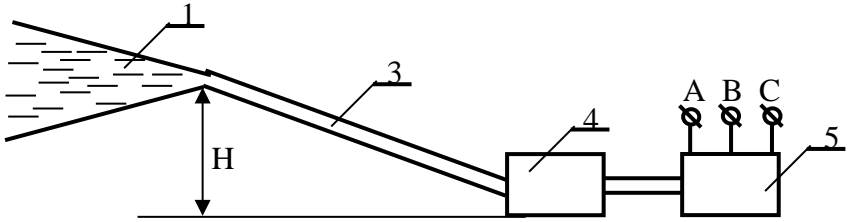
**Sxem 1.14**



**Sxem 1.15. 1 – gölün suyu, 2 – bənd, 3 – təzyiq borusu, 4 – trubin, 5 – generator, 6 – ötürücü kanal, 7 – təzyiq tənzimləyicisi**



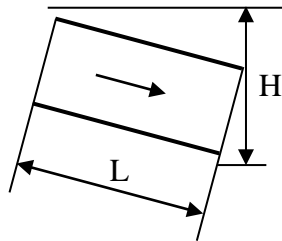
Bəndsiz (sxem 1.16) HES–lər çayın suyunun sürətli axarlı hissəsində qurulur. O hissədə su böyük kinetik enerjiyə malik olur. Belə HES–lərdə su toplanır və kinetik enerjisi təzyiq borusu vasitəsi ilə birbaşa turbinin valına ötürülür. Generatorun valı fırladılır və elektrik enerjisi hasil edilir.



**Sxem 1.16**

### Çayların hidroenergetik hesabı

Çayları üzərində tikiləcək kiçik güclü HES – in turbinin valına ötürülən enerji aşağıdakı düsturlardan tapılır:



**Şəkil 1.17**

$$P = 1000 Q \cdot H, \quad \text{kg} \cdot \text{m} / \text{san} \quad \text{və ya}$$

$$P = 1000 \cdot Q \cdot H / 75 = 13,33 Q \cdot H, \quad \text{a.q.} \quad \text{və ya}$$

$$P = 1000/75 \cdot 1,36 = 9,81 \text{ kVt.}$$

Burada  $Q$ –boru ilə axan suyun sərfidir ( $\text{m}^3/\text{san}$ );  
 $H$ –borunun əvvəli ilə sonu arasındakı hündürlüklər fərqi, (m);

Borunun su sərfi aşağıdakı ifadədən tapılır:

$$Q = \omega V, \quad \text{m}^3/\text{san}$$

Burada  $\omega$ –boru ilə axan suyun sürətidir, m/san;  
 $V$ –borunun en kəsiyidir,  $\text{m}^2$ .

Bu düsturlardan aydın olur ki, trubinin valına ötürülən gücün qiyməti təzyiqliq borusunun su sərfindən və borunun əvvəli ilə sonu arasındakı hündürlüklər fərqinin qiymətindən asılıdır. Kiçik güclü HES –in generatorunda hasil edilən enerjinin gücü aşağıdakı düsturdan tapılır:

$$P_{el} = P \cdot \eta_{tr} \cdot \eta_{ötür} \cdot \eta_{gen} , \quad \text{kVt.}$$

Burada  $\eta_{tr}$  – trubinin f.i.ə.;  $\eta_{ötü}$  – ötürmənin f.i.ə.

$\eta_{gen}$  – generatorun f.i.ə.;  $\eta_{tr} = P_{tr}/P$  ;  $\eta_{ötü} = P_{gen}/P_{tr}$  ;

$\eta_{gen} = P_{el}/P_{gen}$  ;  $\eta_{HES} = \eta_{tr} \cdot \eta_{ötür} \cdot \eta_{gen}$ –HES-in f.i.ə.–dır.

HES–in hasil etdiyi güc isə aşağıdakı ifadədən tapılır.

$$P_{el} = P \cdot \eta_{HES}.$$

## Su kanalları hidroenergetik hesabat

Su kanalının enerjisindən istifadə edilməsinin Çayların suyunun enerjisindən və digər enerji mənbələrinə nisbətən istifadənin əhəmiyyətliyi aşağıdakılardır:

1. Kanalların su sərfi onun balansında olduğu müəssisə, səhmdar cəmiyyətin rəhbəri tərəfindən aylar üzrə su sərfi limitinə uyğun təmin edilir.

2. Kanal suyunun su sərfi ilin mövsümləri üzrə dəyişdirilir. Qalan müddətlərdə isə sabit qalır.

3. Kanalların yanları ilə kanal boyunca nəqliyyat yolları da çəkildiyindən kanal üzərində hər hansı bir tikinti quraşdırma işlərinin aparılması üçün əlavə yolların çəkilməsinə ehtiyac qalmır.

4. Su kanalları yaşayış sahələrinə yaxın məsafədən keçdiyindən onların üzərində tikilmiş HES-dən alınmış enerjinin ötürülməsi və işlədicilərə çatdırılması az məsrəflə başa gəlir.

5. Kanalın üzərində HES tikilməsi üçün əlavə bənd tikintisinə ehtiyac qalmır.

6. Su kanalları üzərində kiçik güclü HES-lərin tikilməsi üçün yarana biləcək əlavə tədbirlərə zərurət yaranmır.

Su kanalının cəld axımlı hissəsində su təzyiq borusunun uzunluğu kanalın həmin hissəsinin konstruktiv quruluşundan asılı olur.

Bir qayda olaraq, su kanallar vasitəsi ilə hündürlüyü yüksək olan yerdən aşağı olan yerə axır. Kanalların çəkilişi zamanı onlar bir-birindən fərqli yer quruluşuna malik sahələrdən keçdiyinə görə, kanal boyunca cəldaxımlı hissələri də ola bilər. Həmin hissələrdə qısa məsafədə su böyük basqıya, yəni böyük enerji potensialına malik olur. Odur ki, bu enerjinin elektrik enerjisinə çevrilərək ötürülməsi iqtisadi cəhətdən çox

səmərəlidir. Bu baxımdan kanalların cəldaxımlı hissələrində alternativ enerji mənbəyi kimi kiçik HES-lərin tikilməsi məqsədəuyğun hesab olunur.

Kanallarda çaylarından fərqli olaraq bəndin əvəzinə su toplayıcı konstruktiv quruluşdan istifadə edilir və su borular vasitəsilə trubinin girişinə verilir. Bu prosesin optimal saylı və en kəsikli borularla trubinlərə verilməsi üçün trubin generatorların tələbat güclərinə görə həmin boruların sayı və en kəsik sahələri hesablar vasitəsi ilə təyin edilir. Bu zaman borularla ötürülən suyun malik olduğu basqının və itkilərin qiymətləri hesablanır.

Boru ilə hərəkət edən suyun sürəti:

$$v = \sqrt{\frac{2gdh}{fL}}, \quad v = \sqrt{\frac{\frac{m}{S^2} \cdot m \cdot m}{m}} = \frac{m}{S}.$$

Boru ilə suyun sürtünməsinin yaratdığı itkilər:

$$h_s = \frac{fLv^2}{2gd}$$

burada  $f$ –suyun sürtünməsindən asılı olan əmsal (dəmir və çuqun borular üçün  $f = 0,02$ ) ;L-borunun uzunluğu.

$$v = \frac{Q}{S}; \quad S = \frac{\pi \cdot d^2}{4}; \quad d = 2\sqrt{\frac{Q}{\pi v}}; \quad g = 9,81 \frac{m^2}{S}.$$

Onda Klassik metod:

$$P = 9,81QH.$$

Kiçik HES – in qoyuluş gücü:

Sialkovski metodu:

$$P = A \cdot Q_o \cdot K_p \cdot H \cdot 24 / T$$

$$N = A \cdot Q_h \cdot H_h \cdot 24 / T.$$

Burada A-trubini ilə generatorun birləşmə üsulundan götürülür,  $A=6\dots7$ ;  $Q_o$ –illik orta sərfi,  $m^3/s$ ;

$K_p=Q_h/Q_o$ –hesabat modul əmsalı;  $Q_h$ –aylıq hesabat sərfiyyatı,  $m^3/s$ ;  $H_h \leq (H_{max}+H_{min})/2$ ; T–HES–in sutkalıq iş saati.

Turbinin girişindəki suyun malik olduğu güc Çaylarınüzərindəki HES–lərin təzyiq borusunun sonundakı gücün tapılması üsulu ilə tapılır.

$$P = 9,81QH, \text{ kVt}; \quad P = 13,33QH, \text{ a.q.}$$

$$P = 1000QH, \text{ kq} \cdot \text{m.}$$

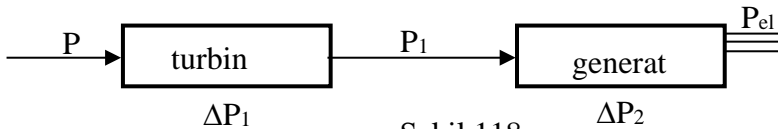
Burada Q–suyun sərfi,  $m^3/san$ ; H–suyun həmin nöqtədəki baskısı, m; P = suyun malik olduğu güc.

Bütün hesabatlar su sərfinin mövsümlər üzrə dəyişən qiymətləri əsasında aparılmalıdır.

Kanalların üzərində qurulmuş HES–lərin turbin-generator blokunun hesabatları da Çaylarınüzərindəki HES–lərin hesabatları kimi aparılır:

$$P_{el} = P \cdot \eta_{tr} \cdot \eta_{ötür} \cdot \eta_{gen} \quad \text{kVt.}$$

$$\eta_{tr} = P_1 / (P_1 + \Delta P); \quad \eta_{ötür} \approx 1; \quad \eta_{gen} = P_{el} / (P_{el} + \Delta P_2).$$



Şəkil 118

HES–in turbin-generator blokuna daxil olan avadanlıqlar aşağıdakı şərtlər nəzərə alınmaqla seçilir:

1.Kanalın suyunun minimum sərfinin malik olduğu enerjidən tam istifadə olunması; 2.Su sərfinin artması ilə yeni blokların işə salınmasını nəzərdə tutulması; 3. Kanalın istismar dayanıqlılığının aşağı salınmaması; 4.HES–də istehsal olunacaq elektrik enerjisinin qoşulacağı şəbəkənin parametrlərinə uyğunluğunun və enerjinin keyfiyyət göstəricilərinin eyniliyinin təmin edilməsi; 5.Ucuz səmərəli elektrik enerjisinin istehsalına nail olunmasının təmin edilməsi; 6. Ətraf mühitə heç bir ziyanlı təsir edilməməsinin təmin edilməsi.

Kanalın üzərindəki HES–lərin texniki, iqtisadi və ekoloji hesablatları dağ şaylarının HES–inin metodikasına uyğun aparılması ilə yerinə yetirilir.

### **Kiçik güclü HES-lərin layihələrinin təhlili**

Alternativ enerji mənbəyinin, kiçik güclü HES–in tikilməsindən əvvəl çayın göstəricilərini, yəni su sərfi, onun axma sürəti, çayın sahilinin hündürlüyü və torpağın tərkibi təyin edilməlidir. Sadə HES–lərin texniki-iqtisadi rəyə qərarı işçi layihələr hazırlamadan da verilə bilər. Ancaq mürəkkəb HES–lərə isə layihələndirmənin bütün müddəaları yerinə yetirildikdən sonra rəy verilə bilər.

Layihə tapşırıqlarına aşağıdakılar daxildir:

a) Çayın baxılan hissəsindəki su axımından istifadənin sxemi; b) HES elektrik enerjisi ilə təmin edəcək tələbedicilərin ümumi gücü və yük qrafiki; c) HES–in

əsas qurğularının tipi, ölçüləri; ç) HES–in təqribi dəyəri; d) HES–də hasil ediləcək və işlədiciyə çatdırılacaq gücü və onun dəyərini; e) Tikintisi nəzərdə tutulan HES–in texniki imkanları və iqtisadi məq-sədyönlülüyü; ə) Texniki layihənin proqram-smeta sənədləri; f) Tikintiyə tələb olunacaq əsas material və avadanlıqların siyahısı.

Layihənin tərtibi üzrə işlər üç hissəyə bölünür:

a) Hazırlıq işləri; b) Yerli müayinələr. Bura elektrik tələbedicilərin gücü, xətlərin və yolların trassaları və i.a. aiddir; c) Texniki layihənin hazırlanması.

Tərtib edilmiş texniki layihənin maliyyələşdirilməsi üçün fiziki və hüquqi şəxslərə təqdim edilir.

Alternativ enerji mənbələrinin layihəsinin hazırlanması, inşa və istismar edilməsi üçün ilk öncə seçilmiş mənbəyin enerji potensialı müəyyən edilməlidir. Həmin enerji potensialından istifadə edilməsinin təşkili üçün onun təcrübələr və çoxillik məlumatlar əsasında enerji potensialının zamandan asılı (günlük, aylıq, illik) olaraq dəyişmə qrafiki tərtib olunur. Bunun əhəmiyyətli olacağı məlum olunur. Həmin sxemə uyğun olaraq texniki layihə və iqtisadi əsaslandırılma aparılır. Texniki hesabat dağ çayının enerji potensialını elektrik enerjisinə çevirəcək hidroelektrik stansiya-sının (HES) məntiq sxeminə uyğun hidrotubinə qədər olan hissədəki güc itkiləri hesablanır. Hidrotubinin ötürmənin və generatorun faydalı iş əmsalı nəzərə alınmaqla istehsal ediləcək güc tapılır. Bu gücdən istifadə etməklə gündəlik, aylıq və illik enerji istehsalı

hesablanır. Bunla birlikdə həmin mənbədən əlavə enerji istehsal edilə biləcək bütün mənbələr müəyyən edilir. Bunların əsasında bütün mənbələrdən illik mədaxillər tapılır.

Əsas istehsal sahəsi olan aylıq, illik enerji istehsalı aşağıdakı düsturdan tapılır.

$$\text{Aylar: } W_{\text{or.ay}} = P_{\text{orta.ay}} \cdot T_{\text{or.ay}} ; W_{\text{or.il}} = P_{\text{orta.il}} \cdot T_{\text{or.il}} ;$$

$W_{\text{or.ay}}$ ,  $W_{\text{or.il}}$ —aylıq və illik elektrik enerjisi istehsalının miqdarıdır, (kVt.s);  $P_{\text{orta.ay}}$ ,  $P_{\text{orta.il}}$ —aylıq və illik istifadə edilən orta gücün qiymətidir, kVt;  $T_{\text{or.ay}}$ ,  $T_{\text{or.il}}$ —aylıq və illik trubinin gücündən istifadə saatlarının orta qiymətidir, s.

Hesabatların daha yığcam olması üçün onu il müddətinə aparılmasını məqsədə müvafiq hesab edirik.

İl ərzində elektrik enerjisi istehsalından əldə olunan mənfəət aşağıdakı kimi hesablanır:

$$G_{\text{or.il}} = W_{\text{or.il}} \cdot C.$$

Burada  $C$  – bir kVt·s enerjinin dəyəridir, man;

$G_{\text{or.il}}$  – illik orta mənfəətdir, man.

Kiçik güclü HES–lərdə istehsal olunan enerjinin bir hissəsi onun xüsusi sərfiyyatına sərf edilir. Eyni zamanda, enerjinin işlədicilərə çatdırılması prosesində istehsal olunmuş enerjinin bir hissəsi itkiyə səbəb olur. Bu xalis mənfəəti azaldır.

$$C_{\text{xal.or.il}} = C_{\text{or.il}} - C_{\text{il.x.s.}} - C_{\text{il.itki}} .$$

Burada  $C_{\text{xal.or.il}}$ —işlədicilərə çatdırılan orta illik enerjinin dəyərindən əldə edilən mədaxildir, man;

$C_{\text{il.x.s.}}$ —HES–in xüsusi sərfiyyata sərf olunan enerjinin dəyəridir, man;  $C_{\text{il.itki}}$ —generatorun sıxacında istehsal



edilən enerjinin işlədicilərə çatdırılmasına qədər olan hssədəki itkilərin orta illik dəyəridir, man.

HES–in illik orta mənfəəti isə aşağıdakı düsturla tapılır:

$$C_{\text{HES.il}} = C_{\text{xal.or.il}} + C_{\text{əl.or.il}}.$$

Burada  $C_{\text{əl.or.il}}$ –əlavə mənbələrdən orta illik məda-xildir, man.

Ümumi məxariclər isə aşağıdakı ardıcılıqla he-sablanır:

1. Layihənin başa çatdırılmasını təmin edəcək gru-pun xərcləri ( $C_1$ ). Bura qrupun əmək haqqı, ezamiyyə, dəftərxana, telefon xərcləri daxildir.

$$C_1 = C_{1.ə.h} + C_{1.ezam.} + C_{1.dəf} + C_{1.telf}.$$

2. A.E.M –nin işçi layihəsinin hazırlanması xərcləri ( $C_2$ );  $C_2$  – müqavilə əsasında müəyyən edilir.

3. Avadanlıqların alınması və gətirilməsi xərcləri ( $C_3$ ): a) trubin-generator blokunun alınması; b) yar-dımçı avadanlıqların alınması; c) avadanlıqların gəti-rilməsinə nəqliyyat; ç) gömrük xərcləri.

$$C_3 = C_{3.gen} + C_{3.yard} + C_{3.nəq} + C_{3.köm.}$$

4. Torpağın alınması, tikinti quraşdırma və sazlama işləri xərcləri ( $C_4$ ).

Bu iş, layihəni maliyyələşdirən hüquqi şəxsin və-saiti ilə öz gücü hesabına və müqavilə əsasında ten-derdə qalib gələn şirkət tərəfindən aparılır. Tikinti qu-raşdırma işlərinin dəyəri işçi layihə əsasında tərtib olunmuş smeta əsasında müəyyən edilir. Bura-tikinti materiallarının dəyəri, əmək haqqı xərcləri və maşın mexanizmi xərcləri, tikinti müəssisənin gəlirini təşkil

edən xərclər və tikintisi başa çatmış mənbəyin sazlanıb işə buraxma xərcləri daxildir.

$$C_4 = C_{4mat} + C_{4ə.h} + C_{4m.m} + C_{4gəlir} + C_5.$$

5. AEH–nin illik istismar xərcləri ( $C_5$ ). Bu bölməyə AEH–ni istismar edən işçi heyətin əmək haqqı xərcləri, avadanlıqların amortizasiyası, təmir və müəssisənin inkişafını təmin edən fondun xərcləri daxildir.

$$C_5 = C_{5əh} + C_{5am} + C_{5təm} + C_{5sink} .$$

6. Əvvəlcədən görünməyən xərclər ( $C_6$ ).

Bu xərc tikinti quraşdırma işlərinin ümumi smeta dəyərinin 3 % həcmində götürülür:

$$C_6 = C_4 \cdot 0,04.$$

7. Vergi ödəmələri və bank xidməti xərcləri ( $C_7$ ).

$$C_7 = C_{7ver} + C_{7bank} .$$

8. Beləliklə, istehsaldan ümumi illik məxaric ( $C'$ ).

$$C' = C_5 + C_6 + C_7 .$$

9. Beləliklə, illik xalis gəlir tapılır ( $K$ ).

$$K = C_{il} - C'.$$

10. Məhsul istehsalının rentabeliliyi ( $P_{məh}$ ):

$$P_{məh} = \frac{K}{C_3} \cdot 100\% .$$

11. Tələb olunan investisiya qouluğu:

$$İ = C_1 + C_2 + C_3 + C_4 + C'.$$

12. Ümumi rentabellik ( $P_{üm}$ ):

$$P_{üm} = \frac{K}{İ} \cdot 100\% .$$

13.İnvestisiya qouluğunun effektivliyi ( $E$ )

$$E = \frac{K}{C_1 + C_2 + C_3 + C_4}$$

14. İnvestisiya qouluşunun ödəmə müddəti:

$$T = \frac{C_1 + C_2 + C_3 + C_4}{K}$$

Layihənin ekoloji qiymətləndirilməsi layihələndirilən HES–in malik olduğu gücün alınması üçün kömür və mazutla işləyən gücün alınmasına görə törədilən ekoloji fəsadla hesablanır: 1. Su hövzəsi altında qalan sahə. Bu sahə layihənin yer quruluşu hesabatından tapılır. 2.Su hövzəsinin yaranması ilə hövzənin ətrafında olan münbit torpaqlarda qrunut sularının səviyyəsinin qalxması. 3. Ətraf mühitdə yaranan dəyişikliklər. Bitki genofondu, meşə örtüyü və fauna aləmində yaranan dəyişikliklər.

Alternativ enerji mənbəyinin inşası və istismarı zamanı yaranan bütün bu fəsadlar, qüvvədə olan normativ sənədlər əsasında qiymətləndirilir və layihənin texniki iqtisadi əsaslandırılmasında və onun işinin qiymətləndirilməsində nəzərə alınır.

### **Günəş batareyalarının tipləri və onların akkumulyator bloklarının doldurulmasında mövcud rolu**

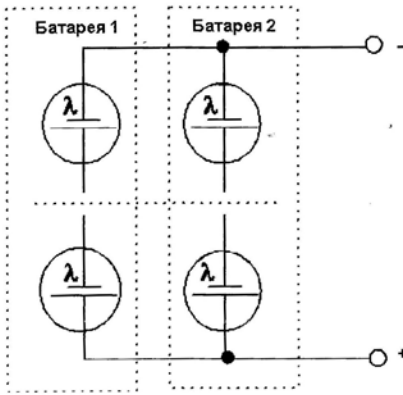
Son zamanlar MDB (müstəqil dövlətlər birliyi) məkanında ən çox istifadə olunan günəş batareyaları BCK-1 və BCK-2 tipli batareyalardır. Bəzi yerlərdə

xarici istehsal olan Çin və Koreya batareyalarından da istifadə edilir.

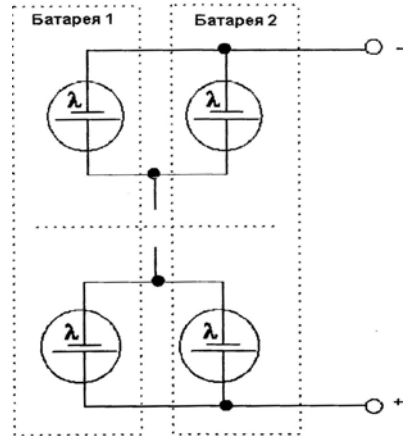
Bu tip batareyalar 35÷50 MA doldurma cərəyanına malik olur. Bu gücün alınması üçün effektiv günəş şüalarının mövcudluğu labüddür. Günəş şüalarının çox da aktiv olmayan vəziyyətində kiçik güclü akkumulyator batareyalarından istifadə edilir. Bu batareyaların tutumu 0,45 A/saat.

Bu batareyaların istifadəsində iqlim şəraiti, günəş şüalarının aktiv olduğu vaxt və fəslin hansı ayında istifadə olunması önəmlidir. 10-17 saat müddətində bu batareyaların effektiv işləməsi mümkün olur. Günün müəyyən vaxtlarında bu batareyaları müəyyən vəziyyətlərdə döndərməklə günəşin aktiv şüalarından istifadə edərək cərəyanını artırmaq olar.

Bu batareya bloklarının doldurulması üçün onlar 2 vəziyyətdə qoşulur.



Şəkil 1.19



Şəkil 1.20

1-ci vəziyyətdə batareya bloklarının bir-biri ilə paralel qoşulması; II-ci vəziyyətdə isə günəş batareyası elementlərinin paralel qoşulması mümkündür.

II-ci vəziyyətdə bu batareyaların qoşulmasının ən optimal vəziyyəti sayılır. Bu zaman batareyaların elementlərinin sayı və onların parametrləri eyni olduqda hər bir akkumulyator batareyasında yaranan e.h.q.-si də eyni olur, bu da onun bir stabil enerji mənbəyi olaraq istifadəsini asanlaşdırır.

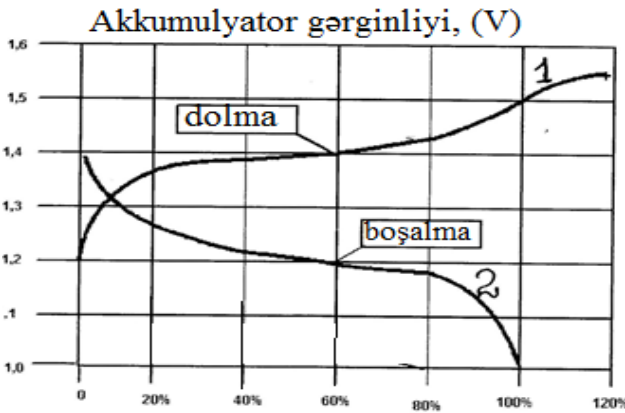
Günəş batareyasının gərginliyini artırmaq üçün onları ardıcıl qoşmaq mümkündür. Bu zaman akkumulyator blokunda yaranan yekun gərginlik, onun elementlərində yaranan gərginliklərin cəminə bərabər olur. Cərəyan isə bir elementdən keçən cərəyana bərabər olur.

Günəş batareyalarının istifadəsində mənfi cəhət onun baha başa gəlməsidir. Bu batareyaların iş rejiminin uzun müddətə hesablandığını və onun işlədiyi müddətdə əlavə kəsrlərin çəkilməməsi bu mənfi cəhəti aradan qaldırır. Aşağıda akkumulyator batareyalarının doldurulması və boşaldırılması prosesinə nəzər salaq.

Alternativ enerji mənbələrində bu prosesin günəş batareyaları tərəfindən həyata keçirilməsinə və prosesin xarakteristik xüsusiyyətinə uyğun olaraq ardıcılığı nəzərdən keçirək. Günəş şüalarının aktiv olduğu yerlərdə, praktiki olaraq müxtəlif gərginliyə və cərəyana uyğun akkumulyator batareyalarının doldurulması və onlardan istifadə üsulları mövcuddur.

Günəş şüalarının aktivliyinin daimi və uzunmüddətli olmadığını nəzərə alsaq, əsasən bu tip batareyalardan az və orta güclü obyektlərdə istifadə olunur.

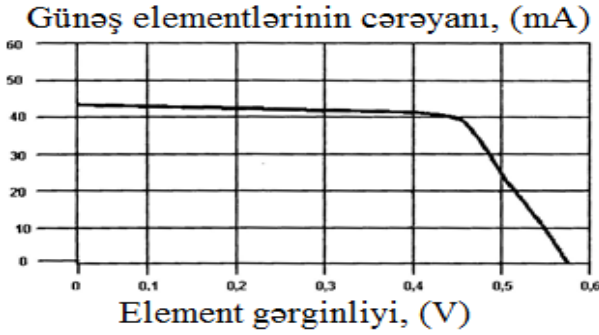
Şəkil 1.21-də günəş batareyası vasitəsi ilə akkumulyator batareyasının doldurulması və boşaldılması xarakteristikası verilmişdir.



**Şəkil 1.21**

Burada 1-ci əyri akkumulyatorun doldurulması xarakteristikası; 2-ci əyri isə onun boşalması xarakteristikasıdır.

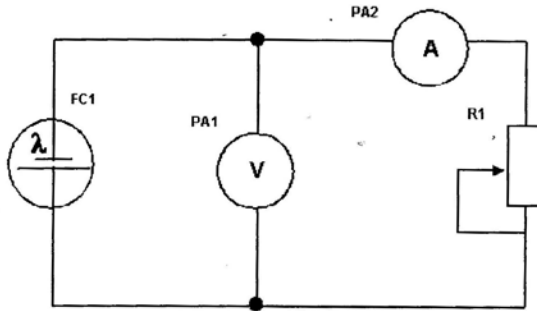
Akkumulyatorun doldurulması xarakteristikasını aydınlaşdırmaq üçün, onun günəş batareyası enerjisindən asılılığını təyin etmək üçün şəkil 1.22-də (günəş elementinin Volt-Amper xarakteristikası)-na nəzər salaq.



Şəkil 1.22

Bu xarakteristika günəş şüalarının optimal olduğu vaxtda günəş elementinin Volt-Amper xarakteristikasıdır. Bu qrafikə görə yaranan maksimum cərəyanın miqdarı, günəş elementinin gücündən asılı olaraq dəyişir. Bu asılılığı aradan qaldırmaq üçün günəş elementinin dövrəsinə dəyişən cərəyan rezistoru qoşulur. Bu rezistorun müqavimətini dəyişməklə cərəyanı və günəş elementinin gərginliyini ölçüb Volt-Amper xarakteristikasını qurmaq olur.

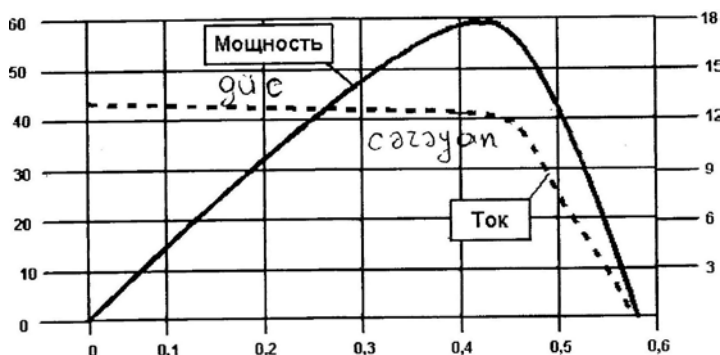
Günəş elementi dövrəsinə rezistorun qoşulma sxemi şəkil 1.23-da verilmişdir.



Şəkil 1.23

Bu sxemin qısa iş prinsipinə nəzər salaq.

Günəş elementinin yüksüz iş rejimində hər bir fotoelementdə yaranan gərginlik 0,6 V olur. Yük qoşulan zaman, rezistor müqavimətinin azalması nəticəsində, yük cərəyanı artır. Gərginlik isə nisbətən aşağı düşür. Gərginliyin təqribən 0,45 V qiymətində, günəş elementinin optimal iş rejimi yaranır ki, bu rejimdə günəş batareyası akkumulyator bloklarını doldurmaq üçün əlverişli enerji mənbəyi kimi qəbul edilir. Şəkildə günəş elementinin optimal iş rejiminin xarakteristikası verilmişdir.



Şəkil 1.24

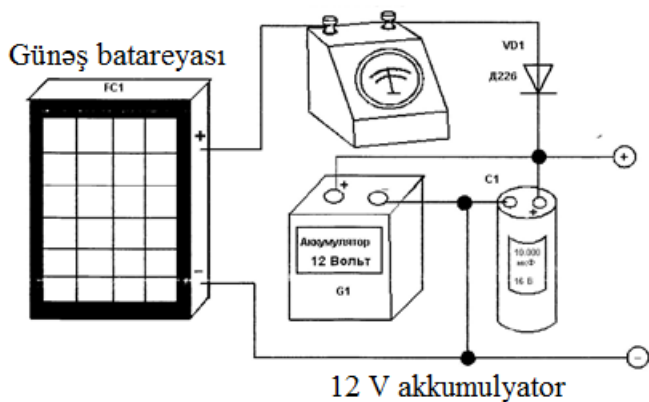
Bu qrafiki qurmaq üçün günəş elementinin gərginliyinin ayrı-ayrı qiymətlərində, onun yük müqavimətləri ölçülür. Eyni zamanda müqavimətlərin müxtəlif qiymətlərində bu yükə keçən cərəyanların qiymətləri təyin edilərək günəş elementinin güc qrafiki qurulur.



Eyni zamanda akkumulyator batareyalarının doldurulması üçün cərəyanı akkumulyatorun doldurma cərəyanına bərabər olan günəş elementlərindən istifadə edilməsi əlverişlidir. Bu zaman günəş elementi avtomatik olaraq akkumulyator batareyalarını doldurmaq üçün istifadə edilir. Bunun üçün günəş elementi diod vasitəsi ilə elementin dövrəsinə qoşulur.

Şəkil 1.25-də bu sxem verilmişdir. Günəş batareyalarının zəif olduğu zaman günəş elementinin gərginliyi azalır. Bu zaman akkumulyator batareyaları günəş elementinin daxili müqaviməti hesabına boşalır. Sxemdə C kondensatoru akkumulyatorun dolub-boşalması zamanı enerji mənbəyi kimi istifadə edilir.

Günəş elementinə ardıcıl olaraq milliampermetr qoşulur.



Şəkil 1.25

Bu milliampermetr akkumulyatoru doldurmaq üçün günəş elementindən tələb olunan cərəyanın miq-

darını göstərir. Akkumulyator blokunun dolduğunu müəyyən etmək üçün, günəş elementlərinin hər birində yük altında gərginlik 1,25 V və onların e.h.q.-si 1,36 V olması kifayətdir.

Sxemdə göstərilən VD1 diodu vasitəsi ilə gecə vaxtı akkumulyator sistemi dövrədən açılır.

### **Günəş batareyasının parametrlərinin hesablanması**

Qrafikdən görüldüyü kimi akkumulyator batareyalarının doldurulması zamanı onların gərginliyi 1,4 V-dur. Səyyar briqadalarda müəyyən sahələrdə rabitə, radio aparatlarının enerji ilə təminatı 12 V olduğuna görə, əsasən bu gərginliyin alınması üçün 10 ədəd nikel-kadmiy akkumulyatoru ardıcıl qoşulur. Bu zaman akkumulyator blokunda yaranan cəmi gərginlik  $1,4 V \cdot 10 \text{ əd} = 14 V$  olur. Nəzərə alsaq ki, hər bir günəş elementinin gərginliyi 0,45 V0dur. Deməli, yaranan 14 V gərginlik 31 ədəd günəş elementindən ibarət sistemi təmin etmək üçün yetərlidir

$$n = \frac{14V}{0,45} V = 31$$

Burada n- günəş elementlərinin sayıdır.

Diodda yaranan gərginlik düşküününün 0,7 V olduğunu nəzərə alsaq, günəş batareyası, iki ədəd artıq günəş elementinə malik olmalıdır. Yəni, günəş elementlərinin ümumi sayı  $31 + 2 = 33 \text{ əd.}$  olmalıdır.

Bu sistemin ümumi gərginliyi 19,8 Volt olur.

Deməli, gərginliyi 12 V olan akkumulyator batareyalarının doldurulması üçün ümumi gərginliyi təqribən 20 V olan günəş batareyası lazımdır. 2 ədəd ardıcıl qoşulmuş, hər birinin gərginliyi 9 və 12 V olan günəş batareyasından 12 V-luq akkumulyator batareyalarının doldurulmasında istifadə etmək olar.

Əgər iki ədəd günəş batareyasının ümumi gərginliyi 21 V olarsa, hesabat gərginliyinin 20 V olduğunu nəzərə alsaq, bu o qədər də sistemin işinə mənfi təsir göstərmir. Çünki, günəş elementlərinin hər birində günəş şüasının bərabər paylanmasına görə yaranan bu artıq gərginlik, günəş batareyası tərəfindən kompensasiya edilir. Bu zaman nəzərə alınmalıdır ki, günəş batareyasında yaranan cərəyan, akkumulyatorun doldurma cərəyanından artıq olmamalıdır. 2 ədəd ardıcıl birləşmiş günəş batareyaları, 9 V-a hesablanmış akkumulyator batareyalarının doldurulmasını qane etmir.

### **Günəş batareyalarından istifadə üsulları**

Bu batareyaların quraşdırıldığı sahənin gün ərzində günəş şüaları ilə təmin olunması çox önəmlidir. Bu zaman batareyanı təşkil edən bütün günəş elementlərinin üzərinə eyni dərəcədə günəş şüasının düşməsinin təmin edilməsi bu sistemin etibarlı qida mənbəyi olmasını təmin edir. Bütün bunların effektivliyini təmin etmək üçün, günəş elementlərini, tozdan, nəmiş-

likdən qorumaq və onların mexaniki zədələnməsinə yol verməmək lazımdır.

Günəş elementlərinin saxlanması, transportirovkası və quraşdırılması zamanı onu pasportunda verilmiş qayda və tələblərə əməl edilməlidir.

Bu batareyaların saxlanması qanuna uyğundur. Onların artıq qızmadan qorunması üçün onları ağ örtüklə və ya falqa örtüyü ilə örtmək lazımdır. Bu günəş batareyalarının işinə həm çox yüksək, həm də çox aşağı temperatur təsir edir. Bu zaman onların gücü müəyyən miqdarda azalır.

Praktikada günəş batareyaları ilə, akkumulyator batareyalarının birgə işləməsi effektiv nəticələr vermişdir. Bu zaman bir neçə komplekt günəş batareyalarından istifadə üsulları və onların nəticələri araşdırılmışdır.

Bu komplekt günəş batareyalarından biri ardıcıl qoşulmuş 2 ədəd günəş batareyasından ibarət olub, yekun gərginliyi 18 V təşkil edir. Yəni hər bir günəş elementi 9 V gərginliyə malik olmuşdur. Bundan başqa təcrübələr zamanı 12 V-luq günəş batareyasından da istifadə edilmişdir. Bu da son nəticədə 21 V yekun gərginliyə malik günəş batareyasının istifadəsini reallaşdırmışdır. Bu tip batareyalar 40 MAmpere cərəyan yaranması üçün zəmin yaratmışdır. Günəş batareyalarından istifadə edilməsində birinci təcrübə üsul gərginliyinin 18 V olduğu günəş elementləri üzrə aparılmışdır. Bu zaman günəş batareyası akkumulyator blokuna qoşulur.

Bu sxemə əsasən, ЦНК-0,45 və 1,5 НКГН tipli akkumulyator batareyalarından ibarət, gərginliyi 18 V olan akkumulyator qurğusunu keyfiyyətli enerji ilə təmin edilməsi mümkündür.

Bu akkumulyatorlarda kiçik yük cərəyanı yarandığı zaman onların günəş batareyaları tərəfindən enerji ilə təminatı əlverişli şərait yaradır. Bu günəş batareyaları gün ərzində aydın hava şəraitində akkumulyator batareyalarını kiçik cərəyan altında enerji ilə təmin edir ki, bu da bu sistemin keyfiyyətli işinə müsbət təsir göstərir.

Gərginliyi 21 V olan günəş batareyaları üçün isə bu proses fərqli olur. Yəni burada 2 ədəd gərginliyi 9 və 12 V olan günəş batareyalarından istifadə edilir. Bu tiptən olan günəş batareyaları gün ərzində günəş şüalarının aktiv olduğu zaman akkumulyator batareyalarını tam enerji ilə təmin etmək qabiliyyətindədir.

Bu enerji intensiv olaraq axşam saatlarında 1Vt gücündə olan tələbatçını fasiləsiz enerji ilə təmin edə bilər.

### **Akkumulyator batareyalarının doldurulması prosesində, təhlükəsizlik tədbirləri**

Akkumulyator batareyalarının doldurulması zamanı onların ifrat doldurulmaması üçün qaydalara əməl edilməlidir. Əgər bu baş verərsə, nəticədə akkumulyator elementləri sıradan çıxa bilər. Nəzərə almaq

lazımdır ki, məsələn 18 V-luq günəş batareyalarının 12 V-luq akkumulyatorlarının doldurulmasında heç bir ifrat doldurma baş verməz. Çünki, bu enerji ancaq akkumulyatorun 20 % yüklənməsinə zəmin yaradır. Bu prosesdə akkumulyator cərəyanı çox kiçik olur, buna da təcrübi cərəyan deyilir.

Əgər günəş batareyasının gərginliyi 21 V olarsa, bu enerji akkumulyator batareyasını doldurma cərəyanı ilə təmin edə bilər. Bu zaman səyyar şəraitdə doldurma cərəyanı 150 MA olan akkumulyatorlardan istifadə edilməsi məsləhət görülür.

Akkumulyator batareyalarının keyfiyyətli işini təmin etmək üçün, onun iş müddətinin düzgün hesablanması, hansı gərginliklə və cərəyanla işləməsi və yük cərəyanının akkumulyatorun doldurulma cərəyanına uyğunluğu nəzərə alınmalıdır.

Aşağıda İQHК-0,45 tipli akkumulyatorun iş rejiminə nəzər salaq. Bu tip akkumulyatorun doldurma cərəyanı  $I_d = 40 \text{ MAmper}$  təşkil edir.

Məsələn: bu akkumulyatorun axşam saatlarında 4 saat müddətində fasiləsiz işləməsini nəzərə alsaq, onun sərf etdiyi enerjinin miqdarı aşağıdakı formula ilə hesablanır.

$$Q = I_d \cdot T = 40 \cdot 4 = 160 \text{ Mam/saat}$$

olur.

Burada  $I_d$ -akkumulyator doldurma cərəyanı-40 MAm.; T- işlədiyi müddətli – 4 saat.

Akkumulyator batareyasının 4 saat müddətində sərf etdiyi enerjinin yerinin doldurulması üçün, tələb

olunan enerjinin miqdarı, itən enerjinin 150 %-i qədər olmalıdır. Bu şəraitdə akkumulyator batareyası tam dolmuş hesab olunur. Yəni bu zaman akkumulyator, doldurma cərəyanı 40 MAmper olmaqla, 6 saat müddətində, günəş batareyası tərəfindən doldurulmalıdır.

Rabitə və radio sistemlərdə tətbiq olunan akkumulyator batareyasının iş rejiminə nəzər salaq. Akkumulyator batareyası enerjisinin ancaq radio yayımına sərf olunmasını nəzərə alsaq, bu enerji fərqli üsulla hesablanır.

Məsələn: Radio yayım sisteminin işləməsi üçün 50 MAm cərəyan tələb olunur. Yayım zamanı isə bu cərəyanın miqdarı 150 MAm olmalıdır. əgər radio yayım sistemi 3 saat işləyibse və bunun da 30 dəqiqəsi ancaq yayıma sərf olunubsa, deməli, akkumulyator batareyası

2,5 saatda – 50 MAmper; 0,5 saatda isə - 150 MAmper cərəyan sərf etmişdir.

Akkumulyatorun işinə sərf olunan enerjini hesablayaq:

-onda radio siqnalların qəbulu zamanı bu enerji

$$50 \text{ MAm} \cdot 2,5 \text{ saat} = 125 \text{ MAm/saat}$$

-radio yayımı zamanı

$$150 \text{ MAm} \cdot 0,5 \text{ saat} = 75 \text{ MAm/saat}$$

-ümumi sərf olunan enerji

$$125 \text{ man} + 75 \text{ man} = 200 \text{ MAm/saat} \text{ olar.}$$

Deməli, akkumulyatorun sərf etdiyi enerjinin yerinin doldurulması üçün akkumulyator, doldurma

cərəyanının  $I_d = 40 \text{ MAm}$  olduqda, 7,5 saat müddətində günəş batareyaları tərəfindən doldurulmalıdır.

$$\frac{200}{40} = 5$$

$$5 \cdot 1,5 = 7,5 \text{ saat}$$

Bütün bu hesablamalardan aydın olur ki, akkumulyator batareyasının effektiv işləməsi üçün onun hansı iş rejimində istifadə olunması, bu rejimin yükünün nəzərə alınması və ona uyğun gərginliyin və cərəyanın seçilməsi vacib şərtlərdən biridir.

### **Akkumulyatorun yaddaş effektinin aradan qaldırılması**

Çox təəssüf ki, nikel-kadmiy akkumulyatorları yaddaş effektinə malikdir. Bu nə deməkdir və onun mənfi xüsusiyyəti nədən ibarətdir?

Əgər akkumulyator bir neçə dəfə tam boşalmazsa, yəni onun tam tutumunun 30 %-i qədər boşalarsa və sonradan onun doldurulması zamanı o ancaq öz tutumunun 30 %-ni sərf edir. Əsasən radio ekspedisiyalarda akkumulyatorun bu çatışmazlığı özünü büruzə verir. Buna görə də gün ərzində bu akkumulyatorlar bir neçə dəfə dolub-boşalmaya məruz qalır ki, bu da onun iş rejiminə mənfi təsir göstərir. Bu çatışmazlığı aradan qaldırmaq üçün akkumulyatorun tam dolub-boşalmasını ən azı 2 dövr təkrar etmək lazımdır.



Qeydlər: Yuxarıda biz alternativ enerji mənbələrinin ən çox istifadə olunan və istifadəsi yararlı olan üç növünə nəzər saldıq:

kiçik güclü MikroSES-lər; külək enerji mənbələri; günəş enerji mənbələri.

Nəzərə alsaq ki, ənənəvi enerji mənbələri, neft, qaz, daş kömür və s. ehtiyatları daimi olmadığı son zamanlar təbii enerji mənbələrindən istifadə, bu istifadə üsullarının təkmilləşdirilməsi və bu təbii enerji mənbələrindən etibarlı enerji alınması qaydalarının araşdırılması həyata keçirilir.

Buna görə də bütün dünyada, eləcə də Avropada alternativ enerji mənbələrindən istifadə sahələri genişləndirilir. Ölkəmizdə də bu istiqamətdə önəmli işlər görülür, təcrübə sahələri yaradılır. Mütəxəssislərin rəyinə əsasən yaxın onillikdə, yəni 2020-2030-cu illərə qədər Avropada alternativ enerji mənbələrindən istifadə, ümumi enerji istehsalının 15 ÷ 20 %-ni təşkil edəcək ki, bu da xeyli miqdarda yanacaq qənaət olunmasına ekoloji vəziyyətin xeyli yaxşılaşmasına səbəb olacaq.

Ənənəvi alternativ enerji mənbələrindən başqa, digər enerji mənbələri:

bioyanacağın yandırılması; dəniz dalğalarının enerjisi; hidrogen enerjisi; termal enerji mənbələrinin öyrənilməsi, onun sənaye, kənd təsərrüfat sahələrində tətbiq edilməsi üsulları öyrənilir və təcrübədən keçirilir.

## Günəş enerji qurğuları. Günəş buxar-güc qurğuları

Günəş enerjisini mexaniki işə çevirmək üçün kollektor-buxar maşınlarından istifadə olunmalıdır. Müasir istilik elektrik stansiyalarının generatorlarını günəş kollektoru hərəkətə gətirir. Daxili yanacaq mühərriklərinin yanma kamerasını, necə deyirlər, kollektor əvəz etməlidir.

İlk baxışda belə düşünmək olar ki, həddindən artıq böyük radiasiya enerjisi toplanmış kollektordan, böyük də mexaniki güc almaq olar, ancaq məsələ belə deyildir.

İstilik maşınlarının ən böyük f.i.ə. malik olan “babası”, fransız mühəndisi Karnonun nəzəri olaraq təklif etdiyi istilik maşınıdır. Bu maşın dörd ardıcıl dönən prosesdən ibarətdir. Ona görə də f.i.ə. yalnız isti və soyuq enerji mənbələrinin temperaturlar fərqiindən asılıdır, işçi cismin enerji dəyişməsi nəzərə alınmır:

$$\eta = 1 - T_2/T_1 .$$

Mövcud olan bütün istilik maşınlarında icra olunan istilik prosesləri dönməyəndir. Ona görə də f.i.ə. isti və soyuq mənbələrin istilik mübadiləsindən asılıdır: Faydalı iş :  $A = Q_1 - Q_2$  , ona görə də  $\eta = 1 - Q_2/Q_1$  .

Əvvəldə qeyd etdiyimiz kimi, kollektorda temperatur artdıqca faydalı istilik azalır, çünki istilik itkiləri çoxalır. Ona görə də Günəş enerjisini buxar-güc qurğularında mexaniki işə çevirmək üçün, kollektor və istilik maşını bir sistemdə işləməlidir. Asanlıqla isbat

etmək olar ki, sistemin f.i.ə. kollektorun ( $\eta_k$ ) və maşının ( $\eta_m$ ) faydalı işinə görə təyin edilməlidir:

$$\eta = \eta_k + \eta_m .$$

Günəş radiyasiyasının intensivliyi  $P$  olarsa, istilik maşının gücü:

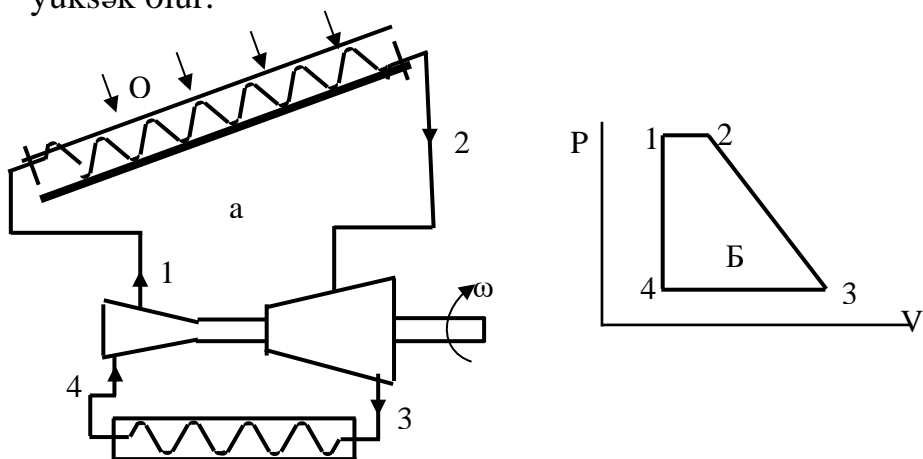
$$P_2 = \eta \cdot P \quad \text{olar.}$$

İstilik maşınlarının ən geniş istifadəli növlərinin hamısında, işçi cisim aqrekat halını, buxarlanmadan kondensasiyaya qədər dəyişir. Şəkildə sxematik olaraq, elektrik enerjisi istehsal edən istilik maşını ilə kollektorun bir sistemdə işləməsi göstərilmişdir.

Belə kollektor–maşın sisteminin f.i.ə. 40 %-ə bərabərdir və ideal Karno istilik maşının f.i.ə.-nin 60%-ni təşkil edir.

## Kollektor – istilik maşın sisteminin termodinamik sxemi

Deyilənlərdən nəticə çıxar ki, kollektor–istilik maşın sistemində nisbətən böyük f.i.ə. əldə etmək üçün müstəvi Günəş kollektorunu, yüksək temperaturlu paraboloid kollektor ilə əvəz etmək lazımdır. Bu halda istilik maşını yüksək temperaturda işləyir, f.i.ə. də yüksək olur.



**Şəkil 1.26. Kollektor – istilik maşın sisteminin  
termodinamik sxemi**

Fərz edək ki, paraboloid şüa toplayıcısının işlədiyi temperaturda, ətraf mühit də istilik şüalandırır ( $Q_s = \varepsilon \delta T^4$ ). Əvvəlcə qəbul edək ki, istilik məhdudlaşdırıcısı (izolyasiya) yalnız bir açıq səthdən şüa enerjisinin daxil olmasını mümkün edir. Bu şərtlər daxilində enerji mənbəyinin vahid səthi üçün istilik balans tənliyi aşağıdakı şəkildə olar:

$$\beta PK = P_0 + \varepsilon \delta T^4$$

burada  $P_0$ –istilik mənbəyinin vahid səthindən alınan enerji;  $K$ -paraboloid səthin toplama əmsalı;  $B$ –ötürmə əmsalı;  $P$  radiasiya enerjisinin gücüdür.

Əgər toplanan şüa enerjisi f.i.ə. Karno istilik maşınının f.i.ə.-nin 50 % -nə bərabədirsə, ( $\eta_m = \frac{1}{2} \eta_k$  91) ifadəsini nəzərə alaraq yazıla bilər:

$$P_0^1 = \frac{1}{2} \left(1 - \frac{T}{T_a}\right) (\beta \cdot P \cdot K - \varepsilon \cdot \delta \cdot N \cdot T^4)$$

burada  $T_a$ –ətraf havanın temperaturudur. Buradan isə, kollektorun vahid səthinə düşən enerji.

Kollektorun aldığı maksimum enerjiyə uyğun temperaturu təyin edə bilərik. ( $T$ ) funksiyasından törəmə alıb, sifıra bərabər edib,  $T_{\max}$  tapırıq. Baxmayaraq ki, kollektorun gücü günəşin radiasiya gücü ilə düz mütənəsbdir, ancaq temperaturun təsirindən, kollektor-istilik maşın sisteminin f.i.ə., çoxalır, yalnız 30 % -ə yaxın olur. Bu nəzəri araşdırmalar ilə yanaşı qeyd etmək lazımdır ki, toplayıcı kollektor günəşi izləməlidir.

$$P_k = \frac{P_0^1}{K} = \frac{1}{2} \left(1 - \frac{T}{T_a}\right) \left(\beta \cdot P - \frac{\varepsilon}{K} \cdot \delta \cdot T^4\right) \quad \text{olur.}$$

Günəş buxar-güc qurğularının f.i.ə. istilik akkumulyatoru olmadan çox az olacaqdır. Ona görə də günəş enerjisinin həm akkumulyasiya edilməsi, həm də, eyni zamanda, buxar-güc qurğusunu enerji ilə təmin etməsi vacib texniki məsələdir.

## **İstilik akkumulyatoru-günəş buxar-güc qurğusu**

Buxar-güc qurğularında yüksək temperatur olduğu kimi, yüksək də təzyiqli yaranır. Ona görə də istilik akkumulyatorunda enerji toplayıcı mühitin bərk cismi ilə istilik tutumu artırılmalıdır. Bu növ istilik akkumulyatoru, hətta əsas enerji mənbəyi olmadıqda belə, qısa müddətə işlədiciləri enerji ilə təmin edə bilər. Günəş radiasiyasının iqlim şəraiti ilə əlaqədar zəiflədiyi, yaxud enerji işlədicilərinin az güc ilə işlədici müddətə, istilik akkumulyatoru yük qrafikini nizamlayır.

Əgər Günəş buxar qazanının temperaturu çox yüksək olarsa, birinci kontura istilik akkumulyasiya olunur. Belə birinci istilik toplayıcı mühit yağ, bir sıra ərintilər, maye qələvi metal (məsələn, natrium) və s. ola bilər. Bu cisimlər çox yüksək temperaturu akkumulyasiya edir. İkinci kontur isə buxar turbini və generator daxil olur.

Şəkildə bir konturlu Günəş buxar qurğusu və bir-başla doldurulan istilik akkumulyatorunun sxemi göstərilmişdir. Kollektorun və yüksək temperaturlu buxarın daşıyıcı borusu istilik akkumulyatoru ilə birləşibdir. Bu hissədə yüksək təzyiqli buxar turbini işləyir (2). Alçaq təzyiqli buxar turbini (3) elektrik generatorunu işlədir, həm də onun dövrəsinə qarışdırıcı kondensator (5) və soyuducu (6) daxildir. Akkumulyatorun əsas qidalandırıcı su mənbəyi suyun ana xətti

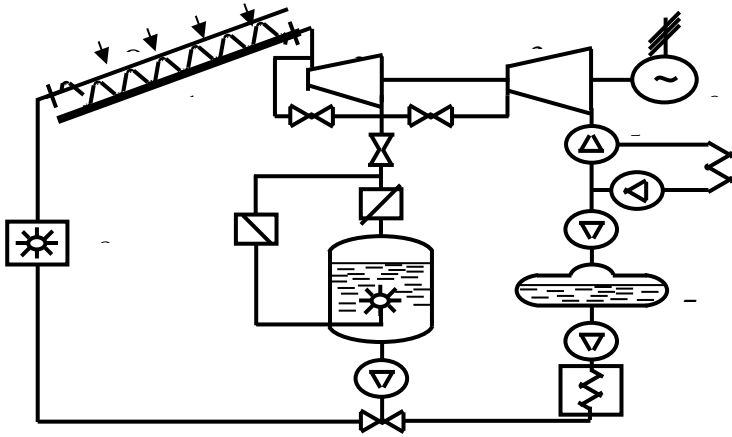
ilə əlaqələnibdir, bu istilik prosesinin fasiləsiz işləməsini təmin edir.

Göstərilən bir konturlu günəş buxar generatoru-akkumulyatoru və buxar turbinindən ibarət sistem halında bir-biri ilə texniki uyğunluq yaratmalıdır.

Şəkildə qülləli Günəş buxar qazanı və onun şüa sistemi göstərilmişdir. Günəş elektrik stansiyasında, əks etdirici müstəvi güzgülərin böyük ərazi tutmaması üçün, bir qayda olaraq qülləli buxar qazanı 200... 300 m hündür qüllədə yerləşdirilir. Nəzəri olaraq qülləli günəş buxar qazanlarında 100 MVt – a qədər elektrik gücü istehsal etmək mümkündür. Stansiyanın əhatə edəcəyi güzgünün sahəsi onun təyinatından asılıdır.

Əgər Günəş elektrik stansiyası qısa müddətdə digər istilik, yaxud atom elektrik stansiyalarını əvəz edəcəksə, həmin güclə 12 saat işləyəcək Günəş elektrik stansiyası üçün güzgü sahəsi 2 dəfə çox tələb olunur.

Digər texniki çətinlik ondan ibarətdir ki, güzgülərdən şüalar buxar qazanına çatana qədər 300 m–dən çox hava məsafəsindən keçir, ona görə də böyük istilik itkiləri olur. Əgər perpendikulyar düşən radiasiya enerjisini 100 % qəbul etsək, müxtəlif növ istilik itkilərini çıxdıqdan sonra qülləli buxar-güc qurğusunun f.i.ə. təxminən 17 % olur. Amerikanın Arizon ştatında tikilib, fəaliyyət göstərən günəş elektrik stansiyasında 1 MVt gücün istehsalına təxminən 1000 dollar xərclənmişdir.



**Şəkil 1.27. İstilik akkumulyatoru-günəş buxar elektrik generatoru**

Stansiyanın əhatə etdiyi sahə 1,5 kvadrat kilometrdir, bazis gücünü akkumulyasiya etmək üçün sutka ərzində 12, orta gücü 6, ən çox tələb olunan gücünə 3 saat vaxt tələb olunur.

Bir çox ölkələrdə əkinə yararsız torpaq sahələri çox azdır. Müqayisə üçün Azərbaycanın əkinə yararsız torpaq sahələrini və bu ərazilərin Kür çayına yaxın yerləşdiyini yada salsaq, günəş elektrik stansiyasının iqtisadi effektivini başa düşərik.

Radiasiya enerji ehtiyatı və iqlim şəraiti o qədər də əlverişli olmayan Kırım yarımadasının Kerç şəhəri yaxınlığında tikilmiş ilk günəş elektrik stansiyasının bəzi texniki göstəricilərini qeyd edək. Buxar generatoru təxminən 100 m hündürlükdə yerləşir. Ümumi sayı 1600 dənə, hər birinin sahəsi 25 m<sup>2</sup> olan müstəvi



güzgülər, diametri təxminən 1 km olan dairəvi sahəyə, çevrələr üzrə düzülmüşdür. Güzgülərin hər biri avtomatik qurğu ilə günəşin arxasına dönür ki, şüa onun səthinə perpendikulyar düşsün, qayıdan şüa isə onun qüllədəki buxar qazanının səthinə istiqamətlənsin. Beləliklə, buxar qazanında  $250^{\circ}$  temperaturu buxar istehsal olunur və buxar turbinini elektrik generatorunu fırladır. Qüllənin oturacağı altında yerləşən istilik akkumulyatoru isə buludlu və gecə fasilələrində günəş radiasiyasını əvəz edir, stansiya fasiləsiz enerji verir. İşlənmiş qaynar su xüsusi saxlama istilik akkumulyasiya “çökəkliyinə” yığılır və lazımi vaxtlarda istifadə edilir. Adi çəkilən təcrübə Krım-Günəş elektrik stansiyasının gücü cəmi 5000 kVt–dır. Yaddan çıxarmaq lazım deyil ki, dünyada ilk atom elektrik stansiyasının da gücü 5000 kVt olmuşdur, necə deyirlər, təcrübə ilk addımdan başlayır, çaylar isə xırda bulaqların suyundan yığılır. Təcrübələrdə elektrik stansiyasında texniki çatışmayan cəhətləri üzə çıxır.

Bir çox layihələrdə, qüllədə yerləşdirilmiş buxar qazanın, həm də təbii qaz ilə işləməsi nəzərdə tutulmuşdur, belə paralel işləyən Günəş-qaz yanma sistemi tam iqtisadi effektivdir. Buxar generatoru istilik sisteminin maksimum gücünə hesablanmışdır.

Gecə növbəsində alçaq təzyiqli buxar elektrik generatorunun enerjisi, yüksək temperaturu və təzyiqli akkumulyator ilə təmin edilir. Günəş radiasiyası gücləndikdə isə (gündüz) yüksək təzyiqli buxar turbinini işə düşür və akkumulyator yenidən dolmağa başlayır, xü-

susi qurğu ilə alçaq təzyiqli buxar turbinin dövrlər sayını artırır. Beləliklə, saat 6...18 arasında akkumulyator yüksək təzyiqli turbinin, dövrəsi hesabına dolan, 0...və 18...24 saat arasında işlədicilərin enerji yükünü tam ödəyən istilik akkumulyatorudur.

Günəş buxar-güc qurğuları sistemində bir sıra müxtəlif istilik akkumulyatordan istifadə edilir. Onlardan doymuş və əlavə qızdırılmış buxar ilə akkumulyasiya olunan enerji dünyanın bir çox ölkələrində günəş elektrik stansiyalarında istifadə edilir. Buxara əlavə olaraq yüksək temperatura qədər qızdırmaq üçün əlavə, yəni, dolayısı ilə enerji toplayan akkumulyatordan istifadə edilir. Məsələn, Kaliforniyanın Barstau Günəş elektrik stansiyasında (10 MVt Rəssivərdən sonra 510°C temperaturu və 10 MPa təzyiqli buxar aşağıdakı etaplardan keçir: əvvəlcə 348°C–dək soyudulur və enerjinin bir hissəsi akkumulyasiya olunur, soyuma hesabına 226°C–li kondensator alınır, istilik akkumulyatorunun qızdırıcı elementi öz növbəsində yağ və çay daşı olan mühitə (dolayısı akkumulyatora) enerji toplayır, yer altında yerləşdirilmiş dolayısı akkumulyator buxar generatorunun 277°C temperaturu və 2,7 MPa təzyiqli buxar enerjisi ilə qidalandırır, buxar generatorundan çıxan kondensatın 127°C temperaturu olur. Texniki maraq üçün adı çəkilən elektrik stansiyasında istifadə edilən, dolayısı istilik akkumulyatorunun bəzi göstəricilərini qeyd edək; bu qurğu 6000 ton çay daşı və 712 kub metr yağ olan yeraltı tikilidir. Bu akkumulyator 10 MPa təzyiqli 510°C temperaturu buxar ilə doldu-

rulur, sonra isə 348°C–dək soyudulur, alınan 226°C–li kondensat buxar qazanın işçi suyu kimi dövrəyə qaydır.

Əlbəttə, bizim məqsədimiz, buxar-güc qurğularının müxtəlif ölkələrdə istifadə edilən elektrik stansiyaların da layihələndirilmiş çoxsaylı və istilik sxemlərini təhlil etmək deyil, biz bu sxemlər ilə tanış olduğdan sonra nəticəyə gəlirik ki, Günəş elektrik stansiyaları Azərbaycan ərazisi üçün böyük iqtisadi əhəmiyyətli ola bilər.

### **Günəş enerjisindən istifadənin gələcək problemləri**

Dünyanın əksəriyyət bölgələrində enerjiyə ehtiyac- lar tam ödənilməyib. Yeni enerji mənbələri axtaran mütəxəssislər tükənməz və ən ucuz Günəş enerjisindən XXI əsrdə daha əhatəli istifadə etmək üçün bir sıra elmi problemləri həll etməli olacaqdır.

Nəzərə alsaq ki, aylıq əmək haqqı və ya digər təsərrüfat gəlirləri 100 dollardan artıq olmayan dünya əhalisinin sayı 2 mld–da yaxındır. Onların iqtisadi gücü çatmır ki, 1MVt saat enerjini 1000 dollara istehsal edən texniki qurğunu alsınlar. Ona görə belə nəticəyə gəlirik ki, Günəş enerjisindən istifadə yalnız texniki, iqtisadi və ekoloji problem deyil, həm də sosioloji problemdir; kənd təsərrüfatı ilə məşğul olan əhalinin əksəriyyəti, bu dediyimiz əhali qrupuna aiddir.

Onlar iqtisadi vəziyyətini yaxşılaşdırmaq üçün sənaye cəhətcə inkişaf etmiş şəhərlərə köçürlər. Bu sosioloji problemin qarşısını alan vasitələrdən biri də kənd əhalisini elektrik enerjisi ilə təmin etməkdir.

Hansı sahələrdə Günəş enerjisindən istifadə iqtisadi səmərəli ola bilər?

Bir çox ölkələrdə mütəxəssislərin elmi təhlili göstərir ki, bir ailənin 0,25...0,5 kVt gücündə enerjisinin dəyəri 10 dollara yaxındır. Əsas enerji isə ailə mətbəxinə xərclənir. Günəş enerjisinin yerə düşən intensivliyi daha effektiv olan coğrafi en dairəsi ölkələrində (40-ətrafında) Günəş mətbəx sobaları, meyvə quruducuları, isitmə sistemləri, isti su istehsalı, şoran və çirkəli su təmizləyiciləri kimi qurğular əlverişlidir və 2...3 ilə öz dəyərini ödəyəcəkdir. Ənənəvi yanacaq növlərinə qənaət məqsədi ilə Günəş enerjisindən paralel olaraq istifadə edilərsə, ailənin sərf etdiyi enerjiyə 50%-ə qənaət edilə bilər. Belə bir təcrübə nəticəni qeyd etmək lazımdır: Günəş radiasiyası effektiv olan ölkələrdə sahəsi 1kv.m olan kollektorun istilik enerjisinin maye dəyəri 15 dollara, həmin miqdarda ənənəvi enerji mənbəyində isə bu qiymət 50 dollara bərabər olur. Bir ailənin enerji xərci 200 dollardan artıq deyil.

Əlbəttə, Günəş enerjisindən istifadə hər bir ölkənin coğrafi şəraitindən asılıdır. Məsələn, Pakistanın kömür yanacağı yoxdur. Digər ölkələrdən gətirilən kömür yanacağının 10 kq-nın sərhəddə qiyməti 15 dollardırsa, ölkənin daxilində 20 dollara qədər bahadır.

Belə artım hətta f.i.ə. 35% olan enerji qurğusunun 1kVt saat istehsal xərcini 0,03 dollar artırır.

Təcrübə göstərir ki, hələlik Günəş radiasiyasının istilik enerjisinə çevrilməsi muxtariyyət mənbələr üçün iqtisadi effektiv ola bilər.

Günəş enerjisinin elektrik enerjisinə çevrilməsi ən səmərəli texniki, ekoloji və iqtisadi üsul sayılır. Bu üsulun bir sıra məsələləri elmi-tədqiqatın qarşısında problem olaraq qalır. Onlardan bəzilərini izah edək.

Günəş enerjisinin buxar-güc qurğuları ilə elektrik enerjisinə çevirmək yalnız güzgü şüa toplayıcılarından istifadə edilən layihələrdə qismən əlverişlidir. Bu növ layihənin texniki hissəsinin çatışmayan cəhəti odur ki, paraboloid ya da müstəvi güzgülər günəşi izləməlidir, çünki, radiasiya şüaları güzgü səthinə perpendikulyar düşdükdə ən yüksək udma enerjisi almaq mümkündür. Son illərin elmi-tədqiqatları göstərir ki, Günəş-istilik elektrik ardıcıl enerji çevrilməsi zamanı, ən çox itkilər istilik qurğularında yaranır. Ona görə də gələcək elmi problemlərin başlıca istiqaməti günəş enerjisinin bir-baş a elektrik çevrilməsini nəzərdə tutan layihələrin həyata keçirilməsi olacaqdır.

### **Günəş elektrik mənbələri. Termoion elektrik mənbələri**

Fizikadan bütün oxuculara məlum olan termoemissiya hadisəsi göstərir ki, yüksək temperaturda metalların səthindən elektronlar ayrılır. Ona görə də katod

adlanan səth yüksək temperaturlu radiasiya enerjisi ilə birbaşa qızdırmaqla elektronlar selinin axını, termoion elektrik mənbəyinin nəzəri əsasını təşkil edir.

Katoddan ayrılan elektronlar, anod adlanan elektrodun səthinə toplanmasının qarşısını almaq üçün xarici elektrik işlədicisi ilə dövrəni qapamaq lazımdır. Beləliklə, elektronu ayrılmış katod müsbət, elektronu qəbul edən anod isə mənfi qütblü elektrik potensialına malik olur, dövrədən elektrik cərəyanı axır. Elektronların axın sürəti katodun və anodun potensiallar fərqi qədər asılı olur.

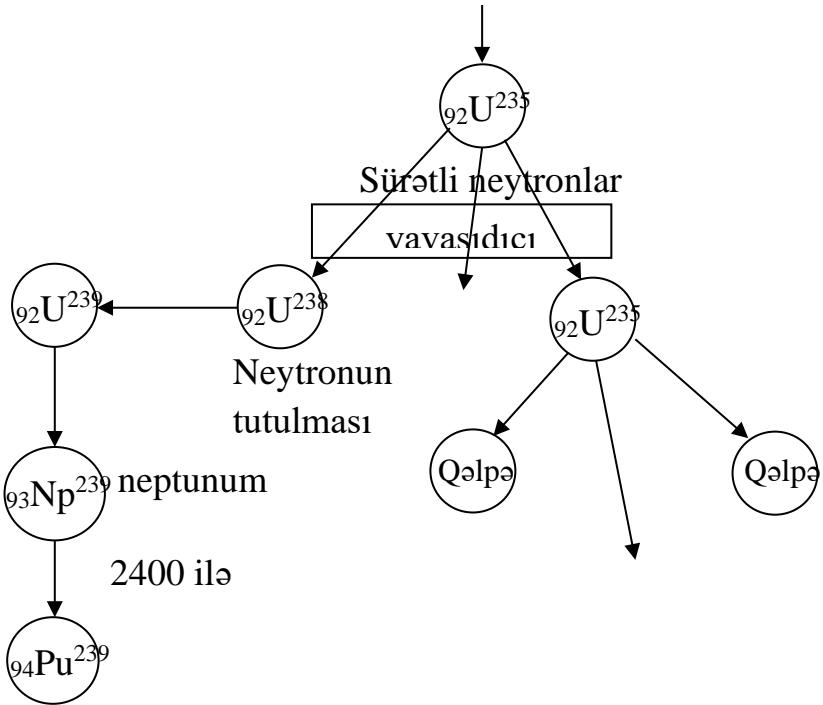
#### **1.4. Atom Elektrik Stansiyası**

Atom elektrik stansiyası nüvə reaksiyası nəticəsində alınan istiliyin hesabına işləyən istilik elektrik stansiyasıdır.  ${}_{92}\text{U}^{235}$  yavaş neytronların təsiri nəticəsində bölünür. Belə neytronların təsiri nəticəsində yalnız təbii uranın 0,7%-ni təşkil edən  ${}_{92}\text{U}^{235}$  izotopu bölünə bilər.  ${}_{92}\text{U}^{238}$  -yalnız sürətli neytronların təsiri nəticəsində bölünür. 1 qram  ${}_{92}\text{U}^{235}$  uranda olan nüvənin hamısı bölünərsə  $23 \cdot 10^3$  kVt's enerji ayrılır. Bu da 3 ton daşkömürün və 3 ton neftin yandırılması nəticəsində ayrılan enerjiyə bərabərdir.

Bu reaksiya nüvə reaktorunda aparılır. Atom elektrik stansiyası (AES) aşağıdakı texnoloji sxemlə işlədilir.

Atom fizikasının müasir inkişaf mərhələsində atom enerjisindən dinc məqsədlər üçün istifadə olun-

ması böyük əhəmiyyət kəsb edir. Məlumdur ki, 1 kq uranın ( $U^{235}$ ) parçalanmasından 80 milyard kC istilik ayrılır ki, bu da 2,5 min ton daş kömürün yanmasından alınan istiliyə uyğun gəlir. Nüvə reaksiyası ilə yüngül elementlərin sintezi zamanı isə daha böyük miqdarda istilik ayrılır. Buradan aydın olur ki, nüvə enerjisi ehtiyatları tükənməzdir.



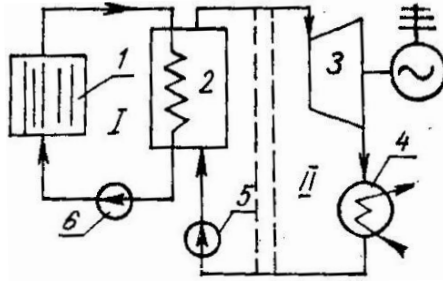
**Şəkil 1.28. Uranın parçalanmasının zəncirvari reaksiya sxemi.**

Dünyada ilk dəfə keçmiş SSRİ-də (1954-cü ildə) atom enerjisindən istifadə etməklə elektrik enerjisi

alınmışdır. Bu atom-elektrik stansiyasının gücü 5 MVt olmuşdur. Hazırda İngiltərə, ABŞ və RF energetikasında atom elektrik stansiyaları əsas yer tutur.

Atom elektrik stansiyalarının əsas elementi reaktordur. Reaktorda atom yanacağı sayılan ağır elementlərin parçalanma (zəncirvari) reaksiyaları baş verir. Reaktordan istilik şəklində ayrılan atom enerjisinin əsas hissəsi, təqribən 82 %-i  $U^{235}$ -in bölünməsindən alınır. Bölünmə prosesi zamanı  $\gamma$  və  $\beta$  şüaları və neytronların enerjisi istiliyə çevrilir.

Reaktorda alınmış istiliyin elektrik enerjisinə çevrilməsi termodinamik tsikl üzrə baş verir. İlk atom elektrik stansiyasının prinsipial istilik sxemi göstərilmişdir.



Şəkil 1.29. Nüvə reaktorunun sxemi.

Göstərilən sxem ikikonturludur. Stansiyanın I konturunda reaktorda (1) elementlərdən istilik ayrılır və dövr etdirici istilikdaşıyıcının köməyi ilə buxar generatorundakı (2) su buxarına verilir. I konturda əmələ gəlmiş radioaktivlik stansiyanın xüsusi bioloji



müdafiə divarı vasitəsi ilə aradan qaldırılır. Stansiyanın *II* konturu buxar-turbinli qurğuların sxeminə uyğun gəlir. Burada buxar generatorunda əmələ gəlmiş su buxarı buxar turbininə daxil olur və mexaniki enerji yaradır. Buxar sonradan 4 kondensatorunda kondensatlaşaraq qidalandırıcı nasos (5) vasitəsi ilə yenidən buxar generatoruna verilir. *I* konturda istilikdaşıyıcı kimi su, üzvi mayelər, maye metal və qazlardan istifadə olunur.

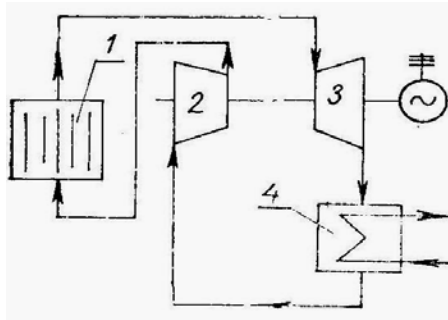
*I* konturda su buxarı doymuş və ya qızışmış halda ola bilər. Göstərilən sxem üzrə işləyən stansiyada istilikdaşıyıcı kimi yüksək təzyiqli sudan, *II* konturda isə zəif qızışmış su buxarından istifadə olunmuşdur.

Atom qurğusunun turbininin girişində su buxarının daha yüksək təzyiqə malik olması üçün birkonturlu sxemdən istifadə olunur. Belə sxemlərdə qaynadıcı növlü reaktorlar tətbiq olunur. Burada su buxarı istilikayıncı elementdə qızdırılır və sonra isə buxar turbininə daxil olur.

Reaktorda (1) alınmış su buxarı zəif radioaktivliyə malik olduğundan buxar turbini (2, 3), kondensator (4) və digər avadanlıqlar üçün bioloji müdafiə divarları lazım gəlmir və ancaq reaktorun özü izolə olunur. Birkonturlu AEC sxemlərində çox zaman həm də qaz istilikdaşıyıcılarından istifadə olunur. Belə sistem qapalı qaz turbin qurğuları tsikli üzrə işləyir.

Qaz turbinli atom stansiyasının prinsipial sxemi aşağıda göstərilmişdir.

Qaz kompressor (2) vasitəsi ilə reaktora (1) vurulur və burada verilmiş temperatura qədər qızdırılaraq qaz turbininə (3) verilir.



**Şəkil 1.30. Qaz turbin - generatorunun sxemi.**

İşlənmiş qaz soyuducuda (4) soyudulur və yenidən kompressora (2) daxil olur.

Bütün atom energetik qurğularının əsas xüsusiyyətlərindən biri budur ki, verilmiş reaktorun istilik gücünü çox böyük hədlərdə dəyişmək olur.

Reaktorun maksimal istilik gücü istilikayıncı element örtüyünün yol verilən temperaturu ilə təyin olunur. Bu temperatur isə soyuma intensivliyindən asılı olur. Alüminium və maqnezium ərintilərindən ibarət örtüklər üçün yol verilən temperatur 400-450°C, paslanmayan polad örtüklər üçün isə bu temperatur 600°C-ə qədər olur. Bəzən daha maksimal temperatur (800-1000 °C-ə qədər) intervalında işləyə biləcək örtüklü reaktorlar buraxılır.

İstilik gücünü məhdudlaşdıran faktorlardan biri də nüvə yanacağıının faza çevrilməsi ilə əlaqədar olan temperatur həddidir. Məs., metal halında olan uranda  $t=600^{\circ}\text{C}$  –də  $\alpha$  fazasından  $\beta$  fazasına keçid başlanır. Uran 2-oksidi ( $\text{UO}_2$ ) üçün temperaturun göstərilən həddi onun ərimə ( $2760^{\circ}\text{C}$ ) temperaturuna bərabər olur. İstifadə olunan istilikdaşıyıcıların istilikayıncı örtüklərin və tətbiq olunan qurğuların sxemlərinin müxtəlifliyinə görə Atom Elektrik Stansiyalarının termodinamiki tsiklləri də müxtəlif olur.

Atom stansiyasının f.i.ə. aşağıdakı kimi tapılır:

$$\eta = Q_i \cdot \eta_{b.k.} \cdot \eta_t \cdot \eta_{n.i.} \cdot \eta_{m.k.} - \Delta N_{x.m.} / Q_n$$

Burada:  $Q_i$ –reaktorun istilik gücü;  $\eta_{b.k.}$ –buxar generatorunun f.i.ə.;  $\eta_t$ –tsiklin termiki f.i.ə.;  $\eta_{n.i.}$ –turbinin daxili nisbi f.i.ə.;  $\eta_{m.k.}$ –turbinin mexaniki f.i.ə. ilə generatorun f.i.ə. hasilidir;  $\Delta N_{x.m.}$ –stansiyada xüsusi məqsədlər üçün istifadə olunan elektrik enerjisi sərfidir.

Bəzən f.i.ə. belə də tapılır:

$$\eta = \eta_t \cdot \eta_{n.i.} \cdot \eta_{m.k.} \cdot \eta_{x.m}$$

Burada  $\eta_{x.m}$  –xüsusi məqsədlər üçün f.i.ə. adlanır.

Stansiyanın növündən asılı olaraq f.i.ə-ları aşağıdakı hədlərdə olur:

$$\eta_t = 0,2 - 0,5; \quad \eta_{n.i.} = 0,75 - 0,85; \quad \eta_{m.k.} = 0,94 - 0,98; \\ \eta_{x.m} = 0,8 - 0,97$$

Stansiyanın elektrik gücü

$$N_E = Q_i \cdot \eta = Q_i \cdot \eta_t \cdot \eta_{n.i.} \cdot \eta_{m.k.} \cdot \eta_{x.m}$$

İstilikdaşıyıcısının aldığı istilik miqdarı

$$Q_i = K_i \cdot f \cdot \Delta t_{or}$$

kimi təyin olunur.

Burada  $K_i$ -nüvə yanacağından istilikdaşıyıcısına istilik ötürmə əmsalı;  $f$ - yuyulan səthin sahəsi;  $\Delta t_{or}-T_{o.or}-T_{i.or}$ -istilikayırcı elementin və istilikdaşıyıcının temperaturlar fərqi və ya orta temperatur basqısı adlanır.

Orta temperatur basqısının ( $\Delta t_{or}$ ) asılılığı istilikayırcı element üçün istilik balansı tənliyi vasitəsi ilə aşağıdakı kimi verilir:

$$K_i \cdot f \cdot \Delta t_{or} = g_i \cdot C_{r.m.} \cdot \Delta T_i$$

Burada  $g_i$ -baxılan elementdən keçən;  $C_{r.m.}$ -istilikdaşıyıcısının orta istilik tutumu;  $\Delta T_i$  - istilikayırcı elementdə qızan istilikdaşıyıcının temperatur artımıdır.

Reaktorun ümumi istilik gücü belə təyin olunur:

$$Q_i = K_R \cdot K_i \cdot F (T_{o.or} - T_{i.or})$$

Burada  $K_R$  reaktorun radiusu boyu istilik ayrılmasının qeyri-bərabərlik əmsalı;  $F$ -reaktorun istilikayırcı səthinin sahəsidir.

Yuxarıda deyilənlərə əsasən atom elektrik stansiyası tsikllərinin aşağıdakı xüsusiyyətlərini ifadə edən nəticələri göstərə bilərik: 1. Atom elektrik stansiyasının istilik və elektrik gücü əsasən iki faktordan-reaktorun istilik gücündən ( $Q_i$ ) və istilik mühərriki tsiklinin termiki f.i.ə.-dan ( $\eta_t$ ) asılıdır. 2. Dəyişən ( $Q_i$ ) faktorlu reaktorlarda tsiklə istilik verilməsinin orta temperaturunun optimal qiyməti ( $T_{1or.opt.}$ ) olur və bu qiymət atom qurğusunun elektrik gücünün maksimum alınmasını təmin edir. 3. Reaktorun istilik gücü ( $Q_i$ ) və atom qurğusunun əldə edilə biləcək elektrik gücü istilikayırcı elementin yekun temperatur ( $T_{o.y.}$ ) nə qədər çox olarsa, ( $Q_i$ )-də bir o qədər çox olar. Tsikldə ( $T_1$

*or.opt.*) temperaturunun artması ilə qurğunun elektrik gücü və optimal f. i. ə. artır.

## **1.5.Modul Tipli Elektrik Stansiyaları**

Modul tipli elektrik stansiyalarında istifadə edilən mühərriklər qaz porşenli mühərriklər sinfinə daxil olub uzun illərdən bəri təkmilləşdirilərək sənaye miqyaslı enerji istehsalında geniş yer tutmaqdadır. Bu cür mühərriklər artıq 50 ilə yaxındır ki, dünyanın bir çox ölkələrində sənaye, kənd təsərrüfatı və s. sahələrin elektrik enerjisi ilə təmin edilməsində istifadə olunur. Hazırda bu cür aqreqlər daha da təkmilləşdirilərək böyük energetikada özünə geniş yer tutmuşdur. Bu qurğuların üstün cəhəti ondan ibarətdir ki, bunlar stasionar şəraitdə yüksək faydalılıq göstəriciləri ilə istifadə olunur. Bu aqreqlərdə yanma zamanı əmələ gələn tüstü qazlarında zəhərli maddələrin miqdarı çox azdır. Bunların istismarı etibarlı və uzun müddətlidir. Modul tipli stansiyaların F.İ.Ə. 40-46% həddində olur. Əsaslı təmirə kimi uzun müddət istismar edilir, onların istismarı və təmiri çox rahatdır. İşə qoşma vaxtı müasir buxar turbinlərindən xeyli qıscadır ki, bu da enerjisi sistemdə pik rejimlərdə tənzipləməni asanlaşdırır. Aqreqlərin işləmə saatlar sayı faktiki işləmə saatlar sayına uyğundur. Müasir qaz turbinlərində isə ümumi işləmə saatlar sayına ekvivalent işləmə saatlar sayı da əlavə edilir. Bu da modul aqreqlərini gün ərzində bir neçə dəfə açıb-qoşmağa imkan verir.

Modul tipli stansiyalarında istifadə edilən mühərriklərin gücü 0,25 MVt-dan 20 MVt-a qədər olur. Mühərriklərdə adətən qaz, dizel, bioqaz və s. Yanacaqlardan istifadə edilir. Modul tipli elektrik stansiyaların tikilib istifadəyə verilmə müddəti digər növ stansiyaların tikilmə müddətindən dəfələrlə qısamdır. Azərbaycan Respublikasında generasiya güclərinin tez bir zamanda istifadəyə verilməsi bu gün üçün ən aktual məsələlərdən biri olduğundan, yuxarıda qeyd edilənlər nəzərə alınmış və ölkəmizin 5 regionunda hər birinin gücü təqribən 87-92 MVt olan modul tipli elektrik stansiyalarının tikintisinə başlanmışdır. Artıq Astara, Şəki və Xaçmaz rayonlarının hər birində 10 aqreqatdan ibarət gücü 87 MVt olan elektrik stansiyaları tikilib istifadəyə verilmişdir. Bu günə kimi bu stansiyalarda 2400 mln. kVt·s elektrik enerjisi istehsal olunmuşdur ki, bu da Respublikamızın cənub, qərb və Şimal rayonlarının enerji təchizatını xeyli yaxşılaşdırmışdır. Qeyd etmək lazımdır ki, ölkəmizdə tikilən modul tipli elektrik stansiyaları ən müasir avadanlıqlarla təchiz edilmiş və Finlandiyanın Wartsila firmasında hazırlanmışdır. Məhz bu səbəbdən də bu cür avadanlıqların quruluşu, istismarı, təmiri barədə biliklərin əldə edilməsi günün vacib məsələlərindəndir.

Təqdim olunan metodik vəsaitdə Finlandiyanın Wartsila firmasının istehsalı olan 20V34SG sinfinə daxil olan mühərriklərin texniki parametrləri göstərilməklə, onların istismarı, təmiri və s. məsələlər öz əksini tapmışdır.

## **Metodik vəsaitin məzmunu. Ümumi müddəalar**

Metodik vəsaitdə “Wartsila” firmasının istehsalı olan modul tipli elektrik stansiyasının əsas avadanlıqlarından biri “Wartsila 20V34SQ” tipli mühərrikin quruluşundan, iş prinsipindən, istismar qaydalarından, təmirindən və sair xarakteristikalarından bəhs edilir. Mühərrikdə istifadə olunan yanacaqdan, soyutma sistemindən, soyuducu mayedən və onlara qoyulan tələblərdən, təmir zamanı istifadə olunan alətlərdən, onlardan istifadə qaydalarından söhbət açılır.

Metodik vəsait hazırlanarkən nəzərə alınmışdır ki, bu vəsaitdən istifadə edənlərin dizel mühərrikləri barədə müəyyən təsəvvürləri vardır. Metodik vəsaitdə mühərrikin ayrı-ayrı hissələrinin ümumi görünüşü, kəsiyi və s. göstərilmişdir. Bu vəsaitdən Modul tipli stansiyalarda işləyən işçilər, təmir və istismar personalı ilkin nəzəri və praktiki məlumatlar əldə edə bilərlər.

Metodik vəsait təlimat xarakterli olub istismar zamanı əmələ gələn nasazlıqların qarşısını almaq, təmir işlərini təşkil etmək məqsədilə istismar heyəti üçün nəzərdə tutulmuşdur.

Qeyd etmək lazımdır ki, modul qurğularına qulluq etmək üçün metodik vəsaitdən əlavə yerli təlimatları diqqətlə öyrənməli və ona əməl etmək lazımdır. Bunun üçün aşağıdakı tövsiyələr diqqətinizə çatdırılır.

1. Hər hansı bir əməliyyat aparmamışdan əvvəl baxılan təlimatın müvafiq bölməsi diqqətlə oxunmalıdır. 2. Hər bir mühərrik üçün ayrıca uçot jurnalı tərtib edilməlidir. 3. Texniki xidmət zamanı hər hansı bir əməliyyat apararkən maksimum təmizliyə və tələb olunan qaydalara riayət edilməlidir. 4. Sökmə əməliyyatına başlamamışdan əvvəl sökülən sistemin tam boşaldığına (drenaj olunduğuna) və təzyiq altında olmadığına əmin olmaq lazımdır. Sökülmüş yerlərin yağlama, maye yanacaq, hava sistemlərinin dəşikləri təcili olaraq tıxac, lenta və ya təmiz parça ilə tutulmalıdır. 5. Aşınmış və ya zədələnmiş silindrin və ya yastığın nömrəsini göstərən identifikasiya nişanı olan hər hansı bir detalı dəyişdirən zaman təzə qoyulan detalda da həmin yerdə nişanələrin, nömrələrin qoyulması vacibdir. Uçot jurnalında hər bir dəyişdirilən hissə, detal barədə dəyişdirilmənin səbəbi göstərilməklə müvafiq qeydlər aparılmalıdır. 6. Quraşdırmadan sonra bütün qayqa və vintlərin kifayət qədər dartıldığını və onların fiksasiya olunduğu yoxlanılmalıdır. 7. Bütün qapaq və örtüklərin saz və yerində olduqlarına əmin olmaq lazımdır.

Yanğın təhlükəsizliyini təmin etmək üçün xəbərdaredici siqnalara vaxtında texniki qulluq edilməlidir. Mütəmadi olaraq yağ və yanacaq təchizatı borularına baxış keçirilməlidir.



## **1.6.Hidro Akkumulyasiyalı Elektrik Stansiyaları Energetika sistemində HAES-in müstəqil (avtonom) və ya BOEM-lə birgə fəaliyyətinin effektivliyi. HAES-in quruluşu**

Energetika sistemində yuxarıda göstərilən mənfi halların qarşısının alınması üçün gecə saatlarında izafi gücün sistemdən (İES-lərdən və gələcəkdə külək, günəş qurğularından) alınaraq bu enerjinin akkumulyasiya edilməsi və pik saatlarında yenidən əlavə ehtiyat güc (enerji) şəklində sistemə qaytarılması tələb olunur. Məqsəd tənzimlənməyən ABOEM və İES –lərdə izafi gücün elektrik enerjisi tələbatının az olduğu saatlarda energetika sistemindən alınaraq, elektrik enerjisinin artan tələbat saatlarında yenidən sistemə qaytarılmasıdır.

Beləliklə, Azərbaycan energetika sistemində Hdrokommulasiya Elektrik Stansiyasının (HAES) tətbiqi və fəaliyyəti yük qrafikində gücün ikiqat tənzimləməsini (həm generator, həm də tələbatçı–mühərrik kimi) təmin etməklə, İES-lərin və bütövlükdə Energetika Sisteminin texniki–iqtisadi göstəricilərinin yaxşılaşdırılmasına imkan verir.

SES-lərdən fərqli olaraq, HAES-lər elektrik enerjisi istehsalı ilə yanaşı enerji akkumulyasiyası üçün kompleks qurğu və avadanlıqlara malikdir. Ona görə də HAES-lərlə eyni konstruktivliyə malik olsalar da, onların özünəməxsus fərqləndirici xüsusiyyətləri vardır. Ümumiyyətlə, HAES-ləri müəyyən yüksəklik fər-

qinə malik iki su hövzəsini birləşdirən, həm nasos (pump), həm də turbin (generator) rejimində fəaliyyət göstərən Su Elektrik Stansiyası kimi təsəvvür etmək olar. Hal–hazırda bu stansiyaların hidroaqrəqatlarının konstruktiv təkmilləşdirilməsi nəticəsində onların faydalı iş əmsalı, yəni elektrik enerjisi istehsalı ilə istehlakının nisbəti  $\eta = 80\%$  yüksəldilir.

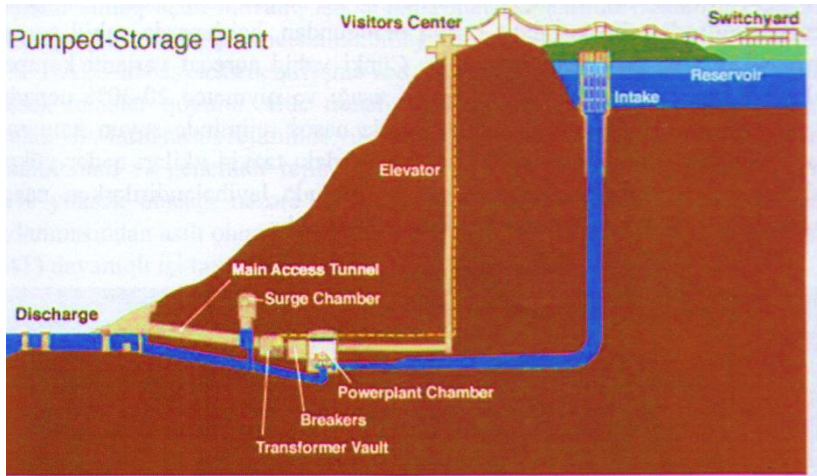
Bütün HAES–lər su akkumulyasiyası üçün yuxarı və aşağı hövzəyə, güc qurğuları üçün əsas binaya, suqəbuledici və təzyiqli su (derevasiya) borularına malikdirlər.

Tikiləcək yerindən və geoloji şəraitindən asılı olaraq, HAES–lər müxtəlif quruluşa, məs: SES və HAES–lərin birgə fəaliyyəti, bəndlə birləşmiş və ya derevasiya tipli, su təzyiqindən asılı olaraq aşağı (40–60m), orta (120–150) və yüksək (200m–dən çox) təzyiqli, yerüstü, yeraltı maşın zalına və digər fərqləndirici cəhtlərə malik ola bilərlər.

Birgə fəaliyyət göstərən SES və HAES–lərdə bütün hidroaqrəqatlar bir maşın zalında da yerləşdirilə bilər, lakin su akkumulyasiyası hövzəsi üçün təbii və ya süni göllərdən, aşağı hövzə isə dənizdən və ya yeraltı boşluqlardan (şaxtalardan) istifadə edilə bilər.

Hidroakkumulyasiyanın məqsədi enerjiyə az tələbat olan gecə saatlarında, elektrik enerjisini energetika sistemindən almaqla bu enerjiyi suyun potensial enerjisinə çevirərək su anbarında toplamaq və enerjiyə böyük ehtiyac olan axşam pik saatlarında isə

bu ehtiyat su enerjisini yenidən elektrik enerjisinə çevirərək , geriyyə energetika sisteminə qaytarmaqdır.



Şəkil 1.31

Onu da qeyd etməliyik ki, avadanlıq və qurğuların istismar intensivliyinə görə HAES-lərin fəaliyyət xüsusiyyətləri SES-lərin iş rejimindən xeyli fərqlənir.

### HAES – in güc qurğuları

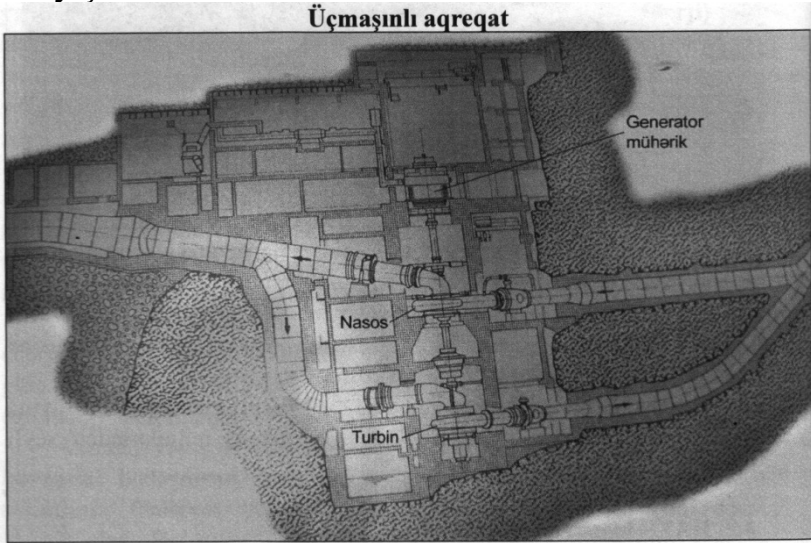
HAES –in əsas elektrik güc qurğusu olan HA –nın həm generator–turbin, həm də mühərrik–nasos iş rejimini təmin etmək üçün elektrik-generator, mühərrik və mexaniki-turbin, nasos ayrı–ayrılıqda, hazırlanaraq quraşdırıla və ya çevrilən prinsiplə iki maşınlı elektrik generator–mühərrik və mexaniki turbin–nasos kimi hazırlana bilər. Generatorun mühərrik rejiminə

çevrilməsi problem yaratmağından əvvəllər üç maşınlı HA-lar geniş vüsət almışdı. Son dövrlərdə isə turbin və nasosun işçi çarxı birləşdirilərək iki maşınlı çevrilən aqreqlatlarda üç və ya dörd maşınlı aqreqlatlardan fərqli olaraq, rejimin dəyişdirilməsi prosesində iş buraxma nisbətən uzun vaxt (260san) tələb edir.

Beləliklə, iki maşınlı aqreqlatda elektrik generatoru həm də mühərrik kimi fəaliyyət göstərdiyindən, konstruktiv olaraq turbin həm də işçi çarx rolunu oynaya bilər. Əlbəttə, göstərilən bu iki maşınlı sistemindən fərqli olaraq faydalı iş əmsalı daha yüksək olan eyni ox üzərində ayrılıqda turbin və işçi çarx yerləşdirilmiş üç maşınlı aqreqlat variantına da baxıla bilər. Lakin bu variant texniki- iqtisadi cəhətdən daha bahalı olduğundan, hal-hazırda vahid aqreqlat prinsipinə daha çox üstünlük verilir. Çünki vahid aqreqlat variantı kompakt olmaqla yanaşı, istismar- təmir xərcləri aşağı və qiymətə 20-30% ucuzdur. Lakin nəzərə alınmalıdır ki, bu variantda nasos rejimində suyun kəmərdə təzyiqi turbin rejiminə nisbətən su borularındakı təzyiq itkiləri qədər yüksək olmalıdır və bu fakt vahid aqreqlat prinsipində layihələndirilərkən nasos turbinin konstruktiv quruluşunda nəzərə alınmalıdır.

İkiyaşınla çevrilən aqreqlat sistemini həm generator-turbin, həm də mühərrik-işçi çarx (pump) rejimində fəaliyyət göstərməklə, SES-də yenidən qurma işlərinə kapital qoyuluşuna xeyli qənaət etməyə imkan verir. Bu halda SES HAES-də yeni əlavə avadanlıq quraşdırmaqla əlaqədar böyük həcmi tikinti işlərinə

ehtiyac qalmır, yalnız mövcud aqreqat çərçivəsində layihələndirilərək hazırlanan yeni çevrilən tipli maşınlar və mühafizə - avtomatika sistemlərində müvafiq dəyişikliklər edilir.



**Şəkil 1.32**

Bundan əlavə, generator–mühərrik rejimini təyin etmək üçün HA -nın fırlanması hər iki istiqamətdə təmin edilməlidir ki, bunun üçün əsas elektrik dövrlərinə faza ardıcılığını dəyişəcək xüsusi beş qütblü kommutasiya aparatı baş elektrik qoşulma sxemini sadələşdirirməklə onu daha kompakt quraşdırmağa imkan verir.

Elektrik mühərrikinin gücü böyük olduğundan onun işə buraxılma prosesi energetika sistemində gərginlik düşküsünə səbəb olacaqdır, bunun qarşısını al

maq üçün müvafiq işə buraxma metodikalarının (rektorun, qonşu hidroaqreqatın, tezlik köməyi ilə) tətbiqi tələb olunur.

HAES-in baş elektrik birləşmə və xüsusi sərfiyyat sxemlərinin etibarlılığına yüksək tələblər qoyulur. Güc transformatorları birbaşa buraxmanın tətbiqi zamanı HA-ların nasos rejimində yüksək işə buraxma cərəyanına uyğun (3-51n) hesablamalı və generator rejimində gərginliyin mühərrik rejiminə nisbətən 5-8% yüksək olacağı nəzərə alınaraq, energetika sistemində güc axımının paylanmasından asılı olaraq baş transformatorlarda yük altında tənzipləmənin (YAT) dayanıqlı işi təmin edilmədir .

SES-lərdən fərqli olaraq, HAES-lərdə yüksək gərginlik açarlarının daha ağır rejimdə işləyəcəyi (il ərzində 2000-3000 dəfə açılıb bağlanması) nəzərə alınmalıdır.

HAES-in xüsusi sərfiyyat sxeminin mürəkkəbliyi daha çox HA-nın işə buraxma metodundan asılı olaraq, operativ əməliyyatların düzgün aparılmasını tələb edir.

Elektroenergetikada istifadə edilən böyük güclü elektrik generatoru və mühərriklərin əksəriyyəti sinxron maşınlardır və maşınların valına tətbiq olunan momentin qiymətindən asılı olmayaraq istər generator, istərsə də mühərrik rejimində sabit sürətlə ,yəni rotor (cüt qütblər sayına uyğun) statorun fırlanan maqnit sahəsi isə eyni sürətlə fırlanır və bu səbəbdən onlara sinxron maşınlar deyilir.

HAES-lərdə aqreqatın FİƏ-sinin artırılması çox vacib və aktual məsələlər dəndir. Çünki yuxarı su anbarında səviyyə böyük həddə dəyişdiyi hallarda hidroaqreqatlara verilən suyun təzyiq və həcmi dəyişir ki, bu halda biraqreqatlı çevrilən tipli turbin nasos konstruktiv elə hazırlanmalıdır ki, onun bütün iş rejimində FİƏ maksimal qiymət alsın. A-nın göstərilən optimal iş rejimini təmin etmək üçün nasos rejimində fırlanma sürəti turbin rejimindəkindən 15% çox olmalıdır, lakin bu tələblər məsələnin həllində müəyyən çətinliklər yaradır. Göstərilən şərti ödəmək üçün ikisürətli elektrik maşınları tətbiq edilməlidir ki, bu da hal – hazırda asinxronlaşdırılmış sinxron maşınların (ASM) tətbiqi ilə öz həllini tapmışdır.

Adi sinxron maşınlardan fərqli olaraq, ASM-in rotoru bir-birindən  $90^0$  bucaq altında sürüşdürülmüş iki simmetrik üç fazalı təsirləndirici dolaqlara malikdir. Bu dolaqlara statik tezlik çeviriciləri vasitəsilə verilən gərginliyin amplituda qiymətini və faza sürüşməsinə dəyişməklə bu dolaqların yaratdığı ümumi maqnit sahəsini həm qiymətcə ,həm də onun maqnit oxunu rotora görə müəyyən bucaq qədər dəyişməklə yanaşı bu maqnit selini rotora görə fırlatmaq da mümkün olur.

Əgər rotor dolağına verilən gərginliyin tezliyi rotorun fırlanma tezliyini sinxron sürətə qədər tamamlayarsa, onda bu maqnit sahəsinin statorda yaratdığı gərginliyin tezliyi şəbəkə tezliyinə bərabər olacaqdır. Bu xüsusiyyət HA nın nasos rejimində rotorun dövrlər

sayının dəyişəcəyi hallarda ona verilən gərginliyin tənzimləməklə ASM–in elektrik hərəkət qüvvəsini (E) şəbəkə gərginliyinin tezliyi ilə eyniləşdirmək (sinxronlaşdırmaq) mümkün olur.

Beləliklə, su anbarında səviyyənin dəyişməsi ilə əlaqədar su təzyiq və həcmnin müxtəlif qiymətlərində HA–nın nasos rejimində ASM–in təsirləndirici dolaqlarına verilən gərginliyin tezliyini, amplituda qiymətini və bucaq sürüşməsinə dəyişməklə adi sinxron maşınlarla müqayisədə rotorun sürətinin dəyişməsinə baxmayaraq daha yüksək FİƏ almaq mümkündür. ASM–də sürətin dəyişdirilməsinin mümkünlüyü FİƏ–ni 5% artırır və su təzyiqinin dəyişməsi ilə əlaqədar sürəti dəyişməyə imkan verir ki, bu da əlavə elektrik enerjisi istehsalına və ya qənaətinə imkan verir və turbində yaranan dağıdıcı təsirin (kavitasianın) azalması hesabına avadanlığın aşınmasının qarşısı da xeyli alınmış olur.

Nəzərə alınmalıdır ki, HAES – in turbin rejimində müddəti 4-5 saat, nasos rejimində isə 6-8 saat davam edir, qalan vaxtı aqreqat sinxron kompensator rejimində fəaliyyət göstərərək energetika sistemində gərginliyin tənzimlənməsi və itkilərin azaldılmasına xidmət etməklə yanaşı, cəld işə qoşulan qəza və balanslayıcı ehtiyat güc mənbəyi kimi energetika sisteminin tezliyinin tənzimlənməsində əvəzedilməz üstünlüklərə malikdir. Belə ki, HAES–in energetika sistemi üçün çoxşaxəli texnoloji imkanları (sutkalıq qrafikin tezlik və gərginliyinin tənzimlənməsi, operativ və qəza güc



ehtiyatının təmin edilməsi) onun generasiya və tələbat üzrə cəldliyə və manevr qabiliyyətinə malik olmasından irəli gəlir.

### **HAES – in Energetika sisteminə tətbiqinin effektivliyi**

Qeyd etdiyimiz kimi, energetika sisteminin uzunmüddətli beynəlxalq istismar təcrübəsinə əsasən sistemin normal fəaliyyəti üçün elektrik stansiyasının ümumi qoyuluş gücünün 10-12% həddində HAES-lərin olmasını optimal hədd hesab edilir.

Beləliklə, Azərbaycan energetika sisteminin 6 300 *MVt* ümumi gücünə uyğun HAES-in qoyuluş gücü 750 *MVt* olmaqla, bu güclərin optimal yerləşdirilməsi üçün yük mərkəzi kimi Abşeron yarımadası (meqapolis olaraq elektrik enerjisinin 65-70%-ni istehlak edir) və ya “Azərbaycan” İES-in yaxınlığında Mingəçevir regionu nəzərdə tutula bilər. Belə ki, Şirvan İES-ində elektrik enerjisinin istehsalına xüsusi yənacaq sərfiyyatının yüksək olması (460 q/kVts) səbəbindən onun gələcəkdə ləğvi nəzərdə tutulur.

Respublikada HAES-lərin tətbiqi və inkişafı üzrə layihələrin həyata keçirilməsi yalnız BOEM-in energetika sisteminə inteqrasiyası və energetika sisteminin texniki-iqtisadi göstəricilərinin yaxşılaşdırılması ilə deyil, həm də bu elektrik stansiyasının bazar şəraitində qəza əleyhinə əlavə cəldqoşulan ehtiyat güc mən-

bəyi kimi iqtisadi cəhətdən xeyli gəlirli olması ilə cəlbedicidir.

Son dövrlərdə inkişaf etmiş dövlətlərdə elektrik enerjisinin yük qrafikinə qeyri-bərabərliyinin düzləndirilməsi və dolma əmsalının yüksəldilməsi məqsədilə HAES-in tətbiqi geniş vüsət almışdır. Əlbəttə, yük qrafikinə qeyri-bərabərliyinin düzləndirilməsində HAES-in tətbiqi ilə yanaşı, elektrik enerjisi tələbatının idarə edilməsi üçün müxtəlif tədbirlərin, o cümlədən, sutkanın müxtəlif vaxtlarında diferensial tariflər sisteminin tətbiqi də müəyyən qədər müsbət rol oynaya bilər.

Energetika sistemində HAES-lərin nəinki tezliyin tənzimlənməsi və qəza zamanı cəld işə qoşulan qəza əleyhinə ehtiyat güc kimi, həm də enerji keyfiyyətini yaxşılaşdıracaq reaktiv enerji mənbəyi (Sinxron Kompensator-SK) və gecə saatlarında elektrik tələbatçısı kimi fəaliyyət qabiliyyəti onun Azərbaycan energetika sistemində tətbiqini zəruri edir.

HAES-lərin respublikanın energetika sistemində tətbiqi yük qrafikinə düzləndirilməsi ilə yanaşı, aşağıdakı müsbət amillərlə müşayiət olunacaqdır:

-Təbiət faktorlarından (külək, günəş və s.) asılı olduğundan tənzimlənməyən BOEM-istehsal edilən elektrik enerjisinin tələbat qrafikinə uyğunlaşdırılması nəticəsində onun energetika sistemində asanlıqla inteqrasiyası;

- İES-lərin gecə saatlarında texniki minimum gücündən artıq yüklənməsi hesabına elektrik enerjisi istehsalına xüsusi yanacaq sərfiyyatının azaldılması;
- İES-lərdə qoyuluş gücündən istifadə əmsalının yüksəldilməsi;
  - İE-lərin yarım pik rejimindən stabil bazis rejiminə keçirilməsi və beləliklə, həm də elektrik stansiyalarının, həm də energetika sisteminin texniki – iqtisadi göstəricilərinin xeyli yüksəldilməsi;
  - Energetika sisteminin qəza əleyhinə cəld işəqoşulan və pik saatlarında operativ ehtiyat gücünün artırılması;
  - Qiymətə ucuz gecə enerjisinin bahalı pik enerjisinə çevrilməsi;
  - Energetika sistemində generator–tələbatçı (elektrik mühərriki) kimi HAES-in qoyuluş gücündən ikiqat çox tənzimləmə imkanının yaranması ( $P_{gen} + P_{müh}$ );
- Energetika Sistemində enerji keyfiyyətinin yüksəldilməsi və itkilərin azaldılması məqsədilə əlavə həm də induktiv (gecə saatları üçün), həm də tutum (gündüz saatları üçün) xarakterli reaktiv güc mənbəyinin (SK) yaradılması;
- Su anbarında periodik sirkulyasiya hesabına suyun oksigenlə zənginləşməsi nəticəsində ərazinin flora və faunasının yaxşılaşdırılması;
- İstismarda olan su anbarlarının illik faydalı istifadə həcmələrinin artırılması;
- Tikinti xərclərinin SES-lərdən iki dəfə ucuz başa gəlməsi;

- SES-dən fərqli olaraq məhdud ərazidə inşasının mümkünlüyü, təbiətdə qrunt sularının üzə çıxması və şoranlaşma kimi mənfi halların nisbətən az olması;
- Ekoloji mühitin sağlamlaşdırılması.

Uzunmüddətli beynəlxalq istismar təcrübəsi, HAES-lərin energetika sisteminin dayanıqlı, iqtisadi cəhətdən səmərəli, texniki effektiv, etibarlı fəaliyyətinə və enerji təchizatının keyfiyyətinin yüksəldilməsinə müsbət təsirini təsdiq etmişdir.

Məsələn, Nyu-Yorkda energetika sistemində dəfələrlə baş vermiş qəza nəticəsində elektrik enerjisi təchizatında yaranmış fasilələr Blenxeym-Ciloba və Kornuell kimi gücü 1000 2000 MVt olan HAES-lərin tikilməsini zəruri etmiş və hal-hazırda bu stansiyaların cəld işə qoşulan (3 dəqiqəyə) aqreqları energetika sisteminin qəza vəziyyətində bütün rejim tələblərini yerinə yetirmək iqtidarındadır.

İnkişaf etmiş dövlətlər uzun müddətdir ki, HAES-in tikintisinə prioritet üstünlüklər verir və hal-hazırda dünyada ümumi gücü 300. Min MVt olan 460-dan çox HAES-fəaliyyət göstərir, hətta Yaponiyada HAES-lərin ümumi gücü energetika sistemlərinin qoyuluş gücünün 9 % ni təşkil edir.

### **Güc qurğularının parametrləri və iş buraxma üsulları**

HAES-də əsas problem dayanmış hidroaqreqların nasos rejimində işə buraxılmasının təmin edilməsidir. Bu məqsədlə “Mingəçevir” SES-də istismar

edilən 6x60MVt gücündə hidroaqrəqatların sxematik çütləşdirilərək, çevrilən HA-ların nasos rejimində iş buraxılması problemini həll etmək mümkündür, yəni birbaşa elektrik sxemi ilə birləşdiriləcək iki aqrəqatdan biri, generator, digəri mühərrik rolunu oynamalıdır.

“Mingəçevir” SES in tək, 1, 3 və 5 saylı hidroaqrəqatlarının turbin-nasos rejimində işini təmin etmək üçün mövcud turbinlər işçi çaxlarla əvəz edilməli, elektrik generatorunun həm də mühərrik rejimində işi təmin edilməlidir. Adətən bu çevirmələr elektrik maşınlarında problem yaratmır, çünki bütün elektrik maşınları generator-mühərrik və əksinə çevrilmək xüsusiyyətinə malikdirlər.

“Mingəçevir” SES-in 1, 3, 5 saylı hidroaqrəqatlarının çevrilən–həm turbin,həm də nasos rejimində işləməsinin optimal variantı mövcud qabarirdə güc qurğusunun ikimaşınlı aqrəqat kimi layihələndirərək rekonstruksiya olunmasıdır. Çevrilmiş HA-nın nasos rejimində iş buraxılması üçün ya statik tezlik çevricisindən (gücü təxminən  $P=15-20MVt$ ), ya da qeyd etdiyimiz kimi qonşu HA-nın generator olaraq birbaşa çevrilmiş HA-nın mühərrikinə qoşulması və generatorun tezliyinin tədricən qaldırılması hesabına mümkündür.

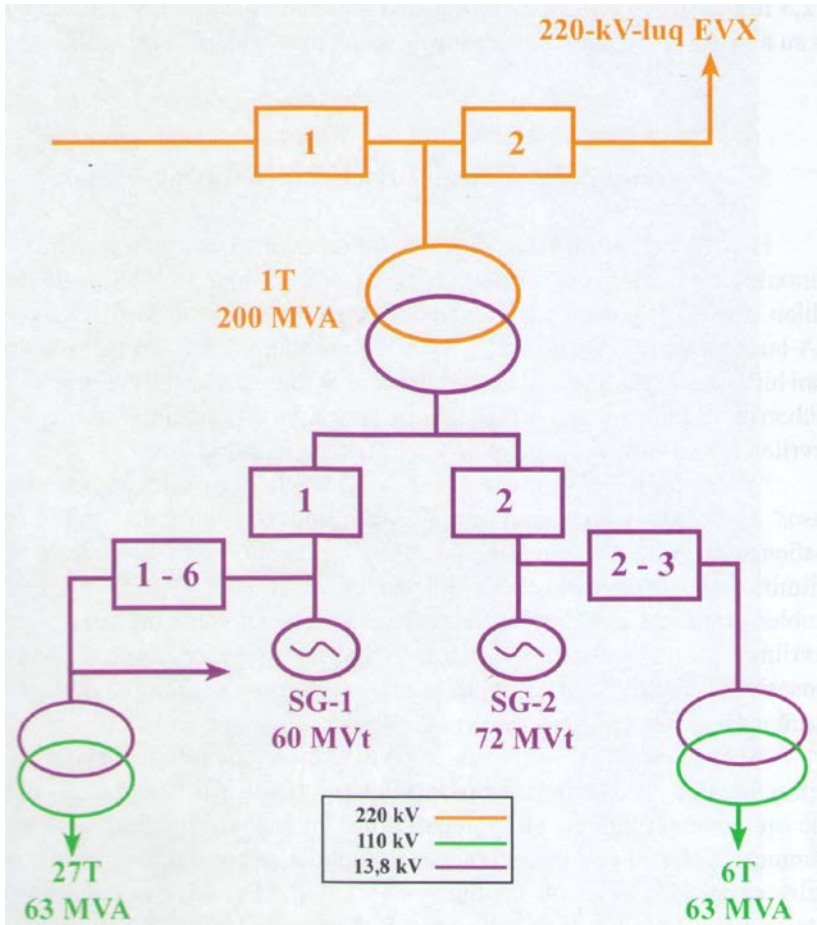
“Mingəçevir” SES-də 1,3,5 saylı hidroaqrəqatlarının 13,8 kV-luq generator ayrıcalarının əvəzinə quraşdırılacaq beşqütblü fazaçevirici açarlar generatorun mühərrik rejimində əks istiqamətdə 13,8 kV-luq 1-

6,3-2,2-3 və 5-4, 4-5 saylı seleksiya açarları vasitəsilə 2,4 və 6 saylı qonşu generatorlardan qidalandırılaraq fırlanmasını və generatorların tezliyinin (fırlanma sürətinin) tədricən artırılaraq sinxron sürətə qədər (50hs) çatdırılmasından sonra onun energetika sisteminə 13,8 kV-luq 1,35 saylı generator açarlıları ilə qoşulmasını təmin etmək olar.

Mingəçevir SES- HAES-də 1 saylı HA-nın nasos (PUMP) rejimində işədirilməsi üzrə elektrik sxemi.

Lakin əvvəlcədən 1,3,5 saylı HA-larda istiqamətləndirici aparılansuyun yolunu bağladığından və su sıxılmış hava sorucu boruda sıxışdırıldığından mühərrik yüksüz rejimdə işləyəcəkdir. Belə ki, nasosa suyun müqavimətini azaltmaq üçün sorucu boruda 20 atmosfer hava təzyiqi ulə su aşağı biefə sıxışdırılmalıdır. İdarə lövhəsində sinxronoskopun köməyi ilə 13,8 kV-luq 1,3və 5 saylı açarlar vurularaq mühərriklər energetika sisteminə qoşulduqdan sonra, onları qidalandıran 2,4 və 6 saylı generatorların 13,8 kV-luq 2-3,4-5 və 6-1 açarları açılır. Bu zaman seksiyalardan qidalanan xüsusi sərfiyyat transformatorlarının işdə qalması operativ əməliyyatlarla təmin edilməlidir.

Mühərrik rejimində işləyən HA-ların bu üsulla işə qoşulması energetika sistemində heç bir təkan və gərginlik düşküsi yaratmayacaqdır.



**Şəkil 1.33**

İşə buraxmanı əks tərəfdən, yəni 1 saylı çevrilən hidroaqreqatı 2 saylı generatorla fırladaraq (13,8 kV-luq seksiya açarlarının və 220kV-luq açarların açıq vəziyyətində) sinxron sürətdə 13,8 kV-luq seksiya açarını vurmaqla elektrik mühərrikini sistemə qoşmaq





Gecə saatlarında 180-210 MVt (3 aqreqat x 70 MVt) gücün çox qısa məsafədən 4,8 km 330 kV-luq 3 “Mingəçevir” EVX ilə (en kəsiy ASO-480 olan naqillərlə buraxıla bilən güc 350MVt -dir) çox kiçik itki-lərlə “Azərbaycan” İES–dən alınaraq “Mingəçevir” SES-ə verilməsinin təmin edilməsi respublikanın yük qrafikinin gecə çökməsində qeyri-bərabərliyini düzləndirəcək və İES-in aqreqatlarının daha effektiv işini təmin edəcəkdir.

Mühərrikin əksinə generator rejiminə keçirilməsi üçün istiqamətləndirici aparatla suyun yolu tədricən bağlanılır və mühərrik yüksüz iş rejiminə keçirilərək şəbəkədən açıla bilər. HA tormozlandıqdan sonra ,beş qütblü açar NA-nın fırlanma istiqamətini dəyişmək üçün ikinci vəziyyətə gətirilir ki, bununla da mühərrik generator rejiminə, yəni HA ehtiyat rejiminə keçirilmiş olur.

“Mingəçevir” SES-də 1,3,5 sayılı HA–ların çevrilən rejimdə işini texniki cəhətdən araşdırdıqdan sonra, onun energetika sisteminin texniki-iqtisadi göstəricilərinə təsirini nəzərdən keçirək.

### **Relyefin imkan verdiyi münasib ərazidə müstəqil HAES-in inşası. Hidroenergetik imkanlar**

HAES-in inşası üçün bir-birindən hündürlük fərqi ilə seçilən lazımı həcmi təmin edəcək iki su anbarının yaradılmasına imkan verən relyef seçilməlidir. SES-lərdən fərqli olaraq HAES-lərdə su anbarı üçün

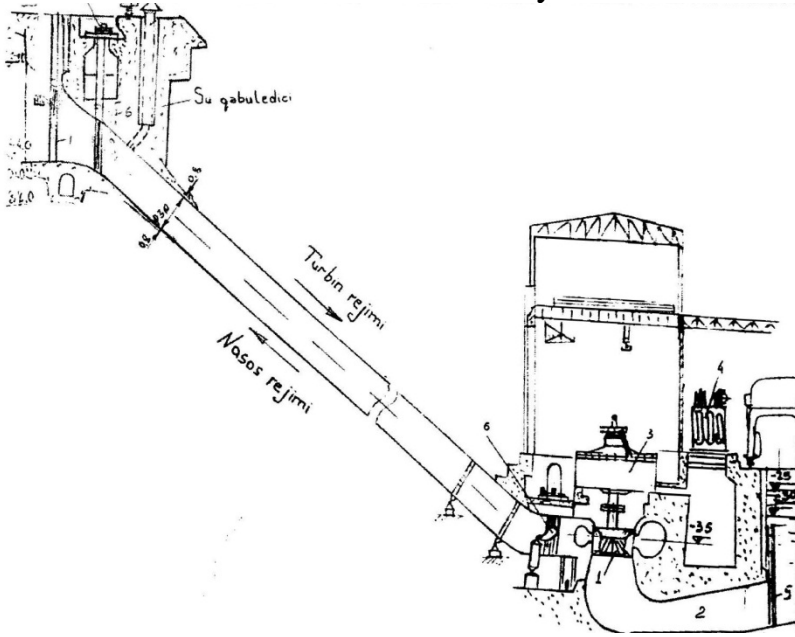
böyük torpaq sahəsi və su bəndi üçün iri həcmli investisiyalar tələb olunmur. SES-in tikintisi zamanı yaranan mənfi ekoloji hallar-şoranlaşma, qrunut suları və bataqlıq yaranması kimi problemlər mövcud deyil. Əsaslı vəsait qoyuluşuna qənaət etmək üçün su anbarının yeri və həcmi elə seçilməlidir ki, su anbarlarının yaradılması üçün əlavə bəndin tikintisinə daha az əmək və vəsait sərf edilsin.

HAES-lərin BOEM-lə birgə yaradılması və meqapolisin ətrafında elektrik enerjisinin qəza mənbəyi kimi fəaliyyət göstərməsi daha effektivdir. Respublikanın böyük enerji tutumlu mərkəzində perimetr boyu ekoloji təmiz, etibarlı enerji mənbəyinin yaradılması paytaxtda yerləşən məsul tələbatçıların–Metropoliten, Prezident aparatı, Milli Məclis, Nazirlər Kabineti və digər mühüm əhəmiyyətli obyektlərin elektrik enerjisi təchizatında yarana biləcək problemlərin (fasilələr) aradan qaldırılacaqdır. Bu məqsədlə bəki ətrafında xüsusən cənubda Qarabağ rayonunun dağlıq relyefi şəraitindən istifadə etmək məqsədə uyğundur.

Misal olaraq, vaxtilə (1990-cı ildə) Qanlığöl – Xəzər dənizi və ya Qanlığöl–Xoca–Həsən gölünün əlaqələndirilərək gücü 3.60MVt olan (6x60MVt) HAES-in inşası üzrə təklifin texniki-iqtisadi əsaslandırılması lazımdı. Relyef nöqtəyi-nəzərindən təbiətin yaratdığı Qanlığöl və Xəzər dənizi arasında yerləşən, tarixən bataqlıq (Lökbatan, yəni dəvəbatan yer adı da buradan götürülmüşdür) olan böyük bir ərazi–Yasa-

mal d zənliyidir. Hal-hazırda bu ərazi bařqa m q-sədlər  c n istifadədir.

### HAES-in kəsiyi



Őakil 1.35

T klifd  HAES-in tikintisi  c n yuxarı hövzə kimi Qanlıg ld n (su tutumu 20 milyon m<sup>3</sup> –dən çox), aŐađı hövzə kimi Xəzər dənizi və ya Xoca Həsən g l nd n (su tutumu 6 milyon m<sup>3</sup>-dir) istifadə təklifi verilmiŐdi. ES-in Yasamal düzənliyində yerl Ő n əsas binasındakı su turbini Őimaldan Qanlıg l , böyük diametrl  (3,5 m) su-təzyiq boruları vasitəsilə, cənubdan isə sorucu boru vasitəsilə böyük axınlı (eni 40 m, dərinliyi 5 m) su kanalının köməyi ilə Xəzər dənizinə

birləşdirilməsi təklif edilirdi. Axşam saatlarında su Qanlıgöldən su qəbuledicisi vasitəsilə təzyiqliq borusuna daxil olaraq, əsas binadakı güc qurğularını (turbini) fırladaraq elektrik enerjisi istehsal etməklə, işlənmiş su kanal vasitəsilə dənizə və ya Xoca-Həsən gölünə axıdılacaqdı.

“Mingəçevir” SES-indən iki dəfə çox su basqısına (120 metr) malik olan Qanlıgölün su həcmi yalnız 20%-dən istifadə etməklə pik saatlarında 360 MVt elektrik gücü almaq mümkündür. Bu “Mingəçevir” SES-in gücünə bərabərdir və enerji sisteminin axşam (pik) saatlarında əlavə cəldqşulan qəza ehtiyatı üçün təmin etməyə qadirdir.

Eynilə Abşeron yarımadasının cənubda belə bir su hövzəsi üçün müvafiq relyefə uyğun digər bir ərazi də seçilə bilər.

### **HAES-in tikintisinin TİƏ-si**

Layihənin iqtisadi əsaslandırılmasının hesabını sadələşdirmək üçün HAES-in tikinti və istismarı üzrə xərclərin xüsusi sərfiyyatın göstəricilərindən istifadə edək:

1. Əsaslı tikintiyə (vahid gücə) xüsusi vəsait qoyuluşu:

$$\partial_p^{xus} = \frac{\partial}{\partial p}, \text{ man /kVt}$$

Burada  $\partial$ - əsaslı vəsait qoyuluşu, manatla; p- HAES-in gücü, kVt- la

2.Vahid enerji istehsalına xüsusi vəsait qoyuluşu;

$$\partial_W^{xus} = \frac{\partial}{W}, \text{ man /kVt}$$

Burada  $W$ - illik elektrik enerjisi istehsalı, kVt-la

3. Vahid gücə gətirilmiş xüsusi istismar xərclər;

Burada  $X_{ist.x}$  – istismar xərcləri , manatla.

4.Elektrik enerjisinin maya dəyəri-ümumi xərclərin istehsal edilmiş elektrik enerjisinə nisbəti:

$$MD = \frac{X}{W}$$

Burada  $X = (\Theta + X_{ist.x})$  – ümumi xərclər, manatla.

HAES-ə əsaslı vəsait qoyuluşunun SES – dən ( 2000÷ 3500 \$/kVt) təxminən iki dəfə az olduğunu nəzərə alaraq, hər kVt qoyuluş gücünə əsaslı vəsait qoyuluşunu təxminən:

$$\partial_P^{xüs} = 1000 \div 1200 \text{ AZN qəbul edə bilərik.}$$

Energetika sisteminin tələbatına uyğun HAES-in gücünün seçilməsi üzrə müvafiq metodika olmadığından, beynəlxalq təcrübəyə istinad edərək bu göstəricini energetika sistemində qoyuluş gücünün 12%-i həcmində götürək. Bu güc “Mingəçevir” SES-in dib su tullayıcısının əvvəlki hesabatda (840 MVt) verilmiş variantına uyğundur. Hələlik ilkinvariant kii bu göstəricini qış maksimum gücünü (3 500 MVt) ödəyəcək həddə uyğun, yəni 360 MVt müəyyənləşdirək. Çünki bu “Mingəçevir” SES-də istismarda olan 6·60 MVt aqreqların gücünə uyğundur, lakin başq bölgü olaraq 3·120 MVt da qəbul edilə bilər.

HAES-in layihələndirilməsi prosesində onun əsas parametrləri–normal basqı səviyyəsi (NBS), ölü həcmnin səviyyəsi (ÖHS), aşağı və yuxarı su hövzələrinin faydalı həcmi və qoyuluş gücü müəyyənləşdirilməlidir. Qalan parametrlər–təzyiq, elektrik enerjisinin istehsalı və s.seçilmiş əsas parametrlərdən asılıdır.

Beləliklə, seçilmiş faydalı akkumulyasiya həcminə uyğun NAES-in faydalı iş əmsalı, suyun təzyiqinə uyğun seçilərək aqreqatların gücü nasos-turbin rejimlərində elektrik enerjisinin istehlak–istehsal həcminə müvafiq müəyyənləşdirilir.

HAES-in elektrik enerjisinin istehsal–istehlak həddindən asılı olaraq iş rejimi energetika sistemiin perspektiv yük qrafikinə müvafiq zonasında yerləşdirilməklə müəyyənləşdirilir. Energetika sisteminin güc balansında iştirak edəcək işçi güc (Phaes) müəyyənləşdirildikdən sonra, təzyiqin dəyişmə parametrləri daxilində turbin-nasos rejiminə uyğun əsas avadanlığın tipi ,sayı və qoşulmuş gücü müəyyən edilir.

Qış yük qrafikinə pik gücünə uyğun olaraq ( $P_{\text{pik}} = 3500 \text{ MVt}$ ) energetika sisteminə lazım olsa qış HAES-in gücünün ( $10^{\text{pik}} \cdot 12\%$ ) 360 MVt həddində olduğunu qəbul etməklə bəzi ümumi parametrləri müəyyənləşdirək: HAES-in iş prinsipi ESE-ə yaxın olduğundan, “Mİngəçevir” SES-in güc həddini və hidroaqreqatlarının ( $6 \times 60 \text{ MVt}$ ) istismar təcrübəsinə edərək araşdırmanı bir qədər asanlaşdırılmış olarıq.

Beləliklə, 360 MVt gücündə HAES-in tikintisinə əsələ vəsait qoyuluşunun SES-lərdən iki dəfə az olduğunu nəzərə alsaq;

$\partial = \partial_p^{xus} \cdot P = 1000 \text{ man} \cdot 360000 \text{ kVt} = 360 \text{ mln.man.}$   
edər.

Nəzərə alsaq ki, nasos-turbin çevrilməsində FİƏ  $\eta = 80\%$  - dir və nasos rejimində suyun təzyiqi yüksək olmaqla 60 MVt gücdə vuracağı suyun həcmi (respublika relyefi üçün xarakterik hündürlüyün  $60 \div 80 \text{ m}$  səviyyəsində  $H=60 \text{ m}$ ) generatorun gücünə uyğun aşağıdakı kimi hesablanır:

$$P_{gen} = 9,8 \cdot VH \cdot \eta_{aq} \cdot 10^{-3} \text{ kVt}$$

$\eta = 0,93$  aqreqatın faydalı iş əmsalı

$$V_{gen} = \frac{P}{9,8H\eta} = \frac{60.000}{9,8 \times 60 \times 0,93} = 110 \text{ m}^3 / \text{san}$$

$$V_{müh} = V_{gen} \cdot 0,8 = 88 \text{ m}^3 / \text{san}$$

Energetika sisteminin gecə gökməsi saatlarında yuxarı su anbarlarına vurulacaq suyun həcmi:

$$V_{um} = 6_{aq} \cdot V_{müh} \cdot 6 \text{ saat} = 6_{aq} \cdot \frac{88 \text{ m}^3}{\text{san}} \cdot 3600 \cdot 611,4 \text{ mln. m}^3$$

İl ərzində:

$$V_{illik} = 11,4 \times 330 \text{ gün} = 3762 \text{ mln. m}^3$$

İstifadə edilən elektrik enerjisinin illik miqdarı:

$$W_{nas} = 6_{aq} \cdot 60000 \text{ kVt} \cdot 6 \text{ saat} \cdot 330 \text{ gün} = 712,8 \text{ mln. kVts.}$$

Dəyəri:

$$D_{nas} = W_{\text{üm}} 0,02 \text{ q/kVts} = 712,8 \text{ mln.kVts} \cdot 2 \text{ q/kVts} \\ = 14,26 \text{ mln. AZN}$$

Generasiya ediləcək elektrik enerjisinin həcmi:

$$W_{\text{gener}} = \frac{3762 \text{ mln. m}^3}{110 \text{ m}^3/\text{san} \times 3600} \times 60 \text{ MVt} = \\ = 570,00 \text{ mln. kVts}$$

Dəyəri:

$$570,0 \text{ mln. kVts} \times 4,1 \text{ q/kVts} = 23,37 \text{ min AZN}$$

İl ərzində gəlir:

$$G = D_{nas} - D_g = 23,37 - 14,26 = 9,11 \text{ min AZN}$$

Əgər nəzərə alsaq ki, bazar şəraitində pik saatlarında gücə görə ödəniş aparılır, belə ki, Rusiyada 1 MVt gücə görə aylıq tarif 403.448 rubl, ildə 160 min ABŞ dolları kimi götürülür və buna uyğun ödəniş həddi:

$$D_{\text{güc.g}} = 360 \text{ MVt} \cdot 160,0 \text{ min \$} = 57,0 \text{ min \$} \\ \text{və ya } 45,0 \text{ mln. man.}$$

Ümumilikdə illik gəlir

$$9,11 \text{ mln.AZN} + 45,0 \text{ mln. AZN} = 54,11 \text{ min.man.}$$

edər ki, tam avtomatlaşdırılmış bu tip stansiyalarda istismar xərclərini 5% həddində qəbul etsək, təmiz gəlir:

$$G_t = 54,11 - 2,25 = 51,86 \text{ mln. man. edər.}$$

“Azərbaycan” İES-də illik yanacaq qənaəti 27,0 min ton şərti yanacaq və ya 23,5 mln. m<sup>3</sup> təbii qaz edər.

İES-də gecə işrejiminin yaxşılaşdırılması ilə əlaqədar əlavə gəlir kimi yanacağa qənaət (5,6 min.



AZN nəzərə alınarsa, əsaslı vəsait qoyuluşunun geri qaytarılma müddəti  $T = 360 / 57,46 = 6,26$  il edər.

Nəzərə alınmalıdır ki, əsaslı vəsait qoyuluşunun geri qaytarılma müddəti HAES–in qoyuluş gücü artdıqca azalır.

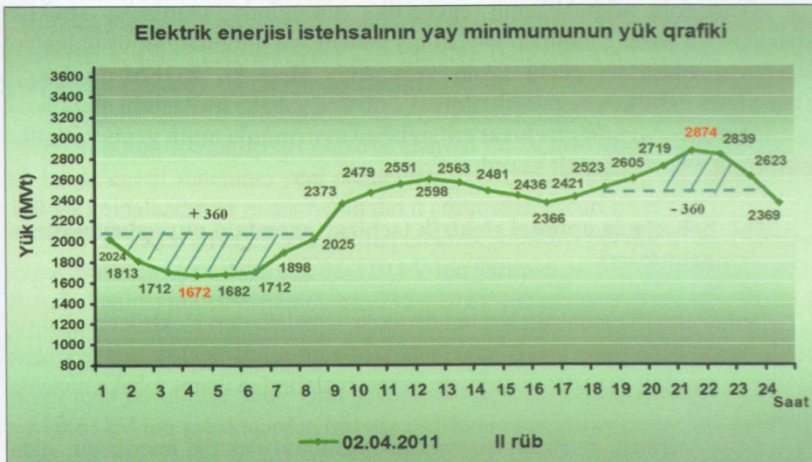
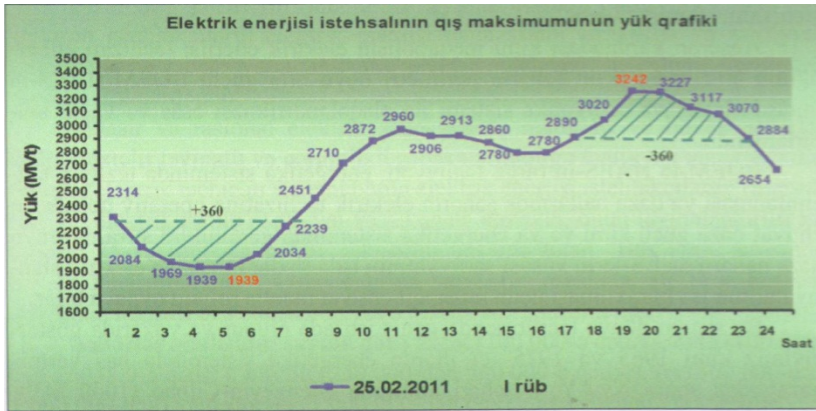
### **HAES-in Energetika Sisteminə təsiri**

Beləliklə, göründüyü kimi energetikada islahatların aparılması və bazar şəraitinin yaradılması HAES –in inşasını iqtisadi cəhətdən çox sərfəli edir.

Belə ki, hal-hazırda qonşu dövlətlərdə yaradılmış energetika bazalarına, xüsusən quraşdırılmaqla olan Avropa elektroenergetika dəhlizi vasitəsilə Avropa bazarına daxil olmaqla HAES-lərin fəaliyyəti iqtisadi cəhətdən daha cəlbedici olardı.

Qeyd etdiyi kimi, Azərbaycanda HAES–in lazımı gücdə inşası tərəfimizdən Avropa elektroenergetika dəhlizinin qonşu dövlətlərdən fərqli olaraq prioritet şərtlərlə istifadəsinə imkan yaradılacaqdır, çünki bu stansiyalar Avropa energetika sisteminin dayanıqlı fəaliyyəti üçün cəldqoşulan qəza ehtiyat gücü rolunu oynaya bilər.

Bu gücdə HAES energetika sisteminin yük qrafikinə dolma əmsalını  $k = 0,6$ –dan  $k = 0,71$ -ə qədər yüksəldir.



Şəkil 1.36

Meqapolisin tələblərinə uyğun olaraq Bakı şəhərinin dairəvi elektrik enerjisi təchizatı sistemində BOEM-NAES-in birgə tətbiqinin effektivliyi

Energetika sistemində baş vermiş hər hansı bir qəza zamanı (frvral, 2010–cu və sentyabr 2012-ci illər) Bakı kimi meqopolosin elektrik enerjisi təchizatı strukturuna BOEM-HAES tandeminin inteqrasiyası dövlət əhəmiyyətli strateji obyektlərin etibarlı, ünvanlı və istiqamətləndirilmiş elektrik enerjisi təchizatına təminat verər.

Abşeron yarımadası kimi meqapolisin elektrik enerjisi təchizatı etibarlığının artırılması üçün şəhərin perimetri boyu orta güclü BOEM-HAES-in quraşdırılması və energetika sistem ilə əlaqələndirilməsi əsas və vacib tədbirlərindəndir.

BOEM-lə HAES-in birgə fəaliyyəti, energetika sistemində tezliyin tənziplənməsi və qəza gücü kimi və ya energetika sistemində gərginliyin sifra düşdüyü qəza hallarında ES-lərin xüsusi səfiyyatınında saxlanması və elektrik stansiyalarının işə buraxılması üçün müstəqil ehtiyat mənbə rolunu oynaya bilər.

Bu sistem dünya təcrübəsində geniş istifadə olunur və yuxarıda göstərdiyimiz kimi 1965 və 1975 – ci illərdə energetika sistemində baş vermiş qəzalardan sonra Nyu-York şəhəri ətrafında Blenxeym-Cilbao (1000 MVt,1973 –cü il ) və Korniyell (200 MVt ,1982-ci il ) kimi böyük gücdə HAES-lər məhz bu məqsədlə inşa edilmişdir.

Gələcəkdə respublikanın energetika sistemində aparılacaq struktur islahatları və bazar şəraitində paylanmış generasiya qurğularının üstünlükləri BOEM-in inkişafına güclü təkan verəcəkdir. Belə ki, BOEM-

də enerji istehsalının getdikcə ucuzlaşdırılması, ötürücü şəbəkə itkilərinin olmaması və tələbatçıya yaxınlığı təchizat etibarlığını artırmaqla onun geniş və üstün inkişafına əlverişli şərait yaradır.

### **Şəhərlərin optimal elektrik təchizatı sxeminin quraşdırılmasının prinsipləri**

Şəhər elektrik təchizatının sistemi dedikdə, istehlakçıları elektrik enerjisi ilə təchiz etmək üçün şəhər ərazisindəki müxtəlif gərginlik elektrik veriliş xətləri və onlara qoşulmuş transformator yarımstansiyalarından ibarət şəbəkə nəzərdə tutulur.

Şəhər elektrik təchizatı sistemi bir tərəfdən elektrik enerjisinin qida mənbəyi, digər tərəfdən isə istehlakçılarla məhdudlaşır. Elektrik enerjisinin qida mənbəyi, yerli elektrik stansiyaları və enerji sisteminə qoşulmuş 220/110 kV–luq alçaldıcı yarımstansiyalar nəzərdə tutulur.

Şəhər elektrik təchizatı sisteminin konfigurasiyası şəhərin ölçüsü və əhalinin sayı, enerji sisteminin qurulmasına imkan verən təbii şəraiti, qida mənbəyinin sayı, istehlakçıların yük xarakteristikaları yük xarakteristikaları və təchizatın etibarlıq kateqoriyaları kimi xüsusiyyətləri nəzərə alınmalıdır.

Urbanizasiya prosesində ölkə ərazisinin təqribən 65%-dən çoxu şəhərlərdə məskunlaşmışdır. Bu proses nəticəsində böyük sənaye müəssisələrinin də

məhz şəhərlərdə yerləşdirilməsi elektrik enerjisinin istehlak həcmi də dəfələrlə artırmışdır.

Beləliklə, Şəhərlərin ölçülərinə uyğun olaraq, onun ərazisində sıx yerləşən istehlakçıların elektrik enerjisi təchizatının etibarlıq və keyfiyyət kriteriyalarının cavab verən müvafiq elektrik təhcizatı sisteminin qurulması vacib məsələlərdəndir. Müxtəlif və rəasional elektrik şəbəkələrinə malik iri və böyük şəhərlər üçün müxtəlif təyinatı və gərginlikli şəbəkələrin birgə fəaliyyət xarakteridir.Şəhərin elektrik təchizatı sistemi bütün elektrik enerjisi istehlakçıların (məişət, sənaye, elektricləşmiş nəqliyyat və s.) əhatə etməklə, onun layihələndirilməsi şəhərin 25-30 illik perspektiv inkişafını nəzərdə tutan “Baş Plan” əsasında həyata keçirilməlidir. Layihələndirmə növbəlik əsasında 10 illik hesabat dövründə inkişafı əks etdirən bir neçə mərhələdə aparəlməlidir. Şəhərlər əhalisinin sayına görə kiçik (1000000-ə qədər) orta (100000–dən 250 000-ə qədər), böyük (250000–dən 500000-ə qədər), iri (50000–dən 1000000–dək) və daha iri (1000000-dan çox) kateqoriyalara bölünürlər.

Kiçik şəhərlərin elektrik təchizatı sistemi şəbəkəyə qoşulmuş rayon yarımstansiyalarından ibarətdir. İstehlakçılar elektrik enerjisi ilə 10 (6) kV-luq və 0,4 kV-luq paylayıcı şəbəkədən təchiz edirlər. 10 (6) kV – luq və 0,4 kV-luq paylayıcı şəbəkə ilgəkvari sxem üzrə qurulur. Belə elektrik təchizatının sxemi iki gərginlikli şəbəkələr üçün xarakterikdir.

Şəhərin ölçüsü böyüdükcə, 10(6) kV-luq şəbəkə ilə şəhər ərazisində yerləşən bütün istehlakçıları elektrik enerjisi ilə təchiz etmək mümkün olmur ki, bu da enerji sisteminə yeni elementin, yəni daha yüksək gərginlikli (35 və 110 kV) qidalandırma mənbəyinin daxil edilməsini zəruri edir.

Orta şəhərlərn 35-110 kV-luq elektrik şəbəkəsi perimetr üzrə dairəvi sxem əsasında üç və daha çox 35-110 kV-luq yarımstansiyalardan bəslənə bilər. Bu şəbəkənin iş rejimi və parametrləri 35-110 kV-luq şəhər yarımstansiyalarından qidalanan tələbatçıların istehlak xarakteristikaları ilə müəyyən edilir. Orta şəhərlərdə kiçik şəhərlərdən fərqli olaraq 35 və 10(6) kV-luq şəbəkələrdən birbaşa qidalanan sənaye müəssisələri və 2(iki) müstəqil mənbədən qidalanan 1-ci kateqoriyalı istehlakçı kimi iri sənaye müəssisələri də ola bilər.

Əhalisinin sayı 1 (bir) milyona qədər olan böyük və iri şəhərlərdə isə vacib iri sənaye və mədəni –siyasi mərkəzlər yerləşdiyindən, bu şəhərlərin elektrik təchizatı orta şəhərlərdən qidalanma mənbəyinin gücü və sayının çoxluğu ilə fərqlənir. Bu enerji sistemi 110 kV-luq xəttlərlə dairəvi və ya radial sxem üzrə bəslənilən gücü  $50 \div 100$  -ya qədər olan 110 kV-luq alçaldıcı yarımstansiyalardan ibarətdir. Belə şəhərlərin mərkəzi hissəsi 35 kV-luq aralıq şəhər şəbəkəsi vasitəsilə radial ehtiyat təchizatı sxemi üzrə qurulur və yarımstansiyaların gücü  $30 \div 40$  MVA -ya qədər olur. Bir sıra iri sənaye müəssisələri daha girişli 110 və 35

kV-luq müstəqil elektrik təchizatı sxeminə malik ola bilərlər.

Daha iri şəhərlərin elektrik təchizatı energetika sisteminin 220kV-luq (və ya daha yüksək 330kV-luq) şəbəkəsi ilə əlaqəli 35-110kV-luq şəhər şəbəkəsini əhatə edir. Şəhər parlayıcısı şəbəkəsi şəhərin perimetri boyu dairəvi quraşdırılan 220 (330) kV-luq sistem yarımstansiyalarında bəslənir. Enerji təchizatının etibarlılığına görə 1-ci və 2-ci kateqoriyalı enerji tutumlu istehlakçıların 70-80%-iri və daha iri şəhərlərdə yerləşir. Ona görə də iri və daha iri şəhərlərin elektrik enerjisi təchizatı sistemi yüksək etibarlılığı təmin edən dairəvi sxem əsasında qurtulmalıdır. Bir sıra iri sənaye müəssisələri dərin girişli 30-110 kV-luq müstəqil elektrik enerjisi mənbələrinə malikdirlər və istehlakçıların əsas hissəsi isə 10 (6) kV-luq paylayıcısı şəbəkədən qidalanır.

## II FƏSİL

### ƏNƏNƏVİ ELEKTRİK STANSİYALARININ ƏSAS AVADANLIQLARI VƏ APARATLARI

#### 2.1. Turboturbinlər

Generatorda iş zamanı yaranan istiliyi almaq üçün istifadə edilən hava ilə soyutmanın özü də əlavə itkilərin yaranmasına səbəb olur. Təcrübə göstərir ki, hava ilə soyudulan turbogeneratorlarda ventilyasiya və rotorun havaya sürtünməsindən baş verən itkilər xeyli böyük olub, bəzi hallarda maşında olan bütün itkilərin 50 %-dən çoxunu, yəni generatorun gücünün 0,8-1 %-ni təşkil edir.

Bu itkiləri azaltmaq üçün bizdə və xaricdə soyutma sisteminin qapalı olması prinsipini saxlamaqla, hava soyutması hidrogen soyutması ilə əvəz edilir.

Cədvəl 2.1.

Generator rotorunda yaranan itkilər.

İtkinin növü	Gücü 25 min kVt olan yeni tipli turbogeneratordakı itki, kVt ilə
Rotorun hava ilə sürtünmə itkisi	102
Ventilyasiya itkiləri	100
Yastıqlardakı itki	70
Poladdakı itki	85
Stator misindəki itki	60
Rotor misindəki itki	90
Qısaqapanmada əlavə itkilər	74
Yüksüz işləmədə əlavə itkilər	34
C ə m i:	615



Son 20 il ərzində turbogenerator və sinxron kompensatorların hidrogenlə soyudulması daha geniş yayılmışdır. İri elektrik maşınlarının hidrogenlə soyudulmasının bu qədər geniş yayılmasına səbəb hidrogenlə soyutmanın daha çox sərfəli olmasıdır. Bunun xeyirli olması əsasən aşağıdakılardan ibarətdir:

1. Hidrogenin rotora sürtünmə itkiləri və ventilyasiya itkiləri hava ilə soyudulmasına nəzərən 10 dəfə az olur.

Bu halda maşının faydalı iş əmsalı təqribən 1% artır. Məsələn, hesablama göstərir ki, gücü 100 min kVt və dövrlər sayı 3000 dövr/dəq. olan turbogenerator hava ilə soyudulan zaman ümumi itki 2100 kVt olduğu halda, ventilyasiya və hava ilə sürtünmədəki itkilər 1050 kVt-a yaxın olur.

Hidrogenlə soyutmaya keçdikdə bu itki 1050 kVt-dan 105 kVt-a qədər azalır, bu isə faydalı iş əmsalı 98-dən 99 %-ə qədər artmasına səbəb olur. Gücü 25 min kVt olan turbogeneratorda faydalı iş əmsalı 97,3-dən 98,3 % olur.

Maşında yuxarıda göstərilən itkilərin azalmasına hidrogenin xüsusi çəkisi (0,0696-0,07) ilə havanın xüsusi çəkisi arasındakı fərq izah olur.

Demək olar ki, ventilyasiya və sürtünmə itkiləri qazın xüsusi çəkisinə proporsional olaraq dəyişir. Ona görə də təmiz hidrogenlə soyudulduqda bu itki  $\frac{1}{0,07} = 14,3$  dəfə azalmış olardı. Əslində, maşının ör-

tüyü altında olan hidrogendə 1-5 % qədər hava qarışığı vardır. Adətən, hidrogendə 3% hava qarışığı olur. Belə qarışığın xüsusi çəkisi 0,1-ə yaxın olur, yəni yuxarıda göstəriləyi kimi itkini 10 dəfə azaldır. Adi turbogeneratorlara nisbətən hidrogenlə soyudulan turbogeneratorların iqtisadi xüsusiyyətlərini təyin etdikdə, hesablamaların nəticəsi 50 min kVt gücündə olan turbogeneratorlarda ümumiyyətlə bir ildə 136 min manat, 100 min kVt gücündə olan turbogeneratorlarda isə 376 min manat qənaət edildiyini göstərmişdir.

Əgər hidrogenlə soyudulan maşınların hər birində 20% misə qənaət edildiyini və misin çatışmazlığını nəzərə alsaq, bu çıxarılan nəticənin doğruluğuna daha da inanmaq olar.

2. Maşının ölçüləri eyni qaldıqda hava soyudulmasından hidrogen soyudulmasına keçirilmiş elektrik maşınının gücü turbogeneratorlarda 20%, sinxron kompensatorlarda isə 30% artır, bundan əlavə hava ilə soyudulmaya uyğun olan gücü dəyişdikdə, hidrogenlə soyutmada maşının aktiv materialına polad və misə 20-30% qənaət edilmiş olur.

Hava, hidrogen və başqa qazlar üçün bir neçə müqayisəli qiymətlərin verildiyi 2-ci cədvəl, hidrogen soyutmasına keçdikdə gücün artırılmasının mümkün olması səbəblərini aydınlaşdırır.

Göstərilən maşın gücünün artması əvvəla, səthdən hidrogenə verilən istilik ötürmə əmsallarının fərqi ilə izah olunur. Bu əmsal hava üçün 1 və yuxarıda göstərilən hidrogenlə hava qarışığı üçün 1,35 (1,51)-

dir. Məlumdur ki, müasir iri maşınlarda səthdən havaya verilən temperatur fərqi 20-40°C təşkil edir. Hidrogenə keçdikdə bu fərq 1,35 dəfə azaldığı üçün, temperatur fərqi 15 - 30°C-yə qədər olur.

Cədvəl 2.2

Soyutma sistemindən asılı olaraq fiziki kəmiyyətlərin dəyişməsi cədvəli

Qazların tərkibi	Hava	Azot	Karbo-nat turşu-su	Amon-yak	Hidro-gen	Helium	Metan
İstilikkeçirmə	1	1,08	0,638	0,868	6,69	6,4	1,29
Sıxlıq	1	0,966	1,52	0,588	0,0696	0,1378	0,554
İstilik tutumu	1	1,046	0,848	2,185	14,35	5,25	2,495
Həcmi istilik tutumu	1	1,02	1,29	1,282	0,996	0,72	1,38
Səthdən qaza istilik ötürmə əmsalı	1	1,03	1,132	1,228	1,51	1,18	1,43

Nəhayət, hidrogenin böyük istilikkeçirmə qabiliyyətinin çox böyük əhəmiyyəti vardır. Hidrogenin istilikkeçirmə qabiliyyəti havanın istilikkeçirmə qabiliyyətindən 6,7 dəfə çox olub, bərk izolyasiya materiallarının istilikkeçirmə qabiliyyətinə yaxındır. Maşının yuvaları və izolyasiyalarında olan hava təbəqələrindən asılı olaraq yaranan temperatur fərqləri hidrogen mühitində praktiki olaraq yox olur.

Nümunə generatoru üzərində aparılan təcrübələr bunu təsdiq etmişdir. Stator dolaqlarının misi ilə

stator yuvalarındaki çubuqlar arasında yerləşdirilmiş termo- detektorun temperaturlar fərqi ölçülmüşdür.

Turbogeneratorun nominal yükündə bu fərq hava ilə soyutmada  $15^{\circ}\text{C}$ , təzyiqi  $0,031 \text{ atm}$  olan hidrogenlə soyutmada isə  $11,4^{\circ}\text{C}$ -yə qədər azalmışdır.

Hidrogenin təzyiqini  $1,05 \text{ atm}$  qədər artırıqda bu fərq  $10,5^{\circ}\text{C}$ , təzyiq  $1,76 \text{ atm}$  olduqda isə  $10^{\circ}\text{C}$ -yə qədər düşmüşdür. Bu rəqəmlər hidrogen atmosferində yuva izolyasiyasının istilikkeçirmə qabiliyyətinin kəskin surətdə artdığını göstərir. Hava və hidrogenlə soyutma sistemlərində rotor və stator dolaqlarının qızmasını ölçmək yolu ilə həmin maşında izolyasiyanın istilikkeçirmə qabiliyyəti ilə səthdən istilik ötürmə əmsalının artmasının birlikdə təsiri yoxlanılmışdır.

2.3-cü cədvəldə bu turbogeneratorun nominal yükü şəraitində istiliyə yoxlanmalarının nəticələri verilmişdir.

Cədvəl 2.3.

Soyutma sistemindən asılı olaraq sinxron generatorunda temperaturun və təzyiqin dəyişmə cədvəli

Soyuducu qaz	Təzyiq artımı, <i>atm</i> ilə	Rotor dolağının temperatur artımı, $^{\circ}\text{C}$ ilə	Stator dolağının temperatur artımı, $^{\circ}\text{C}$ ilə
Hava	0	90	54
Karbonat turşusu	0	88	54
Helium	0,031	65	39
Hidrogen	0,031	55	34
Hidrogen	1,05	44	25
Hidrogen	1,76	40	22

Bu yoxlamalar nəticəsində aydın olur ki, hidrogenlə soyudulan generatorda təzyiqlə 1,05 at olduqda 30% və təzyiqlə 2,76 at olduqda 35% artırmaq mümkündür.

Beləliklə, turbogeneratorlarda gücün artırılmasını 20%, kompensator və tezlik dəyişdiricisində isə 30% qəbul etmək olar. Bu fərq turbogeneratorun cərəyanına görə artıq yüklənə bilməsinə, qısaqapanma nisbətinin azalmasına və uyğun olaraq paralel işləmədə dayanıqlılığın azalmasına səbəb olur.

Buradan görünür ki, turbogeneratoru artıq yüklədikdə, maqnitləşdirici cərəyanı da uyğun sürətdə artırmaq tələb olunur. Bu isə öz növbəsində gücün artırılma dərəcəsini məhdudlaşdırır. Q.q.n-nin əhəmiyyəti olmayan və maşının artıq yüklənməsi yalnız qızma şəraiti ilə məhdudlaşan sinxron kompensatorlarda gücün artırılması turbogeneratorlara nisbətən çox ola bilər. Hidrogen və havanın xüsusi istilik tutumları praktiki olaraq eynidir. Bu şərait, hidrogenlə soyutma zamanı vahid itkiyə düşən hava soyutmasındakı eyni qaz həcmində istifadə etməyə imkan verir. Hidrogenin tətbiq edilməsi nəticəsində maşında ümumi itkinin azalması, həcmi eyni saxladıqda maşındakı itkilərin asanlıqla sərələnməsini təmin edir. Bu şərait isə havadan hidrogenə keçdikdə maşının ventilyasiya yollarının forma və konstruksiyasını tamamilə saxlamağa imkan verir.

3. Hidrogenlə soyudulan maşının izolyasiyası hava ilə soyudulan maşının izolyasiyasına nisbətən etibarlı olur və uzun müddət yararlı vəziyyətdə qalır. Eti-

barlılıq oksidləşmənin, çirklənmənin və nəmliyin olmamağı hesabına artır, bu işə keçirilməli olan təftişlərin sayının azalmasına və təmir arası müddətin artırılmasına səbəb olur. Bundan başqa hidrogen mühitində tac hadisəsi hava mühitinə nisbətən az təhlükəli olur. 4. Dolaqların izolyasiyası dəşildikdə generatora yanğın qorxusu olmur, çünki hidrogen yanğına kömək etmir, buna görə də xüsusi yanğın söndürən qurğuya ehtiyac hiss edilmir. 5. Hidrogenin sıxlığı az olduğuna görə maşın işləyərkən səs az olur, yalnız maqnitləşmənin səsi qalır. 6. Hidrogenlə soyutmada qaz soyuducunun səthi hava ilə soyutmada olan səthdən az tələb olunur.

Yuxarıda sayılan üstünlüklərdən başqa hidrogenlə soyutmada bir sıra çətinliklərə də təsadüf edilir.

Elektrik maşınlarını hidrogenlə soyutduqda əsas konstruktiv və istismar çətinlikləri hidrogenlə hava (oksigen ) qarışığının alınması ilə olan çətinliklərdir.

Hidrogendə havanın qarışığı 7-10-dan 70 %-ə qədər olduqda bu qarışıq partlayıcı olur. Hidrogendə bundan çox və az hava qarışığı olduqda alışma baş vermir. Beləliklə, hidrogenlə işləmədə təhlükəsizliyi təmin etmək üçün maşının gövdəsində olan hidrogeni kafi dərəcədə təmiz saxlamaq lazımdır.

Turbogenerator və sinxron kompensatorların istismar təcrübəsi göstərir ki, soyuducu qarışığın tərkibindəki hidrogenin miqdarı 97-99 % hədlərində olur. Beləliklə, gövdə içərisində partlayışın əmələ gəlməsinə praktiki surətdə şərait yaranmır. Maşın içəri-

sində hidrogenin təmizliyi avtomatik surətdə saxlanılır. Maşının içərisinə havanın daxil olması qarşısını almaq üçün gövdə içərisində 200-300 mm su sütunu qədər (0,02-0,03 atm) təzyiq artımı saxlayırlar.

Beləliklə, hidrogenlə havanın partlayıcı qarışığı gövdəni hidrogenlə doldurduqda və hidrogen soyutmasından hava soyutmasına keçmə prosesində alınabilir. Qorxulu qarışığın əmələ gəlməsi qarşısını almaq üçün belə hallarda maşını başqa bir inert qazla (adətən karbon qazı ilə) doldururlar.

Maşını hidrogenlə doldurmazdan əvvəl gövdədəki hava karbon qazı ilə çıxarılır. Karbon qazı gövdənin aşağı hissəsindən balonla verilir. Sıxılmış hava gövdənin üst hissəsindəki dəşiklərdən karbon qazının çıxması dolmanın başa çatdığını göstərir. Sonra aşağı yol açılır və yuxarıdan, karbon qazını getdikcə sıxışdırıb çıxaran hidrogen qazı verilir. Maşını işləyə-işləyə də doldurmaq mümkündür.

Hidrogenlə soyudulan maşının gövdəsi mexaniki olaraq elə kip hazırlanmalıdır ki, ən pis şəraitdə belə partlayışın təzyiqi maşını zədələməsin. Bu tələbatın ödənilməsi hidrogenlə soyudulan maşınların istismarını tamamilə təhlükəsiz edir.

Partlayış zamanı əmələ gələn təzyiqlər hidrogen və hava nisbətlərinin müxtəlif faizlərində müxtəlif olurlar. Partlayış zamanı təzyiqin ən böyük qiyməti qarışıqda 28% hidrogen, 72% hava olduqda alınır. Qazla görüşən səthlərdə istilik ötürmə nəzərə alınmadıqda yuxarıda göstərilən qarışıq üçün təzyiqin nəzəri

qiyməti 12 atm olur. Ancaq praktiki olaraq bu təzyiq çox kiçik olur. Təcrübə göstərir ki, alınmış qazın soyutma kanallarında, aralıq yollarda və böyük toxunma səthinə malik s. elektrik maşınlarında ən pis şəraitdə belə bu təzyiq 3,5 atm-dən yuxarı qalxmır. Gövdə və lövhələr praktiki olaraq 6 atm təzyiqə yoxlanır.

Qaz keçirməyən maşınların hazırlanması bir sıra çətinliklər törədir. Əsas çətinliklər maşınlarda tikiş və calaq yerlərinin qaz keçirməyən şəkildə hazırlanmasıdır. Tikişləri qaz keçirməməyi üçün onları keyfiyyətli qaynaq etmək lazımdır.

Maşının calaq hissələrinin kiçikliyi, əvvəla onların yaxşı işləməsi ilə, ikincisi isə müstəvilər arasına təbəqə qoyulması ilə əldə edilir.

Maşının istismarı zamanı ondan bir qədər hidrogen sızır. Sinxron kompensator və tezlik dəyişdiricilərində hidrogen sızıntılarının hamısı tikişlərin kip olmayan və calaqların ara hissələrində olur. Turbogeneratorlarda hidrogen kompensatorlara nisbətən bir neçə (5-8) dəfə artıq sızır. Burada əsas hidrogen itkisi kiçikliyi təmin edən yağ vasitəsi ilə olur. Maşının gücü artdıqca sızma da artır. Hidrogenlə soyudulan turbogeneratorların istismar təcrübəsi göstərir ki, hidrogen sızması 2-6 m<sup>3</sup> hədlərində dəyişir. Maşının içərisində təzyiq artdıqca hidrogen sərfi kəskin sürətdə artır. Yuxarıda göstəriləyi kimi, təzyiq 1,05 atm-dən 1,76 atm qədər artdıqda maşının gücü artır.



Bununla belə təzyiqin bu cür artması hidrogen sərfinin birinci halda (1,05 atm) 10 dəfə və ikinci halda (1,76 atm) 15-25 dəfə artmasına səbəb olur.

Beləliklə, pik (zirvə) saatlarında generatoru artıq yükləmək lazım gəldikdə sızmanın artması ilə hesablaşmadan maşının içərisində hidrogenin təzyiqini artırmaq olar. Həcmcə böyük olan stansiyanın binasına hidrogenin sızması orada partlayıcı qarışıq əmələ gəlməsi üçün tamamilə təhlükəsiz olub, asanlıqla ventilyasiya olunur.

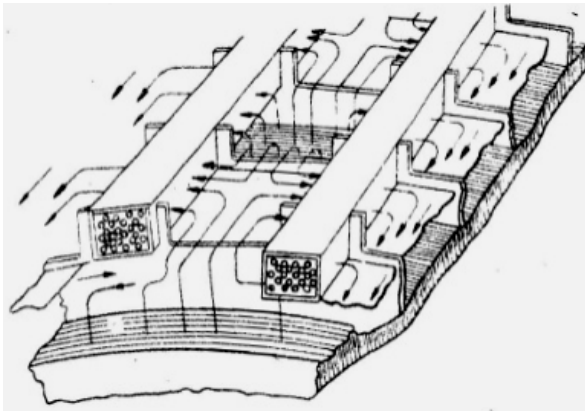
Sızmış hidrogeni doldurmaq üçün maşını hidrogen balonları ilə təchiz etmək, bu məqsədlə də balonları maşının yanına və ondan bir qədər aralı yerdə qoymaq lazımdır. Standart balon 5 m<sup>3</sup>-ə qədər hidrogen tutur. Turbogeneratorlar üçün ayda 10-40 balon, sinxron kompensatorlar üçün isə 1-8 balon tələb olunur.

Hidrogenlə soyudulan maşınlarda qaz soyuducuları əsas gövdənin daxilində yerləşdirirlər və qazı bilavasitə rotorun valı üzərində yerləşdirilmiş ventilyatorlar vasitəsi ilə dövr etdirirlər.

Qaz soyuducuları gövdə daxilində iki variantda yerləşdirilə bilər—eninə və uzununa. Soyuducunun eninə yerləşdirilmə sisteminin çatışmayan böyük bir cəhəti vardır. Onlardan əsası istismarın nisbətən az etibarlı olmasıdır. İkinci çatışmayan cəhəti, daha güclü maşınlarda soyuducunun yerləşdirilməsinin çətinlik törəməsidir.

Qaz soyuducusunun iki seksiyası arasındakı boşluqda soyuducu qaz axınının sxemi 2.1-ci şəkildə göstərilmişdir. Görünür ki, isti ayırından gələn hidrogen, sonra elə paylanır ki, o hər bir seksiyanı bütün boyu uzununu eyni miqdarda yükləyir. Göstərilən sistemdə seksiyaların ümumi sayı ikidən altıya qədər ola bilər.

Soyuducusu uzununa yerləşdirilmiş sistemin əsas üstün cəhəti istismar zamanı onun daha yüksək etibarlı olmasıdır. Həqiqətən də bir və ya bir neçə seksiyanın işdən çıxması maşının dərhal dayandırılmasını tələb etməyib, yalnız maşının gücünün bir qədər azalmasına səbəb olur. Bundan başqa maşını dayandırmadan soyuducusunun seksiyalarını təmizləmək və hətta zədələnmiş borunu işdən çıxarmaq mümkündür.



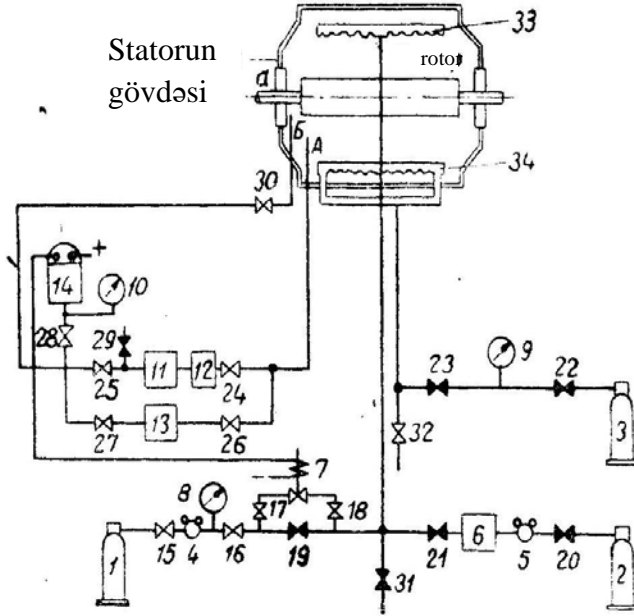
**Şəkil 2.1. Generatorda hava və qaz axınının hərəkət istiqamətləri.**

2.1-ci şəkildə turbogeneratorun hidrogen təsərrüfatının prinsipial idarə sxemi göstərilmişdir. Qazın girib-çıxması üçün maşın gövdəsinin aşağı və yuxarı hissələrində dəlikləri olan 33 və 34 boruları vardır. Sxemdəki kranların vəziyyətləri hidrogen ilə soyudulan generatorun normal iş rejiminə uyğundur.

Qurğu hidrogenlə dolu (1), sıxılmış hava ilə dolu (2) və karbon qazı ilə dolu (3) olan balonlarla təchiz edilmişdir. Sxemin orta sol hissəsində maşındakı təzyiqə və hidrogenin təmizliyinə nəzarət edən qurğu göstərilmişdir. Bu qurğu A və B boruları vasitəsilə generatorlarla əlaqələndirilmişdir. A borusunun ucu ventilyatordan sonrakı sahəyə, B borusunun ucu isə ventilyatordan qabaqkı sahəyə çıxarılmışdır. Bu sahələrdəki təzyiqlər fərqi nəticəsində qaz nəzarət quruluşundan keçərək dövr edir. Təzyiq 10 manometri və 14 təzyiq relesi vasitəsi ilə nəzarət edilir. Generatora təzyiqin normal qiymətində 14 relesinin kontaktları açıq olur. Təzyiq aşağı düşdükdə bu relenin kontaktları bağlanır və 7 elektromaqnit klapanının sarğacı cərəyanla təsirlənir, klapan açılır və hidrogen balonundan çıxıb, 4 təzyiq reduktoru və 7 klapanından keçərək 33 yuxarı kollektoru vasitəsi ilə generatora daxil olur. Beləliklə, generatora hidrogenin təzyiqi avtomatik saxlanılır.

Maşında hidrogenin miqdarı faizlə dəyişdikdə, qaz qarışığının sıxlığı və bununla əlaqədar olaraq ventilyatordan qabaq və sonra təzyiqlər fərqi (A və B sahələrində) dəyişir. Demək, A və B zonalarında gös-

tərilən təzyiqlər fərfinə əsasən maşında olan hidrogenin faizlə tərkibini, yəni hidrogenin təmizliyini təyin etmək olur.



Şəkil 2.2. Stator dövrəsinin soyutma sxemi.

Bunun üçün 13 diferensial manometr tətbiq olunur. Bu manometr qazda olan hidrogenin faizdə miqdarına görə dərəcələnməmişdir. Aydın ki, bu cihaz yalnız maşın fırlandıqda işləyir. Maşını hava ilə və ya karbon qazı ilə doldurmaq lazım gəldikdə, bu manometr açılmalıdır, çünki bu halda təzyiqlər fərqi çox alındığından manometr korlana bilər.

Diferensial manometrlə paralel olaraq adi körpü sxemi üzrə yığılmış 11 elektrik qaz analizatoru işə qoşulur. Qazın nəmliyinin qazanalizatorun göstərişinə təsir etməməyi üçün analizatordan qabaq qaz qurucusu (12) qoyulur. Qazanalizator dayandırılmış maşında da işləyə bilər. Bunun üçün 25 kranı bağlanır və 29 kranı açılır – az miqdarda qaz seli atmosferə çıxır və analizator işləyir.

Maşındakı hidrogeni çıxarıb, onu hava ilə əvəz etmək lazım gəldikdə, əvvəlcə hidrogeni karbon qazı ilə sıxışdırıb çıxarmaq lazımdır. Bunun üçün sxemdəki kranlarda aşağıdakı göstərilən dəyişikliklər etmək lazımdır: 15, 18, 24, 26, 27 və 28 kranları bağlanır və 22, 23, 31 kranları açılır. Bu halda karbon qazı 3 balonundan sıxışdırılıb çıxarılır. Hidrogen isə 33 yuxarı kollektoru və 31 kranı vasitəsi ilə atmosferə çıxır. 31 kranından karbon qazının çıxması maşının karbon qazı ilə tamamilə dolduğunu göstərir.

Bundan sonra maşından karbon qazı hava ilə sıxışdırılıb çıxarılır. Bunun üçün sxemdəki kranların vəziyyətində aşağıdakı dəyişiklikləri etmək lazımdır: 15, 24, 26, 27 və 28 kranları bağlanır və 20, 21, 32 kranları açılır. Sıxılmış hava 2 balonundan 33 kollektoruna daxil olaraq karbon qazını 34 kollektoru və 32 kranı vasitəsilə atmosferə çıxarılır.

Uyğun olaraq havanı hidrogenlə əvəz etmək olar. Əvvəlcə havanı karbon qazı ilə (sxemdə 15, 18, 24, 26, 27 və 28 kranları bağlı və 22, 23, 31 kranları açıq olmalıdır), sıxışdırıb çıxarmaq, sonra isə karbon

qazını hidrogenlə (sxemdə 18, 26, 27, 28 kranları bağlı, 19, 32 kranları isə açıq olmalıdır) qovub çıxarmaq lazımdır.

Maşın işdə olduğu halda da hidrogen soyutmasından hava soyutmasına və əksinə keçmək mümkündür. Əgər maşın hava soyutması ilə işləyirsə, onda sxemdə 16, 26, 27, 28 və 30 kranları bağlı, 31 kranı isə açıq olmalıdır.

***Turbogeneratorların xarici üsul üzrə maye ilə soyudulması.*** Turbogeneratorların aktiv hissələrinin maye ilə dolayı yolla soyudulması üsulunu tətbiq etməyin çoxlu tərəfdarları vardır. Bu halda maye rotor və statordakı xüsusi yuvalararası kanalla dolaqların misini soyutmaq üçün vurulur. Yaxşı istilik ötürmə üçün maye, kanallardan turbolent axmalıdır.

Qeyd etmək lazımdır ki, statorun bütün aktiv hissələrinin yağda batırılması dolağın izolyasiyasının elektrik möhkəmliyini xeyli artırır ki, bu da daha yüksək generator gərginliyinin 30-40 kV-a keçməsinə imkan verir.

***Turbogeneratorların daxili üsul üzrə soyudulması.*** Böyük güclü turbogeneratorlarda ən böyük effektiv maqnit, keçirici və izoləedic materialların tətbiq olunmasına baxmayaraq, istiliyin arası kəsilmədən alınması problemi müasir turbogenerator qayırmada ən aktual məsələlərdən biridir. Son 25 il ərzində turbogeneratorların gücü xeyli artmışdır. Aqreqatların nominal gücü 35-dən 200-300 min kVt-a qədər artmışdır ki, bu da maşının konstruksiyasının inkişafında

tətbiq edilən aktiv və izoləedici materialların keyfiyyətini yüksəltmək, eləcə də soyutma sistemini yaxşılaşdırmaq hesabına əldə edilmişdir.

***Dolaqların misinin hidrogenlə bilavasitə soyudulması.*** Bu üsulun mahiyyəti maşının valı ilə bir yerdə olan yüksək təzyiqli kompressorlardan, dolaqların daxili çubuqlarının kanalları üzrə böyük sürətlə keçən hidrogen seli ilə rotor və stator dolaqları məftillərin bilavasitə soyudulmasından ibarətdir. Bu üsulun rotorun dolaqlarına tətbiqi daha sadədir.

**Sinxron generatorların paralel işləməsi:** Məlumdur ki, stansiyanın yük qrafiki ilin vaxtından və günün hər bir saatından asılı olaraq daim dəyişir. Yükləri elektrik enerjisi ilə etibarlı təmin etmək üçün generatorlar paralel işlədilir.

**Sinxron generatorların paralel işləmə şərtləri:** Generatorun sistemə paralel qoşulmasında ideal şərt, onun stator dolağında bərabərləşdirici cərəyanın olmamasıdır.

Əgər biz generator və sistemin xarici dövrəyə nəzərən gərginliyini nəzərdən keçirsək, onda yuxarıdakı şərti yerinə yetirmək üçün eyni adlı fazalardakı gərginliklərin ani qiymətləri işə qoşulmadan əvvəlki hər bir an üçün bərabər və eyni istiqamətli olmalıdır.

Bu şərti ödəmək üçün qoşma anında sistemin və generatorun gərginliklərinin ani qiymətləri bərabər və eyni işarəli olmalıdır. Qoşulan generator və sistemin

gərginliyi sinusoidal qanunla dəyişdiyindən, sinxronizm şərti aşağıdakı bərabərliklə təyin edilir:  $u_1 = u_2$

$$\text{buradan } u_1 = U_{1M} \sin(\omega_1 t - \varphi_1)$$

$$u_2 = U_{2M} \sin(\omega_2 t - \varphi_2)$$

olduğundan,  $u_1 = u_2$  tənliyi

$$U_{1M} \sin(\omega_1 t - \varphi_1) = U_{2M} \sin(\omega_2 t - \varphi_2)$$

şəklində yazılır.

Bu bərabərlik aşağıdakı üç şərt daxilində doğrulur.

$$U_{1M} = U_{2M} \quad \omega_1 = \omega_2 \quad \varphi_1 = \varphi_2$$

Qeyd etmək lazımdır ki, üç fazalı sinxron generatorların paralel işləməsinin labüd şərtlərindən biri də, işə qoşulan və şəbəkəyə işləyən generatorların fazalar sırasının eyni olmasıdır.

Bu şərtləri adətən ödəyən hala sinxronizm halı, generatoru bu hala gətirən prosesə isə sinxronlaşdırma deyilir.

### **Sinxron generatorların paralel işə qoşulma üsulları**

İstismar şəraitində generatorların aşağıda göstərilən variantlarda paralel işə qoşulma hallarına təsadüf olunur:

a) generator generatorla; b) generator bir qrup paralel işləyən generatorlarla; v) bir qrup paralel işləyən generatorlar digər qrup paralel işləyən generatorlarla.



Hazırda sinxron generatorları iki üsulla paralel işə qoşurlar: 1) dəqiq sinxronlaşdırma üsulu ilə; 2) öz-özünə sinxronlaşdırma üsulu ilə.

***Dəqiq sinxronlaşdırma.*** Dəqiq sinxronlaşdırma təsirləndirilmiş generator yuxarıda göstərilən şərtlər yerinə yetirildikdən sonra işə qoşulur, yəni: 1) işləyən və işə qoşulacaq generatorun gərginliklərinin təsiredici qiymətləri bərabər olduqda; 2) işləyən və işə qoşulacaq generatorların tezlikləri bərabər olduqda; 3) gərginliklər fazaca üst-üstə düşdükdə.

Sinxron generatorların paralel işə qoşulmasında tələb olunan bütün şərtləri dəqiq yerinə yetirməklə aparılan sinxronlaşdırma prosesi istismarda daha mürəkkəb və məsul bir əməliyyat hesab olunur. Belə ki, generatorların eyni tezliyə gətirilməsi, ilk mühərriklərin sürətini tənzim edən qurğuların nisbətən kobud olduğuna görə çox çətin əməliyyat hesab olunur.

Açarların işləmə vaxtları bağlayıcı solenoida impulsun verildiyi andan açarın kontaktlarını bağladığı ana qədər keçən vaxtdan ibarətdir. Bu vaxtı, açarın xüsusi bağlama vaxtı adlandırırlar. Adi yağ açarları üçün bu vaxt  $(0,06 \div 0,24)$  san. olur. Bu qiymətə nisbətən sinxronlaşdırma qurğusunun xüsusi işləmə vaxtı daha kiçikdir və buna görə, bundan sonra əsas etibarlı ilə sinxronlaşdırma qurğusunun xüsusi işləmə vaxtı da daxil olmaqla, açarın xüsusi işləmə vaxtını nəzərdə tutacaqdır.

Xüsusi işləmə vaxtının təsirini aşağıdakı sadə misaldan görmək olar. Tutaq ki, işə qoşma əməliyyatı

fazaların üst-üstə düşdüyü anda və tezliklər fərqi  $\omega_1 - \omega_2 = 0,5 \text{ rad./san.}$  olarkən aparılmışdır; açarın xüsusi bağlama vaxtı  $t_{bağ} = 0,2 \text{ san.}$  qəbul etsək, açarın bağlama prosesinin başlanğıcından onun kontaktlarının qapandıdığı ana qədər olan müddətdə faza sürüşməsinə belə təyin etmək olar:

$$\beta = (\omega_1 - \omega_2) t_{bağ} = 0,5 \cdot 0,2 = 0,1 \text{ rad} = 0,1 \cdot 57,3^\circ = 5,73^\circ$$

Dəqiq sinxronlaşdırmada yuxarıda göstərilən şərtlərdən biri yerinə yetirilməzsə, əvəzləyici gərginlik əmələ gəlir:

$$\Delta \dot{U} = \dot{U}_1 + \dot{U}_2.$$

Generator dolaqlarının aktiv müqaviməti reaktiv müqavimətə nisbətən çox kiçik hissə təşkil etdiyi üçün, bərabərləşdirici cərəyanın əvəzləyici  $\Delta U$  gərginliyindən  $90^\circ$  bucaq qədər geri qaldığı qəbul edilir.

### **Fazalar üst-üstə düşmədikdə paralel qoşma.**

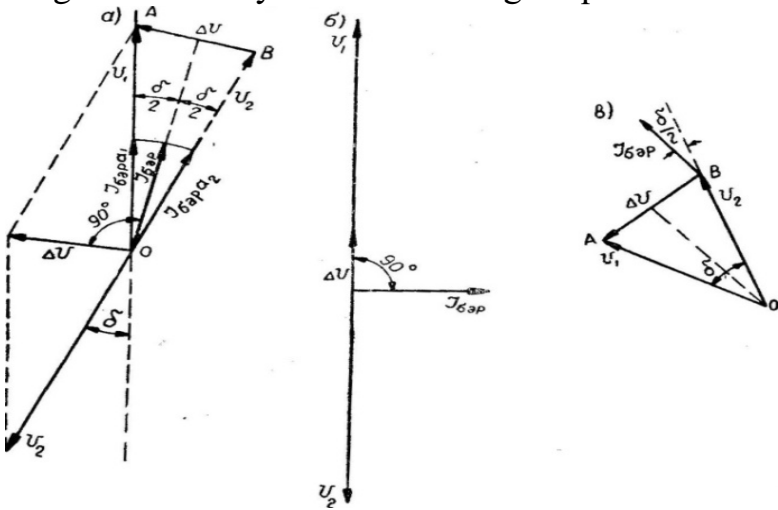
Eyni gərginlik ( $U_1 = U_2$ ) və tezliyi ( $\omega_1 = \omega_2$ ) olan, ancaq fazaları üst-üstə düşməyən generatorlarda qoşulacaq generatorun vektoru işdə olan generatorun gərginlik vektorunu qabaqlayır və ya ondan  $\delta$  bucağı qədər geri qalır. Bu zaman əvəzləyici  $\Delta U = U_1 - U_2$  gərginliyi alınır.

2.3-ci şəkildə, fazalar  $\varphi = \delta$  qədər sürüşdürülmüş vəziyyətdə generatorların işə qoşulması halına uyğun gərginlik vektor diaqramı göstərilmişdir. OAB üçbucağından  $\Delta U$  əvəzləyici gərginliyini asanlıqla tapmaq olar.

$$\Delta U = 2U \sin \frac{\delta}{2}$$

Beləliklə, əvəzləyici gərginliyin qiyməti gərginliklərin fazaca sürüşmələrindən, yəni  $\delta$  bucağından asılı olaraq  $0$   $2U$  arasında dəyişə bilər.

Belə hallarda generatorların paralel işə qoşulmasında, həmçinin bərabərləşdirici  $I_{b\bar{e}r}$  cərəyanı da əmələ gəlir. Bu cərəyan  $\Delta U$ -dan  $90^\circ$  geri qalır.



Şəkil 2.3. Paralel işlədilən generatorların vektor diaqramı.

**Tezliklər bərabər olmadıqda paralel qoşma.** İndi işə tezliklər bir-birindən fərqli olan və qalan sinxronlaşdırma şərtlərinə riayət olunan ( $U_1=U_2$  və  $\varphi_1 = \varphi_2$ ) hala baxaq. Qeyd etmək lazımdır ki, yuxarıda göstəriləyi kimi ilk mühərriklərin dövrlər sayını tənzim edən qurğunun kobud olması və tezliyin də-

yişməsinə səbəb olan şəbəkənin yükünün daim dəyişməsi üzündən işə qoşma anına qədər bucaq sürətlərinin bərabərliyini əldə etmək praktiki olaraq mümkün deyildir. Buna görə generatorla şəbəkənin gərginlik vektorları arasında  $\Delta\omega = \omega_1 - \omega_2$  bucaq sürətləri fərqi həmişə mövcud olur. Bunun nəticəsində sinxronlaşdırılan generatorun  $U_1$  gərginliyi və şəbəkənin  $U_2$  gərginlikləri arasında fərq əmələ gəlir. İşə qoşma anında bərabərləşdirici cərəyan yaradan bu  $\Delta U_d$  gərginliyini döyünmə gərginliyi adlandırırlar.

2.3-cü *b* şəklində paralel işə qoşulana qədər generator və şəbəkənin gərginlik vektorlarının qarşılıqlı yerləşməsi göstərilmişdir. Vektorlar arasındakı  $\delta$  bucağı bu halda arasы kəsilmədən dəyişir. Onun ani qiyməti  $\Delta\omega t$ -yə bərabərdir.

Generatorun gərginlik vektoru şəbəkənin gərginlik vektoruna nəzərən  $\Delta\omega$  bucaq sürəti ilə yerini dəyişir. Şəbəkənin bucaq sürətinə nisbətən və ya 5-lə ifadə olunan  $(\frac{\Delta\omega}{\omega}; \frac{\Delta\omega}{\omega} \cdot 100\%)$  bu nisbi sürət sürüşmə (S) adlanır.

Qoşulan generatorun və şəbəkənin gərginliklərinin ani qiyməti zamandan asılı olaraq, sinusoidal funksiya üzrə dəyişdiyindən, sinxronlaşdırmanın qalan iki şərtinə ( $U_1-U_2$  və  $\varphi_1 = \varphi_2$ ) riayət olunduqda, döyünən gərginliyin ani qiymətini aşağıdakı ifadə kimi yazmaq olar:

$$\Delta u_d = U_M \sin \omega_1 t - U_M \sin \omega_2 t = 2U_M \sin\left(\frac{\omega_1 - \omega_2}{2}\right) \cos\left(\frac{\omega_1 + \omega_2}{2}\right)t = 2U_M \sin \frac{\Delta\omega}{2} \cdot \cos\left(\frac{\omega_1 + \omega_2}{2}\right)t$$

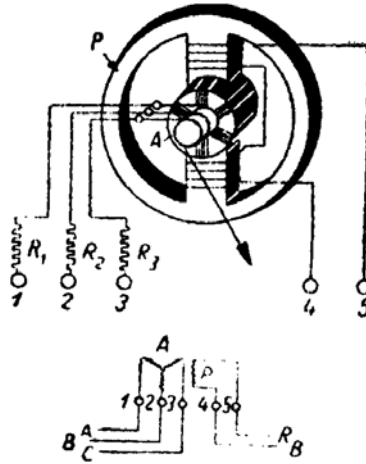
Beləliklə, döyünən gərginlik mürəkkəb harmonik funksiya olub, amplitudu sinus qanununa görə dəyişir, tezliyi isə sistemin və generatorun tezlikləri cəminin yarısına bərabər olur.

**Dəqiq sinxronlaşdırma üçün cihazlar.** Dəqiq sinxronlaşdırma əməliyyatını əl ilə və ya avtomatik aparmaq olar. Dəqiq üsul üzrə əl ilə sinxronlaşdırma üçün idarə lövhəsində aşağıdakı cihazlar olmalıdır: işdə olan və işə qoşulacaq generatorların gərginliklərinin bərabərliyinə nəzarət etmək üçün iki voltmetr, işdə olan və işə qoşulacaq və generatorların fazaca sürüşmələrinin üst-üstə düşməsinə nəzarət etmək üçün sinxronoskop.

Sinxronoskoplar çox müxtəlif növlərdə və konstruksiyalarda hazırlanır. Biz burada fırlanan əqrəbi olan elektromaqnit sistemli sinxronoskopu tədqiq etməklə kifayətlənəcəyik (şəkil 2.4).

Sinxronoskopun rotoru həmişə fəzada elə vəziyyət almağa çalışır ki, bu halda rotorun fırlanan sahə vektoru döyünən sahənin maksimum qiymət aldığı andakı istiqaməti ilə üst-üstə düşsün. Qoşulacaq generator və şəbəkənin tezliyi bərabər olan zaman rotorun fırlanan sahə vektorunun bir tam dövr etməsi, statorun döyünən sahəsinin bir perioduna uyğun gə-

ləcəkdir. Rotor hərəkətsiz qalacaqdır və fazaca gərginlik sürüşməsi olmadıqda elə bir vəziyyət əmələ gələcəkdir ki, bu halda döyünən sahə maksimum olan anda fırlanan sahənin vektoru vertikal istiqamətlənmiş olacaqdır.



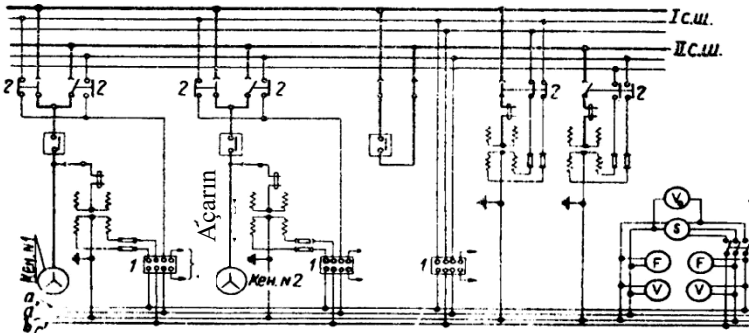
**Şəkil 2.4. Paralel işlədiləcək generatorun tezliyinin sinxronlaşdırma sxemi.**

Cihazın əqrəbi şkalanın ortasında hərəkətsiz dayanacaqdır. Qoşulacaq generator və şəbəkənin tezlikləri bərabər olacaq, ancaq fazaca gərginlik sürüşməsi olduqda, rotor yenə də hərəkətsiz olacaq, lakin cihazın oxu vertikal vəziyyətdən meyl edəcəkdir.

Belə ki, fırlanan sahənin vektoru rotora nisbətən müəyyən bucaq qədər sürüşəcəkdir. Qoşulacaq generator və şəbəkənin tezlikləri bərabər olmadıqda, sinxroskopun rotoru hər iki sahənin təsiri altında fırla-

nacaqdır. Əqrəbin fırlanma istiqaməti qoşulacaq generatorun tezliyinin, şəbəkənin tezliyinə nisbətən az və ya çox olmasını göstərir.

**Yüksək gərginlikli generatorların sinxronlaşdırma sxemi.** İkiqat toplayıcı şinləri olan elektrik stansiyaları üçün sinxronlaşdırma kalonkası cihazlarının qoşulma sxemi 2.5-ci şəkildə göstərilmişdir. Bu sxemdə generatorların şinlə, eləcə də hər iki şin sisteminin bir-birilə sinxronlaşdırılması nəzərdə tutulmuşdur. Cihazların sinxronlaşdırma şinlərinə qoşulmuşdur. Bu şinlərə gərginlik sinxronlaşdırılan elementlərdən dörd cüt yuvalı ştəpsel rozetkası (1) vasitəsilə verilir.



**Şəkil 2.5. İki sistem şinli paralel işlədilən generatorların sxemi.**

Üç cüt yuva gərginlik vermək, 4-cü isə açarın bağlanma dövrəsini hazırlamaq üçündür. Müxtəlif növlü açarların müxtəlif xüsusi işləmə zamanları olduğundan, onlar üçün qabaqlama zamanı da müxtəlif

olur. Bu anda sıfır voltmetrin əqrəbi sıfıra yaxın vəziyyətdə olmalıdır.

**Avtomatik sinxronlaşdırma.** Sinxronlaşdırma prosesinin avtomatlaşdırılması səhv qoşulmanı aradan qaldırır və prosesi kifayət qədər sürətləndirir, bununla bərabər işə qoşmanın dəqiqliyi də artır. Dəqiq sinxronlaşdırma prosesini avtomatlaşdırmaq üçün gərginlik və tezliyi avtomatik birləşdirən aparatlar tətbiq edilir. Sinxronizatorlar gərginlik bərabərləşdiricisi, tezlik bərabərləşdiricisi, sürüşmə relesi və qabaqlayıcı avtomatik rele quruluşlarından ibarətdir. İki növ avtomatik sinxronizator vardır. Bunlardan biri, sabit qabaqlayıcı zamanı olan sinxronizatorlardır. Bunlar bağlanma üçün lazımi şərait yaranana qədər avtomatik sabit zaman fasiləsi yaradır. 2-cisi, sabit və müəyyən qabaqlama bucağı olan sinxronizatorlardır. Bu sinxronizatorlarda sabit və müəyyən qabaqlama bucağı, həmişə sinxronlaşdırılan generatorun gərginliyi ilə işdə olan maşının şinindəki gərginlik arasında lazımi işə qoşma şəraitinin yaranmasından qabaq avtomatik əldə edilir.

Qeyd edilmişdir ki, avtomatik sinxronizatorlar:

- 1) generatorların cəld paralel işə qoşulmasını təmin edir;
- 2) konstruksiyası mürəkkəbdir;
- 3) avtomatika sxemini sadələşdirmək əvəzinə onu mürəkkəbləşdirir;
- 4) generatorların şəbəkəyə daha tez qoşulması lazım gələn qəza hallarında gərginlik və tezlik aşağı düşən zaman etibarlı işləmir.



**Öz-özünə sinxronlaşdırma.** Öz-özünə sinxronlaşdırma üsulu təsirləndirilməmiş generatoru sinxron sürətə qədər fırlandırmaq və şəbəkəyə qoşmaqdan ibarətdir; açar vurulduqdan sonra dərhal generator təsirləndirilir və o sinxronizmə girir. Bu üsulun əllə dəqiq və avtomatik sinxronlaşdırmadan üstünlükləri aşağıdakılardan ibarətdir: 1) əməliyyatın sadəliyi; 2) generatorun səhv qoşulması halları və zədələnmə qorxusu olmur; 3) cəldliyi: generatorun fırlandırılması nəzərə alınmadıqda işə qoşulma vaxtı 3-5 san davam edir; 4) generatoru sistemin azaldılmış gərginliklərində ( $0,5-0,6 U_n$ ) və tezliklərində (35 Hz) qoşma mümkün olur; 5) generatorun avtomatik sürət tənzimçisi və açarın distansiyadan idarəsi olmadıqda işə qoşma əlverişli olur; 6) işə qoşma prosesinin avtomatlaşdırılması sadədir; 7) asinxron işə salmadan istifadə edərək ehtiyat hidrogenatorun tez avtomatik paralel işə qoşulması mümkün olur; 8) qovma mühərrikli sinxron kompensatorların dövrəyə qoşma və işə salma prosesləri daha sadə avtomatlaşdırılır; 9) elektrik stansiyasını energetik sistemlə əlaqələndirilən enerji verilişi xəttinin açılması və ya dayanıqlığın pozulması nəticəsində sistemlə əlaqəsini itirən elektrik stansiyasının avtomatik təkrar qoşulması mümkün olur.

### **Generatorun sinxronizmə girmə şərtləri**

Generatoru öz-özünə sinxronlaşdırma metodu ilə işə qoşma zamanı aşağıdakı momentlər təsir edir:

1)  $M_{\text{müh.}}$ -hərəkət etdirici faktorun hesabına ilk mühərrikin yaratdığı moment; 2)  $M_{\text{müq.}}$ -mexaniki müqavimət momenti; 3)  $M_{\text{sin.}}$  sinxron moment; 4)  $M_{\text{rej}}$ -reaktiv moment olub, statorun sinxron sahəsinin dalınca sürünən rotorun hesabına yaranır ki, bu da rotorun aydın görünən qütblərində və ya dişlərində toplaşır, qiyməti isə kiçik sürüşmələr şəraitində

$$P_{\text{rejim}} = \frac{mU_{\text{ş}}^2 (X_d - X_q)}{2X_d \cdot X_q} \sin 2\delta \quad \text{olur.}$$

5)  $M_{\text{aç}}$ - asinxron moment olub, statorun sinxron sahəsi ilə rotorun bütöv hissələrindəki cərəyanla və rotorun təsirlənmə dolağının müqaviməti ilə qapanan cərəyanlar hesabına yaranır. 6)  $M_{\text{g}}$  -maşının hərəkət edən hissələrinin inersiya momentidir.

Aşağıdakı xarakterik hallarda rotorun sinxronizmə girmə şərtini araşdıraq.

**I hal.** Tutaq ki, moment artımı yoxdur ( $M_{\text{art}} = M_{\text{müh.}} - M_{\text{müq.}} = 0$ ), yəni hərəkət etdirici faktorun hesabına mühərrikdən alınan moment tamamilə, fırlanmadan alınan mexaniki itkinin aradan qaldırılmasına sərf olunur, onda  $M_{\text{müh.}}$  hesabına sürətlənmə olmayacaqdır. Həm də təsirləndirilmiş generatorunda sinxron moment olmur ( $M_{\text{sin.}} = 0$ ). Onda

$$M_{\text{art}} = 0 = M_{\text{reak}} + M_{\text{aç}} + M_{\text{g}}$$

**II hal.** Tutaq ki, moment artımı vardır və generator şəbəkəyə rotorun sürəti sinxron sürətdən az bir sürətlə ( $n < n_s$ ) qoşulmuşdur. Bu halda öz-özünə

sinxronlaşdırma prosesi daha mürəkkəb olur, belə ki, generator rotorun xeyli sürətləndiyi bir vaxtda şəbəkəyə qoşulur.

Əgər moment artımı reaktiv momentdən çoxdursa, ( $M_{art} > M_{reak}$ ), onda generatorun sinxronizmə girməsi yalnız onun rotor dövrəsinə təsirlənmə cərəyanı verdikdə, yəni sinxron moment olduqda mümkündür. Bu şərt daxilində  $n = n_s$  olduqda  $M_{as} = 0$  və

$$M_{sin} + M_{reak} > M_{art} \text{ olur.}$$

**III hal.** Tutaq ki, moment artımı var və generator dövrəyə, rotorun sürəti sinxron sürətdən çox olduğu halda ( $n > n_s$ ) vurulur.

Rotorun sinxron sürətə yaxınlaşdığı anlarda, sinxron moment o qədər arta bilər ki, hər hansı bir şəraitdə rotorun etibarlı sinxronizmə girməsi təmin olunur.

Sinxron moment elə qiymətə çatır ki,

$$M_{sin} + M_{reak} + M_{as} > M_{art}$$

Bu zaman rotorun sürətlənməsi dayanır: sonra sürət azalmağa başlayır və rotor sinxron sürətlə fırlandıqda generator sinxronizmə girir.

Göründüyü kimi, rotor təsirləndirildikdə praktiki olaraq bütün hallarda generator sinxronizmə girir. Bütün bu deyilənlərdən görünür ki, aşağıdakı şərtlərə əməl edildikdə generatorun sinxronizmə girməsi daha da asanlaşır: rotorun sürəti sinxron sürətdən mümkün qədər az fərqləndikdə generator şəbəkəyə qoşulmalı-

dır; generator şəbəkəyə qoşulan kimi təsirləndirilmə verilməlidir.

## 2.2. Hidroturbinlər

Hidravlik turbinlər suyun kinetik enerjisinin mexaniki faydalı işə çevrilməsi üçün istifadə olunan qurğulardır. Bu qurğulara hidravlik mühərriklər də deyilir. Hidravliki mühərriklər dedikdə-su pərləri və hidroturbinlər nəzərdə tutulur.

Su pərləri ən sadə hidravliki qurğudur. Su pərlərinin bəzi çatışmayan cəhətləri var. Bunlardan birincisi az təzyiqli su axını olan yerlərdə onların həcmi böyük olmasıdır. Eyni zamanda su pərləri xeyli ağır olur. Onların diametri 12 m-ə, eni isə bir neçə metr olar. Bir dəqiqə ərzində 3÷8 dəfə fırlanır. Fırlanma sürəti az olduğuna görə əlavə sürət ötürücü qurğulardan istifadə etmək lazımı gəlir ki, bu da baha başa gəlir.

Ən təkmilləşmiş konstruksiyası olan su pərinin faydalı iş əmsalı 60÷70 % arasında olur. Əgər ötürücü mexanizmdə yaranan itkilər nəzərə alınsa, onda su pərləri təqribən su enerjisinin 30÷40 %-nin istifadə edilməsi üçün yararlıdır.

Keçmiş Sovetlər İttifaqının elektrifikasiyası üçün, böyük güclü energetik sistemlərinin yaradılmasına qədər, enerji mənbəyi olaraq su pərlərindən geniş istifadə edilib. Müasir sənayenin inkişafı, yeni texnologiya avadanlıqlarının yaradılması, onların enerji istehsalında tətbiq edilməsi kiçik güclü hidrostansiyaların sayının azalmasına səbəb olmuşdur. Kənd təsər-

rüfatının energetik tələbatını ödəmək üçün demək olar ki, bütün bu tip hidrostansiyalar ləğv edilmişdir. Yeni müasir Mikro SES-da əsasən hidroturbinlərə keçirilmişdir.

**Hidroturbinlər**-Müasir hidroturbinlər su pərlərinə nisbətən böyük üstünlüklərə malikdir:

- Bu turbinlər hər cür təzyiqa, su həcminə hesablanabilir;

- hidroturbinlərin faydalı iş əmsalı çox yüksək olur və enerji itkilərinə çox az yol verilir, eyni zamanda keçid rejimlərində onun f.i.ə.-lı dəyişir.

- hidroturbinlər yüksək fırlanma sürətinə malik olur, ona görə də bu turbini birbaşa generatora qoşub çox sərfəli və iqtisadi cəhətdən əlverişli ötürücü qurğu yaratmaq mümkün olur.

Bu tip turbinlərdə fırlanma sürətini artırmaq üçün onun konstruksiyasının təkmilləşdirilməsi, su axımının parametrlərinə uyğun olaraq quraşdırılması vacib şərtlərdən biridir. Ona görə də bu turbinlər suyun xassəsinə uyğun olaraq müxtəlif konstruksiyalarda hazırlanır və hidrotexniki qurğularda müxtəlif vəziyyətlərdə quraşdırılır.

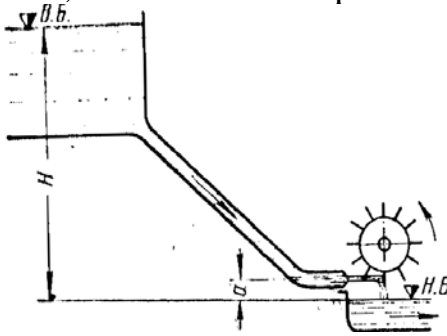
Turbinlərin fırlanma sürəti çox olduqca, onların ölçüləri də azalır. Bu turbinlər bütün iş rejimlərində və hər cür şəraitdə işləmək qabiliyyətini itirir və fırlanma sürətini dəyişir.

Bu üstün xüsusiyyətlərinə görə Mikro SES-nın f.i.ə. da yüksək olur.

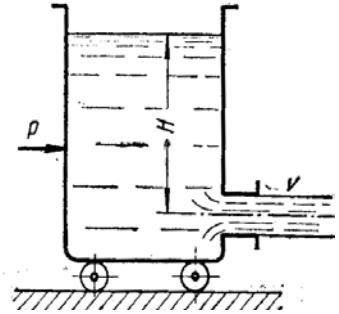
- Hidroturbinlərin hissəli təmir üçün əlverişli konstruksiyada hazırlanır.

- fırlanan val həm horizontal, həm də vertikal vəziyyətdə ola bilər. Bu da turbinlərlə əlaqədə olan maşın mexanizmlərin konstruksiyasından asılı olur.

Müasir hidroturbinlər, iş prosesinə görə həm aktiv, həm də reaktiv tiplərə bölünür.



**Şəkil 2.6. Aktiv turbinin sxemi**



**Şəkil 2.7. Su sırnağının sxemi**

Bu şəkillərdə aktiv və reaktiv turbinlərin ən sadə konstruktiv sxemi verilmişdir. Aktiv turbin dedikdə, əsas su axınının aktiv təzyiqli nəticəsində işləyən turbin nəzərdə tutulur. Şəkilə göstərilən aktiv turbinin iş prinsipinə nəzər salaq.

Horizontal vəziyyətdə yerləşən val üzərində, işçi mexanizm quraşdırılır. Bu mexanizmin üzərində val boyu pərlər yerləşdirilir. Təzyiqli boruları vasitəsi ilə su axını, yuxarı səviyyədən aşağı səviyyəyə, işçi mexanizmin yerləşdiyi yerə təzyiqlə axır. Təzyiqli borusunun sonunda, suyun çıxışında yaranan təzyiqli nəticə-

sində sürətlə pərlərə çırpılaraq val üzərində quraşdırılan işçi mexanizmin saat əqrəbinin əksinə fırlanması üçün zəmin yaradır.

Su axını işçi mexanizmin bütün pərləri ilə təmasda olmadığı üçün, su axınının aktiv enerjisi atmosfer təzyiqi altında işçi mexanizmin fırlanmasına sərf olunur. Ona görə də bu turbinlər su axını sürətinin dəyişməməsi nəticəsində, su axınının reaktiv təsiri yaranmır. Ona görə də bu tip turbinlər aktiv turbinlər adlanır. Aktiv təsirli turbinlərdə su axınının təzyiqi (H), nəticəsində yaranan suyun kinetik enerjisi işçi mexanizmə verilir və o fırlanır. Fırlanan işçi mexanizm suyun ən aşağı səviyyəsindən (a) hündürlükdə yerləşir. Yuxarı səviyyə ilə işçi mexanizmə qədər olan fərq (H-a)-ya bərabərdir.

a-məsafəsi suyun yuxarı səviyyəsi ilə ən aşağı səviyyəsi arasında itən hündürlükdür.

İndi də reaktiv turbinlərin iş prinsipinə nəzər salaq. Şəkildə göstərilən reaktiv turbinin sadə konstruktiv sxemi verilmişdir.

Şəkildə göstərilən aktiv və reaktiv turbinlərin çox çatışmayan cəhətləri var. Bu tip turbinlərdən çox əvvəllər istifadə olunmuşdur. Onların f.i.ə.-lı çox azdır. Son zamanlar bu turbinlərin konstruksiyası dəyişdirilmiş və təkmilləşdirilmişdir. Müasir turbinlərin iş prinsipinin öyrənilməsi üçün, keçmiş sadə konstruktiv turbinlərin iş prinsipini də bilmək önəmlidir.

Şəkil 2.8-də belə turbinlərdən birinin konstruktiv sxemi verilmişdir. Bu su sorucu borusu olan reaktiv

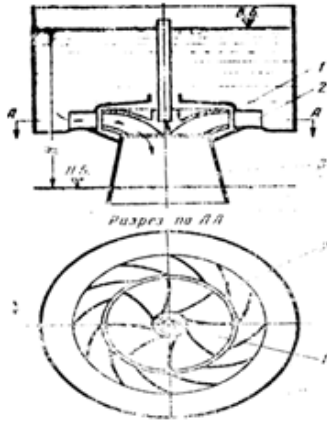
turbindir: 1- işçi mexanizm (su pəri); 2- istiqamətləndirici aparat; 3- su sorucu pəri.

İş prinsipinə nəzər salaq. Su axını istiqamətləndirici aparatdan keçib, işçi mexanizmə (su pəri) daxil olur. İstiqamətləndirici aparatın üzərində, künclərdə kürəklər yerləşdirilir. Aparata daxil olan su axını işçi mexanizmə çatmamış, müəyyən sürət alır. Deməli, su axınının təzyiqinin bir hissəsi (potensial enerjisi) – sürətə yəni kinetik enerjiyə çevrilir.

Fırlanan işçi mexanizmə verilən enerji, su axınının kürəklər vasitəsi ilə yaranan aktiv enerjiyə və axan suyun kürəklərə təsir enerjisinə-yəni reaktiv enerjiyə bölünür. Buna görə də bu konstruksiyalı turbinlər “aktiv-reaktiv” turbinlər adlanır. Bu turbinlərdə su axını kürəklər arası kanallarla bir vaxtda işçi mexanizmə ötürülür.

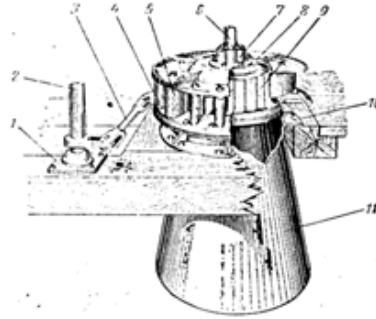
Müasir reaktiv turbinlər bir neçə tip olur: vertikal oxlu radial turbinlər; pərli turbinlər; ikiqat kürəkli turbinlər.





**Şəkil 2.8 .Reaktiv turbinin görünüşləri**

1-tənzimləyici valın davamı; 2-tənzimləyici val; 3-dartı mexanizmi; 4-tənzimləyici dövrə; 5-istiqlamətləndirici aparat; 6-turbin valı; 7-yastıqlar; 8-turbinin qapağı; 9-işçi mexanizm; 10- turbinin bünövrəsi; 11- susorucu boru.



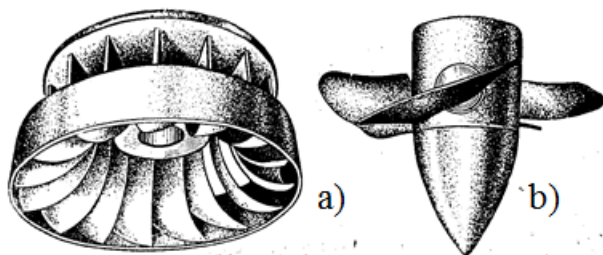
**Şəkil 2.9. Reaktiv turbinin ümumi görünüşləri**

Kiçik güclü kənd hidrostansiyalarında əsasən reaktiv turbinlərdəki istifadə edilir. Kiçik çaylarda, su hövzələrində, az təzyiqli su hövzələrində əsasən reaktiv turbinlərdən istifadə edilir. Şəkil 2.9-da vertikal oxla radial turbinlərin elementləri göstərilmişdir.

İşçi mexanizm (g), turbinin valına (6) bərkidilir. İstiqlamətləndirici aparat (5), turbinin bünövrəsinə (10) söykənir. İstiqlamətləndirici aparat yuxarıdan turbin qapağı ilə örtülür. Bu qapağa turbinin yastığı (7) bərkidilir. Turbin bütünlüklə turbin kamerasına yerləşdirilir.

Su axını müəyyən təzyiqlə kürəklər arasından istiqamətləndirici aparata və işçi mexanizmin kürəkləri üzərinə tökülür. İşçi mexanizmə düşən su axını, istiqamətini dəyişir və vertikal istiqamətdə su sorucu boruya düşür. İşçi mexanizmdən keçən su axını öz kinetik enerjisini işçi mexanizmin işləməsinə sərt edir və bu zaman işçi mexanizmin sürəti artıq. Radial oxlu turbinlərdə suyun tənzimlənməsi, istiqamətləndirici aparatın kürəklərinin dönmə bucaqlarının dəyişməsi səbəbindən baş verir. Şəkil 2.10-da reaktiv turbinin müxtəlif konstruksiyalı işçi mexanizmi verilmişdir.

Radial oxlu turbinin işçi mexanizmi çuqundan hazırlanır və vala bərkidilir. İşçi mexanizmin yuxarı və aşağı hissələri arasında çuqundan tökülmüş kürəklər vardır ki, bu da su axınının sürətini artırır. Pərli turbinlərin işçi mexanizmi isə 4 ədəd pərlərin val üzərində perpendikulyar vəziyyətdə bərkidilməsi konstruksiyası ilə yerinə yetirilir.

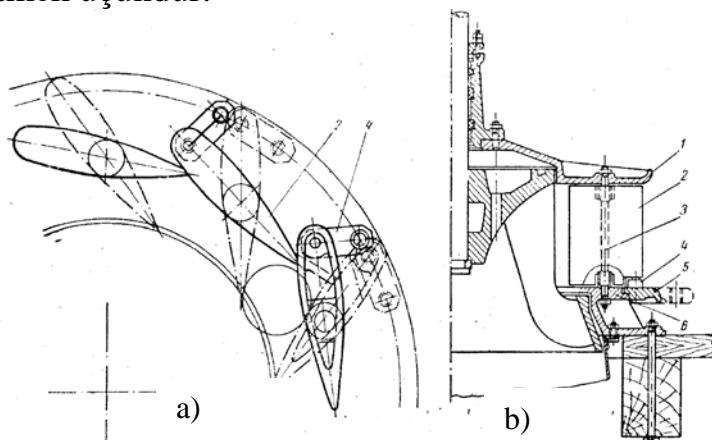


**Şəkil 2.10** Reaktiv turbinin müxtəlif konstruksiyalı işçi mexanizmi: a- radial oxlu turbinin işçi mexanizmi; b- pərli turbinin işçi mexanizmi.

Bundan başqa dönən kürəkli turbinlər də mövcuddur. Bu tip turbinlərin mexanizmlərinin kürəkləri həm öz oxları ətrafında, həm də val ilə birlikdə fırlanma qabiliyyətinə malik olurlar. Bu tip turbinlərin f.i.ə.-lə da yüksək olur. Turbinə daxil olan su axını 2 üsulla tənzimlənir. Həm istiqamətləndirici aparatın köməyi ilə, həm də işçi mexanizm üzərində yerləşdirilən fırlanan kürəklərin köməyi ilə su axınının sürəti tənzimlənir.

**1-Turbinin istiqamətləndirici aparatı**-Bu aparatın sxemləri şəkil 2.11-də göstərilmişdir.

Turbinlərdə, istiqamətləndirici aparatın vəzifəsi, işçi mexanizminə ötürülən su axımının sürətini tənzim etmək üçündür.



**Şəkil 2.11. Reaktiv turbinin istiqamətləndirici aparatı**  
**a- kürəklərin dönmə sxemi; b- istiqamətləndirici aparatın**  
**uzununa kəsiyi: 1- yuxarıda yerləşən dairə; 2-kürəklər;**  
**3- kürəklərin oxu; 4-dartı qurğusu; 5- ikinci tənzimləyici**  
**dairə; 6-valın aşağısında yerləşən dairə**

Bu aparat istiqamətləndirici kürəklər və val üzərində yuxarıda və aşağıda yerləşən dairələrlə birlikdə su axınının normal keçməsi üçün kanal yaradır. Kürəklər eyni zamanda öz oxu ətrafında da fırlanır.

Turbinin mexaniki işinin elektrik enerjisinə çevrilməsi üçün onun valı generatorun valı ilə birləşdirilir. Bu birləşmə ya birbaşa, ya da ötürücü mexanizmlər vasitəsi həyata keçirilir. İstiqamətləndirici aparatın iş prinsipinə nəzər salaq.

Burada hər bir kürək dartı qurğusu vasitəsi ilə (4), tənzimləyici fırlanan dairə (5) ilə birləşdirilir. Bütün kürəklər tənzimləyici fırlanan dairə ilə əlaqədar olduğuna görə, dairənin dönməsi zamanı kürəklər də dönr. Tənzimləyici dairə isə öz növbəsində, istiqamətləndirici aparatın tərpənməz dairəsinə bərkidilir. Su axınının turbinə ötürülməsinin tam dayanması üçün tənzimləyici dairə öz əvvəlki vəziyyətinə qayıdır və kürəklər bir-birini qapayır. Proses bu ardıcılıqla davamıdır.

**2–Su sorucu borular**-Su sorucu borular turbinin ən əsas elementlərindən biridir. Onun iş prinsipi aşağıdakı qaydalara uyğun olmalıdır.

a) turbində işlənmiş suyun, (turbindən keçən suyun) su hövzəsinin aşağı qatına ötürür. b) su təzyiqinin tam istifadə olunması üçün, işçi mexanizmdən çıxan su təzyiqinin azalmasının qarşısını alır. c) işçi mexanizmin kürəklərindən müəyyən sürətlə axan suyun kinetik enerjisindən istifadə olunmasını təmin edir.

Reaktiv turbinlər su sorucu borular olmasa da işləyə bilər. Onda aktiv turbinlərdə olduğu kimi su təzyiqinin statik gücü istifadəsiz qalar. Ona görə də, su sorucu borular bu çatışmazlığın qarşısını alır.

Su sorucu boruları olan reaktiv turbinlərdə, işçi mexanizmin altında vakuum yaranır ki, bu da işçi mexanizmdən, su hövzəsinin aşağı səviyyəsinə qədər olan məsafədə su sorucu borularda yaranan su həddi ilə bərabərlik təşkil edir. Ona görə də işçi mexanizmdən çıxan suyun təzyiqi, atmosfer təzyiqindən azdır. İşçi mexanizmdən yuxarıda yaranan suyun təzyiqi ilə, ondan aşağıda yaranan təzyiqin fərdi artır və işçi mexanizm ilə suyun aşağı səviyyəsi arasında yaranan təzyiq turbinin işləməsinə sərf olunur.

Reaktiv turbinlərdə suyun işçi mexanizmdə çıxma sürəti aşağı təzyiqli stansiyalarda  $v = 3 \div 6$  m/san, yüksək təzyiqli stansiyalarda isə  $v = 8 \div 12$  m/san arasında olur. Ona görə də işçi mexanizmdən çıxan su axını böyük kinetik enerjiyə malik olur.

Bu kinetik enerjinin sərfəli istifadə edilməsi üçün su sorucu boru konusvarı hazırlanır. Bu formada olan borularda su axınının sürəti aşağı düşür. Ona görə də işçi mexanizmdən aşağıda təzyiq azalır. Bu səbəbdən işçi mexanizmdən yuxarıdakı təzyiqlə, aşağıda yaranan təzyiq arasındakı fərq artır. Deməli, konusvarı su sorucu borular, işçi mexanizmdən çıxan suyun sürətinin artması üçün zəmin yaradır.

**3-Turbin kameraları**-İşçi mexanizmə ötürülən su axını istiqamətləndirici aparat vasitəsi ilə həyata

keçirilir. Bu aparat turbin kamerasında yerləşdirilir. Kamerasına təzyiqli boruları bərkidilir. Aşağı təzyiqli kiçik güclü turbinləri əsasən taxtadan və ya betondan hazırlanmış kamerasına yerləşdirirlər. Bu kameraların ölçüləri turbinlərin tipindən asılıdır.

Kameranın minimal dərinliyi o dərəcədə olmalıdır ki, turbinin yuxarı qapağının üzərində lazımi miqdarda su təbəqəsi olsun. Bu da turbinə hava sorulmaması üçündür. Təzyiqlin artması nəticəsində açıq kameranın dərinliyi artır. Bu da turbin kamerasının ölçülərinin artmasına səbəb olur. Ona görə də açıq tipli turbin kameraları kiçik təzyiqli hidrostansiyalarda istifadə olunur.

Böyük təzyiqli Mikro SES-nin turbinlərində bağlı tipli turbin kameralarından istifadə edilir.

**Misal - 1**                      təzyiqli  $H=4 \text{ m/san}^2$

Dövrələr sayı  $n=750 \text{ dövr/dəq}$  olan turbinin tipinin seçilməsi üsuluna nəzər salaq.

- çömçəli turbinlər üçün sürət əmsalı  $n_s=20$  olduğunu nəzərə alsaq,

onda 1 dəqiqə ərzində dövrlər sayı

$$n = \frac{n_s H^{\frac{4}{3}} \sqrt{H}}{\sqrt{N}} = \frac{20 \cdot 4^{\frac{4}{3}} \sqrt{4}}{\sqrt{200}} = 8 \text{ dövr/dəq.}$$

- radial oxlu turbinlər üçün cədvəldən sürət əmsalı  $-n_s=100$  olduğunu nəzərə alsaq, onda dövrlər sayı

$$n = \frac{100 \cdot 4^{\frac{4}{3}} \sqrt{4}}{\sqrt{200}} = 40 \text{ dövr/dəq.}$$

- pərli turbinlər üçün sürət əmsalı  $n_s=800$

Ona görə

$$n = \frac{800 \cdot \sqrt[4]{4}}{\sqrt{200}} = 320 \text{ dövr /dəq.}$$

Bu hesablamadan aydın olur ki, çömçəli turbinlər üçün  $n=8 \text{ dövr/dəq}$ . Radial oxlu turbinlər üçün  $n=40 \text{ dövr/dəq}$  olur. Fırlanma sürətlərinin az olduğu üçün bu turbinlərin istifadəsi əlverişli deyil. Ona görə də pərli turbinin dövrlər sayının çox olduğunu nəzərə alsaq, verilən güc və suyun təzyiqi üçün pərli turbinin seçilməsi əlverişli olar. Bu turbinlər də elektrik generatorlarına ya reduktor vasitəsi ilə, ya da ayrı ötürücü qurğularla qoşulur.

**Misal – 2** gücü  $N=200 \text{ at/gücü}$

təzyiqi  $H=200 \text{ m/san}^2$

dövrlər sayı  $n=750 \text{ dövr/dəq}$  parametrlərinə uyğun turbinin seçilməsi üsulu:

- çömçəli turbinlər üçün sürət əmsalı  $n_s=15$

$$n = \frac{15 \cdot 200 \cdot \sqrt[4]{200}}{\sqrt{200}} = 800 \text{ dövr/dəq.}$$

- radial oxlu turbin  $n_s=100$

$$n = \frac{100 \cdot 200 \cdot \sqrt[4]{200}}{\sqrt{200}} = 5340 \text{ dövr/dəq.}$$

Bu hesablamaya görə radial-oxlu turbinin dövrlər sayının həddindən çox olduğunu nəzərə alsaq, çömçəli turbinin bu qurğu üçün seçilməsi əlverişli olar.

Mikro SES-nın turbinlərinin seçilməsi üçün, istehsal olunan turbinlərin pasport göstəricilərində onun

parametrləri, normal işləməsi üçün təzyiqlə həddinin qiyməti göstərilir ki, bu da Mikro SES-nin istehsal gücünün səmərəli olması üçün böyük önəm kəsb edir.

Su hövzəsinin təzyiqinə, su axınının gücünə görə, turbinlərin seçilməsi aşağıda göstərilən şərtlərə uyğun olaraq təyin edilir və bu zaman onların hansı konstruksiyada hazırlandığı nəzərə alınır.

1) çömçəli turbinlər təzyiqlə  $50 \text{ m/san}^2$  və ya daha çox olduğu yerlərdə istifadə edilir və bu zaman turbinin gücü tələb olunan dərəcədə ola bilər.

2) Müxtəlif gücə malik olan radial-oxlu turbinlər təzyiqlə  $3 \div 200 \text{ m/san}^2$  olduğu yerlərdə istifadə oluna bilər.

3) pərli və dönən kürəkli turbinlər əsasən təzyiqlə  $2 \div 10 \text{ m/san}^2$  olan kiçik güclü hidrostansiyalarda və ya təzyiqlə  $25 \text{ m/san}^2$  olan yerlərdə böyük stansiyalarda istifadə olunur.

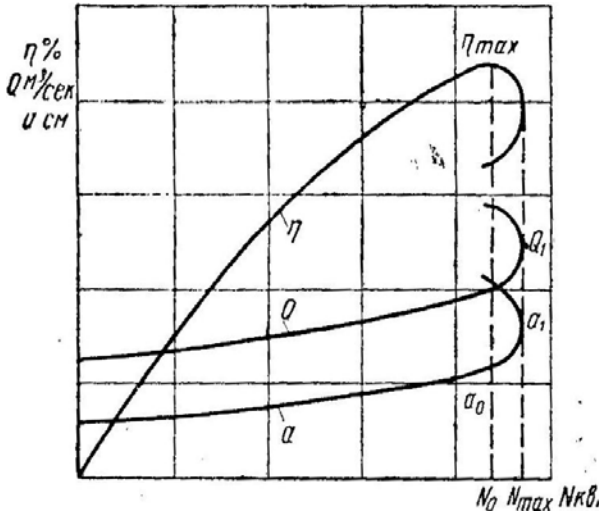
### **Pərləri və dönən kürəkli turbinlərin təsnifatı və iş prinsipləri**

Aşağıdakı şəkildə (qrafikdə) pərli turbinlərin faydalı iş əmsalının (f.i.ə.- $\eta$ ) suyun miqdarından ( $Q$ ), su axınının gücündən ( $N$ ) asılılıq qrafiki verilmişdir. Bu qrafik su təzyiqinin sabit qiymətində qurulur. Qrafikdən görüldüyü kimi turbinin f.i.ə.-li su axınının –  $N_0$  gücündə yüksək olur. İstiqamətləndirici aparatın açılma müddəti çoxaldıqca, onun gücü də artır.



Amma f.i.ə.-lı bu zaman aşağı düşür.  $a_1$ -nöqtəsindən başlayaraq istiqamətləndirici aparatın açılması davam edir.  $a_1$ -nöqtəsindən sonra  $N$ -güc aşağı düşür, ancaq su miqdarının həcminə görə turbinin f.i.ə.-lı dəyişmir (şəkil 2.12).

İstiqamətləndirici aparatın açılması zamanı  $a_0$ -nöqtəsində su həcmi azalır və buna uyğun olaraq turbinin f.i.ə.-lı, gücü azalır.

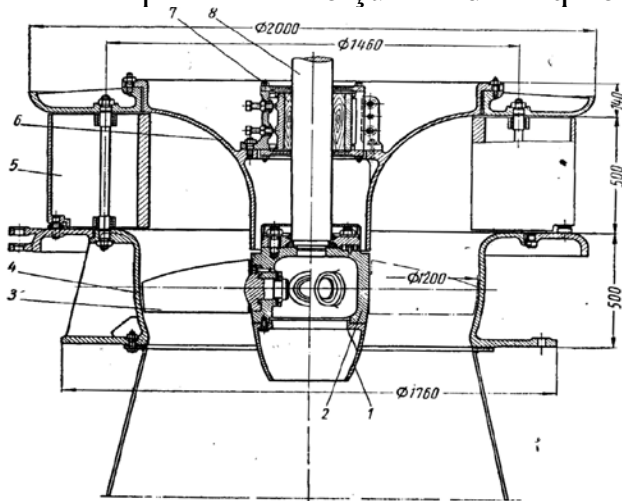


Şəkil 2.12. Pərli turbinin güc xarakteristikası

Buna görə də bu tip turbinlərin çatışmayan cəhəti, onun suyun miqdarı, gücü dəyişdiyi zaman hədindən artıq səmərəsiz işləməsidir. Onun konstruksiyasının sadə olması, asan idarə olunması bəzi kiçik güclü kənd Mikro stansiyalarında istifadə olunur. Aşağıdakı şəkildə ən çox istifadə olunan açıq kameralı

vertikal oxlu pərli turbinin konstruktiv sxemi verilmişdir.

Əsasən açıq kamera üçün hazırlanan turbinlərin işçi mexanizminin diametri 35÷160 sm arasında olur. İşçi mexanizmin valının üzərinə metal halqa keçirilir ki, bu metal halqaya da 4 ədəd kürəklər birləşdirilir. Turbinin gücündən, suyun təzyiqindən və onun həcmindən asılı olaraq kürəklərin ölçülərin də fərqli olur.



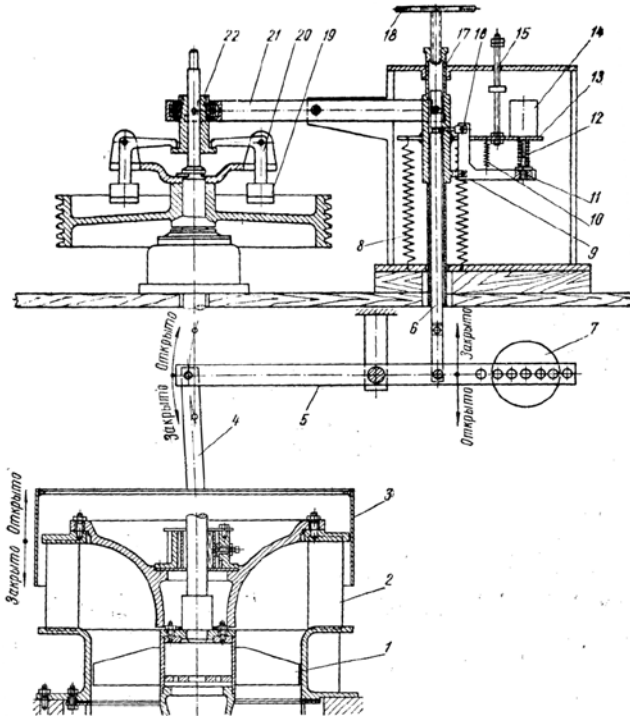
**Şəkil 2.13. Açıq tipli vertikal pərli turbin**  
**1-Müqavimət sipəri; 2-işçi mexanizmin metal halqası; 3-işçi mexanizmin kürəkləri; 4 işçi mexanizmin kamerası; 5-istiqamətləndirici aparatın kürəkləri; 6-qapaq; 7-yastıq; 8-val.**

Eyni zamanda vertikal oxlu turbinlərdə də işçi mexanizmin kürəklərinin forma və konstruksiyası da fərqli olur.

Radial oxlu turbinlərdən fərqli olaraq, pərli turbinlərin işçi mexanizmi onun istiqamətləndirici aparatına nisbətən aşağıda quraşdırılır. Bu da su axınının sürətinin yaxşılaşdırılması və onun normal paylanması üçün şərait yaradır. Şəkildən görüldüyü kimi, turbinin qapağı onun valı boyunca o dərəcədə aşağı vəziyyətdədir ki, suyun fırlanma səthinin artmasına səbəb olur. müqavimət sipərinin daxilində istiqamətləndirici aparatın yastığı yerləşir.

Turbinin işçi mexanizmi poladdan tökmə üsulu ilə hazırlanır. Böyük turbinlərdə işçi mexanizmin üzərində kürəklər quraşdırılır ki, bu kürəkləri də istənilən bucaq altında döndərmək mümkün olur.

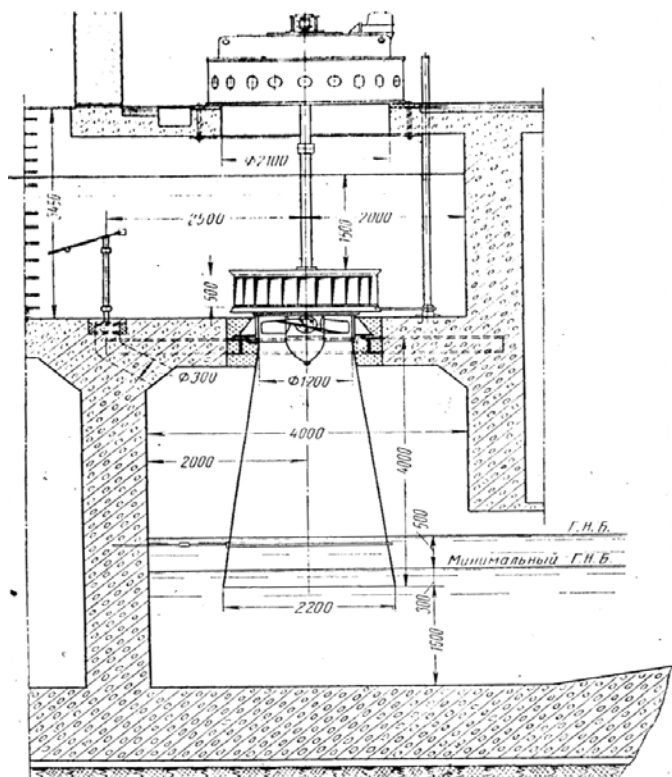
ПрК 70 tipli işçi mexanizmin diametri 60, 80 və 100 sm olan turbinlər avtomatik su tənzimləyiciləri ilə təchiz olunur. Belə turbinlərin istiqamətləndirici aparatların da tərپənməz kürəklər quraşdırılır. Eyni zamanda bu aparatda silindr şəkilli qalxan quraşdırılır. Bu silindr şəkilli qalxan turbinin oxu boyunca aşağı-yuxarı hərəkət etdikcə turbindən keçən suyun həcmi də dəyişir. Bu qalxan iki ədəd dartı mexanizmi ilə hərəkətə gətirilir.



Şəkil 2.14. Avtomatik tənzimləyicisi olan silindr qalxanlı pərli turbinin konstruktiv sxemi: 1-ışçı mexanizm; 2-istiqamətləndirici kürəklər; 3-silindr şəkilli qalxan; 4-dar-tı mexanizmi; 5-çəngəl; 6-lövbər (ştok); 7-əks yük; 8-yay; 9-iki tərəfli qol; 10- elektromaqnit yayı; 11-yay çaxmağı; 12-yay; 13-travers oturacağı; 14-elektromaqnit; 15-hüddud açarı; 16-tətik; 17-travers; 18-şturval; 19-mərkəzdənqaçma tənzimləyicisinin yükü; 20-ikitarəfli qol; 21-qol; 22-hərəkət edən mufta.

İşçi mexanizminin diametri 120 sm və çox olan turbinlər birbaşa generatora bağlanır. Şəkil 2.15-də belə konstruksiyalı turbin göstərilmişdir.

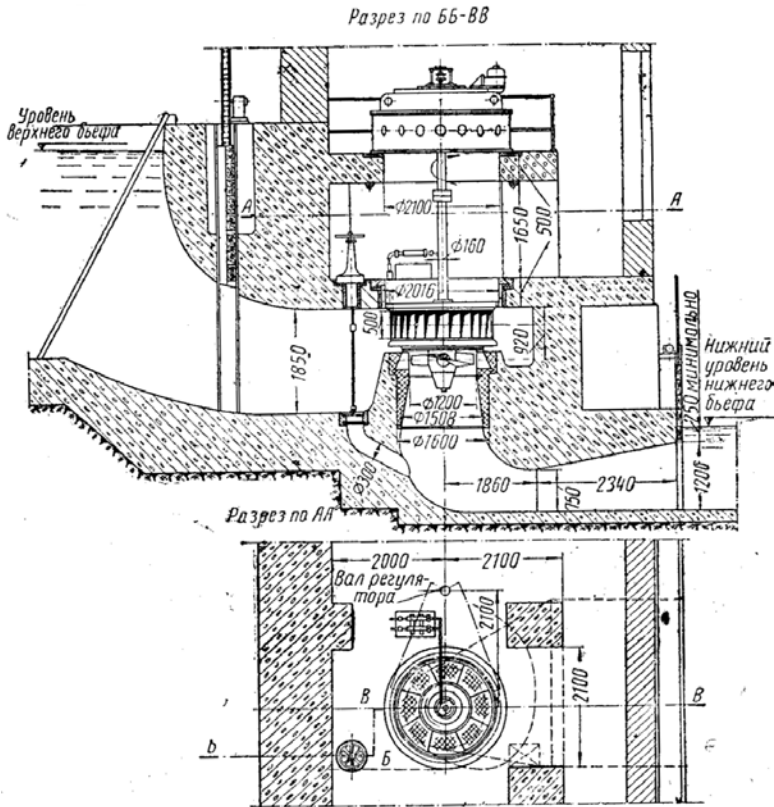
Bu şəkildə göstərildiyi kimi turbin valı, generator valı ilə polad mufta vasitəsi ilə birbaşa birləşdirilir. Turbinin və generatorun hər lənən hissələrinin və oxun hərəkət yükü generator üzərində yerləşən dabanə düşür. Turbinlər əsasən turbin kameralarında yerləşdirilir. Bu kameralar açıq tipli olur. Açıq tipli turbin kameraları əsasən su hövzəsinin aşağı səviyyəsində quraşdırılır.



**Şəkil 2.15. Turbinin birbaşa generator və susorucu borularla birləşmə sxemi**

Turbin kameralarının dərinliyi su təzyiqindən asılı olaraq artır. Yüksək təzyiqli su hövzələrində bağlı tipli turbin kameralarından istifadə olunur.

**Bağlı tipli kamerada yerləşdirilən vertikal pərli turbinlər**-İşçi mexanizmin diametri 120÷250 sm-ə qədər olan, su təzyiqinin 4,5÷20 metr olan yerlərdə bağlı tipli kameralarda yerləşdirilən turbinlərdən istifadə edilir.



Şəkil 2.16. Beton kameralı vertikal pərli turbin

Bu tip turbin qəfəsləri əsasən beton və ya metal konstruksiyalı olur. Beton konstruksiyalı bu qurğular əsasən kiçik təzyiqli su hövzələrində, metal konstruksiyalı qurğular isə böyük təzyiqli su hövzələrində, metal konstruksiyalı qurğular isə böyük təzyiqli su hövzələrində istifadə edilir. Metal qəfəsli turbinlər yüksək su təzyiqli ilə işlədiyinə görə bu qəfəslər turbin daxilində yaranan yüksək təzyiqa uyğun hazırlanmalıdır. Ona görə də bu turbin qəfəslərinin yüksək təzyiqa dayanıqlı olması üçün turbin qəfəsləri yarım dairə şəklində hazırlanır.

Su sorucu boruların vertikal hissəsi əsasən konus şəklində hazırlanır ki, bu da əsasən az və orta təzyiqli turbinlərdə istifadə edilir.

**Dönən kürəkli vertikal turbinlərin konstruksiyası**-Aşağıda ən çox istifadə olunan dönən kürəkli vertikal turbinlərin K70-BE-160 tipli nümunəsinin konstruksiyasına və onun iş prinsipinə nəzər salmaq.

Bu tip turbinlər spiral şəkilli beton kameralarda yerləşdirilir və beton su sorucu boruya malik olur. Onların valı generator valı ilə flyanslar (muftalar) vasitəsi ilə birləşdirilir.

Hidroturbin sisteminə daxil olan bütün avadanlıqlarının fırlanan hissələri, generatorun rotoru, valı, turbinin işçi mexanizmi və s. generatorda quraşdırılmış daban mexanizmi ilə əlaqədardır. Hidroturbinin fırlanma sürətini tənzim etməkdən ötrü KE-1000 tipli avtomatik tənzimləyicidən istifadə edilir.

Turbinin spiral şəkilli beton kamerası Hidro stansiyanın texniki binasında yerləşir. Stansiyanın giriş hissəsi su hövzəsinin yuxarı həddi ilə sorucu borular vasitəsi ilə turbin kamerasını birləşdirir.

Su sorucu borular əsasən üç hissədən ibarət olur. Vertikal konusvarı hissə, dirsək və düzbucaqlı formalı diffuzor qurğusu.

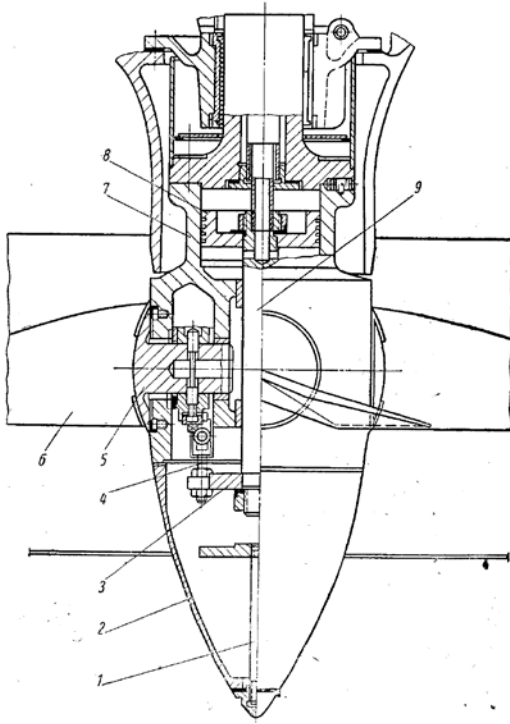
K70-ББ-160 tipli diametri 1600 mm olan işçi mexanizminin quruluşuna nəzər salaq.

Vtulkaya (polad həlqə) 4 ədəd dönən kürəklər bərkidilmişdir. Bu kürəklər poladdan tökmə üsulu ilə hazırlanır. Porşen (pompa), ştoka bərkidilir. Eyni zamanda bu ştoka krestovina da bərkidilmişdir. Bu krestovinaya 4 ədəd çəngəl bərkidilir. Porşen hərəkət edən zaman xaçvarı element (krestovina) da hərəkət edir və bu zaman kürəklər də dönməyə başlayır. İşçi mexanizmin kürəklərinin hər biri, həm işçi mexanizmin vtulkasının xarici divarına, həm də vtulkanın orta hissəsindəki çıxıntıya bərkidilir.

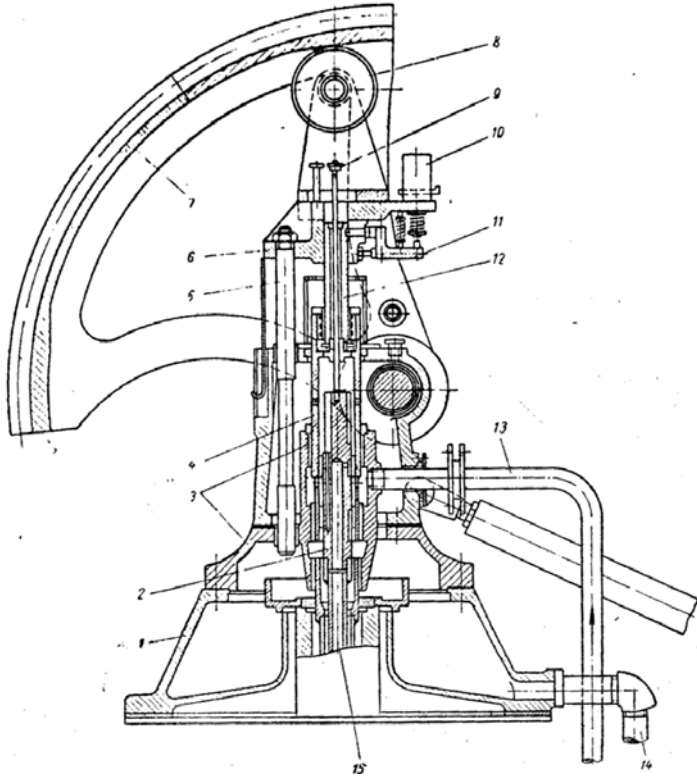
Generatorun yuxarı hissəsinə turbinin işçi mexanizminin elementlərinin davamlı olaraq işləməsi üçün, yağpaylayıcı qurğu quraşdırılır.

Turbinin işçi mexanizminin elementlərinin etibarlı işləməsi üçün bu hissələrin daimi yağlanması, sürtünmələrini azaltmaq üçün turbin işləyən zaman sirkələnmələrin azaldılmasında bu yağpaylayıcı qurğuların böyük əhəmiyyəti vardır.





**Şəkil 2.17. Dönən kürəkli turbinlərin işçi mexanizminin konstruktiv sxemi: 1-sancaq; 2- müqavimət sipəri; 3-xaçvarı element (krestovina); 4- çəngəl; 5- kürək bərkidiciləri; 6-kürək; 7- vtulka (polad mufta); 8- pompa (porşen); 9- ştik (ləvbər).**



**Şəkil 2.18. Turbinin yağpaylayıcı qurğusu:1-qurğunun bünövrəsi; 2-zalatnik; 3- gövdə; 4-hərəkət edən stəkan; 5-istiqamətləndirici ştok (lövbər); 6- travers; 7-kombinator çüyü; 8- kombinatorun diyircəyi; 9- səviyyə göstəricisi; 10-elektromaqnit; 11-çaxmaq (kurok); 12- plunyer; 13-təzyiq yağ borusu; 14-işlənmiş yağın axıdılması kranı; 15-yağ ötürən borular**

### **Radial-oxlu turbinlər və onların xarakteristikaları**

Mikro SES-lərin inşasında son zamanlar əsasən pərli, dönən kürəkli və radial-oxlu reaktiv turbinlərdən

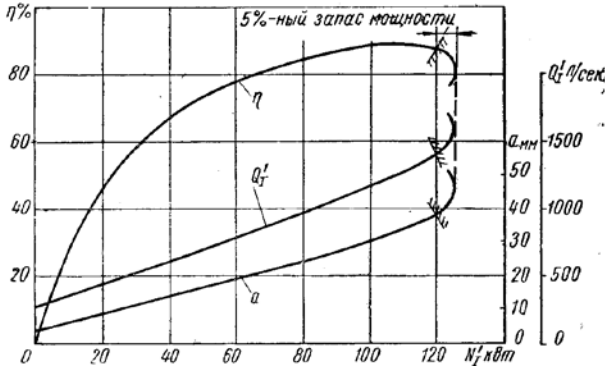
istifadə edilir. Bütün bu tir turbinlər eyni konstruksiyalı radial istiqamətləndirici aparata və su sorucu borulara malik olur.

Bu turbinlər bir-birindən işçi mexanizmlərinin konstruksiyasına və ölçülərinə görə fərqlənir.

Şəkil 2.19-da Radial-oxlu turbinlərin tərpənməyən kürəkli işçi mexanizmlərinin dairəvi (tənəri) kürəkləri bir-biri ilə polad vərəqələr vasitəsi ilə bərkidilir. Su, istiqamətləndirici aparat vasitəsi ilə işçi mexanizmə radial istiqamətdə verilir və işçi mexanizmdə öz istiqamətini dəyişib, su sorucu borulara ötürülür.

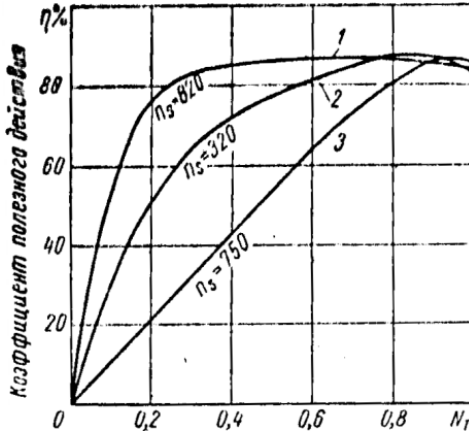
Radial oxlu turbinlərin işçi mexanizmləri tökmə üsulla hazırlandığı üçün onları hissə-hissə söküb bir yerdən başqa yerə aparmaq çətinlik törədir və onun təmiri mümkün olmur.

Bu turbinlərin güc xarakteristikaları pərli və döənən kürəkli turbinlərdən fərqlənir.



Şəkil 2.19. Radial-oxlu turbinlərin güc xarakteristikası

Bu şəkildə radial-oxlu turbinlərin güc xarakteristikası göstərilmişdir.



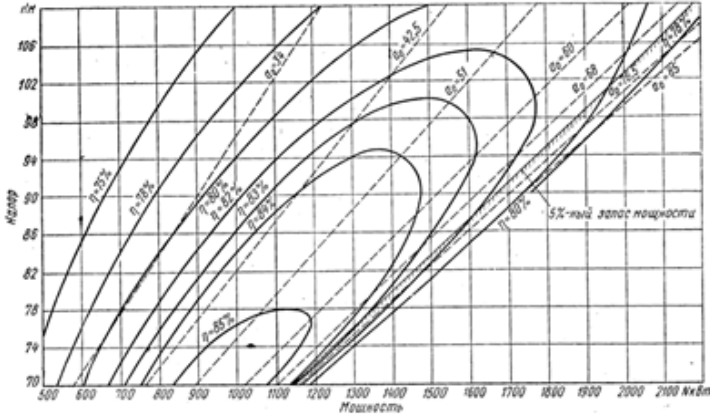
**Şəkil 2.20-də 1-dönən kürəkli turbinin; 2-radial oxlu turbinin; 3-pərli turbinin güc xarakteristikası göstərilmişdir.**

Bu xarakteristikaları müqayisə etmək üçün şəkllə nəzər salmaq. Qrafikdən görüldüyü kimi, yüksək sürətli radial-oxlu turbinlər su enerjisindən səmərəli istifadə olunmasına görə, dönən kürəkli turbinlə, pərli turbinlərin arasında yerləşir.

Qrafikdən görüldüyü kimi, turbinin sürəti nə qədər çox olarsa, bu turbinlər öz xarakteristikasına görə pərli turbinlərin iş xarakteristikasına yaxınlaşır.

Az sürətli radial-oxlu turbinlərdə sürətdən asılı olaraq suyun miqdarı azalır. Bu ona görə baş verir ki, işçi mexanizmin kürəkləri radial vəziyyətdə yerləşdiyi üçün, turbinin fırlanma sürətindən asılı olaraq, mər-

kəzdənqaçma qüvvəsi artır. Buna görə də suyun kü-rəkdən keçməsində əlavə müqavimət yaranır. Aşağı-dakı qrafikdən bunu görmək olar.



**Şəkil 2.21-da radial oxlu turbinlərin universal işçi xarakteristikası verilmişdir.**

Bu turbinlərin normal iş rejimindəki xarakteristikası, bu turbinin suyun təzyiqinin dəyişdiyi və fırlanma sürətinin isə sabit qaldığı vəziyyətdəki xarakteristikadır.

Radial oxlu turbinlərin işçi xarakteristikası koordinat gücünə  $N$ , suyun təzyiqinə  $H$ , turbinin faydalı iş əmsəlinə  $\eta$  və istiqamətləndirici aparatın açılma vəziyyətinə  $\alpha_0$  uyğun olaraq qurulur. Bu qrafikə uyğun olaraq, əgər Mikro SES-in təzyiqi məlumdursa, onda bu təzyiqə müvafiq olan turbinin gücü  $N$  və onun f.i.ə.-lı  $\eta$  müəyyən edilir. Radial oxlu turbinin işçi xarakteristikası da turbinin 5 %-lik ehtiyat gücünə uyğun xəttlə göstəilmişdir.

Suyun miqdarı artdıqca Q, onun təzyiqi də artır. Bu zaman f.i.ə.-lı  $\eta$  artır. Müəyyən zaman keçdikdən sonra  $\eta$ -azalmağa başlayır. Su həcmnin miqdarına uyğun olaraq bəzi halda turbinin gücü artır. Müəyyən müddətdən sonra güc N, f.i.ə.-nın  $\eta$  azalmasına uyğun olaraq azalmağa başlayır.

Təzyiqin ayrı-ayrı qiymətlərinə uyğun olan güc xarakteristikalarını da müəyyən etmək mümkündür. Turbinin normal güc xarakteristikasını quran zaman turbinin maksimal gücünün qiymətini 5 % miqdarında ehtiyat gücə uyğun tərtib edilməsi qanunauyğun sayılır. Bu onunla izah olunur ki, turbinin 100 %-lik maksimum qiymətində avtomatik tənzimləmə pozulur.

### **Radial oxlu turbinlərin konstruksiyaları və onların tipləri: a) Açıq tipli vertikal, radial oxlu turbinlər**

Bu turbinlərə  $\Phi$  300-BO tip turbinlərini misal gətirmək olar. Bu turbinlərin işçi mexanizmlərinin diametri 420 mm÷840 mm-ə qədər olur. Cədvəl 2.4-də hidro turbinlərin konstruktiv quruluşu və parametrləri göstərilmişdir.

Radial oxlu turbinlərin əsasən açıq tipli taxta və ya beton kameralarda quraşdırılır və əsasən su hövzəsinin təzyiqinin  $H = 2 \div 6 \text{ m/san}^2$  qiymətində istifadə edilir. Bu turbinlərin gücü  $N = 125 \text{ kVt}$ -a qədər olur. Radial-oxlu turbinlər vertikal vallı olaraq hazırlanır və

vertikal oxlu generatorla qayış ötürücüsü vasitəsi ilə birləşdirilir.

Cədvəl 2.4

İşçi təkərin diametri, sm	Turbinlərin sistemləri								
	propelli		Radial-oxlu (Φ)						
	İşçi təkərin tipi								
	ΠρK70	ΠρK245	Φ300	Φ123	Φ100	Φ82	Φ60	Φ13 və ya Φ15	Φ128
	Tezyeriyən (hüdüd)								
	750	550	320	300	230	200	150	130; 120	80
	Konstruktiv hazırlanması								
30	–	–	ΓΦ	–	–	–	–	BM	–
35	BO	–	ΓO ΓΦ	–	–	–	–	BM	–
42	–	–	BO ΓO ΓΦ	–	–	ΓM	–	BM	–
46	BO	–	–	–	–	–	–	–	–
50	–	–	BO ΓO ΓΦ	–	–	ΓM	–	BM	–
59	BO	–	BO ΓO ΓΦ	–	–	ΓM	–	BM	–
71	–	BO	BO ΓO ΓΦ	–	–	ΓM	–	BM	–
80	BO	–	–	–	–	–	–	–	–
84	–	BO BБ	BO ΓO	BM	BM	ΓM	BM	ΓM	–

			ΓΦ						
100	BO	BO ББ	ΓΦ	BM	BM	ΓM; BM	BM	ΓM; BM	BM
120	BO	BO ББ	–	BM	BM	ΓM	BM	BM	BM
140	BO	BO ББ	–	BM	BM	ΓM	BM	BM	BM
160	BO	BO ББ	–	ББ; BM	BM	ΓM	BM	BM	BM

Φ 300 tipli radial oxlu turbinlərin işçi mexanizmi tökmə üsulu ilə hazırlanan on iki ədəd çuqun kürəklərdən ibarət olur.

Eyni zamanda işçi mexanizmin bu hissəsində boşalma dəliyi olur ki, bu da təzyiqin yüksək olduğu zaman işçi mexanizmə ötürülən suyun təzyiqinin stabil qalmasını təmin edir və turbinin valına düşən əlavə gücü azaldır. Turbin qapağı ilə işçi mexanizmin arasında yerləşən dəliklərdən keçən su yüksək təzyiqlə malikdir. Ona görə də işçi mexanizmin oxuna düşən yük (təzyiq) artır.

İşçi mexanizmdən aşağıda suyun təzyiqi, bu mexanizmin yuxarı hissəsində olan suyun təzyiqindən az olur. Ona görə də turbin qapağı ilə işçi mexanizmin yuxarı səthi arasında yerləşən dəliklərin hesabına bu təzyiqlər fərqləri qismən aradan götürülür və bu da işçi mexanizmə düşən əlavə qüvvənin azalmasına səbəb olur.

Deməli, işçi mexanizmin yastıqlarına düşən yük azalır ki, bu da son nəticədə turbinin stabil işləməsi



üçün zəmin yaradır. Turbinin istiqamətləndirici aparatı simmetrik şəkildə yerləşən çuqun kürəklərdən ibarətdir. Bu kürəklər istiqamətləndirici aparatın aşağı dairəvi hissəsi ilə turbin qapağı arasında yerləşir. Bu kürəklərin sayı turbinin tipindən asılı olaraq 10÷14 arasında olur. Turbinin valında iki ədəd yastıq olur. Yastıqlar valın yuxarisında və istiqamətləndirici aparatın qatında yerləşir.

Turbindən keçən su həcmnin və təzyiqinin tənzimlənməsi, döənən kürəkli istiqamətləndirici aparatın hesabına baş verir. Bu tənzimlənmə həm əl ilə, həm də avtomatik rejimdə ola bilər.

İşçi mexanizmin su sorucu boruları düz şəkilli və konusvarı olur. Turbinə havanın sorulmaması üçün, su sorucu boru ilə turbinin bünövrəsi arasında birləşmə yeri hermetik üsulla bərkidilir.

### **Horizontal tipli radial oxlu turbinlər (Φ-300 ΓΦ)**

Bu tip turbinlər ancaq horizontal oxlu hazırlanır. İşçi mexanizmin diametri 300-1000 mm arasında olduqda bu tip turbinlərdən istifadə edilir. Bu turbinlər əsasən təzyiqin  $H = 6 \div 25 \text{ m/san}^2$  və gücü  $N = 900 \text{ kVt}$  olduğu yerlərdə tətbiq edilir.

Aşağıda bu tip turbinlərin konstruktiv quruluşuna nəzər salaq.

Aşağıda turbinlərin iş rejiminə nəzər salaq. Bu tip turbinlərin hamısında, işçi mexanizm-2, istiqamət-

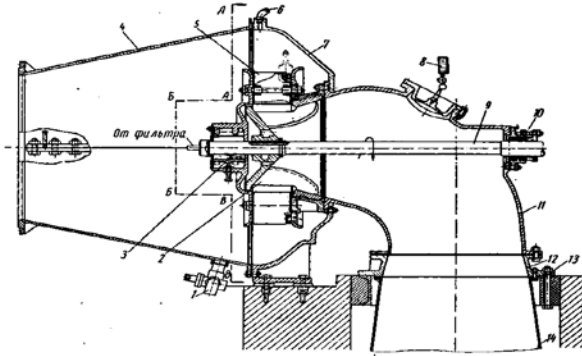
ləndirici aparat-5 və sualtı yastıq-3 turbinin qapağında yerləşir. Gövdənin konstruksiyası, susorucu boru və yastıqların sayına uyğun olaraq bu turbinlər eyni konstruksiyada hazırlanır. Dairəvi şəkilli bünövrə-12, flyans vasitəsi ilə turbin oturacağına -13 boltlar vasitəsi ilə bərkidilir. Dairəvi bünövrənin aşağı flyansına, konusvari su sorucu boru-14 birləşdirilir. Yuxarı flyansa isə sorucu borunun dirsək hissəsi-11 bərkidilir. Dirsəyin vertikal vəziyyətdə olan flyansına turbinin gövdə örtüyü birləşdirilir. Turbin örtüyü montaj işlərini asanlaşdırmaq üçün 2 hissədən ibarət olaraq hazırlanır.

Örtüyün aşağı-dib hissəsi-7 və onun konusvari keçid hissəsi-4. Örtüyün konusvari keçid hissəsinə təzyiqli borusu bərkidilir. Turbin örtüyü su ilə dolduqda, onun yuxarı hissəsində yaranan havanı çıxarmaq üçün ventil-6 quraşdırılır. Örtüyün aşağı hissəsində isə artıq suyu axıtmaq üçün kran-1 quraşdırılır. Turbinin horizontal valı-9 üzərində 3 ədəd yastıq qoyulur. Bu yastıqlardan biri-3, su altında quraşdırılır.  $\Phi$ -300 ГФ tipli turbinlər əsasən yüksək təzyiqli yerlərdə istifadə olunur. İkinci yastıq– aralıq yastığı su sorucu borunun dirsək hissəsində yerləşir və işçi mexanizmin valında yaranan hidravlik təzyiqli (zərbə) bu yastığa düşür.

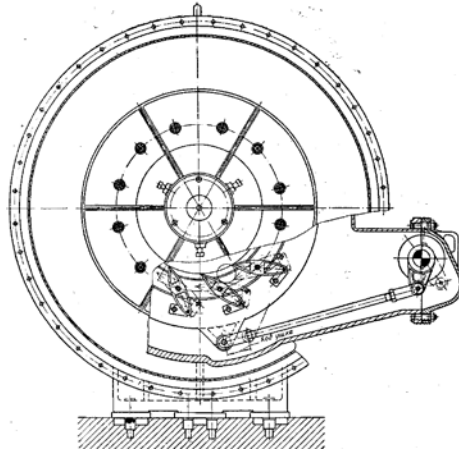
Ona görə də bu yastıqlar yüksək təzyiqlə uyğun olaraq dayanıqlı hazırlanır.

Üçüncü yastıq su təbəqəsindən yuxarıda yerləşir və davamlı olaraq yağ vasitəsi ilə yağlanır və yağ çə-

nində yerləşən ziqzaq şəkilli borulardan keçən suyun hesabına soyudulur.



Рисунки по АА-ББ-ВВ



Şəkil 2.22 a-turbinin uzununa kəsiyi; b-turbinin eninə kəsiyi: 1-artıq suyun azıdılması üçün kran; 2-işçi mexanizm; 3-yastıq; 4-konusvarı gövdə örtüyü; 5-istiqləşdirici aparat; 6-havanın çıxarılması üçün kran; 7-gövdənin dibi (gövdə örtüyünün dibi); 8- vakuumu ölçmə cihazı; 9-turbinin valı; 10-salnik; 11-dirsək; 12-dairəvi şəkilli turbin bünövrəsi; 13-turbin oturacağı (Rama); 14-su sorucu boru.

Valın dirsəkdən çıxan hissəsində yumşaq təbəqəli salnik-10 quraşdırılır. Su sorucu boruların hava çəkməməsi üçün, bu borulara borucuq vasitəsi ilə su verilir. Eyni zamanda bu su val ilə salnik arasında sürtünməni azaltmaq üçün əlverişli rol oynayır.

Su sorucu borunun dirsək hissəsində vakuummetr quraşdırılır -8. İstiqamətləndirici aparatın tənzimlənməsi üçün, tənzimləyici aparat qutuda yerləşdirilir.

Bu konstruksiya eyni zamanda pərli və radial-oxlu turbinlərə də aid edilir. Hidroturbinlər, əsasən horizontal vəziyyətdə yerləşən generatorla ya birbaşa val üzrə və ya qayıq vasitəsi ilə birləşdirilir.

Turbin valı ilə generatorun valı elastiki mufta vasitəsi ilə birləşdirilir. Bu mufta iki hissədən ibarət olur. Onun bir hissəsi turbin valı üzərində, digəri isə generator valı üzərində quraşdırılır və boltlar vasitəsi ilə bir-biri ilə birləşdirilir.

Turbindən keçən su həcmi tənzimləmək üçün əl ilə tənzimləmə və ya avtomatik tənzimləmə üsulları mövcuddur.

**Spiral şəkilli radial-oxlu turbinlər-** Bu tip turbinlər əsasən 2 tiptə hazırlanır ( $\Phi$ -82 və  $\Phi$  -83)  $\Phi$ -82 tipli turbinlərdə işçi mexanizmin diametri 420 mm ÷ 1000 mm olur.

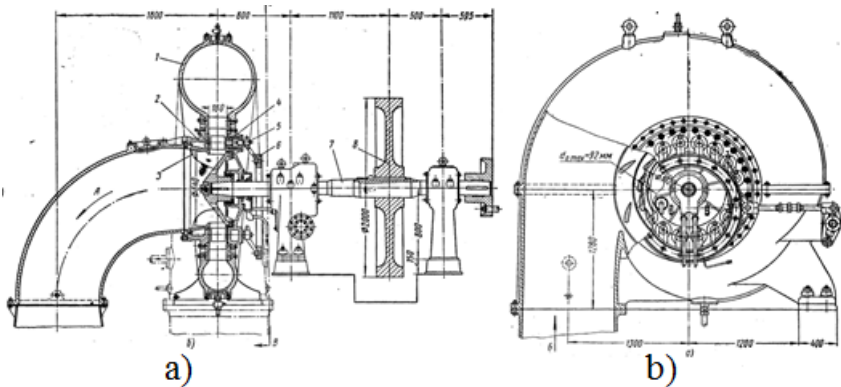
$\Phi$ -83 tipli turbinlərdə isə işçi mexanizmin diametri isə 300 mm ÷ 1000 mm-ə qədər olur. Bu tip turbinlər əsasən su təzyiqinin  $H=25$  m/san<sup>2</sup> olan hidro SES-də istifadə olunur.

Turbinlər generatorla mufta vasitəsi ilə birləşdirilir. Bu turbinlərin kameraları spiral şəkilli beton və ya metaldan hazırlanır. Böyük təzyiqli mənbələrdə metal kameralı turbinlərdən istifadə edilir.

Bu şəkildə  $\Phi$ -82-ГМ tipli metal kameralı turbinin eninə və uzununa kəsiyi göstərilmişdir. Bu tip turbinlərin kameraları – iki hissədən ibarət olur və boltlar vasitəsi ilə bir-biri ilə birləşdirilir. 1-ci hissə boltlar vasitəsi ilə təzyiqli borusunun dirsək hissəsinin flyansına, 2-ci hissə isə yenə də boltlar vasitəsi ilə bünövrəyə birləşdirilir. Kameranın arxa qapağına-2, su sorucu borunun dirsək hissəsi birləşdirilir. Kameranın ön qapağına -4, salnik bərkidilir ki, bu da turbinin valı -7 ilə əlaqədardır. Spiral şəkilli radial-oxlu turbinlərin istiqamətləndirici aparatları üzərində 5 ədəd dönmə kürəklər bərkidilir -5 ki, bunlarda eyni zamanda, barmaqçıqlar vasitəsi ilə tənzimləyici qurğu ilə - 6 birləşdirilir.

Tənzimləyici qurğu -6 əl ilə və ya avtomatik olaraq tənzimlənir.

İşçi mexanizmin diametrinin 300÷350 mm olduğu turbinlərin, işçi mexanizmi bürüncdən hazırlanır. Bu mexanizm-3, valın konusvari hissəsinə şponka vasitəsi ilə birləşdirilir və sonra da boltla bərkidilir.



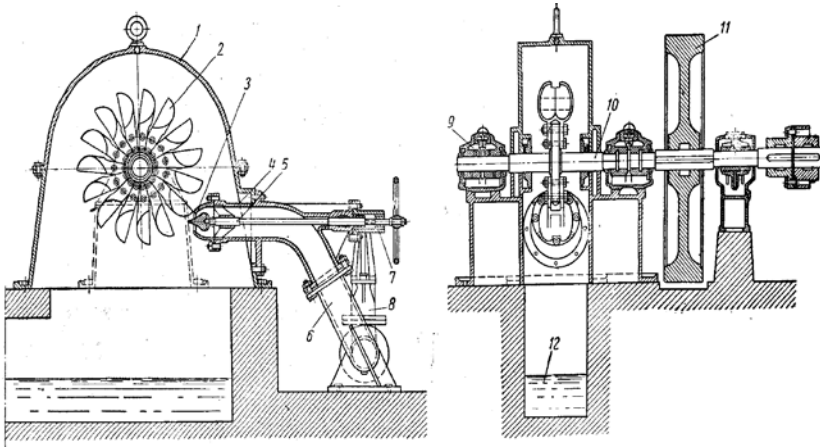
**Şəkil 2.23. Spiral şəkilli radial oxlu turbinin eninə (a) və uzununa (b) kəsiyi:** Turbin valı -7; üzərində işçi mexanizm, polad maxovin-8 və mufta yerləşdirilir. Su sorucu borunun konus hissəsi beton kameraya, aşağı hissəsi isə dərəcəli vasitəsi ilə beton kameraya bərkidilir ki, bu da borunu artıq silkələnmələrdən qoruyur.

**Aktiv turbinlər. Çalovlu turbinlər:** Bu tip turbinlər əsas iki hissədən ibarət olur: 1- işçi mexanizm-2; 2- istiqamətləndirici aparat -4.

Çalovlu turbinlərin işçi mexanizmi diskdən və onun üzərinə bərkidilmiş çalovlardan ibarətdir.

Konusvari ucluqdan yüksək təzyiqlə çıxan su şırnağı işçi mexanizmin diski üzərində yerləşən çalovlara vurur. Çalovlar su şırnağının vurduğu tərəfdən baxdıqda iki hissəli ellipsvari olur. Çalova vuran su şırnağı horizontal vəziyyətdə çalovlara vurur. Bu zaman su şırnağı təqribən  $180^\circ$  istiqamətini dəyişir.

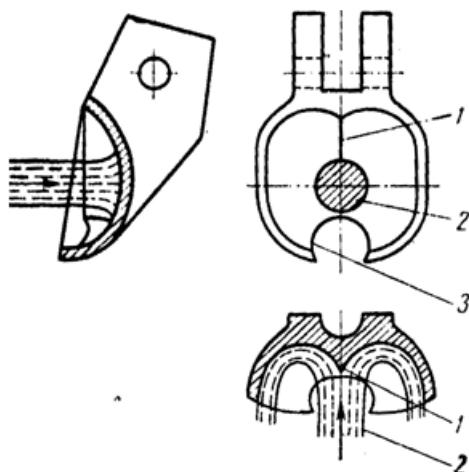
Bu şəkildə turbin çalovlarının konstruktiv quruluşları göstərilmişdir.



**Şəkil 2.24 Çalovlu turbinin uzununa (a) və eninə (b) kəsiyi: 1-Turbin örtüyü; 2-işçi mexanizm; 3-soplo (təzyiq artıran qurğu)–konusvari ucluq; 4–istiqaətləndirici aparat; 5–tənzimləyici iynə; 6-təzyiq borusunun potrubkəsi; 7-əl ilə tənzimləyici; 8–kran; 9-yastıq; 10-turbin valı; 11-moxavik; 12- su yığılan çən.**

Turbinin istiqamətləndirici aparatı təzyiq borusu və ona keçirilmiş konusvari ucluqdan – 6 ibarətdir.

Turbin gücünün tənzimlənməsi üçün istiqamətləndirici aparatda tənzimləyici iynə-5 olur. Bu iynə konusvari ucluqda yerləşir -3. Tənzimləyici iynə vəziyyətini dəyişdikcə konusvari ucluqdan keçən suyun miqdarı da dəyişir.



**Şəkil 2.25. Turbin çalovlarının konstruktiv quruluşları: Burada 1- bıçaq; 2-su şırnağı; 3-en kəsiyi görünüşü.**

Bununla əlaqədar olaraq çalovlara vuran su şırnağının təzyiqi də dəyişir. Tənzimləyici iynənin yerini dəyişdirilməsi həm əl ilə, həm də avtomatik yolla olur. Konusvari ucluğun təzyiq borusunun sonuna qədər tıxanması nəticəsində turbin bağlanır. Bu proses tədricən baş verir ki, təzyiq borusunda təzyiqin kəskin artmasının, yəni hidravlik zərbə yaranmasının qarşısı alınsın.

Bu tip turbinlərdə də, başqa tip turbinlərdə olduğu kimi, işçi mexanizmin su səviyyəsindən yuxarıda yerləşir, bu da çalovlarla su çənindəki su səviyyəsinin təmasda olmasını aradan qaldırır ki, işçi mexanizmin əlavə tormozlanması baş verməsin və turbi-



nin faydalı iş əmsalı (f.i.ə.) azalmasın. Çalovlu turbinlər əsasən yüksək təzyiqli su mənbələrində istifadə edilir, ona görə də bu turbinlərdə güc itkiləri çox az miqdarda olur. Az gückü çalovlu turbinlər horizontal vallı, çox güclü turbinlər isə vertikal vallı hazırlanır.

Bu turbinlərin sürət əmsalı  $n_s = 2 \div 24$  arasında olur. Böyük güclü turbinlərin sürət əmsalının artırılması üçün, istiqamətləndirici aparatda ya 2 və ya 4 ədəd konusvari ucluq quraşdırılır və bu ucluqlar eyni su mənbəyindən su ilə təmin edilir.

Su şırnağının işçi mexanizmin diametrinə uyğun olan təsiri aşağıdakı nisbətdə olduqda, turbinin f.i.ə.-lı yüksək olur.

Yəni,  $\frac{d}{D}$  nisbəti  $\frac{1}{16} \div \frac{1}{25}$ -ə uyğun olduğu zaman turbinin f.i.ə.-lı çox yüksək olur.

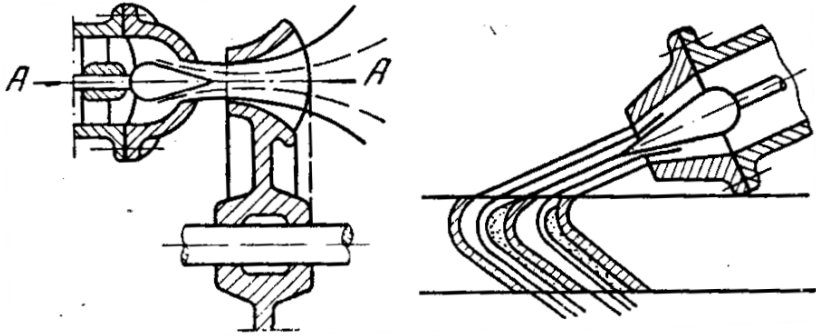
Burada  $d$  su şırnağının qalınlığı;  $D$  işçi mexanizmin diametridir.

Bu tip turbinlərdə sürət əmsalı az olarsa, turbinin fırlanma sürəti suyun təzyiqinə uyğun olaraq artır və eyni zamanda onun f.i.ə.-lı da artır. Ona görə də bu turbinlərdə turbin valı generator ilə birbaşa birləşdirilir. Böyük güclü çalovlu turbinlərdə əsasən f.i.ə.-lı  $\eta = 90\%$ . Kiçik güclü turbinlərdə isə  $\eta = 80\%$  olur.

Bu turbinlərin suyun təzyiqinin  $H = 40 \div 250$  m/san<sup>2</sup>, gücün isə  $N = 10 \div 500$  kVt olduğu yerlərdə istifadə əlverişlidir.

**Əyilmiş şırnaqlı turbinlər**-Bu tip turbinlərin işçi mexanizmi və iynəli ucluğu radial oxlu turbin-

lərdə olduğu kimidir. Şəkil 2.26-də bu turbinin sxemi verilmişdir.



Şəkil 2.26.Əyilmiş şırnaqlı turbinlər

Ucluğun yerləşdiyi ox, işçi mexanizmin oxuna paralel vəziyyətdə yerləşir və onunla  $22^\circ$  bucaq təşkil edir. Suyun tənzimlənməsi və onun iynəli ucluq vasitəsi ilə çalovlara ötürülməsi prosesi çalovlu turbinlərdə olduğu kimidir. İşçi mexanizmin küləkləri, fincanşəkilli formada olur. Bu tip turbinlər əsasən təzyiqin  $H = 50 \div 400 \frac{m}{san^2}$  olduğu su mənbələrində istifadə edilir.

Bu şəraitdə işləyən turbinlərin gücü  $N = 10 \div 4000$  kVt arasında dəyişə bilər. Bu xüsusiyyətlərinə görə əyilmiş şırnaqlı turbinlər, reaktiv və ya çalovlu turbinləri əvəz etməyə qadirdir.

Çalovlu turbinlərlə müqayisədə bu turbinlərin fırlanma sürəti daha çox olur və onların hazırlanma texnologiyası çox sadədir. Bu xarakteristikasına görə bəzi

yerlərdə belə turbinlər həm radial oxlu, həm də çalovlu turbinləri əvəz edə bilər.

### **Turbinlərin fırlanma sürətinin və güclərinin tənzimlənmə üsulları. Sürət tənzimləyiciləri**

Hidravlik turbinlər əsasən dəyişən cərəyan generatorları ilə val vasitəsi, qayıq ötürməsi, muftalar vasitəsi ilə birləşdirilir. Bu sistemlərdə generatora düşən yük, aqreقاتın işindən asılı olaraq dəyişir.

Cərəyan tezliyinin sabit qalması üçün aqreقاتın işlədiyi müddətdə generatorun fırlanma sürətinin sabit qalması önəmlidir. Ona görə də yükədən və təzyiqdən asılı olmayaraq, turbinin fırlanma sürəti sabit qalmalıdır. Bu o zaman mümkün olar ki, turbinin gücü ilə generatorun gücü arasında bərabərlik saxlansın.

$$\text{Yəni,} \quad N = \frac{M \omega}{102}$$

Burada  $N$  - turbinin gücü, (kVt);  $M$  – generatorun turbin valında yaratdığı müqavimət momenti, (kq,m);  $\omega$  – aqreقاتın bucaq sürəti; 102 – güc dəyişmə əmsalı, (kVt).  $N = \frac{M \omega}{102}$  -bərabərliyinin pozulması zamanı aqreقاتın fırlanma sürəti dəyişir.

Elektrik yükünün müəyyən hissəsinin generatora itdiyi zaman (1) formulu  $N > \frac{M \omega}{102}$  şəklini alır.

Turbinin gücü aqreqatın fırlanma sürətini o zamana qədər artırır ki, bu güc  $N = \frac{M \omega}{102}$  şəklini alsın.

Aqreqatın normal sürətini almaq üçün turbinin gücünü bu sürətə uyğun tənzimləmək lazımdır ki, bu güc də  $N = \frac{1000 \cdot Q \cdot H \eta}{102}$  (kVt) formulu ilə təyin edilir.

Burada Q-turbindən keçən suyun miqdarı ( $m^3/san$ );  
H – suyun təzyiqi ( $m/san^2$ );  $\eta$  – turbinin f.i.ə.-lidir.

$$N = \frac{1000 \cdot Q \cdot H \eta}{102} - \text{formulundan görünür ki, tur-}$$

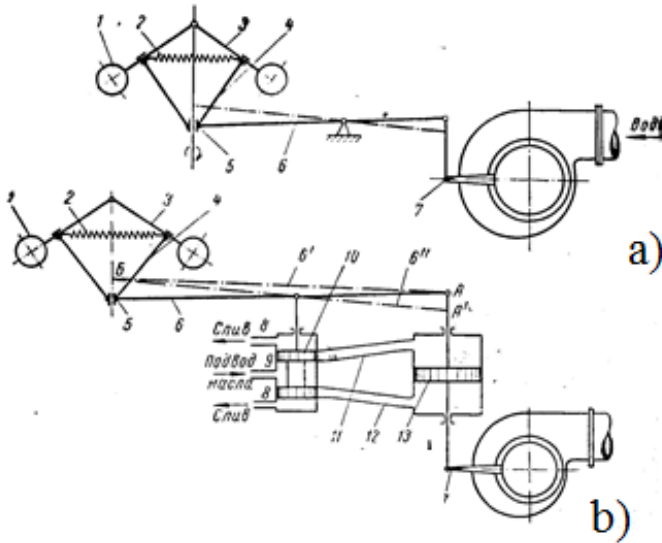
binin gücünü (N), suyun təzyiqini (H) və ya onun miqdarını (Q) dəyişməklə tənzimləmək olar. Turbin işləyən zaman suyun təzyiqinin dəyişməsinin texniki cəhətcə çətin olduğunu nəzərə alsaq, əsasən turbinin gücünü suyun miqdarı ilə (Q) tənzimləyirlər, bu da iqtisadi cəhətdən əlverişlidir. Bunun üçün turbinlərdə istiqamətləndirici aparatdan istifadə edilir. İstiqamətləndirici aparat üzərinə bərkidilmiş dönmən kürəklər vasitəsi ilə turbinə ötürülən suyun miqdarını dəyişmək mümkündür. Bu küləklərin işi ya əl ilə və ya avtomatik üsulla tənzimlənir ki, bu üsuldən da reaktiv turbinlərin işində istifadə edilir. Çalovlu turbinlərdə isə suyun tənzimlənməsi iynəli konusvari ucluqlarla həyata keçirilir. Əsasən hidroaqreqatlar dəyişən cərəyan generatoru ilə əlaqəli olduğuna görə, bu aqreqatın fırlanma sürəti generatorun parametrlərinə uyğun olaraq hesablanır və iş prosesində əsasən avtomatik üsulla tənzimlənir.

## **Avtomatik sürət tənzimləyicilərinin iş prinsipi**

Bu tip tənzimləyicilərin ən çox istifadə olunanı sinxron kəfgirli qurğulardır.

Avtomatik tənzimləyicinin sinxron kəfgirli (mərkəzdənqaçma kəfgirli) hissəsi aqreqatın valı ilə sinxronluq təşkil edir və o val ilə bilavasitə mexaniki və ya elektrik ötürücüsü ilə əlaqəlidir. Aqreqatın fırlanma sürəti dəyişdiyi zaman, mərkəzdənqaçma kəfgirin də sürəti dəyişir. Bu ona görə baş verir ki, kəfgir turbin valı üzərində yerləşdirilir. Şəkil 2.27-də mərkəzdənqaçma kəfgirinin konstruktiv sxemi verilmişdir.

Aşağıdakı avtomatik işləyən mərkəzdənqaçma kəfgirli sürət tənzimləyicisinin iş prinsipinə nəzər salaq. Kəfgir yükləri -1, mərkəzdənqaçma qüvvəsi nəticəsində sürət artdıqca mərkəzə nisbətən aralanır. Sürət azaldıqda isə yayların-2 hesabına bu yüklər yaxınlaşır. Normal sürətdə isə yüklər orta vəziyyətdə yerləşir. Yüklər tənzimləyicinin valına oynaqlar üzərində hərəkət edən qollar -3 vasitəsi ilə birləşdirilir. Eyni zamanda dartı mexanizmi -4 oynaqlara bərkidilir. Tənzimləyicinin valı üzərində sürüşən muftalar-5, çəngəllər vasitəsi ilə qola -6 birləşdirilir.



**Şəkil 2.27. Mərkəzdənqaçma kəfgirinin konstruktiv sxemi: a–birbaşa təsirli (birbaşa işləyən); b-dolayı yolla işləyən mərkəzdənqaçma kəfgiri: 1-yüklər; 2-yay; 3-kəfgir qolu; 4-dartıcı mexanizm; 5-mufta; 6-kəfgiri yağ sistemi ilə əlaqələndirən qol; 7-(povodok); 8-yağ axıdılması üçün boru; 9-təzyiq yağ borusu; 10-zolotnik; 11, 12-yağ ötürücü borular; 13-yağ nasosunun pompası.**

Generatora düşən yük azaldıqca, aqreqatın valının fırlanma sürəti artır və kəfgir yükləri mərkəzdən aralanır. Sürüşən muftalar yuxarı qalxır ki, bu da qol-6 vasitəsi ilə turbinə ötürülən suyun miqdarını azaldır.

Generatora düşən yük artdıqca, onun sürəti azalır, kəfgir yükləri yaxınlaşır, val üzərindəki sürüşən muftalar aşağı vəziyyətə keçir, qol yuxarı qalxır və turbinə ötürülən suyun miqdarının artmasına səbəb

olur. Bu sxemdən aydın olur ki, mərkəzdənqaçma kəfgirli tənzimləyicilər iki funksiyanı yürinə yetirir.

1–hidroturbinin fırlanma sürətini; 2–tənzimləyici orqanın işini təmin edir. Yuxarıda göstərilən bu iş prinsipi birbaşa təsirli tənzimləyicilərə aiddir.

Dolayı təsirli tənzimləyicilərdə isə köməkçi qurğulardan – yağ paylayıcı servomotorlardan istifadə edilir.

Şəkil 2.27, b-də bu tip tənzimləyici qurğunun sxemi verilmişdir. Bu qurğularda mufta -5, qol-6 vasitəsi ilə servomotorun -13 pompası ilə əlaqədə olur. Zalatnikə -10 təzyiq altında, boru -9 vasitəsi ilə yağ ötürülür. Yağ ötürücü boru -8 vasitəsi ilə işlənmiş yağ çənə ötürülür.

Servomotor silindr formalı çəndən, pompadan ibarətdir və ştok vasitəsi ilə istiqamətləndirici aparatla əlaqədə olur. Ştokun yuxarı vəziyyətində istiqamətləndirici aparatın açılması, ştokun aşağı vəziyyətində isə onun bağlanması baş verir. Hidroturbinə düşən yük azaldıqca fırlanan kəfgirin sürəti artır. Bu zaman muftalar -5, sxemdə göstərilirdiyi kimi “B” vəziyyətinə gəlir, mufta ilə əlaqədə olan qol-6, “A” nöqtəsi ətrafında dönür və 6' vəziyyətini alır. Servomotorun pompası yuxarı qalxır və yağ borusuna 11 yağın ötürülməsi üçün şərait yaranır ki, bu da servomotorun pompasından yuxarı hissəsində artır. Bu zaman servomotorun pompası aşağı düşür və istiqamətləndirici aparatı bağlayır, onun gücü azalır. Pompanın yerini dəyişməsi o zamana qədər davam edir ki, zalatnik -10

orta vəziyyətə gəlib çatsın. Bu zaman 11 və 12 yağ borularında yağ ötürülməsi normal rejimdə baş verir və tənzimləyicinin normal iş rejimi bərpa edilir.

**Sürət tənzimləyicilərinin əsas xarakteristikaları- iş qabiliyyəti və iş prinsipi:** İstiqamətləndirici aparatın kürəklərinin dönməsi üçün, servomotorun pompasının gücü müəyyən həddə çatmalıdır. Bu güc dəyişən xarakterli olur və istiqamətləndirici aparatın kürəklərinin dönmə bucaqlarından asılı olur.

İstiqamətləndirici aparatın tam bağlanması üçün əsasən böyük güc tələb olunur. Sürət tənzimləyicisinin əsas xarakteristikası servomotorun (yağ qurğusunun) pompasının tam hərəkəti zamanı yaranır.

Hidroturbindən keçən su axını, istiqamətləndirici aparatın kürəklərindən keçdiyi zaman, hidromexaniki gücə malik olur ki, yaranan bu güclərin hesabına da kürəklər öz oxu ətrafında dönmür.

Kürəklərin öz-özünə sərbəst dönməməsi üçün tənzimləyici halqadan istifadə olunur ki, bu halqalar da kürəklərlə əlaqəli olur.

İstiqamətləndirici kürəklərin açılmasını dəyişmək üçün, tənzimləyici qurğu bu kürəklərdə yaranan hidrodinamiki gücü və sürtünmə güclərini dəf etməlidir. Sürtünmə gücləri ötürücü mexanizmin bütün hissələrində və servomotorunda yaranır. Bundan başqa, sürət tənzimləyicisinin normal iş qabiliyyəti aşağıdakı faktorlardan asılıdır. Bu aqreqatın hissələrinin yığılma keyfiyyətindən, onun montaj edilməsindən, yağlanmasından, suyun çirklilik dərəcəsindən və s. asılıdır.



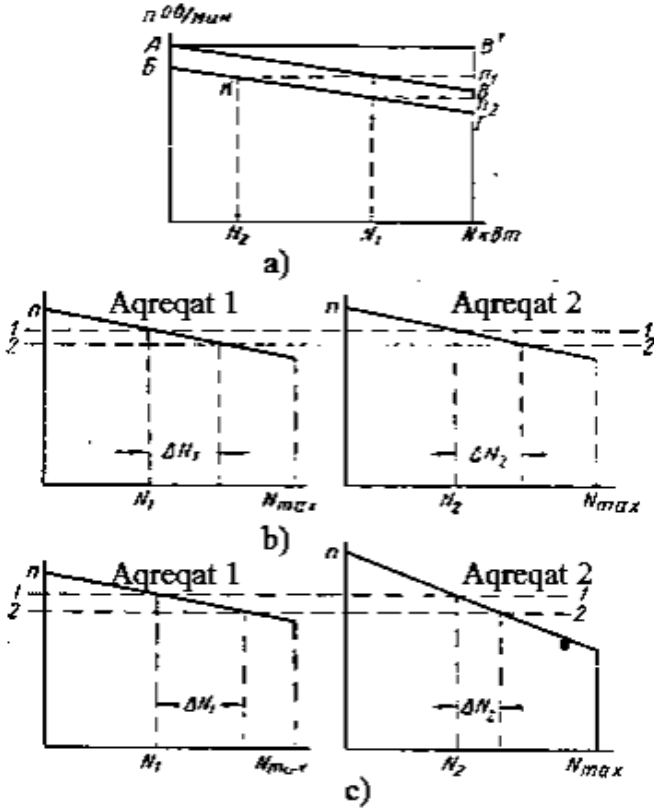
Tənzimləyici qurğunun dayanıqlı və daimi normal işini təmin edilməsi üçün onun parametrlərinin hesabında, istiqamətləndirici aparatın gücünün normal gücdən 30-40 % artıq götürülməsi vacib şərtidir.

Kiçik güclü və orta güclü turbinlərin iş rejimlərində əsasən 5 tip sürət tənzimləyici qurğulardan istifadə edilir.

Əsasən bu qurğuların iş qabiliyyəti 75; 150; 350; 1000 və 3000 kqm-ə bərabər olur. Bu tip tənzimləyici qurğuların normal iş xarakteristikaları aşağıda verilmişdir. Hər turbinin dövrlər sayından və fırlanma sürətindən asılı olaraq, sürət tənzimləyicilərinin mərkəzdənqaçma kəfgiri onunla əlaqədə olan yükün və muftanın vəziyyəti də dəyişir. Eyni zamanda mərkəzdənqaçma kəfgirli sürət tənzimləyicilərinin muftasının vəziyyəti, istiqamətləndirici aparatın açılmasından və turbinin gücündən asılı olaraq dəyişir. Ona görə də aqreqatın dövrlər sayı və onun gücü, sürətin avtomatik tənzimlənməsi zamanı bir-birindən asılı olur.

Bərabərsizlik (tarazsızlıq) əmsalı  $\delta$  ilə işarə edilir. Bərabərsizlik həddi dedikdə, aqreqatın yüksüz rejimdə işlədiyi zaman onun tam yük altındakı dövrlər sayının fərqi nəzərdə tutulur.

$$n_{or} = \frac{n_{\max} + n_{\min}}{2}$$



Şəkil 2.28. Tənzimləyici qurğuların normal iş xarakteristikaları

Onda

$$\delta = \frac{n_{\max} - n_{\min}}{n_{or}} = 2 \frac{n_{\max} - n_{\min}}{n_{\max} + n_{\min}}$$

ilə təyin edilir.

Burada  $n_{\max}$  – yüksüz rejimdəki aqreqatın dövrlər sayı;  
 $n_{\min}$  – tam yük altında aqreqatın dövrlər sayı.

Bərabərsizlik əmsalı “ $\delta$ ” əsasən %-lə göstərilir:

$$\delta = \frac{n_{\max} - n_{\min}}{n_{or}} \cdot 100 \text{ (\%-lə)}.$$

Bərabərsizlik əmsalının tənzimlənməsi, sistemin bütün kinematik hissələrinin tənzimlənməsini təmin edir. Bu hissələrə - kəfgir muftası, ötürücü mexanizm, kinematik paylayıcı qurğular (servomotor-istiqaşmətəndirici aparat) və s. aiddir. Müasir avtomatik tənzimləyici sistemlərdə bərabərsizlik əmsalının həddi 0-6 % arasında dəyişir.

Aqreqatın dövrlər sayının “ $n$ ”, onun gücündən asılılıq qrafiki düz xəttə yaxın şəkildə olur. Bu qrafiklərdə ayrı-ayrı rejimlərdə işləyən aqreqatların tənzimləyici xarakteristikaları göstərilmişdir. Bir neçə bərabərsizlik hüduduna malik olan tənzimləyici qurğunun dövrlər sayı “ $n$ ” ilə yük “ $N$ ” arasındakı asılılıq qrafiki şəkil 2.28, a-bəndində AB düz xətti ilə göstərilmişdir.

Tənzimləyicinin bu xarakteristikası onun statik xarakteristikasıdır. Bu xarakteristikadan görünür ki, bərabərsizlik hüdudu və ya bərabərsizlik əmsalı artıqca xarakteristikanın əyrilik dərəcəsi də artır. Bərabərsizlik əmsalının  $\delta=0$  olduğu zaman isə qrafikdən görüldüyü kimi tənzimləyicinin xarakteristikası “ $N$ ” oxuna paralel olaraq düz xətt təşkil edir (AB'- qrafiki). Belə xarakteristika tənzimləyicinin ***astatik xarakteristikası*** adlanır. Bu xarakteristikaya görə aqreqatın yüksüz işləməsi zamanı onun dövrlər sayı, tam yüklə işlədiyi dövrlər sayına bərabər olur. Bu xarakteris-

tikalar paralel işləyən aqreqatların arasında yüklərin eyni miqdarda bölünməsi zamanı yaranır. Tənzimləyicinin bu xarakteristikaları statik xarakterli olur.

Məsələn, əgər aqreqat  $N_1$  yükü ilə işləyəndə və dövrlər sayı  $n_1$  olduğu zaman (şəkil 2.28 a bəndi) xarakteristikanın  $B\Gamma$  vəziyyətində, aqreqatın yükü dəyişmir, dövrlər sayı isə 1 dəqiqə ərzində  $n_2$  vəziyyətinə qədər azalır.

Aqreqatların paralel iş rejimində, güclü sistemlərdə aqreqata düşən yük dəyişir və onun iş rejimi (şək. 2.28, a) “K” nöqtəsinə uyğun olur. Bu rejimdə aqreqatın fırlanma sürəti dəyişmir, yük isə  $N_2$  həddinə qədər azalır.

Eyni yüklü paralel işləyən aqreqatların iş xarakteristikasına nəzər salaq. Hər iki aqreqatın yüklərinin  $N_1$  və  $N_2$ -nin eyni olduğunu və bərabərsizlik əmsalının hər iki aqreqat üçün eyni olduğunu nəzərə alsaq, onda onların ümumi sinxron sürətləri (1-1") xəttinə uyğun olur (şək. 2.28, b). Yük artdığı zaman, bu yük hər iki aqreqat arasında bərabər bölünür. Yəni,  $\Delta N_1 = \Delta N_2$  olur. Aqreqatların fırlanma sürətləri isə azalır və qrafikdə (2-2") xətti ilə göstərilmişdir.

Əgər 2 paralel işləyən və fərqli bərabərsizlik əmsalına malik olan aqreqatların xarakteristikasına nəzər salsaq, göstərir ki, əlavə yüklərin aqreqatların arasında paylanması eyni olmur və qrafikdə  $\Delta N_1$  və  $\Delta N_2$  ilə göstərilir. Qrafikdən görüldüyü kimi I aqreqatın yükü  $\Delta N_1$ , II aqreqatın əlavə yükündən  $\Delta N_2$ -

dən çox olur. Ona görə də aqreqatların sinxron fırlanma sürəti azalır və (2-2'') xəttinə uyğun olur.

Aqreqatların fırlanma sürətlərinin əvvəlki vəziyyətinə gətirilməsi üçün, fırlanma sürətini dəyişən mexanizmdən istifadə olunur.

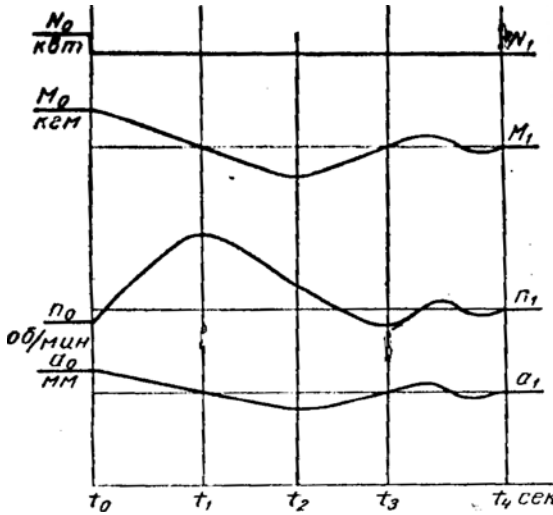
Yuxarıda göstərildiyi kimi, müxtəlif rejimlərdə işləyən aqreqatların xarakteristikaları da fərqli olur və onların tənzimləyici sistemlərinin normal işləməsi üçün yüklərin aqreqatlar arasında bərabər paylanması, sürət tənzimləyicilərinin statik xarakteristikasına uyğun olur.

### **Tənzimlənmə müddəti və yaranan müvəqqəti tənzimlənmə bərabərsizliyi**

Aqreqatlarda yüklərin dəyişməsi zamanı fırlanma sürətinin tənzimlənməsi xarakteristikaları şəkil 2.29-də verilmişdir.

Tənzimləyici prosesə nəzər salaq və bu prosesin tənzimlənmə müddətindən asılılıq qrafikinə nəzər salaq. Burada  $t$ - tənzimlənmə müddətidir.

Qrafikdən görüldüyü kimi,  $t_o$  – müddətinə qədər aqreqat  $N_o$  yükü ilə işləmişdir. Bu zaman fırlanma momenti  $M_o - 0$  bərabər olmuşdur. Dövrələr sayı  $n_o$ , aqreqatın açılması  $a_o$  olmuşdur.  $t_o$  müddətində aqreqatın yükü  $N_1$  vəziyyətinə uyğun gəlir. Yükün  $N_1$  vəziyyətinə  $n_1$  fırlanma sürəti uyğun olur.



Şəkil 2.29. Turbinin fırlanma sürətinin tənzimlənmə qrafiki

$M_1$  fırlanma momenti və aqreqatın açılması  $a_1$ -ə uyğun olur.  $t_0$ -ın çox kiçik miqdarda gecikməsi, fırlanma sürətinin  $n$ -artmasına səbəb olur və bu zaman istiqamətləndirici aparatın bağlanması baş verir. Bunun ardınca turbinin fırlanma momenti –  $M_T$  azalmağa başlayır.  $t_1$  tənzimlənmə müddətində, istiqamətləndirici aparatın  $a_1$  açılması baş verir və fırlanma momenti  $M_1$  olur. Bu zaman əgər  $n=n_1$  olarsa, tənzimlənmə prosesini dayandırmaq və servomatoru (yağ pompasını) saxlamaq olar.

Ancaq  $n=n_1$  olmadığına görə servomator açılmanı azaldır və fırlanma sürəti “ $n$ ” azalır. Turbinin fırlanma momentləri arasında  $M_T < M_1$  bərabərsizliyi yaranır.  $n$ -fırlama sürəti azalmaqda davam edir və

servomotorun (yağ pampası) aqreqatı açması prosesi yaranır. Bu zaman turbinin fırlanma momenti  $M_T$  artır,  $a=a$  olduqda  $M_T = M_1$  olur. Bundan sonra tənzimlənmə prosesi  $M_T$ -nin azalması ilə davam edir və  $M_1$  vəziyyətinə gəlir. Eyni zamanda  $a$ ,  $a_1$  və  $n$ ,  $n_1$  vəziyyətinə yaxınlaşır. Bu proses tədricən davam edir. Tənzimlənmə prosesinin dayanıqlı və dəqiq olması üçün, onun müddəti imkan daxilində az olmalıdır. Aqreqatın bağlanması müddətinin həddindən artıq az olması hidravlik zərbələrin yaranmasına səbəb ola bilər ki, bu da turbinin işində arzuolunmaz qəzalara fətirib çıxarar.

İstiqamətləndirici aparatın bağlanma müddətini, hidroturbinin yükünün dəyişməsinə, aqreqatın fırlanma sürətinin artmasına, normal təzyiqin dəyişməsinə uyğun olaraq tənzimləyirlər.

Avtomatik sürət tənzimləyicilərinin bağlanma müddətini  $t=1,5$  saniyə olaraq seçirlər. Bu müddət əsasən kiçik güclü turbinlər üçün seçilir.

Böyük güclü turbinlərdə bu müddət  $t=5\div 7$  san olaraq götürülür. Əsasən açılma müddəti, aqreqatın bağlanma müddətinə bərabər olur. İstiqamətləndirici aparatın fırlanma sürətinin dəyişmə qrafikində  $t_1$  müddəti ilə göstərilmişdir. Fırlanma sürətinin artdığı zaman onun normal sürətdən asılılığına müvəqqəti bərabərsizlik deyilir.

Aqreqat yükünün kəskin azalması zamanı bərabərsizlik həddi:

$$\beta_c = \frac{n_{\max} - n}{n}$$

ilə təyin edilir.

Yük artdığı zaman isə

$$\beta_H = \frac{n - n_{\min}}{n}$$

formulu ilə təyin edilir.

Burada  $n-1$  dəqiqə ərzindəki dövrlər sayı;  $n_{\max}-1$  dəqiqə ərzində maksimum dövrlər sayı;  $n_{\min} - 1$  dəqiqə ərzində minimum dövrlər sayı.

Kiçik zaman müddətində aqreqat yükünün dəyişdiyi zaman sürətin dəyişməsi aqreqatın normal işləməsinə, hidravlik və mexaniki zərbələrin yaranmasına səbəb olur.

Aqreqatın normal iş rejimi, müvəqqəti bərabərsizliyin–yükün kəskin azaldığı zaman  $\beta_c \leq 0,4$ , yükün kəskin artdığı zaman isə  $\beta_H \leq 0,5$  olması təyin edilmişdir.

**Birbaşa təsirli sürət tənzimləyiciləri:** 1948-ci ildə mühəndis Kotenev İ.V. açıq kameralı pərli turbinlərin sadə avtomatik sürət tənzimləyicilərini təklif etmişdir. Bu tip sürət tənzimləyiciləri əsasən 60÷100 kVt gücündə olan hidroturbinlərdə istifadə edilir.

Mərkəzdənqaşma kəfgirli sürət tənzimləyicilərinin, mərkəzdənqaşma qüvvəsi qol-21 və üç ədəd yay-8 vasitəsi ilə tənzimlənir. Kəfgir yüklərinin çəkisinin azaldılması, silindr şəkilli qalxanın-3, əks çəki-7 ilə kompensasiya edilməsi ilə yaranır. Ona görə silindr

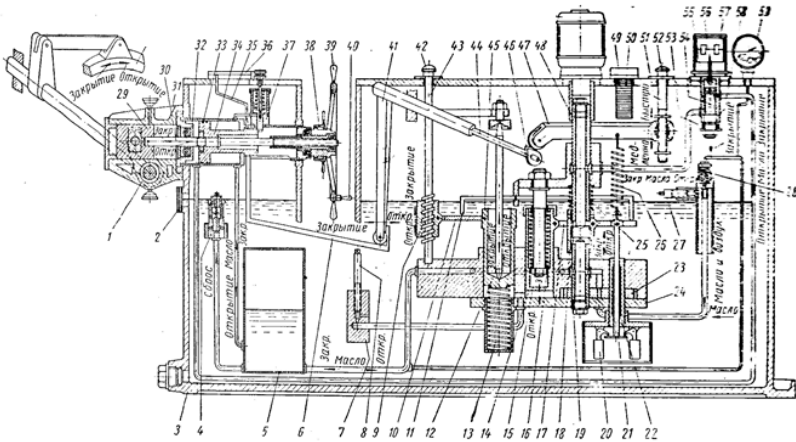


şəkilli qalxanın əks çəkiddən  $15 \div 20$  kq ağır olması məqsədəuyğundur. Bu halda qəza rejimlərində turbinin tez bir zamanda dayanması üçün zəmin yaradır.

Yükün kəskin azaldığı şəraitdə turbinin fırlanma sürəti artır. Mərkəzdənqaçma kəfgirinin yükləri -19, hərəkət edən muftanı -22 aşağı vəziyyətə gətirir. Bu zaman mufta ilə bərabər qolun -21 sol hissəsi də vəziyyətini dəyişir. Qolun sağ hissəsi, yayın-8 müqavimətini dəf edərək yuxarı vəziyyətə gəlir.

Ştok-6 öz növbəsində qolun-5 sağ hissəsini yuxarı vəziyyətə, sol hissəni isə qalxanı-3 bağlı vəziyyətə gətirir. Nəticədə turbinə ötürülən suyun miqdarı azalır, bu da onun gücünün azalmasına səbəb olur. Yük artan zaman silindr şəkilli qalxan yuxarı qalxır, bu da kameranın tədricən açılmasına səbəb olur. Bu proses turbinə ötürülən suyun miqdarının artmasına səbəb olur.

Yaylar-8, kəfgirin mərkəzdənqaçma qüvvələrini tarazlaşdırır və onlar elə seçilir ki, turbinin yüksüz işləmə rejimində onun fırlanma sürəti, yük altında işlədiyi sürətdən  $5 \div 7$  % çox olsun. Hidroturbinlərin işə buraxılması və onun dayandırılması əl ilə həyata keçirilir. Bu maxovik vasitəsi ilə həyata keçirilir.



Şəkil 2.30. Tənzimləyicinin iş prinsipi

Qəza rejimlərində turbini tez bir zamanda saxlamaq üçün elektromaqnitdən -14 istifadə edilir.

**Axar sulu sürət tənzimləyicisi:** Avtomatik rejimlə işləyən bu tip sürət tənzimləyiciləri təzyiği 3 m/san<sup>2</sup> və gücü 75 kVt olan hidroaqrəqatlarda, yəni təzyiği  $H=100$  m/san<sup>2</sup> və gücü  $N=200\div 1000$  kVt-a qədər olan enerji sistemlərində istifadə edilir. Bu tip tənzimləyicinin iş prinsipinə nəzər salaq.

Yağ pompası -23, asinxron mühərrik vasitəsi ilə işə salınır və yağ çəninə-5 yağ və hava ötürür. Çənin hava ilə doldurulması üçün pompanın sorucu borusunda, hava klapanı-28 və iynə-27 ilə təmin edilmiş sifon quraşdırılmışdır. Klapanın yuxarı hissəsi borucuq vasitəsi ilə yağ çəninə birləşdirilir. Təzyiğin  $H=0$ -a bərabər olduğu zaman klapan açıq vəziyyətində hava sorulur və çənə ötürülür. Təzyiç cəndə  $H=4-5$  kq/sm<sup>2</sup> həddinə çatır. Təzyiç artan zaman onun normal

qiymətini tənzimləmək üçün 4-klapanı açılır və artıq yağ çəndən, tənzimləyicinin yağ vannasına tökülür. Yağ pompası -23 iki ədəd vala məxsusdur. Əsas val - 19 və köməkçi val-22. Əsas val elektrik mühərrikinin valı ilə birləşdirilir. Bu val üzərində kanal vardır ki, yağ bu kanal dəlikləri vasitəsi ilə yağ paylayıcı zalatnikə-18 ötürülür.

Yağ paylayıcı qurğuda dəliklər vardır ki, bu dəliklər artıq yağın axıdılması üçün nəzərdə tutulmuşdur. Travers -17 ilə zolotnik, tənzimləyici kəfgir vasitəsi ilə birləşdirilir. Kəfgir qolu -21, yandan-26 asılı vəziyyətdə olur və yağ pompasının valı-22 ilə birləşdirilir. Qolun aşağı hissəsində tənzimləyici kəfgirin yükləri-20 təsir edir.

Fırlanma sürəti artan zaman, zolotnik aşağı enir və yağ buraxıcı klapanı açır. Axan yağ yağ borusu vasitəsi ilə servomotorun (yağ pompasının) böyük diferensial kamerasına-33 ötürülür. Servomotorun (yağ pompası) böyük kamerasında təzyiq aşağı düşür və porşen kiçik təzyiq nəticəsində istiqamətləndirici aparatın bağlanmasına uyğun hərəkət edir. Tənzimləmə rejiminin dayanıqlı olması üçün, tənzimləyici qurğu möhkəm elastiki qurğu ilə əlaqəlidir. Drossel-7 vasitəsi ilə qalıq bərabərsizlik həddinin 0-5 % arasında dəyişdirilməsi mümkündür. Drosel eyni zamanda hərəkət mexanizmi-14 və tənzimləyicinin zalotniki-18 ilə əlaqədə olur.

Aqreqatın fırlanma sürətini, qol-52 vasitəsi ilə kəfgir yayının-26 tənzimlənməsi ilə həyata keçirilir.

İstiqamətləndirici aparatın açılmasını tənzim etmək üçün qoldan- 42 istifadə edilir. Bu qol qayka-9, travers-10 və dəstək-11 vasitəsi ilə zolotniklə əlaqəlidir. Qəza vəziyyətində aqreqlatın dayandırılması üçün elektromaqnit-57 və zalatnik qurğularından-54; 58 ibarət mexanizm mövcuddur. Tənzimləyici qurğu işləyən zaman elektromaqnit dəyişən cərəyan mənbəyinə qoşulur və zalatniki yuxarı vəziyyətdə saxlayır. Aqreqlatın mühafizə sistemlərindən biri işləyən zaman elektromaqnitin dolağına verilən gərginlik kəsilir və zalatnik-54, yay-53 vasitəsi ilə açılır, yağ servomotorun böyük kamerasına tökülür. Bu zaman kamerada təzyiq azalır və atmosfer təzyiqinə yaxınlaşır və porşen hidroturbinin bağlanması üçün çəndə olan təzyiq hesabına hərəkət edir.

Tənzimləyicinin servomotoru hidroturbinin güc hissəsi sayılır. Servomotor (yağ pompası) əl ilə idarə mexanizminə malikdir ki, bundan da əsasən hidroturbinin 1-ci dəfə işə salınmasında və avtomatik qurğu sıradan çıxan zaman ehtiyat mexanizm kimi istifadə edilir. Diferensial porşen-34, ştoka-30 bərkidilir ki, bu ştok bir tərəfdən çarx qolu sürgü qolu mexanizminin-1, sürgüsünə-29, digər tərəfdən isə qıfıl-38 vasitəsilə əl ilə işləyən intiqala bərkidilir.

Eyni zamanda servomotor (yağ pompası) aqreqlatın özbaşına işə düşməməsi və istiqamətləndirici aparatın təsadüfi açılmalardan mühafizə edilməsi üçün ehtiyat saxlama qurğusuna-37 malikdir. Bu qurğu

açılma göstəricisindən, yağ həddini göstərən cihazdan-2, əqrəb-35 və şkaladan-36 ibarət olur.

Şəkil 2.31.-də göstərilən tənzimləyicinin elementlərinə nəzər salaq. 1–çarxqolu-sürgüqolu mexanizmi, 2-yağ həddinin göstərən cihaz, 3-qurğunun gövdəsi, 4-açma klapanı, 5-yağ çəni, əks əlaqə hüdud açarı, 7-drosel gövdəsi, 8-drosel iynəsi, 9-qayka, 10-travers, 11-açma hüdud açarı, 12-əks əlaqə iynəsi, 13-yay, 14-izodrom-hərəkət mexanizmi, 15-ştok, 16-yay, 17-zalatnik traversi, 18-mufta zalatnik, 19- əsas val, 20-kəfgir yükləri, 21-kəfgir ştoku, 22-ötürücü (köməkçi) val, 23-yağ nasosu, 24-nasosun qapağı, 25-yay, 26-kəfgir yayı, 27-kəfgir iynəsi, 28-klapan, 29-güzgü mexanizmi, 30-ştok, 31-gövdə, 32-salnik, 33-servomotorun silindri, 34-porşen, 35- açılma göstəricisinin əqrəbi, 36-şkala (yağ göstəricinin), 37- saxlama qurğusu, 38-qıfıl, 39- döndərmə qurğusu (şturval), 40-şturvalın dəstəyi, 41-əks əlaqə qolu, 42-açma açarının dəstəyi, 43-valik (diyircək), 44-əks əlaqə valiki (diyircək), 45-hərəkət mexanizminin plunjeri, 46-qalıq bərabərsizliyi tənzimləyən qurğu, 47-qol, 48-mufta, 49-yağtökmə başlığı, 50- süzgəc, 51-valik, 52-sürət tənzimləmə dəstəyi, 53-yay, 54-zalatnik, 55-qəza rejimi zalatnikini qaldıran dəstək, 56-tənzimləmə yivi, 57- elektromaqnit, 58-qəza rejimi zalatniki, 59-manometr.

**Çənli sürət tənzimləyicisi – KƏ-350:** Bu tip sürət tənzimləyicilərində yağ nasosu yağı ancaq yağ çəninə vurur. Axar sulu sürət tənzimləyicilərindən fərqli

olaraq, su tənzimləyiciləri tənzimləmə sistemini yağ ilə təmin etmir. Yağ nasosu çənə yağı o zamana qədər vurur ki, çəndə normal təzyiq yaransın. Çəndə normal təzyiq yarananda klapan açılır və yağ ehtiyat çənə axır. Təzyiq altında yağ çəndən zalatnk vasitəsi ilə servomatora (yağ pompasına) ötürülür.

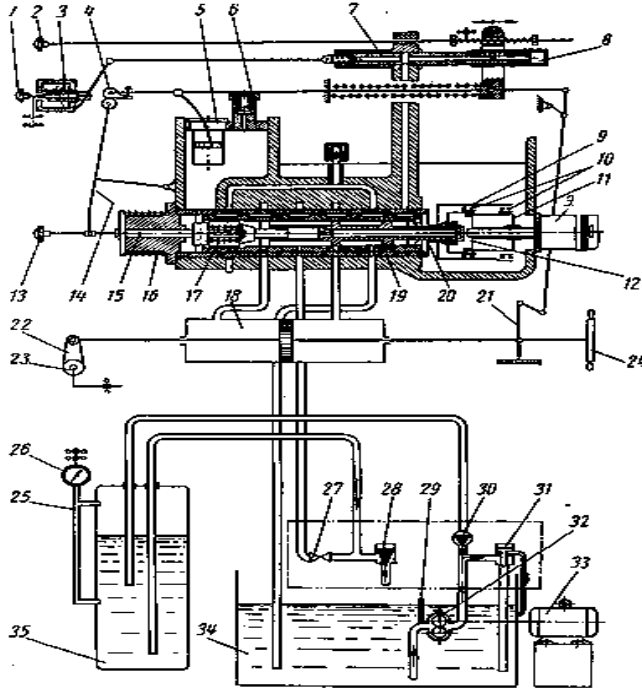
Şəkil 2.31-də istehsal gücü 350 kq.m olan tənzimləyicinin sxemi verilmişdir.

Yağ nasosu-32, yağ yığılan çəndə-34 yerləşir və elektrik mühərriki-33 tərəfindən hərəkətə gətirilir. Nasosun buraxılış hissəsində hava ötürən boru-29 vasitəsi ilə hava çənə-35 vurulur. Çəndə yağın həddi (səviyyəsi) azalan zaman boru-29 yağ səviyyəsindən yuxarıda qalır ki, bu da boru ilə gələn hava nəticəsində çəndə-35 qalan yağın sıxışdırılıb ehtiyat yağ çəninə-34 ötürülməsinə səbəb olur və buna görə də boruya-29 hava axınının qarşısı alınır. Fasiləsiz işləyən nasos vasitəsi ilə yağ, sistemi yağla təmin etmək üçün açılma klapanına (31) və əks klapan-30 ötürülür. Əsas ötürücü klapan-31 boru vasitəsi ilə çənlə əlaqədədir. Əgər çəndə təzyiq yüksək olarsa, bu klapan avtomatik olaraq açılır və yağ ehtiyat yağ çəninə ötürülür. Təzyiq aşağı düşəndə klapan bağlanır və yağ əks klapan-30 vasitəsi ilə çənə axır. Çəndəki yağın səviyyəsi yağ göstərici cihaz-25 ilə, təzyiqi isə manometr-26 vasitəsi ilə təyin edilir. Sistemi yağla təmin edən boruda qoruyucu klapan-28 quraşdırılır ki, bu da təzyiqin normadan artıq olduğu zaman açılır. Eyni

zamanda bu boruda hidravlik intiqalı olan klapan-27 quraşdırılır.

Bu tip tənzimləyicilər hidravlik kəfgirlə təchiz olunur. Bu kəfgirlər asinxron mühərrikdən, ona birləşdirilmiş işçi mexanizmdən-12, üzən silindrdən-11, tənzimləyici yaydan-10 və silindrik sürgü qurğusundan-9 ibarət olur. İşçi mexanizm-12, ehtiyat çəndəki yağı, arxa silindrə-11 ötürür. Yağın təzyiqi artdığı zaman, aqreqatın sürəti də artır. Bu prosesdə kəfgirin yayı-10 daha artıq yüklənir və sürgünü-9 aqreqatın bağlanma istiqamətində hərəkətə gətirir. Bu halda zalatnik-20 işləyir. Təzyiqin aşağı qiymətində, aqreqatın fırlanma sürəti azalır və kəfgir yayı, silindrdəki yağı sıxışdırıb işçi mexanizm vasitəsi ilə yağ çəninə ötürür. Bu zaman sürgü mexanizmi-9 və zalatnik-20 əks tərəfə hərəkət edir və aqreqatın bağlanma prosesi baş verir.

Servomatora -18 (yağ pompası) yağ ötürən zalatnik sistemi iki elementdən-zalatnik-20 və hərəkət edə bilən zalatnik stəkanından-19 ibarət olur. Zalatnikin vəziyyəti, kəfgir sürgüsündən -9 asılı olaraq dəyişir və zalatnik stəkanı tənzimləyicinin əks əlaqə açarı vasitəsi ilə yerini dəyişir. Kəfgir sürgüsünün hərəkət istiqaməti ilə çəndən sistemə ötürülən yağın istiqaməti eyni olur. Çəndən ötürülən yağ zalatnikin kiçik səthinə və oradan da drossel dəliyi vasitəsi ilə zalatnik stəkanına keçir. Bu hissədə yaranan yağın təzyiqi kəfgir muftasının açılma həddindən asılı olaraq dəyişir.



Şəkil 2.31. Çənli sürət tənzimləyicisi: 1-qəza rejimi dəstəyi; 2-maksimum açma dəstəyi; 3-elektromaqnit; 4-açar çüyü; 5-yağ porşeni; 6-drosel; 7-qəza rejimi klapanı; 8-açma hüddud klapanı; 9-sürgü;10-yay;11-silindr;12-kəfgir yağ pompasının işçi mexanizmi; 13-dəstək; 14-bərabərsizliyin dəyişmə dəstəyi (bucaq dəstəyi); 15-ştok; 16, 17-yaylar; 18-servomotor; 19-hərəkətedən stəkan; 20-zalatnik; 21-dəstək; 22-çarx qolu, sürgü qolu mexanizmi; 23-turbinin tənzimləmə valı; 24-sükan (şturval); 25-yağ səviyyəsini göstərən cihaz; 26-manometr; 27-hidravlik intiqallı klapın; 28-qoruyucu olan klapın; 29-hava ötürücü boru; 30-əks klapın; 31-əsas yağ ötürücü klapın; 32-nasos; 33-nasosun mühərriki; 34-ehiyat yağ çəni; 35-əsas yağ çəni.



Bu mufta da kəfگیر sürgüsü -9 ilə əlaqədə olduğu üçün, turbinin fırlanma sürəti artan zaman yağ axan dəlik genişlənir, təzyiq aşağı düşür. Fırlanma sürətinin sabit qiymətində zalatnik taraz vəziyyətdə olur.

Zalatnikin böyük hissəsi qəza klapanı-7 ilə və açma klapanı-8 ilə əlaqədar olur. Maksimum açma dəstəyinə-2 malik olan açma klapan-8, açılma həddini təmin edə bilir. Zalatnik stəkanı-19, əks əlaqə açarı vasitəsi ilə hərəkət edə bilir.

Əks əlaqə açarı iki müxtəlif funksiyalı olur: elastik və sərt tənzimləmə.

**Elastik açar**–tənzimləyici sistemdə yaranan dinamik zərbələri aradan qaldırır.

Zalatnik stəkan-19, elastik açarın yayı-17 vasitəsi ilə, fırlanma sürətini dəyişən mexanizmin ştoku-15 əlaqədə olur. Elastik açarın drossel-6, xüsusi yiv vasitəsilə tənzimlənir. Porşen-5, qol vasitəsi ilə açarın ştoku ilə əlaqədə olur. Servomotorun porşeni (pompa)-18, yağ porşeni-5 ilə kinematik əlaqədə olur. Ona görə də servomotor porşeninin yerini dəyişməsi açar kamerasında təzyiqin dəyişməsinə səbəb olur. Kamerada yaranan təzyiqin dəyişməsi drossel-6, yay-17 vasitəsi ilə tənzimlənir.

Sərt tənzim açarı qalıq bərabərsizliyi tənzimləmək üçündür ki, bu da iki paralel işləyən aqreqatlar arasında yüklərin bərabər paylanmasını təmin edir. Bu açar çüydən-4 (lekal), aralıq bərabərsizliyin dəyişmə dəstəyindən-14, hidroaqreqatın fırlanma sürətini də-

yişmə dəstəyindən-13 və yaydan-16 ibarət olur. Sərt tənzimləmə açarının çüyü-4, əks əlaqə açarının ştokunda quraşdırılır.

Tənzimləyicinin güc hissəsi, servomatordan-18, çarx qolu sürgü qolu mexanizmindən-22, şturvalı olan əl intiqalından-24 ibarət olur. Şəkil-1.39-da bu tip turbinlərin sxemi verilmişdir. Bu tip tənzimləyici qurğular, hidroturbinlərin güclərinə uyğun olaraq müxtəlif güclərdə istehsal olunur.

### **Hidroturbinlərin quraşdırılma işləmə və təmir üsulları. Əsas quraşdırılma qaydaları**

Aşağıda hidroturbinlərin quraşdırılması qaydalarına və üsullarına nəzər salaq. Turbinləri quraşdırmazdan əvvəl onun bütün hissələri yoxlanmalıdır.

Quraşdırılma zamanı birinci növbədə hidroturbinin tərپənməz bünövrə hissələri quraşdırılır. Şəkildə göstərilədiyi kimi birinci olaraq hidroturbinin bünövrəsi-8, döşəmə üzərində bərkidilmiş metal oturacağa bərkidilir. Turbin bünövrəsi, turbin otağının ölçülərinə uyğun olaraq mərkəzləşdirilmiş, onun hissələrinin normal quraşdırılması üçün nəzərdə tutulan yerdə, elektrik avadanlıqlarının quraşdırma (montaj) qaydalarına uyğun olaraq həyata keçirilir.

Boru-9, turbin kamerasının aşağı hissəsində quraşdırılır. Kamera bünövrəsi-8, borunun-9 flyansına boltlar vasitəsi ilə bərkidilir. Bu sistem-1 (daban mexanizmi) otağında döşəmədə quraşdırılmış bünövrəyə

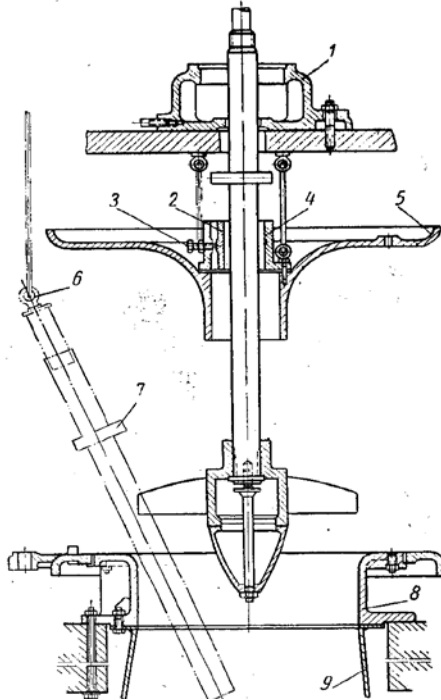
bərkidilir. Turbin qapağı-5, diyircəkli yastıq-4, xüsusi metal və boltlar-3 birlikdə tavanda quraşdırılmış bal-kadan açılır.

Montaj valına xomut-7 keçirilir və bu val turbin bünövrəsinin (poddonun) dəliyindən keçirilir. Bünövrədəki dəlikdən qoşqu keçirilib valın sonuna qoşulur və val o zamana qədər yuxarı qaldırılır ki, onun başlanğıcı turbin bünövrəsindən (paddondan) 1 m yuxarıda olsun. Bu zaman işçi mexanizmin maneəsiz hərhlənməsi üçün zəmin yaranır. Sonra vala fırlanan işçi mexanizmin vtulkası (polad həlqə) birləşdirilir. Valı işçi mexanizm ilə birlikdə aşağı salıb, montaj xamutundan asılır. İşçi mexanizmi, turbin bünövrəsinə uyğun olaraq elə tənzimləyirlər ki, işçi mexanizmi ilə turbin bünövrəsi arasında işçi mexanizmin dairəsi boyu eyni məsafə olsun. Bundan sonra istiqamətləndirici aparat yığılır. Aparat oxuna istiqamətləndirici kürəklər bərkidilir. Turbin kamerasının döşəməsinə, tənzimləyici valın aşağı yastığı quraşdırılır. Eyni zamanda tənzimləyici vala əl ilə və avtomatik tənzimlənən kranlar quraşdırılır. Bundan sonra tənzimləmə dairəsinin (qurğusunun) intiqalı yığılır.

İstiqamətləndirici aparatın ən çox açma həddi yoxlanılır. Bu proses əl ilə tənzimləmə mexanizmi ilə həyata keçirilir.

Vertikal quruluşlu hidroturbinlərin quraşdırılması zamanı onu elementlərinin ölçülərini nəzərə almaq vacib şərtidir.

Məsələn: İşçi mexanizmin diametri 2200 mm olan beton kamerada quraşdırılmış pərli turbinlərin quraşdırılması, başqa az güclü turbinlərə nisbətən mürəkkəb prosesdir.



**Şəkil 2.32. Vertikal oxlu turbinin quraşdırılması sxemi**

Bu tip turbinlərin valının vertikal vəziyyətdə generator valı ilə birləşdirilməsi prosesində hər iki valın oxlarının bir-birinə uyğun tənzimlənməsi, fırlanma zamanı ən kiçik belə dinamiki, mexaniki silkələnmələri (döyülmələri) yaranmaması üçün zəmin yaradır.

Horizontal oxlu turbinlərin açıq kameralarda quraşdırılması zamanı, hidroturbinin bütün detalları, turbin istehsal edən zavodun təlimatı ilə həyata keçirilir ki, bu təlimat da turbinin elementlərinin pasportları, sxemləri və s. ilə birlikdə həmin zavod tərəfindən tələbatçılara verilir.

Şəkil 2.32-də göstərilən vertikal oxlu turbinin elementlərinə nəzər salaq: 1-daban mexanizmi; 2-metal içlik; 3-tərpənməz bolt; 4-yastığın gövdəsi; 5-turbinin qapağı; 6-hərəkət edən dirsək; 7-montaj (quraşdırma) həlqəsi; 8-turbin bünövrəsi (paddon); 9-əlavə suyun axıdılma borusu.

**Hidroturbinlərin iş rejimləri və onlara nəzarət qaydaları**-Hidroturbinlərin fasiləsiz və etibarlı işini təmin etmək əsas şərtlərdən biridir. Bunun üçün turbinin bütün elementlərinin texniki vəziyyəti, onların işinə nəzarət edən texniki personalın hazırlılığı, hidroturbinlərə nəzarət edən qrupların növbətçilik cədvəlləri, növbə ərzində turbinin iş rejiminin etibarlılığı, baş verən qəzalar və s. tərtib edilmiş cədvəldə göstərilməlidir.

Növbə təhvil verilən zaman növbətçi personalın öhdəlikləri aşağıdakı qaydalara uyğun olmalıdır:

a)Növbəni qəbul edən zaman növbətçi bütün turbin elementlərini onların texniki vəziyyətini nəzərdən keçirməli; b)növbəni təhvil verən texniki personalından növbə ərzində baş verən qəza və ya təmir işlərinin güdişatı haqda məlumatı tam şəkildə almalı; v) növbə jurnalını, təmir üçün lazım olan alətləri, tex-

niki otaqların açarlarını qəbul etməli; d) təhvil-təslim haqda jurnalda qeydiyyat aparmalı və öz imzası ilə növbəni qəbul etdiyini göstərməlidir.

Turbinin iş rejimində hər 30 dəqiqə ərzində turbin parametrlərini, ölçü cihazlarının göstəricilərini qeyd etmək üçün gün ərzində cədvəl tərtib edilməlidir. Əgər qəza baş verərsə, təmir briqadasına bu haqda ətraflı və yazılı surətdə məlumat verilir, eyni zamanda hidrostansiyanın rəhbərliyinə məlumat verilməlidir.

Turbinin fasiləsiz və etibarlı işini təmin etmək üçün turbin operatoru, turbinin iş rejimi, onun elementlərinin vəziyyəti, parametrləri, qəza baş verən zaman turbinin dayandırılması üsulları, kiçik defektlərin aradan qaldırılma qaydaları üçün tam təlimatlandırılmalıdır. Turbini işə salmazdan öncə aşağıdakı qaydalara əməl olunmalıdır.

1-Aqreqatın bütün mexanizmlərinin vəziyyətini nəzərdən keçirməli, ayrılıqda onların yoxlanması; 2-turbin kameralarının təmizliyinə nəzarət edilməli; 3-generatorun, hava sorucu boruların, hava tənzimləyici qurğuların vəziyyətini sürət tənzimləyicisinin yağ sistemini yoxlamalı; 4-yağ sistemini yağla təmin etməli; 5-avtomatik sürət tənzimləyicisinin yüksüz rejimə yoxlanması, siqnalizasiya sistemini, mühafizə sistemini yoxlamalı; 6-turbin kameralarını su ilə təchiz etməli və manometr göstəricisi qeyd edilməlidir.

Turbini işə salmazdan əvvəl yağın təzyiqini, yastıqların yağlanması təmin etmək lazımdır. Turbi-

nin işə salınması aşağıdakı vəziyyətlərdə qadağan edilir: a)Sürət tənzimləyicisinin qəzalılıq vəziyyətində; b)Sürət tənzimləyicisi sistemin yağ axıtmasında; c)Avtomatik tənzimləyici sistemin zalatniklərinin qəzalılıq vəziyyətlərində; d)Yağ sistemində təzyiqin kəskin aşağı düşdüyü zaman.

Yuxarıda göstərilən hallarda aqreqat əl ilə tənzimləmə vəziyyətinə gətirilməlidir. Aqreqat işləyən zaman yaranan kiçik defektlər, qəza vəziyyətləri və s. növbətçi personalın jurnalında qeyd edilməli və onların aradan qaldırılması təmir briqadası tərəfindən həyata keçirilməlidir. Sistemin yağlanması növbə ərzində 1 dəfə həyata keçirilməlidir. Turbin dayandırılmazdan öncə, bütün sistem yükdən azad edilməli, generatorun təsirlənməsi aradan götürülməlidir.

Aqreqat əl ilə idarə olunursa, onun dayandırılması üçün aşağıdakı proseslərə əməl olunmalıdır:

a)İstiqamətləndirici aparat tədricən bağlanmalı; b)Fırılama sürəti normal sürətdən aşağı düşən zaman tormoz sisteminin işə qoşulması; c)Sürət aşağı düşən zaman işçi mexanizmin dönmə küreklərinin iş rejimindən çıxarılması;d)Turbin kamerasının bağlanması; e)Tənzimləyici sistemin nasoslarının dayandırılması.

Qəza rejimlərində aqreqatın dayandırılması həm əl ilə, həm də avtomatik üsulla həyata keçirilir.

**Turbinlərdə yaranan qəza vəziyyətləri və onların aradan qaldırılması üsulları**-Hidroturbinlərin işi zamanı, bu sistemin elementlərində olan ən kiçik belə nasazlıqlar turbinin qəza vəziyyətinə düşmə-

sinə səbəb ola bilər. Ona görə də yaranan bu defektlərin tez bir zamanda aradan götürülməsi əsas şərtidir.

Mikro SES-də istifadə olunan hidroturbinlər müxtəlif tiptə olduqları və onların konstruksiyalarının fərqli olduqlarına görə qəza vəziyyətində qəzanın baş vermə səbəbləri və onun tez bir zamanda aradan qaldırılması üçün tədbirlərin görülməsi üsulları tərtib olunur.

Cədvəl 2.5

<b>Aqreqatın qəza vəziyyəti</b>	<b>Qəzanın yaranma səbəbləri</b>	<b>Qəzanın aradan qaldırılması üsulları</b>
Turbinin fırlanma sürətinin nominalda artıq olması	a)Sürət tənzimləyicisinin qəza vəziyyətinə görə istiqamətləndirici aparatın bağlanmaması	a)turbinin əl ilə idarə olunmasını təmin etmək və fırlanma sürətini əl ilə tənzimləmək
	b) turbinin istiqamətləndirici aparatın kəf-giri ilə əlaqəsinin itməsi	b)eyni prosesi təkrar etmək
Aqreqatın yükünün özbaşına azalması və turbinin fırlanma sürətinin aşağı düşməsi	a)Avtomatik sürət tənzimləyicisinin defekti	a)əl ilə idarə etməyə keçib stiqamətləndirici aparatı bağlamaq
	b)suyun çıxış qəfəsləri yad əşyalarla dolmuşdur.	b) turbin yükünün azaldılması və qəfəsi təmizləmək.
	c)çıxış borusuna hava düşməsi	c)turbini saxlamalı və ötürücü su borusunun uzunluğunu artırmalı.
	d)turbinlə generator arasında ötürücü mexanizmin sıradan çıxması	d)zeyansın boltlarını bərkitməli
Yastıqlarda böyük temperatur	a)horizontal tipli turbinlərdə yağlayıcı dai	a)yağın axmasının qarşısını almalı, yağlayıcı



yanması	rənin işdən çıxması, yağın tərkibinin kəskin pisləşməsi b)vertikal tipli turbinlərdə yağın çəndən axması, çənə su düşməsi	dairənin sürtünməsinin qarşısını almalı. b)yastıqların işləməsinə daim nəzarət etməli, onları yağlamalı
Turbində kəskin silkələnmənin yaranması, valın döyməsi	a)qəflətən yükün kəskin artması	a)iş rejiminin dəyişdirilməsi
	b)Yad əşyanın turbinə düşməsi	b)turbini dayandırmaq və yad əşyanı götürmək
	c)yastıqların yerinin dəyişməsi və onların boşalması	c)turbini saxlamalı, yastıqları dəyişib bərkitməli.
Turbində suyun səviyyəsinin kəskin artması	Su axıdan sistemin nasazlığı, istiqamətləndirici aparatın kürəklərinin tərpənməz vəziyyətdə olması	Ehtiyat artıq suların axıdılması üçün ehtiyat sistemin işə salınması
Manometrlərin və vakuum ölçən cihazların göstəricilərinin yanlış olması	Artıq hava təbəqələrinin turbinlərdə və cihazlarda yığılıb qalması	Havanı hava buraxan kranlar vasitəsi ilə sistemdən buraxmaq.
Aqrepatı işə salan zaman, istiqamətləndirici aparatın açıq vəziyyətində turbinin normal fırlanma sürətinin yaranması	a)tormoz sisteminin tam işləməməsi	a)tormoz sistemini açmalı
	b)dönən kürəklərin tam işləməməsi	b)dönən kürəkləri təmir etmək
	c)istiqamətləndirici aparatın qıfıllarının tam açılmaması	c)qıfılları tam açmalı
	d)çıxış qəfəslərinin yad əşyalarla dolması	d)çıxış qəfəslərini təmizləməli
İstiqamətləndirici aparatın bağlanması zamanı tur-	Kürəklər arasında yaranan çatlar səbəbindən	Tormoz sistemini işə salmalı

bin dayanmır		
Turbin mexanizmlərində yağın alovlanması	—	Yanğın söndürmə briqadasını çağırmaq və turbinin enerji sistemini şəbəkədən açmalı
Bədbəxt hadisələr zamanı	—	Bütün sistemi saxlamaq. Zərər çəkənlərə 1-ci tibbi-yardıma edilməsi

**Hidroturbinlərin təmir üsulları**-Avadanlıqlara nəzəri cəhətdən baxış keçirilməsi, onların praktiki iş rejimlərinə nəzarət edilməsi Mikro SES-də bunun üçün təmir briqadalarının yaradılması əsas şərtlərdən biridir.

**Avadanlıqlara profilaktiki baxış**-Bu növ təmir üsulları dedikdə, cari və kapital təmirə qədər olan müddətdə Mikro-SES avadanlıqlarına daimi nəzarət ehtiyat hissələrin vəziyyəti, onların miqdarı və tez sıradan çıxma bilən elementlərin daimi ehtiyatda saxlanması və s. nəzərdə tutulur. Avadanlıqlara profilaktiki baxışlar əsasən kapital təmirə qədər 2-3 dəfə həyata keçirilməlidir.

**Cari təmir**-Bu təmirdə avadanlıqların işlədiyi zaman nəzərə çarpan nasazlıqlar, köhnəlmiş elementlərin dəyişdirilməsi və onların normal işinin tənzimlənməsi nəzərdə tutulur. Bu nasazlıqlar əsasən avadanlıqlara profilaktiki baxış zamanı üzə çıxan nasazlıqlardır. Eyni zamanda cari təmir zamanı aqreqatın

montajı, bəzi hissələrin sökülməsi, dəyişdirilməsi də mümkün ola bilər.

Cari təmirə aşağıdakı təmir üsulları da aiddir:

1-turbin elementlərinə baxış, təmizlənməsi, yağlanması və s. 2-kiçik detalların dəyişdirilməsi; 3-yağ və su ötürücü boruların dəyişdirilməsi; 4-yağ sistemində nasazlıqların aradan qaldırılması və sistemə yağ vurulması; 5 - salniklərn dəyişdirilməsi.

**c) Əsaslı (kapital) təmir-** Mikro SES avadanlıqlarının tam təmiri, onların bütünlüklə dəyişdirilməsi və s. nəzərdə tutulur. Bu növ təmir əsasən ildə 1-2 dəfə həyata keçirilir. Bu təmir zamanı aşağıdakı işlər görülür: 1-Bütün avadanlıqların vəziyyətinə baxış, onların hissələrinin sökülüb dəyişdirilməsi, yağlanması, təmizlənməsi və s. 2-Turbin elementlərinin ayrı-ayrı detallarının təmiri, dəyişdirilməsi və köməkçi avadanlıqların işçi vəziyyətə gətirilməsi və s. 3-Tənzimləyici mexanizmlərin yoxlanması, təmiri; 4-Yağlama və soyutma sistemlərinin vəziyyətinin yoxlanması; 5-Detallar arasında ötürücü əlaqələrin yoxlanması.

**Qəza zamanı mövcud olan təmirlər-**Bu təmir növünə əsasən planda nəzərdə tutulmayan təmirlər aiddir. Bu təmir növünə eyni zamanda baş verə biləcək qəzaların əvvəlcədən qarşısının alınması üçün əlavə tədbirlərin görülməsi, bəzi kiçik detalların dəyişdirilməsi və s. aiddir.

**Təmir növlərinin planlaşdırılması-**Mikro SES-də təmir üsulları əsasən onun çox az yüklü işlədiyi zaman və ya turbini saxladıqda həyata keçirilir. Əsaslı

təmirin müddəti əsasən elektrik tələbatçıları ilə razılaşma nəticəsində təyin edilir. Təmirin illik planı turbinin işinə nəzarət və onun avadanlıqlarının vəziyyətindən və sonuncu əsaslı təmirdən keçən müddətə uyğun olaraq tərtib edilir. Təmirə 1 ay qalmış təmir işlərinin aparılma cədvəli tərtib edilir və görülməli işlərin ardıcılığı təyin edilir.

a) Əsas səbəb olmadan normal vəziyyətdə olan hissələrə toxunmamalı; b) Təmir arası müddətdə mexanizmlərin sökülməsi onların texniki vəziyyətinə uyğun olmalıdır; c) Səbəb olmadan turbinin əsas mexanizmlərini söküb yenidən yığılmasını təxirə salmalı və s.

Avadanlıqların tam təmir dövrü 3 hissəyə bölünür: 1-Təmirə hazırlıq dövrü; 2-Təmirin yerinə yetirilməsi; 3-Təmirdən sonra avadanlıqların yoxlanması.

**II – Təmirə hazırlıq prosesi**-Bu proses əsasən aşağıdakı qaydada aparılır:

a) təmir işlərinin həcmi təyin edilir. Bütün avadanlıqların vəziyyətinə baxış, onların hansı səbəbdən cari təmir olunmaları, hansı hissələrin dəyişdirilməsi haqda məlumatlar texniki baxış jurnalından götürülməlidir və sonra təmir işlərinin həcmi cədvəli tərtib olunmalıdır. b) təmir işlərinin smeta dəyəri haqda grafik tərtib edilir və təmir olunacaq hissələrin detalları müəyyənləşdirilir; c) təmir briqadası ayrılır və təlimatlandırılır; d) təmir üçün lazım olan avadanlıqlar, təmir alətləri, ehtiyat hissələri müəyyənləşdirilib hazır vəziyyətə gətirilməlidir. e) təmir otaqları təyin edilir,

hazırlanır və təmir prosesinin normal getməsi üçün şərait yaradılmalıdır.

**III – Təmir işlərinin gedişi**-Təmir işləri əsasən aqreqatın hissələrinin sökülməsi ilə başlayır. Bu sökülən hissələrə baxış keçirilir və onların hansı vəziyyətdə olduğu dəqiqləşdirilir.

İstiqamətləndirici aparatın hissələri, yoxlanmalıdır. Yağ sistemi, onun detalları nəzərdən keçirilib, yağ sisteminə yağ vurulmalıdır. İstiqamətləndirici aparatın açılıb-bağlanması yoxlanmalı, ölçü cihazlarının dəqiq göstərişləri təyin edilməlidir. Turbin kamerası ilə işçi mexanizmin arasındakı məsafə dəqiqləşdirilməlidir.

Bundan sonra aşağıdakı qaydada əsas elementlər yoxlanılır:a)işçi mexanizmin vala bərkidilməsi möhkəmliliyi, kürəklərin vəziyyəti; b)işçi mexanizmin kamerasının su sorucu boruların vəziyyəti; c)işçi mexanizmin sürtünmə dərəcəsinin hansı vəziyyətdə olması və s.

**IV–Ayrı-ayrı hissələrin və detalların təmiri**-Turbinin işçi mexanizminin çox da böyük olmayan zədələnməsi baş verərsə, bunu hidrostansiyanın daxili şəraitinə uyğun olaraq təmir etmək olar. Əgər zədələnmələr böyük olarsa, onda həmin mexanizmi zavod şəraitində təmir etmək lazım gəlir. Tam yararsız vəziyyətdə olarsa, onu mütləq yenisi ilə əvəz etmək lazımdır.

Bütün bunlarla yanaşı aqreqatın generator hissəsini də turbin valı ilə generator valının mərkəzləşdirilmiş vəziyyətinin yoxlanması çox önəmli şərtlər-

dəndir. Bunun üçün aşağıdakı tələblər yerinə yetirilməlidir: a) aqreqatın ümumi birləşmə oxu, birləşdirici mexanizmlər arasında tam düz xətt boyunca olmalıdır (cüzi maillik yolverilməzdir); b) turbin ilə generator arasında əlaqə sistemi (yol verilən aralıq məsafəsi, onların möhkəmliyi) yoxlanmalıdır; c) yastıqların ümumi vəziyyəti işləyən zaman onların öz yerlərini cüzi də olsa dəyişməsi və onların yağlılıq dərəcəsi yoxlanmalıdır.

**V–Təmirdən sonra turbinlərin yoxlanması qaydaları**-Avadanlıqlar tam təmir edildikdən sonra onlara baxış keçirilir və sistemin işi yoxlanılır. Aqreqatın hissələrinin yoxlanma prosesi aşağıdakı etaplar üzrə aparılır:

**Turbinin su ilə doldurulması sınağı**-Bunun üçün sistemdə yağın miqdarı və hissələrin yağlanması, hissələr arasındakı mövcud olan aralıqlar, istiqamətləndirici aparatın yoxlanması, əl ilə avtomatik sürət tənzimləyicisinin yoxlanması.

**Turbin kamerası su ilə doldurulduqdan sonrakı etap**-Aqreqatın sərbəst düşmə prosesinin əl ilə idarə edilməsi, su soyuducu sistemin yoxlanması, hissələrin hermetik (su buraxmaması) durumu və s.

**Aqreqatın yüksüz işləmə sınağı**-Hissələrin yağlanma həddi, yol verilən temperatur yastıqların yağlanması, onların sürtünmə həddi və mexanizmin sürətinin avtomatik tənzimlənməsi və s.

**Aqreqatın yük altında işləməsi**-48 saat müddətində aqreqatın yük altında fasiləsiz işinin sınağı nəzərdə tutulur.

### **2.3. Generatorlar Ümumi məlumat**

Elektrik stansiya və yarımstansiyalarının əsas avadanlıqları sırasına generatorlar və transformatorlar daxildir.

Böyük qurğularda üstünlük qazanan, bizdə və Avropada tezliyi 50 Hs, ABŞ-da isə tezliyi 60 Hs olan üç fazalı sinxron generatorlar tətbiq edilir.

Bilavasitə buxar və ya qaz turbininə bağlanmış generator-turbogenerator, hidravlik su turbininə bağlanan generator isə hidrogenerator adlanır.

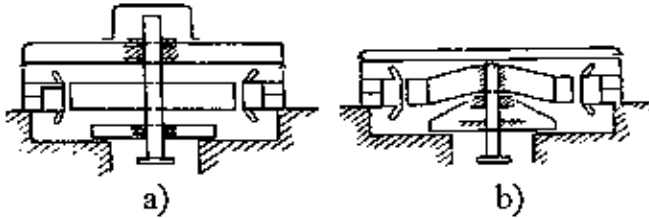
Buxar və ya qaz turbininin xüsusiyyəti onun iti sürətli olmasıdır. Fırlanma sürəti böyük olduqda turbin yığcam, buxarın və qazın təzyiği və temperaturu yüksək olduqda isə qənaətli olur. Buna görə də turbinlər yüksək fırlanma sürətli hazırlanır. Məlum olduğuna görə fırlanma sürətinin ( $n$ ) qütblər sayından ( $p$ ) və tezlikdən ( $f$ ) asılılığı  $n=60f/p$  ilə təyin edilir. Tezliyi 50 Hs və bir cüt qütblü turboaqreqatın ən böyük mümkün olan fırlanma sürəti – 3000 dövr/dəq. 60 Hs tezlikdə isə 3600 dövr/dəq olur.

Hidrogeneratorun konstruksiyası turbogeneratorun konstruksiyasından kəskin sürətdə fərqlənir. Bu generator su turbini ilə, yəni valı şaquli vəziyyətdə yerləşdirilmiş kiçik sürətli maşınla fırlandırılır. Buna

görə müasir hidrogenatorlar da şaquli vallı hazırlanır və aydın qütblü maşın növü hesab olunur. Bundan başqa fırlanma sürətinin az olması maşının vahid gücə düşən ölçü və çəkisinin eyni gücdə olan turbo-generatorun ölçü və çəkisindən daha çox alınmasına səbəb olur.

Axır vaxtlara qədər asma tipli hidrogenatorlar konstruktiv tiplilərdən üstün yer tuturdu. Son vaxtlar isə asma tipinə nəzərən bir sıra üstünlükləri olan çətir tipli hidrogenator geniş yayılmışlar.

Asma tipli hidrogenatorlarda dabanlıq rotorun yuxarı olan çarpaz üzərində yerləşdirilir. Generatorun iki normal istiqamətləndirici yastığı vardır – birisi yuxarı çarpazda, digəri isə aşağı çarpazda (şəkil 2.33 a).



**Şəkil 2.33 Asma və çətir tipli generatorların quraşdırılma sxemləri.**

Çətir tipli generatorlarda (şəkil 2.33 b) dabanlıq rotorun altında olan aşağı çarpaz üzərində yerləşdirilir.

Generatorun normal olaraq aşağı çarpazda yerləşən bir istiqamətləndirici yastığı vardır. Burada, sistemə böyük dayanıqlıq vermək üçün qütb çarxının

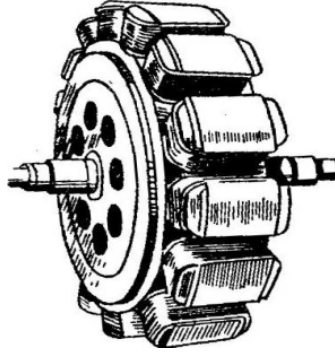


ağırliq mərkəzini bir qədər aşağı endirməklə ona çətir forması verilir ki, həmin tipin adı da bununla izah olunur.

Çətir tipli generatorların asma tipə nisbətən üstünlükləri bunlardır: 1) Şəkil *a* və *b*-da çarpazların müqayisəsindən görüldüyü kimi, yük daşıyan çarpazların çəki və ölçüləri azaldılmışdır; 2) rotor qurğusunun dabanlıqdan ayrı qoyulmasının mümkün olması kranın qaldırma hündürlüyünün və beləliklə də binanın hündürlüyünün azaldılmasına imkan yaratmışdır; 3) yalnız bir istiqamətləndirici yastıqdan istifadə edilməsi mümkün olmuşdur; 4) dabanlıq çox asanlıqla sökülüb-quraşdırılır. Böyük güclü hidrogenatorların konstruksiya edilməsində ən çətin məsələlərdən biri dabanlığın hazırlanmasıdır. Həqiqətən də, yeni konstruksiyalarda daban üzərinə düşən yük, generatorun fırlanan hissələrinin çəkisini və suyun reaksiyasını da nəzərə aldıqda, bir neçə min tona çatır.

Turbogeneratorun rotorundan fərqli olaraq, hidrogenatorun rotoru (şəkil 2.34) ayrı-ayrı hissələrdən hazırlanır.

Onun sağanağı təbəqə poladdan yığılmışdır. Dolaqlarla qütblər ayrılıqda hazırlanıb, sonra sağanağa bərkidilir. Böyük güclü və yavaş sürətli hidrogenatorların rotorlarının qütblər sayı çoxdur. Məsələn dövrlər sayı 62,5 dövr/dəq olan rotorun 96 qütbü olur.



**Şəkil 2.34. Qütbləri aydın görünən hidrogenatorun rotorunun konstruktiv sxemi.**

Təsirləndirici adətən hidrogenatorla bir val üzərində olub, ondan yuxarıda yerləşdirilir. Xüsusi hallarda təsirləndiricinin üstündə köməkçi təsirləndirici də qoyurlar. Çox hallarda valın lap yuxarısında hidroturbinin sürət tənzimçisini bəsləyən “nazimçarxlı” generator adlı köməkçi generator qoyulur.

**Sinxron generatorların təsirləndirmə sistemi:** Sinxron maşınların etibarlı işi onun təsirlənmə sistemindən çox asılıdır. Çünki təsirlənmə sisteminin zədələnməsi generatorun şəbəkədən açılmasına səbəb olur. Buna görə də sinxron maşınlarda ən məsul element onların təsirlənmə sistemidir. Sinxron maşının turbogenerator, hidrogenator, kompensator və ya mühərrik olub-olmamağından asılı olmayaraq, təsirlənmə sistemi aşağıdakı tələbləri ödəməlidir: 1) təsirlənmə sistemi elə hazırlanmalıdır ki, xarici şəbəkənin təsirinə uğramasın; 2) təsirlənmə sistemi təsirləndirmənin gücləndirilməsini təmin etməlidir. Bu halda

təsirlənmənin cərəyan və gərginliyi maksimal (tavan) qiymətə çatmalı, təsirlənmənin maksimal qiymət alma vaxtı isə minimal olmalıdır.

Göstərilən tələblərin yerinə yetirilməsi sinxron maşınının işinin etibarlılığını artırır, maşının və energetik sistemin dayanıqlığını yüksəldir. Təsirlənmə üsulları aşağıda göstərilən sistemlərdə olur: a) bilavasitə təsirlənmə sistemi; b) dolaylı təsirlənmə sistemi.

**Bilavasitə təsirlənmə sistemi:** Belə təsirlənmə sistemi bilavasitə sinxron maşının valı üzərində yerləşdirilmiş təsirləndirici (sabit cərəyan generatoru) vasitəsi ilə həyata keçirilir. Belə sistem çox hallarda sinxron generator və kompensatorlar üçün tətbiq edilir.

Təsirləndirici sifəti ilə paralel təsirlənən sabit cərəyan maşınları işlədilir. Çox az hallarda qarışıq təsirlənən təsirləndiricilərdən istifadə olunur.

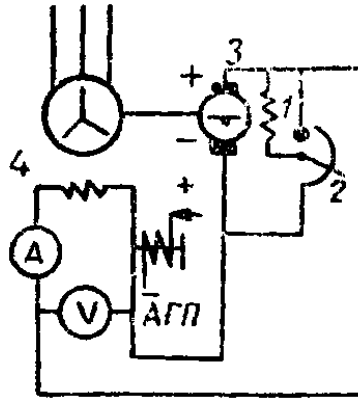
Təsirləndiricinin gücü generator gücünün 0,3-1 % və daha çox faizini təşkil edir (az faiz – böyük güclü generatorlar üçün); təsirləndiricinin gərginliyi 60-500V (turbogeneratorlar üçün adətən 110-220V) qəbul edilir. Şəkildə sinxron generator və kompensatorun bilavasitə təsirləndirilməsinin normal sxemi göstərilmişdir. Maşının təsirlənməsini rotor dolağındakı (4) cərəyanı əllə tənzim etmək üçün təsirləndiricinin (3) təsirlənmə dövrəsində (1) şunt reostatı (2) qoyulmuşdur.

Maşının təsirlənmə dövrəsində, yəni təsirləndirici ilə generator arasında sahə söndürən avtomatdan

(АГП) başqa heç bir kommutasiya aparatı (qoruyucu və vurucu) qoyulmur. Rotor dövrəsindəki ampermetr təsirlənmə cərəyanını ölçmək üçündür.

Voltmetr isə maşını işə saldıqda təsirləndiricidə gərginliyin dəyişməsinə nəzarət etmək və maşının təsirlənməsinə sərf olunan gücü təyin etmək üçün istifadə olunur.

Bilavasitə təsirləndirmənin üstün cəhəti ondan ibarətdir ki, xarici dövrdə baş verən qəza təsirləndiricinin işinə təsir etmir. İstismar təcrübəsinin göstərdiyinə görə yaxşı layihə edilmiş və keyfiyyətli quraşdırılmış təsirləndiricilər tamamilə etibarlı işləyir.



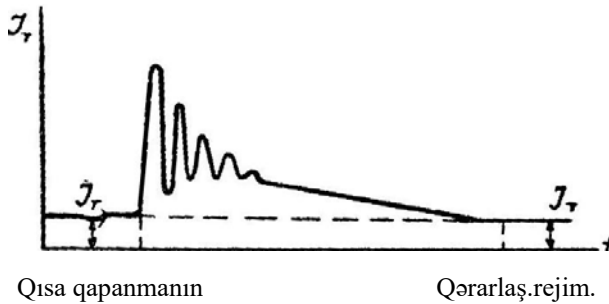
Şəkil 2.35. Paralel təsirlənən sinxron generatorun sxemi.

“Электросила” zavodunun yeni seriyalı təsirləndiriciləri özlərini işdə daha yaxşı göstərmişlər. Belə təsirlənmə sisteminin (təsirlənmənin gücləndirilmə quruluşunu tətbiq etmədən) çatışmayan əsas cəhəti

təsirləndiricinin xarici xarakteristikasının ( $U_t = f(I)$ ) dayanıqlı olmamasıdır.

Məlumdur ki, üç fazlı qısaqapanma zamanı (təsirlənmə gücləndirilmədən) stator cərəyanı və onunla da lövbər reaksiyası artır. Bunun nəticəsində generatorun təsirlənmə dövrəsində yaranan sərbəst cərəyan, təsirləndiricinin əsas cərəyanı üzərinə əlavə olunur və birinci anda maqnit selini sabit saxlamağa çalışır.

Generatorun rotorunun ümumi cərəyanı o qədər artır ki, (şəkil 2.36) qısaqapanma anında lövbər reaksiyasının qəfildən artmasını ödəmək mümkün olsun.



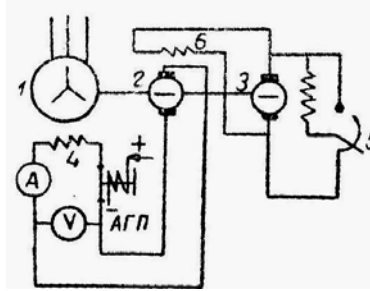
**Şəkil 2.36. Qısaqapanma cərəyaanının dəyişmə qrafiki.**

Öz-özünə təsirlənmə zamanı rotor cərəyanının belə qəfildən artması təsirləndiricinin sığaclarında gərginliyin azalması nəticəsində (lövbərdə böyük gərginlik itkisi və təsirləndiricinin lövbər reaksiyası təsirləndiricinin təsirlənmə cərəyanının azalmasına səbəb olur. Bu isə öz növbəsində rotorda məcburi tə-

sirlənmə cərəyanının azalmasına və beləliklə də generatorun e.h.q.-nin azalmasına səbəb olur.

Generatorun e.h.q.-nin azalması, onun paralel işləməsi dayanıqlığının azalmasına səbəb olur ki, bu şəraitdə də generator sinxronizmdən çıxıb bilər.

Bu çatışmazlığı aradan qaldırmaq məqsədi ilə, yəni generatorların paralel işləmələrinin dayanıqlığını artırmaq üçün, əvvəllər güclü generatorlarda e.h.q.-ni tez qaldıra bilən kaskad təsirlənmədən istifadə edilir. Belə təsirlənməyə nail olmaq üçün baş generator (1) ilə (şəkil 2.37) ümumi bir val üzərində qurulmuş təsirləndirici (2) ilə yarım təsirləndiricidən (3) istifadə edilir. Yarım təsirləndiricinin şunt tipli olub, bilavasitə təsirləndiricinin təsirlənmə dolağını (6) bəsləyir.

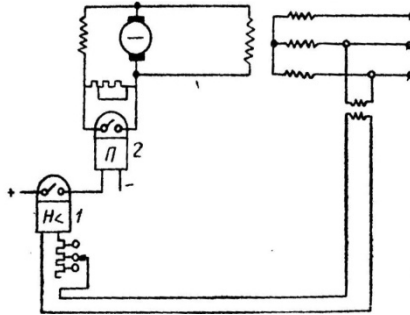


**Şəkil 2.37. Kaskad tipli təsirləndirilən sinxron generatorun sxemi.**

Bu halda sahə söndürən avtomat generatorun təsirlənmə dövrəsinə (4) qoşulur. Baş generatorun gərginliyi yarım təsirləndiricinin təsirlənmə dövrəsinə qoyulmuş şunt reostatı (5) vasitəsi ilə tənzim edilir.

Yarım təsirləndirici olan təsirləndirici maşının xarakteristikası dayanıqlıdır. Yarım təsirləndiricilərin turbogeneratorlarda tətbiqi özünü doğrultmamışdır. Bu halda aqreqatın konstruksiyası mürəkkəb, onun dəyər və qabaritləri isə böyük alınır. Son 15 il ərzində generatorların paralel işləmələrinin dayanıqlığını artırmaq üçün daha etibarlı quruluştan, təsirlənmənin gücləndirilməsindən istifadə edilir.

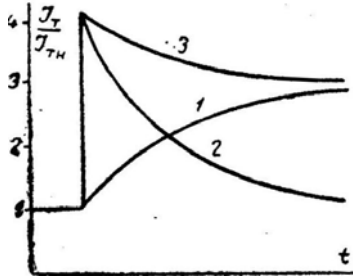
İndi isə təsirlənmə gücləndiricisi olduqda rotor cərəyanının dəyişməsinə baxaq. Qısa qapanma zamanı generatorun gərginliyinin aşağı düşməsindən təsirlənməni gücləndirən quruluş (şəkil 2.38) hərəkətə gəlir və təsirlənmə dövrəsindəki reostatın müqavimətini qısa bağlayır.



**Şəkil 2.38. Rotorun təsirlənmə gücləndiricisinin sxemi.**

Bu zaman təsirləndiricinin təsirlənmə dolağı tam gərginliyə qoşulur. Təsirləndiricinin verdiyi cərəyan öz maksimum qiymətinə qədər artmağa başlayır (şəkil 2.39-də  $I$  əyrisi). Rotorun tam cərəyanı (3 əyrisi) təsirlənmə dolağında yaranan sərbəst cərəyanla (2

əyrisi) təsirləndiricinin verdiyi cərəyanın cəminə bərabər olur.



Şəkil 2.39. Təsirlənmə gücləndiricisinin generatoru üçün təsirin qrafiki təsviri.

2.39-cu şəkildəki əyriyərdən görünür ki, təsirlənmənin gücləndirilməsi maqnit selini və beləliklə də generatorun e.h.q.-ni artırır. Qısa qapanma zamanı maqnit selini sabit saxlamaq üçün, təsirləndirici cərəyanı elə gücləndirmək lazımdır ki, o qısa qapanma anında rotorun tam cərəyanına bərabər olsun. Bu şərti təmin etdikdə generatorun e.h.q.-si sönmür.

Beləliklə, təsirlənməni gücləndirmə quruluşu olan bilavasitə təsirlənmə sistemi tətbiq etdikdə, sistemdə qısa qapanma baş verən zaman generatorların paralel işləməsinin dayanıqlığını artırmağa imkan yaranır.

Hidrogeneratorlar üçün həm bilavasitə, həm də dolayı təsirlənmə sistemləri geniş tətbiq olunur.

**Dolayı təsirlənmə sistemi:** Bu sistemdə təsirlənmə asinxron və ya sinxron intiqalı olan sabit cə-



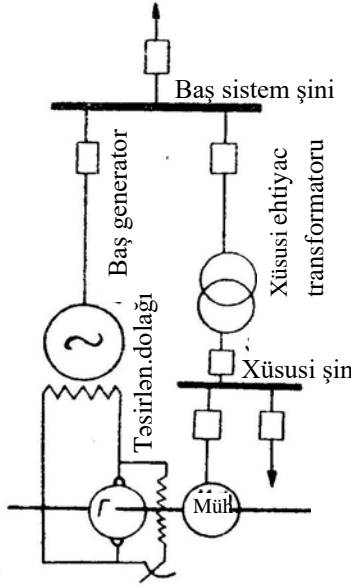
rəyan generatoru və bərk düzləndiricilərlə həyata keçirilir.

Dolayı təsirlənmədə asinxron və ya sinxron mühərriki qidalandırmaq üçün xüsusi eytiyatın ümumi şəbəkəsindən, eləcə də baş hidrogeneratorla bir val üzərində qoyulmuş köməkçi sinxron generatordan istifadə edilir.

Hər iki qidalandırma sxemi istismarda özlərini pis göstərmişdir. Misal üçün, baş generatorun qoşulduğu xarici dövrədə qısa qapanma halına baxaq. Qısa qapanma anında stator cərəyanı və onun maqnitləşdirmə təsiri kəskin surətdə artır. Bu səbəbdən təsirlənmə dolağında cərəyan o dərəcəyə qədər artır ki, əsas maqnit selini qısa qapanmanın birinci anında sabit saxlayır.

Təsirləndiricinin lövbər dolağından qapanan təsirlənmə cərəyanının artması, onun valında ani olaraq tormozlayıcı momentin artmasına, bu da öz növbəsində asinxron mühərrikdə sürüşmənin artmasına səbəb olur.

Asinxron mühərrikdə sürüşmənin artması onun tələb etdiyi cərəyanın kəskin surətdə artmasına, bu da öz növbəsində köməkçi xüsusi ehtiyac generator və ya transformatorların da gərginlik itkisinin çoxalmasına, bunun nəticəsində mühərrikin fırlandırıcı momentinin uyğun surətdə azalmasına və sürüşmənin daha çox artmasına səbəb olur.



**Şəkil 2.40. Dolyı təsirləndirmə sinxron generatorun sxemi.**

Bu hadisə cərəyanın yenidən artması və gərginliyin azalması ilə nəticələnir. Qısa qapanma zamanı şəbəkədə gərginlik aşağı düşür və təsirləndirmənin gücləndiricisi işləyir, bunun nəticəsində təsirlənmə cərəyanı və uyğun sürətdə asinxron mühərrikin valında tormozlayıcı moment artır. Qeyd etmək lazımdır ki, təsirlənmə ikiqat gücləndirildikdə təsirlənmənin gücü dörd dəfə artır. Beləliklə, təsirlənmə cərəyan və gərginliyinin, artması tormozlayıcı momentin çox artmasına səbəb olur. Fırlanma sürətini azaltdıqda təsirləndiricidə cərəyan azalır, bununla da əlaqədar olaraq təsirlənmənin gücləndirilməsi effekti azalır.

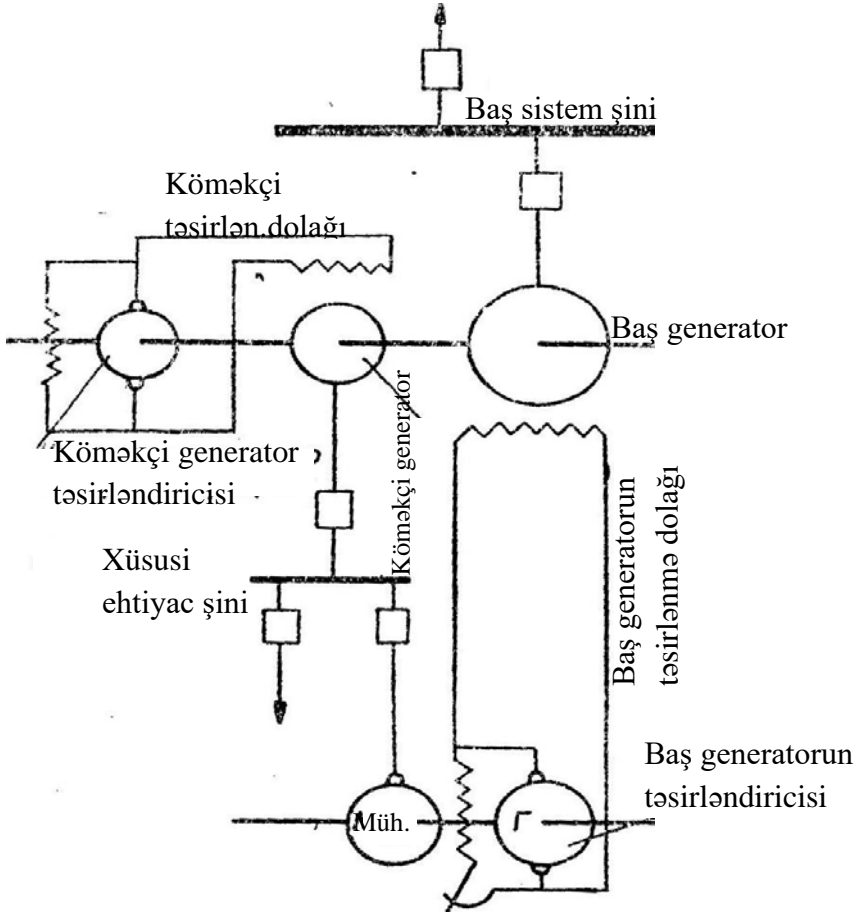
Etibarlılığı bir qədər artırmaq üçün nazimçarxı olan mühərrik–generatordan istifadə etmək olar. Nazimçarxın nazim momenti düzgün seçildikdə, asinxron mühərriki qidalandıran şəbəkədəki gərginlik tam yoxa çıxdıqda, belə generatorun təsirləndirilməsi bir neçə saniyə təmin edilə bilər.

Nəhayət, qeyd etmək lazımdır ki, daha etibarlı təsirlənmə sistemi bilavasitə təsirlənmə sistemidir. Belə sistemdə təsirlənmə baş generatorun qoşulduğu xarici şəbəkədən tam mənası ilə asılı olmur. Bir qayda olaraq yarım təsirləndiricisi olmayan yarım təsirləndiricidən istifadə etmək lazımdır.

Xüsusi ehtiyacın ümumi şəbəkəsindən və köməkçi generatordan bəslənən dolayı təsirlənmə sistemi yeni qurğularda tətbiq edilməlidir. Kənd elektrik stansiyalarında kiçik güclü (50-100 kVt-a qədər) sinxron generatorlar geniş yayılmışdır.

Kiçik güclü sinxron generatorda ayrıca təsirləndirici maşının olması qurğunun dəyərini artırır, ümumi f.i.k-ni azaldır, stansiyanın elektrik hissəsinin istismarını bir qədər mürəkkəbləşdirir. Buna görə gücü 50-100 kVt-a qədər olan stansiyada ayrıca təsirləndiricisi olan sinxron generatorların tətbiqi səmərəli deyil. Bu şəraitdə sinxron generatorların təsirlənməsini təmin etmək üçün aşağıdakı üsullardan istifadə olunur: 1) sabit maqnitli sinxron generatorlardan; 2) mexaniki düzləndiricisi olan sinxron generatorlardan (mühəndis Tamansevın sistemi); 3) bərk düzləndiricisi

olan sinxron generatorlardan (mühəndis Yuditskovun sistemi).



**Şəkil 2.41. Asinxron mühərrik – generatorla təsirlənən sinxron generatorun sxemi.**

Sabit maqnitli sinxron generatorlar konstruksiya cəhətdən sadə olub, istənilən şəraitdə etibarlı işləyir.

Ancaq maşının rotorundakı sabit maqnitlərin xüsusi formalı olması, onların çətin hazırlanması və xüsusi maqnitləndirmə üsulunun olması generatoru çox bahalandırır.

Sabit maqnitlərin hazırlanması üçün bahalı xüsusi poladdan istifadə edilməsi, bu maşının mənfi cəhətlərindən biridir. Bundan başqa, xüsusilə reaktiv yükdə kəskin sürətdə aşağı düşən xarici xarakteristika sabit saxlanan bu generatorların böyük bir nöqsanıdır.

**Təsirləndirmənin tənzi:** Sinxron generatorun təsirlənməsi iki üsulla tənzim edilir: 1) əl ilə və 2) avtomatik. Əl ilə tənzim yük qrafikinə səlissə dəyişməsində və elektrik stansiyalarının işlərində kəskin və tez-tez təkrar olunan gərginlik dəyişməsi olmadıqda tətbiq edilir.

İstismarda olan kənd elektrik stansiyalarındakı sinxron generatorların təsirlənməsi çox halda əl ilə tənzim olunur. Generatorun təsirlənməsini əl ilə tənzim etməklə təsirlənmə sisteminin ikinci tələbini ödəmək, yəni qısaqapanma zamanı generatorun e.h.q.-ni artırmaq və qısaqapanma açıldıqdan sonra gərginliyi böyük sürətlə bərpa etmək, generatorları paralel işlətmək və bütünlüklə energetik sistemin dayanıqlığını artırmaq mümkün deyildir. Buna görə təsirlənmənin tənzi avtomatlaşdırmağa çalışırlar, çünki əvvəla – generatorların normal işi zamanı işçilər gərginliyi tənzim etmək kimi yorucu prosedən azad olur, ikincisi avtomat tənziçi qısaqapanma zamanı maşının təsir-

lənməsinə avtomatik olaraq müəyyən sərhəd qiymətinə qədər artırır.

Tənzimçinin bu axırıncı vəzifəsi daha çox lazımdır. Belə ki, bu sinxron maşınların paralel işlərinin dayanıqlığını və elektrik stansiyasının şinlərindəki gərginliyin saxlanmasını təmin edir. Bununla əlaqədar olaraq, təsirlənmənin avtomatik və cəld artırılması zamanı şəbəkənin ayrı-ayrı nöqtələrində gərginliyin qəza halında aşağı düşməsi çox davam etmir, bununla da işlədicilərin normal işlərinin pozulması və onların elektrik mühərriklərinin açılması qorxusu aradan qaldırılmış olur.

Təsirlənmənin rele ilə gücləndirmə quruluşu ən sadə və ən etibarlıdır. O, minimal gərginlik relesindən, təsirləndirmənin təsirlənmə dövrəsindəki bütün müqavimətləri qısa qapanmayan aralıq relesindən və ya kontaktlardan ibarətdir.

Minimal gərginlik relesi, generatorlarda gərginlik işlək-gərginliyin 85%-nə qədər azaldıqda işə düşür. Təsirlənmənin rele ilə gücləndirmə quruluşu, gücündən asılı olmayaraq, bütün generator və sinxron kompensatorlarda qurulur. Bununla da energetik sistemdə gərginlik qəza halında aşağı düşdükdə, cərəyanın avtomatik olaraq tavan qiymətə qədər sadə və etibarlı artırılması təmin olunur.

### **Generatorların soyudulma sistemləri**

Verilmiş maşında səpələnən istiliyin miqdarı onun soyudulma üsulundan asılıdır. Soyudulmanın

təkmilləşdirilməsi maşının aktiv materialından geniş istifadə etməyə və onun çəkisinin azalmasına imkan verir.

Generatorların soyudulması üçün müxtəlif soyutma qurğularından istifadə edilir. Bu qurğular haqqında aşağıdakı tələblər irəli sürülür: a) soyuducu havanın (qazın) temperatur fərqi  $50-30^{\circ}\text{C}$  olduqda generatorlardan keçən havanın (qazın) miqdarı ayrılan bütün istiliyi udmaq üçün kifayət etməlidir; b) generatoru soyutmaq üçün daxil olan hava mümkün qədər təmiz (tozdan, çirkədən və başqa müxtəlif hissələrdən) olmalıdır; v) daxil olan havada nəmlik olmamalıdır.

Generatorları soyutmaq üçün daxil olan havanın bir saatdakı miqdarı təqribən maşının çəkisinə bərabər olur. Çirklənmə və tozlanması generatorların arasına kəsilmədən işləməsinə mənfi təsir göstərir, yəni: 1) soyuducu kanallara dolaraq istilikverməni azaldır və generatorun qızmasını artırır, bu isə buraxıla bilən yükün azaldılmasına səbəb olur; 2) soyuma sisteminin tutulması, xüsusən havada kömür tozu olduqda, generatorda yanğına səbəb ola bilər; 3) rotor dolaqlarının alın hissələrində tozun yığılması gövdəyə nəzərən ümumi izolyasiyanı azaldır və sarğılararası qapanmaya imkan yaradır; 4) çirklənmə sarğacın izolyasiyasına yeyici təsir göstərir, onun dayanıqlığını və istilikkeçirmə qabiliyyətini azaldır.

Göstərilən bu təsirlərdən başqa, daxil olan havanın sürəti də izolyasiyaya təsir edir. Havanın sürəti böyük olduqda izolyasiyanın mexaniki dağılma qor-

xusu artır. Rotor gilizlərinə tənəkə qutu geydirməklə bu qorxunun qarşısını almaq olur. Göstərilən bu mənfi cəhətlər, əsas etibarlı ilə daxil olan havanın əvvəlcədən süzgəclər vasitəsi ilə tənzimlənməsi ilə aradan qaldırıla bilər. Generatorlar açıq və qapalı sikl üzrə soyudula bilər.

### **Generatorların açıq tsikl üzrə soyudulması**

Bu üsulda soyuq hava xaricdən alınıb xüsusi süzgəcdən və sonra generatordan keçirilərək xaricə və ya maşın zalına buraxılır.

Soyuducu havanın temperaturu generatordan çıxan isti havanın bir hissəsini soyuq havaya qatmaqla tənzim edilir. Yuxarıda göstəriləni kimi hava əvvəlcədən süzgəc vasitəsi ilə tozdan, çirkədən və nəmədən təmizlənir. Süzgəclər parçalı və vistsikli olur. Parçalı süzgəclər çox böyük olub, havanı pis təmizləyir və yanğın cəhətdən qorxulu olur.

Hazırda parçalı süzgəcləri tamamilə sıxışdırıb aradan çıxartmış vistsinli süzgəclər daha geniş ayrılmışdır.

Vistsinli süzgəclər içərisi gözlərə və ya seksiyalara bölünmüş və vistsin yağı ilə (mineral yağla) yağlanmış qaz borucuqlarının qırıqları ilə dolu qutudan ibarətdir. Bu borucuqlar böyük süzdürücü səth yaradır, gözlər hər iki tərəfdən metal tor ilə örtülmüşlər. Hava gözlərdən keçərkən toz hissəcikləri yağla yapışır.



## **Turbogeneratorun xarici üsul üzrə hidrogenlə soyudulması**

Generatorda iş zamanı yaranan istiliyi almaq üçün istifadə edilən hava ilə soyutmanın özü də əlavə itkilərin yaranmasına səbəb olur. Təcrübə göstərir ki, hava ilə soyudulan turbogeneratorlarda ventilyasiya və rotorun havaya sürtünməsindən baş verən itkilər xeyli böyük olub, bəzi hallarda maşında olan bütün itkilərin 50 %-dən çoxunu, yəni generatorun gücünün 0,8-1 %-ni təşkil edir. Bu itkiləri azaltmaq üçün bizdə və xaricdə soyutma sisteminin qapalı olması prinsipini saxlamaqla, hava soyutması hidrogen soyutması ilə əvəz edilir. Son 20 il ərzində turbogenerator və sinxron kompensatorların hidrogenlə soyudulması daha geniş yayılmışdır.

Cədvəl 2.6

### Generator rotorunda yaranan itkilər

İtkinin növü	Gücü 25 min kVt olan yeni tipli turbogeneratordakı itki, kVt ilə
Rotorun hava ilə sürtünmə itkisi	102
Ventilyasiya itkiləri	100
Yastıqlardakı itki	70
Poladdakı itki	85
Stator misindəki itki	60
Rotor misindəki itki	90
Qısaqapanmada əlavə itkilər	74
Yüksüz işləmədə əlavə itkilər	34
C ə m i:	615

İri elektrik maşınlarının hidrogenlə soyudulmasının bu qədər geniş yayılmasına səbəb hidrogenlə soyutmanın daha çox sərfəli olmasıdır. Bunun xeyirli olması əsasən aşağıdakılardan ibarətdir:

1. Hidrogenin rotora sürtünmə itkiləri və ventilyasiya itkiləri hava ilə soyudulmasına nəzərən 10 dəfə az olur.

Bu halda maşının faydalı iş əmsalı təqribən 1% artır. Məsələn, hesablama göstərir ki, gücü 100 min kVt və dövrlər sayı 3000 dövr/dəq. olan turbogenerator hava ilə soyudulan zaman ümumi itki 2100 kVt olduğu halda, ventilyasiya və hava ilə sürtünmədəki itkilər 1050 kVt-a yaxın olur.

Hidrogenlə soyutmaya keçdikdə bu itki 1050 kVt-dan 105 kVt-a qədər azalır, bu isə faydalı iş əmsalı 98-dən 99 %-ə qədər artmasına səbəb olur. Gücü 25 min kVt olan turbogeneratorunda faydalı iş əmsalı 97,3-dən 98,3 % olur.

Maşında yuxarıda göstərilən itkilərin azalmasına hidrogenin xüsusi çəkisi (0,0696-0,07) ilə havanın xüsusi çəkisi arasındakı fərq izah olur.

Demək olar ki, ventilyasiya və sürtünmə itkiləri qazın xüsusi çəkisinə proporsional olaraq dəyişir. Ona görə də təmiz hidrogenlə soyudulduqda bu itki

$\frac{1}{0,07} = 14,3$  dəfə azalmış olardı. Əslində, maşının ör-

tüyü altında olan hidrogendə 1-5 % qədər hava qarışığı vardır. Adətən, hidrogendə 3% hava qarışığı olur.

Belə qarışıqın xüsusi çəkisi 0,1-ə yaxın olur, yəni yuxarıda göstəridiyi kimi itkini 10 dəfə azaldır. Adi turbogeneratorlara nisbətən hidrogenlə soyudulan turbogeneratorların iqtisadi xüsusiyyətlərini təyin etdikdə, hesablamaların nəticəsi 50 min kVt gücündə olan turbogeneratorlarda ümumiyyətlə bir ildə 136 min manat, 100 min kVt gücündə olan turbogeneratorlarda isə 376 min manat qənaət edildiyini göstərmişdir.

Əgər hidrogenlə soyudulan maşınların hər birində 20% misə qənaət edildiyini və misin çatışmazlığını nəzərə alsaq, bu çıxarılan nəticənin doğruluğuna daha da inanmaq olar.

2. Maşının ölçüləri eyni qaldıqda hava soyudulmasından hidrogen soyudulmasına keçirilmiş elektrik maşınının gücü turbogeneratorlarda 20%, sinxron kompensatorlarda isə 30% artır, bundan əlavə hava ilə soyudulmaya uyğun olan gücü dəyişdikdə, hidrogenlə soyutmada maşının aktiv materialına polad və misə 20-30% qənaət edilmiş olur.

Hava, hidrogen və başqa qazlar üçün bir neçə müqayisəli qiymətlərin verildiyi 2.7-ci cədvəl, hidrogen soyutmasına keçdikdə gücün artırılmasının mümkün olması səbəblərini aydınlaşdırır.

Göstərilən maşın gücünün artması əvvəla, səthdən hidrogenə verilən istilik ötürmə əmsallarının fərqi ilə izah olunur.

Bu əmsal hava üçün 1 və yuxarıda göstərilən hidrogenlə hava qarışığı üçün 1,35 (1,51)-dir.

Cədvəl 2.7

Soytma sistemindən asılı olaraq fiziki kəmiyyətlərin dəyişməsi cədvəli

Qazların tərkibi	Hava	Azot	Karbonat turşusu	Amon-yak	Hidro-gen	Helium	Metan
İstilikkeçirmə	1	1,08	0,638	0,868	6,69	6,4	1,29
Sıxlıq	1	0,966	1,52	0,588	0,0696	0,1378	0,554
İstilik tutumu	1	1,046	0,848	2,185	14,35	5,25	2,495
Həcmi istilik tutumu	1	1,02	1,29	1,282	0,996	0,72	1,38
Səthdən qaza istilik ötürmə əmsali	1	1,03	1,132	1,228	1,51	1,18	1,43

Məlumdur ki, müasir iri maşınlarda səthdən havaya verilən temperatur fərqi 20 - 40°C təşkil edir. Hidrogenə keçdikdə bu fərq 1,35 dəfə azaldığı üçün, temperatur fərqi 15 - 30°C-yə qədər olur.

Nəhayət, hidrogenin böyük istilikkeçirmə qabiliyyətinin çox böyük əhəmiyyəti vardır. Hidrogenin istilikkeçirmə qabiliyyəti havanın istilikkeçirmə qabiliyyətindən 6,7 dəfə çox olub, bərk izolyasiya materiallarının istilikkeçirmə qabiliyyətinə yaxındır. Maşının yuvaları və izolyasiyalarında olan hava təbəqə-

lərindən asılı olaraq yaranan temperatur fərqləri hidrogen mühitində praktiki olaraq yox olur.

Nümunə generatoru üzərində aparılan təcrübələr bunu təsdiq etmişdir. Stator dolaqlarının misi ilə stator yuvalarındakı çubuqlar arasında yerləşdirilmiş termo-detektorun temperaturlar fərqi ölçülmüşdür.

Turbogeneratorun nominal yükündə bu fərq hava ilə soyutmada  $15^{\circ}\text{C}$ , təzyiqi  $0,031 \text{ at}$  olan hidrogenlə soyutmada isə  $11,4^{\circ}\text{C}$ -yə qədər azalmışdır.

Hidrogenin təzyiqini  $1,05 \text{ at}$  qədər artırırdıqda bu fərq  $10,5^{\circ}\text{C}$ , təzyiq  $1,76 \text{ at}$  olduqda isə  $10^{\circ}\text{C}$ -yə qədər düşmüşdür. Bu rəqəmlər hidrogen atmosferində yuva izolyasiyasının istilikkeçirmə qabiliyyətinin kəskin surətdə artdığını göstərir. Hava və hidrogenlə soyutma sistemlərində rotor və stator dolaqlarının qızmasını ölçmək yolu ilə həmin maşında izolyasiyanın istilikkeçirmə qabiliyyəti ilə səthdən istilik ötürmə əmsalının artmasının birlikdə təsiri yoxlanılmışdır.

2.8-ci cədvəldə bu turbogeneratorun nominal yükü şəraitində istiliyə yoxlanmalarının nəticələri verilmişdir.

Bu yoxlamalar nəticəsində aydın olur ki, hidrogenlə soyudulan generatora təzyiq  $1,05 \text{ at}$  olduqda – 30% və təzyiq  $2,76 \text{ at}$  olduqda – 35% artırmaq mümkündür.

Beləliklə, turbogeneratorlarda gücün artırılmasını – 20%, kompensator və tezlik dəyişdiricisində isə 30% qəbul etmək olar. Bu fərq turbogeneratorun cərəyanına görə artıq yüklənə bilməsinə, qısaqapanma nis-

bətinin azalmasına və uyğun olaraq paralel işləmədə dayanıqlığın azalmasına səbəb olur.

Cədvəl 2.8

Soyutma sistemindən asılı olaraq sinxron generatorunda temperaturun və təzyiqin dəyişmə cədvəli

Soyuducu qaz	Təzyiq artımı, atm ilə	Rotor dolağının temperatur artımı, °C ilə	Stator dolağının temperatur artımı, °C ilə
Hava	0	90	54
Karbonat turşusu	0	88	54
Helium	0,031	65	39
Hidrogen	0,031	55	34
Hidrogen	1,05	44	25
Hidrogen	1,76	40	22

Buradan görünür ki, turbogeneratoru artıq yüklədikdə, maqnitləşdirici cərəyanı da uyğun sürətdə artırmaq tələb olunur. Bu isə öz növbəsində gücün artırılma dərəcəsini məhdudlaşdırır. Q.q.n-nin əhəmiyyəti olmayan və maşının artıq yüklənməsi yalnız qızma şəraiti ilə məhdudlaşan sinxron kompensatorlarda gücün artırılması turbogeneratorlara nisbətən çox ola bilər. Hidrogen və havanın xüsusi istilik tutumları praktiki olaraq eynidir. Bu şərait, hidrogenlə soyutma zamanı vahid itkiyə düşən hava soyutmasındakı eyni qaz həcmində istifadə etməyə imkan verir. Hidrogenin

tətbiq edilməsi nəticəsində maşında ümumi itkinin azalması, həcmi eyni saxladıqda maşındakı itkilərin asanlıqla səpələnməsini təmin edir. Bu şərait isə havadan hidrogenə keçdikdə maşının ventilyasiya yollarının forma və konstruksiyasını tamamilə saxlamağa imkan verir.

3. Hidrogenlə soyudulan maşının izolyasiyası hava ilə soyudulan maşının izolyasiyasına nisbətən etibarlı olur və uzun müddət yararlı vəziyyətdə qalır.

Etibarlılıq oksidləşmənin, çirklənmənin və nəmliyin olmamağı hesabına artır, bu isə keçirilməli olan təftişlərin sayının azalmasına və təmir arası müddətin artırılmasına səbəb olur. Bundan başqa hidrogen mühitində tac hadisəsi hava mühitinə nisbətən az təhlükəli olur.

4. Dolaqların izolyasiyası dəşildikdə generatora yanğın qorxusu olmur, çünki hidrogen yanğına kömək etmir, buna görə də xüsusi yanğın söndürən qurğuya ehtiyac hiss edilmir.

5. Hidrogenin sıxlığı az olduğuna görə maşın işləyərkən səs az olur, yalnız maqnitləşmənin səsi qalır.

6. Hidrogenlə soyutmada qaz soyuducunun səthi hava ilə soyutmada olan səthdən az tələb olunur.

Yuxarıda sayılan üstünlüklərdən başqa hidrogenlə soyutmada bir sıra çətinliklərə də təsadüf edilir.

Elektrik maşınlarını hidrogenlə soyutduqda əsas konstruktiv və istismar çətinlikləri hidrogenlə hava (oksigen ) qarışığının alınması ilə olan çətinliklərdir.

Hidrogendə havanın qarışığı 7-10-dan 70 %-ə qədər olduqda bu qarışıq partlayıcı olur. Hidrogendə bundan çox və az hava qarışığı olduqda alışma baş vermir. Beləliklə, hidrogenlə işləmədə təhlükəsizliyi təmin etmək üçün maşının gövdəsində olan hidrogeni kafi dərəcədə təmiz saxlamaq lazımdır.

Turbogenerator və sinxron kompensatorların istismar təcrübəsi göstərir ki, soyuducu qarışığın tərkibindəki hidrogenin miqdarı 97-99 % hədlərində olur. Beləliklə, gövdə içərisində partlayışın əmələ gəlməsinə praktiki surətdə şərait yaranmır. Maşın içərisində hidrogenin təmizliyi avtomatik surətdə saxlanılır. Maşının içərisinə havanın daxil olması qarşısını almaq üçün gövdə içərisində 200-300 mm su sütunu qədər (0,02-0,03 atm) təzyiq artımı saxlayırlar.

Beləliklə, hidrogenlə havanın partlayıcı qarışığı gövdəni hidrogenlə doldurduqda və hidrogen soyutmasından hava soyutmasına keçmə prosesində alınabilir. Qorxulu qarışığın əmələ gəlməsi qarşısını almaq üçün belə hallarda maşını başqa bir inert qazla (adətən karbon qazı ilə) doldururlar.

Maşını hidrogenlə doldurmazdan əvvəl gövdədəki hava karbon qazı ilə çıxarılır. Karbon qazı gövdənin aşağı hissəsindən balonla verilir. Sıxılmış hava gövdənin üst hissəsindəki dəşiklərdən karbon qazının çıxması dolmanın başa çatdığını göstərir. Sonra aşağı yol açılır və yuxarıdan, karbon qazını getdikcə sıxışdırıb çıxaran hidrogen qazı verilir. Maşını işləyə-işləyə də doldurmaq mümkündür.



Hidrogenlə soyudulan maşının gövdəsi mexaniki olaraq elə kip hazırlanmalıdır ki, ən pis şəraitdə belə partlayışın təzyiqi maşını zədələməsin. Bu tələbatın ödənilməsi hidrogenlə soyudulan maşınların istismarını tamamilə təhlükəsiz edir.

Partlayış zamanı əmələ gələn təzyiqlər hidrogen və hava nisbətlərinin müxtəlif faizlərində müxtəlif olurlar. Partlayış zamanı təzyiqin ən böyük qiyməti qarışıqda 28% hidrogen, 72% hava olduqda alınır. Qazla görüşən səthlərdə istilik ötürmə nəzərə alınmadıqda yuxarıda göstərilən qarışıq üçün təzyiqin nəzəri qiyməti 12 atm olur. Ancaq praktiki olaraq bu təzyiq çox kiçik olur. Təcrübə göstərir ki, alınmış qazın soyutma kanallarında, aralıq yollarda və böyük toxunma səthinə malik s. elektrik maşınlarında ən pis şəraitdə belə bu təzyiq 3,5 atm-dən yuxarı qalxmır. Gövdə və lövhələr praktiki olaraq 6 atm təzyiqə yoxlanılır.

Qaz keçirməyən maşınların hazırlanması bir sıra çətinliklər törədir. Əsas çətinliklər maşınlarda tikiş və calaq yerlərinin qaz keçirməyən şəkildə hazırlanmasıdır. Tikişləri qaz keçirməməyi üçün onları keyfiyyətli qaynaq etmək lazımdır. Maşının calaq hissələrinin kipliyi, əvvəla onların yaxşı işləməsi ilə, ikincisi isə müstəvilər arasına təbəqə qoyulması ilə əldə edilir.

Maşının istismarı zamanı ondan bir qədər hidrogen sızır. Sinxron kompensator və tezlik dəyişdiricilərində hidrogen sızıntılarının hamısı tikişlərin kip olmayan və calaqların ara hissələrində olur. Turbogeneratorlarda hidrogen kompensatorlara nisbətən bir

neçə (5-8) dəfə artıq sızır. Burada əsas hidrogen itkisi kipliyi təmin edən yağ vasitəsi ilə olur. Maşının gücü artdıqca sızma da artır. Hidrogenlə soyudulan turbo-generatorların istismar təcrübəsi göstərir ki, hidrogen sızması 2-6 m<sup>3</sup> hədlərində dəyişir. Maşının içərisində təzyiq artdıqca hidrogen sərfi kəskin surətdə artır. Yuxarıda göstəriləyi kimi, təzyiq 1,05 atm-dən 1,76 atm qədər artdıqda maşının gücü artır.

Bununla belə təzyiqin bu cür artması hidrogen sərfinin birinci halda (1,05 atm) 10 dəfə və ikinci halda (1,76 atm) 15-25 dəfə artmasına səbəb olur.

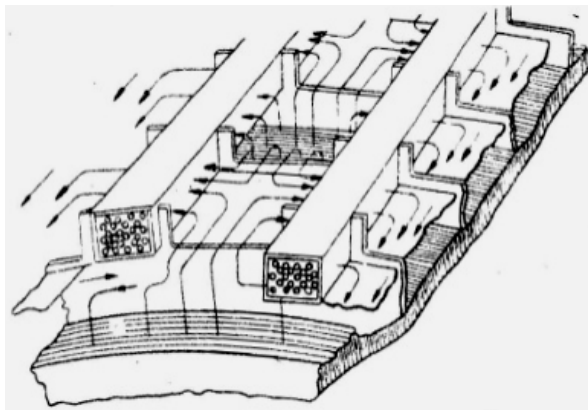
Beləliklə, pik (zirvə) saatlarında generatoru artıq yükləmək lazım gəldikdə sızmanın artması ilə hesablaşmadan maşının içərisində hidrogenin təzyiqini artırmaq olar.

Həcmcə böyük olan stansiyanın binasına hidrogenin sızması orada partlayıcı qarışıq əmələ gəlməsi üçün tamamilə təhlükəsiz olub, asanlıqla ventilyasiya olunur. Sızmış hidrogeni doldurmaq üçün maşını hidrogen balonları ilə təchiz etmək, bu məqsədlə də balonları maşının yanına və ondan bir qədər aralı yerdə qoymaq lazımdır.

Standart balon 5 m<sup>3</sup>-ə qədər hidrogen tutur. Turbogeneratorlar üçün ayda 10-40 balon, sinxron kompensatorlar üçün isə 1-8 balon tələb olunur. Hidrogenlə soyudulan maşınlarda qaz soyuducuları əsas gövdənin daxilində yerləşdirirlər və qazı bilavasitə rotorun valı üzərində yerləşdirilmiş ventilyatorlar vasitəsi ilə dövr etdirirlər.

Qaz soyuducuları gövdə daxilində iki variantda yerləşdirilə bilər—eninə və uzununa. Soyuducunun eninə yerləşdirilmə sisteminin çatışmayan böyük bir cəhəti vardır. Onlardan əsası istismarın nisbətən az etibarlı olmasıdır. İkinci çatışmayan cəhəti, daha güclü maşınlarda soyuducunun yerləşdirilməsinin çətinlik törəməsidir. Qaz soyuducusunun iki seksiyası arasındakı boşluqda soyuducu qaz axımının sxemi 2.43-ci şəkildə göstərilmişdir. Görünür ki, isti ayrımdan gələn hidrogen, sonra elə paylanır ki, o hər bir seksiyanı bütün boyu uzununu eyni miqdarda yükləyir. Göstərilən sistemdə seksiyaların ümumi sayı ikidən altıya qədər ola bilər.

Soyuducusu uzununa yerləşdirilmiş sistemin əsas üstün cəhəti istismar zamanı onun daha yüksək etibarlı olmasıdır.



**Şəkil 2.42. Generatorda hava və qaz axımının hərəkət istiqamətləri.**

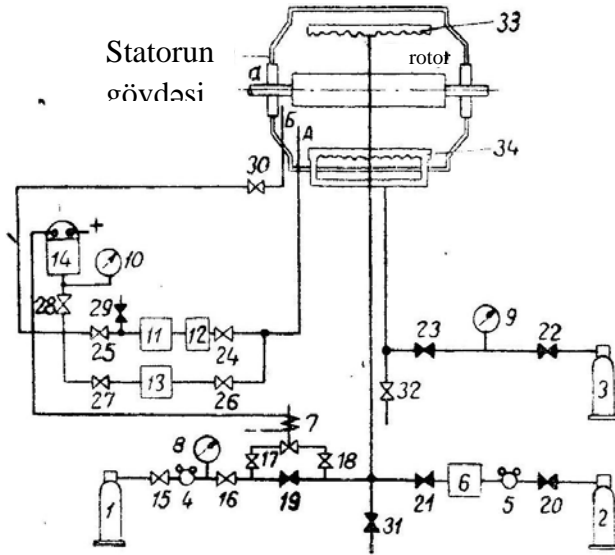
Həqiqətən də bir və ya bir neçə seksiyanın işdən çıxması maşının dərhal dayandırılmasını tələb etməyib, yalnız maşının gücünün bir qədər azalmasına səbəb olur. Bundan başqa maşını dayandırmadan soyuducunun seksiyalarını təmizləmək və hətta zədələnmiş borunu işdən çıxarmaq mümkündür.

2.43-ci şəkildə turbogeneratorun hidrogen təsərrüfatının prinsipial idarə sxemi göstərilmişdir. Qazın girib-çıxması üçün maşın gövdəsinin aşağı və yuxarı hissələrində dəlikləri olan 33 və 34 boruları vardır. Sxemdəki kranların vəziyyətləri hidrogen ilə soyudulan generatorun normal iş rejiminə uyğundur.

Qurğu hidrogenlə dolu (1), sıxılmış hava ilə dolu (2) və karbon qazı ilə dolu (3) olan balonlarla təchiz edilmişdir. Sxemin orta sol hissəsində maşındakı təzyiqə və hidrogenin təmizliyinə nəzarət edən qurğu göstərilmişdir. Bu qurğu A və B boruları vasitəsilə generatorlarla əlaqələndirilmişdir. A borusunun ucu ventilyatordan sonrakı sahəyə, B borusunun ucu isə ventilyatordan qabaqkı sahəyə çıxarılmışdır. Bu sahələrdəki təzyiqlər fərqi nəticəsində qaz nəzarət quruluşundan keçərək dövr edir. Təzyiq 10 manometri və 14 təzyiq relesi vasitəsi ilə nəzarət edilir. Generatora təzyiqin normal qiymətində 14 relesinin kontaktları açıq olur. Təzyiq aşağı düşdükdə bu relenin kontaktları bağlanır və 7 elektromaqnit klapanının sarğacı cərəyanla təsirlənir, klapan açılır və hidrogen balonundan çıxıb, 4 təzyiq reduktoru və 7 klapanından keçərək 33 yuxarı kollektoru vasitəsi ilə generatora

daxil olur. Beləliklə, generatora hidrogenin təzyiqli avtomatik saxlanması.

Maşında hidrogenin miqdarı faizlə dəyişdikdə, qaz qarışığının sıxlığı və bununla əlaqədar olaraq ventilyatordan qabaq və sonra təzyiqlər fərqi (A və B sahələrində) dəyişir. Demək, A və B zonalarında göstərilən təzyiqlər fərqinə əsasən maşında olan hidrogenin faizlə tərkibini, yəni hidrogenin təmizliyini təyin etmək olur.



Şəkil 2.43. Stator dövrəsinin soyutma sxemi.

Bunun üçün 13 diferensial manometr tətbiq olunur. Bu manometr qazda olan hidrogenin faizdə miqdarına görə dərəcələnməmişdir. Aydın ki, bu cihaz

yalnız maşın fırlandıqda işləyir. Maşını hava ilə və ya karbon qazı ilə doldurmaq lazım gəldikdə, bu manometr açılmalıdır, çünki bu halda təzyiqlər fərqi çox alındığından manometr korlana bilər.

Diferensial manometrlə paralel olaraq adi körpü sxemi üzrə yığılmış 11 elektrik qaz analizatoru işə qoşulur. Qazın nəmliyinin qazanalizatorun göstərişinə təsir etməməyi üçün analizatordan qabaq qaz quruducusu (12) qoyulur. Qazanalizator dayandırılmış maşında da işləyə bilər. Bunun üçün 25 kranı bağlanır və 29 kranı açılır – az miqdarda qaz seli atmosfərə çıxır və analizator işləyir.

Maşındakı hidrogeni çıxarıb, onu hava ilə əvəz etmək lazım gəldikdə, əvvəlcə hidrogeni karbon qazı ilə sıxışdırıb çıxarmaq lazımdır. Bunun üçün sxemdəki kranlarda aşağıdakı göstərilən dəyişikliklər etmək lazımdır: 15, 18, 24, 26, 27 və 28 kranları bağlanır və 22, 23, 31 kranları açılır. Bu halda karbon qazı 3 balonundan sıxışdırılıb çıxarılır. Hidrogen isə 33 yuxarı kollektoru və 31 kranı vasitəsi ilə atmosfərə çıxır. 31 kranından karbon qazının çıxması maşının karbon qazı ilə tamamilə dolduğunu göstərir.

Bundan sonra maşından karbon qazı hava ilə sıxışdırılıb çıxarılır. Bunun üçün sxemdəki kranların vəziyyətində aşağıdakı dəyişiklikləri etmək lazımdır: 15, 24, 26, 27 və 28 kranları bağlanır və 20, 21, 32 kranları açılır. Sıxılmış hava 2 balonundan 33 kollektoruna daxil olaraq karbon qazını 34 kollektoru və 32 kranı vasitəsilə atmosfərə çıxarılır.

Uyğun olaraq havanı hidrogenlə əvəz etmək olar. Əvvəlcə havanı karbon qazı ilə (sxemdə 15, 18, 24, 26, 27 və 28 kranları bağlı və 22, 23, 31 kranları açıq olmalıdır), sıxışdırıb çıxarmaq, sonra isə karbon qazını hidrogenlə (sxemdə 18, 26, 27, 28 kranları bağlı, 19, 32 kranları isə açıq olmalıdır) qovub çıxarmaq lazımdır.

Maşın işdə olduğu halda da hidrogen soyutmasından hava soyutmasına və əksinə keçmək mümkündür. Əgər maşın hava soyutması ilə işləyirsə, onda sxemdə 16, 26, 27, 28 və 30 kranları bağlı, 31 kranı isə açıq olmalıdır.

### **Generatorların qapalı sikl üzrə soyudulması**

Generator dolaqlarının qapalı sikl üzrə soyudulması prosesi iki üsulla aparılır: 1) xarici (dolaylı yolla) soyudulma – bu halda soyuducu maddə (hava, hidrogen, maye) generator dolaqlarının izolyasiyasını xaricdən yalayaraq soyudur; 2) daxili (bilavasitə) soyudulma – bu halda göstərilən soyuducu maddələr bilavasitə dolaqların misinin içərisindən keçərək onları soyudur.

Turbogeneratorun xarici üsul üzrə hava ilə soyutma generatorun qapalı sikl üzrə soyudulmasında eyni həcmdə olan generatorun ventilyasiya yollarından keçir, qızır, hava soyuducusuna daxil olur, burada soyuyur və yenidən generatora daxil olaraq, qapalı sikl edir.

## Sinxron generatorun yüksüz iş rejimi

Sinxron generatorun yüksüz iş rejimində təsirlənmiş rotor intiqal mühərriki ilə nominal sürətdə fırladılır, stator dolağının ucları isə açıq olur, yəni lövbər cərəyanı  $I_a = 0$  olur. Bu rejimdə sinxron maşında yalnız təsirlənmə dolağından axan sabit cərəyanın yaratdığı maqnit seli təsir göstərir. Bu seli iki toplanana ayırmaq olar: maqnit qüvvə xətləri hava aralığından keçərək stator dolağının sağrılarını kəsən maqnit seli və yalnız təsirlənmə dolağının sağrıları ilə ilişən qütblərin səpələnmə seli.

Əsas maqnit seli rotorla birlikdə fırlanaraq stator dolağının sağrılarını kəsir və onlarda EQ induksiyalandırır. Bu EQ-yə və generatorun sıxaclarında qərarlaşan gərginliyə bir sıra tələblər irəli sürülür. Bu tələblərdən biri də EQ –nin formasının sinusoidalılığıdır. EQ-nin forması sinusoidaya yaxın olduqda generatorun özündə və ona qoşulan işlədicilərdə ali harmonikalardan yaranan itkilər azalır.

EQ-nin formasının sinusoidallığının qiymətləndirilməsi meyarı kimi, faizlə hesablanan EQ əyrisinin sinusoidallığının təhrifi əmsalından istifadə olunur:

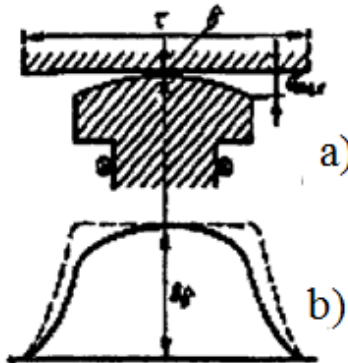
$$K_t = \frac{\sqrt{\sum_{\nu \neq 1} E_{m\nu}^2}}{E_{m1}} \cdot 100\%$$

Burada  $E_{m1}$ ,  $E_{m\nu}$  –EQ nin əsas və ali harmonikalарının amplitud ( və ya təsiredici) qiymətdir.



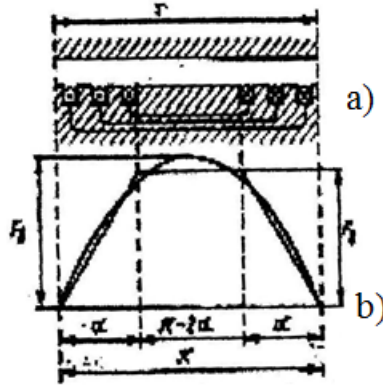
Dövlət standartına görə üçfazlı dəyişən cərəyan generatorunun gücü 100kVA- dan çox olduqda isə 5% -dən çox olmamalıdır.

Generatorun EHQ- nin əyrisinin sinusoidal alınması üçün çalışmaq lazımdır ki, təsirlənmə sahəsinin forması sinusoidaya yaxın olsun. Bu məqsədlə aydın görünən qütblü maşınlarda statorla qütb ucluğu arasındakı məsafəni qeyri – müntəzəm götürürlər. Adətən qütb ucluğunun kənarlarında hava aralığı, onun ortasındakı hava aralığından 1,5–2,5 dəfə çox qəbul olunur. Aydın görünməyən qütblü maşınlarda isə buna qütb bölgüsünün təsirlənmə dolağı sarıyan və sarımayan hissələrinin nisbətini dəyişməklə nail olurlar. Adətən qütb bölgüsünün dolaq sarımayan hissəsini  $(1/3)\tau$  qədər götürürlər. Bu halda maqnit sahəsinin əyrisində 3-cü və 3-ə bölünən harmonikalar olmur, ali harmonikalar da azalır.



**Şəkil 2.44. Aydın görünən qütblü sinxron generatorun qütb bölgüsü (a) və hava aralığında maqnit induksiyanın paylanması (b)**

EHQ–nin formasının yaxşılaşdırılması üçün stator dolağının yuvalarda paylanmasından və dolaq adımının qısaldılmasından da istifadə edilir.



Şəkil 2.45. Aydın görünən qütblü sinxron generatorun qütb bölgüsü (a) və hava aralığında təsirlənmə dolağının MHQ – sinin paylanması (b)

### Sinxron generatorun yüklü iş rejimi Lövbər reaksiyası

Yüksüz rejimdə generatorun stator dolağına üç-fazlı simmetrik yük qoşulduqda, bu dolulardan axan üçfazlı dəyişən cərəyan fırlanan maqnit sahəsi yaradır. Bu sahə təsirlənmə dolağının yaratdığı sahə ilə eyni surətdə və eyni istiqamətlə fırlanır, deməli bu sahələr bir-birinə nəzərən tərpənməz olur. Yüklü rejimdə maşındakı nəticə sahə təsirlənmə və lövbər dolaqlarının MHQ-lərin birgə təsirindən yaranır. Lövbər

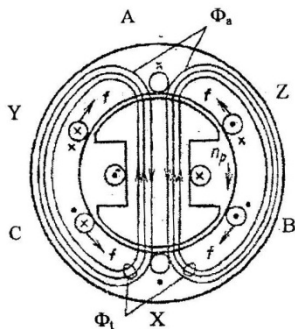
dolağının MHQ–sinin təsirlənmə dolağının yaratdığı əsas maqnit təsiri *lövbər reaksiyası* adlanır.

Lövbər reaksiyasının xarakteri təsirlənmə və lövbər sahələrinin bir-birinə nəzərən fəzadakı vəziyyətindən asılı olur. Lövbər dolağında EHQ induksiyaalandıran təsirlənmə sahəsi həmişə qütb nüvəsinin simmetriya oxu üzrə yönəlmişdir. Sinxron maşınlarında bu oxu uzununa ox (d) deyilir. İki qonşu qütb aralığına simmetriya oxu (iki qütblü maşınlarda uzununa oxa perpendikulyar ox) isə eninə ox (q) adlanır. Lövbər sahəsinin fəzadakı vəziyyəti lövbər dolağında cərəyanların paylanmasından asılıdır. Bu isə EHQ ilə cərəyan vektorları arasındakı sürüşmə bucağından ( $\psi$ ) asılıdır. Bu bucaq generatorun yükünün xarakterindən asılı olaraq  $+\pi/2$ -dən  $-\pi/2$ -yə qədər dəyişə bilər.  $\psi$  bucağının üç kənar qiymətində lövbər reaksiyasının təsirini keyfiyyətcə nəzərdən keçirək.

**1) Faza cərəyanları uyğun EHQ-lərdən .  $\psi = \pi/2$  qədər geri qalır.** Lövbər dolağının çox kiçik aktiv müqavimətini nəzərə almasaq bu induktiv xarakterli yükə uyğun gəlir.

Şəkildə iki qütblü sinxron generatorun en kəsiyi verilmişdir. Sadəlik üçün stator dolağının hər fazası bir sarğıdan ibarət göstərilmişdir. Qütblərin maqnit sahəsinin sinusoidal olduğunu qəbul edirik. Rotor fırladıqda stator dolağının fazalarında EHQ induksiyaalanır. Bu EHQ-nin istiqaməti sağ əl qaydası ilə təyin edilir. Şəkildə baxılan an üçün EHQ-lərin istiqaməti naqilin yanında vurma (x) və ya nöqtə (\*) ilə göstərilir.

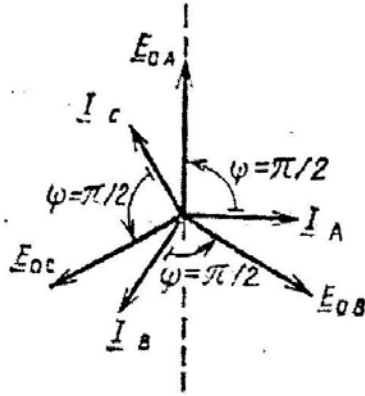
mişdir. Maksimal EHQ induksiyasının olduğu A fazasında induksiyalanır. Şəkildə induktiv xarakterli yük rejimində EHQ-lərin və cərəyanların vektor diaqramı göstərilmişdir. Faza cərəyanlarının ani qiymətləri və istiqamətləri onların amplitud qiymətlərini ( $I_a^2 I_b^2 I_c^2$ ) şaquli oxa proyeksiyalamaqla təyin edilir. Şəkildən görüldüyü kimi baxılan anda Fazasında cərəyan sıfıra bərabərdir. B və C fazalarında isə cərəyanlar qiymətcə bir-birinə bərabərdir və istiqamətcə əksinə yönəlmişdir. Cərəyanların istiqaməti naqillərin içində vurma (x və ya \*) ilə göstərilmişdir. Bu cərəyanların yaratdığı maqnit sahəsinin istiqaməti burğu qaydası ilə təyin edilir.



**Şəkil 2.46. İnduktiv xarakterli yük şəraitində lövbər reaksiyası :  $\phi_1$  –təsirlənmə seli;  $\phi_2$  –lövbər cərəyanının seli.**

Göründüyü ki lövbər cərəyanının yaratdığı maqnit sahəsi  $\phi_a$  uzununa ox boyunca təsirlənmə sahəsinin  $\phi_1$  əksinə yönəlmişdir. Beləliklə induktiv yük şəraitində sinxron generatora uzununa maqnutsizləşdirici lövbər reaksiyası yaranır. Buna görə nəticə sel

və onun dolaqlarda induksiyləndiricı EQ-lər də yüksüz iş rejiminə nəzərən az olur.



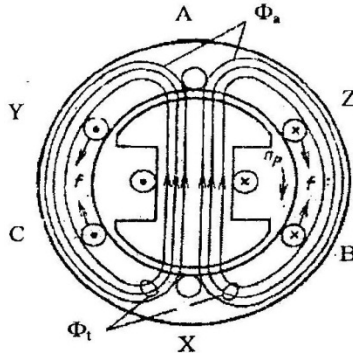
**Şəkil 2.47. Sinxron generatorun vektor diaqramı**  
( $\psi = \pi/2$  olduqda)

Əgər sol əl qaydası ilə stator dolağının naqillərinə təsir edən qüvvələrin (f) istiqamətini təyin etsək görərik ki, eyni adlı qütbün altında yerləşən naqillərə təsir edən qüvvələr bir-birinin əksinə yönəlmişdir. Buna görə də uzununa lövbər reaksiyası şəraitində sinxron generatorunda elektromaqnit moment yaranmır.

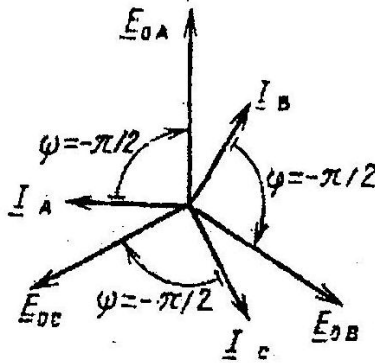
**2) Faza cərəyanları uyğun EQ-ləri  $\psi = \pi/2$  qədər qabaqlayır.** Bu tutum xarakteri yükə uyğun gəlir.

Şəkildə əvvəlki halda verilən an generatorun en kəsiyi verilmişdir. Orada vektor diaqramına uyğun olaraq lövbər cərəyanların istiqaməti vurma (x) və ya nöqtə (\*) ilə göstərilmişdir. Baxılan halda cərəyan-

ların paylanması induktiv yük şəraitində olduğu kimi qalır. Fərq yalnız ondadır ki, B və C fəzalarında cərəyanın istiqaməti əvvəlkinin əksinədir. Buna görə də, bu cərəyanların yaratdığı maqnit sahəsi, uzununa ox boyunca əsas maqnit sahəsi ilə eyni istiqamətdə yönəlmişdir.



Şəkil 2.48. Tutum xarakterli yük şəraitində lövbər reaksiyası :  $\phi_1$  –təsirlənmə seli;  $\phi_2$  –lövbər cərəyanının seli



Şəkil 2.49. Sinxron generatorun vektor diaqramı ( $\psi = \pi/2$  olduqda)

Beləliklə, tutum xarakterli yük şəraitində sinxron generatora *uzununa ox boyunca maqnitləndirici lövbər reaksiya* yaranır.

Əvvəlki halda olduğu kimi, stator dolağının naqillərinə təsir edən qüvvələrinin ( $f$ ) istiqamətini sol əl qaydası ilə təyin etməklə göstərmək olar ki, tutum xarakterli yük şəraitində də sinxron generatora elektromaqnit moment yaranmır.

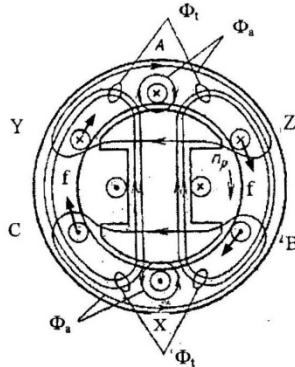
3) *Faza cərəyanları uyğun EHQ –lərlə eyni istiqamətdə yönəlmişdir, yəni  $\psi = 0$*  . Dolaqların induktiv müqavimətini nəzərə almasaq, bu aktiv xarakterli yükə uyğun gəlir. Verilən hal üçün generatorun en kəsiyi və vektor diaqramı verilmişdir. Şəkildə göstərilən anda A fazasında EHQ və cərəyan maksimal olur. B və C fazalarında cərəyanlar A fazasındakından iki dəfə azdır və onun əksinə yönəlmişdir. Bu cərəyanların yaratdığı maqnit sahəsi qütbün eninə yönəlmişdir. Və eninə maqnit sahəsi adlanır. Eninə sahə qütbün gələn ucunda əsas sahəni zəiflədir, çıxan ucunda isə gücləndirir. Maşın maqnit dövrəsi doymamış olduqda eninə sahə əsas maqnit sahəsini kəmiyyətcə dəyişmir, yalnız onun formasını təhrif edir. Beləliklə, aktiv yük şəraitində yaranan **eninə lövbər reaksiyası** nəticə maqnit sahəsinin formasını təhrif edir.

Lövbər dolağından axan cərəyanların yaratdığı elektromaqnit qüvvələr hər iki qütbün altında rotorun fırlanma istiqaməti ilə qüvvələr hər iki qütbün altında rotorun fırlanma istiqaməti ilə eyni istiqamətdə təsir göstərir. Stator dolağı tərپənməz olduğundan, rotora

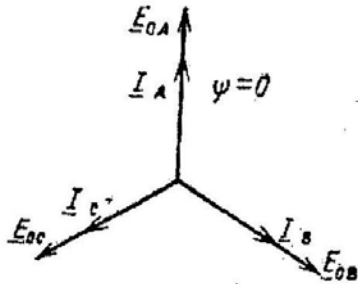
onun fırlanma istiqamətinin əksinə yönəldilmiş qüvvələr təsir edir.

Beləliklə, aktiv yük şəraitində generatorun rotoruna tormozlayıcı elektromaqnit moment təsir göstərir. Ümumi halda  $0 < |\psi| < \frac{\pi}{2}$  olduqda, lövbər cərəyanını iki toplanana ayırmaq olar:

$$\dot{I}_q = \dot{I}_a \cos \psi; \quad \dot{I}_d = \dot{I}_a \sin \psi$$



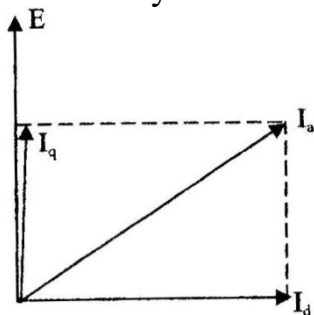
Şəkil 2.50. Aktiv xarakterli yük şəraitində lövbər reaksiyası  $\phi_1$  –təsirlənmə seli;  $\phi_2$  –lövbər cərəyanının seli



Şəkil 2.51. Sinxron generatorun vektor diaqramı ( $\psi = \pi/2$  olduqda)



Toplananlardan biri  $E_{HQ}$  ilə eyni istiqamətdə yönəlmişdir, eninə ləv bər reaksiyası yaradır və eninə löv bər cərəyanı  $I_q$  adlanır. Digər toplanan isə  $E_{HQ}$ -yə perpendikulyardır, uzununa löv bər reaksiyası yaradır və uzununa löv bər cərəyanı  $I_d$  adlanır.



**Şəkil 2.52. Löv bər cərəyanının toplananlara ayrılması**

Ümumu halda yüklü iş rejimində sinxron maşının işinə təsirini kəmiyyətcə vektor diaqramının köməyi ilə təyin edirlər.

### **Sinxron generatorun xarakteristikaları**

Sinxron generatorun işçi xassələrin müəyyən-ləşdirən çoxlu saylı xarakteristikaların bir qrupu, qərarlaşmış rejimdə fırlanma tezliyinin ( $n = n_n = const$ ) güc əmsalının ( $\cos \psi = const$ ) sabitliyi şəraitində löv bər dolağının sığaclarındakı gərginlik  $U_a$ , löv bər  $I_a$  və təsirlənmə  $I_t$  cərəyanları arasındakı asılılıqları təyin edir. Bu xarakteristikalara yüksüz işləmə, qısa qapanma, yük, tənzim və xarici xarakteristikalar aid-

dir. Bu xarakteristikalar təcrübədən və hesablama yolu ilə təyin edilə bilər.

Aydın görünən və aydın görünməyən qütblü generatorların xarakteristikaları demək olar ki, eynidir. Müxtəlif güclü generatorların işçi xassələrinin müqayisəsi zamanı əyaniliyi təmin etmək məqsədi ilə adətən xarakteristikaların nisbi vahidlərdə qurulması tövsiyə olunur.

### **Yüksüz işləmə xarakteristikası**

Yüksüz işləmə xarakteristikası fırlanma tezliyinin sabitliyi ( $n = n_n = const$ ) şəraitində, lövbər dolağının uçları açıq olduqda ( $I_n = 0$ ) lövbər dolağında induksiyaalanmış  $E_{HQ}$ -nın  $E_0$  təsirlənmə cərəyanından  $I_t$  asılılığına deyilir  $E_0 = f(I_t)$ .

Təcrübədən alınan yüksüz işləmə xarakteristikası şəkildə qırıq xətlə göstərilmişdir.  $I_t = 0$  olduqda qalıq maqnit selinə lövbər dolağında induksiyaalandığı  $E_{HQ}$  nominal gərginliyin bir neçə faizi qədər olur;

$$E_{0qal} = (0,02 + 0,05) U_n$$

Hesablamalar zamanı adətən koordinat başlanğıcına köçürülmüş yüksüz işləmə xarakteristikasından istifadə olunur (şəkildə bütöv xətlə göstərilmişdir). Xarakteristikasından görüldüyü kimi, təsirlənmə cərəyanının kiçik qiymətlərində maqnit dövrəsi doymadığından xarakteristika xəttidir. Təsirlənmə cərəyanı

artdıqda maqnit dövrəsi doymağa başlayır və xarakteristika xəttidir. Təsirlənmə cərəyanı artdıqda maqnit dövrəsi doymağa başlayır və xarakteristika əyri xətti olur. Təsirlənmə cərəyanının böyük qiymətlərində maqnit dövrəsi çox doyduğundan xarakteristika yenə xətti alınır. Generatorun nominal gərginliyi adətən xarakteristikalarının qeyri-xətti hissəsində götürülür. Generatorun maqnit dövrəsinin vəziyyəti yüksüz işləmə xarakteristikasından tapılan doyma əmsalı ( $K_y=ab/ac$ ) ilə təyin edilir. Sinxron generatorlarda doyma əmsalı ( $K_y=(1,1 +1,4)$ ) olur.

### **Qısa qapanma xarakteriskası**

Qısa qapanmanın xarakteriskası fırlanma tezliyinin sabitliyi ( $n = n_n = const$ ) şəraitində lövbər dolağının üçləri qısa qapalı olduqda ( $U_a = 0$ ) lövbər cərəyanının  $I_a$  təsirlənmə cərəyanından asılılığına deyilir  $I_a = f(I_t)$ .

Lövbər dolağının çox kiçik olan aktiv müqavimətini nəzərə almadıqda, simmetrik qısa qapanma rejimində lövbər dövrəsinin müqaviməti induktiv xarakterli olduğundan lövbər reaksiyası maqnitləşdirici təsir göstərir. Buna görə də maqnit dövrəsi doymadığından qısa qapanma xarakteristikası xətti alınır. Qısa qapanma xarakteristikasının köməyi ilə uzununa ox üzrə induktiv müqavimətin ( $x_d$ ) doymamış qiymətini

lövbər reaksiyasının MHQ–sini və qısa qapanma nisbətini təyin etmək mümkündür.

Generatorun qısa qapanma xarakteristikaları Şəkildə göstərilmişdir. Şəkildə ən yuxarıda 1 fazalı, ondan aşağıda 2 fazalı, ən aşağıda isə 3 fazalı qısa qapanma xarakteristikası yerləşir. Bu onunla izah olunur ki, uzununa maqnitləşdirici lövbər reaksiyasını qeyri–simmetrik (1və 2 fazalı)q.q. rejimlərdə yalnız düz ardıcılıqla cərəyanlar yaradır. Bu cərəyan isə üç fazalı q.q. rejimində tam q.q. cərəyanına bərabər, ikifazalı q.q. rejimində ondan  $\sqrt{3}$  dəfə, birfazalı q.q. rejimində isə 3 dəfə az olur. Buna görə də eyni qısa qapanma cərəyanı almaq üçün 3 fazalı q.q. rejimində ən çox, 2 fazalı q.q. rejimində əvvəlkindən az, 1 fazalı q.q. rejimində isə ən az təsirlənmə cərəyanı tələb olunur.

Sinxron maşınlarda qərarlaşmış simmetrik qısa qapanma cərəyanı çox olmur. Bu cərəyan uzununa öz üzrə induktiv müqavimətlə təyin olunur ( $I_{q*} = U_* / X_{d*}$ ) Uzuuna ox üzrə induktiv müqavimət nisbi vahidlərdə hidrogenatorlarda  $X_{d*} = 6 + 1,6$  : hidrogenatorlarda isə  $X_{d*} = 0,9 + 2,4$ ; arada olur.

### **Yük xarakteristikası**

Yük xarakteristikası fırlanma tezliyinin (yük cərəyanının ( $I_n = \text{const}$ ) və güc əmsalının ( $\cos \varphi = \text{const}$ ) sabitliyi şəraitində gərginliyin  $U$  təsirlənmə cərəyanından asılılığına deyilir  $U = f(I)$ .

Çox saylı yük xarakteristikaları arasında ,təmiz induktiv yük şəraitində ( $\cos \varphi = 0$  ;  $\varphi > 0$ ) çıxarların

induksion yük xarakteristikası daha çox praktiki əhəmiyyətə malikdir. Bu xarakteristika yüksüz işləmə xarakteristikası ilə birlikdə şəkil 2.57,c-də göstərilmişdir. Yük xarakteristikası adətən minimal yük cərəyanında ( $I_n=I_n$ ) çıxarılır. Yüksüz işləmə xarakteristikasını yük xarakteristikasının xüsusi halı ( $I_n =0$  olduqda) kimi qəbul etmək olar. Induksion yük xarakteristikası yüksüz işləmə xarakteristikasından aşağı yerləşir. Çünki induktiv yük şəraitində sinxron generatora lövbər reaksiyası uzununa ox üzrə maqnitləşdirici təsir göstərir. Yük xarakteristikasının A nöqtəsi qısa qapanma rejiminə ( $U = 0$ ) uyğun gəlir.

### **Tənzim xarakteristikası**

Tənzim xarakteristikası fırlanma tezliyinin ( $n=n_0 =\text{const}$ ), gərginliyin ( $U =\text{const}$ ) və güc əmsalının ( $\cos \varphi=\text{const}$ ) sabitliyi şəraitində təsirlənmə cərəyanının  $I_t$  yük cərəyanından  $I_a$  asılılığına deyilir  $I_t =f(I_a)$ . Tənzim xarakteristikaları (şəkil 2.57, c) yük cərəyanı  $I_a$  dəyişdikdə gərginliyi  $U$  sabit saxlamaq üçün təsirlənmə cərəyanını  $I_t$  necə dəyişdirmək lazım gəldiyini göstərir. Xarakteristikalardan görüldüyü kimi yük cərəyanı artdıqca gərginliyi sabit saxlamaq üçün aktiv və aktiv- induktiv xarakterli yük şəraitində təsirlənmə cərəyanını artırmaq, aktiv-tutum xarakterli yük şəraitində isə azaltmaq lazımdır. Çünki birinci halda lövbər reaksiyası maqnitləşdirici, ikinci halda isə maqnitləşdirici təsir göstərir..

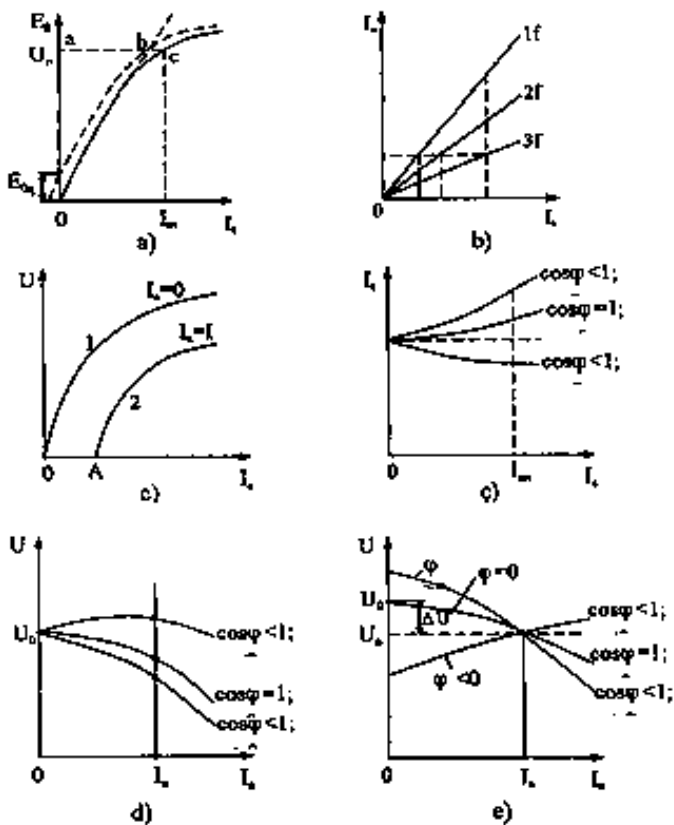
## Xarici xarakteristika

Xarici xarakteristika fırlanma tezliyinin ( $n = n_0 = \text{const}$ ), təsirlənmə cərəyanının ( $I_i = \text{const}$ ) və güc əmsalının ( $\cos \varphi = \text{const}$ ) sabitliyi şəraitində gərginliyin  $U$  cərəyanından  $I_a$  asılılığına deyilir  $U = f(I_a)$ . Şəkil 2.53 d,e-də müxtəlif xarakterli yük şəraitində sinxron generatorun eyni nominal gərginlikdə  $U_n$  (şəkil 2.53,d) və eyni yüksüz işləmə gərginliyində  $U_n$  (2.53,e) çıxarılmış xarici xarakteristikaları göstərilmişdir.

Yük cərəyanı  $I_n$  dəyişdikdə ,təsirlənmə cərəyanının  $I_t$  sabitliyi şəraitində, gərginliyin  $U$  dəyişməsinə lövbər reaksiyası və lövbər dolağının aktiv müqavimətindəki gərginlik düşküsi səbəb olur. Xarici xarakteristikalardan nominal yük şəraitində gərginliyin dəyişməsinə faizlə təyin edirlər:

$$\Delta U\% = \frac{U_0 - U_n}{U_n} \cdot 100$$

Adətən böyük güclü sinxron generatorlar  $\cos \varphi = 0,850,95$  olmaqla aktiv–induktiv xarakterli yük şəraitində işləmək üçün hazırlanır. Belə generatorlarda gərginliyin yükdən asılı olaraq dəyişməsi nominal yük şəraitində 25+ 35% təşkil edir.



**Şəkil 2.53. Sinxron generatorun xarakteristikaları:**  
**a)Yüksüz işləmə xarakteristikasını; b)qısa qapanma xarakteristikası; c)induksion yük xarakteristikası; ç)tənzim xarakteristikası; d)-e)xarici xarakteristikalar**

Bu halda generatora qoşulan işlədiciləri nominal gərginliklə təmin etmək üçün təsirlənmə cərəyanını tənzimləmək lazım gəlir.  $\Delta U$  nə qədər çox olarsa tənzimləmə qurğusu bir o qədər mürəkkəb alınır.

## Sinxron maşının aktiv gücü və elektromaqnit momentini

Orta və böyük güclü sinxron maşınlarda lövbər dolağındakı elektrik itkiləri ( $\Delta P = I_a^2 r_a$ ) həmin dolağın verdiyi (generatorda) və ya tələb etdiyi (mühərrikdə) gücə nisbətən çox az olduğundan onları nəzərə almamaq olar. Bu halda asinxron maşının aktiv gücü onun elektromaqnit gücünə bərabər olur.  $P \sim P_{em}$

Aydın görünən qütblü sinxron maşının aktiv gücünün yük bucağından (gərginlik  $U$  və  $E_{HQ}$   $E_0$  vektorları arasındakı bucaq) asılılığı aşağıdakı kimidir:

$$P = \frac{mE_0 U}{x_d} \sin \theta + \frac{mU^2}{2} \left( \frac{1}{x_d} - \frac{1}{x_q} \right) \sin 2\theta$$

Burada  $m$ -fazalar sayı;  $x_d$  və  $x_q$ —uyğun olaraq uzununa və eninə ox üzrə induktiv müqavimətlər;  $\theta$  —yük bucağıdır.

Aydın görünməyən qütblü maşınlarda  $x_d = x_q = x$  olduğundan

$$P = \frac{mE_0 U}{x} \sin \theta$$

Sinxron maşının elektromaqnit  $M$  elektromaqnit gücə  $P_{em}$  mütənasibdir . Buna görə də aydın görünən və aydın görünməyən qütblü maşının momentini uyğun olaraq:

$$M = \frac{P_{em}}{\omega_1} = \frac{mE_0 U}{x_d} \sin \theta + \frac{mU^2}{2\omega_1} \left( \frac{1}{x_d} - \frac{1}{x_q} \right) \sin 2\theta$$

$$M = \frac{P_{em}}{\omega_1} = \frac{mE_0 U}{x_d} \sin \theta,$$



Burada  $\omega_1$  -sinxron bucaq tezliyidir.

Aydın görünməyən qütblü maşının  $M = f(\theta)$  asılılığı koordinat oxlarına nəzərən simmetrik sinusoididir (şəkil 2.58,əyri 1). Aydın görünməyən qütblü maşında isə uzununa və eninə ox üzrə maqnit keçirəcəklərinin müxtəlif olması ( $X_d \neq X_q$ ) nəticəsində reaktiv moment yaranır:

$$M_1 = \frac{mU^2}{2\omega_1} \left( \frac{1}{x_d} - \frac{1}{x_q} \right) \sin 2\theta$$

Bu moment rotor qütblərinin nəticə maqnit sahəsi istiqamətində yönəlmə cəhdindən əmələ gəlir. Reaktiv moment  $M = f(\theta)$  asılılığının sinusoidallığını müəyyən qədər təhrif edir. Bu moment təsirlənmə cərəyanı olmadıqda da ( $E_0 = 0$  olduqda) yaranır və  $\sin 2\theta$  –yə mütənasib olur.

Şəkil 2.54–də göstərilən əyrilər sinxron maşının bucaq xarakteristikaları adlanır. A elektromaqnit güc momentə mütənasib olduğundan verilmiş əyrilər başqa miqyasda  $P_{em} = f(\theta)$  asılılığını göstərir.

Sinxron maşının bucaq xarakteristikaları maşının statik dayanıqlığının və artıq yüklənmə qabiliyyətinin təyin olunmasında mühüm rol oynayır. Şəbəkə ilə paralel işləyən sinxron maşının dayanıqlığı, onun valına kənar tormozlayıcı və fırladıcı moment dəyişdikdə, sinxron fırlanmanı ( $n_1 = n_2$ ) saxlamaq qabiliyyətinə deyilir. Statik dayanıqlıq yalnız  $M < M_{max}$  –a uyğun yük bucaqlarında təmin olunur.

Ümumi halda sinxron maşının bucaq xarakteristikasının hər hansı bir nöqtəsindəki işi o zaman dayanıqlı olar ki, müvazinət vəziyyətindən elektro-maqnit momentin (gücün) dəyişməsinin işarəsi, bucağın işarəsi ilə eyni olsun,

yəni:

$$dP / d\theta > 0 \text{ və ya } dM / d\theta > 0$$

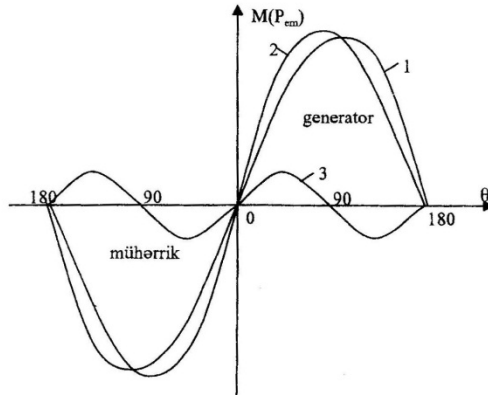
$U = \text{const}, E_0 = \text{const}$  olduqda aydın görünməyən qütblü maşınlar üçün alırıq:

$$P_{\sin x} = \frac{dP}{d\theta} = \frac{mUE_0}{x} \cos\theta$$

$$M_{\sin x} \frac{dP}{d\theta} = \frac{mUE_0}{\omega_1 x} \cos\theta$$

Burada  $P_{\sin x}, M_{\sin x}$  – uyğun olaraq sinxronlaşdırıcı güc və moment adlanır.

Göründüyü kimi şərti  $\theta$  bucağının 0- dan  $\pi/2$ -yə qədər dəyişmə hədlərində ödənilir. Adətən sinxron maşının nominal yük bucağı  $\theta = 20 \div 35^\circ$  qəbul olunur. Bu işə maşında momentə (gücə) görə ikiqat və daha çox ehtiyatın olmasını göstərir.



**Şəkil 2.54. Sinxron maşının bucaq xarakteristikaları  $M = f(\theta)$**

Sinxron maşının artıq yüklənmə əmsalı aşağıdakı kimi təyin olunur.

$$K = M_{max}/M_{nom} = P_{max}/P_{nom}$$

Dövlət standartına görə böyük güclü sinxron generatorlarda  $K \geq (1,6 \div 1,7)$ , mühərriklər üçün  $K \geq 1,65$  olmalıdır.

## III FƏSİL

### YÜKSƏLDİCİ TRANSFORMATORLAR

#### 3.1. Transformatorların elementlərinin konstruksiyaları

Maqnit keçiricisi, dolaqlar, izoləedici yağla dolu çən, çıxışlar və genişləndiricidən ibarət olan əsas konstruktiv elementlər yağla dolu transformatorların çoxusunda ümumi hesab olunur.

**Maqnit keçiricisi.** Transformatorun maqnit keçiricisi bir fazalı və üç fazalı olur. Bir fazalı, eləcə də üç fazalı maqnit keçiricisi çubuqşəkilli və zirehli növlərə ayrılırlar. Müasir güc transformatorları demək olar ki, tamamilə çubuqşəkillidirlər. Maqnit keçiricisi, qalınlığı 0,35 və 0,5 mm olan ayrı-ayrı xüsusi transformator poladından hazırlanan vərəqlərdən yığılır. Polad vərəqlər istiliyə davamlı, lak və ya təxminən 0,04 mm nazikliyində kağızla bir-birindən izolə edilir.

Müasir transformatorlarda çubuqlar və yarmo qatışıq şəkildə, qəfəsəli çərçivə kimi yığılır. Maqnit keçiricisi yığıldıqdan sonra yuxarı yarmonun vərəqləri çıxarılır, dolaqlar çubuqlarda yerləşdirildikdən sonra yenidən yerinə bərkidilir. Bu yığma üsulu eyni zamanda böyük mexaniki davamlılığı, maqnitləşdirici cərəyanın minimal olmasını və yığma üçün lazım olan avadanlıqların az mürəkkəb olmasını təmin edir.

Transformatorun güc və tipindən asılı olaraq, preslənmə əməliyyatı birbaşa sancaq ilə və ya yarmo-

nun kənarında olan xarici sancaq ilə aparılır. Bu sancaqlar vasitəsi ilə vərəqələrin qapanması qarşısını almaq üçün sancaqlar izolə edilir.

**Transformatorların dolaqları.** Dolaqlar yerləşmə üsuluna görə ayrılır: a) konsentrik dolaqlı transformatorlar; burada yüksək, alçaq, eləcə də orta gərginlik dolaqları silindr şəklində çubuq üzərində konsentrik yerləşdirilir. Adətən alçaq gərginlik dolağını çubuğa yaxın yerləşdirirlər ki, onu çubuqdan izolə etmək asan olsun. Dolaqları bir-birindən izolə etmək üçün izoləedici bakelitlənmiş kağız və ya elektrik kartonundan silindr tətbiq edilir.

Böyük güclü transformatorlarda əsas məsələlərdən biri olan istilik vermə şərtini yaxşılaşdırmaq üçün dolaqları, aralarında 5-6 mm ventilyasiya kanalları olan disk şəkilli sarğaclardan hazırlayırlar.

Əgər dolağın bir sarğısı bir neçə paralel naqıldən ibarətdirsə, onda cərəyanın bərabər paylanması üçün onların arasında transpozisiya aparırlar. Bu zaman naqıl ardıcıl olaraq bir təbəqədən digərinə keçir.

Güclü transformatorlarda soyutmanı artırmaq üçün radiatorların içərisində ventilyatorlar qurulur. Transformatorun qapağını bir qədər qalın poladdan hazırlayırlar. Qapaqla çənin yuxarı hissəsi arasında kiplik üçün yağa davamlı rezin və ya tıxacdan təbəqə qoyulur və qapaq çənə boltlarla sıxılır. Qapağın üstündə dolaqların ucları bərkidilən izolyatorlardan yerləşdirilir.

Maqnit keçiricisindən qapağa qədər olan məsafə bir adamın yerləşməsinə imkan verirsə, onda qapaq üzərində xüsusi çıxış yolu düzəldirlər. Bundan başqa qapağın üzərində genişləndirici və qoruyucu boru, yağın üst təbəqəsinin temperaturunu ölçmək üçün termometr, süzgəc-pres üçün kran, vakuum nasosunu birləşdirmək üçün qovşaq qutusu, transformatorun yüksüz gərginliyini tənzim etmək üçün dəyişdirici dəstək və çıxarılan hissəni qaldırmaq üçün halqa vardır. Bəzi transformator tiplərində qapaq çıxarılan hissə ilə xüsusi bucaqlarla əlaqədar olur. Belə bir transformatorlarda çıxarılan hissə qapaqla birlikdə qaldırılır.

**Genişləndirici.** İstismar prosesində transformatorun yükündən və əhatə edən havanın temperaturunun dəyişməsindən asılı olaraq, yağın həcmi dəyişir. Temperatur dəyişdikdə transformatorlar “nəfəs alır” temperatur azaldıqda havanı sorur, artdıqda isə havanı sıxıb çıxarır. Yağın genişlənməsi zamanı yağın kənara axıb tökülməməsi və ya çənin partlamaması üçün kiçik güclü transformatorlarda yağ qapağa çatınca tökmürlər.

Transformatorun yağ qızan zaman çəndə sıxılan havanın xaric olması və soyutduqda xarici havanın içəri sorulması üçün xüsusi olaraq deşikli tıxac qoyurlar. Bu şərait daxilində yağ onu əhatə edən hava ilə görüşür. Buna görə də yağ təbii olaraq oksidlənir, nəmləşir və çirklənir, tədricən elektrik xarakteristikasını dəyişir, elektrik keyfiyyətini azaldır və izolyasiya

materialı kimi yararsız hala düşür. Həcmi bəkdəki yağın həcmnin 10 %-nə bərabər olan genişləndirici yağın hava ilə görüşən səthini azaldır, onun oksidləşməsini məhdudlaşdırır, çəndəki yağ çirk və nəmədən qorumağa imkan verir.

Orta güclü transformatorun genişləndiricisi, onda olan yağın həcmi dəyişən zaman havanın sorulması və qovulması üçün deşikli tıxacla təchiz edilir. Böyük güclü transformatorların genişləndiricilərini ucunda deşikli tıxac olan və havadakı bərk hissəcikləri genişləndiriciyə buraxmamaq üçün narın toru olan boru ilə təchiz edirlər. Genişləndiricinin yuxarı hissəsində transformatora yağ tökmək üçün deşik vardır; normal halda bu deşik tıxac ilə bağlıdır.

Qəza hallarında transformatorun dolağında yaranıb yağın parçalanmasına və güclü qaz ayrılmasına səbəb olan qövs nəticəsində daxili təzyiqin artması hallarında çənin zədələnməsi qarşısını almaq üçün, gücü 1000 kVA və yuxarı olan transformatorların qapağı üzərində yağın çıxması üçün boru qoyulur. Borunun yuxarı ucu flansla təchiz edilir və şüşə vasitəsi ilə örtülür. Çənin içərisində təzyiq buraxılan həddən çox artdıqda şüşə partlayır, yağ və qazlar xaricə çıxır.

### **Transformatorun soyudulma üsulları**

Dolağın misindəki və maqnit keçiricinin poladındakı itkilər transformatoru qızdırır. Bunlardan birincilər cərəyanın kvadratına proporsionaldır, ikincilər isə yükədən asılı deyildir. Transformatorun dolağının

maqnit keçiricisi və yağının temperaturunu buraxıla bilən hədlərdə saxlamaq üçün transformatoru soyutmaq lazımdır.

Buna görə də transformatorun sonrakı konstruktiv tərtibatı onun soyudulma üsulundan xeyli asılı olur. Transformatorların əsas soyudulma üsulları bunlardır: 1) təbii hava soyudulması; 2) təbii yağ soyudulması; 3) təbii yağ və süni hava ilə üfurmə; 4) süni su-yağ soyudulması; 5) süni hava-yağ soyudulması.

Gücü bir neçə kVA olan və gərginliyi 6-10 kV-dan çox olmayan transformatorlarda dolağın və maqnit keçiricisinin konstruktiv soyudulma səthi nisbətən az miqdarda ayrılan istiliyi kənar etmək üçün kifayətdir. Bu halda temperaturun artması yol verilən normanı keçmir.

Əvvəllər geniş yayılmış dalğavarı poladdan hazırlanan baklar indi hazırlanmır, çünki onlar az mexaniki möhkəm olur və transformatoru pis soyudur.

Təbii yağla soyutmada istiliyin alınması üçün istifadə edilən yağ, eyni zamanda izolyasiya rolunu oynayır. İstilik yağla alındıqda, proses belə gedir. Dolaq və maqnit keçiricinin qızmış səthi ilə bilavasitə yağ qızır və yuxarıya qalxır, orada daha soyuq yağla görüşür, azacıq soyuyur, sonra soyuducu borularla aşağı axaraq öz istiliyini boruların səthi ilə onu əhatə edən havaya verir. Soyudulmuş yağın əvəzinə yeni qızmış yağ qalxır. Beləliklə, transformatorun çənində daimi təbii yağ sirkulyasiyası baş verir.



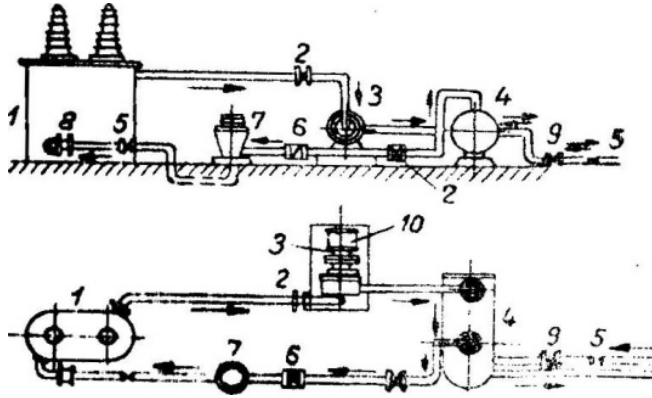
Güclü transformatorlarda yağın soyuma intensivliyini artırmaq üçün süni hava üfurməsi ilə təbii yağ soyudulması tətbiq edilir. Bu halda ventilyatorun xüsusi hava borusu ilə vurduğu hava seli transfermatorun çən və radiatorlarına üfürülür və onların səthində konveksiya yolu ilə istilik ötürmə prosesi xeyli gücləndirilir.

Böyük transformatorlarda əvvəllər süni su-yağ soyutması üsulu geniş yayılmışdı. Su-yağ soyutması da öz növbəsində iki cür olur: a) bakın içərisində yuxarı hissədə yerləşmiş ilanvarı axıdılan məcburi su sirkulyasiyası ilə; b) məcburi yağ sirkulyasiyası ilə; belə transformatorlarda yağ nasos vasitəsi ilə çəndən su soyuducusuna vurulub soyudulmuş yağ yenidən baka qaytarılır.

Bir sıra xarakterik nöqsanlarına görə məcburi su sirkulyasiyalı su-yağ soyutması müasir transformator konstruksiyalarında tətbiq edilmir. 3.1-ci şəkildə məcburi yağ sirkulyasiyalı süni su-yağ soyutması olan transformatorun sxemi göstərilmişdir.

Bu transformatorada (1) elektrik mühərriki (10) ilə fırlanan mərkəzdənqaçma nasos (3) isti yağı alıb su soyuducusuna (4) axıdır. Soyuducuda yağ soyuyur və yenidən siyirtmədən (2), yağ ölçəndən (6), hava ayırıcısından (7), yağın kəsilməsini göstərən signal aparatından (5) və süzgecdən (8) keçərək transformatora qaydır. Soyuq su kəmərinə sərflənən suyun miqdarını ölçmək üçün su ölçən (9) qoyulmuşdur.

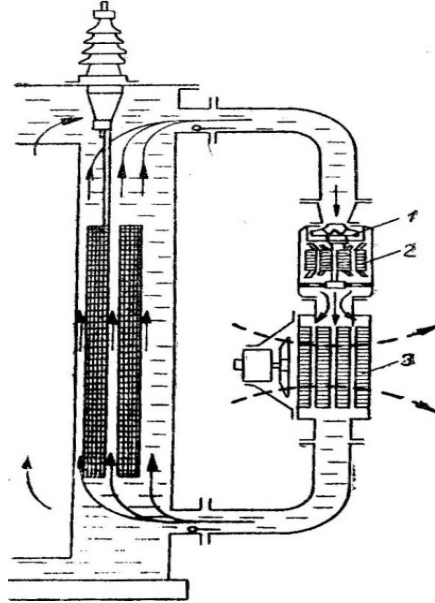
Yağ soyuducuları adətən boru şəkilli olur. Yağ soyuducusunun elementləri aşağıdakılar hesab olunur: yuxarı su kamerası (1) sərt bağlanmış yuxarı boru lövhəsi (2), su üçün bürünc borular (3), yağı yönəltmək üçün polad arakəsmələr (4), aşağı boru lövhəsi (5), aşağı su kamerası (6). Borular ilə (3) soyuducu su, borulararası boşluqdan isə təzyiqlik altında transformator yağı axır.



Şəkil 3.1. Yağ transformatorun soyutma sxemi

Yağdakı istilik boruların divarları ilə suya verilir. Yağ soyuducuları adətən soyuducu suyun ən yüksək temperaturu olan  $+25^{\circ}\text{C}$ -yə görə hazırlanır. Soyuducu suyun yağa keçməsi qarşısını almaq üçün soyuducuda yağ, suya nisbətən yüksək təzyiqlik altında saxlanılır. Beləliklə, yağ soyuducusunun borularında kiplik olmadıqda və ya borular partladıqda belə su, transformator yağına keçə bilmir, təzyiqlik altında olan yağ suya axır.

Buna görə də, yağ-su soyutması və yağ sirkulyasiyası ilə işləyən transformatorlar yağ və suyun sirkulyasiyasının dayandığını bildirən siqnalizasiya (5) ilə təchiz edilməlidir.



Şəkil 3.2. Transformatorada yağın sirkulyasiyası sxemi.

Süni hava üfürməsi ilə təbii yağ soyutması olan transformatorlar ən böyük və güclü transformatorlardır. Transformatorun qurulduğu yer məhdud olduqda su və ya hava ilə soyudulan məcburi yağ sirkulyasiyası tətbiq edirlər. Bu şəraitdə istilikvermə çox intensiv getdiyindən, transformatorlar daha yığcam və nisbətən kiçik soyudulma səthli hazırlanır. Böyük güclü

transformatorlar üçün su və hava ilə sirkulyasiyalı soyutma üsulundan da istifadə edilir.

Yağ borusu sistemində qurulan mühərrikli (2) nasosu (1) olan sirkulyasiyalı hava soyutmasının sxemlərindən biri 3.2-ci şəkildə göstərilmişdir. Belə konstruksiya soyuducularının (3) ölçüləri kiçikdir ki, bu da transformatorun ümumi çəkisini azaldır.

### **Transformatorlarda transformasiya əmsalının dəyişdirilməsi üçün qurğu**

Şəbəkənin yükü gün və il ərzində dəyişir, bunun nəticəsində şəbəkədəki bütün elementlərdə - xətlərdə və transformatorlarda gərginlik itkiləri də dəyişir. İşlədiciləri bəsləyən alçaldıcı transformatorların şintlərində və elektrik enerjisi qəbul edicisinin sıxaclarında gərginliyin dəyişməsi müşahidə olunur.

Elektrik sisteminin bütün iş rejimlərində, bütün işlədicilərin sıxaclarında gərginliyi onların nominal gərginliyinə bərabər və sabit saxlamaq praktiki cəhətdən mümkün deyildir. Buna görə də sistemin layihə və istismar edilməsi zamanı cərəyan işlədicilərinin sıxaclarında gərginliyin nominal qiymətdən bir qədər meyl etməsinə icazə verilir. Bu gərginlik meylli işlədicilərin işini, yaxşı göstəriciləri olan elektrik enerjisi ilə təmin etmək üçün nisbətən kiçik dairədə məhdudlanır.

Quruluş qaydalarına görə gərginliyin meylli  $\pm 5\%$  ölçüsündə təyin edilmişdir. İşlədicilərdə ən alçaq gər-

ginlik ən böyük yükdə alınır, ən böyük gərginlik isə ən az yükdə alınır, buna görə də cərəyan işlədicilərin sınaqlarında və alçalıcı yarımstansiyanın şinlərində ən böyük gərginlik meyləli bu rejimlərdə baş verəcəkdir.

Elektrik enerji işlədicisinin normal işi üçün, onun sınaqlarındakı gərginliyi nominal gərginliyə bərabər olan sabit və ya nominal qiymətdən buraxıla bilən hədlərdə fərqlənən qiymətlərdə saxlamaq lazımdır.

Elektrik enerji işlədicilərində gərginlik buraxıla bilən həddən kənara çıxdıqda gərginliyi tənzim edirlər. İstismar zamanı elektrik sistemlərində gərginlik müxtəlif üsullarda tənzim edilir, məsələn: 1) elektrik stansiyalarında generatorların təsirlənməsini dəyişdirməklə; 2) şəbəkələrdə sinxron kompensator və ya statik kondensatorlarla; 3) şəbəkələrdə transformatorların transformasiya əmsallarını dəyişdirməklə və s.

Transformatorun transformasiya əmsalı praktiki olaraq transformatorun dolaqlarından birində olan əlavə budaqlanma ilə dəyişdirilir. Cərəyan daşıyan naqillərin və çıxışların en kəsilişinin böyük alınmamağı üçün iki dolaqlı transformatorlarda əlavə budaqlanma adətən yüksək gərginlik dolağında, üç dolaqlılarda isə yüksək və orta gərginlik dolaqlarında qoyulur. Transformatorun güc və gərginliyindən asılı tənzimləyici budaqlanmalar ya dolağın neytralının yanında, ya da onların orta hissələrində düzəldilir.

Axırıncı halda dolaq iki hissəyə ayrılır. Budaqlanmanın ikinci üsulla həyata keçirilməsi daha səmərə

rəlidir, belə ki, bu halda dolaqların simmetrikliyi az pozulur. Bu isə birinci üsula nisbətən 3-4 dəfə az əlavə mexaniki qüvvə yaradır.

Transformatorların transformasiya əmsalını iki üsulla dəyişdirmək olar: 1) transformator açılmış halda; 2) yük altında.

### **Transformatorların yüklənmə və artıq yüklənmə qabiliyyəti**

Soyuducu mühitin nominal temperaturu şəraitində uzun müddət nominal güclə işləyən transformatorlar bir qayda olaraq artıq yüklənməlidir, çünki, artıq yüklənmə izolyasiyanın işləmə müddətinin azalmasına səbəb olur.

Transformatorların istismar şəraitindən, yük qrafikindən və əhatə edən havanın temperaturundan asılı olaraq aparılan ətraflı tədqiqat əsasında normal və qəza hallarında artıq yüklənmələrə yol verilə bilər.

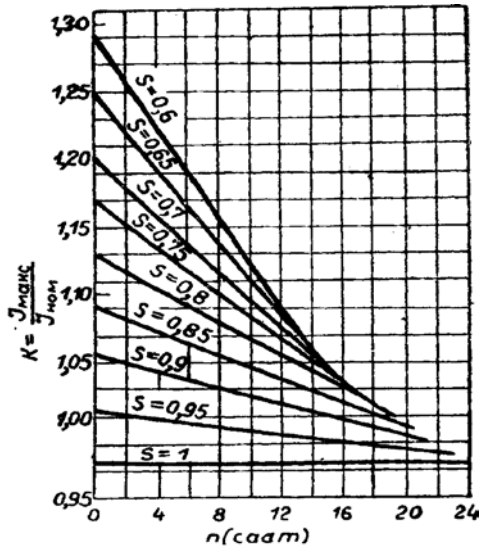
**Normal artıq yüklənmə.** Normal artıq yüklənməyə gündəlik yük qrafikindən və transformatorun yay vaxtı normadan az yüklənməsindən asılı olaraq icazə verilir. 3.1-ci şəkildə təbii və üfurməli soyutması olan transformatorlar üçün yüklənmə qabiliyyətinin diaqramı göstərilmişdir. Bu diaqram üzrə hər bir transformator üçün gündəlik qrafikin doldurma əmsalından  $k_d$  və maksimumun davamiyyət müddətindən  $\Pi$  (saatla) asılı olaraq, buraxıla bilən artıq yüklənmə dərəcəliyini təyin etmək olar.

Buraxıla bilən artıq yüklənməni bu diaqramla hesabladıqda, izolyasiyanın dağılması fasiləsiz nominal yüklənmədə olan təbii dağılmanın 80 %-ni təşkil edir.

Yük qrafikinin doldurma əmsalını aşağıdakı formul ilə təyin edirlər.

$$K_d = \frac{\sum I t}{24 I_{maks}} \quad \text{və ya} \quad K_d = \frac{I_{orta}}{I_{maks}}$$

Havanın orta illik temperaturu  $\theta_{0or} = +5^\circ C$  -dən fərqli olan yerlərdə qoyulmuş transformatorlar üçün artıq yüklənmə əmsalının buraxıla bilən qiymətini ( $K_n$ )  $C$  əmsalına vurmaq lazımdır:  $C = 1 + \frac{5 - \theta_{0or}}{100}$



Şəkil 3.3. Transformatorun artıq yüklənməsinin zamandan asılılığı qrafiki.

Transformatorların çoxunda yük qısa nisbətən yayda çox aşağı (20-30%) olur, izolyasiyanın dağılması isə yayda təbii dağılmadan az olur. Bu hal transformatorun təbii işləmə müddətində onun yüklənmə qabiliyyətindən daha tam istifadə etməyə imkan yaradır. Göstərilmiş artıq yüklənmə qiymətləri təbii yağ və üfürməli soyutması olub açıq havada qurulan vətən transformatorlarına aiddir.

Transformatorlar qapalı binalarda qurulduqda bu qaydalardan istifadə etmək olar, ancaq ümumi yüklənmə 20 %-dən çox olmamalıdır.

Generatorla blok işləyən transformatorların artıq yüklənmələrinin qiyməti generatorlarda buraxıla bilən artıq yüklənmə ilə müəyyən edilir. Yağ-su və ya yağ-hava soyutması olan transformatorların artıq yüklənməsi istehsal edən zavodun xüsusi göstərişi ilə təyin edilir.

**Qəza hallarında artıq yüklənmələr.** Qabaqkı yüklərdən və əhatə edən mühitin temperaturundan asılı olmayaraq xüsusi hallarda ehtiyat olmadıqda cədvələ uyğun qəza halında artıq yüklənməyə icazə verilə bilər.

Cədvəl 3.1.

Transformatorun artıq yüklənmə cədvəli

Transformatorların qəza halında artıq yüklənmələri, % ilə	30	60	75	100	140	200
Buraxıla bilən davamiyyət müddəti, dəq. ilə	120	30	15	7,5	3,5	1,5



## **Buraxıla bilən qızma temperaturu**

Dəyişən cərəyanın çevrilmə prosesində transformatorada itən elektrik enerjisi dolaqda, maqnit keçiricisində və transformatorun başqa hissələrində istilik şəklində ayrılır. Bu halda transformator qızır və onun ayrı-ayrı hissələrinin temperaturu onu əhatə edən mühitin temperaturundan çox olur. Transformatorada enerji itkisi artdıqca onun qızması da artır.

Transformatorun qızması uzunmüddətli və qısamüddətli yüklərdə onun gücünü məhdudlaşdıran əsas səbəbdir. Transformatorun qızması hər şeydən əvvəl onun dolaqlarının izolyasiyasına təsir edir, belə ki, dolağın izolyasiyası qızdıqda köhnəlir. Dolaq izolyasiyasını əhatə edən mühitin temperaturu yüksək olduqca o öz mexaniki və elektrik xüsusiyyətlərini tez itirir və bir qədər də tez köhnəlir. Yüksək temperatur altında yağ da öz izolyasiya xüsusiyyətini itirir, oksidləşir, köhnəlir. Dolaqlar üçün buraxıla bilən qızma temperaturu elə seçilməlidir ki, transformatorların azı 20 il ərzində işləmə müddətini təmin etsin.

Beləliklə, yağlı transformatorların ayrı-ayrı hissələrinin ən böyük qızma temperaturu: dolaq üçün (müqavimət üsulu ilə ölçüldükdə),  $105^{\circ}\text{C}$ ; maqnit keçiricisi üçün (səth üzərində)  $110^{\circ}\text{C}$ ; yağ üçün (üst təbəqələrdə)  $95^{\circ}\text{C}$  təşkil edilir. Əgər transformatorun istismar prosesində onun dolaqlarının qızma temperaturunu sabit olaraq həmişə  $105^{\circ}\text{C}$  qəbul etsək, onda

tədqiqatın göstərdiyinə görə transformatorun işləmə müddəti 2 ildən az olur.

Bundan başqa tədqiqat göstərir ki, transformatorun izolyasiyasının dağılması və işləmə müddəti transformator qurulan yerin orta illik temperaturlarından asılıdır. Orta illik temperatur yüksək olduqca transformatorun işləmə müddəti azalır. Belə ki, havanın temperaturunun gün və mövsüm ərzində dəyişmələri, eləcə də müxtəlif yerlərdə orta illik temperatur eyni olmur.

Transformatorun kilovolt-amperlə nominal gücü soyuducu mühitin normal temperaturu şəraitində, yəni transformator açıq havada qoyulduğu zaman təbii orta illik temperatur dəyişməsi  $+5^{\circ}\text{C}$ -yə bərabər və periodik yaranan maksimal temperatur  $+35^{\circ}\text{C}$ -yə bərabər olduğu halda, onun hesablama gücünə deyilir. Bu hesablama gücündə izolyasiyanın köhnəlməsi ilə təyin olunan normal işləmə müddəti (20 il) ərzində transformator fasiləsiz yüklənə bilər.

Əgər transformatorun işlədiyi yerdə havanın orta illik temperaturu  $\theta_{or.i} = 5^{\circ}\text{C}$  -dən çox və ya azsa, onda bu şəraitdə buraxıla bilən yük aşağıdakı formül ilə təyin edilir:

$$S'_{nom} = S_{nom} \left(1 + \frac{5 - \theta_{or.i}}{100}\right)$$

Həqiqi şəraitdə transformatorun yükü heç bir zaman nominal yükə bərabər və sabit olmur, gün ərzində və ilin fəsillərindən asılı olaraq dəyişir.

## Transformatorların qənaətli iş rejimləri

Yarımsransiyanın şinlərindən tələb olunan yük, dəyişən xarakterlidir. Odur ki, yarımsransiyaların şinlərinə paralel qoşulmuş transformatorların sayı texniki-iqtisadi nöqtəyi-nəzərindən seçilməlidir.

Dəyişən yük şəraitində yarımsransiyanın şinlərinə paralel qoşulmuş transformatorların məqsədə uyğun qənaətli iş rejiminin mahiyyəti ondan ibarətdir ki, transformatorların istənilən sayında, onlarda yaranan güc itkisi minimal qiymətdə olsun. Mənbədən transformatora verilən 1 kvar reaktiv gücə düşən aktiv güc itkisinə reaktiv gücün qənaətli ekvivalenti deyilir,  $k_{ek}$ .

Köçürülmüş aktiv güc itkisinin ( $\Delta P'$ ) transformatorun gücündən ( $S$ ) asılılığı 3.2-ci şəkildə 1 əyrisi ilə əyani surətdə göstərilmişdir. Bu qrafikdə 1 əyrisi bir transformatorun, 2-əyrisi iki transformatorun və 3 əyrisi üç transformatorun işlədiyi hala müvafiqdir. 1 və 2 əyrlərinin kəsildiyi (A) nöqtəsi  $S_A$  yükünü verir.

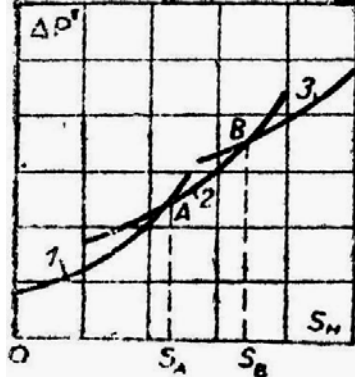
Yüklənmə əmsalı:

$$\Delta P'_T = \Delta P'_0 + \frac{\Delta P'_k}{S^2_{tr.nom.}} \cdot S^2_{yük}$$

$$\Delta P'_0 = a \quad \text{və} \quad \frac{\Delta P'_k}{S^2_{tr.nom.}} = b \quad \text{ilə işarə etsək alarıq:}$$

$$\Delta P'_T = a + bS^2_{yük}$$

Bu ifadə koordinat başlanğıcından keçməyən parabolanın tənliyidir.



**Şəkil 3.4. Transformatorlarda yaranan itkilərin gücündən asılılıq qrafiki.**

Əgər yarımstansiyada bərabər güclü eyni tipli transformatorlar qoyularsa, onda köçürülmüş güc itkilərinin əyriləri aşağıdakı tənlik vasitəsi ilə qurulmalıdır:

$$\Delta P'_{T.p} = n \cdot \Delta P'_0 + \frac{\Delta P'_k}{n \cdot S_{tr.nom.}^2} \cdot S_{yük}^2$$

Eyni tipli olmayan və eyni zamanda işləyən müxtəlif güclü transformatorlar üçün köçürülmüş güc əyriləri belə bir tənlik vasitəsi ilə qurulur:

$$\Delta P'_{T.p} = \sum \Delta P'_0 + \frac{\sum \Delta P'_k}{(\sum S_{tr.nom.})^2} \cdot S_{yük}^2$$

Beləliklə, yarımstansiyalarda bərabər güclü və eyni tipli transformatorlar, yaxud eyni tipli olmayan müxtəlif güclü transformatorlar qoyulan zaman onla-

rın qənaətli iş rejimlərini qrafiki təyin etməkdən ötrü köçürülmüş güc əyrilərini qurmaq lazımdır.

Transformatorun f.i.ə. elə bir yük şəraitində maksimum olur ki, onun yüksüz işləmə itkiləri qısaqapanma itkilərinə bərabər olsun, yəni:

$$\Delta P'_0 = \beta^2_e \cdot \Delta P'_k \text{ yaxud}$$

$$\Delta P_0 + K_e \Delta Q_0 = (\Delta P_k + K_e \Delta Q_k) \frac{S_{\text{şin}}^2}{S_{\text{tr.nom}}^2}$$

Buradan transformatorun ən əlverişli yükü:

$$S_{\text{şin}} = S_{\text{tr.nom}} \sqrt{\frac{\Delta P_0 + K_e \cdot \Delta Q_0}{\Delta P_k + K_e \cdot \Delta Q_0}}$$

Yarımtansiyada bərabər güclü eyni tipli transformatorlar qoyulduğu halda, eyni vaxtda paralel işləmək üçün qoşulacaq transformatorların əlverişli sayları transformatorların müxtəlif saylarında güc itkisinin bərabər olması şəraitindən tapılır, yəni:

$$\begin{aligned} n(\Delta P_0 + k_e \cdot \Delta Q_0) + \frac{\Delta P_k + k_e \cdot \Delta Q_k}{n} \left( \frac{S_{\text{şin}}}{S_{\text{tr.nom}}} \right)^2 = \\ = (n \pm 1)(\Delta P_0 + k_e \cdot \Delta Q_0) + \frac{\Delta P_k + k_e \cdot \Delta Q_k}{n} \left( \frac{S_{\text{şin}}}{S_{\text{tr.nom}}} \right)^2 \end{aligned}$$

Bu şərtin təhlili göstərir ki: a) paralel işləyən  $n$  qədər transformatorlara bir transformatorun əlavə qoşulması o vaxt məqsədə uyğun sayılır ki, şindəki yük

$$S_{\text{şin}} \geq S_{\text{tr.nom}} \sqrt{n(n+1) \frac{\Delta P_0 + K_e \cdot \Delta Q_0}{\Delta P_k + K_e \cdot \Delta Q_0}} \text{ şərtini ödəsin.}$$

b) paralel işləyən  $n$  qədər transformatorlardan birinin açılması, şindəki yükün aşağıdakı şəraiti ödədiyi halda əlverişli olar:

$$S_{şin} \leq S_{tr.nom} \sqrt{n(n-1) \frac{\Delta P_0 + K_e \cdot \Delta Q_0}{\Delta P_k + K_e \cdot \Delta Q_0}}$$

Sənaye müəssisələrinin yarımstansiyaları üçün istehsal edilən transformatorların məqsədə uyğun qənaətli yükünü reaktiv gücün müxtəlif ekvivalent əmsalları üçün qabaqcadan hesab etmək olar.

### **Güc transformatorlarında güc və enerji itkiləri**

Güc transformatorlarında aktiv güc itkilərinin qiymətini sadə yolla təyin etmək üçün aşağıdakı formuldan istifadə edilir:

$$\Delta P_T = \Delta P_0 + \Delta P_k \beta^2 [kVt]$$

Transformatorun aktiv enerji itkisinin qiyməti aşağıdakı formuldan tapılır:

$$\mathcal{E}_a = \Delta P_0 T_b + \tau \Delta P_k [kVt.s]$$

Transformatorun sərf etdiyi reaktiv güc belə bir ifadə ilə təyin edilir:

$$\Delta Q_T = \Delta Q_0 + \Delta Q_k \beta^2 [kVar]$$

Reaktiv enerji itkisinin qiyməti aşağıdakı formul ilə təyin edilir:

$$\mathcal{E}_{r.t.} = \Delta Q_0 T_b + \Delta Q_k \cdot \beta^2 [kVar.s]$$

Normal halda transformator üçün  $T_h = T_b$  olmalıdır. Transformatorların gücü məlum olmadığı halarda, onlardakı itki təqribi olaraq aşağıdakı kimi nə-

zərə alınır. Transformatorlarda aktiv güc itkisi  $\Delta P_T$  orta hesabla transformatorun ikinci tərəf gərginliyindəki  $S_2$  yükünün 2,0 %-ni, yəni  $\Delta P_T = 0,02S_2$ , reaktiv itkisinin qiyməti  $\Delta Q_T$  isə orta hesabla  $S_2$ -nin 10 %-ni, yəni  $\Delta Q_T = 0,1S_2$  təşkil edir. Bu halda transformatorun birinci tərəf gərginliyində  $P_1$ ,  $Q_1$  və  $S_1$  yükləri aşağıdakı qayda üzrə təyin edilir:

Birinci gərginlik tərəfində aktiv yük:

$$P_1 = P_2 + \Delta P_T = P_2 + 0,02 \cdot S_2 \text{ və ya}$$

$$P_1 = S_2 (\cos \varphi_2 + 0,02).$$

Birinci gərginlik tərəfdə reaktiv yük:

$$Q_1 = Q_2 + \Delta Q_T = Q_2 + 0,1 \cdot S_2$$

və ya

$$Q_1 = S_2 (\sin \varphi_2 + 0,1).$$

Birinci gərginlik tərəfdə ümumi yük aşağıdakı ifadədən tapılır:

$$S_1 = \sqrt{P_1^2 + Q_1^2}$$

$$\text{və ya } S_1 = S_2 \sqrt{(\cos \varphi_2 + 0,02)^2 + (\sin \varphi_2 + 0,1)^2}$$

Əgər  $S_2 = 1$  qəbul etsək, onda  $\cos \varphi_2$ -dən asılı olaraq  $S_1$  aşağıdakı kimi ifadə olunur:

$S_1$	1,02	1,06	1,08	1,085	1,09
$\cos \varphi_2$	1	0,9	0,8	0,7	0,6

Misal üçün, transformatorun alçaq gərginlik tərəfində yük  $S_2 = 26000$  kVA,  $\cos \varphi_2 = 0,8$  olsa, transformatorun yüksək gərginlik tərəfində yük:

$$S_1 = 1,08; S_2 = 26000 \cdot 1,08 = 28080 \text{ kVA olar.}$$

## IV FƏSİL ELEKTRİK STANSİYALARININ PAYLAYICI QURULUŞLARI

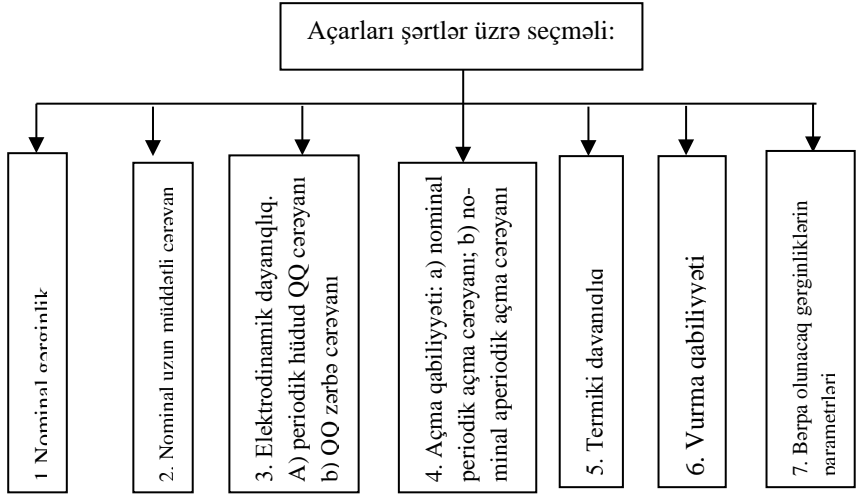
### 4.1. Yüksək gərginlik kommutasiya aparatlarının seçilməsi

Yüksək gərginlikli elektrik aparatları uzun müddətli iş rejimi şərtlərinə görə seçilir və qısaqapanma şərtlərinə görə yoxlanılırlar. Bu zaman bütün aparatlar üçün yerinə yetirilir: 1) gərginliyə görə seçilmə; 2) uzun müddətli cərəyanlarda qızmaya görə seçmə; 3) elektrodinamik dayanıqlığa yoxlama (EQQ qaydalarına əsasən, nominal cərəyanı 60 A-ə qədər olan əriyən qoruyucularla mühafizə olunmuş aparatlar və cərəyan daşıyıcıları yoxlanılmır); 4) termiki dayanıqlıyoqlama (EQQ qaydalarına əsasən, əriyən qoruyucu ilə mühafizə olunan aparatlar və cərəyan daşıyıcılar yoxlanılır); 5) yerinə yetirilmə formasına görə seçmə (xarici və ya daxili qurğular üçün).

Aşağıda ayrı-ayrı aparatların seçilmə şərtləri və onlara dair qısa izahatlar verilmişdir. Ən yüksək qısa qapanma cərəyanı K-1 nöqtəsində alındığından açarların seçilməsi həm transformatorun I və II tərəfləri üçün aşağıdakı kimi aparılır:

Yüksək gərginlikli açarların seçilmə şərtləri aşağıdakı ardıcılıqla verilir:





1. Açar quraşdırılacaq şəbəkənin nominal gərginliyi:

$$U_{ş.nom.} \leq U_{nom.}$$

Burada  $U_{nom}$ - açarın (aparatın) nominal gərginliyi.

Yüksək gərginlikli açarların, digər aparatların və şəbəkələrin nominal gərginliklərinin şkalası ümumdür və sorğu materiallarında və kitablarında cədvəl halında verilir.

2. Açar (aparat) quraşdırılacaq dövrənin uzun müddətli rejimdə hesabat cərəyanı,

$$I_{hes} \leq I_{nom}$$

Burada  $I_{nom}$ - açarın uzun müddətli nominal cərəyanıdır.

Hesabat cərəyanı  $I_{hes}$  ən ağır istismar rejimindən seçilir. Məsələn, iki paralel xəttin olması zamanı onu xətlərdən birinin açılmasına görə təyin edirlər, yəni

$I_{hes} = 2I_{i\dot{s}}$  ( $I_{i\dot{s}}$ -xəttin uzun müddətli işçi cərəyanıdır). Transformatorların dövrləri üçün buraxıla bilən 1,5 dəfəlik artıq yükləməni nəzərə almaqla  $I_{hes} = 1,5I_{tr.nom}$  ( $I_{tr.nom}$ -transformatorun nominal cərəyanıdır). Generator dövrləri üçün cərəyan nominal gücdə işləmə zamanı və gərginliyin 5 % azalması şərtinə görə təyin edirlər:  $I_{hes} = 1,05I_{g.nom}$  ( $I_{g.nom}$  – generatorun nominal cərəyanıdır). Yığma şinlər, həmçinin seksiya dövrləri və şin birləşdirici açarlar üçün təmir şərtlərini nəzərə alaraq,  $I_{hes}$  cərəyanı bu şinə qoşulmuş ən güclü generatorun və ya transformatorun uzun müddətli işləmə cərəyanı kimi götürülür.

3.a. Açarda başlanğıc üçfazlı periodik ali keçid QQ cərəyanı  $I^{(3)}$ , nisbi vahidlərlə hesablama metodu ilə aşağıdakı düsturla

$$I^{(3)} = \frac{I_b}{Z_{*n.b.}};$$

və ya, əgər aktiv müqavimət nəzərə alınmazsa, aşağıdakı düsturla hesablanır,

$$I^{(3)} = \frac{I_b}{X_{*n.b.}};$$

Burada  $Z_{*n.b.}$  - bazis gücünə gətirilmiş nəticə tam müqavimətin nisbi qiyməti;  $X_{*n.b.}$  - induktiv müqavimətin bazis gücünə gətirilmiş nisbi qiymətidir.

Bundan sonra açar aşağıdakı şərtə əsasən yoxlanılır:

$$I^{(3)} \leq I_{\text{hüd}}$$

Burada  $I_{\text{hüd}}$  - baxılan açar üçün buraxıla bilən birbaşa hüdud cərəyanı (periodik mürəkkəbənin təsiredici qiymətidir.

3.b. Açar quraşdırılan dövrdə QQ-nın zərbə cərəyanı,

$$i_z = \sqrt{2} K_{\text{zər}} I^{(3)} \leq i_{b.b.\text{hüd}}$$

Burada  $i_{b.b.\text{hüd}}$  - açarın elektrodinamiki dayanıqlığının nominal cərəyanıdır (baxılan aparat üçün hüdud tam cərəyanın buraxıla bilən amplitud qiyməti);  $K_{\text{zər}}$  -zərbə əmsalıdır.

Zərbə əmsalı

$$K_{\text{zər}} = 1 + e^{-\frac{0,01}{T_a}} ;$$

Burada  $T_a = \frac{X''_{\Sigma}}{\omega R_{\Sigma}}$  -aperiodik sönməsinin zaman sabitidir.

Sxemin ekvivalent induktiv müqavimətini  $X''_{\Sigma}$  təyin edərkən, sxemin aktiv müqavimətinin sıfıra bərabər olduğunu, ekvivalent aktiv müqavimətini  $R_{\Sigma}$  - təyin etdikdə isə bütün induktiv müqavimətlərinin sıfıra bərabər olduğunu fərz etmək lazımdır.

4.a. QQ cərəyanının simmetrik (periodik), qısa qapanmanın hesabat aşılma zamanına  $\tau$  müvafiq mürəkkəbəsi,

$$I_{p\tau} \leq I_{a\text{ç.nom}}$$

$I_{p\tau}$  - qısa qapanma cərəyanının qərarlaşmış cərəyanına bərabər olur.

$$I_{p\tau} = 0,220 \text{ kA}$$

Burada  $I_{a\ç.nom}$ -açarın simmetrik nominal açma cərəyanıdır.

4.b. QQ cərəyanın, açarın qövssöndürücü kontaktlarının aralanma momentinə qədərki zamana  $\tau$  uyğun gələn, aperiodik mürəkkəbəsi götürülür.

$$I_{a\tau} \leq i_{a.nom.} = \sqrt{2}\beta_{nom}I_{a\ç.nom}$$

$$i_{a\tau} = 0,545 \text{ kA}$$

Burada  $i_{a.nom.}$ -açarın aperiodik nominal açma cərəyanıdır;  $\beta_{nom}$  - $\tau$  zamanı üçün açma cərəyanının aperiodik mürəkkəbəsinin nominal nisbi tərkibidir.

Hesabat zamanı

$$\tau = t_{m.min.} + t_{x.a\ç}$$

Burada  $t_{m.min.}$ -rele mühafizəsinin minimal təsir müddətidir (təxminən 0,01 san.);  $t_{x.a\ç}$ -açarın xüsusi açma müddətidir.

Əgər  $I_{p\tau} \leq I_{a\ç.nom}$ ;  $I_{\phi\tau} \succ I_{a\ç.nom}$  olarsa, aşağıdakı şərt buraxıla bilər.

$$i_{k\tau} = \sqrt{2}I_{p\tau} + i_{a\tau} \leq i_{a\ç.nom.} = \sqrt{2}I_{a\ç.nom.}(1 + \beta_{nom}).$$

5. Qısaqapanma müddətində aparatda ayrılan istiliyin miqdarını xarakterizə edən,  $\text{kA}^2.\text{san}$ , QQ cərəyanının Coul inteqralı

$$B_k \leq I_{\text{hüd.t}}^2 t_t$$

Burada  $I_{\text{hüd.t}}$  – termiki dayanıqlığın hüdud müddəti  $t_t$  ərzində verilmiş aparat zədələnmədən davam gətirə biləcəyi hüdud termiki dayanıqlıq cərəyanıdır.

QQ cərəyanının tam Coul inteqralı cərəyanın periodik ( $B_{k.P}$ ) və aperiodik ( $B_{k.a.}$ ) mürəkkəbələrinin təsirinin nəticəsidir:

$$B_k = B_{k.P} + B_{k.a.}$$

Tam Coul inteqralının  $B_k$  təyin metodu qısaqapanma nöqtəsinin baxılan sxemdəki yerləşmə yerindən asılıdır.

Uzaqda yaranmış qısaqapanma zamanı, qq cərəyanının periodik mürəkkəbəsi zamana görə dəyişmədikdə,

$$B_k = B_{k.P} + B_{k.a.} = I_p^2 t_{a\zeta} + I_p^2 T_a (1 - e^{-\frac{2t_{a\zeta}}{T_a}}) =$$

$$= I_p^2 \left[ t_{a\zeta} + T_a (1 - e^{-\frac{2t_{a\zeta}}{T_a}}) \right];$$

Burada  $I_p$  – QQ cərəyanının periodik mürəkkəbəsinin təsiredici qiymətidir ( $I_p^{(3)}$  cərəyanına bərabər götürmək olar), kA;  $t_{a\zeta} = t_m + t_{a\zeta ar}$  - qq-nın başlanğıcından onun açılmasına qədər olan müddətdir, san;  $t_m$ -rele mühafizəsinin təsir müddətidir, san;  $t_{a\zeta ar}$ -intiqaalla açarın tam açılma müddətidir (kataloqlardan və ya pas-

portlardan götürülür), san.

Əgər  $t_{aç} / T_a = 1 \dots 2$  olarsa, onda nisbətən çox sadə ifadədən istifadə etmək olar:

$$B_k = I_p^2 (t_{aç} + T_a)$$

İki digər xarakterik hallarda – generatorun yaxınlığında və mühərriklər qrupunun yaxınlığında baş verən qısaqapanmalarda, cərəyanın periodik mürəkkəbəsi zamana görə nəzərə çarpacaq dərəcədə dəyişdiyindən, qq cərəyanından Coul integralının təyininin öz xüsusiyyətləri vardır.

6. Vurma qabiliyyətinə görə yoxlanma:

$$I^{n(3)} \leq I_{vur.nom}; \quad i_{zər} \leq i_{vur.nom};$$

Burada  $I_{vur.nom.}$  –vurma cərəyanının periodik mürəkkəbəsinin nominal təsiredici qiymətidir;  $i_{vur.nom.}$  – vurmaanın tam cərəyanının nominal amplitud (ani) qiymətidir.

Adətən, açarların nominal vurma cərəyanları nominal açma cərəyanlarına uyğun gəldiyindən, bu şərtə görə yoxlama aparılmır (faktiki olaraq yoxlama 3 bəndində təmin olunur).

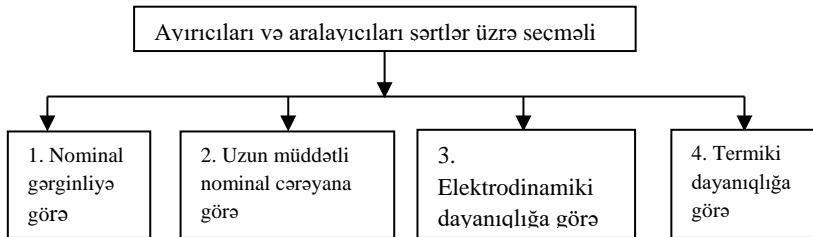
7. Açarın kontaktlarında bərpa olunan gərginliyə görə yoxlamayı (bərpa sürətinə, tezliyə, amplitudanın aşma əmsalına) yalnız hava açarları üçün aparırlar. Kurs və diplom layihələndirməsi zamanı bu yoxlamayı adətən yerinə yetirmirlər, belə ki, əksər energetik sistemlər üçün gərginliyin bərpa olunmasının real şərtləri açarın sınağındakılara nisbətən yüngüldür.

## Ayırıcılar, aralayıcıların və qısa qapayıcıların seçilməsi

Ayırıcıların, aralayıcıların və qısaqapayıcıların nominal parametrləri kataloqlarda, sorğu kitablarında və onların pasportlarında göstərilir.

1, 2 və 4 bəndləri üzrə seçim analoji olaraq açarların seçimi kimi aparılır (uyğun olaraq 1,2 və 5 bəndləri üzrə şəkil 4.1-dəki kimi. 3 bəndi üzrə yoxlamaları yalnız qq-nın zərbə cərəyanına görə aparmaq kifayətdir (3 b bəndi üzrə şəkil 4.1).

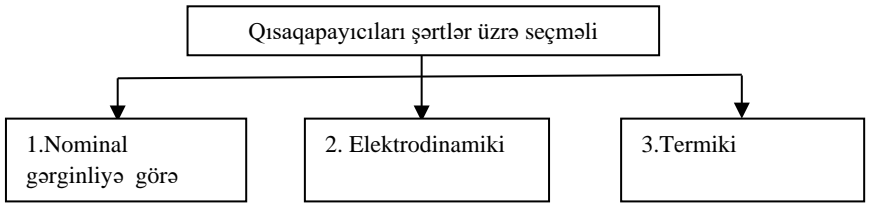
Ayırıcıları və aralayıcıları aşağıdakı struktur sxem üzrə seçirlər.



**Şəkil 4.1 Ayırıcı və aralayıcıların seçilməsinin struktur sxemi**

Hesabatın nəticələri və aparatın nominal parametrləri adətən, aşağıdakı kimi bir cədvələ yerləşdirilir.

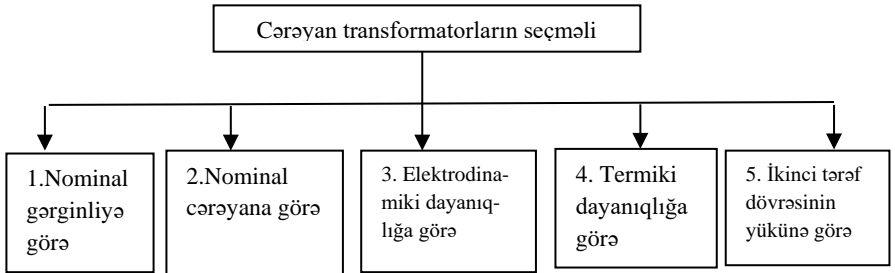
QQ-nın seçilməsi aşağıdakı struktur sxemi üzrə aparılır:



**Şəkil 4.2. Qısaqapayıcıların seçilməsinin struktur sxemi.**

## Cərəyan transformatorlarının seçilməsi

Cərəyan transformatorlarının (CT) nominal parametrləri kataloqlardakı, sorğu kitablarındakı cədvəllərdə verilir. Cərəyan transformatorlarının seçilməsinin struktur sxemi göstərilmişdir:



**Şəkil 4.3 . Cərəyan transformatorunun seçilməsinin struktur sxemi**

1. Gərginliyə görə seçmə açarların seçilməsi ilə analogidir. 2. CT qoşulacaq dövrənin uzunmüddətli işçi cərəyanı

$$I_{hes} \leq I_{1nom.}$$



Burada  $I_{1nom}$  - CT-nun birinci dövrəsinin (tərəfinin) nominal cərəyanıdır.

Onun qiyməti mümkün qədər  $I_{iş.u.m}$  qiymətinə yaxın seçilir, belə ki, birinci tərəf dolağının az yüklənməsi xətanın artmasına səbəb olur. 3. Qısaqapanmanın zərbə cərəyanı. 4. Coul inteqralı

$$B_k \leq (K_t I_{1nom})^2 t_t$$

Burada  $K_t$  – termiki dayanıqlığın dəfəliyidir.

5. İkinci tərəfin yükü  $i_{zər} \leq \sqrt{2} K_{din} I_{1nom}$

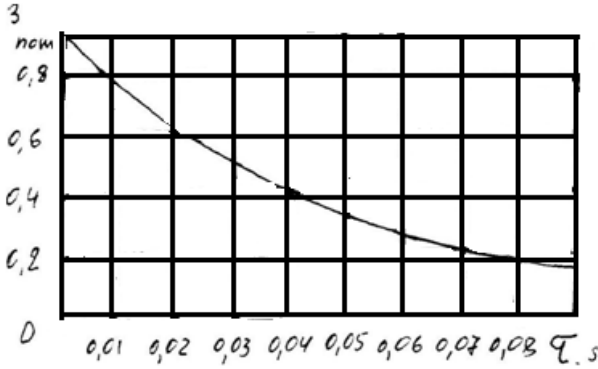
$$Z_2 \leq Z_{2nom}$$

Burada  $Z_{2nom}$  – buraxıla bilən nominal yük (verilmiş dəqiqlik sinfində), Om.

İkinci tərəf yükünü təxmini təyin etmək buraxıla biləndir:  $Z_2 = Z_{cih.} + R_{naq.} + R_k$

Burada  $Z_{cih.}$ –ardıcıl qoşulmuş cihazların cərəyan dolaqlarının müqavimətidir;  $R_{naq.}$ –birləşdirici naqillərin müqavimətidir;  $R_k$ –kontakların keçid müqavimətidir.1 və 3 bəndləri üzrə süçim açarların seçilməsi ilə analogi yerinə yetirilir.2 bəndi üzrə yoxlama aparılır.

Aperiodik mürəkkəbənin nisbi nominal tərkibi  $\beta_{nom}$  aşağıdakı asılılıqdan təyin edilir (şəkil 4.4).

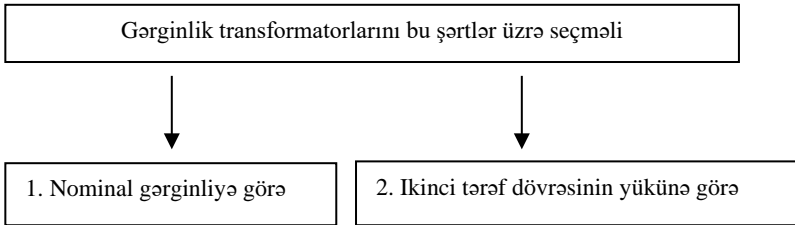


**Şək. 4.4.** Aperiodik mürəkkəbənin nisbi nominal tərkibinin  $\beta_{nom}$  qısa qapanmanın hesabat açılma zamanından  $\tau$  asılılığı.

### Gərginlik transformatorlarının seçilməsi

Gərginlik transformatorlarının (GT) nominal parametrləri kataloqlardakı və sorğu kitablarındakı cədvəllərdə verilir.

Gərginlik transformatorları aşağıdakı struktur sxeminə əsasən seçilir.



**Şək. 4.5 .** Gərginlik transformatorlarının seçilməsinin struktur sxemi

## Yüksək gərginlik aparatlarının seçilməsi üzrə ümumi cədvəl

Seçmə şərtləri	Şəbəkənin hesabat məlumatları	Kataloq məlumatları		
		Açar BMK-110-2000-20VI ВП intiqalı ilə	ШПОМ intiqallı OD-110 M/630 aralayıcısı	ШПКМ intiqallı qısaqapayıcı K3-110 M
$U_{\dot{\varphi}.nom} \leq U_{nom}$	$U_{\dot{\varphi}.nom} = 110kV$	$U_{\dot{\varphi}.nom} = 110kV$	$U_{\dot{\varphi}.nom} = 110kV$	$U_{\dot{\varphi}.nom} = 110kV$
$I_{hes} \leq I_{nom}$	$I_{hes} = 420A$ $I_{hes} = 120A$	$I_{nom} = 2000A$ -	- $I_{nom} = 630A$	- -
$I^{(3)} \leq I_{hüd}$	$I^{(3)} = 5,9kA$	$I_{hüd} = 20kA$	-	-
$I_z \leq I_{hüd}$	$I_z = 15kA$	$I_{hüd} = 51kA$	$I_{hüd} = 80kA$	$I_{hüd} = 34kA$
$I_{p\tau} \leq I_{aç.nom}$	$I_{p\tau} = 5,7kA$	$I_{aç.nom} = 20kA$	-	-
$\sqrt{2}I_{p\tau} + i_{a.\tau} \leq \sqrt{2}I_{aç.nom} (1 + \beta_{nom})$	$\sqrt{2}I_{p\tau} + i_{a.\tau} = \sqrt{2} \cdot 5,7 + 2,5 = 10,6kA$	$\sqrt{2}I_{aç.nom} \times (1 + \beta_{nom}) = \sqrt{2} \cdot 20 \times (1 + 0,24) = 35,2kA$	-	-
$B_k \leq I_{hüd.t}^2 \cdot t_t$	$B_k = 24,5kA^2 \cdot san$	$I_{hüd.t}^2 \cdot t_t = I_{hüd.t}^2 \cdot t_t = 20^2 \cdot 3 = 1200kA^2 \cdot san$	$I_{hüd.t}^2 \cdot t_t = 22^2 \cdot 3 = 1450kA^2 \cdot san$	$I_{hüd.t}^2 \cdot t_t = 13,3^2 \times 3 = 530kA^2 \cdot san$

1. Şəbəkənin nominal gərginliyi və GT-nun nominal gərginliyi eynidir:

$$U_{ş.nom} = U_{nom.}$$

2. İkinci tərəf dövrəsinin tam hesabət yükü:

$$S_2 \leq S_{2nom.}$$

Burada  $S_{2nom}$  – ikinci tərəfin nominal gücüdür (verilmiş dəqiqlik sinfində), V.A.

Tam yükün dəqiq hesabətı GT-larının və cihazların qoşulma sxemini nəzərə almaqla ən çox yüklənmiş faza üçün yerinə yetirilir. Təxmini hesablama zamanı tam yük, cihazların qoşulma sxemini və onların fazalar üzrə bölünməsinə nəzərə almadan, GT-nun bütün fazalarındakı yüklərin cəmi kimi təyin edilir:

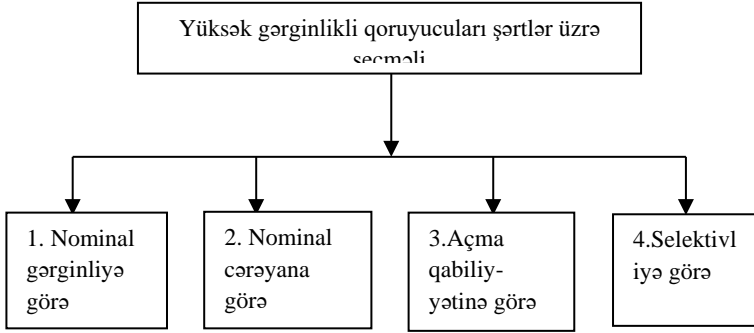
$$S_2 = \sqrt{(\sum P_{cih.})^2 + (\sum Q_{cih.})^2} = \sqrt{(\sum S_{cih.} \cos \varphi_{cih.})^2 + (\sum S_{cih.} \sin \varphi_{cih.})^2}$$

Burada  $S_{cih.}$  – bütün cihazların gərginlik dolaqlarının tələb etdiyi tam gücdür, VA (kataloqdan götürülür);  $\cos \varphi_{cih.}$  – cihazların güc əmsalıdır (voltmetrlər, vattmetrlər və tezlik ölçmələr üçün vahidə bərabər, sayğaclar üçün isə - 0,38 ( $\sin \varphi_{cih.} = 0,925$ ) götürülür.

### **Qoruyucuların seçilməsi**

Qoruyucuların nominal parametrləri kataloqlarda və sorğu kitablarındakı cədvəllərdə verilir.

Yüksək gərginlikli qoruyucular aşağıdakı struktur sxeminə görə seçilir.



**Şək.4.6.. Yüksək gərginlikli qoruyucuların seçilməsinin struktur sxemi**

1. Şəbəkənin və aparatın nominal gərginliyi eyni olmalıdır.

2. Əriyən içliyin nominal cərəyanı ( $I_{\text{əz.nom}}$ ) və transformatoru yüksək gərginlik tərəfdən mühafizə edən qoruyucunun gülləsinin nominal cərəyanı ( $I_{\text{pat.nom.}}$ ) şərti ödəməlidir.

$$I_{\text{ər.nom.}} = K_{\text{et}} \cdot I_{\text{tr.nom.}} \leq I_{\text{pat.nom.}}$$

Burada  $K_{\text{et}}$  –transformator qoşulan zaman maqnitlənmə cərəyanının sıçrayışlarına nizamlamaq üçün etibarlıq əmsalıdır

$$(S_{\text{tr.nom.}} > 160\text{kVA olduqda } K_{\text{et}} = 1,5...2).$$

GT-na gedən dövrlərdə qoruyucuların nominal cərəyanı seçilmir.

3. Qoruyucunun arxasında baş verən qısaqapanma zamanı cərəyanın periodik mürəkkəbəsinin

başlanğıc qiyməti:

$$I^{(3)} \leq I_{açma}$$

Burada  $I_{açma}$ –qoruyucunun gülləsinin simmetrik hüdud açma cərəyanıdır.

Bir sıra cərəyan məhdudlaşdırıcı PKT və PKTY tipli qoruyucular üçün açma qabiliyyəti məhdudlaşdırılmamışdır.

4. Şəbəkənin qonşu elementlərinin mühafizəsi ilə qoruyucuların selektivlik işi qoruyucunun mühafizə xarakteristikasının (cərəyan-zaman) ayrılan və qidalandıran xətlərin mühafizə xarakteristikaları ilə müqayisə yolu ilə yoxlanılır. Qida mənbəyinin yaxınlığında yerləşən mühafizənin xarakteristikası tələbedicinin yaxınlığında yerləşən mühafizənin xarakteristikasından yüksək olmalıdır.

### **Yük açarlarının seçilməsi**

Yük açarlarının nominal parametrləri kataloqlarda və sorğu kitablarında cədvəl şəklində verilir.

Yük açarlarının seçilməsi şəkl.4.7-də verilmiş struktur sxemi üzrə aparılır.

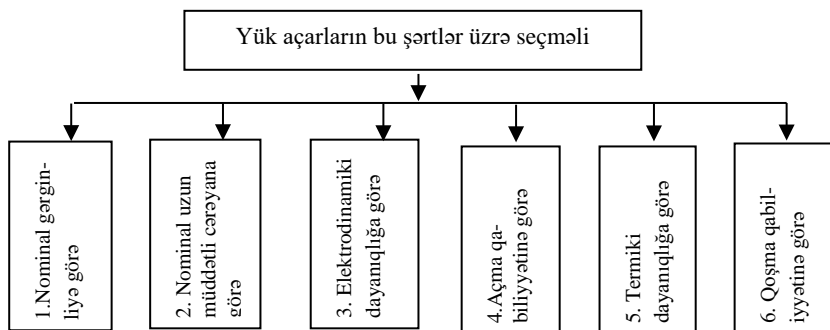
Yük açarlarının 1,2 və 5 bəndləri üzrə seçilməsi açarların seçilməsi ilə analojidir.

Cərəyan məhdudlaşdırıcı qoruyucunun mövcudluğu zamanı zərbə cərəyanı  $i_z$  qoruyucunun cərəyan məhdudlaşdırma qabiliyyətini nəzərə almaqla təyin edilir.

4 bəndinə görə yoxlama, ardıcıl qoşulmuş qoruyucu olmadığı halda, bu şərt üzrə aparılır:

$$I_{hes.} \leq I_{açma.nom.}$$

Burada  $I_{hes}$ –iş rejimində ən böyük mümkün cərəyandır;  $I_{aç.nom}$  – qövs söndürücü kontaktlarda hüdud açma cərəyanıdır.



**Şək. 4.7. Yük açarlarının seçilməsinin struktur sxemi**

Ardıcıl qoşulmuş qoruyucu olduqda

$$I''^{(3)} \leq I_{açma}$$

Burada  $I_{açma}$  qoruyucunun patronunun simmetrik hüdud açma cərəyanıdır.

6 bəndinə görə yoxlama, ardıcıl qoşulmuş qoruyucu olmadıqda aparılır:

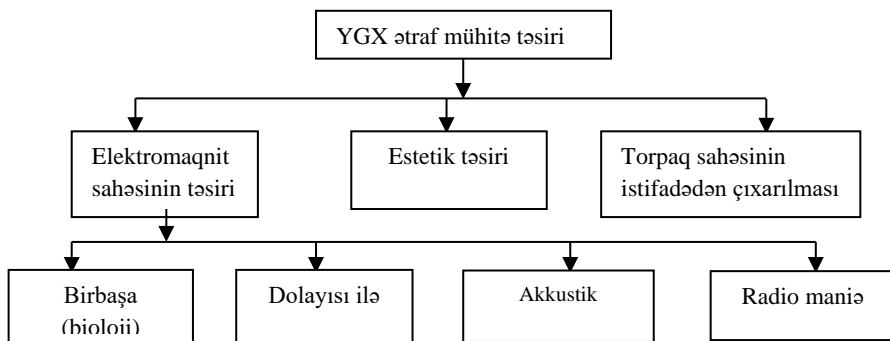
$$I_{vur.hes.} \leq I_{vur.nom.}$$

Burada  $I_{vur.hes.}$ –vurma momentində qq cərəyanının periodik mürəkkəbəsidir;  $I_{vur.nom}$  – vurma cərəyanının periodik mürəkkəbəsinin nominal təsiredici qiymətidir.

## Elektrik veriliş xətlərinin ekoloji təsiri

Çox yüksək gərginlikli (ÇYG) 500...750 kV elektrik şəbəkələrinin inkişafı və ultra yüksək gərginlikli (UYG) 1150 kV və yuxarı gərginlikli şəbəkələrin istifadə edilməsi ilə əlaqədar yüksək gərginlikli elektrik veriliş xətlərinin (YGX) ekoloji təsir məsələləri xüsusi aktualıq kəsb edir.

Yüksək gərginlikli xətlərin ətraf mühitə təsiri son dərəcə müxtəlifdir (şək. 4.8). Ona ətraflı baxaq.



**Şək. 4.8. Yüksək gərginlikli elektrik veriliş xətlərinin ekoloji təsir faktorları.**



## **V FƏSİL**

### **ALTERNATİV ENERJİ MƏNBƏLƏRİNDƏN KOMPLEKS İSTİFADƏ**

#### **5.1. Günəş enerji mənbələri ilə Paralel işləyən alternativ enerji mənbələri**

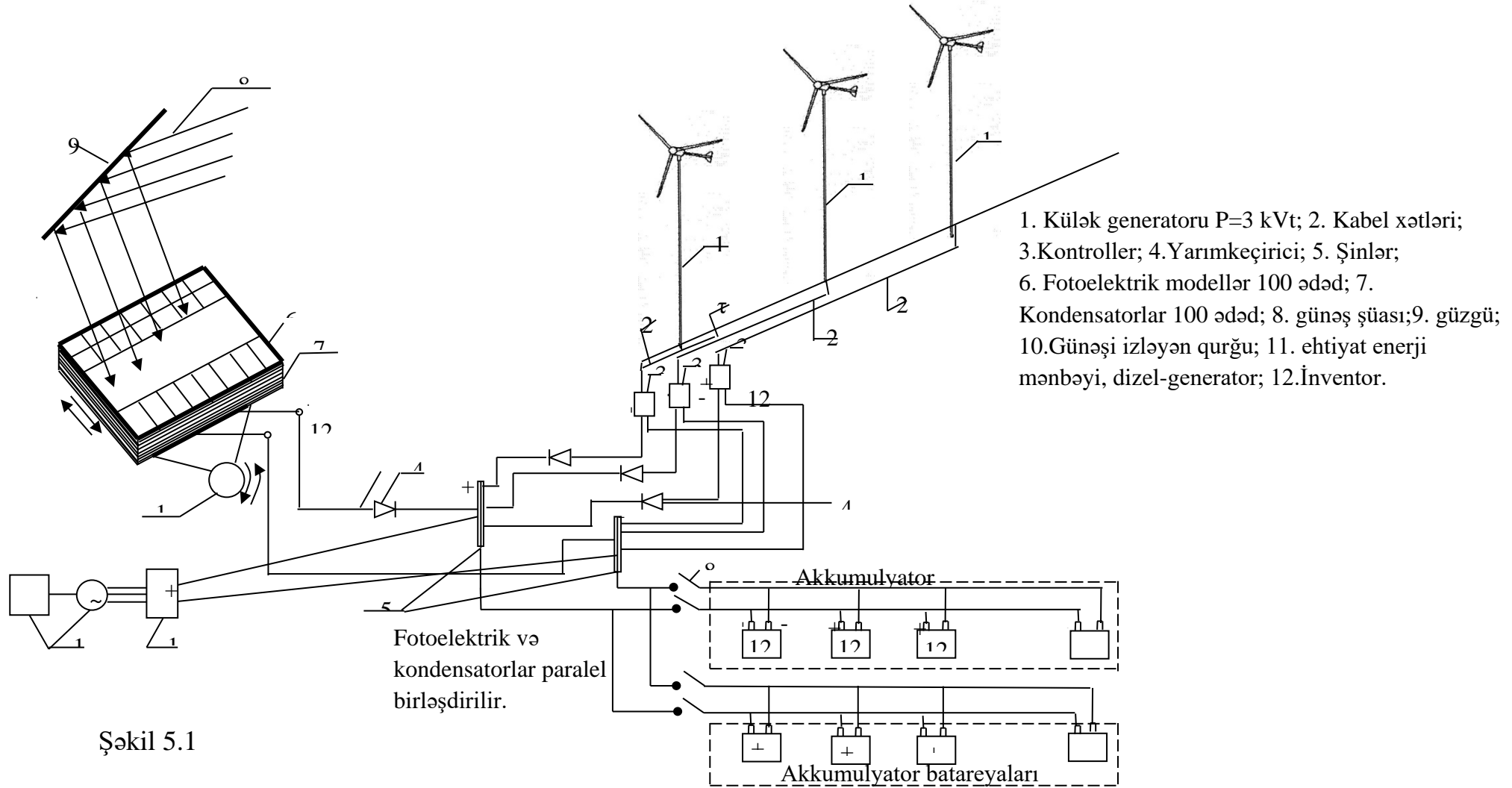
Alternativ enerji mənbələri bir qayda olaraq mənəvi enerji mənbələrindən fərqli olaraq əsasən az güclü olmaqla eyni zamanda təbii enerjilərin (günəşin radiyasından, küləyin sürətindən, suyun sərfindən, biokütlənin miqdarından və i.a.) miqdarından asılı olur. Lakin enerji tələbəcilərinin yük qrafiki enerji mənbələrinin potensiallarının zamana görə dəyişmə xarakteristikasından asılı olmayaraq texnoloji proseslərin tələbatına uyğun olaraq dəyişir. Belə uyğunsuzluqları aradan qaldırmaq ayrı-ayrılıqda müstəqil işləyən enerji mənbəyi tərəfindən ödənilə bilməz. Alternativ enerji mənbəyinin bu çatışmazlığı əlavə problem törədir. Oudur ki, belə problemin həllinə nail olunması üçün fərqli xarakteristikalı və iş prinsipli kiçik güclü alternativ enerji mənbələrinin paralel işlədilməsi sxeminə əsaslanan prinsip üzrə enerjinin toplanması və onlardan səmərəli istifadə olunması ilə tələbəcilərin keyfiyyətli enerji ilə fasiləsiz enerji təchizatına nail oluna bilər. Bu məqsədlə akkumulyator batareyalarını doldurmaq və ya elektrik enerjisi tələbəcilərini qidalandırmaq tərtib edilmiş sxem üzrə həyata ke-

çirilir. Sxem üzrə elektrik tələbedicilərinin qidalandırılmasının və akkumulyator batareyalarının doldurulması prosesləri aşağıdakı ardıcılıqla yerinə yetirilir.

Sxemə əsasən fotoelektrik modulları (6), külək generatorları (1) və ehtiyat enerji mənbəyi (dizel-generator, biokütlə enerji mənbəyi kimi güclü SES, kiçik güclü İEM və i.a.) paralel işləyərək müsbət (+) və mənfi (-) qütblü toplayıcı sabit cərəyan şinlərinə ötürür. Küləyin sürəti 2 m/san-dən artıq olduqda 1-külək generatorunda hasil edilən dəyişən cərəyan 12 inventoru vasitəsi ilə əvvəlcədən hesablanmış qiymətə uyğun gərginliklə yarımkeçiricilər 2-kabel xətləri vasitəsi ilə 5 toplayıcı şinlərinə ötürülür. Eyni zamanda 8-güzgüsü ilə sındırılan günəş şüalarıda 6 fotoelektrik modullarına düşərək hasil edilmiş sabit cərəyan 4-yarımkeçiricisindən keçərək 5-toplayıcı şinlərinə ötürülür. Toplayıcı şinlərə həm də sxemdə göstərilmiş 11-ehtiyat enerji mənbəyi dizel-generatorda hasil edilən elektrik enerjisi də 5-toplayıcı şininə ötürülür. Beləliklə, paralel işlədilən enerji mənbələrində hasil olunan elektrik enerji toplayıcı şinlərdən akkumulyator batareyalarının doldurulmasına həm də elektrik tələbedicilərinin işlədilməsinə sərf edilir.

Fotoelektrik modullarında günəş enerjisindən alınan elektrik enerjisinin toplanması üçün hər bir fotoelektrik modulunun alt hissəsində aralarına izolyasiya lakı çəkilmiş nazik mis lövhələr quraşdırılmışdır. Bu qurğu kondensator rolunu oynayır.

## AKKUMULYATORLARIN DOLDURMASI VƏ ELEKTRİK ENERJİSİ TƏLƏBEDİCİLƏRİNİN QİDALANDIRILMASI SXEMİ



Şəkil 5.1

8 – mis lövhə qalınlığı  $\delta_1 = 0,5 \text{ mm}$ ;  $a = 900 \text{ mm}$ ;  $b = 1250 \text{ mm}$

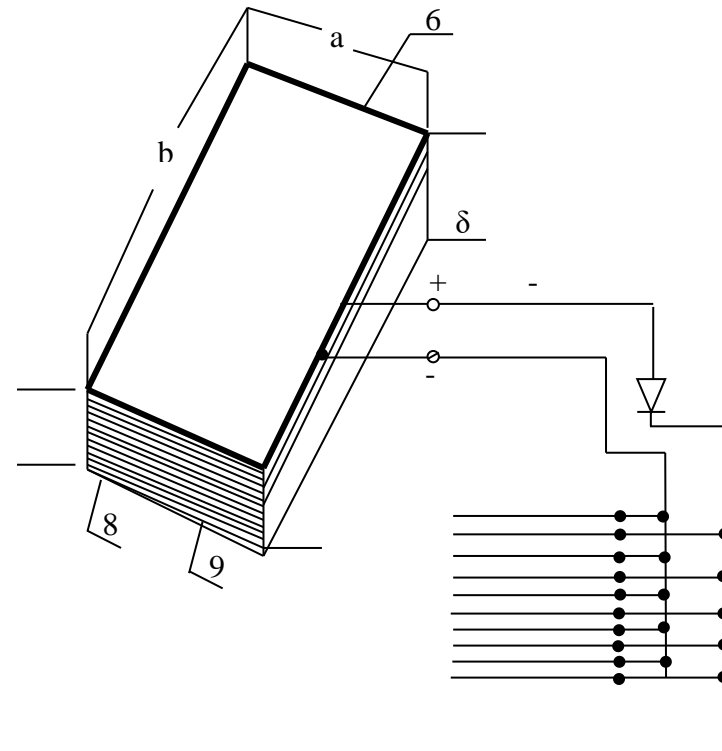
9 – dielektrik lak  $\delta_2 = 0,2 \text{ mm}$ ;

Kondensatorun ümumi lövhələrinin sayı

$$n = 10 \text{ ədəd.}$$

Kondensatorun ümumi qalınlığı

$$\delta = (\delta_1 + \delta_2) \cdot n = (0,5 + 0,2) \cdot 10 + 70 \text{ mm}$$



Şəkil 5.2. Kondensatorun konstruktiv quruluşu və elektrik birləşmə sxemi

Kiçik güclü alternativ elektrik enerji mənbələrinin paralel işlədilməsi ilə daimi elektrik enerji mənbələrinin yaradılması mümkün olmaqla elektrik enerjisinin keyfiyyət göstəricilərinin yüksəldilməsinə onun kəmiyyət göstəricilərinin tənzimlənməsinə və səmərəliliyinin artırılmasına nail olunmasına imkan yaranar.

**Məsələ:** Hər birinin gücü  $140 \div 150 \text{ Vt}$ , ölçüləri  $0,9 \times 1,2 \text{ m}$  olan  $kV -140/12 \text{ M}$  tipli Fotoelektrik modullarından və 3 ədəd hər birinin gücü  $P = 3 \text{ kVt}$  olan külək generatorunun paralel işlədilməsi ilə yeni kənd təsərrüfatı traktorunun gücünü müəyyən etmək.

$kV -140/12 \text{ M}$  tipli bu modulların hər birinin maksimal gücü  $P = 140 \div 150 \text{ Vt} - dır$ . Elementlərin orta gücü isə  $P_{or} = 90 \text{ Vt}$  100 ədəd modulun maksimal gücü:

$$P_{max} = P \cdot 100 = 140 \cdot 100 = 14000 \text{ Vt}$$

olar.

Əgər modulun orta işçi gücünü hesablamalı olsaq, onun sutkada təqribən 7 saat işlədiyi faydalı iş sayılır.

Gün ərzində bu fotoelektrik modulların orta ümumi gücü:

$$P_{üm} = P_{or} \cdot 100 = 90 \cdot 100 = 9000 \text{ Vt}$$

olur.

$$\text{Deməli, } P_{üm} = 9000 \text{ Vt} = 9 \text{ kVt}$$

Nəzərə alsaq ki, günəş şüalarının gün ərzində 7 saat müddətində aktiv olduğunu nəzərə alsaq, onda bu qurğuların gün ərzində istehsal etdiyi enerjinin miqdarı

$W_{\text{üm}} = P_{\text{üm}} \cdot 7 = 9kVt \cdot 7 \text{ saat} = 54 kVt. \text{ saat}$   
olur.

Sxemə nəzər salsaq görərik ki, günəş şüalarının aktiv vəziyyətində bir-biri ilə paralel birləşdirilmiş fotoelektrik modullar (100 ədəd) və kondensatorlar (100 ədəd) ibarət günəş batareyası vasitəsi ilə, akkumulyator bloku doldurulur. Günəş şüaları zəif olduqda, sxemdə göstəriləyi kimi kontrollerlər -3 vasitəsi ilə, akkumulyator blokları külək generatoru tərəfindən enerji ilə təmin edilir. Bu proses hava şəraitinin dəyişməsi ilə əlaqədar olaraq davam edir. Akkumulyator doldurma məntəqəsində istehsal ediləcək elektrik gücünün orta qiymətini hesablamaq mümkün olur.

Külək generatorlarının çıxış gərginliyi

$$U = \sim 240 V \text{ (dəyişən cərəyan)}$$

Kontrollerlərdən çıxış gərginliyi isə  $U = -12 V$  (sabit cərəyan).

Bu sistemin illik enerji istehsalı

$$W_{il} = 7500 kVt. \text{ saat} .$$

Təklif olunan hər bir akkumulyator blokunun yükü

$Q = 2400 Am. \text{ saat}$  olduğundan, hər bir generatorun orta işçi gücü tapılır.

$$P_{gen} = \frac{W_{il}}{T_{il}} = \frac{7500}{8760} \text{ saat} = 0,85 k Vt$$

Burada  $T_{il}$  –il ərzində saatların ümumi sayı–8760 saat;  
 $W_{il}$ –sistemin illik enerji istehsalı– 7500 kVt.saət.

Generatorların ümumi orta gücü

$$P_{\text{üm.gen}} = P_{gen} \cdot n = 0,85 \cdot 3 = 2,55 kVt$$

Burada  $n$  – külək generatorlarının sayı, - 3 ədəd.

3 ədəd generatorun birlikdə istehsal etdiyi enerji miqdarı

$$W_{\text{üm.gen}} = P_{\text{üm.gen}} \cdot T_{\text{gün}} = 2,55 \cdot 24 = 61,2 \text{ kVt. saat} .$$

Gün ərzində akkumulyator doldurma məntəqəsində istehsal ediləcək elektrik gücünün orta qiyməti

$$P_{\text{üm.}} = P_{\text{üm.gen}} + P_{\text{üm}} = 2,55 + 9 = 11,55 \text{ kVt}$$

olar.

Burada  $P_{\text{üm}}$ –fotoelektrik modulların orta gücü;  $P_{\text{üm.gün}}$ –generatorların ümumi gücüdür.

Bu məntəqədə gün ərzində istehsal olunan enerji miqdarı isə

$$W_{\text{üm.gün}} = W_{\text{üm.gen}} + W_{\text{üm}} = 61,2 + 54 = 115,2 \text{ kVt. saat}$$

olacaqdır.

Hesabatdan məlum olur ki, əsasən kiçik və orta güclü kənd təsərrüfat obyektlərini, bəzi fermer təsərrüfatlarının, kiçik güclü istehsal müəssisələrinin enerji ilə təmin edilməsi üçün, yuxarıda araşdırdığımız enerji sistemlərindən istifadə oluna bilər. Bu enerji mənbələri alternativ enerji mənbələrinin, tərkib hissəsi olub, uzun müddətli və etibarlı enerji mənbəyinə malik olan enerji sistemidir.

Ümumiyyətlə, bu sistemlərdən kiçik güclü maşın-mexanizmlər şəbəkəsinin işində də istifadə etmək olar.

Yanacaqə qənaət edilməsi üçün kənd təsərrüfatı sahələrində təbii enerji mənbələrindən istifadə olunması eyni zamanda iqtisadi cəhətdən əlverişlidir. Məsələn, traktor üzərində quraşdırılmış günəş batareyasının enerji istehsal hesabatına nəzər salaq. Bu proses şəkil 5.3-də göstərilən sxema üzrə həyata keçirilir. Burada: 1,3-fotoelektrik modul və kondensator qurğusu; 2–tənzimləyici reostat; 4–əlavə enerji mənbəyi; 5–qarışıq təsirlənən sabit cərəyan mühərriki; 6- açarlar.

Əgər traktor üzərində quraşdırılmış akkumulyator batareyalarının sayını 30 ədəd, elektrik yük tutumu  $Q = 200 \text{ A.saat}$  götürsək, onda gün ərzində onların doldurulmasına tələb olunan güc

$$P_{akk} = \frac{Q}{T_{dol}} \cdot U \cdot n = \frac{200}{16} \cdot 12 \cdot 60 = 4,5 \text{ kVt} \text{ olar.}$$

Burada:  $Q$  – akkumulyator, yük tutumu – 200 A.saat;  $T_{dol}$  – onun dolma müddəti – 16 saat;  $U$  – tələb olunan gərginlik – 12 V;  $n$  – akkumulyatorun sayı – 30 ədəd.

Doldurulmuş akkumulyatorun enerjisi

$$W_{akk} = Q \cdot n \cdot U = 200 \cdot 30 \cdot 12 = 72 \text{ kVt.saat} \text{ olur.}$$

Külək generatorunun və fotoelektrik modulların ümumi gücü, akkumulyator batareyasının gücündən çox olduğuna görə, akkumulyator batareyalarının daimi enerji mənbəyi olaraq işçi vəziyyətdə olması təsdiqlənir.

$$P_{üm} \geq P_{akk}; \quad P_{üm} = 11,55 \text{ kVt}; \quad P_{üm} = 4,5 \text{ kVt.}$$



## İSTİFADƏ OLUNAN ƏDƏBİYYATLAR

1.P.Rüstəmzadə. Elektrik stansiyalarının elektriki hissəsi. Bakı, Maarif, 1966.

2.A.A.Васильев, Н.П. Крючков, Е.Ф.Наяшкова, М.Н.Околович. Электрическая часть станций и подстанций. М., Энергоатомиздат. 1990.

3.Ю.Б.Гук, В.В.Контан, С.С.Петрова. Проектирование электрической части станций и подстанций. Ленинград. Энергоатомиздат. 1985.

4.Ə.C.Вəдəлов. Elektrik sistemləri və şəbəkələri. Bakı. Azərbaycan Dövlət neft Akademiyasının mətbəəsi. 1995.

5.A.A. Федоров, Л.Е. Старкова. Учебное пособие для курсового и дипломного проектирования. М., Энергоиздат. 1087.

6.E.H.Suleymanlı. Elektrik sistemlərində keçid prosesləri. Bakı. Maarif. 2008.

7.S.Z.Məmmədov, S.M. Gözəlov. Kurs işlərinin və diplom layihələrinin yerinə yetirilməsinə dair metodiki vəsait. Gəncə. ADAU-nun mətbəəsi. 2010.

8.S.Z. Məmmədov., N.Ə.Babayev. Kənd təsərrüfatının elektrik təchizatı. Gəncə. "Araz" poliqrafiya müəssisəsi. 2012.

9.S.Z.Məmmədov, N.Ə.Babayev. Alternativ enerji mənbələri. Gəncə. Araz poliqrafiya müəssisəsi. 2012.

10.Под редакцией Д.Л.Файбисовича. Справочник по проектированию электрических систем. М., ЭНАС. 2009.

11. Правила устройства электроустановок. 7-ое изд. Издательство НЦЭНАС. 2002.

12. В.М.Блок. Г.К. Обушев и др. Пособие к дипломному проектированию для электроэнергетических специальностей вузов. М., Высшая школа. 1990.

13. В.У. Lipkin. Sənaye müəssisələrini və qurğularının elektrik təchizatı. Bakı, Maarif. 1985.

14. Прохорский А.А. Электрические станции и подстанции.-М.: Транспорт, 1983.

15. Федоров А.А. Справочник по электроснабжению и электрооборудованию.-М.: Энергоатомиздат, 1987.

16. Фоков К.И. Выбор проектных решений при разработке подстанций 10–500 кВ. Учебное пособие. -Хабаровск, изд-во ДВГУПС, 2001.

17. Бей Ю.П. Тяговые подстанции.-М.: Транспорт, 1987.

18. Пронтарский А.Ф. Системы и устройства электроснабжения.-М.: Транспорт, 1984.

19. Васильев А.А. Электрическая часть станций и подстанций. -М.: Энерго-атомиздат, 1990.

20. Справочник по проектированию электроснабжения. Под ред. Барабина Ю.Г. и др. -М.: Энергоатомиздат, 1990.

21. Неклепаев Б.Н. Электрическая часть электростанций и подстанций: учебник для вузов. 2-е изд., перераб. и доп.-М.: Энергоатомиздат, 1986. 640 с.

22.Крючков И.П., Кувшинский Н.Н., Неклепаев Б.Н. Электрическая часть электростанций и подстанций: Справочные материалы для курсового и дипломного проектирования. 3-е изд.– М.: Энергоатомиздат, 1989. – 608 с.

23.Электрическая часть электростанций / под ред. С.В. Усова. –Л.: Энергоатомиздат, 1987. – 616 с.

24. Tahir Cəfərov. Vərpə olunan enerjii mənbələrinin Energetika sisteminə inteqrasiyasında hidroakkumulyasiya elektrik stansiyalarının rolu. “Kövsər” nəşriyyatı, Bakı 2013, 95 s.

25.Hüseynov Q.Ə., Məmmədova G.V. Energetik qurğuların elektrik avadanlığı. Bakı 2012, “Afpoliqraf” mətbəəsi, 271 s.

# MÜNDƏRİCAT

<b>GİRİŞ</b> .....	2
<b>I FƏSİL. Elektrik enerjisi istehsal edən mənbələr</b>	
Ümumi məlumat.....	4
1.1.İstilik energetik stansiyaları.....	5
1.2.Hidro elektrik stansiyaları. Çayların konstruktiv və texniki göstəricilərinin təyin edilməsi.....	10
1.3.Alternativ enerji mənbələri. Alternativ enerji mənbələrinin xarakteristikaları. Məhsulların enerji tutumuna görə qiymətləndirilməsi. Enerji növləri və enerji tutumlu məhsullar.....	30
1.4.Atom elektrik stansiyası.....	78
1.5.Modul tipli elektrik stansiyaları.....	85
1.6.Hidro Akkumulyasiyalı Elektrik Stansiyaları Energetika sistemində HAES-in müstəqil (avtonom) və ya BOEM-lə birgə fəaliyyətinin effektivliyi. HAES-in quruluşu.....	89
<b>II FƏSİL. Ənənəvi elektrik stansiyalarının əsas avadanlıqları və aparatları.</b>	
2.1.Turboturbinlər.....	120
2.2. Hidroturbinlər .....	148
2.3.Generatorlar. Ümumi məlumat.....	223
<b>III FƏSİL.Yüksəldici transformatorlar</b>	
3.1.Transformatorların elementlərinin konstruksiyaları.....	276
<b>IV FƏSİL.Elektrik stansiyalarının paylayıcı quruluşları</b>	

4.1.Yüksək gərginlik kommutasiya aparatlarının seçilməsi.....296

**V FƏSİL. Alternativ enerji mənbələrindən kompleks istifadə**

5.1.Günəş enerji mənbələri ilə Paralel işləyən alternativ enerji mənbələri.....313

**İSTİFADƏ OLUNAN ƏDƏBİYYATLAR.....321**