

TEXNİKA ELMLƏRİ TECHNICAL SCIENCES

DOI: <https://doi.org/10.36719/2663-4619/125/170-184>

Şükür Nəsirov

Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti
texnika elmləri üzrə fəlsəfə doktoru
<https://orcid.org/0000-0001-6421-7549>
shukur.nasirov@asoiu.edu.az

Aydan Əliyeva

Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti
magistrant
<https://orcid.org/0009-0009-9732-5699>
aliyavaaydan2002@gmail.com

Seymur Həşimov

Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti
magistrant
<https://orcid.org/0009-0006-6771-6451>
seymurhashimov773@gmail.com

Buxar-qaz qurğularının istilik sxeminin və iş rejiminin analizi

Xülasə

Bu məqalədə istismar zamanı əldə olunmuş faktiki ölçmə nəticələri əsasında üç dövrəli buxar-qaz qurğularının istilik səmərəliliyi sistemli şəkildə təhlil edilmişdir. Tədqiqat çərçivəsində istilik sxeminin əsas parametrlərinin qurğunun ümumi faydalı iş əmsalına təsir mexanizmləri müəyyən olunmuşdur. Qaz və buxar turbinli hissələrin əsas iş göstəriciləri qarşılıqlı əlaqədə araşdırılmış, işçi maddə kimi istifadə edilən buxar-su qarışığının istilik-fiziki xüsusiyyətləri nəzərə alınmışdır.

Aparılmış analiz nəticəsində müəyyən edilmişdir ki, aralıq qızdırılma üçün optimal təzyiq seçildiyi halda, buxarın temperaturunun artırılması buxar turbininin faydalı gücünü əhəmiyyətli dərəcədə yüksəldir və bu, ümumi qurğu səmərəliliyinə birbaşa təsir göstərir.

Eyni zamanda, kondensator təzyiqinin səviyyəsinin buxar-qaz qurğusunun xalis gücünü formalaşdırən əsas amillərdən biri olduğu müəyyən olunmuşdur. Kondensasiya təzyiqinin azalması turbin çıxışında işçi cismnin genişlənmə dərəcəsini artıraraq əlavə mexaniki işin əldə edilməsinə şərait yaradır.

Üç dövrəli buxar-qaz qurğusunun müxtəlif istismar rejimləri araşdırılmış və müvafiq rejim xarakteristik qrafikləri qurulmuşdur. Təhlil nəticələri göstərir ki, yanma məhsullarının temperaturu və kondensator təzyiqi sabit saxlanıldıqda, qaz turbininin, buxar turbininin və bütövlükdə enerji blokunun gücü nisbətən stabil qalır.

Alınmış nəticələr buxar-qaz qurğularının layihələndirilməsi, istismar rejimlərinin optimallaşdırılması və enerji səmərəliliyinin artırılması baxımından praktiki əhəmiyyət kəsb edir.

Açar sözlər: buxar-qaz qurğusu, istilik sxemi, iş rejimi, qaz turbin, buxar turbin, utilizasiya qazanı, enerji bloku

Shukur Nasirov

Azerbaijan State Oil and Industry University
PhD in Technical Sciences
<https://orcid.org/0000-0001-6421-7549>
shukur.nasirov@asoiu.edu.az

Aydan Aliyeva

Azerbaijan State Oil and Industry University
Master's student
<https://orcid.org/0009-0009-9732-5699>
aliyavaaydan2002@gmail.com

Seymur Hashimov

Azerbaijan State Oil and Industry University
Master's student
<https://orcid.org/0009-0006-6771-6451>
seymurhashimov773@gmail.com

Analysis of the Heating Scheme and Operating Mode of Steam-Gas Plants

Abstract

This study presents a comprehensive analysis of the thermal efficiency of triple-pressure combined cycle power plants based on actual operational measurement data. The influence mechanisms of the main variables of the thermal scheme on the overall efficiency of the plant are investigated. The key operating parameters of both gas turbine and steam turbine sections are examined in an integrated manner, taking into account the thermophysical properties of the steam–water mixture used as the working fluid.

The results indicate that, when an optimal intermediate reheating pressure is selected, an increase in steam temperature leads to a significant rise in the useful power output of the steam turbine, thereby enhancing the overall efficiency of the combined cycle plant. It is also established that condenser pressure is one of the dominant factors determining the net power output of the system. A reduction in condensation pressure increases the expansion ratio of the working fluid at the turbine outlet, resulting in higher mechanical work generation.

Various operating modes of the triple-pressure combined cycle plant are analyzed, and corresponding characteristic operating curves are developed. The analysis shows that, under constant exhaust gas temperature and condenser pressure, the power output of the gas turbine, steam turbine, and the entire power unit remains relatively stable.

The obtained results are of practical importance for the design, modernization, and operational optimization of combined cycle power plants.

Keywords: *combined cycle power plant, operating parameters, air compressor, gas turbine, heat recovery steam generator, power unit*

Giriş

Müasir istilik elektrik stansiyalarında təbii qazla işləyən generasiya qurğuları global enerji sektorunda ən geniş yayılmış texnologiyalar sırasında mühüm yer tutur. Xüsusilə buxarın aralıq qızdırılmasının tətbiq edildiyi, iki və üç təzyiqli utilizasiya qazanları ilə təchiz olunmuş yüksək güclü kombinə edilmiş qaz turbin qurğuları geniş miqyasda istismar edilir. Bu tip qurğuların tətbiqi onların yüksək texniki-iqtisadi göstəriciləri və enerji çevrilməsində əldə edilən üstünlüklərlə şərtlənir (Abdullayev və b., 2013; Abzərli və Arifli, 2020; Kanaev və Korneev, 2004).

Kombinə edilmiş qaz turbin aqreqatları yüksək faydalı iş əmsalına malik olduqları üçün əsasən qısa müddətdə işə düşmə və yük dəyişmələrinə uyğunlaşma imkanları nəzərə alınaraq baza rejimində

işləmək məqsədilə layihələndirilmişdir. Lakin real istismar şəraitində enerji sistemlərində yükün çevik tənzimlənməsi imkanlarının məhdudluğu bu tip qurğuların faktiki iş rejimlərinin layihə üzrə nəzərdə tutulmuş baza rejimindən əhəmiyyətli dərəcədə fərqlənməsinə səbəb olur. Elektrik yüklərinin ötürülmə qrafikləri adətən kombinə edilmiş qaz turbin qurğularında elektrik enerjisinin istehsalının xarici havanın sertifikatlaşdırılmış temperaturu ($t_{xh} = 15^\circ\text{C}$) əsasında formalaşdırılması ilə müəyyən edilir (Kəlbəliyev və b., 2011; Olxovskiy, 2013; Truxniy, 2013).

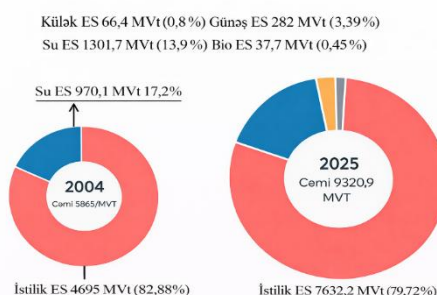
Kombinə edilmiş buxar-qaz qurğuları (KBQQ) xarici havanın temperaturunun sertifikatlaşdırılmış səviyyədən yüksək olduğu şəraitdə daha az elektrik enerjisi istehsal edir ki, bu da enerji istehsalçıları üçün quraşdırılmış gücə görə ödənişlərin azalması ilə nəticələnən iqtisadi itkilərə gətirib çıxarır (Məmmədova, 2019; Truxniy və Petrunin, 2013). Belə şəraitdə mövcud avadanlığın konstruktiv dəyişikliklərinə yol vermədən, maksimum və minimum elektrik yükləri arasındakı fərq kimi xarakterizə olunan BQQ-lərin tənzimləyici yük diapazonunun genişləndirilməsi zərurəti aktuallaşır. Qismən yüklənmə rejimlərində buxar-qaz qurğularının istismar müddətinin artması, minimum yüklərdə işləmə hallarının çoxalması, eləcə də enerji sistemində tezlik və gücün tənzimlənməsinə bu qurğuların cəlb edilməsinin məqsədəuyğunluğu yüksək güclü BQQ-lərin iş rejimlərinin hərtərəfli elmi araşdırılmasını mühüm vəzifəyə çevirir (Tsanev, 2011; Zisin, 2010).

Bu tədqiqatın obyektinə kombinə edilmiş buxar-qaz qurğularıdır. İşin əsas məqsədi KBQQ-lərin iş rejimlərinin kompleks təhlili əsasında onların iqtisadi səmərəliliyinin artırılması imkanlarının müəyyən edilməsidir. Bu məqsədə nail olmaq üçün aşağıdakı vəzifələr müəyyən edilmişdir:

1. Müxtəlif elektrik yükləri və açıq hava temperaturu şəraitində kombinə edilmiş buxar-qaz qurğularının iş rejimləri arasındakı asılılıqların qurulması;

2. Dəyişən elektrik yükləri şəraitində kombinə edilmiş qurğuların istismar rejimlərinin optimallaşdırılması üzrə təkliflərin işlənməsi.

Buxar-qaz qurğulu istilik elektrik stansiyaları hazırda enerji sektorunda elektrik enerjisi istehsalının əsas mənbələrindən biri hesab olunur. Bu stansiyalarda yanacaqın yanması zamanı ayrılan istilik enerjisi elektrik enerjisinə çevrilir. Qlobal miqyasda istehsal olunan elektrik enerjisinin təxminən 75%-i, Azərbaycan üzrə isə təxminən 80%-i məhz bu tip stansiyaların payına düşür (Abdullayev və b., 2013; Abzərli və Arifli, 2020) təşkil edir (Şəkil 1).



Şəkil 1. Azərbaycanda istehsal olunan elektrik enerjisi istehsalında stansiyaların müxtəlif illərdə payı

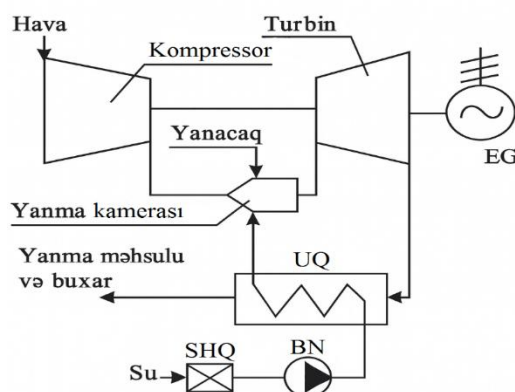
İstilik energetikasında müşahidə olunan müasir inkişaf tendensiyaları elektrik stansiyalarının səmərəliliyi, etibarlılığı, kapital tutumu və ekoloji göstəriciləri arasında optimal balansın yaradılması ilə əlaqələndirilir. Bu məqsədlərə nail olmaq üçün perspektivli istiqamətlərdən biri enerji sektorunda KBQQ texnologiyalarının geniş tətbiqidir. Bu qurğuların yüksək faydalılığı onların gələcək inkişafı və istismarı üçün geniş imkanlar yaradır. Müasir kombinə edilmiş buxar-qaz qurğularının texniki və iqtisadi göstəriciləri bir çox hallarda klassik buxar turbinli enerji bloklarının göstəricilərinə bərabər olur və ya onları üstələyir. Bundan əlavə, KBQQ-lər hər kilovat-saat elektrik enerjisinin maya dəyərinin aşağı olması, qısa müddətdə quraşdırılma imkanları, az soyuducu su tələbatı, yüksək manevr qabiliyyəti və ekoloji üstünlükləri ilə seçilir. Bu üstünlüklər Azərbaycanda enerji bloklarının yenidən qurulması və yeni stansiyaların inşası prosesində kombinə edilmiş texnologiyaların tətbiqini

xüsusilə cəlbedici edir və bu istiqamətdə “Azərenerji” ASC-nin investisiya proqramlarında mühüm yer tutur (Abzərli və Arifli, 2020).

Hazırda istismar edilən kombinə edilmiş qaz turbin qurğuları avadanlıqların növləri, texnoloji sxemləri və işçi proseslərin parametrləri baxımından böyük müxtəliflik göstərir. Bu qurğular əsas mühərriklərin sayına, utilizasiya qazanlarının dövrələrinin sayına, buxar turbin aqreqatlarının tipinə və yanma kameralarının konstruktiv xüsusiyyətlərinə görə fərqlənir (Tsanev və b., 2011; Zısin, 2010). İstifadə təyinatına görə kombinə edilmiş qurğular kondensasiyalı və istiləşdirmə tipli olmaqla iki əsas qrupa ayrılır. Birincilər əsasən elektrik enerjisinin istehsalına, ikincilər isə istilik və elektrik enerjisinin birgə hasilinə xidmət edir.

İşçi cisimlərin növünə görə buxar-qaz qurğuları binar və monotiklli sistemlərə bölünür. Binar qurğularda qaz və buxar tsiklləri ayrı-ayrı işçi mühitlərdən istifadə edir, monotiklli qurğularda isə yanma məhsulları ilə buxarın qarışığından ibarət vahid işçi mühit tətbiq olunur. Qaz turbinindən çıxan işlənmiş qazların utilizasiya qazanına yönəldilməsi, burada alınan buxarın yanma kamerasına daxil olaraq qazlarla qarışması və bircinsli qarışığın turbinə verilməsi monotiklli qurğuların əsas xüsusiyyətlərini təşkil edir. Belə sxemlərdə buxarın təzyiqinin artırılması kompressorda havanın sıxılmasına nisbətən daha az enerji sərfi tələb edir ki, bu da qurğunun ümumi səmərəliliyini yüksəldir.

Monoqurğularda işçi cisim yanma məhsulları və buxar qarışığıdır. Monoqurğunun sxemi Şəkil 2-də göstərilmişdir.



Şəkil 2. Mono buxar qaz qurğusunun prinsipial sxemi

Qaz turbinindən çıxan işlənmiş qazlar utilizasiya qazanına (UQ) istiqamətləndirilir və bu qazan bəsləyici nasos (BN) vasitəsilə su hazırlama qurğusunda (SHQ) hazırlanmış su ilə təmin olunur. Utilizasiya qazanında hasil edilən buxar qaz turbin qurğusunun yanma kamerasına ötürülür, burada yanma məhsulları ilə qarışaraq bircinsli qaz–buxar qarışığı əmələ gətirir və bu qarışıq turbinə yönəldilir. Bu proses zamanı kompressora daxil olan havanın müəyyən hissəsi buxarla əvəz olunur.

Qeyd etmək lazımdır ki, buxarın təzyiqinin artırılması kompressorda havanın sıxılmasına nisbətən daha az enerji sərfi tələb edir. Utilizasiya qazanından çıxan qaz–buxar qarışığı buxar fazasında olur və buxarın sonradan kondensatlaşması zamanı ayrılan istilik miqdarı əhəmiyyətli dərəcədə azalır. Belə qurğuların maksimal səmərəliliyi utilizasiya qazanının istismar rejiminə qoyulan texniki məhdudiyyətlərdən asılı olaraq formalaşır.

İşlənmiş qazların temperaturunun 120–160 °C intervalında qəbul edildiyi və qaz turbininin kompressorunda havanın sıxılma nisbətinin 18 olduğu şəraitdə qurğunun faydalı iş əmsalı 43%-ə qədər yüksəlir. Bu göstərici eyni ilkin qaz parametrlərinə malik klassik qaz turbininin səmərəliliyindən təqribən 9–10% daha yüksəkdir.

Monobloklu kombinə edilmiş buxar-qaz qurğularının əsas üstünlüyü buxar turbininə aid köməkçi avadanlıqların olmaması hesabına yığcam konstruksiyaya malik olmalarıdır. Bununla yanaşı, buxar-qaz qarışığından buxarın kondensasiyasının texniki mürəkkəbliyi və güclü su təmizləmə sistemlərinə olan ehtiyac bu tip qurğuların əsas çatışmazlıqları sırasında yer alır. Məhz bu səbəbdən monobloklu

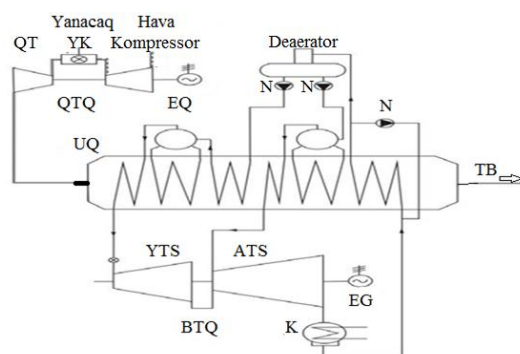
BQQ-lər iri güclü istilik elektrik stansiyalarında geniş tətbiq tapmamışdır (Kanaev və Korneev, 2004; Truxniy, 2013; Zısin, 2010).

Mövcud kombinə edilmiş buxar-qaz qurğularının (BQQ) əksər hissəsi konstruktiv baxımdan dubl bloklu sxem üzrə yerinə yetirilmişdir. Bu tip qurğuların struktur və texnoloji xüsusiyyətlərinə əsasən dubl bloklu BQQ-ləri bir neçə əsas qrupa ayırmaq mümkündür. Onlardan ən geniş yayılmışı utilizasiyalı buxar-qaz qurğuları (UBQQ) hesab olunur. UBQQ-lərdə qaz turbin qurğusundan (QTQ) çıxan yüksək temperaturlu işlənmiş qazların istilik potensialı utilizasiya qazanında bərpa edilir və bu enerji hesabına yüksək parametrlərə malik buxar hasil olunur. Alınmış buxar sonrakı mərhələdə buxar turbin qurğusuna ötürülərək elektrik enerjisinin istehsalında istifadə edilir. İşçi mühitin dövrələrinin sayından asılı olaraq buxar-qaz qurğuları tək dövrəli, iki dövrəli və üç dövrəli sistemlər kimi təsnif edilir.

Tək dövrəli buxar-qaz qurğuları texniki baxımdan bir-birinə zidd iki əsas tələbin eyni vaxtda təmin edilməsi zərurəti ilə xarakterizə olunur. Bir tərəfdən, buxar turbin qurğusunun yüksək faydalı iş əmsalına nail olmaq üçün utilizasiya qazanında yüksək keyfiyyətli və yüksək parametrlərə malik buxarın alınması tələb olunur. Digər tərəfdən isə qaz turbin qurğusunda toplanan ehtiyat istilik enerjisinin mənbəyi yalnız işlənmiş qazlardır. Bəsləyici suyun sərfi az olduqda utilizasiya qazanına daxil olan qazların temperaturunu tələb olunan səviyyəyə qədər azaltmaq mümkün olmur ki, bu da istilik bərpa prosesinin səmərəliliyinin azalmasına səbəb olur. Əksinə, bəsləyici suyun sərfinin artırılması qazandan çıxan qazların temperaturunun azalmasını və istilikdən istifadənin yaxşılaşmasını təmin etsə də, bu halda alınan buxarın yüksək təzyiq və temperatur parametrlərinə çatması mümkün olmur və nəticədə buxar turbininin səmərəliliyi aşağı düşür.

Qeyd olunan ziddiyyətlərin aradan qaldırılması və istilik enerjisindən daha rəasional istifadə olunması məqsədilə kombinə edilmiş buxar-qaz qurğularında iki dövrəli istilik bərpa konsepsiyası formalaşdırılmışdır. Bu konsepsiya utilizasiya qazanının çıxış hissəsindən nisbətən böyük, giriş səthlərindən isə daha az miqdarda işçi mühitin keçirilməsini nəzərdə tutur (Şəkil 3). Nəticədə istilik enerjisinin bərpası daha effektiv həyata keçirilir və qurğunun ümumi faydalı iş əmsalı 50–52% diapazonunda təmin olunur (Kanaev və Korneev, 2004; Truxniy, 2013; Tsanev və b., 2011).

Hazırkı mərhələdə ən müasir kombinə edilmiş elektrik stansiyalarında əsasən üç dövrəli utilizasiya qazanları tətbiq olunur. Dövrələrin sayının üçdən çox artırılması texniki-iqtisadi baxımdan səmərəsizdir. İki və üç dövrəli buxar-qaz qurğuları aralıq qızdırılma ilə və ya onsuz layihələndirilə bilər, lakin praktiki istismarda aralıq qızdırılma üç dövrəli stansiyalarda üstünlük təşkil edir. Bu, nəmliyin məhdudlaşdırılması, istismar etibarlılığının artırılması və ümumi səmərəliliyin yüksəldilməsi baxımından məqsədəuyğundur.



Şəkil 3. İki konturlu Utilizasiyalı BQQ-nin sxemi

Kombinə edilmiş dövrəli elektrik stansiyalarında aralıq qızdırılmanın tətbiqinin əsas məqsədi buxar turbininin son pillələrində buraxıla bilən nəmliyin normativ hədlərdə saxlanılmasıdır. Aralıq qızdırıcıda təzyiqin düzgün seçilməsi buxar-qaz qurğusunun ümumi səmərəliliyinin yüksəldilməsində mühüm rol oynayır. Bu tip qurğular üçün yüksək məhsuldarlığa və işlənmiş qazların yüksək

temperaturuna malik müasir qaz turbinlərinin tətbiqi zəruridir. Müasir qaz turbinləri həm təbii qaz, həm də yüngül maye yanacaqlarla işləmək imkanına malik olub, sadə konstruksiyası və yüksək səmərəliliyi sayəsində enerji sektorunda geniş yayılmışdır.

Hər bir kombinə edilmiş dövrəli elektrik stansiyasının istilik dövrəsinin əsas elementi qaz turbinidir. Qaz turbininin texniki parametrləri və istismar xüsusiyyətləri enerji blokunda yerləşən bütün əsas və köməkçi avadanlıqların iş rejimini müəyyən edir. Qaz turbinindən çıxan işlənmiş qazların istilik potensialı nə qədər yüksəkdirsə, utilizasiya qazanında bir o qədər yüksək parametrlərə malik buxar hasil etmək mümkündür. Qaz turbin mühəndisliyində kompressor və turbin axın yollarının təkmilləşdirilməsi, effektiv soyutma sistemlərinin tətbiqi və yeni materiallardan, o cümlədən keramik komponentlərdən istifadə qaz turbinlərinin səmərəliliyinin artırılmasına şərait yaradır. Bu isə daha mürəkkəb və yüksək faydalı iş əmsalına malik buxar-qaz dövrələrinin tətbiqini mümkün edir.

Tədqiqat

Qaz turbinlərinin və kombinə edilmiş dövrəli elektrik stansiyalarının iş rejimlərinin təhlili

Qaz turbin qurğularının və kombinə edilmiş dövrəli elektrik stansiyalarının istismar rejimlərinin öyrənilməsi və optimallaşdırılması məqsədilə, iqlim faktorları nəzərə alınmaqla, yüksüz vəziyyətdən maksimal yükə qədər olan diapazonda statik rejimlərin ədədi tədqiqi tətbiq olunur. Bu yanaşma ona görə üstünlük təşkil edir ki, hesablamalar nəticəsində əldə edilən göstəricilər real istismar zamanı toplanmış eksperimental məlumatlara maksimum yaxın olur. Rejim qiymətləndirilməsi aparılarkən həm faktiki obyektin texnoloji xüsusiyyətləri, həm də standart ölçmə sistemlərinin imkanları nəzərə alınmalıdır.

Bununla belə, sözügedən qurğuların rejimlərinin verilən metodlar əsasında optimallaşdırılması bir sıra spesifik səbəblərdən mürəkkəbləşir. Buraya gücün tənzimləmə diapazonunun xarici hava temperaturundan asılılığı, qismən yüklənmələrdə ekoloji və texniki-iqtisadi göstəricilərin pisləşməsi, həmçinin avadanlığın yüksək manevr imkanları daxildir. Ədəbiyyatda util qazanların və buxar turbin aqreqatlarının kombinə edilmiş qurğunun (KBQ) tərkibində hesablamalarının verifikasiyası üçün, adətən, xüsusi proqram təminatına əsaslanan tətbiqi yanaşmalardan istifadə olunur (Tsanev və b., 2011; Olxovskiy və Truxniy, 2013).

Praktiki istismarda buxar-qaz qurğularının (BQQ) gücü əsasən aşağı inersiyalı və yüksək manevr qabiliyyətli qaz turbinləri vasitəsilə tənzimlənir. Buna görə də buxar turbin qurğusunun (BTQ) və ümumilikdə BQQ-nin iş rejimi birbaşa qaz turbin qurğusunun (QTQ) istismar xüsusiyyətləri ilə formalaşır. Lakin mövcud texniki mənbələrdə iqlim şəraitinin təsirini nəzərə alaraq qismən yüklənmə rejimlərində QTQ-nin parametrlərini və göstəricilərini hesablamağa imkan verən ümumi qəbul edilmiş universal metodika tam formalaşmamışdır.

Hazırda istifadə olunan yanaşmaların əksəriyyəti nominal (pasport) rejimə əsaslanan parametrlərin götürülməsi ilə xarakterizə olunur və bu parametrlər real iş şəraitində avadanlığın davranışını hər zaman adekvat əks etdirmir (Abdullayev və b., 2013; Abzərli və Arifli, 2020; Məmmədova, 2019; Truxniy və Petrunin, 2013). Məsələn, istehsalçı zavodun təqdim etdiyi texniki parametrlər adətən statik rejimlərdə iqlimdən asılı dəyişmələri təsvir etsə də, istismar prosesində bu parametrlərin reallaşması avtomatik idarəetmə sisteminin nəzarət alqoritmləri ilə məhdudlaşdırılır. Buna görə də qaz turbininin mümkün iş rejimlərini araşdırarkən texnoloji idarəetmə sisteminin tənzimlənən göstəricilərindən istifadə etməklə müxtəlif təyinat nöqtələrində avadanlığın uyğun iş parametrlərini müəyyənləşdirmək tələb olunur.

Layihədənəknar rejimlərdə qaz turbin qurğusunun işçi cismnin əsas parametrləri kompressorun və turbinin xarakteristikalarına söykənməklə müəyyən edilə bilər. Bu səbəbdən, yuxarıda qeyd olunan tələblərə cavab verən və tətbiq zamanı minimal metodoloji çatışmazlıqlara malik statik rejim hesablanması metodunun işlənməsi aktual hesab olunur. Bununla belə, kompressor və turbin xarakteristikaları, bir qayda olaraq, istehsalçı şirkətin mülkiyyəti hesab edilir və sifarişçiyə təqdim olunan texniki sənədlərə daxil edilmir. Həmin xarakteristikaların sırf nəzəri hesablama prinsipləri əsasında dəqiq bərpası çətindir, etibarlı məlumat əldə etməyin daha real yolu sənaye sınaqları və istismar müşahidələridir.

Energetika sahəsi ölkənin sosial-iqtisadi inkişafını təmin edən əsas istiqamətlərdən biri olmaqla, enerji ehtiyatlarının formalaşdırılması, müxtəlif enerji növlərinin istehsalı, çevrilməsi, ötürülməsi və səmərəli istifadəsi kimi strateji prosesləri əhatə edir. Müasir sənaye, nəqliyyat və məişət sektorlarında tələbatın əsasını təşkil edən elektrik və istilik enerjisi əsasən istilik elektrik stansiyalarında, o cümlədən yüksək məhsuldarlıqlı buxar-qaz qurğularında hasil edilir. Elektrik enerjisi texnoloji inkişafın aparıcı resursu kimi avtomatlaşdırma, nəqliyyatın idarə olunması, informasiya sistemləri və gündəlik məişət sahələrinin fasiləsiz fəaliyyətində həlledici rol oynayır. Bu kontekstdə enerji istehsalında səmərəli texnologiyalara keçid mühüm prioritet kimi çıxış edir.

Son onilliklərdə inkişaf etmiş ölkələrdə buxar-qaz qurğularının geniş tətbiqi onların yüksək texniki və iqtisadi üstünlükləri ilə izah olunur. Belə stansiyalar yüksək faydalı iş əmsalı, daha yığcam quruluş, istismarda çeviklik, avtomatlaşdırılmış idarəetmə və təhlükəsizlik mexanizmləri sayəsində enerji sektorunda rəqabət üstünlüyü yaradır. Nisbətən yaxşı ekoloji göstəricilər və manevr qabiliyyəti də bu tip stansiyaları enerji sistemləri üçün cəlbedici edir. Bu səbəblər buxar-qaz qurğularının iş proseslərinin daha dərin elmi araşdırılmasını zəruri edir.

Azərbaycanın enerji sistemində də bu tip stansiyaların rolu artmaqdadır və son illər ümumi enerji istehsalı strukturunda buxar-qaz texnologiyalarının payında nəzərəcərpacaq yüksəliş müşahidə olunur.

Hazırda “Azərbaycan” Elektrik Stansiyasının generasiya gücü 1800 MVt, “8 Noyabr” stansiya-sının gücü isə 1880 MVt təşkil edir.

Cari ildə istismara verilmiş “8 Noyabr” Elektrik Stansiyası ölkənin ən iri generasiya obyektlərindən biri kimi 1880 MVt quraşdırılmış gücə malikdir və enerji potensialının gücləndirilməsi ilə yanaşı, sistemin ümumi səmərəliliyinin yüksəldilməsinə xidmət edir.

Yeni “8 Noyabr” Elektrik Stansiyası Azərbaycanın enerji infrastrukturunun modernləşdirilməsi, daha təmiz və etibarlı texnologiyaların tətbiqi istiqamətində həyata keçirilən strateji yanaşmanın nümunəsi kimi qiymətləndirilə bilər. Stansiyada “Ansaldo Energia” şirkəti tərəfindən təchiz edilmiş dörd ədəd müasir qaz turbini və generator qurğuları quraşdırılmışdır. Bu texniki həllər karbon emissiyalarının azalmasına və təbii qaz sərfiyyatında qənaətə imkan yaratmaqla həm ekoloji, həm də enerji səmərəliliyi baxımından əhəmiyyətli nəticə verir.

Layihədə istifadə olunan AE94.3A qaz turbinləri istismar çevikliyi, etibarlılıq və sərfəlilik göstəricilərinə görə seçilir. Bundan əlavə, bu turbinlərin təbii qazla birlikdə 40%-dək hidrogen qarışığını yandırmaq imkanına malik olması stansiyanın gələcək enerji keçidi tələblərinə uyğunluğunu artırır. Mingəçevir su anbarı yaxınlığında yerləşən bu iri generasiya mərkəzinin bərpaolunan enerji mənbələrinin artdığı şəraitdə şəbəkənin dayanıqlığını təmin edən “stabilizator” funksiyası daşıyacağı gözlənilir.

Eyni zamanda “Azərbaycan” İES-də aparılmış integrasiya layihəsi çərçivəsində, faydalı iş əmsalı 35% olan və 1 kVt-s elektrik istehsalına şərti yanacaq sərfiyyatı 340 qram təşkil edən buxar turbinlərinə gücü 320 MVt olan dörd qaz turbininin integrasiyası hesabına əlavə generasiya gücü yaradılması nəzərdə tutulmuş, faydalı iş əmsalının 55%-dək yüksəldilməsi, şərti yanacaq sərfinin isə 225 qram/kVt-s səviyyəsinə endirilməsi üzrə layihə “Azərenerji” ASC-nin mütəxəssisləri tərəfindən hazırlanmışdır.

Mövcud qaz turbin qurğularında qaz təchizatı sistemində elektrik qaz kompressoru əvəzinə İtaliyanın “Franco Tosi” şirkətinin istehsalı olan iki ədəd turbokompressor qurğusunun tətbiqi də mühüm texnoloji yenilik kimi qeyd olunur. SCADA daxil olmaqla müasir avtomatlaşdırma və idarəetmə sistemlərinin integrasiyası nəticəsində stansiyanın təhlükəsiz, dayanıqlı və səmərəli fəaliyyəti təmin edilmişdir.

İntegrasiyanın praktiki nəticəsi kimi yeni stansiyanın util qazanlarından alınan buxar “Azərbaycan” İES-in 7 və 8 sayılı buxar turbinlərinə yönəldilir və bununla yeni blokların şərti yanacaq sərfiyyatı digər bloklarla müqayisədə 115 qram azalaraq 225 qram/kVt-s təşkil edir. İstehsal həcminə bağlı olaraq bu göstərici illik təqribən 1 milyard m³ təbii qaza qənaətə və 2 milyon tona yaxın karbon emissiyasının azalmasına şərait yaradır.

2013-cü ildə istismara verilmiş “Cənub” Elektrik Stansiyası 780 MVt gücə malikdir və baş korpusda müasir texnoloji avadanlıqlarla təchiz edilmişdir. Stansiyada hər birinin gücü 128 MVt olan dörd qaz turbini, 135 MVt gücündə iki buxar turbini, saatda 186 ton məhsuldarlığa malik dörd qazan-utilizator, həmçinin 160 MVA gücündə altı generator və digər zəruri köməkçi avadanlıqlar quraşdırılmışdır. Stansiyanın faydalı iş əmsalı 52%, 1 kVt·s elektrik enerjisinin istehsalına sərf edilən şərti yanacaq isə 237 qramdır. Müqayisə üçün, əvvəlki “Şirvan” Elektrik Stansiyasında bu göstəricilər müvafiq olaraq 26% və 460 qram təşkil etmişdir. “Cənub” ES-in əsas üstünlüklərindən biri də üç yanacaq növündən (qaz, mazut və dizel) istifadə imkanının olmasıdır. Stansiyanın istismarı yüksək etibarlılıqla yanaşı, qənaətcilliklə də seçilir: fəaliyyətə başlaması nəticəsində ildə 780 milyon m³ qaz və 650 min ton mazut qənaəti mümkün olmuş, stansiya isə illik 6 milyard kVt·s elektrik enerjisi istehsalı potensialı qazanmışdır.

Buxar-qaz qurğulu elektrik stansiyaları iqtisadiyyatın elektrik enerjisi ilə təminatında xüsusi əhəmiyyət daşıyır və bu kontekstdə “Şimal” enerji kompleksi aparıcı obyektlərdən biridir. “Şimal-1” Elektrik Stansiyası 2002-ci ildə istismara verilmiş və paytaxtın enerji təminatında mühüm rol oynamışdır. Elektrik tələbatının artması və daha səmərəli generasiyaya keçid məqsədilə 2011-ci ildə 400 MVt gücündə “Şimal-2” buxar-qaz stansiyasının tikintisinə başlanmış, 2019-cu ildə isə stansiya tam hazır vəziyyətə gətirilərək milli enerji sisteminə daxil edilmişdir. Hər iki layihə enerji təhlükəsizliyinin möhkəmləndirilməsi və texnoloji yeniliklərin tətbiqi baxımından strateji xarakter daşıyır.

“Şimal” ES-in ümumi gücü 800 MVt-dir. Stansiya blok tipli olmaqla iki blokdan (Şimal-1 və Şimal-2) ibarətdir və təkvallı konfigurasiyada işləyir. Birinci blokda 264,4 MVt gücündə bir qaz turbini (QT), 138,3 MVt gücündə bir buxar turbini (BT) və 368 t/saat məhsuldarlığa malik bir utilizasiya qazanı (UQ) quraşdırılmışdır. İkinci blokda isə 267 MVt gücündə bir QT, 142 MVt gücündə bir BT və 370 t/saat məhsuldarlığa malik bir UQ istismar olunur. Birinci blok üzrə şərti yanacağın xüsusi sərfi 219,6 q/(kVt·saat) və blokun faydalı iş əmsalı 56% təşkil etdiyi halda, ikinci blokda xüsusi sərf 214,3 q/(kVt·saat), faydalı iş əmsalı isə 57,4% səviyyəsindədir. Stansiyada istifadə olunan qaz və buxar turbinləri “Mitsubishi” istehsalı olub F sinfinə aiddir.

Qaz turbininin texniki xarakteristikası:

Tipi – M701F

Gücü – 264,4 MVt; Elektrik f.i.ə. – 38%

Xüsusi istilik sərfi – 9474 kC/(kVt·saat)

Tüstü qazlarının çıxış sərfi – 663 kq/san

Pillə sayı – 4

Turbinin dövrlər sayı – 3000 dövr/dəq

Girişdə qazların temperaturu – 1350 °C

Çıxışda qazların temperaturu – 589 °C

HK-nın pillə sayı – 17

Odluq sayı – 20

Buxar turbininin texniki xarakteristikası:

Tipi – TC2F-35.4

Gücü – 138,3 MVt

Pillə sayı – 28 (YTS-8, OTS-8, ATS-12 (2 axınlı))

Turbinin dövrlər sayı – 3000 dövr/dəq

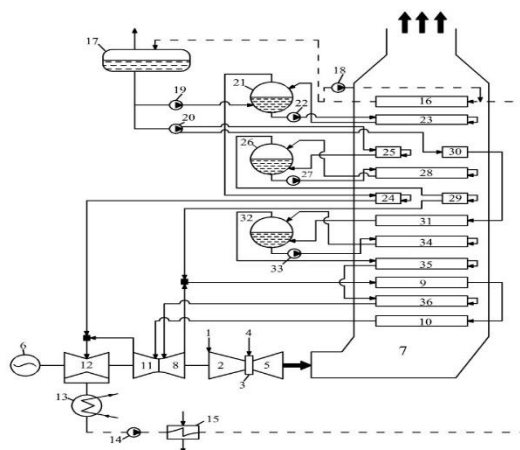
YTS girişində buxarın temperaturu – 538 °C; təzyiq – 103 bar; sərf – 277 t/saat

OTS girişində buxarın temperaturu – 566 °C; təzyiq – 34,3 bar; sərf – 306 t/saat

ATS girişində buxarın temperaturu – 250 °C; təzyiq – 4,4 bar; sərf – 354 t/saat

Kondensatorda təzyiq – 0,036 bar

Şəkil 4-də Şimal Elektrik Stansiyasının birinci enerji blokuna (Şimal-1) aid prinsipial istilik sxemi təqdim olunmuşdur. Atmosferdən sorulan hava (1) hava kompressoruna (HK, 2) daxil olaraq burada sıxılır və sonradan yanma kamerasına (YK, 3) istiqamətləndirilir. Yanma kamerasına ötürülən qaz yanacağı (4) hesabına yanma prosesi həyata keçirilir və yüksək temperaturlu tüstü qazları əmələ gəlir. Yaranmış tüstü qazları qaz turbininə (5) verilir və burada genişlənərək mexaniki faydalı iş görür. Qaz turbinindən çıxan işlənmiş qazlar daha sonra utilizasiya qazanına (UQ, 7) yönəldilir. Bu qazların istilik enerjisindən istifadə etməklə utilizasiya qazanının müvafiq konturlarında bəsləyici sudan buxar hasil olunur. Yüksək təzyiq (YT) konturunda alınan buxar buxar turbininin yüksək təzyiq silindrinə (YTS, 8) ötürülərək genişlənmə prosesində enerji çevrilməsində iştirak edir.



Şəkil 4. Şimal ES-in birinci enerji blokunun (Şimal 1) prinsipial istilik sxemi

1-atmosfer havası, 2-HK, 3-YK, 4-qaz yanacağı, 5-QT, 6-EG, 7-UQ, 8-YTS, 9 və 10-I və II pillə ABQ, 11-OTS, 12-ATS, 13-kondensator, 14-KN, 15-kipləyici buxar kondensatoru, 16-kondensat qızdırıcı, 17-deaerator, 18-kondensat qızdırıcının dövrən nasosu, 19-alçaq təzyiqli BN, 20-yüksək təzyiqli/orta təzyiqli BN, 21-AT barabanı, 22-AT barabanındövrən nasosu, 23-AT buxarlandırıcı, 24-AT buxar qızdırıcı, 25-OT ekonomayzeri, 26-OT barabanı, 27-OT barabanın dövrən nasosu, 28-OT buxarlandırıcı, 29-OT buxar qızdırıcı, 30 və 31-I və II pillə YT ekonomayzeri, 32-YT barabanı, 33-YT barabanın dövrən nasosu, 34-YT buxarlandırıcı, 35 və 36-I və II pillə YT buxar qızdırıcı

Yüksək təzyiq silindrinə faydalı iş gördükdən sonra buxar utilizasiya qazanının orta təzyiq (OT) konturunda hasil edilmiş buxarla birləşdirilir və iki pilləli aralıq buxar qızdırıcılarından (ABQ) keçirilir. Aralıq qızdırmadan sonra buxar buxar turbininin orta təzyiq silindrinə (OTS, 11) yönəldilir və burada genişlənərək əlavə mexaniki iş hasil edir. Orta təzyiq silindrinə çıxan buxar alçaq təzyiq (AT) konturunda alınan buxarla qarışdırıldıqdan sonra buxar turbininin alçaq təzyiq silindrinə (ATS, 12) verilir və genişlənmə prosesi burada davam etdirilir. Qaz turbinində formalaşan mexaniki gücün müəyyən hissəsi hava kompressorunun hərəkətə gətirilməsinə sərf olunur, qalan hissəsi isə elektrik generatorunda (EG, 6) elektrik enerjisinin istehsalı üçün istifadə edilir. Buxar turbinində yaranan mexaniki güc isə tam həcmdə generatora ötürülərək elektrik enerjisinə çevrilir. Alçaq təzyiq silindrinə işini başa vurmuş buxar kondensatora (13) daxil olur və burada kondensasiya prosesinə məruz qalır. Kondensator çıxışında alınan kondensat kondensat nasosu (KN, 14) vasitəsilə kipləyici buxar kondensatorundan (15) keçirilərək utilizasiya qazanında yerləşən kondensat qızdırıcısına (16)

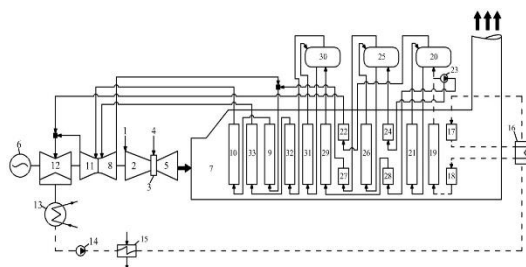
yönəldilir. Kondensat qızdırıcıda deaeratordakı təzyiqə uyğun doyma temperaturuna qədər qızdırılan kondensat deaeratora (17) ötürülür. Kondensat qızdırıcının girişində tələb olunan temperaturun təmin edilməsi məqsədilə sistemdə xüsusi dövrən nasosu (18) nəzərdə tutulmuşdur. Deaeratorda kondensatın səpələnməsi və ani genişlənməsi nəticəsində sudan həll olunmuş qazların ayrılması prosesi – deaerasiya həyata keçirilir. Deaerasiya edilmiş bəsləyici su yüksək və orta təzyiqli bəsləyici nasos (BN, 20), eləcə də alçaq təzyiqli bəsləyici nasos (BN, 19) vasitəsilə utilizasiya qazanının müvafiq təzyiq konturlarına ötürülür. Alçaq təzyiq (AT) konturu AT barabanı (21), AT barabanının dövrən nasosu (22), AT buxarlandırıcı (23) və AT buxar qızdırıcısından (24) ibarətdir. Orta təzyiq (OT) konturunda OT ekonomayzeri (25), OT barabanı (26), OT barabanının dövrən nasosu (27), OT buxarlandırıcı (28) və OT buxar qızdırıcı (29) yerləşir. Yüksək təzyiq (YT) konturu isə iki pilləli YT ekonomayzerlərindən (30 və 31), YT barabanından (32), YT barabanının dövrən nasosundan (33), YT buxarlandırıcıdan (34) və iki pilləli YT buxar qızdırıcılardan (35 və 36) təşkil olunmuşdur.

Şimal Elektrik Stansiyasının ikinci enerji blokunun (Şimal-2) prinsipial istilik sxemi Şəkil 5-də təqdim edilmişdir. Sxemin müqayisəli təhlili göstərir ki, ikinci enerji blokunun birinci blokdan əsas fərqi utilizasiya qazanının şaquli deyil, üfiqi konstruksiyada yerinə yetirilməsi, həmçinin texnoloji sxemdə alçaq təzyiqli bəsləyici nasosların və deaeratorun nəzərdə tutulmamasıdır.

Şimal-1 və Şimal-2 elektrik stansiyalarının ümumi xarakteristikaları və istismar xüsusiyyətləri

Ümumi quraşdırılmış gücü 800 MVt təşkil edən “Şimal-1” və “Şimal-2” elektrik stansiyaları Azərbaycan energetika sistemində mühüm paya malik iri generasiya komplekslərindən biridir. Hər iki stansiyanın fəaliyyəti vahid idarəetmə mərkəzindən həyata keçirilir ki, bu da istismar proseslərinin koordinasiyasını, operativliyini və təhlükəsizliyini əhəmiyyətli dərəcədə yüksəldir. Mərkəzləşdirilmiş dispetçer idarəetmə sistemi real vaxt rejimində əsas texnoloji parametrlərin fasiləsiz izlənilməsinə, fəvqəladə hallara sürətli müdaxiləyə və enerji istehsalının optimal rejimdə tənzimlənməsinə imkan yaradır.

Bu enerji kompleksinin illik elektrik enerjisi istehsalı təqribən 5,7 milyard kVt·saat təşkil edir ki, bu da ölkədə mövcud elektrik enerjisi tələbatının əhəmiyyətli hissəsinin məhz bu iki stansiya hesabına ödənildiyini göstərir. Stansiyalarda quraşdırılmış ümumi gücü 560 meqavat olan elektrik generatorları və onların fasiləsiz fəaliyyətini təmin edən köməkçi avadanlıqlar yüksək yüklənmə rejimlərində belə etibarlı və dayanıqlı istismarı mümkün edir. “Şimal-1” və “Şimal-2” stansiyalarının birgə istehsalı respublika üzrə elektrik enerjisi istehsalının təxminən 20 faizini təşkil edərək ölkənin enerji təhlükəsizliyinin təmin olunmasında mühüm rol oynayır.



Şəkil 5. Şimal ES-in ikinci enerji blokunun (Şimal 2) prinsipial istilik sxemi

1-atmosfer havası, 2-HK, 3-YK, 4-qaz yanacağı, 5-QT, 6-EG, 7-UQ, 8-YTS, 9-I pillə ABQ, 10-II pillə ABQ, 11-OTS, 12-ATS, 13-kondensator, 14-KN, 15-kipləyici buxar kondensatoru, 16-xarici istilikdəyişdirici, 17, 18 və 19-I, II və III pillə ilkin qızdırıcı (kondensat qızdırıcı), 20-AT baraban, 21-AT buxarlandırıcı, 22-AT buxar qızdırıcı, 23-YT/OT BN, 24-OT ekonomayzer, 25-OT baraban, 26-OT buxarlandırıcı, 27-OT buxar qızdırıcı, 28 və 29-I və II pillə YT ekonomayzeri, 30-YT baraban, 31-YT buxarlandırıcı, 32 və 33-I və II pillə YT buxar qızdırıcı

Stansiyaların davamlı fəaliyyətini təmin etmək məqsədilə yüksək təzyiqli qazla fasiləsiz təchizat sistemi yaradılmışdır. Bu sistemə yeraltı qaz kəmərləri, qaz tənzimləyici qovşaqlar, qazqızdırıcı

qurğular və kompressor stansiyası daxildir ki, bu da yanacağın tələb olunan parametrlərlə qaz turbinlərinə ötürülməsini təmin edir. Enerji bloklarının soyudulması üçün isə Xəzər dənizinin su ehtiyatlarından istifadə olunur. Bu üsul iri güclü istilik elektrik stansiyaları üçün ən səmərəli soyutma metodlarından biri hesab edilir və istehsal prosesinin stabilliyini artırır.

Ekoloji təhlükəsizliyin təmin edilməsi məqsədilə stansiya ərazisində müasir təmizləyici sistemlər quraşdırılmışdır. Bu sistemlər sırasında əksosmos qurğuları, sənaye tullantı və çirkab sularının yüksək səviyyədə təmizlənməsi üçün nəzərdə tutulmuş komplekslər xüsusi əhəmiyyət daşıyır. Sözügedən qurğular dəniz mühitinin və ətraf ərazilərin ekoloji tarazlığının qorunmasına xidmət etməklə yanaşı, stansiyanın beynəlxalq ekoloji normalara uyğun fəaliyyət göstərdiyini təsdiqləyir.

Buxar-qaz qurğularında termodinamik proseslərin xüsusiyyətləri

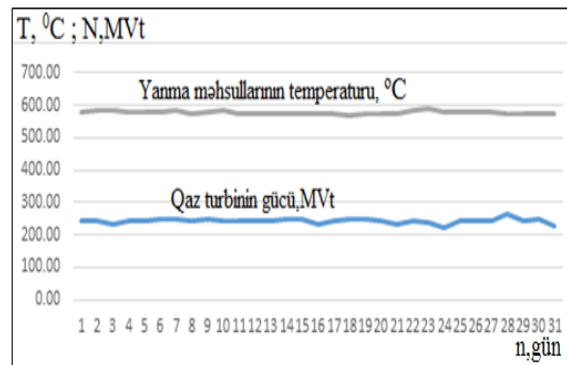
Qaz-turbinli enerji qurğularında yanacağın səmərəli istifadəsi Brayton termodinamik tsiklinin əsas prinsiplərinə əsaslanır. Bu tsiklin mühüm üstünlüklərindən biri ayrılan istilik enerjisindən daha effektiv istifadə imkanının mövcudluğudur. Brayton tsiklinin xüsusiyyətlərinə uyğun olaraq işçi cismin orta temperaturunun artırılması qurğunun ümumi səmərəliliyinin yüksəldilməsində həlledici rol oynayır. Bununla yanaşı, temperaturun müəyyən həddən artıq artırılması istiliyin dövrdən kənarlaşdırılması mərhələsində texniki çətinliklər yaradır və bu, tsiklin optimal parametrlərinin seçilməsini zəruri edir.

Aparılmış tədqiqatda mövcud istismar ölçmə məlumatlarından istifadə etməklə üç dövrəli buxar-qaz qurğularının istilik səmərəliliyi təhlil edilmiş, eyni zamanda istilik sxeminin əsas dəyişənlərinin buxar-qaz qurğusunun ümumi faydalı iş əmsalına təsir mexanizmləri müəyyən olunmuşdur. Bu məqsədlə qaz və buxar turbinli hissələrin əsas istismar parametrləri kompleks şəkildə araşdırılmış, işçi mühit kimi qəbul edilən buxar–su qarışığının istilik–fiziki xüsusiyyətləri nəzərə alınmışdır (Aleksandrov və Grigoryev, 1999).

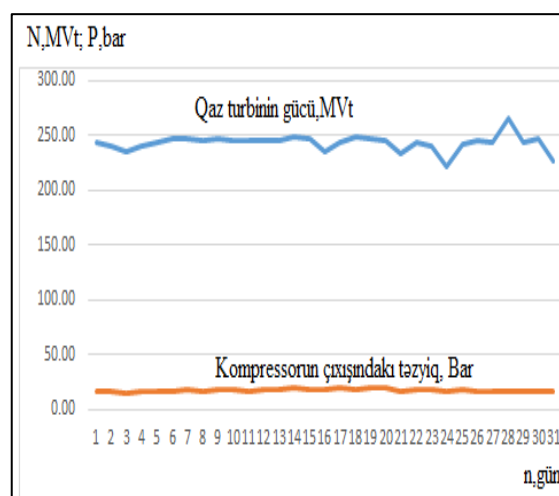
Tədqiqat nəticələri göstərmişdir ki, aralıq qızdırılma üçün optimal təzyiq səviyyəsi seçildikdə buxarın temperaturunun artırılması buxar-qaz qurğusunun buxar turbinli hissəsinin xalis gücünü əhəmiyyətli dərəcədə yüksəldir. Bu amil sistemin ümumi səmərəliliyinə birbaşa təsir edən əsas faktorlar sırasında yer alır. İstilik sxeminə dəyişənlərin təsir mexanizminin təhlili zamanı müəyyən edilmişdir ki, buxar-qaz qurğusunun xalis gücünü formalaşdıran əsas göstəricilərdən biri kondensatordakı təzyiq səviyyəsidir. Kondensasiya təzyiqinin azaldılması turbin çıxışında işçi cismin genişlənmə dərəcəsini artırır və nəticədə daha çox mexaniki işin əldə edilməsinə şərait yaradır.

Eyni zamanda aparılan analizlər göstərmişdir ki, buxar-qaz qurğularının buxar–su dövrəsinin optimal parametrlərinin müəyyən edilməsi üçün ən məqsədəuyğun yanaşma kondensasiyalı istismar rejimində, orta illik temperatur şəraitini nəzərə alan optimallaşdırma hesablamalarının aparılmasıdır. Bu metod mövsümi temperatur dəyişmələrinin enerji istehsalına təsirini nəzərə almaqla yanaşı, sistemin real istismar şəraitinə maksimum uyğun nəticələr əldə etməyə imkan verir. Şəkil 6–11-də Şimal Elektrik Stansiyasının dekabr ayı üzrə müxtəlif günlər üçün rejim parametrləri arasındakı asılılıqlar təqdim olunmuşdur.

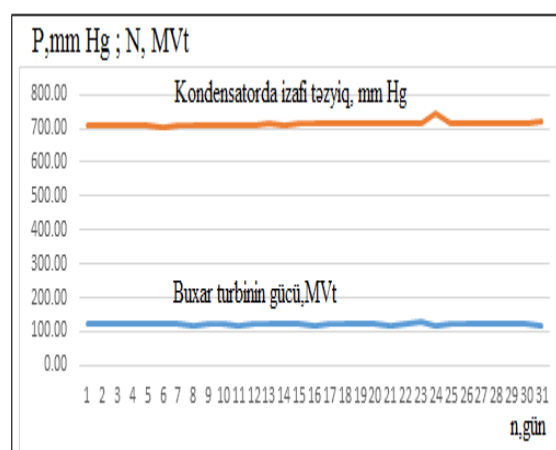
Qrafiklərin təhlili göstərir ki, yanma məhsullarının temperaturu və kondensatordakı izafi təzyiq sabit saxlanıldıqda qaz turbininin və buxar turbininin güc göstəriciləri, eləcə də bütövlükdə enerji blokunun gücü nisbətən sabit qalır. Bununla yanaşı, hava kompressorunun ilkin, zərif və ətalətli süzgəclərindən sonra yaranan təzyiq itkilərinin də qaz turbininin gücünə təsir etdiyi müəyyən edilmişdir.



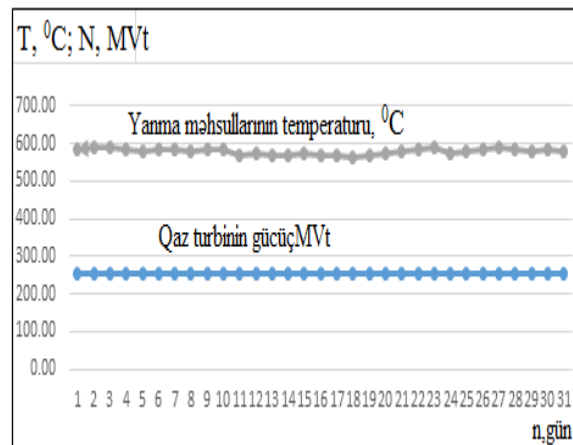
Şəkil 6. Şimal-1 Qaz turbininin çıxışındakı yanma məhsullarının temperaturunun qaz turbininin gücündən asılılığı $T, ^\circ\text{C}; N, \text{MVt}$ n,gün



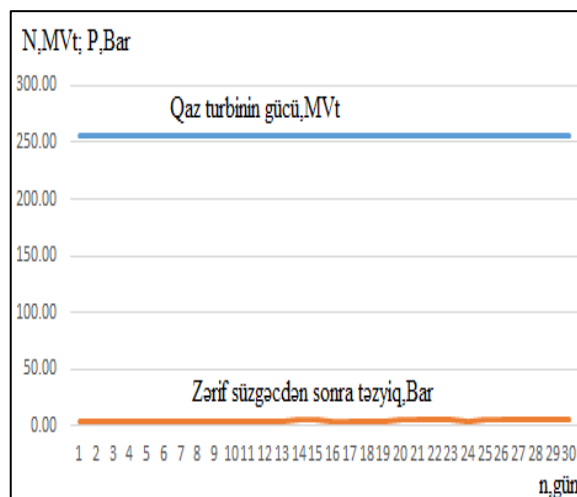
Şəkil 7. Şimal-1 Hava kompressorunun ətalətli süzgəcindən sonrakı təzyiqin qaz turbininin gücündən asılılığı



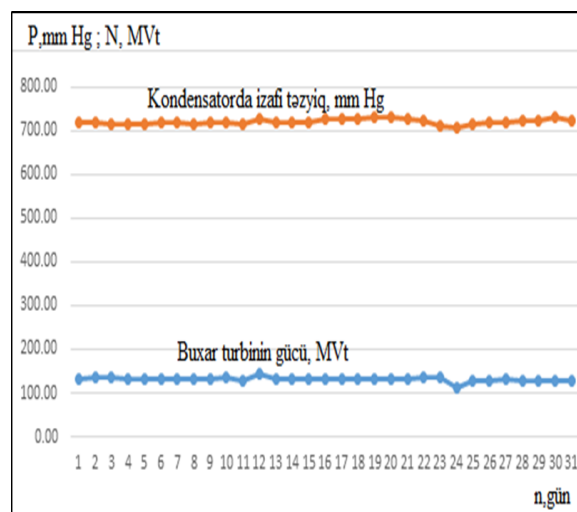
Şəkil 8. Şimal-1 Buxar turbininin kondensatorundakı izafi təzyiqin (vakuumun) qiymətinin turbinin gücündən asılılığı



Şəkil 9. Şimal-2 Qaz turbininin çıxışındakı yanma məhsullarının temperaturunun turbinin gücündən asılılığı



Şəkil 10. Şimal-2 Hava kompressorunun zərif süzgəcinin çıxışındakı təzyiqin qaz turbininin gücündən asılılığı



Şəkil 11. Şimal-2 Buxar turbininin kondensatorundakı izafi təzyiqin (vakuumun) qiymətinin turbinin gücündən asılılığı

Nəticə

Aparılmış tədqiqat çərçivəsində mövcud istismar məlumatlarından istifadə etməklə üç dövrəli buxar-qaz qurğularının istilik səmərəliliyinin ətraflı təhlili həyata keçirilmiş, həmçinin istilik sxeminin əsas dəyişənlərinin buxar-qaz qurğusunun ümumi faydalı iş əmsalına təsir qanunauyğunluqları müəyyən edilmişdir. Bu məqsədlə qurğunun əsas texniki və istismar parametrləri kompleks şəkildə araşdırılmış, işçi mühit kimi qəbul edilən buxar-su qarışığının istilik-fiziki xüsusiyyətləri hesablama və analiz proseslərində nəzərə alınmışdır.

Tədqiqat nəticələri göstərmişdir ki, aralıq qızdırılma üçün optimal təzyiq səviyyəsi seçildikdə buxarın temperaturunun artırılması buxar turbininin faydalı gücünü əhəmiyyətli dərəcədə yüksəldir. Bu amil bütövlükdə buxar-qaz qurğusunun ümumi səmərəliliyinə birbaşa təsir göstərən əsas faktorlar sırasında yer alır. İstilik sxeminin dəyişənlərinin təsir mexanizmlərinin təhlili zamanı müəyyən olunmuşdur ki, qurğunun xalis gücünü formalaşdıran həlledici göstəricilərdən biri kondensatorda təzyiqin səviyyəsidir. Kondensasiya təzyiqinin azaldılması turbin çıxışında işçi cismnin genişlənmə dərəcəsini artırır və nəticədə əlavə mexaniki işin əldə edilməsinə imkan yaradır.

Üç dövrəli buxar-qaz qurğusunun müxtəlif istismar rejimləri təhlil edilmiş və rejim qrafikləri qurulmuşdur. Analiz göstərir ki, yanma məhsullarının temperaturu və kondensatordakı izafi təzyiq sabit saxlanıldıqda qaz və buxar turbinlərinin gücü nisbətən stabildir, lakin hava kompressorundakı təzyiq itkiləri qaz turbininin gücünə əhəmiyyətli təsir göstərir. Alınmış nəticələr kombinə edilmiş enerji bloklarının layihələndirilməsi və mövcud qurğuların modernləşdirilməsi baxımından elmi-praktiki əhəmiyyət kəsb edir.

Ədəbiyyat

1. Abdullayev, K. M., Kəlbəliyev, F. İ., Məmmədova, C. P., & Nəsirov, Ş. N. (2013). *İstilik elektrik stansiyasının buxar və qaz turbinləri*. Zaman-3.
2. Abzərli, M. M., & Arifli, K. S. (2020). *Kombinə tsikli elektrik stansiyaları* (Dərs vəsaiti).
3. Aleksandrov, A. A., & Grigoryev, B. A. (1999). *Tablitsy teplofizicheskikh svoystv vody i vodyanogo para*. MEI.
4. AzerEnerji. (n.d.). *Rəsmi statistika və enerji məlumatları*. <http://www.azerenerji.gov.az/>
5. Encyclopaedia Britannica. (n.d.). *Gas turbine engine*. <https://www.britannica.com/technology/gas-turbine-engine>
6. Edison Tech Center. (n.d.). *Gas turbines*. <http://www.edisontechcenter.org/gasturbines.html>
7. GE Power. (n.d.). *Gas turbines*. <https://www.ge.com/power/gas/gas-turbines>
8. International Energy Agency. (n.d.). *Electricity: Fuels and technologies*. <https://www.iea.org/fuels-and-technologies/electricity>
9. Kanaev, A. A., & Korneev, M. İ. (2004). *Parogazoviye ustanovki*. Maşmstroyeniye.
10. Kehlhofer, R., Hannemann, F., & others. (1997). *Combined cycle gas and steam turbine power plants* (3rd ed.). PennWell Publishing Company.
11. Kəlbəliyev, F. İ., Məmmədova, C. P., & Nəsirov, Ş. N. (2011). *İstilik elektrik stansiyaları*. Zaman-3.
12. Məmmədova, C. P. (2019). *Buxar və buxar-qaz turbinli istilik elektrik stansiyalarının istilik sxemlərinin hesablama metodları*. ADNSU nəşriyyatı.
13. Ministry of Energy of Azerbaijan Republic. (n.d.). *Elektrik enerjisi statistikasi*. <http://minenergy.gov.az/az/statistika/elektrik-enerjisi>
14. Olxovskiy, G. G. (2013). Perspektivniye gazoturbinniye i parogazoviye ustanovki dlya energetiki (obzor). *Teploenergetika*, 2, 3–12.
15. Power Magazine. (n.d.). *History of power: The evolution of the electric generation industry*. <https://www.powermag.com/history-of-power-the-evolution-of-the-electric-generation-industry/>
16. Truxniy, A. D. (2013). *Parogazoviye ustanovki elektrostantsiy*. MEI.
17. Truxniy, A. D., & Petrunin, S. P. (2013). *Rasçot teplovix sxem parogazovix ustanovok utilizatsionnogo tipa*. MEI.

18. Tsanev, S. V., Burov, V. D., & Remezov, A. E. (2011). *Gazoturbinniye energetičeskiye ustanovki*. MEI.
19. Wikipedia. (n.d.). *Combined cycle power plant*.
https://en.wikipedia.org/wiki/Combined_cycle_power_plant
20. Zisin, L. V. (2010). *Parogazoviye i gazoturbinniye ustanovki*. Politeknik Universiteti nəşriyyatı.

Daxil oldu: 26.08.2025

Qəbul edildi: 13.11.2025