

T.C.
TRAKYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**ALSTOM GT13D2 GAZ TÜRBİNLERİNDE YAPILAN C TİPİ BAKIM
ÇALIŞMALARININ İNCELENMESİ**

BAYRAM KESKİN

YÜKSEK LİSANS TEZİ

MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Oktay HACIHAFIZOĞLU

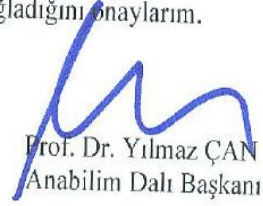
EDİRNE-2016

T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü onayı



Prof. Dr. Mustafa ÖZCAN
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

Bu tezin **Yüksek Lisans** tezi olarak gerekli şartları sağladığını onaylarım.



Prof. Dr. Yılmaz ÇAN
Anabilim Dalı Başkanı

Bu tez tarafımızca okunmuş, kapsamı ve niteliği açısından bir **Yüksek Lisans** tezi olarak kabul edilmiştir.



Doç. Dr. Oktay HACIHAFIZOĞLU
Tez Danışmanı

Bu tez, tarafımızca okunmuş, kapsam ve niteliği açısından **Makine Mühendisliği** Anabilim Dalında bir **Yüksek Lisans** tezi olarak oy birliği ile kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

İmza

Prof. Dr. Kamil Kahveci



Doç. Dr. Oktay HACIHAFIZOĞLU



Yrd. Doç. Dr. Uğur AKYOL



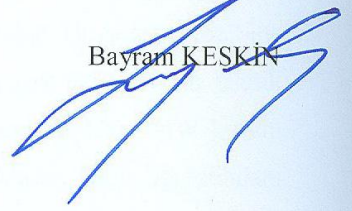
Tarih: 22/01/2016

T.Ü. FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ YÜKSEK LİSANS PROGRAMI
DOĞRULUK BEYANI

İlgili tezin akademik ve etik kurallara uygun olarak yazıldığını ve kullanılan tüm literatür bilgilerinin kaynak gösterilerek ilgili tezde yer aldığını beyan ederim.

22/01/2016

Bayram KESKİN



Yüksek Lisans Tezi

Alstom GT13D2 Gaz Türbinlerinde Yapılan C Tipi Bakım Çalışmalarının İncelenmesi

T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü

Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

ÖZET

İnsanoğlunun gelişimiyle birlikte artan ihtiyaçlarını karşılamak için gereksinim duyduğu en önemli hammadde enerji olmuştur. İlk enerji kaynağı olarak hayvanların kullanılmasının takibinde enerji kaynağı konusunda mekanik ilk kaynaklardan biri ünlü filozof Heron'un tasarladığı basit buhar türbini zamanla yerini gelişmiş gaz türbinlerine bırakmıştır. Bu çalışmada bu süreçte gaz türbinlerinin tarihsel gelişimi ve bu gelişimde oluşturulan çeşitli gaz türbini çevrimlerine değinilmiştir. Ülkemizde doğalgaz kombine çevrim santrallerine öncülük eden santrallerden olan Hamitabat Doğalgaz Kombine Çevrim Santralinin tarihi ve kuruluş süreçleri ve kullanılan gaz türbinlerinin teknik verileri gibi konulardan bahsedilmiştir. Hamitabat Termik Santrali 1200 MW kurulu gücü sayesinde ülkemizin enerji arzında önemli bir yer tutmaktadır. Sağladığı istihdam ve yetiştirdiği personel ile yurt içinde çeşitli bakım faaliyetlerinde yer alarak bu sektörde öncü kurumların başında gelmektedir. Bu çalışmada kombine çevrim santralindeki gaz türbini elemanları tanıtılacaktır. Yapılan bakım işlemlerinde ana amacı oluşturan parçaların durumunu tespit etmeye yönelik çalışmalara değinilmiştir. Tahribatsız muayene yöntemlerine değinilmiş ve bakım çalışmaları sırasında ne gibi uygulamalar yapıldığı gösterilmiştir.

Son yıllarda artan enerji talebiyle birlikte güç santrallerinde verimin yanı sıra bu verimin kullanılabilirliği yani emre amadelik ön plana çıkmaktadır. Bu çalışmada ülkemizin enerji arzının büyük payını oluşturan doğalgaz kombine çevrim santrallerinde yapılan C Tipi Bakım çalışması incelenmiştir. Yapılan demontaj ve montaj çalışmaları, incelenerek Hamitabat Kombine Çevrim Santralinde bulunan ALSTOM GT13D2 gaz türbinlerinde C Tipi Bakım çalışması süreci takip edilmiştir. Yapılan çalışmalar bu

alanda çalışan veya çalışmak isteyenlere yardımcı olabilmesi amacıyla adım adım fotoğraflanmış ve yapılan işlemler açıklanmıştır. C Tipi Bakım süreci detaylı bir çalışma olması sebebiyle, bakımın ana hatları anlatılmıştır.

Yıl : 2016

Sayfa Sayısı : 95

Anahtar Kelimeler : Gaz Türbini, Kompresör, Yanma Odası, Kombine Çevrim, C Tipi Bakım.

Master's Thesis

Investigation of Alstom GT13D2 Gas Turbine C Inspection Maintenance

Trakya University Institute of Natural Sciences

Department of Mechanical Engineering

ABSTRACT

Energy becomes the most important raw material for human beings as he and his needs develop. After the usage of the animals for the first energy source, a simple steam turbine designed by Heron, a famous philosopher, takes place for the first mechanical energy source. In time developed gas turbines take place of the first simple steam turbines. In this study, historical evolution of the gas turbines and gas turbine cycles are referred. Hamitabat Combined Cycle Power Plant is a pioneer between combine cycle power plants in our country. Its history, foundation and gas turbines technical data are examined. Hamitabat Power Plant takes an important place for energy presentation with its 1200 MW energy supply. It is one of the first pioneered cooperation as it deploy and educate the employees in energy sector. Parts of a gas turbine, in a combined cycle power plant, is examined in this study. Main purpose of a maintenance is determining the conditions of the turbine elements. In this study, non destructive maintenance methods are examined and the usage of this methods are demonstrated.

Recent years as the energy demand increase, not only the efficiency but the usage of this efficiency becomes important. In this study, C Inspection in a natural gas combine cycle power plant, which takes a big part of energy supply of our country, is examined. Assembly, disassembly works of ALSTOM GT13D2 of Hamitabat Power Plant examined and C Inspection Maintenance process followed. Works that all have done are photographed and explained step by step for the people who wants to work in this sector. Because of the fact that C Inspection is a detailed work, main process is examined.

Year : 2016

Number of Pages : 95

Keywords : Gas Turbine, Compressor, Combustion Chamber, Combined
Cycle, C Inspection.

TEŞEKKÜR

Tez konumun seçiminde yardımlarını eksik etmeyen başta değerli hocam Prof. Dr. Ahmet Cihan başta olmak üzere, her türlü sıkıntıda sürekli yanımda olarak desteğini esirgemeyen ve tezimin tamamlanması konusunda beni teşvik eden değerli danışman hocam Doç. Dr. Oktay Hacıhafızoğlu'na teşekkürlerimi sunarım. Trakya Üniversitesi Makine Mühendisliği Hocalarına, yüksek lisans konusunda bana ve diğer mühendis arkadaşlarıma destek ve teşviklerini esirgemeyen HEAŞ Genel Müdürlerimiz Sayın Abdürrezzak Katırcıoğlu ve İbrahim Kapusuz ile çalışmalarım sırasında bilgi ve becerilerini bana sürekli aktararak desteklerini sunan tüm çalışma arkadaşlarıma sonsuz saygı ve teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca bana her türlü yardım ve desteğini sunarak tezimi tamamlamamda yardımcı olan sevgili eşime sonsuz teşekkürlerimi sunmaktan mutluluk duyarım.

Faydalı olması dileğiyle...

Bayram KESKİN

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET	i
ABSTRACT	iii
TEŞEKKÜR	v
ŞEKİLLER DİZİNİ	ix
ÇİZELGELER DİZİNİ	xiii
SİMGELER DİZİNİ	xiv

BÖLÜM 1

1. GİRİŞ	1
----------	---

BÖLÜM 2

2. GAZ TÜRBİNLERİ TARİHSEL GELİŞİMİ	2
2.1. Gaz Türbini Çevrimlerindeki Gelişmeler	6
2.1.1. Basit Çevrim	6
2.1.2. Rejeneratörlü Gaz Türbini Çevrimi	7
2.1.3. Ara Soğutmalı-Ara Isıtmalı Rejeneratörlü Gaz Türbini Çevrimi	9
2.1.4. Kombine Çevrim	10
2.1.5. Nemli Hava Türbini Çevrimleri	11
2.1.6. Buhar Enjeksiyonlu Gaz Türbini Çevrimleri (STIG Çevrimi)	12

BÖLÜM 3

3. HAMİTABAT DOĞALGAZ KOMBİNE ÇEVİRİM SANTRALİ	14
3.1. Kuruluş	14
3.2. Gaz Türbini Alstom GT13D2-DM Teknik Veriler	16
3.2.1. Gaz Türbinleri Teknik Özellikleri	17
3.2.2. Kompresör Statoru ve Gaz Türbini Statoru Ağırlıkları	18
3.2.3. Kompresör Teknik Verileri	18

İÇİNDEKİLER (Devam)

Sayfa

BÖLÜM 4

4. GAZ TÜRBİNİ ELEMANLARI	19
4.1. Hava Emiş Kanalı ve Fogging (Sisleme) Sistemi	19
4.2. Kompresör	21
4.2.1. Kompresör Rotor Kanatları Malzemeleri	22
4.2.2. Kompresör Rotoru Kanat Miktarları	22
4.2.3. Kompresör Stator Kanatları Malzemeleri	22
4.2.4. Kompresör Rotoru Kanat Miktarları	23
4.3. Kompresör Difüzörü	23
4.4. Sıcak Gaz Kabini	24
4.5. Yanma Odası	26
4.6. Yakıcı	29
4.7. İç Tüp, Tuğla Taşıyıcı Ringler ve Tuğlalar	31
4.8. Gaz Türbini	34
4.8.1. Gaz Türbini Kanat Bilgileri	35
4.8.1.1. Gaz Türbini Rotor (Hareketli) Kanatları	35

BÖLÜM 5

5. BAKIM TÜRLERİ ve TAHRİBATSIZ MUAYENE	37
5.1. Kestirimci Bakım	37
5.1.1. Kestirimci Bakım Yaklaşımı	37
5.2. Koruyucu Bakım	38
5.3. Tahribatsız Muayene	38
5.3.1. Tahribatsız Muayene Yöntemleri	38
5.3.1.1. Penetran Sıvı İle Kontrol	38
5.3.1.2. Ultrasonik Muayene Yöntemi	39
5.3.1.3. Radyografik Yöntem ile Muayene	40
5.3.1.4. Manyetik kontrol	41

İÇİNDEKİLER (Devam)

Sayfa

BÖLÜM 6

6. GAZ TÜRBİNİNDE YAPILAN BAKIM İŞLEMLERİ

42

6.1. Giriş

42

6.2. Gaz Türbini Bakım İşlemleri

42

BÖLÜM 7

7. TARTIŞMA ve SONUÇ

91

KAYNAKLAR

93

ÖZGEÇMİŞ

95

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 2.1. Jhon Barber Gaz Türbini	3
Şekil 2.2. Holzwarth Gaz Türbini	4
Şekil 2.3. Whittle Jeti	5
Şekil 2.4. Basit Çevrim	7
Şekil 2.5. Rejeneratörlü Gaz Türbini Sistemi	8
Şekil 2.6. Ara Soğutmalı-Isıtmalı Rejeneratörlü Gaz Türbini Çevrim Sistemi	9
Şekil 2.7. Kombine Çevrim Sistemi	11
Şekil 2.8. (a) Basit Gaz Türbini Çevrimi (b) Nemli Gaz Türbini Çevrimi	12
Şekil 2.9. Buhar enjeksiyonlu Gaz Türbini Çevrimi	13
Şekil 3.1. Gaz Türbini- Kompresör Rotoru	16
Şekil 4.1. Gaz Türbini Hava Emiş Fogging Sistemi	19
Şekil 4.2. Kompresör Rotoru	21
Şekil 4.3. Kompresör Difüzörü	24
Şekil 4.4. Sıcak Gaz Kabini	25
Şekil 4.5. Yanma Odası İç Elemanları	27
Şekil 4.6. Yanma Odası Tuğlalar ve İç Tüp	28
Şekil 4.7. Yanma Odası İç Elemanlar	28
Şekil 4.8. Yakıcı İç Yönlendirici	29
Şekil 4.9. Yakıcı Dış Yönlendirici	30
Şekil 4.10. Tuğla Taşıyıcı Ringler	31
Şekil 4.11. Tuğlalar	32
Şekil 4.12. (a) Yanma Odası İç Tüp Dış Kılıf (b) İç Tüp	33
Şekil 4.13. Gaz Türbini	34
Şekil 5.1. Penetran Uygulama Yöntemi	39
Şekil 5.2. Ultrasonik Muayene Yöntemi	40
Şekil 5.3. Manyetik Kontrol	41
Şekil 6.1. (a) Yanma Odası (b) Kompresör Blöf Valf Susturucular	43
Şekil 6.2. (a) Yakıcı Dış Yönlendirici (b) Yakıcı Gaz Giriş Borusu	44
Şekil 6.3. (a) Yakıcı İç Yönlendirici (b) Yakıcı Nozul	45
Şekil 6.4. (a) Tork Anahtarı (b) Yanma Odası	46

ŞEKİLLER DİZİNİ (Devam)**Sayfa**

Şekil 6.5. (a) Türbin Isı Dış Kasası (b) Yanma Odası Üst Kep	47
Şekil 6.6. (a) Kompresör Hava Giriş Kademesi (b) Rotor Muhafaza Kepi	47
Şekil 6.7. Sıcak Gaz Kabini	48
Şekil 6.8. Gaz Türbini 5. Kademe Hareketli Kanatları	49
Şekil 6.9. Boşluk Alma Tapası	50
Şekil 6.10. (a) S.G.K Segman Ölçüleri Alınması (b) S.G.K Segmanlar	51
Şekil 6.11. Yanma Odası İç Elemanları	52
Şekil 6.12. (a) Tuğla Taşıyıcı Ring ve Tuğlalar (b) İç Tüp	53
Şekil 6.13. Dişli Kutusu	53
Şekil 6.14. Yanma Odası İç Elemanları	54
Şekil 6.15. (a) Uzatmalı Civata Sıkma Aparatı	55
(b) Isıtmalı Civataların Sökülmesi	55
Şekil 6.16. Gaz Türbini Sabit Kanat Taşıyıcı Üst Parça	56
Şekil 6.17. Gaz Türbini 5. Kademe Ölçülerin Alınması	57
Şekil 6.18. (a) İç Tüp Çapta Oluşan Deformasyon (b) Tamir Segmanı	58
Şekil 6.19. İç Tüp Penetran Kontrol Yüzeyleri	59
Şekil 6.20. (a) Tuğla Dizileri Isı Koruma Segmanları (b) Tuğla Taşıyıcı İskelet	59
Şekil 6.21. (a) Sıcak Gaz Kabini Civatalar (b) Kasanın Nivo İle Kontrolü	60
Şekil 6.22. Sıcak Gaz Kabini Üst Parça	61
Şekil 6.23. Kompresör Radyal ve Eksenel Yakalar	62
Şekil 6.24. (a) Türbin Yatağı (b) Aşırı Hız Ekipmanı	62
Şekil 6.25. Kaplin Ölçülerinin Alınması	63
Şekil 6.26. Yanma Odası Alt Yönlendiriciler	64
Şekil 6.27. Türbin Sabit Kanat Taşıyıcıdan Ölçüm Alınması	65
Şekil 6.28. Türbin Sabit Kanat taşıyıcı Üst Parçanın Yerinden Alınması	65
Şekil 6.29. Kompresör Rotoru Klerans Ölçülerinin Alınması	66
Şekil 6.30. Kompresör Difüzörü Üst Parça	67
Şekil 6.31. Kompresör - Türbin Rotoru	68

ŞEKİLLER DİZİNİ (Devam)**Sayfa**

Şekil 6.32. (a) Sabit Kanat Taşıyıcı Alt Parça	68
(b) Sabit Kanat Taşıyıcı Üst Parça	68
Şekil 6.33. Kompresör Difüzörü Alt Parça	69
Şekil 6.34. Türbin Sabit Kanat Taşıyıcı Alt ve Üst Birleştirilmesi	70
Şekil 6.35. Türbin Yatağı Alt Parça	70
Şekil 6.36. Taşıyıcı Yatak	71
Şekil 6.37. (a) Türbin Yatağı Alt Parça (b) Türbin Yatağı Alt Üst Parçalar	71
Şekil 6.38. Kompresör Hareketli Kanatlara Floresan Testinin Yapılması	72
Şekil 6.39. (a) Türbin Sabit Kanat Taşıyıcı Alt Parçanın Alınması	73
(b) Türbin Sabit Kanat Taşıyıcı Alt Parça	73
Şekil 6.40. (a) Sıcak Gaz Kabini Alt Parça (b) Türbin Taşıyıcı Kasa	74
Şekil 6.41. (a) Sıcak Gaz Kabini Basma Plakası	74
(b) Sıcak Gaz Kabini Tamir Çalışmaları	74
Şekil 6.42. (a) Kompresör Difüzörü Isı Koruma Plakası	75
(b) Kompresör Difüzörü	75
Şekil 6.43. (a) Ana Yağ Pompası (b) Virör Dişlisi	76
Şekil 6.44. (a) Kompresör Blöf Valfler (b) Blöf Valf ve Yay	77
Şekil 6.45. Türbin Kasasının Terazi Ölçüsünün Alınması	78
Şekil 6.46. Türbin Egzoz Difüzörü	78
Şekil 6.47. (a) Türbin Sabit 1. Kademe Kanatlar	79
(b) Türbin Son Kademe Kanatlar	79
Şekil 6.48. (a) Türbin 1. Kademe Sabit Kanat	80
(b) Türbin 2. Kademe Sabit Kanat	80
Şekil 6.49. Sabit Kanat ve Giriş Zırhlarının Penetran İle Muayenesi	81
Şekil 6.50. (a) Kompresör Alt Sabit Kanatlara Kurşun Testi Yapılması	82
(b) Türbin Alt Sabit Kanatlara Kurşun Testi Yapılması	82
Şekil 6.51. Kurşun Tellerin Ölçülmesi	82
Şekil 6.52. (a) Yağ Tankı Isıtıcıları (b) Yağ Tankı Geri Dönüş Hattı	83
Şekil 6.53. Kompresör Difüzörü Ölçülerin Alınması	84

ÇİZELGELER DİZİNİ

<u>Tablo</u>	<u>Sayfa</u>
Tablo 3.1. Gaz Türbinleri Teknik Verileri	17
Tablo 3.2. Kompresör ve Gaz Türbini Ağırlıkları	18
Tablo 3.3. Kompresör Teknik Verileri	18
Tablo 4.1. Kompresör Kanat Malzemeleri	22
Tablo 4.2. Kompresör Kademeleri Rotoru Miktarları	22
Tablo 4.3. Kompresör Stator Kanat Malzemeleri	22
Tablo 4.4. Kompresör Rotoru Kanat Miktarları	23
Tablo 4.5. Sıcak Gaz Kabini Malzeme	25
Tablo 4.6. Yanma Odası Tuğla Malzemesi	32
Tablo 4.7. Yanma Odası İç Tüp Malzemesi	33
Tablo 4.8. Gaz Türbini Rotor Kanatları Malzemeleri	35
Tablo 4.9. Gaz Türbini Rotor Kanat Sayıları	35
Tablo 4.10. Gaz Türbini Stator Kanatları Malzemeleri	36
Tablo 4.11. Gaz Türbini Stator Kanat Sayıları	36

SİMGELER DİZİNİ

<u>Simge</u>	<u>Açıklama</u>
LHY	: Alt Isıl Değer
BBC	: Brown Boverly Company
BOTAŞ	: Boru Hatlarıyla Petrol Taşıma A.Ş.
C	: Celcius
Dak	: Dakika
Dev	: Devir
EOH	: Equilavent Operation Hour
EÜAŞ	: Elektrik Üretim Anonim Şirketi
h	: Entalpi
HAT	: Humid Air Turbine
HEAŞ	: Hamitabat Elektrik Üretim Anonim Şirketi
HİP	: Hot İsostatik Pressing
HRSG	: Heat Recovery Steam Generator
GT	: Gaz Türbini
Kg	: Kilogram
MW	: Mega Watt
OH	: Operation Hour
q	: Isı
P	: Basınç
SGK	: Sıcak Gaz Kabini
SKT	: Sabit Kanat Taşıyıcı
s	: Saniye
T	: Sıcaklık
TEK	: Türkiye Elektrik Kurumu
ϵ	: Etkinlik

BÖLÜM 1

GİRİŞ

Günümüzde gelişen sanayi ve artan nüfus ile birlikte enerji talebi artış göstermektedir. Enerji arzında kullanılan rüzgar, güneş, hidroelektrik gibi yenilenebilir enerji kaynaklarının yanında doğalgaz, kömür, nükleer gibi kaynaklar da kullanılmaktadır. Kömür her ne kadar gelişen teknoloji ile eskiye nazaran temiz bir yakıt olarak kullanılabilse ve ülkemizde ısı değeri nispeten düşük de olsa çıkarılabilse de yaklaşık %20'lik pay ile üretimde doğalgazın gerisinde kalmaktadır. Bu payın %8 kadarı da ithal kömürü oluşturmaktadır. Her ne kadar kullanımda neredeyse tamamı dışa bağımlı olsa da bu talebi karşılamada ülkemizde 2015 mayıs rakamlarına göre %30,2 ve 21.573 MW ile doğalgaz + LNG termik santralleri en yüksek paya sahiptirler. Doğalgaz kombine çevrim santrallerinde gaz türbini ve buhar türbini kullanımı sayesinde verim son teknoloji ile %60'lar seviyesini aşmaktadır. Dışa bağımlılığın getirdiği dezavantaja rağmen, arz talep dengesini sağlamada hızlı devreye alınabilme ve çevreye olan zararlı etkilerinin kısmen de olsa daha az olması nedeniyle tercih edilen bu santrallerde emre amadeliğin üst seviyelerde sağlanabilmesi önem arz etmektedir.

Bu çalışmada çeşitli dönemlerde gaz türbinleri hakkında teorik bilgi edinen ve bu teorik bilgiyi uygulamaya dönüştürmek isteyenlere, emre amadeliğin sağlanması amacıyla yapılan çalışmalardan C Tipi Bakım çalışmaları incelenmiştir.

BÖLÜM 2

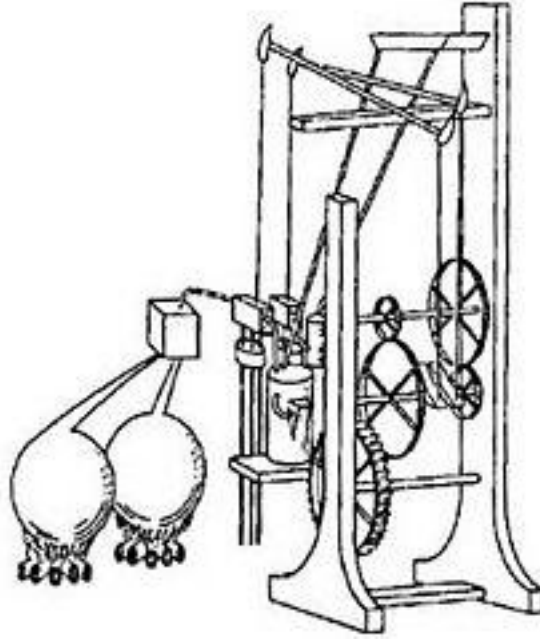
GAZ TÜRBİNLERİ TARİHSEL GELİŞİMİ

Güç kaynağı olarak türbin ve tepki prensibi, günümüzden çok önceye, M.Ö. 130'lu yıllara, İskenderiye'li filozof Heron'un tasarladığı basit tepki türbinine kadar varmaktadır. Tasarım tarihte bildiğimiz ilk buhar türbini örneğidir diyebiliriz. Uçları birbirine göre zıt yönleri gösteren iki eğik tüpün yerleştirildiği oyuk bir küreden yaptığı türbindir. Kürede su kaynatıldığında buhar borulardan dışarı çıkmakta ve günümüzde etki-tepki prensibi diye bildiğimiz kanunun neticesinde kürenin dönmesine yol açmaktaydı.

Benzer şekilde 1629 yılında, Giovanni Branca da böyle bir türbin tasarlamıştır. Buhar jetinden çıkan buharın türbin kanatçıklarına çarpması sonucu dönen türbin, redüksiyon dişlilerini de döndürmekteydi.

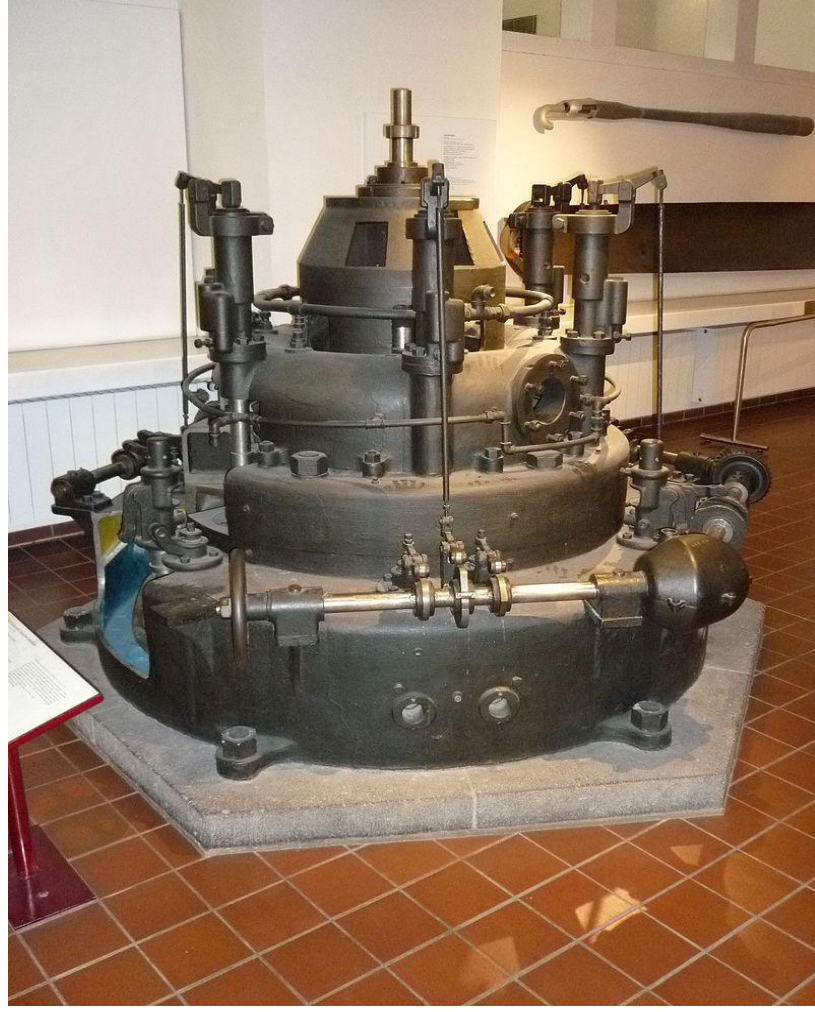
Sir Isaac Newton, 1680 yılında ortaya koyduğu III. Hareket Yasası (etki ile tepkinin eşitliği) ile jet tepkisinin olabirliğini belirtmiş ve aynı dönemde bir de atsız araba projesi yapmıştır.

Yukarıda sözü edilen ve buhar gücü ile çalışan bu motorlar daha sonra, yakıtların hava ile yanması sonucunda elde edilen gazlarla çalışan gaz türbinlerinin öncüleri olarak fikir vermişlerdir. Günümüzden iki asır önce, 1791 yılında, İngiliz John Barber orijinal bir gaz türbin biçimi geliştirmiş ve patentini almıştır. Şekil 2.1.'de görülen bu motor, patentli ilk gaz türbini olarak bilinir. Tasarlanan bu motorda bir gaz üretici, gaz alıcı, gaz ve hava kompresörleri, bir yanma odası, bir türbin ve hız düşürme dişlileri bulunuyordu.



Şekil 2.1. Jhon Barber Gaz Türbini

Daha sonraki yıllarda, birçok bilim adamı bu tip motorların gelişmesi için çaba harcadılar. Bu isimler şöyle sıralanabilir: İngiliz W. F. Fernibough (1850) ; Fransız Armengaud ve Lemale (1884'te 5000 devirli, 368 kw gücünde, sıvı yakıt püskürtmeli, elektrikli ateşlemeli, türbin giriş ve kanatçıklarını soğutmak için su püskürtmeli bir motor gerçekleştirdiler). 1900-1904 yıllarında Stolze, ısı eşanjörlü, çok kanatçıklı türbine sahip bir motor yapmış, ancak türbin ve kompresör verimlerinin çok düşük olması nedeniyle, motor başarılı olamamıştır. Buhar türbinlerinin de öncülerinden olan Sir Charles Parson, 1884 yılında, bugün ki modern gaz türbinlerinin görünüşünü andıran bir motorun patentini almıştır. 1905 yılında Alman H. H. Holzwarth, sabit hacimde yanmalı bir gaz türbini tasarlamış ve bu motor daha sonra, 1911 yılında, Brown Boveri firması tarafından üretilmiştir, Brown Boveri daha sonra sabit tesisler, kara, deniz ve hava taşıtları için, sabit basınçlı ya da sürekli yanmalı tipte, ticari motorlar yapmıştır.

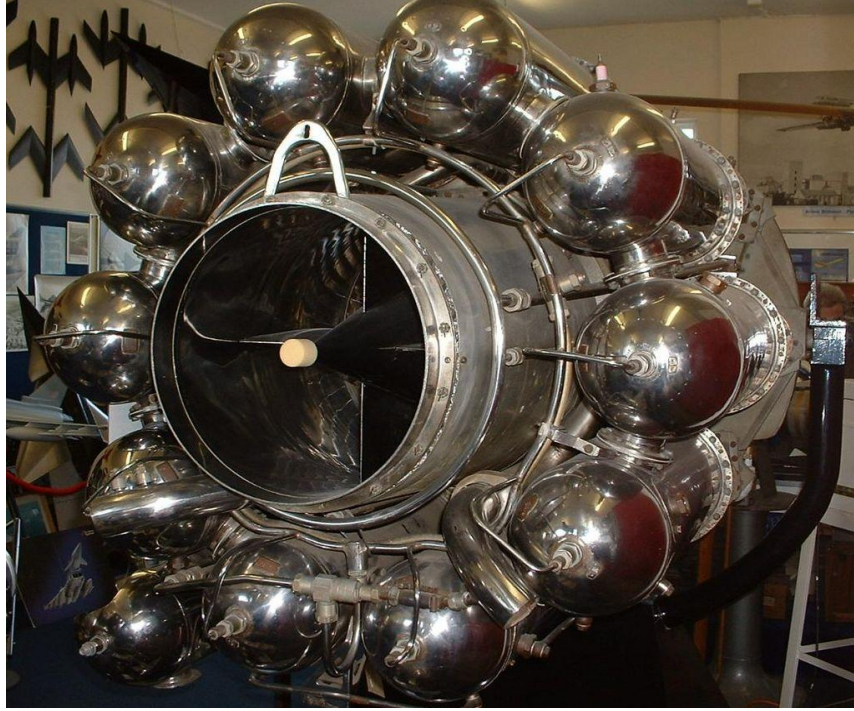


Şekil 2.2. Holzwarth Gaz Türbini

Gaz türbinlerini geliştirmek için ilk ciddi atak, 1905 yılında Fransız Turbomotor Anonim Şirketi tarafından yapılmıştır. Bu motorun kompresör kısmı, her biri 25 kademeli, seri bağlantılı üç adet kompresörden oluşuyordu. Bu kompresörler doğrudan doğruya, iki sıra halinde kanatçıkları bulunan bir türbin tarafından çevriliyordu. Çalışma basınç oranı 4:1, türbin giriş sıcaklığı 560°C ve ısıl verimi de % 3 kadardı. Üretilen gücün büyük bir bölümünü kompresör yutuyordu. 33 yanma odası bulunan bu gaz türbini, su ile soğutuluyor ve ısınan suda yanmış gazların sıcaklığını güvenli sıcaklığa indirmek için yanma odalarına püskürtülüyordu. 1913 yılında Fransız Lorin, bir ramjet motoru patenti almış, ancak o günkü teknoloji ile yapılması mümkün olmamıştır. Alman Schmidt, 1928 yılında ilk pulsejeti tasarlamış ve Almanlar bu motorları 1942'de V-1 uçak bombalarına uygulamışlardır,

İngiliz bilim adamı Frank Whittle, 1920 yılında, yazdığı bir ders kitabında, bir uçağın güçlendirilmesinde, jet tahriki sağlayıcı olarak, gaz türbini kullanılabileceğini açıkladı. 1930 yılında, çok kademeli aksenal bir kompresör ile tek kademeli santrifüj kompresörü aynı rotorda kullanıp havayı turbojet kısmına sıkıştırarak güç sağlamış ve ilk turbojetin patentini almıştır.

1941 yılında ilk uçuşunu yapan Whittle jeti; santrifüj tip çift girişli kompresörlü, tek yanma odalı ve su soğutmalı idi. Bu motor, modern gaz türbinlerinin öncüsü olmuştur. Frank Whittle, yaptığı bu çalışmalardan ötürü, “modern gaz türbinlerinin babası” olarak anılmaktadır.



Şekil 2.3. Whittle Jeti

Alman Hans Von Ohain'in patentindeki turbojet motoru, bir Heinkel uçağına monte edilerek 1939 yılında ilk turbojet uçuş gerçekleştirilmiştir. Ancak, Whittle'ın dizaynının doğrusal akışlı olmasına karşı, Ohain'in turbojetini ters akışlı idi. Jet motorlarının öncülerinden biri de İtalyan Secondo Campini'dir. Campini, kompresörü çevirmek için yıldız tipi pistonlu bir içten yanmalı motor kullanmış ve bu motorla donatılmış bir uçak, Roma – Milan arasındaki 270 km'lik bir uçuşu gerçekleştirmiştir.

Whittle'nin çok kademeli kompresörlü turbojetleri, II. Dünya savaşında, İngiliz ve USA uçaklarında kullanılmıştır. O günden bu yana, santrifüj kompresörlerin yerini aksenal ve çok kademeli kompresörler almış, kompresör ve türbin sayılan verimleri artırılmış, regeneratör, ara soğutucu, ara ısıtıcı kullanımı ile güç ve verimlerde önemli artışlar sağlanmıştır. Bu gelişmede metalürjideki gelişmelerin payı da oldukça büyüktür.

Turboproppla güçlendirilen ilk yolcu uçağı, 1948 yılında test edilen İngiliz Vickers Viscount; turbojetle güçlendirilen ilk uçak ise, 1949 yılında test edilen, De Havilland Comet olmuştur. Ünlü Boeing 707, ilk servisine 1958'de başlamış olup, en büyük yolcu uçaklarından olan Boeing 747'yi de aynı firma üretmektedir.

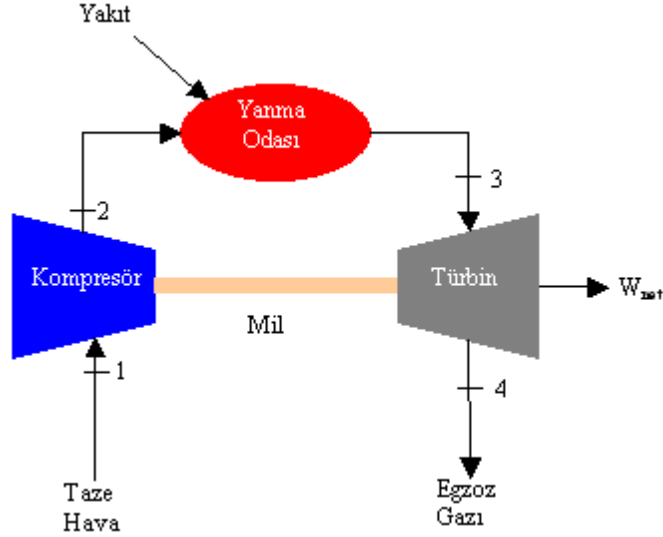
Gaz türbinleri, kapalı sistem esasına göre de düzenlenebilmekte, böylece birçok avantajlara sahip olmaktadır. Kapalı sistem ilk gaz türbini, 1935 yılında Ackeret ve Keller tarafından gerçekleştirilmiştir. Kapalı bir sistemin önemli bir özelliğı de, çalışma maddesi olarak monoatomik gazların kullanılmasıyla verim ve güç artışı sağlanmasıdır. Kapalı sistem gaz türbinlerinde helyum gazı, ilk defa 1966 yılında, Brown Boveri firması tarafından kullanılmıştır. Gaz türbinleri ile güçlendirilen ilk taşıt ise, 1950 yılında, İngiliz Rover firması tarafından üretilmiştir.

2.1. Gaz Türbini Çevrimlerindeki Gelişmeler

2.1.1. Basit Çevrim

Brayton 1873 yılında yağ yakıt ile çalışmak üzere sabit basınçta yanma, genişleme gibi özelliklere sahip bir motor geliştirmiştir. Brayton çevrimi günümüz gaz türbinlerinin teorik çevrimi olarak kullanılmaktadır. Termodinamik olarak ısı makinesi çevrimidir. Sistem içerisinde dolaşan basıncı düşürülmüş sıcak gazlar çevrimde sabit basınçta soğutulur ve tekrar 1. duruma getirilir ve 4 ile 1 arasında bir soğutucu vardır. Bu tip sistemler kapalı sistemlerdir. Bir diğeri ise açık sistemlerdir. Açık sistemler aşağıda Şekil 3.9' da görülmektedir. En basit çevrimdir. Açık sisteme göre çalışan gaz türbini, ortak bir mil monte edilmiş olan kompresör, türbin, yanma odası, ilk hareket düzeni ve çıkış gücünün iletilmesi için kullanılan bağlantılardan oluşur. Kompresör 1 numaralı noktadan atmosferik havayı alıp 2 noktasındaki basınca kadar yükselterek yanma odasına gönderir. Yanma odasında hava içerisine püskürtülen yakıtın yanması sabit basınçta ve sürekli olmaktadır. Yanma ürünü 3 noktasından türbine girdikten sonra

burada genişleyerek türbin kanatçıklarına çarpıp iş üretir. Daha sonra türbini terk eden gazlar 4 noktasından atmosfere atılır.



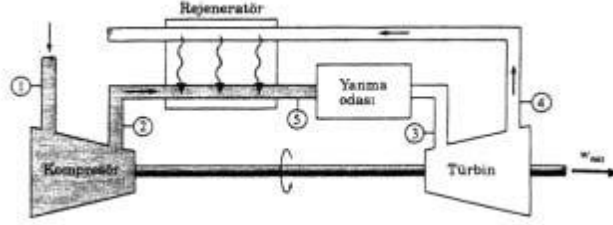
Şekil 2.4. Basit Çevrim

2.1.2. Rejeneratörlü Gaz Türbini Çevrimi

Sabit basınçta yanmalı gaz türbinlerinin verimleri, ısı rejenerasyonu ile artırılabilir. Rejeneratör, egzoz gazları ile dışarıya atılan ısının bir kısmını tekrar sisteme kazandırmak için, Şekil 2.5'de şematik olarak görüldüğü gibi, sisteme yerleştirilen bir ünedir. Sıcak egzoz gazları, rejeneratörün sıcak tarafından girip, temas yüzeyi çoğaltılmış dilim ya da plakaların etrafından dolaşarak; kompresör tarafından sıkıştırılmış olarak rejeneratörün diğer tarafına gelen havanın sıcaklığını yükseltir. Çalışma maddesinin yanma odasına girmeden önce ısıtılması; uygun türbin giriş sıcaklığına kadar yükseltmek için, çalışma maddesine yanma odasında verilmesi gereken ısının azalmasına neden olur. Böylece, yakıt tüketiminden tasarruf sağlanmış olmaktadır.

Rejenerasyon ancak, kompresörde sıkıştırılan hava sıcaklığının, egzoz Gazlarının sıcaklığından düşük olması durumunda gerçekleşebilir. Rejeneratörün, net işe önemli bir etkisi olmamakla birlikte, sisteme verilen ısıda bir azalma olmaktadır (Çetinkaya, 1999). Rejeneratörlü gaz türbini çevriminin sistem şeması Şekil 2.5'de

gösterilmiştir. Şekilden de görüleceği üzere, kompresör ve yanma odası arasında ters akışlı bir ısı değiştiricisi yerleştirilmiştir.



Şekil 2.5. Rejeneratörlü Gaz Türbini Sistemi

Rejeneratördeki en yüksek sıcaklık, türbinden çıkan ve rejeneratöre giren yanma sonu gazlarının sıcaklığı (T_4) olmaktadır. Hava rejeneratörde en çok bu sıcaklığa kadar ısıtılabilir. Pratikte hava rejeneratörden daha düşük bir sıcaklıkta, T_5 sıcaklığında çıkmaktadır.

Rejeneratör etkinliği şöyle tanımlanabilir;

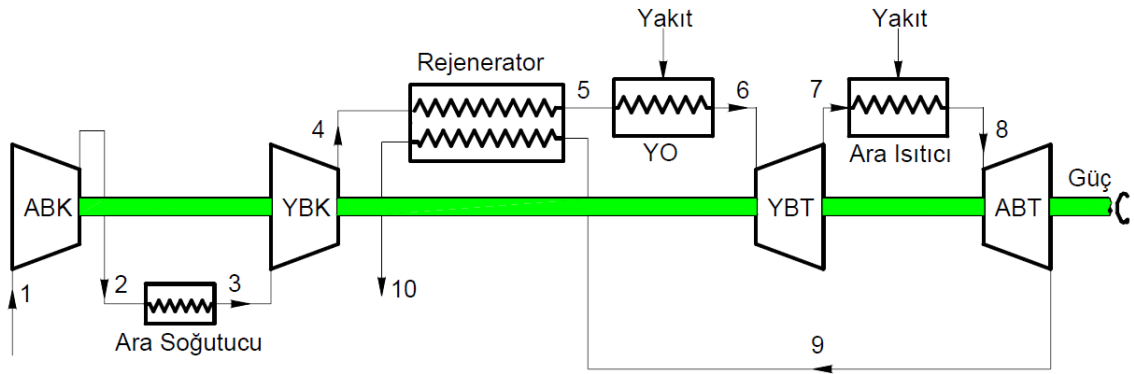
$$\varepsilon = \frac{q_{rejeneratör,gerçek}}{q_{rejeneratör,maks.}} = \frac{h_5 - h_2}{h_4 - h_2} \quad (2.1)$$

$$\varepsilon = \frac{T_5 - T_2}{T_4 - T_2} \quad (2.2)$$

şeklinde yazılabilir. Rejeneratörün etkinliği ne kadar yüksek olursa, havanın yanma öncesinde daha yüksek bir sıcaklığa ısıtılacağı, buna bağlı olarak daha az yakıt tüketileceği açıkça görölmektedir. Fakat daha etkin bir rejeneratör, daha büyük, daha pahalı ve basınç kayıplarının daha fazla olduğu bir ısı değiştiricisi anlamına gelecektir. Bu nedenle çok yüksek etkinliğe sahip bir rejeneratörün ekonomik açıdan olurluğu, yakıttan sağlanan kazancın ısı değiştiricisine fazladan yapılacak harcamadan daha büyük olmasına bağlıdır. Pratikte kullanılan rejeneratörlerin çoğunun etkinliği %85'in altındadır (Çengel, 1999).

2.1.3. Ara Soğutmalı-Ara Isıtmalı Rejeneratörlü Gaz Türbini Çevrimi

Bir gaz türbini çevriminin verimi, sıkıştırma ve türbindeki genişleme işlemlerinin, Ericsson çevriminde olduğu gibi, izotermik olarak yapılması ile artırılabilir. Tasarım güçlükleri nedeniyle, gerçekte izotermik sıkıştırma ve genişleme mümkün değildir. Ancak, kademeli kompresör ve ara soğutucular, kademeli türbin ve ara ısıtıcılarla, bu işlemler izotermale yaklaştırılabilmektedir. Daha çok kademenin teorik olarak gaz türbini çevriminin verimini arttırmasına karşın, gaz türbini çevriminin dizaynı karmaşıklaşmakta ve işlemlerin tersinmezliği nedeniyle olan kayıplar artmaktadır.



Şekil 2.6. Ara Soğutmalı-Isıtmalı Rejeneratörlü Gaz Türbini Çevrim Sistemi

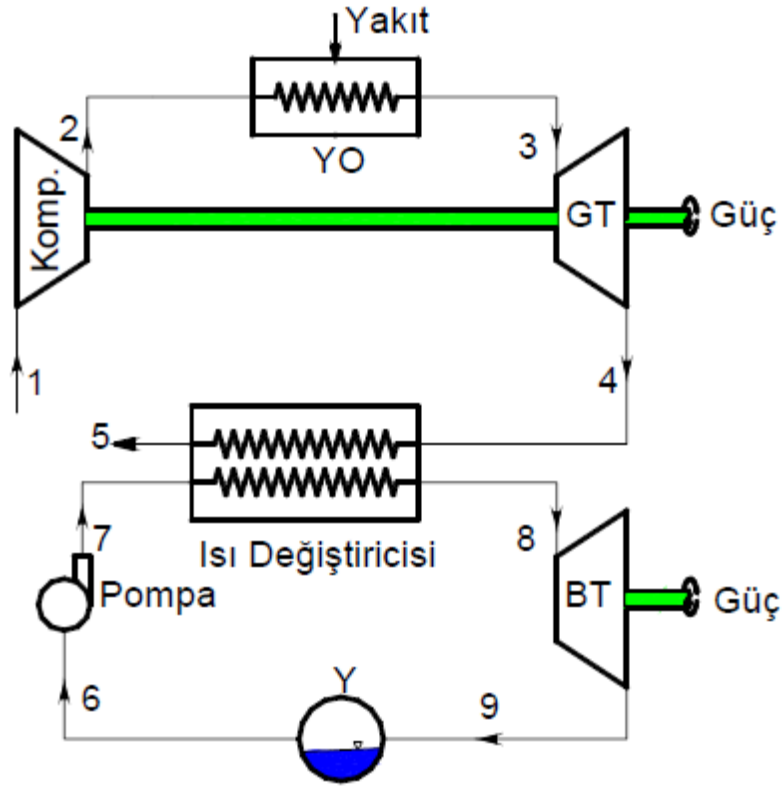
Şekil 2.6.'da, böyle bir gaz türbini çevriminin sistem şeması görülmektedir. Bu tür bir çevrimde atmosferik hava, bağımsız kompresör kademelerinde sıkıştırılır ve kademeler arasında bulunan soğutucular tarafından soğutulur (Çetinkaya, 1999). Akışkan, kompresörün birinci kademesine 1 halinde girer, sabit entropide P_2 basıncına sıkıştırılır ve sonra sabit basınçta 3 haline soğutulur. Akışkan kompresörün ikinci kademesinde, sabit entropide P_4 basıncına sıkıştırılır. Daha sonra rejeneratöre 4 halinde giren akışkan, sabit basınçta T_5 sıcaklığına kadar ısıtılır (Çengel, 1999). Yüksek bir basınca kadar sıkıştırılan hava, birinci yanma odasına girerek, maksimum çevrim sıcaklığına kadar ısıtılır. Birinci türbinde genişleyen akışkan, yine sabit basınçta ve maksimum sıcaklıkta ikinci yanma odasında ısıtılır. Yanma ürünleri daha sonra ikinci türbinde genişledikten sonra, rejeneratörde sabit basınçta ısı vererek atmosfere atılırlar (Çetinkaya, 1999).

2.1.4. Kombine Çevrim

Gaz türbinleri, aynı çıkış gücündeki bir buhar santraline nazaran daha az yer kaplayan ve yatırım maliyeti düşük olan tesislerdir. 1960 lı yıllarda gaz türbini çevrimlerinde 400-600°C sıcaklıktaki egzoz gazları atmosfere atılmaktaydı. Buna rağmen, gaz akışkanlı güç santrallerinden buhar santrallerine yakın bir verim elde edilebilmekte ve düşük yakıt fiyatları sebebiyle ileri veya kombine çevrim tasarımlarına gereksinim duyulmamaktaydı. Ancak, 1970'lerdeki petrol krizinden sonra, güç santrallerinde yüksek verim birinci öncelik haline gelmiştir. Kombine çevrim uygulamaları ilk başlarda mevcut buhar santrallerine gaz türbini ilavesi ve onun egzozunun kazanda kullanılması (repowering uygulamaları) şeklinde tasarlanmıştır. Sonraları ise, özel tasarımla gaz/buhar kombine çevrim santralleri bugünkü alışlagelmiş güç santralleri biçimine gelmiştir.

Bir gaz/buhar (Joule/Rankine) kombine çevrimi, gaz türbini ile buhar türbinini bir atık ısı kazanı aracılığıyla birleştiren çevrimdir (Savruk, 2001). En çok ilgi duyulan kombine çevrim, gaz türbini (Brayton) çevrimiyle buhar türbini çevriminin (Rankine) oluşturduğu çevrimdir. Bu çevrimin ısıl verimi her iki çevrimin veriminden daha yüksektir. Gaz türbini çevrimleri, buhar çevriminden daha yüksek sıcaklıklarda çalışırlar. Buharlı güç santrallerinde en yüksek türbin giriş sıcaklığı 620°C ile sınırlı iken, bu sınır gaz türbinlerinde 1150°C'nin üzerindedir. Gaz türbini çevriminin yüksek sıcaklıklarda çalışmasının sağladığı kazançlardan yararlanmak ve sıcak yanma sonu gazlarını buharlı güç çevrimi gibi bir alt çevrimde ısı kaynağı olarak değerlendirmek mühendislik yaklaşımının gereğidir.

Şekil 2.7.'de bir bileşik gaz-buhar çevrimi görülmektedir. Bu çevrimde, egzoz gazlarının enerjisi kazan işlevi yüklenen bir ısı değiştiricisinde buhar üretmek için kullanılır. Alt çevrime gerekli enerji sağlayabilmek için bir kazana genellikle birden fazla gaz türbini bağlanır. Ayrıca buhar çevriminde ara ısıtma ve ara buhar alma yapılabilir. Ara ısıtma için enerji, fazladan bir miktar yakıtı oksijen açısından zengin egzoz gazlarıyla yakarak sağlanabilir (Çengel, 1999).

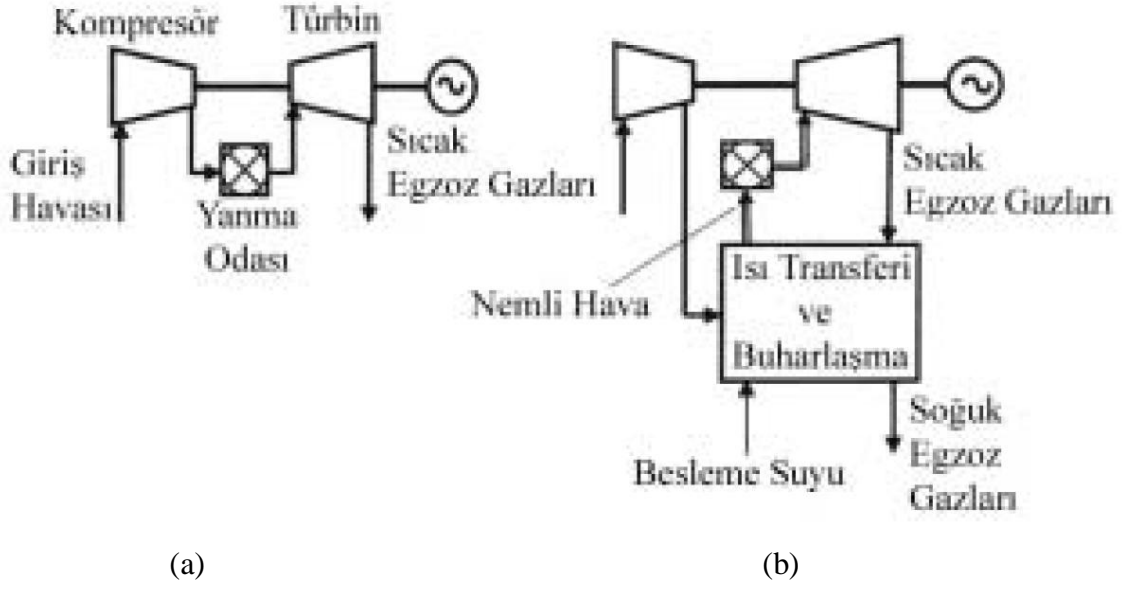


Şekil 2.7. Kombine Çevrim Sistemi

2.1.5. Nemli Hava Türbini Çevrimleri

Nemli hava türbini çevrimleri, güç üretimi için dizel motorları ve kombine çevrimlere alternatif olarak geliştirilen çevrimlerdir. Şekil 2.8.'de basit gaz türbini çevrimi ile nemli hava türbini çevrimleri kıyas edilmiştir.

Basit gaz türbini çevriminde, hava önce yüksek basınç sıkıştırılır. Daha sonra oksijen ve yakıtla yanma odasında ısıtılır. $1100-1400^{\circ}\text{C}$ 'deki sıcak gazlar türbinde atmosferik basınca genişletilir. Brayton çevriminin dezavantajlarından birisi, türbinden çıkan egzoz gazlarının halen $400-600^{\circ}\text{C}$ de olmasıdır. Ayrıca, ısıl verim oldukça düşüktür. Nemli hava türbini çevriminde egzoz ısı, yanma öncesinde, yanma esnasında ya da sonrasında ilave edilecek olan buharı ön ısıtma yapmak ve besleme suyunu buharlaştırmak için kullanılır. Havadaki kütleli debinin artışıyla, kompresör işinde artış olmaksızın, çevrimin ısıl veriminde ve özgül gücünde artış meydana gelmektedir (Bartlett, 2002).

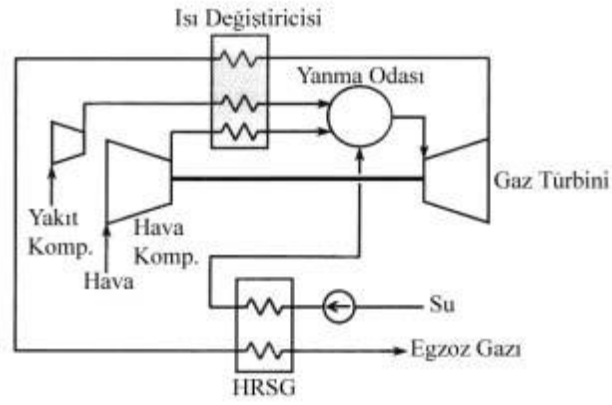


Şekil 2.8. (a) Basit Gaz Türbini Çevrimi (b) Nemli Gaz Türbini Çevrimi

Literatürde yaygın olarak karşılaşılan nemli hava türbini çevriminin özel bir tipi HAT (Humid Air Turbine) çevrimidir. Bu çevrimde sıkıştırma iki kademeli olup, ara soğutma ve son soğutma yapılmaktadır. Dış kaynaktan sağlanan besleme suyuyla rejeneratör girişindeki çevrim havası nemlendirilir. HAT çevrimleri, havadaki kütleli debinin artışıyla basit çevrimlere göre daha fazla güç üretebilmektedir (Kim, 2004).

2.1.6. Buhar Enjeksiyonlu Gaz Türbini Çevrimleri (STIG Çevrimi)

Son yıllarda küçük ölçekli gaz türbinleri, enerji dağıtım sistemlerinde kullanılmaktadır. Basit ve rejeneratörlü gaz türbini çevrimleri, basit konstrüksiyon yapıları nedeni ile dağıtım sistemleri için aday konumundadır. Basit ve rejeneratörlü çevrimlerde egzoz gazları sıcaklığının yüksek oluşuyla, buhar jeneratörü ısı geri kazanında buhar üretilebilir. HRSG' de üretilen buhar, ısıl işlemlerde ya da gaz veya buhar türbinlerinde aracı akışkan olarak kullanılır. Buhar enjeksiyonlu gaz türbini sistemlerinde, HRSG' de üretilen buhar gaz türbini çevriminde tekrar geri dönerek, havayla birlikte aracı akışkan olarak kullanılır. Basit ve rejeneratörlü çevrimlerin ısıl verimleri buhar enjeksiyonuyla iyileştirilmektedir. Küçük ölçekli gaz türbini sistemlerinde, buhar enjeksiyonu uygulaması cazip değildir. Çünkü, bunların optimum basınç oranları oldukça yüksektir.



Şekil 2.9. Buhar enjeksiyonlu Gaz Türbini Çevrimi

Şekil 2.9.'da buhar enjeksiyonlu rejeneratörlü bir gaz türbini çevriminin şeması gösterilmektedir. HRSG' de üretilen buharın tümü yanma odasına enjekte edilir. HRSG' de suyun buharlaşmasıyla ısı değiştiricisinden çıkan egzoz gazının sıcaklığı azalmaktadır (Nishida, 2004).

BÖLÜM 3

HAMİTABAT DOĞALGAZ KOMBİNE ÇEVİRİM SANTRALİ

3.1. Kuruluş

Enerji, günümüzde gittikçe önemi anlaşılmış, toplumların sosyal refah ve kalkınma seviyesinin bir ölçüsü durumuna gelmiştir. Sanayileşmekte olan ülkemizde de her geçen gün elektrik enerjisine olan ihtiyaç artmaktadır. İhtiyacımız olan bu enerjiyi kesintisiz olarak vermekte karşımıza ayrı bir sorun olarak çıkmaktadır. İşte bu sorunu çözebilmek için yeni santrallere ihtiyaç duyulmuştur. Termik Santraller, Hidrolik Santrallere oranla yatırım maliyeti açısından daha düşüktür. Ayrıca işletmeye kısa zamanda alınabilmesi de tercih sebebi olmaktadır. Termik Santrallerin çoğu kömür, fuel-oil veya motorinle çalışmaktadır. Bunlarla çalışan santrallerin ise sorunları her geçen gün biraz daha artmaktadır. Bunun sıkıntısını çeken ve devamlı yeni bir enerji kaynağı arayışı içinde olan insanoğlu, nihayet doğal gazı keşfetmiş ve bunu enerji girdisi olarak kullanmaya başlamıştı. Uzun yıllardan beri ülkemizde yapılan araştırmalar sonunda Lüleburgaz-Hamitabat civarında doğalgaz olduğu tespit edilmiş ve bunun süratle ekonomiye kazandırılması için çeşitli çalışmalar yapılmış ve Hamitabat Doğalgaz Kombine Çevrim Santrali'nin burada kurulmasına karar verilmiştir. Tespit edilen bu doğalgaz miktarı tahmini 80 milyar m³ olup, bunun 13 milyar m³ görünür vaziyettedir. Doğalgaz Kombine Çevrim Santrali, Lüleburgaz'a 13 km uzaklıkta, Lüleburgaz-Babaeski-Pınarhisar üçgeni içinde, Hamitabat köyü civarında bulunmaktadır. TEK tarafından üretilen enerji kalitesinin artırılması, voltaj ve frekans salınımlarının düzeltilmesi ile ulusal enerji şebekesi stabilitesinin sağlanması, enerji nakil kayıplarının azaltılması, Trakya ve Marmara yörelerinde süratle artan aktif ve reaktif elektrik enerjisi talebinin karşılanması, yurt dışından ithal edilen elektrik enerjisine alternatif yaratılması ve Hamitabat Doğalgazının en yüksek verimle milli

ekonomimize kazandırılması gerekçesiyle TEK yatırım programına dahil edilmiştir. Başlangıçta 900 MW olarak planlanan bu santral Hamitabat gazının rezerv ve üretim kapasitesinde duyulan tereddütler ve o tarihlerde ithal gazındaki belirsizlikler dikkate alınarak 600 MW kapasite ile sözleşmeye başlanmış. Daha sonra Türk-Sovyet hükümetleri arasında 1984 tarihinde imzalanan doğal gaz antlaşması doğrultusunda ithal gazın 3 milyar m³ lük miktarın kurumumuza tahsisini müteakip projenin 600MW'tan 1200 MW 'ta tevsi edilmesi karara bağlanmıştır. 14/12/1984 tarihinde TEK - BBC - ENKA arasında imzalanan antlaşma ile ilk 6 X 100MW'lık A + B ünitelerinin inşaatına başlanmıştır. Daha sonra Rus gazının antlaşmasının müteakip ikinci tevsi ünitesinin 04/11/1986 tarihinde C+D ünitelerinin antlaşmaları yapılarak santral kurulu gücü 1200 MW 'a çıkarılmıştır.

Santral her biri 100 MW olan 8 adet Gaz Türbini ile 4 adet Buhar Türbininden meydana gelmiştir. İki gaz türbini ile bir buhar türbini Kombine Çevrim Santralini oluşturmakta ve bu şekilde dört Kombine Çevrim Santrali (A + B + C + D) oluşmaktadır. Elektrik, gaz türbinlerinde doğal gaz yakılarak elde edilen ısı enerjisinin türbin kanatlarında elektrik enerjisine çevrilmesiyle oluşmakta, By-pass bacasının ve sızdırmazlık damperlerinin kullanılmasıyla %32 verimle basit çevrimle çalışabilmektedirler. Her bir çalışır gaz türbininden yaklaşık 500°C sıcaklığındaki egzoz gazlarının atık ısı kazanlarından geçirilmesi ile de ilave yakıt kullanılmadan santral verimi % 48 değerine yükseltilmektedir. Ayrıca iki gaz türbini veya tek gaz türbini + bir buhar türbini olarak muhtelif yük seviyelerinde işletilebilmektedir. Aktif güç üretimi sırasında gaz türbini jeneratörleri senkron kompansatör konumuna geçirilebilmektedirler. İlk üretimi 24.05.1985'te gerçekleşen santral şu anda tam kapasite ile hizmet vermektedir. Sovyetler Birliği ile hükümetimiz arasında 07.12.1984 tarihinde yapılan anlaşmadan sonra BOTAŞ Genel Müdürlüğü ile HEAŞ arasında "prensip protokolü" imzalanmıştır. Bu protokole göre yılda 3 milyar m³ doğalgaz TEK tarafından tahsis edilecek, Hamitabat gazı stratejik rezerv gaz olarak muhafaza edilecek ve santralde sadece ithal gaz kullanılacaktır. Santralin her bir gaz türbininde saatte yaklaşık olarak 25.000 m³ gaz tüketmektedir. Toplam saatlik gaz tüketimi ~ 200.000 m³ tür. A.I.D. 8060 - 8100 kcal/m³ arasında değişen doğalgazın çevreye herhangi bir zararlı etkisi olmadığı, gaz içinde kükürt bulunmamasından dolayı santralde kükürt

korozyonunun olmayacağı dikkate alınarak atık ısı kazanların buhar hacmi dizayn verilerinin % 20 üstünde tutulmuştur.

3.2. Gaz Türbini Alstom GT13D2-DM Teknik Veriler



Şekil 3.1. Gaz Türbini - Kompresör Rotoru

3.2.1 Gaz Türbini Teknik Özellikleri

Tablo 3.1. Gaz Türbinleri Teknik Verileri

İmalatçı Firma	BBC – Mannheim
Tipi	GT 13 D2 - Reaksiyon Tip
Nominal Gücü (NET)	Baz ; 91,612 MW Pik ; 100,219 MW
Net Verimi	Baz ; % 32,34 Pik ; % 32,80
Türbin Giriş Sıcaklığı	Baz ; 1005 °C Pik ; 1050 °C
Türbin Egzoz Sıcaklığı	Baz ; 490 °C Pik ; 425 °C
Isı Sarfıyatı	Baz ; 2660 kcal / kWh Pik ; 2620 kcal / kWh
Gazın Kalorisi	8060 kcal / m ³ (Ortalama)
Ham Gaz Debisi	5,7 kg / s
Nominal Hız	3000 d / d
Kumanda; Reglaj ; Koruma	Elektrik ; Hidrolik ; Mekanik
Yanma Hücresi	1
Yakıcı Sayısı	1
Kademe Sayısı	5 Kademeli (İlk iki kademe hava soğutmalı)
Yol Verme Şekli	Start Ekipmanı + Yanma (600 dev / dak)
Soğutma Tipi	Yağ - Hava
Rotor	Tek Rotor (Kompresör + Türbin)

3.2.2. Kompresör Statoru ve Gaz Türbini Statoru Ağırlıkları

Tablo 3.2. Kompresör ve Gaz Türbini Ağırlıkları

Muhafazası Ağırlığı	78 Ton
Yanma Odası Ağırlığı	25 Ton
Gaz Türbin Difüzörü	16,5 Ton
Gaz Türbini Stator Ağırlığı	10,45 Ton

3.2.3 Kompresör Teknik Verileri

Tablo 3.3. Kompresör Teknik Verileri

Tipi	Aksiyal
Nominal Kapasite	370 kg / s
Kademe Sayısı	18 Hareketli
	19 Sabit Kanat Dizisi
Sıkıştırma Oranı	11,9 / 1
Kompresör ve Gaz Türbini Rotoru	2 Radyal, 1 Eksenel Yatak

BÖLÜM 4

GAZ TÜRBİNİ ELEMANLARI

4.1. Hava Emiş Kanalı ve Fogging (Sisleme) Sistemi

Kompresör hava giriş bağlantısının hava girişi yatay olup 8m kodundadır. Yüzey yeterli hava temin edecek şekilde dizayn edilmiştir. Tamamı elik konstrüksiyondur. Kompresöre kuru ve temiz hava temin edilecek şekilde gerekli elemanlarla teiz edilmiştir.



şekil 4.1. Gaz Türbini Hava Emiş Fogging Sistemi

Bu elemanlar;

-Panjur ve drenaj sistemi; Panjurlar, profiller sayesinde hava içindeki nem ve tuz partiküllerini ayrıştırır ve uygun şekilde yerleştirilmiş drenaj sistemi ile uzaklaştırılır. Bu bölüm, donma tehlikesinin veya kar yağışının olduğu atmosfer şartlarında daha sık kontrol edilmelidir. Kar ve donma sonucu panjurlar ve drenaj sistemi tıkanabilir.

-Tel kafes; (30x30 mm) panjur sisteminin arkasına yerleştirilmiş olup, geçmesi muhtemel büyük partikülleri tutar.

-Rollband filtre sistemi; Her katta 6 adet olmak üzere 3 kat dizayn edilmiştir. Sisteme giren havanın bünyesindeki uçucu partiküllerin tutulmasını temin ederek temiz hava sağlayan elemanlardır. Filtreler rollband şeklinde olup, cam elyaf malzemeden yapılmıştır. Temiz filtre üst bölümdeki yerine takılır, alt bölümdeki sarma miline irtibatlanır. Emiş yüzeyinde filtre kirlendiğinde, sarma mekanizması çalıştırılarak kirlenen kısım sardırılmak sureti ile üstten temiz filtre emiş yüzeyine getirilir. Rollbandların kirlendiğini ve bittiğini bildiren sinyal sistemi mevcuttur.

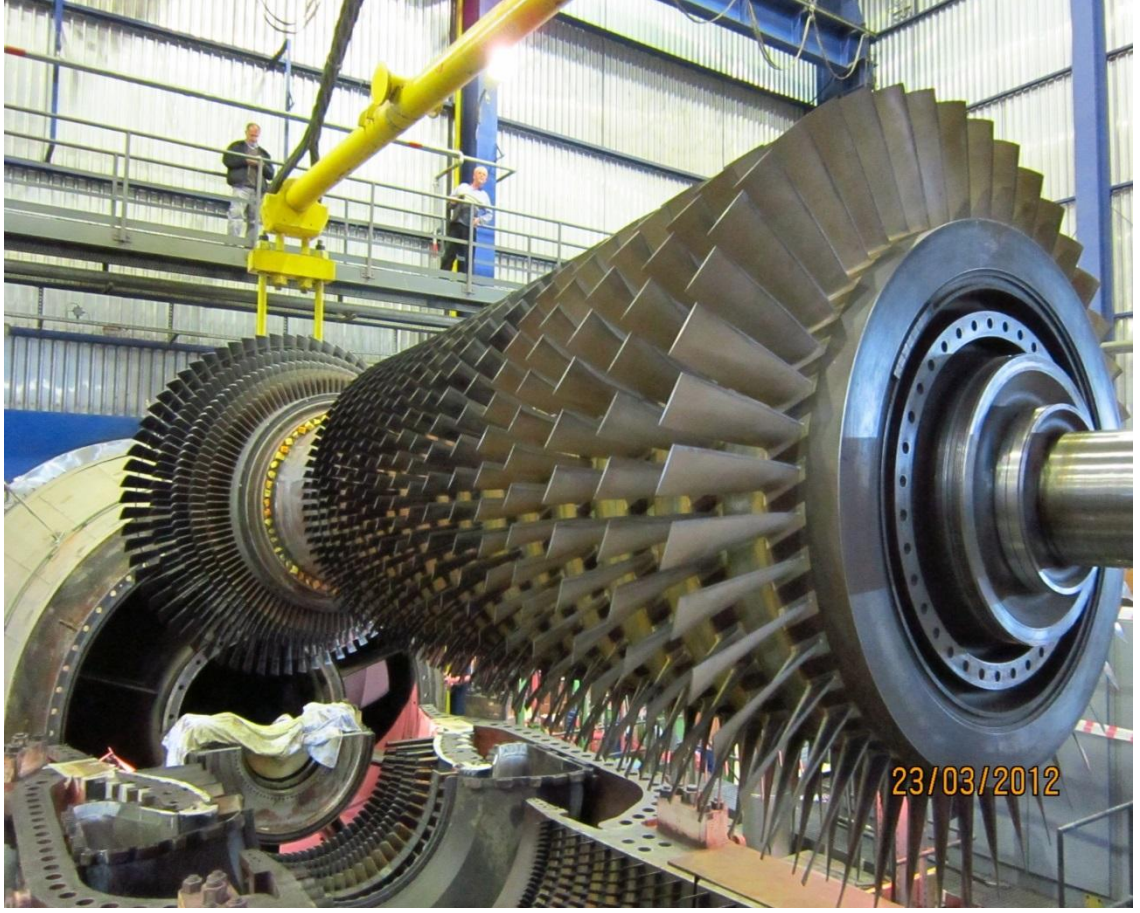
Ayrıca hava kanalında hava çıkış nedeni ile ortaya çıkacak gürültüyü azaltmak üzere kanala 3 sıra halinde susturucular yerleştirilmiştir.

8 m kodunda yatay ekseninde emilen havanın, kompresör emişine sevki esnasında, türbülans önleyici hava yönlendiriciler kanala uygun şekilde yerleştirilmiştir.

Ünitenin panjur veya filtre sisteminde tıkanma olması halinde, hava akışında kesintiyi önlemek üzere, emiş kanalının her iki tarafına 3'er adet olmak üzere 6 adet emniyet damperi yerleştirilmiştir. Yukarıdan merkezli ve merkezlendiği noktaya dik bir ağırlıkla dışarıya itilmek suretiyle kapalı tutulan damperler, dış yüzeyi ile iç yüzeyi arasındaki basınç farkının bu ağırlığı yenmesi halinde açarak, gruba hava girmesini temin eder. Açıldığını gösteren sinyal sistemi mevcuttur.

Fogging (sisleme) orijinal dizaynda olmayıp kompresör giriş havasının soğutulması için santral imkanlarıyla sonradan sisteme dahil edilmiştir. Bu sistem ile kompresör giriş havasına su yüksek basınç altında atomize şekilde püskürtülmektedir. Bu şekilde türbin dizayn verim değerlerinde kayda değer bir yükselme elde edilememiş olsa da özellikle dış hava sıcaklığının yüksek olduğu şartlarda türbinden istenen gücün elde edilmesi açısından büyük faydası olmuştur.

4.2. Kompresör



Şekil 4.2. Kompresör Rotoru

Prensipite yanma için gerekli olan havayı temin etmek üzere dizayn edilmiştir. Kompresör rotorunun türbin rotoru ile tek parça halinde içi boşaltılmış disklerin birbirine kaynak edilmesi şeklinde imal edilmiştir.

Kompresör, havayı aksenal yönde emerek sıkıştırdığı için, aksenal (ya da aksiyal) kompresör olarak adlandırılır.

Kompresör rotoru, 18 hareketli kanat, statoru ise 19 adet sabit kanat dizisinden oluşmaktadır. Kompresör kanatlarının ilk 5 kademesi korozif elementlere karşı direnç kazanmaları için kaplanmıştır.

Kompresör kanatlarının kirli olması üniteye yük kaybı olarak kendini gösterir. Kirlenme sebebiyle yük kaybı % 3'e ulaşırsa kanatlar ilgili prosedüre uygun şekilde yıkanmalıdır.

Kompresörün temin ettiği hava iki şekilde kullanılmaktadır. Bunlar ise;

-Sızdırmazlık havası,

-Kumanda havasıdır

Kompresör sıkıştırması sonrası çevre havası yaklaşık 350°C kadar ısınmaktadır.

4.2.1. Kompresör Rotor Kanatları Malzemeleri

Tablo 4.1. Kompresör Kanat Malzemeleri

KADEME	ABB NO	ISO
1-7. Kademe	St 12 T	X21Cr Mo V 12 1
8-18. Kademe	*	X22Cr Mo V 12 1

4.2.2. Kompresör Rotoru Kanat Miktarları

Tablo 4.2. Kompresör Kademeleri Rotoru Miktarları

1-3. Kademe	45 Adet
4-7. Kademe	57 Adet
8-10. Kademe	67 Adet
11-15. Kademe	85 Adet
16-18. Kademe	91 Adet

4.2.3. Kompresör Stator Kanatları Malzemeleri

Tablo 4.3. Kompresör Stator Kanat Malzemeleri

KADEME	ABB NO	ISO
1. Kademe	*	X22Cr Mo V 12 1
2-7. Kademe	St 12 T	X21Cr Mo V 12 1
8-19. Kademe	*	X22Cr Mo V 12 1

4.2.4. Kompresör Rotoru Kanat Miktarları

Tablo 4.4. Kompresör Rotoru Kanat Miktarları

1. Kademe	56 Adet
2-3. Kademe	46 Adet
4-7. Kademe	60 Adet
8-10. Kademe	72 Adet
11-14. Kademe	86 Adet
15-18. Kademe	94 Adet
19. Kademe	150 Adet

4.3. Kompresör Difüzörü

Kompresör difüzörünün, sıcak gaz kasasını eşit ve düzgün şekilde soğutacak uygun hava akışının düzenlenmesini sağlayan radyal ve eksenel kısımları mevcuttur.

Kompresör difüzörü, basınçlı havanın kayıplarını minimumda tutup hızını düşürerek yanma odasına sevkini sağlar. Ayrıca yanma odası bağlantı bölgesine ve türbin statoruna uygun hava akışını düzenler.

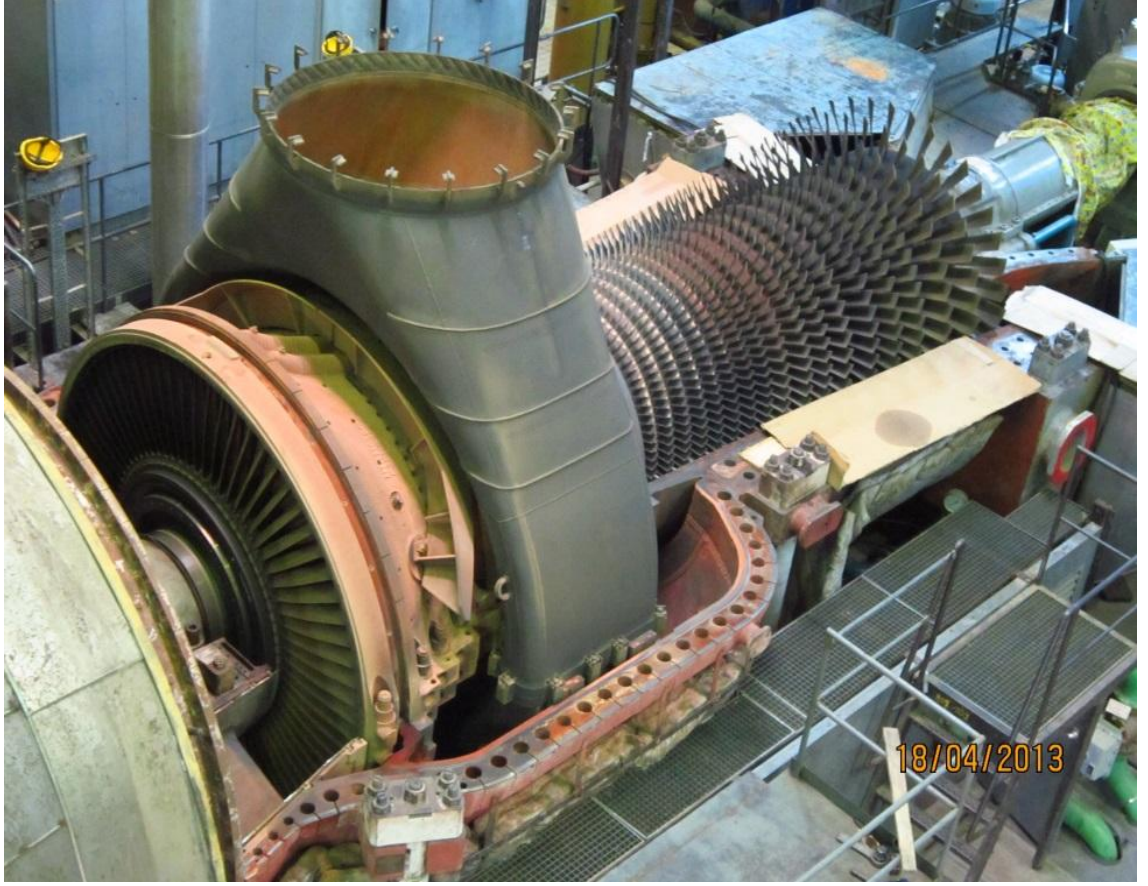
Sıcak gaz kasası içinde kalan rotor bir muhafaza ile korunmuş olup bu muhafaza kompresör difüzörüne bağlanmıştır. Muhafazanın ısı tesiri ile genişmesi türbin yönünde serbesttir. Türbin rotoruna giden soğutma havasının sevki muhafaza ile muhafazayı kaplayan difüzörün eksenel kısmı arasındaki boşluktan sağlanır. Ayrıca muhafazanın her iki ucunda rotor üzerine çakma labrentler yerleştirilerek sızdırmazlık sağlanmıştır.



Şekil 4.3. Kompresör Difüzörü

4.4. Sıcak Gaz Kabini

Sıcak gaz kabini yanma odasından gelen sıcak yanma gazlarının toplanıp türbine sevkini sağlandığı elemandır. Alt ve üst iki parçadan oluşmakta ve flanş bağlantılarında civatalar ile birbirine bağlanmışlardır sıcak gaz kabini üst boğazında yaylı sızdırmazlık segmanları bulunur bunlar yanma odası iç tüp alt ring ile sıcak gaz kabini bağlantısında sızdırmazlığı sağlamaktadır



Şekil 4.4. Sıcak Gaz Kabini

Kompresör den gelen hava sıcak gaz kabini ve türbin sabit kanat taşıyıcıyı sararak bunların dıştan soğutulmasını sağlamaktadır. Sıcak gaz kabini ayrı ayrı parçaların kaynakla birleştirilmesi ile oluşturulmuştur. Türbin sabit kanat taşıyıcı üzerinde bulunan kanalına ve kasa alt kısmında bulunan merkezleme pimine oturtulması suretiyle kasa içerisinde sabitlenmiştir. Yanma odası bakımlarında 3000 OH içerisinde çatlak kontrolü yapılmaktadır.

Tablo 4.5. Sıcak Gaz Kabini Malzeme

Malzeme	Ni300 (İnconel 617)
Standart No.	24.663
Sembol	Ni Cr Co 12 Mo
Grup	Yüksek Isıya Dayanıklı Dövülmüş Levha Halinde

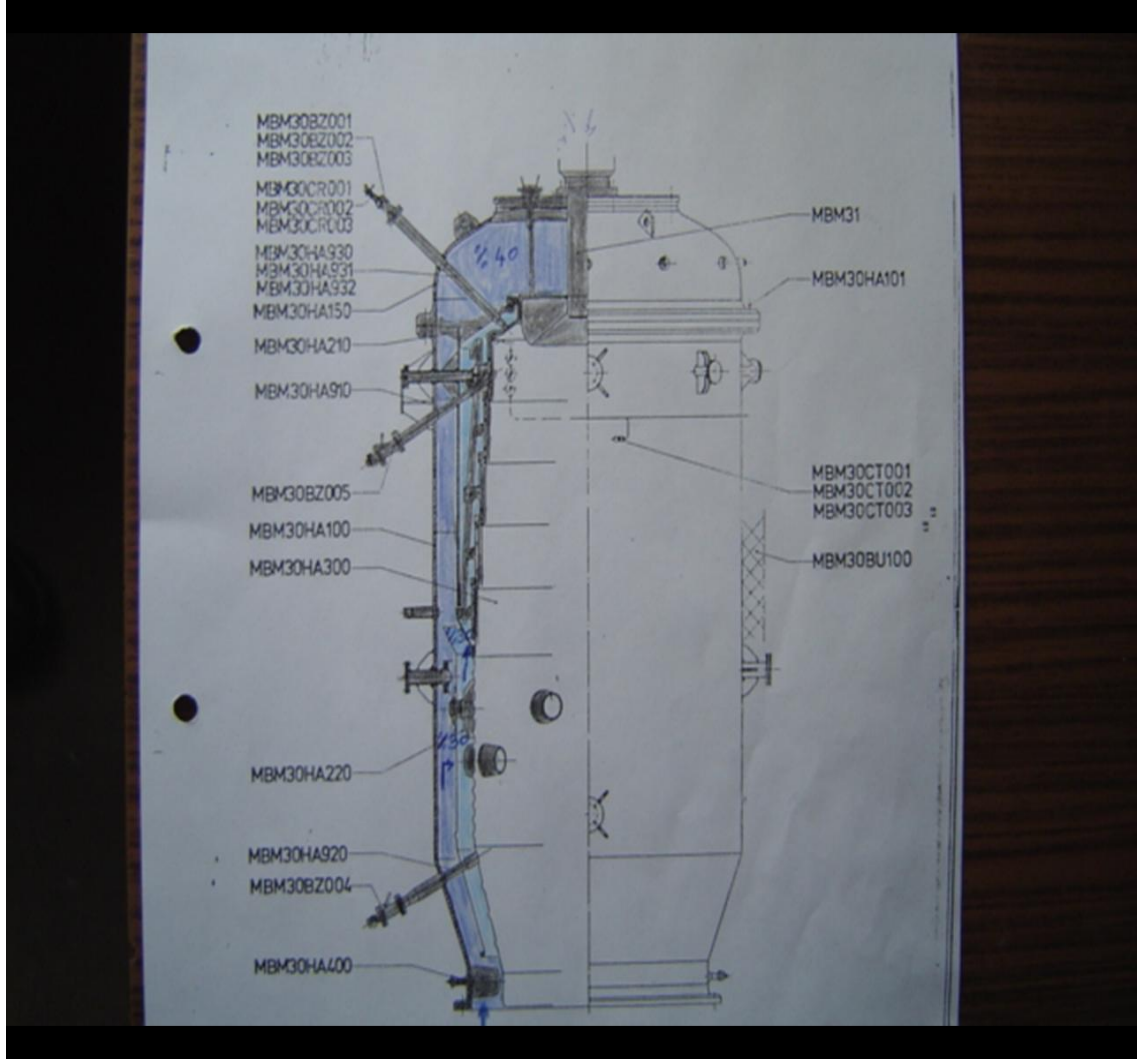
4.5. Yanma Odası

Kompresörün temin ettiği basınçlı hava ile yakıtın yakılması sonucu ısı enerjisinin üretildiği, kompresör statoruna flanş bağlantılı, kompresör ortasına düşey olarak yerleştirilmiş elemanlardır.

Yanmanın olduğu kısım iskelete asılı olarak duran tuğla dizileri ile çevrelenmiştir. Alt kısım, iç içe üç silindirik parçadan oluşmuş olup en içte nikel-krom bazlı kıvrımlı saç levha vardır.

Hava ile gazın karışımını sağlayan yakıcı tek olup, yanma odasının üst kısmına monte edilmiştir. Yakma tertibatı ve iyi bir yakıt hava karışımını sağlayan türbülans sistemleri ile donatılmıştır. Alev boyunu ve yerini (yanma odası merkezi) yakıcıdan ayarlamak mümkündür.

Yanma sonucu gazlar yanma odasının içinde aşağıya doğru hareket ederler. Gaz sıcaklığının türbin giriş sıcaklığına düşürülmesini ve alev boyunun kısaltılmasını sağlayan karıştırma nozullarından giren sekonder hava ile karışan gazlar sıcak gaz kasası ile türbine yönlendirilir. Hava ile gazın karışımını sağlayan yakıcı tek olup, yanma odasının üst kısmına monte edilmiştir. Yakma tertibatı ve iyi bir yakıt hava karışımını sağlayan türbülans sistemleri ile donatılmıştır. Kompresörden gelen hava yanma odasının alt kısmından girer. İç kısım ile dış kılıf arasından yukarıya doğru hareket eder. Hava giriş bölgesine pozisyonu ayarlanabilir kanatlar monte edilerek, hava debisi ayarına imkan sağlanmıştır.



Şekil 4.5. Yanma Odası İç Elemanları

Hava, girişte iç içe monte edilen kılıflarla ayrılarak yukarıya yönlendirilir; bunlardan dış kılıf ile orta kılıf arasından geçen havanın %30'luk kısmı nozullarla karışım havası olarak yanma odası içine sevk edilir, bir miktar havada orta kılıf ile kıvrımlı saç kılıf arasına giderek soğutma görevi yapar. Yukarı doğru akan havanın %30'luk kısmı ile tuğla dizilerinin arka yüzeylerinde soğutma sağlanmış, ön yüzeylerinde ise hava filmi oluşturularak alev etkisi ile aşırı ısınma önlenmiştir. Geriye kalan %40 hava ise yanma için gerekli oksijeni temin eden hava olup, yakıcı üzerinden yanma odasına türbülanslı olarak sevk edilir. Buna Primer Hava denir. Diğerlerine ise, Sekonder Hava denir.



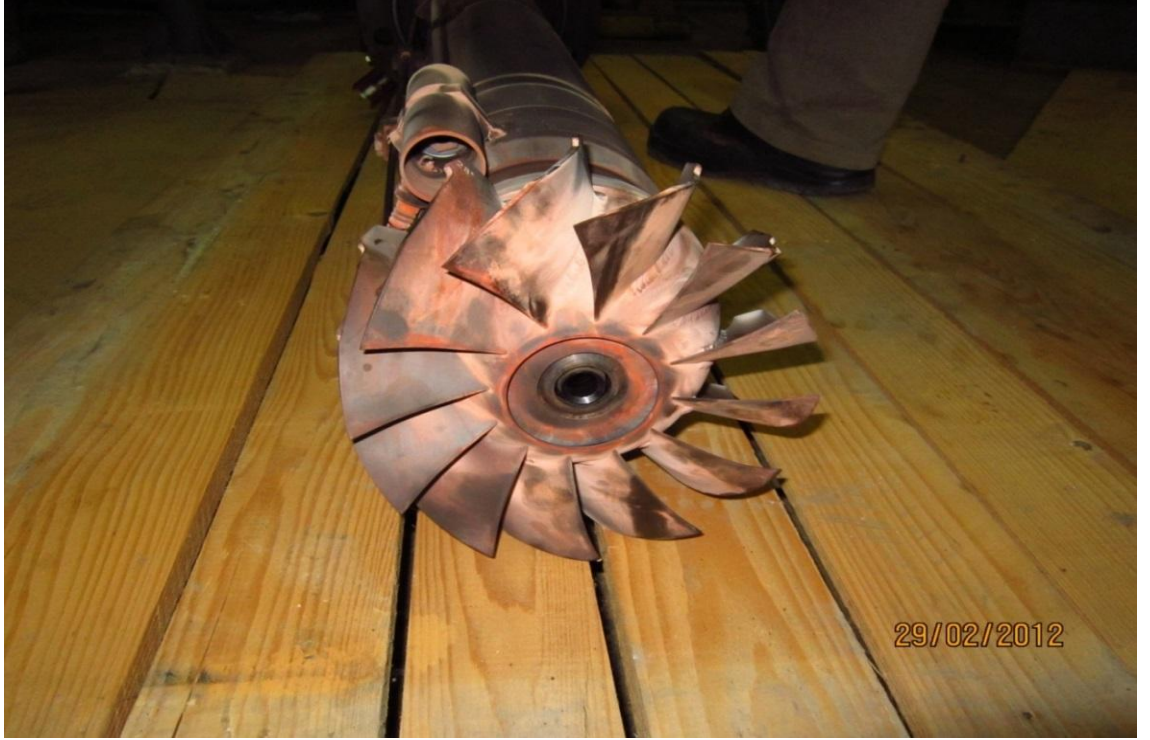
Şekil 4.6. Yanma Odası Tuğlalar ve İç Tüp



Şekil 4.7. Yanma Odası İç Elemanlar

4.6. Yakıcı

Kompresörden gelen havanın ve doğal gazın karışıp yakılmasını sağlayan elemandır. Yanma öncelikle küçük yakıcıda gerçekleştirilir. Bu ilk yanma için propan tüplerinden alınan gaz kullanılır. Tüplerden bir boru hattıyla alınan gaz, kompresörden gelen havanın kompresör blöf valflerinin açık pozisyonda ve uygun bir karışımda ilk yanmanın gerçekleşmesine imkan vermektedir. Oluşan ilk alev topuna doğalgaz reglaj valfinin uygun debiyi sağlayarak açılmasıyla doğalgaz arttırılarak verilir ve alev topu büyütülür. Propan ile yanma sağlanana kadar gaz karışımlarının iyi olmasını sağlamak amacıyla yakıcıdaki küçük yönlendirici görev yapmaktadır. Alevin büyümesi ve doğal gaz vanasının açılmasıyla büyük yönlendirici karışımı sağlamakta ve sağlıklı bir yanma gerçekleşmektedir. Yanma alevini ayarı yakıcı üzerindeki miller yardımıyla olmaktadır.



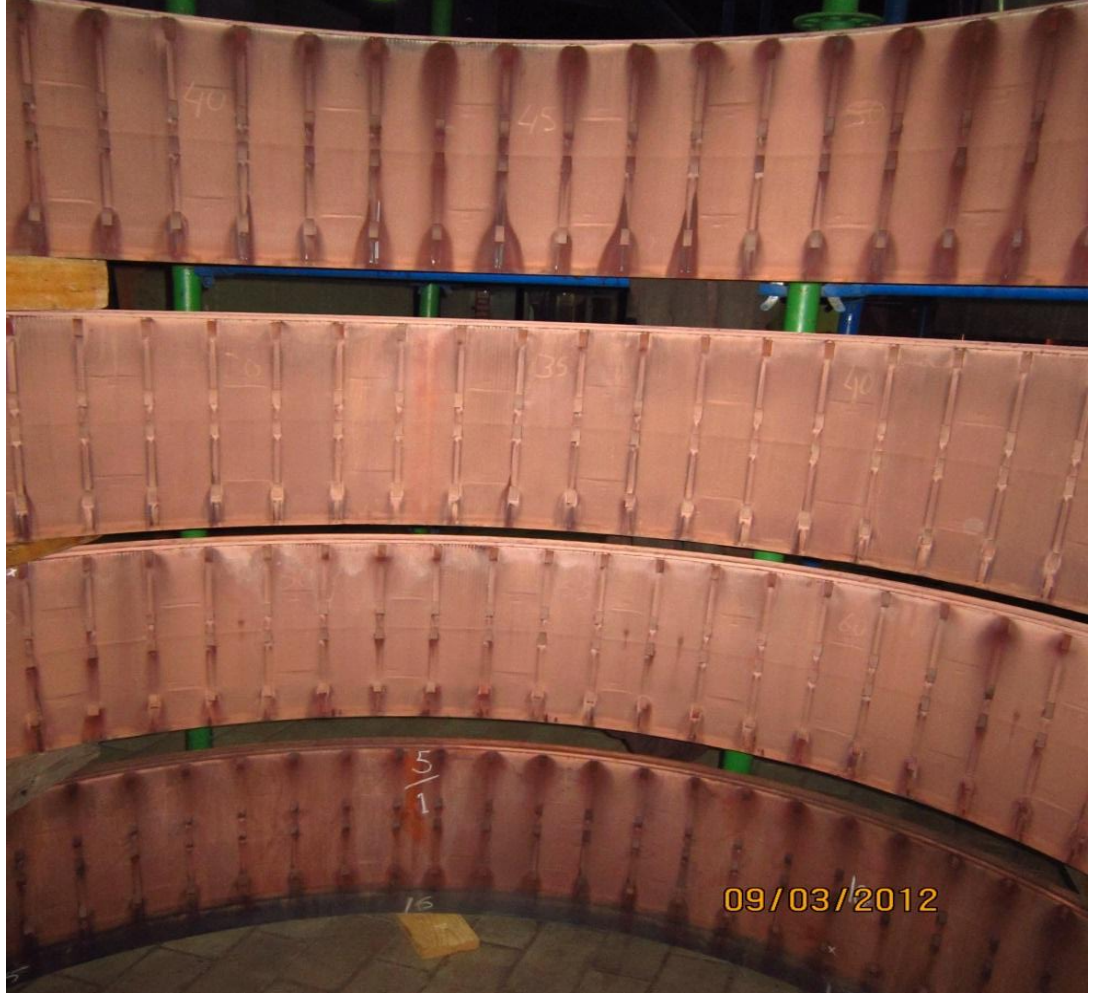
Şekil 4.8. Yakıcı İç Yönlendirici



Şekil 4.9. Yakıcı Dış Yönlendirici

Yakıcı çevresinde 3 adet yanma sensörü bulunmaktadır. Yanma oluşturulmak istendiğinde 1 sensör alevi tespit edemezse alarm verilir, iki sensörün alevi tespit edememesi durumunda türbin otomatik olarak trip (durdurma) eder, gaz stop vanası kapanır. Yanma olayının 3 sefer sağlanamaması durumunda yanma odası içinde ve egzozda biriken gazın temizlenmesi ve oluşabilecek bir patlamanın önlenmesi için türbin rotoru jeneratörün motor olarak çalıştırılmasıyla süpürülmektedir.

4.7. İç Tüp, Tuğla Taşıyıcı Ringler ve Tuğlalar



Şekil 4.10. Tuğla Taşıyıcı Ringler

Yakıcıda yanmanın gerçekleşmesiyle artan sıcaklıkla ilk temas noktaları tuğlalardır. Tuğlalar seramik kaplı metal elemanlardır. Tuğlalar 5 kademedir ve tuğla taşıyıcı ringler üzerinde, tuğla ayaklarının ring üzerindeki yuvalarına oturtulmasıyla sabitlenir. Zamanla bu ayaklarda aşınmalar oluşur, bu aşınmaların kontrol edilmesi gerekmektedir. Tuğlaların soğutulması kompresörden gelen sıkıştırılmış havanın yönlendirilmesiyle tuğlaların arkasındaki kanallar arasından geçen %30'luk orandaki hava ile olur.



Şekil 4.11. Tuğlalar

Tablo 4.6. Yanma Odası Tuğla Malzemesi

Malzeme	ST OX 21					
Sembol	X 12 Cr 21					
Standart	1.4743					
Kimyasal Kompozisyonu	C	Si	P	S	Cr	Ni
	0.15	0.40	0.45	0.30	20-22	1.20



(a)

(b)

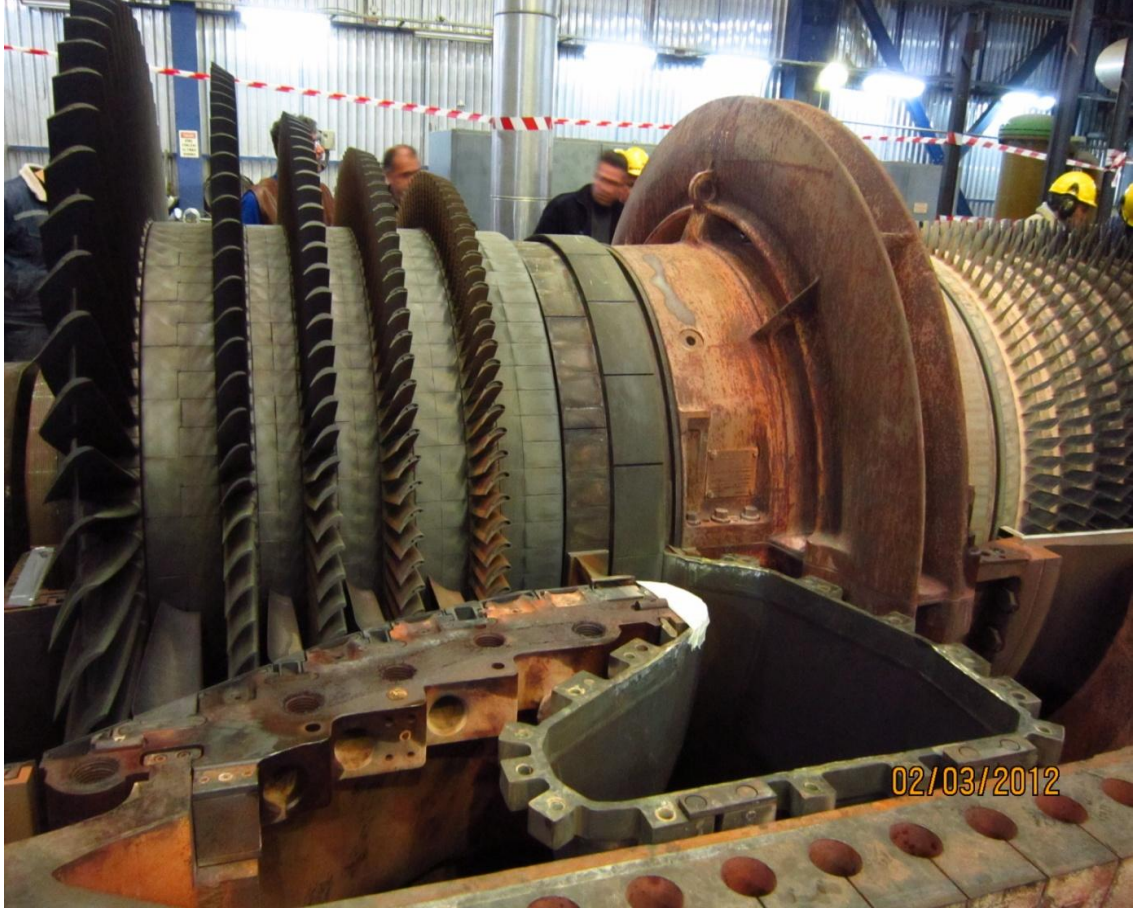
Şekil 4.12. (a) Yanma Odası İç Tüp Dış Kılıf (b) İç Tüp

İç tüp kıvrımlı sac levhalardan oluşmuştur. Yanma sonrasında yüksek sıcaklıktaki gazlara iç tüp üzerinde bulunan nozullar vasıtasıyla karışım havası yollanmakta ve bu hava ile gazlar türbin giriş sıcaklığı olan 980-1000°C indirilmektedir. İç tüp alt koni ile sıcak gaz kabini üst boğazına bağlanmıştır ve yaylı sızdırmazlık segmanları mevcuttur.

Tablo 4.7. Yanma Odası İç Tüp Malzemesi

Gövde ve Alt Ring Malzemesi	Ni 300
Alt Ring Malzemesi	Ni 75 Ti
Standart No	2.4620
Sembol	Ni Cr 20 Ti

4.8. Gaz Türbini



Şekil 4.13. Gaz Türbini

Türbin statoru;

Alaşımli ferritik çelik dökümdür. Stator ile dış muhafaza arasında kalan boşluk kompresörün temin etmiş olduğu havaya depoluk yapar yanma odasının taşıyıcısıdır. Isıya mukavim ferritik çelikten imal edilmiştir.

Stator üzerinde toplam 5 kademe sabit kanat dizisi vardır. Diğer 3. 4. ve 5. kademe kanatlarda soğutma kanalı mevcut değildir. Soğutma, kanalı sadece kanat kökündedir.

Soğutma havasının ayrıca stator üzerine açılmış özel soğutma kanalları ile türbin 1.ve 2. kademe sabit kanatlarına iletilmesi sağlanmıştır. Bu hava kanatlarda soğutma görevini tamamladıktan sonra türbinde genişleyen sıcak gaza karışarak egzozdan atılır.

Statorun dış yüzeyi kompresör havası ile direkt temas halindedir. Böylece soğutulması temin edilmiştir.

Türbin rotoru;

Türbinde 5 kademe kanat bulunduğunu belirtmiştik. Bunlar reaksiyon tip kanat olup ilk iki kademe hareketli ve sabit kanatlar özel olarak açılmış soğutma kanallarından dağıtımı yapılan soğutma havası ile soğutulur. Ayrıca 1. ve 2. kademe hareketli kanatlarla 1. kademe sabit kanatlar, ısıya karşı özel metal alaşımı ile kaplanmıştır.

Çalışma şartları türbin metalinin fiziksel özellikleri tarafından sınırlanmaktadır.

4.8.1. Gaz Türbini Kanat Bilgileri

4.8.1.1. Gaz Türbini Rotor (Hareketli) Kanatları

Tablo 4.8. Gaz Türbini Rotor Kanatları Malzemeleri

KADEME	PROFİL	MALZEME NO	İSO
1. Kademe	75 GTR 2z	IN 939	G-NiCr 22 Co 19 Ti W
2. Kademe	75 GTR 2z	IN 738 LC	G- Ni Cr 16 Co 8 Al Ti W
3. Kademe	75 GTR v	IN 738 LC	G-Ni Cr 16 Co 8 Al Ti W
4. Kademe	75 GTR	IN 587	Ni Cr 30 Co 20 Ti Al
5. Kademe	115 GTR-Ax	IN 587	Ni Cr 30 Co 20 Ti Al

Tablo 4.9. Gaz Türbini Rotor Kanat Sayıları

1-4. Kademe	107 Adet
5. Kademe	71 Adet

Tablo 4.10. Gaz Türbini Stator Kanatları Malzemeleri

KADEME	PROFİL	MALZEME NO.	İSO
1.Kademe	115 A24-Ax	IN 939	G-NiCr 22 Co 19 TİW
2.Kademe	115 TLE	IN 939	G-NiCr 22 Co 19 TİW
3.Kademe	90 GTR cc	IN 939	G-NiCr 22 Co 19 TİW
4.Kademe	75 GTR cc	IN 738 Lc	G-NiCr 16 Co 8 AITİW
5.Kademe	115 TLE	IN 587	NiCr 30 Co 20 TİAI

Tablo 4.11. Gaz Türbini Stator Kanat Sayıları

1. Kademe	50 Adet
2. Kademe	60 Adet
3. Kademe	98 Adet
4. Kademe	110 Adet
5. Kademe	78 Adet

BÖLÜM 5

BAKIM TÜRLERİ ve TAHRİBATSIZ MUAYENE

5.1. Kestirimci Bakım

Makine ve ekipmanlardaki aşınma yorulma ve arızaların sorun yaratacak hale gelmeden önce tespiti analizi ve düzeltilmesi amacıyla, seçilen parametrelerin ölçülmesi ve önceden belirlenen sınır değerlerle grafik trendler kullanarak mukayese edilmesidir. Kullanılan yaklaşım, makine ve ekipmanların güncel ve geçmişteki durumların izlenmesiyle gelecekteki durumların kestirilmesidir.

Bakım işletmedeki ekipman ve sitemlerin fonksiyonlarını en yüksek performansta sürdürmeleri için gerçekleştirilen, meydana gelebilme potansiyeli olan arızaların önceden tespit edilmesi ve planlama dışı yaşanabilecek bakım duruşlarının önlenmesi için yapılan faaliyetler bütünüdür.

Bu faaliyetler 4 temel amaca yönelmelidir;

- Üretim maliyetini düşürmek
- Ürün kalitesine katkıda bulunmak
- Tesis ömrünü arttırmak
- Üretimin sürekliliğini korumak

5.1.1. Kestirimci Bakım Yaklaşımı

- 1- TESPİT: Makinenin çalışma şartlarında meydana gelebilecek bir değişikliğin mümkün olan en kısa sürede tespit edilmesi
- 2- ANALİZ: Meydana gelen değişikliğe neden olan hasarın teşhisi için titreşim karakteristiğinin daha ayrıntılı şekilde incelenmesi

- 3- DÜZELTME: Gerekli onarım, değiştirme, eksenel kaçıklık ayarı, balans vs. gibi işlemlerin gerçekleştirilmesi

5.2. Koruyucu Bakım

Arıza nedeniyle üretim duruşunun önüne geçilmesi ve kullanılan ekipmanların ömrünü uzatmaya veya kullanma ömrü içerisinde arıza çıkış sayısını en aza indirmeyi hedefleyen planlı önleyici faaliyetlerdir.

- Makinalar orjinal durumlarına yakın halde tutulurlar
- İş yükünün planlanabilmesine imkan sağlar.
- Makinalar planlı bir biçimde, takvime veya kullanım süresine göre bakıma tabi tutulurlar.
- Muhtemel sorun ve arızalar periyodik yenileme-değiştirme zamanına kadar fark edilemezler.
- Çağdaş teknoloji karşısında, ikinci plana düşmüştür.
- Gereksiz ve yüksek parça ve işçilik maliyeti
- Parçalar, genellikle ömürlerini doldurmadan değiştirilirler

5.3. Tahribatsız Muayene

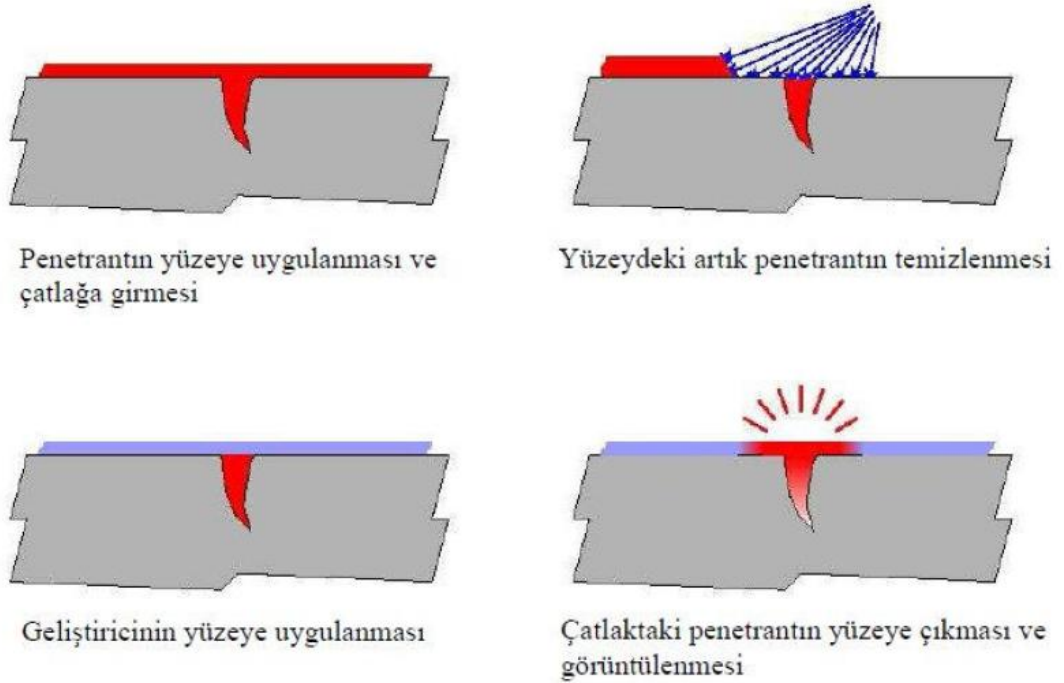
5.3.1. Tahribatsız Muayene Yöntemleri

Kullanım amacı için gerekli olan özellikleri bozmadan, hasar vermeden gerektiğinde tüm malzemenin muayenesine imkân veren deneylere tahribatsız muayene yöntemleri denir. Tahribatsız muayene, incelenen bölgedeki hataların nereden kaynaklandığını bulup üretim başlangıcında hataları düzeltme imkânı verir. Dolayısıyla üretilen malzemenin güvenilirliğini artırır. Tahribatsız muayene yöntemlerinin iyi bilinmesi, içyapının daha güvenilir şekilde incelenmesine olanak sağlar. Tahribatsız muayene, parça üzerinde hiçbir hasar veya iz bırakmaz. Bu açıdan tahribatsız muayene yöntemleri bitmiş parçalara uygulanır. Deney sonucunda parçanın hata içerip içermediği belirlenir.

5.3.1.1. Penetran Sıvı İle Kontrol

Yüzey hatalarının tespitinde kullanılan bir yöntemdir. Muayene yüzeyine açık süreksizlikler, içine kapiler etki ile nüfuz etmiş olan penetran sıvısı geliştirici tarafından tekrar yüzeye çekilerek süreksizlik belirtileri elde edilir. Süreksizlikler çatlak türü ise

çizgisel belirtiler, gözenek türü ise yuvarlak belirtiler elde edilir. Endüstrideki metalik veya metalik olmayan bütün malzemelerde beklenen yüzey hatalarının tespiti için kullanılabilir.

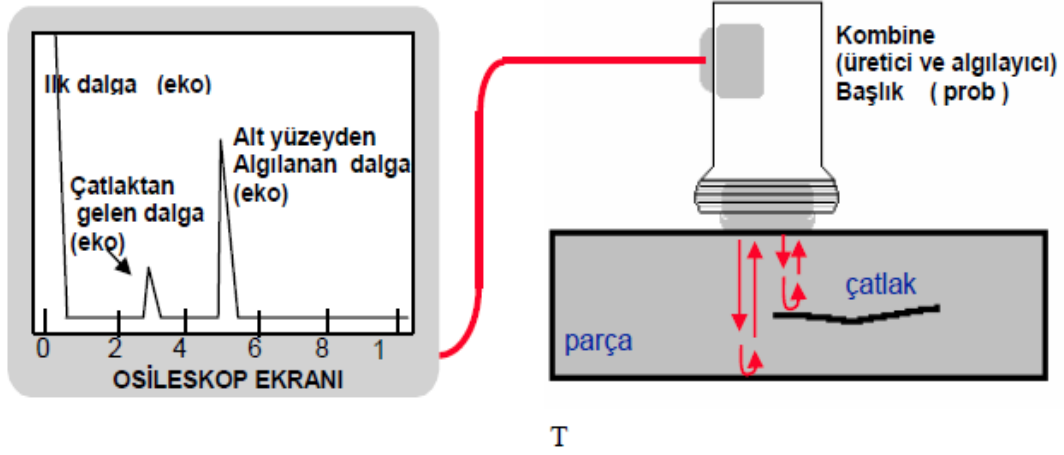


Şekil 5.1. Penetrant Uygulama Yöntemi

5.3.1.2. Ultrasonik Muayene Yöntemi

Ultrasonik muayene, malzeme içerisinde bulunan hataların tespitinde kullanılan yöntemdir. Bu yöntem incelenmek istenilen malzemedeki süreksizlikleri tespit edebilmek için prob tarafından üretilen yüksek frekanstaki (0.1-20 MHz) ses dalgalarının test malzemesi içerisinde yayılması ve bir süreksizliğe çarptıktan sonra tekrar proba yansıtılarak prob tarafından algılanması esasına dayanmaktadır. Prob tarafından algılanan dalgalar (piezoelektrik olay ile) elektrik sinyallerine dönüştürülür ve katod ışınları tüpü ekranında malzeme iç yapısının habercisi olan yankılar (ekolar) şeklinde görülür. Ekran üzerinde 4 gözlenen ekoların konumları ve genlikleri süreksizliğin bulunduğu yer ve boyutları hakkında bilgi verir. Test sırasında kullanılacak prob (düz, açılı, daldırma tipi vs.) test parçasının malzemesi, geometrik şekli, boyutları ve işletme şartları göz önünde bulundurularak seçilmelidir. Bu

yöntemde her muayeneden önce; uygun standart kalibrasyon blokları kullanılarak ekipman kalibre edilmelidir.



Şekil 5.2. Ultrasonik Muayene Yöntemi

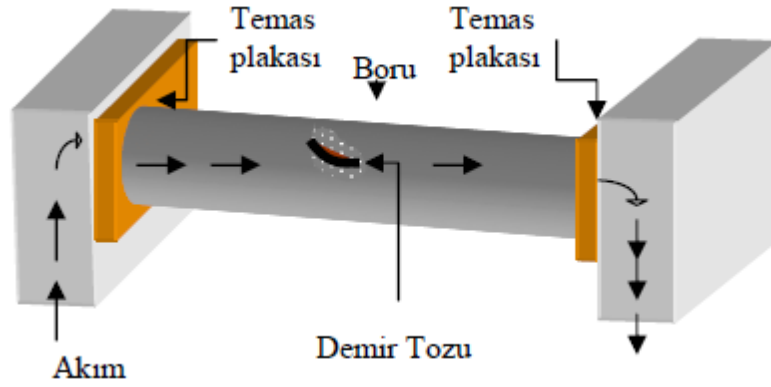
5.3.1.3. Radyografik Yöntem ile Muayene

Yüksek enerjili elektromanyetik dalgalar (ışınım) pek çok malzemeye nüfuz edebilirler. Belli bir malzemeye nüfuz eden ışınım malzemenin diğer tarafına konan ışınımaya duyarlı filmleri de etkileyebilir. Bu filmler daha sonra banyo işlemine tabi tutulduklarında ışınımın içinden geçen malzemenin iç kısmının görüntüsü ortaya çıkar. Bu görüntü, malzeme içindeki boşluklar veya kalınlık / yoğunluk değişiklikleri nedeniyle oluşur. Malzemenin içinin bu şekilde görüntülenmesi radyografi olarak adlandırılır. Bu yöntemle yapılan değerlendirmeye de radyografik muayene denir. Eğer malzemenin arka tarafına film yerine bir detektör konup malzemedeki ışınım toplanarak bir monitöre aktarılırsa bu teknik de radyoskopi olarak adlandırılır. Muayenelerin sağlıklı ve güvenilir sonuçlar verebilmesi için standartlara göre yapılması gerekir. Bu standartlar malzeme cinsine ve/veya ürün türüne göre hazırlanmıştır. Ayrıca muayenenin yapılışına yönelik uygulama standartları ile kabul edilebilir seviyelerinin verildiği uygulama standartları vardır. Muayene parçasının özelliklerine göre uygun standartlar belirlenerek muayene yapılır. Metalik veya metalik olmayan bütün malzemelerde beklenen hacimsel ve yüzey hatalarının tespiti için kullanılabilir.

5.3.1.4. Manyetik kontrol

Manyetik (mıknatıslanabilir) malzemelerden yapılmış parçanın yüzeyinde veya yüzeye yakın bir yerde bulunan çatlak, boşluk, katmer, damar ve metalik olmayan yabancı maddelerin belirlenmesinde uygulanan tahribatsız muayene yöntemidir. Bu yöntemle ancak mıknatıslanabilen metal malzemelerin kontrolü yapılabilir.

Manyetizasyon işlemi ve yöntemleri manyetik kontrolü yapılacak malzeme önce özel bir düzenek yardımıyla mıknatıslandırılır. Mıknatıslanmış malzemenin yüzeyine ince toz halinde manyetik malzeme püskürtülür veya ince yağ içerisinde emülsiyon yapılmış demir tozu bulunan manyetik malzeme akıtılır. Manyetik akının kuvvet çizgileri boyunca demir tozları sıralanır. Malzemede hata varsa manyetik tozlar hatanın bulunduğu yerde kümelenir.



Şekil 5.3. Manyetik Kontrol

BÖLÜM 6

GAZ TÜRBİNİNDE YAPILAN BAKIM İŞLEMLERİ

6.1. Giriş

Hamitabat Doğalgaz Kombine Çevrim Santralinde kullanılan Alstom GT13D2 ve GT 13DM gaz türbinlerinde bakım işlemleri üçe ayrılır bunlar;

A Tipi Bakım İşlemleri : 3000 Operasyon saatinde yapılan bakım

B Tipi Bakım İşlemleri : 16000 Operasyon saatinde yapılan bakım

C Tipi Bakım İşlemleri : 32000 Operasyon saatinde yapılan bakım işlemleridir ve en kapsamlı bakım işlemleri bu aşamada yapılır. Bu çalışmada C Tipi bakım çalışması üzerinde durulmuş ve yapılan işlemler incelenmiştir. Yapılan incelemede her aşamada yapılan işlemlerin fotoğraflarıyla yapılan işlemin tanımlaması yapılmıştır. Fotoğraflarda tarihler sıralı olmayıp çeşitli dönemlerde çekilenler kullanılarak incelemenin daha anlaşılır olmasını sağlayacak uygun fotoğraflar kullanılmıştır.

6.2. Gaz Türbini Bakım İşlemleri

- Blöf Valfleri Susturucunun Yerinde Alınması



(a)

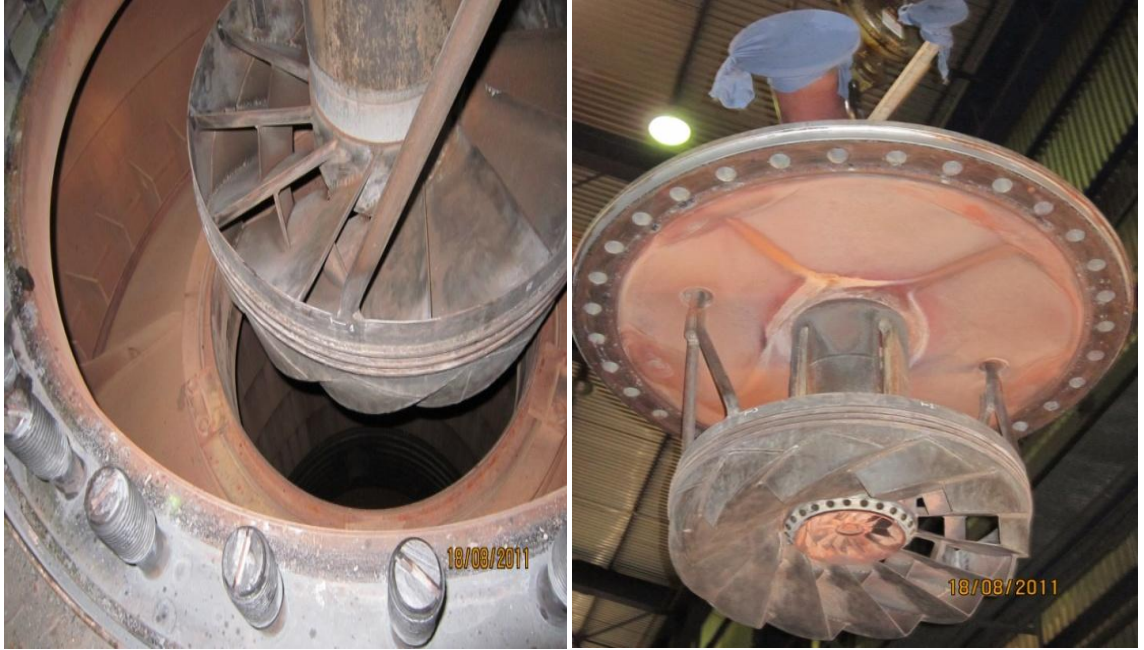
(b)

Şekil 6.1. (a) Yanma Odası (b) Kompresör Blöf Valf Susturucular

Blöf valfler sistemde kompresör kademesinde bulunur ve iki tanesi alçak basınç, bir tanesi orta basınç ve bir tanesi de yüksek basınç blöf valfidir. Bu valfler, belli devire kadar açık kalmak suretiyle start esnasında harcanacak gücün dikkate değer oranda azalmasını sağladığı gibi, kompresörün istenmeden durmasına sebep olacak tehlikeli ve arzu edilmeyen akış şartlarının doğmasını (açmak sureti ile) önler. Ayrıca duruşta kompresörün frenleme yapısına engel olurlar. Üzerinde bulunan susturucular türbin start aşamasında türbin binası içine yapılan hava tahliyesinde ses seviyesini düşürülmesi işine yarar.

C Tipi Bakım çalışmalarının mekanik olarak ilk demontaj aşamasında blöf valflerin susturucularının yerinden alınması gelmektedir.

- **Yakıcının Alınması**



(a)

(b)

Şekil 6.2. (a) Yakıcı Dış Yönlendirici (b) Yakıcı Gaz Giriş Borusu

Yakıcı yanma odasının en üstünde bulunan ve yanma olayının gerçekleştiği bölümdür. İlk ateşleme esnasında türbin kasasının yanında bulunan propan tüplerinde bulunan gaz ile ilk ateşleme sağlanır oluşan alev topuna doğalgaz reglaj valfinin kademeli olarak açılmasıyla yavaş yavaş oluşan alevi söndürmeyecek şekilde verilir bu aşamada blöf valfleri de devrededir ve kompresörden gelen havayı yukarıda belirtildiği üzere türbin binası içine tahliye ederek yüksek debideki havanın alevi söndürmesi önlenmiş olur.

Yakıcının yanma odası üzerinden alınmasında yakıcı flanş civataları sökölür mapa yardımıyla vince bağlanan yakıcı demontaj ve bakım çalışmalarının yapılacağı bölgeye taşınır.

- **Yakıcının Bakımının Yapılması**



(a)

(b)

Şekil 6.3. (a) Yakıcı İç Yönlendirici (b) Yakıcı Nozul

Yakıcı nozulu ve iç yönlendirici dışta bulunan yönlendiriciden ayrılır. İlk ateşlemede kullanılan ve propan gazının geldiği hamlaç, ateşleme bujisi iç yönlendirici sökülür temizliği yapılır ve iç yönlendirici merkezlemesi ayar değerlerinde yapılır. Nozul et kalınlıkları kalınlık ölçer ile ölçülür ve istenen değerler ölçüldü ise yakıcı tekrar montaj edilir. Gaz hattında tahribat olup olmadığı kontrol edilir et kalınlığı ölçülür. Eğer gaz yolunda bir çatlak oluşursa sistem çalışırken yanma, yakıcı ucunda değil aynı zamanda sızıntının olduğu bölmede de meydana gelir. Yanma gaz yolunda delinmeye, sıcaklık artışı ile eriyerek düşmesine neden olabilir. Sonucunda gaz türbini kanatlarına ulaşarak kanatların parçalanmasına ve çok büyük hasarlarla sonuçlanabilir.

- **Yanma Odası Alt Saplamlarının Sökülerek Yanma Odasının Yerinden Alınması**



(a)



(b)

Şekil 6.4. (a) Tork Anahtarı (b) Yanma Odası

Yanma odası yanmanın gerçekleştiği bölümdür ve sabitleme civatalarıyla kompresör kasasına sabitlenmiştir. Yanma odasının bakımı için bu saplama civatalarının sökülmesi gerekmektedir. Yanma odası flanş civataları ve flanş yüzeyi bakım sırasında temizlenir

- **Gaz Türbini-Kompresör Kasası Isı Yalıtımının Alınması ve Yanma Odası Üst Kepin Alınması**

Türbin-Kompresör kasası ısı yalıtımı sağlaması için taş yününden imal edilmiş izolasyon malzemesi ile kaplanmıştır. Bu izolasyon malzemesi kaldırılarak kasa üzerinde bulunan saplamlara ulaşılır ve demontaj çalışmalarına devam edilir. Bakım sırasında pek çok parçadan oluşan izolasyonun uygun şekilde sökülmesi ve deforme olmadan muhafaza edilmesi yeterlidir.



(a)



(b)

Şekil 6.5. (a) Türbin Isı Dış Kasası (b) Yanma Odası Üst Kep

Yanma odası üst kebi yakıcıya yataklık eden parçadır ve yakıcı saplama civataları ile üst kepte bulunmaktadır. Üst kep ısı izolasyonu açılarak civatalar sökülür. Civatalar ve flanş yüzeyi kontrol edilir temizlenerek montaj işlemi için hazır hale getirilir.

- **Hava Emiş Üst Parçanın Alınması ve Kompresör Kaplin Muhafaza Üst Parçanın Alınması**



(a)



(b)

Şekil 6.6. (a) Kompresör Hava Giriş Kademesi (b) Rotor Muhafaza Kepi

Hava türbin kompresörüne 370 kg/s kapasite ile girmektedir. Hava girişinde tel kafes ve rollband filtre sistemi bulunmaktadır. Bulunan filtre sistemine rağmen havada bulunan toz partikülleri ve sistemden kaynaklanan yağ zerrecikleri hava emiş kanalından kompresör kanatlarına taşınmaktadır. Yanma odası bakımlarında hava emiş kanalına girilerek kompresör 1. Kademe hareketli kanatların klerans ölçüleri alınmaktadır. C tipi bakım kapsamında hava emiş alt ve üst parça sızdırmazlık contaları kontrol edilmektedir.

Kompresör kaplini kompresör rotorunu dişli kutusu vasıtasıyla jeneratöre bağlar. Demontaj işlemlerinin devamı açısından üst muhafaza alınır.

- **Gaz türbini birinci kademe kanat boşluklarının alınması**



Şekil 6.7. Sıcak Gaz Kabini

Yanma odası vinç yardımıyla bakımı yapılacak bölüme alındıktan sonra sıcak gaz kabini içine girilerek türbinin bakım öncesi olan çalışma koşullarını değerlendirmek ve önceki bakımda yapılan ölçülerle karşılaştırmak açısından 1. Kademe hareketli kanat ölçüleri alınır. Bu ölçüler revizyon sonunda montaj değerleri ve olması gereken montaj değerleri ile karşılaştırılarak yorumlama yapılır.

- **Gaz Türbini 5 Kademe Hareketli Kanat Ölçülerinin Alınması**



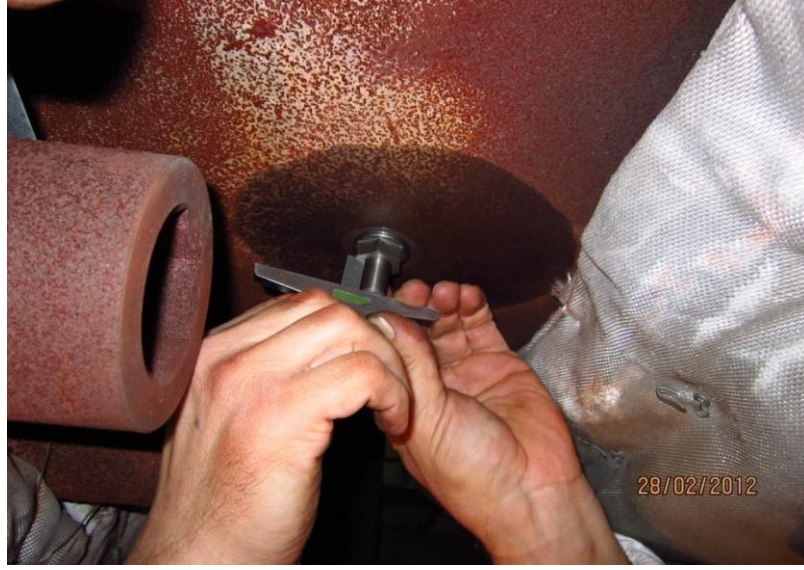
Şekil 6.8. Gaz Türbini 5. Kademe Hareketli Kanatları

Gaz türbini revizyon veya yanma odası bakımlarında en çok dikkat edilen hususların başında alınan ölçülerin standart değerler içinde kalması gelir. Bu nedenle yanma odası bakımı (3000 OH) veya revizyonlar (32000 OH) kapsamında yapılan kontrollerde mutlaka türbin 1. Kademe ve 5. Kademe hareketli kanatların değerleri alınır. Eğer değerler standart değerlerin altına düşerse yanma esnasında oluşan genleşme ve dönme ile oluşabilecek uzama ile kanatlar temas edebilecek ve buda çok büyük hasarlara sebebiyet verebilecektir. Kanat klerans ölçülerinin alınmasında sentil (filler çakısı) kullanılmaktadır.

- **Kaldırma Yağ Basınçlarının Ölçülmesi**

Türbin start edilmeden önce rotorun kaldırma yağ sistemi ile kaldırılarak ilk hareket sürtünmesinin önlenmesi gerekmektedir. Bu değerler demontaj çalışmalarında alınmalı ve montaj esnasında bu değerlere uygun montaj yapıldığı kontrol edilmelidir.

- **Rotor Stator Arası Boşluk Ölçüsünün Alınması**



Şekil 6.9. Boşluk Alma Tapası

Türbin rotoru statoru arası boşluğun ölçülmesinde derinlik kumpasından faydalanılır. Kompresör 1. Kademe hareketli kanatlarından ölçüm yapılabilmesi hava emiş kanalındaki boşluktan olmaktadır fakat 18 kademe hareketli kanada sahip olan kompresör rotoru ve statoru arasında ilave ölçü alınabilmesi için kompresör rotorunun 13. ve 14. Kademe hareketli kanatlar arasında bir ölçüm boşluğu bırakılmıştır.

- **S.G.K Boğaz Segmanlarının Alınması ve S.G.K- Gövde Arası Boyutların Alınması**

Sıcak gaz kabınınin boğaz kısmında yanma odası iç tüp alt ringe bağlanma noktasında yaylı sızdırmazlık ringleri mevcuttur bu ringler yanma odasından gelen sıcak gazların sızarak kaçmasını önlemeye ve sızan yüksek basınçlı sıcak gazların kompresör çıkışında akışın bozulmasını engeller. Bu ringlerde çalışma esnasında sürtünmeden dolayı aşınmalar meydana gelir bakım esnasında bu aşınmalar kaynak ile dolgusu yapılarak montajda kullanıma hazır hale getirilir. İhtiyaç duyulursa ringlerde esnemeyi sağlayan yayların değişimi yapılır.



(a)



(b)

Şekil 6.10. (a) S.G.K Segman Ölçüleri Alınması (b) S.G.K Segmanlar

Sızdırmazlık ringlerinin sökülmesinden sonra sıcak gaz kabini üst noktası ile türbin kasası arasındaki boşluk kullanılan masterlar yardımıyla ölçülür ve sıcak gaz kabini boğazının paralellik bilgileri kayıt edilir.

- **Yanma Odası Üst Kep Yerinden Alınması ve Yanma Odası İç Elemanların Ayrılarak Bakıma Hazır Hale Getirilmesi**

Üst kep alındığı anda yanma odası iç elemanlar demontaj için hazır konuma gelir. İç içe geçmiş olan parçaların birbirinden vinç yardımıyla ayrılmasıyla yanma odası elamanları bakım yapılmaya uygun duruma gelecektir.



Şekil 6.11. Yanma Odası İç Elemanları

- **Yanma Odası İç Zırh Tuğla Dizeleri, İç Tüp ve Yönlendiricinin Sökülmesi**

Yanma odasında hazırlık işlemlerinde öncelikli olarak tuğla taşıyıcı kafes ve ona bağlı olan tuğla dizileri taşıyıcı ve tuğlalar vinç yardımıyla alınarak bakım bölgesine indirilir. Tuğla dizileri arasında hava sızdırmazlığını sağlaya yaylı elemanlar mevcuttur. Yanma odasının altında iç tüp ve iç tüp dış kılıf bulunmaktadır. Kompresörden gelen havanın %30 luk kısmı iç tüpte bulunan nozullar vasıtasıyla yanma gazlarına karışır ve soğuyarak türbin giriş sıcaklığı olan 950°C-1050°C arasına düşürülmesine yardımcı olur. Kompresörden gelen kalan %30 luk kısmı iç tüp ve dış kılıf arasından tuğla dizilerinin soğutulmasında kullanılır ve daha sonra yanma havasına karışır. %40 luk hava miktarı ise doğrudan yanma havası olarak sisteme dahil olur.



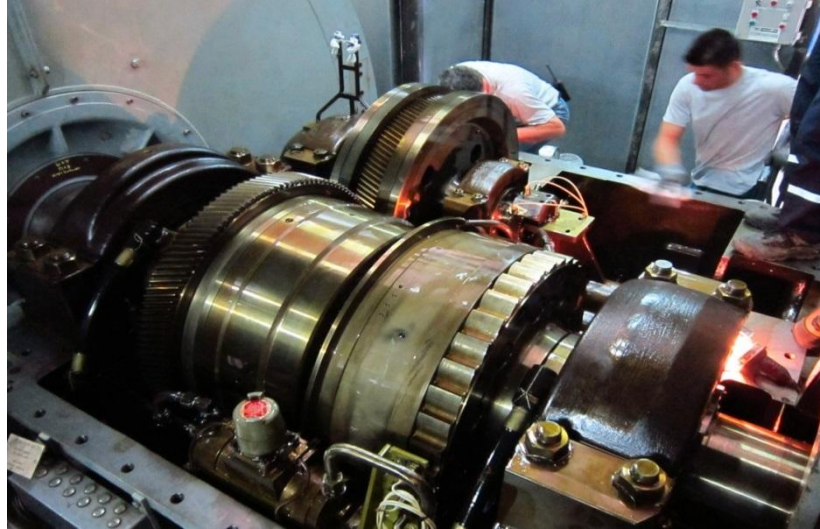
(a)

(b)

Şekil 6.12. (a) Tuğla Taşıyıcı Ring ve Tuğlalar (b) İç Tüp

İlk aşamada parçaların gözle kontrolü yapılarak çatlama ve deformasyonların olup olmadığı kontrol edilir.

- **Dişli Kutusunun Açılması**



Şekil 6.13. Dişli Kutusu

Dişli kutusu generatör ve türbin-kompresör rotorunu birbirinden ayırır servomotorlar yardımıyla rotorların birbirinden ayrılmasını sağlar. Dişli grubu

içerisinde ana yağlama yağı pompası ve ana güç yağı pompası bulunmaktadır ve bakım süresinde bu pompalar sökülerek bakımları yapılır. Rotorun duruşlar esnasında soğuyarak devrini sıfırlamasına kadar geçen sürede rotorun döndürülmesini sağlayan virör sistemine de bakım yapılır. Bakım da pompalar elemanlarına ayrılarak dişli sistemleri kontrol edilir ve herhangi bir hasarın olup olmadığı kontrol edilir. Pompalara güç aktaran dişliler ve bu dişlilerin yataklamaları da bakım esnasında yatak beyaz metalinde aşınma, yağ boşluklarının ölçülmesi ve yataklara penetran muayenesi yapılmasıyla bakıma dahil edilir.

- **Yanma Odası Tamir ve Yenileme Çalışmaları**



Şekil 6.14. Yanma Odası İç Elemanları

Yanma odası elemanları olan yanma odası içt üp, tuğla taşıyıcı, tuğla taşıyıcı dış gömlek, üst koni, tuğlalar bakım yapılmak üzere sahada uygun yerlere dağıtılır ve bakım işlemleri için hazır hale getirilir

- **Türbin Gövde Isıtmalı Cıvataların açılması, Sağ Tarafa Soğuk Cıvataların Yerinden Alınması**



(a)

(b)

Şekil 6.15. (a) Uzatmalı Cıvata Sıkma Aparatı (b) Isıtmalı Cıvataların Sökülmesi

Gövde flanş cıvataları türbin modellerine göre değişkenlik göstermektedir. GT 13D2 modelinde ısıtmalı cıvatalar kullanılırken GT13DM modelinde değişikliğe gidilmiş ve hidrolik çektirmeli cıvatalar kullanılmış daha sonra bu cıvatalar sırası gelen bakımlarda diğer GT13D2 modellerinde de uygulanmıştır. Isıtmalı sistemde kaynak makinesine bağlanan ısıtıcı elektrod cıvata gövdesindeki dikey kanala sokularak belli bir süre ısıtma yaparak civatanın uzamasına böylece civata çapının azalarak somunun çıkmasını sağlamaktadır. Hidrolik sistemde ise bu uzama yaklaşık 1000 bar basınç ile cıvata gövdesinin uzatılması ile sağlanmaktadır.

Bakım sırasında eğer cıvatalar tekrar kullanılacaksa temizlikleri yapıp tekrar kullanıma hazır hale getirilir.

- **Gaz Türbini- Kompresör Üst Kasanın Yerinden Alınması**



Şekil 6.16. Gaz Türbini Sabit Kanat Taşıyıcı Üst Parça

Gövde cıvataları söküldükten sonra üst kasa taşıma pimleri vasıtası ile vince sabitlenir. Sabitleme esnasında dikkat edilmesi gereken husus üst kasa içerisinde kompresör sabit kanatları olduğu için bu kanatların kompresör hareketli kanatlarına çarparak hasarlanmasının önlenmesi gerektiğidir. Bunun için vince bağlanan üst kasa kılavuzlar yardımıyla kaldırılırken su terazisi ile uygun paralellikte ve kasıntı olmadan kaldırılmasının sağlandığını takip etmek gerekmektedir.

- **Kompresör ve Türbin Yatağı Hava Sızdırmazlık Labirentlerinin Ölçülerinin Alınması**

Türbin ve kompresör yatakları rotorun dönmesi esnasında yataklık eden elemanlardır ve kaymalı yatak olan bu yataklarda rotor yağ filmi üzerinde dönmektedir. 3000 dev/dak ile dönen yaklaşık 50 ton ağırlığındaki rotor bu yağ filmini yüksek basınçla savurmakta ve yataklardan kompresör emişine veya türbin çıkışına sızarak kanatlarda verim düşüşüne sebebiyet verebilmektedir. Bu sızıntıyı önlemek açısından kompresör ara kademelerinden alınan hava sızdırmazlık havası olarak hareketli kanatlar ve yataklar arasında bulunan kanal içine gönderilmektedir.



Şekil 6.17. Gaz Türbini 5. Kademe Ölçülerin Alınması

Bakım sırasında bu ölçümler alınmakta, labirent boşluk ölçülerinde azalma varsa gerekirse aşınmış labirentler değiştirilmektedir.

- **Yanma Odası İç Tüp Bakım İşlemleri**

Yanma odası iç tüp yanmanın gerçekleşmesinden sonra sıcak gazların türbine girişinden önce sıcak gaz kabini ve tuğlalar arasında olan elemandır. Yüksek sıcaklıklı gazlar burada bulunan nozullardan gelen hava ile gaz türbini giriş sıcaklığı olan yaklaşık 950-1000°C kadar soğutulur.



(a)

(b)

Şekil 6.18. (a) İç Tüp Çapta Oluşan Deformasyon (b) Tamir Segmanı

İç tüpte genellikle tuğla dizilerine bağlantı ringi ve sıcak gaz kabinine bağlantı ringinde sürtünmelerden kaynaklanan yatay veya dikey çatlamlar oluşmaktadır. Bakım esnasında bu çatlamlar incelenir kaynakla dolgu işlemi yapılır alt ve üst ringlerdeki çap bozuklukları yukarıdaki fotoğrafta görüldüğü gibi segman kaynatılıp ısıtılarak giderilmeye çalışılır. Daha sonra çap ölçüleri alınarak çatlak kontrolü için sıvı penetran kullanılır.

- **Yanma Odası İç Tüp Alt ve Üst Ringlere Penetran ile Tahribatsız Muayene Yapılması**

İç tüpte kaynakla dolgu işlemlerinin tamamlanmasının ardından sıvı penetran ile kontrol edilir.



Şekil 6.19. İç Tüp Penetran Kontrol Yüzeyleri

- Yanma Odası Tuğla Taşıyıcı Ringleri Ayar Çalışmaları



(a)



(b)

Şekil 6.20. (a) Tuğla Dizileri Isı Koruma Segmanları (b) Tuğla Taşıyıcı İskelet

Yanma odasında yanmanın gerçekleştiği bölüm tuğlaların bulunduğu bölümdür

ve yüksek sıcaklığa maruz kalan tuğlaların soğutulması gerekmektedir. Hem soğutma havasının hem de sıcak yanma gazlarının tuğlalar arasından sızmasını önlemek için her iki tuğla taşıyıcı ring arasında yaylı ısı sızdırmazlık segmanları bulunmaktadır. Bu yaylar yanma sırasında oluşan titreşimi sönümlenme görevi de görür. Tuğla taşıyıcı ringler taşıyıcı iskelete kanallar vasıtasıyla tutturulmuş, iskelette dış gömleğe pimler ile sabitlenmiştir.

Bakım sırasında iskelet ve tuğla taşıyıcıları birbirine tutan kanallardaki aşınmalar kontrol edilir, kaynak dolgusu yapılır, ısı sızdırmazlık segmanlarının aşınan yüzeyleri kaynakla doldurularak tesviye edilir. Pimlerdeki aşınmalar kontrol edilerek varsa hasarlı pimlerde dolgu yapılır veya pim değiştirilir.

- **Sıcak Gaz Kabini Flanş Cıvataların Açılması Gövdenin Nivo ile Kontrolü**



(a)

(b)

Şekil 6.21. (a) Sıcak Gaz Kabini Cıvatalar (b) Kasanın Nivo İle Kontrolü

Sıcak gaz kabini yüksek sıcaklık ve basınçla yanma gazlarının toplandığı ve türbine gönderildiği elemandır. Bu nedenle iki parçadan oluşan yanma odasının flanş bağlantı yüzeyinde bulunan cıvatalar önem arz etmektedir bu cıvatalara ek olarak sıcak gaz kabini içinde kaynak bağlantısıda bulunmaktadır. Bakımda bu cıvatalar ve kilitleme mekanizmaları kontrol edilmekte eskiyenler yenisiyle değiştirilmektedir. Gövde nivo ile kontrolü yapılmaktadır ve türbin tarafının kompresör tarafına göre durumu kaydedilmektedir. Normal koşullar için türbin tarafının yüksek olması istenmektedir. Çünkü sıcak gazlarının itme etkisiyle türbinin ileri hareketi ağırlığı yardıyla

dengelenmekte buda rotorun aksenal hareketini kısıtlama görevi olan kompresör aksenal yatağına yardımcı olmaktadır.

- **Sıcak Gaz Kabini Üst Parçanın Alınması**



Şekil 6.22. Sıcak Gaz Kabini Üst Parça

Sıcak gaz kabini vinç yardımıyla üzerinde bulunan taşıma halkaları sayesinde kaldırılarak bakım için uygun bir bölüme alınır.

- **Kompresörün Aksenal ve Radyal Yataklarının Üst Keplerinin Alınması**

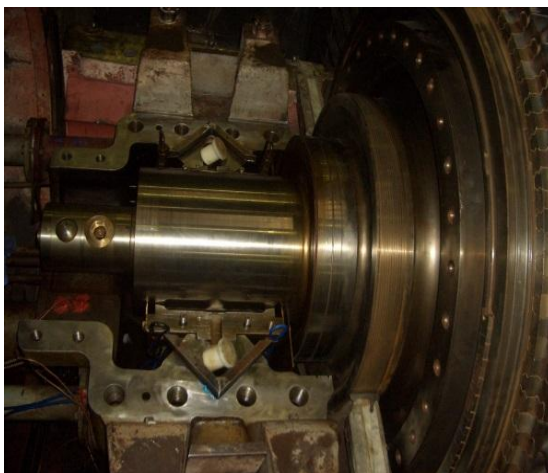
Kompresör radyal yatağı (üstte solda) ve kompresör aksenal yatağı (üstte sağda) rotorun taşınmasında ve aksenal gezinmesini sınırlandırmada kullanılır. Radyal yatak kaymalı yataktır. Türbin devreye alınacağına ilk önce taşıyıcı yataklara yağ basıncı kaldırma yağı pompaları ile yataklara gönderilir ve rotor yaklaşık 0.15 mm kadar kaldırılır. Bu kalkıştan sonra 50 ton ağırlığındaki rotor elle bile döndürülebilecektir. Aksenal yatak rotorun ekseni boyunca belirli gezinmesine müsaade edebilecek şekilde dizayn edilmiş ve bu gezinti üzerinde bulunan pirinç lokmalar ile sağlanmıştır.



Şekil 6.23. Kompresör Radyal ve Eksenel Yataklar

Bakım sırasında yatak muylu ölçüleri alınır, eksenel yatak boşluk ölçüleri alınır yağ sıyrıcı plakaların ölçüleri alınır ve demontaj sonrasında radyal yatak için beyaz metal yapısı incelenir, tahribatsız muayene ile penetran veya ultrasonik muayene yapılır, yatak iç çap ölçüleri alınarak boyut kontrolü yapılır. Eksenel yatakta yatak boşlukları kontrol edilir ayar gerekli ise şimlerle yardımcıyla eksenel gezinti ayarı yapılır ve eksenel sınırlandırıcı lokmaların bakımı yapılır.

- **Türbin Aşırı Hız Ekipmanı ve Türbin Yatağı Üst Kep Yerinden Alınması**



(a)



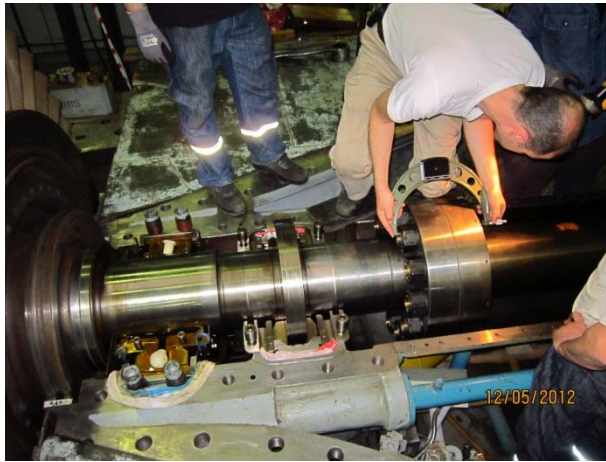
(b)

Şekil 6.24. (a) Türbin Yatağı (b) Aşırı Hız Ekipmanı

Türbin yatağı kompresör yatağı ile aynı yapıya sahiptir ve bakım işlemlerinde aynı şekilde yapılmaktadır. Farklı olarak türbin yatağı bölmesinde türbin aşırı hız ekipmanı yer almaktadır. Bu ekipman iki adet topuz, yayları, basma ayakları ve yağ hatlarından meydana gelmektedir. Türbin 3000 dev/dak ile dönmektedir fakat aşırı hıza gitmesini önlemek amacıyla bu ekipman yerleştirilmiş ve birinci topuz %110, ikinci topuz ise %112 hızlarında yay kuvvetlerini yenerek merkezkaç kuvveti ile dışa doğru savrulmakta ve sistemde yağ basıncını boşaltarak türbinin trip etmesini yani durdurulmasını sağlamaktadır.

Bakım sırasında bu ekipman sökülürken yaylar ve topuzlarda olabilecek sıkışmalar kontrol edilmekte, temizlenmekte ve montaj için hazır hale getirilmektedir.

- **Kaplin Ölçülerinin Alınması**



Şekil 6.25. Kaplin Ölçülerinin Alınması

Kaplin jeneratör ve türbin rotorlarını aktarma dişlileri yardımıyla birbirine bağlayan elemandır. Cıvatalar ile kaplin flanş yüzeyleri birbirine bağlanırlar. Kaplin boşluk ölçülerinin istenen değerlerde olması gerekmektedir aksi takdirde rotorda dönme etkisiyle balans bozukluğuna neden olmakta ve kanatların hasarlanmasına kadar varabilen sonuçlar doğurmaktadır. Kaplin ayarlamalarında aksel ve radyal kaplin ayarı yapılmaktadır. Hata değerinin standartları 0.04 mm düzeyindedir ve karşılıklı farkın bu değer altında olması istenmektedir.

Bakım sırasında demontaj ölçüleri alınmaktadır bu ölçüler için önce kaplin cıvatalarının ölçüleri iç çap mikrometresi ile alınmaktadır. Kaplin cıvatalarının sıkılma

değerleri bu ölçülere göre yapılmaktadır. Daha sonra civatalar gevşetilmekte ve ayrıma civatasıyla kaplin flanş yüzeyleri bir miktar ayrılmaktadır ve komparatör saati ve sentil yardımı ile ölçümler yapılmaktadır. Kaplin yüzeyleri ve civatalar temizlenmekte montaj için hazır hale getirilmektedir.

- **Yanma Odası İç Tüp Dış Zırh Ayar Çalışmaları**

Yanma odası iç tüp sıcak gaz kabinine bağlantı noktası olan alt ringin ayarının yapılması gerekmektedir. Bunu sağlayan sabitleme pabuçları bulunmaktadır bu pabuçlarda zamanla titreşime bağlı olarak aşınmalar meydana gelmekte ve alt ring merkezlenmesinde sapmalar meydana gelmektedir. Merkezleme ayar civataları ile ayarı yapılan iç tüp pabuçları ile sabitleme işlemi yapılır. Bakımda pabuçların dolgu işlemleri ile kullanıma hazır olması sağlanmaktadır.



Şekil 6.26. Yanma Odası Alt Yönlendiriciler

- **Türbin Sabit Kanat Taşıyıcı ve Türbin Kasası Arası Boşluğun Ölçülmesi**

Türbin sabit ve hareketli kanatların klerans (boşluk) ayarının istenen değerde olması istenmektedir. Bu değer birkaç şekilde sağlanabilmektedir bunlardan biride sabit kanat taşıyıcının bağımsız olarak hareket ettirilmesidir. Son bakım tarihinden itibaren değişiklik olup olmadığını kontrol etmek ve standartlarda olan değerleri sağlayıp sağlamadığını kontrol amaçlı olarak iç çap mikrometresi ile ölçüm noktasından değerler alınmaktadır.



Şekil 6.27. Türbin Sabit Kanat Taşıyıcıdan Ölçüm Alınması

- **Türbin Sabit Kanat Taşıyıcı Flanş Civatalarının Açılması Parçanın Yerinden Kaldırılması**



Şekil 6.28. Türbin Sabit Kanat taşıyıcı Üst Parçanın Yerinden Alınması

Türbin sabit kanat taşıyıcı üst parça civatalarının sökülmesinden sonra kılavuz pim yardımıyla ve bağlantı noktalarından vince bağlanarak kanatların temasını önleyecek şekilde yavaşça kaldırılarak yerinden alınır ve atölyeye kanatların

demontajının yapılması ve sabit kanat taşıyıcının bakımının yapılması için gönderilir.

- **Rotor Stator Klerans Ölçülerinin Alınması**

Türbin rotoru ve statoru (hareketli ve sabit kanatlar) boşluk ölçüleri sentil yardımıyla alınır. Burada sentilin tatlı sıkı geçişi ölçü alınmada temel esastır. Alınan bu ölçüler standart değerler ve türbin çalışma koşullarının karşılaştırılmasında faydalıdır. Bu ölçüler kompresör ve türbin kanatları için tek tek alınarak kaydedilir.



Şekil 6.29. Kompresör Rotoru Klerans Ölçülerinin Alınması

- **Kompresör Difüzörü Üst Parçanın Alınması**

Rotor ve stator arasında ki klerans ölçümlerinin alınması işinden sonra, kompresör difüzörü flanş bağlantı civataları sökülerek difüzör üst parça yerinden alınır ve kompresör difüzörüne türbin statorunun temas ettiği basma ayağı plakaları ve difüzörün scak gaz kabini içerisinde kalan, difüzör gövdesini sıcak yanma gazlarından koruyan ısı koruma plakalarının sökölüp bakımlarının yapılacağı bölüme taşınır.



Şekil 6.30. Kompresör Difüzörü Üst Parça

- **Rotorun Yerinden Alınması**

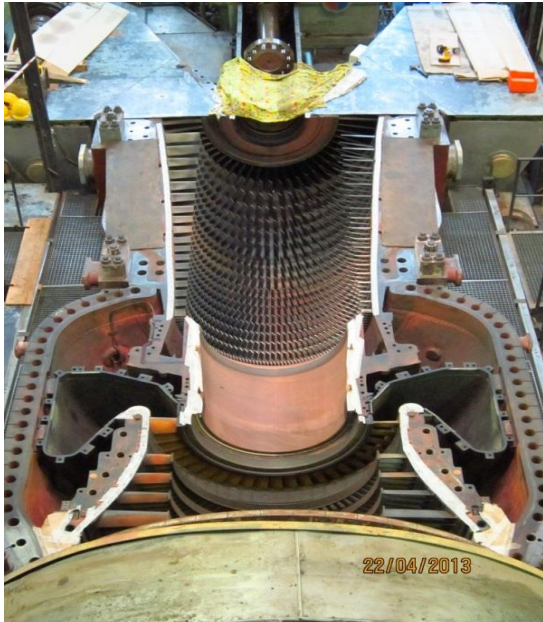
Rotor yaklaşık 50 ton ağırlığında ve 7.5 m uzunluğundadır. Bu kütlenin hem sabit kanat taşıyıcı gövde içerisinden çıkarılması hem de taşıyıcı iskelete götürülmesi esnasında çok dikkat edilmesi gerekmektedir. Vinç hareketlerinin sert yapılması vincin yukarı aşağı hareketinin ani olması rotorda sehime neden olabilecektir. Rotor statordan ayrılmadan önce su terazisi yardımıyla tam paralellik sağlanmalı, rotorun kaldırılmaya başlama anında aksenal harekete engel olunmalıdır.

Rotor dikkatli bir şekilde kaldırıldıktan sonra taşıyıcı iskelete yerleştirilmekte ve burada rotor muyluları ve hareketli kanatların temizliği yapılmaktadır. Bakım süresi uzun olduğundan dolayı oluşacak sehimi önlemek amacıyla 3-4 günde bir rotor 180 derece döndürülmektedir.

Rotorun alınmasından sonra alt kasada bulunan türbin sabit kanat taşıyıcı, sıcak gaz kabini, kompresör difüzörü ve kompreör sabit kanatları ile üst kasada bulunan kompresör sabit kanatları Şekil 6.32 de görünmektedir.



Şekil 6.31. Kompresör - Türbin Rotoru



(a)



(b)

Şekil 6.32. (a) Sabit Kanat Taşıyıcı Alt Parça (b) Sabit Kanat Taşıyıcı Üst Parça

- **Kompresör Difüzörü Alt Parça Dikey Civataların Açılması ve Alt Parçanın Yerinden Alınması**

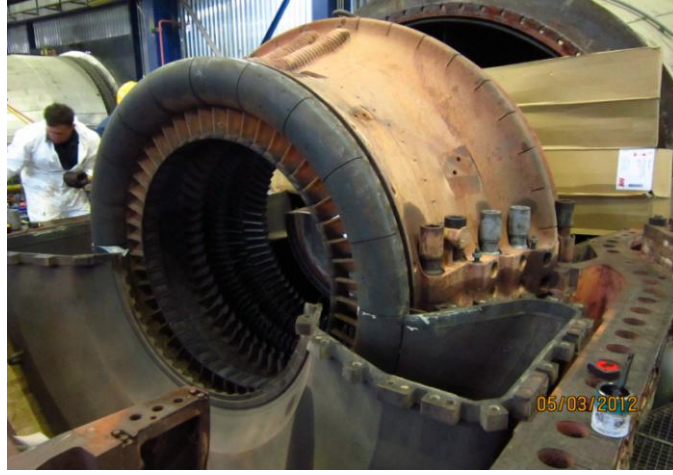
Türbin kasasının elemanlarının demontajı işlemi kompresör difüzörü alt parçası ile devam etmektedir. Alt parça taşınması sırasında difüzörde bulunan basınç ölçme borularının zarar görmemesi gerekmektedir. Bu borular kompresör sonu basınçlarının ölçülmesi amacıyla yerleştirilmiştir ve soğutma havası veya kompresör havasının yetersiz olup olmamasına göre uyarıcı bir istemin parçasıdır.



Şekil 6.33. Kompresör Difüzörü Alt Parça

- **Türbin Sabit Kanat Taşıyıcı Üst Montajı ve Soğuk Ölçülerin Alınması**

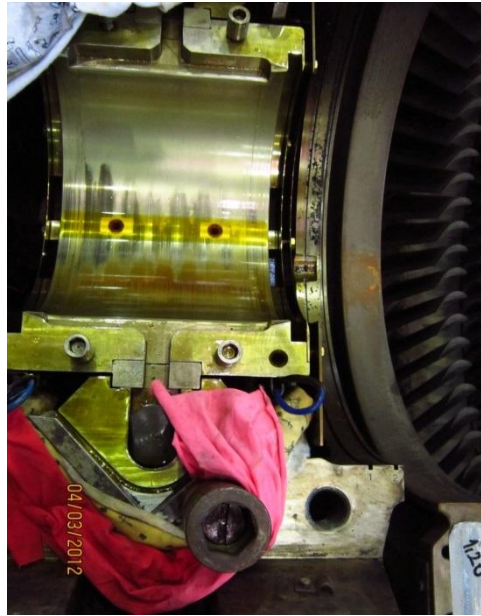
Kompresör difüzörü yerinden alındıktan sonra türbin sabit kanat taşıyıcıda soğuk ölçülerinde bir değişim olup olmadığını kontrol amacıyla iç çap ölçüleri alınır. Bu işlem yapılırken saplamalar sıkılmış olmalıdır.



Şekil 6.34. Türbin Sabit Kanat Taşıyıcı Alt ve Üst Birleştirilmesi

- **Türbin Yatağının Açılması Boyutlarının Alınması**

Yataklar demontaj öncesinde rotor üzerinde iken silindir masterlar yardımıyla muylu ölçüleri alınır ve rotor merkezi ile yatak merkezinin çakışma durumu kontrol edilir. Yataklar alt parçaları alınarak atölyeye bakım yapılmak üzere götürülür.



Şekil 6.35. Türbin Yatağı Alt Parça

- **Türbin ve Kompresör Taşıyıcı Yataklara Bakım Yapılması Tahribatsız Muayene Yapılması**

Yataklar atölyede bakıma alınır. Bakım sırasında yataklarda bulunan beyaz metalde olan sıvanmalar temizlenir, yağ giriş cepleri sıvanan parçalar nedeniyle kapanmaya başladığından yağ cepleri uygun şekilde açılır, alt ve üst parça birleştirilerek yatak çapları iç çap mikrometresi ile alınarak ısı ve genleşme nedeniyle deformasyon olup olmadığı kontrol edilir.



Şekil 6.36. Taşıyıcı Yatak

- **Türbin Yataklarına Sıvı Penetran ile Tahribatsız Muayene Yapılması**



(a)

(b)

Şekil 6.37. (a) Türbin Yatağı Alt Parça (b) Türbin Yatağı Alt Üst Parçalar

Bakımları yapılan yataklar beyaz metalde herhangi bir çatlama iç yapısında bozulma olup olmadığının kontrolü amacıyla sıvı penetran yöntemiyle kontrol edilir. Daha önce de değinildiği üzere bu yöntem uygulanırken önce kırmızı renkli penetran yüzeye uygulanır ve yaklaşık 30 dakika kadar beklenilir. Daha sonra penetran yüzeyden temizlenir ve developer denilen beyaz renkli sprey toz yüzeye püskürtülür. Eğer yüzeyde çatlamlar mevcut ise bu beyaz toz üzerinde çatlaklar boyunca kırmızı penetran yüzeyde görülebilecektir. Bazı durumlarda penetran muayenesine ilave olarak ultrasonik yöntemle de muayene yapılabilmektedir. Bu yöntemde katmanlar arasında oluşan süreksizlikler osilatörde yansıyan ses dalgaları sayesinde tespit edilebilmektedir

- **Kompresör Rotoru ve Hareketli Kanatlara Manyetik Parçacık Floresan Testinin Yapılması**

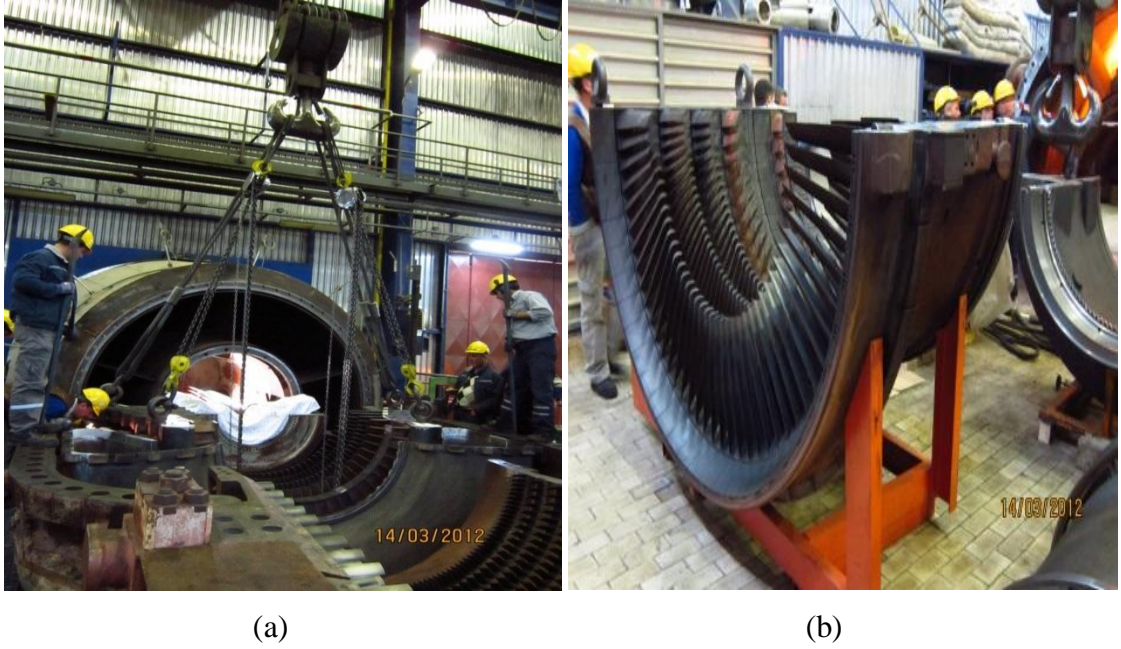


Şekil 6.38. Kompresör Hareketli Kanatlara Floresan Testinin Yapılması

Bu testin yapılması aşamasında rotora belirli bir akım verilmekte daha sonra içerisinde metal parçaları bulunan bir sprey muayene yüzeyine püskürtülmekte ve daha sonra bu parçacıklar floresan ışığı altında gözlenmektedir. Çatlakların ve süreksizliklerin bulunduğu bölümde metal parçalarının toplandığı görülmektedir. Bu işlemin yapılabilmesi için rotorda muayene yüzeylerinin temizlenmiş olması gerekmektedir. Yoğun korozyon, partikül birikmesi ve ısı korumaya karşı kaplama

bulunan türbin kanatları bu nedenle bu muayene yöntemiyle uygun şekilde kontrol edilemeye bilmektedir. Kontrol ekibi E.U.A.Ş. tahribatsız muayene ekibidir ve yapılan iş sonunda çalışmaya mani bir durum olup olmadığını raporlamaktadırlar

- **Türbin Sabit Kanat Taşıyıcı Alt Parçanın Yerinden Alınması**

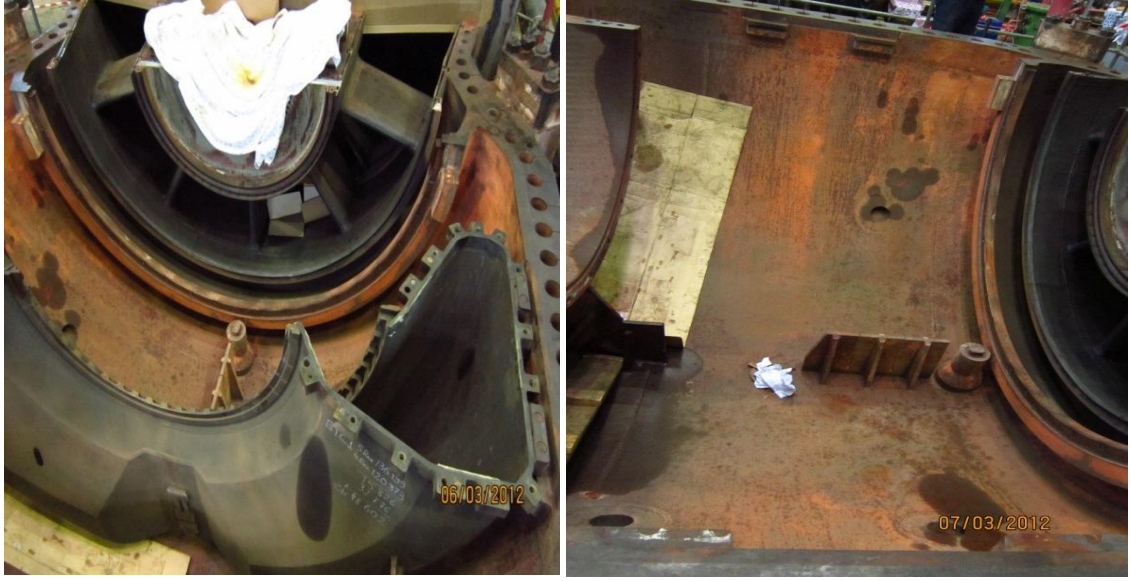


Şekil 6.39. (a) Türbin Sabit Kanat Taşıyıcı Altın Alınması (b) Türbin Sabit Kanat Taşıyıcı Alt Parça

Türbin sabit kanat taşıyıcı alt parça vinç yardımı ile bakım yapılması ve kanatların demontajının yapılması için yerinden alınmakta ve atölye ortamına taşınmaktadır.

- **Sıcak Gaz Kabini Alt Parçanın Yerinden Alınması**

Sıcak gaz kabini alt parça yerinden alınmakta ve bakım yapılmak üzere uygun bir alana taşınmaktadır. Sıcak gaz kabininin de alınmasıyla kasa içi boşaltılmış duruma getirilir ve kasa iç kısımlarda temizlik işlemleri başlamaktadır. Bu aşamadan sonra bakımı yapılan parçalar son sökülenden başlamak üzere montaj hazırlıkları için tekrar kasa içine alınmakta gerekli görülenlerde ölçüler alındıktan sonra parçalar tekrar dışarı alınmakta ayar işlemleri yapıldıktan sonra tekrar montajları yapılmaktadır.



(a)

(b)

Şekil 6.40. (a) Sıcak Gaz Kabini Alt Parça (b) Türbin Taşıyıcı Kasa

- **Sıcak Gaz Kabini Plaka Yüzeylerinin Freze ve Tamir İşlemleri**



(a)

(b)

Şekil 6.41. (a) Sıcak Gaz Kabini Basma Plakası (b) Sıcak Gaz Kabini Tamir Çalışması

Sıcak gaz kabininde en çok karşılaşılan sorun sıcak gaz kabininin kompresör difüzörü ve türbin sabit kanat taşıyıcıya bağlantı kanallarına temas ettiği plaka yüzeylerindeki aşınmlardır. Bakım sırasında aşınma gerçekleşen bu plakalar kaynakla doldurulmakta ve frezelenerek tesviye edilmektedir. Sıcak gaz kabini ve yanma odası iç

tüp alt ring bağlantı boğazıda sürtünme nedeniyle aşınmakta ve dolgu kaynak tesviye işlemleri uygulanmaktadır.

- **Kompresör Difüzörü Isı Koruma ve Basma Ayağı Plakalarının Sökülmesi**



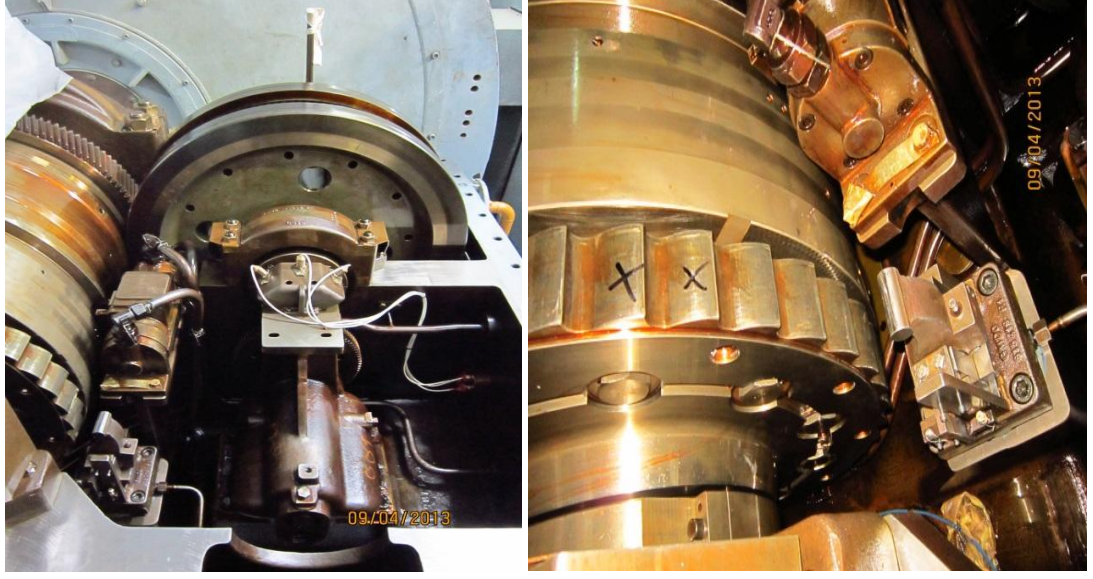
(a)

(b)

Şekil 6.42. (a) Kompresör Difüzörü Isı Koruma Plakası (b) Kompresör Difüzörü

Kompresör difüzöründe bulunan iki tip ısı koruma plakası vardır. Biri difüzörün türbin sabit kanat taşıyıcı giriş kanatlarının üzerine bastığı basma ayağı plakaları diğeri de sıcak gaz kabini içerisinde gövdesini sıcak gazlardan koruyan ısı koruma plakalarıdır. Bu plakalar gövdeye ayakların bastığı bir kanal ve esnekliği sağlamak üzere bulunan yaylardan oluşmaktadır. Çalışma esnasında titreşim nedeniyle ayaklarda aşınmalar oluşabilmektedir. Bakımlarda bu ayaklardaki aşınmalar kaynak dolgusuyla doldurulmakta ve tesviye işlemi yapılmaktadır. Penetran ile muayenesi yapılmakta aşırı aşınmış plakalar yenileriyle değiştirilmektedir. Yalnızca C tipi bakım kapsamında değil 3000 saatlik yanma odası bakımlarında da ısı koruma plakaları dikkatle incelenmekte ayak aşınması nedeniyle serbest kalan plakalar demontaj imkanı olmadığından, temas halinde olan diğer iki plakaya kaynak ile sabitlenmektedir.

- **Ana Yağ Pompası ve Virör Pistonunun Sökülmesi ve Bakımı**



(a)

(b)

Şekil 6.43. (a) Ana Yağ Pompası (b) Virör Dişlisi

Ana yağ pompası dişli grubu içerisinde ve tahriğini rotordan dişliler yardımıyla alan pompadır. Ana güç yağı pompası ile birlikte çalışmaktadır. Aynı pompa kovani içerisinde farklı dişli pompalardır yani çıkışları farklıdır. Ana yağlama yağı pompasının çıkışı debi gerekliliği nedeniyle büyük, ana güç yağı pompasının basınç ihtiyacı nedeniyle küçüktür. Ana yağlama yağı pompası yataklara yağ gönderen, güç yağı pompası ise sistemde bulunan kumanda yağlarına yağ sağlayan pompalardır. Bakımlarda pompalar sökülür içerisindeki helisel dişli grubu ve yataklarına bakım yapılır gerekirse yataklar değiştirilir.

Virör pistonu türbin devre dışı kaldıktan sonra rotor sıcaklığı düşene kadar rotorun döndürülmesini sağlar. Hareket tahriğini virör pompasından alır. Bakımlarda virör pompasının bakımı yapılır conta, o-ring değişimleri yapılır. Virör topuz mekanizması kontrol edilerek topuzda şekil bozukluğu olup olmadığı kontrol edilir. Topuz rotor üzerindeki dişli grubuna baskı yaparak çevirir eğer rotorda herhangi bir ters dönüş olursa virör topuzuna baskı yapabilmekte ve topuz deforme olabilmektedir.

- **Eksenel kompresör Blöf Valflerin Temizliği ve Bakımının Yapılması**



(a)

(b)

Şekil 6.44. (a) Kompresör Blöf Valfler (b) Blöf Valf ve Yay

Blöf valfleri kompresör kademelerinden alınan hatlarla oluşturulmuş 2 adet alçak basınç 2 adet orta ve 1 adette yüksek basınç kademesinden oluşur. Start anında çekilen enerjinin sınırlandırılmasını sağlar yay basıncı etkisiyle 2650-2700 devre kadar açıktır ve bu devirden sonra hava basıncıyla kapatılarak kompresörde sıkıştırılan tüm havanın yanma odasına gönderilmesi sağlanır. Kompresör havası bu devre kadar türbin binasına boşaltılır. Üzerinde çıkan hava akışını dağıtan susturucu mevcuttur.

Bakım süresinde blöf valf susturucularının kontrolü yapılır. Blöf valflerde sızdırmazlık testi yapılarak gerekirse honlama işlemi ile yüzeylerde tam sızdırmazlık sağlanır. Yay baskı ayarı yapılır. Bakım sonrasında montaja hazır hale getirilir.

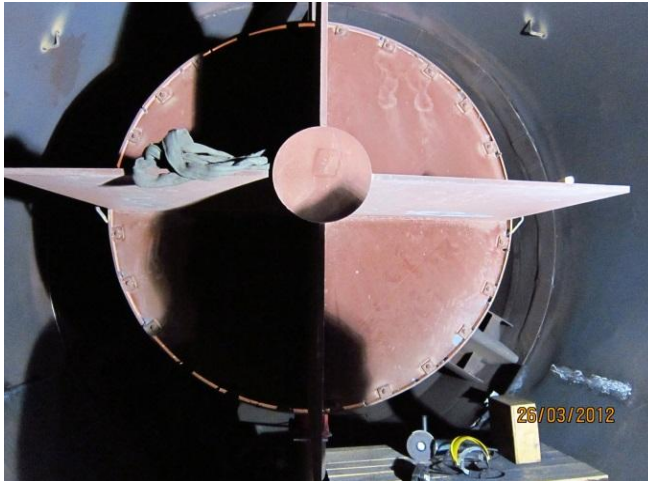
- **Türbin Kasasının Su Terazisi ile Kontrolü**

Türbin kasasının paralellik durumu master yardımıyla alınır ve su terazisi kullanılır. Türbin kasasının terazi ayarı türbin elamanlarını direkt olarak etkileyeceğinden dolayı kasanın terazi ölçümü dikkat edilmesi gereken bir husustur. Eğer türbin kasasında bir ayarsızlık varsa kasanın sağında ve solunda bulunan ayar ayaklarına şim ayarı yapılarak ayarlama yapılır.



Şekil 6.45. Türbin Kasasının Terazi Ölçüsünün Alınması

- **Egzoz Eksen Ayarı Kaynak Tamir Çalışmaları**



Şekil 6.46. Türbin Egzoz Difüzörü

Egzoz türbinden çıkan yanma gazlarının laminer şekilde akışını kolaylaştıran bölümdür ve sabitlenmesi çelik saçlar yardımıyla olmaktadır. Zamanla bu saç bağlantılarında çatlamlar veya egzoz difüzöründe çatlamlar meydana gelmekte ve akışı düzensizleştirmektedir. Egzoz difüzörü kaynaklar kesilmekte kriko yardımıyla ölçüsüne getirilen difüzör kaynakla sabitlenmektedir. Üzerinde olan çatlamlar kaynak dolgu yapıp tesviye edilmektedir.

- **Türbin Sabit Kanatların Sökülmesi Bakımının Yapılması**



(a)

(b)

Şekil 6.47. (a) Türbin Sabit 1. Kademe Kanatlar (b) Türbin Son Kademe Kanatlar

Türbin sabit kanatlarının çalışma ömür değerleri üretici firma tarafından şöyle belirlenmiştir.

1. Kademe sabit kanatlar: 64000 EOH (32000 saatte yenileştirme yapılarak)
2. Kademe sabit kanatlar: 80000 EOH (32000 saatte yenileştirme yapılarak)
3. Kademe sabit kanatlar: 80000 EOH (32000 saatte yenileştirme yapılarak)
4. Kademe sabit kanatlar :96000 EOH (48000 saatte yenileştirme yapılarak)
5. Kademe sabit kanatlar : 96000 EOH (48000 saatte yenileştirme yapılarak)

Yenileştirme işlemi üretici firma tarafından yapılmakta ve HIP (Hot Isostatik Pressing) yöntemiyle yaklaşık olarak 2000 bar ve 1100°C de koruyucu gaz ortamında yapılan sıkıştırma işlemidir.



(a)

(b)

Şekil 6.48. (a) Türbin 1. Kademe Sabit Kanat (b) Türbin 2. Kademe Sabit Kanat

Bakım sırasında kanatlar tek tek sökülür ve önce gözle muayeneleri yapılır. Sabit kanatlarda en önemli ve yüksek sıcaklığa maruz kalan ilk iki kademe sabit kanatları kanat köklerindeki soğutma kanalları yardımıyla soğutulmaktadır. Ayrıca birinci kademe sabit kanatlar ısıya karşı özel metal alaşım ile kaplanmışlardır. Bu kaplama ve yanma odasından gelen maddelerin oluşturduğu birikme zamanla kanat dış yüzey yapısını olumsuz etkilemektedir. İlk aşamada gözle yapılan muayene rastlanan kılcal çatlaklar kanatta çatlama olarak algılanmaya sebep olmaktadır. Bu kaplama kazınarak çatlağın kanat yapısına ulaşmadığı kontrol edilmektedir. Sonrasında şüphelenilen kanada penetran ile çatlak muayenesi yapılmaktadır.

Çalışma saati geçen kanatlar yenileri ile değiştirilir. Kanat köklerindeki ısı sızdırmazlık şimlari değiştirilir. Sabit kanat taşıyıcı ısı koruma plakaları sökülür plaka ayak kökleri temizlenerek montaja hazır hale getirilir.

- **Gaz Türbini Hareketli ve Sabit Kanatlara Penetran ile Tahribatsız Muayene Yapılması**

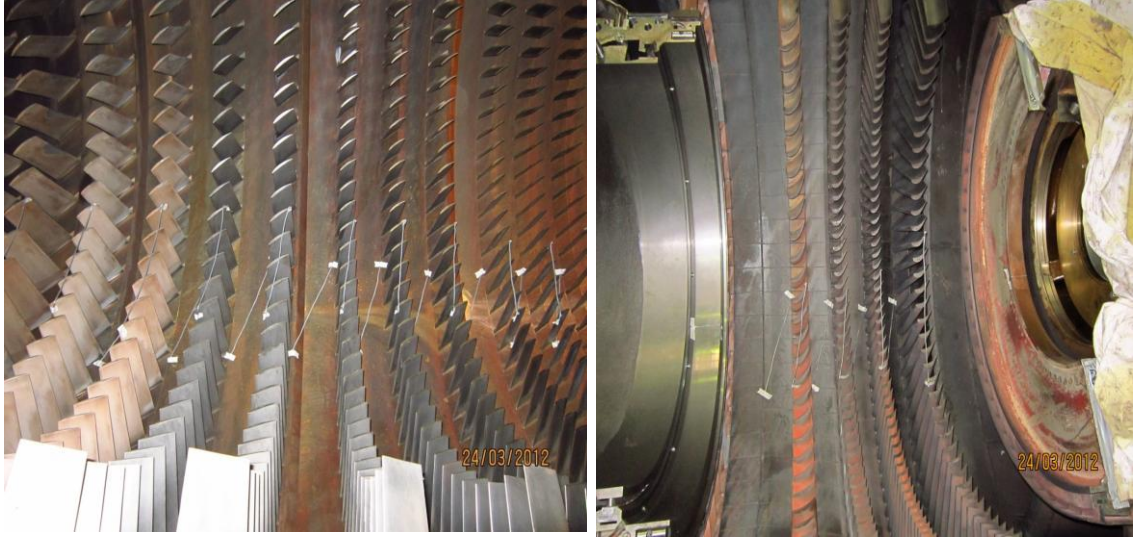


Şekil 6.49. Sabit Kanat ve Giriş Zırhlarının Penetran İle Muayenesi

Türbin sabit kanatları, ısı koruma plakaları ve türbin giriş zırhları sıvı penetran ile çatlak muayenesi yapılır burada en büyük sıkıntı yukarıda da belirtildiği gibi kanat yüzeylerinde oluşan birikmelerdir bu birikmeler kanat yüzeyinde çatlak varmış gibi değişim yaratmaktadır. Bu nedenle yorumlamaların doğru ve dikkatli bir şekilde yapılması gerekmektedir.

- **Kompresör Sabit Kanat Taşıyıcısına ve Türbin Sabit Kanat Taşıyıcısına Kurşun Testi İçin Tellerin Kanat Üzerine ve Gövdeye Yerleştirilmesi**

Rotor stator arası klerans ölçülerinin alınması sırasında ölçüler sağ ve soldan rahatlıkla alınabilmekte iken altlarda ölçüm için uygun boşluk bulunmamaktadır. Her kademedan ölçüm alınmasının en uygun yöntemi sabit kanat uçlarına ve hareketli kanat uçlarının karşısına denk gelen ksa üzerindeki alana kurşun teller konulmasıdır. Ölçüm için rotor tekrar yerine konulmakta ve ezilen kurşun tellerin kalınlık ölçüleri alınarak her kademe için klerans ölçüleri alınmış olmaktadır. Kurşun tellerin çapları farklılık göstermektedir ve türbin veya kompresöre farklı kalınlıklardaki kurşun teller kullanılarak temas etmemesinin önüne geçilmektedir.



(a)

(b)

Şekil 6.50. (a) Kompresör Alt Sabit Kanatlara Kurşun Testi Yapılması (b) Türbin Alt Sabit Kanatlara Kurşun Testi Yapılması

- **Türbin Rotorunun Yerinden Alınması Kurşun Tellerin Boyutlandırılması**



Şekil 6.51. Kurşun Tellerin Ölçülmesi

Ezilme meydana gelen tellerde boşluklar kumpas yardımıyla ölçülerek belirlenir.

- **Yağ Tankına Bakım Yapılması**



(a)

(b)

Şekil 6.52. (a) Yağ Tankı Isıtıcıları (b) Yağ Tankı Geri Dönüş Hattı

Yağ tankı yaklaşık 7 ton kapasitelidir ve tüm pompa guruplarına yataklık etmektedir. Odacıklardan oluşmuştur. Yağlama yağı geri dönüş hatları pompa emiş filtreleri ve yağ tankı ısıtıcıları bulunmaktadır. Yağ tankı ısıtıcıları 4 adet ve yağ sıcaklığının 30°C nin altına düşmesini önlemektedir. Bakım sırasında tanktaki yağ varillere boşaltılmakta tank iç yüzeyinde tortular temizlenmektedir. Yağ buharı atıcı fanı temizlenmekte ve bakımı yapılmaktadır. Temizliği yapılan tanka yağ geri boşaltılmakta ve tank yağ sepetörüne bağlanmaktadır. Seperatörde yağ içindeki su zerrecikleri ve partiküller santrifüj etkisiyle filtrelenmektedir.

- **Kompresör Difüzörü Kurulum Hazırlığı Soğuk Ölçülerin Alınması**

Kompresör difüzörü soğuk ölçülerin alınması için kasa üzerine montajı yapılmakta ve iç çap ölçüleri alınmaktadır. Kompresör difüzöründen iç ve dış parçaları arasından geçen kompresör havası türbin rotoru hareketli kanatlarının soğutulmasında kullanılmaktadır. Bu iki parça arası boşluk setskur civatalar yardımıyla yapılmaktadır. İç çap ölçülerinin alınması türbin rotorunun sıkışma durumunu anlamak açısından avantaj sağlamaktadır



Şekil 6.53. Kompresör Difüzörü Ölçülerin Alınması

- **Türbin-Kompresör Muhafazası Rotor Arası Boşluk Ölçümü İçin Kurşun Testinin Yapılması**



(a)

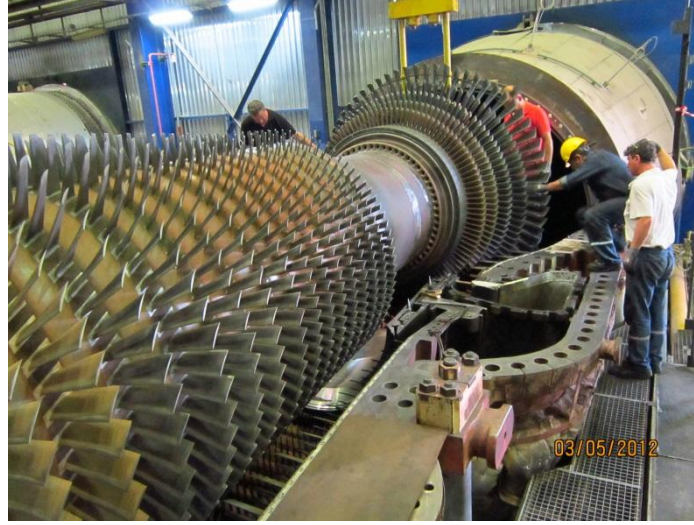


(b)

Şekil 6.54. (a) Kompresör Rotoru Kanatları Üst Boşluğun Ölçülmesi (b) Üst Türbin Kasasının Kapatılması

Türbin kasası alt parçada yapılan kurşun testi işlemleri alınamayan üst kasa ölçüleri içinde gerçekleştirilir. Rotor üzerine bağlanan kurşun teller ile rotor yerine alınır ve üst kasa kapatılır. Kasa kaldırılarak kurşun teller ölçüleri alınır.

- **Rotorun Yerine Konulması ve Montaj İşlemlerine Başlanması**



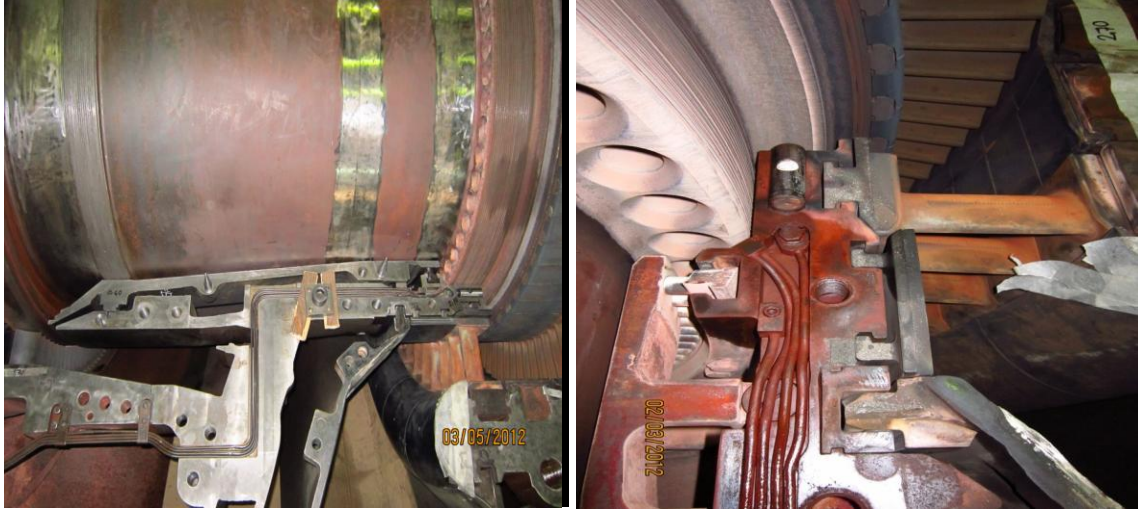
Şekil 6.55. Türbin Kompresör Rotorunun Yerine Konulması

Bu aşamaya kadar olan çalışmalarda türbin demontaj çalışmaları yapılmıştır. Bu aşamadan sonra program geri doğru işlemekte ve demontaj esaslı olan son sökülen ilk takılır mantığıyla montaj çalışmalarına devam edilmiştir.

Rotor ölçülerinin alınmasından sonra rotor kalıcı olarak montaj yapılabilmesi için yerine konulmuştur. Bu aşamaya kadar türbin ve kompresör yatakları, kompresör eksenle yatak, kompresör difüzörü alt, sıcak gaz kabini alt ve türbin sabit kanat taşıyıcı alt parçaları kasa içine yerleştirilmiştir. Rotor vince paralel olarak ayarı yapıldıktan sonra kanat temasını önleyecek şekilde yavaşça kasa içerisine indirilmiştir.

- **Kompresör Difüzörü Basınç Ölçme Borularının Kurulumu**

Kompresör difüzörü basınç ölçme boruları 4 adet olup fark basınç sistemine göre çalışan göstergelere basınç sağlamaktadırlar. İki rotor üzerindeki hava sızdırmazlık labretlerinin önünde ve arkasında olup labretlerdeki sızdırmazlık durumunu belirlemeye yöneliktir. Kalan ikisi türbin hareketli kanatlara soğutma havası gönderilmesini sağlayan soğutma kanallarına giden yönlendirme kanatçıklarının önü ve arkasındaki hava basıncı hakkında bilgi sahibi olmamızı sağlar.



(a)

(b)

Şekil 6.56. (a) Kompresör Difüzörü ve Rotor (b) Kompresör Difüzörü Basınç Ölçme Boruları

Montaj işlemleri aşağıda belirtilen sırayla devam etmektedir. Tekrara düşmemek adına demontajda yapılan işlemler belirtilmiş yapılan diğer farklı işlemler ayrı başlık altında anlatılmıştır.

- **Türbin Sabit Kanat Taşıyıcı Üst Parçanın Yerine Montajı**
- **Kompresör Difüzörü Üst Parçanın Yerine Montajı**
- **Sıcak Gaz Kabini Üst Parçanın Yerine Montajı**
- **Türbin Kompresör Kasası Üst Parçanın Yerine Montajı**
- **Türbin Yatağı-Kompresör Radyal ve Eksenel Yatakları Üst Keplerin Kapatılması**
- **Yanma Odası İç Parçaların Montajı ve Kasa Üzerine Montaj İçin Hazır Hale Getirilmesi**
- **Türbin - Dişli Kutusu Arası Kaplinin Birleştirilmesi**



Şekil 6.57. Kompresör Kaplini

Kaplin birleştirilmesinde montaj değerleri de göz önünde bulundurularak standart değerlere uygun olarak kaplin ayarının yapılması gerekmektedir. Eğer kaplin tarafında üst eksen ayarında bir bozukluk varsa türbin tarafı veya jeneratör tarafından rotorun kaldırılarak üst açıklığın kapatılması yoluna gidilir. Eğer kanat klerans değerleri istenen değer aralıklarında kalabilecekse ayarlama türbin kompresör tarafından, klerans değerleri kısıtlayıcı ise jeneratör tarafından ayar çalışmalarına devam edilir. Komparatör saati bağlanan kaplinde aksenal ve radyal değerler alınır gerekli ayarlamalar yapıldıktan sonra kaplin civataları boylarındaki uzama miktarlarına göre sıkılarak hazır hale getirilir.

- **Dişli Kutusunun Montajı**
- **Yanma Odasının Türbin Kasası Üzerine Montajının Yapılması**



Şekil 6.58. Yanma Odasının Yerine Konulması

- **Egzoz By-pass Damperinde Tamir Çalışmalarının Yapılması**



(a)

(b)

Şekil 6.59. (a) By-pass Damperi (b) Kazan Damperi

Türbin sonrasında iki adet baca mevcuttur bunlar kazan by-pass bacası ve kazan bacalarıdır. Kazan by-pass bacası kazan veya buhar türbinlerinde bir bakım çalışması olduğu zaman ve enerji ihtiyacı da fazla ise gaz türbininin tek başına (single çevrim) çalışmasına olanak sağlayan bacadır. Sistemde hem by-pass bacası girişinde hem de kazan girişinde damperler mevcuttur. Kazan damperi kapatılıp by-pass bacasının damperi açıldığı zaman sistem gaz türbini üzerinden çalışmakta ve atık türbin gazları yaklaşık 500°C de havaya atılmaktadır. Sistemin bu şekilde verimsiz çalışması istenmeyen bir durum olmasına karşın enerji arz güvenliğinin gerektiği durumlarda

mecburi olarak bu sistem kullanılmaktadır. Bir devlet kurumu olmanın getirdiği yükümlülükle vatandaşlara bu şekilde enerji temini devam ettirilmeye çalışılmıştır. Özel işletmelerde kar amacı ön planda olduğundan bu sistem ile çalışma yapılmamakta olup, çoğu santralde kazan by-pass bacası dahi yoktur ve kazan sonrası sistemde arıza olması durumunda enerji üretmemektedirler.

Kazan by-pass damperi çeşitli duruşlarda veya gaz türbini başarısız startlar sonrasında egzozda biriken gazların atılması için açılmakta ve dış hava şartlarına bazende yağmura maruz kalabilmektedir. Buda korozyon sonucunda egzoz iç saçlarında çürüme ve delinmeler neden olabilmektedir. Bakım süresinde egzoz saçlarındaki bu çürümeler onarılmakta egzoz ve kazan damperlerinde kopan sızdırmazlık lamaları onarılmaktadır.

- **Türbin Egzozunda Termokupl Montajlarını Yapılması**

Türbin egzozunda 30° arayla montajı yapılmış 12 adet termo eleman mevcuttur. Bu elemanlar türbinden gelen egzoz gazlarının sıcaklığını ölçmekte ve elemanlar arasında 100°C lik fark oluştuğunda alarm sinyali gönderilmektedir. Buda türbin kanatlarında bir ayarsızlığın oluşup oluşmadığı hakkında yorulama yapmamıza imkan sağlamaktadır. Eğer kanatlar arasında boşluklarda bir artma oluşursa enerjisini kanatlara veremeyen sıcak gaz egzoz yolunda bu termo elemanlar yardımıyla tespit edilebilecektir.

- **Hava Emiş Alt ve Üst Parçanın Yerine Montajının Yapılması**



Şekil 6.60. Hava Emiş Alt ve Üst Parçalar

- **Isı Yalıtımının Yapılması**
- **Türbin 1. ve 5. Kademe Hareketli Kanatların ve Kompresör 1. Kademe Hareketli Kanatların Klerans Ölçülerinin Alınması**

Son kontrol olarak en belirleyici olan kanat klerans ölçülerinin son kez alınması ve kaldırma yağları devrede iken türbin rotorunun serbest halde dönüp dönmediğinin kontrolü yapılır.

BÖLÜM 7

TARTIŞMA VE SONUÇ

Son yıllarda artan enerji talebi ve enerjide dışa bağımlılığın getirdiği sorumluluklar sonucunda, enerji arzında önemli yer tutan doğalgaz çevrim santrallerindeki emre amadeliliğin sağlanmasına yönelik çalışmalar önemini daha da arttırmıştır. Çeşitli santraller ve bu santrallere bakım hizmeti veren firmalar yaptıkları bakımların sürelerini mümkün olduğunca minimize etmeye, bunun sonucunda, yaptıkları hizmetin geri dönüşünün hızlanmasına uğraş vermektedirler. Yaptıkları bakımların sürelerini diğer bakımlarla karşılaştırmakta ve rakipleriyle bir yarış içine girmektedirler.

Bu çalışmada bahsedilen C Tipi bakım çalışmalarında da emre amadelilik yüzdesinin yüksek tutulması amaçlanmıştır. Her ne kadar yetişmiş insan gücü olmasına rağmen yıllar içerisinde işten ayrılmalar yaşanmış ve insan gücünde kayıplar yaşanmıştır. Bakım çalışmalarında hızın ve emre amadeliliğin önem kazandığı dönemlerde bakım faaliyetlerinin süresinin kısaltılabilmesi açısından daha fazla çalışanın gerekirse vardiyalı sistemde çalışarak sürenin kısaltılması gerekmektedir. Bakım faaliyetlerinde yapısal olarak değişimlere gidilmesi de bakım süresinin kısaltılmasında etkili olacaktır. Örneğim türbin gövde saplamalarının ısıtmalı tipten hidrolik tipe değiştirilmesi bakım esnasında önemli zaman kazançları sağlayacaktır. Bazı civata ve somun tiplerinde portatif hidrolik ekipman kullanımının yaygınlaştırılması gerekmektedir. Bakım faaliyetlerinin planlama aşamasında değişime gidilecek parçaların eksiksiz olarak tespitinin yapılması ve tedarik edilmesi zaten uzun olan bakım süresinin daha da uzamasını önleyecek, değişim ve bakım süresi gelen parçaların değiştirilmesi plansız duruşları önleyerek ileride oluşabilecek zararların minimize edilmesini sağlayacaktır. Hamitabat Termik Santralinde gaz türbinleri

verimleri yaklaşık olarak %32 civarındadır. Tek yanma odalı tek yakıcıya sahip bu sistem günümüzde %40 seviyelerinde olan gaz türbini verimine oranla düşük kalsa da bazı düzenlemelerle verimde düzeltme sağlanmaya çalışılmalıdır. Hava emiş kanalında sisleme yöntemi ile kompresör giriş havasının soğutulması, bu amaçla yapılan bir çalışmadır. Bu gibi yöntemlerden doğalgazın atık ısı ile ısıtılması yöntemiyle çevrimsel fayda sağlanabilecektir. Ayrıca çalıştığımız dönemde Turbo Expander (Botaş basınç düşürme istasyonunda gaz hattında vana ile basınç düşümü yerine, türbin bağlantısı ile basınç düşümünden enerji kazanılması) gibi çalışmalarla teknolojik olarak düşük verimde çalışan çevrime, ilave güç kazanımları sağlamaya yönelik çalışmalar içerisindeydik fakat özelleşme nedeniyle yarım kalan bu gibi projelerin hayata geçirilmesi gerekmektedir.

Bakım faaliyetleri sonrasında hem emre amadelik yüzdeleri yükselmekte hem de arz güvenliğinin sağlanmasına yönelik gelişmeler kaydedilmektedir. Yapılan bakım faaliyetleri sonucunda makine ve ekipmanların kullanım ömründe de artış kaydedilmekte aynı zamanda zamansız bakım çalışmalarının öngörülemeyen maliyetleri de azaltılmaktadır. 2013 Ağustos ayında özelleşen Hamitabat Doğalgaz Kombine Çevrim Santralinde yapılan C Tipi bakım çalışmalarında tamamen kamu personeli çalışmıştır. Bu gibi kurumlarda personel yetiştirilmesi ile yurt dışı destekli süpervizörlük masraflarında kayda değer bir azalma oluşmuştur. Daha fazla personel yetiştirilerek bakımların tecrübeli personel ile zamanında, hızlı ve maddi avantaj ile yapılması desteklenmelidir. Kurulumundan bu yana yaklaşık 30 yıl geçmesine rağmen dikkatli ve özverili yapılan çalışmaların neticesinde santral, yurt dışından gelerek özelleşme sürecinde santrali satın almak isteyen şirketlere danışmalık yapan çeşitli danışman firmaların dahi takdirini kazanmıştır. Bu nedenle bazı durumlarda enerji arzında eksilmeye neden olacağı düşüncesiyle ertelenen bakımların zamanlamasına riayet edilmeli ve ileride yaşanabilecek arızalara karşı önlemlerin daha büyük sonuçlar doğurmadan önleminin alınması gerekmektedir.

Sonuç olarak kısıtlı personel sayısına rağmen, yetişmiş insan gücüyle yukarıda detayları verilmiş başarılı yapılan her bakım çalışmasının gerek işletme gerek kamu ekonomisine sağladığı katkılar göz ardı edilmemelidir.

KAYNAKLAR

- [1] Aktaş, E., Alioğlu, O.,2010. Türkiye Ekonomisinde Termik Santrallerin Yeri: Marmara Bölgesi Örneği. ÇOMÜ BAP 2009/113 Numaralı Yüksek Lisans Tez Projesi.
- [2] Ansari, M.R., 1998. Gas Turbine Cycle Efficiency Improvement by Spray Water, 17th World Energy Congress, World Energy Council, Houston/USA.
- [3] Bassily, A.M., 2001. Effects of Evaporative Inlet and Aftercooling on the Recuperated Gas Turbine Cycle, Applied Thermal Engineering, 21, 1875-1890
- [4] Coşkun A., 2005, Gaz Akışkanlı Güç Santrallerinin Verimliliği ve Enerji Çevre İlişkisi, Yüksek Lisans Tezi, , Isparta.
- [5] Çengel, Y.A., Boles, M.A., 1999. Mühendislik Yaklaşımıyla Termodinamik. Literatür Yayıncılık, İstanbul.
- [6] El-Wakil, M.M., 1984. Powerplant Technology. Int. Edition, McGraw-Hill, 861 p. Singapore.
- [7] Erdem H.H.,Sevilgen S., ‘‘Case Study: Effect of ambient temperature on the electricity production and fuel consumption of a simple cycle gas turbine in Turkey’’, Applied Thermal Engineering, Vol. 26, P:320-326, 2006,
- [8] Hamitabat E.Ü.A.Ş Eğitim Notları.
- [9]<http://alstomenergy.gepower.com/productsservices/productcatalogue/powergeneration/gas-power/gas-turbines/gt13e2-gas-turbine/index.html>

- [10] Karademir A., ‘‘Gaz türbinli sistemlerde performans arttırma yöntemlerinin analizi’’, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul, 2008.
- [11] Kocaeli Üniversitesi, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği, Hasarsız Malzeme Muayenesi Ders Notları
- [12] M.A. Rahim, ‘‘Doğalgaz ile çalışan bir kombine çevrim santralin tasarımı, optimizasyonu ve enerji verimliliği’’, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Ankara, 2008.
- [13] M. P. Boyce, 2002- 2012, ‘‘ Gas Turbine Engineering Handbook 2nd and 4th Edition’’ USA,.
- [14] M. Willcox, G. Downess, A Brief Description of NDT Techniques
- [15] Rahim M.A., Sönmez M, Durmaz A, ‘‘Gaz türbini tasarımı, optimizasyonu ve uygulamaları’’, IV. Ege Enerji Sempozyumu, 19-21 Haziran 2008, İzmir, Türkiye
- [16] Savruk, N., Yeşin, T., 2001. Gaz/Buhar Kombine evrim Enerji Santrallerinin Performans Analizi, Isı Bilimi ve Tekniği Dergisi, 21(3), 64-69.
- [17] Toprak S., A. Cihan, ř.E. Okan, O. Hacıhafızoğlu, 2007 ‘‘ Gaz Türbin Kanatlarının Soğutulmasının nemi ve Soğutma Yöntemlerinin İncelenmesi ’’, Edirne.
- [18] Tuncel S., Tahribatsız Muayene Teknikleri ve Uygulamaları, Tübitak
- [19] Yamankaradeniz, R., Horuz, İ., Coşkun, S., 2002. Soğutma Tekniği ve Uygulamaları. Uludağ Üniversitesi Güçlendirme Vakfı Yayını, 203, 607 s. Bursa.

ÖZGEÇMİŞ

Bayram Keskin 1985 Haskovo doğumludur. Lüleburgaz Anadolu Lisesi (2003) sonrasında Bursa Uludağ Üniversitesinden Makine Mühendisliği Bölümünden 2008 yılında mezun olmuştur. Askerlik hizmeti sonrasında 2009 yılında Hamitabat Doğalgaz Çevrim Santralinde Türbin Bakım Mühendisi olarak iş hayatına başlamıştır. 2013 yılında santralin özelleşmesinden dolayı Karayolları Genel Müdürlüğü Lüleburgaz 11. Şube'ye Makine İkmal Mühendisi Olarak atanmıştır. Halen Bu görevi sürdürmektedir. Evli ve bir çocuk sahibidir.