



13-4-77 günü
Hava kuvvetlerinden
geldi Ferit
Baltao
Baltao

GAZ TÜRBİNLERİNİN SAVAŞ GEMİLERİNDE ANA MAKİNA OLARAK KULLANILMASI

Sabri ÇİĞDEM
Y. Müh. Bnb.

Deniz Harp Okulu Öğretim Üyesi

Deniz Harp Ok. K. Basımevi - Heybeliada. 1977

Ö N S Ö Z

İlk jet uçağının 1939 yılında uçurulmasından sonra uçakların sevkinde en önemli yeri jet makinaları veya gaz türbinleri almıştır. Bu gün, artık modern savaş uçağı dendiğinde, akla sevk sistemi olarak gaz türbinleri gelmektedir. Aynı durum sivil uçaklar için de geçerlidir.

İlk gaz türbinli ana makinaya sahip savaş gemisi 1947 yılında denemiş ve edinilen tecrübeler göre, gaz türbininin savaş gemilerinde de sevk sistemi olarak kullanılabileceğı anlaşılmıştır.

Gaz türbini ile sevk edilecek tankların üretilmesi ise 1980 yılından önce başlayacaktır.

Savaş aracı denince, akla ilk gelen; gemi, uçak ve tanktır. Yirminci yüzyılın son çeyreğinde, bu araçları sevk eden sistemler içersinde ise gaz türbinleri önemli bir yer tutmaktadır. Bunun yanısıra, gemilerde ve tanklarda dizel makinaları, önemini yitirmeden uygulama alanı bulmaktadır. Savaş gemilerinde; gaz türbinleri gerek yalnız başına, gerekse dizel makinalarla karışık olarak büyük bir uygulama alanı bulmuşlardır. Artık, dünya üzerindeki birçok ülkenin Deniz Kuvvetlerinde, mühendisler gaz türbinli sevk sistemine sahip gemi dizayn ve inşa etmekte, deniz subayları da bu gemileri kullanmaktadır. Ayrıca, gaz türbinleri, Deniz Harp Okullarının müfredat prgramlarına girmiş olup, geleceğın deniz subayı olacak öğrencilere bu konu bütün incelikleriyle öğretilmektedir. Yaşadığımız çağın gereğı olarak, Türk Deniz Harp Okulunda da, gaz türbinlerine lâyük olduğı önem verilmekte ve kuramsal bilgiler öğrencilere daha okul sıralarındayken, en ileri ülkelerinkine eşdeğer bir düzeyde öğretilmektedir.

Bu kitabın amacı; Deniz Harp Okulu öğrencilerine, gaz türbinleri konusunda gerekli bilgileri vermesinin yanısıra, deniz subaylarına ve bu konu ile ilgilenenlere; gaz türbinleri ve savaş gemilerinde ana makina olarak kullanılmaları hakkında, 1975 yılının başına kadar olan durumu göstermektir.

(C) Her hakkı mahfuzdur. Bu kitap veya bir kısmı Y. Müh. Bnb. Sabri ÇİĞDEM'in yazılı izni olmaksızın tab veya kopya edilemez.

İleride yapacağım eklerle, bu kitabın; öğrencilere, deniz subaylarına ve dizayn mühendislerine gaz türbinleri ve gemilerde kullanılmalarıyla ilgili, her türlü gerekli bilgileri sağlayacak bir kaynak kitap durumuna getirilmesini düşünmekteyim.

Bu kitabın hazırlanması esnasında; bütün teknik dökümanlarımı göndererek yardımlarını esirgemeyen Fiat (İtalya), General Electric (A.B.D.), Pratt and Whitney (A.B.D.) Rolls—Royce (1971) Limited (İngiltere) firmaları yetkililerine, Boğaziçi Üniversitesi ve İ. T.Ü. Gemi İnşaatı Fakültesi Kütüphaneleri ilgililerine, şekilleri çizen Ord. Astğm. Hasan Cihat ALEMDAĞ'a ve kitabın basımını yapan Deniz Harp Okulu K. Basımevi personeline teşekkür ederim.

Heybeliada
25. 3. 1977

Sabri ÇİĞDEM
Y. Müh. Bnb.

İÇİNDEKİLER

I. GİRİŞ	1
II. TARİHÇESİ	5
III. GAZ TÜRBİNLİ SAVAŞ GEMİLERİ DİZAYNI	10
1. Savaş Gemileri Dizaynının Esas Unsurları	10
2. Savaş Gemisi Ana Makinasının Özellikleri	11
3. Gaz Türbinlerinin Gemi Bizaynı Üzerinde Etkisi	15
4. Suüstü Savaş Gemilerindeki Modern Buhar Sevk Sistemleriyle Gaz Türbinli Sevk Sistemlerinin Karşılaştırılması	23
5. Suüstü Savaş Gemileri İçin Dizel Makinaları ile Gaz Türbinlerinin Karşılaştırılması	29
6. Suüstü Savaş Gemileri İçin Nükleer Güçle Gaz Türbinlerinin Karşılaştırılması	29
IV. GEMİ GAZ TÜRBİNLERİ	31
1. Gaz Türbini Elemanları	34
a. Gaz Türbini Kompresörleri	34
b. Gaz Türbini Yanma Odaları	40
c. Türbinler	50
V. SAVAŞ GEMİLERİNDE KULLANILAN GAZ TÜRBİNLERİ	58
GE LM1500	60
GE LM2500	62
GE LM5000	67
PW FT4	71
PW FT9	74
ROLLS—ROYCE OLYMPUS	78
ROLLS—ROYCE TYNE	82
ROLLS—ROYCE PROTEUS	84
VI. GAZ TÜRBİNLİ SAVAŞ GEMİLERİ	88
a. CODAG	89
b. CODOG	92
c. COGAG	102
d. COGOG	104
e. GT	109
f. COSAG	113
g. CONAG	114
VII. SONUÇ	114
VIII. YARARLANILAN KAYNAKLAR	121

I. GİRİŞ :

Bilim ve teknolojideki ilerlemeye paralel olarak, gemilerde sevk gücü olarak kullanılan makinaların türü ve gücünde de değişmeler ve gelişmeler meydana gelmiştir. Modern Deniz Kuvvetlerinde, son senelerde gemi sevki için kullanılan ve gün geçtikçe önem kazanan bir sistem de gaz türbinleridir. Gaz türbinleri; son zamanlarda, savaş gemilerinde olduğu kadar, ticaret gemilerinde de sevk sistemi olarak geniş bir uygulama alanı bulmuştur. Gemi sevk sistemi olarak; gaz türbinlerinin bazı avantajları vardır. Bunlar arasında; düşük özgül ağırlık ve hacim, otomasyon kolaylığı, çabuk çalışma ve güvenilirlik söylenebilir. Buna karşılık, gemi sevk sistemi olarak diğer sevk sistemlerinin yerini tamamen almasını önleyen bazı dezavantajları vardır ki, bunlar da; nisbeten düşük termik verim, bilhassa düşük yüklerde ekonomik olmayışı, JP5 ve dizel yakıtı gibi nisbeten yüksek fiyatlı damıtma yakıtları yakmaya gereksinme göstermesidir. Gaz türbinlerinin kullanılmasında gözönüne alınacak diğer önemli bir husus da, bu makinaların tek yönde dönme özelliğine sahip olmaları ve tornistan durumunda dizel makinalarında olduğu gibi makinaları ters yönde çalıştırmanın gaz türbinlerinde mümkün olmayışdır. (1)

Gaz türbini ile sevk, dünyadaki deniz kuvvetlerinin gücündeki durumun dengesini değiştirebilecek bir etkiye sahiptir. Gemi gaz türbininin gemi dizaynı ve çalışmasında getireceği değişiklik, pistonlu makinalı uçakların gününde ilk türbojetin getireceği değişikliğe benzer olacağı ümit edilmektedir.

Bu değişimin sonuçlarını şimdi daha küçük sınıf gemilerde daha çeşitli ve inşası daha hızlı olduğundan hidrofoil ve hoverkraft gibi halen denenmekte olan prototip gemilerde görmekteyiz. Bazı uygulamalarda gaz türbinlerinin avantajları dezavantajlarından çok olduğundan sevk sistemi olarak uzun bir zaman için açıkça tercih edilmişlerdir. Bunun en güzel örnekleri; hidrofoil ve hoverkraft teknelerdir ki, bunlarda düşük özgül ağırlığa gereksinme olması ve bunu; gaz türbinlerinden başka hiç bir sevk sisteminin karşılayamamasıdır. Bununla beraber, fırkateyn ve muhrip gibi, gaz türbini kullanan daha büyük gemilerin inşasında artma olmaktadır. (2)

Savaş gemilerinin makinalarının tam gücünü kullanmaları çok enderdir. Örneğin; bir muhrip; makina gücünün % 60'ından fazlasını çalışma ömrünün ancak % 0.3'den daha az bir zaman süresince kullanır. Savaş gemilerinin büyük çoğunluğu, tam güçlerinin % 8'i ile % 30'u arasındaki bir güçle seyrederek. Savaş gemilerinin seyir zamanlarının bü-

yük kısmında düşük güç düzeyine gerek vardır ve sadece kısa zaman aralıklarında büyük güç gerekir. Bu nedenle, gaz türbinleri bu kısa zaman aralıklarında yüksek güç teminine çok uygundur ve bu uygulamada tercih edilir duruma gelmişlerdir. Savaş gemilerinin alçak süratlerinde, gaz türbinlerinin esas sevk gücü olarak kullanılması henüz çok yaygın değildir ve bu ancak diğer sevk sistemleriyle (buhar ve dizel) karışık olarak beraberce kullanılmaktadır. Dizeller ve buhar türbinleri normal seyir için, gaz türbinleri ise makinalar soğuk iken çabuk kalkış ve yüksek süratler için ek güç sağlamakta kullanılır. Bu karışık sevk sistemleri, kendilerini meydana getiren makinaların baş harflerinin biraraya gelmesiyle isimlendirilirler. Bunların en önemlilerinden bazıları şunlardır : (3)

CODAG — COmbined Diesel And Gas turbine (Dizel ve Gaz türbini karışımı). Dizel makinalar, normal seyir için ana sevk gücü ve gaz türbini, yüksek süratteki harekâtlar için yüksek sürat sevk gücü olarak; yüksek süratlerde her iki sevk gücü beraberce kullanılır.

CODOG — COmbined Diesel Or Gas turbine (Dizel veya Gaz türbini karışımı). Dizel makinalar yalnız başlarına normal seyir için ve gaz türbini yalnız başına yüksek süratte güç temini için kullanılır. Her iki tür makina, güç temini için aynı anda kullanılmaz.

COGAG — COmbined Gas turbine And Gas turbine (Gaz türbini ve Gaz türbini karışımı). Alçak güçteki gaz türbini normal seyir için güç temin eder. Daha yüksek güçteki gaz türbini yüksek sürat sevk gücü gereksinmelerini karşılar ve çıkış gücü, yüksek süratlerde normal seyir gaz türbini çıkış gücüyle beraberce kullanılır.

COGOG — COmbined Gas turbine Or Gas turbine (Gaz türbini veya Gaz türbini karışımı). Normal seyir ve yüksek sürat seyri için ayrı gaz türbinleri kullanılır.

GT — Gas Turbines (Gaz Türbinleri). Aynı türden iki veya daha çok gaz türbininden oluşan sevk sisteminde, alçak süratlerde tek gaz türbini gemiyi sevkeder, sürati arttırmak gerekirse; ikinci, üçüncü ve diğerleri devreye alınır. Tam güçte bütün gaz türbinleri gemiyi en yüksek süratle sevkettirirler.

CONAG — COmbined Nuclear gas turbine And Gas turbine (Nükleer Gaz türbini ve Gaz türbini karışımı). Nükleer reaktörlü gaz türbini normal seyir için ana sevk gücünü sağlarken; gaz türbini de yüksek süratlerde gerekli ek gücü sağlamaktadır.

COSAG — COmbined Steam And Gas turbine (Buhar ve Gaz türbini karışımı). Normal seyir için buhar türbini kullanılmakta, gaz türbini

yüksek süratlerde buhar türbini gücüne ek gücü sağlamaktadır.

COSNAG — COmbined Steam Nuclear And Gas turbine (Nükleer Buhar ve Gaz türbini karışımı). Nükleer buhar çevrimi normal seyirlerde güç temini için, gaz türbini ise yüksek süratlerdeki ek güç için kullanılır.

Gaz türbinlerinin yüksek özgül yakıt sarfiyatı ve pahalı yakıt gereksinme göstermeleri nedeniyle savaş gemilerinin dışındaki gemilerde kullanılmaları oldukça azdır. Halen geliştirilmekte olan gaz türbinlerinin özgül yakıt sarfiyatının gelişmesinde olacak ilerlemelerle, gelecekte inşa edilecek gemilerin makinaları tamamen gaz türbinleri olacaktır. Bir türbin normal seyir için kullanılırken, daha büyük veya aynı büyüklükteki türbinler de yüksek sürat için yedekte tutulacaklardır.

Gemi gaz türbini olarak isimlendirilen ve birbirinden oldukça farklı iki gaz türbini tipi vardır. Bunlardan birisi endüstriyel veya ağır yük gaz türbini olarak isimlendirilir ve gerçekte karada elektrik gücü üretmede veya büyük kompresörleri çevirici olarak kullanılmak üzere dizayn edilmişlerdir. Diğer tip ise, gerçekte uçaklar için geliştirilen ve uçak gaz türbinlerinden türetilen gemi gaz türbinleridir. Uçak gaz türbinlerinden türetilen gemi gaz türbinleri genellikle yüksek basınç oranlı ve açık çevrimlidir, buna karşılık ağır yük gaz türbinleri ise genellikle alçak basınç oranlı ve rejeneratif çevrimli makinlardır. Genellikle uçak gaz türbinlerinden türetilen gemi gaz türbini aynı güçteki ağır yük gaz türbinine nazaran daha hafif ve boyutları daha küçüktür, buna karşılık ağır yük gaz türbininin yapısı daha ağır olduğu için daha uzun zaman aralıklarında overhole gereksinme gösterir. Gemi gaz türbinleri, bütün dünyada kullanılan gaz türbinlerinin çok küçük bir yüzdesini oluşturur. Kullanılan gaz türbinlerinin büyük çoğunluğu, uçakların sevk makinası veya karadaki elektrik üreticilerinin esas çeviricisi olarak kullanılır. Savaş gemilerine sevk gücü olarak seçilen gaz türbinlerinden istenenler, uçak veya karada kullanılan gaz türbinlerinden istenenlerden farklıdır. Bu farklılıkların pek çoğu deniz—hava ortamının yıpratıcı doğası ile gemi güç sistemlerinin düzenli durumunun doğasında var olan gereksinmeler nedeniyle yaratılır. Gaz türbinlerinin denizde uygun olarak kullanılmaları için yapılan değişiklikler «gemiye uygunluğu sağlama» olarak bilinirler.

Gemiye uygunluk sağlama işlemi; makinanın «sıcak kısmı» olarak bilinen, sıcak gazların türbine girdiği ilk kademelerin farklı malzeme kullanılarak yapılması ve koruyucu maddelerle kaplanması, daha dayanıklı olması için türbin iskeletinin dizaynının değiştirilmesi, eğer varsa sevk fanının çıkartılması ve güç türbinine bir güç iletme bağlantısının

sağlanması, çevrilecek olan pervane veya elektrik üreticisine bağlı olarak bir devir düşürücü dişli ve kavrama (klač)'nın kullanılmasını içerir. Sonuç olarak, gemide kullanılan bu modele uçak gaz türbininden türetilmiş gemi gaz türbini denir.

Gerekli gelişme zamanı ve maliyetler nedeniyle, birinci kuşak gaz türbinli savaş gemileri için hiç yoktan bir gemi sevk makinası dizayn etmek düşünülmedi. Karada elektrik üretmek için kullanılan endüstri tipi gaz türbinleri genel olarak uçak gaz türbinlerine nazaran büyük hacim kaplar ve ağırlığı fazladır, pek çoğunun da ani sürat değişikliklerine karşı duyarlı olması gerekmez. Sonuç olarak, genellikle uçak gaz türbinlerinin birim ağırlığına karşılık itme oranları, karada kullanılan gaz türbinlerinkinden daha büyük olduğundan, performansları da daha yüksektir. Karada kullanılan gaz türbinlerine nazaran, uçak gaz türbinleri genellikle daha hafiftir, daha derli—topludur, daha yüksek basınç oranına, daha yüksek çalışma sıcaklıklarına ve daha ekonomik yakıt sarfiyatına sahiptir. Dış çevre sıcaklığı arttıkça, türbinin çıkış gücü ani olarak azalır. Deniz düzeyi sıcaklık menzili içerisinde, çevre sıcaklığında olan her bir derece fahrenheitlik artmaya karşılık bir gaz türbininin çıkış gücünde yaklaşık % 0.5 azalma olacaktır. Uçak gaz türbinleriyle karada kullanılan endüstriyel gaz türbinleri arasındaki diğer büyük fark, karadaki gaz türbinlerinin makina çıkışındaki yüksek sıcaklıktaki gazların enerjisini bir ısı değiştirici olan rejeneratör yardımıyla alarak kompresör çıkışına verilmesi ve verimin artırılmasıdır. Halen bu teknik, uçak gaz türbinlerinde kullanılmamakta, rejeneratörlerin çok büyük oluşları nedeniyle de genel olarak gemilerde uygulanmamaktadır. (4)

II. TARİHÇESİ :

Avrupalı seçkin mühendisler arasında türbomakinalar düşüncesinin gelişmesi, yaklaşık olarak 90 yıldan fazla bir süre önce İsveç'te Gustaf de Laval ve İngiltere'de Parsons'un ilk buhar türbinlerini yapmalarıyla başlar. Daha 1921 yılı gibi eski bir tarihte Guillaume adlı bir bilgin, bir türbojet makinasının mümkün imalatı ile ilgili bir makaleyi Fransa'da yayınladı. 1928 yılında da İngiltere'de Frank Whittle onu izledi ve iki yıl sonra da böyle bir makinanın patentini aldı. 1936 yılında Almanya'da Pabst von Ohaim ilk türbojet makinasının patentini aldı. (5)

Dünyanın ilk jet uçağını Alman Heinkel firması 1939 yılında uçurdu. He — 178 uçağında kullanılan He — S — 3 — B jet makinası yaklaşık 1000 librelük itme sağlıyordu ki, dizayn esas olarak von Ohaim'in 1935 yılındaki düşüncesine göreydi.

Bu esnada İngiltere'de Whittle, makinasını geliştirdi ve İngilizler 900 librelük itme sağlayan W — 1 makinasını Gloster E — 28/39 uçağında 1941 yılında başarılı olarak kullanmaya başladılar. Santrifugal akışlı kompresörlü aynı makina ikinci dünya savaşı esnasında Gloster Meteor avcı uçaklarına sevk gücü temininde kullanıldı.

Münih'deki BMW firmasında da P — 3302 makinasıyla denemeler başladı ki, bu makina 1944 yılında seri halde üretimine geçilen BMW 003 jet makinasının prototipidir. Keza ikinci dünya savaşı esnasında Junkers firması, JUMA — 004 jet makinasının üretimine geçti ve savaş bitmeden önce bu makinalardan yaklaşık olarak 5000 adet üretildi. Daimler Benz firması ise 1943 yılında 2000 librelük itme sağlayan DB — 997 makinasını dizayn etti, fakat bu makinanın seri halde üretimine geçilemedi.

Savaşın son yıllarında, İngiltere; santrifugal akışlı kompresörlü jet makinası De Havilland Goblin'i geliştirerek ve imal ederek Vampire avcı uçaklarında kullandı. Keza Metropolitan Vickers firması aksenel akışlı F — 2 jet makinasını, Armstrong — Siddeley firması ise 4000 beygir güçlü, aksenel akışlı kompresörü olan Python türboprop makinasını geliştirdiler. 1943 yılında Rolls—Royce firması «Derwent» ile ilk «River—Sınıfı» türbojet makinalarını geliştirmeye başladı. Aynı yıl içerisinde A.B.D. 'de General Electric firması ile ilk türboprop TG—100 makinasını geliştirmeye başladı.

Savaşın son yıllarında hem A.B.D. , hem de İngiltere uçak makinası alanında önder oldular. Başarılı «Derwent» makinasından sonra Rolls—Royce firması 1947 yılında meşhur «Avon» u, Armstrong—Siddeley firması da

«Sapphire» i geliştirmeye başladılar. Daha sonra Sapphire, A.B.D.'ne J — 65 olarak satıldı.

General Electric firması, 1945 yunda T—31'i, 1948 yılında T—47'yi, 1954 yılında G—4 makinasını geliştirdi. Pratt—Whitney firması sivil uçak makinası üretiminde, Lycoming firması ise helikopter sevk alanında önder ve başarılı olmuştur.

Ağır yük endüstri gaz türbininin başlangıcı yine Avrupa'da olmuştur ve uçak gaz türbinlerinin doğuşundan çok öncelere uzanır. Endüstri gaz türbini hakkında ilk patenti İngiltere'de 1791 yılında John Barber aldı, fakat 1933 yılından önce hiçbir endüstri gaz türbininin imali başlatılmadı.

Yirminci yüzyıla girerken, Almanya'da Hans Holzwarth bir endüstri gaz türbininin gelişmesini başlattı ki, bu prototipin imalatı daha sonra Hannover'de Körting firması tarafından yapıldı. Holzwarth'ın ilk makinasının patentini alması 1906 yılına kadar sürdü. Brown Boveri ve Thyssen firmaları ile birlikte, Holzwarth ticari amaçlarla kullanılan ilk gaz türbinini 1933 yılında imal etti. Bu gaz türbini 200 kw gücündeydi ve Brown Boveri gaz türbini imparatorluğunun başlangıcının simgesi idi. İngiltere'de Frank Whittle'in yanısıra Holzwarth'ın yaptığı öncü çalışmadan sonra endüstri gaz türbini başlamış oldu.

O zamandan beri gaz türbini endüstrisi muazzam bir şekilde büyüdü. Stal—Laval'ın 1940'ların sonlarında geliştirdikleri jet makinası dizayn esaslarından yararlanarak 44 MW gücündeki endüstri gaz türbinini imal etmeleri 1959 yılına kadar öncelere gider.

Gemileri sevk için gaz türbinlerinin kullanılması oldukça yenidir. Bir gaz türbini tarafından kısmi olarak güç sağlanan ilk gemi İngiliz Donanmasından MGB—2009 botuydu ki, 14 Temmuz 1947'de denize indirilen bu gemide üç şafttan ortada olanı, Metropolitan Vickers firmasının 2500 beygircüündeki açık çevrimli G—1 gaz türbini tarafından çevrilmekteydi. MGB—2009 botu başlangıç olarak çok başarılıydı. Bu ilk uygulamanın amacı, denizde gaz türbininin dizaynı, kullanılması, çalışması ve bakım—tutumu hakkında tecrübe kazanmaktı.

Birkaç küçük, hızlı teknelerde gaz türbinlerini kullandıktan sonra İngiliz donanması 1950'lerde muhrip ve fırkateyn sınıfı gemilerinde, buhar türbinlerinin yanısıra kısa süreler için yüksek güç sağlayacak özel olarak dizayn edilmiş gaz türbinlerini kullanma politikasını benimsedi. Gaz türbinlerinin düşük özgül ağırlığa sahip olmaları, savaş gemilerinin tam güçle çok kısa süreler çalışmaları nedeniyle, gaz türbinleri-

nin nisbeten kısa ömürlü ve yüksek yakıt sarfiyatına sahip olmalarına rağmen bunu cezbedici bir politika yaptı. Daha sonraki denemeler, gaz türbinlerinin sadece yüksek sürat makinası olarak değil, aynı zamanda normal seyir makinası olarak da kullanılabilceğini göstermiştir. Denemeler sonunda gaz türbinlerinin bakım—tutum ve onarımı gerektiğinde, bu işlem için zaman kaybetmemek amacıyla çok kısa bir sürede yenisiyle değiştirilebilmesi ve onarımı gereken makinanın gemiden dışarı alınarak onarılacak yere gönderilmesi kolaylığı sağlandı. Ayrıca, tamamen savaş gemilerinde kullanmak için bir gaz türbininin geliştirme maliyetinin çok yüksek olacağı ve bir uçak gaz türbininin gemi gaz türbinine uydurulmasının maliyet—etkenliğinin daha iyi olacağı görülmüştür. Sonuç olarak da, uçak gaz türbinlerinin endüstri gaz türbinlerine nazaran daha düşük özgül ağırlığa sahip olmaları nedeniyle savaş gemilerine uygun bir sevk makinası olacağı kanıtlanmıştır. Bununla beraber, uçak gaz türbinlerinin gemilerde özel deniz koşullarında denenmeleri gereklidir ki, bu özel koşulların en önemlileri; deniz düzeyindeki basınç ve sıcaklıkta ki nemli ve tuzlu havayla çalışması, gemi hareketi ve yayılan tekne titreşimleri, hava giriş ve çıkış yollarının aerodinamiği, pervane ve şaft dinamiği ile tornistan gereksinimleridir.

1965 yılında İngiltere Deniz Kuvvetleri Komutanlığı, HMS Exmouth gemisinin ana makinalarını, Rolls—Royce Olympus yüksek sürat gaz türbinleri ve Proteus iktisadi sürat gaz türbinleriyle değiştirmeyi kararlaştırmıştır ki, bunların her ikisi de uçak gaz türbinlerinden türetilmiş gaz türbinleridir. İlk tecrübe seyrinde bu makinalarla çok fazla başarı sağlandı ve gaz türbinlerinin geminin performansına ve kullanılabilirliğine çok önemli katkılarda bulunduğu görüldü. 1967 yılında, gelecekte inşa edilecek bütün su üstü savaş gemilerinin % 100 gaz türbinleriyle sevk edilmeleri için cesur bir karar alınmıştır. Bu karardan sonra, büyük araştırmalar sonunda İngiliz donanması, fırkateyn ve muhriplerinde ana sevk makinası olarak standart bir gaz türbinli sevk sistemi geliştirmiştir ki, bu iki şaftlı COGOG karışık sevk sisteminde herbir şaft için bir Rolls—Royce Olympus gaz türbini yüksek sürat sevk gücü, Rolls—Royce Tyne gaz türbini de iktisadi seyir için seçilmiştir. Bu sevk sistemi, HMS Amazon'un öncülüğünü yaptığı sekiz adet «Type 21» fırkateynlerle, altısı İngiliz Donanması ve ikisi Arjantin Donanması için inşa edilen ve edilmekte olan HMS Sheffield'in öncülüğünü yaptığı sekiz adet «Type 42» muhriplerinde kullanılmıştır. Ayrıca, düz güverteli HMS Invincible kruvazöründe de Olympus gaz türbinleri ana makina olarak seçilmişlerdir.

Yaklaşık olarak yirmi yıl kadar önce, USS Nautilus (SSN—571) ve

ondan sonra gelen nükleer denizaltıların denize açılmaları ve yüksek yeteneklerini göstermeleri sonucu, dünya teknik devrimin doğuşunu görmüştür ve bu gemiler A.B.D. Donanmasına büyük güç katmışlardır. Aradan geçen yıllarda, Amerika'nın nükleer güçlü denizaltılarının ve su üstü gemilerinin sayıları arttıkça, hayati öneme sahip olan oynadıkları rolleri de artarak devam etmiştir. Bu büyümenin yanı sıra, pek çok etmenler—ekonomik yönden olmasa da— enerji kaynakları tamamen petrolden üretilen yakıtlara dayanmayan bir donanmaya sahip olmak hususunda çekingen yapmıştır. Bu nedenle, gelecek yıllarda da donanmanın su üstü gemilerinin belirli bir oran içindeki kısmının nükleer olmayan güçle sevkine devam edilecektir. Bu gün ile on yıl sonraki zaman süresi içerisinde su üstü gemilerinin büyük çoğunluğu sevk için buhar türbinleri kullanmayacaklar, fakat buhar türbinlerinin yerine uçak gaz türbinlerinden türetilmiş gemi gaz türbinleri kullanacaklardır.

1974 yılının Kasım ayında, güdümlü mermi atan Pegasus (PHM—1) hidrofoil gemisi denize indirilmiş, Spruance (DD—963) muhribinin denemelerinin başlaması da aynı zamana rastlamış ve bu gemi 1975 yılının sonunda hizmete sokulmuştur. Bu her iki gemi de, 30 gemiden oluşan bir sınıfın önderleridir ve donanmanın gaz türbinleriyle sevk edilecek gemilerinin habercisi olarak gaz türbinleri ile sevk edilmektedirler. Pegasus ve Spruance'ın denize indirilmesinden önceki dönemde, A.B.D. Donanmasında deplasmanı yaklaşık 250 tondan daha büyük olup gaz türbini ile sevk edilen gemiler yoktu. Daha önce sadece, USS Asheville (PG—84) sınıfından 17 devriye ganbotu vardı ki, (şimdi bunlardan ikisi Türk Donanmasında T.C.G. Bora ve Yıldırım ismiyle görev yapmaktadır) bunlarda sevk dizel ve gaz türbini karışımı şeklinde olmaktadır. Bu çift pervaneli ganbotlar, sevk gücü olarak gaz türbinlerinin A.B.D. Deniz Kuvvetlerindeki ilk ciddi uygulamasını oluşturmaktadır. Saatte 12 milin altındaki iktisadi süratler için, 1450 shp gücündeki iki adet Cummins dizelleri ile sevk edilmektedir ki, saatte 40 mile kadar olan daha yüksek süratler için dizeller devreden çıkmakta ve bir adet General Electric LM 1500 gaz türbini gemiyi sevk etmektedir. Bu gemiler, Vietnam Savaşı esnasında kıyı devriyesinde ve Akdenizdeki gölgeleme harekâtlarında oldukça başarılı olmuşlardır. Ek olarak Donanmanın gaz türbinleriyle sevk edilen yeni gemileri için personel yetiştirmede çok iyi bir temel sağlamaktadırlar. LM 1500 gemi gaz türbini, F—4 Fantom uçaklarında çok başarılı olarak kullanılan J—79 jet makinalarından türetilmiştir ki, yeni gemilerin sevk gücü olarak kullanılacak yeni ana makinalarla, uçak motorlarının çalıştırma ve bakım—tutum olarak belirli benzerlikleri vardır. Ek olarak, devriye ganbotlarında ve gaz türbinleriyle sevk edilen DD—963 ve FFG—7 sınıfı yeni gemilerde kullanılan piç kontrollü pervanele-

rin dizaynında temel bir benzerlik vardır. 1975 yılından itibaren A.B.D. Donanmasında gaz türbinleriyle sevk edilen gemilerin oranı artmaya devam edecektir. Teknik engeller olmadığı veya şimdiki yapılan plânlardan bir sapma olmadığı takdirde, 1980 lerin başlarında donanma su üstü gemilerinin yaklaşık dörtte biri gaz türbinleri ile sevk edileceklerdir. Henüz hizmete sokulmakta olan iki yeni sınıf gemiye ek olarak, yapılan plâna göre devriye fırkateyni FFG—7 sınıfından 50 gemi, birçok höverkraft (SES) gemileri ve toplam olarak 100'den fazla gaz türbinleriyle sevk edilen türde gemiler yapılacaktır. Gerçekte donanmanın nükleer güce sahip olmayan bütün su üstü savaş gemileri sevk için gaz türbinlerini kullanacaktır. Böylece, Deniz Kuvvetleri, deniz harekâtı ve desteğinin görünüşünü bütünüyle değiştirecek yeni bir gemi sevk sistemini başlatmıştır.

III. GAZ TÜRBİNLİ SAVAŞ GEMİLERİ DİZAYNI :

1. SAVAŞ GEMİLERİ DİZAYNININ ESAS UNSURLARI :

a. Savaş gemilerinde sevk makinası olarak gaz türbinlerini yerleştirilmesini incelemeyen önce, savaş gemilerindeki makina seçiminin, savaş gemilerinin dizaynındaki evrime etkisini incelemek daha yararlı olacaktır. Bir savaş gemisi dizaynının elemanları şunlardır. (6)

- (1) Tekne—Geminin çelik teknesi ve gemideki bütün donanımlar. (% 40—50).
- (2) Makinalar—Ana sevk makinaları, elektrik üretme ve diğer yardımcı makinalar. (% 15—25)
- (3) Yakıt sarnıçları—Tamamen yakıtla dolu toplam yakıt sarnıçları. (% 10—20)
- (4) Silahlar—Toplar, uçaksavar roketatarlar, denizaltı savunma silahları, cephane, keşif, rasat ve ölçme aletleri. (% 7—15)
- (5) Personel—Personelin yaşama yerleri ve dolu olarak İkmal—iaşe anbarları. (% 5—15)

Yukarıda parantez içinde gösterilen yüzdeler, 1000—3500 deplasman tonluk gemilerde herbir esas elemanın ağırlığının toplam gemi ağırlığına oranıdır. Bu beş esas eleman içerisinde, diğer elemanları üzerinde taşıyan ve onlar tarafından etkileneni geminin teknisidir ki, gemi ağırlığına katkısı en büyük ve ekonomi için dikkate almaya değer hedef olanıdır. Gerçekte, özel çelik alaşımları kullanılarak, daha iyi tekne dizaynı ve daha ileri dizayn formülleriyle tekne ağırlığında küçük de olsa azaltmalar yapılabilir. Tekne malzemesinde Alüminyum, fiberglas ve titanyum kullanmakla (maliyetin yükselmesiyle birlikte) teknenin ağırlığı büyük ölçüde azaltılabilir.

Diğer yandan, yakıt miktarının geminin denizde kalış süresi ve seçilen makinanın özgül yakıt sarfiyatıyla doğrudan ilgili olması nedeniyle, makina ve yakıt ağırlığı toplamının % 35—45 arasında «M+Y» olarak tek bir değişken gibi varsayımı akla daha yatkındır. İyi bir makina dizaynıyla M+Y toplamından yapılacak tasarruf, geminin daha fazla silah taşımaması sağlar ve silaha ayrılan ağırlık yüzdesi arttırılmış olur. Bununla beraber, gemi dengesi yönünden bakıldığında sorunun bu kadar basit olmadığı görülür. Genel olarak, cephanelikler dışındaki silahlar ge-

minin en üst güvertesine yerleştirilirler ve üst güverte bölmelerini gerektirdikleri için geminin üst ağırlığını arttırlar. Bununla beraber, M+Y toplamından yapılacak tasarruf geminin alt kısmındaki ağırlıkların azaltır ki, bu da geminin dengesine menfi yönde etki yapar. Bütün gemi dizaynında, makina ve yakıt toplam ağırlık merkezinin önemi açıktır ve bu değişken, makinaların yerleştirilmesi için yapılan incelemelerin esasını oluşturur.

b. Şimdiye kadar, gemi dizaynında sadece beş esas eleman ağırlık bakımından karşılaştırılmıştır. Eğer, diğer elemanları üzerinde taşıyan tekne kısmı söz konusu edilmezse; gerek tekne içindeki bölmelerde, gerekse güvertelerde, geri kalan dört esas elemanın kapladıkları hacimler şöyledir:

(1) Makina	% 30 — 50
(2) Yakıt Sarnıçları	% 5 — 10
(3) Silâh	% 7 — 16
(4) Personelin yatma yeri ve anbarlar	% 25 — 35

Ağırlık rakamları gibi, bu rakamlar da gemide makina ve yakıt hacminin çok büyük olduğunu göstermektedir ki, bazı gemilerde makina ve yakıtın toplam hacmi, gemi hacminin % 50'sini geçmektedir.

2. SAVAŞ GEMİSİ ANA MAKİNASININ ÖZELLİKLERİ :

Bir savaş gemisi ana makinasının özelliklerini önem sırasına göre iki grupta toplamak mümkündür ki, bunlar:

a. Birincil :

- (1) Gemiye monte edilen makinanın şaft beygir gücü—maksimum sürat.
- (2) Geminin ikmal yapmadan denizde kalabileceği süre.
- (3) Gemiye monte edilen elektrik üreticilerinin kapasitesi.
- (4) Makinanın devamlı çalışmaya dayanma yeteneği.
- (5) Keşfedilirliği — gürültü, duman v.s.
- (6) Darbeye karşı direnci.
- (7) Tekne hasarına karşı direnci.
- (8) Gemide bakım—tutum kolaylığı.
- (9) Çalıştırma kolaylığı.
- (10) İki overhol arasındaki zaman süresi.
- (11) Güvenilirlik—kolay arıza yapmamak.

b. İkincil :

- (1) Makina ağırlığı ve bütün makinaların ağırlık merkezi.
- (2) Makina hacmi.
- (3) Yakıt ağırlığı ve bütün yakıtın ağırlık merkezi.
- (4) Yakıt sarnıçlarının hacimleri.
- (5) Ana maliyet.
- (6) Makina personeli sayısı.
- (7) Bir overhol için gerekli zaman süresi.
- (8) Makinanın kumandalara cevap verme sürati.

Genellikle, ilk adım olarak bir dizayn; önce birincil ve daha sonra ikincil özellikleri karşılamak ister ki, bunlardan ilk dördü, başlangıçtaki evrim safhasında bütün savaş gemisi dizaynını kati olarak etkiler.

Birincil özellikleri karşılayacak bir gemi makina yerleştirilmesine uygun yaklaşım, makina ve yakıt ağırlığının saptanmasıyla olur ki, bu daha önce de M+Y ile ifade edilmiştir. Bu ifadede, makina ve yakıt ağırlıklarının birbirlerine değiştirilebileceği varsayılmakta ve birincil özelliklerin, toplam gemi deplasmanının mümkün olduğu kadar küçük yüzdesini oluşturmasını sağlamak amaç olmaktadır. Belirli bir gemi için iyi bir dizayn yapılmışsa M+Y'nin değişme menzili nisbeten küçük olacaktır ve eğer bu toplam değer K ile gösterilirse, uygun bir dizayn ortaya çıkarmak için esas olarak iki yaklaşım vardır ki, bunların denklemlerle matematik ifadesi :

$$M + y = K$$

$$m + Y = K$$

şeklinde ve makina ağırlığı M (ağır) ve m (hafif) ile, yakıt ağırlığı da Y (büyük) ve y (küçük) ile temsil edilir. Bu iki denklemde anlatılmak istenen şudur; daha ağır ve karmaşık makinaların özgül yakıt sarfiyatı daha iyidir, daha hafif ve basit makinaya nazaran daha küçük yakıt sarnıçları gerektirir. Doğal olarak, bu büyük bir genellemedir. Ve şüphesiz ki istisnaları vardır, fakat savaş gemileri makinalarının seçiminde yine de göz önünde bulundurulur.

Normal olarak M+y yaklaşımı araştırılır ki, bu durum bir görev kuvveti veya filonun toplam yakıt gereksinmesinin artmasına izin vermez. Tankerler ve sahil depolarıyla bir savaş alanındaki lojistik gereksinmelerini en altdüzeeye indirir. Böylece tehlikeli bir durum olan tankerlerin bordasında denizde ikmal süreleri de keza ortadan kaldırılmış olur. Yakıt sarnıçlarının boşalmasının sonucu olarak geminin dengesine olan etkileri de gözönüne alınmalıdır.

Şekil — 1'in incelemesiyle bu sorun hakkında bazı aydınlatıcı fikirler elde edilebilir. Şöyleki; burada nükleer makinaların dışında kalan makinalar için çeşitli tipte basit ve karışık makina sistemlerinin her 1000 millik denizde kalma sürelerine karşılık (M+Y)/Deplasman oranı değerleri gösterilmiştir. Denizde kalma süreleri sıfır olduğunda yakıtı gerek yoktur ve düşey eksen sadece makina ağırlığını gösterir. Çeşitli makina sistemlerinin doğrularının eğimi, her bir makina sisteminin özgül yakıt sarfiyatıyla doğrudan doğruya orantılıdır. Umulacağı gibi, gaz türbini sistemi en az ağırlığa, fakat en kötü özgül yakıt sarfiyatına sahip olanıdır. Sadece, (M+Y)/Deplasman incelemesiyle CODAG/CO-DOG tip makina sistemi en cazibedici olarak görülmektedir. Ayrıca şu genel kural söylenebilir; yüzdeler, eğimler ve makina ağırlıkları, her bir geminin kendi özel durumuna göre incelenmeli ve araştırılmadır.

Diğer mühendislik dizaynları gibi, savaş gemilerine makina yerleştirme dizaynının devamlı başarılı olabilmesi için, yerleştirmede basitliğe önem verilmelidir ki, gerçekte bu, dizaynı en az sayıdaki esas elemanlara indirgemektir. Basitlik; bakım—tutum yükünün, insan gücünün, ana maliyetin ve kontrol gereksinmelerinin azalmasına yardım eder.

c. Denizci yöneticiler için «harcanan paranın karşılığını almak» kuralı bir ticari işletmedeki yöneticilerinki kadar önemlidir. Barış zamanında, savunma bütçeleri çok ciddi olarak sınırlandırılırlar ve herbir dizayn için maliyet—etkenlik prensibi uygulanmalıdır. Örneğin; geminin ne kadar masrafa karşılık görevini ne kadar iyi başarabilmesi gibi... Bir geminin esas elemanlarının maliyetinde yapılacak azaltma geminin ağırlık ve hacminde yapılacak azaltmayla eşdeğerde önemlidir. Küçük gemiler için esas eleman gurupları, gemi maliyetine nazaran aşağıdaki maliyet sınırları arasındadır :

(1) İkmal anbarları ve personel yaşama yerleriyle birlikte bütün tekne.	% 27 — 35
(2) Makinalar	% 22 — 30
(3) Elektrik makinaları ve teçhizatı.	% 7 — 8
(4) Silahlar.	% 30 — 40

Çok yaklaşık bir rakkam olarak, bu günkü savaş gemilerinin maliyetleri 100.000 TL/ton civarındadır ki, bütün gereksinmeleri karşılayacak en küçük savaş gemisini dizayn etmeye yönelik ekonomik bir zorunluk vardır ve bu görev içersinde iyi bir makina seçim ve montaj dizaynı önemli bir rol oynar.

d. Ana maliyetlerin yanısıra çalıştırma masrafları da, belirli bir gemi dizaynının toplam maliyet etkenliğini etkiler ve barış zamanında

vaş gemilerinin Olympus/Tyne gaz türbini karışımı ile en yüksek duyarlı iktisadi sürat, Tyne gaz türbinlerinin ürettiği güçle sınırlandırılır; çünkü kısmi yüklerde Olympus gaz türbininin yakıt sarfiyatı nisbeten yüksek olduğundan, gemiye yüksek güç sağlamak için dizayn edildiği güçten aşağı güçlerde kullanmak onu pahalı bir makina yapar.

Tyne gaz türbini ile tam yükte veya yakınında özgül yakıt sarfiyatı yaklaşık 0.5 lb/SHP— saat tir ve bu sarfiyat iktisadi süratteki bir buhar sisteminkinden çok iyidir.

Gaz türbinlerinin kısa zamanda çalıştırılmaları gemilerin birkaç dakika içinde seyire hazır olmalarını sağlar, ayrıca yüksek güç gerektiğinde diğer gaz türbinleride kısa zamanda devreye alır.

c. Hava Giriş, Gaz Çıkış Yolları ve Gemi Üst Binası :

Hava giriş ve gaz çıkış yollarının gemi dizaynına büyük etkileri vardır. Örneğin: İngiliz Rolls—Royce Olympus gaz türbini ile yaklaşık altı metrekarelik kesit alanı olan hava giriş ve gaz çıkış yolları gereklidir ve gaz türbini, onarımı için hava giriş yolundan yukarı çıkartılır. Gaz türbininin dışarı almış yolu olarak da kullanılabilmesi için, hava giriş yolunun düşey olması gereklidir.

Hem hava giriş, hem de gaz çıkış yolları ısıyı geçirmeyen maddelerle kaplanmalıdır; böylece gemiden, türbine giren havaya ısı geçerek havanın sıcaklığını arttırmaması veya sıcak ekzost gazlarının fazla ısısının gemiye geçmesi önlenmiş olur. Ayrıca, akış gürültüsünün gemiye geçmemesi için gürültü geçirmez maddelerle kaplanması da gereklidir.

Güvertede hava giriş borularının yeri seçilirken dışarı atılan ekzost gazlarının tekrar içeri emilerek girmeyeceği bir yer araştırılır. Dışarı atılan ekzost gazları, hava giriş borusunda tekrar içeri alınırsa yüksek giriş sıcaklığı nedeniyle gaz türbininin kompresör performansı düşer, kompresör kanatlarında karbon ve kükürt artıkları nedeniyle kirlenme ve aşınma olur.

Gemi üst binasında, hava giriş yolunun güverteye açılan kısmını serpinti ve tuzlu deniz suyundan korumak için fazla yere gerek gösterir. Ayrıca, hava giriş ve gaz çıkış yolları çok yer kaplarlar. Hava girişinin güverteye açılan kısmının yönü geminin kıç tarafına doğrudur ve hava giriş yollarına giren deniz suyunu ayırmak için serpinti ayırıcıları yerleştirilir; böylece gaz türbinindeki yüksek sıcaklıklarda tuz aşınmasına karşı çok duyarlı olan kanatlar korunmuş olur. Örneğin; Bir Olympus gaz türbini için bu serpinti ayırıcıları geminin çok değerli olan orta üst

kisminde hava giriş yoluna ek olarak 40 metreküp hacim kaplarlar. Eğer makinadan atmosfere çıkış gürültüsünü veya açık komuta yerlerindeki gürültü düzeyini azaltmak gerekiyorsa; hem hava giriş, hem de gaz çıkış yollarına büyük hacimli ve ağır olan susturucular yerleştirilmelidir.

Gaz türbinlerinden dışarı ekzost edilen gazların sıcaklıkları, gemi buhar güç sisteminde dışarı atılanlardan çok yüksektir. Bu nedenle bazı teçhizat ve antenleri dışarı akan sıcak gazların etki edebileceği yerlere yerleştirmemek gerekir. Bu ise; direklerin, antenlerin görünüşlerini ve bacanın dizaynını etkiler. Bütün bunlar, değişik gemi ve rüzgar süratlerinde baca gazlarının sıcaklık ve dağılımını saptamak için rüzgar tüneli deneylerini gerektirir ve üst kısımların çok dikkatli dizayn edilmelerinin önemini belirtir.

d. Makina Personeli :

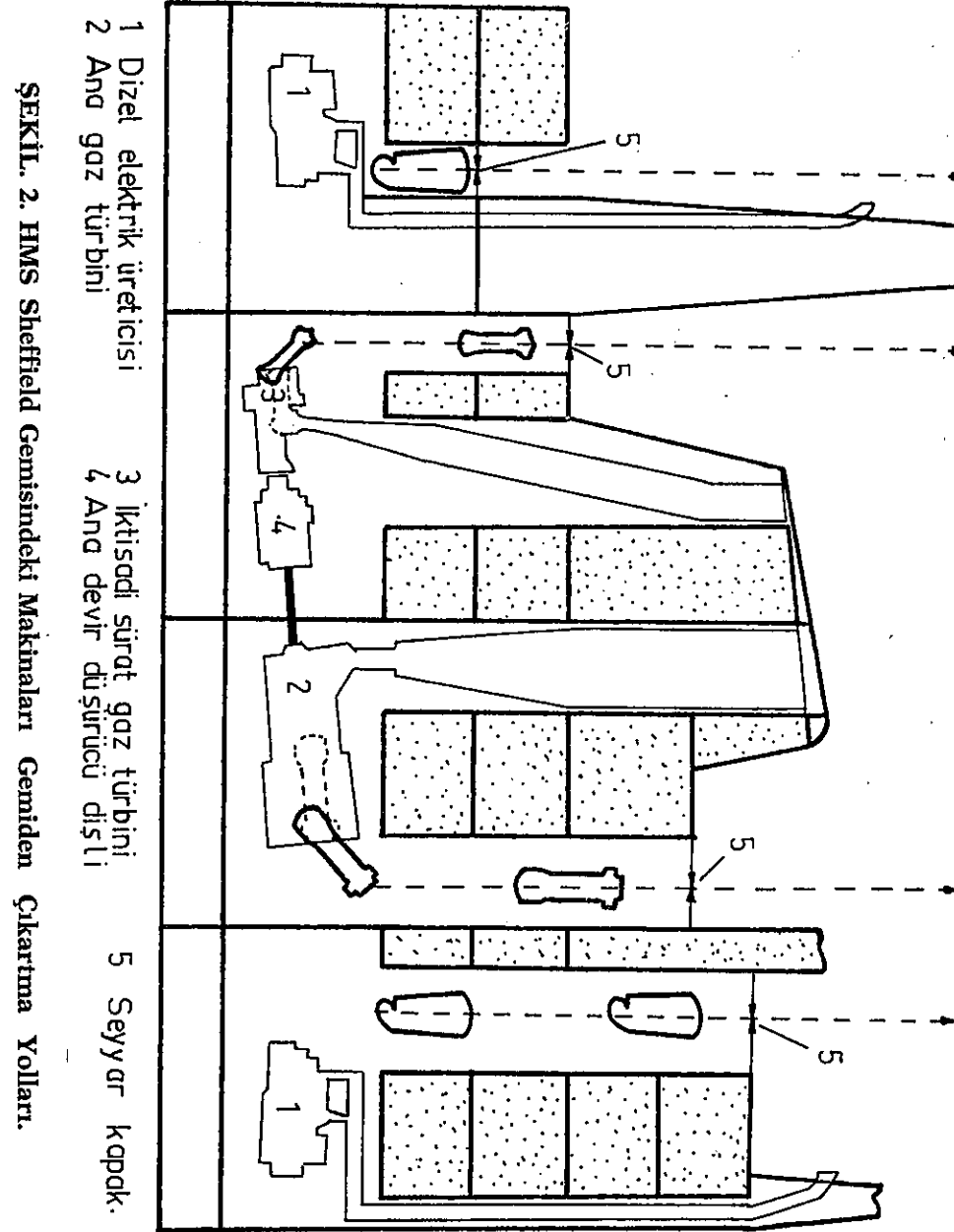
İkinci Dünya savaşından sonra İngiliz Donanmasında geliştirilen buhar güç sistemleri birçok bakımlardan çok başarılıydı fakat türbinlerin, kazanların ve yardımcı makinaların ayrı yerlerde olmaları nedeniyle vardiyalar esnasında çok nöbetçi personel gerektirmekteydi ki; bu da gemi personelini çok arttırmaktaydı. Bu personel ayrıca gemideki bakım—tutum için gerekiydiler ve yalnız bu yolla geminin gerekli istenen standardı sağlanabilmekteydi. Buhar güç sisteminin doğası nedeniyle, bu makinalar genellikle gemide, buldukları yerlerde onarılmalıdır ve bu onarımlar oldukça güç ve kirli işlerdir ki; boru kaplamaları, sızın-tılı eklem yerleri ve ıslak sintineler rahatsızlığı daha arttırır.

Örneğin; İngiliz Donanmasında bugün kullanılan gaz türbinli güç sistemlerindeki dizaynlar «değiştirme ile devam ettirme» politikası nedeniyle onarımı gereken makina gemiden dışarı alınır ve yerine yenisi takılır, böylece gemide onarımı en az düzeye indirilmiş olur.

Çok gaz türbinli sevk sistemlerinde, her bir makinanın çalışma saatleri o şekilde ayarlanır ki, programlanan onarım zamanı geldiğinde her makinanın planlanan çalışma süreleri de tamamlanmış olur ve gemi onarım zamanına rastlar. Gemiler, gaz türbinlerinin ve yardımcı makinalarının 48 saat içersinde, dışarıdan en az yardım alarak değiştirilebilecek şekilde dizayn edilmiştir ve bunu sağlamak için uygun geçitler bırakılmıştır. ŞEKİL—2 de HMS Sheffield gemisindeki makinaları gemiden çıkartma yolları gösterilmiştir.

Gaz türbinleri, köprü üstünden de kontrol edilebilir ve böylece makina dairesinde gerekli işletme personeli sayısı azalmış olur. Örneğin; İngiliz Donanmasında yeni dizayn edilen gaz türbinli fırkateynlerde ma-

kina dairesindeki personel de yaklaşık 17 kişilik bir azalma vardır. Ek olarak, her bir insan, başka bir insanın yaklaşık 1/8 hizmetine gerek duyduğundan, toplam personel azalması yaklaşık 20 kişi olacaktır. Personeldeki bu azalma, geminin büyüklüğünü, ilk maliyetini ve bütün ömür masraflarını etkiler.



Savaş gemilerindeki personelin azaltılmasını gerektiren en önemli etken şu gerçektir: Gemideki her bir kişi için dört metre kare güverte alanı gerekmekte ve bir kişi için 1 ton ek ağırlığı gemi taşımaktadır. Gerekli süratte denizde bu ağırlığı taşımak ve yaşama yerini sağlamak için, gemi teknesi, makinası ve yakıtı üzerine her bir kişi için deplasmanda olacak 1 tonluk gerçek yük artışının etkisini hesaba katmak gerekir.

Kanada Donanmasında, dört adet Iroquois sınıfı muhriplerin her birinin makina bölümündeki personel sayısı 40 olmasına karşılık, eğer gemilerin ana makinaları buhar güç sistemi olsaydı her birinin makina bölümündeki personel sayısı 60'dan daha yukarı olacaktı. Benzer olarak U.S.S. Spruance muhribinin makina bölümündeki subay ve er sayısı 54 olmasına karşılık, bu sınıf bir gemide buhar güç sistemi için 100'den fazla personel gereklidir. Spruance muhribinde normal seyirde makina vardiyasında 5 kişi olmasına rağmen, Belknap (DLG—26) sınıfı gemilerde (yaklaşık aynı büyüklükte) 18 kişi gereklidir.

Buharlı gemilerde ayrıca, sıcak, yağlı ve hoş olmayan koşullara sahip makinalarda çalışmak daha zordur. Gaz türbinli bir gemide çalışan kimse kendisini zihnen daha tatmin olmuş hisseder. Halbuki buhar güç sistemli gemilerde; çekici olmayan makina dairesi koşulları nedeniyle personelini vardiya yerlerinde tutmak güç olabilir.

e. Makina Kontrolleri :

Yelken devrinde, gemi kaptanları ve personelleri gemilerini mümkün olduğu kadar kıç taraftan yönetirlerdi. Böylece gemiyi ve yelkenleri en iyi şekilde görürler, gemi ve yelkenler üzerine etki eden deniz ve rüzgâr kuvvetlerini değerlendirebilirlerdi. Ayrıca, personelin çalışmasını gözleme, rota ve sürat değişiklikleriyle ilgili emirlerin verilmesi bakımından kıç tarafın uygun bir yer olduğu söylenebilir.

Buharın gemi sevkine uygulanmasıyla birlikte, komuta yeride doğal olarak gemide kontrolün en iyi olduğu ve bütün geminin daha iyi görülebildiği, manevra için dönme merkezine en yakın olan bugünkü köprüüstüne taşınmıştır. Sevk sistemi ve onu çalıştıran personel; ana güverte altında olduğu için, köprüüstü ile makina dairesi arasındaki bağlantı ses boruları veya mekanik göstergelerle sağlanmaktaydı.

Artan sayıdaki ana ve yardımcı makinaların tam olarak kontrolü için, yeni inşa edilen savaş gemilerinde makina dairelerinden ayrı olarak bir de Makina Kontrol Kamarası yapılmıştır ki, son yapılan İngiliz savaş gemilerinde, diğer görevlerin yanısıra örneğin, elektrik dağıtma

sistemlerinin de yapıldığı bu kamara Gemi Kontrol Merkezi olarak isimlendirilir.

Gaz türbinli güç sistemindeki gelişmenin makina kontrol alanına iki etkisi olmuştur:

- (1) Kontrol edilecek elemanlarda azalma olmuştur. Bir gaz türbini sistemi muhtemelen, eşdeğer bir buhar güç sisteminden % 25 daha az, kontrol edilebilir değişkenlere sahiptir.
- (2) Kontrol devrelerindeki komutaya cevap verme zamanında çok büyük bir azalma vardır.

Bu iki etmen, özellikle modern savaş gemilerindeki makina kontrol sorunlarına elektronik kontrol teknikleriyle uygun çözüm bulmuştur ki, böylece bir gaz türbini sistemi komutaya çabuk cevap vermenin avantajlarından yararlanacak şekilde dizayn edilmiştir. Kontrol sisteminin dizaynı karmaşık, fakat çalıştırılması basittir ve sadece bir kontrol kolunun elle ileri veya geri hareketiyle, gaz türbininin ürettiği güç ve pervane piçinin kontrolü sağlanarak gemiye ileri veya tornistan hareketi verilir. Böylece geminin seyirinden ve emniyetinden sorumlu olan kişi gemiye doğrudan doğruya komuta edebilir.

f. Güç Nakli ve Dişliler :

Gaz türbinleri tek yönde çalışırlar ve geminin tornistan hareketi için bir tornistan dişli kutusu ve piç kontrollü pervaneye gerek vardır. Güç nakli için gerekli tornistan dişli kutusu büyük ve ağırdır, piç kontrollü pervane ise daha basit dişli kutusuna sahip olmasına, daha hafif ve küçük hacimde olmasına karşılık kontrol sistemi daha karmaşıktır.

Güvenilirlikle birlikte, bu etmenler arasındaki bir denge her bir yeni gemi dizaynında ele alınmış ve örneğin, yeni inşa edilen İngiliz fırkateyn ve muhriplerinde hacim çok ciddi olarak sınırlı olduğundan, piç kontrollü pervanenin kullanılması uygun görülmüştür.

Daha ileri bir denge sorunu, gaz türbinlerinin ve pervanelerin dönme hızlarının kararlaştırılmasında ortaya çıkmaktadır. Bu sürat oranlarının çok büyük olması, dişli kutularının daha büyük ve ağır olmasını gerektirir. Sevk makinasını mümkün olduğu kadar geminin kış tarafına doğru yerleştirmede bir avantaj vardır. Fakat, bu yerleştirme büyük bir dişli kutusunun kullanılması nedeniyle engellenir. Bununla beraber, hızlı dönen pervaneler yavaş dönenlere nazaran daha çok gürültü yaparlar, fakat yavaş dönen pervaneler daha büyük çaplıdır. Bir gaz

türbininin ekonomik boyutlu güç türbini diskinin dönme sürati yaklaşık 5.000 devir/dakika ve gürültüsüz bir pervanenin uygun dönme sürati yaklaşık 150 devir/dakika'dır. Her iki koşulu sağlayacak dişliler çok büyük ve ağır olacaktırlar ve gerçek uygulamalarda süratler akla yakın bir uygunluk olacak şekilde ayarlanırlar.

g. Elektrik Güç Üretimi ve Yardımcı Makinalar :

Şüphesizki bir savaş gemisinde elektrik gücü üretmenin en güvenilir yolu türbo—jeneratörlerdir ve bunlar, üzerlerindeki yüklerin büyüklüğüne bakmaksızın uzun süreler boyunca elektrik üretmek için çalışabilecek şekilde seneler öncesinden beri geliştirilmişlerdir. Gaz türbinli gemilerde uygun buhar üretme kaynağı olmadığından, bu tür elektrik üretimi artık mümkün değildir ve seçim; dizelleri veya gaz türbinlerini kapsayacak şekilde daralmıştır. Örneğin; İngiltere'de küçük güçteki gaz türbinlerinin üretimi henüz ekonomik olmadığından geniş bir kullanma alanı bulamamıştır. Dizeller ise daha güvenilir ve ekonomiktir, büyük ve ağırdır, gürültülüdür, bakımı—tutumu pahalıdır, keza hafif yüklerde de toleranssızdır.

Dikkatli incelemelerden sonra, İngiliz Deniz Kuvvetleri şimdiki durumda dizellerin daha uygun olduğunu ve savaş gemilerinde elektrik gücü üretmek için 250 KW ile 1750 KW çıkış sınırları arasında standart güçteki dizellerin kullanılmasını kararlaştırmıştır. Böylece, savaş gemilerinin tamamen gaz türbinleriyle donatılması politikasının anlamı, üstü savaş gemilerinde buhar çağının sonu, fakat dizellerin sonu değil, demektir.

Buhar güç sisteminin savaş gemilerinden çıkartılması ve yerine gaz türbinlerinin yerleştirilmesi için birçok ciddi nedenler olmasına rağmen üç özel amaç için buhar sisteminin üstünlüğü tartışılmaz ki, bunlar; deniz suyundan tatlı su yapmak, kamaraları ısıtmak ve gemide kullanılan sıcak suyu sağlamaktır. Bu amaçlar için gemilere otomatik kazanlar monte edilmiştir, ayrıca ana sevk sistemi için kullanılan tulumbar ana dişli kutusundaki bazı dişliler tarafından çevrilirler, bunların dışında kalan bütün diğer yardımcı makinalar elektrikle çalıştırılmaktadır.

h. Yakıt Sarıncıları :

Çok temiz damıtılmış yakıtlar kullanılmadığı durumlarda gaz türbinlerinin çalışma ömürleri çok azalmaktadır. Örneğin; İngiliz Donanmasında, çok temiz damıtılmış yakıt denince akla temiz dizel yakıtı gelmektedir. Maalesef dizel yakıtının suya karşı bir çekiciliği vardır ve gemiler deniz ortamında çalıştıklarından yakıt ikmalleri esnasında deniz

suyuyla karışmaları mümkündür ki, daha sonra yakıt sarnıçlarında yakıttan ayrılan önemli miktardaki deniz suyu serbest olarak kalabilir. Eğer uygun şekilde korunmazsa bu serbest kalan deniz suyu çelik yakıt sarnıçlarına korozyon yapar.

Bu korozyon genellikle sarnıç tabanlarında ve diğer yatay yüzeylerde küçük ve derin piting şeklinde oluşur ve eğer gemiyi düzeltmek için boşalan sarnıçlar deniz suyuyla doldurulursa korozyon daha hızlı ve daha çok olur. Bu korozyon, yakıt içersine daha fazla yabancı maddelerin karışması için bir kaynak sağlar ve düzgün olmayan sarnıç yüzeyini temizlemek daha da zorlaşır. Eğer sarnıçlar korozyonu önleyici bir maddeyle kaplanmazsa, korozyonun gemi çalışmasına olacak kötü etkisini ortadan kaldırmak için geminin onarımları oldukça sık ve dikkatli bir şekilde yapılmalıdır ki, bu da geminin bütün toplamı ömür maliyetini etkiler.

Yakıt sarnıçları yüzeylerinin korozyonu önleyici bir maddeyle kaplanması konusunda, örneğin; İngiliz Donanmasında daha önce uçak yakıt tanklarının kaplanması için geliştirilen tecrübelerden yararlanılmış ve epoksi reçinesi kullanılmasına dayanan bir sistem geliştirilmiştir ki, sarnıç yüzeyleri düz beyaz metal oluncaya kadar, tabanca ile yüzeyleri kaplanmaktadır. Bu tür bir kaplamanın ömrü 10 yıldan fazladır. Bu sistem İngiliz Donanmasının gereksinimleri için geliştirilmiştir ve hem uçak, hem de dizel yakıt sarnıçları için uygundur.

Geminin dengesi ve üst kısımlardaki bölmelerin daha önemli istekleri karşılamak için kullanılması nedeniyle geçmişte savaş gemilerinde yakıtlar dabil batım tipi sarnıçlarda depolanmışlardır. Şimdiki gemi dizaynerleri ise, paslanmaya engel olacak çok fazla dikkat isteyen kaplamanın yapılabileceği sarnıçların dizaynına daha çok önem vermeye başlamışlardır.

i. Gürültü :

Gaz türbinleri modern ses izole maddeleri kullanmak suretiyle çok etken bir biçimde gemi teknesinden yalıtılırlar ve suda alçak frekanslı çok az bir gürültü yaratırlar. Atmosferik çevreye yaydığı çok yüksek frekanslı gürültü sorunları varsa da; gaz türbini etrafına ses geçirmez bir koruyucu konularak, hava giriş ve gaz çıkış yollarının dikkatli dizaynıyla gürültü azaltılabilir. Hem hava giriş, hem de gaz çıkış yolları gürültü geçirmez malzemeyle kaplanarak, hava akış gürültüsünün gemi içersine yayılması önlenir. Gerçekte makina dairelerinde ve geminin herhangi bir yerinde gaz türbinlerinin gürültü düzeyi umulduğundan çok daha düşüktür.

j. Gemi Boyutları, Deplasmanı ve Maliyeti :

Bir savaş gemisinin büyüklüğü ve deplasmanına etki eden gaz türbini sisteminin özellikleri; gaz türbinlerinin gücü ve sayısı, hava giriş ve gaz çıkış yolları, yakıt, personel ve yardımcı makinalardır.

Örneğin, İngiliz Type 42 muhribinin dizayn çalışmalarını ele alarak bir inceleme yapılacak olursa, belirtilen gereksinimleri karşılayacak aynı muhribin makinaları tamamen buhar güç sistemine çevrilecek olsaydı, deplasmanı yaklaşık 250 ton daha artacaktı. Bu artmanın 100 tonu buhar makina ve yardımcı makinalarının ek ağırlığı, 60 tonu fazla yakıt için, 50 tonu yaşama yerlerinin ek ağırlığı ve 40 tonu da yakıt ve makina için gerekli ek yapının ağırlığıdır.

Buhar gücüyle sevk edilen daha büyük bir muhribi satın almak daha ucuz olabilir. Ana ve yardımcı makina sistemlerinin maliyet yüzdelere ifadesine göre, daha sonrada belirtileceği gibi, buharlı makinalar % 10 daha ucuzdur, fakat 50 tonluk yaşama yerlerinin ek ağırlığı ve 40 tonluk yakıt ve makina için gerekli ek yapının maliyeti, yapılan tahminlere göre toplam gemi maliyetini % 7 daha arttırır. Böylece, böyle bir muhribin buhar güç sistemiyle donatılması makinaların maliyetini sadece % 3 daha ucuz yapar. Type 42 muhribindeki aynı silahlara sahip bir gemide, buhar güç sistemi kullanıldığında gemi maliyetinin % 1 daha ucuz olması sağlanır.

4. SUÜSTÜ SAVAŞ GEMİLERİNDEKİ MODERN BUHAR SEVK SİSTEMLERİYLE GAZ TÜRBİNİ SEVK SİSTEMLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI :

a. Sevk Çevrimi :

Bugün savaş gemileri için kullanılan buhar ve gaz türbini sevk sistemlerinin arasında bir temel ayrılık vardır. Buhar türbini kapalı bir çevrimle çalışır, yakıt buhar kazanının ocağında yanar ve ısının bir kısmı baca gazlarıyla dışarı atılır. Fakat, büyük çoğunluğu kondenserden geçen deniz suyu tarafından denize atılır. Gaz türbini açık çevrimle çalışan bir içten yanmalı makinadır. Yanmayla sağlanan hava/gaz ürünleri doğrudan doğruya çalışma maddesi olarak kullanılır ve yararlanılamayan ısının büyük çoğunluğu atmosfere atılır. İki sistem arasındaki fark Şekil—3 de gösterilmiştir. Yakıtın verdiği enerjinin yaklaşık % 75 kadarı gaz türbini sevk sisteminde gazlarla birlikte bacadan dışarı atılır, buhar sevk sisteminde ise yakıt enerjisinin yaklaşık % 60 kadarı kondenserden geçen deniz suyuyla birlikte denize atılır.

Bununla beraber, bir kazan ve gaz türbininin yanma bölgesinin sıcaklığı hemen hemen aynı değerdedir ve bir gaz türbinine gerekli hava miktarı bir kazan için gerekli havadan çok fazladır, çünkü gaz türbininde türbin malzemesinin dayanabileceği sıcaklığa kadar yanmış gazların sıcaklığının düşürülmesi hava ile olur, kazanda ise bu görev buhar tarafından yapılır. Bu günkü yüksek çalışma sıcaklıklarında çalışan gaz türbinleriyle, aynı güçteki buhar kazanlarına gerekli hava miktarı karşılaştırıldığında, buhar kazanlarına nazaran gaz türbinlerinin yaklaşık üç katı fazla havaya gereksinme gösterdikleri görülür. Gaz türbin çıkış sıcaklıkları da keza oldukça yüksektir. Bacadan yüksek sıcaklıkta büyük miktarda gazın dışarıya atılması bir gaz türbinli geminin istenmeyen özelliklerinden biridir.

b. Büyüklük (Hacim) ve Ağırlık :

Her bir gaz türbinini, ses geçirmez koruyucusu ve esas yardımcılarıyla birlikte bulunur. Bu durumuyla, gaz türbinini toplu ve koruyuculu bir güç ünitesidir ki, sadece akaryakıt, yağlama yağı ve ilk hareket için basınçlı hava ikmalini gerektirir.

Örneğin; İngiliz Donanması gemileri için kullanılan gaz türbinlerinin güç, ağırlık ve boyutları şöyledir:

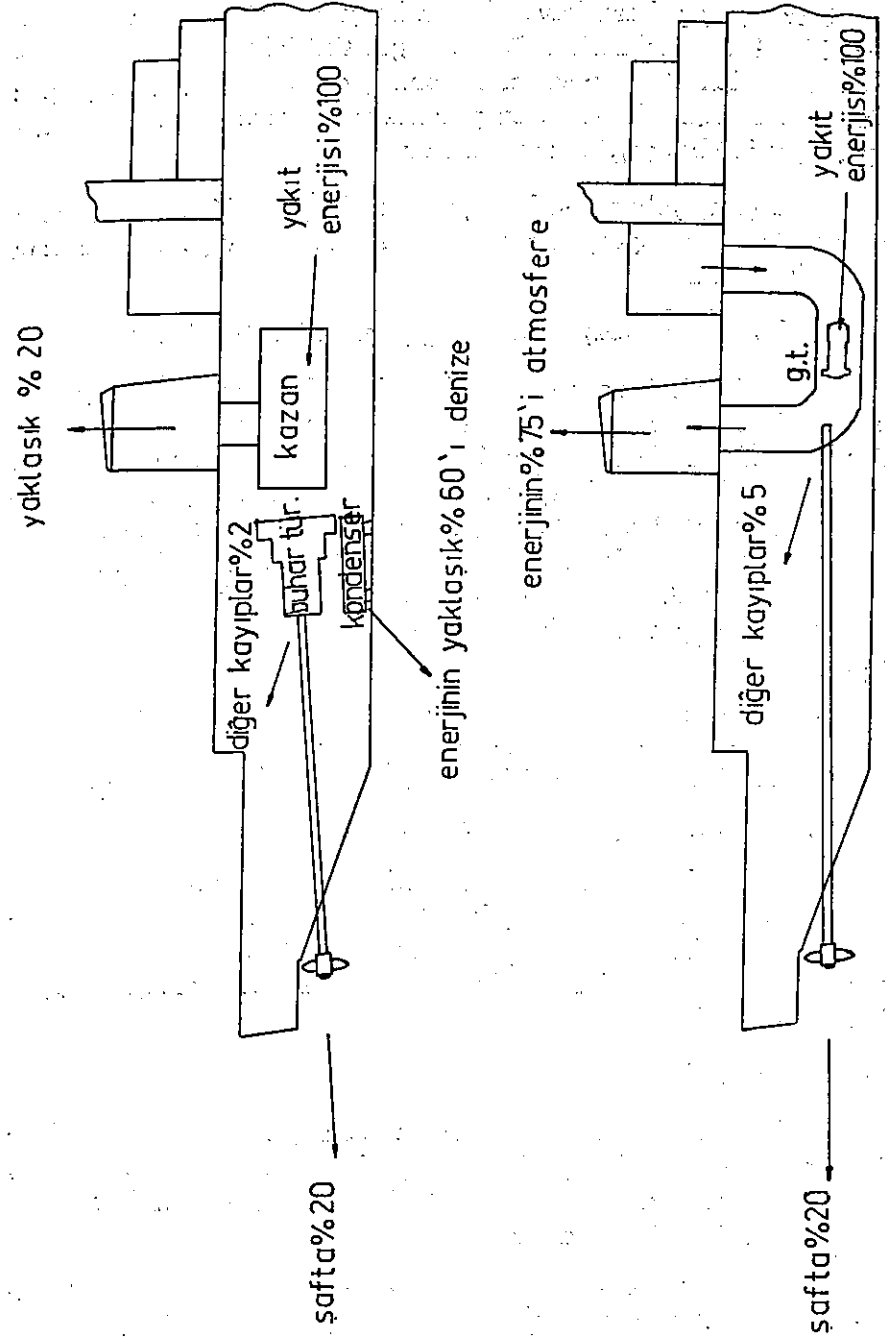
Olympus 28.000 SHP, 30 ton, 9.3 m. x 3.0 m. genişlik x 4.3 m. yükseklik.
Tyne 4.250 SHP, 15 ton, 5.5 m. x 2.1 m. genişlik x 2.5 m. yükseklik

Bu gaz türbinleri güç sistemine eş değer bir güce sahip modern bir buhar güç sisteminin; dişli kutuları; şaftları, pervaneleri, hava giriş ve gaz çıkış yollarıyla ağırlığı yaklaşık, gaz türbinli güç sisteminden %15 daha fazla ve gemide, yaklaşık aynı büyüklükte hacmi gerektirmektedir.

Gemi dizaynını etkileyen diğer bir etmen de güç sisteminin ağırlık merkezinin yüksekliğidir ve belki çok şaşırtıcı bir durum, fakat buhar güç sistemiyle gaz türbinli güç sisteminin ağırlık merkezi yüksekliği arasındaki fark çok küçüktür. Bunun nedeni de buhar güç sisteminde buhar boruları ve türbo—blöverler gibi elemanların gemide nisbeten daha yukarılarda bulunmalarıdır.

c. Hava Giriş ve Gaz Çıkış Yolları :

Bir gaz türbinini, hava giriş ve gaz çıkış yollarındaki akış düzenliliklerine karşı çok duyarlıdır ve bilhassa hava giriş yollarında hiç bir girdabın oluşmaması için özel olarak şekillendirilmelidir, çünkü bunlar



gaz türbini kompresörünün kanat bozulmalarına yol açarlar.

Hava giriş yolları, hava akışına karşı çok düşük direnç gösterecek şekilde dizayn edilmelidir. Böylece, gaz türbininin performansının basınç düşmesinden etkilenmemesi sağlanmış olur. Örneğin; Olympus türbinindeki 1 in H₂O'luk geri basınç artmasına karşılık makinanın gücünde yaklaşık 100 beygircü azalma olur.

Gaz çıkış yolları, başlangıçtaki sıcaklığı 500° C kadar yüksek olabilecek ve tam güçte çalışırken yaklaşık 70 metre/saniye hızla akan gaza dayanabilmelidir.

d. Sevk Sistemi Dizaynındaki Değişimleri Kontrol Etme :

İngiliz Deniz Kuvvetlerinin aldığı kararla suüstü savaş gemilerinin sevk için standart iki gaz türbininin kullanılmasının amacı, diğer önemli bir politika ile bağlantılıdır ki, buna göre her bir sınıf gemi için sevk sistemi standardize edilmiştir ve gemiler arasında küçük değişikliklere izin verilmemektedir. Böyle bir politika, bütün elemanları «değiştirme ile onarma» durumunda esas olarak geçerlidir. Öncü gemilerin dizaynında en küçük ayrıntılara bile büyük dikkat sarfedilir ve elde edilen doğru sonuca göre aynı sınıftaki diğer gemiler öncü geminin eş benzeri olarak inşa edilirler.

İngiliz Deniz Kuvvetlerinde bu politika buharlı gemiler için asla takip edilmemiştir. Birçok değişik kaynaklardan gelen elemanlar makina dairelerinde çeşitli boyutlardaki borularla birbirlerine bağlanırlar ki, bunlar gemiden gemiye farklılıklar gösterirler.

Son yıllarda İngiliz Deniz Kuvvetlerinde alınan bir kararla, aynı sınıf yeni gemiler için gerekli sevk sisteminin tümü önce karadaki deneme istasyonunda kurularak uzun süre denenmekte, çıkan güçlükler giderilmekte ve böylece gemilerde daha sonra yapılabilecek dizayn değişiklikleri azaltılmaktadır.

e. Güvenilirlik :

Uçaklarda kullanılmalari halinde uçak gaz türbinlerinin güvenilirliği çok yüksektir, fakat şüphesizki uçakların uçuşu sadece bir kaç saat sürmekte ve uçuşlardan sonra kontrolleri, bakım—tutumları, hattâ değiştirilmeleri mümkün olmaktadır.

Gemilerde ise overholler arası görev süreleri binlerce saat sürmekte, makinanın değiştirilmesini ciddi şekilde gerektirecek arızaların ortaya çıkmaları mümkün olabilmektedir. İngiliz Donanmasının şimdiki

dizaynlarında, görüldüğü gibi her iki shaft için ikişer gaz türbini monte edilmiştir. Ve bu gaz türbinlerinin birer adedi iktisadi seyire uygun, birer adedi de yüksek güçler içindir ki, makinalardan birisinin gemide onarılmayacak şekilde arıza yapması durumunda çalışabilir olan diğer üçü gemiye sevk gücü sağlayabilmektedir. Gerçekte birçok harekât gereksinimleri için bu makinaların ikisi yeterlidir.

Gaz türbinlerinin kendi güvenilirlikleri yüksek düzeyde olmasına rağmen, kurulan sevk sisteminin diğer pek çok etmenleri sistemin güvenilirliğini etkilemektedir ki, bunlar; hava giriş ve gaz çıkış yollarının (formu), ısıl hareetler, gerilmeler, titreşimler, kontrol sistemi, shaftlar ve pervanelerdir. Bunların bir çoğu, karadaki deneme istasyonunda çok etkili olarak kontrol edilebilirler.

f. Ömür Etmeni :

Bir uçak gaz türbini iki durumda çalışmak için dizayn edilir ki, bunlardan birincisi; uçağın havalanabilmesi için tam gücün sağlanması, ikincisi de kalkışı takiben devamlı uçuş için yaklaşık tam gücün % 80'inin sağlanmasıdır. Uçak motorlarının yüksek gaz sıcaklıklarında tam güçte çalışması, devamlı uçuş süresinin 1/20'si kadar küçüktür. Uçaklar gibi, savaş gemileri de tam güçlerini çok kısa sürelerde kullanırlar ki, böylece; örneğin, tam güç için arasıra kullanılan Olympus gaz türbininin ömrünün korunması zor olmaz. Tyne gaz türbini ise iktisadi seyir için gerekli gücü sağlar, üreteceği gücün üzerinde güç gerektiğinde ise Olympus gaz türbini devreye alınır. Sevk sistemi, gaz türbinlerinden oluşan gemilerin komutanları bilhassa bu duruma çok dikkat etmelidirler ve makinaların büyük onarımları esnasında çok masraf çıkarmamaları için gaz türbinlerinin çalışma saatlerine dikkat etmelidirler.

g. Yakıt Sarfiyatı :

Buhar türbinlerindeki durumun aksine kullanılan gaz türbinlerinin özgül yakıt sarfiyatı, ürettikleri güçlerin düzeyi ile büyük miktarda değişir ve verdiği güç optimum güçten uzaklaştıkça özgül sarfiyatı oldukça fazla miktarda artar. Bununla beraber, savaş gemilerindeki sınırlı bir hacimde, sınırlı bir ağırlığa sahip buhar türbinine nazaran optimum noktada veya civarında gaz türbinlerinin yakıt sarfiyatı % 20 daha azdır.

Teknolojideki son gelişmelerle yapılan gaz türbinlerinde, yakıt sarfiyatı daha iyidir ve güç değişimiyle daha az değişmektedir. Bununla beraber bu gaz türbinlerinin çok yüksek olan ilk maliyet ve onarım masrafları yakıttan yapılan tasarrufu geçmektedir.

h. Kontrol :

Gaz türbininin bileşik yapısı nedeniyle uzaktan kontrol (köprü üstünden) ve otomasyon kolaylığı vardır. Değişik güç isteklerine karşılık, gaz üreticinin sürat değişikliğinin uyumu çok çabuk olacağından, kullanıcının hatası nedeniyle olabilecek zararlardan korunmak için kontrolde belirli otomasyon arzu edilebilir. Gaz türbinin soğuk durumundan tam güç durumuna çıkması, çalıştığı andan itibaren yaklaşık iki dakika içinde olmaktadır.

i. Maliyet :

Eğer olanak olsaydı, bir savaş gemisinin ana ve yardımcı makina sisteminin tümünün imalat ve montaj maliyetini vermek uygun olurdu. Gaz türbini sistemiyle birlikte; türbinler, hava giriş ve gaz çıkış yolları, devir düşürücü dişliler (ridakşinger), pervaneler ve makina kontrolleri, yardımcı makinalarla birlikte ise; elektrik üreticiler, havalandırma donanımı, tatlı su üretme donanımı ve hava kompresörleri bulunurlar. Buhar sisteminde ise; kazanlar, türbinler ve gaz türbinleri sisteminde olduğu gibi aynı görevi yapan bütün yardımcı makinalar bulunur. Aynı gereksinimleri karşılayacak bir buhar sistemiyle gaz türbini sistemi bugüne kadar ısmarlanmadığı için bu iki sistem arasındaki maliyeti güvenilir rakamlarla kıyaslamak olanaksızdır. Bununla beraber, Örneğin; İngiliz Savunma Bakanlığının dizayn ve teknik maliyet kurulunun yaptığı hesaplara göre buhar sistemi yaklaşık % 10 daha ucuz olabilir.

Gaz türbini sisteminde, «değiştirme ile onarma» veya «değiştirme ile idame ettirme» yöntemi ek bir maliyet yaratmaktadır. Bu duruma göre, her bir gaz türbininin kendisi ile değiştirilebilecek bir yedeği bulunmakta ve onarılacak türbin gemiden alındığında yerine vakit geçirmeden bir kaç saat içersinde yedek olan yenisi takılmaktadır. Böylece bu değiştirme ile idame ettirme yöntemine göre, gemide pek çok yedek değiştirme elemanlarının bulunması nedeniyle gaz türbini sisteminin ilk maliyeti; buhar sistemine nazaran toplam maliyetinde % 10'a kadar bir fazlalık gösterir. Bununla beraber, makina personeline azalma olacağı için geminin bütün ömrünce gaz türbinleriyle olacak masraf buhar türbinleriyle olaklardan daha azdır.

5. SUÜSTÜ SAVAŞ GEMİLERİ İÇİN DİZEL MAKİNALARI İLE GAZ TÜRBİNLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI :

Dizel makinalarının özgül yakıt sarfiyatı, gaz türbinlerine nazaran oldukça düşüktür ve bu fark özellikle kısmi yüklerde önemlidir. Fakat, savaş gemilerine gerekli güçler yüksek olduğu için dizel makinaları oldukça büyük hacimde ve ağır olmaktadır. Gerçekte, orta sürattaki modern bir dizel makinasının ürettiği her bir beygir gücüne karşılık ağırlığı, bir gaz türbininin ağırlığının beş ile on katı arasındadır. Diğer yandan, yüksek güçlü dizellerin verimleri yüksek, fakat ağır ve büyük olduklarından gemiden çıkartılıp onarımlarının yapılması mümkün değildir.

Örneğin; İngiliz Donanmasında Type 42 muhripleriyle aynı çalışma yeteneklerine sahip, tamamen dizellerle sevk edilen bir gemi arasında yapılan karşılaştırmada, dizel makinaları ve yakıtı yaklaşık 250 ton daha ağır ve bunlar için yaklaşık 7 metre daha fazla uzunluğa gereksinime vardır.

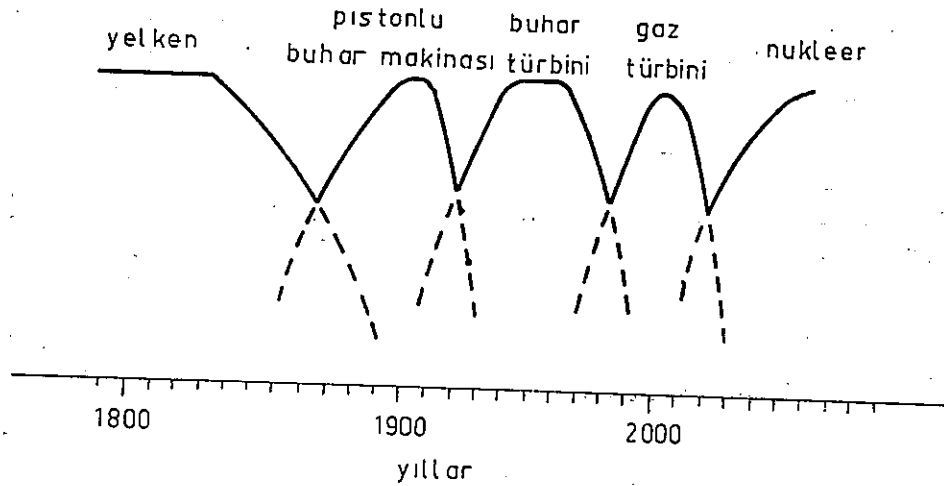
İktisadi seyir bakımından gaz türbileriyle dizeller arasında bir seçme söz konusu olduğunda, düşük yakıt sarfiyatı ve tuzlu deniz havasıyla çalışmadan daha az etkilenmeleri bakımından dizeller daha çekicidir. Dikkatli araştırmalar sonunda gemi boyunda ve deplasmanında olacak küçük artmalar ve bu güç sınırında gemideki dizellerin bakım—tutumunda olacak önemli artmadan sakınmak için, bazı bahriyelerin dizelleri seçmelerine rağmen İngiliz Donanmasında gaz türbinlerinin kullanılması lehinde karar alınmıştır.

6. SUÜSTÜ SAVAŞ GEMİLERİ İÇİN NÜKLEER GÜÇLE GAZ TÜRBİNLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI :

Modern bir fırkateyn ve muhrip olarak bütün gereksinimleri karşılayacak bir nükleer geminin bugünkü reaktör ve buhar sistemi dizaynları için gerekli yerleştirme yerinin oldukça büyük olması gereklidir. Nükleer gücün başlangıç ve devam ettirme maliyetinin çok yüksek olmasına karşılık, bugünkü petrol ve nükleer yakıt fiyatlarına göre çalıştırma masrafları birbirine çok benzer. Kısaca şimdiki zamanda bu tip bir nükleer gemi maliyetine karşılık etken değildir.

Dünyada bugün artan petrol istekleriyle yeni bulunan petrol rezervleri de kısa zamanda tükenmektedir ve bu tek etmen gaz türbinlerinin gelecekteki kullanılmasını sınırlandıracak en büyük tehdittir. Bununla beraber, bu tehdidin bu yüzyılın sonuna kadar önemli bir etkisi olma-

yacaktır ve böyle bir durumla karşılaştığında insanlar yakıt olarak petrolü kullanan makinaların yerine nükleer makinaları koyacaklardır. ŞEKİL—4 gemi sevk sistemlerinin yükseliş ve alçalışlarını göstermektedir.



ŞEKİL. 4. Suüstü savaş gemileri için ana sevk sistemlerinin gelişmesi.

IV. GEMİ GAZ TÜRBİNLERİ :

Uzun zamandan beri denenmekte olan gaz türbinleri, son yıllarda, yalnız başlarına veya diğer sevk sistemleriyle (Buhar ve dizel) karışık olarak savaş gemilerinde ana makina olarak kullanılmaktadır.

Bir gaz türbini, hem pistonlu içten yanmalı makinaya, hem de buhar türbinine bazı benzerlikler gösterir. Bunun yanısıra; bir gaz türbini, pistonlu içten yanmalı makina ve buhar türbinlerinden, esas prensipler yönünden bazı ayrılıklar da göstermektedir.

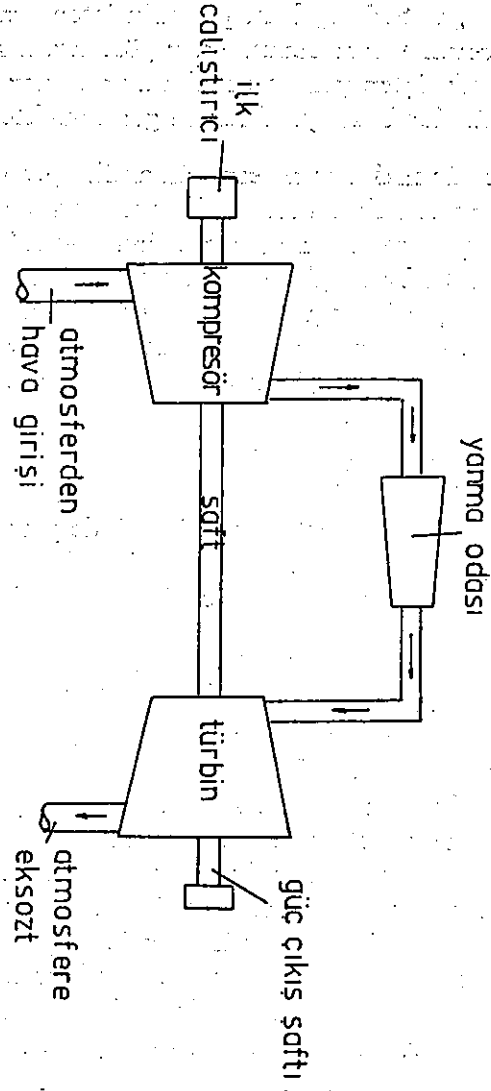
Üç tür makinanın termodinamik çevrimleri incelendiğinde; pistonlu içten yanmalı makina açık ve ısıtılan makina çevrimine; buhar türbini ise kapalı ve ısıtılmayan makina çevrimine sahiptir. Bunların aksi olarak, gaz türbini açık ve ısıtılmayan bir makina çevrimine sahiptir. Gaz türbini çevrimi açıktır, çünkü çalışma maddesi olan hava, atmosferden alınır ve tekrar atmosfere atılır; ısıtılmayan makina çevrimidir, çünkü çalışma maddesi, gücün üretildiği türbinden ayrı bir kısım olan yanma adasında ısıtılır. (8)

Üç tür makinanın diğer bir farkı da çalışma maddelerindedir. Buhar türbini buharla çalışmasına rağmen, pistonlu içten yanmalı makina ve gaz türbini, yakıtın hava içerisinde yanması sonucu oluşan sıcak gazlarla çalışır. Bununla beraber, pistonlu içten yanmalı makina ile gaz türbini arasında çalışma maddesinin kullanılış şekli bakımından da çok önemli farklar vardır.

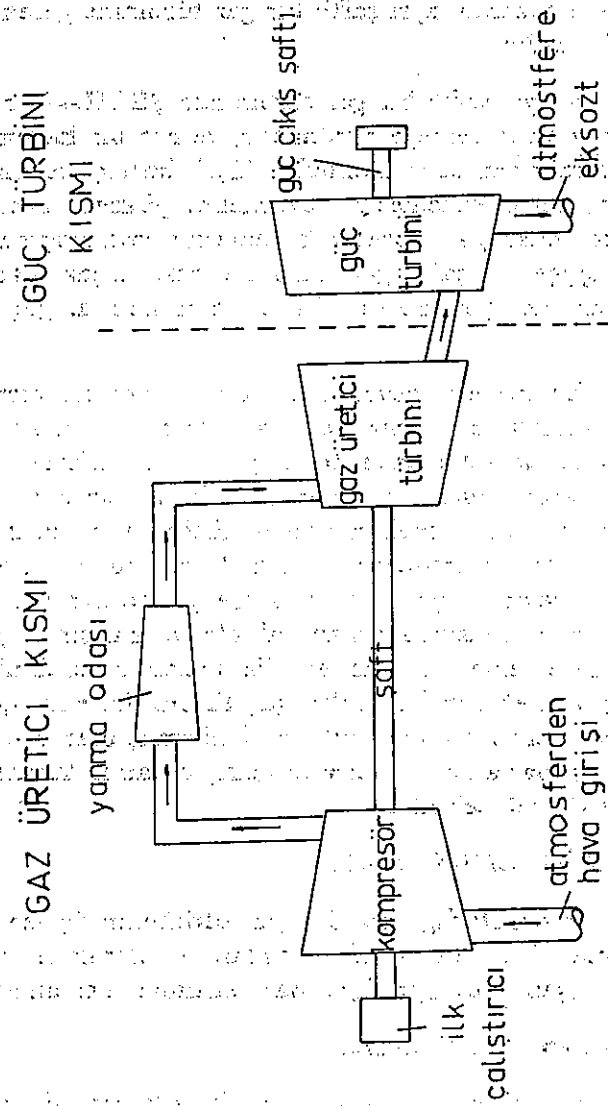
Üç ayrı tür makinada, çevrim işlemleri (ameliyeleri) ve çevrim esnasında bu işlemlerin meydana geldiği makina kısımları bakımından da farklar vardır. Bir buhar çevriminde; yanma işlemi ve buharın üretilmesi kazanda olur. Buharın ısı enerjisi de türbinde mekanik işe dönüşür. Pistonlu içten yanma makinada ise; üç işlem—atmosferik havanın sıkıştırılması, yakıt/hava karışımının yanması ve ısının işe çevrilmesi—hepsi bir yerde, yani silindirde olur. Gaz türbini de üç ayrı işlem nedeniyle pistonlu içten yanmalı makinaya benzer—sıkıştırma, yanma ve ısının işe çevrilmesi— fakat pistonlu içten yanmalı makinada olduğu gibi bu işlemler aynı yerde olmaz. Üç ayrı kısımda meydana gelir. Gaz türbininde, atmosferik havanın sıkıştırılması kompresörde, hava ile yakıtın yakılması yanma odasında ve ısının işe çevrilmeside türbinde olur.

Gemilerde pekçok farklı tip ve modellerde gaz türbinleri kullanılmaktadır. Şekil— 5'de görülen gaz türbini tek shaftlı tiptir ve türbin rotorundan çıkan tek shaft hem komresörü çevirir, hem de bu aynı shaftın uzantısı yükü çevirir.

ŞEKİL. 5. Basit açık çevrimli ve tek şaftlı gemi gaz türbini.



Şekil—6'da görülen gaz türbini, ayrı şaftlı olarak isimlendirilir. Bu gaz türbini iki ayrı kısımdan oluşmaktadır: Gaz üretme kısmı veya gaz üreticisi ve güç türbini kısmıdır. Gaz üretici kısmı; devamlı yanma sonucu kesiksiz bir gaz akışı sağlar ve kompresör, yanma odası (veya odaları) ve gaz üretici türbininden oluşur. Güç türbini kısmı ise; bir güç



ŞEKİL. 6. Açık çevrimli ve ayrı şaftlı gemi gaz türbini.

türbini ve güç çıkış şaftından oluşur. Bu tür bir gaz türbininde gaz üretici türbinle güç türbini arasında mekanik bir bağ yoktur. Aynı şaftlı gaz türbininin değişken yüklerin çevrilmesinde kullanılması çok uygundur. Çünkü, gaz üretici kısım devamlı olarak sabit süratte dönerken güç türbininin dönüş sürati değişken yükün dönüş süratine bağlı olarak değişik olabilir. Devir düşürücü dişliye, sevk şaftına ve pervaneye bağlı bir tek şaftlı gaz türbinine nazaran, ayrı şaftlı bir gaz türbinine gerekli ilk hareket gücü çok daha azdır.

İç içe çift ve ayrı şaftlı bir gaz türbininde ŞEKİL—7, hava kompresörü iki kısma veya kademeye ayrılmıştır, ve her bir kademe ayrı bir türbin elemanı tarafından çevrilmektedir. Alçak basınç türbin elemanı alçak basınç kompresör kademesini çevirmekte, yüksek basınç türbin elemanı da yüksek basınç kompresör kademesini çevirmektedir. Bununla beraber, bazı iç içe çift şaftlı gaz türbinlerinde, alçak basınç türbin elemanı hem alçak basınç kompresör kademesini, hem de güç çıkış şaftını çevirmektedir.

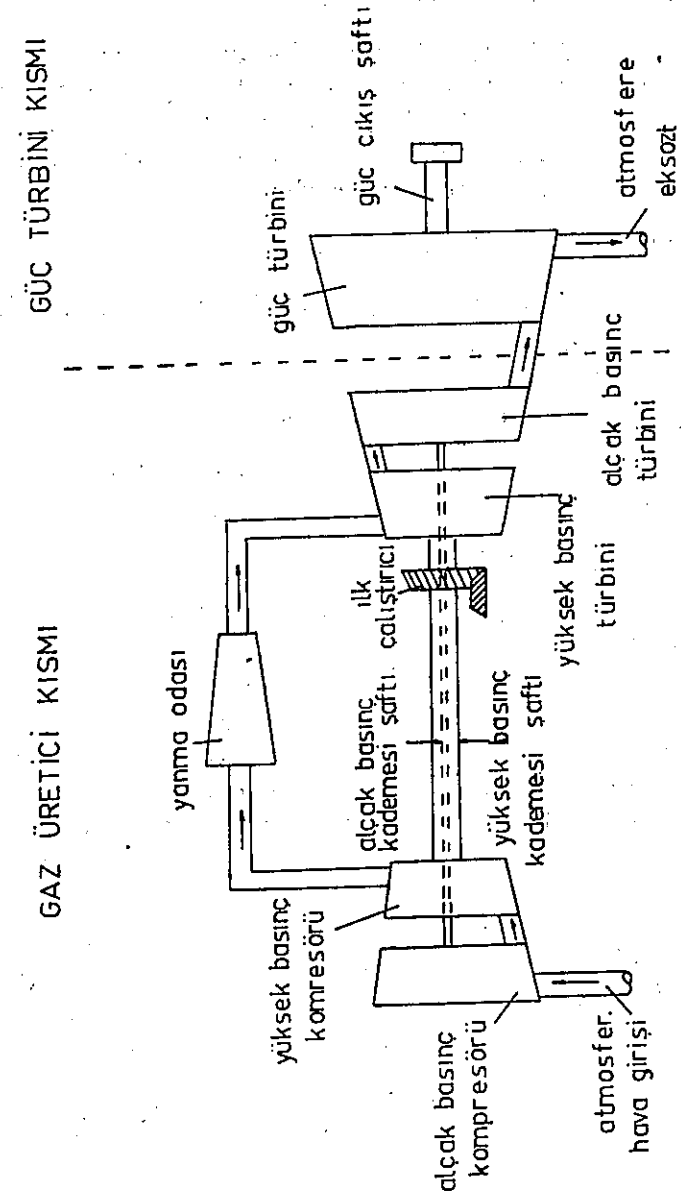
Bir gaz türbininin esas çevrimi; sabit entropide sıkıştırma (kompresörde), sabit basınçta ısı katma (yanma odasında) sabit entropide genişleme (türbinde) ve sabit basınçta ısı çıkışı (atmosferde) işlemlerinden oluşmuştur. Yanma odasında yanan yakıt/hava karışımı, türbin üzerinde genişlerken ısı enerjisi mekanik işe dönüşür ve tek şaftlı gaz türbininde bu işin bir kısmı kompresörü çevirmek için kullanılırken geri kalan kısmı da yükü çevirir. Ayrı şaftlı ve iç içe çift ve ayrı şaftlı gaz türbinlerinde ise, yanma odasında yanan yakıt/hava karışımı, gaz üretici kısmındaki türbinde genişlerken, ısı enerjisi mekanik işe dönüşür ve bu iş kompresörü çevirmek için kullanılır, güç türbini üzerinde genişlerken gazların kalan ısı enerjisi ise mekanik işe dönüşmüş olarak çıkış şaftına verilir ve güç çıkışı başladıktan sonra bu çıkış devamlı, kararlı ve kendi kendini devam ettirecek şekildedir.

1. GAZ TÜRBİNİ ELEMANLARI :

Yukarıda da belirtildiği gibi bir gaz türbininin üç esas elemanı; kompresör, yanma odası ve türbindir. Bunlara ek olarak bir gaz türbininin tam olarak çalışabilmesi için diğer bazı yardımcı elemanları da vardır

a. Gaz Türbini Kompresörleri :

Bir gaz türbini kompresörü, atmosferik havayı girişinde alır ve havayı sıkıştırarak bir kaç atmosfer basınca yükseltir. Belirli hacimdeki yanma odasında yakıtla yakılarak ısıtılabilen ve türbinde geniştirilen en yüksek miktarda yüksek basınçlı havayı sağlar. Yanma odasında açığa



ŞEKİL. 7. İç içe ve ayrı şaftlı gemi gaz türbini.

çıkan enerji, kullanılan hava miktarı ile doğru orantılıdır. Bu nedenle kompresör, gaz türbininin en önemli elemanlarından biridir ve verimli çalışması (en az sıcaklık yükselmesi ile en çok sıkıştırma) toplam yüksek makina performansının temelidir.

Kompresörün verimi, emilen havanın basıncını arttırmak için gerekli gücün kararlaştırılmasını sağlayacak ve yanma odasında oluşacak bir sıcaklık değişmesini etkileyecektir. Bu günün kompresörlerinin, 15:1 miktarında bir basınç oranı, % 90 verimi ve yaklaşık 350 libre/saniye'ye kadar çıkan bir hava akımı vardır.

(1) Kompresör Türleri : (9)

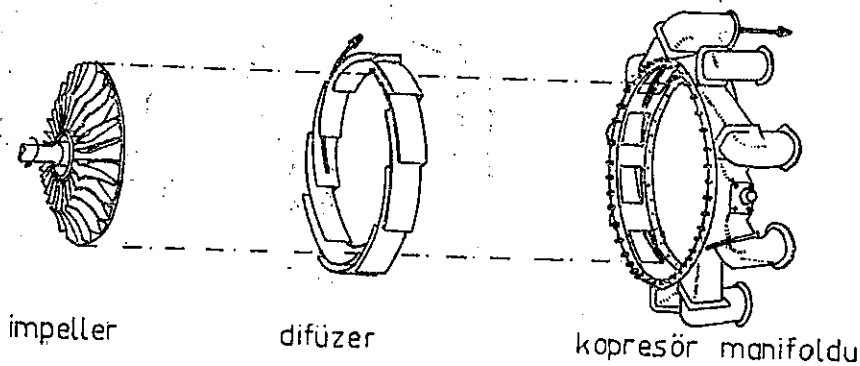
Gaz türbinlerinde aşağıdaki kompresör türleri kullanılır.

- (a) Santrifugal akışlı,
- (b) Eksenel akışlı,
- (c) Santrifugal—eksenel akışlı.

Santrifugal—eksenel akışlı kompresörler, yukarıdaki iki türün bileşimi olup, ikisinin çalışma özelliklerini içerir.

(a) Santrifugal Akışlı Kompresörler :

Santrifugal akışlı kompresörler, başlıca iki parçadan oluşur ki, bunlar; impeller (pervane, kanatlar) ve difüzer (yayıcı kısım) dir. Örneğin, diğer parçalardan «kompresör manifoldu» sıkıştırılmış havayı yanma odasına sevk etmeye yarar. ŞEKİL—8'de tipik tek kademeli santrifugal akışlı bir kompresörün elemanları görülmektedir. İmpeller yüksek süratle dönünce, hava merkezdeki delikten emilir, merkezkaç kuvvet bu havaya büyük bir ivme kazandırır, dönme ekseninden kanat

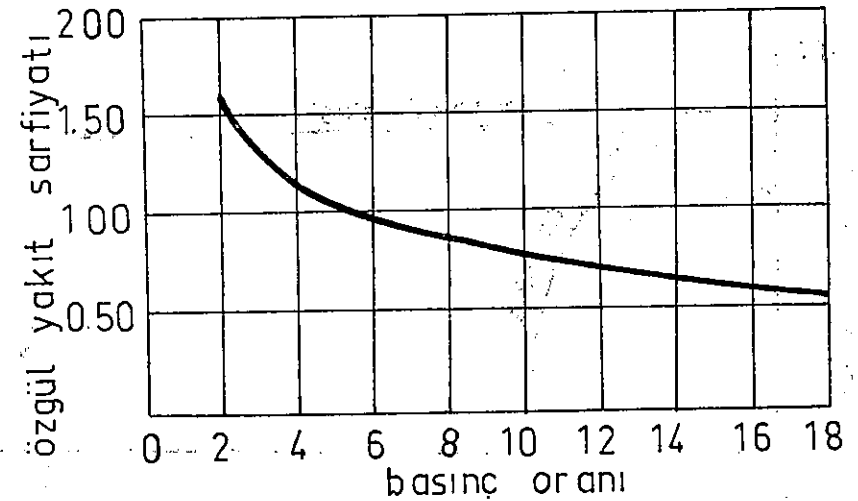


ŞEKİL 8. Tek kademeli ve santrifugal akışlı kompresörün elemanları

ucuna doğru büyük bir hız ve kinetik enerji ile gitmesini sağlar. Basıncın yükseltilmesi kısmen difüzer manifoldunda hava genişlemesiyle; hareketin kinetik enerjisinin, statik basınç enerjisine dönüştürülmesiyle sağlanır.

Santrifugal akışlı kompresörler, «tek kademeli», «çok kademeli», «çift taraflı» gibi şekillerde imal edilebilirler. Santrifugal akışlı kompresörün bazı gaz türbinlerinde kullanılmasını gerektiren çok sayıda özellikleri vardır. Bunlardan başlıcaları; basitliği, dayanıklılığı, ucuzluğudur.

Sağlam yapısı nedeniyle, yabancı cisimlerden oluşacak zararlara karşı daha az duyarlıdır. Santrifugal akışlı kompresörün her kademesi için nisbeten yüksek «basınç oranı» değeri vardır ve 2.5 ile 4 arası basınç oranı için verim % 80 — % 84, 4 ile 10 arası basınç oranı için verim % 76 — % 81 arasındadır. Basınç oranı arttırıldıkça verim yüksek bir hızla düşmeye başlar, bunun nedeni de aşırı yüksek hızlarda impeller kanatlarının ucunda şok dalgasının oluşumudur. Düşük yakıt sarfiyatı için yüksek basınç oranları gerektiğinden, ŞEKİL—9, bu tür kompresörlerin daha büyük makinalarda kullanılması gerekir.



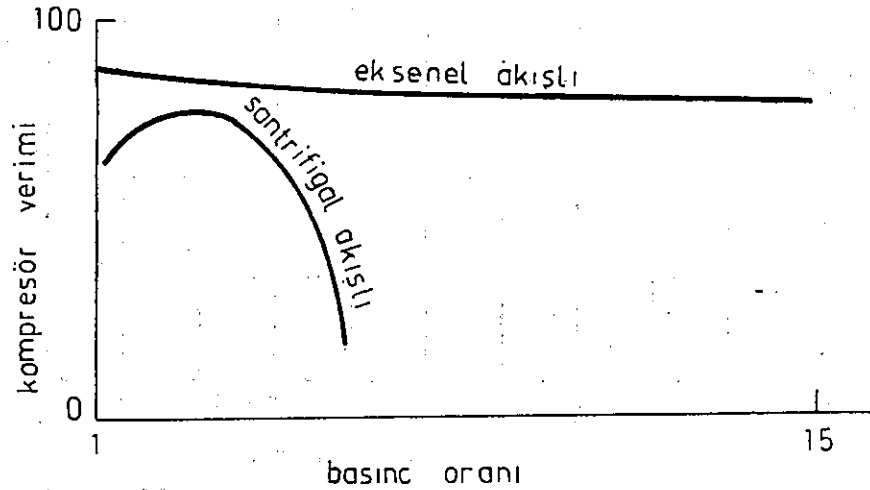
ŞEKİL 9. Kompresör basınç oranının artmasına karşılık özgül yakıt sarfiyatı azalır.

Bazı santrifugal akış makinalarında çok kademeli kompresörler kullanarak daha yüksek basınç oranları sağlanır. Gerçi kanat ucu hızı sorunu azalmışsa da, havanın bir kademedan diğer kademeye geçiş esnasında döndürme zorluğu nedeniyle, yine de verim kaybı olur. Kompresörlerde çift taraflı giriş, yüksek kanat ucu hızı sorunun çö-

zümüne yardımcı olsaydı da bu üstünlük arka impellere hava almak için gerekli olan makinenin yapısındaki karmaşıklık nedeniyle yok edilmiştir. Santrifugal akışlı kompresör en iyi kullanma yerini küçük gaz türbinlerinde bulur ki, bu gaz türbinlerinde küçük ön alan, yüksek miktarda hava basmaktan ve az verim kaybıyla basınç yaratmaktan ziyade; basitlik, çalışma esnekliği ve sağlamlık başlıca gereksinimlerdir.

(b) Eksenel Akışlı Kompresörler :

Bu kompresörler, bir seri «dönen kanatlar» ile bir seri «sabit kanatlar» dan olmuşlardır. Adından da anlaşılacağı gibi, hava makinenin eksenine paralel bir yönde sıkıştırılır. Bir sıra dönen ve sabit kanatlara «kademe» adı verilir. Tüm kompresör, birçok değişen sayıda sabit ve dönen kanat kademelerinden oluşmaktadır. Bazı eksenel akış dizaynlarında ayrı ayrı türbinlerle çevrilen iki veya daha çok kompresör bulunmakta ve böylece, bunlar değişik hızlarda dönme olanağına sahip olmaktadır. Eksenel akışlı kompresörler çok yüksek basınç oranına ve yüksek verime sahip olmakla büyük bir üstünlük sağlarlar. ŞEKİL—10'da santrifugal ve eksenel akışlı kompresörlerde, basınç oranının artmasına karşılık kompresörlerin verimlerinin değişmesi gösterilmiştir.

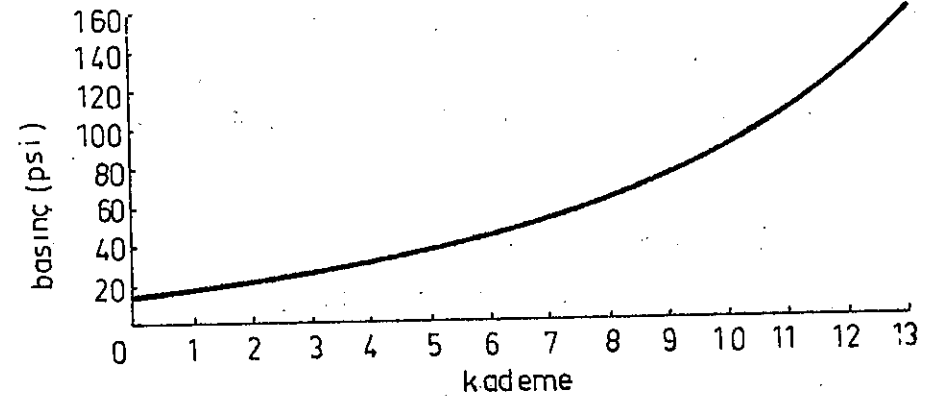


ŞEKİL. 10. Kompresör basınç oranının artmasına karşılık, santrifugal ve eksenel akışlı kompresör verimlerinin karşılaştırılması.

Sıkıştırma için kullanılan sabit ve dönen kanatların sayısı (büyük bir gaz türbininde bu 1000'i bulabilir) etkili hava basılması için gerekli yığın ve uygun yerleştirmeler, mümkün çalışma koşullarının daha dar

menzilli olması, bu tür kompresörleri çok karışık ve imalini çok pahalı yapmaktadır. Fakat modern yapım teknikleri, küçük eksenel akışlı kompresörlerin maliyetini düşürmektedir. Bu nedenlerden dolayı; bu kompresör, verimlilik ve çıkışın; maliyet, basitlik, hareket esnekliğine üstünlük sağladığı yerlerde kullanılır. İyi dizayn edilmiş bir eksenel akışlı kompresörde, basınç oranı 8:1 olduğu zaman, kompresör verimi %82 —% 88'e kadar çıkar.

Eksenel akışlı kompresörlerde, büyük derecede yayılma ve kanatlarda aşırı dönme açıları nedeniyle hava akışında dengesizlik ve alçak verim nedeni ile tek bir kompresör kademesi tarafından yaklaşık 1.2 katı basınç yükselmesi meydana gelebileceği hesaplanmıştır. İstenen sıkıştırma oranı, basit olarak kompresöre daha çok kademeler eklemekle elde edilir. Basınç artmasının miktarı basınç oranı, kompresör tarafından basılan havanın kütlesine, makine içersindeki akışına karşı yapılan sınırlamalara, kompresör içindeki basıncın girişteki çevre basıncına olan oranına bağlıdır. Son basınç ise her kademedeki basınç artışının çarpımı ile bulunur. Basınç oranı her kademe de aynı olmakla beraber, gerçek basınç yükselmesi kompresörde ilk kademedeki son kademe ye gidildikçe büyür. ŞEKİL—11'de eksenel akışlı kompresörlerde, kademelere göre basıncın artması gösterilmiştir. Ayrıca, basınç oranı dönme hızına bağlı olarak artar ve azalır, keza bu havanın kompresöre giriş sıcaklığı ile de etkilenir. İçeri alınan havanın giriş sıcaklığı arttıkça, hava yoğunluğunun düşmesine ve geliş açısındaki sıcaklık etkilerine bağlı olarak basınç oranı düşer.



ŞEKİL. 11. Eksenel akışlı kompresörlerde kademe artmasına karşılık basıncın artması.

İdeal basınç oranı, çıkışta en yüksek basınç yaratan sıkıştırmadır. Olağan olarak basınç oranı ne kadar büyükse, çıkış basıncı da o kadar büyük olur.

Kompresör diskindeki kanatların boyu, kompresörün sonuna doğru gittikçe küçülür ve kompresör içerisinde hava akışı nisbeten sabittir. Eğer kompresörde hava sıkıştırılmakta ve hacim de azalmakta ise, havanın çıkış hızı kompresörün son kademelerine doğru yaşılayacaktır.

Havanın akışı, dakikadaki dönüş sayısı ile ilgili olduğundan, kompresör mümkün olduğu kadar hızlı döndürülmelidir. Daima akılda tutulması gereken bir konuda, şok dalgasının oluşumunu önlemek için kanat uçlarının dönüş hızı ses hızını aşmamalıdır. Bu şok dalgası, hava basma verimini yok eder, bu nedenle kanat ucu hızı yaklaşık 0.85 Mach'da tutulur.

Eksenel akışlı bir kompresörün üstünlükleri; yüksek verim, hava akışı için oldukça küçük ön yüzey, pek çok kompresör kademesi kullanılsa bile, kademeler arasında ihmal edilebilecek kayıplardır. Mahzurları ise; imalat zorluğu, yüksek maliyet ve nisbeten fazla ağırlıktır.

b. Gaz Türbini Yanma Odaları :

Yanma odası; kompresörde sıkıştırılan havanın içine yakıt püskürtülerek, yakıt/hava karışımının yakıldığı yerdir. Yanma odası gaz türbininin en yüksek verimle çalışan elemanıdır. Geniş bir çalışma menziline verim %95 - %98 arasında değişir. Bu şekilde yüksek verim elde edebilmek için, yanma odaları düşük basınç kayıplarında çalışacak, yüksek yanma verimli ve iyi alev dengesi olacak şekilde dizayn edilirler.

Bugün kullanılan üç esas tür gaz türbini yanma odası vardır.

- (1) Kutu tip.
- (2) Çevresel tip.
- (3) Çevresel—kutu tip .

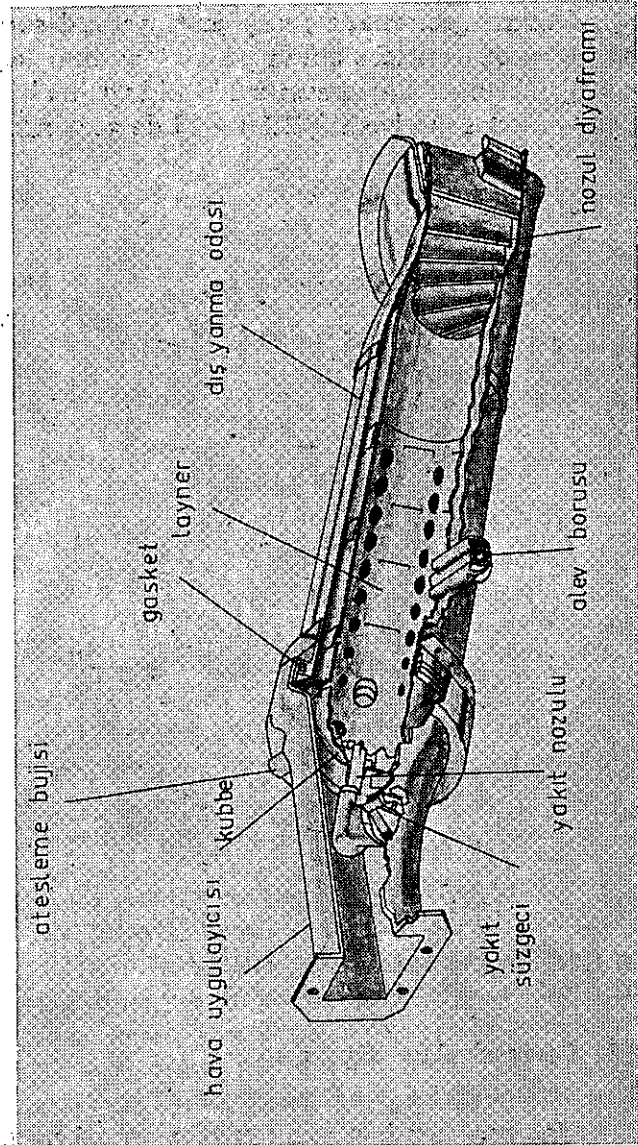
Üçüncü tip yanma odası, diğer iki tip yanma odasının bir karışımıdır.

A. YANMA ODASI TÜRLERİ :

(1) Kutu Tip :

Başlı başına birer yanma odasıdır ve makina eksenine et-

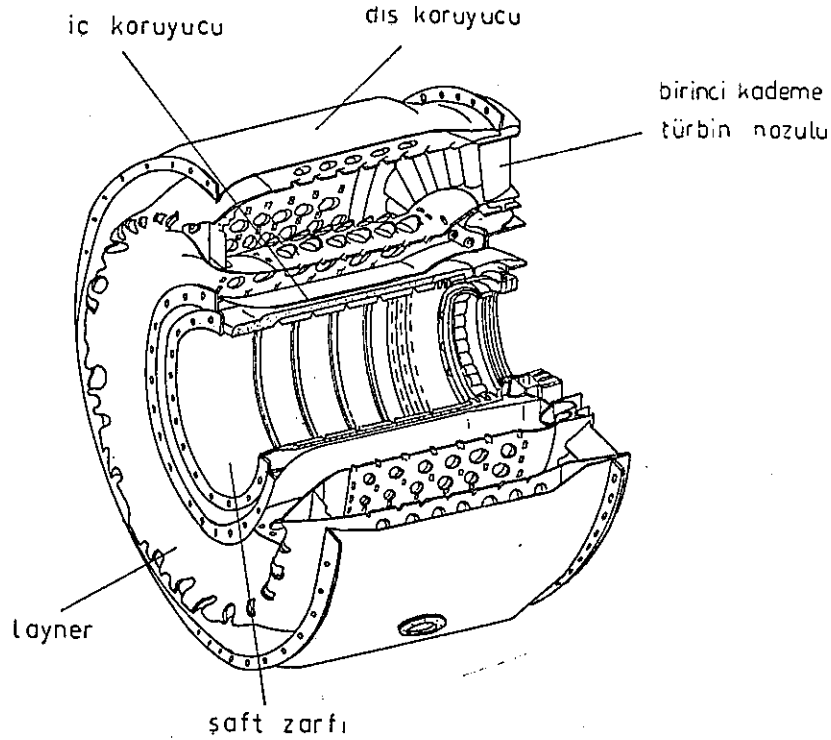
rafında birbirlerinin yanısıra yerleştirilmişlerdir. Kutu tip yanma odalarında, kutuların her birinin kendi silindirik muhafazaları (dış yanma odaları) sayesinde hava herbirine alınmış olur. Kutu tip yanma odalarının mahzuru; makina içindeki uygun hacmin elverişli bir şekilde kullanılmasını engellemesidir. Kutup tip yanma odalarının en iyi özelliği; yanma odalarının muayene ve onarım için tamamen yerlerinden çıkarılabilir olmalarıdır. Kutu tipi bir yanma odasının yapısı ŞEKİL—12'de görülmektedir.



ŞEKİL 12. Kutu tipi yanma odasının kesiti.

(2) Çevresel Tip :

Makina eksenile aynı ve paralel eksenli silindirlerin çevresel olarak montajıyla yapılmış tek bir yanma odasıdır. Bu düzenleme, elverişli hacmin daha uygun kullanılmasını sağlar ve aksel akışlı kompresör ve türbine iyi bir şekilde uyar. Bu tip yanma odasının ince silindir duvarına gereksinme göstermesi, geniş çapta yapısal sorunların çıkabilmesi, muayene ve onarım için bütün yanma odasının açılmasına ve çıkartılmasına gereksinme duyulması sahip olduğu mahzurlardır. Çevresel tip bir yanma odasının kesiti ŞEKİL—13 de gösterilmiştir.

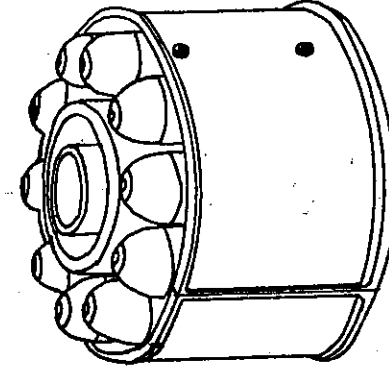


ŞEKİL 13. Çevresel tip yanma odasının kesiti.

(3) Çevresel Kutu Tip :

Yanma odası için ayrılmış olan uygun hacmin kullanılmasını iyi bir şekilde sağlar. Bir kaç bağımsız silindirik layner kullanılır ve herbiri birleşik bir çevresel koruyucu kapak sayesinde havayı kendi içi-

ne alır. Çevresel kutu düzenleme, yapısal denge bakımından daha büyük üstünlükler sağlar ve kutu tipten daha az basınç kaybı olur. Çevresel kutu tip bir yanma odasının dıştan görünüşü ŞEKİL—14'de gösterilmiştir.



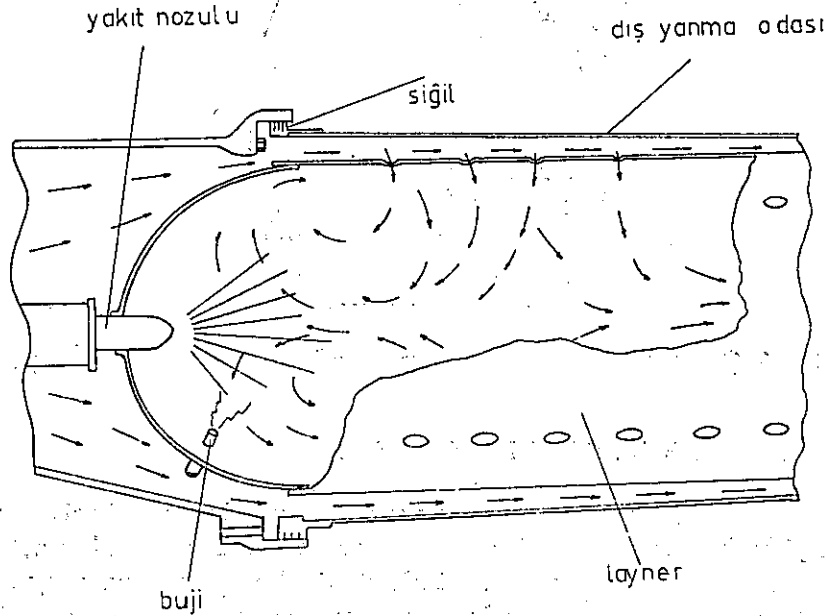
ŞEKİL 14. Çevresel kutu tipi bir yanma odasının dıştan görünüşü.

B. YANMA ODASININ ÇALIŞMASI :

Yakıt, yanma odasının ön ucundan özel dizayn edilmiş nozulardan yüksek düzeyde atomize halde püskürtülerek veya buharlaştırma boruları olarak isimlendirilen bölümlerde ön buharlaştırma oluşturularak makinaya verilir. Hava, yakıt nozulunun çevresinden geçerek içeri akar. Yanma odası geometrisi o şekildedir ki; soğutma ve temizleme amaçları için hava, nozul kenarından laynerlerin ön duvarına yakın kalırken, bu esnada karşıt hava deliklerinden giren havayla birlikte yakıtın çabukça karışmasıyla yanabilir bir karışım elde edilmiş olur. Laynerde sona doğru geri kalan delikler sayesinde gerekli fazla hava verilmiş olur. Giren hava, laynerin ön bölümünde geriye doğru dönüşe meyilidir ve püskürtülen yakıtı karşı yönde dönerek akış hareketi yapar. ŞEKİL—15'de bir yanma odasının kesiti görülmektedir.

Yanma odasında, bu hareket çabuk karıştırmaya olanak sağlar ve alçak süratli bir denge bölgesi oluşturmak suretiyle havanın, alevi üflemeyle söndürmesi önlenir ve yanma odasının geri kalan kısmında iyi bir yanma için sürekli olarak bir rehber gibi hareket eder. Giren havanın layner sonuna doğru olan bölümü yanma için doğru karışım sağlar ve yüksek türbülanslı hava yaratır ki; bu yakıtla havanın iyi karışımı için gereklidir ve yanmış gazlardan yanmamış gazlara enerji aktarmak için de zorunludur. Yanma odasında ilk yanma, kıvılcım ateşleme ile olur. Yanma daha sonra sürekli olarak kendi kendine devam eder. Bir gaz tür-

bininde genellikle yalnız iki ateşleme bujisi olduğundan kutu ve çevresel kutu tipi yanma odaları için çapraz alev boruları gereklidir. İlk yanma aşağıda bulunan iki yanma odasında başlar, daha sonra alev, çapraz alev



ŞEKİL 15. Bir yanma odası içersinden havanın akışı.

boruları ile diğer yanma odalarına da geçer. Yakıt, laynerin baş tarafına yerleştirilmiş olan yakıt nozullarıyla sürekli olarak püskürtülür. Ateşleme bujisi genellikle yanma odasının baş tarafına ters akış bölgesinin karşısına yerleştirilir. Ateşlemeden sonra alev süratle birinci veya yanma bölgesine yayılır ve orada doğru oranda karışmış havayla yakıt hemen hemen tamamıyla yanar. Eğer makina içinde akan havanın tamamı bu noktada yakıtla karışmış olsaydı, karışım normal kullanılmış yakıtlar için yanabilme sınırlarının dışında oluşurdu. Bunun içindir ki, kompresörden gelen havanın 1/3 ile 1/2 arasındaki kısmının yanma odası laynerinin içine girmesine izin verilir. Gerçekte havanın yaklaşık % 25'i yanma işlemine katılır ve buna birincil hava denir. Yanma işlemine katılmayıp laynerin dışından akıp soğutmaya sağlayan havaya da ikincil hava denir ve bu hava içeri giren havanın yaklaşık % 75'idir. Gazlar, layner içersindeki yanma sonunda 3500°F sıcaklığa sahip olurlar. Bu sıcak gazlar türbine girmeden önce, bu değerlerin hemen hemen yarısına kadar

soğutulmuş olmalıdır ki; bu da türbinin dizaynına ve malzemesine bağlı olarak sınırlandırılmıştır. Soğutma; sıcak gazların arasına ikincil havanın katılmasıyla yapılmış olur ve laynerin sonuna doğru olan geniş deliklerden içeri ikincil havanın girmesi sağlanır. Bu husus, yanmanın yüksek sıcaklığından laynerin ve yanma odasının duvarlarını korumuş olur. Bu genellikle layner boyunca değişik yerlerden verilen soğutma havasıyla; metal duvarlar ve sıcak gazlar arasında bir yalıtma yaratmakla başarılmış olur. ŞEKİL—16'da yanma odası duvarlarının soğutulması görülmektedir.

C. YANMA ODASI ÇALIŞMA GEREKSİNİMLERİ :

(1) Yüksek Yanma Verimi :

Yanma odası, gaz türbininin en verimli elemanıdır ve geniş bir çalışma menziline verim % 95—%98 arasında değişir. Yanma odasına giren havanın basıncındaki artmalar, yanma odasının yanma verimini artırır ve nisbeten sabit değerde tutar. Havanın giriş sıcaklığı arttırılırsa yanma verimi % 100'e yaklaşacak kadar artar, daha sonra yanma bölgesindeki karışım ideal değere yaklaştığında yanma verimi sabit değere ulaşır ve daha sonra da yakıt/hava karışımı zenginleşirse yanma verimi azalır.

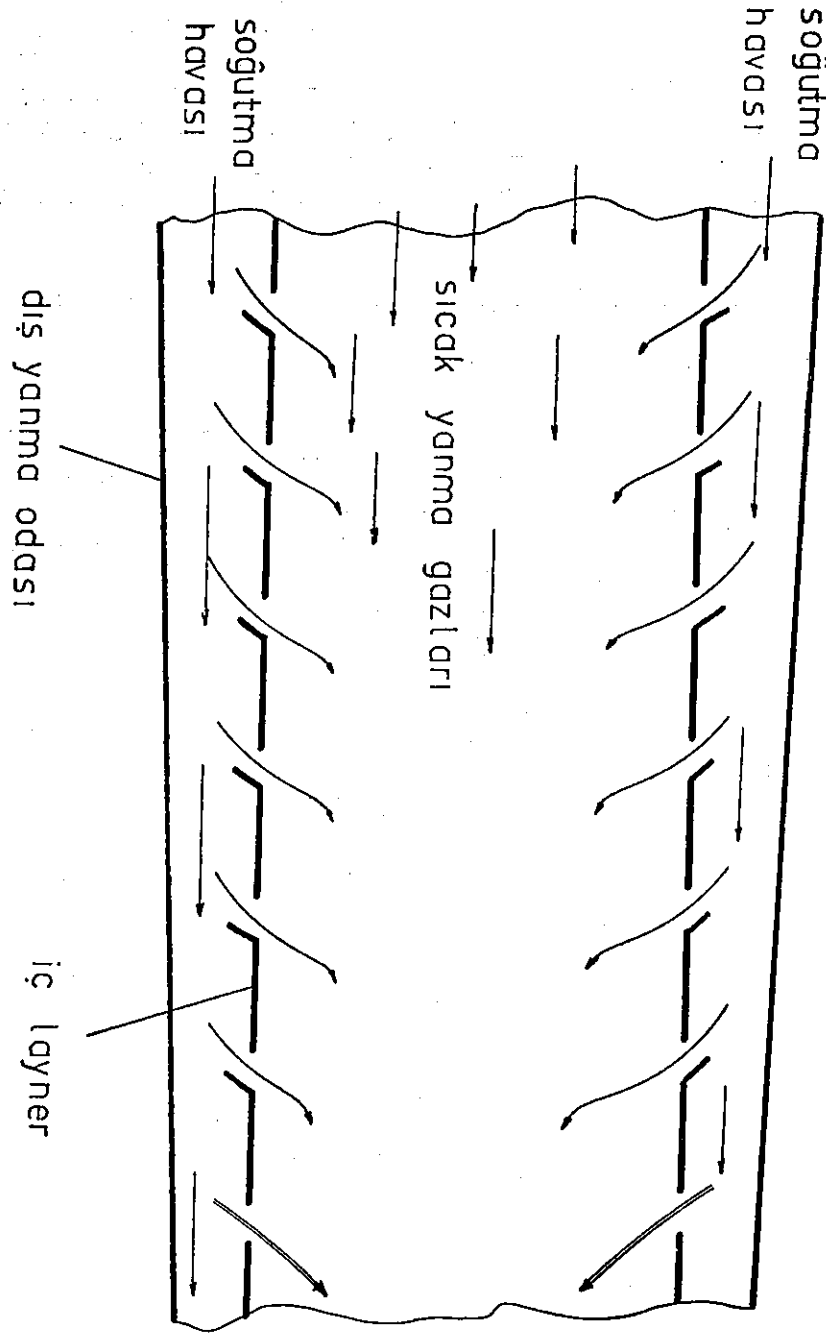
Yakıt/hava oranındaki bir artma basınç kaybını artırır; çünkü yakıt/hava oranının artması daha yüksek sıcaklıklara neden olur ve bu gaz yoğunluğunu artırır. Akışın sürekliliğini korumak için, bu gazlar daha yüksek hızlarda hareket etmelidir.

Bu daha yüksek hızları yaratmak için gerekli enerji, basınç kaybındaki artmadan sağlanmalıdır. Akış hızının belirli bir noktadan daha ileri bir noktaya artması yanma verimini azaltır. Karışma ve yanma için elverişli zamanın azalmasıyla yanma veriminde azalma olması düşünülebilir.

(2) Kararlı Çalışma :

Boşta çalışma durumundan, en yüksek güçte çalışma durumuna kadar olan her türlü durumda yanma odasının sönmeden çalışmasıdır. Bir yanma odasının kararlı çalışma menzili, keza basınç ve akış hızının değişmesiyle değişir. Yanmanın meydana gelmeyeceği bir noktaya ulaşınca kadar, basınç azaldıkça kararlı çalışma menzili gittikçe daralır. Aynı şekilde, yanmanın meydana gelmeyeceği kritik bir noktaya ulaşınca kadar akış hızının artmasıyla kararlı çalışma menzili tekrar

ŞEKİL. 16. Yanma odası duvarlarının soğutulması .



gittikçe daralır. Kararlı çalışma için, giren karışımın sıcaklığını arttırmak, genellikle yakıt/hava oranı menziline arttırır. Ayrıca akış hızı arttığında, yanma odası basınç kaybı artacaktır. Bu gerçekte, havanın layner içindeki boşluklardan akarken meydana gelen daha yüksek genleşme kayıpları nedeniyledir.

(3) Alçak Basınç Kaybı :

Gazların ekzost nozulundan geriye doğru mümkün olduğu kadar elverişli kümelenmesi için, gazların mümkün olduğu kadar çok basınca sahip olması istenir. Yüksek basınç kayıpları, gücü azaltacak ve özgül yakıt sarfiyatını arttıracaktır.

(4) Düzgün Sıcaklık Dağılımı :

En yüksek makina performansı elde etmek için türbine giren gazların ortalama sıcaklığı yanma odası malzemesinin sıcaklık sınırlarına mümkün olduğu kadar yaklaşmış olmalıdır. Türbini korumak için gaz akımının yüksek yerel sıcaklığı veya sıcak bölgelerin sıcaklığı müsaade edilen türbin giriş sıcaklığına kadar azaltılacaktır. Bunun sonucu olarak, toplam gaz enerjisi azalacak ve bu azalma makina performansının azalmasına etki edecektir.

Bir gaz türbininde çalışma değişkenleri olan; basınç, giren havanın sıcaklığı, yakıt/hava oranı ve akış hızındaki değişme, yanma odası çıkışındaki sıcaklık dağılımını etkiler. Basıncı atmosferin altına düşürmek, sıcaklığın düzgün dağılımını bozmaya meyleder. Diğer yandan, belirli büyüklükteki bir yanma odası için, basınç kaybının artması durumunda soğuk ve sıcak gazların daha iyi karışımı sağlanarak, daha düzgün dağılıma sahip sıcaklıklar elde edilir; çünkü çok fazla ısı serbest kalır ve karışma için kısa bir zaman vardır. ŞEKİL—17'de bir yanma odası içerisindeki sıcaklık dağılımı görülmektedir.

(5) Kolay İlk Ateşleme (Başlatma) :

Başlatma; yüksek sıcaklık, yüksek basınç ve düşük hız ile daha kolay olur. Ayrıca başlatmak için en iyi yakıt/hava oranı gereklidir ve bu oranın altında veya üstünde olması yakıt/hava karışımının ateşlenmesini zorlaştırır. Alçak basınç ve yüksek hızlarda yanma odasında ateşlemenin başlaması güçtür.

(6) Küçük Hacim :

Büyük bir yanma odasının, büyük bir gaz türbininde bulunması sonucu, makinanın hacmi ve ağırlığı artar. Yanma odalarında,

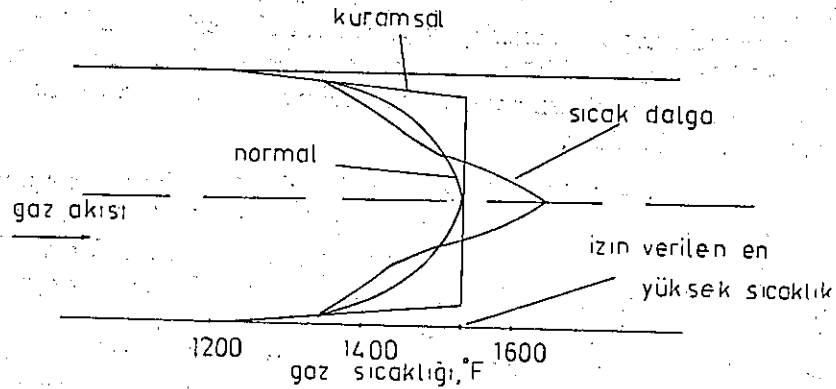
rafine yakıt yakıcılarından veya ağır endüstri fırının bir biriminin verdiği ısının 500 ile 1000 katı daha fazlası açığa çıkmaktadır. Yüksek bir ısıyı serbest bırakmaması durumunda, uçak ve gemi gaz türbinleri elverişli olmamaktadır.

(7) Az Duman Çıkaran Yanma Odası :

Savaş gemilerinin uzaktan düşman tarafından görülmesini önlemek için, yanma odalarında yanmanın iyi olması ve bacadan duman çıkarmaması gerekir.

(8) Düşük Karbon Teskili :

Karbon birikintileri kritik hava geçitlerini tıkayabilir ve layner duvarları boyunca yüksek metal sıcaklıkları oluşturur, böylece yanma odasının ömrü kısalmır.



ŞEKİL. 17. Bir yanma odasında sıcaklık dağılımı.

Yanma odasının içinde kalan karbon artıklarının birikmesine, bir gaz türbininin çalışma değişkenleri olan; basınç, giren havanın sıcaklığı, yakıt/hava oranı ve akış hızındaki değişme etki eder. Fakat bu etkiler, yanma odalarının tip ve yapılarındaki farklılıklarla değişir. Genellikle, sıcaklık ve basıncın etkisiyle (artmasıyla), artıkların etkisi kötüleşir, belirli bir noktadan sonra da bu artıklar yanmaya başlar. Yakıt/hava oranını arttırmak, birikintilerin artmasına etki eder, çünkü yakıtın tamamen yanması için yanma bölgesindeki oksijenin oranı çok az olur. Ek olarak, yakıt/hava oranındaki değişiklikler, yanma odası içindeki karbon birikintilerinin oluşma yerlerini de değiştirebilir. Keza, üzerinde

durulması gerekli bir nokta da şudur; yakıtın özelliğinin karbon artıklarının birikmesinde ve yanma odası performansında özel etkisi vardır ve bu husus yanma odası dizaynında göz önüne alınmalıdır.

Yanma odasının bütün gereksinmelerinin, çalışma koşullarının çok çok üstünde olacak şekilde ayarlanması gereklidir. Örneğin, hava akımı en fazla 50/1'e kadar, yakıt akışı en fazla 30/1'e kadar ve yakıt/hava oranları 5/1'e kadar değişebilir. Yanma odası basınçları 100/1 oranını kapsayabilir. Bu esnada yanma odasının giriş sıcaklıkları 700°F'dan daha fazla değişebilir.

D. YANMA ODASININ ÇALIŞMASI ÜZERİNE DİZAYN ETMENLERİNİN ETKİSİ :

(1) Hava Dağıtım Yöntemleri :

Verimli yanma için gerekli hava miktarı, makinanın içinden geçen toplam hava miktarından çok az olduğu için, yanma odası dizaynında önemli bir etmen, yanma bölgesiyle karışma bölgesi arasında doğru hava dağıtımının sağlanmasıdır. Toplam hava akış miktarından daha çoğu yanma için kullanıldıkça, en yüksek verimi devam ettirmek için daha yüksek yakıt/hava oranı gereklidir. Keza yanma odasına verilen havanın miktarının da yanma odası verimi üzerine etkisi vardır ve böylece hava giriş deliklerinin boyutu, sayısı, şekli ve yerleri yanma odası verimini etkiler.

(2) Fiziki Boyutları :

Basınç kaybını azaltmanın bir yöntemi, yanma odası, yarıçapını veya boyunu arttırmaktır. Arttırma, sıcak ve soğuk gazların karışması için daha çok zaman sağlar. Böylece basınç kaybıyla sağlanan çalıştırma için gerekli enerji miktarının çok fazla olması gerekmez. Eğer yanma odasının çapı çok büyük yapılırsa, uygun karıştırmayı ve ek layner yüzey alanına yeterli soğutmayı sağlamak için, basınç kaybı arttırılabilir. Eğer layneri soğutmak için fazla miktarda hava kullanılırsa sabit çıkış sıcaklığında yanmış gaz karışımının, layner içindeki yüksek sıcaklıktaki yanmış gazlardan ve layner dışında dolaşan havanın karışmasını sağlamak için basınç kaybında bir artmaya gerek vardır.

(3) Yakıt/Hava Karışma Menzili :

Yanma odasının yakıt/hava oranı, çalışma menzili veya püskürtme sınırı arttırılabilir. Birincisi, yanma odası çapını arttırarak

akış hızını azaltmak, diğeri ise yakıt nozulunda basınç düşmesini arttırarak yakıtın atomize olmasını ve dağıtılmasını geliştirmektedir. Bir yanma odasının yakıt/hava çalışma menzili, keza yanma havasının verilmesi ve dağıtılmasıyla arttırılabilir. Bir yanma odasının ilk ateşleme yeteneği, püskürtme sınırlarıyla yakından ilgilidir. Böylece, ilk ateşleme; yanma odası çapını büyültmekle, yanma havasının dağıtılmasını geliştirmekle, yakıt nozulu dizaynındaki değişiklik veya nozulda basınç düşmesini arttırmakla geliştirilebilir. Bir yanma odası laynerinin ömrü, büyük miktarda onun çalışma sıcaklığına bağlıdır. Bu sıcaklık, akan toplam havanın daha büyük bir kısmının taşımaya soğutma filmi ve layner boyunca yalıtıcı olarak kullanılmasıyla düşürülebilir. Bununla beraber, layner soğutmasındaki artma basınç kaybında bir artmayı gerektireceğinden emniyetli çalışma sıcaklığının devamı için kullanılan hava miktarı en az olmalıdır.

(4) Yakıt Nozulu Dizaynı :

Yakıt nozulu dizaynı yanma odası performansında önemli bir yer tutar. Nozul sadece yakıtı atomize etmek ve dağıtmak için kullanılmaz, aynı zamanda büyük miktarda yakıt akışını sağlar. Verilen bir yakıt sisteminde nozul boyunca küçük bir basınç düşmesi vardır ki, bu iyi atomizasyon için devam ettirilmelidir ve bunu kullanışlı bir yakıt tulumu sağlayabilir. Pek çok yanma odasında kullanıldığı gibi «basit girdap» tipi nozullar bu basınç sınırlamaları içerisinde makinanın yakıt gereksinmesini az çok karşılayabilir. İyi atomizasyonu devam ettirerek, makinanın yakıt gereksinmesini karşılamaya bir yolu da iki kademeli bir yakıt sistemi kullanmaktır. Alçak akış hızlarında mümkün en yüksek basınca ulaşıncaya kadar birinci kademe yalnız başına çalışır. Daha sonra «basınca duyarlı valf» açılarak, yakıt ikinci kademe geçitlerinden de geçerek, atomize olmaya başlar. Fazla basınç kullanmadan ve alçak yakıt akışlarında atomizasyon kalitesini ve püskürtme şeklini bozmadan birinci ve ikinci kademelerdeki toplam yakıt akışı, makinanın yakıt gereksinmesini karşılar. Bir yanma odası dizayn ve imal edileceği zaman bütün çalışma ve dizayn değişkenleri göz önüne alınmalıdır. Son durum (şekil) mümkün olan en iyi duruma çıkartılmalıdır, fakat buna rağmen % 100 yanma verimi, sıfır basınç kaybı, en uzun ömür, en az ağırlık ve en küçük ön alana sahip bir yanma odasının dizayn ve imali aynı zamanda mümkün değildir.

c. TÜRBİNLER :

Türbinin görevi, ürettiği güçle kompresör ve yükü çevirmektir. Birkaç ayrıcalığının dışında, gaz türbini imalatçıları aksenel akışlı tür-

bin üzerinde çalışmalarını yoğunlaştırmışlardır. Aksenel akışlı türbin iki ana elemandan oluşur. Bunlar sabit kanat serisi ve üzerinde hareketli kanatların bulunduğu türbin rotorudur. Türbin kanatları kendi aralarında iki ana tipe ayrılırlar ki; bunlar; impals ve tepkime türbinleridir. Modern gaz türbinlerinin kanatlarında her iki tipten de yararlanılmıştır.

Türbinin sabit kısmı, bir dizi düzenindeki kanat serilerini kapsar ki; küçük nozulların oluşturduğu bu seriyle çıkış gazları türbinin döner kanatları üstüne uygun bir açıyla çarpabilsin. Bu konumda sabit kanat topluluğu genellikle türbin nozlu gibi kabul edilir ve bunlar «nozlu kanatları» olarak adlandırılır.

1. NOZUL KANATLARININ GÖREVİ :

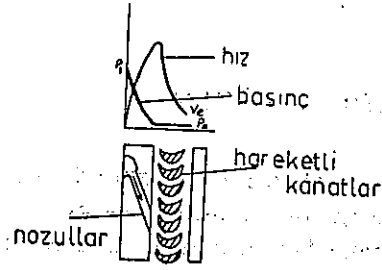
Nozul kanatlarının başlıca iki ana görevi vardır. Birincisi gazın bir kısım ısı ve basınç enerjisini dinamik veya kinetik enerjiye çevirmektir. Böylece gaz, türbin kanatlarına belirli bir kuvvet değeriyle çarpsın. İkincisi, nozul kanatları bu gaz akışını türbin döner kanatlarına uygun yönde çarpacak şekilde yönünü değiştirmelidir. Böylece gaz, türbin kanatları üzerine öyle bir yönde çarpmalıdır ki, kuvvetin büyük miktarı rotor düzleminde kalabilsin. Nozul birinci görevini Bernoulli kuralından yararlanarak yapar. Her hangi bir nozulda akış alanı kısıtlandığı zaman gaz ivmelenecek ve statik basıncın büyük miktarı dinamik basınca dönüşecektir. Etkinin derecesi, nozul kanadının giriş ve çıkış alanı arasındaki ilişkiye bağlı olacaktır ki, bu da türbinde kullanılan kanat tipiyle yakından ilgilidir.

Türbin nozul alanı makina dizaynının kritik bir parçasıdır. Çok küçük yapılan nozul alanı makinaya hava akışını kısıtlayacak, kompresör çıkış basıncı yükselecek ve kompresör sıkıştırmayı gereği gibi yapamayacaktır. Bu durum, bilhassa ivmelenme esnasında nozuldaki akış ses hızına yaklaştığında kritiktir. Ve bu durumda nozulda boğulma olabilir. Bir çok makina, nozulun bu boğulma durumunda çalışabileceği şekilde dizayn edilirler. Küçük çıkış alanları keza daha yavaş ivmelenmeye neden olur, çünkü kompresörün arttırılmış bir geri basınca karşı çalışması gerekmektedir. Arttırılmış nozul diyafram alanı makinanın daha hızlı ivmelenmesiyle, daha iyi çalışmasıyla, fakat daha yüksek özgül yakıt sarfiyatıyla sonuçlanacaktır. Nozul alanı fabrikada veya overhol esnasında ayar edilir, böylece gaz sürati bu noktada ses hızında veya ses hızı civarında olacaktır.

2. TÜRBİN TIPLERİ : (10)

a. İmpuls Türbin Tipleri :

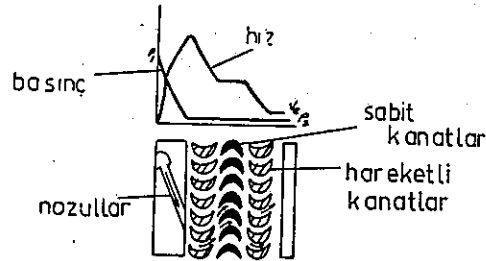
İmpuls türbininin en basit tipi, bir veya bir grup nozulla, nozullardan sonra gelen bir grup hareketli kanattan oluşmuştur. ŞEKİL—18. Gaz halindeki çalışma maddesi nozulda genişlerken bu işlem esnasında gazdaki mevcut ısı enerjisi kinetik enerjiye dönüşür. Daha sonra, yüksek hızdaki gaz jeti uygun bir açıyla dönen kanatlara çarptırılır. Bu kanatlar, hızdaki jetin kinetik enerjisinin büyük kısmını türbin şaftında işe veya güce çevirmeye muktedirdir. İmpuls türbininin özelliği, kuramsal olarak kanatlarda hiç bir basınç düşmesi veya genişlemesi olmayışıdır.



ŞEKİL. 18. Basit impuls türbini.

(1) Hız Bileşkeli İmpuls Türbini :

Kanatlar arasından akan gaz jetinin kinetik enerjisinin büyük kısmının işe çevrilmesi için türbin kanatları yaklaşık gaz jetinin yarısı kadar bir hızla hareket etmelidir. Santrifugal gerilmeler nedeniyle kanat hızları sınırlandırılacağından, kinetik enerjiden en fazla yararlanmak için en yüksek kanat hızına ulaşamaz. Hız bileşkeli de, iki veya daha çok hareketli kanat serisinin enerjiyi yutabilmesi için kanat hızları düşüktür. ŞEKİL—19, böyle bir türbinin kesidini göstermektedir. Birin-

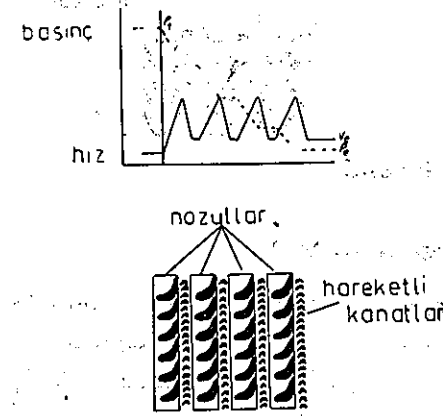


ŞEKİL. 19. Hız bileşkeli impuls türbini.

ci sırada nozuldan çıkan jeti, bir impuls türbininde olduğu gibi hareketli kanatlara çarpar. Bununla beraber, bu sırayı terkeden gazlar, türbin muhafazasına yerleştirilmiş olan sabit kanatlara girer ki, bu sabit kanatlar gazları tekrar ikinci hareketli kanat sırası üzerine yönlendirirler ve gazların üzerinde kalan kinetik enerjide bu kanat sırası tarafından yutulur. Yaklaşık olarak, kanat hızı gaz jeti hızının % 25'i olduğunda, gaz jetinin kinetik enerjisinin kanat tarafından en iyi yutulduğu hızdır. Bu basit impuls türbini kuralına aykırıdır. Çünkü basit impuls türbininde en uygun kanat hızı jet hızının yaklaşık % 49'udur. Hız bileşkeli türbinler genellikle Curtis türbinleri olarak adlandırılırlar.

(2) Basınç Bileşkeli İmpuls Türbini :

Basınç bileşkeli türbinde, gazın genişmesi bir kaç kademeye bölünmüştür. Her bir kademe bir veya bir seri nozul ve ardından gelen bir sıra hareketli türbin kanatlarından oluşmuştur. Her bir nozul sırasında, gaz jetinin kinetik enerjisi artırılır ve ardından gelen hareketli kanat sırasında gaz jetinin kinetik enerjisinin büyük bir kısmı yutulur. Hareketli kanat sırasını terkeden gazlar tekrar nozul sırasına girerlerki, burada basınç büyük miktarda düşer, hız artar ve onları izleyen hareketli kanat sırasında da, bu kinetik enerjinin büyük bir kısmı yararlı iş olarak yutulur. ŞEKİL—20 basınç bileşkeli kademeleri göstermektedir.

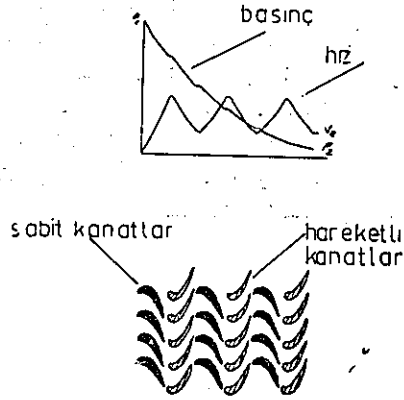


ŞEKİL. 20. Basınç bileşkeli impuls türbini.

Bu tür türbinler, impuls türbinleridirler ve bunlardaki hareketli kanatlarda kuramsal olarak hiç bir basınç düşmesi olmaz. Basınç düşmesinin tamamı nozullarda olur. Basınç bileşkeli kademeleri kullanan türbinler bazan Rateau türbinleri olarak adlandırılırlar.

b. Tepkime (Reaksiyon) Türbinleri :

Tepkime türbinlerinde, nozullar ve hareketli kanatlar aynı ke-site sahip şekilde yapılmışlardır. Gaz akış yönünde kanatlar incelerek bir genişleme nozulu oluştururlar. ŞEKİL—21 de bir tepkime türbini gö-rülmektedir. Basınç, hem sabit kanatlarda azalmaktadır, hemde hareketli kanatlarda azalmaktadır ve gaz hızı sabit kanatlarda artmakta, hare-ketli kanatlarda azalmaktadır. Sabit kanatlardan geçen gaz, genellikle kanatların hızından daha yüksek bir hızla hareketli kanatlara girecek şe-kilde yönlendirilir. Sabit kanatlar bir impals türbininin nozullarının gö-revini yaptığından, bu bakımdan bir tepkime türbini bir impals türbini-ne benzer. Bununla beraber, tepkime türbininde kullanılan hızlar daha düşüktür ve hareketli kanatlara giren gazların bağıl hızının yönü hemen hemen eksenedir.



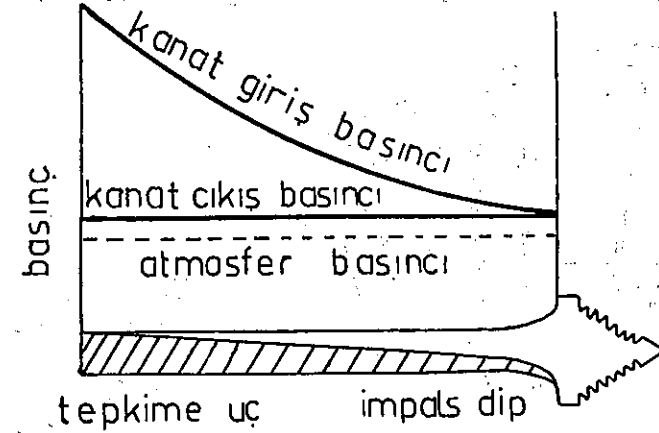
ŞEKİL 21. Tepkime türbini.

c. Tepkime İmpals Türbini :

Türbinlerde, hareketli kanatlara verilen güç yükünün kanat di-binden kanat ucuna kadar dengeli olarak dağıtılması önemlidir.

Dengesiz dağılım gazların kanatlardan değişik hız ve basınçlar-la çıkmasına yol açar. Kanat uçlarının kanat diplerinden daha hızlı döne-neceği açıktır. Çünkü, daha büyük bir çember üzerinde olduklarından alacakları yol daha fazladır. Elde edilebilecek tüm gaz hızı kanat diplerine uygulanırsa, diplerdeki ve uçlardaki kanat hızı farkı, uçlardaki ba-ğıl gaz hızını daha az yapar, bu da uçlarda daha az güç üretilmesi anla-mına gelir. Uygulamada bu sorunu çözmek için kanat dipleri impals ti-pinde, kanat uçları tepkime tipinde çalışır. ŞEKİL—22 de görüleceği gibi kanadın dibini «impals», uçlarını «tepkime» yapmakla kanat çıkışında

bir ölçüde sabit basınç elde edilebilir. İki basınç arasındaki değişen yük-seklik, kanat boyunca olan basınç değişimini gösterir.

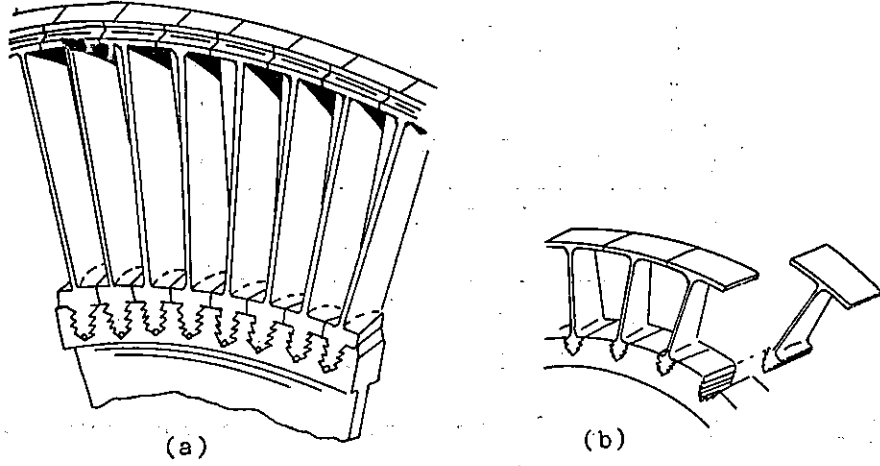


ŞEKİL 22. Bir türbin kanadının impals ve tepkime kısımlarındaki basınç değişimi.

3. TÜRBİN YAPISI :

Türbin tekeri makinanın en yüksek gerilmeye uğrayan kısımların-dan biridir. Bu bölüm, yalnız ortalama 1700° F da çalışmak zorunluğun-da olmakla kalmaz, aynı zamanda bu işi küçük makinalar için 8000 rpm' in üzerinde dönüş hızı ile meydana gelen ciddi merkezkaç yükler altında yapmak zorundadır. Sonuç olarak, türbini emniyetli çalışma sınırları içerisinde tutmak için, makina süratini ve türbin giriş sıcaklığını devam-lı olarak kontrol altında bulundurmamak gerekir. Türbin tekeri iki önemli kısımdan oluşmaktadır: Disk ve kanatlar. Teker veya disk, içerisinde bü-yük oranda krom, nikel ve kobalt ihtiva eden çelik alaşımı olmakla bir-likte, statik ve dinamik olarak dengelenmiş bir elemandır. Dövüldükten sonra disk makinadan geçirilerek şekil verilir, yapısal düzgünlüğün kont-rolu içinde röntgen ışınları ile magnetizma veya diğer kontrol yöntem-leri ile iyice incelenir. Sabit veya hareketli kanatlar disk'e, «çam ağacı dizaynı» ile birleştirilirler. Böylece santrifugal yüklere karşı kanat ile disks arasında kanadı sımsıkı tutarken bile, farklı değerlerde genişlemeye izin verir. Kanadı aksenel dönmeden; perçinleme yoluyla, özel bir kilitle-me aygıtı ile veya diğer türbin kademesi ile alıkonulur. Bazı türbin ka-natları açıkta ise de, diğerlerinde ŞEKİL—23 de görüldüğü gibi kapla-malar kullanılır. Kaplama, gerek kanat ucu kaybını, gerekse aşırı titre-simleri önler. Kanadın kıvrılmasına neden olan büyük yüklere karşı mü-

kavemette aynı zamanda azaltılır. Kaplamalı kanatlar aerodinamik bir üstünlüğe sahiptir, daha ince kanat kesitleri kullanılabilir ve uç kayıpları bu noktaya bıçak kenarı yada labirent sigiller konularak azaltılabilir



ŞEKİL 23. (a) Türbin kanat uçlarının birbirine temasıyla kaplamalar sağlanır. (b) Türbin kanatlarının diske «çam ağacı» bağlantısı.

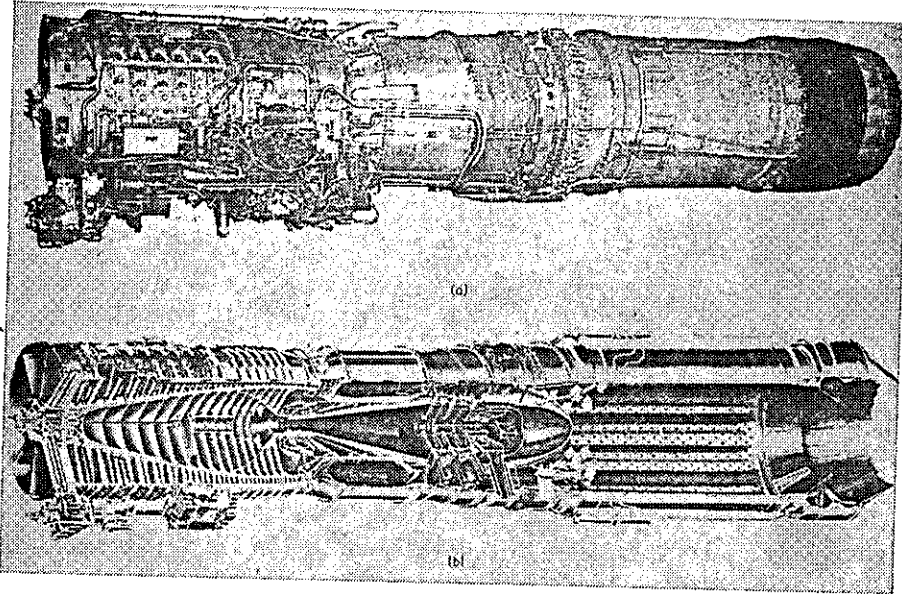
Kaplama nedeni ile türbin kanatlarının ucundaki fazla yükten dolayı, türbin hız (rpm) kaybına uğrar. Kaplama yapılmamış kanatlarında ise uçlar ya kesilebilir ya da oyularak türbin mükemmeliyeti sağlanır. Türbin kanatları, büyük miktarda çelik alaşımıyla, dövüldükten sonra dik-katle kontrol edilen bir dizi makinalama ve titiz incelemelerden geçer. Birçok makina üreticileri değiştirme gerektiğinde rotor dengesini sağlamak için kanat üzerine «moment weight» numarasını koyarlar. Kanat sıcaklığının belirli sınırlar arasında tutulması için kompresör aracılığı ile türbin yüzeyinden soğuk hava geçirilir ve konveksiyon ile soğutma yapılır. Bazı gaz türbinlerinde tek kademe türbin kullanıldığı halde bazıları birden fazla türbin tekerleği kullanmaktadır. Çok kademeli türbinlerin kullanılması, kompresörün döndürülmesi için büyük türbin tekerleği gerektirecek durumlarda olur. İki veya daha fazla türbin tekerleği kullanıldığında da nozul diyaframı her türbin tekerinin önüne yerleştirilir. Çok kademeli türbin ile tek kademeli türbin arasında çalışma bakımından bir fark yoktur. Sadece birinciyi izleyen kademeler düşük gaz hızında, basıncında ve sıcaklığında çalışmaktadır. Her iki türbin kademesi bir evvelkinden daha düşük basınçtan hava aldığı içindir ki, son kademeler için daha geniş kanat alanları gerekmektedir. Böylece kademeler arasın-

da eşit yük dağılımı olur. Her kademedeki çıkartılan enerji bu kademe yapılan iş ile orantılıdır. Çok kademeli türbinler ortak bir shafta bağlıdır. Bununla beraber, bazı çok kademeli makinalarda birden çok kompresör bulunmaktadır. Bu gibi durumlarda bazı türbin tekerleri bir kompresörü geri kalanlar ise diğerini çevirecektir.

Bölümün başında da belirtildiği gibi türbin tekerleği gerek yüksek hızda, gerekse yüksek ısıya maruz bırakılmıştır. Bu aşırı durumlar nedeni ile türbin kanatları boyca uzayarak kolayca şekil bozukluğuna uğrarlar. Bu bükülmeler ve bozulmalar yukarıda belirtilen etkiler nedeni ile devamlı olarak arttığı için makinanın kullanılmasında imalatçının belirttiği sıcaklık ve hız sınırlarının üzerine çıkmamak gerekir.

V. SAVAŞ GEMİLERİNDE KULLANILAN GAZ TÜRBİNLERİ :

İleri ülkelerin Deniz Kuvvetlerinde, gemi gaz türbinleri için gerekli olan politika; gemilerde kullanmak için yeni bir gaz türbini dizayn ve imal etmek yerine, halen uçaklarda kullanılan türbojet makinalarda yapılacak değişikliklerle yeni bir gemi gaz türbini tipi ortaya çıkarmaktır. Bu düşünceyle, gerek A.B.D. de, gerekse de İngiltere'de pek çok tipte gemi gaz türbini ortaya çıkmıştır. Bu gün, savaş gemilerinde sevk gücü olarak kullanılan gaz türbinlerinin en önemlilerini A.B.D.'de General Electric ve Pratt and Whitney firmasına bağlı Turbo Power and Marine firmaları ile İngiltere'de Rolls—Royce firması yapmaktadır. General Electric firmasının imal ettiği LM 1500 gemi gaz türbini gerçekte, ŞEKİL—24 de



ŞEKİL. 24. J79 türbojet makinası; (a) Dıştan görünüş, (b) kesit görünüş

görülen J79 türbojet makinasından, gemide kullanılmak için türetilmiştir. Eksenel akışlı J79 türbojet makinası; F—4 Phantom, F—104 Starfighter, RA—5C Vigilante, B—58 Hustler savaş uçaklarında kullanılmaktadır ve özellikleri şunlardır :

Kompresör kademe adedi	: 17
Türbin kademe adedi	: 3
Yanma odası adedi	: 10
Deniz Düzeyinde en yüksek gücü	: 15000—18000 lb.
En yüksek güçteki özgül yakıt sarfiyatı	: 2.0 (yaklaşık)

En yüksek devir komp. basınç oranı	: 12:1—13.5:1 (yaklaşık)
En büyük kuru ağırlığı	: 3600 lb. (yaklaşık)

Buna benzer şekilde, General Electric firması imal etmiş olduğu, LM 2500 ikinci kuşak gemi gaz türbinini de yine, C—5A Galaxy askeri nakliye uçağında kullanılan TF 39 türbofan ile DC—10 yolcu uçağında kullanılan CF6 türbofan makinalarından türetmiştir.

LM 1500 gaz türbininin türetildiği J79 türbojet makinasındaki ard yakıcı (afterburner) çıkartılmış, yerine güç türbini ve geriye doğru olan güç çıkış şaftı konulmuştur. LM 2500 gaz türbininin türetildiği TF 39 ve CF 6 türbofan makinalarında ise, fan ve fanı çeviren alçak basınç türbini kaldırılmış, yerine güç türbini ve geriye doğru olan güç çıkış şaftı konulmuştur.

General Electric firması tarafından geliştirilmekte ve 1979 yılında gemilerde kullanılmaya hazır duruma gelecek olan LM 5000 gemi gaz türbini ise, CF6—50 türbofan makinasından türetilmiştir ve bu makina DC—10—30, A 300 B AIRBUS, Boeing 747 yolcu uçaklarında kullanılmaktadır. LM 1500 ve LM 2500 gemi gaz türbinlerinin yapısı Şekil—6'ya benzemesine karşılık, LM 5000 gemi gaz türbininin yapısı Şekil—7'ye benzemektedir. (11)

Yukarıda adı geçen LM 1500 gemi gaz türbinleri ve J79 türbojet makinaları, General Electric firmasının lisansıyla Japonya, İtalya, Belçika, Kanada ve Fedral Almanya'da, LM 2500 gemi gaz türbinleri ise Federal Almanya, İtalya ve İngiltere'de imal edilmektedir.

General Electric firmasının yanısıra, Pratt and Whitney firmasının bir alt kuruluşu olan Turbo Power and Marine firması da; 1961 yılında; RF 101 Voodoo, F—8E Crusader, F—105 Thunderchief, B—52 G, F—100 Super Sabre savaş uçaklarında kullanılan J57 türbojet makinasının yapısal özellikleri bakımından benzeri olan ve F—106 Convair savaş uçağında kullanılan J75 türbojet makinasından bir gemi gaz türbini türetmek için ilk çalışmalara başlamış ve yapılan bu çalışmalar sonunda, bugün birçok savaş gemisinde ana sevk makinası olarak kullanılan FT4 gemi gaz türbini geliştirilmiştir. Ayrıca, Boeing 747, DC—10—40 yolcu uçaklarında kullanılan JT9D—70 türbofan makinasının yüksek basınç kompresörü ve güç türbini birleştirilerek, FT9 gemi gaz türbini geliştirilmektedir ve bu makina suüstü savaş gemilerinde kullanılmak üzere 1978 yılında hazır olacaktır. FT4 ve FT9 gemi gaz türbinleri yapı olarak, Şekil—7 deki gemi gaz türbinine benzemektedir.

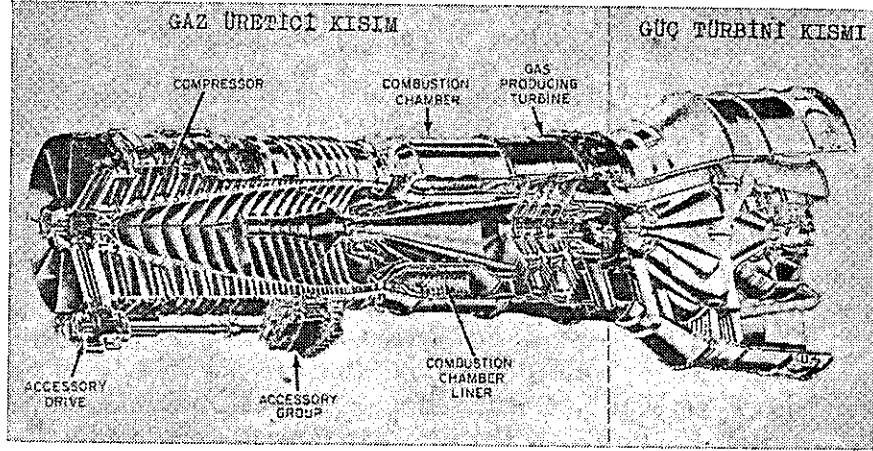
A.B.D. 'dekine benzer şekilde, İngiltere'de de uçak türbinlerinden türetilme gemi gaz türbinleri imal edilmekte ve savaş gemilerinde başarıyla kullanılmaktadır. Bunlar içerisinde Olympus ve Tyne gaz türbinleri yapı itibarıyla birbirlerine benzemektedirler ve bunlar, Şekil—7'deki gibi iç içe ve ayrı şaftlı gemi gaz türbinleridir. Rolls—Royce firması tarafından imal edilmekte olan Olympus, Tyne ve Proteus gaz türbinlerinden; Tyne ve Proteus gaz türbinleri gerçekte birer türboprop makinalardır, ve Tyne gaz türbini Canadair 440 uçaklarında kullanılmaktadır. Olympus gemi gaz türbini ise; Vulcan uçaklarında kullanılan Olympus 201 jet makinasından türetilmiştir.

Savaş gemilerinde ana makina olarak kullanılan bazı önemli gaz türbinlerinin ayrıntılı bilgileri aşağıda verilmiştir.

GE LM1500

General Electric firmasının LM1500 gemi gaz türbini; bir gaz üretici kısım ve bir güç türbini ile hidromekanik kontrol sistemlerinden oluşmuştur. Bu makina, özenle seçilmiş malzemenin ve kaplamaların kullanılması ile, kompresör ve türbin kanatlarındaki aşındırmayı önleyici bir duruma getirilerek, denizdeki çalışma koşullarına uydurulmuştur.

Gaz üretici kısım; hava kompresörü, yanma odası ve türbinden oluşur. Gaz üreticinin giriş bölümü, sakin ve türbülans olmayan havayı kompresör girişine yöneltir. ŞEKİL—25'de LM1500 gemi gaz türbini görülmektedir. (12)



ŞEKİL. 25. LM1500 Gemi gaz türbini kesiti.

Hava Kompresörü :

Eksenel akışlı hava kompresörü 17 kademelidir. Dış gövde içindeki giriş rehber kanatları ile statorun ilk altı kademesinin sabit kanatları piç kontrollüdür. Kompresör; hareketli rotor kanatların 17 diski ve kademesi ile 16 ara parçası, 4 tork konisi, 7. kademe hava bölümü ile ön ve arka taşıyıcı şafttan oluşur. Ön taşıyıcı şaft, masuralı bilya ile yataklandırılmış olup, yalnızca radyal yükleri taşır. Kompresör ön şasesi; havanın giriş yolunu oluşturur, rotorun önünü destekler, alüminyumdan yapılmış olup 8 eşit aralıklı içi boş payandadan oluşmuş bir dış kabuktur. Burada; bir numaralı yatak, giriş dişli kutusu, yatak yağ karteri ve buzlanmayı önleyici havayı dağıtım manifoldu bulunmaktadır. Kompresör arka şasesi, kompresörden çıkan hava için dairesel bir şekilde difüze oluşturur. Kompresörün basınç oranı 13:1 dir.

Yanma Odası :

Yanma odası; dış yanma gövdesi, iç yanma gövdesi, 10 adet laynerden oluşur. Yanma odası çevresel kutu tipindedir. Kompresörden gelen basınçlı hava, yanma odasına dış yanma gövdesi içinden geçer ve bir kısım hava, yanmanın olabilmesi için laynerlere girer. Her laynerde bir adet yakıt memesi vardır ve laynerler çapraz ateşleme boruları ile birbirlerine birleştirilmiştir. Ateşleme yalnızca bir laynerde bulunan ateşleme bujisi ile başlayıp, diğer laynerlere çapraz ateşleme borularıyla geçer. Yanma olayı bütün laynerlerde meydana gelince elektrikle ateşleme otomatik olarak devreden çıkar. Yanma düzenli ve sürekli dir.

Gaz Üretici Türbini :

Gaz üretici türbini 3 kademeli olup; rotor ve stator olmak üzere, iki ana kısımdan oluşur. Stator'da; türbinin her kademedeki hareketli kanatlarına sıcak gazlar türbin nozuluyla gaz jeti olarak etki ederler. Türbin Rotoru; ön ve arka taşıyıcı şaftının içi boş ve konik olarak imal edilmiş olup, gerek rotorun soğutulmasını sağlamak için kompresör yedinci kademe havasına geçiş sağlar ve kompresör rotorunu çeviren tork halkaları ile torku oluşturur, gerekse de ön taşıyıcı şaftı ile kompresör rotorunun arka taşıyıcı şaftının biraraya gelmesiyle gaz üretici kısmın iki numaralı yatağını oluşturur. Rotorun arka taşıyıcı şaftında üç numaralı yatak vardır. Sıcak gazlar güç türbinine, gaz üretici türbinin üçüncü kademesini terk ederek girerler. Gaz üretici türbin ve kompresörünün dönüş yönü, saat yelkovanının dönüş yönündedir.

Güç Türbini :

Güç türbini tek kademeli olup, gaz üretici türbinin rotoru ile aralarında mekanik bir bağ olmaksızın çalışır. Gaz üreticinin dönüşünün aksi yönde döner ve üretilen güç bir şaftla dışarı alınır.

GE 7LM1500PE103 GEMİ GAZ TÜRBİNİNİN TEKNİK BİLGİLERİ :

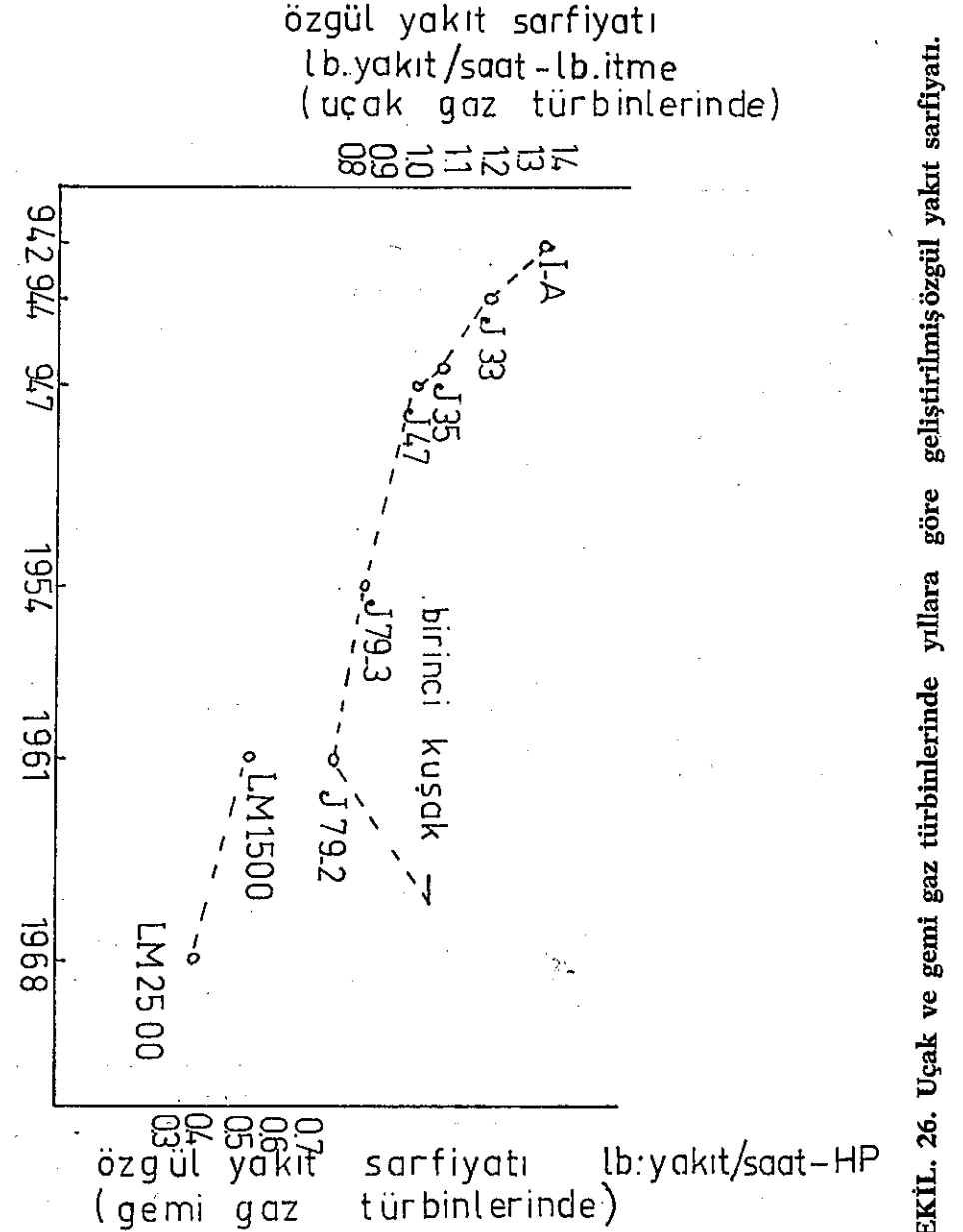
	Yüksüz	Normal Devamlı Güç	En Yüksek Devamlı güç
Güç şaftı çıkış gücü	: —	12 500 HP	14 000 HP
Kompresör Giriş sıcaklığı	: 100° F	100° F	100° F
Güç türbini giriş sıcaklığı	: 700° F	1070° F	1120° F
Gaz üreticinin dakikada devir adedi	: 4000	7130	7300
Güç türbininin dakikada devir adedi	: 3200	5500	5500
Nozullardaki yakıt basıncı (psig)	: 125	350	380
Kompresör çıkış basıncı (psig)	: 23	130	140
Yakıt sarfiyatı (Deniz düzeyinde, sıfır nisbi nemlilikte, Marine Diesel Fuel MIL—F—16884 18300 BTU/lb. için)	: —	0.597 lb/HP saat	—
Gaz Türbini uzunluğu (Gaz üretici ve güç türbini ile)	: —	191.65" ;	486.79 cm.
Gaz üreticinin uzunluğu (hava giriş başlığı ile)	: —	139.39" ;	354.05 cm.
Güç Türbini uzunluğu	: —	52.26" ;	132.74 cm.
Gaz türbini ağırlığı (Gaz üretici ve güç türbini ile)	: —	6150 lb. ;	2785.950 kg.
Gaz üreticinin ağırlığı	: —	3040 lb. ;	1377.120 kg.
Güç türbini ağırlığı	: —	3110 lb. ;	1408.830 kg.

GE LM2500

LM2500 veya ikinci kuşak gemi gaz türbinini, birinci kuşak LM 1500 gemi gaz türbininden ayıran esas özellik; geliştirilen performansı ile gaz türbininin yakıt ekonomisi, aynı güçteki diğer gemi makinalarına nazaran doğrudan doğruya kıyaslanabilir bir üstünlük göstermesidir. Örneğin; gücü 25 000 HP olan LM2500 ikinci kuşak gaz türbininin özgül

yakıt sarfiyatı 0.38 ile 0.42 libre yakıt/HP—saat arasındadır. Bu değer; gerek dizel, gerekse buhar güç makinalarıyla kıyaslanabilir.

Tarihi gelişmesi içerisinde, uçak gaz türbini performans ve güvenilirlik bakımından devamlı bir gelişme göstermiştir. ŞEKİL—26 dan



görülebileceği gibi; dikkat edilecek durum şudur ki, on—oniki yıl içerisinde ilk Amerikan jet makinası olan General Electric I—A gaz türbinine nazaran J79 gaz türbininde özgül yakıt sarfiyatı yarıyarıya azalmıştır. Son birkaç yıl içerisinde, TF 39 türbofan uçak gaz türbininden türetilen LM 2500 gemi gaz türbini yakıt sarfiyatında şaşırtıcı bir azalma göstermiştir. Birinci kuşak gemi gaz türbini LM1500 ile ikinci kuşak gemi gaz türbini LM2500 arasındaki aynı önemli gelişme de gösterilmiştir. (13)

Benzer şekilde, gaz türbinlerinin güvenilirlikleride arttırılmış ve overholler arası çalışma zamanı birkaç yüz saatten; J79 uçak gaz türbininden türetilen LM1500 gemi gaz türbininde 12 000 saatten daha fazlaya çıkartılmıştır.

İkinci kuşağın temsilcisi LM2500 gemi gaz türbini, gerçekte TF39 türbofan uçak gaz türbininin ön fanı ve onun şaftı çıkartılarak, yerine arka tarafta bir güç türbini ve geriye doğru onun uzantısı güç çıkış şaftının konulmasıyla türetilmiştir. Ek olarak, LM2500 gaz türbininde hava ve yakıtta, korozyona neden olan yabancı maddelerin zararlı etkilerini önleyici özellikler de vardır.

Diğer taraftan TF39 ve LM2500 gaz türbinleri birbirlerinin benzeridirler. Bu nedenle, türetilmiş LM2500 gaz türbininin dönen makina ve güç üretici kısımlarındaki elemanlarının yapı ve çalışmalarının uygunluğu 15 000 saat çalıştırılarak, TF39 gaz türbininin elemanları da yaklaşık 160 000 saat çalıştırılarak denenmişlerdir.

LM2500 gaz türbini; 16 kademeli ve değişken statorlu kompresör, dairesel kesitli ve çevresel bir yanma odası, iki kademeli ve hava soğutmalı gaz üretici türbin ve altı kademeli güç türbininden meydana gelmiştir. Güç türbini ile gaz üretici türbin birbirlerine aerodinamik olarak bağlantılıdır. Şaft gücü, güç türbininden geriye doğru uzanmış olan bir şaftla alınmaktadır.

LM2500 gaz türbini saniyede 135 libre hava harcamakta, egzost gazı sıcaklığı 980°F ve havanın 80°F giriş sıcaklığı için vereceği maksimum güç 25 000 SHP'dir. Bütün makinanın toplam boyu sadece 20 feet ve ağırlığı yaklaşık olarak 10500 libredir.

Yeni kuşak gaz türbinleri; performans, ömür, güvenilirlik ve bakım—tutum olarak birçok özellikler bakımından büyük gelişmeler göstermiştir. Performans bakımından en önemli husus; çok geliştirilmiş çevrim verimi, ömür bakımından önemli husus; TF39 gaz türbinlerindeki çalışma sıcaklık ve basınç düzeylerinin korunmuş olması, güvenilirlik bakımından önemli husus; geliştirilmiş malzemeler, imalat teknikle-

ri, sıkı emniyet testleri, bakım—tutum bakımından önemli husus ise; her kısım ayrı muhafazası olacak şekilde dizayn özelliği, hafif yapı, muayene kolaylığı ve durum izleme koşullarının var olmasıdır.

Çevrim Verimi :

Birinci kuşak gaz türbini olan LM1500 ile bir kıyaslama yapıldığında, LM2500 gaz türbini kompresöründe basınç oranı daha yüksektir (LM1500) gaz türbininde 13 : 1 olmasına karşılık, LM2500 gaz türbininde 18 : 1'dir), türbin giriş sıcaklıkları birkaç yüz derece daha yüksektir. Belirgin olan özellik şudurki; daha yüksek basınçlar ve sıcaklıklar daha yüksek verim sağlarlar. Daha yüksek sıcaklık ve basınçta çalışmak, makinanın içinden akan her bir libre hava için daha fazla beygir gücü üretiyor, demektir. LM2500 gaz türbininde bu özgül güç, bazı birinci kuşak gaz türbinlerinin iki katından büyüktür. Gemi inşacılar ve işletmeciler için önemli bir sonuç; daha küçük hava giriş ve gaz çıkış yollarına gerek olması ve böylece güverte altında ve üstünde daha az yer kaplamasıdır.

Uçak gaz türbinlerinden türetilen gemi gaz türbinlerinin önemli özelliği, değişik akaryakıtları yakabilmesidir. LM2500 gaz türbini verimli olarak JP5, çok amaçlı yakıtlar ve dizel yakıtı kullanabilecek şekilde dizayn edilmişlerdir. Deniz harekâtındaki önemi nedeniyle, LM2500 gaz türbininin yanma odası dizaynı çok geliştirilerek gözle görülebilir ekzost gazlarının bacadan çıkması önlenmiştir. JP4 yakıtı kullanarak tam güçte çalışan bir gaz türbininde bütün çalışma bölgesi boyunca sadece ısı dalgaları gözle görülebilmektedir. Son zamanlarda, daha ağır damıtılmış yakıtların yanma odalarında yakılmasıyla yapılan testlerde çok düşük düzeyde duman çıkardıkları görülmüştür.

Güvenilirlik ve Bakım—Tutum :

Birinci kuşak gaz türbini ile kazanılan tecrübeler, ikinci kuşak gaz türbininin güvenilirlik, ömür ve bakım—tutum işlemlerinin geliştirilmesi bakımından yardımcı olmuştur. Örneğin, daha önceki makinalarda pek çok çalışma müddetinden sonra, vida deliklerinde ve daralan kısımlardaki gerilme birikimleri nedeniyle ömrünü sınırlayan çatlamlar meydana gelmiştir. LM2500 gaz türbininde imkân nisbetinde bu tür vida delikleri ve daralan kısımların dizaynından kaçınılmıştır. Sonuç olarak, elemanların çalışma süresi eskilerine nazaran en az beş katına çıkartılmıştır.

Bütün makina boyunca önemli yerlerde kontrol için gözetleme delikleri bırakılmıştır ki; böylece makinayı sökmeden gerekli yerleri gözle kontrol etmek mümkündür. Kompresör ve türbin muhafazaları ayrı

olarak dizayn edildiğinde, makina söküleceğinde bu büyük bir kolaylık sağlar. Eğer gerek olursa, yerleştirilmiş durumdan çok az kaydırmakla makinanın pek çok parçaları değiştirilebilir.

Korozyondan Koruma :

Gemi gaz türbinleri korozyon problemine karşı dikkatlice korunmayı gerektirir. Birinci kuşak gaz türbinlerinde korozyondan etkilenen parçalarını korozyona dayanıklı tabakayla kaplayarak bu sorun giderilmiştir. «Soğuk» kısımda (yanma odasından önce olan eleman) Sermetel-W ve Silikon Alüminyum boyaları gibi yüksek sıcaklığa dayanıklı özel boyalar değişik başarı derecesinde kullanılmıştır. LM2500 gaz türbininde, soğuk kısımdaki parçalar gerçekte korozyona karşı direnci olan metallerden yapılmıştır (Titanyum, Inco 718, A286 ve 17—4PH).

Bununla beraber «sıcak» kısımda korozyon problemi daha büyüktür ve bu nedenle daha önemli koruma tedbirleri alınmıştır. Birinci kuşak gaz türbinlerinde, türbinin sabit ve hareketli kanatlarının alüminyum bir tabaka ile kaplanmasının değeri kendisini ispat etmiştir. Çok yüksek sıcaklıklar uygulandığından, bu kaplama tabaka esas kanat metalinin içine bir «inç» in binde biri veya üçü kadar nüfus etmekte ve yüksek sıcaklıkla temas halinde iken korozyon tehlikesini etkili bir şekilde önlemektedir.

Korozyondan korunmada türbin soğutma teknolojisi de keza çok önemlidir. LM2500 gaz türbininde, türbinin birinci kademe sabit ve hareketli kanatlarında nisbeten soğuk ve temiz hava tabakası ile soğutma yapılmaktadır. Bu soğuk hava film tabakası bir tampon gibi çok yüksek sıcaklıkta akan hava akımının ve yakıt artıklarının kanatları etkilemesini çok yüksek derecede önlemektedir. Kanatların korozyona dayanıklı maddelerle kaplanmasına ek olarak, hava film tabakası ile soğutma, birinci kuşak gaz türbinine nazaran türbin elemanlarının ömürlerini çok daha fazla uzatmıştır.

Eleman Teknolojisi :

a. Kompresör :

LM2500 ikinci kuşak gaz türbininin kompresörü, LM1500 birinci kuşak gaz türbinine nazaran geliştirilmiş aerodinamik yeniliklere sahiptir. Örneğin, LM2500 gaz türbininin kompresör verimi dört önemli noktada LM1500 gaz türbinini kompresör veriminden yüksektir. Bu yüksek verim, geliştirilmiş radyal dağılımı dizayn tekniği, yeni kanat vurma açısı yerleştirme yöntemi ve kademeler arası uygunluğun sonucudur.

Daha yüksek kanat ucu hızları ve daha yüksek yarıçap oranlarının sonucu olarak, LM2500 gaz türbininin 16 kademeli kompresöründe en yüksek basınç oranı 18 : 1 olmasına karşılık, LM1500 gaz türbininin 17 kademeli kompresöründe en yüksek basınç oranı 13 : 1 değerindedir. Bu aerodinamik gelişmeler, yüksek performanslı ikinci kuşak LM2500 gaz türbinini kompresörünü ortaya çıkarmıştır.

b. Yanma Odası :

Çevresel yanma odasında 30 adet yakıt nozulu vardır. Bu miktar yakıt nozulu, iyi bir yakıt püskürtmesi sağlar ve gaz sıcaklığının düşmesini azaltır. Yanma odası duvarının iç yüzeyinin bazı noktalarında aşırı ısınmaları önlemek için soğutma havasını dikkatli şekilde kontrol edecek dizayn yapılmıştır. Bu özellikler yanma odası duvarının yüzeylerini serin tutarken, yanma odası layneri içersinde daha yüksek sıcaklık artmasını sağlar.

c. Türbin :

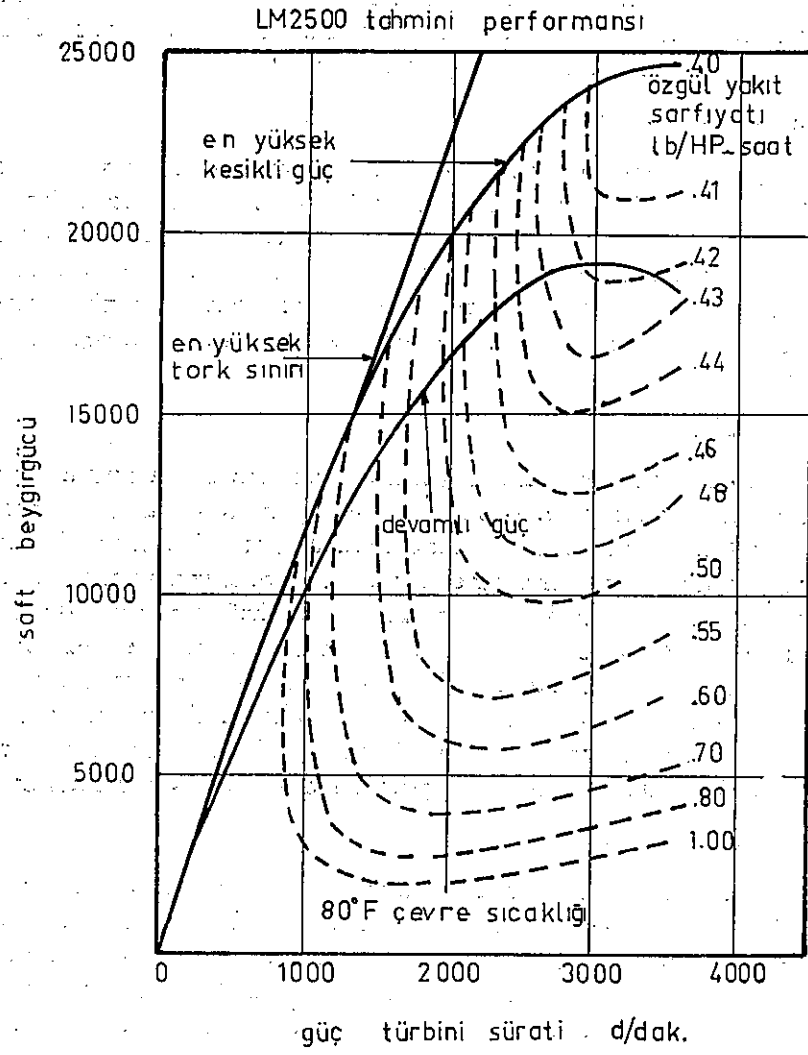
Makinadaki en yüksek sıcaklık, gaz üretici türbinine girer. Bu nedenle, daha önceki makinelerde içleri boş sabit ve hareketli kanatlar kullanılmıştır. İkinci kuşak LM2500 gaz türbinlerinde ise gaz sıcaklıkları daha yüksek olmasına rağmen, konveksiyon ve film soğutması nedeniyle metal sıcaklıkları gerçekte daha düşüktür. En yüksek konveksiyon ve film soğutması için türbin kanatları içersinde özel bir ameliye ile uygun şekilde küçük delikler açılmıştır. Bu delikler nisbeten küçük ve bu deliklerden akan hava miktarı çok dikkatli kontrol edildiğinden, binlerce saat çalışma sonunda bile bu delikler tıkanmazlar. Gaz üretici türbinini iki kademeli olup, kompresörü çevirmek için kullanılır.

d. Güç Türbini :

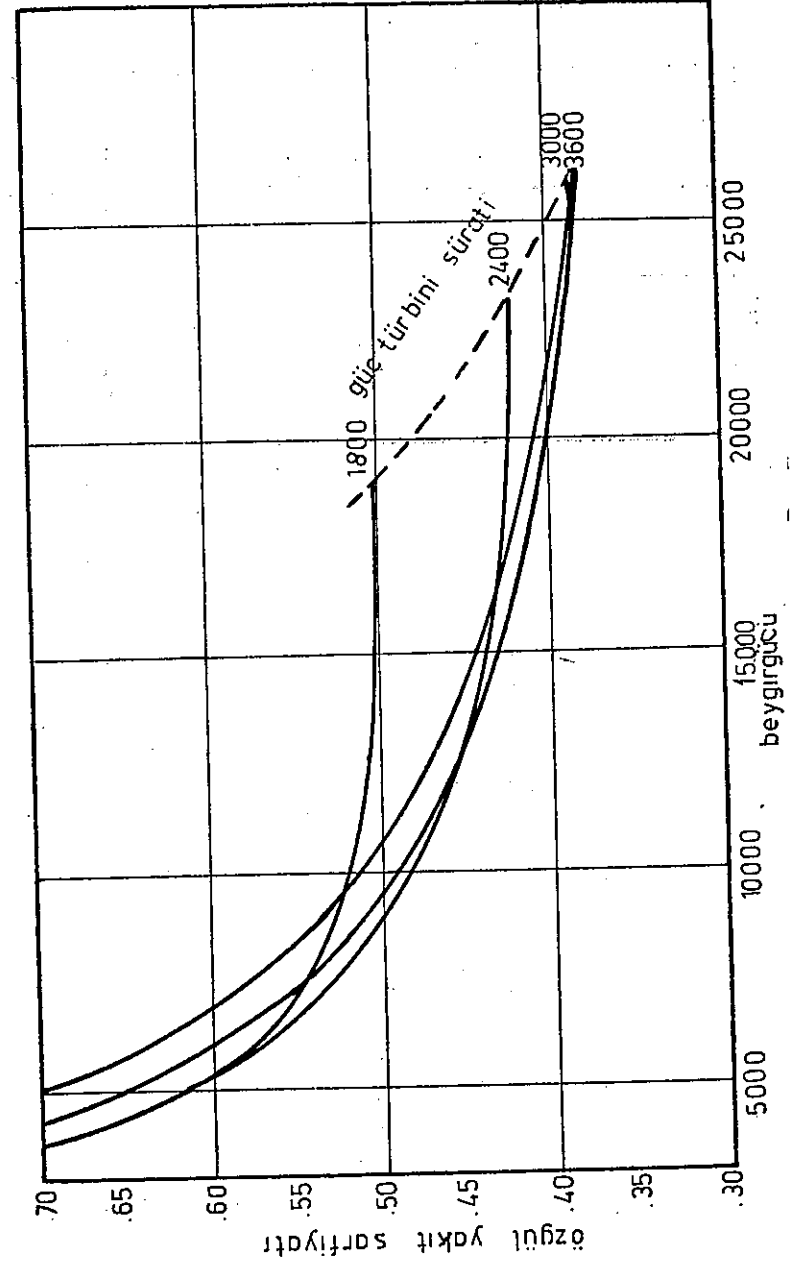
LM2500 gaz türbinini altı kademeli bir güç türbinine sahiptir. Fazla adette kademeler, küçük çaplarda ve düşük türbin süratlerinde daha yüksek verimler verirler. Sıcaklık düzeyleri düşük olduğundan, bu elemanda özel bir soğutmaya gerek yoktur. LM2500 gemi gaz türbininin performans eğrileri ŞEKİL—27'de, özgül yakıt sarfiyatına karşılık ürettiği güç eğrileri ŞEKİL—28'de, birinci kuşak gaz türbinine göre nisbi yakıt ekonomisi ise ŞEKİL—29 da gösterilmiştir. (14)

GE LM5000

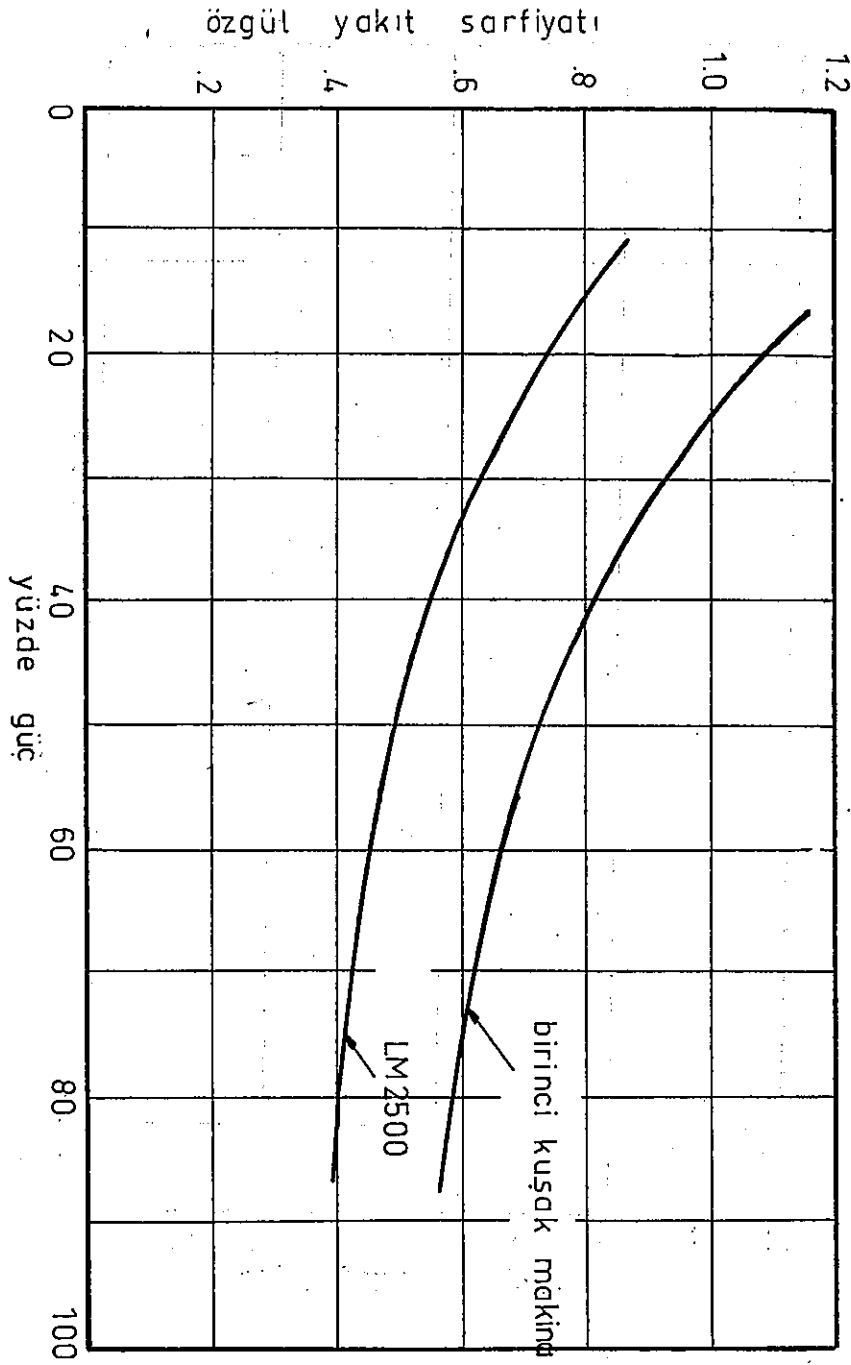
General Electric firması tarafından endüstride ve gemilerde kullanılmak üzere, uçak gaz türbinlerinden türetilen yeni bir gaz türbinidir. Bildirildiğine göre, bu gaz türbinini 1979 yılında gemilerde kullanılmaya başlanacaktır.



ŞEKİL. 27. LM2500 gemi gaz türbininin performans eğrileri.



ŞEKİL. 28. Gemi gaz türbininin özgül yakıt sarfiyatına karşılık ürettiği güç.



ŞEKİL-29. LM2500 Gemi gaz türbininin, LM5000 gemi gaz türbinine göre yakıt ekonomisi.

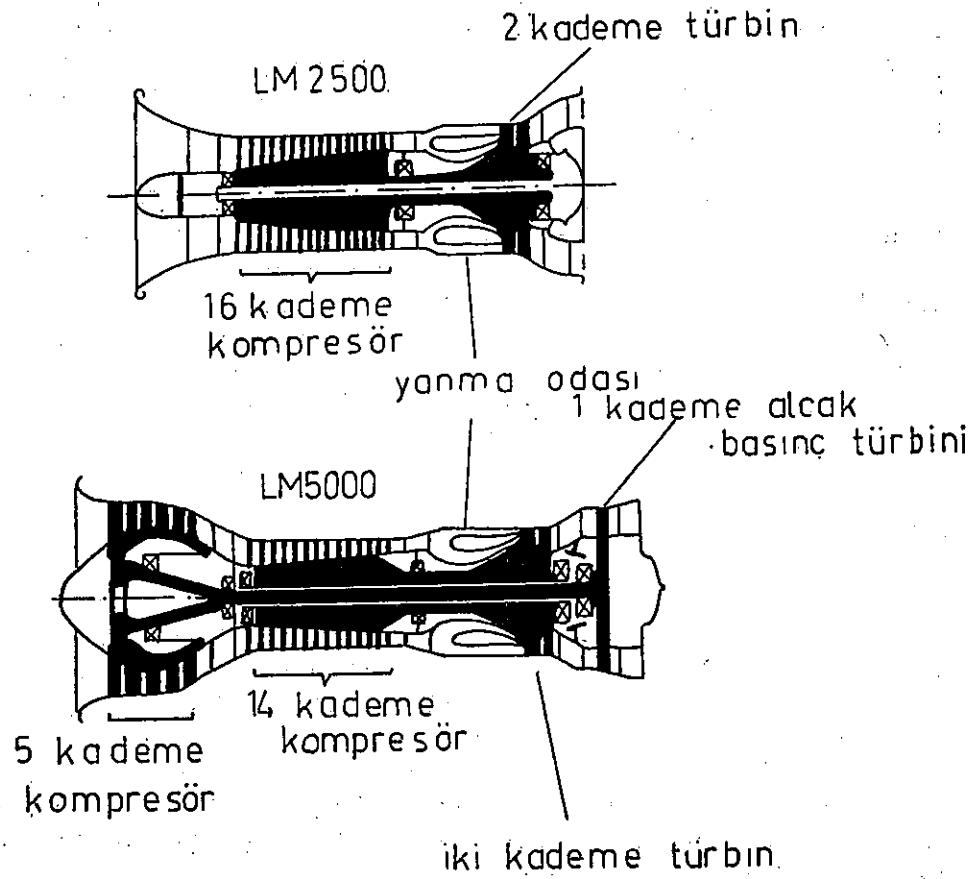
CF6—50 türbün makinasından türetilen LM5000 gemi gaz türbini yaklaşık 60.000 beygirgücü üretecektir ki, bu güç bu güne kadar bir gemi gaz türbininde alınan en yüksek güç olacaktır. General Electric firmasından bildirildiğine göre, LM5000 gaz türbini sadece ürettiği yüksek güç nedeniyle değil, aynı zamanda en büyük dizel makinalarına nazara daha iyi yakıt ekonomisine sahip olduğu için dikkati çekmektedir. Örneğin, 40.000 ile 60.000 beygirgücü arasında bir çıkış için, bu gaz türbininin özgül yakıt sarfiyatı 1.4—1.5 kg. yakıt/HP/saat olmaktadır ki; bu halen gemilerde kullanılan en ekonomik gaz türbinine nazaran en az % 10 yakıt ekonomisini temsil etmektedir. Yüksek güç çıkışına karşılık, uygun bir büyüklüğe sahiptir ve boyu 27 feet (8.20 m), ağırlığı 19.900 libre (9000 kg.) dır.

LM5000 gaz türbininin gaz üretici kısmı, çift rotorludur; alçak basınç ve yüksek basınç sistemlerini içerir (LM2500 tek rotorludur). ŞEKİL—30'da LM2500 ve LM 5000 gaz türbinlerinin gaz üretici kısımlarının karşılaştırılması gösterilmiştir. Yüksek basınç sistemi; CF6—50 makinasının 14 kademeli kompresörünü, çevresel yanma odasını ve iki kademeli yüksek basınç türbinini içermektedir. Alçak basınç sistemi; tek kademeli alçak basınç türbininin iç şaftla çevirdiği beş kademeli alçak basınç kompresöründen oluşur. LM5000 gaz türbini, daha önce LM2500 gaz türbinine kullanılan aynı devir düşürücü dişliyi kullanacaktır. (15)

PW FT4

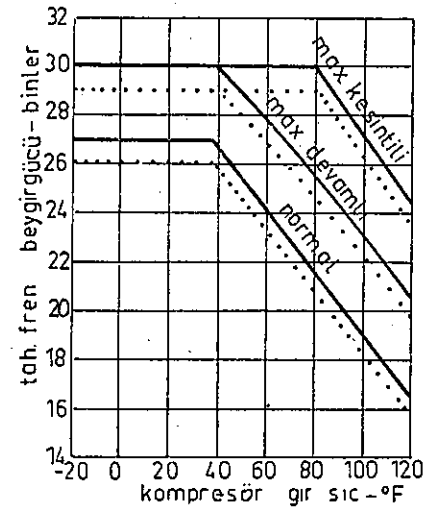
İç içe ve ayrı şaftlı bir gemi gaz türbini olan FT4 gaz türbininin; 8 kademeli olan alçak basınç kompresörü, iki kademeli alçak basınç türbini ve 7 kademeli olan yüksek basınç kompresörü ise bir kademeli yüksek basınç türbini tarafından çevrilmektedir. Böylece, yaklaşık 12 : 1 oranında bir basınç artması sağlanmaktadır. Sekiz adet çevresel kutu tipi yanma odalarının her biri çapraz ateşleme borularıyla bağlıdır. Yakıt sekiz yanma odasına, her biri üzerinde altı yakıt nozulu bulunan bir nozul kümesi ile püskürtülmektedir.

İki kademeli bir gaz türbinine sahip olan FT4 gaz türbininde güç geriye doğru uzatılmış olan şaftla dışarı alınmaktadır. FT4A—2 tipi gemi gaz türbininde, kompresöre giren havanın sıcaklığına göre güç türbininin çıkış gücü ŞEKİL—31'de, ekzost gaz sıcaklığına bağlı olarak yakıt sarfiyatının ve çıkış gücünün değişmesi ŞEKİL—32'de, çıkış gücü ve süratine karşılık yakıt sarfiyatının değişmesi ise ŞEKİL—33'de gösterilmiştir. (16)

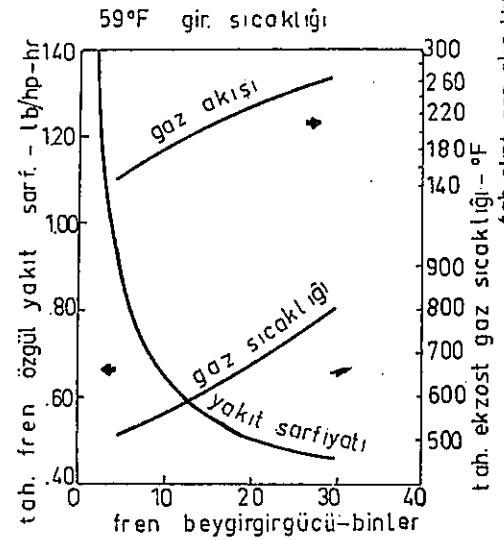


ŞEKİL. 30 LM2500 ve LM5000 gemi gaz türbinlerindeki gaz üreticilerinin karşılaştırılması.

— hv. gir ve gaz çık. boru. bas. kaybı
 ... 4" H₂O gir. ve 6" H₂O çık. boru. bas. kaybı
 3600 RPM güç türbini sürati

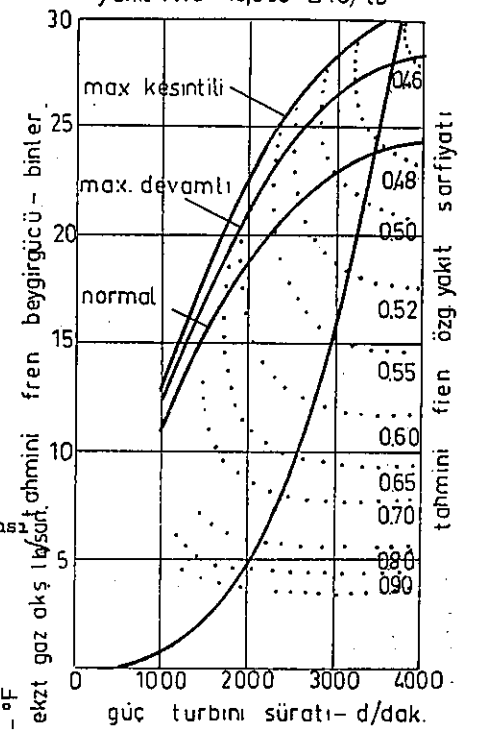


ŞEKİL. 31. FT4 gaz türbini performansı



ŞEKİL. 32. FT4 gemi gaz türbininde ekzost gaz sıcaklığına karşılık yakıt sarfının ve çıkış gücünün değişmesi.

59°F giriş sıcaklığı
 yakıt AİD = 18,500 BTU/lb



ŞEKİL. 33. FT4 gemi gaz türbininde çıkış gücü ve süratine karşılık yakıt sarfıyatının değişmesi.

PW FT9

FT9 gemi gaz türbininin dizayn amaçları içerisinde; makinanın 100°F çevre sıcaklığında ve 0.39 lb. yakıt/HP/saat özgül yakıt sarfiyatında 33.000 beygirgücü normal devamlı çıkış gücü sağlayarak, yenisiyle değiştirilmeden 10.000 saat çalıştırılması bulunmaktadır. FT9 gemi gaz türbininde; JT9D—70 türbofan makinasının yanma odalarıyla, yüksek basınç kompresör ve türbini, FT4 gemi gaz türbininin alçak basınç kompresörü ve güç türbini kullanılmıştır. FT9 gemi gaz türbininin şematik görünüşü ŞEKİL—34'de gösterilmiştir. FT9 gemi gaz türbininin elemanlarının özellikleri şunlardır: (17)

Alçak Basınç Kompresörü :

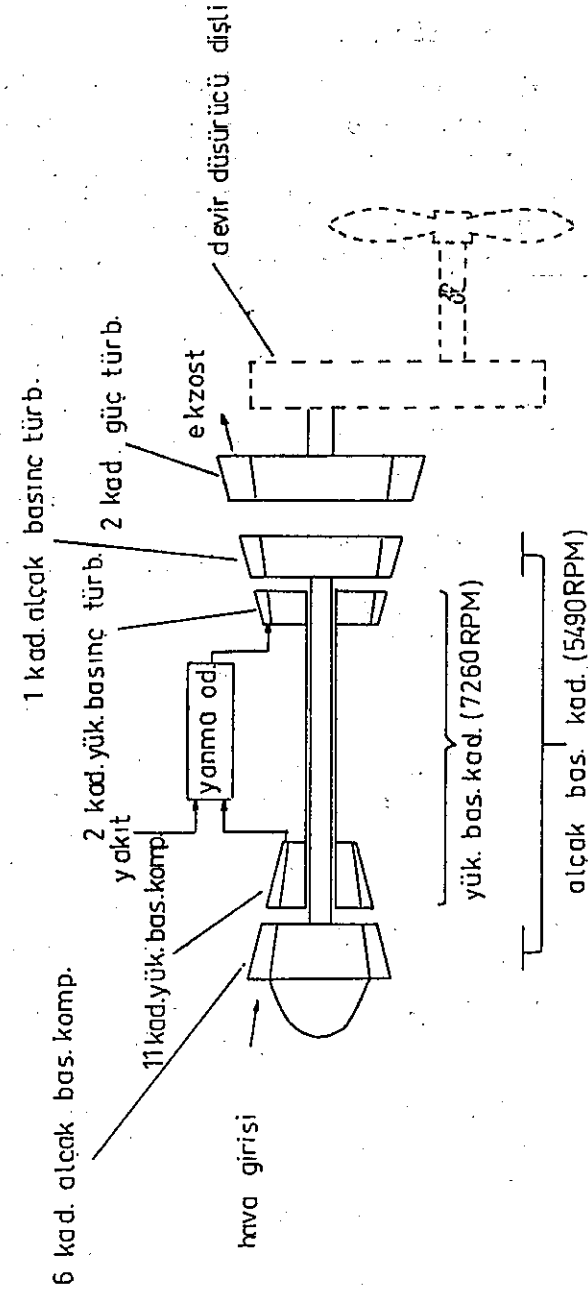
FT4C-1 tipi gaz türbininin dokuz kademeli, aksenal akışlı kompresörünün ilk altı kademesi; büyüklük, maliyet ve kompresör verimi göz önüne alınarak seçilmiştir. Yüksek basınç kompresörüyle birlikte 18 : 1 oranında bir basınç artması sağlar. Alçak basınç kompresörü, normal güçte dakikada 5500 devirle, tek kademeli alçak basınç türbini tarafından çevrilir. Alçak basınç kompresör kanatlarının hepsi, tuz korozyonuna karşı yüksek direnç gösteren titanyum (Ti—6Al—4V)'dan yapılmıştır. Her bir döner kanat kademesinin önünde bir sıra sabit kanat bulunur ki; bunlar hava akış açılarını ayarlar. Bir kompresör kademesi; bir sıra sabit kanat ve bir sıra hareketli kanattan oluşur. Alçak ve yüksek basınç kompresörlerindeki titanyum döner kanatların yanındaki sabit kanatlar paslanmaz çelikten yapılmışlardır .

Yüksek Basınç Kompresörü :

JT9D—70 türbofan makinasında kullanılan, 11 kademeli, aksenal akışlı yüksek basınç kompresörü kullanılmaktadır. Bu kompresörün adyabatik verimi % 85.6 ve basınç oranı 8.8'dir. Yüksek verim sağlamak için ilk dört kademenin stator kanatları değişen geometrilidir.

Yanma Odası :

FT9 gaz türbininin yanma odası, JT9D türbofan makinasında olduğu gibi tam çevreseldir ve difüzer ile yanma odası birleştirilmiştir. Yanma odasında basınç kaybı düzeyi % 5.7, atmosferik havanın sıcaklığı 60°F iken makina tarafından 33.000 beygirgücü üretildiğinde yanma odası çıkış sıcaklığı 2110°F'dir. Yanma odası layner malzemesi olarak Hastelloy X alaşımı kullanılmıştır ve laynerin iç yüzeyi metalik—seramikle, dış yüzeyi de Cobalt Chrome Aluminum Yttrium (Co Cr AlY) ala-



ŞEKİL. 34. FT9 Gemi gaz türbini elemanları

şımı ve magnesium ile dengelenmiş zirconia ile kaplanmıştır. Sisteme yakıt, 20 yakıt nozuluyla verilmektedir.

Yüksek Basınç Türbini :

FT9 gaz türbininin yüksek basınç türbini, JT9D—70 türbofan makinasının iki kademeli türbini olmasına rağmen, sıcak korozyon veya sülfidasyon/oksidasyon korozyonuna engel olmak için sabit ve hareketli kanatlarda tedbir alınmıştır. Sıcak korozyonun mekanizması tam olarak anlaşılmasına karşın, korozyona neden olarak sıcak kısım elemanlarının üzerinde oluşan sıvı Sodyum Sülfat ($\text{Na}_2 \text{SO}_4$) gösterilmektedir. Sıvı veya buhar fazında Klorid'in varlığı sıcak korozyonu hızlandırır. Sıcak korozyonu oluşturan diğer etmenler; yakıttaki sülfür karışımı, karbon parçacıkları ve kanat metal sıcaklığıdır. Sülfür; Sodyum Klorid (Na Cl) ve oksijenle tepkimeye girerek Sodyum Sülfat'ı oluşturabilir. Bununla beraber, Sodyum Sülfat'ın gerçek kaynağı, hava giriş yollarından gelen deniz suyudur. Hava giriş süzgeçleri, deniz suyunun büyük miktarını havadan ayırmasına rağmen yine de sorun etkili olarak çözümlenememektedir. Yakıt içersine olabilecek deniz suyu sızıntısı Sodyum Sülfat'ın başka bir kaynağıdır ve bu nedenle yakıt makınaya girmeden önce deniz suyunun ayrılması gereklidir. Yanma odasında tam olmayan yanmayla oluşan karbon parçacıkları korozyon sorununu hızlandırır. Ortalama kanat metal sıcaklığının, sıcak korozyon miktarı üzerinde çok kuvvetli etkisi vardır.

Makinalarda sıcak korozyon; yaklaşık 1400°F ortalama metal sıcaklığında oluşmaya başlar ve metal sıcaklığı arttıkça korozyon aşırı derecede artar. Laboratuvar deneylerinde, sıcak korozyonun en çok 1700°F sıcaklıkta olduğu, daha sonra azaldığı görülmüştür. Metal sıcaklığı daha fazla yükseltilirse oksidasyon esas sorun olarak ortaya çıkar. Makina ömrünün ve performansının bir ölçüsü olarak; sıcak korozyon nedeniyle gemi gaz türbinlerinin birinci kademelerinin ortalama kanat metal sıcaklıkları 1530°F olarak sınırlanmıştır. Bu metal sıcaklığı, ileri film soğutması ile 2200°F türbin giriş sıcaklığına tekabül etmektedir. Kanat metal sıcaklığında 60°F'lik artma, makina ömrünü % 30 azaltır. Son zamanlarda, uçak gaz türbinlerinde, birinci kademe kanat metal sıcaklıklarında 1900°F ve türbin giriş sıcaklıklarında 2500°F'dan daha yukarıya çıkmıştır. Bir kural olarak; bu bölgede 100°F sıcaklık artmasına karşılık, makina veriminde % 8'lik bir artma sağlanmaktadır. Bir uçak gaz türbininin sıcak kısımlarında kullanılan metaller, denizde gemi gaz türbinlerinde kullanıldığında sülfidasyon korozyonu başlamadan önce ancak birkaç yüz saat çalışabilir ve makinaların ömrü çok kısa olur. Ko-

rozyon olan yerlerden kanatların kırılarak daha sonraki kademelerde ve güç türbininde büyük hasarlar oluşturma olasılığı yüksektir. Böylece, bir uçak gaz türbininin gemi gaz türbini olarak geliştirilmesinde esas çaba, sıcak kısımdaki malzemeleri sıcak korozyona dayanıklı malzemeyle değiştirmektir.

Metallurjistler, türbin kanatları için ince duvarlı yapıp ve ileri kanat soğutma dizaynlarını gerektiren, yüksek sıcaklıktaki gerilmelere dayanıklı üstün alaşımların geliştirilmesi sorunuyla karşı karşıya kalmışlardır. Birinci kademe kanatlarının ön ucu, en yüksek sıcaklık ve karışık gerilmelerin bulunduğu yerdir ve makina çalışmaya başladığı andan itibaren 34 saniye içersinde; 770°F metal sıcaklığına ve 21.000 psi'lik gerilmeye ulaşılır. Yüksüz çalışma durumundan normal güçte çalışma durumuna geçmesi 15 saniyede olur ve metal sıcaklığı 1500°F'a, gerilme 38.000 psi'ye çıkar. Normal çalışma durumundan yüksüz çalışma durumuna yavaşlamada ise, 8.000 psi'lik sıkıştırma gerilmesi yaratılır. Yüksüz durumda çalışırken makina durdurulacak olursa, düzgün kanat soğutması olmaması nedeniyle, kanat ön ucunda 20.000 psi'lik çekme gerilmesi oluşmaktadır. En kötü durumu; normal çalışırken aniden durdurma halindedir ve bu esnada 43.000 psi'lik çekme gerilmesi oluşmaktadır.

Türbin kanatları için üstün alaşımın seçiminde, gerilmelere ve sıcak korozyona dayanıklı metaller gözönüne alınır. Türbin kanatlarından istenen mekanik özellikler, nikel—krom üstün alaşımlarıyla kısmen sağlanır. Alaşımda krom (Cr) miktarının azalması korozyona karşı direnci azaltır. Kanat yüzeyleri korozyona karşı çok yüksek dirençli maddelerle kaplanarak makina ömründe önemli bir artma sağlanır.

LM2500 ve FT4 gemi gaz türbinlerinde başarıyla uygulanan CoCrAlY tipi kaplama, FT9 gemi gaz türbininin birinci ve ikinci kademelerinin sabit ve hareketli kanatlarında da kullanılacaktır. Stator kanatlarının mekanik dayanıklılık gereksinimleri rotor kanatlarından daha düşüktür. Buna bağlı olarak, daha zayıf, fakat sıcak korozyona daha dayanıklı kobalt—esaslı üstün alaşımlar sabit kanatların imalinde kullanılmaktadır.

FT9 gaz türbinlerinin daha sonraki modellerinde, seramik sabit kanatlar ve metalik—seramik (Cermet) kaplamalı hareketli kanatlarda 2500°F'dan daha yüksek türbin giriş sıcaklığı ve türbin sıcak kısmının 10.000 saatten daha uzun ömürlü olması sağlanacaktır. Bu Cermet kaplamalar, kanat soğutmasının yeniden dizaynını gerektirecektir.

Birinci ve ikinci kademelerdeki kanatlar içersinden, yüksek basınç kompresöründen alınan havanın geçirilmesiyle kanatlarda soğutma yapılır.

Alçak Basınç Türbini :

FT4 gaz türbininin, FT9 için kademeleri azaltılmış alçak basınç kompresörünü iç şaftla çevirmek için yeni bir tek kademeli alçak basınç türbini; FT9 gaz türbini için özel olarak dizayn edilmiştir. Türbinin sabit ve hareketli kanatları soğutulmamakta, fakat CoCrAlY kaplamaya sahiptirler.

Güç Türbini :

Güç türbini olarak başlangıçta FT4C—1 gaz türbinine ait güç türbininin kullanılması düşünülmüştür. Makinanın aerodinamik ve termodinamik incelemesinin yapılmasından sonra, performansının en iyi olması için yeni bir güç türbininin dizaynına karar verilmiştir. Sabit ve hareketli kanatlar yeniden dizayn edilmiştir. Hareketli kanatların uçlarına aksel sigiller yerleştirilmiştir. İki kademeli güç türbininden, güç bir şaftla alınmaktadır. FT9 gaz türbininin, ürettiği beygir gücüne karşılık tahmini yakıt sarfiyatı ŞEKİL—35'de gösterilmiştir.

ROLLS — ROYCE OLYMPUS

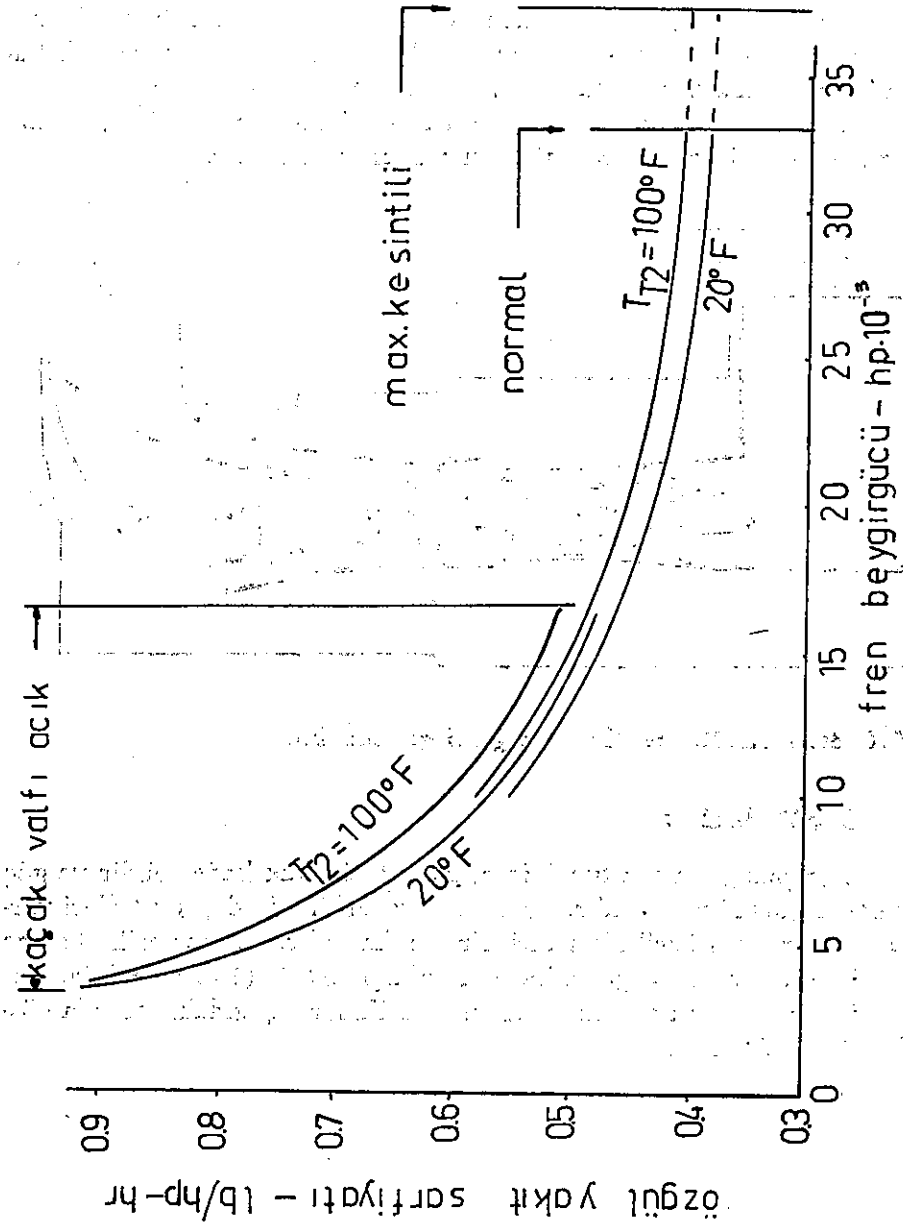
Rolls—Royce Olympus, iç içe ve ayrı şaftlı bir gemi gaz türbini tipidir. ŞEKİL—36.

Gaz Üreticisi :

Olympus gaz türbininin gaz üretici kısmı, Vulcan uçaklarında kullanılan aksel akışlı Olympus 201 türbojet makinasından geliştirilmiştir. İki ayrı aksel akışlı kompresörü vardır. Alçak basınç kompresöründen çıkan sıkıştırılmış hava, yüksek basınç kompresörüne girer ve iki kompresörde birden toplam basınç oranı 10:1 değerine ulaşır. Bu esnada kompresördeki hava kütleinin akış miktarı saniyede en fazla 230 libredir. (18).

Alçak basınç kompresörü, beş kademeli ve aksel akışlıdır. Beş sıra hareketli ve dört sıra sabit kanatlar paslanmaz çelikten yapılmıştır.

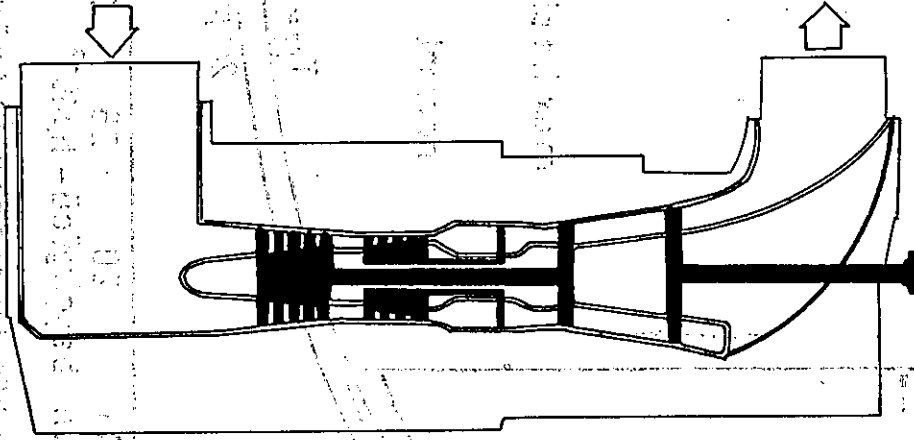
Yedi kademeli ve aksel akışlı yüksek basınç kompresörünün tamamı paslanmaz çelikten yapılmıştır. Alçak ve yüksek basınç kompresöründeki hareketli kanatlar, rotorlara «çam ağacı» türü bağlantılıdır. Alçak basınç kompresörünün muhafazası iki parça alüminyum olmasına karşılık, yüksek basınç kompresörünün muhafazası iki parça paslanmaz çelikten yapılmıştır. Yüksek basınç kompresörünün üçüncü kademesinden alınan bir kısım hava, ikinci kademe türbininin arka yüzeyinin soğutulmasında kullanılır.



ŞEKİL 35. FT9 Gemi gaz türbininin ürettiği güce karşılık tahmini yakıt sarfiyatı.

Yanma odası, sekiz adet laynerin oluşturduğu çevresel—kutu tipindedir. Gerektiğinde, gaz türbini yerinden kaldırılmadan laynerler çıkartılır ve yenileriyle değiştirilebilir.

Gaz üreticinin, yüksek basınç ve alçak basınç türbinlerinin kanatları impals—tepkime tipindedir. Gerek alçak, gerekse de yüksek basınç türbinleri tek kademelidirler ve yüksek basınç türbininin sabit ve hareketli kanatlarının korozyona karşı direncini arttırmak için, bu kanatlar X.40 ve Nimonic 105 malzemelerinden yapılmıştır.



ŞEKİL. 36. Rolls-Royce Olympus gemi gaz türbini.

Güç Türbini :

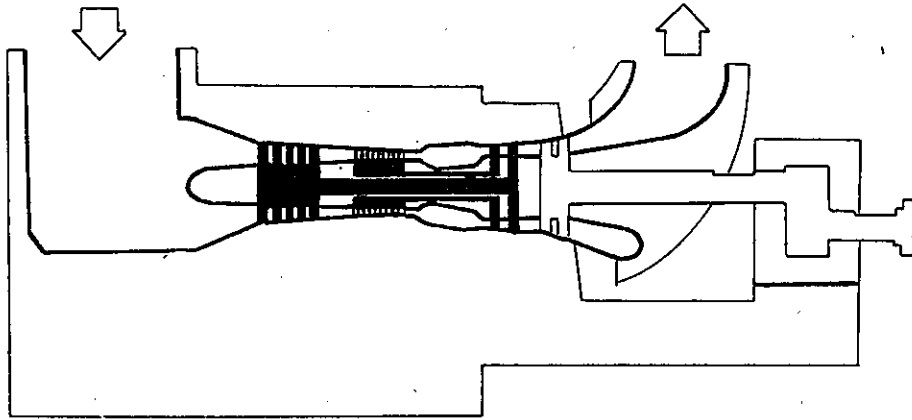
Olympus gemi gaz türbininin, güç türbini tek kademelidir ve güç bir şaftla dışarı alınmaktadır. Olympus gaz türbininin değişik tipleri vardır ve herbir tipin özellikleri birbirinden farklıdır. Atmosferik basınç 14.7 psi ve kompresöre giren hava sıcaklığı 59°F (15°C) olduğunda; Olympus TM 3B gaz türbininin çalışma özellikleri aşağıdaki tabloda gösterilmiştir. TABLO—1

Ç I K I S G Ü C Ü B H P	ÖZGÜL YAKIT SARFIYATI lb/BHP-Saat	GÜC TÜRBİNİ SÜRATI DEVİR/DAK.	GÜC TÜRBİNİ GAZ ÇIKIŞ SICAKLIĞI °C	GİRİŞTEKİ HAVA AKIŞI lb./SAY.	EXZOST GAZI AK. lb./SAY.	OVERHOLDING ARASI TAKRİMİ DUR./SAAT
26 000	0.478	5660	674	234.7	238.4	400
25 000	0.491	5450	624	226.7	230.1	3000
21 500	0.509	5183	595	216.4	219.4	4000
18 000	0.533	4890	564	205.5	208.2	8000

TABLO - 1 : RR OLYMPUS TM 3B GAZ TÜRBİNİNİN ÇALIŞMA ÖZELLİKLERİ

ROLLS—ROYCE TYNE

İç içe ve ayrı şaftlı olan Tyne gemi gaz türbininin gaz üretici kısmı, yüksek basınç oranı sağlamak ve deniz suyu korozyonundan korunmak için özel olarak dizayn edilmiştir. Altı kademeli alçak basınç kompresörünü iç şaftla tek kademeli alçak basınç türbini, dokuz kademeli yüksek basınç kompresörünü de dış şaftla tek kademeli yüksek basınç türbini çevirmektedir. Yanma odası, içinde on adet laynerin bulunduğu çevresel—kutu tipindedir. Güç türbini ise aksel akışlı ve iki kademelidir. Türbinde üretilen güç, bir şaftla dışarı alınır ve bu şaft birinci devir düşürücü dişli kutusuna bağlıdır. ŞEKİL—37'de Tyne gemi gaz türbini görülmektedir.



ŞEKİL. 37. Roll—Royce Tyne gemi gaz türbini.

Tyne RM1C gemi gaz türbininin, 14.7 psi atmosfer basıncında ve girişteki havanın değişik sıcaklıklarında çalışma özellikleri TABLO—2' de gösterilmiştir. (19).

Teyne RM1A gemi gaz türbininin, 14.7 psi atmosfer basıncında ve girişteki havanın değişik sıcaklıklarında, çalışma özellikleri TABLO—3' de gösterilmiştir.

GİRİŞ GÜCÜ BHP	HAVA GİRİŞ SICAKLIĞI °F (°C)	ÖZGÜL YAKIT SARFIYA. Lb/BHP-Sa.	GÜÇ TÜRBİNİ SÜRATI Devir/Dak	EKZOST GAZI SICAKLI. °C	EKZOST GAZI AKIŞI Lb./Saniye
5340	59 (15)	0.469	13970	441	46.3
5100	80 (26.7)	0.481	13770	464	43.8
4590	100 (37.8)	0.498	13300	475	41.5

TABLO - 2 : RR TYNE RM 1C GAZ TÜRBİNİNİN ÇALIŞMA ÖZELLİKLERİ

GİRİŞ GÜCÜ BHP	HAVA GİRİŞ SICAKLIĞI °F (°C)	ÖZGÜL YAKIT SARFIYAT Lb/BHP/Sa.	GÜÇ TÜRBİNİ SÜRATI Devir/Dak	EKZOST GAZI SICAKLI. °C	EKZOST GAZI AKIŞI Lb./Saniye
4250	59 (15)	0.489	12900	393	44.3
3830	80 (26.7)	0.510	12450	409	41.6
3330	100 (37.8)	0.535	11910	419	38.6

TABLO - 3 : RR TYNE RM 1A GAZ TÜRBİNİNİN ÇALIŞMA ÖZELLİKLERİ

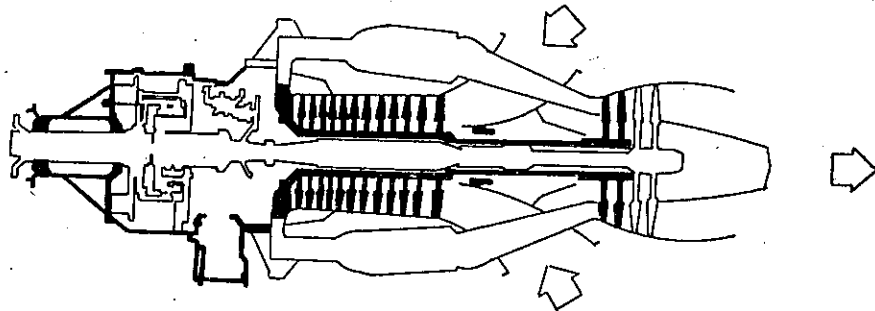
ROLLS—ROYCE PROTEUS

1958 yılından beri; hücumbot, ganbot ve hidrofoil gemilerde başarıyla kullanılan bu makinalar çok küçük hacimli makina dairelerine yerleştirilmekte ve gemiye çok yüksek sürat sağlamaktadır.

Hava, makinanın ortasına yakın bir bölgeden girmekte ve ters yönde akışı esnasında, onbir kademeli aksenel akışlı kompresörde sıkıştırıldıktan sonra tek kademeli santrifigal akışlı kompresöre girmektedir. Santrifigal kompresörün çıkışındaki difüzer muhafazası içindeki kanatçıklar yüksek basınçlı havayı geriye doğru, yanma odasının içine akacak şekilde yönlendirir. Yanma odasında; püskürtülen yakıtla, kompresörden gelen hava karışarak yanar. Yanma odasından çıkan yanmış gazlar, iki kademeli kompresör türbinini ve iki kademeli güç türbinini çevirdikten sonra atmosfere atılırlar. Güç türbininin shaftı, gaz üretici kısımdaki kompresör ve türbin shaftının içinden geçerek baş tarafta bir devir düşürücü dişliye bağlanmaktadır. (20)

Çıkış hızları 1000, 1500 ve 5240 devir/dakika olacak şekilde üç tür devir düşürme oranına sahip gaz türbinlerinde, 1000 ve 1500 devir/dakika hızla dönen makinalarda dönüş; çıkış shaftından bakıldığında saat yelkovanı dönüş yönünde, 5240 devir/dakika hızla dönen ise saat yelkovanı dönüşüne ters yöndedir. Bu üç tür gaz türbinini 10M, 15M ve 52M olarak belirlerler. Proteus gemi gaz türbinlerinin; çalıştığı andan itibaren bir dakika sonunda tam gücü üretmesi, 15 dakikada günlük bakım—tutumunun yapılması, onarılabilecek olanın yenisiyle 12 saatte değiştirilebilmesi, bir dizel makinasıyla kıyaslandığında hacminde %60, ağırlıkta % 50 ekonomi sağlaması, alçak frekans gürültüsü ve titreşim sorunu olmaması en büyük üstünlükleridir.

ŞEKİL—38'de görülen Proteus gemi gaz türbininin, 14.7 psi atmosferik basınçta ve havanın değişik giriş sıcaklıklarında, çalışma özellikleri aşağıdaki tabloda gösterilmiştir. TABLO—4.



ŞEKİL. 38. Rolls—Royce Proteus gemi gaz türbinini.

ÇALIŞMA DURUMU	ÇIKIŞ GÜCÜ BHP	HAVA GİRİŞ SICAKLI. °F (°C)	ÖZGÜL YAKIT SARI. Lb/BHP/S	GÜÇ TÜRBİNİ SÜRATI Devir/Dak	HAVA AKIŞ MIK. Lb/Sat	EKZOST GAZI SICAK. °C
En yüksek güç	4250	59 (15)	0.600	11 750	43.5	481
Devamlı güç	3600	59 (15)	0.633	11 400	41.7	457
İktisadi güç	3000	59 (15)	0.675	11 100	39.8	434
En yüksek güç	3880	80(26.7)	0.628	11 740	41.5	485
Devamlı güç	3280	80(26.7)	0.662	11 400	39.7	460
İktisadi güç	2700	80(26.7)	0.710	11 100	37.8	438
En yüksek güç	3450	100(37.8)	0.661	11 730	39.7	485
Devamlı güç	2940	100(37.8)	0.700	11 380	37.6	460
İktisadi güç	2420	100(37.8)	0.756	11 100	35.9	441

TABLO - 4 : RR PROTEUS GAZ TÜRBİNİNİN ÇALIŞMA ÖZELLİKLERİ

Savaş gemilerinde kullanılan belirli gemi gaz türbinlerinin bu geniş incelemesinden sonra, bir karşılaştırma yapmak nedeniyle halen gemilerde kullanılmakta olan bütün gemi gaz türbinleri TABLO—5'de gösterilmiştir.

TURBİN	İMAL EDEN	EN YÜKSEK DEVAMLI GÜÇ HP	NORMAL GÜÇ HP	EN YÜKSEK GÜÇE TURBİN GİRİŞ SICAKLIĞI °F	ÖZGÜYAKIT LB/HP-SAAT	NORMAL GÜÇTE	BASINÇ ORANI	MAKSİMUM GÜÇTEKİ ÖZGÜL GÜÇ HP/LB/SAN
G 6	AEI	8,600	8 600	1460	0.65	0.65	6.3	79
OLIMPUS TMDA	RR	24 000	19 000	1620	0.50	0.53	10.5	105
OLIMPUS TMB3B	RR	27 200	21 000	1685	0.49	0.52	10.3	119
PROTUS	RR	4 250	3 600	1595	0.59	0.63	7.3	93
TYNE	RR	4 250	4 250	1610	0.49	0.49	11.5	101
TYNA-2	P and W	25 500	21 500	1650	0.50	0.52	12.0	111
TYNA-12	P and W	28 000	24 400	1700	0.51	0.52	12.0	122
IM2500	GE	14 000	12 500	1650	0.56	0.58	12.0	95
IM2500	GE	25 500	22 200	2150	0.39	0.41	16.8	199
M55272R	GE	27 800	27800	1700	0.44	0.44	8.2	112
M.41	W	4 380	3 700	1450	0.66	0.72	5.0	83
TP 35	AVCO	3 150	2 500	---	0.55	0.59	8.0	---
GTU 20	LMZ	6 500	6 500	1382	0.51	0.51	9.0	42
PT12A-3	P and W	3 200	2 500	1525	0.73	0.79	6.5	74

NOT : GİRİŞ SICAKLIĞI - IM2500, IM2500 kompresörlerinde 100°F; Pand W ve TP 35 de 80°F, bütün diğerlerinde 60 F dir.

TABLO - 5 : GEMİLERDE KULLANILAN OLAN GAZ TURBİNLERİ

İ F T T U I O F	İNÇ	İNÇ	BOY	İNÇ	AĞIRLIK LB	KOMPRESÖR	KOMPRESÖRÜ ÇEVİREN TURBİN		GÜÇ TURBİNLERİ	RPM	TIPI	KADEME ADEDİ	TIPI	KADEME ADEDİ	TIPI	KADEME ADEDİ
							TIPI	KADEME ADEDİ								
86	79	260	45 000	260	45 000	13	2	2	4900	2	2	Y	2	Y	2	
117	126	292	13 000	292	13 000	7-5	1-1	1-1	5660	1	1	Y	1	Y	1	
40	04	100	2200	100	2200	12	2	2	11600	2	2	Y	2	Y	2	
42	42	104	2 800	104	2 800	6-9	1-1	1-1	13000	2	2	Y	2	Y	2	
86	77	312	41 200	312	41 200	7-8	1-2	1-2	3600	2	2	Y	2	Y	2	
86	77	312	41 200	312	41 200	7-8	1-2	1-2	3600	2	2	Y	2	Y	2	
96	84	222	7 500	222	7 500	17	3	3	5005	1	1	Y	1	Y	1	
84	84	267	10 500	267	10 500	16	2	2	3600	6	6	Y	6	Y	6	
33	240	503	380 000	503	380 000	16	1	1	6070	1	1	Y	1	Y	1	
65	68	138	18 500	138	18 500	14	-	-	8500	4	4	Y	4	Y	4	
36	30	49	1050	49	1050	7-1	2	2	14500	2	2	Y	2	Y	2	
446	200	338	206 000	200	206 000	6-12	2	2	4780	2	2	Y	2	Y	2	
37	33	99	1 010	99	1 010	9	2	2	9000	2	2	Y	2	Y	2	

(TABLO - 5 DEVAMI)

NOT : M55272 R ve GTU 20 rejenereği çevrili makinelerin dışında, bütün makineler basit çevrilmidir.

VI. GAZ TÜRBİNLİ SAVAŞ GEMİLERİ :

Son yıllarda, çeşitli tipte ve büyüklükteki sevk sistemlerinin savaş gemilerinde kullanılmasıyla ilgili çalışmalar yapılmaktadır. Bu çalışmaların bazılarında istenen sonuçların alınması mümkün olmamaktaysa da, büyük çoğunluğu çok iyi sonuçlar vermiştir. Bu sevk sistemlerinden; gaz türbinlerinin otomatik olarak kontrol edilebilmeleri, buhar güç sistemlerine nazaran üstünlük sağlar. Gaz türbinlerinin çalıştıkları esnada oluşturdukları gürültü, ses geçirmez muhafazalar içine yerleştirilerek en alt düzeye indirilir. Ayrıca, hava giriş ve ekzost gazı çıkış yolları üzerine konan susturucularla, atmosfere gürültü yaymaları önlenir. Gaz türbinlerinin denizle doğrudan bir ilişkileri yoktur, buna karşılık buhar güç sisteminde, denizden su almak ve vermek için kondenser giriş ve çıkışında kullanılan büyük borular, makina gürültüsünün denize yayılması için önemli bir araçtır. Gaz türbinlerinin kütleleri daha küçük olduğundan, şoka karşı dizayna gereksinme çabaları daha azdır.

Gaz türbinlerinin yakıt sarfiyatı; kısmi yüklerde ekonomik olduğundan, savaş gemilerinde büyük güçlü gaz türbinlerinin en uygun kullanılışı yüksek süratlerde ek güç sağlamak içindir. Ayrıca, küçük güçlü gaz türbinleri savaş gemilerinde iktisadi süratle seyir için kullanılırlar. Böylece savaş gemilerinde, iktisadi süratle seyir için küçük güçlü gaz türbinlerinin, dizellerin ve buhar türbinlerinin, yüksek süratle seyir için de, bunlara ek güç sağlayan büyük güçlü gaz türbinlerinin kullanılmasıyla karışık sevk sistemleri ortaya çıkmıştır. Savaş gemileri, seyirlerinin büyük çoğunluğunu iktisadi süratle yaptıklarından, küçük güçlü sevk makinalarıyla yakıt ekonomisi sağlanmış olacaktır. Yüksek süratle seyrettiklerinde ise, büyük güçlü gaz türbinleri tam güçte çalışacaklarından, böyle çalışmalarını kısmi yükte çalışmalarına nazaran daha ekonomiktir. (21).

Gerektiğinde yüksek sürate sahip olacak, hem de uzun süre alçak süratle denizde seyretmesi istenen savaş gemilerinde, eğer toplam makina ve yakıt ağırlığı etkiliyse, en çekici sevk sistemi CODAG'dır. Gelecekte, rejeneratif gaz türbinler geliştirildiğinde COGAG sevk sisteminin CODAG'dan üstün olacağı zannedilmektedir.

Savaş gemilerinde sevk sistemi olarak kullanılan gaz türbinlerinin yalnız başlarına ve diğer sevk sistemleriyle (dizel ve buhar) karışık olarak kullanılmaları aşağıda örnekleriyle birlikte tek tek incelenmiştir.

a. CODAG : Dizel ve Gaz Türbini Karışımı :

Dizel ve gaz türbini karışımı sevk sisteminde; dizel makinalar alçak süratle, yani iktisadi süratle uzun süre seyretmek için kullanılırlar. Yüksek süratle seyretmek gerektiğinde, dizellerin gücüne ek olarak gaz türbinleri de devreye alınır ve gemi yüksek süratle, dizel ve gaz türbinlerinin beraberce sağladığı güçle seyrederek. Bu sevk sistemi için en uygun örnek aşağıda verilmiştir.

Gemi tipi	: Refakat Fırkateyni
Gemi adı	: Köln
Ülkesi	: Federal Almanya
Deplasmanı	: 2550 ton
Boyu	: 337 ft.
Eni	: 36.1 ft.
Sürati	: 32 Deniz mili/saat

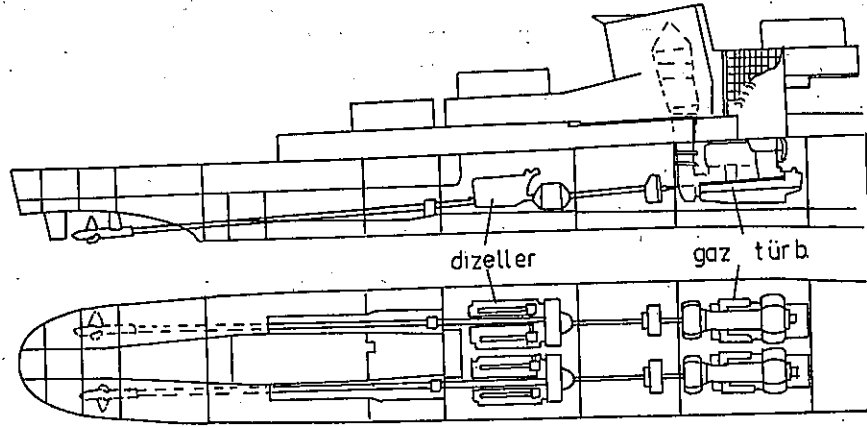
Sevk Sistemi :

Köln sınıfı refakat fırkateynlerinin sevk sistemi; iki adet şaft ve bu şaftları çevirmek için, her bir şafta gerekli gücü sağlayan iki dizel ve bir gaz türbininden oluşmaktadır. İktisadi süratle seyir için kullanılan dizeller, toplam makina çıkış gücünün 1/3'ünü sağlarlar ve yüksek süratle seyir için gerekli gücün kalan 2/3'ünü gaz türbinleri sağlarlar. (22)

Dört dizel makinası ve bunların ikişer ikişer yanyana bağlı buldukları güç transminyom sistemleri, 11 metre uzunluğundaki bir makina dairesi içinde bulunurlar. Dizellerin bulunduğu makine dairesinin, başa doğru olan ön bölümünde gaz türbinlerinin güç transmisyon sistemleri, iki bölme ilersinde ise; yanyana iki gaz türbini bulunmaktadır. ŞEKİL—39'da Köln sınıfı fırkateynlerin makina yerleştirme şemaları görülmektedir. Makina daireleri birbirinden ayıran bölmeler su geçirmezler ve bu dairelerden ikisine su dolsa bile üçüncüsündeki makinalar geminin yeterli sevk gücünü sağlarlar.

İktisadi seyirde dizel makinaların gücü, devir düşürücü dişlide 3.40:1 oranında düşürülerek şafta verilir ve her bir şaft bir piç kontrolü pervaneyi çevirir. Gaz türbinlerinin devirleri ise, devir düşürücü dişli kutularında 9.55:1 oranında düşürülerek ürettikleri güçler pervanelere verilir.

Bu gemiler için yeni geliştirilen dizel makinaları; 16 silindirli, 4 zamanlı, V—tipi ve türbo şarjlerlidirler. Her birinin iktisadi süratle devamlı çıkışı; 872 devir/dakikada 3000 şaft beygircüdür. Dört dizel makina gemiye saatte 23 deniz mili sürat yaptırırlar.



ŞEKİL 39. Köln sınıfı fırkateynlerin makina dairelerinin görünüşü.

Yüksek sürat sevk gücü olarak kullanılan iki adet gaz türbini, ŞEKİL—5'dekine benzerler ve tek şaftlıdır; 3600 devir/dakika dönüş süratinde her biri devamlı olarak 12 000 şaft beygircü üretmektedir. Gaz türbinlerinde ayrı bir güç türbini yoktur, ve sadece yüksek dönüş süratlerinde, piç kontrollü pervanelerle gemiyi sevkederler. Bu gaz türbinlerinin, karada elektrik üretmek için kullanılan gaz türbinlerinden büyük farkları yoktur, fakat gemi sevki için kullanılanların ağırlıkları diğerlerinden daha azdır.

Gaz türbinlerinin her ikisi de; Brown Boveri firması tarafından imal edilmiş olup, basit açık çevrimle çalışmaktadırlar. Eksenel akışlı ve 17 kademeli kompresör, 3600 devir/dakikada dönerek 5.6:1 değerinde bir basınç artması sağlamaktadır. Gaz türbininin ürettiği 35 300 beygir gücünün; 22 500 beygir güçlük kısmı kompresörü çevirmek için, mekanik kayıplar çıktıktan sonra geri kalan 12 000 şaft beygir güçlük kısmı ise pervaneyi çevirmek için kullanılmaktadır.

Dizel ve gaz türbinlerinin çalışmalarının kontrolü «merkezi kontrol istasyonu» denilen bir yerden, en az sayıdaki personelle yapılır.

CODAG karışık sevk sistemine sahip diğer gemiler TABLO—6' da gösterilmiştir. (23)

GODAG karışık sevk sistemine sahip diğer gemiler TABLO-6'da gösterilmiştir. (23)

ULKE	GEMİ TİPİ	GEMİ BİLGİSİ				GAZ TÜRBİNİ BİLGİSİ			
		Deplas. Ton	Boy ft.	Sürat Knots	Gemi Ad.	İmalat. Adı	Güç HP	Her Gm. Ad.	
FRANSA	Balny Fırkateyn	2500	321	25	1	T	M38	10000 (Ba)*	1
FED. ALMAN.	Köln sınıfı Fırkateyn	2550	337	32	6	BB	TA 8007	12000 (Bo)*	2
HINDİSTAN	Petya Sınıfı Fırkateyn	1200	250	30	8	—	—	15000 (Bo)	2
İTALYA	DD San Giorgio Eğt. Muhribi	4450	445	28	1	TO/GEC	G6/2	7500 (Bo)	2
	Alpino Sınıf Fırkateyn	2700	366	28	2	TO/GEC	G6/2	7500 (Bo)	2
	Ereccia Sınıfı Ganhöt	215	150	40	4	RR	Pro-teus	4250 (Bo)	1
	Lampo Sınıf Ganhöt	206	132	40	2	GEC	G4	7500 (Bo)	1
JAPONYA	PT-110 Torpido botu	133	155	40*	5	IHI	IM 300	2300 (Bo)	2
İNGİLTERE	P 274 Karakol Botu	100	90	40	3	RR	Pro-teus	4250 (Bo)	2
S.S.G.B.	Poti Sınıf Korvet	550	195	—	70	—	—	7500 (Bo)	2

TABLO - 6 : CODAG KARIŞIK SEVK SİSTEMİNE SAHİP SAVAŞ GEMİLERİ.

(*) (Ba) : Base Power- İktisadi süratle seyir gücü.
(Bo) : Boost Power- Yüksek süratle seyir gücü.

b. CODOG : Dizel veya Gaz Türbini Karışımı :

Dizel veya Gaz türbini karışık sevk sisteminde; dizel makinalar iktisadi süratle uzun süre seyretmek için kullanılırlar. Yüksek süratle seyretmek gerektiğinde; dizeller devreden çıkartılır, bunların yerine gaz türbinleri devreye alınır ve gemi yüksek süratle seyrederek. Bu sevk sistemi için en uygun örnekler aşağıda verilmiştir.

Gemi Tipi	: Fırkateyn
Gemi adı	: F — 352 Peder Skram
Ülkesi	: Danimarka
Deplasmanı	: 2000 ton
Boy	: 364 ft.
Eni	: 39 ft.
Sürati	: 30+ Deniz mili/saat

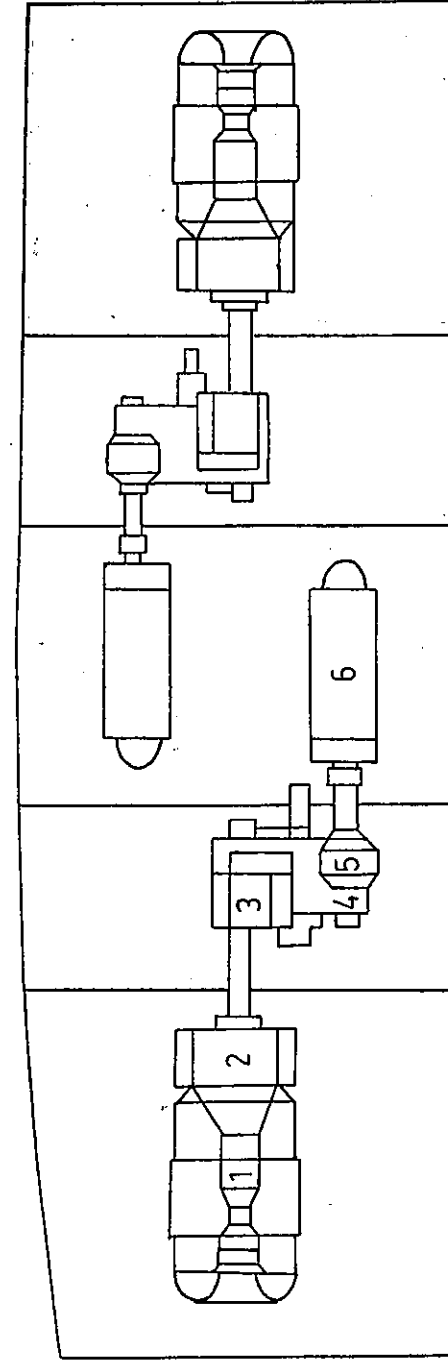
Sevk Sistemi :

Peder Skram fırkateyninin sevk sistemi; her biri 22000 beygir gücünde iki adet gemi gaz türbini ile her biri 2400 beygircücünde olan iki adet dizel makinasından oluşmaktadır.

Ana makina dairesi, ŞEKİL—40'dan görüleceği gibi, beş su geçirmez bölmeden oluşmaktadır. Baştan kıça doğru olan bu bölmelerde; iskele taraf gaz türbini, iskele taraf devir düşürücü dişli ve klaçları, iki sevk dizeli, sancak taraf devir düşürücü dişli ve klaçları, sancak taraf gaz türbini bulunmaktadır. Ana kontrol odası, sancak devir düşürücü dişli kutusunun yukarsındadır.

Gaz türbinlerinin hava giriş ve ekzost gazı çıkış yolları, güvertelerden birbirlerine yakın geçerler. Hava girişi, baca çevresi boyunca yatay olarak dizayn edilmiş olan ızgaralardan olur.

Alçak süratlerdeki manevralarda, gemiyi sevk için gerekli gücü dizeller sağlarlar ve dönüşler piç kontrollu pervaneler tarafından kontrol edilirler. İktisadi süratle seyirde, dizeller en yüksek süratlerinde çalışırlar ve pervane piçleri optimum verim sağlayacak durumda bulunurlar. Daha yüksek gemi süratlerine gereksinme olduğunda, gaz türbini çok kısa bir zamanda devreye alınır. Gaz türbini devreye alıncağında; güç türbininin yüksek durumdaki dönüş sürati, dönmekte olan gaz türbini dişli kutusu giriş şaftının dönüş süratinden biraz daha yüksek tutularak, küçük bir nisbi farkı yaratılır ve pozitif geçme sağlanır. Gaz türbini gücü arttırıldığında, dizeller otomatik olarak devreden çıkarak yük-süz durumda çalışmalarını sürdürürler veya durdurulurlar.



1 - gaz üretici 2 - güç türbini 3 - gaz türbini devir düşürücü dişli
4 - dizel devir düşürücü dişli 5 - hidrodinamik kapling
6 - dizel

Dizeller ve gaz türbinleri, gemi dizel yakıtını kullanırlar.

General Motors firmasının 16—567D tipi olan türboşarjlı V—16 dizel makinaları, gemiye saatte yaklaşık 16 deniz mili sürat sağlarlar.

Gaz türbinlerinin; GG4A—3 gaz üretici kısımları Pratt and Whitney firması tarafından J75 türbojet makinasından türetilmiş ve FT4 gemi gaz türbinlerinde de gaz üretici olarak kullanılmışlardır. Güç türbini ise; 2 kademeli ve tepkime tipi olup Stal—Laval firması tarafından imal edilmiştir.

Dizel ve gaz türbinleri, şaftta bir Stal—Laval devir düşürücü dişliyle bağlıdır. Piç kontrollü pervaneler ise KaMeWa firmasının dizayn ve imalidir.

Gaz türbinleri, hava giriş yolundan onarım için gemiden dışarı ve içeri alınabilirler.

Makinaların Performans Değerleri:

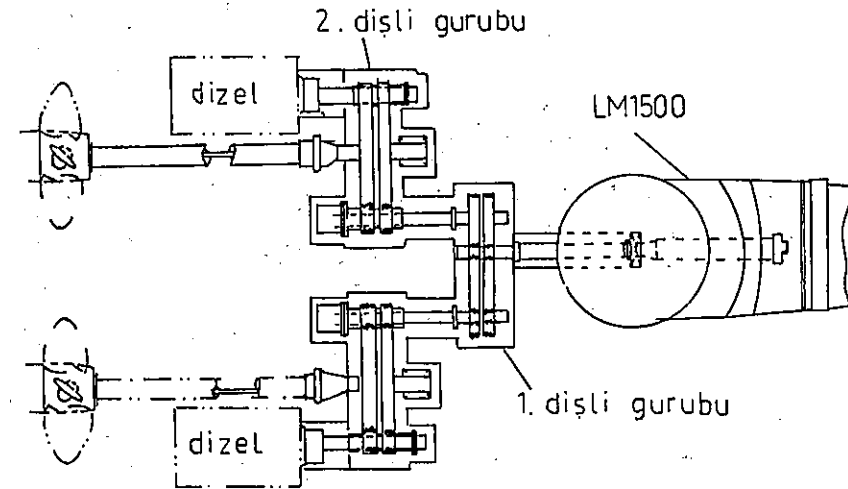
GÜÇ,	En yüksek İktisadi	2 x 22000 Şaft beygirgücü 2 x 2400 Şaft beygirgücü
ÖZGÜL YAKIT SARFIYATI	En yüksek İktisadi	0.55 lb/SHP 0.40 lb/SHP
ŞAFT SÜRATİ	Gaz türbinleriyle Dizellerle	4670 Devir/dakika 800 Devir/dakika

Gemi tipi	: Karakol Ganbot
Gemi adı	: P — 339 TCG. Bora
Ülkesi	: Türkiye
Deplasmanı	: 240 Ton
Boy	: 165 ft.
Eni	: 23.8 ft.
Sürati	: 40 Denizmili/Saat

Sevk Sistemi :

Bora Karakol Ganbotunun sevk sistemi; bir adet LM1500 gemi gaz türbini ve her biri 1450 şaft beygir gücüne sahip iki adet Cummins dizel, iki ayrı devir düşürücü dişli kutusu, iki adet şaft ve piç kontrollü pervanelerden oluşmaktadır.

Gaz türbinleri yalnız bir yönde çalıştılarından, tornistan işleminin yapılmasında sistem ek teçhizatlar gerektirmektedir. Bunlar; tornistan dişli kutusu, tornistan kllaçları gibi gerek mekanik, hidrolik ve elektrikle, gerekse de bunların karışımı olarak kumanda edilen sistemlerdir. Küçük tonajlı gemilerde, köprüüstü komutalarına en kısa zamanda cevap veren ve oldukça az yer kaplayan, pervane piçinin hidrolik olarak kumanda edildiği sistem, gaz türbini ile sevk edilen gemilerde en uygun sistem olarak uygulama alanına konulmuştur. Bu uygulama halen A.B.D. Donanmasındaki muhripler de dahi vardır. Donanmamızda TCG. Yıldırım ve TCG. Bora Karakol Ganbotları bu sistem ile donatılmışlardır. Gaz türbini ile ekonomik seyirin yüksek devir nedeniyle geçerli olmayışı ayrıca herhangi bir nedenle devreden çıkmaları halinde, geminin emniyeti bakımından gaz türbinine ek olarak iki adet Cummins Marine Engines VT12—875—M türboşarjlı 875 beygirgücündeki dizel makinalar beraber kullanılırlar. ŞEKİL—41.



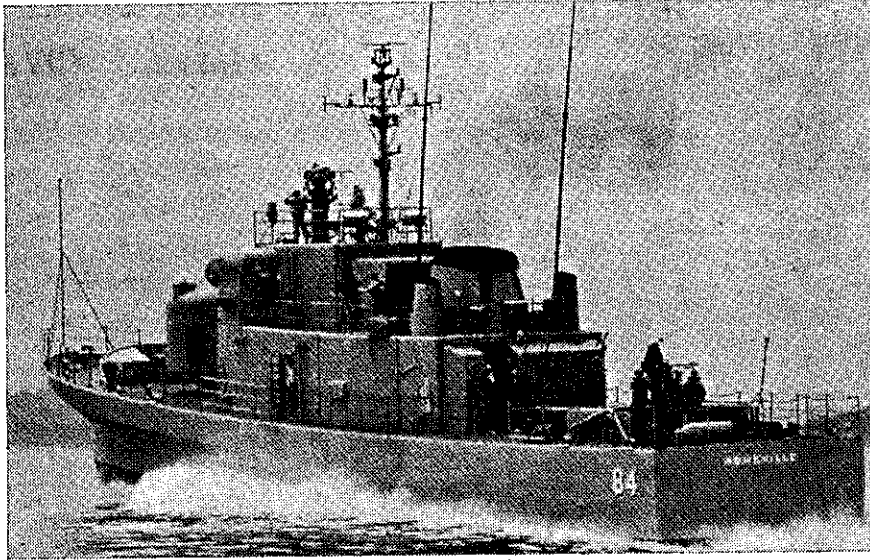
ŞEKİL 41. T.C.G. Bora Karakol ganbotunun sevk sistemi.

Gemi içinde iki bölmeden oluşan makina dairesinin ön bölmesinde yalnızca gaz türbini bulunmaktadır. Gaz türbini kompresörünün hava giriş kısmı, ince gözenekli tel kafes ile örtülmek suretiyle emniyete alınmıştır. Giriş havası, bölmenin arka kısmının tavanında bulunan süzgeçlerden geçerek bölmeye girer. Bilhassa deniz suyu serpintilerini tutacak şekilde dizayn edilen süzgeçler; gaz türbinine gerekli olan, dakikada 130.000 ft³ havayı süzerler. Gaz türbini, seyirde uzaktan kumanda ile kontrol altında bulundurulabildiği için, can güvenliği bakımından bölme

içinde görevli personel bulundurulmaz. Bölme kapıları kapatılıp, makinanın kontrolü sorumlu görevlinin yönetimine terk edilir.

TCG. Yıldırım Karakol Ganbotu; Asheville (PG—84) sınıfı botlarının biraz daha geliştirilmiş olan, A.B.D. Donanmasındaki USS Defiance (PG — 95) ganbotunun sınıfındadır. ŞEKİL—42 de USS Asheville (PG—84) karakol ganbotu görülmektedir.

Dizel makinalar, çıkışlarındaki hidrolik kaplinlerle gücü iletirken her türlü şoklar bu hidrolik kaplinlerle emilir. Ayrıca, ikinci devir düşürücü dişli kutuların girişlerindeki klaçlar da hidrolik kavramalıdır. Bütün kontroller basınçlı hava yardımıyla kumanda valflerinden hidrolik olarak sağlanmaktadır.



ŞEKİL. 42. USS Asheville (PG—84) karakol ganbotu.

Gaz türbini için, birinci devir düşürücü dişlilerde devirin düşme oranı 6.35:1, ikinci devir düşürücü dişlilerde devirin düşme oranı 2.54:1'dir. Gaz türbini ile seyirde, pervane şaftı 341 devir/dakika ile dönerken maksimum piç açısı 1.1, dizel makinalar ile seyirde maksimum piç açısı 0.85'dir. Tam yol sürat; gaz türbini ile saatte 37 denizmili, dizel makinalarla 14 denizmilidir. İktisadi sürat; gaz türbini ile saatte 22.5 denizmili, dizel makinalarla 10 denizmilidir.

Sevk sisteminin gaz türbini şaftı, birinci devir düşürücü dişli kutusu girişine kadar üç yerden esnek kaplinlerle dengeli olarak bağlan-

mıştır. Birinci devir düşürücü dişli kutusunun iki çıkışı; ikinci devir düşürücü dişli kutusunun girişlerine esnek kaplinlerle bağlanmıştır. Birinci devir düşürücü dişli kutusunun iki çıkışı; ikinci devir düşürücü dişli kutusunun girişlerine esnek kaplinlerle bağlanmıştır. İskele ve Sancakta bulunan ikinci devir düşürücü dişli kutularına, gaz türbininden ayrı olarak güç veren dizel makinalar da sisteme esnek kaplinlerle gücü iletirler. Bütün bu esnek kaplinlerle; başta gaz türbinini, şaşeleri ile tekneye ve ayrıca pervanenin suda meydana getirdiği titreşim ve şokların yayılması önlenmiştir. En ufak bir şokun, yüksek dönüş hızı nedeniyle gaz türbinleri üzerinde olumsuz etkiler yaratacağı olağandır.

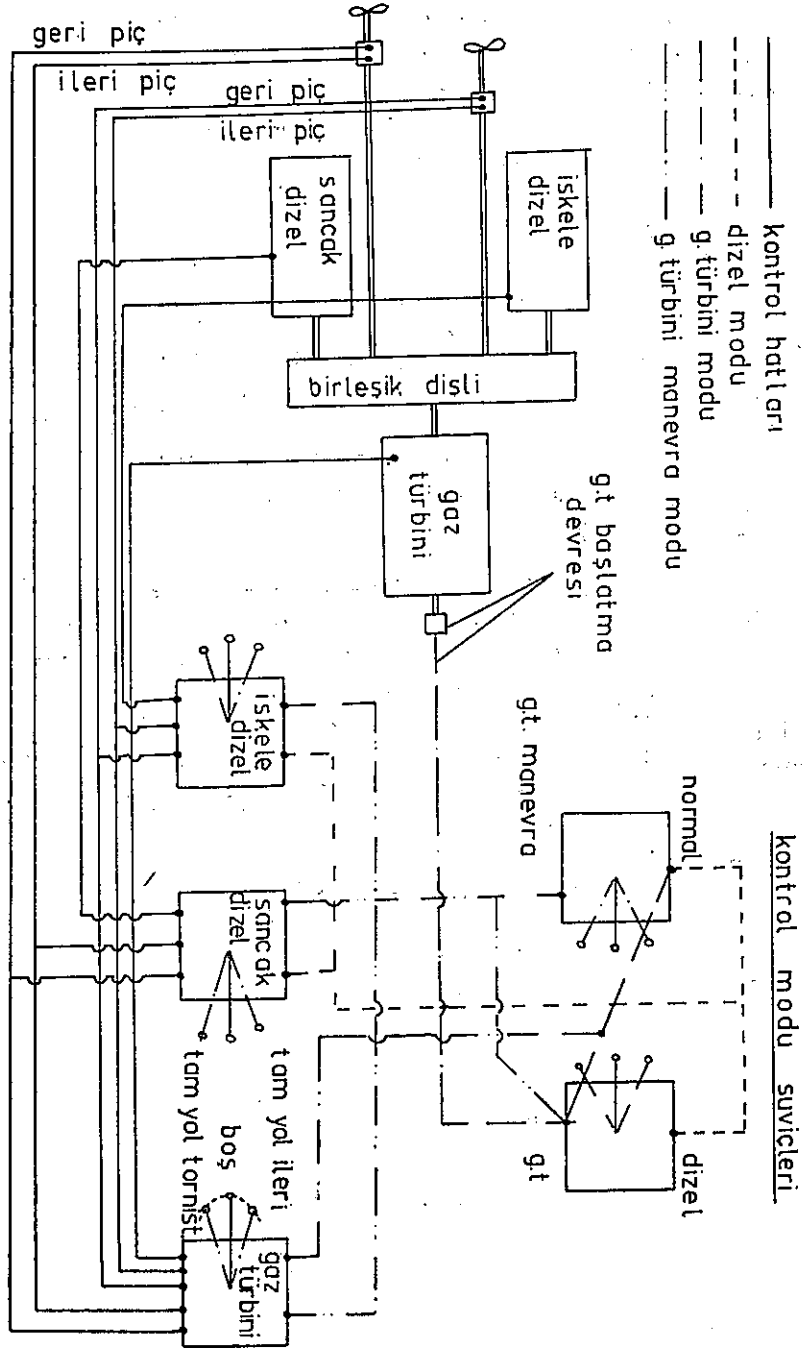
Birinci devir düşürücü dişli kutusu; dişli kutusu, gaz türbini pinyon dişlisi, bir avara dişlisi (idler gear), iki adet çıkış güç dişlisinden oluşur. Pinyonun gücü, kendisi ile temasta olan hem güç dişlisine, hem de avara dişlisine geçer. Avara dişlisi ise, aldığı gücü sancaktaki güç dişlisine iletir. Böylelikle, birinci devir düşürücü dişli kutusu çıkış şaftları içe devirli olarak aynı devirde dönerler.

İkinci devir düşürücü dişli kutusu guruplarına mekanik güç; gaz türbini sevk klaçları ile girer. Bundan amaç, ikinci dişli guruplarını herhangi bir nedenle ayrı olarak devrede tutabilmektir. Girişteki gaz türbini pinyon dişlisi kendisi ile temasta olan şaft dişlisine gücü iletir. Böylelikle, içe devirli olarak giren güç, pervane şaftına dışa devirli olarak geçer. Dizel makinalarla dışa devirli güç sağlamak için; iskele dizel makina saat yelkovanının dönüş yönünde, sancak dizel makina ise aksi yönde çalışır.

Gemi makina dairesinde; gerek gaz türbini, gerekse dizel makinalar bütün aksesuarlarını üzerlerinde bulundurdukları için ve kendilerine ait donanımların çok az yer tutması nedeniyle işletme kolaylığı sağlanmıştır. İşletme personelinin azlığı bakımından da rahat bir görüş açısı ve herhangi bir karışıklığa meydan vermeden makinalara anında müdahale olanakları vardır. Ayrıca LM1500 serisi gaz türbinlerinin ve dizel makinalarının dizaynlarındaki özellikler nedeniyle periyodik bakımlarının ve hatta overhollerinin gemi içinde ve kısa zamanda yapılması mümkündür. Yetişmiş makina personelinin rahat bir şekilde görev yapması olanakları bilhassa gaz türbininin çevrim özelliği bakımından sağlanmıştır.

Bir gaz türbini ve iki dizel makinadan oluşan sevk sisteminde makinaların ve pervanelerin kontrolü ŞEKİL—43'de görülmektedir. Makinaların kontrolü hem köprüüstünden hem de makina işletme istasyonundan yapılır. Makinaların üç tür kontrol yolu vardır: (24)

ŞEKİL. 43. T.C.G. Bora Karakol Ganbotunun makına kontrol şeması.



- (1) Dizel modu (normal seyir ve manevra):
Her bir dizel makına, kendisine ait olan devir düşürücü dişli yardımıyla bir pervane şaftını çevirir.
- (2) Gaz türbini modu (yüksek süratle harekât) :
Pervane şaftları beraber ve pervaneler ayrı piçlerle dönerler.
- (3) Gaz türbini manevra modu (ivedi durum seyri ve manevra):
Gemi gaz türbiniyle sevk edilirken manevra yapılacağında bu yöntem uygulanır. Her pervanenin piçi diğerinden bağımsız olarak ve türbinin gücü ayrı olarak kontrol edilir. En yüksek pervane piçi ve türbin hızı sınırlıdır.

Sevk sisteminin bütün kontrolü; bu üç ana kontrol kolu ile yapılır. Her bir dizel makına için birer kontrol kolu ve gaz türbini içinde bir kontrol kolu vardır. Bu üç koldan her biri yön, sürat ve pervanelerin piçinin kontrolünü sağlar. Gaz türbininin manevra modu dışında; dizel-lerin kontrol kollarıyla pervanelerin piçlerinin kontrolü, gaz türbini kontrol koluyla da sürat kontrolü yapılır.

Bu üç ana kontrol koluna ek olarak, her işletme istasyonun-
da iki mod seçici kol vardır. Bir mod seçici kol «normal» veya «gaz tür-
bini manevrası»; diğer mod seçici kol ise, «dizel» veya «gaz türbini» çalış-
tırmak içindir.

CODOG karışık sevk sistemini kullanan savaş gemileri TAB-
LO — 7 de gösterilmiştir.

ÜLKE	GEMİ TIPI	GEMİ BİLGİSİ				GAZ TÜRBİNİ BİLGİSİ			
		Deplas. Ton	Boy ft.	Sürat Knots	Gemi Adedi	İma- lat.	Adı	Güçü HP	Her Gm. Ad.
BELÇİKA	Fırkateyn	1500	317	28	4	RR	Olym- pus	28000 (Bo)	1
BREZİLYA	DD MK 10 Muhrip	3900	400	30	6	RR	Olym- pus	28000 (Bo)	2
BRUNEİ	Karakol Botu	114	99	57	1	RR	Pro- teus	4250 (Bo)	3
ŞİLİ	Fırkateyn	2460	367	35	2	F/GE	LM 2500	25000 (Bo)	2
DANİMARKA	Soloven Sınıfı Torpedo bot	114	99	54	16	RR	Pro- teus	4250 (Bo)	3
	Peder Skram Fırkateyn	2270	396	30	2	PW/SL	GG-4	22000 (Bo)	2
	Karakol Botu	--	--	--	10	RR	Pro- teus	4250 (Bo)	3
FINLANDIYA	Turunmaa Snf. Korvet	650	243	35	2	RR/BB	Olym- pus	22000 (Bo)	1
FRANSA	C.70 Korvet	3950	438	30	3 ⁺	RR	Olym- pus	28000 (Bo)	2
D. ALMANYA	Hai sınıfı Karakol Bot	370	174	--	14	--	--	3000 (Bo)	2
İRAN	Saam Snf. Fırkateyn	1290	310	40	4	RR	Olym- pus TM2A	24000 (Bo)	2
İTALYA	Fırkateyn	2460	367	35	4	F/GE	LM 2500	25000 (Bo)	2
KORE	Karakol Botu	240	165	40	1	GE	LM 1500	14000 (Bo)	1
LIBYA	(MK 7) Fırkateyn	1500	333	38	1	RR	Olym- pus TM2A	24000 (Bo)	2
	Karakol Botu	114	99	54	6	RR	Pro- teus	4250 (Bo)	3
MALEZYA	Rahmat Snf. Fırkateyn	1600	308	26	1	RR	Olym- pus TM1A	24000 (Bo)	1
	Perkasa Sı- nıfı Karakol Botu	114	99	54	4	RR	Pro- teus	4250 (Bo)	3

TABLO - 7 : CODOG KARIŞIK SEVK SİSTEMİNE SAHİP SAVAŞ GEMİLERİ

TABLO - 7 DEVAMI

ÜLKE	GEMİ TIPI	GEMİ BİLGİSİ				GAZ TÜRBİNİ BİLGİSİ			
		Deplas. Ton	Boy ft.	Sürat Knots	Gemi Adedi	İma- lat.	Adı	Güçü HP	Her Gm. Ad.
PERU	Fırkateyn	2460	367	35	4	GE	LM 2500	25000 (Bo)	2
ROMANYA	Poti sınıfı Korvet	550	195	28	1	--	--	7000 (Bo)	2
TAYLAND	Fırkateyn	1800	320	26	1 ⁺	RR	Olym- pus TM3B	28000 (Bo)	1
TÜRKİYE	TCG. BORA Karakol Botu	240	165	40	2	GE	LM 1500	14000 (Bo)	1
İNGİLTERE	Tenacity Karakol Botu	165	130	40	1	RR	Pro- teus	4250 (Bo)	3
A.B.D.	PG 84 Asheville Sınıfı Ka- rakol Botu	240	165	40	17	GE	LM 1500	14000 (Bo)	1
	AGEH Plainvev	310	212	50	1	GE	LM 1500	15000 (Bo)	2
	POH - 1	110	115	45	1	RR	Pro- teus	3100 (Bo)	2
S.S.C.B.	Petya Snf. Refakat Muhribi	1150	265	30	20	--	--	15000 (Bo)	2
	Mirka Snf. Refakat Muhribi	900	266	33	25	--	--	15000 (Bo)	2
	Petya Snf. Fırkateyn	950	266	30	25	--	--	15000 (Bo)	2
	Grisha Sınıfı Fırkateyn	750	232	--	14	--	--	12000 (Bo)	2

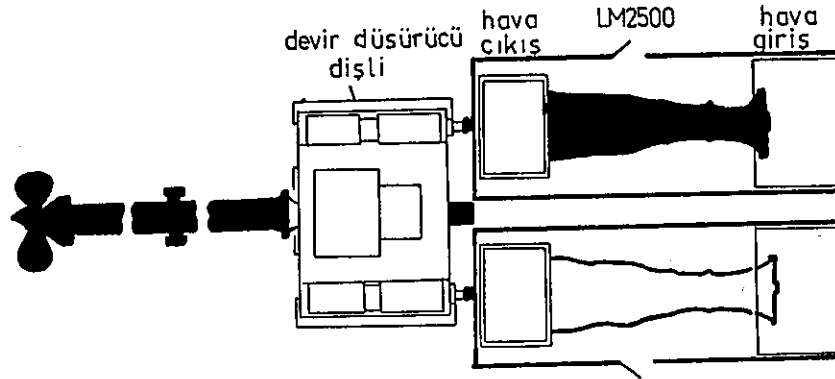
c. COGAG : Gaz Türbini ve Gaz Türbini Karışımı :

Gaz türbini ve gaz türbini karışımı sevk sisteminde; küçük güçteki gaz türbinleri veya aynı güçteki gaz türbinlerinden birisi alçak süratlerde uzun süre seyretmek için kullanılır. Yüksek süratle seyretmek gerektiğinde, küçük gaz türbinlerinin veya tek gaz türbininin gücüne ek olarak büyük güçteki veya aynı güçteki diğer gaz türbinleri devreye alınır ve gemi yüksek süratle seyrederek. Bu sevk sistemine sahip savaş gemileri halen inşa halinde ve çok az sayıda olup, en uygun örnek aşağıda verilmiştir.

Gemi tipi : Gülümlü mermi Fırkateyni .
Gemi adı : FFG — 7.
Ülkesi : A.B.D.
Deplasmanı : 3500 Ton
Boyu : 445 ft.
Eni : 45 ft.
Sürati : 28 Denizmili/saat

Sevk Sistemi :

FFG sınıfı güdümlü mermi fırkateynlerinin sevk sistemi; iki adet LM2500 gemi gaz türbini, bunların devirlerinin düşürüldüğü bir devir düşürücü dişli, bu dişliye bağlı olan şaft ve piç kontrollü pervaneden oluşmaktadır. ŞEKİL—44'den görüleceği gibi bu gemiler tek pervaneli



ŞEKİL. 44. FFG Sınıfı güdümlü mermi fırkateyninin sevk sistemi.

ve ana makina olarak sadece iki adet gaz türbini kullanılmaktadır. Henüz inşa edilmekte olan bu gemilerin sevk sistemleri hakkında fazla bir

bilgi yoktur. TABLO—8'de COGAG sevk sistemine sahip savaş gemileri gösterilmiştir.

ÜLKE	GEMİ	GEMİ BİLGİSİ				GAZ TÜRBİNİ BİLGİSİ			
		Deplas Ton	Boy ft.	Sürat Knots	Gemi Ade.	İma- lat	Adı	Gücü HP	Her Gm. Adı
İNGİLTERE	CA - A Invincible	20000	676	30	1 ⁺	RR	Olym- pus	28000 (BA)	4
A.B.D.	FFG - 7 Fırkateyn	3400	430	28	7 ⁺	GE	LM 2500	25000 (BA)	2

TABLO - 8 : COGAG KARIŞIK SEVK SİSTEMİNE SAHİP SAVAŞ GEMİLERİ

TABLO'larda ADI GEÇEN GAZ TÜRBİNİ İMALATÇI FİRMALAR :

- F : Fiat S. p. A.
GE : General Electric Company.
GEC : GEC Gas Turbines Limited.
PW : Pratt and Whitney Aircraft.
RR : Rolls—Royce (1971) Limited.
SL : Stal—Laval Turbin AB
BB : Brown Boveri Corporation.
TO : Franco Tosi S.p.A.
T : Turbomeca
IHI : Ishikawajima—Harima Heavy Industries Company, Limited
AL : AVCO Lycoming Division.
UACL : United Aircraft Canada, Limited.

İki Adet COGOG : Gaz Türbini veya Gaz Türbini Karışımı :

Gaz türbini veya gaz türbini karışımı sevk sisteminde; küçük güçteki gaz türbinleri, iktisadi süratle uzun süre seyretmek için kullanılırlar. Yüksek süratle seyretmek gerektiğinde, küçük güçteki gaz türbinleri devreden çıkartılır, bunların yerine büyük güçteki gaz türbinleri devreye alınır ve gemi yüksek süratle seyrederek. Bu sevk sistemi için en uygun örnekler aşağıda verilmiştir:

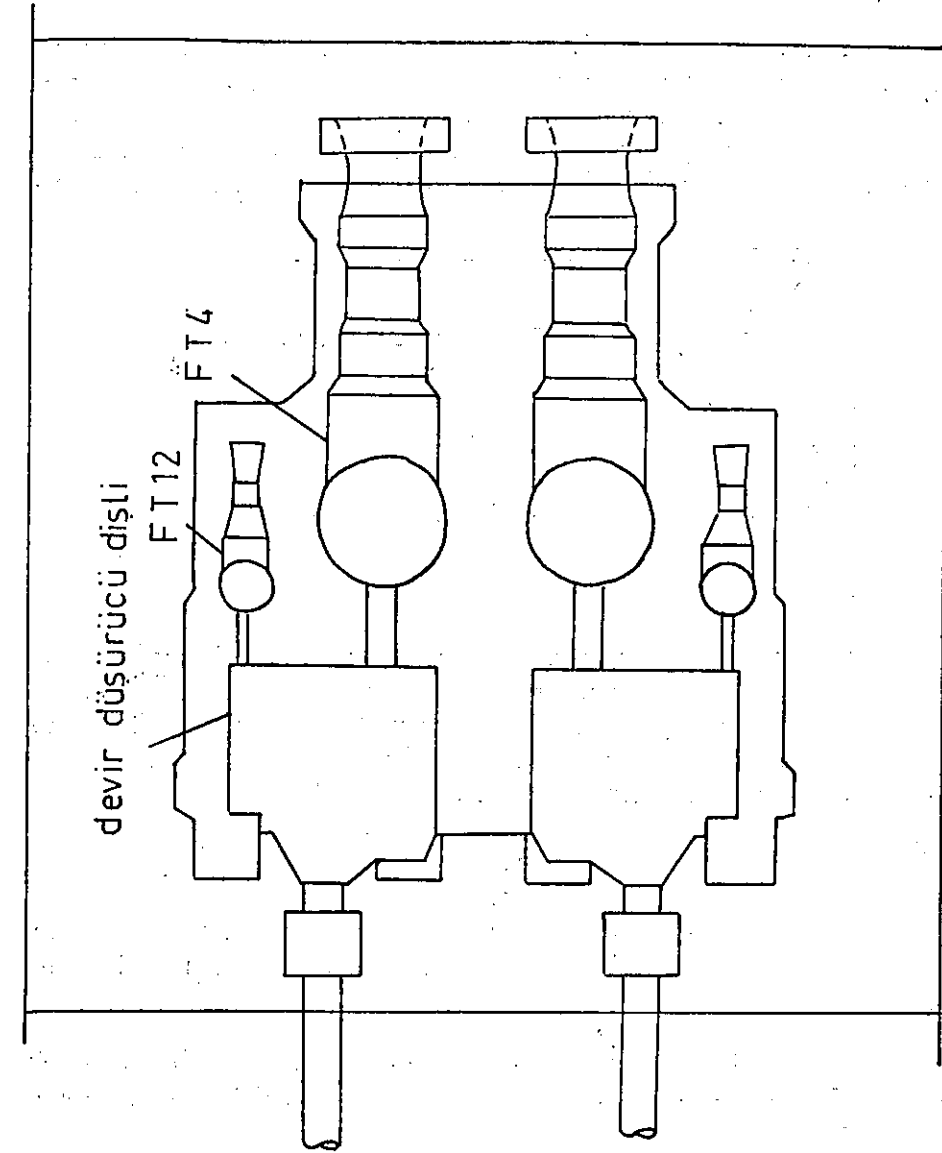
Gemi tipi	: Muhrip
Gemi adı	: DDH—280 Iroquois
Ülkesi	: Kanada
Deplasmanı	: 4200 Ton
Boyu	: 398 ft.
Eni	: 50 ft.
Sürati	: 27 Denizmili/saat

Sevk Sistemi :

Iroquois sınıfı muhriplerin sevk sistemi; her biri 25 000 beygirgücündeki, Pratt and Whitney firmasının iki adet FT4A—2 gemi gaz türbiniyle, her biri 3 700 beygirgücünde olan, Pratt and Whitney firmasının iki adet FT12A—3 gemi gaz türbininden oluşmaktadır. FT12A—3 gaz türbinleri, gemiyi iktisadi süratle, FT4A—2 gaz türbinleri ise yüksek süratle sevk etmektedirler. Birer adet FT12 ve FT4 gaz türbinlerinden oluşan sancak ve iskele makinalar, devir düşürücü dişliler ve kilaçlarla iki şafta ve piç kontrollü pervanelere bağlanmıştır.

Dört gaz türbini ve iki dişli kutusu, gemi içerisinde bir platform üzerine yerleştirilmişler ve bu platform, gemi teknesine şok emici lastik desteklerle bağlanmıştır. Makina yerleştirme şeması ŞEKİL—45 de gösterilmiştir. Her bir şafttaki; iktisadi sürat ve yüksek sürat gaz türbinlerinin güç türbinleri dönüşleri birbirine ters yönde olacak şekilde dizayn edilmişlerdir. Gaz türbinleri; yakıt olarak, gemi dizel yakıtını kullanmaktadır. (27)

Devir düşürücü dişliler Maag firması tarafından dizayn ve imal edilmişlerdir. FT4 gaz türbininin devir düşürücü dişlisinin devir düşürme oranı 15.6:1 ve FT12 gaz türbininin çift devir düşürücüsünün toplam devir düşürme oranı 68:1 dir.



ŞEKİL 45. DDH—280 Iroquois muhribinin sevk sistemi.

Beş kanatlı, içe dönüşlü piç kontrollü pervaneler Lips N.V. firmasınınca dizayn edilmiştir. Pervanelerin tam yol ileri durumundan tam yol tornistan durumuna geçiş için piç değiştirmeleri 20 saniyeden daha az bir zamanda olmaktadır.

Her makinanın ayrı bir hava giriş ve egzost gazı çıkış borusu vardır. Ayrıca, dört makinanın her biri hava soğutmalı ve ses geçirmeyen muhafaza içine konulmuştur. FT4 ve FT12 gaz türbinleri, FT4 gaz türbini hava giriş yoluyla gemiden dışarı ve içeri alınabilirler. Makinalara, hem köprüüstünden, hemde makina kontrol odasından komuta etmek mümkündür.

Gemi tipi	: Fırkateyn
Gemi adı	: F 169 Amazon «Type 21»
Ülkesi	: İngiltere
Deplasmanı	: 2500 Ton
Boy	: 284 Ft.
Eni	
Sürati	: 34 Denizmili/saat

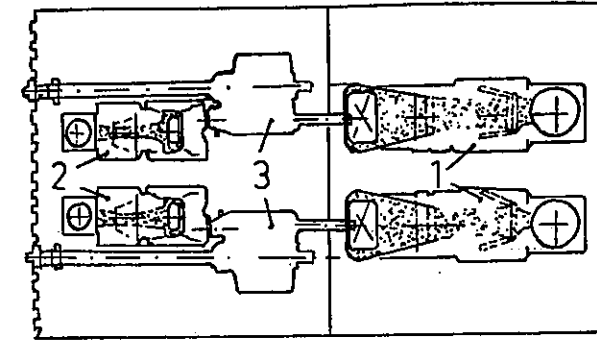
Sevk Sistemi :

Amazon sınıfı fırkateynlerin sevk sistemi; iki adet şaft ve her bir şafta gerekli gücü sağlayan bir Tyne iktisadi sürat gaz türbini ve bir Olympus yüksek sürat gaz türbininden oluşmaktadır. Böylece; bir Tyne gaz türbini ile bir Olympus gaz türbini beraberce bir devir düşürücü dişli yardımıyla geminin her bir şaftına güç vermekteler. İktisadi süratteki seyir için kullanılan Tyne gaz türbinleri, devir düşürücü dişlilerin küçük tarafındaki makina dairesinde yüksek sürat için kullanılan Olympus gaz türbinleri ise, devir düşürücü dişlilerin büyük tarafındaki makina dairesinde bulunurlar. ŞEKİL—46 da Amazon sınıfı bir fırkateyn makinalarının şematik yerleştirilişi, ŞEKİL—47'de makina dairelerinin resmi görülmektedir. (25).

Her iki çift devir düşürücü dişliden çıkan şaftlar, Tyne gaz türbinlerinin dış taraflarından geçerler ve birer adet piç kontrollü pervaneyi çevirirler.

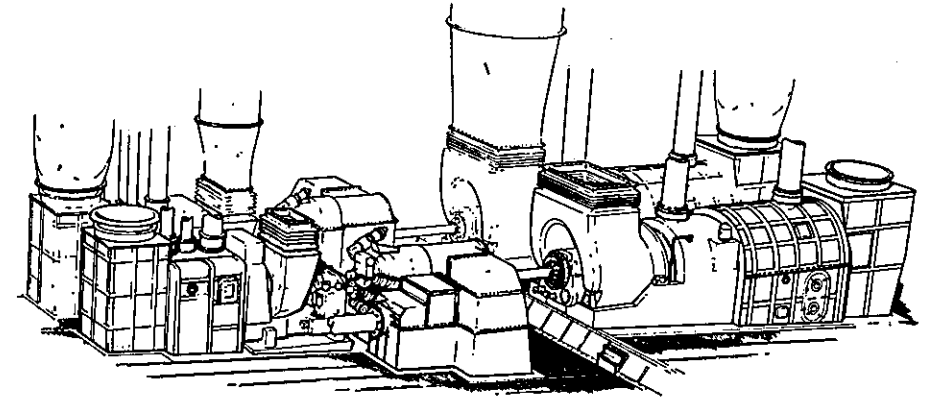
ŞEKİL—48'de HMS Amazon (F169) fırkateyni görülmektedir.

COGOG karışık sevk sistemine sahip savaş gemileri TABLO—9 da gösterilmiştir.

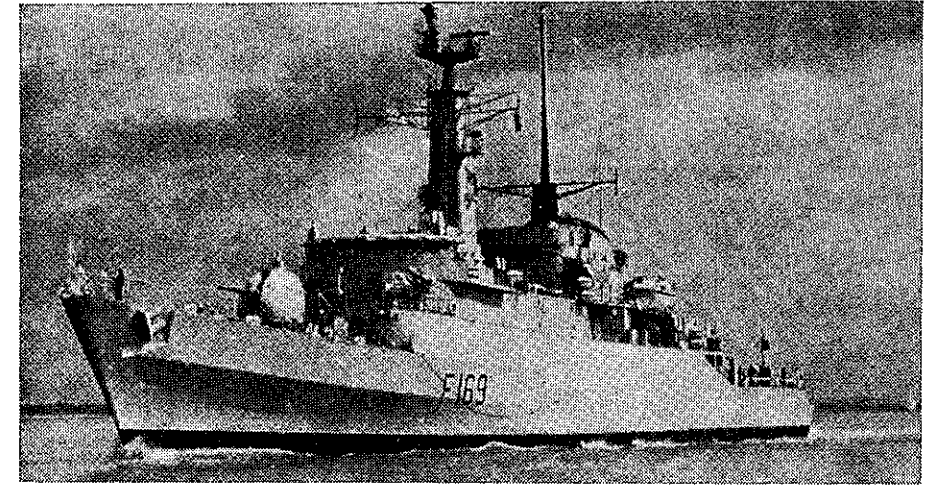


1.olympus 2.tyne 3.ana dişli kutusu

ŞEKİL. 46. F169 Amazon fırkateyninin sevk sistemi.



ŞEKİL. 47. F169 Amazon fırkateyninin makina dairelerinin görünüşü.



ŞEKİL. 48. HMS. Amazon (F169) fırkateyni. (26).

Ü L K E	G E M İ T İ P İ	GEMİ BİLGİSİ				GAZTÜRBİNİ BİLGİSİ			
		Depl. Ton	Boy ft.	Sür. Knot	Gm. Ad.	İma- lat	Adı	Güçü HP	Her Gm. Ad.
ARJANTİN	DD Hercules "Type 42"	3500	410	30	2	RR	Tyne RML Olypus TM3B	4250 (Ba) 28000 (Bo)	2 2
AVUSTURALYA	DDL	4200	425	35	3	RR	Tyne Olypus	4250(Ba) 28000(Bo)	2 2
KANADA	DDH 280 Iraquoia	4200	398	29*	4	PW PW	FT12 FT4	3740(Ba) 25000(Bo)	2 2
KORE	Karakol Botu	240	165	45	4	AL	TF35A	2800(Ba)	6
HOLLANDA	DD Tromp GM.Muhrip	4300	420	30	4*	RR	Tyne RMLA Olypus TM3B	5340(Ba) 28000(Bo)	2 2
İNGİLTERE	Firkateyn "Type 22"	3600	426	30	1*	RR	Tyne Olypus	4250(Ba) 28000(Bo)	2 2
	Muhrip "Type 42"	3500	490	30	6	RR	Tyne Olypus	4250(Ba) 28000(Bo)	2 2
	HMS Amazon Firkateyn "Type 21"	2500	384	34	8	RR	Tyne Olypus	4250(Ba) 28000(Bo)	2 2
	HMS Exmo- uth Firkateyn	1456	310	27	1	RR	Proteus Olypus	3500(Ba) 22500(Bo)	2 1

TABLO - 9 : ÇOĞUÇ KARIŞIK SİSTEMİNE SAHİP SAVAŞ GEMİLERİ.

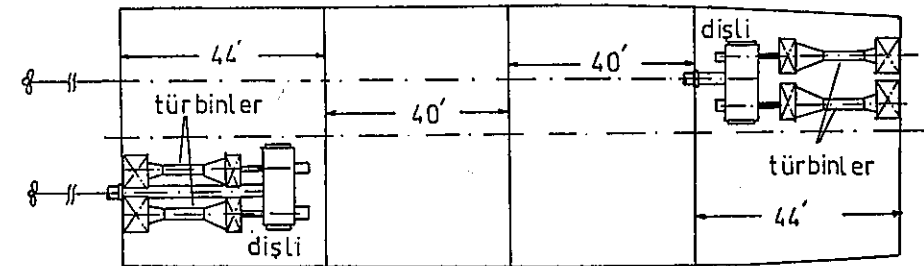
e. GT : Gaz Türbinleri :

Gaz türbinleri sevk sisteminde; aynı güçte ve büyüklükte bir-
den daha çok gaz türbinleri bulunur. İktisadi seyirde bu gaz türbinlerin-
den birisi gemiyi sevkeder, sürati arttırmak gerektiğinde sırasıyla diğer
gaz türbinleri de devreye alınır. En yüksek süratte bütün gaz türbinleri
gemiyi beraberce sevkederler. Bu sevk sistemi için en uygun örnekler
aşağıda verilmiştir.

Gemi tipi : Muhrip
Gemi adı : DD 963 Spruance
Ülkesi : A.B.D.
Deplasmanı : 7800 Ton
Boyuna : 560 ft.
Eni : 54 ft.
Sürati : 30+ Denizmili/saat

Sevk Sistemi :

Spruance sınıfı muhriplerin sevk sistemi; dört adet LM2500 ge-
mi gaz türbini, iki devir düşürücü dişli, iki şaft ve piç kontrollü pervane-
lerden oluşmaktadır. ŞEKİL—49'dan görüleceği gibi her bir şaft için iki
gaz türbini yanyana yerleştirilmiştir. İskele makinalar; baş makina dai-
resinde bulunurlar ve gaz türbinlerinin her ikisinde devir düşürücünün
baş tarafındadır. Sancak makinalar ise kış makina dairesinde bulunur-
lar ve gaz türbinlerinin her ikisinde burada, devir düşürücünün kış tara-
fındadır. Böylece baş makina dairesiyle kış makina dairesi arasında üç
su geçmez bölme vardır ve bunlar, bir makina dairesinde savaş esnasın-
da hasar olursa diğerinin bundan etkilenmemesini sağlarlar. (28)



ŞEKİL. 49. DD 963 Spruance muhribinin sevk sistemi.

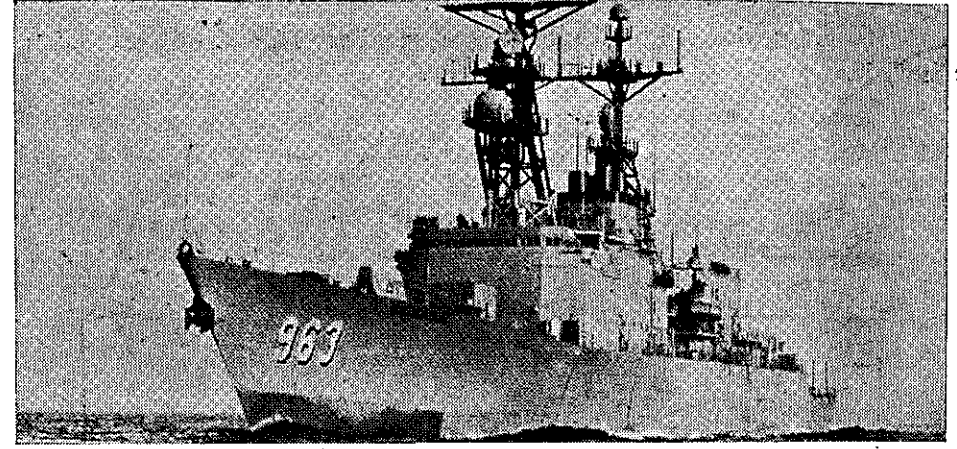
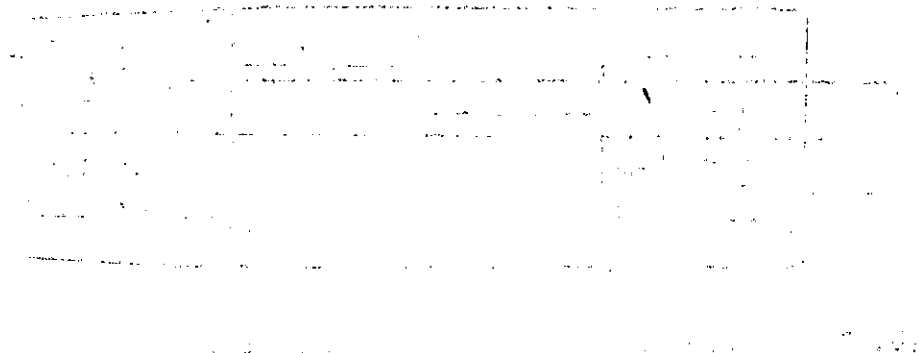
Her iki makina dairesinde; ikişer gaz türbini, çift devir düşürücü dişliler, gaz türbinleriyle dişliler arasında da kilaçlar bulunmaktadır. LM2500 gaz türbinleri; 100°F hava giriş sıcaklığında 20.000 beygirgücünden fazla güç üretmektedirler. Her bir devir düşürücü dişliye güç, gaz türbini sürati olan 3600 devir/dakika ile girer ve bu sürat yaklaşık olarak 20:1 oranında devir düşürücü dişlide düşürülür. Kilaçlar makina ile birinci devir düşürücü dişli arasında dişli kutusunun içine birleşik olarak yerleştirilmiştir.

Alçak gemi süratlerinde daha ekonomik çalışma sağlamak için iki devir düşürücü dişli arasında elektrikli bağlantı vardır. Bu bağlantı yardımıyla, dört gaz türbininden herhangi biri çalıştığında her iki şaftta da güç sağlamak mümkün olur. Her bir devir düşürücü dişli AC sinkro jeneratör/motor yardımıyla birbirlerine bağlanmıştır. Bu motor/jeneratör gurubu; dişli tarafından döndürüldüğünde jeneratör olarak görev yapar, dişliyi döndürdüğünde motor olarak görev yapar. Bunun güç kapasitesi, yaklaşık olarak bir gaz türbininin ürettiği gücün yarısı kadardır.

Piç kontrollü pervane, yükün en az değerinde olduğu şekilde çalıştırılacaktır. Çok düşük gemi süratlerinde, en düşük yakıt akışında makina tork özelliklerini uydurabilmek için düşük piç açısında çalıştırmaya gerek olacaktır. Gemi üzerinde ileri hız varken, geminin durdurulması veya tornistan edilmesi pervane kanatlarını ters yöne çevirmekle yapılır.

Devir düşürücü dişli donanımından bakıldığında, bütün güç türbinlerinin dönüş yönü saat yelkovanının dönüş yönündedir.

ŞEKİL—50'de DD 963 Spruance muhribi seyir halindeyken görülmektedir.



ŞEKİL. 50. USS Spruance (DD963) muhribi.

Gemi tipi	: Torpido Bot
Gemi adı	: T — 121 Spica
Ülkesi	: İsveç
Deplasmanı	: 200 Ton
Boyu	: 140. ft.
Eni	: 23 ft.
Sürati	: 40 Denizmili/saat

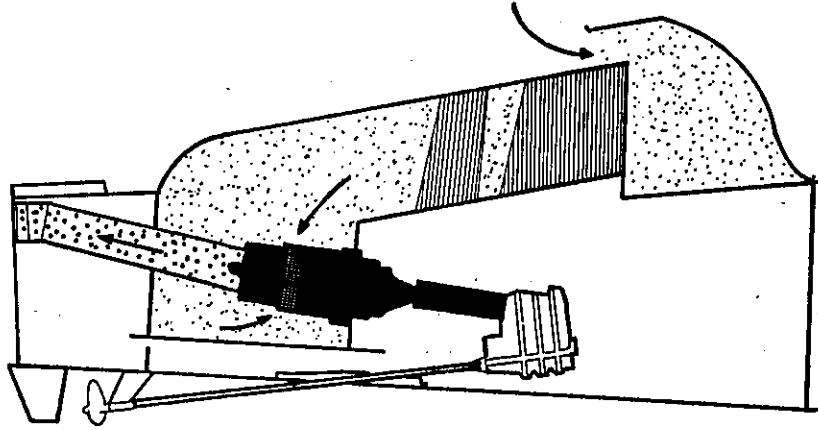
Sevk Sistemi :

Spica sınıfı torpido botlarının üç şaftı vardır. Her bir şaft, 3450 BHP devamlı çıkış gücü olan bir Rolls—Royce Proteus gemi gaz türbini tarafından çevrilmekte ve bir Allen—Stockicht birinci devir düşürücü dişliyle dönüş hızı 11 600 devir/dakikadan 5239 devir/dakikaya düşürülmektedir. İkinci Allen devir düşürücü dişli ile devir tekrar düşürülmekte ve KaMeWa firmasının imalatı olan piç kontrollü pervane 1439 devir/dakika ile dönmektedir. Torpido botların makinalarının genel yerleştirme şemaları ŞEKİL—51 ve ŞEKİL—52'de görülmektedir.

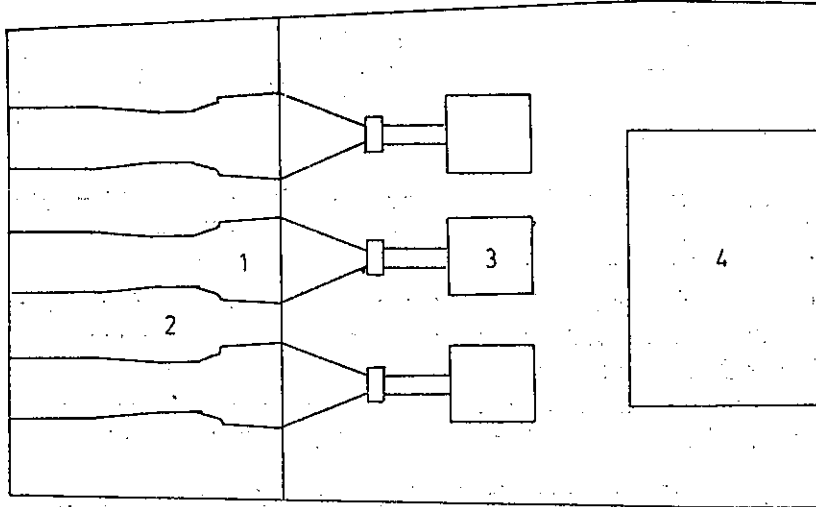
Ana makina olarak kullanılan üç gaz türbini de; uçak gaz türbininden türetilmiş, gaz üretici ve güç türbinini içeren, ŞEKİL—38 de görülen, Proteus gemi gaz türbinidir. Gaz üretici kısımdaki 13 kademeli kompresör 7.3:1 oranında bir basınç artması sağlanmakta ve kompresör, 2 kademeli aksenal akışlı bir türbin tarafından çevrilmektedir. Güç türbini de 2 kademelidir. Türbinlerde gemi dizel yakıtı kullanılmakta ve her

birinin ilk çalıştırılması havayla olmaktadır.

GT sevk sistemine sahip savaş gemileri TABLO—10 da gösterilmiştir.



ŞEKİL 51. T-121 Spica sınıfı torpido botlarının sevk sisteminin yandan görünüşü.



1_proteus gaz türbini 2_hava odası
3_allen ikinci dişi kutusu 4_makina kontrol odası

ŞEKİL 52. T-121 Spica sınıfı torpido botlarının sevk sisteminin üstten görünüşü.

Ü L K E	G E M İ T i p i	GEMİ BİLGİSİ				GAZ TÜRBİNİ BİLGİSİ				
		Depl. Ton	Boy ft.	Sür. Knot	Gü. Ad.	İma- lat.	Adı	Güçü HP	Her Gü. Adı	
İRAN	BH7 Hoverkraft	45	77	65	6	RR	Proteus	4500(Ba)	1	
	SRN 6 Hoverkraft	10.8	48	52	8	RR	Gnome	900(Ba)	1	
İTALYA	Swordfish Hidrofil	58	72	40+	1	RR	Proteus	5000(Bo)	1	
	SRN 6 Hoverkraft	10.9	48	52	1	RR	Gnome	900(Ba)	1	
İSVEÇ	Spica Snf.I Torpido Bot	200	140	40	6	RR	Proteus	4250(Ba)	3	
	Spica Sn.II Torpido Bot	200	140	40	12	RR	Proteus	4250(Ba)	3	
İNGİLTERE	SRN 5 Hoverkraft	6.8	38	60	2	RR	Gnome	1050(Ba)	1	
	SRN 6 Hoverkraft	10.8	48	52	5	RR	Gnome	1050(Ba)	1	
	SRN 6 MK 5 Hoverkraft	14	53	52	2	RR	Gnome	1050(Ba)	1	
	BH 7 Hoverkraft	45	77	65	1	RR	Proteus	4250(Ba)	1	
A.B.D.	DD963 Spru- ance Mührip	7800	560	30+	30	GE	LM2500	20000(Ba)	4	
	Deniz Kont- rol Gemisi	14000	650	28	4+	GE	LM2500	20000(Ba)	2	
	NATO PGH	818	133	40+	2	GE	LM2500	26200(Ba)	1	
	PGH - 1	57	75	40	1	RR	Tyne	3900(Ba)	2	
	ATC Aircushian	--	--	--	2	AL	TF12	1000 (Ba)	2	
	ASPB	--	--	--	1	AL	TF14	1250(Ba)	2	
	ASPB	--	--	--	1	UAGI	BT6	550(Ba)	3	
	SES-100 A	100	82	80	1	AL	TF35	2800(Ba)	4	
	SES-100 B	100	78	80+	1	FN	FT12	3500(Ba)	3	
						UAGI	BT6	500(Lift)	3	
	AALC Jeff A Hoverkraft	151	96	50	1	AL	TF40	3350(Ba)	6	
	AALC Jeff B Hoverkraft	147	87	50	1	AL	TF40	3350(Ba)	6	
	PHM Hidrofoil	220	130	40	2	GE	LM2500	16000(Ba)	1	

TABLO - 10 : GT SEVK SİSTEMİNE SAHİP SAVAŞ GEMİLERİ

TABLO - 10 DEVAMI

ÜLKE	GEMİ TİPİ	GEMİ BİLGİSİ					GAZ TÜRBİNİ BİLGİSİ			
		Depl. Ton	Boy ft	Sür. Knot	Gm. Ad.	İna- lat	Adı	Gücü HP	Her Gm. Ad.	
S.S.C.B.	DD Krivak Muhrip	4400	426	34	5	---	---	15000(Ba)	8	
	DD Kashin Muhrip	5200	475	35	19	---	---	12000(Ba)	8	
	C Kara Kruvasör	10000	560	34	2	---	---	20000(Ba)	8	
YUNANİSTAN	PB Astrapi Karakol Botu	110	96	55 ⁺	1	RR	Proteus	4250(Ba)	3	
	PB Aiolos Karakol Botu	80	95	50 ⁺	1	RR	Proteus	4250(Ba)	2	

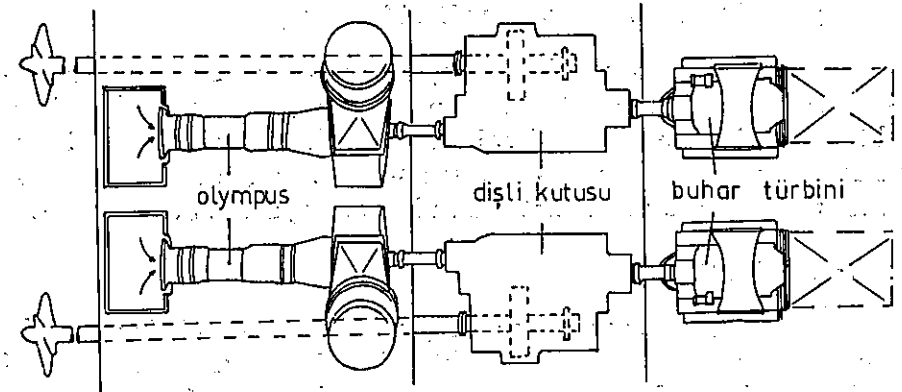
f. COSAG : Buhar Türbini ve Gaz Türbini Karışımı :

Buhar Türbini ve Gaz Türbini karışımı sevk sisteminde; buhar türbinleri, iktisadi süratle uzun süre seyretmek için kullanılırlar. Yüksek süratle seyretmek gerektiğinde, buhar türbinlerinin gücüne ek olarak gaz türbinleri devreye alınır ve gemi yüksek süratle seyrederek. Ayrıca, ivdi kalkış durumlarında, buhar türbinlerine gerekli buhar sağlanıncaya kadar gaz türbinleri gemiyi sevk ederler. Bu sevk sistemine sahip savaş gemileri için en uygun örnek aşağıda verilmiştir.

Gemi tipi : Muhrip
Gemi adı : HMS Bristol «Type 82»
Ülkesi : İngiltere
Deplasmanı : 6750 Ton
Boy : 507 ft.
Eni : 55 ft.
Sürati : 32 Denizmili/saat

Sevk Sistemi :

Bristol muhribinin sevk sistemi; iki pervane, iki şaft ve her bir şaftı çevirmek için kullanılan bir buhar ve gaz türbininden oluşmaktadır. ŞEKİL—53'den görüleceği gibi, iki adet Olympus gemi gaz türbini



ŞEKİL. 53. HMS Bristol «Type 82» muhribinin sevk sistemi.

aynı makina dairesine yerleştirilmişler, ve devir düşürücü dişlilerin kaç tarafında bulunmaktadırlar. Devir düşürücü dişlilerin baş tarafında ve

ayrı bir makina dairesinde bulunan iki adet buhar türbini ise, gemiye saatte 18 denizmili iktisadi sürati yaptırmak için 30 000 beygirgücünü sağlarlar. (29)

Gemide bulunan iki adet Olympus gemi gaz türbinleri, yüksek süratlerde ek olarak 44 600 beygirgücü sağlayarak, gemiye 32 mil sürat yaptırırlar.

COSAG karışık sevk sistemine sahip savaş gemileri TABLO—11'de gösterilmiştir.

Ü L K E	G E M İ T İ P İ	G E M İ B İ L G İ S İ				G A Z T Ü R B İ N İ B İ L G İ S İ			
		Depl. Ton	Boy ft.	Sür. Knot	Gm. Ad.	İma- lat	Adı	Gücü HP	Her Gm. Ad.
İNGİLTERE	HMS Bristol "Type 82" Muhrip	6750	507	32	1	RR	Olympus TMA	24000(Bo)	2
	County Snf. Hafif Kruvazör	6200	520	32	8	GEO	G6	7500(Bo)	4
	Tribal Snf. "Type 81" Flakateyn	2700	360	25	7	GEO	G6	7500(Bo)	1

TABLO - 11 : COSAG KARIŞIK SEVK SİSTEMİNE SAHİP SAVAŞ GEMİLERİ.

g. CONAG : Nükleer ve Gaz Türbini Karışımı :

Nükleer ve gaz türbini karışımı sevk sisteminin gemilerde kullanılması, ileride reaktör tekniklerinin daha da geliştirilmesiyle mümkün olabilecektir. Nükleer güç iktisadi süratle sevk için, gaz türbini ise kısa zaman süresi esnasında gemiye yüksek süratde ek güç sağlamak amacıyla kullanılacaktır. Bu sevk sisteminin henüz uygulama alanı yoktur.

VII. SONUÇ :

Gaz türbini ile sevk edilen ilk gemi 14 Temmuz 1947 yılında denize açılmıştır. İngiliz Donanmasındaki MGB 2009 botunda kullanılan bu gaz türbini, Gatric firması tarafından imal edilmiş ve 2500 shaft beygirgücü üretmekteydi. Yaklaşık olarak 28 yıl sonra, 1975 yılının başlarında; 800'den çok gemide, ana ve yardımcı makina olarak konulmuş veya konulmakta olan gaz türbinlerinin ürettikleri güç 16 milyon beygirgücünden daha fazladır. MGB 2009 botundan beri; gaz türbini kullanılmakta olan bu gemilerde, kullanılan gaz türbini sayısı 1800 civarındadır ve her

gemiye yaklaşık 20000 beygirgücü, ortalama büyüklükteki bir gaz türbine de yaklaşık 9000 beygirgücü düşmektedir. Yaklaşık bir ortalama alındığında, her gemiye ikiden biraz çok gaz türbini düştüğü görülür. İngiliz Donanmasının ilk önemli adımı atışından sonra, 28 yıl içerisinde bu önemli bir artmayı temsil etmektedir.

Gemi-gaz türbini endüstrisinin, 1975 yılı başındaki durumuna bakılacak olursa, savaş ve ticaret gemilerinde ana ve yardımcı makina olarak kullanılmalarının; gemi sayısı, türbin sayısı ve toplam beygirgücü olarak özet bilgileri TABLO—12'de gösterilmiştir.

	ANA MAKİNA (SEVK)			YARDIMCI MAKİNA			TOPLAM
	Gemi	Türbin	Beygirgücü	Gemi	Türbin	Beygirgücü	
SAVAŞ	500	1306	15 409 000	143	266	283 000	
TİCARET	60	109	793 000	104	114	178 000	
TOPLAM	560	1415	16 202 000	247	380	461 000	

	T O P L A M		
	Gemi	Türbin	Beygirgücü
SAVAŞ	643	1572	15 692 000
TİCARET	164	223	871 000
TOPLAM	807	1795	16 663 000

TABLO - 12 : GEMİ GAZ TÜRBİNLERİNİN 1975 YILI BAŞINDAKİ DURUMU.

Yaklaşık 164 ticaret gemisinde kullanılan, 220 gaz türbiniyle 970 bin beygirgücü üretilmektedir. Üretilen bu gücün; 793 000 beygirgücü; ana makinalar, 178 000 beygirgücü de yardımcı makinalar tarafından sağlanmaktadır. (30)

Diğer yandan; savaş gemilerinde kullanılan gaz türbinlerinin adedi ve ürettikleri güç ticaret gemilerinde kullanılanlardan çok fazladır. Savaş gemilerinde yaklaşık 15.7 milyon beygirgücü ana ve yardımcı makina olarak kullanılan gaz türbinleri tarafından üretilmektedir. Üretilen bu toplam gücün, 15 409 000 beygirgüçlük kısmı 500 savaş gemisindeki 1306 gaz türbini tarafından sevk gücü olarak üretilmektedir. Yardımcı makina olarak; 143 savaş gemisinde bulunan 266 gaz türbinince de 283 bin beygirgücü üretilmektedir. Savaş ve ticaret gemilerinde, gaz türbini uygulamasının artması ŞEKİL—54 den açıkça görülmektedir ve 1975 yı-

lının başında, toplam beygircü 16 663 000'dir. Bu değer, 1971 yılındaki iki katından daha fazladır. Toplam beygircü, 1965 yılında 2 milyon iken, bu güç 1975 yılında 16.6 milyon olmuştur ve artma çok dik bir eğri şeklindedir.

Yukarıdaki incelemeden görüleceği gibi; gaz türbinine sahip toplam 807 geminin % 80'i savaş, sahil muhafaza ve askeri nakliye gemisi, % 20'si ise ticaret gemisidir. Gemilerde bulunan toplam 1795 gaz türbininin, % 87'si savaş, sahil muhafaza ve askeri nakliye gemilerinde, % 13'ü ise ticaret gemilerindedir. Bu gaz türbinlerinin ürettiği toplam 16 663 000 beygircünün % 95'i savaş, sahil muhafaza ve askeri nakliye gemilerinde, % 5'i ise ticaret gemilerinde üretilmektedir.

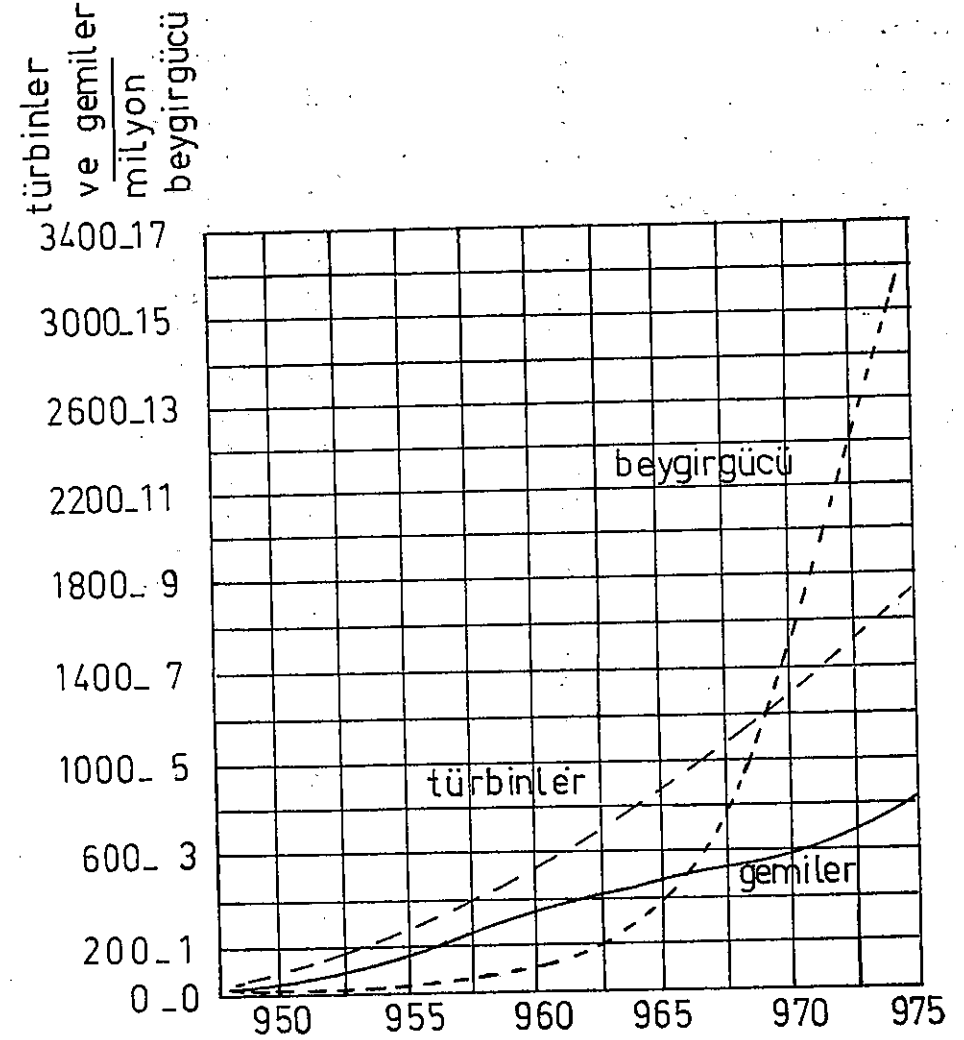
Gaz türbinini gerek ana makina, gerekse de yardımcı makina olarak kullanan gemilerin sayısı her geçen yıl artmaktadır. Örneğin, 1971 yılında yaklaşık 600 gemiye karşılık, 1975 yılında 800 gemide gaz türbini bulunmaktadır. Gaz türbini sayısı da, 1971 yılında 1200'den biraz fazla olmasına karşılık, 1975 yılında yaklaşık 1800 civarındadır.

Gaz türbinlerini savaş, sahil muhafaza ve askeri nakliye gemilerinde ana makina olarak kullanan ülkeler TABLO—13 de gösterilmiştir. Ana makina olarak gaz türbinine sahip savaş gemilerini 33 ülke kullanmakta veya halen inşa etmektedir. Gemi gaz türbinlerinin halen en çok kullanıldığı yer savaş gemileridir. Ana ve yardımcı makina olarak 1971 yılında gemilerde 7.8 milyon beygircü üreten gaz türbinlerinin yaklaşık % 90'ı savaş gemilerinde bulunmaktaydı. Aynı şekilde, 1975 yılında gemilerde üretilen 16.6 milyon beygircünün % 92'si savaş gemilerinde ana ve yardımcı makina olarak kullanılan gaz türbinlerince üretilmektedir.

Savaş gemilerinde üretilen toplam beygircünün büyük çoğunluğu deplasmanı 1200 tondan büyük olan gemilere aittir. Deplasmanı 1200 tondan büyük olup, da gaz türbinleri tarafından sevk edilen, 15 ülkeye ait gemiler TABLO—14'de gösterilmiştir.

Deplasmanı 1200 tondan büyük olan 148 savaş gemisinde bulunan 336 gaz türbini iktisadi süratle seyir için, 157 gaz türbini ise yüksek sürat sevk gücü üreticisi olarak kullanılmaktadır. İktisadi süratle seyir için kullanılan gaz türbinlerinin toplam beygircü 6 milyondan biraz fazla, yüksek süratle sevk için kullanılan gaz türbinlerinin toplam beygircü ise 3 milyondan biraz fazladır.

A.B.D. Donanması, iktisadi süratle seyir için 3 milyon beygircüden fazlasını kullanarak en önemli sırayı almakta, onu 2.7 milyon



ŞEKİL. 54. 1947—1975 yılları arasında gemi gaz türbinleri: Gemiler-Türbinler-B.G.

Ülkeler	Gemiler	Türbinler	Beygirgücü
A.B.D.	93	243	3 916 700
Arjantin	2	8	129 000
Avusturalya	3	12	193 000
Belçika	4	4	112 000
Brezilya	6	12	336 000
Brunei	2	4	13 600
Danimarka	28	82	304 000
D. Alman Cumhuriyeti	14	28	84 000
Federal Almanya	6	12	144 000
Finlandiya	2	2	44 000
Fransa	4	7	178 000
Hindistan	8	16	240 000
Hollanda	4	16	266 720
İngiltere	47	127	1 501 450
İran	18	22	226 200
İsveç	21	58	170 000
İtalya	15	22	282 900
Japonya	5	10	23 000
Kanada	9	25	339 600
Kore	5	25	81 200
Libya	7	20	124 500
Malezya	5	13	75 000
Peru	4	8	200 000
Romanya	1	2	14 000
S.S.C.B.	180	516	6 230 000
Şili	2	4	100 000
Tayland	1	1	28 000
Türkiye	2	2	28 000
Yunanistan	2	5	21 250
TOPLAM	500	1306	15 408 720

TABLO — 13 : GAZ TÜRBİNLERİNİ SAVAŞ, SAHİL MUHAFAZA VE ASKERİ NAKLİYE GEMİLERİNDE ANA MAKİNA OLARAK KULLANAN ÜLKELER

Ülkeler	Gemiler	Gaz Türbinleri		Beygirgücü	
		İktisadi Sürat	Yüksek Sürat	İktisadi Sürat	Yüksek Sürat
A.B.D.	43	148		3 030 000	
Arjantin	2	4	4	17 000	112 000
Avusturalya	3	6	6	25 000	168 000
Belçika	4		4		112 000
Brezilya	6		12		336 000
Danimarka	2		4		88 000
F. Almanya	6		12		144 000
Fransa	4		7		178 000
İngiltere	33	36	72	246 500	1 203 500
İran	4		8		192 000
İtalya	7		14		245 000
Kanada	5		10		208 000
S.S.C.B.	26	172		2 744 000	
Şili	2		4		100 000
Tayland	1		1		28 000
TOPLAM	148	336	157	6 063 000	3 114 500

TABLO— 14 : GAZ TÜRBİNLERİYLE SEVKEDİLEN VE DEPLASMANI 1200 TONDAN BÜYÜK OLAN SAVAŞ GEMİLERİNİ KULLANAN ÜLKELER.

beygirgücüyle S.S.C.B. ve 246 000 beygirgücüyle de İngiltere izlemektedir. Yüksek sürat sevk gücü için 1.2 milyon beygirgücü ile İngiltere bütün ülkelerin önünde gitmekte, COGOG ve COGAG sevk sistemi en geniş uygulamasını bulmaktadır. Buna karşılık iktisadi süratle seyir için İngilterenin 240 000 beygirgücü üretmesi oldukça ilgi çekicidir.

Sevk için, halen kullanılmakta olan en yüksek güçlü gemi gaz türbininin gücü 37 500 beygirgücüne kadar çıkmaktadır. Deplasmanı 1200 tondan büyük olan savaş gemilerinde, iktisadi süratle seyir için kullanılan gaz türbinlerinin gücü 3700 ile 20 000 beygirgücü arasında, yüksek sürat için kullanılan gaz türbinlerinin gücü ise 4200 ile 28000 beygirgücü arasında değişmektedir.

Gaz türbinlerinin savaş gemilerinde ana ve yardımcı makina olarak güvenilir bir şekilde kullanılmaları kabul edilen bir gerçek olmuştur.

tur. Gelecekte, teknolojide olacak gelişmenin gaz türbinlerine uygulanmasıyla bu güvenilirlik daha da artacaktır. Üzerinde tornistan kademesi bulunan gaz türbinlerinin imali ve gemilerde kullanılmasıyla, tornistan için kullanılan piç kontrollü pervanelerin yerine sabit kanatlı pervaneler kullanılabilir. Halen kullanılmakta olan gaz türbinlerinde, türbin girişindeki gaz sıcaklığı 2000—2100°F dir. Bu değer, hava ile soğutmalarda yapılacak gelişmelerle 2500—2600°F sıcaklığa çıkartılacaktır ki; böylece türbinlerin verimleri ve performansları arttırılmış olacaktır. Sıvı ve iki fazlı soğutma sistemleriyle, gelecekteki türbin girişindeki gaz sıcaklığı 3000—3100°F sıcaklığa kadar çıkartılabilir. Gaz türbininin sıcak kısımlarında seramik kanatların kullanılması da, verimi arttıran ve makinenin hızlı ivmelenmesini sınırlayıcı etkiyi ortadan kaldıran bir durum yaratacaktır.

VIII. YARARLANILAN KAYNAKLAR :

1. C.O. Brady, **Study of Gas Turbine Advances and Possible Marine Applications**, MS Thesis, Department of Mechanical Engineering, Massachusetts Institute of Technology, June 1971.
2. «Marine Gas Turbines—1971 Status», *Gas Turbine International*, May—June 1971, 12—25.
3. «Gas Turbine Power and the Modern Navy», *Gas Turbine International*, Sept—Oct. 1967, 36—39.
4. «Powering the New Navy: Marine Gas Turbines», *U.S. Naval Institute Proceedings*, March 1975, 95—99.
5. «GAS Turbine... The Engine Born in Europe», *Gas Turbine International*, May—June 1972, 7—8.
6. E.B. Good, «Gas Turbine Installation Design for Naval Ships», *Journal of Engineering for Power*, Jan. 1967, 150—164.
7. S.J. Palmer, «The Impact of the Gas Turbine on the Design of Major Surface Warships», *The Royal Institution of Naval Architects*, 1973, 1—10.
8. «Gas Turbines», **Principles of Naval Engineering**, Bureau of Naval Personnel, NAVPERS 10788 A, 1966.
9. I.E. Treager, «Compressors», **Aircraft Gas Turbine Engine Technology**, Mc Graw Hill, Inc. 1970.
10. B.H. Jennings and W.L. Rogers, «Gas Turbine Types and Design Features», **Gas Turbine Analysis and Practice**, Dover, New York 1969.
11. «New General Electric Gas Turbine», *Aviation and Marine International*, March 1976, 26.
12. General Electric LM1500 Gas Turbine, Technical Document.
13. «Second Generation Marine Gas Turbine», *Naval Ship Systems Command Technical News*, Sept. 1969, Vol. 18, No. 9.
14. LM2500 : A New Generation Gas Turbine for Marine Propulsion, FIAT-Gruppo Prodotti Diversificati—Divisione Mare, Apr. 1972. Technical Document.

15. «GE Developing New LM5000 Marine and Industrial Gas Turbine», General Electric Marine and Industrial Report, Feb. 1976.
16. «FT4A—2 Marine Gas Turbines», Turbo Power and Marine Systems, Jan. 1971, Technical Document.
17. J.W. Fairbanks, «The FT9 Marine Gas Turbine Engine Development Program», Naval Engineers Journal, Dec. 1975, 79—96.
18. «Marine Olympus TM3 Module» Rolls—Royce (1971) Limited, Industrial and Marine Division, 1973, Technical Document.
19. «Marine Tyne RM1 Module», Rolls—Royce (1971) Limited, Industrial and Marine Division, 1973, Technical Document.
20. «Marine Proteus Gas Turbine», Rolls—Royce (1971) Limited, Industrial and Marine Division, Technical Document.
21. W.A. Brockett, G.L. Graves, M.R. Hauschildt, J.W. Sawyer, «U.S. Navy's Marine Gas Turbines», Journal of Engineering for Power, Jan. 1967, 125—145.
22. K.H. Kurzak, H. Reuter, «Propulsion Machinery of the Koeln Class Escort Frigates with Special Consideration of Gas Turbine Propulsion», Naval Engineers Journal, Dec. 1965, 873—882.
23. «Marine Gas Turbine Installations... Worldwide», Gas Turbine International, Nov—Dec. 1974, 20—26.
24. D.J. Berg, G.T. Sparks, «Ship Performance of the PG 84 Class Patrol Gunboat», Naval Engineers Journal, Apr. 1970, 60—64.
25. C.E.M. Preston, «COGOG on Trial», Navy International, May 1975.
26. «Rolls—Royce Marine Gas Turbines», Rolls—Royce (1971) Limited Industrial and Marine Division, G5027/3 July 1974, Technical Document.
27. H.R. Hartman, J.R. Hitt, «Turbo Power at Sea», Naval Engineers Journal, Apr. 1971, 65—69.
28. D.A. Rains, R.J. d'Arcy, «Considerations in the DD 963 Propulsion System Design», Naval Engineers Journal, Aug. 1972, 65—77.
29. S. Sharp, «Marine Gas Turbines for Warships», Naval Engineers Journal, Oct. 1967, 798—802.
30. «Marine Gas Turbine Status—1975», Gas Turbine International, Jan—Feb. 1975, 55—57.



Y. Müh. Bnb. Sabri ÇİĞDEM, 1964 yılında Asteğmen oldu ve 1966 yılında Teğmen olarak, Deniz Harp Okulundan mezun oldu. Bir yıllık Subay Elektronik Görevbaşı Kursundan sonra atandığı T.C.G. Mareşal F. ÇAKMAK gemisinde iki yıl Elektronik Subaylığı yaptı. 1969 yılında A.B.D. Naval Postgraduate School'a gitti ve 1971 yılı sonunda Makina Yüksek Mühendisi (M.S.) ünvanı ile döndü. 1972 yılının başından beri Deniz Harp Okulunda makina mühendisliği öğretim üyesi görevinin yanı sıra, bir yıldan beri İ. T. Ü. Gemi İnşaatı Fakültesi-Gemi Makinaları Kürsüsünde «Doktora» çalışması yapmaktadır.