

ASKERİ HAVA ARAÇLARINDAKİ HARİCİ YÜKLERDE KULLANILAN ÇEVRESEL KONTROL SİSTEMLERİNİN İNCELENMESİ

Samet AKÇAY¹ ve Abdurrahman AYDEMİR²
Tübitak UZAY, ANKARA

Dr.Ertuğrul Alp BAŞEŞME³
Doç.Dr.Nedim SÖZBİR⁴

ÖZET

Gelişen teknoloji ile beraber hava araçların performansları artmaktadır. Askeri hava araçlarından ise birçok görevi bir arada icra etmesi beklenmektedir. Askeri amaçlar doğrultusunda keşif, gözetleme, hedefleme ve düşman radarlarını belirleme gibi görevler için pod sistemleri kullanılmaktadır. Pod sistemlerinde kullanılan elektronik ekipmanların açığa çıkardığı ısı yüklerinin etkili bir biçimde atılması gerekmektedir. Bu amaçla çevresel kontrol sistemlerine (Environmental Control System – ECS) ihtiyaç duymaktadırlar. Çevresel kontrol sistemleri soğutma, ısıtma, havalandırma ve nem kontrol gibi gereksinimler için kullanılmaktadırlar. En genel şekli ile çevresel kontrol sistemleri hava çevrimli, buhar çevrimli ve hibrid sistem olmak üzere üç gruba ayrılmaktadır. En uygun çevresel kontrol sisteminin seçimi, hava araçlarının görev tanımı ve çevresel koşullara göre belirlenmektedir. Bu çalışmada çevresel kontrol sistemlerinin genel olarak tanımı, çalışma prensipleri, kullanım alanları ve performansları hakkında kapsayıcı bilgiler verilmekte, yapılan çalışmalar özel olarak hava araçlarına harici yük olarak takılan pod sistemlerinin soğutulmasında kullanılan, çevresel kontrol sistemleri etrafında yoğunlaşmaktadır.

GİRİŞ

Pod sistemleri dikkate alındığında gelişen teknoloji ve askeri ihtiyaçlardan dolayı içerilerinde birçok elektronik ekipman barındırmaktadır. Pod sistemlerinin tüm uçuş zarfı koşullarında çalışacak ve çevresel şartlardan zarar görmeyecek şekilde tasarlanması ve içindeki cihazların bu koşullardan etkilenmeden görevlerini icra etmeleri gerekmektedir. Bu nedenle çevresel kontrol sistemlerine ihtiyaç duyulmaktadır. Elektronik ekipmanlar çalıştıklarında ısınmakta, oluşan ısı yükünün etkili bir şekilde atılması gerekmektedir. Isıl yüklerin miktarına ve görev profiline göre uygun çevresel kontrol sistemleri seçilmektedir.

ÇEVRESEL KONTROL SİSTEMLERİ

Hava Çevrim Sistemi (Air Cycle Machine – ACM)

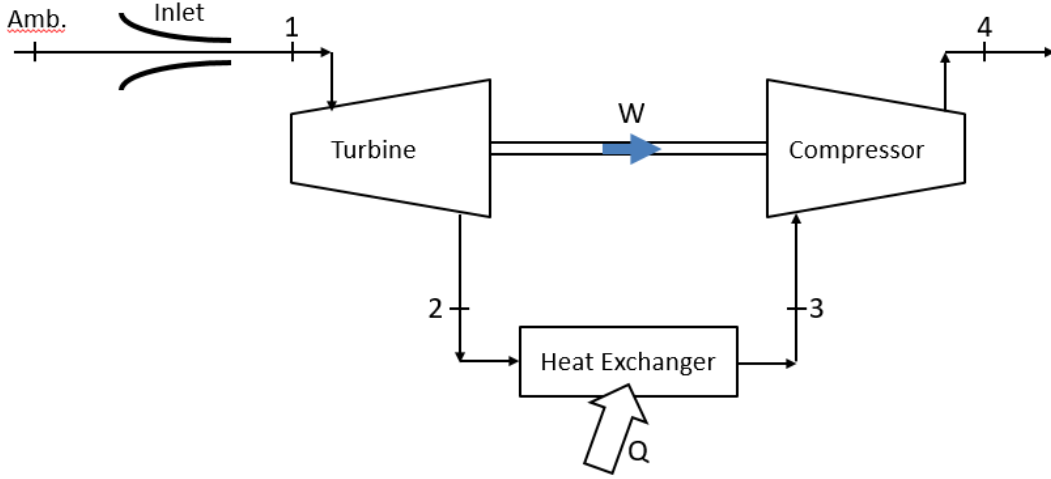
ACM askeri hava araçlarında yaygın olarak kullanılmaktadır. Soğutucu akışkan olarak hava kullanılması sistemin basit olmasını ve maliyetinin az olmasını sağlamaktadır. ACM sistemi temel olarak türbin, kompresör ve ısı değiştiriciden oluşmaktadır.

¹ Araştırmacı, E-posta: samet.akcay@tubitak.gov.tr

² Araştırmacı, E-posta: abdurrahman.aydemir@tubitak.gov.tr

³ Punto Mühendislik, E-posta: eb@punto.com.tr

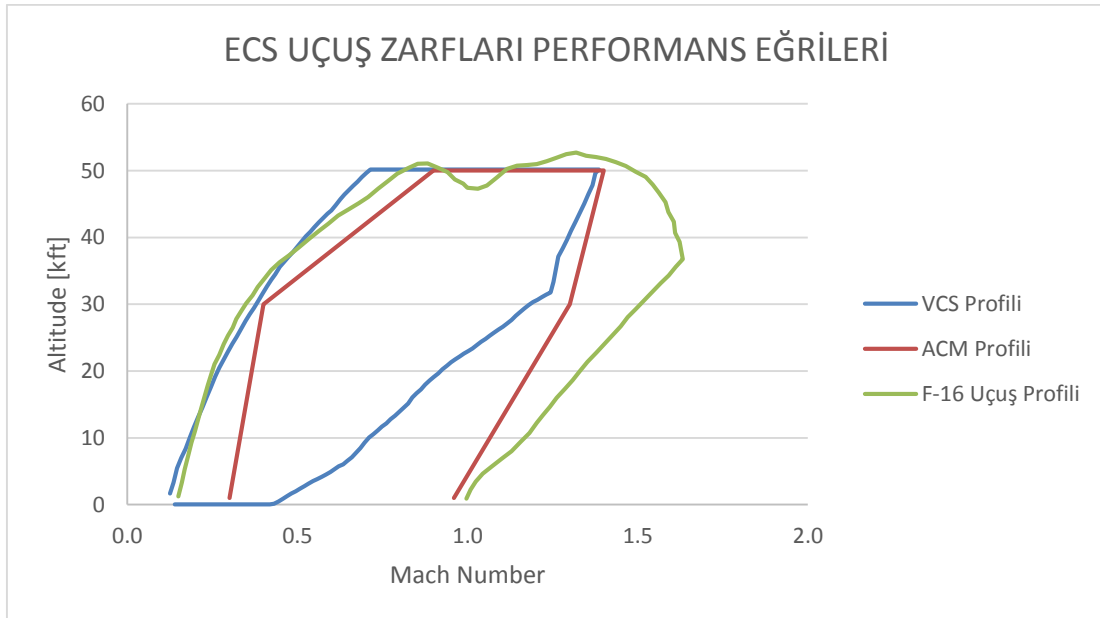
⁴ Sakarya Üniversitesi, E-posta: sozbir@sakarya.edu.tr



Şekil 1 : Örnek bir ACM şeması.

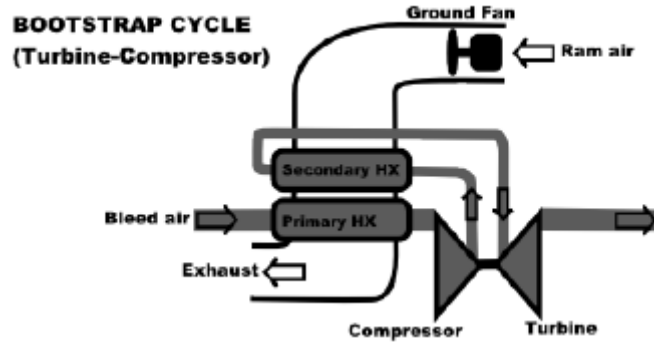
Şekil 1' de görüldüğü üzere hava girişinden giren hava türbinde genişleyerek soğumakta ve kompresörü hareket ettirecek gücü sağlamaktadır. Türbinde soğutulan hava elektronik ekipmanlardan gelen ısınmış soğutma sıvısını soğutmakta ve kompresörden basınçlandırılarak dışarı atılmaktadır. ACM sisteminin tamamen dışarıdan alınan hava ile döndürülmesine hava ile sürülen hava çevrim sistemi (Ram air driven air cycle machine – RAC) denilmektedir.

Türbine giren hava shaftı çevirdiğinden dolayı elektrik tüketimi olmamaktadır. Bakımı kolay ve diğer çevresel kontrol sistemlerine göre daha ucuz olmaktadır. Hava çevrimli olmasından dolayı düşük hızlarda gereken hava türbine girememekte, gerekli soğutma kapasitesi sağlanamamakta ve istenilen uçuş zarfını kapsamamaktadır. Yüksek hızlarda ise devir sayısı çok fazla artmakta ve sistem verimliliğini kaybetmektedir. Şekil 2' de görüldüğü gibi mavi kısımlar ACM çalışma aralığı, kırmızı kısımlar ise düşük hız durumları veya yüksek hız ve irtifa olan durumları temsil etmektedir.



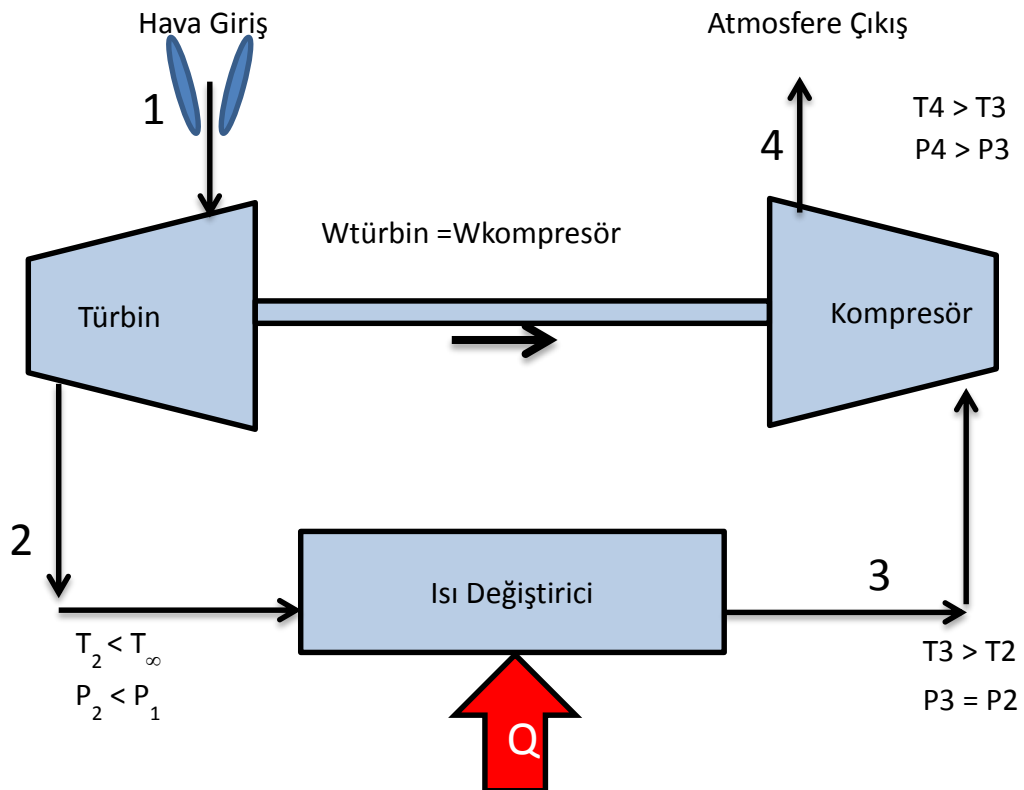
Şekil 2 : Örnek bir ACM uçuş zarfı profili

Bu problemlerin çözümü için farklı yöntemler geliştirilmiştir. Düşük hızlarda dışarıdan alınan hava doğrudan elektronik ekipmanların soğutulmasında kullanılmakta, yeterli hıza ulaşıldığında (Örn. 0,3 Mach) hava çevrimli RAC sistemi çalışmaktadır. Diğer yöntem ise düşük hızlarda bir fan sistemi ile belli bir hıza ulaştırılan hava ikincil bir ısı değişiriciden geçirilerek soğutma sıvısı soğutulmaktadır. [Santos, A.P.P., Andrade, C.R., Zaparoli, E.L., 2014].



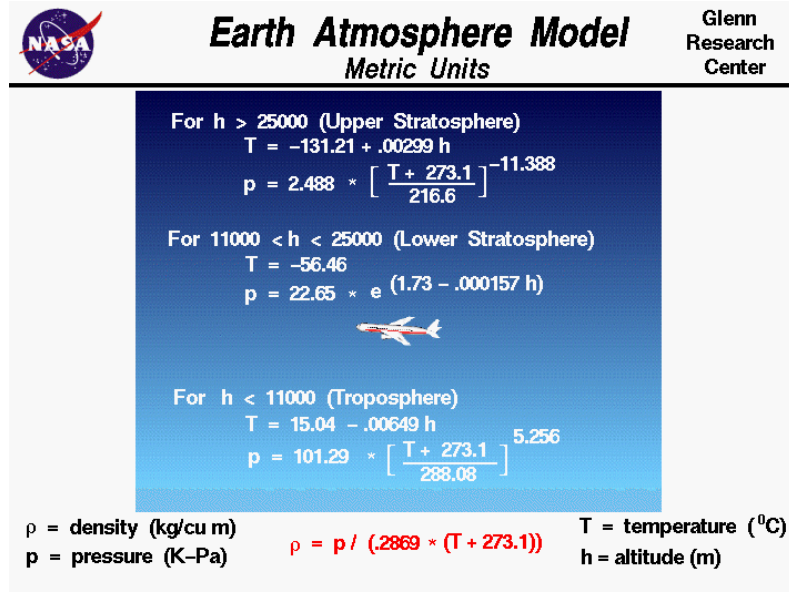
Şekil 3 : Yerde ve düşük hızlarda fan kullanılan örnek RAC sistemi

ACM sisteminin en temel bileşeni türbin ve kompresördür. Diğer bileşenler pompa, akümülatör, yer fanı, kontrol kartı ve valflerdir. Sisteme sağlanan elektrik gücünün büyük kısmı ise pompa ve yer fanı tarafından harcanmaktadır. Pompa soğutma sıvısının dolaşımını sağlamaktadır.



Şekil 4 : ACM Şeması

Hava Çevrim Sistemi Termodinamik Hesapları



Şekil 5 : Hesaplamalarda Kullanılan Atmosfer Modeli

Hava alığı girişindeki hava sıcaklığı

$$T_{1s} = T_{amb} \times \left(1 + \frac{k-1}{2} M^2 \right) \quad (1)$$

Hava Alığı girişindeki izentropik sıkıştırma sonucu basınç ve sıcaklık değeri

$$\frac{P_{1s}}{P_{amb}} = \left(\frac{T_{1s}}{T_{amb}} \right)^{\left(\frac{k}{k-1} \right)} \quad (2)$$

Hava Alığı girişindeki verim

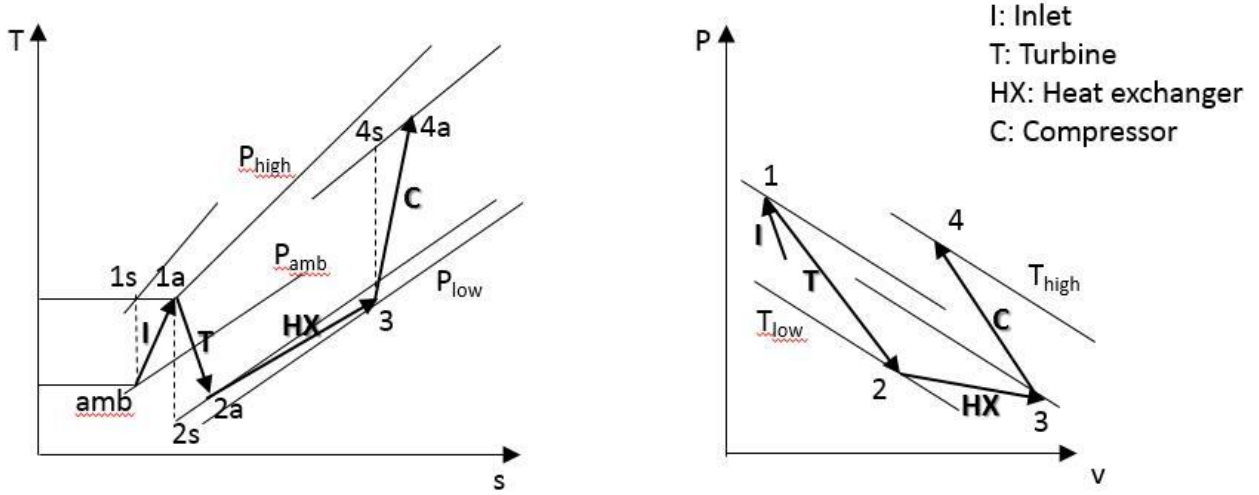
$$n_{scoop} = \frac{P_{1a} - P_{amb}}{P_{1s} - P_{amb}} \quad (3)$$

$$T_{1a} = T_{1s} \quad (4)$$

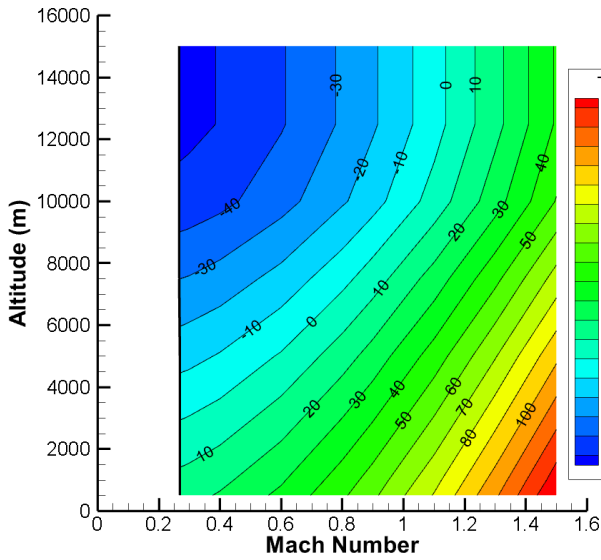
$$P_1 = P_{1a} \quad (5)$$

Türbindeki izentropik genleşme sonucu basınç ve sıcaklık değeri

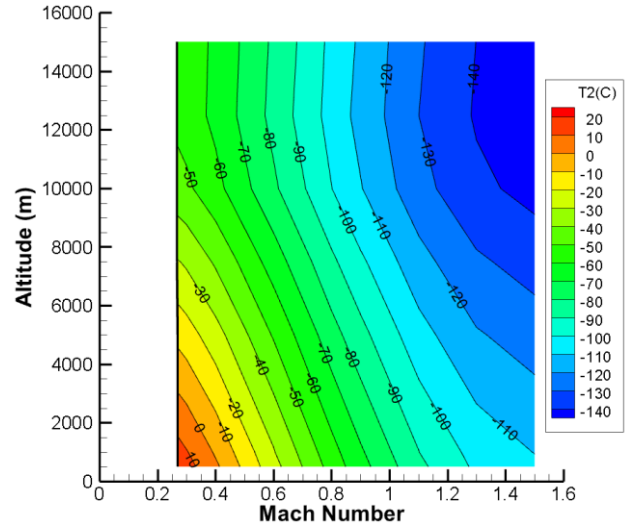
$$\frac{P_1}{P_2} = \left[\frac{T_{1a}}{T_{2s}} \right]^{\frac{k}{k-1}} \quad (6)$$



Şekil 6:Sisteme giren havanın Sıcaklık-Entropi ve Basınç-Spesifik Hacim Grafikleri



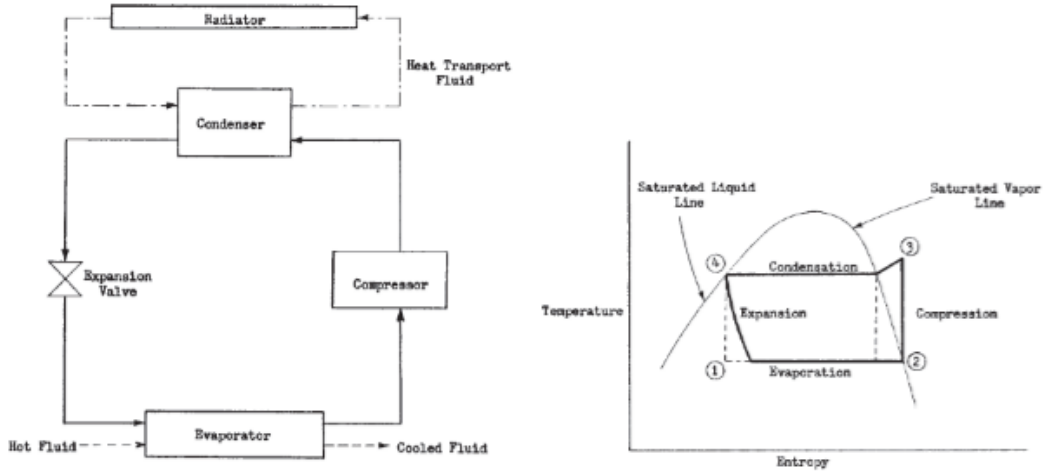
Şekil 7 :Hava Alığı Girişinde Oluşan Durma Sıcaklığı



Şekil 8 :Türbin Çıkışında Oluşan Sıcaklık

Buhar Çevrim Sistemi (Vapor Cycle Machine – VCM)

VCM sistemleri yüksek ısı yüklerinin olduğu görüntüleme kabiliyeti olan, yüksek yoğunluklu elektronik ekipmanlar ve lazer başlık bulunduran hava araçlarında kullanılmaktadır. Ekipman bazı yüksek soğutma performansı veren [Webb, T.W., T.M., Kiehne, Haag, S.T., 2007] ve çoklu soğutma sağlayabilen bir sistemdir. Temel bir VCM sistemi dört ana komponentten oluşmaktadır [Bendapudi, S., Braun, J.E., 2005]; buharlaştırıcı (Evaporatör), yoğunlaştırıcı (Kondenser), kompresör, ve genişleme valfi.



Şekil 9 : VCM sistemi şematik (solda) ve ideal termodinamik yapısı (sağda) gösterimi

Şekil 9 de verilen VCM sisteminde ana parçalara ek olarak sistemde soğutucu akışkan sürekliliği için pompa ve akışkan haznesi, nem önleyici ve zararlı kirlenmelerden önleyici filtre, ve baypas valfi vb. çeşitli valfler bulunmaktadır.

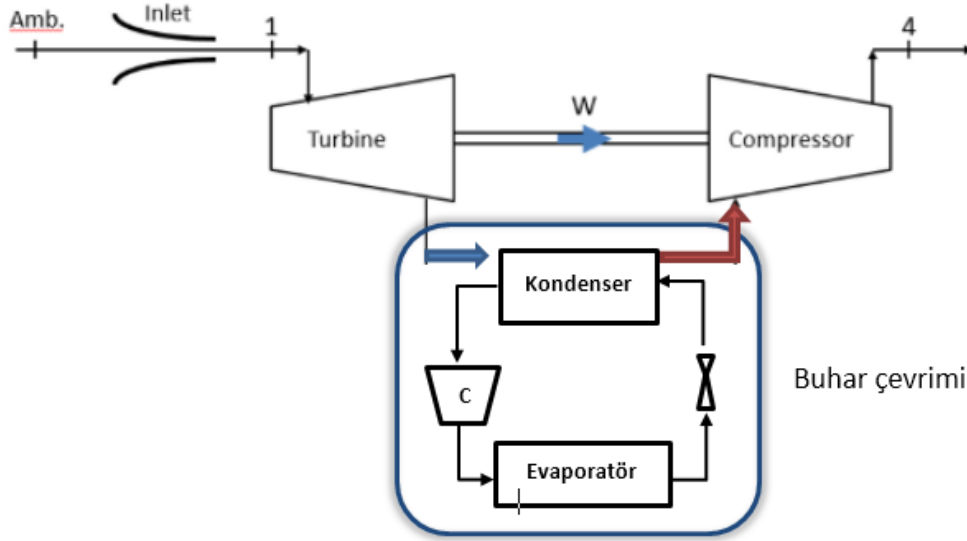
Kompresörden çıkan yüksek basınçlı ve çok fazlı akışkan kondenserdan geçerek yoğunlaşmakta ve ısı atarak çıkmaktadır. Daha sonra genişleme valfinden geçerek düşük basınç ve sıvı olarak evaporatöre girmekte ve buharlaşarak kızgın buhar olarak çıkmaktadır. Evaporatörde elektronik ekipmanlar tarafından ısınmış soğutma sıvısı soğutulmaktadır. Evaporatörden çıkan akışkan kompresöre tekrar girmektedir.

Error! Reference source not found. da bir VCM sistemi uçuş zarfı görülmektedir. Burada mavi bölge bu sistemin etkin çalışma aralığını göstermektedir. kırmızı bölge ise çalışma durumunun dışına çıkılan bölgelerdir. VCM sistemi askeri hava araçlarının uçuş zarflarının önemli bir bölümünü kapsamaktadır. Düşük hızlarda etkin olmaktadır. Bakımı zor, maliyetleri ACM sistemlerine göre daha fazladır. Yüksek hızlarda verimli olmamaktadır. Elektrik tüketimi yüksektir. Soğutma kapasitesi yüksek fakat sağlanan elektrik gücü ile sınırlıdır.

Hibrid Sistem (VCM+ACM)

Hibrid çevresel kontrol sistemleri hava çevrimli ve buhar çevrimli sistemlerin birleşiminden oluşan [Agrawal, R., Mada, S., 2013] sistemlerdir. Bu sistem askeri hava araçlarının tüm uçuş zarflarının diğer sistemler tarafından karşılanmadığı veya gerekli soğutma kapasitesinin sağlanamadığı durumlarda tercih edilmektedir.

Hibrid çevresel kontrol sistemlerin avantajı soğutma sistemini etkin ve uçuş profiline göre kullanabilmesidir. Düşük hızlarda ve yerde çalıştırma işlemlerinde buhar çevrimli sistem devredeyken yüksek hızlarda hava çevrimli sistemden yararlanılmaktadır. Fakat bakım zorluğu ve yüksek maliyetler bu sistemlerin eksi yönleridir. Şekil 11 de örnek bir hibrid sistem gösterilmektedir.



Şekil 10 : Hibrid çevresel kontrol sistemi (VCM+ACM)

SONUÇ

Çevresel kontrol sistemi seçimi ve tasarımı oldukça kapsamlı ve zor bir iştir. Askeri standartlar [MIL-HDBK-310] bu sistemlerin en sıcak hava koşullarında dahi çalışabilmesini gerektirmektedir. Sıcaklık, hız ve irtifa koşulları bu sistemlerin seçiminde önemli bir rol oynamaktadır. Bu çalışmada bahsedilen koşullara ve çevresel kontrol sisteminin kullanılacağı hava aracının ihtiyaçlarına göre en uygun sistemin nasıl belirleneceği anlatılmıştır. Teknolojinin gelişmesi ile beraber bu sistemler hem hafiflik hem de performans açısından daha da gelişecek ve soğutma kapasiteleri de artacaktır. Bu sistemlerin gelişmesi ise pod sistemlerinde kullanılan elektronik ekipmanların da performanslarının artmasını sağlayacaktır.

Kaynaklar

Agrawal, R., Mada, S., 2013, “Hybrid Environmental Control System for Military Aircraft”, Global Journal of Researches in Engineering Electrical and Electronics Engineering, Volume 13.

Bendapudi, S., Braun, J.E., 2005, “A review of literature on dynamic models of vapor compression equipment”, Technical Report 4036-5, ASHRAE.

MIL-HDBK-310

Santos, A.P.P., Andrade, C.R., Zapparoli, E.L., 2014, “A Thermodynamic Study of Air Cycle Machine for Aeronautical Applications”, International Journal of Thermodynamics(IJoT), Vol. 17 (No. 3), pp.117-126.

Webb, T.W., T.M., Kiehne, Haag, S.T., 2007, “System-level thermal management of pulsed loads on an all-electric ship”, IEEE Trans. Magn. 43, 469–473.