



Bu bir MMO yayınıdır

UÇAK HİDROLİK SİSTEMLERİ TASARIM FAALİYET SÜREÇLERİ

Ahmet Emrah KAN¹

Nezaket Güneri ORBAY¹

¹ TUSAŞ



UÇAK HİDROLİK SİSTEMLERİ TASARIM FAALİYET SÜREÇLERİ

Ahmet Emrah KAN¹, Nezaket Güneri Orbay²

¹ TUSAŞ Fethiye Mahallesi Havacılık Bulvarı No:17 Kazan/Ankara 03128111800/7578 ekan@tai.com.tr

² TUSAŞ Fethiye Mahallesi Havacılık Bulvarı No:17 Kazan/Ankara 03128111800/7578 nguneri@tai.com.tr

ÖZET

Bildiri kapsamında uçak hidrolik sistemleri tasarım faaliyetleri esnasında uygulanan yöntemler ve izlenen yollar ele alınacaktır. Ülkemiz için çok tanınmış olmayan uçak hidrolik sistemleri tasarımında, sistem ve ekipman gereksinimlerinin nasıl ortaya çıkarıldığı ve bu gereksinimleri karşılayacak tasarım çözümünün nasıl yapıldığı incelenecektir.

Bu doğrultuda; uçak hidrolik sistem tasarım standartları, gereksinim paketinin oluşturulması, sistem tasarımı ve ekipman seçilmesi, ekipman boyutlandırması, sistem analiz ve simülasyonu, kalifikasyon ve test faaliyetleri ve sertifikasyon faaliyetleri konuları hakkında bilgi verilecektir.

Ayrıca, milli imkânlarla uçak hidrolik ekipmanı üretilmesi için atılması gereken adımlar hakkında düşünceler paylaşılacaktır.

Anahtar Kelimeler: Uçak hidrolik sistemi, Tasarım süreci, Kalifikasyon.

ABSTRACT

In this study, the methods and guidelines of an aircraft hydraulic system design process is discussed. During the hydraulic system design process of an aircraft, which is not very familiar for our country; how the system level and equipment level requirements are determined and how the design solution satisfies these requirements are evaluated.

In this scope; aircraft hydraulic system standards, generating the requirements package, system de-

sign and equipment selection, equipment sizing, system analyses and simulation, qualification and test activities, certification activities topics are discussed.

Also, ideas and comments about the necessary improvements and forward steps to manufacture aircraft hydraulic equipment by using national capabilities are discussed within this study.

Key Words: Aircraft hydraulic system, Design process, Qualification.

1. GİRİŞ

Hidrolik sistemler endüstriyel ve mobil uygulamalarda kullanıldığı gibi, birçok uçakta da kullanılmaktadır. Hidrolik sistemler uçağın kullanım amacına göre; iniş takımları, burun tekeri yönlendirme sistemi, uçuş kontrol sistemi, kargo kapakları ve fren gibi sistemlerde tahrik sistemi olarak kullanılmaktadır. Uçakların gelişmesiyle birlikte, hidrolik sistemlerin önemi zaman içinde artmış ve günümüz uçaklarında oldukça karmaşık hidrolik sistemler kullanılmaya başlanmıştır.

Uçaklar için hayati olan fonksiyonlar, hidrolik sistemler tarafından beslendiğinden; hidrolik sistem tasarımı yapılırken birçok ölçüt göz önünde bulundurulmaktadır. Sistem güvenilirliği ve emniyeti ön planda tutularak, yüksek performanslı sistem tasarımı yapılması ve uluslararası standartlarda belirlenen ölçütlere uyma gerekliliği uçak hidrolik sistem tasarım sürecini yönlendirmektedir.

2. UÇAK HİDROLİK SİSTEM TASARIM STANDARTLARI

Rekabetçi ve dünya çapında geçerliliği olan bir uçak için, uçakta kullanılan her ekipmanın ve sistemin belirlenmiş uluslararası standartlara uyma zorunluluğu bulunmaktadır. Bu amaçla; SAE Aerospace ve MIL (US Military Specification) standartlarını uluslararası bütün büyük uçak ve ekipman üreticileri kılavuz olarak kullanmaktadır.

Hidrolik dünyasına bakıldığında, sistem tasarlayan ve ekipman üreten uluslararası firmaların en ufak parçadan, en büyüğüne kadar ilgili standartlara uyumlu sistem ve ekipman geliştirmekte olduğu görülmektedir. O-ring'den pompaya, hidrolik yağdan eyleyiciye kadar bir hidrolik sistemi oluşturan her parça/ekipman için geliştirilmiş standart bulunmaktadır.

Geçmişe baktığımızda standartlar ilk aşamada MIL standardı olarak kullanılmaya başlanmış olup, zaman içinde SAE bu standartları birebir alarak ufak düzenlemelerle SAE Aerospace standardı haline getirmiş ve uluslararası referans olarak bu standartların kullanımı yaygınlaşmıştır. Günümüzde uçak hidrolik sisteminin tasarımında çoğunlukla SAE Aerospace standartları kullanılmakta olup, bunlara ilave olarak hala kullanılan MIL standartları bulunmaktadır.

Aşağıda tasarım faaliyetleri esnasında sıkça kullanılan standartların bir kısmı örnek olarak verilmiştir:

Tablo 1. Örnek Standartlar [1].

SAE AS5440	Hydraulic Systems, Military Aircraft, Design and Installation, Requirements For
SAE ARP4752	Aerospace – Design and Installation of Commercial Transport Aircraft Hydraulic Systems
MIL-PRF-5503	Actuators, Aeronautical, Linear Utility Hydraulic
SAE AIR5005	Aerospace - Commercial Aircraft Hydraulic Systems
SAE AS8775	Hydraulic System Components, Aircraft and Missiles, General Specification For
SAE ARP994	Recommended Practice for the Design of Tubing Installations for Aerospace Fluid Power Systems
MIL-STD-5522	Test Requirements and Methods for Aircraft Hydraulic and Emergency Pneumatic Systems

3. GEREKSİNİM PAKETİNİN OLUŞTURULMASI

Gereksinimler oluşturulurken sistemin tamamı ve kullanılacak ekipmanlarla ilgili olarak ilgili başta SAE ve MIL standartları olmak üzere, varsa sistem/ekipman ile ilgili şirket standartları ve varsa ulusal diğer standartlar göz önünde bulundurulmaktadır. Bu standartlar taranarak, ihtiyaç duyulan sistem için uygulanabilir olanları belirlenmektedir.

Standartların dışında, hidrolik sistemin kullanım amacı doğrultusunda sistem özeli için mühendislik çözüm gereksinimleri de belirlenir. Bu sayede sistemin tamamen çözüm odaklı ve belirli bir standartta tasarlanması için gerekli girdiler belirlenmiş olur.

Bu gereksinimler “Sistem Gereksinimleri Dokümanı” adı altında hazırlanan dokümanla kayıt altına alınır. Bu sayede yapılacak olan tasarımın hangi gereksinimleri karşılayacağı belirlenmiş olur. Tasarlanacak olan hidrolik sistemin beklenen fonksiyon ve performans kriterleri de bu doküman kapsamında ortaya konulmaktadır.

Hidrolik sistemin çalışma basıncı, hangi yağı kullanacağı, hangi alt sistemleri besleyeceği, bu alt sistemlerin ihtiyaç duyacağı debi değerleri, yerleşim ve montaj gereksinimleri, diğer sistemlerle olan mekanik ve elektrik arayüz istekleri ve benzeri diğer tüm gereksinimler bu aşamada ortaya konulmaktadır. Böylece sistemin tasarlanması ve hidrolik mimarisinin ortaya çıkarılması için tasarım mühendisinin ihtiyaç duyacağı veri paketi hazırlanmış olmaktadır.

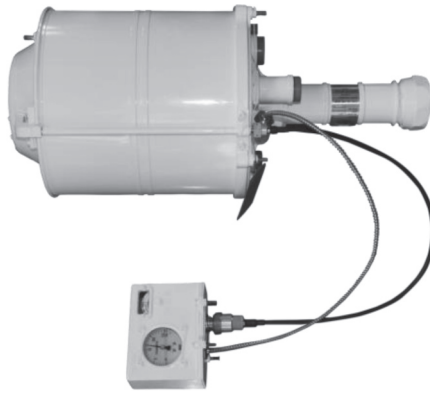
4. SİSTEM TASARIMI, EKİPMAN SEÇİLMESİ VE EKİPMAN BOYUTLANDIRMASI

Gereksinim paketinin ortaya çıkarılması ile birlikte, sistem tasarım faaliyetlerine başlanmaktadır. Ekipman seçimi ve sistem tasarımı yapılırken; gereksinimlerin tamamının karşılanabileceği bir hidrolik sistem oluşturulması ve aynı zamanda maliyet ve proje takvimi de göz önünde bulundurulmaktadır.

İlk etapta, hidrolik güç sisteminden beklenen fonksiyon isterlerine göre sistem mimarisi oluşturulmaktadır. Sistemin genel hatları ortaya çıkarıldıktan sonra ekipman seçimi yapılmakta ve böylece sistemi oluşturmak için gerekli tüm parçalar ortaya konulmaktadır. Ekipman seçimi yapılırken, hidrolik sistemin performans isterlerine göre ekipman boyutlandırması da yapılmaktadır.

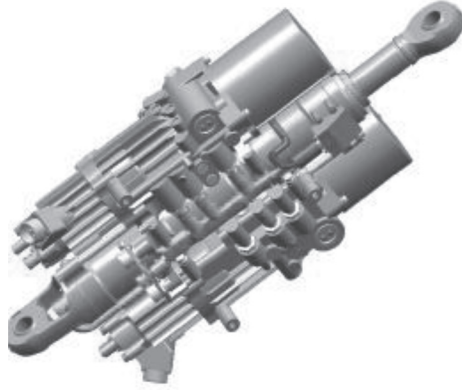
Uçak hidrolik sistemlerine bakıldığında aşağıdaki ekipmanların tümü sistem çözümünde görülmektedir. Bu ekipmanlara ilave olarak diğer hidrolik elemanlar da tasarım çözümüne uygun olarak kullanılmaktadır.

- **Rezervuar:** Alışlageldik atmosfere açık rezervuarlar yerine; basınç altında sürekli olarak emiş hattında pozitif basınç sağlayan bootstrap tip rezervuarlar kullanılmaktadır. Rezervuarın basınçlandırılması hidrolik veya pnömatik metotlarla yapılmaktadır. Sistem için rezervuar seçilirken, hidrolik sistemin beslediği alt sistemlerin hacmi, tüm sistemdeki eyleyicilerin hacmi ve varsa sistemde kullanılan akümülatörlerin hacimleri gibi kriterler göz önünde bulundurulur.

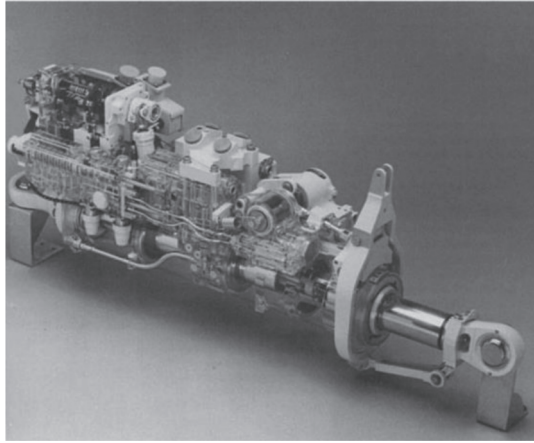


Şekil 1. Bootstrap Tip Rezervuar

- **Pompa:** Yüksek devir sayısına sahip, küçük iç hacimli değişken debili pistonlu pompaların kullanımı yaygındır. Pompa genel olarak 3000-8000 rpm arasında çalışmaya uygun şekilde seçilmelidir.
- **Filtre Manifoldu:** Emiş hattında filtre kullanımı standartlar gereği uygun olmayan uçaklarda, basınç ve dönüş hattı filtresi olmak üzere iki adet filtre kullanılmaktadır. Filtreler genellikle basınç hattı için 15 μ , dönüş hattı için ise 5 μ olarak seçilmektedir. Filtre seçiminde basınç ve dönüş hattı debi değerleri ana kriter olarak kullanılmaktadır. Filtreler genellikle uygun bir manifold içerisine monte edilmekte olup, uygun olduğu durumda iki filtre bir manifold içerisinde kullanılmaktadır.
- **Valf Grupları:** Hidrolik sistem içerisinde basınç emniyet valfleri, basınç düşürme valfleri, basınç sıralama valfler, yön kontrol valfleri gibi birçok valf kullanılmaktadır. Sistemin çalışma basıncı, debisi, tepki süresi gibi kriterlere göre kullanılacak valfler seçilmektedir. Hidrolik sistemin kullanım amacına göre 2/2 yön kontrol valflerinden, son derece karmaşık dual servovalflere kadar geniş bir yelpazede valf grupları kullanılmaktadır.
- **Eyleyiciler:** Kontrol ettiği yüzeye gelen aerodinamik yüklere göre eyleyici seçimi yapılmaktadır. Yine kullanım amacına göre tek etkili, çift etkili, tandem, çift milli ve benzeri hidrolik eyleyiciler kullanılmaktadır. Sistem çözümünün el verdiği durumlarda eyleyiciyi kumanda eden valfler eyleyicinin üzerine monte edilerek valf ve eyleyici arasında kullanılması gerekli boru ve hortum elimine edilebilmektedir.



Şekil 2. Servovalf Entegre Edilmiş Eyleyici Modeli



Şekil 3. Tornado Uçağına Ait Eyleyici Kesit Görüntüsü [2]

- **Akümülatörler:** Sistemde ortaya çıkan pik basınçları engellemek veya acil durumda pompadan bağımsız hidrolik güç kaynağı olarak kullanılmak üzere akümülatörler kullanılmaktadır. Genellikle piston tipi akümülatörler tercih edilmektedir. Akümülatör seçimi yapılırken, ihtiyaç duyulan yağ hacmi ve gaz şarj basıncı dikkate alınmaktadır.
- **Soğutucu:** Bazı uygulamalar için sistemde çalışan hidrolik yağın soğutulması gerekebilmektedir. Her ne kadar uçak hidrolik sistemleri 135°C'ye kadar çalışabilse de, zaman zaman yağın soğutulması zaruri hale gelmektedir. Bu durumlarda sisteme bir soğutucu ekipman konulmaktadır. Genellikle hava soğutmalı soğutucular kullanılır. Bunun yanı sıra, hidrolik sistem borularının, yakıt tankları içerisinde geçirilmesi yoluyla da sistemdeki yağ soğutulmaktadır.

5. SİSTEM ANALİZ VE SİMÜLASYONU

Sistem mimarisi oluşturulduktan ve ekipmanlar boyutlandırıldıktan sonra, sistemin tamamı için analiz ve simülasyon yapılmaktadır. Analiz ve simülasyon için özel yazılımlar kullanılmakta olup, oluşturulan sistemin istenilen performansta çalışıp çalışmadığı hakkında testlerden önce fikir sahibi olunmakta ve gerekirse ekipmanlar değiştirilip/güncellenip sistem iyileştirilmesi yapılmaktadır.

Hidrolik sistemler için dünya çapında genelde Matlab, Amesim, Easy 5 yazılımları kullanılmaktadır. Bu yazılımların hidrolik kütüphanelerinde genellikle kullanılan hidrolik ekipmanlar hazır model olarak bulunmaktadır. Kütüphanelerde bulunmayan ekipmanların ise matematiksel olarak modellenmesi gerekmektedir.

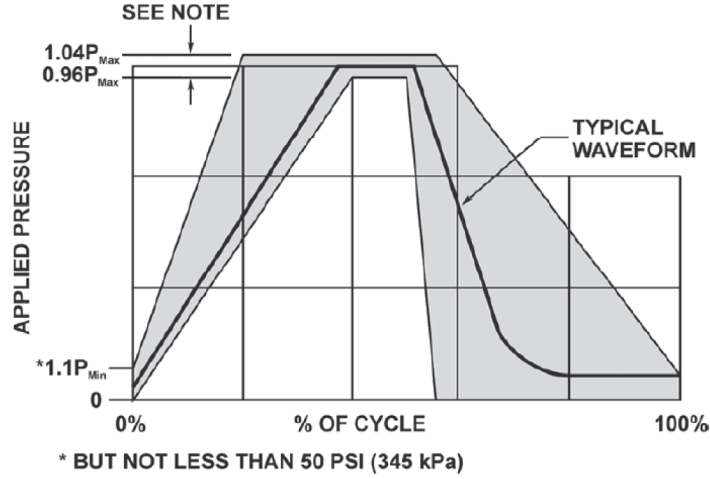
Bu çalışmalarda ekipman ve sistem benzetimi her ne kadar birebir yapılmaya çalışılsa da, özellikle kompleks ekipmanlarda gerçek performanslarla tam olarak örtüşmeyebilmektedir. Bu tür durumlarda test sonuçlarına göre ekipman ve sistem modellemelerinin güncellenmesi gerekmektedir.

6. KALİFİKASYON VE TEST FAALİYETLERİ

Sistem tasarımının tamamlanmasında kalifikasyon ve test faaliyetleri büyük önem arz etmektedir. Hem ekipmanlara, hem de sistemin tamamına uygulanması gereken birçok test yapılmak zorundadır. Ancak bu şekilde ekipman ve sistem güvenilirliği ispatlanmış olmaktadır.

Ekipman bazında yapılması gereken hidrolik testler aşağıdaki gibi özetlenebilir [3]. Bu testler sistemde bulunan her ekipman için yapılmaktadır:

- **Fonksiyonellik ve Performans Testi (Functional Performance Test):** Ekipmanın gerekli işlevi yerine getirip getirmediği test edilmektedir. Ayrıca ekipmanın fonksiyonunu yerine getirirken, performansı da ölçülmektedir. Bu sayede ekipmanın gereksinimleri karşılayıp/karşılayamadığı değerlendirilmektedir.
- **Basınç Dayanım Testi (Proof Pressure Test):** Test kapsamında, ekipman çalışma basıncının 1,5 katı basınca çıkarılmaktadır. Statik durumda bu basınç belirli bir süre ekipmana uygulanmaktadır. Test statik durumda yapıldığından ve ekipmanın her yerini test etmek gerektiğinden valflerin değişik konumları, eyleyicilerin tüm portları vb. durumlar için bu test ekipman üzerinde birkaç kez tekrarlanabilir. Test esnasında ekipmanda herhangi bir dış kaçak ve ekipman üzerinde çatlak oluşmamalıdır. Test sonrasında ekipmanın normal şekilde çalışması ve istenilen performansta işlevini yerine getirmeye devam etmesi beklenmektedir.
- **Patlama Basınç Testi (Burst Pressure Test):** Test kapsamında, ekipman çalışma basıncının 2,5 katı basınca çıkarılmaktadır. Statik durumda bu basınç belirli bir süre ekipmana uygulanmaktadır. Test statik durumda yapıldığından, ekipmanın her yerini test etmek gerektiğinden valflerin değişik konumları, eyleyicilerin tüm portları vb. durumlar için bu test ekipman üzerinde birkaç kez tekrarlanabilir. Test esnasında ekipmanda herhangi bir dış kaçak ve ekipman üzerinde çatlak oluşmamalıdır. Bu test ekipmana zarar verebilecek bir test olduğundan dolayı, ekipman üzerinde son test olarak yapılmalıdır.
- **Ani Basınç Testi (Impulse Test):** SAE-ARP-1383 standardı kapsamında yapılan testte, 1-4 Hz arasında test edilen ekipman çalışma basıncının 1,5 katına çıkartılıp, basınçsız duruma getirilerek test edilmektedir. Ekipmanın kullanım yerine göre en az 300,000 defaya kadar bu döngünün yapılması gerekebilmektedir. Test statik durumda yapıldığından ve ekipmanın her yerini test etmek gerektiğinden valflerin değişik konumları, eyleyicilerin tüm portları vb. durumlar için bu test ekipman üzerinde birkaç kez tekrarlanabilir. Test esnasında ekipmanda herhangi bir dış kaçak ve ekipman üzerinde çatlak oluşmamalıdır.



Şekil 4. Ani Basınç Testi Basınç Uygulama Eğrisi [4]

- **Ömür Testi (Endurance Test):** Ekipman normal çalışma koşulları altında, hesap edilen ömür dönüsünün bir güvenilirlik katsayısı ile çarpılarak hesaplanan döngü sayısı kadar test edilmektedir. Ömür testi SAE-AS8775 standardına göre, sistem çalışma basıncında ve çalışma konfigürasyonunda yapılmaktadır.
- **İç Kaçak Testi (Internal Leakage Test):** Ekipmanların basınç hatlarından dönüş hatlarına olan iç kaçakları her ekipman için test edilmektedir. Bu sayede ekipmanın karakteristiği ortaya çıkarılmış olmakta ve kullanım yerine göre bu değerler tasarım girdisi olarak kullanılmaktadır. Genellikle 5-8 cc/dakika olan değerler, kritik yerlerde (acil durum ekipmanları) birkaç damla/saat gibi değerlere kadar düşebilmektedir.

Bu testlerin yanında “Çevresel Kalifikasyon Testleri” kapsamında ekipman üzerine aşağıdaki testler gibi çevresel testler de uygulanmaktadır:

- Sıcaklık/İrtifa
- Sıcaklık Değişikliği
- Nem
- Operasyonel Şok
- Çarpışma Emniyeti
- Operasyonel Titreşim
- Sabit İvmelenme
- Su Dayanımı
- Sıvı Hassasiyeti
- Kum ve Toz Dayanımı
- Buzlanma Dayanımı
- Yangın ve Tutuşabilirlik
- Voltaj Yükselmesi
- Patlamaya Karşı Dayanıklılık

Sistemin tamamı ise, bütün ekipmanlar kullanılarak oluşturulan bir test düzeneği üzerinde yapılmaktadır. Hidrolik güç sistemi ve kullanıcı sistemler oluşturularak, uçak üzerindeki boru, hortum ve fittingler mümkün olduğunca benzetilerek test yapılmaktadır. Ayrıca, eyleycilere etki eden aerodinamik kuvvetler de simüle edilerek hidrolik sistemin tamamı uçuş öncesinde yerde gerçeğe çok yakın bir şekilde test edilebilmektedir. Bu testlerin sonunda elde edilen veriler değerlendirilerek, olası ekipman tasarımı değişiklikleri sürecin ileri aşamalarına kalmadan yapılabilmektedir. Aynı zamanda test verileri sistem simülasyonu için de girdi sağlayarak, matematiksel modellerin ve simülasyonun iyileştirilmesi için kullanılmaktadır.

Uçak üzerinde hidrolik sistem oluşturulduktan sonra, uçuş öncesi sistemin yer testleri yapılmaktadır. Bu sayede sistemin tamamının kaçak kontrolü ve fonksiyonlarını yerine getirip getirmediği test edilmektedir. Tüm bu test aşamalarının tamamlanmasının ardından sistem uçuşta test edilmeye hazır hale gelmektedir. Uçuş testleriyle sistemin fonksiyonelliği ve performansı gerçek koşullarda test edilmektedir.

7. SERTİFİKASYON FAALİYETLERİ

Yukarıda anlatılan tüm faaliyetlerin yanında bu sürece paralel olarak, hidrolik sistemin sertifikasyon faaliyetleri de devam ettirilmektedir. Hidrolik sistemin takıldığı nihai ürün olan uçağın dünya çapında geçerliliği olan bir araca dönüşmesi ve daha önemlisi uçağın dünyada uçuş izini alabilmesi için bağımsız uluslararası sertifikasyon otoriteleri tarafından onaylanması gerekmektedir. Avrupa için EASA (European Aviation Safety Agency), Amerika Birleşik Devletleri için FAA (Federal Aviation Administration) sertifikasyon otoritesi olarak görev yapmaktadır. Bu otoritelerin, yıllar boyunca edindiği tecrübe ve bilgi birikimi sonucu, ortaya çıkardıkları kurallara sistem tasarımında uymak; sertifikaya edilecek uçaklar için mecburidir. Bu kurallar, EASA için CS-23 (*Certification Specifications for Normal, Utility, Aerobatic, and Commuter Category Aeroplanes*), CS-25 (*Certification Specifications and Acceptable Means of Compliance for Large Aeroplanes*), CS-27 (*Certification Specifications for Small Rotorcraft*) ve CS-29 (*Large Rotorcraft*) dokümanlarında bulunmaktadır.

Bu kapsamda uçakta bulunan her sistemin olduğu gibi, hidrolik sistemin de sertifikasyon sürecinden geçmesi gerekmekte ve hidrolik sistem tasarımı bu kurallar içinde şekillendirilmektedir. Hidrolik sistem tasarımında bu kurallara uyulduğu ve bu özel gereksinimlerin nasıl sistem tasarımında karşılandığı çeşitli yöntemlerle otoriteye gösterilmek zorundadır. Bu “Doğrulama Yöntemleri” sertifikasyon otoritesine 1’den 9’a kadar numaralandırılan aşağıdaki metotlarla gösterilmektedir:

1. Tasarım Denetimi
2. Analiz ve Hesaplama
3. Güvenlik Değerlendirme Çalışması
4. Laboratuvar Testi
5. Yer Testi
6. Uçuş Testi
7. Denetleme ve Muayene
8. Simülasyon
9. Ekipman Kalifikasyonu

Bu doğrulama yöntemleri ile uçak üzerinde takılacak hidrolik sistem ekipmanlarının tamamının ve böylece hidrolik sistemin sertifikasyon kuralları çerçevesinde tasarlandığı otoriteye gösterilmiş olmaktadır.

Bu doğrulama yöntemlerinin yanı sıra, sertifikasyon otoriteleri zaman zaman bazı kritik ekipmanlar için ekipmana özgü tasarım kuralları yayınlayabilirler. Kurallar FAA için TSO (*Technical Standard Orders*), EASA için ise ETSO (*European Technical Standard Order*) olarak adlandırılmıştır. Bu durumda ekipman üreticileri, ürettikleri ekipmana TSO veya ETSO onayı almakta ve ekipmanları uçaklarda bu onay ile sertifikasyona uygun bir şekilde kullanılmaktadır.

SONUÇ

Bildiride kısa bir şekilde anlatılmaya çalışılan “uçak hidrolik sistemleri tasarım faaliyet süreçleri”, içinde birçok karmaşık faaliyeti barındıran uzun ve zahmetli bir iştir. Sistem tasarımı için gerekli gereksinimlerin belirlenmesinden, uçuş testinde sistem doğrulamasına kadar geçen süre yıllarla ifade edilebilmektedir. Gerek tasarım aşamasında, gerekse test faaliyetlerinde sistem güvenilirliği ön planda tutularak istenilen performansta sistem ortaya konulmalıdır.

Ülkemizde maalesef henüz üretilmeyen uçak hidrolik sistem ekipmanlarının tamamı yurtdışından temin edilmektedir. Bu noktada gerek maliyet, gerekse ülkeler arasındaki farklı iş yapma kültürü tasarım faaliyet süreçlerini olumsuz yönde etkileyebilmektedir. Bunun yanı sıra, ülkelerin uyguladıkları lisans politikaları nedeniyle zaman zaman ekipman temininde sıkıntılar yaşanabilmektedir. Tüm bu olumsuzlukların önüne geçmek adına, ülkemizde de bu ekipmanların üretimine başlanması gelecek için çok önemli bir adım olacaktır. Son yıllarda Türkiye’de hızla büyüyen havacılık sektöründe, hidrolik sistem ekipmanlarını milli imkânlarla üretebilmek gelecekte yapılması planlanan projelerdeki başarıyı arttıracak ve ülkemize önemli bir katma değer sağlayacaktır.

Hali hazırda hemen hemen bütün endüstriyel ve mobil hidrolik ekipmanlarının üretilmediği ülkemizde, uçak hidrolik sistem ekipmanlarını üretebilmek adına aşağıdaki adımlar atılmalıdır:

- Uçak hidrolik sistemlerine ait bilgi birikiminin artırılması,
- Hidrolik sistem analizi ve simülasyonu konusunda tecrübenin artırılması,
- Uçak hidrolik sistemleri alanında ulusal standartların oluşturulması, uluslararası standartların kullanımının yaygınlaştırılması,
- Yüksek hassasiyette üretim imkanlarının geliştirilmesi,
- Hidrolik kalifikasyon testleri için altyapı oluşturulması ve yatırım yapılması,
- Çevresel kalifikasyon testleri için test altyapısı oluşturulması ve yatırım yapılması.

KAYNAKLAR

[1] SAE-AIR737, Rev. F, 2012.

[2] MOIR, I., "Aircraft Systems", John Wiley & Sons. Inc., 2008.

- [3] SAE-AS8775, 1998.
- [4] SAE-ARP1383, Rev. C, 2012
- [5] Berry, P., "Aircraft Conceptual Design Methods", Linköping Studies in Science and Technology, 2005.

ÖZGEÇMİŞ

Ahmet Emrah KAN

1983 yılı Ankara doğumludur. 2006 yılında Gazi Üniversitesi Makina Mühendisliği Bölümünü bitirmiştir. Orta Doğu Teknik Üniversitesi Endüstri Mühendisliği bölümünde 2009 yılında yüksek lisans eğitimini tamamlamıştır. 2006 yılında Hidrel AŞ'de iş hayatına başladıktan sonra, 2007 yılında TUSAŞ'da çalışmaya başlamıştır. Hava Aracı Mühendisliği Akışkan Sistemler Bölümü'nde hidrolik sistem tasarım mühendisi olarak, başta Hürkuş Projesi olmak üzere çeşitli tasarım ve modernizasyon projelerinde görev yapmıştır. Halen aynı bölümde tasarım uzmanı olarak akışkan gücü kontrolü konuları üzerinde çalışmaktadır.

Nezaket GÜNERİ ORBAY

1978 yılı Bursa doğumludur. 2000 yılında Orta Doğu Teknik Üniversitesi Havacılık Mühendisliği Bölümünü bitirmiştir. Orta Doğu Teknik Üniversitesi Endüstri Mühendisliği bölümünde 2007 yılında yüksek lisans eğitimini tamamlamıştır. 2001 yılında TUSAŞ'da, çalışmaya başlamıştır. Hava Aracı Mühendisliği Akışkan Sistemler Bölümü'nde liderlik görevini yürütmektedir. A400M, Hürkuş ve Erciyes projelerinde tasarım, modernizasyon ve sertifikasyon faaliyetlerini yerine getirmiştir.