

Askeri Aviyonik Sistemler ve Modernizasyon (3)

Mehmet Oktay ELDEM

Elektronik Mühendisi
EMO Ankara Şubesi 22. Dönem Yayın Kurulu Üyesi
oktay.eldem@gmail.com

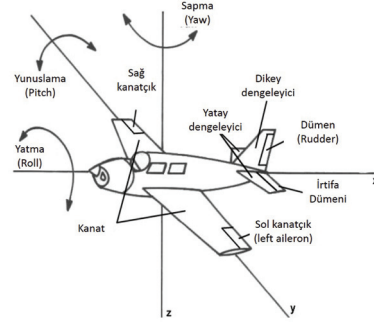
Geçen Bölümlerin Özeti

Bültenin 2014-2 sayısında Aviyonik sistemler hakkında genel bilgi verilmiş, Askeri Aviyonik sistemlerin neler olduğu, dünyada Aviyonik modernizasyonun gelişimi anlatılmıştı. Bültenin 2014-3 sayısında ise uçakların savaşta görevleri ve bu görevlerin gerektirdiği kabiliyetler anlatılmış, daha sonra navigasyon kavramı verilmiş ve navigasyon sistemlerinden

- ADC: Hava verileri ve Bilgisayarı
- Radar Altimetre
- GPWS: Yer yaklaşım ikaz sistemi
- TCAS: Trafik çarpışmadan koruma sistemleri
- Kaza verileri kayıt cihazı

tanıtılmıştı.

Bir uçağın dümen niteliğindeki kuyruk ve kanatlarında bulunan parçalar (yüzeyler) Şekil-1'de tanımlanmıştır. Otopilot sistemi bu yüzeyleri mekanik, elektriksel ve hidrolik olarak kumanda ederek uçağın belirlenen rotada uçuşu sağlar. Modern sistemlerde, klasik uçuş kontrollerinin yanı sıra otopilotlar motorların çalışma kuvvetini (auto-thrust) kontrol eden sistemler ile kombine edilmiştir. Bu sayede uçağın eksenleri boyunca hareketinin yanı sıra süratini de otomatik pilot sistemi kontrol edebilmektedir.



Şekil 1 Bir uçağın hareket eksenleri

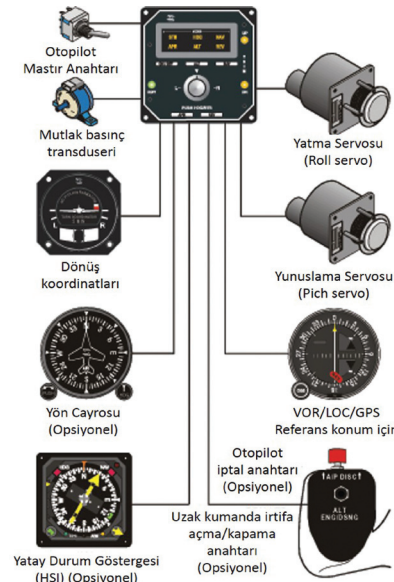
Navigasyon Sistemleri (devam)

Bu sayıda Navigasyon sistemlerinden

- Otopilot
- Uçuş Yönetim Sistemi (Flight Management System: FMS) tanıtılacaktır.

1. Otopilot

Otopilot sistemi uçağın insan (pilot) tarafından sürekli olarak elle kullanılmaya ihtiyaç olmadan belirlenen bir rotada uçuşu sağlar. Otopilot sistemi pilotta fiziksel ve zihinsel yorgunluk yaratan basit seviyedeki uçuş parametrelerine dikkatini vermektan kurtarıp rotayı izleme, hava durumu gibi daha üst seviyedeki uçuş kontrollerine yoğunlaşmasını sağlar. Modern uçaklarda otomatik pilotlar "Uçuş Yönetim Bilgisayarlarının ayrılmaz bir parçası olarak beraber çalışırlar. Pilotlar, kalkıştan önce FMS sistemine uçuş rotası, hızı, seviyesi gibi bilgileri girerler. Günümüzde artık 20 koltuktan fazla olan uçaklarda otopilot sistemi zorunlu tutulmaktadır.



Uçaklar için üç tip otopilot sistemi vardır. Tek eksenli otopilot uçağı sadece yatma (roll) ekseninde kontrol eder. İki eksenli otopilot ise yatma ekseninin yanı sıra yunuslama (pitch) ekseninde de kontrol eder (Şekil-2). Üç eksenli otopilot sisteminde sapma (yaw) ekseninde kontrol edilir.

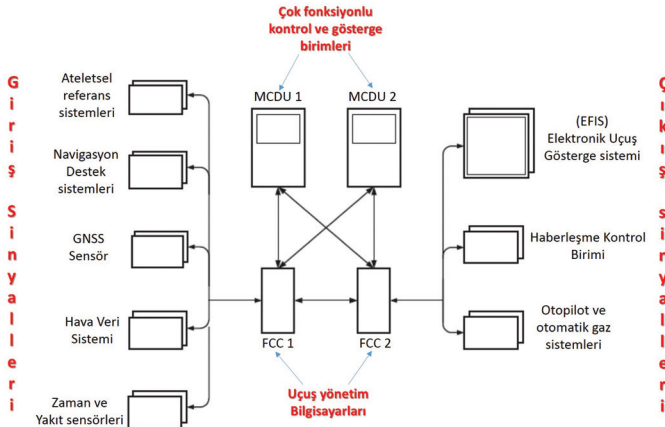
Şekil 2 İki eksenli otopilot sistemi

Modern kompleks uçaklardaki otopilotlar genel olarak üç-eksenlidir ve uçuşu taksii, kalkış, tırmanış, seviye uçuşu, alçalış, yaklaşma ve iniş safhalarına ayırır. Otopilotlar taksii ve bazı uçaklarda kalkış hariç, diğer safhalarda uçağa kumanda edebilir. Ancak, görüşün çok düşük olduğu durumlarda, inilecek meydanda ILS (instrument landing system - aletle iniş sistemi) sistemi mevcut ise, Autoland (otopilotla iniş) uygulanır.

Flight Management System: Uçuş Yönetimi Sistemi

FMS pilotların yapması gerekli tüm karışık navigasyon hesaplamaları dâhil; kalkış, düz uçuş ve inişe kadar olan tüm uçuşu kontrol edebilmektedir. Kokpit ekibi seyahat esnasında, FMS sayesinde yakıt tüketimini, rüzgârı ve tahmini uçuş süresini düzenleyebilmekte, en ekonomik uçuş profilini ve gidiş meydanına en hızlı rotayı seçebilmektedir. FMS kullanılarak uçuşun güvenilirliği ve verimi artırılarak pilotların iş yükü de önemli ölçüde azaltılmıştır.

Tipik bir FMS sistemi bir çift bilgisayar (FCC) ve çok fonksiyonlu kontrol ve gösterge biriminden oluşur (MCDU). Askeri bombardıman ve kargo uçaklarındaki yapı Şekil-3'teki gibidir, savaş uçaklarında ise FMS, navigasyon ve görev bilgisayarlarına gömülü durumdadır.



Şekil 3 Uçuş Yönetim Sistemi blok diyagramı

Uçuş kontrol sistemine sensor girişleri (solda görülen) güvenilirlik açısından yedekli olarak (dual) bağlanır. Söz konusu giriş verileri FMS tarafından kullanılarak gerekli navigasyon hesapları yapılır ve uçuş personeline gerekli bilgiler gösterge birimleri üzerinden iletilir. Bu sinyaller ilerleyen bölümlerde detaylı olarak anlatılacaktır.

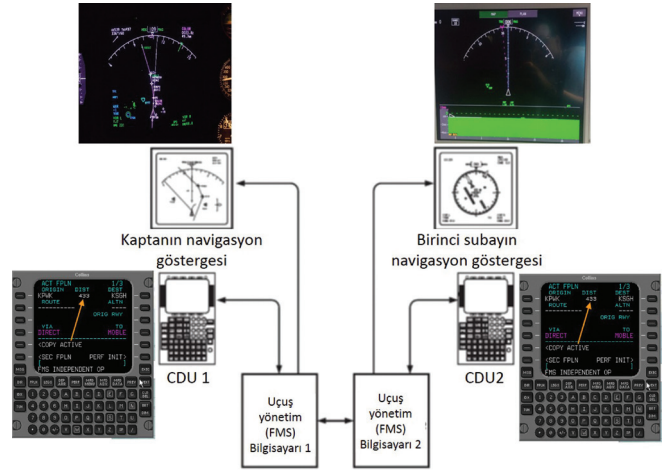
FCC 1 ve FCC 2 bilgisayarları bütün hesaplamaları

yapar ve uygun navigasyon parametrelerini uygun göstergelerde gösterir.

FMS'in kontrol ve gösterge ara yüzü Şekil-4'te gösterilmiştir. Kaptanın ve birinci subayın navigasyon göstergeleri (ND) EFIS sisteminin bir parçasıdır. Bu göstergede bilgiler değişik formatlarda izlenebilir.

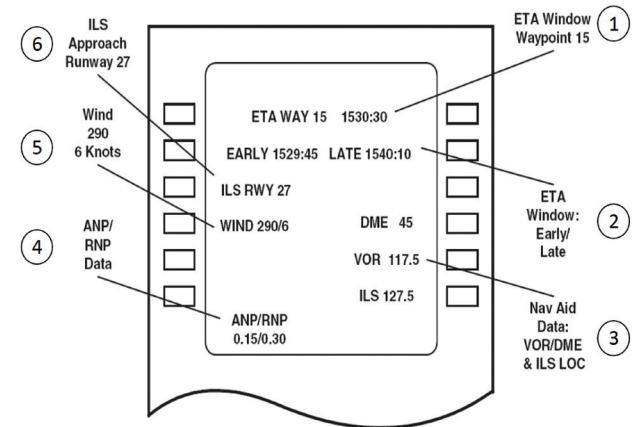
Otomatik Gaz Sistemi (A/T) mod isteklerine cevap olarak motor çekiş gücünü (thrust) kontrol eder.

CDU 1 ve CDU 2 her ikisi de bilgileri gösterirler ve uçuş personelinin elle uçuş bilgilerini girmesi buradan sağlanır.



Şekil 4 Uçuş Yönetim Sistemi Kontrol ve Gösterge ara yüzü

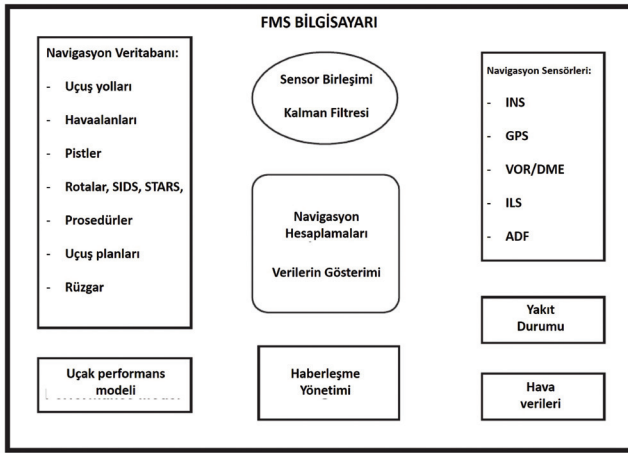
CDU üzerinde gösterilen verilere örnek Şekil-5'te gösterilmiştir. Menu sistemi kullanılarak gösterilen parametreler şunlardır (Sağdan sola doğru):



Şekil 5 FMS CDU verileri

1. ETA ara nokta (waypoint) penceresi. Hesaplanmış ara noktaya varma zamanı, bu durumda 15.

2. Ara noktaya erken varma/geç kalma zamanlama bilgisi. Uçağın verilen performans bilgilerine göre ara noktaya en erken ve en geç varma zamanını gösterir.
 3. Navigasyon destek sistem verileri, burada VOR:117.5, DME:45 ve ILS/LOC:127.5 olarak belirtilmiştir.
 4. ANP/RNP penceresi. Geçerli navigasyon penceresi ile (ANP) gerekli navigasyon performansı (RNP) ile karşılaştırır. Burada ANP 0.15nm RNP 0.3nm ve bu durumda sistemin çalışması limitler içindedir.
 5. Yaklaşma için rüzgâr bilgisi, rüzgâr yönü, burada 290/6 verilmiştir.
 6. Pist hakkında bilgi- pist 27'ye ILS yaklaşımı
- Üst seviye FMS Fonksiyonları Şekil-6'da özetlenmiştir.



Şekil 6 Üst seviye FMS fonksiyonları

FMS fonksiyonları şunlardır:

1. Navigasyon hesaplamaları ve bu bilgilerin gösterilmesi

Bütün gerekli navigasyon ve kılavuz (guidance) hesaplamaları uçuş aşamasına ve kullanılan sensörlere uygun olarak hesaplanır. Elde edilen bilgiler EFIS navigasyon ekranında ve CDU ekranında gösterilir. Uçuş direktifleri ve sürüklenme (steering) komutları otopilot sistemine gönderilir.

2. Navigasyon Sensörleri

INS, GPS, VOR, ADF, TACAN gibi değişik navigasyon destek sensörlerinden farklı navigasyon modları için dual sensör bilgileri elde eder.

3. Hava verileri

Navigasyon hesaplamalarında kullanılmak üzere yüksek doğrulukta, düzeltilmiş hava-verileri ADC veya ADIRS tarafından iletilir.

4. Yakıt durumu

Yakıt harcama miktarı ölçüm sistemi ve motora monteli yakıt akış hızı ölçüm sensörleri sayesinde harcanan yakıt ve toplam yakıt tüketim hızı hesaplanmaktadır. Uçuş esnasında motorların performansı belirlenmekte ve yakıt tüketimini minimize edecek direktifler verilmektedir.

5. Sensör verilerinin birleşimi ve kalman filtresi

Sensörlerden gelen veriler birçok bozucu etkiye maruz kalır. Kalman filtre kullanılarak sensörlerden gelen bilgiler birleştirilir ve geçerli kılınır. Böylece navigasyon sensörlerinin ve hesaplamalarının hassasiyet ve bütünlüğü sağlanmış olur.

Kalman Filtre: Mevcut ve önceki durumlara göre bir sonraki durumu tahmin eden bir algoritma. Kalman filtresi, gürültülü veriler üzerinden sistemin gelecek durumu hakkında tahminde bulunur.

6. Haberleşme yönetimi:

Sistem uçuş planına bağlı olarak haberleşme, navigasyon ve yardım kanallarının bilgilerini haberleşme ve kontrol sistemine aktarır.

7. Navigasyon veri tabanı

Navigasyon veri tabanı uçuş ayaklarına ve rotasına bağlı olarak çok geniş bilgi içerir. Veri tabanı standart rotalar için normal uçuş planı ve normal sapma bilgilerini içerir. Bu bilgiler düzenli olarak güncellenir. Veri tabanı aşağıdaki bilgileri içerir.

- Uçuş koridorları (Airways);
- Havaalanları (airports): Yaklaşma ve kalkış bilgileri, havaalanı ve pist ışıkları, engeller, limitler, havaalanı yerleşimi, kapılar vb.
- Pist yaklaşma bilgileri, yardımları ve kategorileri (Cat I, Cat II/III), irtifa kararı.
- Rota irtifa kleransları, SIDS, STARS ve diğer navigasyon bilgileri rotaların önemli bir çoğunluğu SID (Standart Alet Hareketi)'ler ve STAR (Standart Terminal Yaklaşma Rotası) tarafından elde edilir. Bunlar; yönleri, minimum veya maksimum hızları, irtifaları, seyrüsefer yardımcılarının frekanslarını ve uçağın havaalanından ayrılıp yatay ve düşey uçuş hareketleri için gerekli olan bilgileri gösteren ayrıntılı haritalardır.
- Geçici veya özel ihtiyaç içeren hava sahası sınırlamaları hakkındaki tebliğler ile ilgili prosedürler.
- Standart diversiyon içeren uçuş planları
- Rüzgar verileri. Rüzgâr tahmini, uçuş boyunca maruz kalınacak rüzgâr verileri

8. Uçuş performans modeli

Sistem uçağın dört boyutlu (x, y, z ve zaman) uçuş profilini hesaplar ve gösterir aynı zamanda optimum yakıt kullanma profilini hesaplar.