

**T.C.
MİLLÎ EĞİTİM BAKANLIĞI**

UÇAK BAKIM

**MOTOR YAKIT SİSTEMİ
525MT0042**

Ankara, 2011

- Bu modül, mesleki ve teknik eğitim okul/kurumlarında uygulanan Çerçeve Öğretim Programlarında yer alan yeterlikleri kazandırmaya yönelik olarak öğrencilere rehberlik etmek amacıyla hazırlanmış bireysel öğrenme materyalidir.
- Millî Eğitim Bakanlığınca ücretsiz olarak verilmiştir.
- PARA İLE SATILMAZ.

İÇİNDEKİLER

AÇIKLAMALAR	ii
GİRİŞ	1
ÖĞRENME FAALİYETİ-1	3
1. MOTOR YÜKSEK BASINÇ YAKIT SİSTEMLERİ	3
1.1. Sistemin Çalışması.....	3
1.2. Yakıt Sistemi Ana Parçaları.....	5
1.2.1. Alçak Basınç Yakıt Kapama Valfi (Lp Fuel Shut Off Valve).....	5
1.2.2. Yakıt Pompaları (Fuel Pumps)	5
1.2.3. Isı Değiştiriciler (Heat Exchangers)	8
1.2.4. Yakıt Filtreleri (Fuel Filters)	9
1.2.5. Yakıt Kontrol Ünitesi (Fuel Control Unit - FCU)	11
1.2.6. Yakıt Manifoldları (Fuel Manifolds).....	14
1.2.7. Yakıt Nozulları (Fuel Nozzles).....	15
1.3. Motor Kumanda Sistemleri.....	17
1.3.1. Start Kumandaları.....	18
1.3.2. Fwd Thrust Kumandaları.....	18
1.3.3. Reverse Thrust Kumandaları	21
1.4. Yakıt Akış Gösterge Sistemi.....	24
1.4.1. Gerçek Yakıt Akışı (Akışmetre-Fuel Flow)	24
1.4.2. Kullanılmış Yakıt Göstergesi (Fuel Used).....	24
UYGULAMA FAALİYETİ	26
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME	28
ÖĞRENME FAALİYETİ-2.....	30
2. FADEC-Fully Authority Digital Engine Control	30
2.1. Fadec Sisteminin Yapısı.....	30
2.2. Fadec'in Kısımları.....	31
UYGULAMA FAALİYETİ	34
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME	36
MODÜL DEĞERLENDİRME	37
CEVAP ANAHTARLARI.....	38
KAYNAKÇA.....	39

AÇIKLAMALAR

KOD	525MT0042
ALAN	Uçak Bakım
DAL/MESLEK	Uçak Gövde-Motor
MODÜLÜN ADI	Motor Yakıt Sistemi
MODÜLÜN TANIMI	Gaz türbinli uçak motorları yakıt sistemlerinin bakımı ile ilgili temel bilgi ve becerilerin kazandırıldığı öğrenme materyalidir.
SÜRE	40/32
ÖN KOŞUL	Yağlama Sistemi modülünü başarmış olmak
YETERLİK	Gaz türbinli tip uçak motorlarında kullanılan yakıt sisteminin bakımını yapmak
MODÜLÜN AMACI	Genel Amaç Gerekli ortam sağlandığında uçak için gerekli olan AMM (Aircraft Maintenance Manuel) ATA Chapter-73'e göre yakıt sisteminin bakımını yapabileceksiniz. Amaçlar: 1. AMM (Aircraft Maintenance Manuel) ATA Chapter-73'e göre motor yakıt sistemi (yüksek basınç yakıt sistemi) elemanlarını sökebilecek, bakımını yapabilecek ve takabileceksiniz. 2. AMM (Aircraft Maintenance Manuel) ATA Chapter-73'e göre elektronik motor kontrol ünitesi FADEC'i hatasız olarak kontrol edebileceksiniz.
EĞİTİM ÖĞRETİM ORTAMLARI VE DONANIMLARI	Ortam: Sınıf, işletme, kütüphane, hangar gibi bireysel veya grupta çalışabileceğiniz tüm ortamlar Donanım: Yakıt sistemine sahip maket ve uçaklara ait tüm aksesuarlar, iş güvenliği ile ilgili donanımlar.
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME	Modül içinde yer alan her öğrenme faaliyetinden sonra verilen ölçme araçları ile kendinizi değerlendireceksiniz. Öğretmen modül sonunda ölçme aracı (çoktan seçmeli test, doğru-yanlış testi, boşluk doldurma, eşleştirme vb.) kullanarak modül uygulamaları ile kazandığınız bilgi ve becerileri ölçerek sizi değerlendirecektir.

GİRİŞ

Sevgili Öğrenci,

Havacılık sektöründe faaliyet gösteren şirketlerin sayılarındaki artışa paralel olarak uçak bakım teknisyenliği alanında yetişmiş teknisyenlere ihtiyaç hızla artmaktadır. Siz de uçak teknisyenleri olarak bu sektörde yerinizi alırken sağlam temellerle bu yolda ilerlemek için bazı temel bilgi ve becerilere sahip olmalısınız. Bu becerilerden biri de uçak motoru sistemlerinden olan uçak yakıt sistemidir.

Uçaklardaki yakıt sistemleri alçak basınç yakıt sistemi ve yüksek basınç yakıt sistemi olmak üzere iki gruba ayrılmaktadır.

Motor yakıt sistemi olarak adlandırılan yüksek basınç yakıt sisteminin görevi, alçak basınç yakıt sisteminden gelen yakıtın yanma odalarına kadar gönderilmesini sağlamaktır. Motor yakıt sisteminin parçaları, genel olarak uçak motoru üzerindedir.

Bu modülü tamamladığınızda motor yakıt sistemi ve elemanlarının bakımını başarılı bir şekilde yerine getirebileceksiniz. Başarılı olabilmeniz için modüldeki istenilenleri dikkatli bir şekilde yapmalısınız. Bu modülü başarı ile tamamladığınız takdirde havacılık sektöründe motor yakıt sistemleri üzerinde çalışmak için temel bilgi ve becerilere kavuşmuş olacaksınız.

ÖĞRENME FAALİYETİ-1

AMAÇ

AMM (Aircraft Maintenance Manuel) ATA Chapter-73'te belirtildiği şekilde yüksek basınç yakıt sisteminin elemanlarını sökebilecek, bakımını yapıp takabileceksiniz.

ARAŞTIRMA

- Verimli bir yanma için hangi şartlar gereklidir? Araştırınız. Yaptığınız araştırmayı rapor hâline getiriniz. Hazırladığınız raporu sunarak sınıftaki arkadaşlarınızla paylaşınız.
- Yakıt pompaları hakkında araştırma yapınız. Yaptığınız araştırmayı rapor hâline getiriniz. Hazırladığınız raporu sunarak sınıftaki arkadaşlarınızla paylaşınız.

1. MOTOR YÜKSEK BASINÇ YAKIT SİSTEMLERİ

Yüksek basınç yakıt sistemi, alçak basınç yakıt sisteminden gelen yakıtın uçak motoru yanma odalarına gönderilmesini sağlar. Sistemin parçaları genel olarak motor üzerinde bulunur. Bu görevi yerine getirebilmek için motor yakıt sistemi birçok parçayı bünyesinde barındırır. Motor yakıt sistemi parçalarının görevleri; yakıt basıncının yükseltilmesi, ısıtılması, filtre edilmesi ve ölçülendirilerek yanma odasına püskürtülmesidir.

1.1. Sistemin Çalışması

Alçak basınç kapama valfinin açılmasıyla sistemdeki yakıt 50 PSI civarındaki bir basınçla alçak basınç pompasına gelir. Alçak basınç pompa kademesinden çıkıştaki basınç değeri ise 175 PSI'ya yükselir. Yakıt yağ soğutucu ve filtreden geçip yüksek basınç pompasına girer. Yüksek basınç kademesi yakıtı emiş yaparak çekemez. Başka bir deyişle yüksek basınç pompa girişinde yakıt basıncının pozitif değerlerde olması gerekir. Aksi hâlde yüksek basınç pompasının girişinde kavitasyon riski oluşur.

Kavitasyon; özellikle dişli ve paletli tip pompalarda yeterli basınç olmadığı zaman, buhar oluşması olarak görülür. Kavitasyon, hem pompaya yapısal hasar verir hem de pompalanması gereken yakıt pompalanamaz. Ayrıca buharlaşmadan dolayı yakıt kaybına sebep olur. Resim 1.1'de dişli tip pompalarda oluşan kavitasyon hasarı görülmektedir.

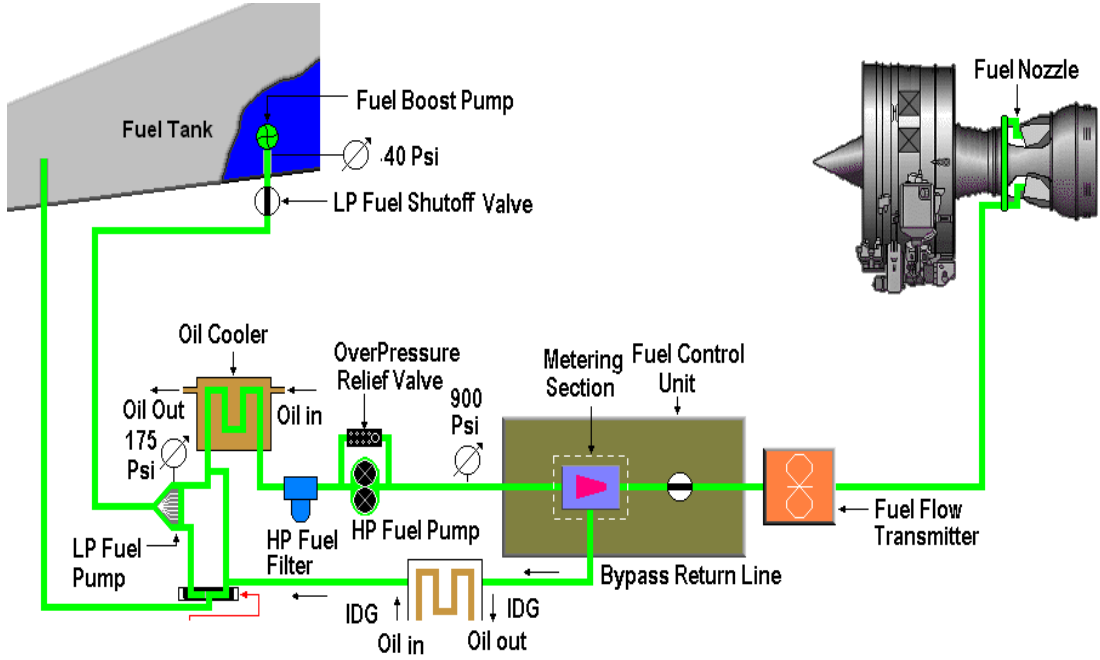


Resim 1.1: Kaviteasyon hasarı

Maksimum motor hızlarında; HP pompa çıkışındaki yakıt basıncı yaklaşık 900 PSI'a çıkar. Pompa üzerinde bulunan "over pressure reilef valve" sistem parçalarını, aşırı basıncın neden olabileceği hasarlardan korur. Yakıt basıncı 1200 PSI'a çıktığında ise relief valf açılarak yakıtı yüksek basınç pompa girişine gönderir.

Şekil 1.1'de motor yüksek basınç yakıt sisteminin şeması görülmektedir. HP pompasından çıkan yakıt, yakıt kontrol ünitesinin (FCU-Fuel Control Unit) ölçülendirme bölümüne girer. Ölçülendirme bölümünde her zaman, yanma için gereken daha fazla yakıt sağlanır. Basıncılı yakıt, manifold ve borulardan geçerek yakıt nozullarına gelir. Yakıt, nozullar aracılığıyla yanma odasına püskürtülür ve yakılır.

İhtiyaç fazlası yakıt, geri dönüş baypas hattı ile yakıt pompasına geri dönerken IDG yağını soğutur. Ancak düşük hızlarda sistemden az yakıt geçtiği için motor yağ soğutucusunun veriminin düşmesine neden olur.



Şekil 1.1: Motor yüksek basınç yakıt sisteminin şeması

1.2. Yakıt Sistemi Ana Parçaları

Yakıt sisteminin ana parçaları; alçak basınç yakıt kapama valfi, yakıt pompası, ısı değiştiricisi, yakıt filtresi, yakıt kontrol ünitesi, yakıt manifoldu ve yakıt nozullarıdır.

1.2.1. Alçak Basınç Yakıt Kapama Valfi (Lp Fuel Shut Off Valve)

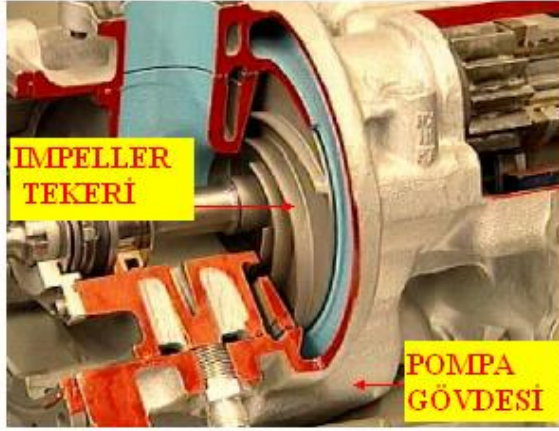
Yakıt deposundan motor dişli kutusuna kadar uzanan yakıt hattına yakıtın girişini sağlar. Genellikle elektrik kumandalı bir valftir. Pozisyonunu uçuş kabinindeki “fuel closed“ lambası gösterir. Valf açılınca lamba söner. Bazı uçaklarda valfin pozisyonu gösterge monitörleri üzerinde görünür. Modern uçaklarda yakıt kapama valfine “engine master switch“ kumanda eder. Bu switch ON yapıldığında valf açılır. Bu valfe, işlevi gereği “fire shut off valve” de denilmektedir. Buna bağlı olarak “engine fire switch” ile de kumanda edilebilir.

1.2.2. Yakıt Pompaları (Fuel Pumps)

Motor yüksek basınç yakıt sisteminde kullanılan pompalar alçak basınç kademesi (LP Fuel Pump) ve yüksek basınç kademesi (HP Fuel Pump) olarak genellikle iki kademelidir. Tek bir gövde içinde kombine olarak bulunur ve hareket ettirme şaftı vardır.

1.2.2.1. Alçak Basınç Yakıt Pompası (Low Pressure Fuel Pump)

Yakıt depolarındaki booster pompalarından gelen yakıtın basıncını artırır. Genellikle impeller (kanatçıklı) tip pompa kullanılır. Impeller çarkı, pompa gövdesi içinde bulunur. Yapı olarak radyal tip kompresöre benzer. Resim 1.2’de pompa kesiti görülmektedir. Aksiyal bir giriş portu ve radyal bir çıkış portu vardır. Bu tip pompalarla sürekli bir akış temin edilebilir. Ancak çok yüksek basınçlar elde etmek mümkün değildir.



Resim 1.2: Alçak basınç yakıt pompası

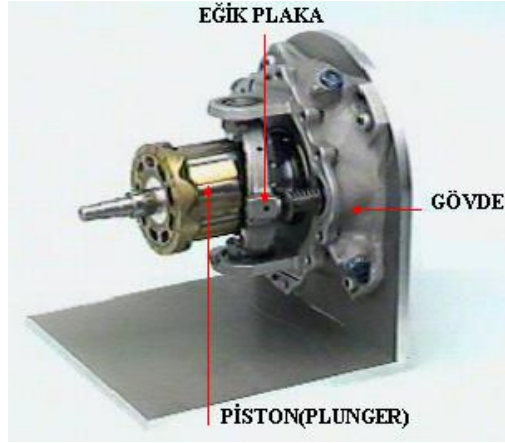
1.2.2.2. Yüksek Basınç Yakıt Pompası (High Pressure Fuel Pump)

Yakıtın yanma odasına uygun fiziksel koşullarda gelmesi için yakıt basıncının yüksek değerlere çıkmasını sağlar. Sistemdeki yeri filtreden sonradır. Yüksek basınç yakıt pompasının üzerinde daima bir basınç rahatlatma valfi (pressure relief vave) bulunur. Bu valf sayesinde sistemdeki parçaların aşırı basınca maruz kalması önlenmiş olur.

Yüksek basınç yakıt pompaları, sabit hacimli pompalardır. Bazı yüksek basınç yakıt pompaları içten dişli (gerator) tip veya paletli tip olabilir. Ancak gaz türbinli motorlarda en çok kullanılan yüksek basınç yakıt pompaları, çok pistonlu tip veya dişli tip pompalardır.

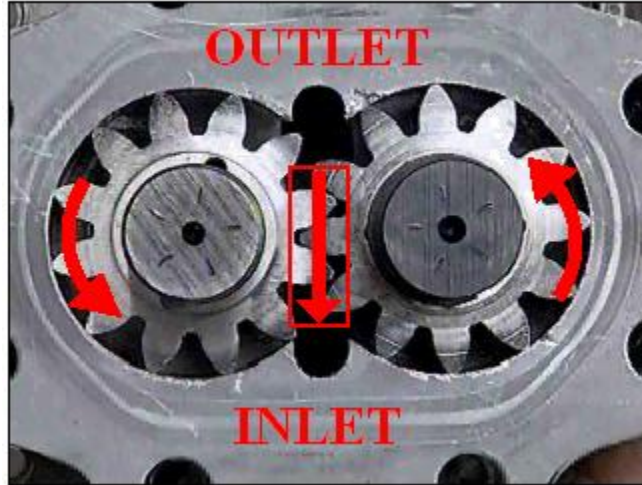
Çok pistonlu tip pompaların gövdesi içinde, çok sayıda pistonu bulunan bir rotor bulunur. Pistonların strokunu değiştiren eğik plaka (variable camplate) vardır. Çok yüksek basınç gerektiren yerlerde kullanılır. 2000 PSI’den daha büyük basınçlar elde edilebilir. Çıkış basıncı, motor devrine ve pistonların strokuna bağlıdır.

Strokun kontrolü, yakıt kontrol ünitesinden (FCU) gelen servo sinyalini alan plakanın açılışını kontrol eder. Resim 1.3’te çok pistonlu tip pompa görülmektedir.



Resim 1.3: Çok pistonlu (plunger) tip yakıt pompası

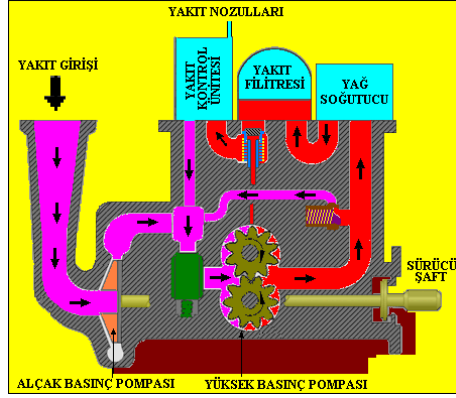
Dişli tip yakıt pompaları; turbofan motorlarda en çok kullanılan pompa tipidir. Pompa gövdesi içinde birbirinin aksi yönde dönen iki adet dişli çark vardır. Dişli çarkın dişlileri, yakıtı giriş portundan çıkış portuna doğru taşır. Resim 1.4’te dişli tip yüksek basınç yakıt pompası görülmektedir. Alçak basınç yakıt pompasından yakıt akış ölçere kadar olan sistem parçaları genellikle motorların dişli kutusu bölgesinde yer alır. Bu bölgeden çıkan yakıt boru ve manifoldlar üzerinden yakıt nozullarına gönderilir.



Resim 1.4: Dişli tip yakıt pompası

Bazı motorlarda yağ soğutucusu, HP (yüksek basınç) pompa çıkışına konulmuştur. Böyle bir düzende LP ve HP pompalar aynı gövde içinde yer aldıklarından dış yakıt borularından tasarruf edilmiş olur.

Şekil 1.2’de dişli kutusu içinde böyle bir yapı görülmektedir. Ancak bu sistemde yağ soğutucusu içinden geçen yakıtın basıncı çok daha yüksek olacağından yakıt kaçağı riski artar.



Şekil 1.2: Basit bir dişli kutusunun kesiti

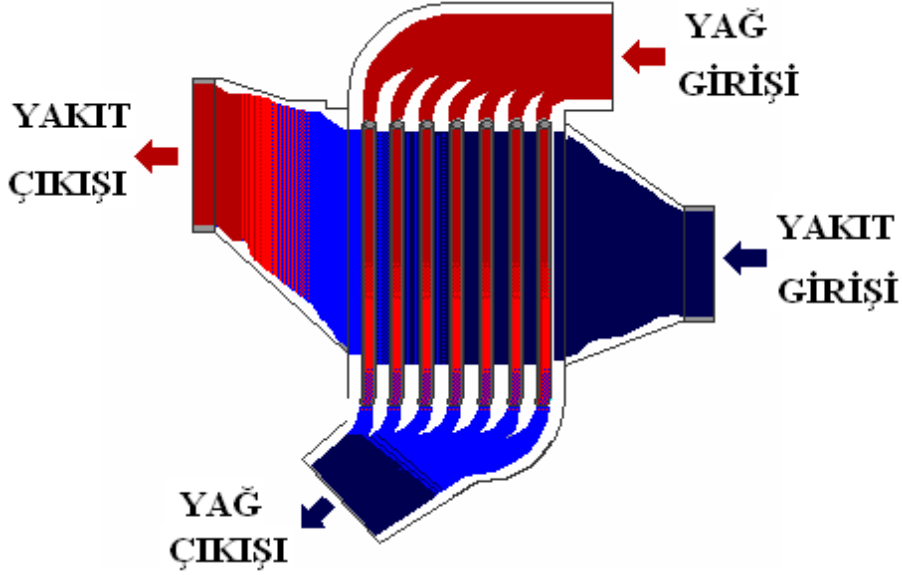
1.2.3. Isı Değiştiriciler (Heat Exchangers)

Motor yakıt sisteminde genellikle üç ayrı ısı değiştirici (heat exchanger) bulunur.

- Motor yağ soğutucusu (engine oil cooler)
- Servo yakıt ısıtıcısı (servo fuel heater)
- IDG yağ soğutucusu (IDG- integrated drive generator oil cooler)

Alçak basınç yakıt pompasından gelen yakıt, yağ soğutucusuna girer. Genellikle yakıt / yağ ısı değiştirici olarak karşımıza çıkar. Sistemde ya ayrı bir parça olarak veya yakıt pompası gövdesi içinde bulunur. Servo yakıt ısıtıcıları çoğunlukla, doğrudan motor yağ soğutucusu üzerinde bulunur. Bu yapı daha az haricî boru kullanılmasına olanak verir. IDG yağ soğutucuları, motorda daima ayrı bir parça olarak karşımıza çıkar. Şekil 1.3'te motor yağ soğutucusunun (engine oil cooler) çalışması görülmektedir. Motor yağ soğutucusunun iki görevi vardır:

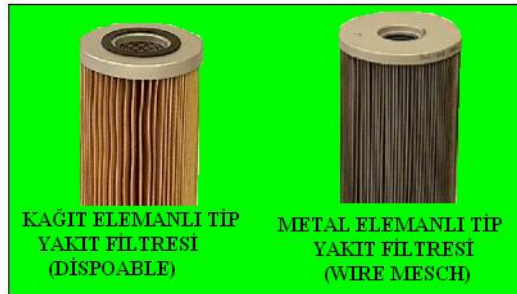
- Yakıt soğutucusundan geçerken sıcak motor yağını soğutur.
- Yağın ısınıp alan yakıt ısınır. Yakıt içindeki suyun donması sonucu filtrede oluşacak buzlanmanın, yakıt akışına olumsuz etkisi önlenmiş olur.



Şekil 1.3: Motor yağ soğutucusu

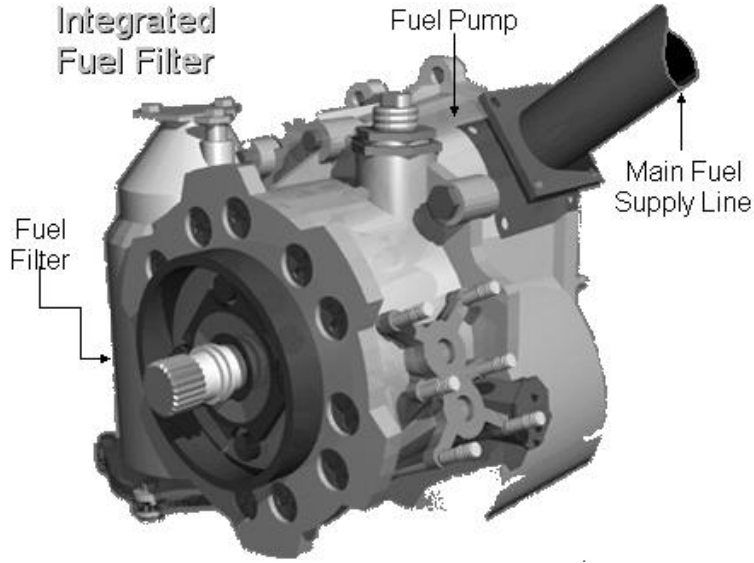
1.2.4. Yakıt Filtreleri (Fuel Filters)

Yakıtta mevcut belirli büyüklüğün üzerindeki yabancı partiküllerin (kir, pislik vb.) sisteme girmesini önler. Bu şekilde sistem içinde kendinden sonra gelen komponentleri korur. Yakıttaki kir, akış geçişlerindeki tıkanmaya ve akışın kısıtlanmasına neden olur. Yakıt filtresi yakıttaki bu kırı toplar. Filtre, motor yakıt sisteminin alçak basınç kısmında (low pressure filter) veya yüksek basınç kısmında (high pressure filter) bulunur. Bazı motorlarda, hem alçak basınç hem de yüksek basınç filtreleri bulunur. LP filtresi genellikle kullanılıp atılan kâğıt elemanlı (disposable) tip filtredir. HP filtresinde ise genellikle temizlenebilen metal elemanlı (wire mesh) tip filtre elementi vardır. Resim 1.5'te yakıt filtre çeşitleri görülmektedir. Yakıt filtreleri, sistemde, yakıt pompası ile tek bir gövde içinde entegre bir konumda veya ayrı bir komponent olarak bulunur. Bir filtre, giriş portu, çıkış portu ve filtre kâsesi (bowl) içindeki filtre elementinden meydana gelmiştir.



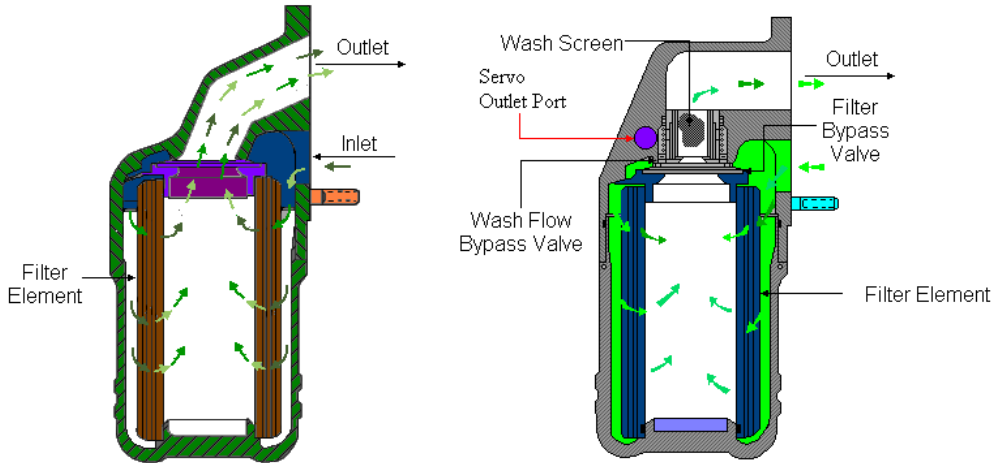
Resim 1.5: Filtre tipleri

Yakıt filtresinin çalışma şekli, aynı yağ ve hidrolik filtreleri gibidir. Şekil 1.4'te üzerinde filtre bulunan yakıt pompası görülmektedir.



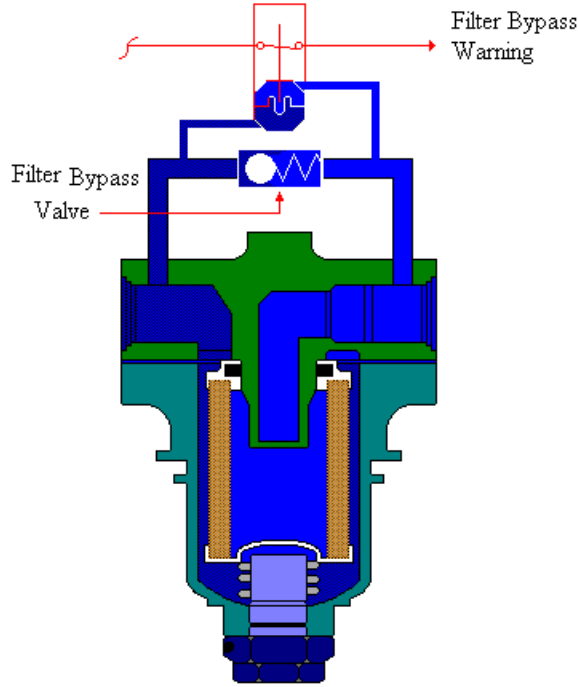
Şekil 1.4: Pompa üzerine yerleştirilmiş yakıt filtresi

Bazı yakıt filtrelerinde “ana çıkış portu” ve “servo çıkış portu” olarak iki çıkış portu vardır. Buna bağlı olarak da “normal” ve “screen” tip olmak üzere iki filtre elementi bulunur. Şekil 1.5’te görülmekte olan “screen” filtre, servo akış hattı üzerinde bulunur. Genellikle normal filtre elementinden daha incedir. Çoğu zaman adı “wash screen” olarak geçer. Servo sistemine giden yakıtın screen üzerinde bıraktığı partikülleri, normal yakıt akışı alıp götürür.



Şekil 1.5: Normal filtre (solda) ve screen filtre (sağda)

Sistemdeki tüm yakıt filtrelerinde “relief valve” mevcuttur. Filtre elemanı tıkanıldığında filtre giriş ve çıkışındaki basınç farkının artması valfin açılmasına neden olur. Yakıt filtreden geçmeden baypas olarak sistemde dolaşmaya başlar. Şekil 1.6’da baypas valfi görülmektedir.



Şekil 1.6: Filtre üzerinde bulunan baypas valfi

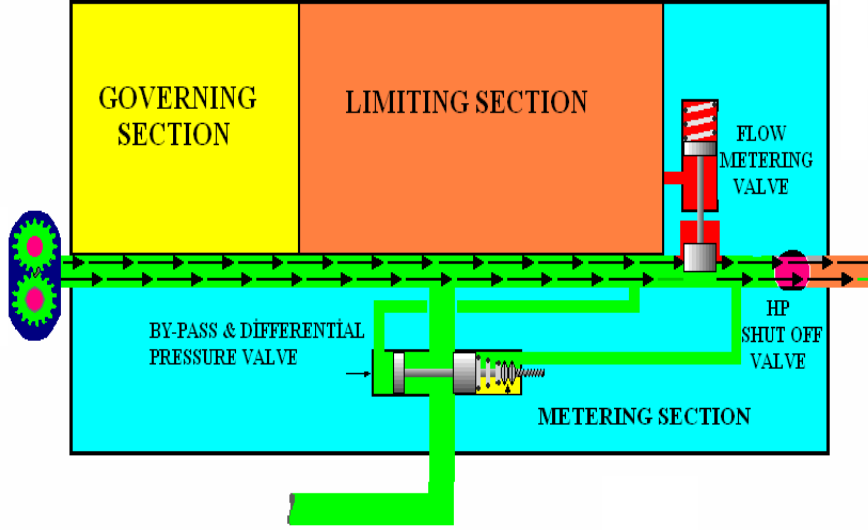
1.2.5. Yakıt Kontrol Ünitesi (Fuel Control Unit - FCU)

(FCU) yakıt kontrol ünitesinin ana görevi, motorun tüm çalışma koşulları içinde gerekli olan yakıtı ölçülendirmektir. Motorun çalışma koşulları ise ilk hareket (starting), uçuşta sabit hız (constant speed), yerde relanti hızı (idle speed), hızlanma (acceleration), yavaşlama (deceleration) ve motorun stop ettirilmesidir (shut-down). Motor çalışma koşulları iki kategoriye ayrılır:

- “Steady state” çalışma (Idle Speed-Constant Speed) motorda hız / thrust sabit korunur. FCU, seçilen hızı koruyacak şekilde gerekli yakıtı gönderir.
- “Transient” çalışma (Acceleration-Deceleration-Starting-Shut Down) motorda hız (thrust) artar veya azalır. Yakıt ölçülendirilmesi açısından önemli olan “transient çalışma”dır. Burada motorun “Start” ve “Shut-Down” edilmesi doğrudan yakıt pompasına yakıt temini kumanda edilerek mümkün olur.

Yakıt kontrol ünitesi motorda genellikle yakıt pompası üzerine monte edilir. Turbofan motorların birçoğunda FCU hidromekanik çalışan bir parçadır. Hidromekanik FCU’da tüm kontroller ve kumandalar, akışkan basınçlı ve mekanik komponentler vasıtası ile olur. FCU için “main engine control” veya “fuel flow regulator” gibi farklı isimler kullanılabilir. FCU üzerinde ona bağlı olan birçok boru ve push-pull cable vardır. Bunlarla birçok sinyal iletimini sağlar ve tüm bu sinyaller, yakıt, hava veya mekanik kaynaklıdır. FCU’nun yapısını, fonksiyonlarına göre kısımlara ayırmak uygun olacaktır (Şekil 1.7).

- Yakıt ölçülendirme bölümü (fuel metering)
- Hesaplama bölümü (computing)
 - Governing- güç kontrolü (power control)
 - Limiting- motoru koruma (engin protection)



Şekil 1.7: FCU'nun bölümleri

Çalışan parçaları birbirinden bağımsız olmayan FCU bölümlerinin görevleri aşağıdaki gibidir:

- **Metering:** Yakıt nozullarına gerekli yakıtı göndererek ihtiyaç fazlası yakıtı pompaya geri gönderir.
- **Governing:** Seçilen gücü kontrol eder.
- **Limiting:** Motorun daima emniyet limitleri içinde çalışmasını sağlar. "governing" in fonksiyonlarını izler.

1.2.5.1. Yakıt Ölçülendirme Bölümü (Fuel Metering)

FCU'nun metering kısmında; fuel metering valve, by-pass valve ve HP shutoff valve olmak üzere üç ana parçası vardır.

Fuel metering valve; yanma odasına gidecek olan yakıt akışını kontrol eder. Hareket eden bir actuator vardır. Valf, açma basınç sinyalini "limitleme" bölümünden alır.

By-pass & differential pressure valve; yanma için gerekli olan haricî fazla yakıtın, yakıt pompasına geri dönmesini sağlar. Baypas valfin diğer bir görevi de "fuel metering valve" in önünde ve arkasında oluşan yakıt basınçları arasındaki farkı sürekli aynı değerde tutmaya çalışmaktır (differential pressure valve). Valfin hareketlerini de yönlendiren basınç bu basınçtır.

HP fuel shut off valve; mekanik veya elektrik kumandalıdır. Açık veya kapalı olduğunu doğrudan gösteren bir indikasyonu yoktur. Ancak “fuel flow“ ve “fuel used“ indikasyonları valfin konumu hakkında pilota bilgi verir. Mekanik kumandalı HP valf, eski uçaklarda bulunur. Daha ağır fakat daha güvenlidir. Genellikle daha fazla ayar gerektirir. Elektrikli tip valf, modern uçaklarda en çok kullanılan tiptir. Valf, yakıt kontrol ünitesi içinde, yakıt ölçülendirme (fuel metering) valfi arkasında yer alır. Motor veya selonoid kumandalıdır. Mekanik tipe benzeyen bir yapısı vardır.

1.2.5.2. Kumanda Bölümü (Governing Section)

Fuel metering valve'nin hareketini kontrol eder. Ana komponenti “fly weight governer”dır.

Governor, motor dişli kutusundan alınan mekanik tahrikle döner. Ayrıca “speed setting lever” vasıtasıyla “power lever”dan giriş sinyali alınır. Kokpitteki gaz kolu (thrust lever) “Idle”da iken, FCU üzerindeki power lever “mid” konumunda bulunur. Power lever; fwd thrust için saat yönünün tersi yönde, reverse thrust için ise saat yönünde hareket eder.

Sistemin çalışması: Governer içinde bir “pilot valve” vardır. Bu valve, fuel metering valve’i açıp kapayan servo yakıtı kontrol eder. Motor hızı arttıkça governor devri de artar. Bu durumda üzerindeki karşı ağırlıkların (fly weights) santrifüj etkisi de artmaya başlar. Bir an gelir ki santrifüj kuvvet, pilot valve’yi hareket ettiren yay kuvveti yener ve valve’yi ters yönde hareket ettirerek “nötr” konuma getirir. Yani fuel metering valve’yi kontrol eden servo yakıt akışı kesilir ve valve nötr konumunda kalır. “Overspeed “ durumunda daha da artan santrifüj kuvvetler nedeniyle pilot valve aksi yöndeki hareketine devam edecektir.

Pilot valve “nötr” konumunda kaybettiği için fuel metering valve’yi kontrol eden servo yakıt basıncında düşme meydana geleceğinden fuel metering valve biraz kapanacaktır. Artık motor hızı düşeceğinden karşı ağırlıkların santrifüj etkisi azalacak ve pilot valve tekrar “nötr” konuma dönecektir.

1.2.5.3. Limitleme Bölümü (Limiting Section)

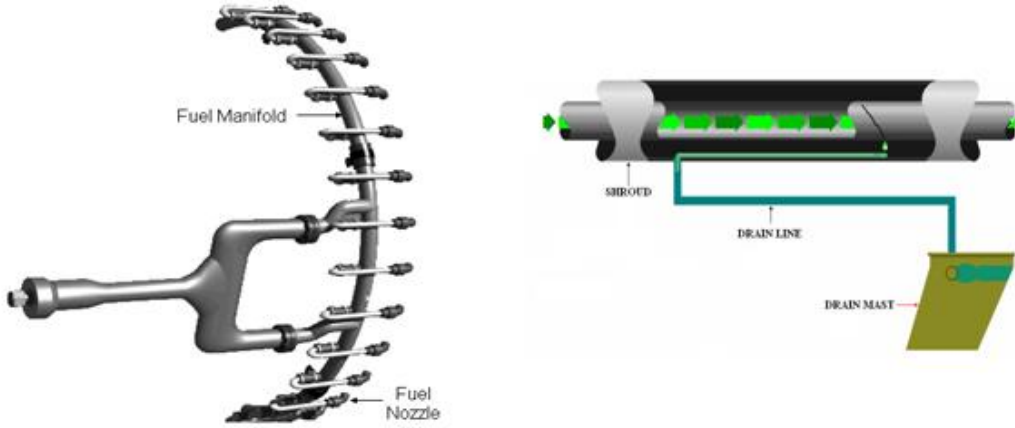
“Fly weight governer”ın önemli bir dezavantajı vardır. Gerçek hızın istenen hızdan çok farklı olması gibi durumlarla karşı karşıya kalındığından emniyetli yakıt akışı sağlamada yetersiz kalabilir. Böyle bir durumda governor’daki karşı ağırlıklar (fly weight) ve yay kuvvetleri arasındaki denge bozulur ve bunun sonucunda yakıt ölçülendirme valfi “tam açık” veya tam kapalı konuma gider.

FCU içinde, bu gibi durumlarda governor’a etki ederek ölçülendirme valfinin hareketini kısıtlayacak bir “limiting bölümü” vardır. Limiting bölümü, motorun çalışma limitlerini aşmasını sağlar (stall, overboost, flame out, overtemperature). Bu bölümün ana parçaları; limitleyici pilot valf, 3D kam, CDP kam ve mekanik kontrol çubuğudur.

1.2.6. Yakıt Manifoldları (Fuel Manifolds)

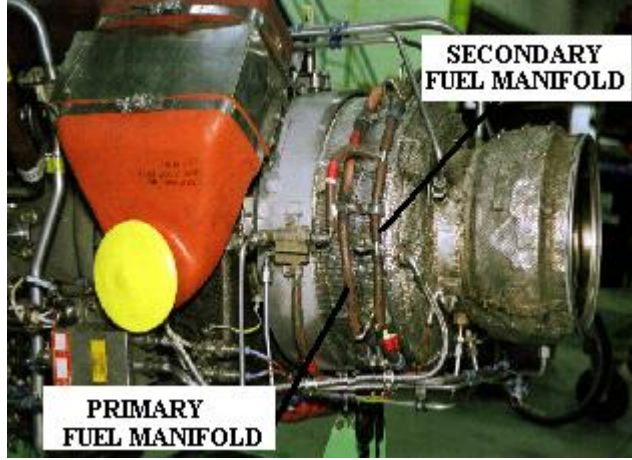
Yakıt, yakıt kontrol ünitesinden (FCU-Fuel Control Unit) yakıt manifolduna, yakıt temin hattı (fuel supply line) ile gelir. Manifold, yakıtı her bir yakıt nozuluna dağıtır. Yakıt temin hattı ve manifoldlarda taşınan yakıt çok yüksek basınçlıdır. Bu hatlar, motorda sıcak bölge üzerinde olduğundan herhangi bir yakıt kaçağı meydana geldiğinde yangın riski çok fazladır. Bunu önlemek için bu hattaki borularda “shroud” donanımı kullanılır. Özellikle kritik bağlantı noktaları olan boru-boru ve boru-yakıt nozulu bağlantıları shroud’larla çevrelenmiştir.

Bu bölgelerde meydana gelen yakıt kaçaqları, çevreye yayılmadan, dışarıya sızdırmazlığı sağlanmış shroud’lar içinde toplanır ve oradan da “drain mast”a gönderilir. Şekil 1.8’de yakıt manifoldu ve shroud donanımı görülmektedir.



Şekil 1.8: Yakıt manifoldu ve drain masti

Eski tip motorlarda tüm yakıt hatları ve yakıt manifoldlarında shroud kullanılmıştır. Yine bazı eski tip motorlarda, 2 adet yakıt temin hattı ve 2 adet yakıt manifoldu vardır. Bunun nedeni, bu motorların yanma odalarında primer ve sekonder olarak iki farklı yakıt nozulu kullanılmış olmasıdır. Dolayısıyla sistemde primer nozullarla yakıt gönderen bir “primer manifoldu” ve sekonder nozullarla yakıt gönderen bir “sekonder manifold” bulunur. Resim 1.6’da görülen ikili manifold sistemi artık sadece bazı APU’larda kullanılmaktadır.



Resim 1.6: Eski tip motorlarda kullanılan ikili manifold

1.2.7. Yakıt Nozulları (Fuel Nozzles)

Yakıt kontrol ünitesinde (FCU) ölçülendirilmiş yakıtı yanma odasına gönderir. Ana fonksiyonu yakıtı atomize hâle getirmektedir. Bu şekilde buharlaşan yakıtın çok çabuk yanması sağlanmış olur. Yakıtın atomize olması, sıvı hâldeki yakıt akışının, milyonlarca sayıda mikroskobik büyüklükteki zerreciklere bölünmesi olayıdır. Yakıtı atomize etme yöntemlerine göre yakıt püskürtmeli nozul (fuel spray nozzle) ve hava püskürtmeli nozul (air spray nozzle) olmak üzere iki farklı nozul tipi vardır.

1.2.7.1. Yakıt Püskürtmeli Nozul (Fuel Spray Nozzle)

Gaz türbin motorlarında en çok kullanılan tiptir. Yüksek basınçlı yakıt, nozul içindeki küçük bir orifisten geçirilir. Çıkış hızı artan yakıt, çok küçük zerreciklere bölünür. Bu tip nozulların en basit grubu tek akışlı olanlarıdır. Tek akışlı nozul (simplex nozzle) ve çift akışlı nozul (duplex nozzle) adı verilen iki çeşiti vardır.

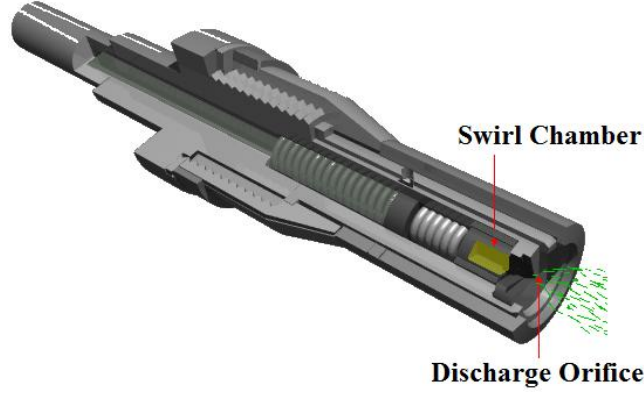
Tek akışlı nozulda; manifolddan gelen yakıt, nozul çıkışındaki orifise gelmeden önce “swirl” denilen ve akışa bir tür dönü hareketi kazandıran bir yapıdan geçer. Yakıt bu bölgede çevrintili bir akış hâlini alır ve atomize olabilme karakteri iyileşir. Yakıtın iyi atomize olmasında çevrinti oranı ve yakıt basıncının çok büyük önemi vardır. Ancak tek akışlı nozulun bu noktada bir dezavantajı ortaya çıkar.

Bu tip bir nozul, sadece kısa bir akış aralığında yakıtın iyi atomize olmasını sağlar. Yani, ilk hareket sırasında akışa bu özelliği sağlayacak şekilde küçük çıkış orifisli olarak imal edilmiş bir nozul “take off” gücünde yeterli yakıt çıkışı sağlayamaz ya da tersine, yakıtı yüksek akışta iyi atomize olma özelliği kazandıran daha geniş orifisli bir simpleks nozuldan, düşük hızlarda aynı verim alınmaz. Motorlarda geniş bir akış aralığında iyi bir atomizasyon sağlanabilmesi için tek akışlı 2 set nozula ihtiyaç vardır.

- Küçük orifisli primer yakıt nozulları: Motorun startından, yaklaşık IDLE (relanti) devrine ulaşına kadarki periyotta devrededir.

- Daha büyük orifisli sekonder yakıt nozulları: Motorun hızlanma ve maksimum güce kadar olan çalışma periyotlarında devreye girer.

Primer ve sekonder nozullarla yakıt temini, genellikle ayrı ayrı manifoldlardan olur. Şekil 1.9’da tek akışlı nozulun yapısı görülmektedir.

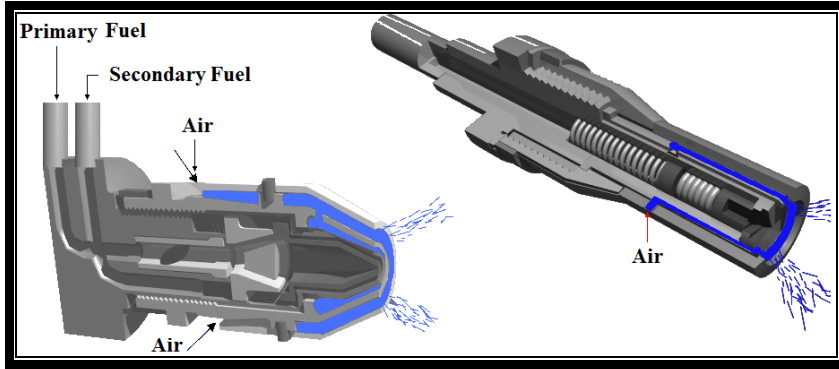


Şekil 1.9: Tek akışlı nozul

Modern motorlarda simpleks nozullar pek kullanılmaz. Bunun yerine çift akışlı “duplex” yakıt nozulları kullanılır. Duplex nozul, yukarıda açıklanan 2 farklı nozulun birleşimi olan bir yapıya sahiptir. Nozulda iki ayrı çıkış orifisi ve yakıt hattı bulunur. Küçük çaplı primer orifis nozul merkezindedir. Daha büyük olan sekonder orifis ise primer orifisi konsantrik olarak çevreler. Nozulda, düşük yakıt basınçlarında sekonder akışa yol vermeyecek şekilde akışı kontrol eden bir akış bölücü valf (flow divider valve) bulunur. Şekil 1.10’da çift akışlı nozullar görülmektedir. Motor hızının artmasıyla artan yakıt basıncı valfi açar. Motor hızı azaldığında yakıt basıncı da düşeceğinden valf kapanır. Bazı eski motorlarda ve APU’larda bu valf, sistemde primer ve sekonder manifoldlara yakıt sağlayan ayrı bir parça olarak bulunurdu.

Her iki tip yakıt nozulunda da, nozul ağzında “outer shell”in içinden geçip yanma odasına giren bir hava akışı vardır. Bu akış, motor “shut down” olduğunda nozul ağzında kalan yakıtı üfleyerek uzaklaştırır. Bu şekilde orifis bölgesinde karbon oluşumu önlenir.

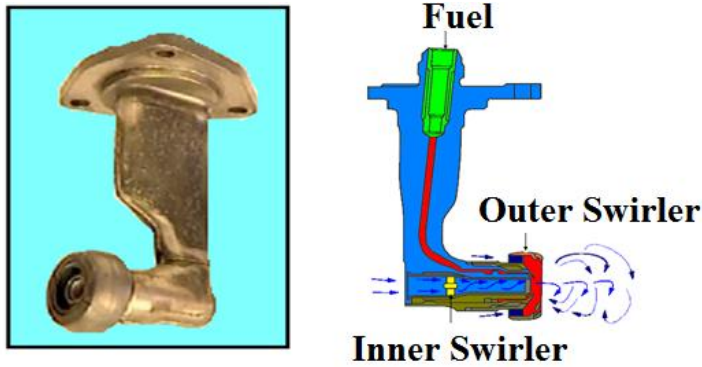
Karbon oluşumunu önlemenin diğer bir yolu da nozulda “check valve” kullanmaktır. Motorda “HP fuel shut off valve” kapatıldıktan sonra yakıt basıncı azalacağından “check valve” kapanır. Bu şekilde yakıtın kendi ağırlığı nedeniyle yanma odasına girmesi önlenmiş olur.



Şekil 1.10: Çift akışlı nozul

1.2.7.2. Hava Püskürtmeli Nozul (Air Spray Nozzle)

Nozulda yakıtın atomize hâle gelmesi hava yardımı ile olur. Yakıt püskürtmeli nozuldaki yüksek hızlı yakıtın yerini burada yüksek hızda hava almıştır. Şekil 1.11’de görülmekte olan hava püskürtmeli nozulda düşük yakıt akışlarında daha iyi atomizasyon sağlamak mümkündür. Ancak daima yüksek hava akışına ihtiyaç vardır. Hava nozula, merkezinde “iç akış” ve outer shell’den “dış akış” girer. İç akış daha fazladır ve iç swirler’den geçerken dönü hareketi kazanarak nozul ağzında yakıtı karıştırır. Bu işlem nozul çıkışında yakıtın çok düşük zerreciklere bölünmesini sağlar. Bu tip nozullarda, motorun tüm çalışma rejimlerinde istenen yakıt temini mümkün olduğundan daima tek akışlı olarak imal edilir. Nozul ağzında karbon formasyonunu önleyecek hava akışı bu nozullarda da mevcuttur.

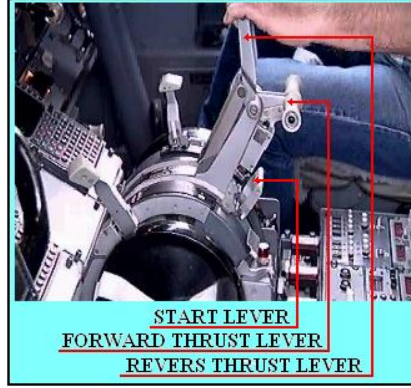


Şekil 1.11: Hava püskürtmeli nozul

1.3. Motor Kumanda Sistemleri

Bir uçak motorunun uygun çalışması için gerekli tüm kumandalardır. Ana motor kumandaları; Resim 1.7’de görüldüğü gibi “motor start kumandaları”, “forward thrust kumandaları”, “reverse thrust kumandaları”dır. Modern uçaklarda genellikle benzer motor kumandaları bulunur. Buna göre kokpit içinde;

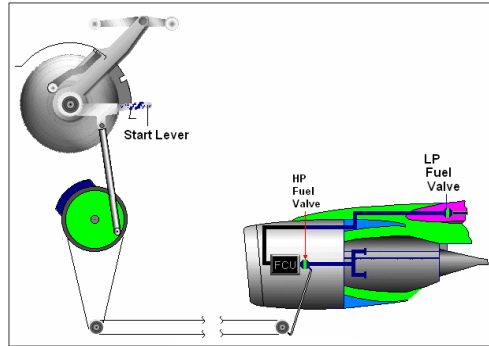
- Motor startı için motor start paneli üzerinde bir “master switch” vardır.
- Gerekli thrust’ın set edilmesi için “kumanda lövyeleri” vardır.
- Reverse thrust alınması için kumanda lövyeleri ile birlikte kullanılan “reverse thrust lövyeleri” vardır.



Resim 1.7: Motor kumanda kolları

1.3.1. Start Kumandaları

Motorun ilk hareketinde ateşlemeyi başlatan ve yakıtı yol veren kumandalardır. Şekil 1.12’de şeması verilmiştir. Yanma odasına yakıt temini için motor start lövyesi (ON) konumuna getirilir. “LP fuel shut off valve” ve “HP fuel shut off valve” üzerinden yakıt sağlanır. Ateşleme sistemi aktif (Ignition ON) hâle gelir.



Şekil 1.12: Motor start kumanda şeması

1.3.2. Fwd Thrust Kumandaları

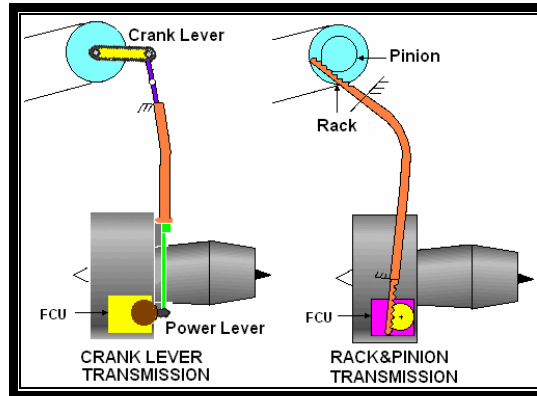
Motorda, hızlanma (acceleration) ve hız azaltma (deceleration) sağlar. Motorun durdurulması (shut down) için kullanılmaz. Mekanik ve elektrikle kumanda edilirler.

1.3.2.1. Mekanik Fwd Thrust Kumandaları

Fwd thrust lövyesi sinyalleri, yakıt kontrol ünitesine iletilir. Sistemde bu köprüyü sağlayan elemanlar genellikle aşağıdaki gibidir:

- Kontrol rodları
- Kablolar
- Drum ve makaralar
- Fleksible kumanda elemanları (push – pull kablosu vb.)

Fwd thrust lövyesi, “throttle” olarak da adlandırılır. Merkez pedestal üzerinde bulunur. Her bir motor için ayrıdır. FCU’ya pilotun ne kadar thrust istediği bilgisini verir. Motor thrust’ını “idle” ve “take off” arasında kontrol eder. Lövyenin ana pozisyonları “idle” ve “take off”dur. Kumanda sisteminde, pylondaki drum ve FCU üzerindeki güç kolu (power lever) arasındaki hareket iletimi, mekanizma olarak krank kolu (crank lever) veya pinyon&kremayer dişlileri (rack & pinion) modelinde ise kremayerin doğrusal hareketi pinyon tarafından dairesel harekete çevrilir (Şekil 1.13).



Şekil 1.13: Krank kolu ve kremayer-pinyon dişli ile hareket iletimi

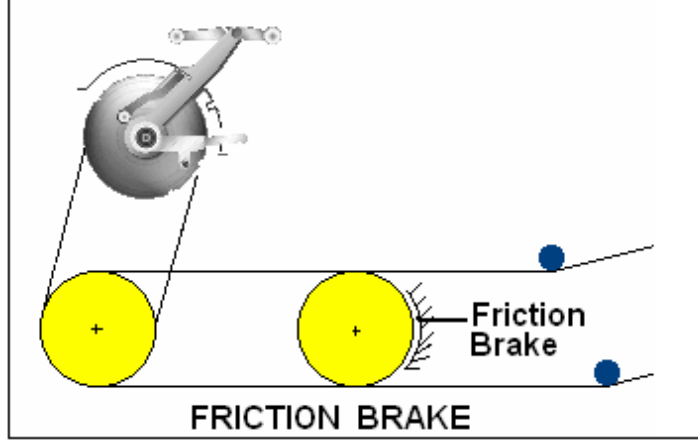
Uçak üzerinde uçuş kabini ve motor arasında, sistemin yapılandığı alan çok geniştir. Bu nedenle sistemde ayar yapmak veya arıza aramak söz konusu olduğunda sistemi genellikle iki gruba ayırmak gerekir:

- Kokpit ve pylon arasındaki elemanlar
- Pylon ve yakıt kontrol ünitesi arasındaki elemanlar

Sistemde ayar işleminin son aşamasında rigging denir. Kumanda kabloları ve rodlar üzerinde rigging noktaları vardır. Ayar sırasında sistem elemanlarına bu noktalardan rig pimi takılarak kumandaların nötr konumlarını muhafaza etmeleri sağlanır.

- **Sürtünme freni (friction brake):** Kumanda kollarının hareketinin sarsıntılarında etkilenecek şekilde çok serbest olmaması ve diğer yandan da pilotun kontrolü zorlaştıracak kadar sert veya sıkı olmaması gerekir. Bu amaçla motor kumanda sisteminde, sürtünme frenleri kullanılır. Sürtünme frenleri

belirli bir değerde bir i sürtünme oluşturarak thrust kumanda kollarının seçilen pozisyonda kalmasını sağlar. Sistemde ayrı bir parça veya autothrottle mekanizmasının bir parçası olarak bulunur. Kolayca ayarlanabilir. Şekil 1.14'te sürtünme freninin çalışması gösterilmiştir.



Şekil 1.14: Sürtünme freni

- **Microswitchler:** Merkez pedalı altında bulunur. Thrust kumanda lövyeleri tarafından aktif hâle getirilir. Lvye pozisyonuna bağlı, çeşitli ikaz ve kumandaları sağlar.
- **Autothrottle servo mekanizması:** Oto pilot bilgisayarından aldığı sinyallerle thrust kumandalarını ve mekanik transmisyon parçalarını hareket ettirir. Bunu sağlayan bir elektrik servo motoru vardır. Motor gücünü set edilen değerlere getirir. Autothrottle servo motoru, mekanik kumanda sisteminden ayıran (disconnect) bir kavrama (coupling unit) vardır.

1.3.2.2. Elektrikli Fwd Thrust Kumandaları

Thrust istek sinyali, kumanda lvyesinden motora elektrik sinyalleri ile iletilir. Emniyet için her bir kumanda lvyesinden, motor zerindeki (ECU) “Electronic Control Unit”e 2 ayrı thrust kontrol sinyali gider. Resim 1.8’de elektrikli fwd thrust kumanda kolu gösterilmiştir.

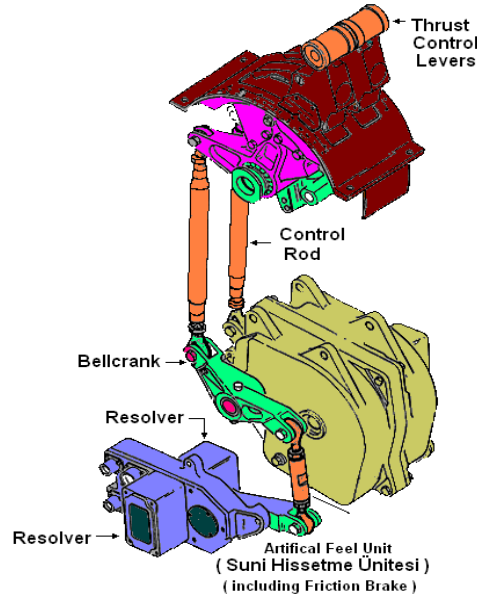
Fwd thrust lövyesi, mekanik sistemdekine benzer ve çoğunlukla kumanda “stand”ı altında mekanik kollara (linkage) bağlanmıştır.

Lövyenin hareketi, kumanda rod’ları ve bellcrank’lar ile resolver’lere iletilir. Her bir thrust lövyesi için 2 resolver vardır. Elektriki komponent olan resolver, lövyenin açısal sapmasına, voltaj sinyaline çevirir.



Resim 1.8. Elektrikli fwd thrust kumanda kolu

Sistemin az sayıda mekanik parça ihtiva etmesi nedeniyle kumanda lövyelerinin hareketleri sırasında çok küçük dirençlerle karşılaşılır. Mekanizmanın bu kadar serbest hareket etmesi, gerek sistemin stabilitesi ve gerekse pilot açısından istenmeyen bir durumdur. Bu amaçla sisteme, mekanik transmisyonunda daha yüksek bir direnç oluşturacak “artificial feel” mekanizması eklenmiştir. Şekil 1.15 bütün mekanizma gösterilmiştir. Fwd thrust lövyesini “idle“ ve “full fwd thrust“ arasındaki tüm pozisyonlarını set etmek mümkündür.



Şekil 1.15: Elektrikli fwd thrust kumandasında suni hissedici (artificial feel unit)

1.3.3. Reverse Thrust Kumandaları

Reverse thrust kumandalarının üç görevi vardır.

- Thrust reverser’i aktif hâle getirmek
- Motor takatini artırmak

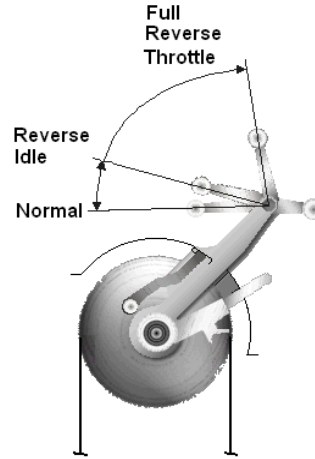
- Reverse thrust bloke etmek (reverser'in kapalı konumda açık konuma geçiş sürecinde)

Reverse thrust lövyesi, fwd thrust lövyesi üzerinde yer alır. Her bir fonksiyonuna karşılık olmak üzere üç pozisyon vardır:

- **NORMAL** - Bu konumda reverser kapalıdır.
- **REVERSE IDLE** -Bu konumda reverser aktif hâle gelir ve açılmaya başlar. Reverser tamamen açılana kadar lövyenin bu konumda bloke olmasını sağlayan “throttle interlock” mekanizması vardır.
- **FULL REVERSE THROTTLE** - Lövyeye bu konuma getirildiğinde motor takati artar. Reverse thrust kumandaları forward thrust kumandaları gibi hem mekanik hem de elektrikle kumanda edilir.

1.3.3.1. Mekanik Reverse Thrust Kumandaları

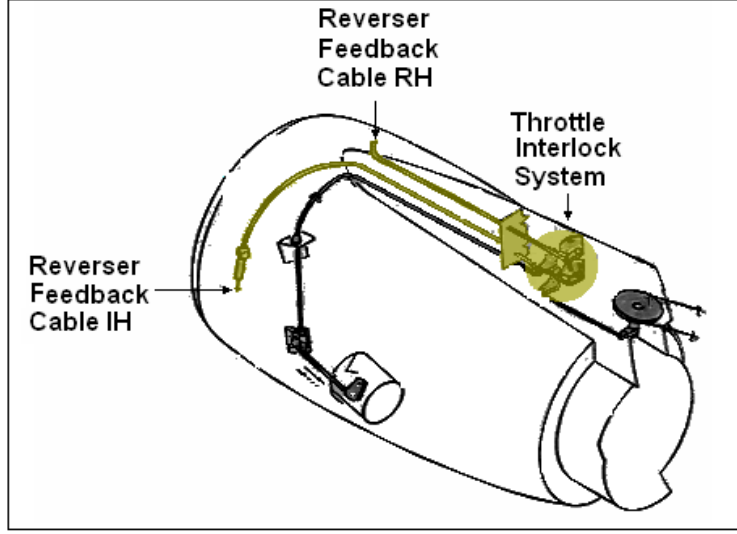
Sadece reverse sistemi içinde yer alan “throttle interlock sistemi“ elemanları ağırlıklı olarak motor pylon’u üzerinde bulunur. Şekil 1.16’da reverse thrust kumandası lövyeye pozisyonları gösterilmiştir. Motor üzerindeki thrust reverser ile thrust kumandaları arasında kontrolü sağlayan mekanik bir feedback sistemi vardır.



Şekil 1.16: Reverse thrust kumandası lövyeye pozisyonları

- **Thrust lever kilit (lock) sistemi:** Daha önce, fwd thrust ve reverse thrust kumanda sinyallerinin sistemde mevcut drum’ı ve dolayısıyla FCU üzerindeki power lever’ı birbirlerine göre ters yönde hareket ettirdikleri söz konusu olmuştu. Uygulamada böyle bir durum gerçekleştiğinde yani fwd ve reverse thrust lövyelerinde aynı anda kumanda verildiğinde doğal olarak her iki sinyalin birbirine negatif etkisi nedeniyle bileşke sinyal (power lever’ın gerçek hareketi), istenenden daima daha küçük olacaktır. Uçaklarda bu oluşumu (her iki lövyenin de aynı anda aktive edilmesini) önleyen “lever kilit (lock) sistemi” mevcuttur. Şekil 1.17’de lever kilit sistemi gösterilmiştir. Çoğunlukla mekanik olan bu sistemin uçaklarda kullanılan farklı uygulamaları vardır. Prensipte olarak fwd

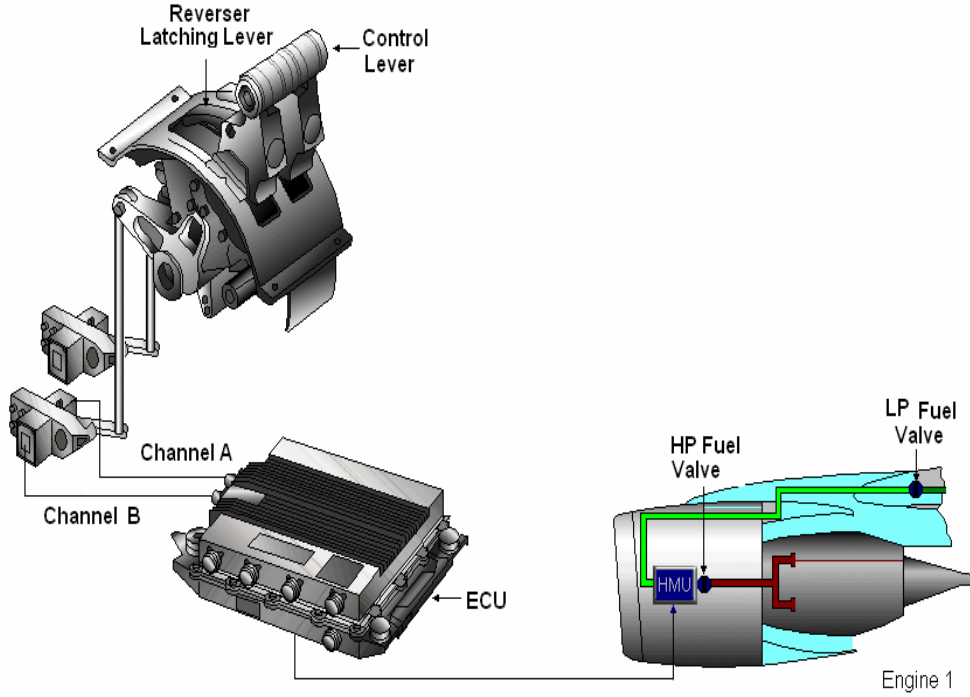
thrust lever'in "idle" dışındaki konumlarında reverse lever kilitlenir. Reverse thrust lever çekildiğinde ise bu kez fwd lever kilitlenir.



Şekil 1.17: Thrust lever kilit (lock) sistemi

1.3.3.2. Elektrikli Reverse Thrust Kumandaları

Mekanik sisteme benzer, pedestal mekanik komponentler, reverse thrust lövyesi hareketini resolver'lere iletir. Resolver mekanik sinyali, voltaj sinyaline çevirerek ECU'ya iletir. Sistem çoğu zaman mekanik sistemdekine benzer "lever lock" ve "throttle inter lock" sistemlerine sahiptir.



Şekil 1.18: Elektrikli reverse thrust kumandaları

1.4. Yakıt Akış Gösterge Sistemi

Yakıt akış gösterge sistemi pilota iki farklı bilginin verilmesini sağlar. Bunlar:

- Motora gelen gerçek yakıt akışını veren akışmetre (kilogram/saat veya ton/saat)
- Motor startından itibaren kullanılmış yakıtı veren göstergeler (kilogram veya ton)

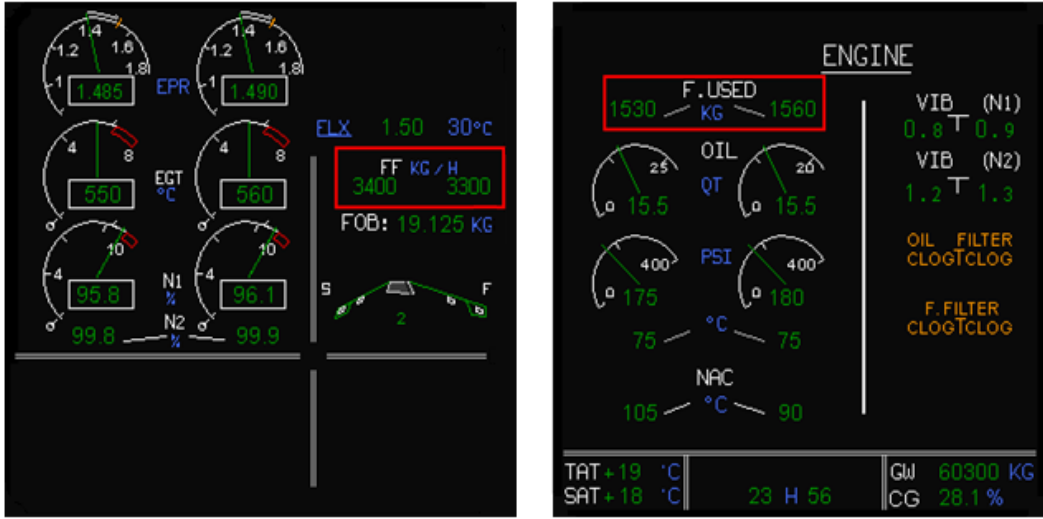
1.4.1. Gerçek Yakıt Akışı (Akışmetre-Fuel Flow)

Motorun performansı ve ne ölçüde ekonomik çalıştığı izlenir. Bir uçakta motorlar genellikle aynı takata set edildiklerinden indikatörlerin buna paralel olarak aynı değerleri göstermesi gerekir (Şekil 1.19).

1.4.2. Kullanılmış Yakıt Göstergesi (Fuel Used)

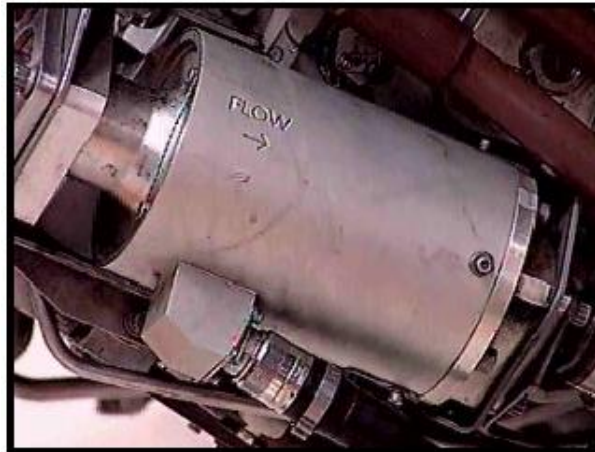
Bu gösterge, yerde yapılan en son motor startından itibaren, motorun yaktığı yakıt miktarını gösterir (Şekil 1.19). Bir anlamda uçağın farklı motorlarının performanslarının kıyaslanmasını sağlar. Bu gösterge, pilotun uçakta mevcut gerçek yakıt miktarını hesaplamasını da sağlar.

Gerçek Yakıt Miktarı = Kalkıştan Önceki Yakıt Miktarı – Kullanılmış Yakıt



Şekil 1.19: Yakıt akış durum göstergeleri

Uçak yerde iken, “engine master switch” ON yapıldığında kullanılan yakıt değeri sıfırlanır. Motorda her iki indikasyonu sağlayan bir yakıt akış vericisi (transmitter) bulunur. Yakıt kontrol ünitesi ile yakıt nozulları arasında bulunan verici yakıt akış kütlelerini ölçer Resim 1.9’da verici gösterilmiştir.



Resim 1.9: Yakıt akış vericisi

UYGULAMA FAALİYETİ

Motor yakıt sistemi (yüksek basınç yakıt sistemi) elemanlarını sökerek bakımını yapıp takınız.

İşlem Basamakları	Öneriler
<ul style="list-style-type: none">➤ Uçak etrafında gerekli emniyet tedbirlerini alınız.➤ Bakımı yapılacak uçağın AMM (Aircraft Maintenance Manuel) ATA Chapter-73'e göre motor yüksek basınç yakıt sisteminin parçalarını sökünüz.➤ Bakımı yapılacak uçağın AMM (Aircraft Maintenance Manuel) ATA Chapter-73'e göre motor yüksek basınç yakıt sisteminin parçalarının bakımını yapınız.➤ AMM (Aircraft Maintenance Manuel) ATA Chapter-73'e göre motor yüksek basınç yakıt sisteminin parçalarını uçağa takınız.	<ul style="list-style-type: none">➤ Uçağın statik elektrik bağlantısı yapılmalıdır. Yakıt deposu topraklama kablosu, uçağa ilk önce bağlanmalı ve en son sökülmalıdır.➤ Bakım anında APU veya motor çalıştırılmamalıdır.➤ Bakım sırasında yangın söndürücüler bulunmalıdır.➤ Sigara içilmemelidir. Kibrit ve yanıcı maddeler elbise üzerinde taşınmamalıdır.➤ Radyo, radar ve elektrik kumanda switch'leri açılmamalıdır.➤ İkmalden önce yakıt cinsi ve su kontrolleri yapılmalıdır.➤ Sistemin basınçsız olduğu kontrol edilmelidir.➤ Bakım esnasında yakıt yere veya çevreye dökülmemelidir.➤ Bakım yapıldığına dair uçağın 15 m uzağına işaretler veya barikat konmalıdır.➤ Sökülen parçalar özel kutularda taşınmalıdır.➤ AMM (Aircraft Maintenance Manuel) ATA Chapter-28'e mutlaka uyulmalıdır.➤ Oksijen sistemine yakın yerde kontrol yapılmamalıdır.

KONTROL LİSTESİ

Bu faaliyet kapsamında aşağıda listelenen davranışlardan kazandığınız beceriler için **Evet**, kazanamadığınız beceriler için **Hayır** kutucuğuna (X) işareti koyarak kendinizi değerlendiriniz.

Değerlendirme Ölçütleri	Evet	Hayır
1. Uçak etrafında gerekli emniyet tedbirlerini aldınız mı?		
2. Bakımı yapılacak uçağın AMM (Aircraft Maintenance Manuel) ATA Chapter-73'e göre motor yüksek basınç yakıt sisteminin parçalarını söktünüz mü?		
3. Bakımı yapılacak uçağın AMM (Aircraft Maintenance Manuel)ATA Chapter-73'e göre motor yüksek basınç yakıt sistemi parçalarının bakımını yaptınız mı?		
4. AMM (Aircraft Maintenance Manuel) ATA Chapter-73'e göre motor yüksek basınç yakıt sistemi parçalarının uçağa taktınız mı?		

DEĞERLENDİRME

Değerlendirme sonunda “Hayır” şeklindeki cevaplarınızı bir daha gözden geçiriniz. Kendinizi yeterli görmüyorsanız öğrenme faaliyetini tekrar ediniz. Bütün cevaplarınız “Evet” ise “Ölçme ve Değerlendirme”ye geçiniz.

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

Aşağıdaki soruları dikkatlice okuyunuz ve doğru seçeneği işaretleyiniz.

- Alçak basınç yakıt pompası (LP Pump) yakıt deposundan gelen yakıtı kaç PSI ile basar?
A) 50 PSI
B) 175 PSI
C) 600 PSI
D) 900 PSI
- Yüksek basınç yakıt pompaları hangi tipte olmaz?
A) Dişli tip
B) İçten dişli tip
C) Çok pistonlu tip
D) İmpeller tip
- Alçak basınç yakıt pompasından çıkan basınçlı yakıt aşağıdaki elemanlardan hangisi ile ısıtılır?
A) Motor yağ soğutucusu
B) Motordaki sıcak hava
C) Servo yakıt ısıtıcısı
D) IDG yağ soğutucusu
- Motor yağ soğutucuna gelen yakıt daha sonra hangi parçaya gider?
A) LP Pompa
B) HP Pompa
C) FCU
D) Yakıt filtresi
- Aşağıdaki çalışma durumlarından hangisi “steady state” kategorisinde yer alır?
A) Idle
B) Starting
C) Acceleration
D) Shut Down
- Aşağıdaki bölümlerden hangisi FCU (Fuel Control Unit)’de yer almaz?
A) Metering
B) Governing
C) Defueling
D) Limiting
- Aşağıdaki parçalardan hangisi yakıt ölçülendirme bölümünde yer alır?
A) Sump drain valve
B) HP check valve
C) LP shut off valve
D) HP shut off valve
- Yakıt manifoldlarında “shroud”un kullanılma sebebi nedir?
A) Yakıtı ısıtmak
B) Yakıtı yön vermek
C) Yakıtı temizlemek
D) Kaçak yakıtları toplamak
- Motorda hızlanma ve yavaşlama durumlarını sağlayan motor kumandasını sağlayan kumanda aşağıdakilerden hangisidir?
A) Motor start kumandası
B) Forward thrust kumandası
C) Reverse thrust kumandası
D) Hiçbiri
- Saatteki yakıt tüketimini kg cinsinden ölçen gösterge aşağıdakilerden hangisidir?
A) Akışmetre
B) Kullanılmış yakıt göstergesi
C) Yakıt miktar göstergesi
D) Yakıt sıcaklık göstergesi

DEĞERLENDİRME

Cevaplarınızı cevap anahtarıyla karşılaştırınız. Yanlış cevap verdiğiniz ya da cevap verirken tereddüt ettiğiniz sorularla ilgili konuları faaliyete geri dönerek tekrarlayınız. Cevaplarınızın tümü doğru ise bir sonraki öğrenme faaliyetine geçiniz.

ÖĞRENME FAALİYETİ-2

AMAÇ

AMM (Aircraft Maintenance Manuel)ATA Chapter-73’de belirtildiği şekilde elektronik motor kontrol ünitesi FADEC’i hatasız olarak kontrol edebileceksiniz.

ARAŞTIRMA

- Uçak FADEC sistemini araştırınız. Yaptığınız araştırmayı rapor hâline getiriniz. Hazırladığınız raporu sınıftaki arkadaşlarınızla sunu yaparak paylaşınız.
- Mikroişlemciler ve sensörler hakkında araştırma yapınız. Yaptığınız araştırmayı rapor hâline getiriniz. Hazırladığınız raporu sınıftaki arkadaşlarınızla sunu yaparak paylaşınız.

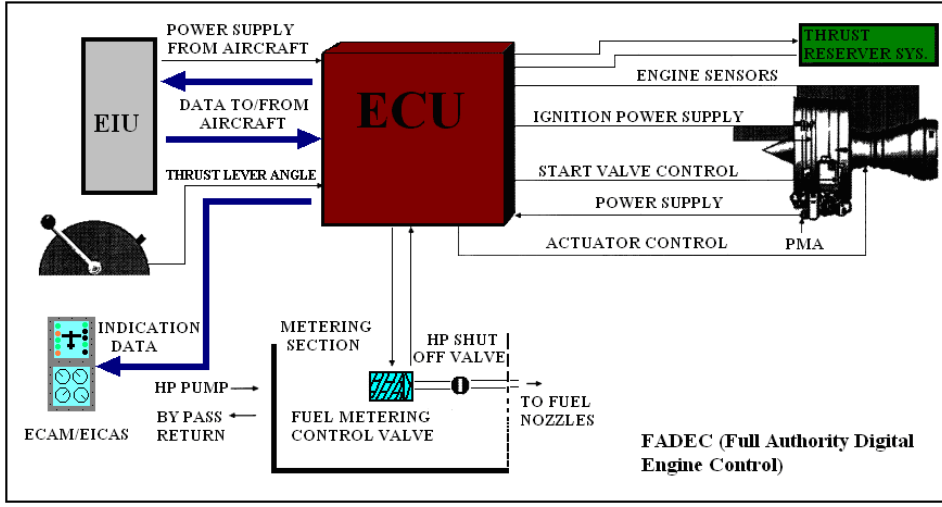
2. FADEC-FULLY AUTHORITY DİGİTAL ENGINE CONTROL

FADEC’in açılımı fully authority digital engine control’dür. Tam donanımlı bağımsız dijital motor kontrol sistemi anlamına gelir ve günümüz modern uçaklarında yerini almış bir elektronik motor kontrol sistemidir.

2.1. Fadec Sisteminin Yapısı

FADEC açılımından da anlaşılacağı gibi motor kontrolünde tamamen sorumlu bir bilgisayardır. Motora kumanda verdikten sonra motorun en ekonomik ve en düzgün şekilde çalışması, motor ömrünü arttırmak için sıcaklık, motor devri ve basınç değerleri gibi parametreleri değerlendirerek uygun değerde yakıtı sağlar. Şekil 2.1’de FADEC’in yapısı gösterilmiştir. FADEC sisteminin yapısında aşağıdaki parçalar vardır.

- ECU (engine control unit)
- FMU (fuel metering unit)
- Motor üzerindeki elektrikli sensörler
- Motordaki diğer alt sistemler



Şekil 2.1: FADEC'in yapısı

2.2. Fadec'in Kısımları

Motor kontrol fonksiyonları üzerindeki bütün yetkiler ECU (electronic control unit)'dedir. Bazı uçaklarda EEC (electronic engine control) gibi isim alır. Resim 2.1'de ECU ve iç devresi görülmektedir. ECU'nun doğru bir şekilde çalışması için aşağıdaki girişler gerekir.

- Thrust lever'den verilecek kumanda
- Motor hızları, hava sıcaklıkları ve basınçları
- Elektrikli güç temini
 - Uçaktan üç fazlı motor jeneratörü
 - Manyetik bir jeneratör (PMA-permanent magnet alternator)
- Yakıt ölçülendirme valfi (fuel metering valve) pozisyonu ile ilgili geri besleme (feedback) sinyali



Resim 2.1: ECU ve içindeki elektronik devreler

FMU (fuel metering unit)'deki yakıt ölçülendirme valfini kontrol edebilmek için ECU'dan talimat alınır. ECU de motor üzerindeki bazı sensörlerden aldığı bilgilerle istenilen değerde yakıtı ölçülendirerek nozullara uygun basınç değerinde gönderilmesini sağlar.

ECU, yakıt ölçülendirme ve limitleri koruma dışında başka görevler de üstlenmiştir:

- Tüm çalışma koşullarında uygun değerde thrust kontrolünü (fuel power management)
- Diğer motor alt sistemlerin kontrolü (kompresör stall önleme sistemi, türbin / kompresör boşluk (klerans) kontrol sistemi, thrust reverser sistemi, motor çalıştırma sistemi, motor indikasyon sistemi)

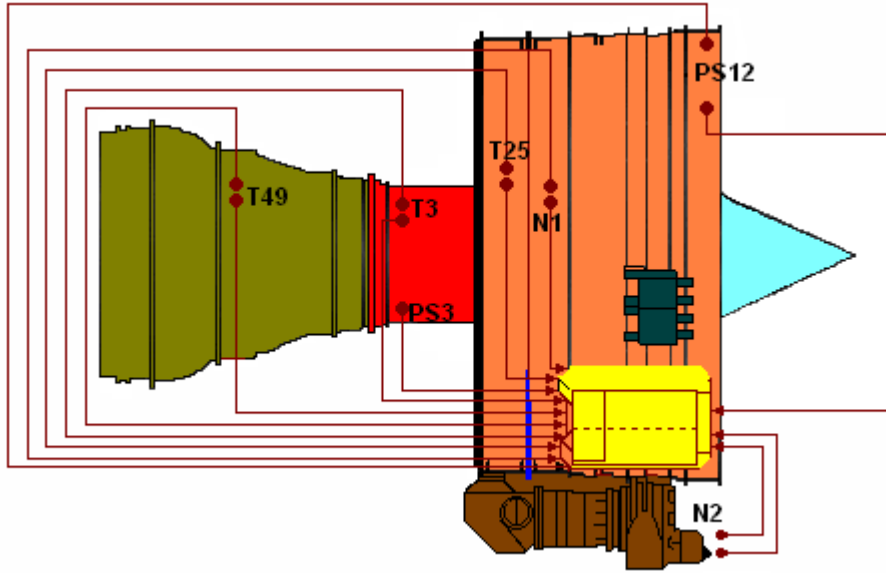
ECU aldığı tüm verilere göre motor çalışmasını ve sistem komponentlerini sürekli izler ve CMCS “Central Maintenance Computer System”e arıza mesajlarını gönderir. Resim 2.2’de CMCS görülmektedir.



Resim 2.2: CMCS (Central Maintenance Computer System)

FADEC’in ikinci parçası FCU üzerinde bulunan FMU yani yakıt ölçülendirme ünitesidir. Bu ünite ECU’dan alınan talimatlara göre istenen değerde yakıtı nozullara gönderir. FCU bazı motorlarda HMU (hidromekanik ünite) olarak da geçer. FADEC’li motorlarda hidromekanik FCU yoktur.

Ayrıca ECU, T12, PS12, P0, N1, N2, PS3, T/P25, T3 ve TC gibi çeşitli motor sensörlerinden basınç, sıcaklık devir gibi bilgileri alarak kompresördeki vanelerin hareketi ile motor için gerekli olan havanın da alınması sağlar.



Şekil 2.2: ECU'ya bilgi veren sensörler

ECU üzerinde birbirinden bağımsız iki bilgisayar bulunmaktadır. Bunlar “Channel A” ve “Channel B” diye isimlendirilir. Her bir kanalı, temel kontrol fonksiyonları için bir mikroişlemci, basınç transducer arabirim fonksiyonları için bir mikrokontrolcü ve ARINC haberleşme fonksiyonu için de yine bir mikrokontrolcü kullanır. Ayrıca bazı uçaklarda EIU (engine interface unit) ünitesi vardır.

FADEC ve uçak arasında iki yönlü veri iletimi sağlanır. Uçaktan ECU'ya olan elektriksel güç teminini kontrol eder. FADEC sistemi ayrıca motor hakkındaki bilgileri Airbus uçaklarında “ECAM”, Boeing uçaklarında “EICAS” adı verilen göstergelere iletir.

UYGULAMA FAALİYETİ

Elektronik motor kontrol ünitesi FADEC'i hatasız olarak kontrol ediniz.

İşlem Basamakları	Öneriler
<ul style="list-style-type: none">➤ Uçak etrafında gerekli emniyet tedbirlerini alınız.➤ AMM (Aircraft Maintenance Manuel) ATA Chapter-73'e göre ECU'yu ve bağlantılarını sökünüz.➤ AMM (Aircraft Maintenance Manuel) ATA Chapter-73'e göre ilgili sensörleri ve bağlantılarını sökünüz.➤ AMM (Aircraft Maintenance Manuel) ATA Chapter-73'e göre ECU ve sensörleri kontrol ediniz.➤ AMM (Aircraft Maintenance Manuel) ATA Chapter-73'e göre ilgili sensörleri ve bağlantılarını takınız.➤ AMM (Aircraft Maintenance Manuel) ATA Chapter-73'e göre ECU'yu ve bağlantılarını takınız.	<ul style="list-style-type: none">➤ Uçağın statik elektrik bağlantısı yapılmalıdır. Yakıt deposu topraklama kablosu, uçağa ilk önce bağlanmalı ve en son sökülmelidir.➤ Bakım için motor mountları açık olmalıdır.➤ Bakım anında APU veya motor çalıştırılmamalıdır.➤ Bakım sırasında yangın söndürücüler bulunmalıdır.➤ Sigara içilmemelidir. Kibrit ve yanıcı maddeler elbise üzerinde taşınmamalıdır.➤ Radyo, radar ve elektrik kumanda switch'leri açılmamalıdır.➤ Bakım esnasında ECU ve sensörlere zarar vermeyiniz.➤ Bakım yapıldığına dair uçağın 15 m uzağına işaretler veya barikat konmalıdır.➤ Sökülen parçalar özel kutularda taşınmalıdır.➤ AMM (Aircraft Maintenance Manuel) ATA Chapter-28'e mutlaka uyulmalıdır.➤ Kıvılcım oluşturabilecek elektrikli aletler, metal takım ve anahtarlar tanker civarında olmamalıdır.

KONTROL LİSTESİ

Bu faaliyet kapsamında aşağıda listelenen davranışlardan kazandığınız beceriler için **Evet**, kazanamadığınız beceriler için **Hayır** kutucuğuna (X) işareti koyarak kendinizi değerlendiriniz.

Değerlendirme Ölçütleri	Evet	Hayır
1. Uçak etrafında gerekli emniyet tedbirlerini aldınız mı?		
2. AMM (Aircraft Maintenance Manuel) ATA Chapter-73'e göre ECU'yu ve bağlantılarını söktünüz mü?		
3. AMM (Aircraft Maintenance Manuel) ATA Chapter-73'e göre ilgili sensörleri ve bağlantılarını söktünüz mü?		
4. AMM (Aircraft Maintenance Manuel) ATA Chapter-73'e göre ECU ve sensörleri kontrol ettiniz mi?		
5. AMM (Aircraft Maintenance Manuel) ATA Chapter-73'e göre ilgili sensörleri ve bağlantılarını taktınız mı?		
6. AMM (Aircraft Maintenance Manuel) ATA Chapter-73'e göre ECU'yu ve bağlantılarını taktınız mı?		

DEĞERLENDİRME

Değerlendirme sonunda “Hayır” şeklindeki cevaplarınızı bir daha gözden geçiriniz. Kendinizi yeterli görmüyorsanız öğrenme faaliyetini tekrar ediniz. Bütün cevaplarınız “Evet” ise “Ölçme ve Değerlendirme”ye geçiniz.

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

Aşağıdaki soruları dikkatlice okuyunuz ve doğru seçeneği işaretleyiniz.

1. Aşağıdakilerden hangisi FADEC sisteminin parçası değildir?
A) ECU (engine control unit)
B) FMU (fuel metering unit)
C) Motor üzerindeki elektrikli sensörler
D) HMU (hidromechanical unit)
2. FADEC'in görevini doğru bir şekilde yapabilmesi için aşağıdaki girişlerden hangisi gereklidir?
A) Hücüm flaplarının açısı
B) Hidrolik basınç değeri
C) Yakıt depolarının sıcaklığı
D) Thrust lever'den verilecek kumanda
3. FADEC sisteminde bulunan PMA- permanent magnet alternator ne amaçla kullanılır?
A) Hidrolik güç
B) Mekanik güç
C) Elektriksel güç
D) Pnömatik güç
4. ECU, motor arıza mesajlarını aşağıdakilerden hangisine gönderir?
A) FADEC
B) CMCS
C) FMU
D) HMU
5. ECU üzerinde birbirinden bağımsız kaç bilgisayar bulunmaktadır?
A) 1
B) 2
C) 3
D) 4

DEĞERLENDİRME

Cevaplarınızı cevap anahtarıyla karşılaştırınız. Yanlış cevap verdiğiniz ya da cevap verirken tereddüt ettiğiniz sorularla ilgili konuları faaliyete geri dönerek tekrarlayınız. Cevaplarınızın tümü doğru "Modül Değerlendirme"ye geçiniz.

MODÜL DEĞERLENDİRME

Aşağıda boş bırakılan parantezlere, cümlelerde verilen bilgiler doğru ise **D**, yanlış ise **Y** yazınız.

1. (...)Motor yakıt sistemi, yüksek basınç sisteminden gelen yakıtın yanma odalarına kadar gönderilmesini sağlar.
2. (...)Pompa üzerinde bulunan “over pressure reilef valve” sistem parçalarını, aşırı basıncın neden olabileceği hasarlardan korur.
3. (...)HP pompadan çıkan yakıt, yakıt kontrol ünitesinin (FCU-fuel control unit) ölçülendirme bölümüne girer.
4. (...)Motor yüksek basınç yakıt sisteminde kullanılan pompalar alçak basınç kademesi (LP fuel pump) ve yüksek basınç kademesi (HP fuel pump) olacak şekilde genellikle iki kademelidir.
5. (...)Turbofan motorlarda en çok kullanılan pompa tipi, yatay tip pompadır.
6. (...)Elektrikli komponent olan resolver, lövyenin açılma sapmasının, voltaj sinyaline çevrilmesini önler.
7. (...)FMU (fuel metering unit)’daki yakıt ölçülendirme valfini kontrol edebilmek için ECU’dan talimat alınır.
8. (...)ECU aldığı tüm verilere göre motor çalışmasını ve sistem komponentlerini sürekli izler ve FMU (fuel metering unit)’ya arıza mesajlarını gönderir.
9. (...)FMU, HMU (hidromechanical unit)’dan alınan talimatlara göre istenen değerlerde yakıtı nozullara gönderir.
10. (...)ECU üzerinde birbirinden bağımsız iki bilgisayar bulunmaktadır. Bunlar, “Channel A” ve “Channel B” olarak isimlendirilir.

DEĞERLENDİRME

Cevaplarınızı cevap anahtarıyla karşılaştırınız. Yanlış cevap verdiğiniz ya da cevap verirken tereddüt ettiğiniz sorularla ilgili konuları faaliyete geri dönerek tekrarlayınız. Cevaplarınızın tümü doğru ise bir sonraki modüle geçmek için öğretmeninize başvurunuz.

CEVAP ANAHTARLARI

ÖĞRENME FAALİYETİ-1'İN CEVAP ANAHTARI

1	B
2	D
3	B
4	D
5	A
6	C
7	D
8	D
9	B
10	A

ÖĞRENME FAALİYETİ-2'NİN CEVAP ANAHTARI

1	D
2	A
3	C
4	B
5	B

MODÜL DEĞERLENDİRME CEVAP ANAHTARI

1	Yanlış
2	Doğru
3	Doğru
4	Doğru
5	Yanlış
6	Yanlış
7	Doğru
8	Yanlış
9	Yanlış
10	Doğru

KAYNAKÇA

- **Airbus 321 Aircraft Maintenance Manual (AMM) Chapter–28 ve Chapter–73**, AIRBUS EADS, Hamburg, 2007.
- **Airbus 320 Aircraft Maintenance Manual (AMM) Chapter–28 ve Chapter–73**, AIRBUS EADS, Hamburg, 2006.
- **Boeing 737 Aircraft Maintenance Manual (AMM) Chapter–28 ve Chapter–73**, BOEING, USA, 2003.
- KIRMACI Tefik, **Uçak Teknik Temel Eğitim Motor Ders Notları**, THY Yayınları, İstanbul, 1998.
- TUNCA Mehmet, **Uçak Teknik Temel Eğitim Yakıt Sistemi Ders Notları**, THY Yayınları, İstanbul, 1998.