



# HAVA ARACINDA BULUNAN İNİŞ TAKIMI AÇMA - KAPAMA ALTSİSTEMİNİN DÜŞÜK SICAKLIKTAKİ PERFORMANSININ BENZETİM ARACI İLE İNCELENMESİ

*INVESTIGATION OF LOW TEMPERATURE PERFORMANCE OF LANDING GEAR EXTENSION-RETRACTION  
SUBSYSTEM IN AIRCRAFT WITH SIMULATION TOOL*

**Ersin Sirkeci**

## ÖZET

Bir hava aracında, eyleyiciler genel olarak hidrolik güç sistemleri yardımıyla çalışmaktadır. Özellikle iniş takımlarının açılmasını ve kapanmasını sağlayan eyleyiciler de bir hidrolik altsistem sayesinde çalışmaktadır. Bu çalışmada bu hidrolik altsistemin Simcenter Amesim benzetim aracıyla bir boyutlu termal hidromekanik benzetim modeli oluşturulmuştur. Bu model temel olarak; hidrolik pompa, rezervuar, eyleyiciler, yön kontrol valfleri, akümülatör, emniyet valfi, akış kısıcılar, çek valfler, boru hatları ve kontrol ünitesinden oluşmaktadır. Hava aracındaki hidrolik güç sistemi yardımıyla çalışan diğer eyleyicilerin aksine, iniş takımları uçuş fazı göz önünde bulundurulduğunda dar bir zaman aralığında kullanılmaktadır. Bu durum, iniş takımı altsisteminin uçuş fazındaki çevresel şartlardan dolayı düşük sıcaklıkta kalmasına neden olur. Diğer yandan, hava aracındaki diğer eyleyicilerin sık kullanılması, hidrolik akışkanın yüksek sıcaklıklarda seyretmesine neden olur. Bu modelde, düşük sıcaklıktaki iniş takımı altsisteminin açılması esnasında kullanılacak olan yüksek sıcaklıktaki hidrolik akışkan ile etkileşimi ve bunun sonucunda iniş takımı açma - kapama hidrolik altsisteminin performansı incelenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** İniş Takımı, eyleyici, yön kontrol valfi, sıcaklık, açma-kapama.

## ABSTRACT

On an air vehicle, actuators generally operate thanks to hydraulic power systems. The actuators, which enable the landing gear to be opened and closed, also work by means of a hydraulic subsystem. In this study, one dimensional thermal hydraulic simulation model of this hydraulic subsystem is created in Simcenter Amesim simulation tool. This model basically consists of hydraulic pump, reservoir, actuators, directional control valves, accumulator, safety valve, flow restrictors, check valves, pipelines and control unit. Unlike other actuators operating thanks to hydraulic power system on an air vehicle, landing gear is used in a narrow time period considering the flight phase. This causes the landing gear subsystem to remain at low temperature due to environmental conditions in the flight phase. On the other hand, frequent use of other actuators in air vehicle leads the hydraulic fluid to travel at high temperatures. In this model, the interaction of the low temperature landing gear subsystem with high temperature hydraulic fluid to be used during landing gear extension and the performance of the landing gear opening - closing subsystem are examined.

**Key Words:** Landing gear, actuator, directional control valve, temperature, extension-retraction.



## 1. GİRİŞ

Hava araçlarında bulunan uçuş kontrol yüzeyleri, iniş takımı frenleme sistemleri, iniş takımı teker yönlendirme sistemleri ve iniş takımı açma-kapama sistemlerinin çalışması genellikle hidrolik güç sistemleri tarafından sağlanır. Hava araçlarında kullanılan hidrolik güç sistemlerinin en büyük avantajları; istenilen doğrusal veya açısız hareketin, istenilen hızda ve istenilen hareket yönünde gerçekleştirilebilmesi, çeşitli uçuş koşullarından (hava aracının farklı eksenlerde doğrusal ve açısız ivmelenmesi, uçuş esnasında maruz kalınan geniş sıcaklık bandı ve değişken aerodinamik yükler vs.) minimum düzeyde etkilenmesi olarak gösterilebilir.

Hava aracında bulunan, hidrolik güç sistemleri yardımıyla çalışan sistemlerin sorunsuz bir şekilde işlevini yerine getirebilmesi büyük önem arz etmektedir. Bu bağlamda, bu sistemlerin farklı uçuş koşullarındaki performansı, hava aracının sorunsuz bir şekilde kullanılabilmesi adına kritiktir.

Hava araçlarında kullanılan uçuş kontrol yüzeyleri gibi hidrolik güç sistemiyle tahrik edilen sistemler uçuş sırasında sık sık kullanılmakta olup, yağ sıcaklığı sistemlerin kullanımının artmasıyla orantılı olarak yükselmektedir. Bu durum, sık kullanılan sistemlerin hidrolik akışkan ile etkileşimini artırmaktadır. Bunun yanı sıra, hava aracının irtifası arttıkça dış ortam sıcaklığı ters orantılı olarak azalmaktadır.

Sık kullanılan hidrolik tahrikli sistemlerin aksine iniş takımı açma-kapama sistemi normal şartlarda uçuş esnasında seyrek kullanılmaktadır (özel uçuş testleri haricinde). Ayrıca iniş takımının sıcaklığı hava aracının yüksek irtifalarda bulunması sebebiyle düşük seviyelerdedir. İniş takımı açma-kapama sisteminin, kullanılmadığı süre boyunca yüksek sıcaklıktaki hidrolik yağ ile etkileşimi yoktur. İniş takımı açma-kapama sisteminin kullanılması esnasında, diğer hidrolik tahrikli sistemlerde kullanılan hidrolik yağ, yüksek sıcaklıklarda olup düşük sıcaklıktaki iniş takımı açma-kapama sistemiyle etkileşime girecektir. Bu bildiride hava aracında bulunan düşük sıcaklıktaki iniş takımı açma kapama sisteminin kullanımı sırasında yüksek sıcaklıktaki hidrolik akışkan ile etkileşimi sonucunda iniş takımı açma-kapama sisteminin performansı incelenecektir.

## 2. İNİŞ TAKIMI AÇMA-KAPAMA SİSTEMİ

Herhangi bir hava aracında 2 adet (sağ ve sol) ana iniş takımı ve 1 adet burun iniş takımı olduğu varsayımı yapılırsa, iniş takımı açma-kapama sisteminde genel olarak 5 farklı eyleyici bulunmaktadır. Bu eyleyiciler sırasıyla; ana iniş takımı açma-kapama eyleyicisi, burun iniş takımı açma-kapama eyleyicisi, iniş takımı kapak açma-kapama eyleyicisi, iniş takımı aşağı kilit eyleyicisi, ve iniş takımı yukarı kilit eyleyicisidir. Bahsedilen eyleyicilerin hepsi tek bir hidrolik güç sistemiyle çalışmaktadır. Bu çalışmada hidrolik güç sisteminde bulunan ekipmanlar ve işlevleri aşağıda verilmiştir:

- Rezervuar: Rezervuar hidrolik güç sistemindeki yağın depolanması
- Değişken Deplasmanlı Pompa: Rezervuarda depolanan yağın basınçlandırılması ve kullanıcı sistemlere aktarılması

Ayrıca, iniş takımı hidrolik altsisteminde bulunan başlıca ekipmanlar ve işlevleri aşağıda verilmiştir:

- Emniyet valfi: Sistemde dış kaçak oluşması durumunda hidrolik yağın iniş takımı hidrolik altsistemiyle etkileşiminin engellenmesi
- Akümülatör: Hidrolik güç sisteminin kaybı durumunda, iniş takımlarının açılması için gerekli hidrolik gücün sağlanması
- Acil Yön Kontrol Valfi: Hidrolik güç sisteminin kaybı durumunda, akümülatörden gelen basınçlı yağın iniş takımı eyleyicilerine aktarılması
- İniş Takımı Yön Kontrol Valfi: Ana İniş takımları ve burun iniş takımının açılması ve kapanması için basınçlı yağın ilgili kontrol hatlarına aktarımı



- İniş Takımı Kapak Yön Kontrol Valfi: Ana İniş takımı kapaklarının açılması ve kapanması için basınçlı yağın ilgili kontrol hatlarına aktarımı  
NOT: Yön kontrol valflerinde bulunan P,T, A ve B portları sırasıyla basınç hattı, dönüş hattı ve kontrol hatlarıdır. Valf makarasının konumlandırılması konusunda, P-A, B-T portları açık durumu iniş takımlarının ve kapakların açılmasında; P-B, A-T portları açık durumu iniş takımlarının ve kapakların kapanmasında kullanılmaktadır. Yön kontrol valflerinin hidromekanik karakteristiklerinin detaylı matematiksel hesaplamaları Merrit [1] referans alınarak yapılmıştır.
- Kontrol Ünitesi: İniş takımı açma-kapama sekansının sağlanması için ilgili valflerin enerjilendirilmesi

## 2.1 İNiŞ TAKIMI AÇMA-KAPAMA SİSTEMİ BENZETİM MODELİ

### 2.1.1 AMAÇ

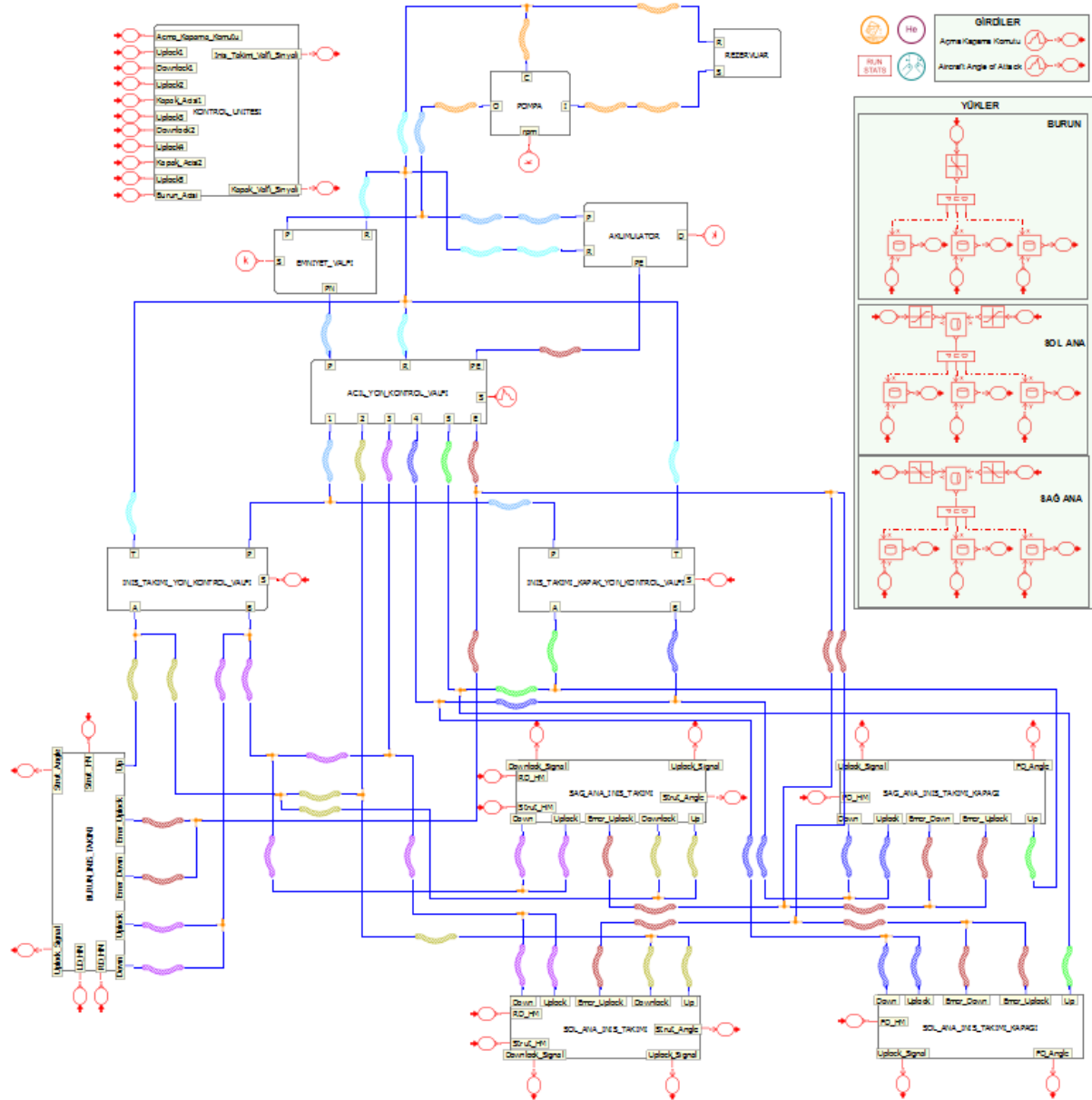
Bu bildiri kapsamında yapılan çalışma özel bir uçuş koşulu için geçerli olmasına karşın, iniş takımı açma-kapama sisteminin benzetim aracı ile modellenmesinin temel amacı; hava aracının tasarım, test ve uçuş süreçlerinde sistem tasarımının doğrulanması, sistem gereksinimlerinin karşılanması gibi konularda modelin yol göstermesi, olası hataların ve bulguların önüne geçilmesi ve maliyetlerin düşürülmesidir. Ayrıca modelleme sayesinde, hidrolik sistemdeki herhangi bir ekipman veya hatta, istenilen tüm parametrelerin değişimi gözlemlenebilir.

### 2.1.2 BENZETİM MODELİ

İniş takımı açma-kapama sistemi Simcenter Amesim benzetim aracı kullanılarak termal hidromekanik olarak modellenmiştir. Benzetim modelinde yağ özelliklerinin, hidrolik güç sisteminin, iniş takımı hidrolik altsisteminin ve iniş takımı mekanizmasının etkisi dahil edilmiştir. Oluşturulan benzetim modelinin gerçek hava aracındaki sistemi yüksek doğruluk oranıyla yansıtması gerekmektedir. Hava aracındaki sistem neyse modelin yansıttığı sistem de mümkün olduğunca benzer olmalıdır. Bu bağlamda, minimum sayıda varsayım yapılmış ve sistemi etkileyen parametrelerin pek çoğu modele entegre edilmiştir. Sistemi etkileyen parametrelerden başlıcaları aşağıda verilmiştir:

- Ekipmanların hidrolik karakteristikleri
- Hidrolik hatların oluşturduğu kayıplar
- İniş takımı mekanizmaları
- Dış ortam sıcaklığı
- Dış ortamın hava aracı üzerinde oluşturduğu aerodinamik etki sebebiyle iniş takımına etkileyen dış yükler
- Hava aracı manevraları vs.

Benzetim modeli aşağıdaki görselde verilmiştir:



**Şekil 1.** İniş Takımı Açma-Kapama Sistemi Simcenter Amesim Benzetim Modeli

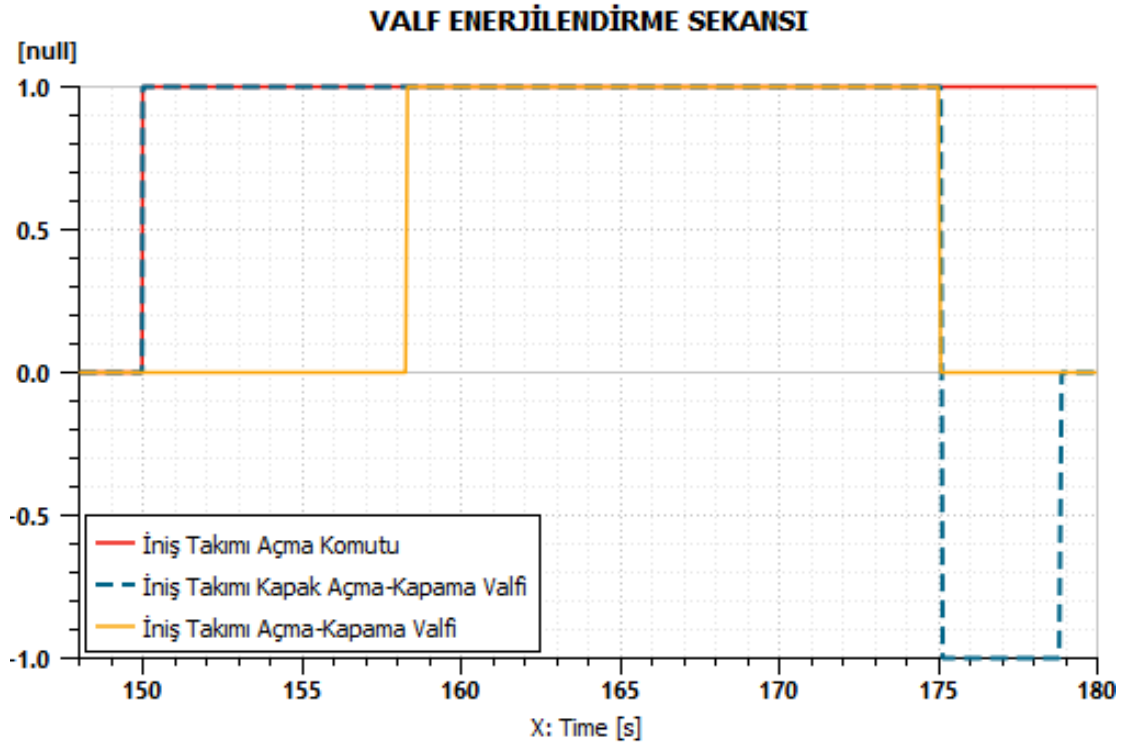
NOT: Hidrolik hatlarda çeşitli sayıda bükümler, bağlantı noktaları (T gibi), genişlemeler ve daralmalar mevcuttur. Bu yapılar, hidrolik sistemde kayıplar oluşturacaktır. Gerçekçi bir modelleme için sistemdeki kayıplar Idelcik [2] referans alınarak hesaplanmış ve hatların tüm detaylarını teker teker modele entegre etmek yerine hesaplanan eşdeğer kayıplar modele eklenmiştir.

### 3. SİMÜLASYON

Simulasyon koşulları aşağıdaki gibidir:

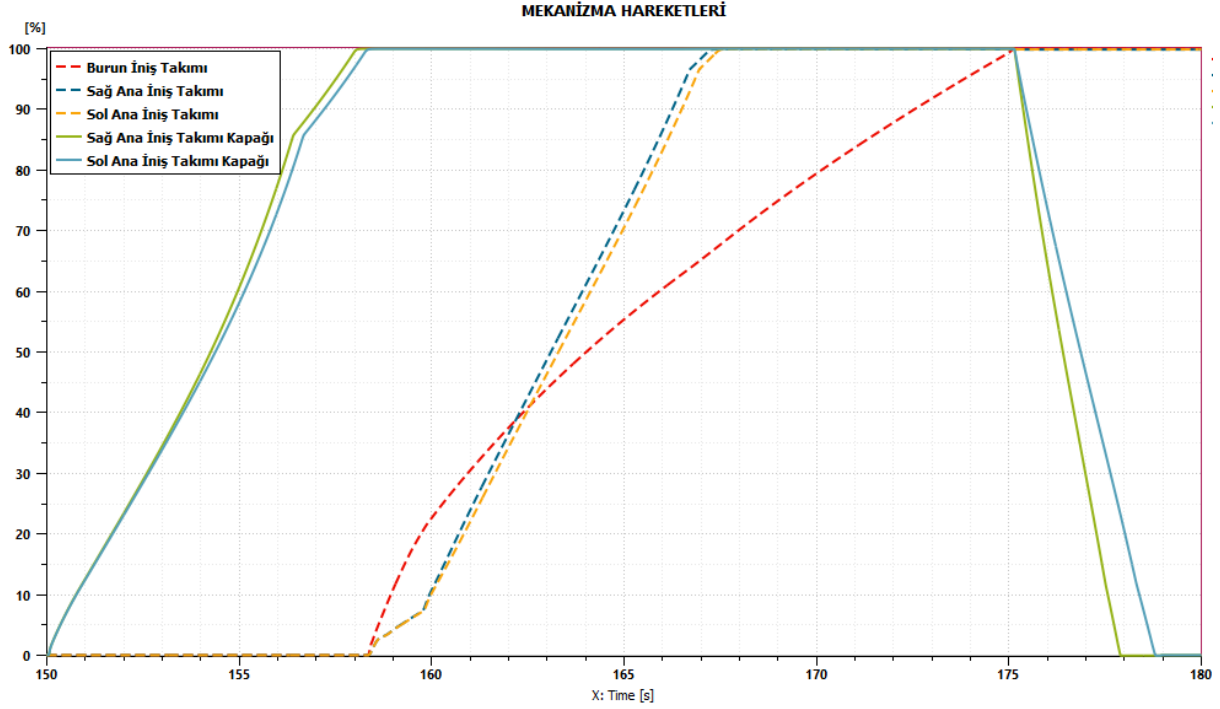
- Simülasyon boyunca hava aracı 30000 ft irtifaya sahiptir.
- Simülasyon boyunca hava aracı  $0^\circ$  hücum açısına sahiptir.
- Tüm hidrolik sistemin sıcaklığı başlangıç koşulunda  $-40^\circ\text{C}$ ' dir.
- Simulasyon boyunca hidrolik pompa, sisteme 3000 psi basınç sağlamaktadır.
- Hidrolik sistem normal çalışma koşullarındadır, herhangi bir acil durum yoktur (Emniyet valfi ve acil yön kontrol valfi enerjisiz durumdadır).
- Başlangıçta iniş takımları kapalı konumdadır. Bunun sonucunda; başlangıçta ana iniş takımı açma-kapama eyleyicisi ve ana iniş takımı kapak açma-kapama eyleyicisi tamamen kapalı konumdadır. Buna karşın, burun iniş takımı açma-kapama eyleyicisi tasarımsal farklılıklar sebebiyle tamamen açık konumdadır. Burun iniş takımı eyleyicisinin açık konumda olması burun iniş takımının kapalı konumda olduğunu; buna karşın, eyleyicinin kapalı konumda olması burun iniş takımının açık konumda olduğunu göstermektedir.
- Tasarımdan dolayı burun iniş takımı kapakları ve ana iniş takımlarının arka kapakları dikmelerine mekanik olarak bağlı olduklarından, dikmelerin hareketleriyle paralel olarak hareket edecektir. Bunun yanı sıra, ana iniş takımları ön kapakları hidrolik eyleyicileri vasıtasıyla açılıp kapanacaktır.
- Simulasyon sırasında 150. Saniyeden itibaren iniş takımı açma-kapama sistemi çalıştırılmıştır. Bu zamana kadar pompa, diğer hidrolik sistemlerin kullanıcılarını beslediğinden dolayı yağın sıcaklığı artmaktadır.
- Kontrol ünitesine 150. Saniyede "İniş Takımı Açma" Komutu verilmiştir. Bu komut kontrol ünitesine aktarılacak ve kontrol ünitesi şu sekansın gerçekleşmesi için ilgili yön kontrol valflerini enerjilendirecektir: Ana iniş takımı kapaklarının açılması (Sol ve Sağ), İniş takımlarının açılması (Burun, Sol ve Sağ), Ana iniş takımı kapaklarının kapatılması.

Yön kontrol valflerinin enerjilendirilmesi aşağıdaki grafikte verilmiştir:



**Şekil 2.** Valf Enerjileendirme Sekansı

İniş takımları ve ana iniş takımları kapaklarının açılma hareketleri, hareket limitlerine oranla yüzdesel olarak aşağıdaki grafikte verilmiştir:



**Şekil 3.** İniş Takımı Mekanizmalarının Yüzdesel Hareketleri

Yukarıda verilen grafik incelendiğinde elde edilen süreler aşağıdaki tabloda özetlenmiştir:

**Tablo 1.** İniş Takımı Açılma – Kapanma Süreleri

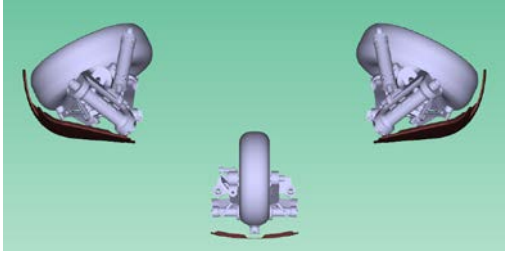
Mekanizma	Açılmaya Başladığı Süre	Tamamen Açıldığı Süre	Kapanmaya Başladığı Süre	Tamamen Kapandığı Süre	Açılma Süresi	Kapanma Süresi	Toplam Süre
Sol Ana İniş Takımı Kapağı	150	158.28	175.14	178.88	8.28	3.74	<b>28.88</b>
Sağ Ana İniş Takımı Kapağı	150	158	175.14	177.96	8	2.82	
Sol Ana İniş Takımı	158.32	167.96	-	-	9.64	-	
Sağ Ana İniş Takımı	158.32	167.7	-	-	9.38	-	
Burun İniş Takımı	158.32	175.08	-	-	16.76	-	

Yukarıdaki grafikler ve tablo incelendiğinde, 150. Saniyede gelen İniş Takımı Açma komutu sebebiyle, iniş takımı kapak açma-kapama yön kontrol valfi enerjilendirilmiş ve ana iniş takımı kapaklarının açılma süreci 158,28. Saniyede tamamlanmıştır. 158,32. Saniyede iniş takımı açma-kapama yön kontrol valfi enerjilendirilmiş ve iniş takımlarının açılma süreci 175,08. Saniyede tamamlanmıştır. 175,14. Saniyede iniş takımı kapak açma-kapama yön kontrol valfi enerjilendirilmiş ve ana iniş takımı kapaklarının kapanma süreci 178,88. Saniyede tamamlanmıştır. Böylece iniş takımlarının açılma süresi (kapakların açılıp kapanması dahil edildiğinde) yaklaşık 29 saniye sürmüştür.

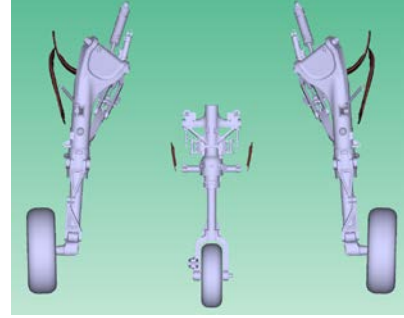
Sol ve sağ ana iniş takımları aynı mekanizmalar olmasına karşın, açılma sürelerine bakıldığında farklar görülmektedir. Bu farkların temel sebebi, uçuş esnasında hava aracının maruz kaldığı aerodinamik etkinin iniş takımları üzerinde oluşturduğu değişken yüklerdir. Sol ve sağ ana iniş takımına gelen asimetrik yükler ile açılma süreleri farklılık göstermiştir. Ayrıca, burun iniş takımının ana iniş takımlarından daha uzun sürede açılmasının temel sebebi, burun iniş takımına etkiyen aeroyükler

burun iniş takımını kapatmaya, ana iniş takımına etkiyen aeroyükler ana iniş takımlarını açmaya zorlamaktadır.

İniş takımı mekanizmaları, Simcenter Amesim 3D Mekanik Kütüphanesi kullanılarak modellenmiştir. Bu kütüphane sayesinde mekanizma hareketleri 3 boyutlu görsel ile anlık olarak takip edilebilmektedir. Benzetim modelinde bulunan iniş takımı mekanizmasının açık ve kapalı konumları 3 boyutlu görsel olarak aşağıda verilmiştir:

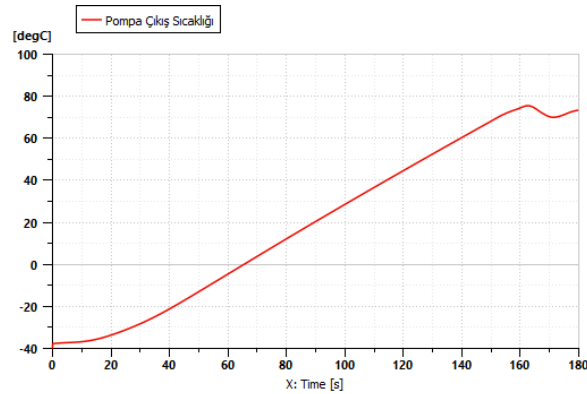


**Şekil 4.** İniş Takımı Kapalı Konumu



**Şekil 5.** İniş Takımı Açık Konumu

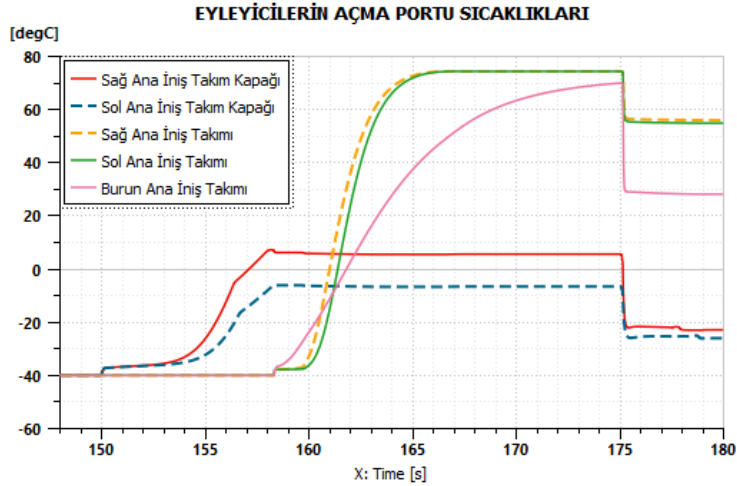
Pompanın basınç hattı sıcaklığına ait grafik aşağıda verilmiştir:



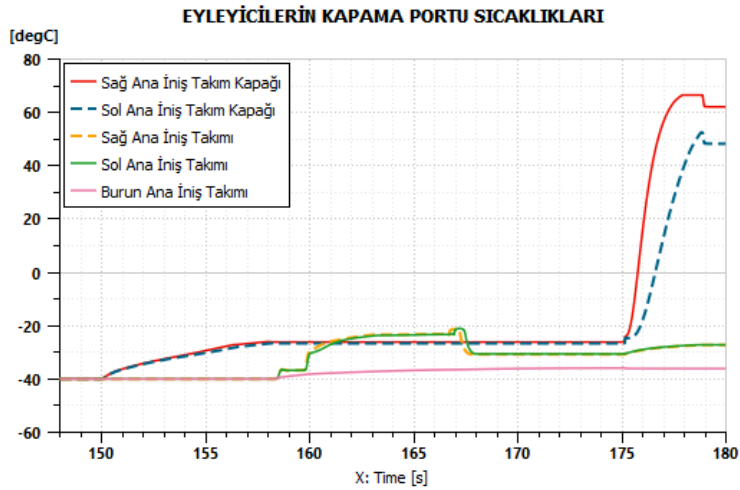
**Şekil 6.** Pompa Çıkış (Basınç Hattı) Sıcaklığı

Yukarıdaki grafikte görüldüğü gibi başlangıçta  $-40^{\circ}\text{C}$  de olan pompa basınç hattı sıcaklığı, pompanın tüm simülasyon boyunca diğer sistemleri beslemesi sebebiyle artmış ve 150. Saniyeye kadar yaklaşık  $68^{\circ}\text{C}$ ' ye yükselmiştir.

İniş takımı eyleyici sıcaklıkları aşağıdaki grafiklerde gösterilmiştir:



**Şekil 7.** İniş Takımı Eyleyicilerinin Açma Portu Sıcaklıkları



**Şekil 8.** İniş Takımı Eyleyicilerinin Kapama Portu Sıcaklıkları

Yukarıda verilen grafikler incelendiğinde;

- Sağ ve sol ana iniş takımı kapak eyleyicisi sıcaklıkları için;
- 150. saniyede eyleyici açma portuna pompadan basınçlı ve sıcak yağ iletildiğinden dolayı, eyleyici açma tarafının sıcaklığını artmış ve eyleyici açma tarafı sıcaklığı sağ kapak için yaklaşık 6 °C, sol kapak için yaklaşık -6 °C seviyesine ulaşmıştır. Kapaklar tamamen açıldıktan sonra debi ihtiyacı bitmiş ve sıcaklık yükselmesi durmuştur.
- Kapağın kapanması için ilgili valf enerjilendirildiğinde ise basınçlı ve sıcak yağ, kapak eyleyicilerinin kapanma portlarına ulaşmış, eyleyici kapanma tarafının sıcaklığını artırmış ve eyleyicilerin kapanma portları sağ kapak için yaklaşık 67 °C, sol kapak için yaklaşık 53 °C seviyesine ulaşmıştır. Kapaklar tamamen kapandıktan sonra debi ihtiyacı bitmiş ve sıcaklık yükselmesi durmuştur.
- Ana iniş takımı ve burun iniş takımı eyleyicileri sıcaklıkları için;
- Sağ ve Sol ana iniş takımı kapakları tamamen açılana kadar (158,28. saniye) ana iniş takımı ve burun iniş takımı eyleyicilerinde herhangi bir hareket olmadığından dolayı debi ihtiyacı bulunmamakta, bu sebeple sıcaklık belirgin bir değişkenlik göstermemektedir. Kapaklar

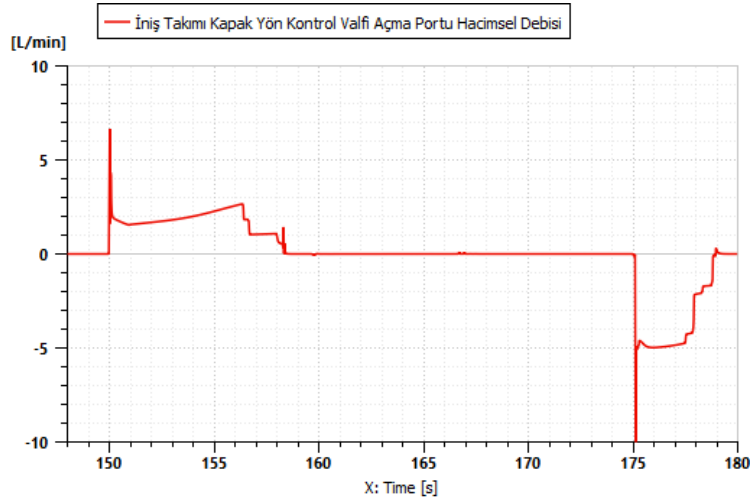


tamamen açıldıktan sonra iniş takımı yön kontrol valfi, kontrol ünitesi tarafından enerjilendirilmiş ve basınçlı, sıcak yağ, iniş takımı eyleyicilerinin açma portlarına ulaşmış ve eyleyici açma tarafı sıcaklığı sağ ve sol ana iniş takımı eyleyicileri için yaklaşık 74 °C, burun iniş takımı eyleyicisi için yaklaşık 70 °C seviyesine ulaşmıştır. İniş takımları tamamen açıldıktan sonra debi ihtiyacı olmadığından sıcaklık sabitlenmiştir.

NOT: Burun, sağ ana ve sol ana iniş takımları eyleyicilerinin açma portlarında iniş takımları tamamen açıldığı anda (175,08. Saniye) sıcaklığın aniden düştüğü gözlenmektedir. Bunun sebebi, iniş takımı yön kontrol valfi makarası merkez konuma geldiğinden kontrol portlarının dönüş hattına bağlanmasıdır. Benzer şekilde, iniş takımı kapak yön kontrol valfi makarası, iniş takımı kapakları tamamen kapandığı anda (178,88. Saniye) merkez konuma gelmiş ve kontrol portları ile dönüş hattı birbirine bağlanmıştır. Böylece kapak eyleyicileri kapama portlarında sıcaklık düşüşü olmuştur. İniş takımlarının açılması bu süreden itibaren tamamlandığı için devamındaki sıcaklık değerlerinin sisteme etkisi yoktur.

Sıcaklık, yukarıda bahsedilen eyleyicilerin açılıp kapanma sürelerini doğrudan etkilemektedir. Hidrolik akışkanın yoğunluğunun, dolayısıyla viskozitesinin değişmesi sebebiyle yüksek sıcaklıklarda sistem daha hızlı şekilde açılıp kapanabilecek, düşük sıcaklıkta ise açma-kapama hızı düşecektir. Sıcaklığın etkisi özellikle kapakların açılması ve kapanması arasındaki süre farkında belirgin şekilde görülmektedir. İniş takımı kapak yön kontrol valfinin basınç hattındaki yağ, düşük sıcaklıktadır. Kapaklar açılmaya başladığında, pompadan gelen sıcak yağ, bu hattın sıcaklığını artırmış ve kapaklar kapanmaya başladığında kapak eyleyicilerinin kapanma portları doğrudan sıcak yağ ile etkileşime girmiştir. Bu sebeple iniş takımı kapakları yaklaşık 8 saniyede açılmışken yaklaşık 4 saniyede kapanmıştır. Ayrıca, hidrolik hatların uzunlukları da sıcaklık değişiminde farklara neden olmuştur.

İniş takımı kapak açma-kapama valfinin açma portundan geçen hacimsel debi aşağıda verilmiştir:

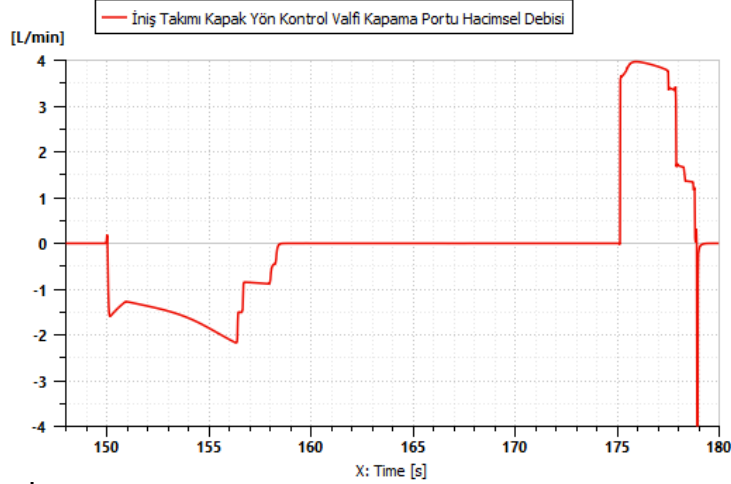


Şekil 9. İniş Takımı Kapak Yön Kontrol Valfi Açma Portu Hacimsel Debi

Yukarıda verilen grafiğe göre;

- 150. saniyede iniş takımı kapak yön kontrol valfinin enerjilendirilmesi sebebiyle, P-A, B-T açıklığı sağlanmıştır. Bu durumda kapak eyleyicisinin hareketi sonlanana kadar ilgili valften debi geçişi gözlenmiştir. İniş takımı kapaklarının açılması durumunda açma portundan yaklaşık 1.7 lpm debi geçişi olmuştur.
- İniş takımları tamamen açıldıktan sonra, iniş takımı kapaklarının kapalı konuma getirilebilmesi için ilgili valf enerjilendirilmiş ve P-B, A-T açıklığı sağlanmıştır. Bu durumda iniş takımı kapak eyleyicilerinin hareketi sonlanana kadar açma portundan yaklaşık 5 lpm debi geçişi olmuştur.

İniş takımı kapak açma-kapama valfinin kapama portundan geçen hacimsel debi aşağıda verilmiştir:

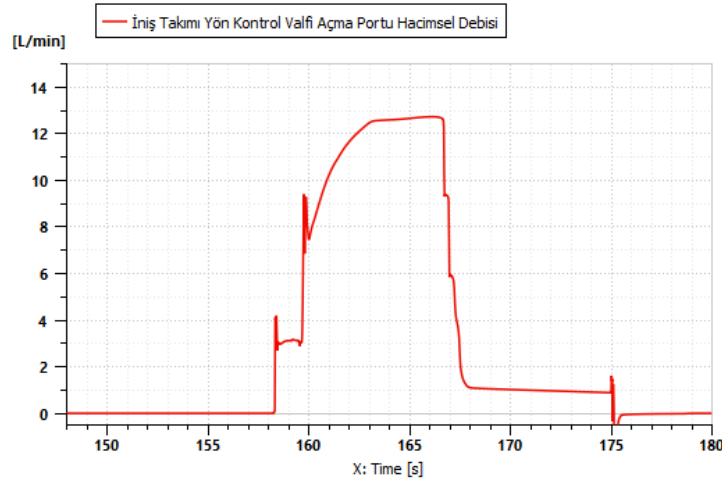


Şekil 10. İniş Takımı Kapak Yön Kontrol Valfi Kapama Portu Hacimsel Debisi

Yukarıda verilen grafiğe göre;

- İniş takımı kapakları açılırken kapama portundan yaklaşık 1.5 lpm debi geçişi olmuştur.
- İniş takımı kapakları kapanırken kapama portundan yaklaşık 4 lpm debi geçişi olmuştur.

İniş takımı açma-kapama valfinin açma portundan geçen hacimsel debi aşağıda verilmiştir:

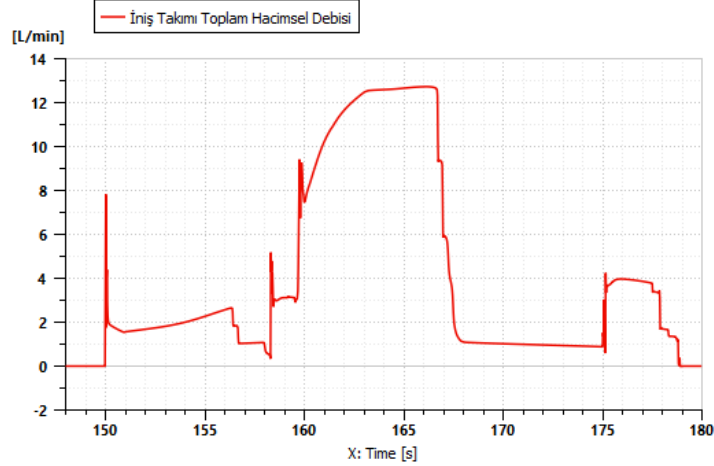


Şekil 11. İniş Takımı Yön Kontrol Valfi Açma Portu Hacimsel Debisi

Yukarıda verilen grafiğe göre;

- Ana iniş takımı kapakları tamamen açıldıktan sonra, iniş takımı yön kontrol valfi enerjilendirilmiş ve valfin P-A, B-T açıklığı sağlanmıştır. Burun iniş takımı, sağ ve sol ana iniş takımları açılırken yaklaşık 13 lpm debi geçişi olmuştur. Sağ ve sol ana iniş takımı burun iniş takımından önce açıldığından, 168. Saniyeden sonra sadece burun iniş takımı için debi ihtiyacı olup yaklaşık 1 lpm'dir.

İniş takımı açma kapama sisteminin hidrolik pompadan çektiği hacimsel debi aşağıda verilmiştir:



**Şekil 12.** İniş Takımı Açma-Kapama Sisteminin Hidrolik Pompadan Çektiği Hacimsel Debi

Yukarıda verilen grafikte, 150 – 158,28 ve 175,14 – 178,88. Saniyeleri arasında iniş takımı kapak eyleyicilerinin debi ihtiyacı, 158,32 – 175,08. Saniyeleri arasında ise iniş takımı eyleyicilerinin debi ihtiyacı görülmektedir.

#### 4. SONUÇ

Bu çalışmada, bir hava aracında bulunan iniş takımı açma-kapama sisteminin termal, hidrolik ve mekanik açıdan incelenmesi adına Simcenter Amesim benzetim aracında termal hidromekanik benzetim modeli oluşturulmuştur. Aynı zamanda hava aracında bulunan diğer hidrolik sistemlerin de eş zamanlı olarak kullanılması ve bu sistemlerin ihtiyacı olan gücün tek bir pompadan sağlanması, hidrolik güç sistemi ve kullanıcıları arasındaki etkileşimi artırmakta olup bu etkileşim sıcaklık değişimi çerçevesinde benzetim modelinde görülmüştür. Modele yerçekimi ivmesi, iniş takımı mekanizmasının ağırlığı, atalet momenti, ağırlık merkezi değerleri entegre edilmiştir. Değişken deplasmanlı pompanın iniş takımı kullanımı esnasında sağladığı debi değerleri gözlemlenmiş ve iniş takımının tüm eyleyicilerinin açılma kapanma süreleri, bu sürelerdeki sıcaklık değişimleri incelenmiştir.

Bu çalışmaya ait uçuş koşulunda herhangi bir gereksinim olmamasına karşın, iniş takımlarının düzgün bir şekilde açılması hava aracı açısından kritiktir. Daha yüksek sıcaklıklarda iniş takımlarının açılması ve kapanması çok daha hızlı gerçekleşmektedir.

Oluşturulan benzetim modeli ile bu çalışma kapsamındaki özel bir uçuş koşulu incelenmiştir. Bunun yanı sıra, pek çok uçuş koşulunda iniş takımı açma-kapama sisteminin performansı incelenebilir. Ayrıca; tasarımın doğruluğu, sistem gereksinimleri, yer testleri, uçuş testleri ve hata senaryoları model üzerinde incelenebilir.

İleride yapılacak çalışmalarda, hava aracının hidrolik güç sistemiyle çalışan tüm sistemleri benzetim modelinde bir araya getirilerek sistemlerin birbirleriyle etkileşimleri sistemlerin değişken kullanımlarına göre incelenecektir. Böylece hidrolik sistemler kapsamında bütünlük bir hava aracı modeli oluşturulacaktır.



## 5. KAYNAKLAR

- [1] H. E. Merritt, *Hydraulic Control Systems*, New York: Wiley, 1967.
- [2] IdelCik I.E., *Handbook of Hydraulic Resistance*, 3rd Edition, Begell House Inc. 1980.
- [3] Ahmet A. Shabana, *Dynamics of Multibody Systems*, 3rd Edition, Cambridge, 2005
- [4] R.C. Binder, "Fluid Mechanics". 3rd Edition, 3rd Printing. Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, NJ. 1956.
- [5] Aerospace Hydraulic Fluids Physical Properties - SAE AIR 1362B.

## ÖZGEÇMİŞ

### Ersin Sirkeci

1995 yılı Kütahya doğumludur. 2018 yılında İstanbul Teknik Üniversitesi Makina Mühendisliği Bölümünü bitirmiştir. 2017 yılında Gürallar – LAV ve Mercedes Benz Türk A.Ş' de zorunlu stajlarını yapmıştır. 2018 yılında Türk Havacılık Uzay Sanayii'nde aday mühendis olarak 4 ay çalışmıştır. 2018 yılında Türk Havacılık Uzay Sanayii'nde 10 ay boyunca tasarım mühendisi olarak görev almıştır. 2019 Hazirandan itibaren bugüne kadar Türk Havacılık Uzay Sanayii'nde akışkan sistemler analizleri mühendisi olarak görev almaktadır. Hava aracı hidrolik sistemleri, iniş takımları, yakıt sistemleri ve pnömatik sistemleri konularında çalışmaktadır.