

HABERLEŞME UYDULARI ISIL DENGİ TESTLERİNDE GÖREV YÜKÜ PANELLERİNE VERİLECEK ISI AKISININ HESAPLANMASI

S.Kaancan ATAER¹
TUSAŞ Türk Havacılık ve Uzay Sanayii A.Ş.,
ANKARA

Selin ARABACI²
TUSAŞ Türk Havacılık ve Uzay Sanayii
A.Ş., ANKARA

ÖZET

Isıl kontrol alt sistemi uydunun ekipman/yapısal birimlerinin uzay ortamında gerekli sıcaklıklar içerisinde tutulmasını sağlayan alt sistemdir. Isıl denge testi ise uydunun ısıl matematiksel modelinin korelasyonu için gerçekleştirilen bir testtir. Tasarım çalışmaları tamamlandıktan sonra ısıl denge testi matematiksel modeli oluşturularak gerekli ısı analizler koşturulur. Isıl denge testleri kapsamında, ısıl vakum odasında, uydunun uzay ortamında bir yörünge boyunca göreceği dış ısı akılarının benzetiminin yapılması gerekmektedir.

Bu çalışma ısıl vakum test odasında uydu panellerinde tasarım senaryolarında görülen dış ısı akılarının (yaz gündönümü $130 \pm 10 \text{ W/m}^2$ ve kış gün dönümü $140 \pm 10 \text{ W/m}^2$) ayarlanmasını ve eşzamanlı olarak ısıl vakum test odasının ve bileşenlerinin incelenmesini içermektedir. Belirtilen dış ısı akıları uydu için tanımlanmış tasarım senaryolarında uydunun yörünge boyunca göreceği ortalama güneş akısı hesaplanarak elde edilmiştir. Çalışma kapsamında bir haberleşme uydusunun 2.4 metreye 2.8 metrelik kuzey ve güney faydalı yük panellerine ısıl vakum odasında yer alan ısıtıcılardan gelen ısı akıları ayarlanacaktır. Çalışmada baz alınan haberleşme uydusunun kuzeyinde ve güneyinde yer alan görev yükü panelleri bölgesel olarak doğru ısı akısının ayarlanması için 12 adet dikdörtgene bölünmüştür. Panellerin 12 farklı dikdörtgen geometrisine bölünmesi uydudaki ekipmanların ve ısı borularının konumları dikkate alınarak gerçekleştirilmiştir. Çalışma sonucunda bulunan ısıtıcı güçleri ısıl vakum ortamındaki ısıtıcılara ilk olarak tanımlanacak güç değerlerini oluşturacaktır.

Anahtar kelimeler: Haberleşme uydusu, Isıl denge testi, Güneş akısı

GİRİŞ

Uyduların görevlerini başarılı bir şekilde gerçekleştirebilmeleri için uzay ortamında maruz kalacakları ısıl koşullara uyumlu oldukları testler ile doğrulanmalıdır.

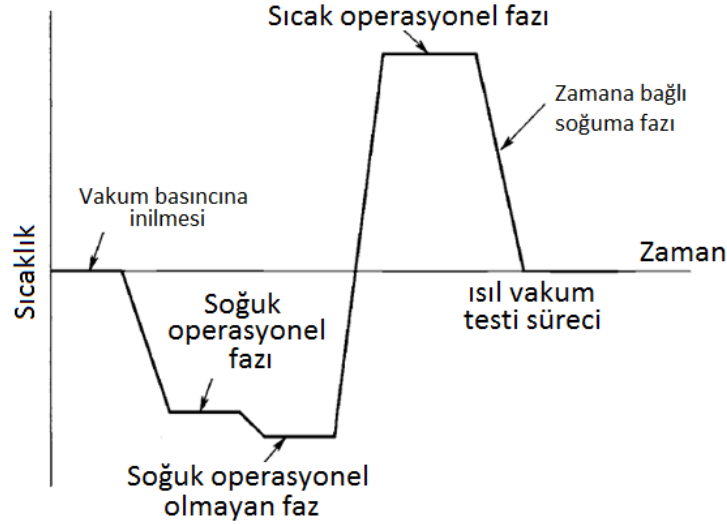
Uydu içerisindeki ekipmanların çalışma performanslarının uydunun karşılaşacağı uzay koşullarından etkilenmesini önlemek, ısıl kontrol sisteminin temel amacıdır.

Uydularda genel yaklaşım olarak yeterlilik seviyesinde iki adet kabul seviyesinde ise bir adet sistem seviyesi ısıl vakum testi gerçekleştirilmektedir. Isıl vakum testleri vakum ortamında, belirlenmiş sıcaklık limitlerinde ve tasarım gereksinimleri ışığında uydunun fonksiyonel performansını gösteren testlerdir. Isıl denge testi ısıl vakum testinin bir parçasıdır ve ısıl matematiksel modelin korelasyonu ve uydu ısıl kontrol alt sistemi tasarımının ve donanımlarının doğrulanması için gereklidir. Isıl döngü testi tasarım ve entegrasyon hatalarının öngörülebilmesi için uyduya stres değerlerinin uygulandığı performansının gözlemlendiği bir testtir.

¹ Tasarım Mühendisi, Uzay Sistemleri Grup Başkanlığı, Isıl Kontrol Sistemleri, E-posta: suleymankaancan.ataer@tai.com.tr

² Şef, Uzay Sistemleri Grup Başkanlığı, Isıl Kontrol Sistemleri, E-posta: sarabaci@tai.com.tr

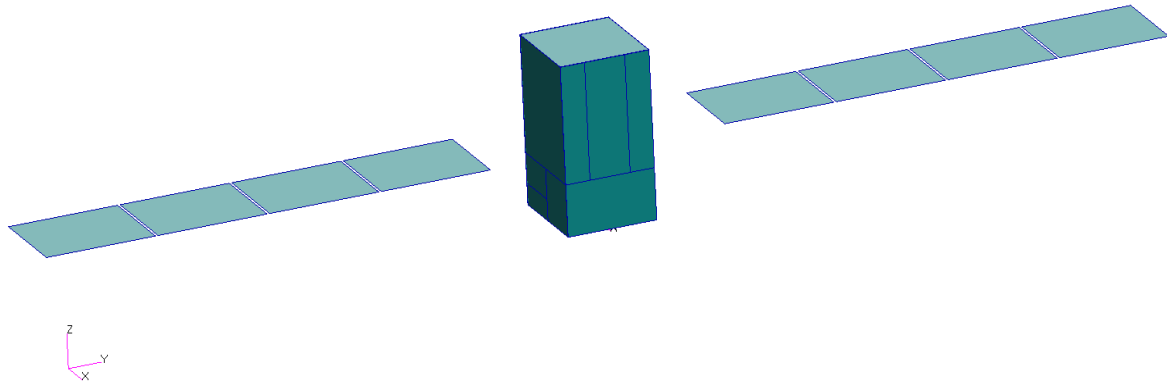
Isıl denge testinde uydunun daha önce belirlenmiş operasyonel fazlarına dair uçuş koşullarının benzetimi yapılarak sıcaklıklar gözlemlenir ve bu test sıcaklıkları test modeli ön analiz sıcaklıkları ile karşılaştırılır. Testlerden önce istenilen ortam koşulları (test odası) ve ısıtıcı güç hesaplamaları yapılır. Testte sıcak ve soğuk koşulların sağlanmasıyla ısı donanımların (ısıtıcı, radyatör, vb.) ve ısı matematiksel modelin (sıcaklık değişimleri inceler) gözlemlenmesi mümkün olur. Şekil 1’de basit bir ısı denge testi için fazlar belirtilmiştir.



Şekil 1: Basit ısı denge test profili [Gilmore, 2002]

Isıl denge testindeki başarı sadece ısı kontrol alt sistemi donanımlarının doğru çalışmasına değil ayrıca ısı matematiksel model ile test sonuçlarının korelasyonuna da bağlıdır. Test sonuçları ile model tahminleri arasında $\pm 3^{\circ}\text{C}$ bir fark görülmesi hedeflenmez. [ECSS 2008] Haberleşme uydularının ısı denge testlerinde genellikle kuzey görev yükü paneline maksimum güneş akısının geldiği yaz gün dönümü, güney görev yükü paneline maksimum güneş akısının geldiği kış gün dönümü ve görev yükü panellerine minimum güneş akısının geldiği ekinoks durumu olmak üzere üç durum incelenmektedir. [MACKEY R.J., 1997] çalışmada uydu panellerinde yer alan radyatörlere gelen güneş akılarını ekinoks, kış gün dönümü ve uydu ters çevrilmiş kış dönümü (yaz gün dönümü benzetimi için) durumlarını incelemiştir.

Bu çalışmada, bir haberleşme uydusunun ısı denge testinde sıcak operasyonel fazda ısı vakum test odası ısıtıcıları tarafından sağlanması gereken güç hesaplanmıştır. Ayrıca çalışmada ısı test odasının geometrik ve matematiksel modeli kullanıldığı için bu modeller hakkında ve ısı vakum test odası hakkında detaylı bilgi verilmiştir.



Şekil 2 : Tasarlanan Uydunun İndirgenmiş Geometrik Modeli

Tasarlanan uydunun Şekil 2'deki gösteriminden yola çıkarak panel isimlendirmeleri; +Y yönündeki panele güney panel, -Y yönündekine kuzey, +Z yönündekine üst, -Z yönündekine alt, +X yönündekine doğu ve -X yönündekine batı olarak tanımlanmıştır. Çalışmada ısı akısının inceleneceği paneller -Y ve +Y yönündeki panelleridir.

YÖNTEM

Bu çalışmada yer durağan yörüngede görev yapmak üzere tasarlanmış bir haberleşme uydusunun +Y (güney) ve -Y (kuzey) panellerine yörüngede gelen ortalama ısı akısının ısıl vakum test odasında benzetiminin yapılabilmesi için gerekli ısıtıcı güçleri hesaplanacaktır.

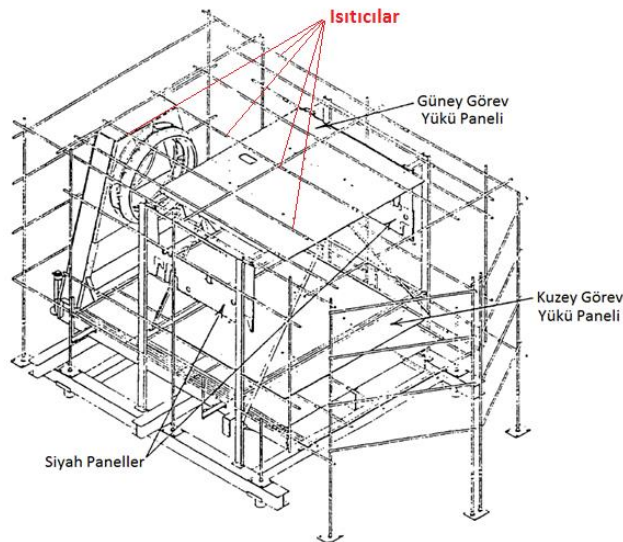
Bu çalışma kapsamında seçilen haberleşme uydusu 42° doğu boylamı yer durağan yörüngede görev yapmak üzere tasarlanmıştır. Uydunun yörüngede maruz kaldığı dış ısı akıları ve ışınlam değişim faktörlerinin hesaplanmasında ve ısıl vakum test odası modellemesinde THERMICA v.4.7.1 yazılımı kullanılmıştır.

Yapısal paneller THERMICA ortamında alüminyum malzeme özelliklerine sahip olacak şekilde modellenmişlerdir. Isı akılarının hesaplanması için modellenen panellerin ısıl optik özellikleri yayılım ve emilim değerleri 1 alınmıştır. Uydunun modellemesinde önceden gerçekleştirilmiş olan çalışmada yer alan benzer bir yaklaşım kullanılmıştır. [Arabacı, 2014]

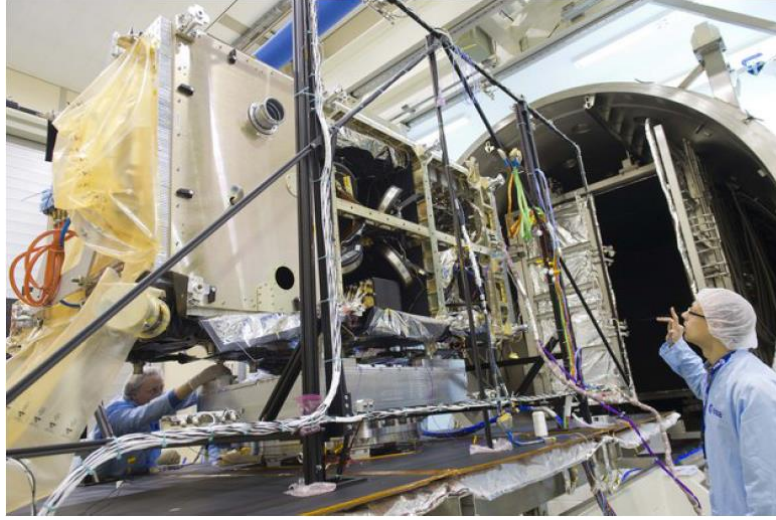
Bu çalışma için önceden tasarlanmış ve yörüngede ısıl analizleri gerçekleştirilmiş uydu modelinin yaz gün dönümünde kuzey paneli tarafından emilen güneş akısı, kış gün dönümünde ise güney paneli tarafından emilen güneş akısı girdi olarak kullanılmıştır. Daha sonra bu girdilerden ve panel tasarımından yola çıkılarak uydunun kuzey ve güney panellerine daha gerçekçi ısı akısı tanımlayabilmek adına panellerin her biri 12 ayrı parçaya ayrılmıştır. MSC SINDA yazılımı kullanılarak hazırlanan model çözdürülmüştür. Modellerin çözümü için oluşturulan .sin dosyasına QMAP komutu eklenerek ısıtıcılardan akan ısılar hesaplanmıştır. [MSC SINDA, 2015] Bu hesaplama ısıtıcıların plakalarla arasındaki görüş açısına göre değişkenlik göstermektedir.

Kuzey ve güney görev yükü panellerine gelecek ısı akısının hesaplanmasında kullanılacak yapısal paneller, ısıl vakum test odasında, uydunun kuzey ve güney panellerinin olması gerektiği yerde konumlandırılmıştır.

Benzer bir çalışmada Şekil 3'te gösterildiği gibi görev yükü panellerine ısıtıcılardan gelen ısı akısı ölçülmüştür. Şekil 3'te yer alan ince silindirik yapılar dış ısı akısı benzetimini yapacak olan ısıtıcılardır ve uydu platformunun tamamını çevreleyecek şekilde tasarlanmıştır.



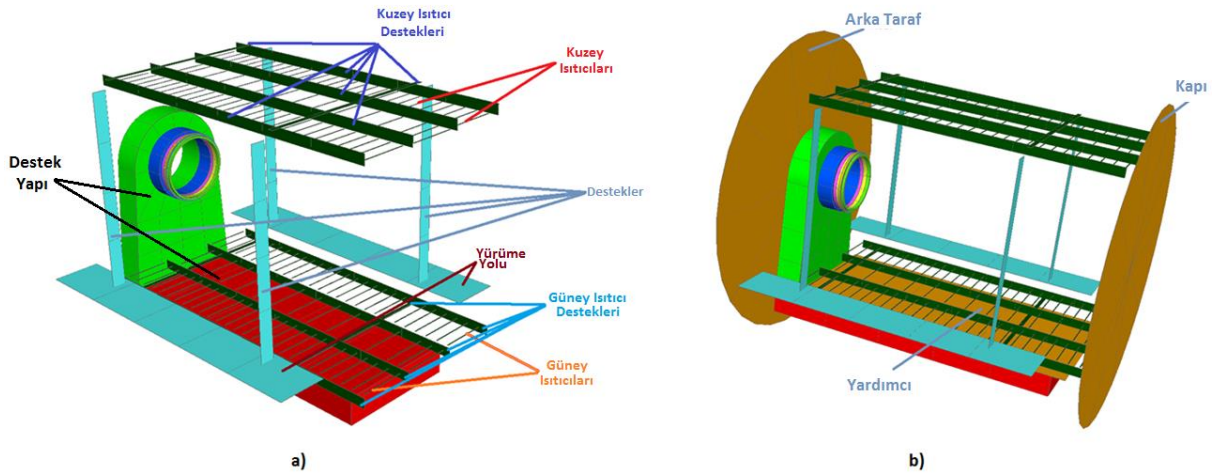
Şekil 3 : INTELSAT 802 ısı akısı kalibrasyon test panelleri yerleşimi [MACKEY R.J., 1997]



Şekil 4 : Isıl Test Odası ve Uydu görseli [ESA, 2017]

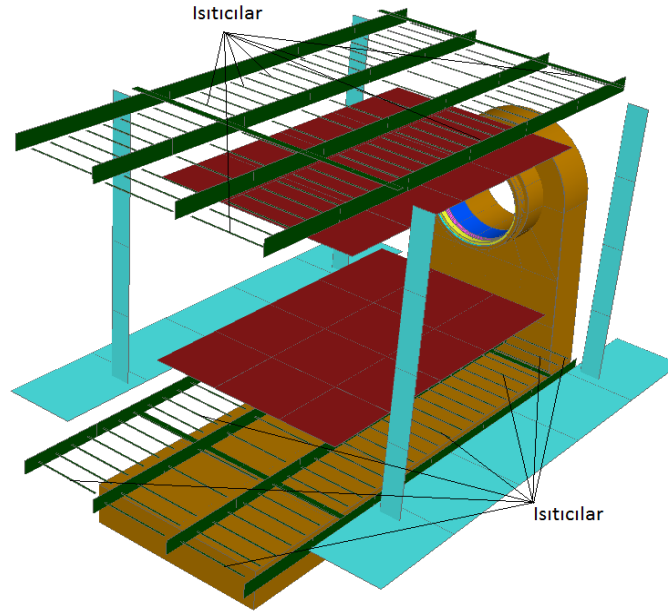
Şekil 4'te PHENIX ısıl vakum odasında test edilmek üzere Galileo FOC FM1 uydusunun hazırlığı görülmektedir.

Isıl Vakum Test Odası Geometrik Modeli: Şekil 5'te ısıl vakum test odasının THERMICA ortamında hazırlanmış modeli görülmektedir. Yapının bileşenleri genel hatları ile kuzey ve güney ısıtıcıları, ısıtıcı destekleri, uydunun taşınmasında kullanılan destek yapı ve yürüme yolları olarak gösterilebilir. Şekil 5 b)'de ise ısıl vakum odasının şartlandırılmış duvarları gösterilmektedir. Modeldeki bileşenlere gerçekteki ısıl kapasitanslarını yansıtacak malzeme özellikleri tanımlanmıştır. Daha sonra sahip oldukları ısıl-optik özellikler tanımlanmıştır. Çizelge 1'de malzeme ve kaplama özellikleri verilmiştir. Daha sonra geometrilerin yüzey normalleri kontrol edilmiştir.



Şekil 5 : a) Isıl Vakum Test odası Duvarsız Modeli b) Isıl Vakum Test odası Arka, Yardımcı ve Kapı Duvarlı Modeli

Isıl Vakum Test Odası Matematiksel Modeli: Yaklaşık 750 düğümden oluşan ısıl vakum test düzeneği modeline modellenen 12 adet kuzey ve 12 adet güney olmak üzere toplamda 24 adet panel düğümü eklenmiştir. Şekil 6'da ısı akısının hesaplanacağı paneller gösterilmektedir. Modeldeki düğümlerin hepsinin ısı sığaları ve ışınlam yükleri tanımlanmıştır. Şartlandırılan duvarların sıcaklıkları Çizelge 2'de tanımlanmıştır.



Şekil 6 : Isıl Test Odası ve Görev Yükü Panellerini Geometrilere

Isıl Vakum Odası (IVO) matematiksel modeli kullanılarak kuzey ve güney görev yükü panelleri ile ısıtıcıları arasındaki görüş açıları ve buna bağlı olarak ısıtıcılar ile paneller arasındaki ısı transferi hesaplanmıştır. Kullanılan silindirik geometrili ısıtıcıların kullanıldığı benzer uzay uygulamalar referanslar arasında yer alan [Grob 2016] ve [Tao 2012] de görülmektedir. Şekil 5'te anlaşıldığı üzere ısıtıcıların ve levhaların konumları bir ısıtıcıdan birkaç levhaya ışıyım gerçekleştirmesine izin vermektedir. Destek yapının sıcaklığının uyduyu etkilememesi adına bu yapı ÇKYB (Çok Katmanlı Yalıtım Battaniyesi) ile kaplanmıştır.

Çizelge 1 : Isıl Vakum Testi Bileşenleri Malzemeleri ve Isıl Optik Özellikleri

Bileşen Adı	Malzeme	Kaplama Malzemesi	Yayınım	Emilim
Arka Duvar	SS-304L	Aeroglaze	0.90	0.95
Kapı	SS-304L	Aeroglaze	0.90	0.95
Yan Duvarlar	SS-304L	Aeroglaze	0.90	0.95
Yardımcı Duvar	SS-304L	Aeroglaze	0.90	0.95
Kuzey/Güney Isıtıcıları	SS-304L	Calrod Kaplaması	0.40	0.40
Kuzey/Güney Isıtıcı Destekleri	SS-304L	Aeroglaze	0.90	0.95
Destek Yapı Battaniyesi	SS-304L	TAS_MLI	0.77	0.47
Isıl Adaptör	ALU-7010	TAS_MLI	0.77	0.47
Destekler	SS-304L	Aeroglaze	0.90	0.95
Yürüme Yolu	SS-304L	SS-304L-Unpolished	0.10	0.10

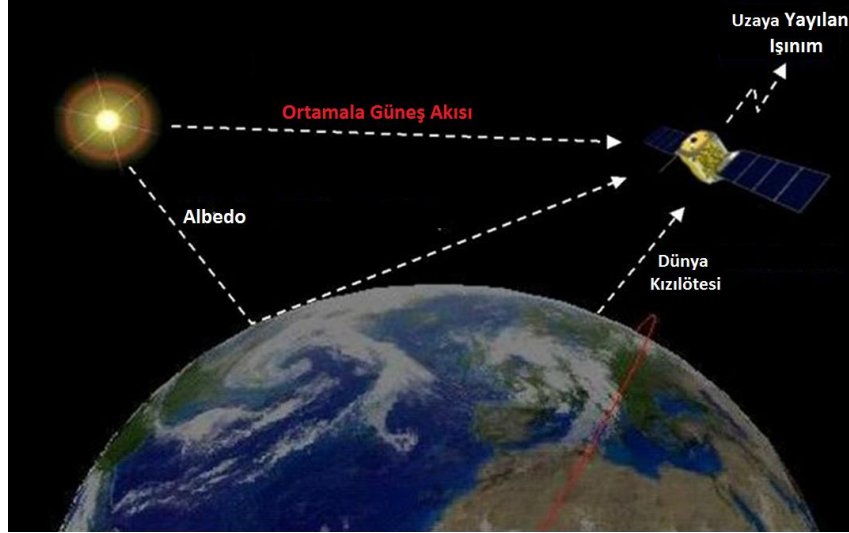
Isıl vakum odasının (IVO) tüm duvarları sıvı nitrojen yardımıyla -190 °C'ye kadar soğutulmaktadır. Bu değer ECSS (European Cooperation for Space Standardization) tarafından uygun görülmekte ve diğer ısı vakum test sistemlerinde de benzer sıcaklık değerleri kullanılmaktadır. [ESA, 2017]

Çizelge 2 : Isıl Vakum Testi Sınır Koşulları

Bileşen Adı	Sınır Koşulu
Arka Duvar	-190°C
Kapı	-190°C
Yan Duvarlar	-190°C
Yardımcı Duvar	-180°C
Destek Yapı	10°C
Isıl Adaptör	10°C

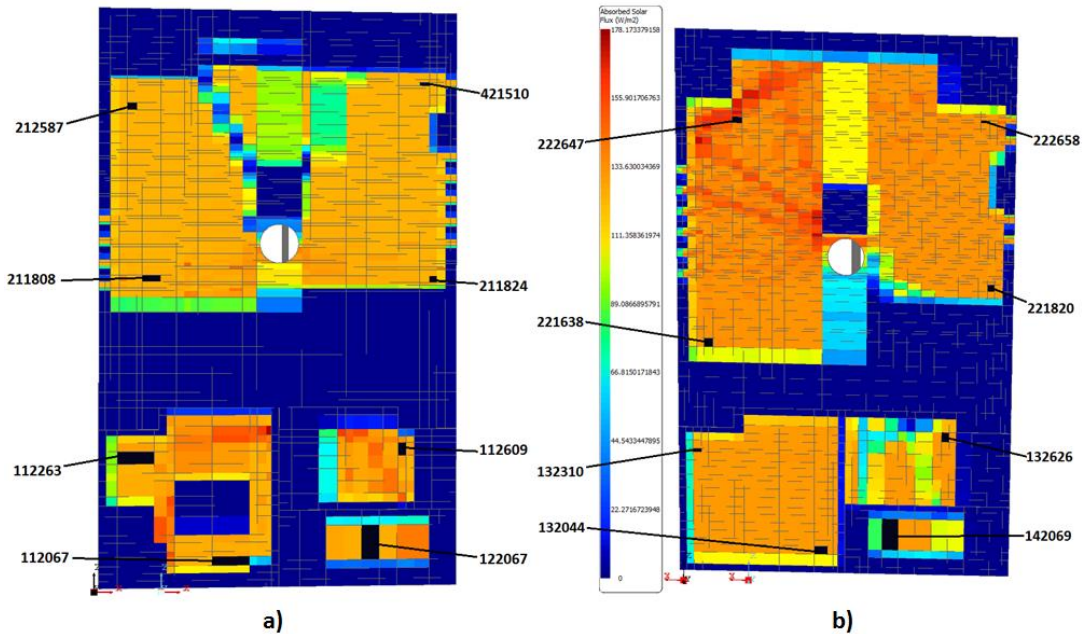
UYGULAMALAR

Şekil 7'deki gösterimden anlaşıldığı üzere uydu üzerine düşen ısı akıları güneş akısı, dünyadan yansıyan güneş akısı (Albedo) ve dünyanın yaydığı kızıl ötesi ısıdır. Haberleşme uyduları özelinde güneş akısı diğer iki ısı kaynağından nicelik olarak daha fazladır. Bundan dolayı haberleşme uyduları ısı kontrol alt sistemi tasarlanırken güneş akıları göz önünde bulundurularak diğer akılar ihmal edilebilir.



Şekil 7 : Uyduya Gelen Isı Akıları

Çalışma kapsamında panellerde görülmesi istenen ısı akıları haberleşme uydusu modelindeki paneller tarafından yörüngede emilen ısı akısı değerleri dikkate alınarak hesaplanmıştır. Bu işlem yapılırken haberleşme uydusunun +Y (güney) ve -Y (kuzey) panellerinden yeterli örnekleme almak adına 8'er adet düğüm seçilerek bu düğümlere gelen güneş akısı yörünge boyunca incelenmiştir. (Şekil 8)



Şekil 8 : Uydu uçuş modeli emilen güneş akıları a) Kuzey Görev Yüğü Paneli b) Güney Görev Yüğü Paneli

Çalışmada üzerinde durulması gereken temel nokta ısıtıcılar ile tasarlanan paneller arasındaki ısı transferidir. Isıtıcılar ile levhalar arasında birbirlerini görüş açılarına, sıcaklıklarına, yüzey alanlarına ve ısı-optik özelliklerine göre ışınlam ile ısı transferi gerçekleşmektedir. Bu transfer [Modest, 1993] ışınlam değişim yolu ile Denklem 1’de ifade edildiği şekilde gerçekleştirmektedir.

$$Q_{Isit_j-L_i} = A_{L_i} F_{Isit_j-L_i} \sigma (T_{Isit_j}^4 - T_{L_i}^4) \quad (1)$$

$Q_{Isit_j-L_i}$: Seçilen ısıtıcıdan seçilen levhaya gelen güç

A_{L_i} : Seçilen levhanın alanı

$F_{Isit_j-L_i}$: Seçilen ısıtıcı ile seçilen levha arasındaki görüş açısı

σ : Stefan-Boltzmann Sabiti = $5.670 \times 10^{-8} W/m^2 K^4$

T_{Isit_j} : Seçilen ısıtıcının sıcaklığı

T_{L_i} : Seçilen Levhanın sıcaklığı

Denklem 1’de belirtilen yöntem ile SINDA 2016 yazılımında QBMAP komutu kullanılarak her bir ısıtıcıdan her bir levhaya akan ısı değerleri hesaplanmıştır. Kuzey panellerin modellendiği 12 adet levha düğümlerinin her birine kuzey paneli ısıtmak için kullanılacak olan 69 adet ısıtıcı düğümlerinin hepsinden gelen ısı değerleri toplanarak levhalara gelen ısılar hesaplanmıştır. Benzer yöntem güney panellerin modellendiği 12 adet levha düğümleri için de gerçekleştirilmiştir. (Denklem 2)

$$Q_{L_i} = \sum_{j=1}^{69} Q_{Isit_j-L_i} \quad (2)$$

Q_{L_i} : Seçilen levhaya ısıtıcılardan gelen toplam güç

Isıtıcılar birden fazla levhayı gördüğü için güç ayarlamaları yapılırken ısıtıcıların tüm levhalara etkileri göz önünde bulundurulmalıdır. Burada belirtmek istenen ısıtıcı ile levha arasındaki görüş açısı farklılıklarından dolayı farklı ısıtıcılardan farklı levhalara farklı oranlarda ısı akışı gerçekleşebileceğidir. Fakat ısıtıcıya tek güç değeri tanımlanabileceğinden bu değer tüm levhalara akan ısı göz önünde bulundurularak hesaplanmalıdır. Bu sebeple levhaya her bir ısıtıcıdan akan ısıların levhaya toplam akan ısıya oranı hesaplanmıştır. (Denklem 3)

$$R_{Isit_j-L_i} = \frac{Q_{Isit_j-L_i}}{Q_{L_i}} \quad (3)$$

$R_{Isit_j-L_i}$: Seçilen levhaya seçilen ısıtıcıdan akan ısıların levhaya akan toplam ısıya oranı

$R_{Isit_j-L_i}$ parametresi her bir levha için birden fazla olduğundan her bir ısıtıcı için ortalama bir R_{ort_j} oranı hesaplanmıştır. (Denklem 4) Levhaların $R_{Isit_j-L_i}$ değerleri incelendiğinde %1.5 değerinin ısıtıcı levha gruplandırılmasında kullanılabilecek bir limit değeri olduğu anlaşılmaktadır. Hesaplanan ısıtıcı güçlerinde belirtildiği üzere her bir ısıtıcıya verilecek güç 80-100 Watt aralığındadır. Bu değerlerin %1.5’i ise 1.2-1.5 Watt aralığında yer almaktadır ve bu değer ihmal edilebilir olarak görülmektedir. Hesaplamaları kolaylaştırmak adına levhaya tek bir ısıtıcıdan akan ısı miktarı, ısıtıcıdan toplamda yayılan ısıların %1.5’inden az ise ısıtıcı ile panel arası ısı transferi ihmal edilmiştir. Bu sebeple ısıtıcılar ile levhalar arasındaki ısı transferinin dikkate alındığı durumlar paneller arasında farklılık göstermektedir. Her bir ısıtıcı için bu sayı n olarak hesaplamalara katılmıştır.

$$R_{ort_j} = \frac{\sum_{i=1}^{12} R_{Isit_j-L_i}}{n} \quad (4)$$

R_{ort_j} : Seçilen ısıtıcının panellere olan ısı akışını gösteren oranın ortalaması

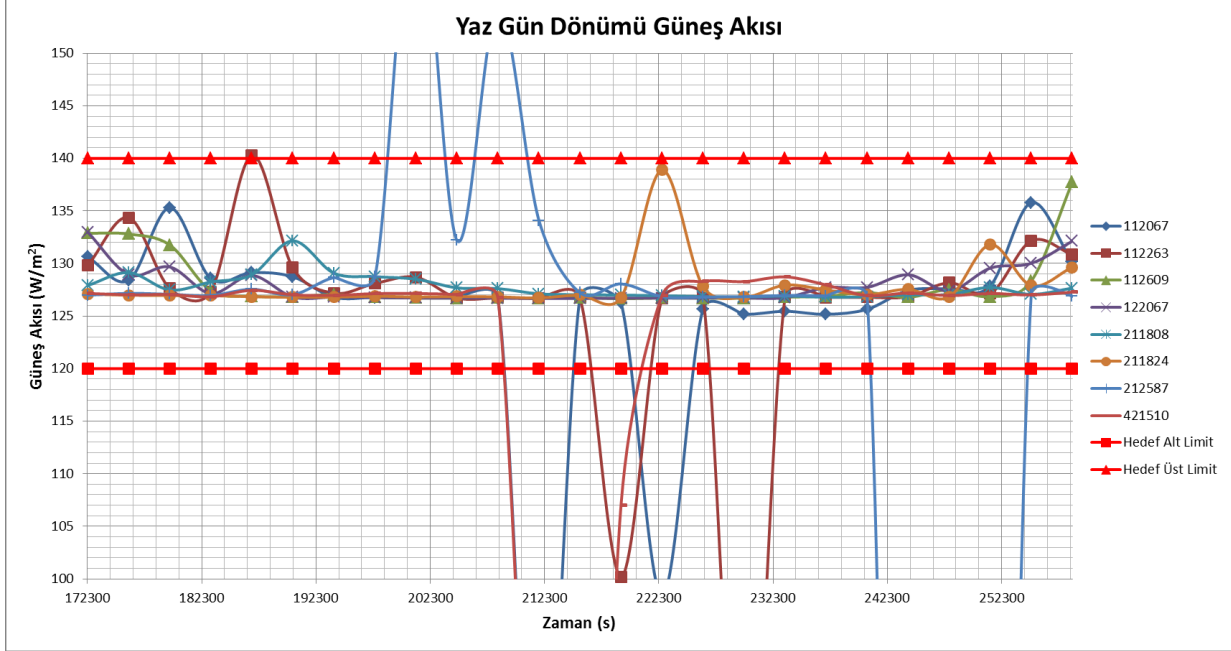
n : Seçilen ısıtıcının paneller ile ısı transferi gerçekleştirdiği durum sayısı

Panellere olan ortalama ısı akışını gösteren oran ile hesaplamaların başında ısıtıcıya verilen güç çapılarak her bir ısıtıcı için verilmesi gereken güç hesaplanmıştır. Bu işlem döngüsel olarak kuzey görev yükü (-Y) için 3 kere güney görev yükü (+Y) için ise 2 kere gerçekleştirilmiştir.

$$P_{Isit_jk} = P_{Isit_jit_{k-1}} \times R_{ave_j} \quad (5)$$

Panellerde istenen ısı akıları ve Hesaplanan Isıtıcı Güçleri:

Panellerde istenen güneş akıları için Şekil 8'de belirtilen düğümlerde Şekil 9 ve Şekil 10'da görülen değerler elde edilmiştir. Seçilen güneş akısı ve ısıtıcı güç dögüsel hesaplamaları aşağıdaki başlıklarda verilmiştir.

a) Yaz Gün Dönümü Kuzey Görev Yükü Paneli En Sıcak Durum:

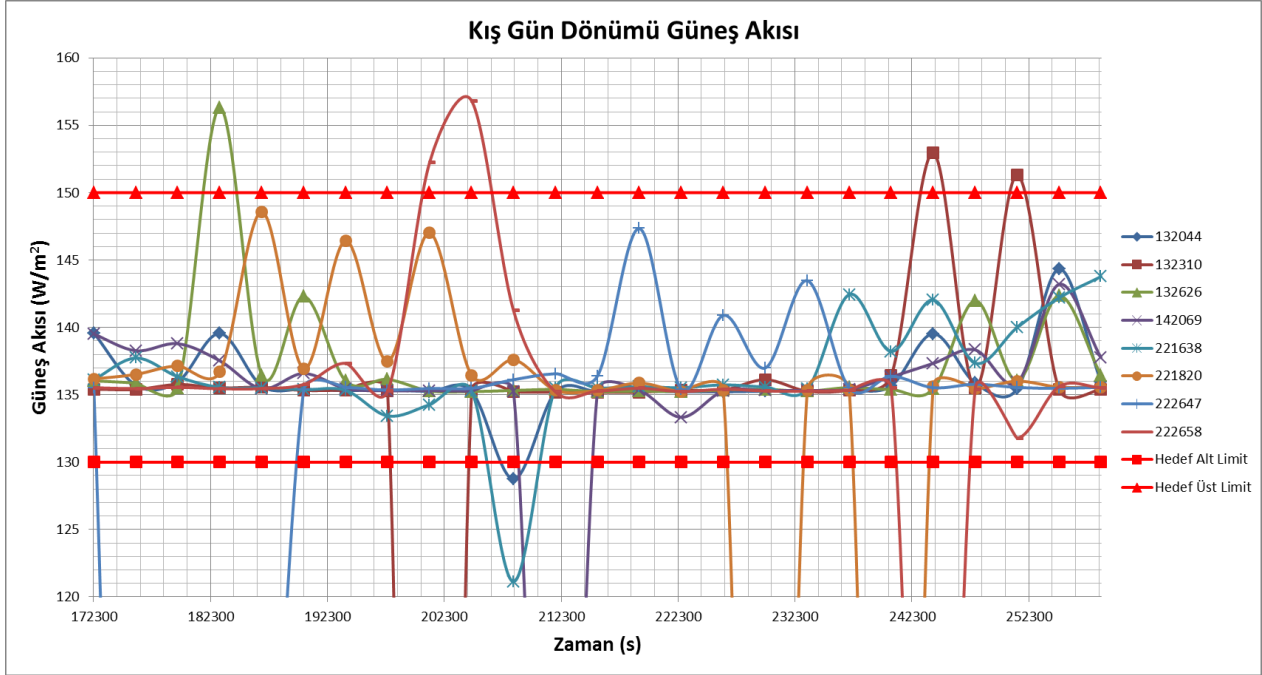
Şekil 9 : -Y Kuzey Görev Yükü Paneli Yaz Gün Dönümü için panelden seçilen düğümlerin güneş akısı değerleri

Şekil 9'da levhalarda görülmesi hedeflenen güneş akısı aralığı kırmızı yatay alt ve üst sınırların arası olarak verilmiştir. Grafikte görüldüğü üzere seçilen düğümlere düşen güneş akısı değerleri genellikle bu sınırların arasındadır ve alt sınır 120 W/m^2 , üst sınır ise 140 W/m^2 olarak belirlenmiştir. Hesaplamalar sırasında 10 W/m^2 'lik alt ve üst sınıra olan fark toplamda 20 W/m^2 'lik bir belirsizlik hedef olarak belirlemiştir. 1. Denemede tüm ısıtıcılara 400 W değerinde güç tanımlanmıştır. Daha sonra Şekil 11'de görüldüğü üzere 7 adet ısıtıcının tamamen kapalı olduğu ve diğer ısıtıcıların 80-100 W arası değiştiği görülmektedir. 2. denemede 6'nolu levhanın güneş akısı 140 W/m^2 'lik üst sınırı geçtiği için 4 adet ısıtıcının gücü 5'er Watt azaltılmıştır.

Çizelge 3 : -Y Kuzey Görev Yükü Paneli Yaz Gün Dönümü için Analiz Sonrası Hesaplanan Isı Akısı Değerleri

	Geometri	Alan (m^2)	İstenilen Isı Akısı (W/m^2)	İstenilen Güç (W)	3. Denemede Hesaplanan Güç Değerleri (W)	3. Denemede Hesaplanan Isı Akısı (W/m^2)
KGY	Dikdörtgen 1	1.016	130.00	127.92	138.07	135.86
	Dikdörtgen 2	1.091	130.00	119.20	139.20	127.64
	Dikdörtgen 3	0.907	130.00	143.36	126.49	139.50
	Dikdörtgen 4	0.741	130.00	175.41	102.04	137.69
	Dikdörtgen 5	0.797	130.00	163.09	100.86	126.54
	Dikdörtgen 6	0.660	130.00	197.03	92.22	139.76
	Dikdörtgen 7	0.753	130.00	172.67	100.78	133.87
	Dikdörtgen 8	0.810	130.00	160.53	100.86	124.54
	Dikdörtgen 9	0.670	130.00	194.05	92.40	137.93
	Dikdörtgen 10	0.750	130.00	173.43	101.64	135.59
	Dikdörtgen 11	0.806	130.00	161.24	97.90	121.42
	Dikdörtgen 12	0.669	130.00	194.36	90.14	134.76
Ortalama:						132.92
Minimum:						121.42
Maksimum:						139.76

b) Kış Gün Dönümü Güney Görev Yüğü Paneli En Sıcak Durum:



Şekil 10 : +Y Güney Görev Yüğü Paneli Kış Gün Dönümü için panelden seçilen düğümlerin güneş akısı değerleri

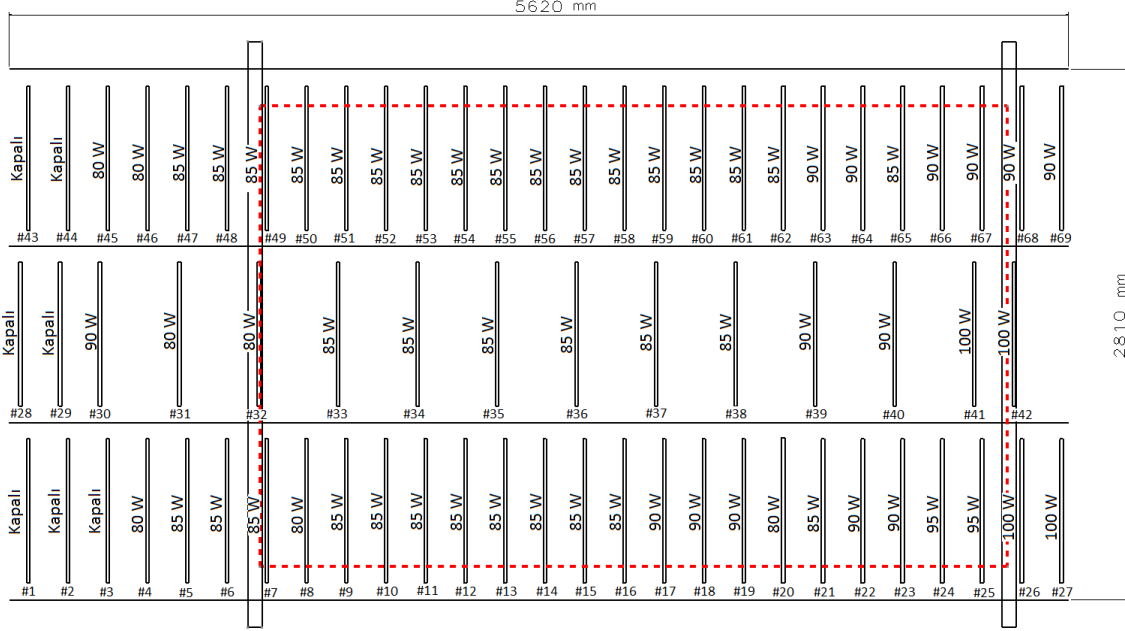
Şekil 10'da güney görev yüğü (+Y) paneli için levhalarda görülmesi hedeflenen güneş akısı aralığı kırmızı yatay alt ve üst sınırlar arası olarak verilmiştir. Grafikte görüldüğü üzere güney görev yüğü paneli için seçilen düğümlere düşen güneş akısı değerleri genellikle bu sınırların arasındadır ve alt sınır 130 W/m^2 , üst sınır ise 150 W/m^2 olarak belirlenmiştir. Yaz gün dönümü ile benzer şekilde sınırlar arasında 20 W/m^2 'lik belirsizlik hedef olarak belirlenmiştir. Yaz gün dönümü için yapılan analizlerde ve hesaplamalarda kış gün dönümü senaryosunda edinilen tecrübe ile 1. denemede tüm ısıtıcılara 150 W değerinde güç tanımlanması uygun görülmüştür. Daha sonra Şekil 12'de görüldüğü üzere 8 adet ısıtıcının tamamen kapalı olduğu ve diğer ısıtıcıların 90 ve 95 Watt değerlerinde olduğu görülmektedir.

Çizelge 4 : +Y Güney Görev Yüğü Paneli Kış Gün Dönümü için Analiz Sonrası Hesaplanan Isı Akısı Değerleri

	Geometri	Alan (m^2)	İstenilen Isı Akısı (W/m^2)	İstenilen Güç (W)	2. Denemede Hesaplanan Güç Değerleri (W)	2. Denemede Hesaplanan Isı Akısı (W/m^2)
GGY	Dikdörtgen 1	1.016	140.00	142.28	149.21	146.82
	Dikdörtgen 2	1.091	140.00	152.68	145.56	133.47
	Dikdörtgen 3	0.907	140.00	126.95	133.57	147.30
	Dikdörtgen 4	0.741	140.00	103.75	110.92	149.67
	Dikdörtgen 5	0.797	140.00	111.59	109.74	137.68
	Dikdörtgen 6	0.660	140.00	92.37	99.66	151.05
	Dikdörtgen 7	0.753	140.00	105.40	112.57	149.51
	Dikdörtgen 8	0.810	140.00	113.37	108.23	133.64
	Dikdörtgen 9	0.670	140.00	93.79	99.55	148.61
	Dikdörtgen 10	0.750	140.00	104.94	108.79	145.14
	Dikdörtgen 11	0.806	140.00	112.88	104.68	129.83
	Dikdörtgen 12	0.669	140.00	93.64	97.35	145.55
Ortalama:						143.19
Minimum:						129.83
Maksimum:						151.05

c) Isıtıcı Güçleri:

Isıtıcılara tüm değerlendirmeler sonrasında verilmesi gereken güç değerleri Şekil 11 ve Şekil 12’de gösterilmektedir. Hem güney hem de kuzey paneller tarafında 69 adet ısıtıcı olması, panelin üzerinde istenen akı değerlerine her bir ısıtıcı için daha az güç kullanılarak ulaşılabilmesi sağlanmıştır.



Şekil 11 : Kuzey görev yükü sıcak durum denge testi gerçekleştirilirken IVO içerisindeki ısıtıcılara verilecek güç değerleri

İstenen ısı akıları elde edildiğinde kuzey ve güney görev yükü panelleri için ısıtıcı güçleri arasındaki farkın 300 Watt civarında olduğu gözlemlenmiştir. Çizelge 3 ve Çizelge 4’te paneller için hesaplanmış ısı akıları ve panellere gelen toplam ısılar belirtilmektedir.



Şekil 12 : Güney görev yükü sıcak durum testi gerçekleştirilirken TVC içerisindeki ısıtıcılara verilecek güç değerleri

SONUÇ

Bu çalışmada yer sabit yörüngede görev yapacak bir haberleşme uydusu için ısı denge testi öncesinde ısı analizlere girdi olması ve IVO içerisinde benzetiminin yapılması gereken güneş akısı ihtiyacı belirlenmiş; test esnasında da kullanılabilmesi amacıyla bu değerin sağlanabilmesi için gereken IVO'daki ısıtıcı gücü hesabı yapılmıştır. Bulunan değerler ısı denge testi için ilk aşamada kullanılacak ısıtıcı güçlerini yansıtmaktadır. Toplamda kuzey paneli için en sıcak durum senaryosunda (yaz gün dönümü) 5385 Watt güney paneli için de en sıcak durum senaryosunda (kış gün dönümü) 5650 Watt güç gereksinimi gözlemlenmiştir. Çalışmada ısıtıcıların yerleşimi ve her bir ısıtıcı için gerekli ısıtıcı gücü belirtilmiştir. Belirtilen bu ısıtıcı güçleri sağlandığında, ısı denge testindeki kuzey ve güney panellerinin sıcak operasyonel fazları için gerek duyulan güneş akılarının benzetimi yapılmış olacaktır.

Kaynaklar

- [1] ARABACI S., Yer Gözlem Uydularında Isıl Modelleme ve Analiz Yaklaşımı, UHUK-2014-146
- [2] ATAER S. K., 2016. “Haberleşme Uydularında Gömülü Ve Yüze Monteli Isı Borularının Isıl Kontrol Açısından Karşılaştırılması”, UHUK-2016-94
- [3] ESA, Requirements and Standards Division, 2008. ECSS-E-ST-31C Thermal Control General Requirements, Second Issue, 15 November
- [4] http://www.esa.int/Our_Activities/Space_Engineering_Technology/Test_centre/Phenix_Thermal_Vacuum_Chamber, ESA, (Sayfa Ziyareti, 24.12.2017)
- [5] Gilmore D., Spacecraft Thermal Control Handbook, Volume:1 Fundamental Technologies, California: The Aerospace Press, 2002.
- [6] Grob E. W., 2016 “NOAA Weather Satellite Thermal Vacuum Test Analysis”, 46th International Conference on Environmental Systems ICES-2016-036 10-14 Temmuz 2016
- [7] MACKEY R.J., 1997. “A Comparison of INTELSAT VIII Spacecraft Thermal Vacuum Test Techniques”, Sixth European Symposium on Space Environmental Control Systems, Noordwijk
- [8] SINDA Versiyon 2016 Library Reference Guide, MSC Software, , Kasım 2015
- [9] Modest F., Radiative Heat Transfer, McGraw-Hill International Editions, Singapore, 1993.
- [10] Tao T., 2012 “Comparison between Solar Simulation and Infrared Technique for Thermal Balance Test”, World Academy Science, Engineering and Technology International Journal of Aerospace and Mechanical Engineering Vol:6, No:8, 2012