

## Haberleşme Uydusu Güneş Algılayıcısının Isıl Kontrolü

<sup>1</sup>Murat Bulut <sup>\*2,3</sup>Nedim Sözbir and <sup>4</sup>Şenol Gülgönül

<sup>1</sup>TÜRKSAT AŞ, Uydular Programları Direktörlüğü, Gölbaşı, Ankara, Türkiye

<sup>\*2</sup>Mühendislik Fakültesi, Makina Mühendisliği Bölümü, Sakarya Üniversitesi, Sakarya, Türkiye

<sup>3</sup>TÜRKSAT AŞ, Ar-Ge ve Uydular Tasarım Direktörlüğü, Gölbaşı, Ankara, Türkiye

<sup>4</sup>Electronic Control Department, BMC Power Motor ve Kontrol Sistemleri, İstanbul, 34906, Turkey

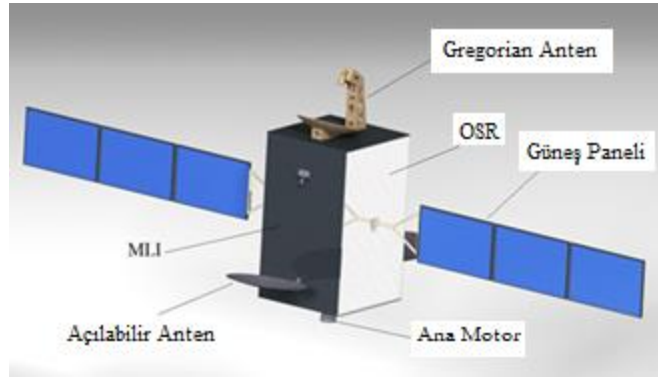
### Özet

Güneş algılayıcılar haberleşme uydularında yörünge ve yönelim altsistemlerinin en önemli ekipmanlarından biri olup uyduların dış kısmında uzaya bakan yüzeylerde yer alan ekipmanlardan biridir. Gerek uyduların içinde gerekse uyduların dışında yer alan her bir ekipman gibi güneş algılayıcılarda ısı yayılımı olmasa da ısı analizlerinin yapılması gerekmektedir. Bu çalışmada, yere duran uydularda yer alan ve yörünge ve yönelim altsistemine ait olan güneş algılayıcı ekipmanlarının ısı analizleri üzerinde çalışmalar yapılmıştır. Isıl analiz için güneş algılayıcı ısı yayılımı değeri 0 W, güneşten gelen ısı akısının değeri 1418 W/m<sup>2</sup> olarak alınmıştır. Güneş algılayıcısının uydunun Dünyaya bakan yüzeyin tam tersi olan yüzeyde olduğu kabul edilmiştir. Isıl analizler en sıcak ve en soğuk durumlara göre yapılmıştır. Yapılan analiz sonucunda en sıcak ve en soğuk durumdaki sıcaklıkların kalifiye sıcaklıklar arasında kaldığı görülmüştür.

**Anahtar kelimeler:** Güneş algılayıcı, haberleşme uydusu, ısı analiz

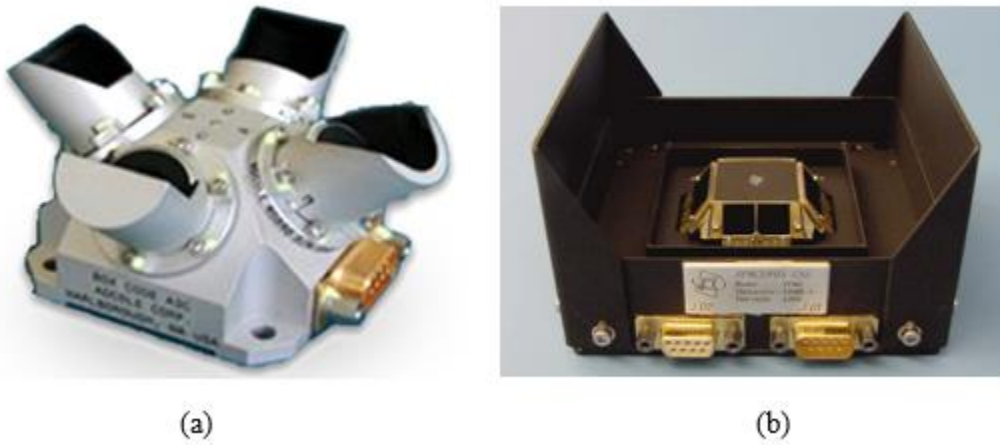
### 1. Giriş

Haberleşme uyduları ekvator üzerinden yeryüzüne göre değişmeyen yaklaşık 36,000 km uzakta yörünge de yer almaktadır. Haberleşme uyduları fonksiyonel olarak faydalı yük ve platform olarak iki ana yapıdan oluşmaktadır. Haberleşme alt sistemi, anten, telemetri ve komut, konumlama alt sistemleri faydalı yük sistemini oluşturmaktadır. Platform sistemi, tahrik, uçuş elektroniği, güç sistemi, yapısal alt sistemi ve ısı kontrol alt sisteminden oluşmaktadır. Şekil 1’de 3 eksenli stabilize haberleşme uydusu görülmektedir.



Şekil 1. Haberleşme uydusu [1]

Konum belirleme ve kontrol amaçlı kullanılan optik sensörler yıldız izler ve güneş sensörlerdir. Güneş algılayıcısı diğer bir ifade ile güneş sensörü uzay aracının güneşin konumunu tespit etmek için kullanılan cihazlardır. Güneş algılayıcısı uydularda yörünge ve yönelim altsistemin ekipmanlarından biridir. Şekil 2’de iki farklı üretici tarafından üretilen güneş algılayıcıları görülmektedir.



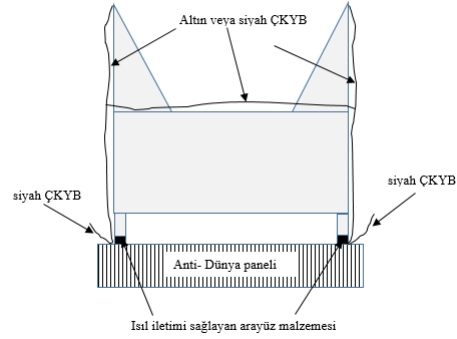
Şekil 2. Güneş algılayıcısı (a) Adcole corporation (b) TNO [2, 3] (telif hakkı Adcole Corp. ve TNO)

Güneş algılayıcılar uydunun dış kısmında yer aldığı için ve zorlu ısı şartlarına maruz kaldığı için özel ısı tasarımı ve analizi yapılmaktadır. Isıl algılayıcıların ısı kontrolünün sağlanması için radyatör alanlarına ve ısıtıcılara ihtiyaç duymaktadır.

## 2. Güneş Algılayıcısı Isıl Kontrolü

Güneş algılayıcılar, uyduların dış kısmında yer alıp Dünya’ya bakan uydu yüzeyinin tam ters yüzeyinde yer alıp kendine özgü ısı kontrol sistemine sahiptir. Güneş algılayıcılarda ısı kontrol olarak pasif donanımlardan, çok katmanlı yalıtım battaniyesi(ÇKYB), siyah boya ve ısı iletimin sağlanması için ara yüz malzeme kullanılmaktadır. Isıl aktif donanım olarak ısıtıcılar ve

termistörler kullanılmaktadır. Şekil 3’de güneş algılayıcı ısı kontrolü görülmektedir.

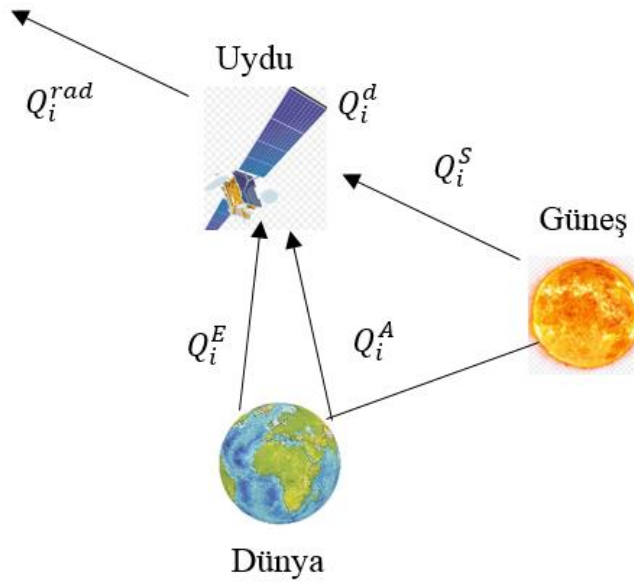


Şekil 3. Güneş algılayıcı ısı kontrolü

### 3. Güneş Algılayıcı Isıl Model Analizi

Uydu gerek uydu içerisinde gerekse uydu dışında yer alan her bir ekipmanın, maruz kalacağı dışardan gelen ısı akıları ,uydunun yörüngedeki konumuna göre değişim göstermektedir. Isıl akıları, yaz dönümü, kış dönümü ve ekinaks duruma bağlı olarak değişmektedir. Ekipmanın maruz kalacağı ısı akıları, ekipmanın üreteceği ısı akısı, iletim ve ışınım değerleri, yüzey soğurma ve yayınma değerlerinin bilinmesi ile birlikte ekipmanın sıcaklıkları hesaplanmaktadır.

Her bir eleman için ısı dengesi, elemanın içindeki ve dışındaki her yönden ısı akışını analiz etmeye dayanır. Bu yöntem kontrol hacmi yaklaşımına benzer. Isı dengesi için diferansiyel denklem eşiklik 1’de verilmektedir. Şekil 4’ de uzay ortamında yer alan uyduya ait enerji dengesi görülmektedir.



Şekil 4. Uydularda enerji dengesi

$$Q_i^d + Q_i^A + Q_i^E + Q_i^S - Q_i^{rad} = \frac{dE}{dt} \quad (1)$$

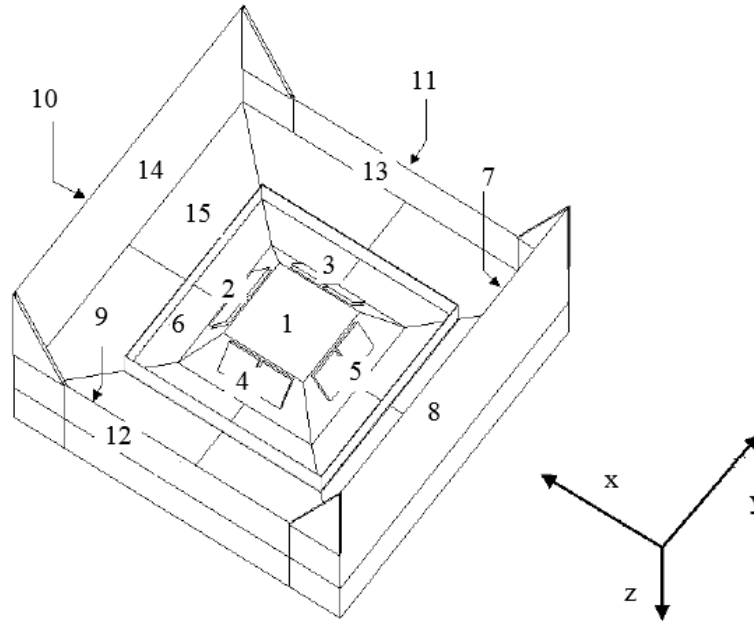
Burada,  $Q_i^d$ , elektronik elemana gelen ısıyı,  $Q_i^A$ , albedo ısısını,  $Q_i^E$ , dünyaya gelen ısıyı,  $Q_i^S$ , güneşten uyduya gelen ısıyı gösterir.  $Q_i^{rad}$ , uydu elektronik elemanından radyatör alanına ısı iletimi ile radyatör alanından uzaya radyasyonla atılan ısıyı gösterir.

Uydularda yer alan her bir ekipman sıcaklığı enerji denge denklemi çözümü ile elde edilmektedir. Uyduda yer alan her bir eleman için enerji denklemi eşitlik 2' de olduğu gibi uygulanmaktadır..

$$(Mc)_i \frac{dT_i}{dt} = Q_i^d + (\alpha^s A^s q^s + \alpha^A A^A q^A + \varepsilon A^E q^E)_i - \sum_j \mathfrak{F}_{ij} A_i^r (\sigma T_i^4 - \sigma T_{jr}^4) - \sum_j K_{ij} (T_i - T_{jk}) \quad (2)$$

Denklemin en sol kısmında yer alan ifade uydu elemanın ısı kapasitesini ifade etmektedir. Eşitliğin sağ tarafında yer alan ilk ifade uydu elemanın ısı yük değerini, ikinci terim net soğurulan ısıyı, üçüncü terim ışıyım ile uzaya atılan ısıyı ve en son terim de iç iletimini ifade etmektedir [4].

Sıcak ve soğuk durum için analizler yapılmaktadır. Analizlerde  $1418 \text{ W/m}^2$  ısı akısı en yüksek olarak alınmış ve güneş algılayıcının üretmiş olduğu ısı akısı değeri 0 olarak alınmıştır. Güneş algılayıcı kütlesi 0.4 kg ve fiziksel boyutları olarak 129 mm x 120 mm x 73 mm olarak alınmıştır. Bu çalışmada Şekil 2 (b)' de yer alan TNO üretici firmasına ait güneş algılayıcı örnek olarak alınmıştır. Isı yayılım ( $\varepsilon$ ) ve soğurma katsayısı ( $\alpha$ ) olarak altın renkli ÇKYB için 0.61 ve 0.35 olarak alınmıştır. Siyah ÇKYB için ısı yayılım ( $\varepsilon$ ) ve soğurma katsayısı ( $\alpha$ ) olarak 0.84 ve 0.93 olarak alınmıştır. Uzay sıcaklığı 4K olarak alınmıştır. Şekil 5'de güneş algılayıcısına ait nodeller görülmektedir. 2,3,4 ve 5 numaralı nodlar hücre çiftlerini göstermektedir.



Şekil 5. Güneş algılayıcı nodları

#### 4. Isıl Analiz Sonuçları

Güneş algılayıcısı ısıl kontrolünde sıcak ve soğuk durum gözönüne alınarak analizler yapılmıştır. Analiz sonuçları Tablo 1’de yer almaktadır. En kötü sıcak durum  $1418 \text{ W/m}^2$  ısı akısı ile elde edilirken en kötü soğuk durum  $0 \text{ W/m}^2$  ısı akısı ile elde edilmiştir. En kötü sıcak durum için ortalama hesaplanan analiz sıcaklık sonucu  $99 \text{ }^\circ\text{C}$  iken en kötü soğuk durum için ortalama analiz sıcaklık sonucu  $-28 \text{ }^\circ\text{C}$  olarak hesaplanmıştır.

**Tablo 1.** Güneş Algılayıcı min. ve max. sıcaklıkları

	Node	Hesaplanan sıcaklıklar		Kalifiye sıcaklıklar	
		$^\circ\text{C}$	$^\circ\text{C}$	Operasyonel	Operasyonel olmayan
En kötü sıcak durum	2	100.05		+120	+120
	3	98.28			
	4	98.29			
	5	100.05			
En kötü soğuk durum	2	-28.23		-60	-70
	3	-28.48			
	4	-28.48			
	5	-28.25			

## 5. Sonuçlar

Isıl kontrol alt sistemi, ekipmanların çalışma sıcaklık aralıklarında çalışması için gerekli olan şartları sağlaması ana görevidir. Bu çalışmada, güneş algılayıcıları için ısıl kontrol alt sistemi olarak ısıl tasarım ve analizler yapılmıştır. Isıl analiz sonucunda hesaplanan sıcaklık değerlerinin kalifiye sıcaklık değerleri içerisinde kaldığı görülmüştür.

## Kaynak

- [1] Bulut M, Sözbir N. Prediction of the solar array temperatures of geostationary earth orbit satellite by using analytical methods. 9th International Conference on Recent Advances in Space Technologies-RAST 2019, Turkish Airforce Academy, Istanbul, 11-14 June 2019.
- [2] <https://www.adcole.com>
- [3] <https://www.tno.nl>
- [4] Megahed A, El-Dib A. Thermal design and analysis for battery module for a remote sensing satellite. Journal of Spacecraft and Rockets 2007; 44 (4):920-926.