

UYDULARDA OPTİK GÜNEŞ REFLEKTÖRÜ İLE ISIL KONTROL VE UYGULAMA YÖNTEMİ

Hakkı COŞKUN¹,
Türksat A.Ş., Ankara

Murat BULUT²
Türksat A.Ş., Ankara
Rochester Institute of Technology,
Makina Müh. Bölümü, Rochester,
NY, Amerika Sakarya Üniversitesi,
Makina Müh. Bölümü, Sakarya

Nedim SÖZBİR³
Türksat A.Ş., Ankara
Tübitak Uzay Enstitüsü, Ankara
Sakarya Üniversitesi, Makina
Müh. Bölümü, Sakarya

ÖZET

Uydularda pasif ısı kontrol elemanı olan optik güneş reflektörleri uydu içerisinde oluşan ısıyı, uzaya atmak için kullanılmaktadır. Uydu içerisinde yer alan elektronik ekipmanların istenilen performansta çalışmaları ve uzun ömürlü olmaları için belirli sıcaklık aralıklarında çalışmaları gerekir. Bu nedenle ortamda oluşan ısıların uzaklaştırılmasında kullanılan elamanlardan birisi olan optik güneş reflektörlerine ihtiyaç vardır. Bu yayında uydularda kullanılan optik güneş reflektörleri hakkında bilgiler verilecektir. Ülkemizde gelecekte bu sektörde çalışacak olan meslektaşlarımıza kazanılan tecrübelerin aktarılması amaçlanmıştır.

SİMGELER

A	= Alan [m ²]
HP	= Isı Boruları
MLI	= Çok Katmanlı Yalıtım
OSR	= Optik Güneş Reflektörü
PDR	= Ön Tasarım Gözden Çalışması
Q	= Isı, [W]
q	= Isı akısı, [W/ m ²]
T	= Sıcaklık, [K veya °C]
α	= Yüzey soğurulma katsayısı
ε	= Yüzey yayınlama katsayısı
σ	= Stefan _Boltzmann katsayısı[W/ m ² K ⁴]

Alt simge

A	= albedo ile ilgili
E	= dünya ışınlamı ile ilgili
S, s	= solar ışınlam
r	= ışınlam ile ilgili
int	= üretilen ısı

¹ Uzman, Uydu Programları Direktörlüğü, E-posta: hcoskun@turksat.com.tr

² Kıdemli Uzman, Uydu Programları Direktörlüğü, E-posta: muratbulut@turksat.com.tr

³ Danışman, Uydu Programları Direktörlüğü, E-posta: nsozbir@turksat.com.tr ve Sakarya Üniversitesi Öğr. Üyesi

GİRİŞ

Uyduyu oluşturan alt sistemlerden bir olan Isıl Kontrol Sistemin en temel görevi uydu üzerinde yer alan ekipmanların uydunun görev ömrü boyunca güvenli sıcaklık aralıklarında performanslı bir şekilde çalışmalarını sağlamaktır. Bundan dolayı ısı kontrol sistemi uydunun önemli alt sistemlerinden biridir.

Uzay ortamında veya yeryüzünde bulunduğumuz şartlarda kullanılan ekipmanların ve özellikle elektrik kökenli olanları ömürleri ve performansları ile çalışma sıcaklıkları arasında yakın bir ilişki vardır. Buna günlük hayatta kullandığımız bilgisayar, telefon, araba gibi birçok üründe görebiliriz. Bu nedenle ekipmanların iyi bir performansta çalışması ve ömrünün daha uzun olması için her sistemin kendine uygun aralıklardaki sıcaklıklarda çalışması gerekir. Uydu üzerinde yer alan alt sistem ekipmanlarının özellikleri, şekilleri, malzemeleri vb. farklı olduğu için performanslı çalışabileceği sıcaklık aralıkları farklı olup her tasarıma özgü ısı kontrol yapılması gerekir. Isıl kontrolleri gerçekleştirebilmek için ekipmanların yapıları ve çalışma durumları göz önüne alınarak çeşitli ısı kontrol donanımları kullanılır. Bunları iki grupta değerlendirecek olursak pasif ve aktif kontroller diyebiliriz.

Pasif ısı kontrol, elektrik enerjisi kullanmayan, yüzey, kaplama ve malzeme vb. özellikler ile ısı kontrol sağlanır. Yaygın olarak kullanılanlar; Optik güneş reflektörü (OSR), çok katmanlı izolasyon malzemesi (MLI), sabit iletimli ısı boruları, radyatörler vb.

Aktif ısı kontrol, genel olarak elektrik enerjisine ihtiyaç duyarak çalışan elemanlar ile yapılan kontrollerdir. Yaygın olarak kullanılanlar; Elektrikli ısıtıcılar, çevrimli ısı boruları, termistörler vb.

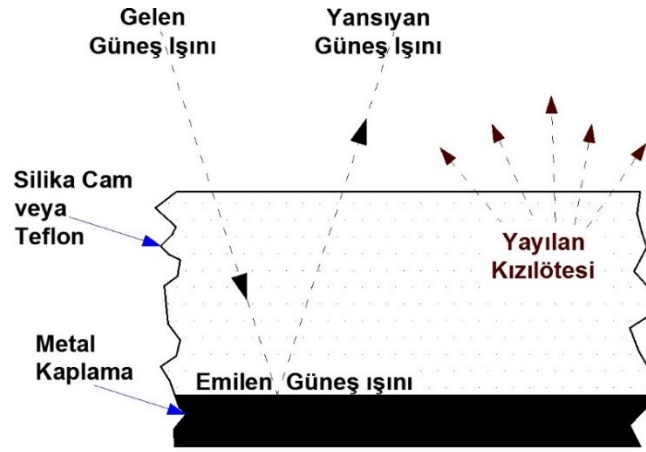
OPTİK GÜNEŞ REFLEKTÖRLERİN ISIL ÖZELLİKLERİ

Haberleşme uydularında ekipmanlardan kaynaklanan fazla ısıyı radyatör adı verilen yüzey kaplamaları ile uzay ortamına atılır. Bu kaplamalardan biri olan optik güneş reflektörü (OSR) haberleşme uydularında kullanılan radyatörlerdir.

Normal şartlar altında enerji aktarımı iletim, taşınım ya da ışıınım yoluyla (veya bu yolların birleşimleriyle) gerçekleşir. Uzay şartlarında ise radyatörlerle ancak iletim ve ışıınım ile ısı transferleri gerçekleştirilebilir. Taşınım ile ısı transferi ısı boruları gibi içerisinde akışkan olan donanımlarla gerçekleştirmektedir. Optik solar reflektörler ile hem iletim hem de ışıınım yollarıyla ısı transferleri gerçekleştirerek radyatör görevini görür.

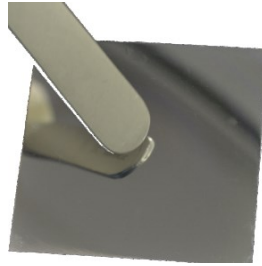
Optik solar reflektörler (OSR) uydularda genellikle ısı denge sağlamak için kullanılırlar. OSR' lar genellikle iki tabakadan oluşur. Üst katmanda yüksek yayma gücüne ulaşmak için kuvars cam ya da teflon gibi görünür şeffaf malzemeler kullanılırken alt katmanda genellikle uzaydan ve çoğunlukla güneşten gelen ışınları soğurabilmek yani emiciliğini en aza indirmek için gümüş ya da alüminyum gibi kaplamalar kullanılır.

Kuvars tabakalar ile yüksek bir IR (infrared) yayma gücü ve metal tabakalar ile iyi bir yansıtma sağlayarak soğutma görevi görür. Şekil 1' de iki yüzeyli optik solar reflektör katmanlarının termal dağılımı görülmektedir. Şekil 2' de haberleşme ve bilimsel uydularda kullanılan OSR görülmektedir.



Şekil 1: İki Yüzeyle Optik Solar Reflektör Katmanların Termal Dağılım [Gilmore D.G, 2002]

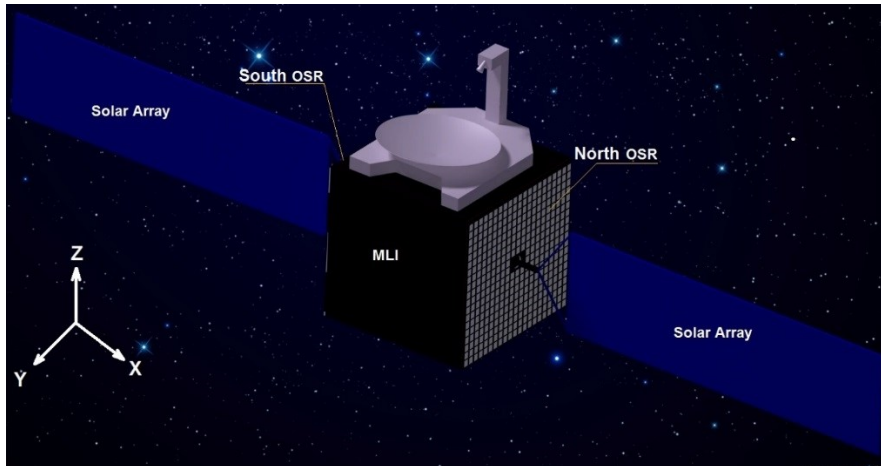
OSR' lar radyatör görevi görecek yüzey üzerine karolar halinde akrilik veya silikon bazlı ısı iletim değeri yüksek yapıştırıcılar kullanılarak yapıştırılır. Uydu içerisindeki ısı, kuzey ve güney panellerinden uzaya atılmaktadır. Isının atıldığı panel alanları optik güneş reflektörü (OSR) ile kaplanmıştır. [Bulut, M., Demirel, S., Gülgönül, Ş and Sözbir, 2008; Sözbir, N., Bulut, M., Öktem, M.F, and Kahrman, A.,2008, Sözbir, N., ve Bulut, M.,2009].



Şekil 2: Tipik Bir OSR Görünümü [Telif Hakkı: Consorzio C.R.E.O.]

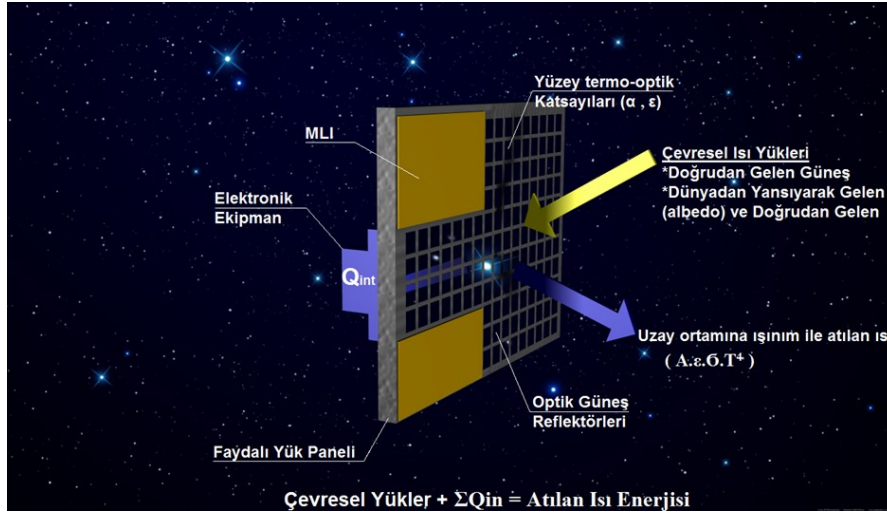
Radyatör olarak kullanılan OSR' ler uydu üzerinde termal balans sağlamak için oluşan fazla ısıların uzay ortamına aktarılmasında çok önemli bir görevi vardır. Uydu üzerinde genellikle faydalı yük panellerinde, batarya panellerinde, güneş ve yıldız izlerler gibi alt sistemlerde kullanılırlar. Bu ekipmanlardaki oluşan fazla ısıyı uzay ortamına atmak için honeycomb panellerin dış yüzeyi OSR ile kaplanır.[Bulut, M., Demirel, S., Gülgönül, Ş and Sözbir, 2008, Agrawal Brij N.,1986, Karam D.R., 1998,Pisacane V.L., 2005].

Şekil 3' de haberleşme uydusunda OSR ve MLI kullanıldıkları yerler görülmektedir.



Şekil 3: Bir Haberleşme Uydusunda OSR ve MLI Kullanıldığı Yerler

Uydularda ısı kontrolün yapılabilmesi için uydu tarafından soğurulan ısı ile ışınlam ile atılan ısınin dengesinin sağlanması gerekmektedir. Bu denge uydu içindeki ekipmanların performans kriterleri karşılayacak şekilde olur. Radyatörlerde ışınlam ve yayınımlardan oluşan genel bir enerji dengesi vardır. Bu enerji dengesi aşağıdaki şekil 4’de gösterilmiştir. Enerji dengesi ifade edilirken yıldızlar, ay, galaksiler vb. uzay boşluğundan gelen diğer ışınlam çok küçük olduğundan dikkate alınmamıştır.



Şekil 4: Uydu Panelindeki (Kuzey ve Güney) Enerji Dengesi

Radyatörler, uydu içerisindeki ekipmanlarda oluşan fazla ısıyı ışınlam ile yüzeylerden uzaklaştırmak ve uydu içerisinde oluşan ısıyı dışarıya atmak için kullanılmaktadır. Radyatörlerde kullanılan optik güneş yansıtıcıların ısınin yüzeylerden uzaklaştırılmasında yüzey yayınımlam ve sıcaklık iki önemli özelliktir. Bu nedenle radyatörlerin soğurma değeriinin çok düşük yayınımlam değeriinin yüksek olması istenir.

OSR’ lerin yayınımlam ve soğurma değeri üreticiye göre değışiklik göstermekle beraber genelde $0,65 < \text{Yayınımlam} < 0,85$ ile $0,05 < \text{Soğurma}(\text{Alfa}) < 0,16$ arasında değerlere sahiptir. İlerleyen teknoloji ile beraber bu değerler daha da iyi noktalara gelmektedir.

Uydunun ısı analizinde güneş reflektör thermo-optik değeri önemlidir. Optik güneş reflektörü, düşük yüzey soğurulma (α) ve yüksek yayınımlama (ϵ) değeriine sahiptir. Haberleşme uyduları için Optik güneş reflektörü tipik thermo-optik değeri α (ömür başlangıcı)= 0.11, α (ömür sonu)=0.27 ve $\epsilon=0.84$ değeri kabul edilebilir. Ayrıca ışınlam alanların boyutlandırılması maksimum ısı transferi, maksimum güneş ışınlam ömür sonu thermo-optik özellikler gibi en kötü durumlar göz önüne alınarak yapılır. [Bulut, M., Demirel, S., Gülgönül, Ş and Sözbir, 2008; Sözbir, N., Bulut, M., Öktem, M.F, and Kahrman, A.,2008, Sözbir, N., ve Bulut, M.,2009]

Enerji dengesine ait yükleri karşılıklı olarak yazacak olursak aşağıdaki denklem elde edilir.

$$(A_S q_S + A_A q_A) \alpha + A_E q_E \epsilon + Q_{\text{int}} = A_{\text{surface}} \sigma (T_r^4 - T_s^4) \epsilon \quad (1)$$

Bu denklemde, eşitliğin sol tarafı uydu tarafından soğurulan ve elektronik cihazlar tarafından üretilen ısı yükünü, sağ taraf uydu tarafından atılan ısı yükünü göstermektedir. Eşitliğin sol tarafındaki ilk ve ikinci terim net soğurulan ısıyı, üçüncü terim çalışma ısı yükünü (uydu elemanlarının ürettiği ısı) göstermektedir. A_S , A_A ve A_E doğrudan gelen güneş, dünyadan yansarak gelen (albedo) ve doğrudan dünyadan yayılan kızılötesi ışınlam ile ilgili yüzey alanlarıdır. Bu enerji denkleminin dağılımı yukarıda şekilde gösterilmiştir.

OPTİK GÜNEŞ REFLEKTÖRLERİN ÜRETİM AŞAMALARI

Dikdörtgensele olarak üretilerek uygulanan OSR' lar uygulanacak panel üzerine birçok değişik metotla monte edilebilirler. Burada modüler şekilde uygulanmasından bahsedilecektir.

Genelde 3x3, 4x4, 5x5 vb. modüller halinde kolay monte edilebilecek şekilde oluşturulan OSR' lar tasarım bilgilerine uygun matriste üretimi yapılır. Bu dokümanda 3x3 lük bir modül üzerinde anlatılacaktır. OSR panel üzerine uygulanırken izlediği yollar genellenerek maddeler halinde aşağıda belirtilmiştir.

1. Montaj için kullanılacak ekipmanların hazırlanması ve bakımı yapılarak temizlik kontrolü,
2. OSR' lerin saklama haznelerinden çıkarılması,
3. 3x3'lük modüllerin oluşturularak hazır hale getirilmesi,
4. Panel üzerinde OSR uygulanacak yüzeyin zımparalanması hazırlanması,
5. Yapıştırıcının hazırlanması,
6. Yapıştırma işlemi için modülün hazırlanması,
7. Yapıştırıcının modüle uygulanması,
8. Hazırlanmış modülün panel üzerine uygulanması,
9. OSR üzerindeki yapıştırıcıların temizlenmesi.

OSR üretimine başlamadan önce kullanılacak olan araç ve gereçlerin problemsiz ve temiz oda şartlarına uygun olduklarından emin olunur. Daha sonra vakum kalemi yardımıyla saklama haznelerinden çıkartılarak hizalama tezgâhlarına yerleştirilir.

Hizalanmış OSR parçaları maskeleme bantları ile tutturulurlar. Hizalama tezgâhından alınarak primer uygulamak için ters çevrilerek bekleme haznesine alınır. Yapıştırıcı kürü hazırlandıktan sonra yapıştırıcıyı uygulamak için modül yapıştırma tezgahına alınır. Üzerine ağ bir çerçeve yerleştirilerek yapıştırıcı uygulanır. Burada kullanılan ağ çerçeve kullanılacak olan yapıştırıcı kalınlığının istenilen şekilde ayarlayarak muntazam bir yapıştırıcı dağılımı sağlamak.

Yapıştırıcı uygulanmış OSR modül alınarak yapıştırılacak panel üzerine yerleştirilir sabitlemek amacı ile maskeleme bantları ile geçici olarak panel yüzeyine yapıştırılır. OSR' lerin panele hava boşluğu kalmayacak şekilde yapıştırmak için üzerinden çok kez silindir geçirilir. Ardından özel olarak hazırlanmış damga ile her bir OSR parçası üzerine bastırılarak silindirden kaynaklı düzensizliği giderilir. Tekrar silindir ile geçirilerek yapıştırma işlemi tamamlanmış olur.

OSR modül üzerindeki yapıştırıcı kalıntıları temizlenir. Maskeleme bantları sökülerek OSR yüzeyi temizlenir ve OSR üzerinde hava boşluğu kontrolü yapılarak onaylanır. Bu işlemler sırasında veya panel yüzeyine yapıştırıldıktan sonra OSR parçalarının hasar görmesinden dolayı söküm işlemleri ayrı bir yol ile gerçekleştirilir.

SONUÇ

Uzay ortamında uydulara ait alt sistem ekipmanlarının istenilen performansta ve güvenilir bir sıcaklık aralığında çalışması için radyatör olarak kullanılan ısının uzaya atıldığı yüzeylerin optik güneş reflektörleri kaplanarak güneşten gelen ısının daha az olarak panele gelmesini sağlamak için ve paneldeki ısının uzaya atılmasında sağlayan ısı kontrol ekipmanlardır. Optik güneş reflektörlerinin tasarımı ve özellikle üretimi geniş bilgi ve tecrübe gerektiren konular olup, bu yayın ile uydu üretiminde kullanılacak olan OSR ile ilgili bilgiler verilmek istenmiş ve Japonya'da elde edilen bilgi ve tecrübelerin paylaşılması amaçlanmıştır.

Bu çalışma ile uydular hakkında genel bilgilere yer verilmiş ve uydu tasarımı konularında da yazılmış olan literatür bilgileri incelenerek, optik güneş reflektörleri anlatılmaya çalışılmıştır. Optik güneş reflektörleri hakkında bilgiler verilirken, üretim aşamalarında kazanılan tecrübeler ışığında açıklanmaya çalışılmıştır.

Kaynaklar

ECSS-E-30 Part 1A: Space Engineering, Mechanical –Part 1: Thermal Control, ESA Publications, 2000.
Gilmore D.G, Editor, Spacecraft Thermal Control Handbook Vol. 1:, 2.Ed.,The Aerospace Corporation, CA, USA, 2002.

Brij N. Agrawal., Design of Geosynchronous Spacecraft (First Ed.), Prentice hall, Inc. NJ, 1986.

Karam D.R., Satellite Thermal Control for System Engineers (First Ed.), AIAA, Inc.,VA, 1998.

Pisacane V.L., Fundamentals of Space Systems (Second Ed.), Oxford Press University, Inc.,NY, 2005.

Bulut, M., Demirel, S., Gülgönül, Ş and Sözbir, N., Battery Thermal Design Conception of Turkish Satellite, Proc. of 6th International Energy Conversion Engineering Conference (IECEC), Cleveland, Ohio, 28 - 30 Jul 2008.

Bulut, M., Gülgönül, Ş and Sözbir, N., Thermal Control Design of TUSAT, Proc. of 6th International Energy Conversion Engineering Conference (IECEC), Cleveland, Ohio, 28 - 30 Jul 2008

Sözbir, N., Bulut, M., Öktem, M.F, and Kahriman, A.,, TUSAT Haberleşme Uydusunun Isıl Tasarımı, II. Ulusal Havacılık ve Uzay Konferansı, İstanbul, 15-17 Ekim 2008.

Sözbir, N., Bulut, M., Öktem, M.F, and Kahriman, and Chaix, A., Design of Thermal Control Subsystem for TUSAT Telecommunication Satellite, International Conference on Thermal Engineering, Heidelberg, Germany, September 24-26, 2008.

Sözbir, N., ve Bulut, M., Türksat Haberleşme Uydusunun Isıl Kontrolü, 17. Ulusal Isı Bilimi ve Tekniği Kongresi, Sivas, Türkiye, Haziran 24-27, 2009.