

Radyoizotop Termoelektrik Jeneratör (Radioisotope Thermoelectric Generator – RTG) İnovasyon Teknolojili Plutonyum 238 Atom Yakıtlı Robot Uzay Araçları

Ahmet Cangüzel Taner

Fizik Yüksek Mühendisi

Fizik Mühendisleri Odası (canguzel.taner@gmail.com)

İnsanların en büyük merakları arasında sayılan evrenin meydana gelmesi ve geleceği perspektifleri her düzeyde sürekli biçimde sorgulanmaktadır. Makro ölçekte evren daha geniş anlamı ile kâinatın yaratılması projeksiyonları bağlamında mikro boyutlu sayılan güneş ve güneş sistemi oluşumu bilimsel araştırmaları büyük önem taşımaktadır. Bilim insanları, 13 milyar 700 milyon yıl önce gerçekleşen büyük patlama (big bang) gizeminin tüm ayrıntılarının çözülmesi yönünde hem dünyada laboratuvar düzeyinde bilimsel ve teknolojik araştırmalar yapmakta hem de özellikle güneş ve güneş sistemi Kuiper Kuşağı (Kuiper Belt) uç bölgelerine inovatif nükleer yakıtlı yapay uydular göndermektedir. Asteroid Kuşağı ötesi dışsal gezegenler Jüpiter, Satürn, Uranüs, Neptün ve Kuiper Kuşağı Plüton, Haumea, Makemake, Eris cüce gezegenleri, yenilikçi atom enerjisi kaynaklı robot uzay araçları vasıtasıyla çok yakından gözlemleri de güneş ve güneş sisteminin meydana gelmesi konusundaki bilinmezlere ciddi ölçüde ışık tutmaktadır. Öte yandan, güneş sistemi gezegenleri, cüce gezegenler (Dwarf Planets) ve doğal uydularının keşifleri çerçevesinde kullanılan evrimsel yapay uzay araçları için sürekli ve düzenli enerji temini gerekmektedir. İnsan yapısı robot uydular donanımlarına güneş panelleri ile biteviye, kesintisiz ve aralıksız güç sağlanması da güneşten uzaklaştıkça yetersiz kalmaktadır. Ayrıca, gezegenler ve cüce gezegenler üzerinde çetin meteorolojik koşullar altında bilimsel veri toplamaya çalışan modern yapay uzay araçları roket motorları enerji kaynakları da güneş panelleri üzerindeki toz birikimi nedeniyle sıkça arızalanmaktadır. Söz konusu onarılması imkânsız görülen sorunların giderilmesi de dünyadan yönetilen çağdaş robot uydular için alternatif yeni güç kaynakları bulunmasını gerekli kılmaktadır. Uzun zamandır tasarlanan ve geliştirilen radyoizotop termoelektrik jeneratörler (Radioisotope Thermoelectric Generators – RTG) projeleri ise yeniden ön plana çıkmaktadır. Dünyaya en yakın kızıl gezegen Mars'a başarılı inişler gerçekleştiren Viking 1, Viking 2 insansız uzay araçları ve son olarak da Curiosity (Merak) robot uydusu enerji kaynakları da RTG teknolojileri kullanmaktadır. 14 Temmuz 2015 tarihinde Cüce Gezegen Plüton ve tabii uydusu Charon'a ulaşacak olan Yeni Ufuklar (New Horizons) uzay robotu donanımları radyoaktif RTG teknolojileri ile çalıştırılmaktadır. Radyoizotop güç sistemleri (Radioisotope Power Systems – RPS) şeklinde adlandırılan teknik sayesinde plutonyum – 238 (Pu-238) nükleer yakıtı doğal bozunumu ve tabii parçalanması yoluyla elektrik üretimi gerçekleştirilmektedir. Bu yazıda Amerika Birleşik Devletleri Havacılık ve Uzay İdaresi (National Aeronautics and Space Administration – NASA) ve Birleşik Devletler Enerji Bakanlığı (United States Department of Energy – US DOE) işbirliği içinde tekrar başlatılan kendi kendine nükleer dönüşümlü güç kaynağı Pu-238 radyoizotopu üretimi ele alınmaktadır.

Güneş radyasyonları ve güneş ışınları kaynaklı güneş panelleri güç üretimi, gezegen ve uzay araştırmaları kapsamında yaygın biçimde kullanılmaktadır. Güneş ışınları ve güneş radyasyonları uzayın uzak sahaları içerisinde güneş panelleri elektrik üretimi

için ya giriciliğini kaybetmekte ya da yanıp sönen kifayetsiz sönük ve titrek ışık haline dönüşmektedir. Sadece söz konusu durum dikkate alındığı zaman bile yenilikçi yapay uzay araçları kapsamında farklı enerji üniteleri devreye sokulması gerekli görülmektedir. Diğer meteorolojik içerikli çevresel kriterler de göz önüne alındığı takdirde çok uzun süreli zorlu uzay görevleri ve yolculukları sırasında nükleer enerji kökenli radyoizotop termoelektrik jeneratör (**Radioisotope Thermoelectric Generator – RTG**) yapımı ve geliştirilmesi **ARGE** faaliyetleri, uzay güç üretimi projeleri arasında ilk sırada yer almaktadır. Bir zamanlar güneş sistemi gezegenleri içinde kabul edilen günümüzün **Kuiper Kuşağı Cüce Gezegeni Plüton ve doğal uydusu Charon**'a 14 Temmuz 2015'de varacak olan ısı elektrik üretici **RTG** teknoloji **Yeni Ufuklar (New Horizons) robot uzay aracı** aşağıda temsili olarak görüntülenmektedir.



Amerikan Uzay Yönetimi **NASA** ve diğer **Amerika Birleşik Devletleri Nükleer Araştırma Merkezleri**, 1950'li yıllardan beri ısı elektrik üretici atomik dönüşümlü **RTG** teknolojileri üzerinde yoğun çalışmalar yapmaktadır. **RTG** teknikleri çerçevesinde radyoaktif bozunmalar ve nükleer transformasyonlar sürekli ısıya dönüştürülmek suretiyle sisteme kendiliğinden ve doğrudan elektrik üretimi sağlanmaktadır. Söz konusu radyoaktif **RTG** teknikleri ile temel enerji kaynağı fisyon menşeli nükleer güç santralleri **NGS** çalışma prensipleri birbirinden çok farklıdır. Gerçekte baz yük kaynağı fisyon dayalı uranyum ve toryum kökenli nükleer elektrik reaktörleri sayesinde yaklaşık %80 verimli endüstriyel amaçlı muazzam bir güç ortaya çıkmaktadır. **NGS** elektrik üretimleri sayesinde geniş alanlara yayılan pek çok mega kentin her birinin tüm güç ihtiyacı da aynı anda karşılanabilmektedir. **RTG** teknolojisi ise günümüzde yeni nesil atomik piller ve bir tür çok uzun ömürlü nükleer bataryalar sınıfında değerlendirilmektedir. Eski **Sovyet Sosyalist Cumhuriyetler Birliği – SSCB** yönetimleri sırasında iyonlayıcı radyasyon **RTG** teknolojileri çok uzak bölgelerde kurulu deniz fenerleri ve parıldayan gemi uyarı kuleleri içerisinde yol gösterici olarak kullanılmıştır. Şimdilerde ise iyonlaştırıcı radyasyonlar yayma niteliğine sahip olan ışıklı deniz araçları ikaz kuleleri ve gemi fenerleri terk edilmiştir. Ancak, söz konusu radyoaktif deniz uyarı tesisleri terk edilmesine rağmen bazı hurdacılar ve hurda metal toplayıcıları tarafından ünitelerde bulunan radyoizotoplu maddeler sökülmemektedir. İzotopların çoğunluğu nükleer bomba yapımları içerisinde kullanılmamakla birlikte nükleer güvenlik ve halkın radyasyondan korunması perspektifleri yönünde ciddi tehlikeler de oluşmaktadır. Bu bağlamda çevre, geri dönüşüm ve hurda metal toplama sektörü çalışanları da bilinçsiz şekilde iyonlaştırıcı radyasyonların zararlı ve olumsuz muhtemel etkileri ile karşı karşıya kalmaktadır.

Amerikan uzay robotu roket motorları yapımı tasarımları kapsamında plutonyum-238 (Pu-238) yakıtlı **RTG** jeneratörleri tercih edilmektedir. **ABD** radyoizotop tesisleri Pu-238 üretimi 1988 yılında askıya alınmış ve o zamandan beri robot uzay araçları plutonyum pilleri Rusya Federasyonu'ndan ithal edilmektedir. Amerikan depolarında 35 kilogram Pu-238 stoklanması nedeni ile 2009 yılında **ABD**, Rusya Federasyonu radyoizotop ithalatı işlemlerini durdurmuştur. Ancak, stokta bulunan sadece 17 kg Pu-238, Amerikan **RTG** jeneratörleri yapımında kullanılacak konumda bulunmaktadır. **RTG** uzay jeneratörleri üretimi içerisinde kullanılan radyoaktif maddelerin ithalatı engellenmesi ile başlayan ve Amerikan uzay çalışmalarının kesilmesine kadar varan süreç de nihayet 2013 yılında son bulmuştur. Amerika Uzay Dairesi **NASA**, Birleşik Devletler Enerji Bakanlığı (**United States Department of Energy – US DOE**) ile yeni nesil plutonyum pilleri üretimi için mukavele imzalamıştır. Pu-238 radyoizotopu yapım çalışmaları öncelikle eski üretim teçhizatlarının yenilenmesi şeklinde yürürlüğe konmaktadır. Hâlihazırdaki izotop üretimi hızı sayesinde 2021 yılına kadar **ABD**, senede yalnızca 1.1 kg Pu-238 radyoaktif madde üretecektir. Söz konusu yıllık Pu-238 radyoizotop üretim hızı ise 1997 yılında uzaya fırlatılan **RTG** teknoloji Cassini Satürn Gezegeni araştırma uydusu nükleer yakıt ihtiyacını bile karşılamamaktadır. Bu bağlamda insansız Cassini uzay aracı 33 kg Pu-238 nükleer yakıtı ile Satürn gezegenine gönderilmiştir. Her şeye rağmen yeni kuşak plutonyum pilleri geliştirmek için **NASA** yoğun çalışmalar yapmaktadır. Örneğin, Mars'a başarılı iniş gerçekleştiren nükleer yakıtlı Curiosity (Merak) robot uzay aracı bir otomobil büyüklüğünde olmasına karşın sadece 4.8 kg Pu-238 yüklenmiştir. Atom yakıtlı Curiosity (Merak) yapay uydusu yol almadığı süreçlerde yeni **RTG** jeneratörleri ile üretilen fazla nükleer enerji, uzay aracı aküleri içerisinde depo edilmektedir. Amerika, 1961 yılından beri 27 adet

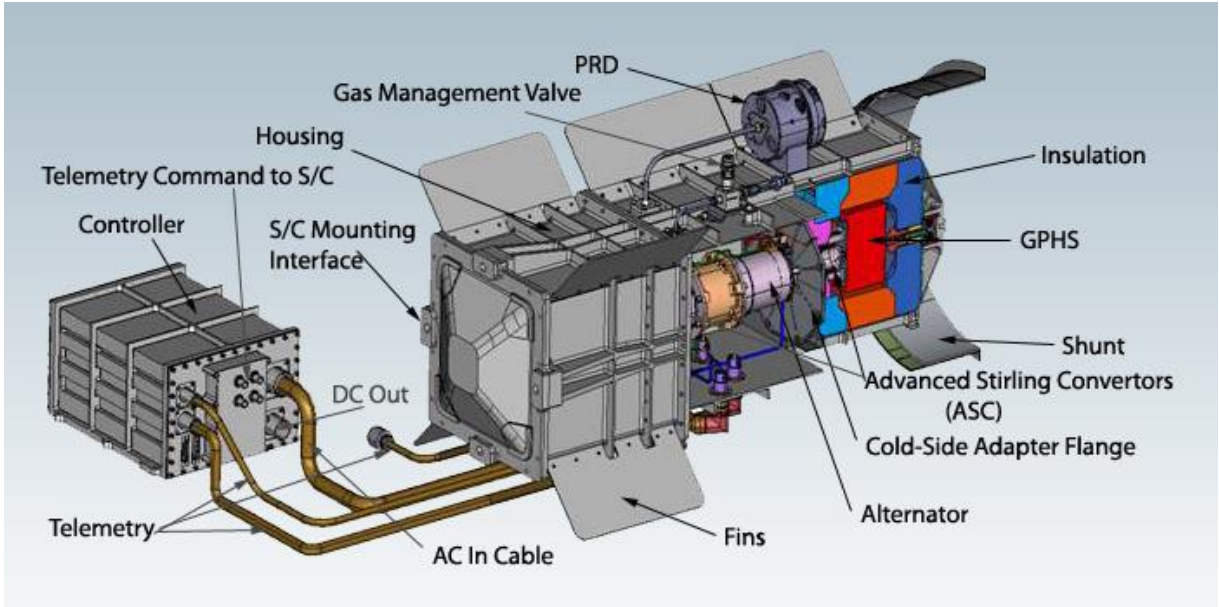
uzay aracı içerisinde **RTG** teknolojileri kullanmaktadır. Yeni nesil güneş enerjisi depolama çalışmalarında önemli ilerlemeler kaydedilmesine rağmen **NASA** hâlâ **RTG** jeneratörleri sistemlerine gereksinim duymaktadır. **NASA** RTG jeneratörleri ihtiyaçları da sadece Satürn Gezegeni ötesi uzay uçuşları ile sınırlı kalmamaktadır. Örneğin, **NASA** Gezegen Bilimi Bölümü, **Merkür** Gezegeni karanlık yüzü dâhil olmak üzere Aydaki kraterler ve büyük çukurlar ile Mars'ın kutuplarında da güneşin görünmemesi gibi pek çok nedenlerden dolayı uzay solar enerji verimi ve kapasitesi standartlarına güvenmediğini bir liste halinde rapor etmektedir. Aşağıda resimde radyolojik korunma ölçütleri kapsamında radyoaktif kirliliği önlemek için çift katlı koruyucu giysili **NASA** uzmanları tarafından yürütülen ve çok itina isteyen klasik **RTG** jeneratörü Pu-238 nükleer yakıt montajı görülmektedir.



Kaynak: NASA

NASA, mevcut geleneksel **RTG** uzay jeneratörleri ünitelerine kıyasla dört kat daha verimli çalışan İleri Dönüşümlü Radyoizotop Jeneratörü (**Advanced Stirling Radioisotope Generator – ASRG**) üzerinde çalışmalar yürütmektedir. Yenilikçi **ASRG** jeneratörü, dönüşüm çevrimi prensibi ile çalışmaktadır. Dönüşüm çevrimi kuralı da elektrik üretmek için tel bobin içerisindeki bir mıknatısı ileri geri hareket ettiren pistonu ısıtmakta kullanılmaktadır. Sonuçta, evrimsel **ASRG** uzay elektrik üreteçleri yapımı 2013 yılı bütçe kısıntıları kapsamında askıya alınmıştır. Ancak, Amerikan **NASA** yetkilileri söz konusu yeni kuşak uzay jeneratörü deneme çalışmalarını sürdürmek için finansal kaynak bulmaya kararlı bir tutum sergilemektedir. Yeni **ASRG** uzay enerji üretim sistemi testleri başarılı olduğu takdirde çok zorlu çalışmaları bağlamında **NASA**, çağdaş bir inovasyona dayalı uzay aracı güç kaynağı sistemi daha kazanacaktır. Gerçekte ise Amerikan **NASA** Teşkilatı, uzayın karanlık yüzlerinde sürekli işleyecek yenilikçi nükleer aküler için laboratuvar düzeyinde son derece gelişmiş uzay inovatif radyasyon teknolojileri uygulamaları yönünde ciddi bir sınav da vermektedir.

Aşağıdaki şemada modern **ASRG** uzay jeneratörü ve donanımları resmedilmektedir.



Kaynak: Wikipedia, the free encyclopedia

Kaynaklar:

- Atom, Radyoaktivite, Radyoizotoplar ve Radyasyon Türleri, Ahmet Cangüzel Taner, Fizik Mühendisleri Odası **FMO** Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2008.
- Nükleer Güç Santralleri Gelişiminde Nükleer Emniyet ve Nükleer Güvenlik, Ahmet Cangüzel Taner, Fizik Mühendisleri Odası **FMO** Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2008.
- Evren, İnsan ve İyonlaştırıcı Radyasyonlar, Ahmet Cangüzel Taner, **FMO** Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2010.
- The Economist Dergisi (27 Şubat-05 Mart 2010).

- İyonlaştırıcı Radyasyonların Biyolojik Etkileşme Mekanizmaları, Ahmet Cangüzel Taner, **FMO** Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2010.
- Yeni Kuşak Radyasyon Teknolojileri Uygulamaları ve Kobalt-60 (Co-60) Gama Işınlama Tesisleri, Ahmet Cangüzel Taner, **FMO** Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2010.
- Mars Gezegeni Keşifleri için Kızıl Gezegen Mars'a Son Gönderilen Plutonyum – 238 (Pu-238) Yakıtlı Uzay Araçları, Ahmet Cangüzel Taner, **Fizik Mühendisleri Odası FMO** Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2011.
- The Economist Dergisi (26 Kasım – 02 Aralık 2011).
- American Association for the Advancement of Science - **AAAS** Dergisi, 2011.
- Nükleer Güç ile Çalışan Uzay Araçları ve Kâinatın Keşfi için Uzaya Fırlatılan Plutonyum-238 (Pu-238) Nükleer Yakıtlı Robot Uydular, Ahmet Cangüzel Taner, **FMO** Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2011.
- Asteroid Kuşağı Ötesi Güneş Sistemi Dışsal Gezegenleri (Outer Planets) Jüpiter, Satürn, Uranüs ve Neptün ile Kuiper Kuşağı Cüce Gezegenleri (Dwarf Planets) Keşifleri için Uzaya Gönderilen Nükleer Yakıtlı Yapay Uydular, Ahmet Cangüzel Taner, **Fizik Mühendisleri Odası FMO** Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2015.
- The Economist Dergisi (04 Nisan – 10 Nisan 2015).

Fizik Mühendisleri Odası **FMO** Resmi İnternet Sitesi:
www.fmo.org/_yayinlar/faydali-bilgiler

Aşağıdaki fotoğrafta soldan itibaren Ay, Dünya ve Plüton hacimleri kıyaslanması temsil edilmektedir. Sol altta bulunan Kuiper Kuşağı Cüce Gezegen Plüton'un hacmi, Dünya'nın yaklaşık binde altısına eşdeğer gelmektedir.

