

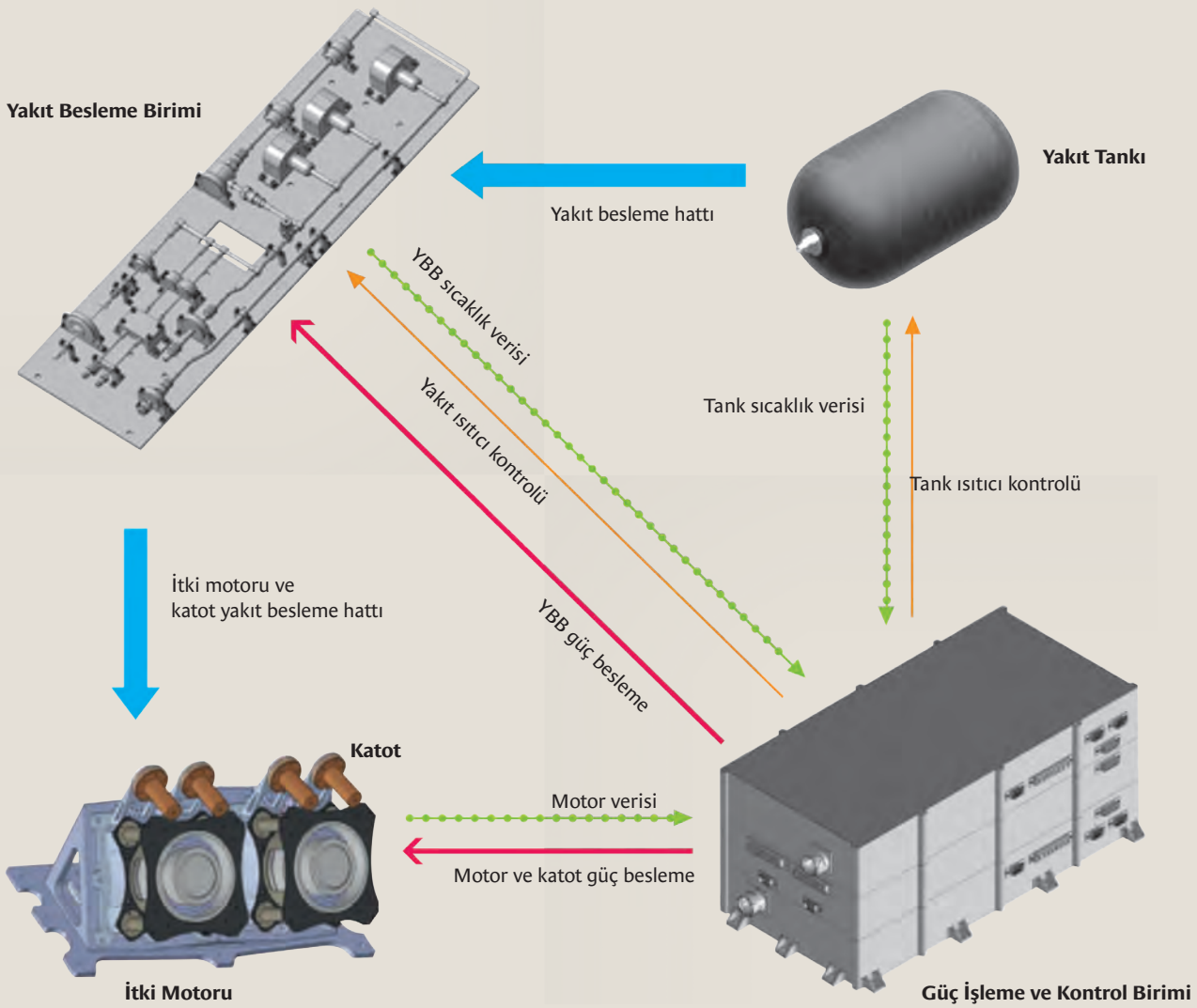
TÜBİTAK UZAY

Hall Etkili İtki Motoru Geliştirme Altyapı Projesi (HALE)

Dr. Demet Uluşen [TÜBİTAK UZAY Teknolojileri Araştırma Enstitüsü

Elektrikli itki sistemleri 1950'lerden beri üzerinde çalışılan bir konu, ancak son yıllardaki başarılı uygulamalar sonrasında ticari telekomünikasyon uyduları, yer gözlem uyduları ve derin uzay görevlerinde kimyasal itki sistemlerinin yerine tercih edilir hale geldi. İtkinin uydudaki mevcut elektrik gücüne bağlı olduğu elektrikli itki sistemleri, gelişim alanı sınırlı olan kimyasal iticilerle karşılaştırıldığında, gelecek nesil itki teknolojisi olarak görülüyor. Özellikle kütle kazanımı ve buna bağlı olarak fırlatma maliyetlerinin azalması bu tarz sistemlerin kullanımının yaygınlaşmasını sağladı. GEO (yer sabit yörünge) uydularda kimyasal ve elektrikli itki sistemlerinin bir arada olduğu hibrit sistemlerin başarısının ardından, son yıllarda ABD'de ve Avrupa'da yalnızca elektrikli itki sistemine dayanan platformlar geliştiriliyor.

(Boeing 702P, Alphas vb). Benzer şekilde yeni nesil LEO (alçak irtifa yörüngesi) uydularda elektrikli itki sistemleri kimyasal sistemlerin yerini alıyor (Dubaisat 2 (2013), Deimos 2 (2014), Tacsat 2 (2006), Teleos 1 (2015) vb). Bu teknoloji ülkemizde TÜBİTAK Uzay Teknolojileri Araştırma Enstitüsü'nün (TÜBİTAK UZAY) uydu teknolojileri alanında attığı yeni adımlarla gündeme gelmiş ve aynı teknolojinin Türkiye'ye kazandırılması için çalışmalar 2010'da Kalkınma Bakanlığı'ndan alınan destekle hayata geçirilen Hall Etkili İtki Motoru Geliştirme Altyapı Projesi (HALE) çerçevesinde başlamıştır. Projede temel hedef elektrikli itki sistemlerinin milli imkânlarla geliştirilebilmesi için gerekli olan teknik altyapının kurulumu ve gelecekte bu altyapıda geliştirilecek elektrikli itki sistemlerinin milli uydularda kullanılmasıyla dışa bağımlılığın azaltılmasıdır.



Şekil 1. Elektrikli itki sistemi parçaları

Projenin Kapsamı

TÜBİTAK UZAY'ın yürüttüğü HALE Projesi'nin başlangıcından bugüne kadar yapılan çalışmalardan bahsetmeden önce, bir elektrikli itki sistemini oluşturan temel parçaları tanımak ve bu parçaları geliştirmek için gereken altyapı bileşenlerini belirtmek yerinde olur. Şekil 1'de bir elektrikli itki sistemini oluşturan temel dört parça gösteriliyor: (1) İtki Motoru ve Katot (2) Yakıt Tankı (3) Yakıt Besleme Birimi (4) Güç İşleme ve Kontrol Birimi

İtki motoru plazmanın oluşturulup hızlandırıldığı, diğer bir deyişle itkinin oluşturulduğu kısım, katot ise motor operasyonu için gerekli olan elektron kaynağını oluşturur. Yakıt tankı, itki motorunun uydu üzerindeki operasyonu sırasında kullanacağı yakıtın (çoğunlukla ksenon gazı) depolanmasını, yakıt besleme birimi yakıtın tanktan alınarak istenen basınç ve akış hızında motor ve

katota iletilmesini, güç işleme ve kontrol birimi sistemi oluşturan tüm ekipmanlara güç iletilmesini ve ekipmanların koordinasyonunu sağlar. İtki motorları ve katotlar, operasyonları sırasında salınan gazı emerek uzay vakum ortamı ($<10^{-5}$ mbar) koşullarını sağlayan tanklarda denebilir. Bu nedenle geliştirilen motorun ve katodun performansının belirlenebilmesi için vakum tanklarda kullanılacak plazma ölçüm uçları ve vakum uyumlu test ekipmanları gerekir. Ayrıca tüm sistem parçalarının tasarımının ve üretiminin gerçekleştirilmesi için mekanik ve elektronik atölyelere, temiz oda koşullarına ve yazılım altyapısına ihtiyaç vardır. HALE projesi kapsamında kurulacak olan tesis, bu tür bir sistemi üretmek ve test etmek için gerekli ortamı ve cihazları barındırmalıdır.

Projede Son Durum

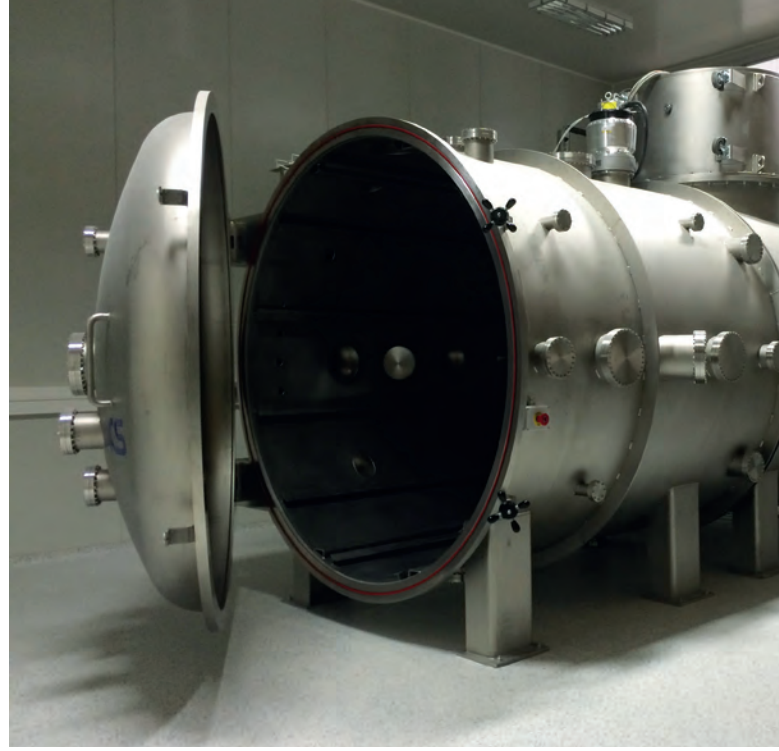
Yukarıda belirtilen altyapı ihtiyaçları göz önünde bulundurularak, başlangıcından günümüze HALE Projesi'nde gerçekleştirilen faaliyetleri şöyle özetleyebiliriz: 100 m²'si temiz oda olmak üzere, mekanik ve elektronik atölye ve çalışma ofislerinden oluşan toplam 300 m²'lik laboratuvarın inşaatı Kasım 2014'te tamamlandı (Şekil 2).



Şekil 2. HALE Projesi kapsamında TUBİTAK UZAY yerleşkesinde kurulan laboratuvar

Mart 2017 itibarıyla laboratuvarında uzay vakum ortamını simüle eden üç vakum tank yer alıyor (Şekil 3). Birinci vakum tankın çapı 2,3 m, derinliği 4,5 m. Bu tankın taban ve 5 mg/s'lik ksenon yük altındaki çalışma basıncı 2×10^{-7} Torr ve 13×10^{-6} Torr. Bu büyüklük ve basınçta bir tank, gücü 1,5 kW'a kadar olan itki motorlarının geliştirme testlerinde kullanılabilir kapasiteye sahiptir. İkinci tankın çapı 60 cm, derinliği 1,1 m ve taban basıncı 10^{-8} Torr'a ulaşabiliyor. Yerli bir firmadan temin edilen bu tank, katot ve yakıt besleme birimi testlerinde kullanılıyor. Üçüncü vakum tankın çapı 1,2 m, derinliği 2 m. Tankın taban ve 5 mg/s'lik ksenon yük altındaki çalışma basıncı 2×10^{-7} Torr ve 10^{-5} Torr. Düşük güçte (<400 W) motor testlerinde ve tasarım sırasında ihtiyaç duyulan basit ve çabuk gösterim testlerinde kullanılıyor.

Geliştirilen motor ve katotların performanslarını belirlemek amacıyla laboratuvara kazandırılan test ekipmanları arasında plazma ölçüm uçları (Faraday ve Langmuir), manyetik alan test düzeneği, ısıl kamera, ölçüm ucu konumlandırma düzenekleri, ısıl sensörler, ksenon akış kontrol cihazları, güç kaynakları ve elektronik sin-

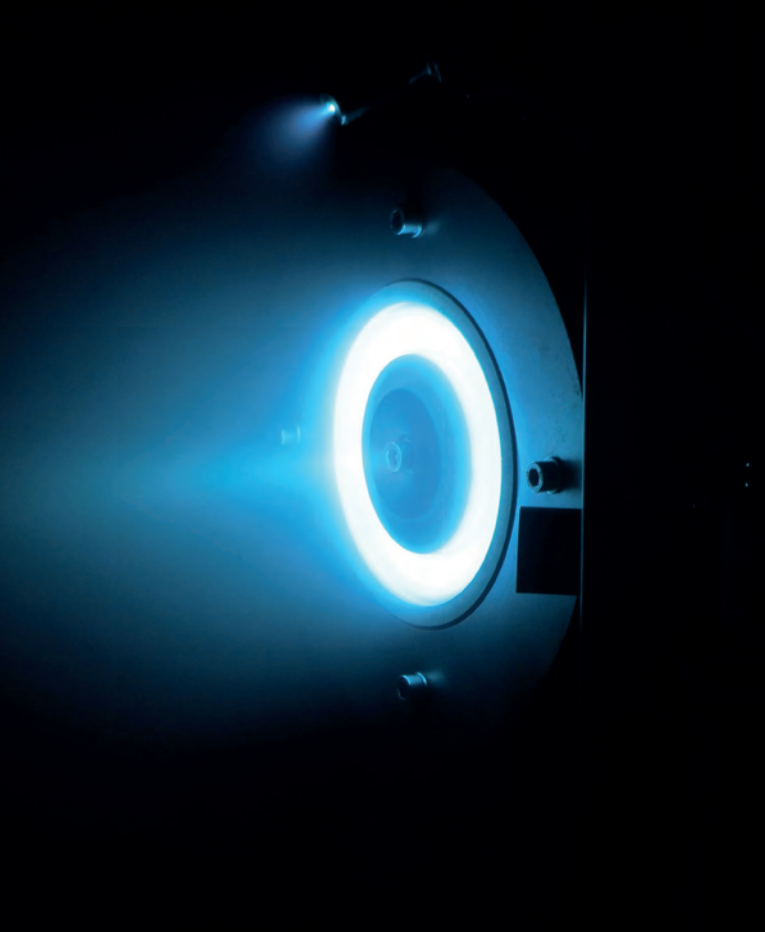
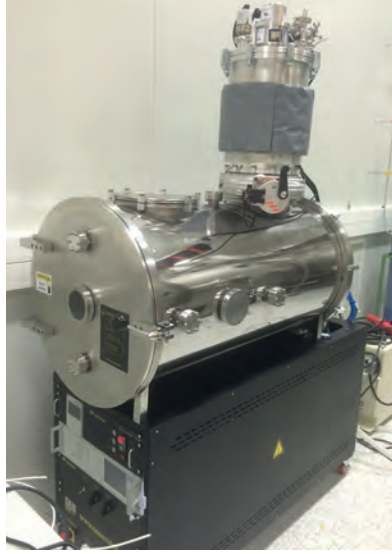


yal analiz ekipmanları yer alıyor. Özetlemek gerekirse, kurulan tesis telekomünikasyon ve yer gözlem uydularında kullanılabilir güçteki elektrikli itki sistemlerin (100-1500 W) tasarımı, üretimi ve test edilmesi için gereken tüm teknik altyapıya sahip (Şekil 4).

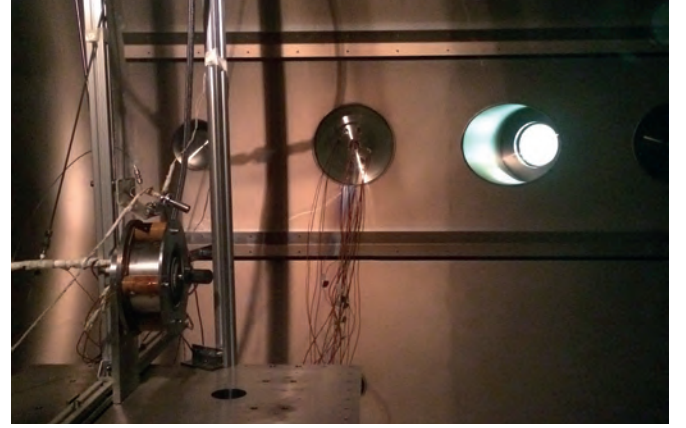
Projede son adım, kurulan altyapının doğrulanması amacıyla bir elektrikli itki sistemi geliştirmek. Bu kapsamda ilk milli 1,5 kW'lık Hall Etkili itki (HET) motoru tasarımı Eylül 2012'de tamamlandı ve motor prototipi Mart 2013'te üretildi. Bu motorun fonksiyonel testleri birinci tankın devreye alınmasının ardından Şubat 2015'te başarıyla gerçekleştirildi.



Şekil 3. HALE Projesi
Laboratuvarı'ndaki vakum tanklar



Bir yılı aşkın süre devam eden performans iyileştirme çalışmaları sonunda gerekli teknik ölçütleri karşılayan motor tasarımı 2016 sonu itibarıyla donduruldu. Motora ait katot tasarımı ve prototip üretimi 2016 yılında tamamlandı ve fonksiyonel testleri gerçekleştirildi. İtki sistemine ait diğer parçalardan biri olan yakıt tankı yerli bir firma ile yapılan anlaşma ile milli imkânlarla geliştiriliyor. Günümüz itibarıyla tankın tasarım ve prototip üretimi gerçekleştirildi. Yakıt besleme biriminin tasarımı da 2016 sonu itibarıyla tamamlandığından 2017 ortalarında prototip üretiminin ve fonksiyonel testlerinin yapılması planlanıyor. Benzer biçimde güç işleme ve kontrol biriminin prototip üretimi de gerçekleştirildi ve testlerinin 2017'de tamamlanması planlanıyor.



Şekil 4. Motor performans ölçümleri için vakum tankın içinde kullanılan test düzeneği ve test sırasında alınmış bir görüntü

Özet olarak, 2010'da Kalkınma Bakanlığı'ndan alınan destekle TÜBİTAK UZAY tarafından başlatılan ve 2018'de tamamlanması planlanan HALE projesi kapsamında, elektrikli itki sistemlerinin milli imkânlarla geliştirilebilmesi için gerekli olan teknik altyapı ve böylece Türkiye'nin ilk elektrikli itki sistemleri arge laboratuvarı kurulmuştur. Ayrıca, HALE Projesi kapsamında doğrudan amaçlı geliştirilen ilk milli 1,5kW'luk HET sisteminin TÜRK SAT 6A uydusunda denenmesi ve sisteme uzay uçuşu deneyimi kazandırılması hedefleniyor.