

IdeaLab'dan Sessiz Denizaltılar için Devrim Yaratacak Teknoloji: sCO₂ Brayton Güç Çevrimi

Bu makale, IdeaLab tarafından yakın zamanda geliştirilen, Süperkritik Karbondioksit (sCO₂) Brayton güç çevrimi tabanlı havadan bağımsız tahrik (Air Independent Propulsion / AIP) denizaltı güç sistemi ile ilgili genel bir fikir vermek için hazırlanmıştır.

Hayri ÖZTURAN* / ozturan@idealab.com.tr
*Operasyon Müdürü, IdeaLab

Denizaltının, akustik olarak tespit edilmesini zorlaştıran havadan bağımsız tahrik sistemi, denizaltının elektrik motorunu ve diğer elektrik sistemlerini, pilleri kullanmadan çalıştırmasına olanak sağlar. Bu sistemler, dizel motorların pilleri şarj etmesi için, denizaltının, şnorkel yaparak su üstüne çıkma sıklığını azaltır. Havalandırma için, denizaltıların, çoğu zaman, kısa süreliğine şnorkel yapması gerekir; ancak klasik dizel-elektrikli denizaltılara göre, çok daha kısa süre su üstünde görünürler. Operasyonlar sırasında, taktik durum havalandırmayı engelliyorsa denizaltı, normalden daha uzun süre su üstüne çıkmayı erteleyebilir. Bu sayede denizaltı, komutanına, daha fazla esneklik kazandırarak daha uzun süre su altında kalabilir. Hâlen dünya genelinde, 50'den fazla AIP denizaltısı bulunmaktadır ve bu sayı, önümüzdeki on yılda, iki katına çıkacaktır. Bu makalede, IdeaLab'ın, sCO₂ Brayton güç çevrimi AIP'si mevcut teknolojilerle karşılaştırılacaktır. Bunun için, önce sCO₂ Brayton güç çevrimi tabanlı AIP sistemini ayrıntılı olarak açıklanacaktır.

Süperkritik CO₂ Nedir?

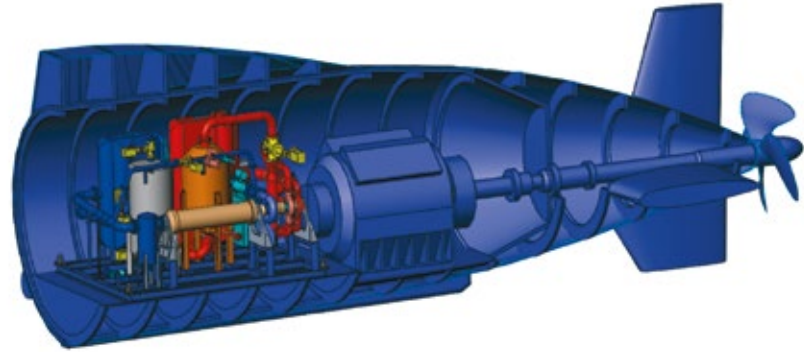
Süperkritik CO₂, kritik basınç ve kritik sıcaklık noktasının üzerinde tutulan karbondioksitin, akışkan hâlidir. Bu noktadaki yoğunluk, bir sıvıinkine benzer ve böylece:

- Bir kompresörde ihtiyaç duyulan pompalama gücünün önemli ölçüde azaltılmasına ve
- Böylelikle termal enerji-elektrik enerjisi dönüşüm verimliliğinin önemli ölçüde artırılmasına olanak tanır.

IdeaLab Çözümü

Temel olarak IdeaLab, buhar yerine, süperkritik karbondioksit kullanan, kapalı yeniden sıkıştırılmalı Brayton çevrimi (RCBC) adı verilen bir konfigürasyonda, termal enerji-elektrik enerjisi dönüşüm teknolojisini geliştiriyor ve böylece buharlı Rankine çevrimine kıyasla çarpıcı bir şekilde dönüşüm verimliliğini artırıyor.

Geliştirilmiş güç dönüştürme verimliliğinin başlıca nedeni; bir Brayton çevriminde, sistem akışkanı olarak sCO₂'nin kullanılması; belirli bir termik girdiyi elektrığe dönüştürmek için, daha az iş gerektirmesidir. Genelde artan verimlilik,



termal kaynağa (doğal gaz, nükleer, güneş ya da kömür) bağımlıdır, aynı termik girdi için, artan çıktıyı temsil eder. Yakıt maliyetleri, kömür ve doğal gaz yakıtlı santraller gibi yapıların genel maliyetlerinin önemli bir kısmı olduğundan, IdeaLab'ın çözümü, maliyeti azaltır.

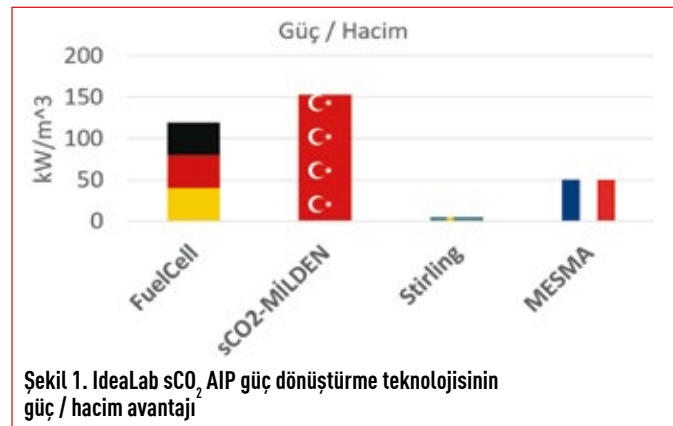
AIP olarak IdeaLab'ın sCO₂ Güç Çevriminin Avantajları

IdeaLab sCO₂ AIP güç dönüştürme teknolojisi, rakip AIP teknolojilerine göre, bir takım avantajlar sunmaktadır. En önemlisi, %25, daha yüksek hacimde güç yoğunluğuna sahip olmasıdır (Şekil 1). Bu durum, IdeaLab AIP güç sistemini, bu alanda başat bir sistem adayı hâline getirirken, sistemin ağırlığı da FuelCell (yakıt pili) ve Stirling gibi rakip AIP teknolojilerinin yarısını geçmiyor (Şekil 2).

Diğer bir avantaj ise sCO₂'nin kullanılmasının, yakın rakip yakıt pillerine kıyasla 7 puan verimlilik artışı sağlamasıdır (Aynı termik girdi için, artan elektrik / güç üretimi ile sonuçlanır, Şekil 3).

IdeaLab sCO₂ AIP sistemi, gemide herhangi bir CO₂ emisyon pompası sistemi olmadan, 1.200 m derinlik sağlayan, yüksek basınç boru hatlarından oluşur. İstenildiği takdirde, CO₂ gemi içinde de depolanabilir.

IdeaLab sCO₂ AIP sistemi, 4MW'a kadar elektrik gücü sağlayan bir AIP güç modülüdür. Çekiş sistemi, 4MW'lık enerji yükselmesini sürüş sistemine yönlendirilebilecek şekilde



Şekil 1. IdeaLab sCO₂ AIP güç dönüştürme teknolojisinin güç / hacim avantajı

yapılandırılabilir. Bu özellik, azami güç drenajı problemleri nedeniyle düşük hızları kısıtlayan diğer mevcut AIP teknolojilerine göre, ciddi bir avantaj sağlamaktadır.

Yenilikçi hibrid katalitik yanma odası nedeniyle yakıt olarak dizel, JP-8 veya sıvılaştırılmış doğal gaz kullanılabilir. 100 ton dizel yakıtlı kavramsal görev analizine dayanan sCO₂ AIP sistemi, potansiyel olarak denizaltıya 90 günlük görev süresi ve yakıt ikmalleri arasında, 20.000 km'lik seyir siası sağlayabilir. Ayrıca, yüksek hızlı turbomakinaya sahip bir tasarım, Stirling motorlu bir dizel ana makinanın sahip olduğu tüm gürültü endişelerini ortadan kaldırır. Böylece denizaltıya, hem nükleer olmayan botlar arasında en yüksek su altında kalma süresini sağlar hem de eşsiz bir sessiz seyir yeteneği kazandırır.

Zorluklar

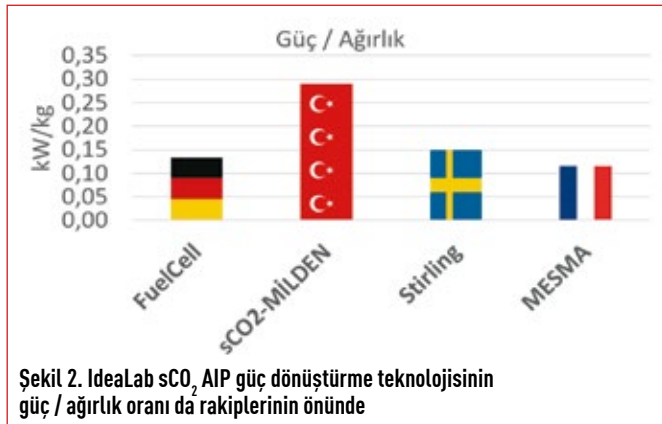
Bütün bu faydalar, yeni zorlukları da beraberinde getiriyor. sCO₂ AIP güç çevriminden yararlanılmadan önce, hazır ve güvenilir olduğu gösterilmelidir. Bu doğrultuda IdeaLab, prototip bir sistem geliştirerek tam ölçekli saha uygulaması için, şu hedef doğrultusunda çalışmalarını sürdürüyor: 2018 yılı sonunda kadar, 1 MW'ye kadar sCO₂ Brayton güç çevrim sisteminin Ar-Ge gösterimini yapmak. Böylece, bu teknolojinin, deniz uygulamaları için bileşenlerin teknik risklerin sistematik olarak tanımlanması, ortadan kaldırılması ve test edilmesi olanaklı hâle gelecek. Bu misyonu destekleyecek şekilde devam eden faaliyetler şunları içeriyor:

- Var olan bileşenlerin (rulmanlar ve sızdırmazlık elemanları) uygulanabilir ve malzemelerinin uygun olduğunun doğrulanması,
- Geniş çalışma parametreleri ve uygulamaların desteklenmesi,
- Mevcut teknolojileri yeni bir uygulamaya entegre etmek ve ölçeklendirmek ve
- Kritik noktada çalışma için sağlam çalışma prosedürleri geliştirilmesi.

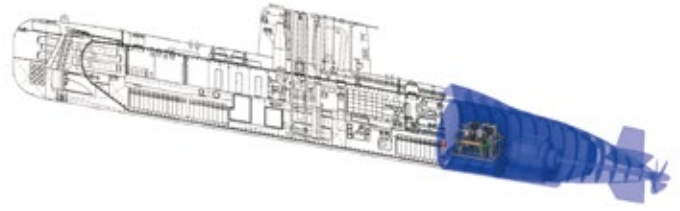
Gelecekteki Uygulamalar

sCO₂ çevrimleri, potansiyel olarak çok çeşitli güç üretme uygulamaları için geçerlidir: Nükleer enerji, konsantre güneş enerjisi, fosil yakıt kazanları, jeotermal ve yüzer gemi tahrik sistemleri. Bu alanlar, sCO₂ çevrimleri için uygun uygulamalar olarak belirlendi ve çok yakında geleneksel buharlı Rankine çevrimlerinin yerini alacak.

Son bölümde, mevcut rakip teknolojileri tartışarak makalemizi sonlandıracağız.



Şekil 2. IdeaLab sCO₂ AIP güç dönüştürme teknolojisinin güç / ağırlık oranı da rakiplerinin önünde



Stirling Motoru

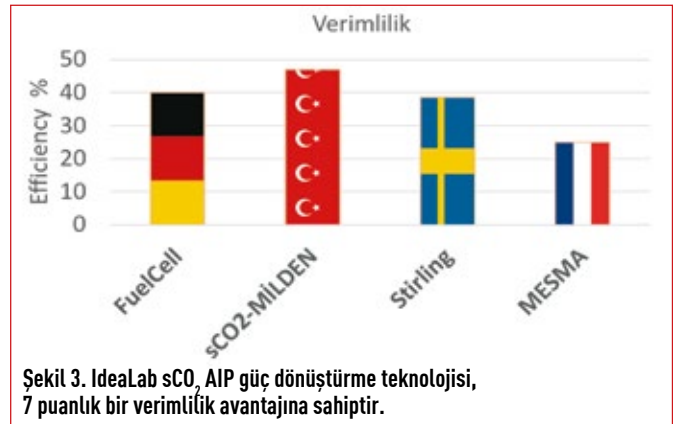
Orijinal Stirling motoru, 1816 yılında, İngiliz mühendis Robert Stirling tarafından, buharlı motorlara rakip olarak patent aldı. Başarılı olmasına rağmen, 1900'lerin başında, elektrik motorları neredeyse yerini tamamen almıştı ve İsveçliler, bir denizaltıyı tahrik etmek için akıllıca yollar arayana kadar da neredeyse unutuldu. Stirling motorunda, motorun ısı, bir yanma odasında üretilir; ancak bu kısım, gerçek motordan ayrıdır. Isı, tamamen kapalı bir sistemde yer alan motorun çalışma gazına (örneğin oksijen) aktarılır. Çalışma gazı, motor içindeki pistonları hareket ettirir ve böylece mekanik enerji üretilir. Stirling motorları iyi test edilmiş ve basit olmasına rağmen, hareketli parçalar nedeniyle nispeten hacimlidir ve nispeten gürültülüdürler. Kullanım sırasında, denizaltının çalışma derinliğini, yaklaşık 200 m ile sınırlar.

Yakıt Pilleri

Bir elektrik akımı üretmek için oksijeni, hidrojen açısından zengin bir kimyasal ile karıştırır. Yakıt pilleri, oksijenin ve hidrojen açısından zengin bir yakıtın, su ve elektrik oluşturmak için birleştiği bir elektrokimyasal reaksiyonu kullanır. İçten yanmalı motorların aksine, yakıt yanmaz. Bunun yerine, enerji, elektrokatalizör ile salınır. Yakıt pili esaslı AIP, 1980'lerde, Alman Deniz Kuvvetleri için geliştirildi. Bugün kullanılan ana sistem, Alman tasarımı Siemens PEM (Polimer Elektrolit Modülü)'dir. Yakıt pilleri, yüksek bir güç yoğunluğuna sahiptir ve genellikle mevcut AIP sistemlerinin, en uzun dayanıklılığa sahip olanıdır. Çok sessiz olsalar ve teknolojisinin daha fazla potansiyel sunduğu görülse de büyük dezavantajları, pahalı ve karmaşık olmalarıdır.

MESMA

MESMA (Module d'Énergie Sous-Marine Autonome), etanol ve oksijen arasındaki kimyasal reaksiyonu engelleyen bir buhar türbinini çalıştıran Fransız sistemidir. Pek çok açıdan sistem, nükleer tahrik sistemine dayanır; ancak alternatif bir ısı kaynağı ile. Şu anda sadece Pakistan bu AIP tiplerini kullanıyor. MESMA, potansiyel olarak en yüksek su altı hızına izin veren yüksek güç çıkışına sahip olsa da nispeten çok girdi gerektiren, gürültülü ve karmaşık bir tasarıma sahiptir.



Şekil 3. IdeaLab sCO₂ AIP güç dönüştürme teknolojisi, 7 puanlık bir verimlilik avantajına sahiptir.