

ULTRA DÜŞÜK SICAKLIK UYGULAMALARI



İbrahim KARAÇAYLI
Ege Üniversitesi Ege Meslek Yüksek Okulu
İklimlendirme ve Soğutma Teknolojisi

Soğutucu akışkan olarak havanın kullanıldığı gaz akışkanlı soğutma çevrimlerinde, termoelektrik soğutma dışında, soğutma genel olarak soğutucu akışkanın buharlaşması prensibine dayanır. Buharlaşma için maddenin ihtiyaç duyduğu gizli ısı miktarı dış çevreden çekilerek soğutma elde edilir. Geleneksel soğutma sistemlerinde R134a, R32 gibi saf soğutucu akışkanlar kullanıldığı gibi R404A, R410A gibi zeotropik veya R507, R508A gibi azeotropik karışımlar kullanılarak düşük sıcaklıklara soğutma işlemleri yapılmaktadır.

Kriyocerrahi uygulamaları, yarı iletken üretimi, kızılötesi sensörler, gıdaların hızlı dondurulması ve saklanması, gazların sıvılaştırılması gibi ultra düşük sıcaklık uygulamalarında -40°C veya daha düşük sıcaklıklarda soğutmaya ihtiyaç duyulmaktadır. Soğutulan ortamdaki sıcaklık düştükçe, ısı atılan dış ortam arasındaki sıcaklık farkının çok yükselmesi kompresördeki sıkıştırma oranının çok yüksek olacağı anlamına gelmektedir, bu da soğutma sisteminin verimini düşürmekte ve böylece elektrik tüketimini arttırmaktadır. Bu nedenle ultra düşük sıcaklıklara yapılan soğutma işlemlerinde tek kademe sıkıştırımlı soğutma çevrimleri yetersiz kalmakta veya çok düşük performansta çalışmaktadır. Bunun yerine -20°C 'nin altındaki donuk oda uygulamalarında olduğu gibi çift kademeli kompresör kullanılarak geleneksel soğutma sistemlerinde -62°C sıcaklıklarına kadar soğutma işlemi elde edilebilmektedir. Literatürde,

-40°C sıcaklıklarının altındaki soğutma işlemleri için çift kademeli kompresörlü soğutma çevrimlerinin yanı sıra gazların sıvılaştırılması yöntemlerinden biri olan Linde–Hampson soğutma çevrimi, çok kademeli ardışık (kaskad) soğutma çevrimi veya otokaskad soğutma çevrimleri önerilmektedir.

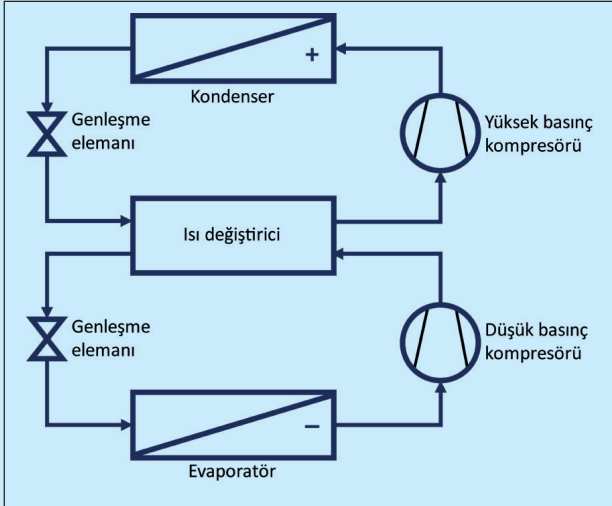
Linde–Hampson soğutma çevriminde, kritik nokta sıcaklıkları sırasıyla -268°C , -240°C ve -147°C olan helyum, hidrojen ve azot gibi gazlar kullanılmaktadır. Kritik nokta sıcaklığı çok düşük olan bu gazlar çevre koşullarında kızgın buhar fazında bulunur. Kritik noktası düşük gazların kademeli olarak sıkıştırılarak yüksek basınç altında sıvılaştırılması, ardından ısı değiştiricisinde ısısı uzaklaştırıldıktan sonra kısılmasıyla birlikte sıvılaştırılan gazın buharlaşması prensibine dayanır.

Geleneksel soğutma çevriminde olduğu gibi soğutucu akışkan önce sıkıştırılıyor, dış ortama ısı atıyor, daha sonra kısılarak buharlaşması sağlanıyor ve çok düşük sıcaklıklarda soğutma yapılıyor. Linde–Hampson çevrimi ve diğer gazların sıvılaştırılması yöntemleriyle -100°C 'nin altındaki sıcaklıklara soğutma yapılabilmektedir. Şekil 1'de şematik olarak gösterilen kaskad soğutma çevrimi, her biri farklı soğutucu akışkanla çalışan bağımsız iki soğutma çevriminden oluşmaktadır. Bu iki soğutma çevrimlerinden biri düşük basınçta çalışırken, diğeri yüksek basınçta çalışır. Düşük



basıncıdaki çevrimin kondenser (yoğuşturucu) ünitesi ile yüksek basınçta çalışan çevrimin evaporatörü (buharlaştırıcı), kaskad ısı değiştiricisiyle birbirine bağlanır. Düşük basınçta çalışan soğutma çevriminde R404A gazı kullanılırken yüksek çok düşük sıcaklıklara soğutma işlemi elde edilebilir.

Yüksek basınç tarafında ise yüksek dış ortam sıcaklıklarında bile ısı atabilen R134a gazı kullanılabilir. Kaskad soğutma sistemlerinde soğutucu akışkanlar birbiriyle karışmamaktadır. İki adet kompresör kullanılması, sistemi oluşturan eleman sayısının fazla olması, ilk kurulum maliyetinin yüksek olması gibi nedenlerle uygulamada tercih edilmemektedir.

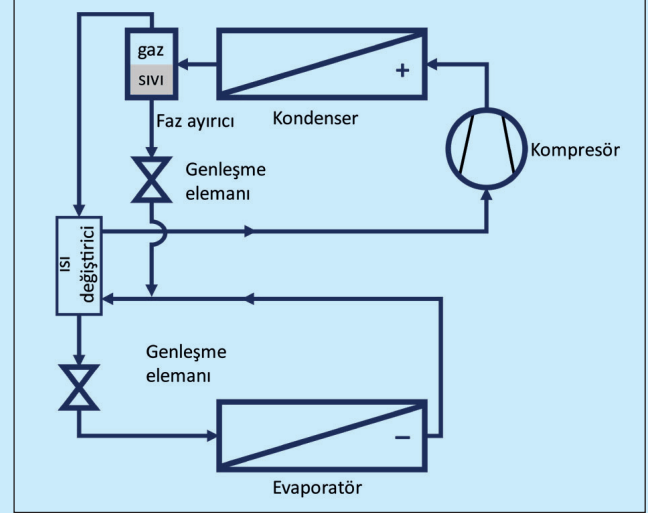


Şekil 1. Kaskad soğutma çevriminin şematik gösterimi.

Şekil 2'de şematik olarak gösterilen oto-kaskad soğutma çevriminde, tek bir soğutucu akışkan yerine farklı kaynama sıcaklıklarına sahip iki (veya üç) soğutucu akışkan karışımıyla (azeotropik karışım) çalışır. Geleneksel soğutma çevriminde olduğu gibi tek bir kompresör ile soğutucu akışkan sıkıştırılmakta olup farklı olarak bu çevrimde iki adet genişleme elemanı, iki adet kondenser ve bir adet faz ayırıcı bulunmaktadır.

Soğutucu akışkan karışımı kompresörde sıkıştırıldıktan sonra kondenserde dış ortama ısı atar ve kondenser çıkışında düşük kaynama noktasına sahip soğutucu akışkan gaz, yüksek kaynama noktasına sahip soğutucu akışkan ise sıvı fazına geçer. Doymuş sıvı-buhar karışımı fazındaki azeotropik karışım faz ayırıcıda birbirinden ayrılır. Sıvı fazındaki soğutucu akışkan genişleme elemanında kısılr ve kondenserde ısınarak gaz fazına geçer. Gaz fazındaki soğutucu akışkan da kondenserde soğuyup yoğuştuğundan sonra genişleme elemanında kısılr. Isısını kaybettikten

sonra basıncı düşürülen soğutucu akışkan ultra düşük sıcaklıklara soğutma yapmaya üzere evaporatöre gider.



Şekil 2. Oto-kaskad soğutma çevriminin şematik gösterimi.

Oto-kaskad sistemleri kaskad sistemlerine kıyasla daha verimli ve ilk yatırım maliyetlerinin daha makul olması nedeniyle ultra düşük sıcaklık uygulamalarında kullanılmaktadır. Oto-kaskad sistemlerinin verimi kullanılan azeotropik soğutucu akışkan karışımının içeriği ve kondenser çıkışındaki soğutucu akışkanın kuruluk değerine bağlıdır.

Literatürde, kompresördeki sıkıştırma oranının azaltılarak sistemin verimini arttırmak amacıyla ejektör kullanılması önerilmektedir. ■

ÖZGEÇMİŞ

İBRAHİM KARAÇAYLI

1989 yılında Antakya'da doğmuştur. Çukurova Üniversitesi Makina Mühendisliği Bölümü'nden 2012 yılı mayıs ayında, 2013 yılının ocak ayında da çift anadal yaptığı Otomotiv Mühendisliği Bölümünden mezun olmuştur. 2015-2018 yılları arasında Ege Üniversitesi Makina Mühendisliği Anabilim Dalında yüksek lisans eğitimini tamamlamış ve 2019 yılında doktora eğitimine başlamıştır.

2013 yılında enerji teknolojileri alanında Tasarım ve Test Uzmanı pozisyonunda iki yıl sürecek olan iş yaşamına başlayan Karaçaylı, 2015 yılından bu yana Ege Üniversitesi Ege Meslek Yüksekokulu Elektrik ve Enerji Bölümü İklimlendirme ve Soğutma Teknolojisi Programında öğretim görevlisi kadrosunda çalışmaktadır.