

AYNI ÇALIŞMA ŞARTLARINDA ÜÇ FARKLI SOĞUTMA SİSTEMİNİN KARŞILAŞTIRMALI PERFORMANS ANALİZİ

Bayram KILIÇ
Arzu ŞENCAN ŞAHİN
Osman İPEK

ÖZET

Bu çalışmada, aynı çalışma şartlarında çalışan tek kademeli soğutma sistemi, tek kademeli ısı değiştiricili soğutma sistemi ve iki kademeli ekonomizerli soğutma sisteminin performans analizi yapılmıştır. Her üç sistemde de soğutucu akışkan olarak R134a kullanılmıştır. Her üç soğutma sisteminin termodinamik analizleri yapılmıştır. Yapılan analiz sonucunda, aynı çalışma şartlarında en yüksek soğutma etkinlik katsayısı (COP) değerine, iki kademeli ekonomizerli soğutma sisteminde ulaşılmıştır.

Anahtar Kelimeler: COP, Tek kademe, İki kademe, Ekonomizer, Isı değiştirici, Soğutma

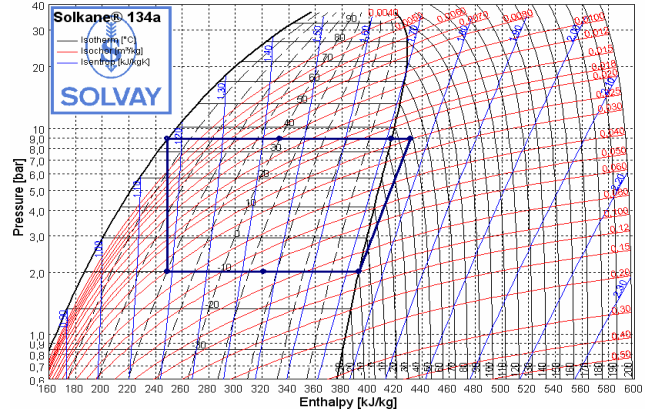
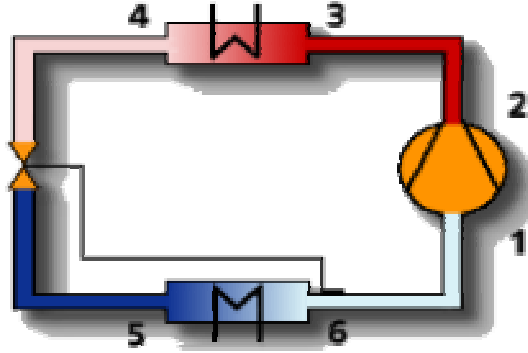
ABSTRACT

In this study, performance analysis of single-stage refrigeration system, single-stage refrigeration system with internal heat exchanger and two-stage refrigeration system with economizer was carried out. R134a as a refrigerant for three systems was used. Thermodynamic analyses of three systems were carried out. As a result, the highest coefficient of performance value was obtained in two-stage refrigeration system with economizer.

Keywords: COP, Single stage, Two stage, Economizer, Heat exchanger, Cooling

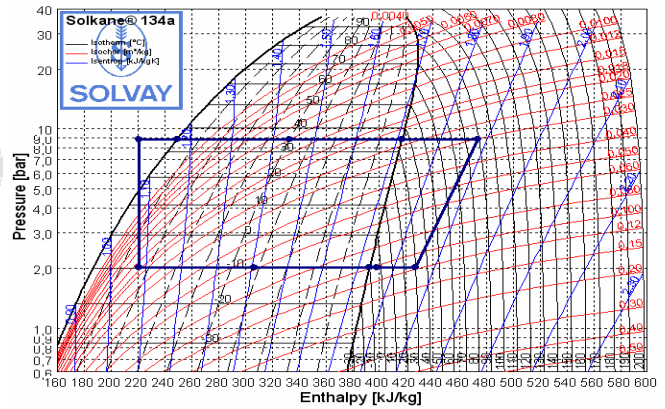
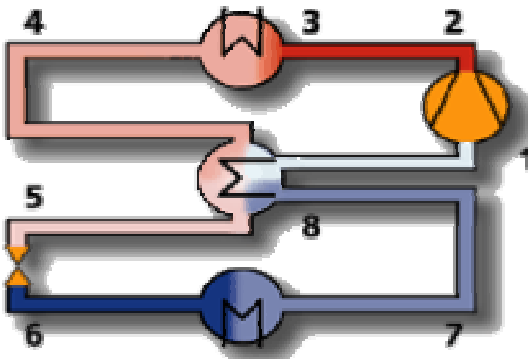
1. GİRİŞ

Termodinamiğin önemli uygulama alanlarından biri soğutmadır. Soğutma düşük sıcaklıktaki bir ortamdan yüksek sıcaklıktaki bir ortama ısı geçiştir. Soğutma, soğutma makineleri veya ısı pompaları tarafından gerçekleştirilir. Bu makinelerin dayandıkları çevrimlere de soğutma çevrimleri adı verilir. En yaygın olarak kullanılan soğutma çevrimi, buhar sıkıştırımlı soğutma çevrimidir. Bu çevrimde, aracı akışkan dönüşümlü olarak buharlaşır, yoğuşur ve buhar fazındayken sıkıştırılır [1]. Şekil 1'de buhar sıkıştırımlı soğutma çevrimi ve çevrimin P-h diyagramı görülmektedir.



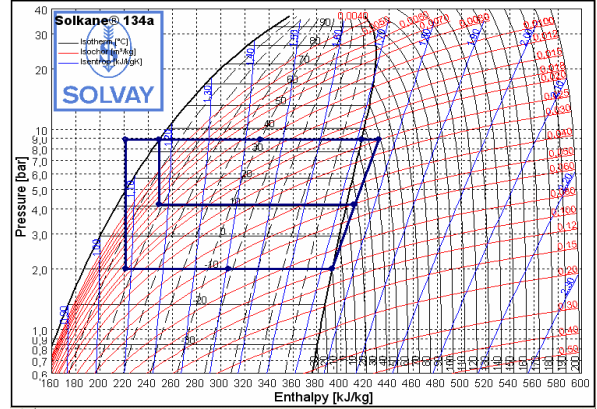
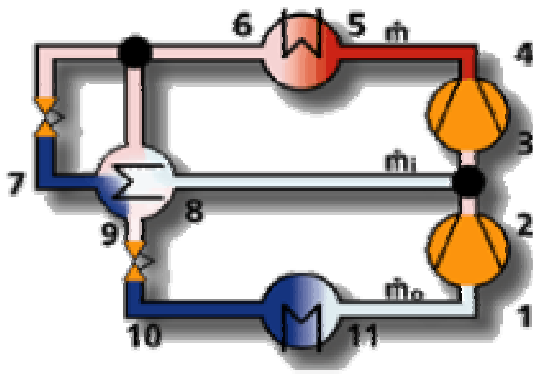
Şekil 1. Buhar sıkıştırımlı soğutma çevrimi ve çevriminin P-h diyagramı [4]

Buhar sıkıştırımlı soğutma sistemlerinde, soğutucu akışkanın kondenser çıkışında aşırı soğutulması, evaporatöre düşük ısıl kalitede girmesine ve böylece akışkanın daha fazla ısı çekmesine neden olur. Bunun sonucu performans katsayısı değeri artar. Ayrıca, soğutucu akışkanın kondenserden çıktıktan sonra buhar kabarcıkları halinde genişleme valfine girmesi, genişleme valfinin kapasitesini düşürür ve evaporatöre giren soğutucu akışkan miktarı azalır. Aşırı soğutma işlemi bu sakıncayı ortadan kaldırır. Evaporatör çıkışında yapılan aşırı kızdırma işlemi ise soğutulmak istenen ortamdaki daha fazla ısı çekilmesini ve böylece sistem performansının artmasını sağlar. Bunun yanında aşırı kızdırma işlemiyle kompresöre sıvı soğutucu akışkan girmesi de önlenmiş olur [2]. Şekil 2'de aşırı kızdırma ve aşırı soğutmanın bir ısı değiştiricisi ile yapıldığı tek kademeli ısı değiştiricili buhar sıkıştırımlı soğutma çevrimi ve çevrimin P-h diyagramı görülmektedir.



Şekil 2. Tek kademeli ısı değiştiricili buhar sıkıştırımlı soğutma çevrimi ve çevrimin P-h diyagramı [4]

Bazı endüstri uygulamalarında düşük sıcaklıklarda soğutma gerekir ve uygulamanın sıcaklık aralığı, basit buhar sıkıştırımlı soğutma çevriminin etkin çalışabilmesi için çok büyük olabilir. Büyük bir sıcaklık aralığının aynı zamanda daha çok basınç kayıplarına yol açacak ve pistonlu kompresörün daha düşük bir verimle çalışmasına neden olacaktır. Bu gibi durumlarda başvurulan yöntemlerden biri soğutmayı iki kademede gerçekleştirmektir. Bu çevrimlere kademeli soğutma çevrimleri adı verilir [3]. Şekil 3'de iki kademeli ekonomizerli buhar sıkıştırımlı soğutma çevrimi ve çevrimin P-h diyagramı görülmektedir.



Şekil 3. İki kademeli ekonomizerli buhar sıkıştırılmalı soğutma çevrimi ve çevrimin P-h diyagramı [4]

2. TERMODİNAMİK ANALİZ

Şekil 1'de gösterilen buhar sıkıştırılmalı soğutma çevrimi, Şekil 2'de gösterilen tek kademeli ısı değiştiricili buhar sıkıştırılmalı soğutma çevrimi ve Şekil 3'de gösterilen iki kademeli ekonomizerli buhar sıkıştırılmalı soğutma çevriminin birinci yasa analizleri yapılmıştır. Termodinamiğin birinci kanununa göre yukarıdaki sistemlerin soğutma etkisi sırasıyla aşağıdaki gibi belirlenebilir;

$$Q_E = \dot{m}(h_1 - h_5) \quad (1)$$

$$Q_E = \dot{m}(h_7 - h_6) \quad (2)$$

$$Q_E = \dot{m}_o(h_1 - h_{10}) \quad (3)$$

Kondenserdeki ısı transfer miktarı sırasıyla aşağıdaki gibi ifade edilir;

$$Q_C = \dot{m}(h_2 - h_4) \quad (4)$$

$$Q_C = \dot{m}(h_2 - h_4) \quad (5)$$

$$Q_C = \dot{m}(h_4 - h_6) \quad (6)$$

Şekil 1 ve Şekil 2'deki soğutma çevrimlerine ait kompresörlerin çalışma yüklerini tek bir denklemlerle ifade edebiliriz;

$$W_{Net} = \dot{m}(h_2 - h_1) \quad (7)$$

Şekil 3'de görülen iki kademeli ekonomizerli buhar sıkıştırılmalı soğutma çevriminde alçak basınç kompresörünün (LPC) çalışma yükü;

$$W_{LPC} = \dot{m}_o(h_2 - h_1) \quad (8)$$

Benzer şekilde Şekil 3'de görülen iki kademeli ekonomizerli buhar sıkıştırılmalı soğutma çevriminde yüksek basınç kompresörünün (HPC) çalışma yükü;

$$W_{HPC} = \dot{m} (h_4 - h_3) \quad (9)$$

Soğutma çevriminin performans katsayısı (COP), net soğutma etkisinin kompresör çalışma yüküne oranı olarak tanımlanır. Yukarıdaki çevrimler için bu ifade sırasıyla aşağıdaki gibi ifade edilir[6, 7];

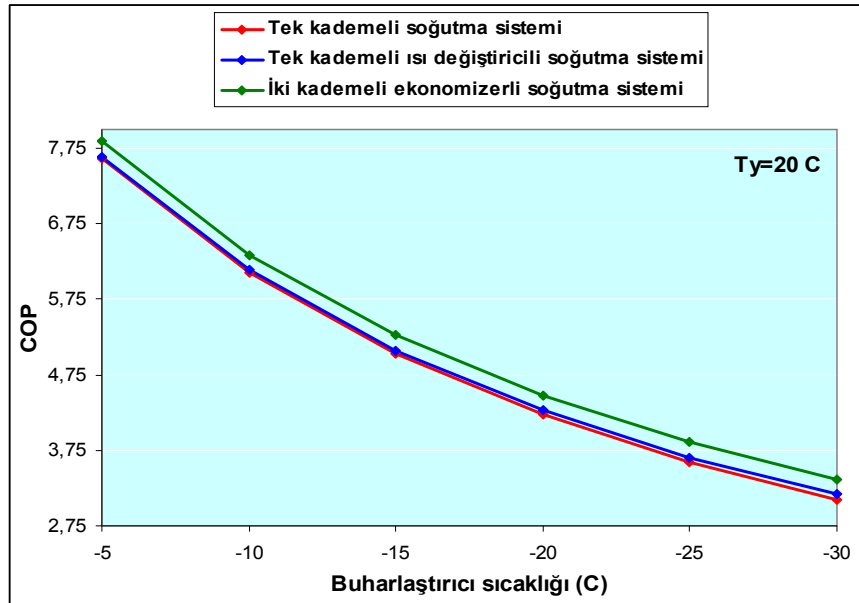
$$COP = \frac{Q_E}{W_{Net}} \quad (10)$$

$$COP = \frac{Q_E}{W_{Net}} \quad (11)$$

$$COP = \frac{Q_E}{W_{LPC} + W_{HPC}} \quad (12)$$

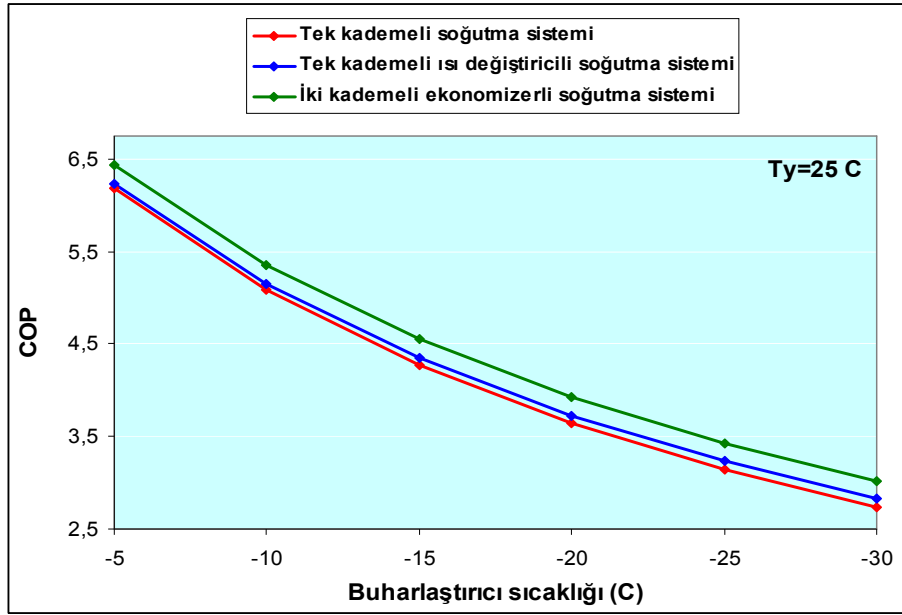
3. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Üç farklı soğutma sistemi için kondenser sıcaklığı 20 °C de sabit tutulup, evaporatör sıcaklığı değişime bağlı olarak bulunan soğutma etkinlik katsayısı değerleri karşılaştırmalı olarak Şekil 4'de verilmiştir. Bu çalışma şartları için en yüksek COP değerlerinin iki kademeli ekonomizerli soğutma sistemine ait olduğu görülmüştür.



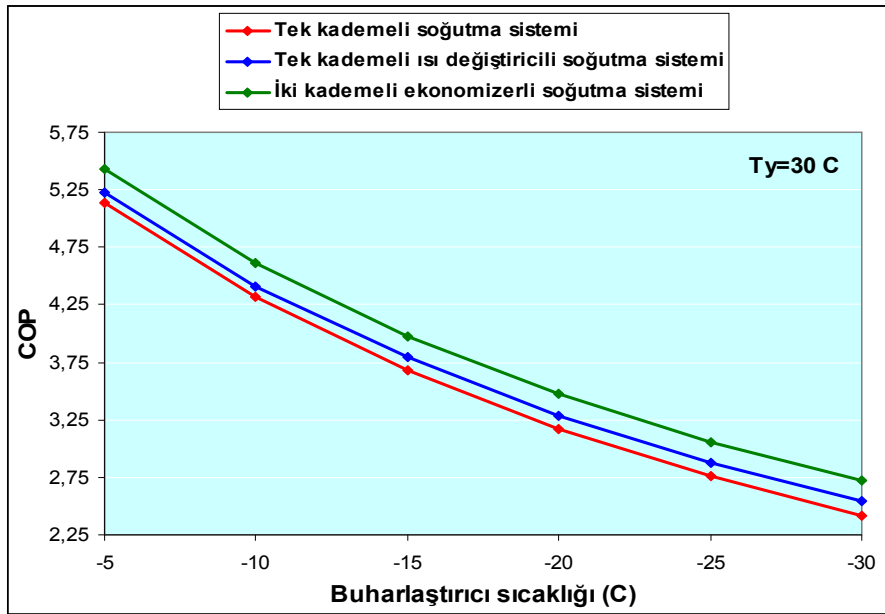
Şekil 4. Evaporatör sıcaklığı değişimine bağlı soğutma etkinlik katsayısı değerleri

Üç farklı soğutma sistemi için kondenser sıcaklığı 25 °C de sabit tutulup, evaporatör sıcaklığı değişime bağlı olarak bulunan soğutma etkinlik katsayısı değerleri karşılaştırmalı olarak Şekil 5'de verilmiştir. Bu çalışma şartları için en yüksek COP değerlerinin iki kademeli ekonomizerli soğutma sistemine, en düşük COP değerlerinin ise tek kademeli soğutma sistemine ait olduğu görülmüştür.



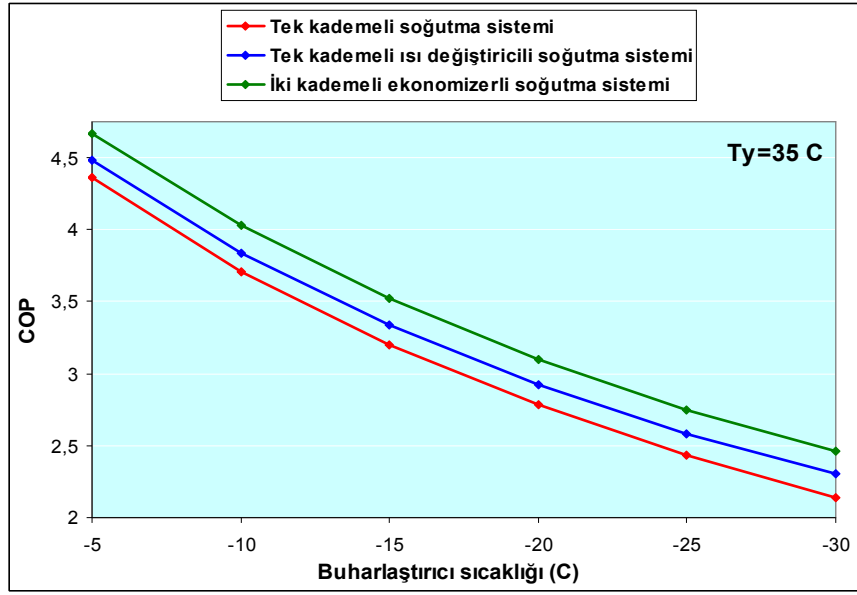
Şekil 5. Evaporatör sıcaklığı değişimine bağlı soğutma etkinlik katsayısı değerleri

Üç farklı soğutma sistemi için kondenser sıcaklığı 30 °C de sabit tutulup, evaporatör sıcaklığı değişime bağlı olarak bulunan soğutma etkinlik katsayısı değerleri karşılaştırmalı olarak Şekil 6'da verilmiştir. Bu çalışma şartları için de en yüksek COP değerlerinin iki kademeli ekonomizerli soğutma sistemine ait olduğu görülmüştür.



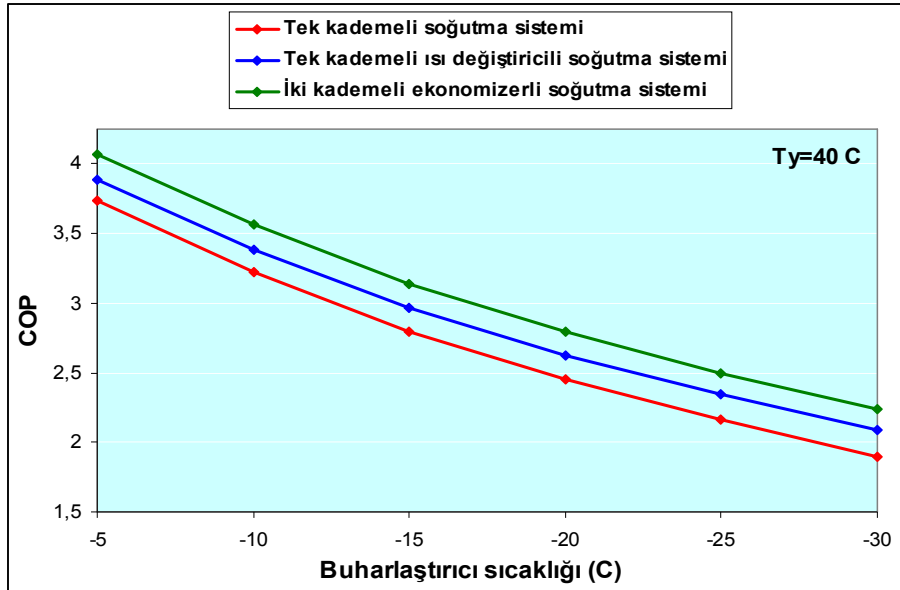
Şekil 6. Evaporatör sıcaklığı değişimine bağlı soğutma etkinlik katsayısı değerleri

Üç farklı soğutma sistemi için kondenser sıcaklığı 35 °C de sabit tutulup, evaporatör sıcaklığı değişime bağlı olarak bulunan soğutma etkinlik katsayısı değerleri karşılaştırmalı olarak Şekil 7'de verilmiştir. Benzer şekilde bu çalışma şartları için, en yüksek COP değerlerinin iki kademeli ekonomizerli soğutma sistemine, en düşük COP değerlerinin ise tek kademeli soğutma sistemine ait olduğu görülmüştür.



Şekil 7. Evaporatör sıcaklığı değişimine bağlı soğutma etkinlik katsayısı değerleri

Üç farklı soğutma sistemi için kondenser sıcaklığı 40 °C de sabit tutulup, evaporatör sıcaklığı değişime bağlı olarak bulunan soğutma etkinlik katsayısı değerleri karşılaştırmalı olarak Şekil 8'de verilmiştir. Bu çalışma şartları için en yüksek COP değerlerinin iki kademeli ekonomizerli soğutma sistemine, en düşük COP değerlerinin ise tek kademeli soğutma sistemine ait olduğu görülmüştür.



Şekil 8. Evaporatör sıcaklığı değişimine bağlı soğutma etkinlik katsayısı değerleri

SONUÇ

Enerji, toplumların kalkınmasının başlıca unsurlarından birisi olmuştur. Günümüzde güvenilir, ucuz ve temiz enerji temini bütün ülkelerin enerji politikalarının vazgeçilmez esasları arasında yer almaktadır.

Önümüzdeki yıllarda da, dünya enerji talebini arttıran sebeplerin yanı sıra, enerji temininde güçlük çıkaracak çevresel etkenlerde enerji konusunda önemli bir etken olacaktır. Dolayısıyla soğutma sistemlerinin seçiminde de enerjiyi en etkin şekilde kullanmak temel amaç olmalıdır. Bunun için optimum soğutma sistem parametrelerinin belirlenmesi zorunluluk haline gelmiştir.

Bu çalışmada, aynı çalışma şartlarında çalışan tek kademeli soğutma sistemi, tek kademeli ısı değiştiricili soğutma sistemi ve iki kademeli ekonomizerli soğutma sisteminden oluşan üç farklı soğutma sisteminin performans analizi yapılmıştır. Her üç sistemde de soğutucu akışkan olarak R134a kullanılmıştır. Her üç soğutma sisteminde analizler kondenser sıcaklığı 20 ile 40 °C, evaporatör sıcaklığı -5 ile -30 °C için beşer derece farkla yapılmıştır. Yapılan analiz sonucunda, üç farklı soğutma sisteminde en yüksek soğutma etkinlik katsayısı (COP) değerine, 20 °C kondenser sıcaklığı ve -5 °C evaporatör sıcaklığı olan çalışma şartlarında 7,84 olarak iki kademeli ekonomizerli soğutma sisteminde ulaşılmıştır.

KAYNAKLAR

- [1] Cengel, A.Y., Boles, A.M, "Thermodynamics: An Engineering Approach", McGraw-Hill, 987s. New York, 1994.
- [2] Sincar, S., R134a Soğutucu akışkan ile çalışan ticari soğutucu tasarımı, imalatı ve performans deneyleri, Niğde Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 74s, Niğde, 1999.
- [3] Yamankaradeniz, R., Horuz, İ., Coşkun, S., "Soğutma Tekniği ve Uygulamaları", VİPAŞ A.Ş., 608s. Bursa, 2002.
- [4] <http://www.solvaychemicals.com>

ÖZGEÇMİŞ

Bayram KILIÇ

1978 yılında İstanbul'da doğdu. 2006 yılında Süleyman Demirel Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, Tesisat Öğretmenliği bölümünden mezun oldu. 2008 yılında Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Eğitimi Ana Bilim Dalında yüksek lisansını tamamladı. Halen Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Bucak Emin Gülmez Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulunda öğretim görevlisi olarak çalışmaktadır.

Arzu ŞENCAN ŞAHİN

1975 yılında Manisa'da doğdu. 1996 yılında Süleyman Demirel Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Makine Mühendisliği bölümünden mezun oldu. 1999 yılında Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Ana Bilim Dalında yüksek lisansını, 2004 yılında doktorasını tamamladı. Halen Süleyman Demirel Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi Makine Eğitimi Bölümünde Doç. Dr. olarak görev yapmaktadır.

Osman İPEK

1963 yılında İçel'de doğdu. 1986 yılında Akdeniz Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Makine Mühendisliği bölümünden mezun oldu. 1988 yılında Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Ana Bilim Dalında yüksek lisansını, 1992 yılında Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Ana Bilim Dalında doktorasını tamamladı. Halen Süleyman Demirel Üniversitesi, Teknoloji Fakültesinde Dekan olarak görev yapmaktadır.