

# İKİ KADEMELİ EKONOMİZERLİ BUHAR SIKIŞTIRMALI SOĞUTMA ÇEVİRİMİNİN PERFORMANS ANALİZİ

Bayram KILIÇ  
Arzu ŞENCAN ŞAHİN  
Osman İPEK

## ÖZET

Yoğuşturucu sıcaklığıyla buharlaştırıcı sıcaklığı arasındaki fark çok büyük olduğunda kompresör çok fazla giriş işi (elektrik enerjisi) harcar. Elektrik enerjisi miktarının azaltılması ve sistemin toplam etkinlik katsayısının artırılmasının bir yolu da iki kademeli ekonomizerli buhar sıkıştırırmalı soğutma sisteminin kullanılmasıdır.

Bu çalışmada, iki kademeli ekonomizerli buhar sıkıştırırmalı soğutma sisteminin birinci yasa analizi yapılmıştır. Sistemde soğutucu akışkan olarak R134a kullanılmıştır. Bu soğutucu akışkanı kullanan iki kademeli ekonomizerli buhar sıkıştırırmalı soğutma sisteminin değişik çalışma şartlarında sistem performansı (COP) incelenmiş ve sistemin optimum çalışma şartları belirlenmiştir. Sonuç olarak en yüksek soğutma etkinlik katsayısı değeri, kondenser sıcaklığı 20 °C ve evaporatör sıcaklığı 5 °C olan çalışma şartlarında elde edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Buhar sıkıştırırmalı soğutma, COP, İki kademe, Ekonomizer.

## ABSTRACT

Compressor consumes much input work (electric power) when difference between evaporator temperature and condenser temperature is very large. In order to reduce electrical energy and to increase coefficient of performance, vapor-compression refrigeration system with economizer and two-stage is used.

In this study, the first law analysis of two-stage process with economizer vapor-compression refrigeration system was made. R134a as refrigerant in the system was used. The coefficient of performance (COP) of two-stage process with economizer vapor-compression refrigeration system was investigated in various operating conditions. Optimum operating conditions of system were determined. As a result, the highest coefficient of performance value was obtained in the condenser temperature 20 °C and evaporator temperature 5 °C.

**Key Words:** Vapor Compression Refrigeration, COP, Two-stage, Economizer.

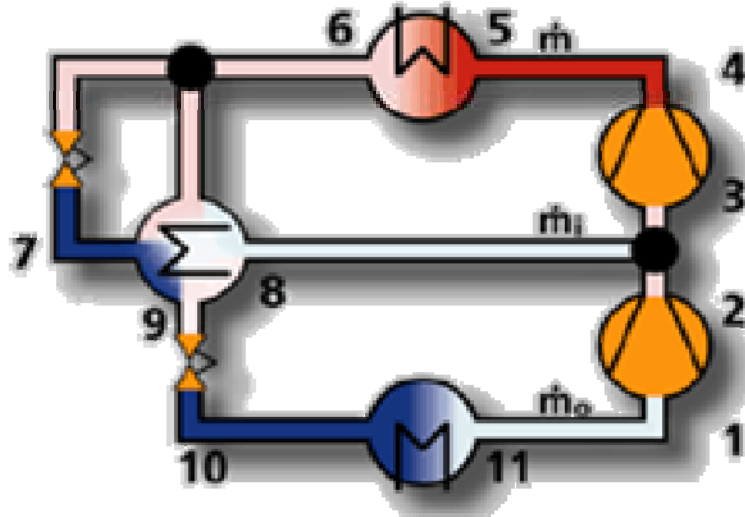
## 1. GİRİŞ

Buhar sıkıştırırmalı bir soğutma sisteminde düşük sıcaklıktaki bir ortamdan çekilen ısı daha yüksek sıcaklıktaki bir ortama atılır. Bu işlemin gerçekleşebilmesi için sistemde soğutucu akışkan dolaştırılırken dışarıdan iş verilir. Bu süreç sırasında soğutucu akışkan bir takım işlemlere tabi tutularak faz değiştirir. Tüm bu işlemler serisi çevrim olarak bilinir [1].

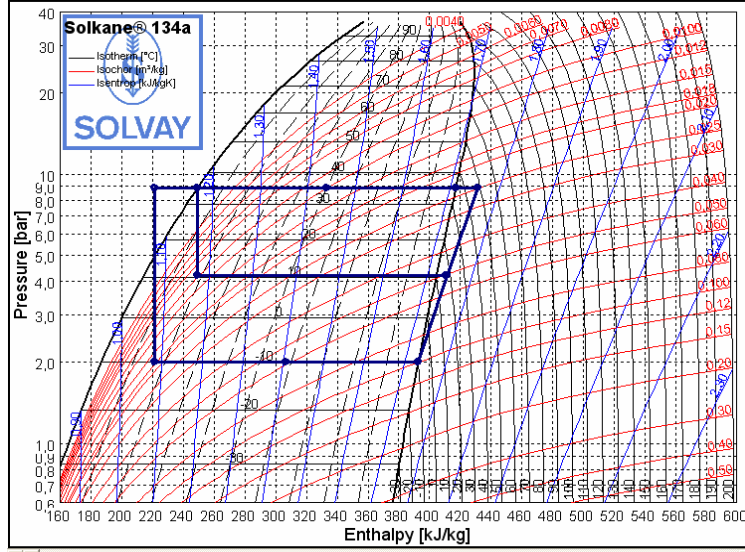
İdeal bir buhar sıkıştırımlı soğutma sistemi temel olarak kompresör, kondansör, genişleme valfi ve evaporatör olmak üzere dört ana elemandan oluşmaktadır. Evaporatörden doymuş buhar olarak çıkan soğutucu akışkan, bir kompresör yardımıyla basıncı artırılarak kondansere basılır. Yüksek basınçta kompresörden çıkan soğutucu akışkan kondansere girer ve burada ısısını dış ortama atarak sabit basınçta yoğuşur. Yoğuşan akışkan genişleme valfine girer. Genleşme valfinden geçen soğutucu akışkan sabit entalpide genişleyerek ıslak buhar haline gelir. Islak buhar halinde evaporatöre giren soğutucu akışkan dış ortamın ısısını çekerek buharlaşır ve buradan geçerek buhar halinde tekrar kompresöre girer. Çevrim böylece devam eder [2].

Yoğuşma sıcaklıklarının fazla yüksek olmadığı buhar sıkıştırımlı soğutma çevrimlerinde tek kademeli sıkıştırma işlemi  $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'ye kadar olan evaporasyon sıcaklıklarında oldukça tatmin edici sonuçlar vererek çalışabilmektedir. Ancak çok düşük evaporasyon sıcaklıklarındaki çalışma şartlarında soğutma çevriminin kapasitesi ile birlikte performans katsayısı da hızla düşme durumundadır. Bunun sebeplerinden birisi de düşük emme basıncı ile başlayan sıkıştırma işleminin aynı çıkış yoğuşma basıncına ulaşabilmek üzere daha yüksek bir sıkıştırma oranı ile çalışmayı gerektirmesidir. Kaldı ki bu yüksek sıkıştırma oranı sonucu çıkış basıncı ve sıcaklığı daha da yükselme eğilimindedir. Bu nedenlerle çok düşük evaporasyon sıcaklıkları gerektiğinde aşırı kompresör çıkış basıncı ve sıcaklıklarını önlemek ve aynı zamanda da daha verimli çalışma şartları sağlamak üzere kademeli sıkıştırma işlemlerine başvurulmaktadır. Kademeli sıkıştırma genellikle iki seri kompresyon ile ve bazen de gerektiğinde üç ve daha fazla seri kompresyonla sağlanmaktadır. Sistemde dolaşan ve sıkıştırılıp genişletilen soğutucu akışkan tek cins ve aynıdır.

Kademeli sıkıştırma işlemi sırasında her kompresör çıkışı ile bir sonraki kompresör girişi arasında yükselen sıcaklığı düşürmek (kızgın buharı doymuş buhar haline döndürmek) ve sonraki sıkıştırma işlemi sonunda sıcaklığın aşırı derecede artmasını önlemek ve verimli bir çalışma sağlamak üzere bir ara soğutma işlemi gerekir. Bu da iki şekilde yapılabilmekte olup bunlar; bir ısı değiştiricide kızgın buhar haldeki soğutmanın ikincil bir soğutucu sıvı ile kontrollü olarak soğutulması veya soğutma kompresörü silindirlerinin ve silindir kapaklarının çift cidarlı, gömlekli olarak yapılması suretiyle sağlanabilmektedir. Her iki durumda da ikincil akışkanın sıcaklık ve debilerinin düzenli ve kontrollülerinin mümkün olması gerekmektedir. Şekil 1'de iki kademeli ekonomizerli buhar sıkıştırımlı soğutma çevrimi ve Şekil 2'de çevrimin P-h diyagramı görülmektedir.



Şekil 1. İki Kademeli Ekonomizerli Buhar Sıkıştırımlı Soğutma Çevrimi.



Şekil 2. İki Kademeli Ekonomizerli Buhar Sıkıştırımlı Soğutma Çevriminin P-h Diyagramı.

## 2. TERMODİNAMİK ANALİZ

Şekil 1’de gösterilen iki kademeli ekonomizerli buhar sıkıştırımlı soğutma çevriminin birinci yasa analizi yapılmıştır. Termodinamiğin birinci kanununa göre sistemin soğutma etkisi aşağıdaki gibi belirlenebilir;

$$Q_E = \dot{m}_o (h_1 - h_{10}) \quad (1)$$

Kondenserdeki ısı transfer miktarı aşağıdaki gibi ifade edilir;

$$Q_C = \dot{m} (h_4 - h_6) \quad (2)$$

Açık basınç kompresörünün (LPC) çalışma yükü;

$$W_{LPC} = \dot{m}_o (h_2 - h_1) \quad (3)$$

Yüksek basınç kompresörünün (HPC) çalışma yükü;

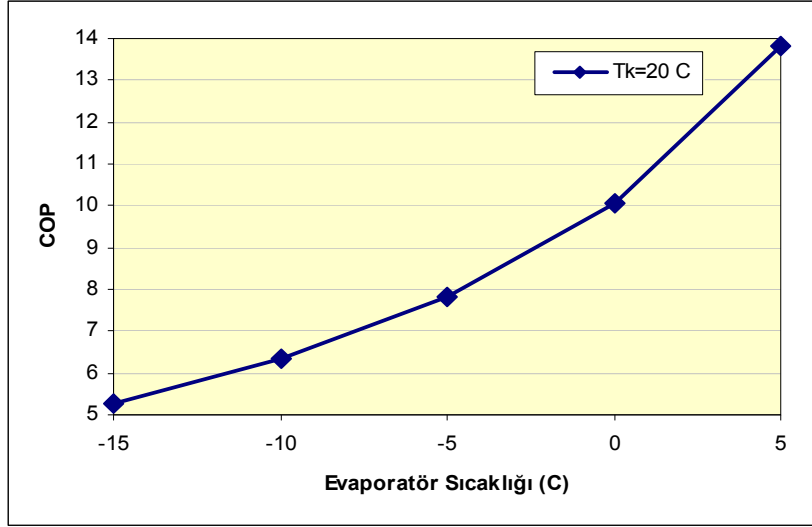
$$W_{HPC} = \dot{m} (h_4 - h_3) \quad (4)$$

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

$$COP = \frac{Q_E}{W_{LPC} + W_{HPC}} \quad (6)$$

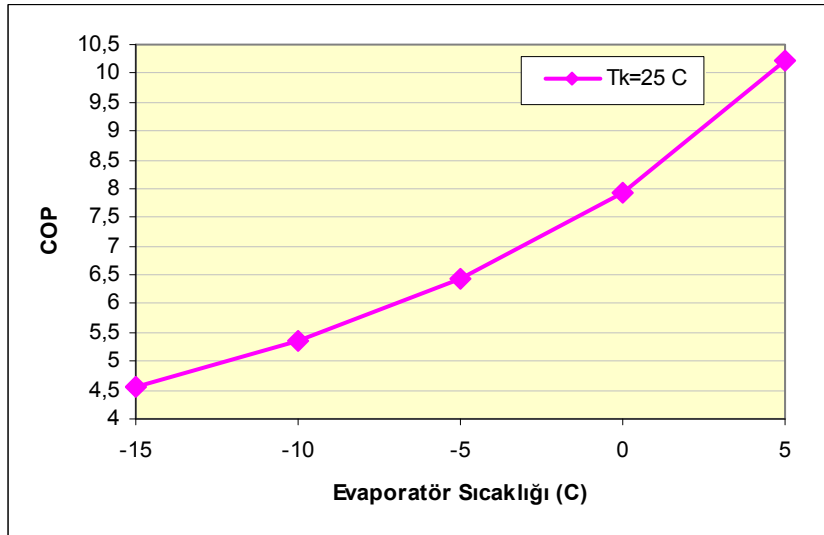
### 3. SONUÇ VE TARTIŞMA

İki kademeli ekonomizerli buhar sıkıştırılmalı soğutma sisteminde kondenser sıcaklığı 20 °C de sabit tutulup evaporatör sıcaklığı değişime bağlı olarak bulunan soğutma etkinlik katsayısı değerleri Şekil 3'de verilmiştir.



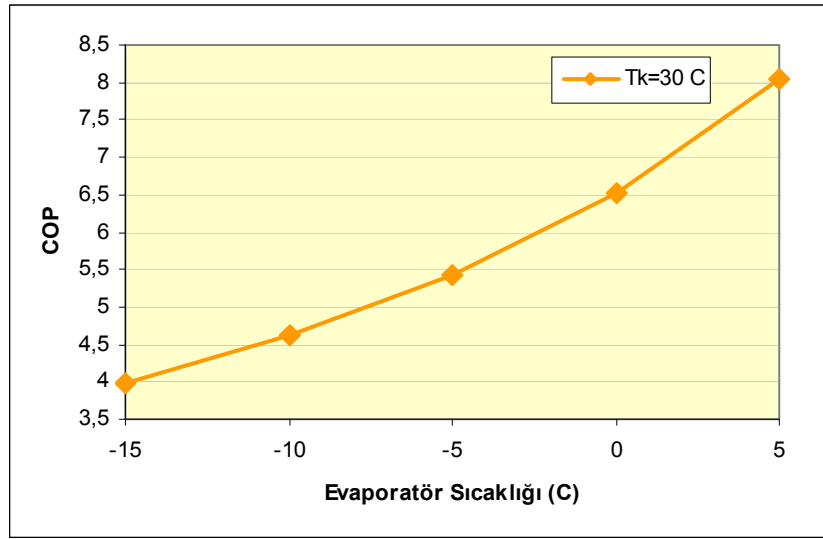
Şekil 3. Evaporatör Sıcaklığı Değişimine Bağlı Olarak Soğutma Etkinlik Katsayısı Değerleri.

İki kademeli ekonomizerli buhar sıkıştırılmalı soğutma sisteminde kondenser sıcaklığı 25 °C de sabit tutulup evaporatör sıcaklığı değişime bağlı olarak bulunan soğutma etkinlik katsayısı değerleri Şekil 4'de verilmiştir.



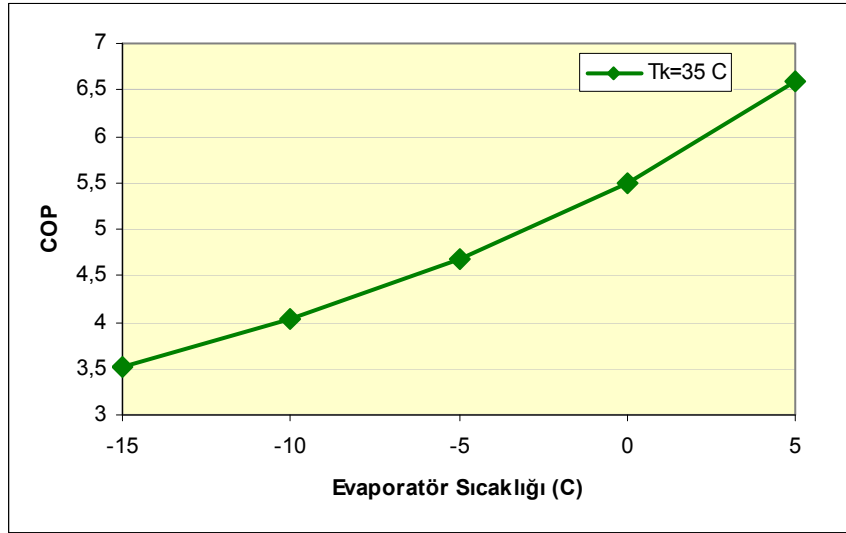
Şekil 4. Evaporatör Sıcaklığı Değişimine Bağlı Soğutma Etkinlik Katsayısı Değerleri.

İki kademeli ekonomizerli buhar sıkıştırılmalı soğutma sisteminde kondenser sıcaklığı 30 °C de sabit tutulup evaporatör sıcaklığı değişime bağlı olarak bulunan soğutma etkinlik katsayısı değerleri Şekil 5'de verilmiştir.



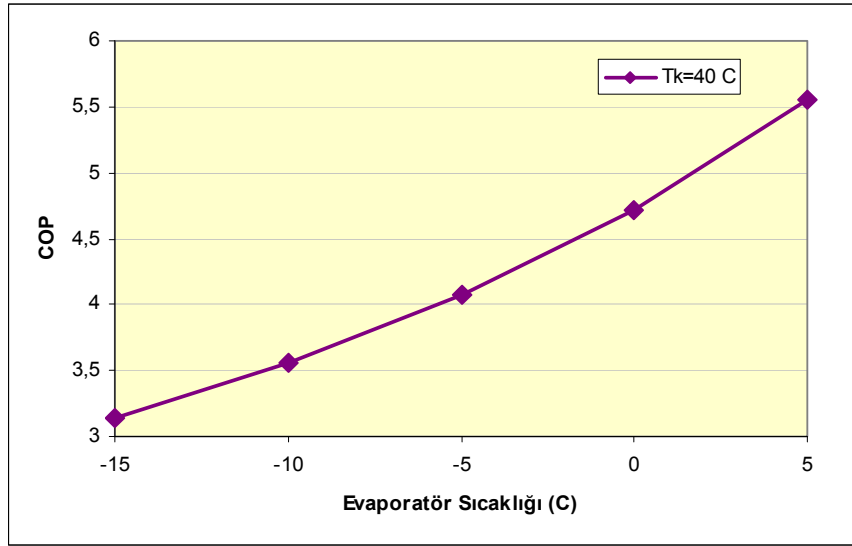
Şekil 5. Evaporatör Sıcaklığı Değişimine Bağlı Soğutma Etkinlik Katsayısı Değerleri.

İki kademeli ekonomizerli buhar sıkıştırırmalı soğutma sisteminde kondenser sıcaklığı 35 °C de sabit tutulup evaporatör sıcaklığı değişime bağlı olarak bulunan soğutma etkinlik katsayısı değerleri Şekil 6'da verilmiştir.



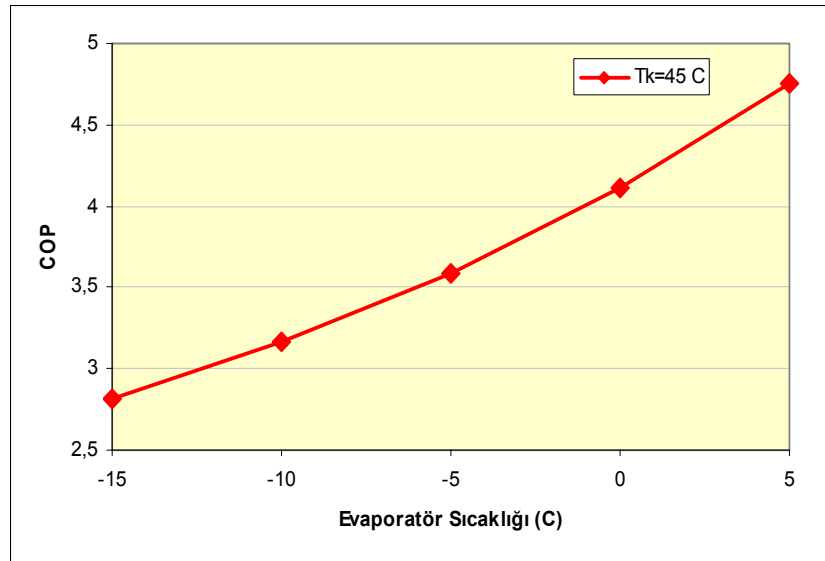
Şekil 6. Evaporatör Sıcaklığı Değişimine Bağlı Soğutma Etkinlik Katsayısı Değerleri.

İki kademeli ekonomizerli buhar sıkıştırırmalı soğutma sisteminde kondenser sıcaklığı 40 °C de sabit tutulup evaporatör sıcaklığı değişime bağlı olarak bulunan soğutma etkinlik katsayısı değerleri Şekil 7'de verilmiştir.



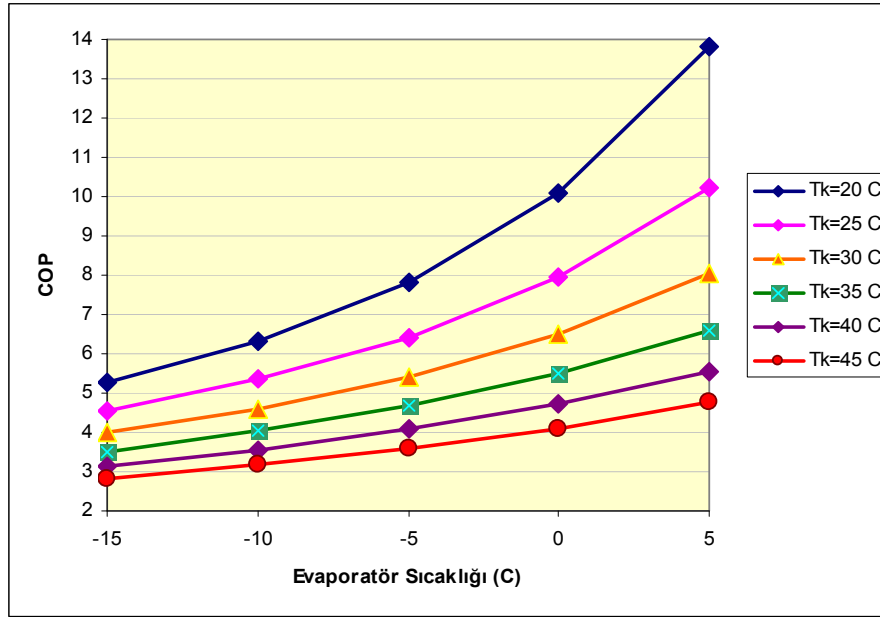
**Şekil 7.** Evaporatör Sıcaklığı Değişimine Bağlı Soğutma Etkinlik Katsayısı Değerleri.

İki kademeli ekonomizerli buhar sıkıştırırmalı soğutma sisteminde kondenser sıcaklığı 45 °C de sabit tutulup evaporatör sıcaklığı değişime bağlı olarak bulunan soğutma etkinlik katsayısı değerleri Şekil 8'de verilmiştir.



**Şekil 8.** Evaporatör Sıcaklığı Değişimine Bağlı Soğutma Etkinlik Katsayısı Değerleri.

İki kademeli ekonomizerli buhar sıkıştırırmalı soğutma sisteminde kondenser sıcaklıkları ve evaporatör sıcaklığı değişime bağlı olarak bulunan soğutma etkinlik katsayısı değerleri Şekil 9'da verilmiştir.



Şekil 9. Evaporatör ve Kondenser Sıcaklığı Değişimine Bağlı Soğutma Etkinlik Katsayısı Değerleri.

## SONUÇ

Bazı endüstriyel uygulamalarda düşük sıcaklıklarda soğutma gerekir ve uygulamanın sıcaklık aralığı basit buhar sıkıştırımlı soğutma çevriminin etkili çalışabilmesi için çok büyük olabilir. Büyük sıcaklık aralığı çok fazla basınç kaybına yol açarak kompresörün daha düşük verimle çalışmasına neden olur. Bu gibi durumlarda başvurulan yöntemlerden biri soğutmayı iki kademede yapmaktır.

Bu çalışmada, R134a kullanılan iki kademeli ekonomizerli buhar sıkıştırımlı soğutma sisteminin birinci yasa analizi yapılmıştır. Bu soğutucu akışkanı kullanan iki kademeli ekonomizerli buhar sıkıştırımlı soğutma sisteminin değişik çalışma şartlarında sistem performansı (COP) incelenmiş ve sistemin optimum çalışma şartları belirlenmiştir. Sonuç olarak, soğutma etkinlik katsayısını belirlemek için yapılan analizlerde, en yüksek soğutma etkinlik katsayısı değeri kondenser sıcaklığı 20 °C, evaporatör sıcaklığı 5 °C olan çalışma şartlarında 13.81olarak elde edilmiştir.

## KAYNAKLAR

- [1] SİNCAR, S., 1999. "R134a Soğutucu akışkan ile çalışan ticari soğutucu tasarımı, imalatı ve performans deneyleri", Niğde Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 74s, Niğde.
- [2] YAMANKARADENİZ, R., HORUZ, İ., COŞKUN, S., "Soğutma Tekniği ve Uygulamaları", VİPAŞ A.Ş., 608s, 2002.
- [3] KIZILKAN, Ö., "Alternatif soğutucu akışkanlı değişken hızlı kompresörlü bir soğutma sisteminin teorik ve deneysel incelenmesi", Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 112s, Isparta, 2008.
- [4] ÇENGEL, A.Y., BOLES, A.M, "Thermodynamics: An Engineering Approach", McGraw-Hill, 987s, New York, 1994.
- [5] DİNGEÇ, H., "Thermoeconomic Optimization of Simple Refrigerators", M.E.T.U. The Graduate School of Natural and Applied Sciences, Master Thesis, 89s, Ankara, 1996.

## 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

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.