

**SU/LİTYUM BROMİD VE ÜÇLÜ HİDROKSİT KARIŞIMLARIYLA
ÇALIŞAN ABSORBSİYONLU SİSTEMLERİN PERFORMANSLARININ KARŞILAŞTIRILMASI**

Arzu ŞENCAN, Reşat SELBAŞ, A.Kemal YAKUT
SDÜ Teknik Eğitim Fakültesi Makine Eğitimi Bölümü, 32260, Isparta, Türkiye

ÖZET

Bu çalışmada, su/lityum bromid ve alternatif olarak su/üçlü hidroksit karışımıyla çalışan bir absorbsiyonlu iklimlendirme sisteminin performanslarının karşılaştırılması yapılmıştır. Üçlü hidroksit; 40:36:24 (NaOH:KOH:CsOH) oranlarında sodyum, potasyum ve sezyum hidroksitlerinden oluşmaktadır.

Sistemin performans katsayısının bazı sıcaklık parametreleriyle değişimi grafiksel olarak gösterilmiştir. Sonuç olarak; sisteminin performans katsayısının sıcaklıklarla değişimi her iki karışım için benzerlik göstermesine rağmen alternatif üçlü karışım ile çalışan sistemin daha yüksek verimle çalışabileceği görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Absorbsiyonlu sistem, iklimlendirme, lityum bromid, üçlü hidroksit

**COMPARISON OF PERFORMANCES OF ABSORPTION SYSTEMS OPERATING BY
AQUEOUS TERNARY HYDROXIDE AND WATER/LITHIUM BROMIDE**

ABSTRACT

In this study, comparing performance of absorption systems operating by water-lithium bromide and an alternative ternary hydroxide mixture was studied. The ternary hydroxide consist of sodium, potassium and caesium hydroxides in the proportions 40:36:24 (NaOH:KOH:CsOH)

Coefficient of performance of system was graphically shown variation with some temperature parameters. As a result; although coefficients of performance for both mixtures are similar, it was seen that the system operating by the alternative ternary mixture can operate with higher efficiency.

Key Words: Absorption system, air-conditioning, lithium bromide, ternary hydroxide

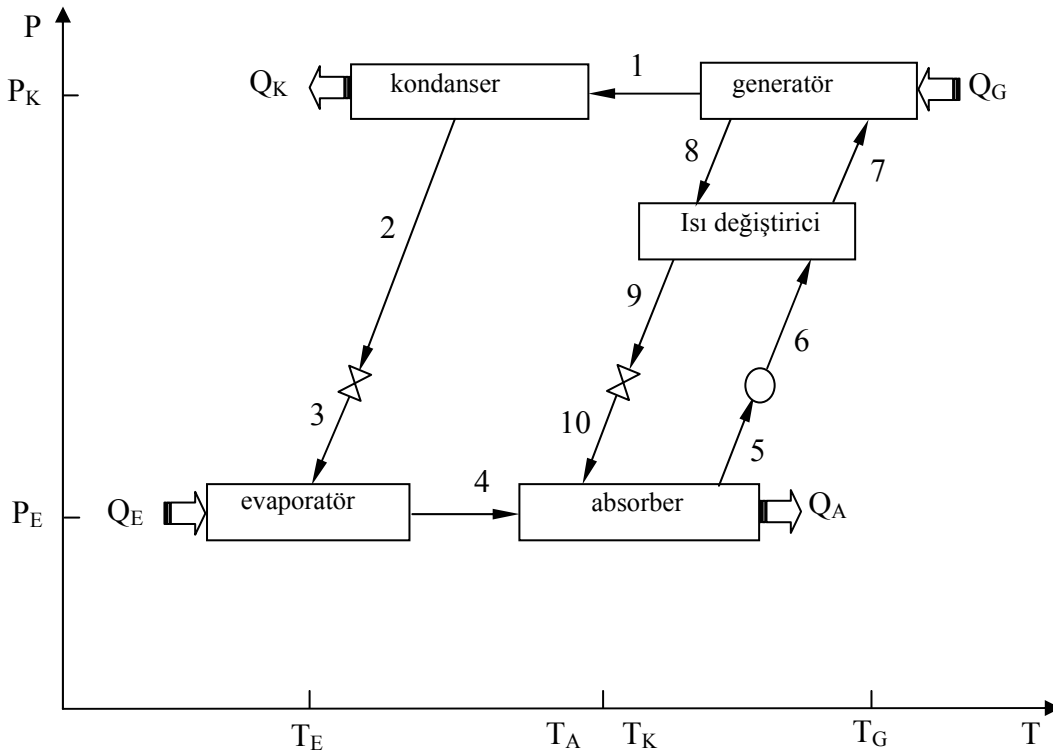
1. GİRİŞ

Absorbsiyonlu sistemlerde iklimlendirme amacıyla en sık kullanılan akışkan çiftlerinden biri LiBr-su karışımıdır. Akışkan çifti olarak LiBr-su kullanılan absorbsiyonlu sistemlerde yüksek generatör sıcaklıklarında kristalleşme problemleri meydana gelmektedir [1]. Bu yüzden yeni alternatif akışkan çiftleri araştırılmaktadır. Bu alternatiflerden biri de sodyum hidroksit-su karışımıdır [2]. Absorbent madde olarak sadece sodyum hidroksitin kullanılması durumunda lityum bromide benzer şekilde yüksek generatör sıcaklıklarında kristalleşme problemlerinin ortaya çıktığı görülmüştür [2]. Üçlü hidroksit karışımlarının kullanılması durumunda ise daha yüksek generatör sıcaklıklarında kristalleşme probleminin en aza indirildiği gözlenmiştir [3]. Hidroksit karışımlarının bu tür avantajlarına rağmen daha düşük kütle ve ısı transfer katsayıları, yüksek sıcaklıklarda viskozite ve korozyon gibi bazı dezavantajları vardır [4].

Bu çalışmada; her iki karışımla çalışan absorbsiyonlu iklimlendirme sisteminin performans katsayılarını belirlemek için matematiksel bir model oluşturulmuştur. Her bir karışım için sistemin temel sıcaklıklarıyla performans katsayısının değişimi grafiksel olarak incelenmiştir.

2. SİSTEMİN ÇALIŞMASI

Absorbsiyonlu sistem Şekil 1’de gösterildiği gibi buhar sıkıştırma soğutma sistemine benzetilmesine karşılık burada kompresörün yerini absorber, sıvı pompası ve generatör almıştır. Çalışma akışkanının generatörde buharlaşarak eriyikten ayrılması için Q_G generatör ısısı verilir. Buharlaşan akışkan kondenserde Q_K ısını vererek sıvı hale geçer. Yüksek basınçta sıvı haldeki çalışma akışkanının basıncı düşürülerek evaporatöre gelir ve burada ortamdan Q_E ısını alarak buharlaşır. Akışkan buharı daha sonra absorbere giderek generatörden gelen zayıf eriyikle birleşerek zengin eriyiği oluşturur. Bu sırada absorberden Q_A ısı çekilmelidir. Absorberde oluşan zengin eriyik bir sıvı pompası yardımıyla ısı değiştiriciden geçirilerek bir miktar ısı alır ve generatöre gönderilir [5,6]. Çevrim böylece devam eder. Şekil 1’de görüldüğü gibi absorbsiyonlu sistemde yüksek ve alçak basınç değeri ile kondenser ve absorber sıcaklıkları aynı olmak üzere üç sıcaklık değeri vardır.



Şekil 1. Basit bir absorbsiyonlu soğutma çevrimi

2. SİSTEMİN MATEMATİKSEL MODELİ

Absorbsiyonlu sistemin matematiksel modeli aşağıdaki kabullerle yapılmıştır.

- Sistem tümüyle termodinamik dengededir.
- Sistem analizi sürekli ve üniform durum şartları için yapılmıştır.
- Generatör ve absorberden ayrılan eriyik ile kondenser ve evaporatörden ayrılan çalışma akışkanı doymuş haldedir.
- Isı kayıpları ve basınç düşüşleri ihmal edilmiştir.
- Pompa işi ihmal edilmiştir.
- Sistemin elemanlarının sıcaklıkları ve evaporatör ısı yükü Q_E bilinmektedir.

Şekil 1’de verilen absorpsiyonlu sistemin enerji ve kütle balansları yapılarak aşağıdaki eşitlikler yazılabilir [7].

$$\dot{m}_1 = \dot{m}_2 = \dot{m}_3 = \dot{m}_4 \quad (1)$$

$$\dot{m}_5 = \dot{m}_4 + \dot{m}_{10} \quad (2)$$

Generatörde enerji dengesi:

$$Q_G = \dot{m}_8 h_8 + \dot{m}_1 h_1 - \dot{m}_7 h_7 \quad (3)$$

Kondenserde enerji dengesi :

$$Q_K = \dot{m}_1 h_1 - \dot{m}_2 h_2 \quad (4)$$

Evaporatörde enerji dengesi:

$$Q_E = \dot{m}_4 h_4 - \dot{m}_3 h_3 \quad (5)$$

Absorberde enerji dengesi:

$$Q_A = \dot{m}_4 h_4 + \dot{m}_{10} h_{10} - \dot{m}_5 h_5 \quad (6)$$

Akış oranı kütleli debiler cinsinden:

$$AO = \frac{\dot{m}_7}{\dot{m}_1} \quad (7)$$

veya konsantrasyonlar cinsinden:

$$AO = \frac{X_G}{X_G - X_A} \quad (8)$$

Absorpsiyonlu soğutma sistemi için performans katsayısı, evaporatör ısı yükünün generatör ısı yüküne oranı olarak tanımlanır.

$$COP_{soğ} = \frac{Q_E}{Q_G} \quad (9)$$

Sistemin teorik olarak ulaşabileceği en yüksek verim olan Carnot performans katsayısı (soğutma için) evaporatör sıcaklığı T_E , absorber sıcaklığı T_A , kondenser sıcaklığı T_K ve generatör sıcaklığı T_G olmak üzere dört temel sıcaklığa bağlı olarak aşağıdaki gibi yazılabilir :

$$COP_{C,soğ} = \left(\frac{T_G - T_A}{T_G} \right) \left(\frac{T_E}{T_K - T_E} \right) \quad (10)$$

Sistemin entalpileri yardımıyla bulunan gerçek performans katsayısı (soğutma için):

$$COP_{E,soğ} = \frac{Q_E}{Q_G} = \frac{h_4 - h_3}{h_1 + AO(h_8 - h_7) - h_8} \quad (11)$$

Absorpsiyonlu ısıtma sistemi için performans katsayısı, kondenser ve absorber ısı yükü toplamının generatör ısı yüküne oranı olarak tanımlanır.

$$\text{COP}_{\text{ısıtma}} = \frac{Q_K + Q_A}{Q_G} \quad (12)$$

Sistemin Carnot performans katsayısı (ısıtma için):

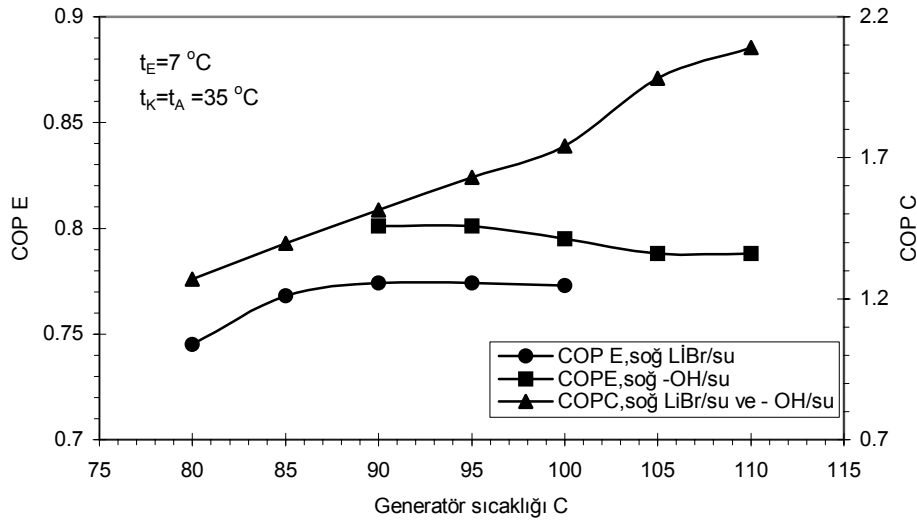
$$\text{COP}_{\text{C,ısıtma}} = 1 + \left(\frac{T_G - T_A}{T_G} \right) \left(\frac{T_E}{T_K - T_E} \right) \quad (13)$$

Sistemin entalpileri yardımıyla bulunan gerçek performans katsayısı (ısıtma için):

$$\text{COP}_{\text{E,ısıtma}} = \frac{Q_K + Q_A}{Q_G} = \frac{h_2 + h_4 + \text{AO}(h_{10} - h_5) - h_1 - h_{10}}{h_1 + \text{AO}(h_8 - h_7) - h_8} \quad (14)$$

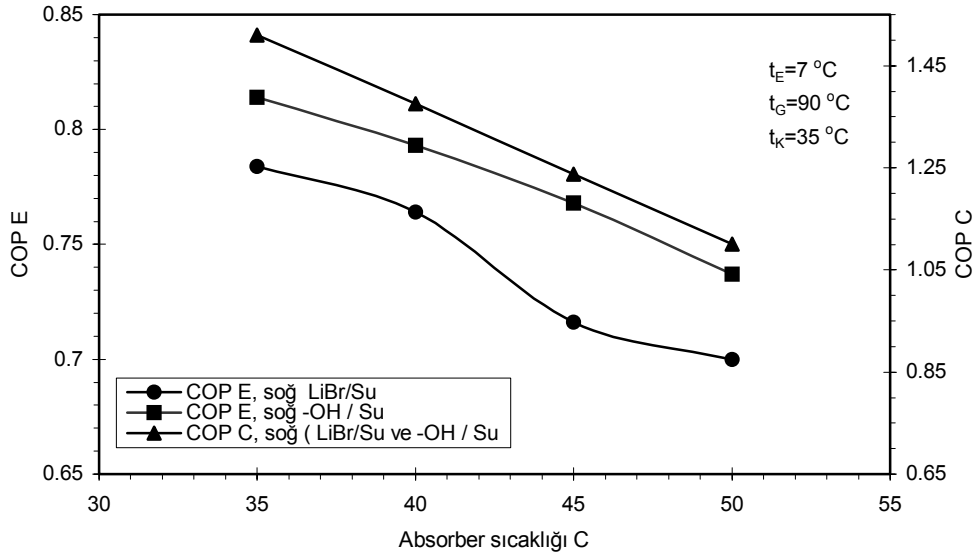
4. SONUÇLAR

Her iki karışımla çalışan absorpsiyonlu sistemin farklı generatör, evaporatör ve absorber sıcaklıkları için performans katsayılarının değişimleri incelenmiştir. Şekil 2’de her iki karışımın Carnot ve gerçek performans katsayılarının aynı evaporatör, kondenser ve absorber sıcaklıkları için generatör sıcaklığı ile değişimi görülmektedir. Her iki karışımın performans katsayısı değerlerinin generatör sıcaklığı ile arttığı ve üçlü karışımın daha yüksek generatör sıcaklıklarında kristalleşme problemi olmadan çalışabileceği görülmektedir.



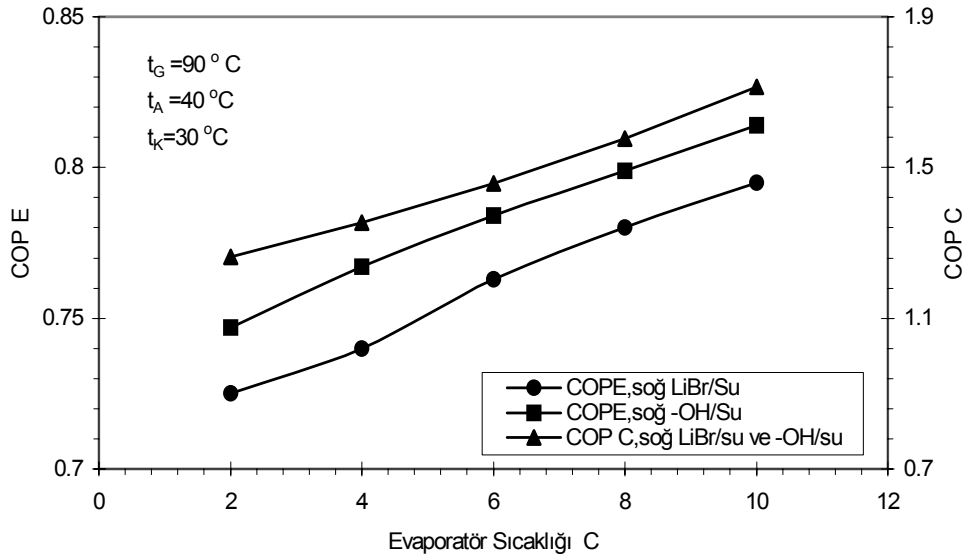
Şekil 2. Farklı akışkan çifti kullanılan absorpsiyonlu soğutma sisteminin performans katsayısının generatör sıcaklığı ile değişimi

Şekil 3’de farklı absorber sıcaklıklarıyla performans katsayısının değişimi görülmektedir. Üçlü karışımla çalışan sistemin daha yüksek absorber sıcaklıklarında yüksek verimle çalışabildiği görülmüştür.



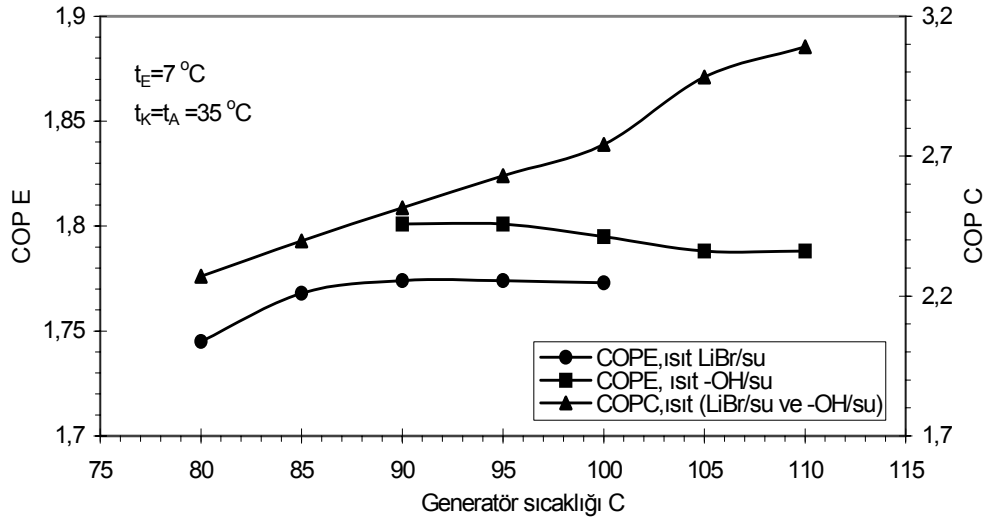
Şekil 3. Farklı akışkan çifti kullanılan absorpsiyonlu soğutma sisteminin performans katsayısının absorber sıcaklığı ile değişimi

Şekil 4'de farklı evaporatör sıcaklıklarıyla performans katsayısının değişimi görülmektedir. Artan evaporatör sıcaklıklarıyla performans katsayısının arttığı ve üçlü karışımın performans değerlerinin diğer karışıma oranla daha yüksek olduğu görülmektedir.

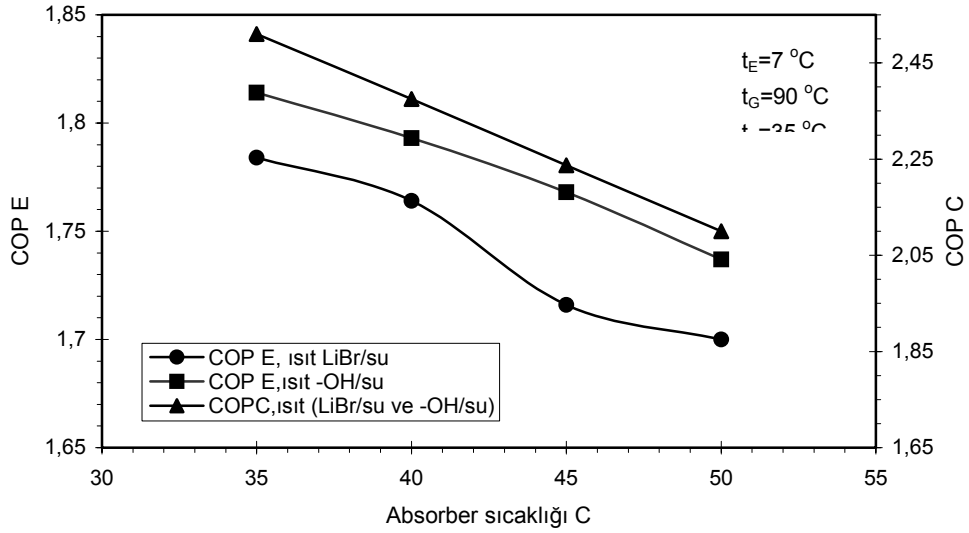


Şekil 4. Farklı akışkan çifti kullanılan absorpsiyonlu soğutma sisteminin performans katsayısının evaporatör sıcaklığı ile değişimi

Şekil 5 ve Şekil 6'da absorpsiyonlu ısıtma sistemi için sırasıyla performans katsayısının generatör sıcaklığıyla değişimi ve performans katsayısının absorber sıcaklığıyla değişimi görülmektedir. Buradaki performans değişimleriyle absorpsiyonlu soğutma sistemindeki değişimler paralellik göstermesine rağmen ısıtma modunda performans katsayısı değerlerinin daha yüksek olduğu açıkça görülmektedir.



Şekil 5. Farklı akışkan çifti kullanılan absorpsiyonlu ısıtma sisteminin performans katsayısının generator sıcaklığı ile değişimi



Şekil 6. Farklı akışkan çifti kullanılan absorpsiyonlu ısıtma sisteminin performans katsayısının absorber sıcaklığı ile değişimi

SEMBOLLER

COP	performans katsayısı
\dot{m}	kütleli debi, [kg/s]
h	entalpi, [kJ/kg]
Q	ısı yükü, [kW]
T	sıcaklık, [K]
X	konsantrasyon

İNDİSLER

A	absorber
E	evaporatör
G	generator
K	kondenser

5. KAYNAKLAR

- [1] Lee, S.F., Sherif,S.A., "Thermodynamic analysis of a lithium bromide/water absorption system for cooling and heating applications", **International Journal of Energy Research**, Vol.25, 1019-1031, 2001.
- [2] Stephan, K., Schmitt, M., Hebecker, D., Bergman, T., "Dynamics of a heat transformer working with the mixture NaOH- H₂O", **Int. J. Refrig.**, 20(7), 483-495, 1997.
- [3] Rivera, W., Romero, R.J., "Thermodynamic design data for absorption heat transformers. Part seven: Operating on an aqueous ternary hydroxide", **Appl. Thermal Engng.**, 18(3-4), 147-156, 1998.
- [4] Romero, R.J., Rivera, W., Gracia, J., Best, R., "Theoretical comparison of performance of an absorption heat pump system for cooling and heating operating with an aqueous ternary hydroxide and water/lithium bromide", **Appl. Thermal Engng**, 21, 1137-1147, 2001.
- [5] Chua, H.T., Toh, H.K., Malek, A., Ng, K.C., Sirinivasan, K., "Improved thermodynamic property fields of LiBr-H₂O solution.", **Int. J. Refrig.**, 23, 412-429, 2000.
- [6] Chua, H.T., Toh, H.K., Malek, A., Ng, K.C., Sirinivasan, K., "A general thermodynamic framework for understanding the behaviour of absorption chillers", **Int. J. Refrig.**, 23, 491-507, 2000.
- [7] Tozer, R.M., James, R.W.," Fundamental thermodynamics of ideal absorption cycles", **Int. J. Refrig.**, 20(2), 120-135, 1997.