



MAKÜ FEBED
ISSN Online: 1309-2243
<http://edergi.mehmetakif.edu.tr/index.php/febed>

Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi 4 (1): 13-19 (2013)

Araştırma Makalesi / Research Paper

Isıtma Sistemlerinde Kullanılan Plakalı Isı Değiştiricilerin Termodinamik Analizi

Bayram KILIÇ^a, Osman İPEK^b, Ali ÖZ^c

^aMehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Bucak Emin Gülmez T.B.M.Y.O., Otomotiv Teknolojisi Programı, Burdur

^bSüleyman Demirel Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Isparta

^cMehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Teknik Bilimler M.Y.O., Otomotiv Teknolojisi Programı, Burdur

Geliş Tarihi (Received): 28.02.2013, Kabul Tarihi (Accepted): 19.07.2013

✉ *Yazışmalardan Sorumlu Yazar (Corresponding author): bayramkilic@mehmetakif.edu.tr (B. Kılıç)*

☎ 0 248 325 99 00 (118) 📠 0 248 325 99 00

ÖZET

Bu çalışmada plakalı bir ısı değiştiricinin termodinamik analizi deneysel olarak yapılmıştır. Bu amaçla plakalı ısı değiştiricisi kullanılan deneysel bir ısıtma sistemi oluşturulmuştur. Deneysel sistemin termodinamik analizi üç farklı akış miktarı için yapılmıştır. Isı transfer miktarları ve etkinlik değerleri hesaplanmış ve elde edilen sonuçlar sunulmuştur. Yapılan analizlerde, debi değerinin 0,239 kg/s olduğu çalışma şartının plakalı ısı değiştiricinin en uygun çalışma şartı olduğu belirlenmiştir. Bu çalışma şartı için en yüksek toplam ısı transfer miktarı 2250 W ve etkinlik değeri 0,44 olarak belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Termodinamik analiz, Plakalı ısı değiştiriciler, Deneysel, Etkinlik

Thermodynamic Analysis of Plate Heat Exchangers Used in Heating Systems

ABSTRACT

In this study, thermodynamic analyses of the plate heat exchangers were carried out experimentally. For this purpose, plate heat exchanger used in an experimental heating system was constructed. Thermodynamic analyses of experimental system were carried out for three different flow rates. The heat transfer rate and effectiveness values were calculated. According to the analysis, the optimum operating conditions of plate heat exchanger are determined as, 0,239 kg/s of flow rate. The high total heat transfer rate and effectiveness are determined as 2250 W and 0,44 for this working conditions.

Key Words: Thermodynamic analysis, Plate heat exchangers, Experimental, Effectiveness.

1. GİRİŞ

Mühendislik uygulamalarının en önemli ve en çok karşılaşılan işlemlerinden birisi, farklı sıcaklıklardaki iki veya daha fazla akışkan arasındaki ısı değişimidir. Bu

değişimin yapıldığı cihazlar, genelde ısı değiştirici olarak adlandırılmakta olup, pratikte termik santrallerde, kimya endüstrilerinde, ısıtma, iklimlendirme, soğutma tesisatlarında, taşıtlarda, elektronik cihazlarda, alternatif

enerji kaynaklarının kullanımında, ısı depolanması gibi birçok yerde bulunabilmektedir (Kılıç ve ark., 2009).

Isı değiştiricilerde transfer edilen ısı miktarının düşmesi ısı değiştiricinin performansının düşmesine neden olur. Bu da ısı değiştiricisi kullanan sistemde kapasite kaybı anlamına gelmektedir. Isı transferinin iyileştirilmesi, sistem boyutlarının uygun ölçülerde tutulmasına ve dolayısıyla sistem maliyetinin ve işletme giderlerinin azaltılmasına olanak sağlar.

Isı değiştiricilerin genel özellikleri ve avantajlarından bazıları şunlardır;

- Çok yüksek verimlerle ısı transferi yapmaktadırlar
- Kompakt yapıları sayesinde çok az yer kaplamaktadırlar
- Tamamen demonte hale getirilip temizlenebilirler
- Geniş plaka ve conta çeşitliliğine sahiptirler

Gut and Pinto (2004), plakalı ısı eşanjörlerinde akış dağılımı ile ısı transferi arasındaki ilişkiyi araştırmışlardır. Araştırmaları sonucunda, bu ilişkiyi deneysel olarak belirlemişlerdir. Riverol and Napolitano (2005), plakalı ısı değiştiricilerde ortalama ısı transfer katsayısı, kritik zaman ve tabaka kalınlığını yapay sinir ağlarını kullanarak tahmin etmişlerdir. Çalışmalarından elde ettikleri sonuçların mevcut sanayi uygulama teknikleri için uygun olduğu belirlemişlerdir. Zhu and Zhang (2003), jeotermal ısıtma sistemlerinde kullanılan plakalı ısı eşanjörlerinde optimum akış hızı ve optimum eşanjör dizaynı üzerinde çalışmışlardır. Yaptıkları çalışmada, bir bilgisayar programı yardımıyla optimum tasarım ve akış hızını belirlemişlerdir. Buna ek olarak, plakalı ısı eşanjörlerinin nasıl seçileceği göstermişlerdir. Bansal et al. (2000), plakalı ısı eşanjörlerinde iki farklı plaka geometrisini araştırmışlardır. Çalışmalarında, üç parametre üzerinde odaklanmışlardır. Bu parametreler, akış hızı, ses ve yüzey sıcaklığı olarak belirlenmiştir. Sonuçta akış ile levha geometrisi arasında güçlü bir ilişkinin olduğunu belirlemişlerdir. Dwivedi and Das (2006), akış farklı türlerinin plakalı ısı eşanjörleri performansı üzerindeki etkilerini araştırmışlardır. Sonuç olarak, yetersiz akış dağılımının ısı değiştiricinin performansı üzerinde olumsuz bir etkisi olduğunu tespit etmişlerdir.

Bu çalışmada deneysel olarak kurulan bir plakalı ısıtma sisteminden oluşan bir ısı değiştiricinin termodinamik analizi üç farklı akış hızında deneysel olarak yapılmıştır.

2. MATERYAL ve METOT

Deneysel sistem, termostat kontrollü bir ısıtıcı vasıtasıyla istenen sıcaklıkta ve üç farklı debide çalışabilmektedir. Deneysel sistem plakalı ısı eşanjörü, sıcak su deposu, kazan, vanalar, iki adet 4,5 KW ısıtıcı, iki adet pompa, debimetre, genişleme deposu, termokupl ve dataloggerden oluşmaktadır. Deneysel sistem çalıştığında, iki adet 4,5 KW gücünde ısıtıcılar vasıtasıyla sıcak su üretici

kazanında ısıtılan su, bir pompa vasıtasıyla plakalı ısı eşanjörüne gönderilmektedir. Plakalı ısı eşanjöründe ısısını, sıcak su tankından gelen suya aktararak tekrar sıcaklığı azalmış olarak sıcak su üretici kazanına geri döner. Sıcak su tankından çıkan su yine bir başka pompa yardımıyla ısı eşanjörüne gönderilmektedir. Isı eşanjöründe sıcak su üretici kazanından gelen suyun ısısını alarak sıcaklığı artan su, tekrar sıcak su tankına geri dönmektedir. Isı eşanjörünün özellikleri Tablo 1'de verilmiştir. Plakalı ısı eşanjörlü deneysel ısıtma sistemi Şekil 1'de gösterilmiştir.

Tablo 1. Çalışmada kullanılan plakalı ısı eşanjörünün genel özellikleri

Plaka uzunluğu	431 (mm)
Plaka genişliği	125,5 (mm)
Plaka sayısı	10
Isı transfer alanı	0,032 (m ²)
Plaka malzemesi	0,5 mm SS AISI 316
Plaka yüzey açısı	30°
Conta malzemesi	EPDM per.
Tasarım sıcaklığı	145 (°C)
Tasarım basıncı	10 (bar)

Ölçülen değişkenler sırasıyla, sıcak ve soğuk suyun giriş-çıkış sıcaklığı ve akış oranı olmak üzere plaka ısı değiştiricideki ısı transfer miktarı şu şekilde tanımlanmaktadır:

$$Q = \dot{m}_h \cdot c_{ph} \cdot (t_{hi} - t_{ho}) = \dot{m}_c \cdot c_{pc} \cdot (t_{ci} - t_{co}) \quad (1)$$

Sıcak ve soğuk akışkanların ısı kapasitesi (Çengel ve Boles, 1994):

$$C_{hot} = \dot{m}_h \cdot c_{ph} \quad (2)$$

$$C_{cold} = \dot{m}_c \cdot c_{pc} \quad (3)$$

Isı değiştiricinin etkinliği aşağıdaki gibi verilmektedir (Selbaş ve diğ., 2009):

$$\varepsilon = \frac{Q}{Q_{max}} \quad (4)$$

Burada, mümkün olan en yüksek ısı transfer miktarı Q_{max} olarak belirlenir (Selbaş ve diğ., 2009):

$$Q_{max} = C_{min} \cdot (t_{hi} - t_{ci}) \quad (5)$$

C_{min} sıcak ve soğuk akışkandan ısı kapasitesi en küçük olanı temsil eder.

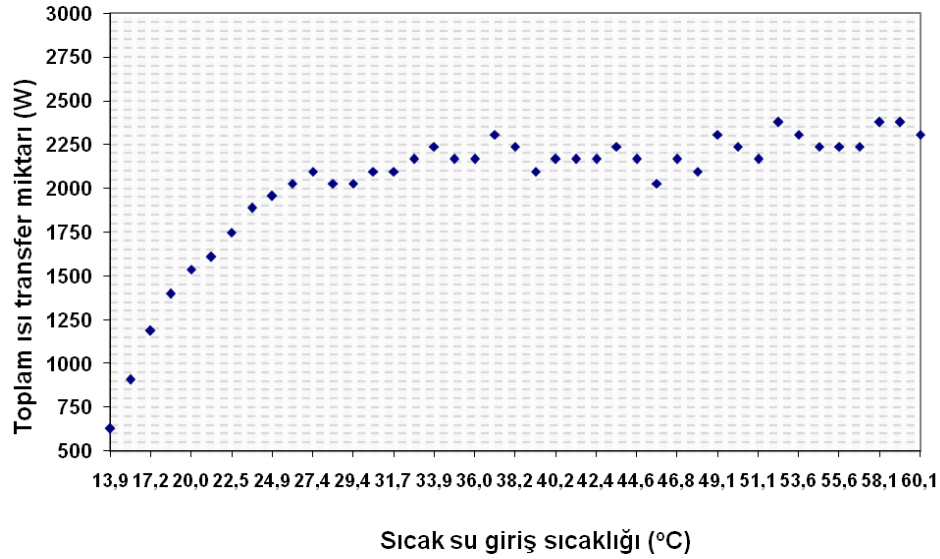


Şekil 1. Deneysel sistem

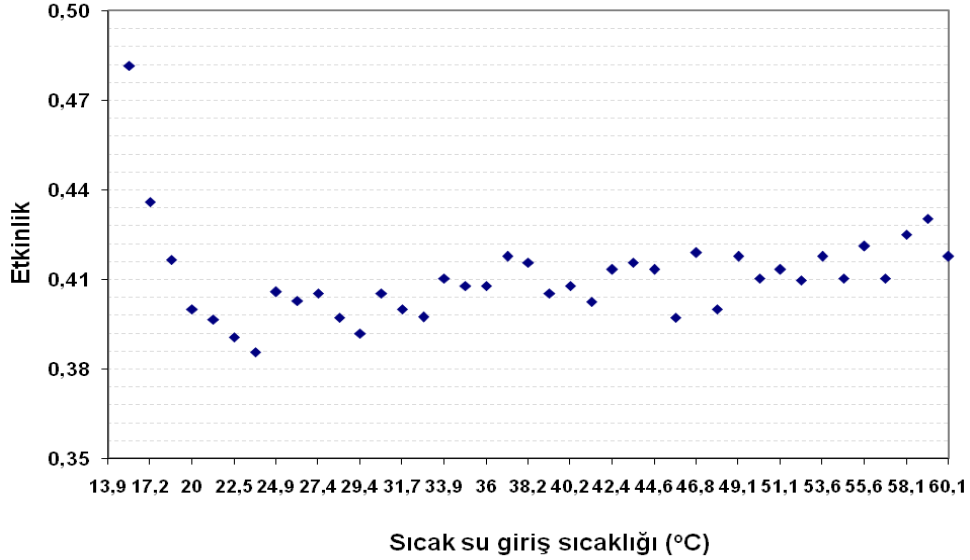
3. BULGULAR

Deneysel sistemde kullanılan plakalı ısı eşanjörünün plaka yüzey açısı 30° 'dir. Deneysel sistemin kazan termostati 60°C olarak ayarlanmıştır. Isı alan ve ısı veren su giriş-çıkış sıcaklıkları şebeke suyu sıcaklığı olarak ayarlanmıştır. Isı alan suyun sıcaklığının 60°C 'ye ulaşması hedeflenmiştir. Sistemdeki pompa birinci kademeye

ayarlanmıştır. Akışkan debisi $0,167 \text{ kg/s}$ olarak belirlenmiştir. Plakalı ısı eşanjöründeki toplam ısı transfer miktarı hesaplanarak Şekil 2'de verilmiştir. Plakalı ısı değiştiricinin etkinliği hesaplanmış ve Şekil 3'te verilmiştir. Sıcak su giriş sıcaklığı arttıkça etkinlik değerinin de arttığı görülmektedir. Bu deneyde, ortalama etkinlik değeri $\% 42$ olarak elde edilmiştir.



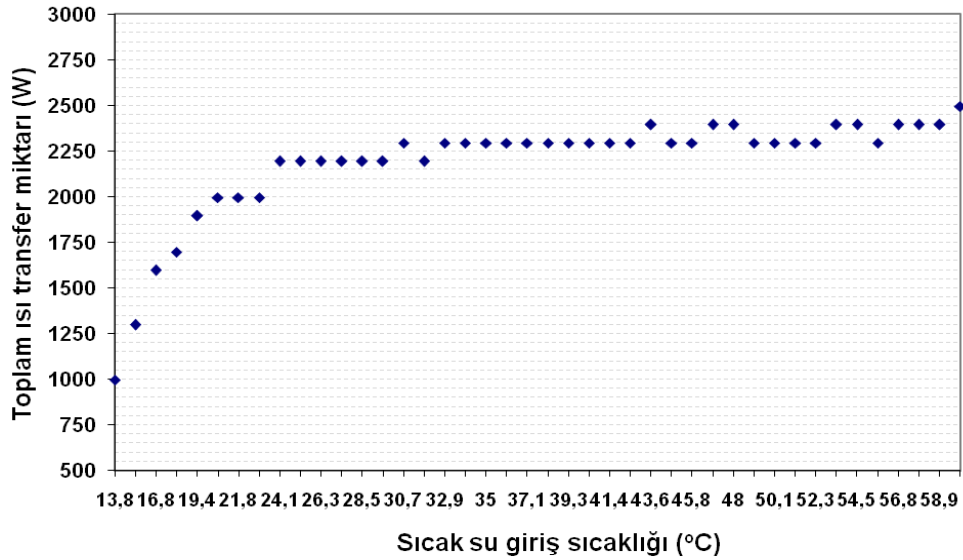
Şekil 2. Sıcak su giriş sıcaklığına bağlı toplam ısı transfer miktarı değişimi ($\dot{m} = 0,167 \text{ kg/s}$)



Şekil 3. Sıcak su giriş sıcaklığına bağlı etkinlik değeri değişimi ($\dot{m} = 0,167$ kg/s)

Bir sonraki deneyde, deneysel sistem değişkenleri sabit tutulmuş sadece sistemdeki pompa ikinci kademeye ayarlanmıştır. Akışkan debisi 0,239 kg/s olarak belirlenmiştir. Plakalı ısı eşanjöründeki toplam ısı transfer

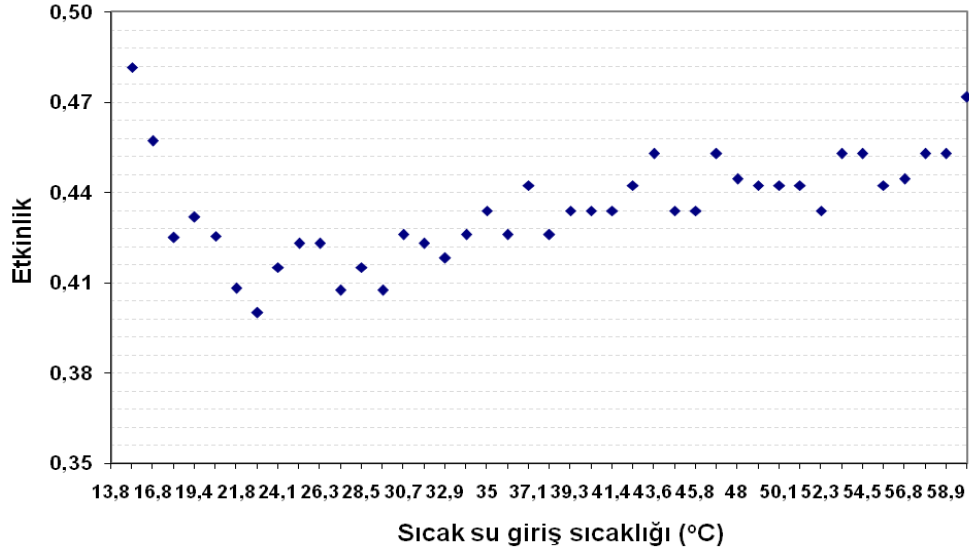
miktarı hesaplanarak Şekil 4'te verilmiştir. Sıcak su giriş sıcaklığının artmasıyla toplam ısı transfer miktarı değerinin de arttığı görülmüştür.



Şekil 4. Sıcak su giriş sıcaklığına bağlı toplam ısı transfer miktarı değişimi ($\dot{m} = 0,239$ kg/s)

Plakalı ısı değiştiricinin etkinliği hesaplanmış ve Şekil 5'te verilmiştir. Sıcak su giriş sıcaklığı arttıkça etkinlik

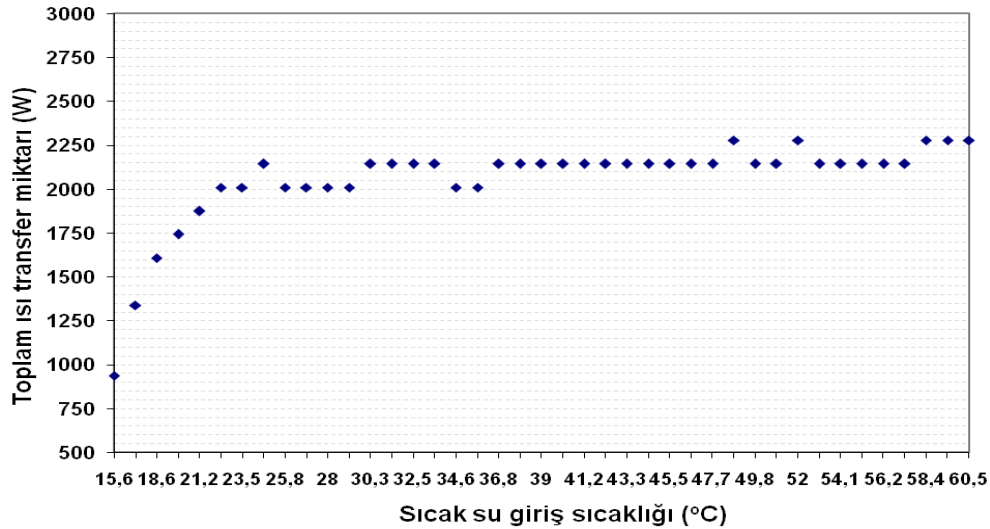
değerinin de arttığı görülmektedir. Bu deneyde, ortalama etkinlik değeri % 44 olarak elde edilmiştir.



Şekil 5. Sıcak su giriş sıcaklığına bağlı etkinlik değeri değişimi ($\dot{m} = 0,239$ kg/s)

Yapılan son deneyde, deneysel sistem değişkenleri sabit tutulmuş sadece sistemdeki pompa üçüncü kademeye ayarlanmıştır. Akışkan debisi 0,321 kg/s olarak belirlenmiştir. Plakalı ısı eşanjöründeki toplam ısı transfer

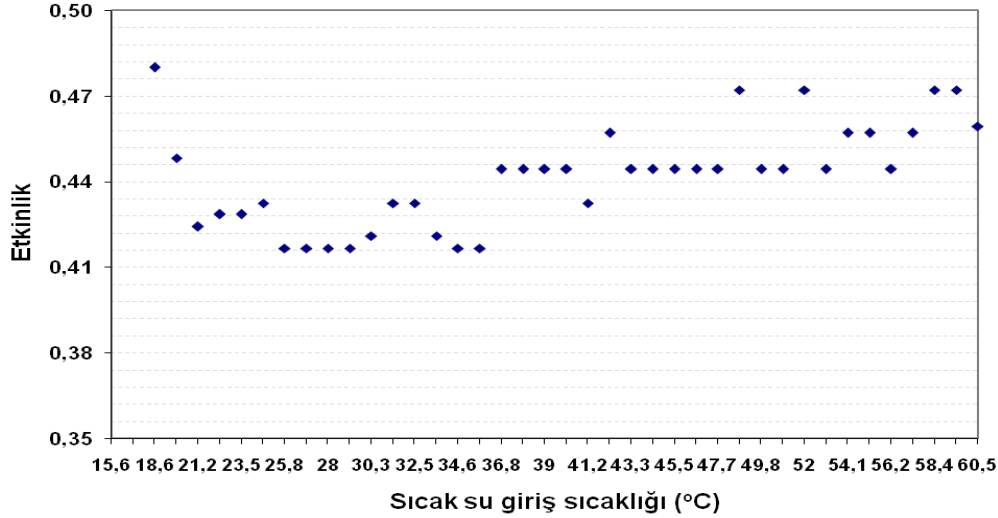
miktarı hesaplanarak Şekil 6'da verilmiştir. Sıcak su giriş sıcaklığının artmasıyla toplam ısı transfer miktarı değerinin de arttığı görülmüştür.



Şekil 6. Sıcak su giriş sıcaklığına bağlı toplam ısı transfer miktarı değişimi ($\dot{m} = 0,321$ kg/s)

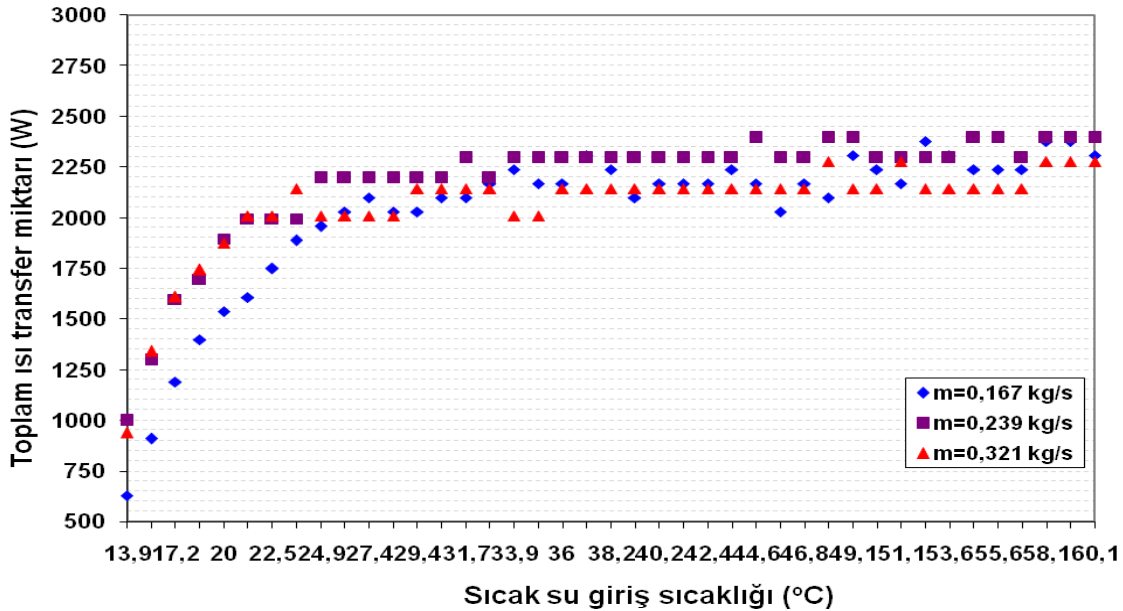
Plakalı ısı değiştiricinin etkinliği hesaplanmış ve Şekil 7'de verilmiştir. Sıcak su giriş sıcaklığı arttıkça etkinlik

değerinin de arttığı görülmektedir. Bu deneyde, ortalama etkinlik değeri %48 olarak elde edilmiştir.

Şekil 7. Sıcak su giriş sıcaklığına bağlı etkinlik değeri değişimi ($\dot{m} = 0,321 \text{ kg/s}$)

Plaka ısı değiştiricideki toplam ısı transfer miktarları üç farklı debi değeri hesaplanmış ve Şekil 8'de verilmiştir. Her üç debi değeri için sıcak su giriş sıcaklığı arttıkça toplam ısı transfer miktarı değerinin arttığı görülmüştür. Birinci pompa kademesinden ikinci pompa kademesine geçildiğinde yani akışkan debisi 0,167 kg/s'den 0,239 kg/s'ye çıkarıldığında beklenildiği gibi toplam ısı transfer miktarı değerinin arttığı görülmüştür. Fakat akışkan debisi

0,321 kg/s'ye çıkarıldığında toplam ısı transfer miktarı değerinin azaldığı belirlenmiştir. Bu durumda, plaka ısı değiştiricinin boyutlarının bu debi değeri için yetersiz olduğu sonucuna varılmıştır. Deneysel sonuçlarda en yüksek toplam ısı transfer miktarı değerine akışkan debisinin 0,239 kg/s olduğu durumda ulaşılmıştır. Bu nedenle, en uygun çalışma şartlarının bu çalışma şartları olduğu sonucuna varılmıştır.



Şekil 8. Sıcak su giriş sıcaklığına bağlı toplam ısı transfer miktarı değeri değişimi

4. TARTIŞMA ve SONUÇ

Bu çalışmada plakalı bir ısı değiştiricinin termodinamik analizi deneysel olarak yapılmıştır. Bu amaçla plakalı ısı değiştiricisi kullanılan deneysel bir ısıtma sistemi

oluşturulmuştur. Deneysel sistemin termodinamik analizi üç farklı akış miktarı için yapılmıştır. Isı transfer miktarları ve etkinlik değerleri hesaplanmış ve elde edilen sonuçlar sunulmuştur.

Plakalı ısı eşanjörleri termik santrallerde, kimya endüstrilerinde, ısıtma, iklimlendirme, soğutma tesisatlarında, taşıtlarda, elektronik cihazlarda başta olmak üzere çok geniş bir alanda kullanılmaktadır. Enerji verimliliğini artırmak ve dolayısıyla enerji ekonomisine katkıda bulunabilmek için çok geniş bir alanda kullanılan plakalı ısı eşanjörlerinin optimum çalışma koşullarını belirlemek gerekmektedir. Bu çalışma sonuçlarının optimum çalışma koşulları, tasarım ve plakalı ısı eşanjörü kullanılan sistemlerin üretimi ve kullanımı için katkıda bulunması umulmaktadır.

5. KAYNAKLAR

- Kılıç, B., Şencan, A., Selbaş, R., (2009). Plakalı ısı eşanjörü kullanılan soğutma uygulamalarında soğutma etkinlik katsayısının deneysel incelenmesi, Tesisat Mühendisliği Dergisi, 113, 19-24.
- Gut, J.A.W., Pinto, J.M.,(2004). Optimal configuration desing for plate heat exchangers, International Journal of Heat and Mass Transfer, 47, pp.4833-4848.
- Riverol, C., Napolitano, V., (2005). Estimation of fouling in a plate heat exchangers through the application of neural Networks, Journal of Chemical Technology and Biotechnology, 80, pp.594-600.
- Zhu, J., Zhang, W., (2003). Optimization desing of plate heat exchangers for geothermal district heating systems, Geothermics, 33, pp.337-347.
- Bansal, B., Muller-Steinhagen, H., Chen, X.D., (2000). Performance of plate heat exchangers during calcium sulphate fouling-investigation with an in-line filter, Chemical Engineering and Processing: Process Intensification, 39, pp.507-519.
- Dwivedi, A.K., Das, S.K., (2006). Dynamics of plate heat exchangers subject to flow variations, International Journal of Heat and Mass Transfer, 50, pp.2733-2743.
- Jorge, A.W.G., Jose, M.P., (2003). Modeling of plate heat exchangers with generalized configurations, International Journal of Heat and Mass Transfer, 46, pp.2571-2585.
- Cengel, A.Y. ve Boles, A.M., (1994). Thermodynamics: An Engineering Approach, McGraw-Hill, New York, A.B.D.
- Genceli, O., (1999). Isı Değiştiricileri. Birsen Yayınevi, İstanbul, Turkey, in Turkish.
- Selbaş, R., Şencan, A., Kılıç, B., (2009). Alternative approach in thermal analysis of plate heat exchanger, Heat and Mass Transfer, 45, pp.323-329.