

Isı Pompası Sistemini Kullanarak Elektrik Üretiminin Tasarımı

Yasin SAVAŞ^{1*}, Hüseyin USTA²

¹Department of Energy Systems Engineering, Gazi University, Ankara, Turkey

²Department of Energy Systems Engineering, Gazi University, Ankara, Turkey

*Corresponding author: savas.yzn@gmail.com

+Speaker: savas.yzn@gmail.com

Presentation/Paper Type: Oral / Full Paper

Abstract – This work is about a system that generates electrical energy with the heat energy from the evaporator of the air conditioner and cools the environment. It is applicable to all types of air conditioner and air conditioning systems. It generates electrical energy using pressure generated by pumps and compressors used in closed loop using the coolant of the air conditioner. It is a system that ensures recycling by exchanging heat between coolant passing through heat exchangers and cycles. It consists of at least a fan, a main evaporator, a main pressurizing element connected to the main evaporator, a condenser and expansion valves. It is a design similar to turbines that operate with closed circuit, include at least one turbine and increase the pressure of the refrigerant at the turbine inlet allowing the refrigerant gas to rotate the turbine, allow the gas to be recirculated in the outlet of the turbine. It is the system that obtains electrical energy at the output of the alternator by increasing the speed by means of multiplexer with the energy received from the turbine. In other words, it is a system that provides electricity generation using the heat pump system in general.

Keywords – Heat pump, Electricity Generation, Turbine, Steam, Closed-cycle, System Design, Evaporator, Condenser, Heat Transfer, Heat Exchanger, Gas

I. INTRODUCTION

Isı pompaları temel olarak ısının bir yerden başka bir yere transferini gerçekleştiren sistemler olarak bilinir. Isı pompaları soğutma, ısıtma, iklimlendirme, havalandırma gibi teknolojilerde kullanılır. Isı pompasının temel amacı düşük sıcaklıktaki ısı kaynağından ısıyı alarak yüksek sıcaklıktaki ısı kaynağına ulaştırmak ve kaynağın ısıtmasını sağlamaktır.

Isı pompasını oluşturan temel elemanlar evaporatör, kondenser, kompresör ve genişleme valfidir.

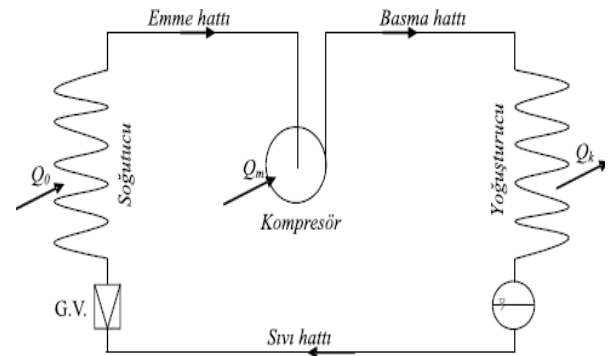
Evaporatör: Soğutulan alandan gerekli olan ısıyı alarak sirkülasyon yapmakta olan soğutucu akışkanı buharlaştırmak görevini üstlenir.

Kondenser: Evaporatör'ün aksine yüksek basınçlı ve sıcak olan soğutucu akışkanın buharını yoğunlaştırma görevini üstlenir. Isı tutumu kaybına uğrayan soğutucu akışkan ilk olarak kızgın buhar fazından doymuş buhar durumuna daha sonrada sıvı fazına geçer.

Kompresör: Soğutucu kısımda buharlaşan düşük basınçlı ve soğuk olan soğutucu akışkanın buharını emerek yüksek basınç ve sıcaklık altından kondensere basan elemandır. Emme basma tulumba diğer bir deyişle pompa gibi bir görev yapar.

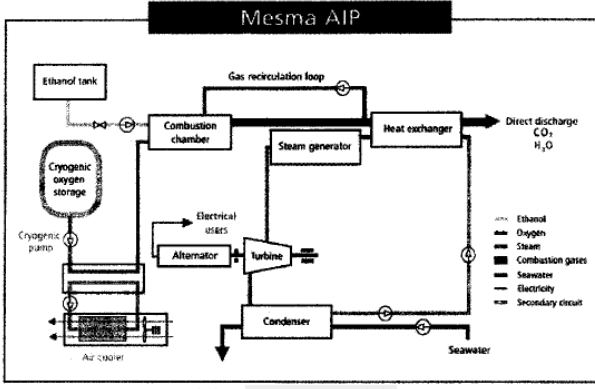
Genişleme Valfi (Expansion Valfi): Sıvı haldeki soğutucu akışkan ani bir şekilde genişleme gösterip soğutucu kısma yayılırken azda olsa buharlaşır. Buharlaştığı için basıncı ve sıcaklığında düşme görülür. Genişleme çok ani olduğu için soğutucu akışkanın ısı tutumunda değişiklik olmadığı varsayılır. Elle kumandalı, termostatik duyarlı, kapasite

ayarlı, elektronik kumandalı, şamandıralı türleri mevcuttur.[1]



Şekil 1. Basit Bir Soğutma Devresi[1]

Bu çalışmaya ilk olarak mesma kapalı devre buhar türbinlerinden esinlenilerek başlanmıştır. Mesma (Module d'Energie Sous-Marin Autonome) olarak adlandırılan; asıl olarak Fransız nükleer sistemli deniz altı tasarımlarında kullanılan sistemin değişik bir türü olan kapalı devre buhar türbini sistemidir.[2]



Şekil 2. MESMA Modülü[3].

Mesma sisteminin çalışma prensibi kapalı devre bir buhar türbini sistemine benzemektedir. Denizaltında depolanan oksijenin etanol ile yakılmasıyla elde edilen kızgın buharın işlettiği türbin ve ona bağlantılı olan alternatör sistemidir[3].

Bizim çalışmamızda ise benzer şekilde klima sistemlerindeki atık ısıyı kullanarak elektrik üretimi sağlamak amacıyla kapalı devre buhar türbini prensibi ile türbin alternatör sistemi oluşturmaktır. Buhar türbini sisteminin ısı pompası ile bütünleştirilmesiyle kapalı bir çevrim elde ederek atık ısıdan alternatör vasıtasıyla elektrik üretimi sağlanacaktır. Tasarladığımız sistem 2 adet plaka eşanjörü ile birbirine bağlantılı 3 kapalı devre çevrimden oluşmaktadır.

Sistemimizdeki ısı pompası sisteminin performans analizi ise aşağıdaki formüller yardımıyla hesaplanmıştır.

Soğutucu akışkanın kütleli debisi;

$$\dot{m}_f = \frac{n_v \cdot V_s \cdot S_d}{v_{öz} \cdot 60}$$

\dot{m}_f : Isı pompası sisteminde dolaşan soğutucu akışkanın kütleli debisi [kg/s]
 V_s : Kompresörün strok hacmi [m³/dev]
 n_v : Kompresörün hacimsel verimi
 S_d : Kompresörün devir sayısı [dev /dak]
 $v_{öz}$: Kompresörün girişinde soğutucu akışkanın özgül hacmi [m³/kg] olarak belirtilmiştir.

Isı pompasının kondenserinden alınacak ısı miktarı ise;

$$Q_c = \dot{m} (h_2 - h_3)$$

Q_c : Yoğuşturucunun verdiği ısı [kJ/s]
 h_2 : Akışkanın kompresör çıkışındaki entalpisi [kJ/kg]
 h_3 : Akışkanın yoğuşturucu çıkışındaki entalpisi [kJ/kg]

Isı pompası sisteminde evaporatörün çektiği ısı miktarı;

$$\dot{Q}_e = \dot{m}_1 (h_1 - h_5)$$

Q_e : Buharlaştırıcının çektiği ısı miktarı [kJ/s]
 h_1 : Akışkanın buharlaştırıcı çıkışındaki entalpisi [kJ/kg]
 h_5 : Akışkanın buharlaştırıcı girişindeki entalpisi [kJ/kg]

Isı pompası sisteminde kompresöre verilen güç;

$$\dot{W}_{komp} = \frac{\dot{m}_1 (h_2 - h_1)}{n_m}$$

\dot{W}_{komp} : Kompresöre verilen güç [kW]
 n_m : Kompresörün mekanik verimi

Isı pompasının performans katsayısı;

$$COP = \frac{\dot{Q}_c}{\dot{W}_{sis}} = \frac{h_2 - h_3}{h_2 - h_1} \cdot n_m$$

Sistemin performans katsayısı;

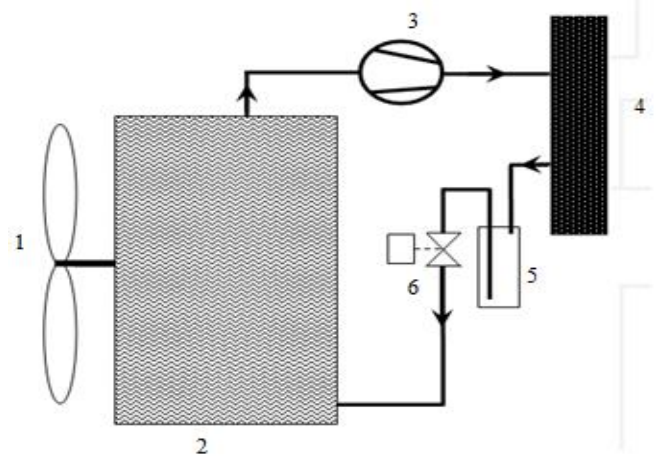
$$COP = \frac{\dot{Q}_c}{\dot{W}_{sis}}$$

Sisteme verilen toplam güç ise;

$$\dot{W}_{sis} = \dot{W}_{komp} - \dot{W}_{fanlar}$$

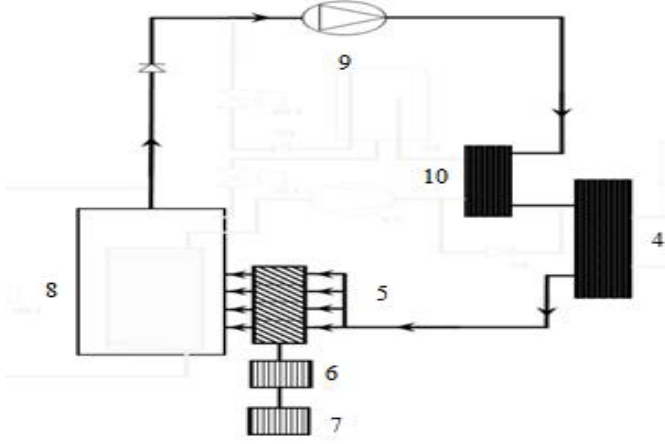
olarak belirtilmiştir.[4]

II. DESIGN OF ELECTRICITY GENERATION USING HEAT PUMP SYSTEM



Şekil 3. Tasarımın 1. Gaz Çevrim Şeması.

Şekil 2’de yer alan numaralandırılmış elemanlar; 1.fan, 2.ısı eşanjörü, 3.kompresör, 4.plaka eşanjörü, 5.sıvı tankı, 6.genleşme valfi’dir. Bu çevrimde fan vasıtasıyla ısı eşanjörü içerisine nüfuz eden hava, pompa vasıtasıyla içeride dolaşan R22 gazıyla, ısı eşanjörü içerisinde ısı alışverişi yapar.



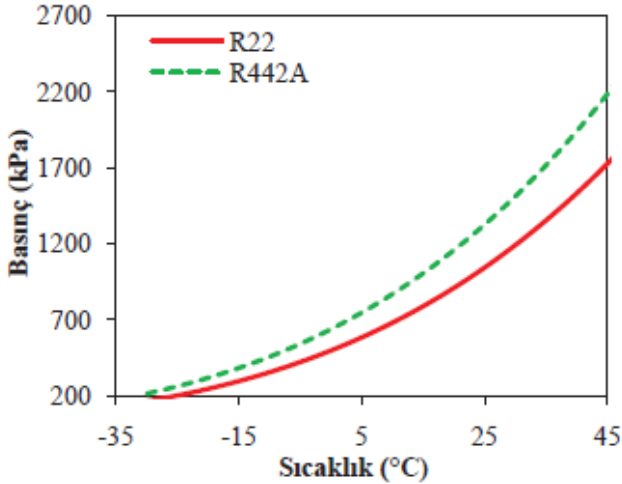
Şekil 4. Tasarımın 2. Gaz Çevrim Şeması

Şekil 3’de yer alan numaralandırılmış elemanlar; 4.plaka eşanjörü, 5.türbin, 6.çoklayıcı, 7.alternatör, 8.kondenser, pompa, 10.plaka eşanjörü’dür. Oluşturulan bu 2. çevrim ise 1. Çevrimin aksine R442A veya R404A gazı kullanılacaktır. R442A buhar sıkıştırma sistemlerinde R404A ve R507A yerine sistemde hiçbir değişiklik yapılmadan; R22 yerine de kompresör yağını değiştirerek kullanılabilir bir soğutucu akışkandır[5].

	R22	R442A
Kütlece karışım oranı (%)	-	R125/R32/R134a/ R227ea/R152a 31/31/30/5/3
Kaynama noktası sıcaklığı (1 atm) (°C)	-40.8	-46.5
Kritik sıcaklık (°C)	96.1	82.4
Kritik basınç (MPa)	4.99	4.76
Sıcaklık kayması (°C)	0	4.6

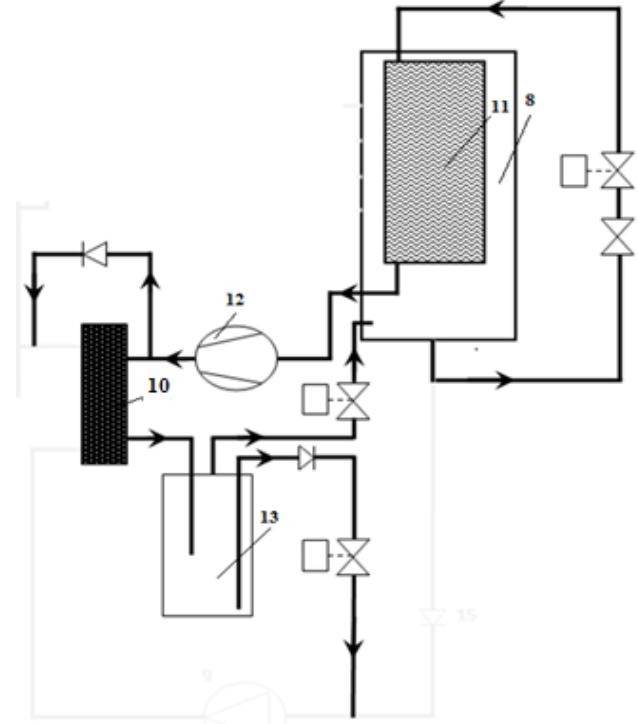
Tablo 1. Soğutucu akışkanların bazı özellikleri[5].

2.Çevrimde 4 numaralı plaka eşanjörü 1.çevrimdeki R22 gazıyla ısı alışverişi yapar.2.çevrimde kullanacağımız R442A veya R404A gazının sıcaklığı artacağından basıncı da artar.



Şekil 5. Soğutucu akışkanların basınç-sıcaklık grafiği[5].

Basıncı artan gaz Şekil 3’te gösterilen 5 no’lu türbine gelerek türbini harekete geçirir. Dönen türbin şekil 3’te 6 no’lu olarak belirtilen çoklayıcıyı döndürerek burada devir sayısı artırılır.Çoklayıcının çıkış mili ise şekil 3’te 7 no’lu olarak belirtilen alternatörü döndürür.Türbini döndürdükten sonra şekil 3’te 8 no’lu olarak belirtilen kondensere gelen gaz kondenser içerisindeki evaporatör vasıtasıyla burada soğur ve yoğunlaşarak sıvı hale gelir. Yoğunlaşan sıvı kondenserden alınarak Şekil 3’te 9 no’lu olarak belirtilen sıvı pompasıyla vasıtasıyla eşanjöre basılarak devre kapalı bir çevrim oluşturur.



Şekil 6. Tasarımın 3. Gaz Çevrim Şeması

Şekil 5’de yer alan numaralandırılmış elemanlar; 8.kondenser, 10.ısı eşanjörü, 11.evaporatör, 12.kompresör, 13. ise sıvı tankıdır. Şekil 5, kendi içinde kapalı döngülü 3. çevrimimizdir. Bu çevrimde ise R404 gazı kullanılacaktır. R404A soğutucu akışkanı, R125 (%44), R134a (%4) ve R143a (%52) soğutucu akışkanlarından oluşan karışımdır. Bu çevrim türbinden çıkan ve kondenserde yoğunlaştırılacak gazı soğutmak amacıyla tasarlanmıştır. Bir soğutma makinesinin etkinliği, soğutma performans katsayısı (COP) ile ifade edilir. Belirli sıcaklıklar arasında çalışan en etkin soğutma çevrimi ters Carnot çevrimidir. Carnot çevrimi için soğutma performans katsayısı aşağıdaki şekilde elde edilir[6].

$$COP_{Carnot} = \frac{T_L}{T_H - T_L}$$

Bu çevrimimizde Şekil 5’te 10 numaralı eleman olarak belirtilmiş ısı eşanjöründe gazımız 2. çevrimdeki gaz ile ısı alışverişi yaparak genişleme valfine gelen R404A gazının genişleme valfinde basınç ve sıcaklığı düşerek evaporatöre geçer. Kondenser içerisine yerleştirilmiş evaporatör, türbinden çıkan gazı soğutarak kondenser içinde gazı yoğunlaştırma görevi yapar. Evaporatör içerisindeki gazı sıkıştırma görevini ise Şekil 5’te 12 no’lu eleman olarak

belirtilen kompresör yapar. Kompresör tarafından sıkıştırılan gaz ısı eşanjörüne basılır. Böylece kapalı, kendi içerisinde bir döngü oluşturulmuş olur.

III. DEVELOPMENT OF ELECTRICITY GENERATION USING HEAT PUMP SYSTEM

Tasarımımızda hava kaynaklı olarak bir ısı pompası sistemi tasarlanmıştır. Sistemin verimli çalışabilmesi için dış hava sıcaklığının en az 15 derece santigrat olması gerekmektedir. Bu dış hava ve atık hava kaynaklı ısı pompaları için karakterize bir özelliktir.

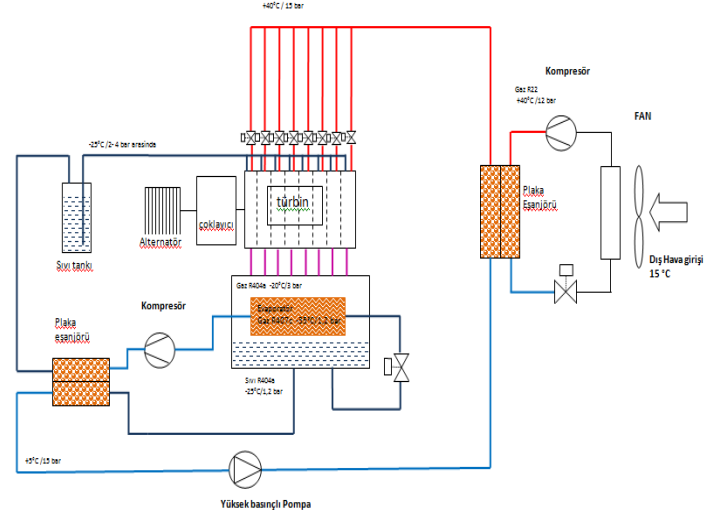
Isı pompalarında kullanılan ısı kaynakları şunlardır:

- Dış hava (çevre havası),
- yeraltı suyu (kuyu suyu),
- nehir suyu,
- göl suyu, deniz suyu,
- toprak,
- güneş,
- jeotermal enerji,
- atık su ve sıvı atıklar
- atık hava.

Isı Kaynağı	Sıcaklık Aralığı (°C)
Dış Hava	-10 ~ 15
Atık Hava	15 ~25
Yeraltı Suyu	4 ~ 10
Göl Suyu	0 ~10
Nehir Suyu	0 ~ 10
Deniz Suyu	3 ~ 8
Kayaçlar	0 ~ 5
Toprak	0 ~ 10
Atık Su ve Sıvı Atıklar	>10

Tablo 2. .Isı pompalarında kullanılan ısı kaynakları ve sıcaklık aralıkları [7].

Hava her yerde bulunabildiği, ısı pompalarında kullanımı kolay ve ekonomik olduğu için en çok kullanılan ısı kaynağıdır. Ancak ısı kaynağı olarak havanın en büyük dezavantajı kararlı bir sıcaklığa sahip olmaması ve hava sıcaklığının kış ayların da özellikle karasal iklimlerde çok düşmesidir. Hatta hava sıcaklığı gün içinde bile değişkenlik gösterebilmektedir. Dış hava sıcaklığının düşmesi ısı pompasının kapasite ve performansını düşürmektedir. Çünkü ısı pompalarında ısı kaynağı ile ısıtısının performansı azalır. Bu nedenlerle hava kaynaklı ısı pompalarının karasal iklimlerde kullanımı yaygın değildir. Ayrıca hava kaynaklı ısı pompalarında 0°C ve daha düşük sıcaklıklarda buharlaştırıcı serpantini üzerinde buzlanma olmaktadır. Eğer buz birikimi engellenmezse oluşan buz ısı transferini azaltarak ısı pompasının performansını düşürecektir.[7]



Şekil 6. Isı pompası kullanarak elektrik üretiminin birleştirilmiş tasarımı şeması

Şekil 6 tasarımımızdaki kapalı çevrimlerin birbiri ile bağlantısı sağlanarak tasarımın birleştirilmiş şemasını göstermektedir. Tasarımımızın uygulama aşamasında kullanılacak elemanların değerleri ise şu şekilde belirlenmiştir. 1.çevrimdeki elemanlar için, fan 0,3 kVA, kompresör 2.5 kVA, plaka eşanjörü, 14 kW, 2.çevrimdeki yüksek basınçlı pompa değeri 1 kVA plaka eşanjörü 10 kW, türbin ise 8 gaz girişi ve 8 gaz çıkışı olarak belirlenmiştir. Türbin girişlerine basıncı yükseltmek amacıyla 8 adet birbiri ile koordine elektrovalf konulmuştur.3.çevrimdeki kompresör için ise 1,9 kVA olarak değeri belirlenmiştir.

IV. CONCLUSIONS

Isı pompası sistemi ile elektrik üretimi tasarımı yapılırken dış hava sıcaklığının en az 15 derece santigrat olması gerektiği saptanmıştır.1.çevrimdeki kompresörden çıkan gazın ise eşanjöre ulaştığında 40 derece santigrat olması gerektiği saptanmıştır.2.çevrimde türbin girişinde yüksek basınca ulaşmak önem arz ettiğinden 15 bar basınca ulaşmak hedeflenmektedir. Sistemin sürdürülebilirliğini sağlamak ve sistemin ani basınç değer değişimlerini istenilen değerlerde tutmak için sistemin kontrolü PLC veya mikro işlemcili kartlar yardımıyla yapılacaktır.Böylece sistemin otomasyonu sağlanarak sistem insan eli değmeden çalışmasını sürdürebilecektir.Türbin girişindeki elektrovalflerin sırasıyla koordineli şekilde açılıp kapanmasıyla türbin kanatlarına çarpacak yüksek basınçlı gazın türbini yüksek verimle döndürmesi hedeflenmektedir.Çoklayıcı dişlileri alternatörü 3000 d/dk ulaştırarak şekilde tasarlanmıştır.Alternatörün yüksek devir sayısına ulaşması ile klima ve iklimlendirme sistemlerindeki atık havanın ısı pompası kullanarak elektrik üretimi ile geri dönüşümü sağlanmış olacaktır.

REFERENCES

- [1] Savaş,S., Yalçın.E.,”Soğutma Sistemlerinde Bakım Onarım Revizyon (Bor) Öncesi Soğutucu Akışkan Stoklanması ”Mühendis ve Makina Dergisi,574,60, (2007)
- [2] (2004) Üsküdar Mühendishanesi web site Erişim: <http://uskudar.biz/m%C3%BChendishane/makaleler/kapal%C4%B1-devre-buhar-t%C3%BCrbini.html>
- [3] Lus,T.,”Submarine Hybrid Propulsion System”, Gydania, (2001)
- [4] Dikici, A.,Esen M.,”Hava Kaynaklı Isı pompasının Elazığ Şartlarında Kullanımının Deneysel Olarak Araştırılması”, Fırat

Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, Makine Eğitimi Bölümü,
Elazığ, (2005)

- [5] Devcioğlu, A.,Oruç,V., Berk,U., Ender, S.,”İklimlendirme sistemlerinde R22 yerine R442A kullanılmasının enerji parametrelerine etkisinin incelenmesi”, Dicle Üniversitesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Diyarbakır, (2016)
- [6] Kabul,A., Kızılkın,Ö., Yakut,A., Süleyman Demirel Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, Makine Eğitimi Bölümü,Isparta, (2010)
- [7] Erdoğan,S, Yılmaz,M., Şahin,B., Özyurt,Ö., ”Isı Pompası Sistemlerinin Seçimi” ,Tesisat Mühendisliği Dergisi, 92, 40-49, (2006)