

BİLİM ve TEKNİĞE KATKILAR

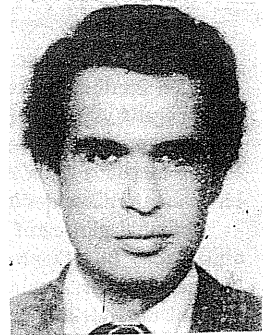


Ev Isıtması İçin Ekonomik Isı Pompası Seçimi

MÜRŞİT ARPALIGİL

Türk Demir Döküm Fab.A.Ş., İstanbul

1976 yılında ODTÜ Makina Mühendisliği Bölümünden mezun olduktan sonra Boğaziçi Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümünde yüksek lisans öğrenimi yaptı. Halen Türk Demir Döküm Fab.A.Ş. Planlama bölümünde çalışmaktadır. Şirketin Enerji Tasarruf Komitesi üyesidir.



ABSTRACT

Economics of vapor compression type of heat pump is examined in a residential heating application. For economical selection, heat pump initial investment costs and operation costs are defined by decision variables, then an optimization model is constructed. Heat pump heating is then compared with conventional heating in terms of life cycle costs. Because of a high initial investment and high cost of electricity, the heat pump is not yet an economical heating system when compared with conventional systems except electrical heaters. However, this subject draws more interest in Waste Heat Utilization in Industry.

ÖZ

Buhar sıkıştırma tip ısı pompasıyla ev ısıtmasının ekonomikliği uygulamalı olarak incelenmiştir. Ekonomik ısı pompası seçimi için eniyileme modeli kurulmuş, toplam maliyetler açısından ısı pompası konvansiyonel ısıtma sistemleriyle karşılaştırılmıştır. Yüksek ilk yatırım maliyeti ve elektrik enerjisinin pahalılığı yüzünden elektrikle ısınma hariç tutulursa, konvansiyonel ısıtma yöntemine göre ısı pompasıyla ısınma henüz ekonomik değildir. Bu alanda sanayide atık enerjiden yararlanma konusu daha çok ilgiyi çekmektedir.

I. GİRİŞ

Isı pompası düşük sıcaklıktaki bir ortamdan yüksek sıcaklıktaki bir ortama ısı transferi yapan termodinamik bir sistemdir. Faydalı ısıtmanın dış kaynaklardan alınan enerjiye oranı şeklinde tanımlanan performans katsayısı ısı pompası sisteminin etkinliğini belirler. Isı pompası sistemleri çevreden ısıyı alma yollarına göre ve ısıyı taşıyan ortamlara göre sınıflandırılır. Isı, çevreden ya sıvı soğutucunun buharlaşmasıyla (mekanik sıkıştırma, soğurma tipleri) alınır ya da sıkıştırılmış bir gazın genleşmesiyle alınır. Isı pompası ısıyı havadan, sudan, topraktan alabilir, hvaya veya suya verir. Ev ısıtması uygulaması açısından en uygun tip, verimli ve geniş kullanımı olan mekanik buhar sıkıştırma ısı pompasıdır.

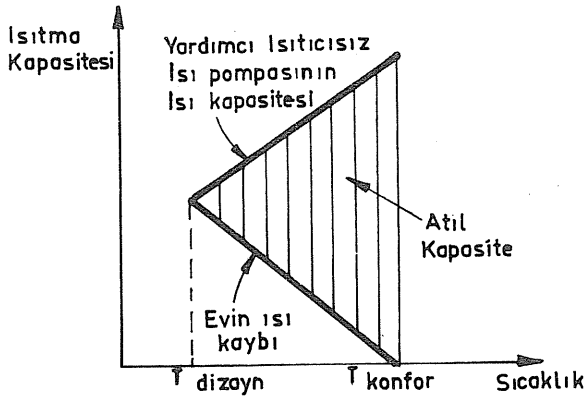
Mekanik buhar sıkıştırma ısı pompası klima cihazıyla aynı elemanlara sahiptir, yalnız amaç ısınmak olduğu için kondansör evin içinde, evaporatör dışındadır. Sistemin performans katsayısı, yani etkinlik ve ekonomiklik ölçüsü, dolaşan soğutucunun buharlaşma ve yoğunlaşma sıcaklıkları arasındaki fark azaldıkça artar. Ekonomik ısı pompası seçiminde en önemli nokta soğutucunun yoğunlaşma ve buharlaşma sıcaklıkları ile ısı pompası ısı kapasitesinin evin ısı gereksinmesine eşit olduğu dış sıcaklığın (denge sıcaklığı) tespitidir.

ISI-24

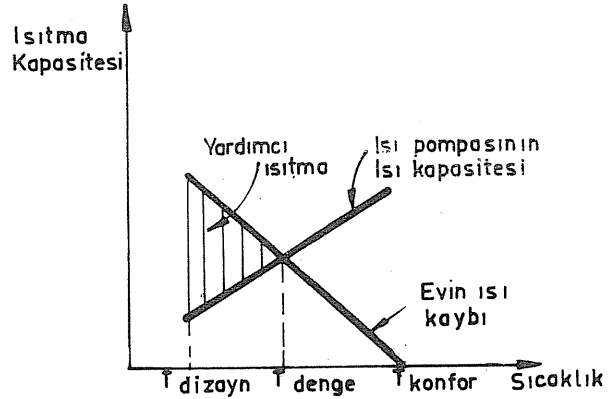
II. EV ISITMASI İÇİN ISI POMPASI MODELİ

Ekonomiklik açısından yoğunlaşma ve buharlaşma sıcaklığı arasındaki farkın az olması gerektiği, ve ev ısıtmasında henüz düşük sıcaklıkta su dolaştırmanın ekonomik olmaması, ısıyı dışarda ve içerde havayla taşınmanın en uygun seçim olduğunu belirlemiştir.

Isı pompası dış hava sıcaklığının buharlaşma sıcaklığının altına düşmesi halinde çalışmaz, dış havasıcaklığı arttıkça sistemin verebileceği ısı artar, fakat evin ısı ihtiyacı azalır. Bu şartlarda en soğuk havalarda bile tüm ısıtmayı ısı pompasıyla sağlama istenirse Şekil I'de görüldüğü gibi ısı pompası çoğu zaman atıl kapasitede kalır. Atıl kapasite gereksiz ilk yatırım demektir. O zaman ortaya çıkan durum (Şekil II) den: belli bir dış hava sıcaklığına kadar ısı pompası yerine yardımcı ısıtıcıyı (elektrikli ısıtıcı) devreye sokmak gerekir: İlk yatırım maliyeti azalacak, fakat yardımcı ısıtıcının ısıtma maliyeti daha pahalı olacağı için yıllık masraflar artacaktır. Sonuçta bulunmasıdır. Dış sıcaklık buharlaşma sıcaklığından düşüğe bütün ısıtmayı yardımcı ısıtıcı yapacaktır (Mod I). Dış sıcaklığın buharlaşma sıcaklığı ile denge sıcaklığı arasında olması halinde ise ısı pompası çalışacak, ısı ihtiyacının ısı pompasıyla karşılanmayan kısmını yardımcı ısıtıcı sağlayacaktır (Mod II). Denge sıcaklığının üstünde ise ısı pompası tüm ısıyı sağlayacaktır (Mod III).



ŞEKİL I: Yardımcı Isıtıcısız Isı Pompasının Performansı



ŞEKİL II: Yardımcı Isıtıcılı Isı Pompasının Performansı

Sistemi ekonomiklik açısından inceleyebilmek için şimdiye kadar sıralanan önemli noktaların ışığında ısı pompası elemanlarının kapasiteleri ve performansları beş termodinamik değişken (karar değişkenleri) cinsinden tanımlanmıştır. Kapasiteler ilk yatırımların belirlenmesinde performanslar ise yıllık masrafların belirlenmesinde gereklidir. Tanımlamalarda dış hava sıcaklığı ve birim dış-iç hava sıcaklığı farkındaki evin ısı gereksinmesi ike önemli parametre olarak yer almaktadır. Performanslar, her mod için ayrı ayrı formüle edilmeyi gerektirmektedir.

EKONOMİK ISI POMPASI SEÇİMİ MODELİNİN GELİŞTİRİLMESİ

Sistemin ilk yatırım maliyeti ısı pompasının önemli beş elemanın kapasiteleriyle değişmektedir. Bu elemanlar kompresör, kondansör, evaporatör, dış hava fanı ve iç hava fanıdır. Kapasiteler termodinamik değişkenler ve parametreler cinsinden ifade edilmiş olduğu için yatırım maliyetleri de bunlar tarafından ifade edilebilmektedir. Üç modda çalışan, iki tane parametreye bağlı, kendi içinde oldukça karışık bir sistemin seçiminde eniyilemeyi başarmanın güçlüğü açıktır. Eniyileme ancak iki aşamada elde edilebilir: Belirli bir buharlaşma sıcaklığı ve denge sıcaklığında, belirli kısıtları sağlayan en ucuz ısı pompasını seçmek sonra da buharlaşma sıcaklığı ile denge sıcaklığını değiştirerek ilk yatırım maliyeti ile yıllık maliyet arasında sistemin ömrü boyunca toplam maliyeti en azlayan dengeyi bulmak. Birinci aşamadaki eniyileme modelinin çözümü, doğrusal olmayan amaç fonksiyonunun doğrusal kısıtları olduğu için Rosen algoritmasıyla yapılabilir. İkinci aşamadaki toplam maliyetin enazlanması ise bulgusal olarak yapılabilir.

ÖRNEK UYGULAMA VE KONVANSİYONEL SİSTEMLERLE KARŞILAŞTIRMA

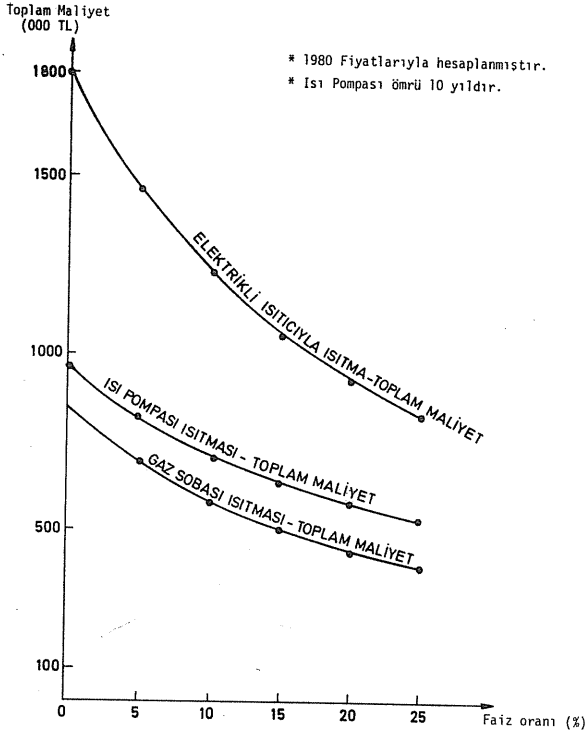
Geliştirilen model İstanbul'da belli bir evin ısıtılmasında uygulanmıştır, 100 m² lik evin ısı kaybı -3°C de

1000 kcal/saat'dır. Seçim sonucunda denge sıcaklığı +3°C, buharlaşma sıcaklığı -1.5°C, performans katsayısı 3.25, yıllık performans katsayısı 2.62 olarak belirlenmiştir. Kompresörü ve kontrol vanaları ithal edilen ısı pompasının Mayıs 1980 fiyatlarıyla ilk yatırımı 200 Bin TL, yıllık masrafı ise 70 Bin TL dolayında olmaktadır.

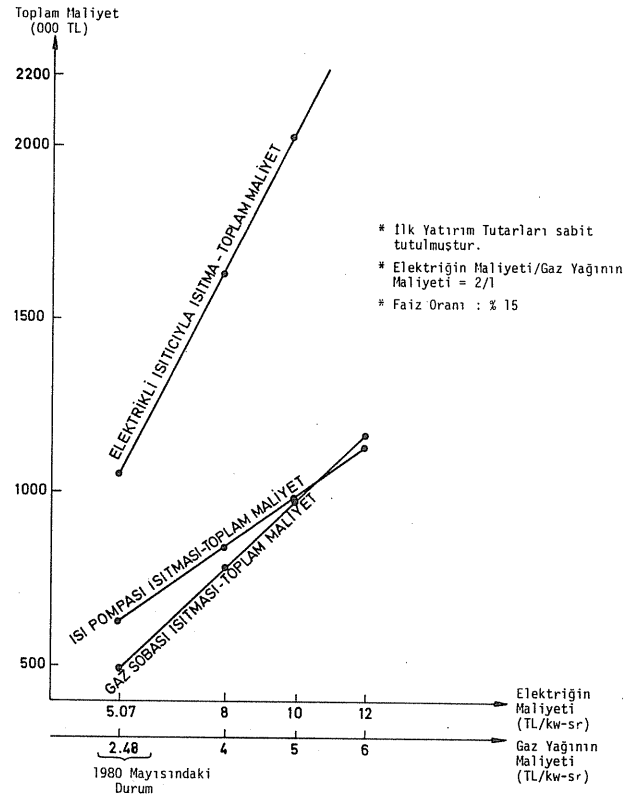
Aynı evin elektrikle ısıtılması için 40 Bin TL. lik ilk yatırım, 170 Bin TL.lik yıllık masraf yapılması gerekmektedir. Gaz sobasıyla ısıtma içinse 25 Bin TL.lik ilk yatırım ve 80 Bin TL.lik yıllık masraf gerekmektedir. Isı pompasının ortalama ömrünün 10 yıl olduğu kabul edilirse, bugünkü değer analizine göre ısı pompasıyla ısınmanın toplam maliyeti elektrikle ısınmaya göre oldukça az olmakta fakat gaz sobasıyla ısınmaya göre fazla olmaktadır. Merkezi sistemle ısıtmada ilk yatırım ısı pompası ilk yatırımından düşük olduğu için ve elektrik pahalı olduğu için ısı pompasıyla ısınma merkezi sistemle ısınmaya göre pahalı olmaktadır.

SONUÇ

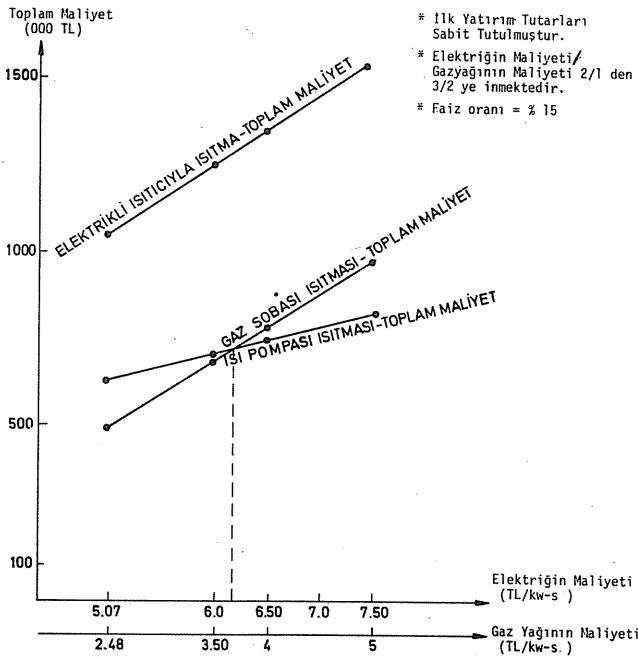
Isı pompasıyla ısıtmanın Türkiye'de uygulanabilmesi için herşeyden önce elektriğin yeterince üretilmesi gerekir, en ekonomik ısı pompası sisteminin tam kapasitede elektrik gereksinmesi 2.7 kW'dır, yardımcı ısıtıcı devreye girdiğinde elektrik gereksinmesi artmakta, ısı pompası devreden çıktığında gereksinme 11 kW'ı geçmektedir. Elektrik üretiminin yeterli olması halinde ve gelecekte petrol fiyatlarının artmaya devam etmesiyle petrol enerjisi maliyetinin elektrik enerjisi maliyetine yaklaşmasıyla ısı pompası ısıtması ekonomik olacaktır. Bu gelişmeler ısı pompasının yurt içinde ekonomik miktarlarda üretimini teşvik edecek ve uygulamalar yaygınlık kazanabilecektir. Bu konuyu daha iyi açıklamak üzere üç ayrı şekil göstermiştir (Şekil 3, 4 ve 5). Bu şekiller, değişik faiz oranlarında ve yakıt maliyetlerinde toplam maliyetlerin ne olabileceğini araştıran duyarlık analizlerinin sonuçlarını içermektedir. Şekil 3, toplam maliyetlerin değişik faiz oranları ile değişimini göstermektedir. Bu günkü durum-



Şekil 3. Toplam maliyetin faiz oranına göre değişmesi



Şekil 4. Toplam Maliyetlerin Projeksiyonu-I



Şekil 5. Toplam Maliyetlerin Projeksiyonu II

da, faiz oranı ne olursa olsun, elektrikli ısıtmanın pahalı olduğu anlaşılmaktadır. Şekil 4 de ise geleceğe dönük bir projeksiyon gösterilmiştir (Elektrik maliyeti/Gaz yağı maliyeti) oranı sabit tutulmuştur (2/1). Buna karşılık enerji maliyetinde artma olacağı kabul edilmiştir. Bu şekilde, ısı pompası ile ısıtmanın diğer elektrikli ısıtma yöntemlerine olan üstünlüğü açık olarak görülmektedir, zira enerji maliyeti arttıkça elektrikli ısıtıcı ile ısıtma maliyeti daha hızlı artmakta, buna karşılık ısı pompası ile ısıtma, gaz yağı ile ısıtma ile başabaş duruma gelmektedir. Başabaş noktası 2/1 oranı için 9 TL/kw-s dolayındadır.

Sözü edilen başabaş noktasının aslında 9 TL/kw-s değerinin altında gerçekleşeceği muhakkaktır. Çünkü (Elektrik maliyeti/Gaz yağı maliyeti) oranı sabit kalmaktadır. Bu oran geçmişte 3/1 dolayında idi. Bugün ise 2/1 mertebesine inmiş bulunmaktadır. Petrolün diğer yakıtlardan daha hızlı pahalılaşmasından ötürü yakın gelecekte bu oranın 3/2 ye inmesi beklenmektedir. Böylesine bir değişimin toplam maliyetlere olan etkisi Şekil 5 de gösterilmiştir:

Yatay eksenin başında 5.07/2.48 oranı, yani bugünkü durum gösterilmiştir. Bu oran azaldıkça gaz sobası ile ısıtmanın toplam maliyeti daha hızlı artmakta ve başabaş noktası 1.7/2 değerine kaymaktadır. Bu orana karşılık gelen elektrik maliyeti ise sadece 6.15 TL/kw-s dolayındadır.

Sonuç olarak, yakıt maliyetlerinin artmasının yanı sıra elektrikin daha yavaş pahalılaşması gerçekleştiği oranda ısı pompalarının daha kısa bir süre sonra ekonomik hale geleceği söylenebilir.