

Soğutma Sistemlerinde Ölçme ve Değerlendirmenin Enerji Verimliliği Açısından Önemi *

Kadir İSA¹

Hüseyin BULGURCU²

Murat ADAKÖY³

¹ İstanbul Ü. Mühendislik Fakültesi Makine Bölümü Avcılar Yerleşkesi İSTANBUL

² BAÜ. Balıkesir Meslek Yüksekokulu, Elektrik ve Enerji Bölümü Çarşı Yerleşkesi BALIKESİR

³ TESTO LTD. ŞTİ. İklimlendirme Ürün Grubu Satış Sorumlusu, İSTANBUL

Özet

Soğutma sistemlerinin çalışma verilerinin (basınç, sıcaklık, vb.) ölçülmesi, enerji etütleri ve sonrasındaki değerlendirmeler için oldukça önemlidir. Sistemde kullanılan soğutkan şarjının gereğinden fazla ya da az olması da tüketilen enerji ile doğrudan ilgilidir. Bu durum, performans ve olumsuz çevresel sonuçları nedeniyle periyodik kaçak kontrollerinin de uygulanacak bakım programına alınmasını zorunlu kılmaktadır. Bu incelemede, ölçemediğimiz bir şeyi yönetemeyeceğimiz noktasından hareketle, günümüzde bu amaçla kullanılan cihazlar ve elde edilen sonuçların yorumlarına yer verilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Soğutma, Enerji verimliliği, Ölçme, Değerlendirme, Etüt.

1. Giriş

Soğutma-iklimlendirme sistemlerinde sistem performansının sürekli izlenmesi gereklidir. Bu izleme için basınç sıcaklık, akım, güç katsayısı gibi değişik parametrelerin sürekli ölçülmesi gereklidir. Bu ölçümlere dayanılarak hata analizi, arıza denetimleri, bakım gereklilikleri tespit edilebilmektedir. Arıza teşhisi ve enerji etütleri, sıcaklık, basınç, gerilim ve akım değerlerinin ölçülmesi ve yorumlanmasına dayanır. Tüm bu ölçümlerin aynı cihazla yapılabilmesi verilerin eş zamanlı olarak analiz edilebilmesi adına önemlidir.

Aşırı kızdırma (superheat) ve aşırı soğuma (subcooling) değerlerinin ölçülmesi, değişik noktalardan sıcaklık, akım ve basınç ölçümlerinin yapılması, sistemin çalışma durumu hakkında bize değerli bilgiler verir. Böylece, doğru ve hızlı müdahalelerde bulunmamız konusunda avantaj elde ederiz.

Temel bir kontrol sisteminin en önemli parçası olan hissetme/ölçme elemanları, soğutma sistemlerinin otomatik kontrolünde çok önemli bir görev yüklenirler. Soğutma kontrol sisteminde bu kritik sorumluluğu taşıyan ölçüm elemanlarının performansları aşağıda bahsedilen başlıca tanımlarla ifade edilir:

Hata, ölçülen büyüklük değeri ile referans büyüklük değeri arasındaki farktır.

Doğruluk, ölçülen büyüklük değeri ile ölçülenin gerçek büyüklük değeri arasındaki uyuşmanın yakınlığıdır.

Kesinlik, belirli koşullar altında aynı veya benzer nesnelere üzerinde tekrarlanan ölçümler ile elde edilen göstergeler veya ölçülen büyüklük değerleri arasındaki uyuşmanın yakınlığıdır. Bu yüzden bir ölçümün kesinliği; doğruluğundan çok tekrarlanabilirliği ile ilişkilidir.

Hassasiyet, ölçüm elemanının ölçek faktörünü belirleyen özelliğidir. İstenilen değerde çıkış sinyali üretebilmek için gereken minimum giriş sinyali büyüklüğü olarak da ifade edilebilir.

Belirsizlik ise, elde edilen bilgiye dayanılarak ölçülene atfedilen büyüklük değerlerinin dağılımını niteleyen, negatif olmayan sayısal parametredir [1].

2. Soğutma Çevrimi ve Sıcaklık-Basınç-Debi Ölçümleri

Soğutma çevrimi altı temel işlemde oluşur:

1. Kızgın buharın kompresörde sıkıştırılması

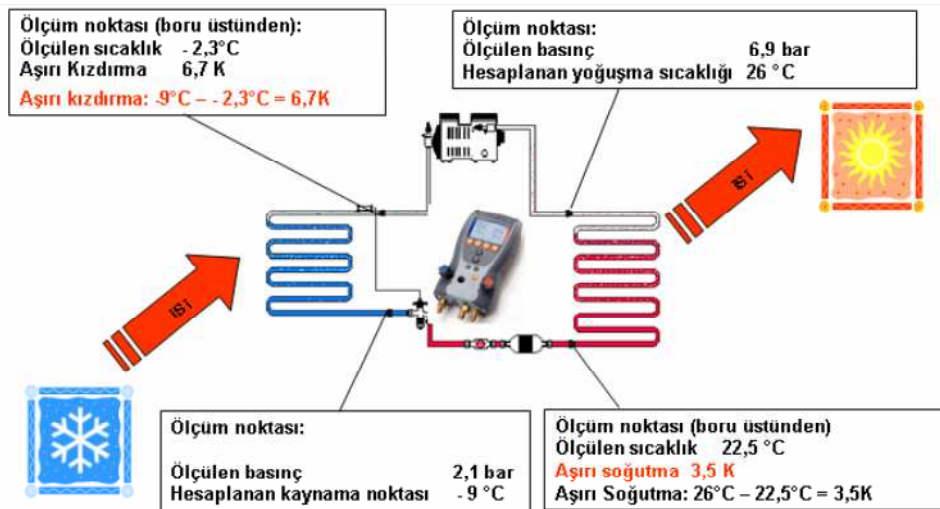
2. Yoğuşma
3. Aşırı soğuma (Subcooling)
4. Genleşme
5. Buharlaşma
6. Aşırı kızdırma (Superheat)

Bu işlemlerden aşırı kızdırma ve aşırı soğuma değerleri, bir soğutma sisteminin kendinden bekleneni yerine getirip getirmediğinin en önemli göstergeleri olarak kabul edilmektedir. Arıza teşhisi ve enerji etütleri esnasında uygun bir şekilde ölçülmemeleri, yanlış değerlendirmelere neden olabilmektedir. Yalnızca sıcaklık ve basınç ölçümü soğutma sistem performansını belirlemede yeterli olmadığından soğutucu akışkanın kütleli debisinin de ölçülmesi gereklidir.

Ölçülmesi gereken basınçlar emme ve basma hatları, pompalı yağlamalı kompresörlerde yağ basıncı, evaporatördeki karlanmayı ve kondenserlerdeki kirlenmeyi belirlemek için statik basınç farkları ölçülmelidir.

Sıcaklık ölçümleri ise soğutma çevriminin emme, basma, sıvı ve genleşme hatlarından yapılmalı, ancak hissediciler soğutucu akışkana T bağlantılarıyla temas ettirilmiş olmalı aksi halde 4-6 °C'lik ölçüm hataları oluşacaktır. Yine vidalı ve santrifüj kompresörlerde yağlama yağı sıcaklığının izlenmesi çok önemlidir. Bunun dışında hava soğutmalı kondenserlerde ve evaporatörlerde hava giriş-çıkış sıcaklıklarının ölçülmesi sistem performansı yönünden önemlidir. Hava soğutmalı kondenserler genelde 14 K'lik sıcaklık farkına göre çalıştıklarından yoğunlaşma sıcaklığı ile çevre sıcaklığı arasındaki fark tasarımın uygunluğu ve soğutucu akışkan miktarının uygunluğu yönünden bize bilgi verir. Yine soğuk odalardaki hava soğutucu (unit) evaporatörlerde ortam sıcaklığı ile buharlaşma sıcaklığı arasındaki sıcaklık fark 5-7 K arasında tasarlanır. Sıcaklık farkı bu değerlerden daha büyük ise evaporatörün küçük seçildiği veya soğutucu akışkanın yetersiz olduğu belirlenmiş olur. Yine su soğutmalı veya su/salamura soğutan sistemlerde su/salamura giriş-çıkış sıcaklıklarının ölçülmesi performans ve emniyetli çalışma yönünden önemlidir.

Daha önce bahsettiğimiz gibi soğutma sistemlerinde debi ölçümleri sayesinde evaporatör, kondenser, kompresör kapasitelerini hassas olarak ölçebiliriz. Ayrıca su ve hava debisi yardımıyla yine sistem elemanlarının ısıl kapasitelerini yaklaşık olarak belirlemek mümkündür.



Şekil 1. Soğutma Çevrimi Ve Aşırı Kızdırma ve Aşırı Soğuma Değerlerinin Ölçülmesi [2].

2.1. Aşırı Kızdırma

Emiş hattı kızgınlık değerini bulmak için emiş basıncını ve iki sıcaklığı bilmemiz gerekir. Bunlar, ölçülen basınca karşılık gelen buharlaştırıcıdaki (evaporatör) buharlaşma sıcaklığı ile buharlaştırıcı çıkışındaki soğutkanın sıcaklıklarıdır.

Buharlaşma sıcaklığı, ilgili soğutkana ait basınç-sıcaklık tablosundan elde edilebilir. Eski CFC ve HCFC cinsi soğutkanlarla R-134a gibi ozon dostu yeni soğutkanların buharlaşma sıcaklıkları, söz konusu basınçlarda buharlaşma (doyma) süreci boyunca sabit kalır. Bununla beraber, yeni nesil soğutkan karışımlarının sıcaklıkları buharlaşma fazı boyunca değişkenlik gösterirler. Bu değişkenlik 5°C ve üstüne çıkabilir ve sıcaklık kayması (glide) diye adlandırılır. O nedenle, bu tür soğutkanlarda doyma sıcaklığı yerine çığ nokta (dew point-DP) sıcaklığı kullanılır. Bu sıcaklık değeri, buharlaştırıcıda son sıvı soğutkanın buharlaştığı sıcaklığı ifade etmektedir. Çığ nokta sıcaklığının üzerindeki bir sıcaklık artışı aşırı kızgınlık (superheat) olarak adlandırılır.

Aşırı kızdırma değeri 5-7 K civarında olabilirken, değer 4 ile 12 K arasında dalgalanabilir.

Aşırı kızgınlık değerini ölçerken, sistemin rejime girmesine müsaade edecek kadar beklemek gerekir. Aynı zamanda buharlaştırıcı üzerinde normal bir hava debisinin sağlandığından da emin olunmalıdır. Sıcaklık ölçüm ucu buharlaştırıcı çıkışına tutturulur. Eğer emiş hattının uzunluğu 4 metreden az ise, boru sıcaklığı kompresör girişinden ölçülebilir. Boruların üzerindeki oksit tabakasının temizlenmesi ölçüm hassasiyetini arttıracaktır.

2.1.1. Basınç Ölçümü

Basınç ölçümü manifoldlarla yapılmaktadır. Piyasada dijital ve analog olarak iki farklı çeşitte manifold bulunabilir. Analog manifold kullanılırken sistemdeki soğutkana ait değerleri içeren manifold kullanılmalıdır. Dijital manifold kullanılıyorsa, ölçümden önce ilgili akışkan tipi ekrandan seçilmelidir. Manifoldlar kullanarak seçilen akışkanın ölçülen basınçtaki doyma sıcaklıklarına ulaşılabilir. Doyma sıcaklığı akışkanın söz konusu basınç altındaki buharlaşma /yoğuşma noktasını ifade eder.



Şekil 2. Analog Manifold



Şekil 3. Dijital Manifold

2.1.2. Boru Yüzeyinden Sıcaklık Ölçümü

Soğutma sistemlerinde boru yüzeyinden sıcaklık ölçümü yapmak önemlidir. Böylece boru içinden geçen soğutkanın sıcaklık değerini görebilmekteyiz. Bu ölçüm, temaslı veya temassız (kızılötesi-infrared) termometrelerle yapılabilmektedir. Yüzey tipi temaslı termometrelerin ölçüm doğruluğu temassızlarla karşılaştırıldığında daha yüksektir. Temaslı ölçüm yaparken borunun şeklini alan esnek bantlı yüzey

termometrelerinden veya boruya kenetlenen tarza sensörler kullanmak ölçüm doğruluğunu artırmaktadır.

Temassız termometreler ise çok hızlı ölçüm yapabilmektedirler. Bu cihazlarda kullanma kılavuzlarında belirtilen optik orana dikkat ederek, cihazı borunun sıcaklığını ölçecek mesafeye getirip ölçüm yapılmalıdır. Ayrıca, temassız termometrelerle parlak yüzeylerden ölçüm alınmamalı ve mümkünse parlak yüzeyler mat hale getirilmelidir. Ancak basma ve genişleme hatlarında boru dışından yapılan ölçümlerde 4-6 °C fark olduğu unutulmamalıdır.



Şekil 4. Boru Yüzeyinden Sıcaklık Ölçümü.

2.2. Aşırı Soğuma ve Ölçümü

Sıvı hattı aşırı soğuma değerini bulmak için yoğunlaşma basıncı ve iki sıcaklığı bulmak gerekir. Bunlar, söz konusu basınçtaki yoğunlaşma sıcaklığı ve yoğuşurucu çıkışındaki sıvı hattı sıcaklıklarıdır. Yoğuşurucu çıkışındaki borunun yüzey sıcaklığını ölçerek işe başlarız. Yoğunlaşma sıcaklığı ilgili soğutkana ait basınç-sıcaklık tablosundan elde edilebilir. Yüksek kayma sıcaklığına sahip yeni soğutkan karışımları (örneğin, R-407C) için kabarcık noktası (bubble point-BP) esas alınmalıdır.

Ölçüm yapmak için sistemin rejime girmesine müsaade edilmeli ve yoğuşurucu üzerinde yeterli hava debisi sağlandığından emin olunmalıdır. Sıvı hattı sıcaklığını ölçtüktan sonra, sıvı hattı servis valfinden veya bu tür valfin olmadığı durumlarda kompresör basma hattındaki basıncı ölçmek ve basınç-sıcaklık tablosu kullanarak eşdeğer sıcaklığı bulmak gerekir. Her iki sıcaklık arasındaki fark aşırı soğuma (sub cooling) değerini verecektir.

Aşırı soğutma / aşırı kızdırma değerlerinin ölçümleri için artık yoğunluklu olarak sıcaklık da ölçebilen manifoldlar kullanılmaktadır. Basınç ve boru yüzeyinden sıcaklık ölçümünün aynı anda yapılabilmesi, eş zamanlı olarak aşırı kızdırma ve aşırı soğuma değerlerinin de görüntülenebiliyor olmasını sağlar. Bu da daha doğru bir ölçüm yapılmasına olanak sağlamaktadır [3].

2.3. Soğutucu Akışkan ve Su debisinin Ölçülmesi

Soğutucu akışkan ve su debimetreleri genelde şamandıralı (rotametre tipi) (Şekil 5), vorteks tipi (Şekil 6) ve pervaneli olarak (türbin tipi) yapılabilir. Bu debi ölçümleri genelde sıvı hattı üzerinden yapılır. Türbin tipi debimetreler akışı bir sayısal bir gösterge veya ibrelili gösterge (Şekil 8) ile gösterirler. Sayısal göstergelerin akışkan cinsine göre kalibre edilmiş olması gerekir. Şamandıralı soğutucu akışkan debimetrelerinde hata payı +/- %10 civarındadır. Ayrıca bu tip debimetrelerin zeotrop karışımlarda kullanılması, sıvı hatlarında sürekli kabarcıklaşma olması nedeniyle uygun değildir.



Şekil 5. Şamandıralı Debimetre [4]



Şekil 6. Vorteks Tipi Debimetre [5]



Şekil 7. Türbin Tipi Debimetre [6]



Şekil 8. İbrelili Metal Gövdeli Debimetre [7]

2.4. Hava Hızının Ölçülmesi

Hava hızı ölçerler genelde pervaneli (Şekil 9), sıcak telli (Şekil 10) ve pitot tüpü (Şekil 11) prensibi ile çalışırlar. Özellikle hava soğutmalı cihazlarda soğutucu akışkan taraflı akış ölçümü yapılamıyorsa kapasite ölçümleri için kondenser/evaporatör yüzeyinden hava hızları ölçülebilir. Ancak bu ölçümlerde yüzeyde gridler oluşturularak ortalama hızın bulunması gerekmektedir.



Şekil 9. Pervaneli Hızölçer (Anemometre) [2]



Şekil 10. Sıcak Telli Hızölçer (Anemometre)[2]



Şekil 11. Pitot Tüpü [8]

2.5. Elektriksel Verilerin Ölçülmesi

Arıza teşhisinde ve enerji verimliliğinin izlenmesinde akım, gerilim, frekans, güç katsayısı (cosinüs-F) ölçümleri çok önemlidir. Bu ölçümlerden hareketle herhangi bir kompresörün sargı hasarları, mekanik hasarlar ve verim (STK, ITK, EER, SEER, vb) değerleri ölçülebilir. Bu ölçümler zamana bağlı yapıldığında akım-zaman trendleri oluşturularak anormal değişimler arıza oluşmadan önce müdahale edilmesine olanak tanır. Yine bu ölçümlerle enerji kalitesi belirlenmiş olur.

Bu ölçüm cihazlarına örnek olarak avometreler, multimetreler (Şekil 12), şebeke ve güç analizörleri (Şekil 13) verilebilir.



Şekil 12. Multimetre (Akım, Gerilim, Frekans ve Güç Katsayısı) [9]



Şekil 13. Güç Analizörü [10]

3. Elde Edilen Değerlerin Yorumlanması

Aşırı kızgınlık ve aşırı soğuma ölçümlerinden elde edilen değerler, soğutkan miktarının uygun olup olmadığından genleşme valfinin çalışma durumunu belirlemeye kadar geniş bir yelpazede soğutma sisteminin işletim şartları hakkında bize bilgi verir. Aynı zamanda bu ölçümler, yoğuşturucu, buharlaştırıcı ve kompresörün etkenliğini belirlemede de bize önemli ipuçları verir.

Ölçülen değerleri yorumlamadan önce, sistemin performansını etkileyen dış koşulları da kontrol etmekte yarar vardır. Serpantin üzerinde yeterli hava debisinin olup olmadığından, kompresör motorunun hat gerilimine ve diğer elektriksel yükleri kontrol edip geçermemiz gerekmektedir.

3.1. Aşırı Kızdırma ve Etkileri

Emiş hattındaki soğutkanın kızgınlık değeri etütler için iyi bir başlangıç yeridir. Düşük kızgınlık, sıvı fazındaki soğutkanın kompresöre ulaştığının göstergelerinden biridir. Bu durumda, kompresör valfleri ve mekanik elemanlar hasar görebilmektedir. Sıvı soğutkan kompresör karterindeki yağ ile temas ettiğinde ise, yağlama etkisi azalacağından dolayı mekanik hasarlar kaçınılmaz olacaktır. Aynı zamanda kızgınlık miktarı; tıkalı filtre/kurutucu, aşırı veya az soğutkan, arızalı genişleme valfi, arızalı fan motoru ve ters fan dönüş yönü gibi enerji verimliliğini dolaysız etkileyecek birçok probleme işaret edebilmektedir.

Diğer taraftan, kızgınlığın anormal olarak yükselmesi ise, soğutkan miktarının olması gerekenden az olduğuna işaret edebileceği gibi, anormal buharlaştırıcı ısı yükü ve sistemde nem bulunabileceğini de belirtir.

3.2. Aşırı Soğuma ve Etkileri

Aşırı soğuma miktarının az olması, yoğuşturucunun yeteri kadar ısıyı ortama veremediğinin göstergesidir. Bunun sebepleri arasında, yoğuşturucu üzerinde yetersiz hava debisi, genişleme valfinin yanlış ayarı nedeniyle yoğuşturucuya fazla soğutkan gelmesi veya soğutkan miktarının yetersiz olmasıdır. Çoğu zaman problem, yoğuşturucu yüzeyinin temizlenmesi ile çözülecek kadar basit olabilir.

Anormal aşırı soğuma değeri ise, soğutkanın olması gerekenden daha fazla ısı kaybettiğinin göstergesidir. Bu ise, sistemde fazla soğutkanın olduğu, genişleme valfinde tıkanıklık olabileceği, kısık ayarlandığı veya düşük dış hava sıcaklıkları ile çalışan sistemlerde yoğuşturucu çıkış basıncını kontrol eden elemanın arızası şeklinde yorumlanabilir [3].

3.3. Soğutkan Kaçak Testi

Soğutma sistemindeki soğutkan miktarının normalden az veya fazla olması verimliliği dolaysız etkilemektedir. Bu nedenle Avrupa Birliği'nde 2006 yılında yürürlüğe giren F-Gas yönetmeliğiyle, içerdikleri soğutkan miktarına bağlı olarak sistemlerin periyodik aralıklarla kaçak testine tabi tutulmaları zorunlu hale gelmiştir. Ülkemizde de benzer yönetmelik çalışmaları yapılmaktadır. Tüm bağlantı noktalarının titizlikle incelenmesi oldukça önemlidir. Tüm bu kontrol işlemlerini yerine getirirken soğutucu akışkanın havadan daha ağır olduğunu unutmamakta yarar vardır.



Şekil 14. Elektronik Kaçak Detektörü

Bu tür cihazlarda kaçak tespit edildikten sonra, cihazın mevcut ortamdaki soğutkan kaçağında alarm vermeyecek duruma getirilebilmesi önemlidir. Böylece, soğutkan kaçağının daha yoğun olduğu kaçak noktasında alarm vermeye devam edebilecektir. Bu sayede kaçak noktasal olarak tespit edilebilecektir.

4. Sonuç

Ülkemizde mevcut soğutma sistemlerinin önemli bir kısmı gereğinden az ya da fazla soğutkanla çalışmaktadır. Bu durum, sistemlerin enerji sarfiyatını arttırmakta ve mekanik arızaları tetikleyebilmektedir. Çalışma verilerinin doğru yöntem ve aletlerle ölçülmesi ve değerlendirilmesi bu açıdan giderek önem kazanmaktadır. Gerek yerel gerekse de uluslar arası yönetmelikler, günümüzde ve yakın gelecekte bunu daha da önemli kılacak gibi görünmektedir.

Özellikle enerji verimliliğinin ve çevresel tehditlerin önem kazandığı günümüz dünyasında soğutma sistem parametrelerinin bina yönetim sistemleri ve akıllı kontroller ile birlikte çalışabilmesi yönünden sürekli ölçülmesi ve izlenmesi zorunluluk haline gelmiştir.

Kaynaklar

[1] http://www.ume.tubitak.gov.tr/duyurular/Uluslararası_Metroloji_Sozlugu.pdf(19.01.2011'de erişildi).

[2] TESTO, "Teknik Dokümanlar", 2010.

[3] THE ACHR NEWS, "Troubleshooting HVAC/R Systems Using Refrigerant Superheat and Subcooling", 2006.

[4] <http://www.uklindia.com/rota.html> (8.10.2010 tarihinde erişildi)

[5] <http://www.saginomiya.co.jp/eng/auto/searchresult10.php?FilterID1=3&FilterID2=2> (12.10.2010 tarihinde erişildi).

[6] <http://www.saginomiya.co.jp/eng/auto/searchresult11.php?FilterID1=3&FilterID2=3> (12.10.2010 tarihinde erişildi).

[7] [http://www.ensim.com.tr/temsilcilikurun.asp?ProdID=255&cat=104&altcat=47&catadi=Metal Tüplü Debimetreler&urunadix=C-G/35/46/47/50](http://www.ensim.com.tr/temsilcilikurun.asp?ProdID=255&cat=104&altcat=47&catadi=Metal_Tüplü_Debimetreler&urunadix=C-G/35/46/47/50) (15.10.2010 tarihinde erişildi).

[8] BULGURCU, H., "İklimlendirme ve Soğutma Sistemlerinde Otomatik Kontrol", 308 sayfa, Doğa Teknik Yayın No:03, İstanbul 2005.

[9] <http://www.entec.com.tr/multimetre.asp?livecatID=4&livecatalID=19> (18.11.2010 tarihinde erişildi)

[10] http://www.entec.com.tr/enerji_olcer_ud.asp?livecatID=2&livecatalID=18&urunID=10 (18.11.2010 tarihinde erişildi).

* Bu makale X. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi'nde bildiri olarak sunulmuş ve Bildiriler Kitabı'nda yer almıştır.