

KANATLI BORULU TİP HAVA SOĞUTMALI KONDENSERLER VE SİSTEM ENERJİ VERİMLİLİĞİNE ETKİLERİ

Hasan ACÜL
Makina Mühendisi
Ar-Ge Bölüm Şefi

ABSTRACT

Decreasing energy consumption and increasing efficiency is one of the most important points in our era. Becoming a matter of primary importance in air conditioning, industrial and commercial cooling applications, supermarket cooling, blast freezing and process cooling applications, energy efficiency affects design of chillers (and its equipment such as condensers, compressors etc.) and urges manufacturers to develop high performance, energy-efficient, environment friendly, economic, and long life products. This paper is intended to provide information on the factors that affects energy efficiency of finned air cooled condensers used on chillers.

1. GİRİŞ

Enerji verimliliğinin iklimlendirme, endüstriyel soğutma, süper market, ticari soğutma, şoklama, proses soğutma vb. uygulamalarda giderek ön plana çıkması tesislerde enerji tüketiminin önemli bir bölümünü yaratan geleneksel soğutma gruplarının sistem elemanlarının dizaynlarını da etkilemektedir. Küresel ısınma potansiyeli yüksek ve ozon tabakasına negatif etkisi olan akışkanların soğutma sistemlerinde kullanımını kısa vadede kısıtlayan, uzun vadede yasaklayan yasal düzenlemeler de tasarımlar üzerinde etkilidir. Hava soğutmalı kondenserler soğutma gruplarının temel bileşenlerinden olmaları nedeni ile enerji verimliliklerini arttırmaya yönelik geliştirme faaliyetleri sürekli olarak devam etmekte, ilgili ulusal ve uluslararası standartlar yükseltilmekte ve enerji tüketimlerine yönelik kısıtlamalar artmaktadır.

Bildirimizde hava soğutmalı kondenserlerde enerji verimliliğini artırıcı uygulamalar hakkında detaylı ve karşılaştırmalı bilgiler -bu alanda uygulanan en son standartlar ışığında- aktarılacak olup, soğutma tesisatlarında enerji verimliliği vurgusu öne çıkartılacaktır.

2. KONDENSERLERİN TASARIM VERİLERİ VE PERFORMANSLARINA ETKİ EDEN FAKTÖRLER

Hava soğutmalı kondenserlerin tasarım ve seçimi için gerekli veriler aşağıda belirtilmiştir [1].

- Sistem için gerekli Kondenser Kapasitesi
- Kullanılacak Soğutucu Akışkan Cinsi
- Ortam Giriş Hava Kuru Termometre Sıcaklığı
- Tasarım Kondenzasyon ve Evaporasyon Sıcaklıkları
- İzin verilen Akışkan Tarafı Basınç Kaybı Değerleri
- Ünite Boyutları Limitleri

- İzin verilen Max. Ses Seviyesi (*Son dönemde daha da ön plana çıkmaktadır*)
- İstenen Enerji Verimliliği Sınıfı (*Son dönemde daha da ön plana çıkmaktadır*)
- Fanların izolasyon, sıcaklık dayanım ve koruma sınıfı özellikleri (*Son dönemde daha da ön plana çıkmaktadır*)

Üretici firmalar, yukarıda belirtilen tasarım verileri ve istenen ek özelliklerin bilinmesi sureti ile kendi üretim tekniklerine uygun olarak kondenser tasarımı ve üretimi yapabilir. Üretici firmanın performans onaylı tasarım yazılımının olması ve bataryaların bu yazılım/program yardımı ile tasarlanması sonradan ortaya çıkabilecek telafisi zor olumsuz durumları önlemede çok önemlidir.

Bir kondenserin ihtiyaç duyulan performansı verimli bir biçimde uzun vadeli gösterebilmesi için dikkat edilmesi gereken temel tasarım veri ve kriterleri vardır. Takip eden sayfalarda kondenserlerin enerji verimliliğine etki eden veri ve kriterler açıklanmıştır.

2.1 Yoğuşma (Kondenzasyon) sıcaklığının kapasiteye etkisi

Soğutucu akışkan yoğuşma (kondenzasyon) sıcaklığı genel uygulamalarda hava giriş sıcaklığının 6 °C–20 °C üzerinde olacak şekilde düşünülmektedir. Kondenzasyon sıcaklığı seçimi sistemin çalışacağı ortam sıcaklığına bağlı olarak değişir. Bu durumda uygulamalarda yaygın olarak yoğuşma sıcaklığı 30-60 °C arasında kabul edilmektedir.

Yoğuşma sıcaklığı belirlenmesinde göz önüne alınan faktörler:

- Ortam sıcaklığı,
- Soğutucu akışkanın termo fiziksel özellikleri
- Seçilmiş olan kompresörün özellikleri
- Kondenser boyutlarıdır.

Kondenserlerde Eurovent Standardına göre nominal kondenser kapasitesi verilirken, 25°C hava giriş sıcaklığı ve 40°C kondenzasyon sıcaklığı baz alınmaktadır. Diğer bir deyişle $\Delta T = 15$ °C'dir.

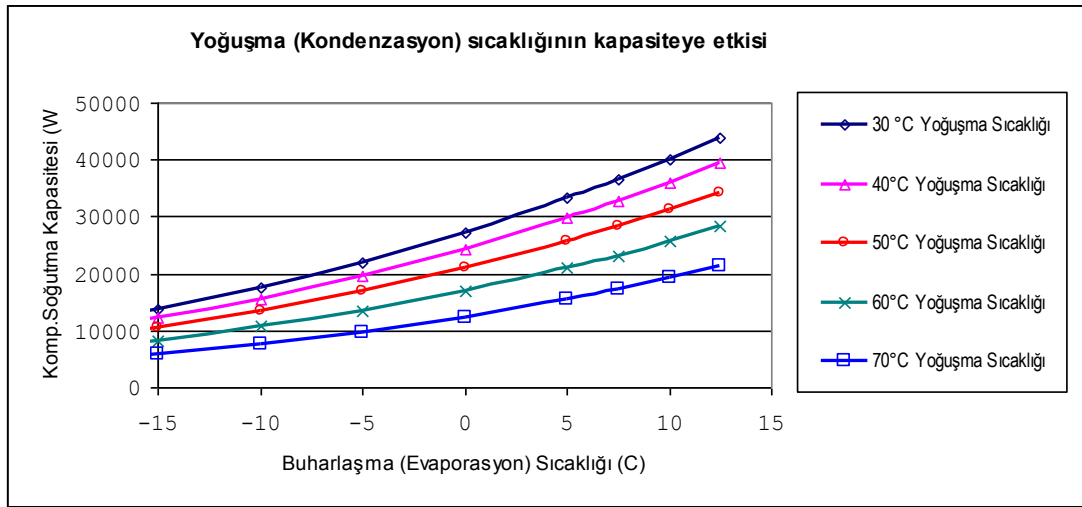
ΔT sıcaklık farkı ortam sıcaklığı yüksek olan yerlerde düşük seçilmelidir. Örneğin Antalya şartlarında bir dizayn yapılıyorsa ΔT değeri 7° - 10° C aralığında tercih edilmelidir. Türkiye şartlarında dış mahalde çalışacak sistemler için kuzeyden güneye indikçe sıcaklık farkı düşürülmeli ve seçimler bu duruma göre yapılmalıdır. Yüksek Kondenzasyon sıcaklığının kompresörün üzerinde verimlilik düşürücü ve çalışma ömrünü kısaltıcı yük oluşturduğu unutulmamalıdır. Tasarımda kondenzasyon sıcaklığının olabildiğince düşük tespit edilmesi oldukça yararlıdır. Ancak, bazı şartlarda kondenzasyon sıcaklığının düşük alınması mümkün değildir. Örneğin, dış ortamın 50° – 55°C derece olduğu Arap ülkelerinde kondenzasyon sıcaklığının yüksek olması kaçınılmazdır.

Aşağıda, örnek olarak, BOCK firması tarafından imal edilen yarı hermetik tip HGX4/555-4 model bir kompresörde R134A gazı kullanımı için değişik kondenzasyon sıcaklıklarında kompresör tarafından çekilen güç ve elde edilen soğutma kapasiteleri verilmiştir (Tablo 1) [2]. Örnek olarak seçilen soğutucu gaz R134A'dır. Tabloda görüldüğü üzere kondenzasyon sıcaklığı 30°C'dan 60°C'ye yükseldiğinde, kompresör % 25 daha fazla enerji çekmekte, buna karşın soğutma kapasitesi %38,5 ve COP değeri (Soğutma kapasitesinin kompresörün çektiği güce oranı) % 51 azalmakta, tasarlanan soğutma kapasitesini elde etmek için % 38,5 daha büyük bir ünite kullanmak gerekmektedir.

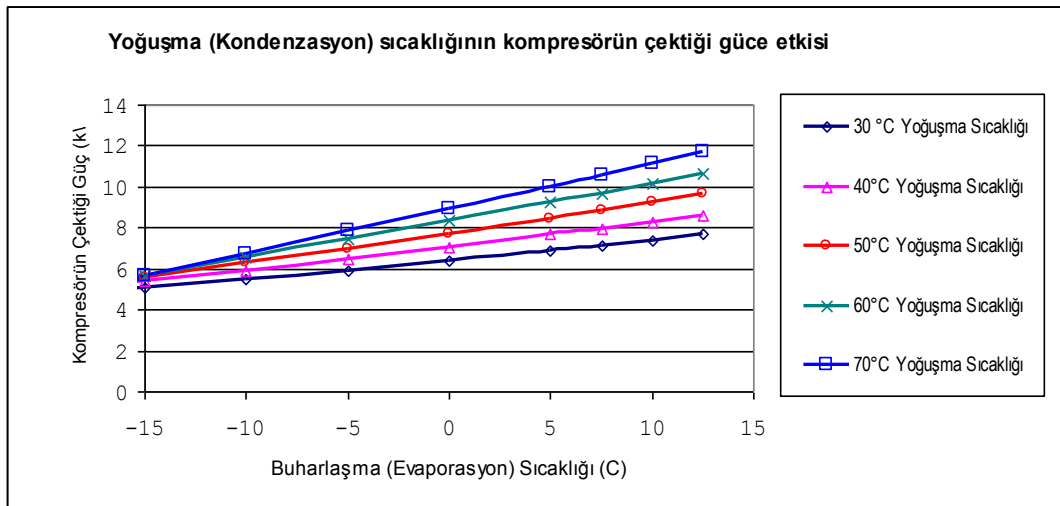
Yoğuşma (Kondenzasyon) Sıcaklığı (°C)	Buharlaştırma (Evaporasyon) Sıcaklığı (°C)	Soğutma Kapasitesi (W)	Kompresörün Çektiği Güç (kW)	Soğutma Kapasitesi / Kompresörün Çektiği Güç
30	-5	21.997	5,93	3,71
40	-5	19.665	6,49	3,03
50	-5	16.876	6,99	2,41
60	-5	13.545	7,43	1,82
70	-5	9.586	7,82	1,23

Tablo 1.Sabit buharlaştırma (evaporasyon) ve değişik yoğuşma (kondenzasyon) sıcaklıklarında kompresör tarafından çekilen güç, elde edilen soğutma kapasitesi ve etkenlik değerlerinin değişimi [2]

Grafik 1. Değişik Yoğuşma sıcaklıklarında Soğutma Kapasitesinin Değişimi [2]



Grafik 2. Değişik Yoğuşma sıcaklıklarında Kompresörün Çektiği Gücün Değişimi [2]



Örnek Karşılaştırma: 50 °C ve 35 °C yoğuşma sıcaklıkları için yıllık harcama Farkı (EURO/yıl)

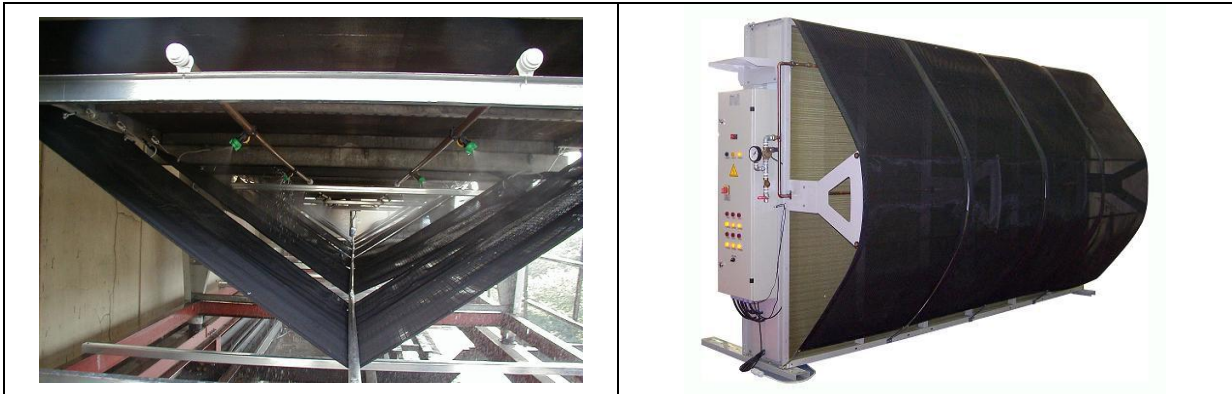
Seçilen Kondenser: A sınıfı kondenser – 160 Kw soğutma yükü için değerlendirilecek
Seçilen Kompresör: Yarı hermetik (BOCK HGX7/2110-4 S) Evaporasyon Sıcaklığı: 5 C

Kondenzasyon Sıcaklığı (C)	Soğutma Kapasitesi (W)	Kompresörün Çektiği Güç (kW)	COP ETKENLİK (C.O.P)	160 kwye karşılık çekilen Güç (kW)	Nominal Kondenzasyon(40 C) ile arasındaki Fark	Tüketim Bedeli (\$/kw)	Ünite Çalışma Süresi (saat/yıl)	Kompresör Yıllık Fark (\$/yıl)	Fan gücü farkı(\$/yıl)	Ünite Toplam fark(\$/yıl)	Ünite Toplam fark(EURO/yıl)	50 C -35 C kondenzasyon Farkı (EURO/yıl)
30	186.202	45,47	4,10	39,05	-13,47	\$0,13	6000	-\$10.232	-	-	-	13.504 €
35	173.053	49,00	3,53	45,27	-7,25	\$0,13	6000	-\$5.505	\$607,63	-\$4.897	-3.588,05 €	
40	159.904	52,52	3,04	52,52	-	-	-	-	-	-	-	
45	146.388	55,65	2,63	60,79	8,27	\$0,13	6000	\$6.280	-\$303,82	\$5.976	4.378,48 €	
50	132.872	58,78	2,26	70,74	18,22	\$0,13	6000	\$13.838	-\$303,82	\$13.534	9.915,61 €	

40 °C yoğuşma sıcaklığı temel nokta kabul edilirse, 50 °C ve 35 °C yoğuşma sıcaklıkları için karşılaştırmada yıllık harcama Farkı 13.500 EURO/yıl'dır.

Hava soğutmalı kondenserlerin enerji verimliliğini arttırmak için uygulanan sistemlerden bir tanesi ağ üzeri su spreyleme sistemidir. Ağ üzeri su spreyleme sistemi, hava soğutmalı kondenserin ön kısmına yerleştirilmiş geniş sık gözlü ağ yapılı malzemenin üzerine belirli mesafelerde bulunan nozullardan aralıklı olarak sistemin ihtiyacı kadar su spreyleme ve spreylenen suyun adyabatik olarak buharlaşması sonucu ısı değiştirgeci yüzeyine temas eden giriş havası sıcaklığının düşürülerek, soğutmada verimin artırılmasını sağlama mantığı ile çalışan sistemdir [3].

Su spreyleme, giriş havası akışında adyabatik soğutma etkisi meydana getirir. Belirlenmiş set değerlerinin aşılması ile kontrol sistemi ısı değiştirgecine giren hava sıcaklığını düşürmek için su spreyleme sistemini başlatır. Su spreyleme sisteminin çalışma süresi ve frekans ayarı, sistem performansının optimizasyonu ve su tüketiminin en aza indirilmesi amacı ile sürekli olarak kontrol cihazı tarafından sağlanır. Su, ısı değiştirgeci yüzeyine doğrudan püskürtülmediği, ağ yüzeyine püskürtüldüğü için lamellerin üzerinde kireç tabakası oluşmaz. Böylelikle ısı transfer verimliliğinin düşmesi engellenir. Bu sistemde su yumuşatma işlemine ayrıca gerek de kalmamaktadır.



Şekil 1.A, 1.B Dik ve Yatık Tip Ağ Üzeri Su Spreyleme Sistemli Hava Soğutmalı Kondenserler [3], [1]

2.2 Lamel Geometrisinin kapasiteye etkisi

Hava soğutmalı kondenserlerin tasarımında boru çapı ve borular arasındaki mesafeleri tanımlayan lamel geometrisi, kapasite ve basınç kayıpları üzerinde etkilidir. Lamel geometrisi, tasarım şartlarında

ihtiyaç duyulan soğutma kapasitesinin uygun basınç kayıpları dahilinde sağlanacağı şekilde üretici tarafından kendi standartları arasından seçilir.

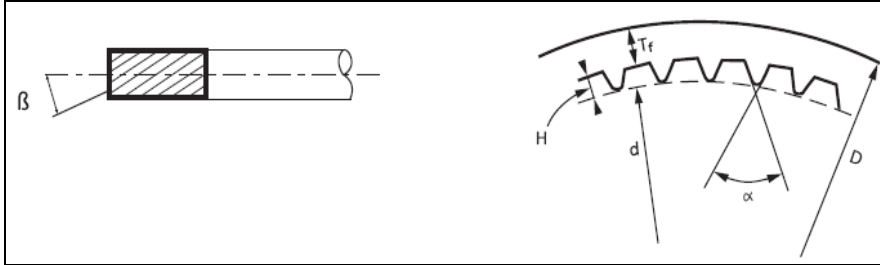
Yoğun borulu geometrilerin daha avantajlı kapasite/fiyat değeri verdikleri söylenebilir; fakat bu durumda basınç kayıpları da artacağı için optimizasyona gidilmesi gerekmektedir. Pratik olarak, aynı ısı transfer yüzeyine sahip fakat farklı lamel geometrisi kullanılmış Hava soğutmalı kondenserin, aynı şartlarda farklı soğutma kapasitesi ve farklı basınç kayıpları vereceğine dikkat edilmesi önemlidir.

2.3 Hava Hızının kapasiteye etkisi

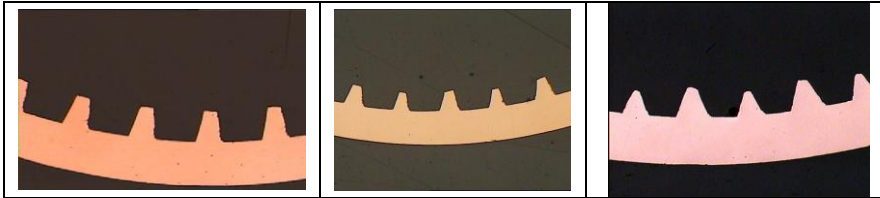
Hava hızı, hava tarafındaki kısmi ısı transfer katsayısını etkilediği için önemli bir kriterdir. Hava hızı arttıkça ısı transferi arttığı için daha küçük bir ısı değiştiricisi yeterli olacaktır; bununla birlikte hava tarafı basınç kaybının artması nedeniyle yüksek hızlarda fan performansı düşer. Bu nedenle hava hızının optimum değerlerde seçilmesi gereklidir. Hava soğutmalı kondenser tasarımında, standart ses seviyelerinde, tavsiye edilen hava hızı 3,0 – 4,0 m/s civarındadır. Daha düşük ses seviyesi arandığı ortamlarda hava hızının seviyesi de düşecektir. Belirtilen hız değerlerinin altında hava hızları ısı değiştirgecinin büyük seçilmesini gerektirir. Yüksek hava hızları ise daha güçlü ve pahalı fanlar gerektirir.

2.4 Yivli Boru kullanımının kapasiteye etkisi

Hava soğutmalı kondenserlerde kullanılan boruların iç yüzeyi tasarıma ve maliyet optimizasyonuna göre farklılık gösterebilmektedir. Düz-Yivsiz (smooth) borular ve yivli (grooved) borular kondenser bataryalarında kullanılabilir. Yivli boru ya da düz boru kullanımı için kullanılacak akışkan ve uygulama özellikleri irdelenmelidir. Şekil 2.'de Yivli boruların teknik özelliklerine konu olan ölçüler ve Şekil 3.'de farklı geometrik yapıya sahip yivli boruların kesit görünümleri verilmektedir.



Şekil 2. Yivli boruların teknik özelliklerine konu olan ölçüler [4]



Şekil 3. Farklı geometrik yapıya sahip yivli boruların kesit görünümleri [4]

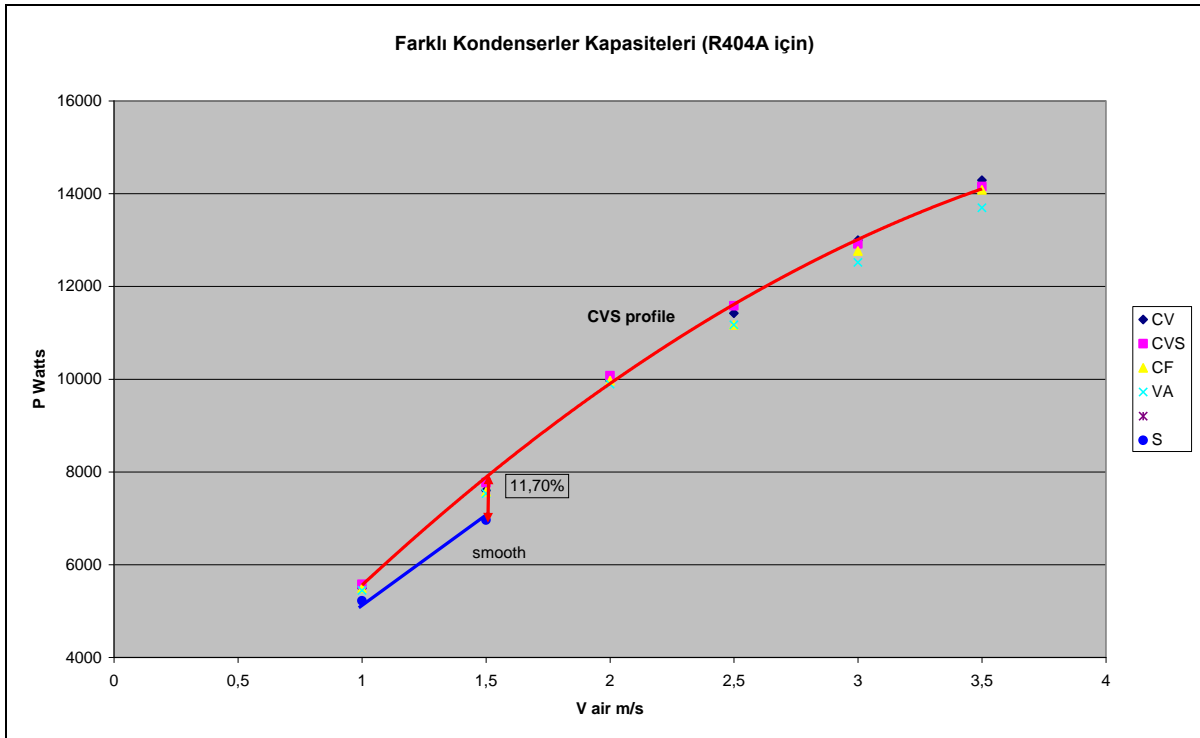
Bakır boru üreticisi uluslar arası bir firma tarafından, hava soğutmalı kondenserlerde yivli boru kullanımı ile kapasitenin batarya alın yüzeyi hava hızına bağlı değişimine yönelik deneysel bir çalışma yapılmıştır. Çalışmada beş farklı yiv geometrisine sahip prototip üniteler kullanılmıştır. Test edilen prototiplerin çalışma koşulları ve kullanılan akışkan aynı tutulmuştur.

Tablo 2. ve Grafik 3.'te yapılan testlerin verileri ve sonuç değerleri mevcuttur. 40°C kondenzasyon, 25 °C hava giriş sıcaklığı ve R404A gazı kullanımı şartlarında Düz-Yivsiz (smooth) borular ve yivli

(grooved) borular arasında yapılan karşılaştırmada, yivli (grooved) boru kullanımı ile %11,70 yüksek kapasite elde edildiği gözlemlenmiştir [4].

Test Koşulları	Test n°1	Test n°2	Test n°3	Test n°4	Test n°5	Test n°6	Test n°1	Test n°2	Test n°3
Akışkan	R404A						R22		
Kanat Tipi	Wavy	Wavy	Wavy	Wavy	Wavy	Wavy	Wavy	Wavy	Wavy
Test Koşulları ENV327									
Yoğuşma (Kondenzasyon) Sıcaklığı (°C)	40	40	40	40	40	40	37,4	37,4	37,4
Hava Giriş Sıcaklığı (°C)	25	25	25	25	25	25	26	26	26
dT	15	15	15	15	15	15	11,4	11,4	11,4
Aşırı Soğutma(K)	2	2	2	2	2	2	4	4	4
Hava Debisi (m ³ /h)	1069,2	1603,8	2138,4	2673	3207,6	4347	1440	1728	1958
Hava Hızı (m/s)	1	1,5	2	2,5	3	3,5	2,5	3	3,4
Kapasiteler-Test Sonuçları (Watt)									
CV Tip Yiv Geometrisi	5.492	7.600	9.967	11.422	12.998	14.288	4.563	4.802	4.950
CVS Tip Yiv Geometrisi	5.577	7.771	10.074	11.583	12.915	14.154	-	-	-
CF Tip Yiv Geometrisi	5.492	7.571	9.970	11.172	12.764	14.081	4.593	4.713	4.869
V veya VA Tip Yiv Geometrisi	-	7.531	9.894	11.172	12.518	13.696	-	-	-
Düz - Smooth Tip Yiv Geometrisi	5.219	6.960	-	-	-	-	3.644	3.886	4.089

Tablo 2. R404A ve R22 gazı için test edilen farklı yiv geometrili prototiplerin test sonuçları [4]



Grafik 3. R404A gazı için yapılan deneylerin sonuçları –Grafik halinde gösterim [4]

2.5 Fan seçiminin kapasiteye ve Ses seviyesine etkisi & Kontrol Seçenekleri

Soğutma grupları yerleşim merkezlerinin içerisindeki süper marketlerde, soğuk depolarda, klimalarda, proses soğutma sistemlerinde vs. kullanıldığı için grupların çalışması esnasında fazla gürültülü olmaması önemli bir kriterdir. Kondenser fanları ve kompresörler soğutma gruplarında ses kaynağı olan iki birleşendir. Temel olarak fan motorundan ve fan kanatlarının yapısından kaynaklanan ses seviyesi, üretici verileri değerlendirilerek belirlenir ve uygun sınırlar arasında kalıp kalmadığı kontrol edilir. Gerekirse motor devri düşürülerek ses seviyesi azaltılabilir; bu durumda gerekli soğutma kapasitesinin sağlanması için ısı değiştiricisinin ısı transfer yüzeyi artırılmalıdır.

Kondenser seçiminde dikkat edilmesi gereken bir nokta da, tasarımın ortam sıcaklığının yüksek olduğu zamanlarda ihtiyaç duyulan soğutma kapasitesini sağlayacak şekilde yapılması gerekliliğidir. Hava sıcaklık değerlerinin düşük olduğu zamanlarda istenen kapasitenin elde edilmesi için fanların hepsinin tam devirde çalışması gereksiz ve masraflı olur. Kondenser basıncı - sıcaklığı üzerinden kontrol edilen sistemlerde, fanların düşük devirle çalıştırılması veya devreden çıkarılması ile sistem için uygun debide hava tedariki sağlanır.

2.5.1 Çift Devirli Fanlar

Değişken debide hava sağlanması için en pratik yol, çift devirli fan kullanımudur. En yüksek çalışma devrinin 3 / 4 'ü gibi bir ikinci hızda da çalışabilen bu fanlar sayesinde, hava giriş sıcaklığının tasarım sıcaklığının çok altına düştüğü zamanlarda önemli oranda enerji tasarrufu sağlanabilmektedir.

Örneğin, 4 fanlı bir kondenser, ortam sıcaklığı 33 °C'tan 20 °C'a düştüğünde fan devri düşürülerek çalıştırılabilir. Bu durumda fan başına 0,75 kW az güç harcanır ki bu da % 40'a yakın tasarruf demektir. Bu örnek 4 fan içindir; çoğu tesiste çok daha fazla fanlı sistemler kullanılmaktadır.

Örnekte kullanılan 800 mm çaplı fanın her iki devirde harcadığı güç ve daha düşük devirlerde kullanılacak diğer bir fana ait veriler aşağıdadır [5].

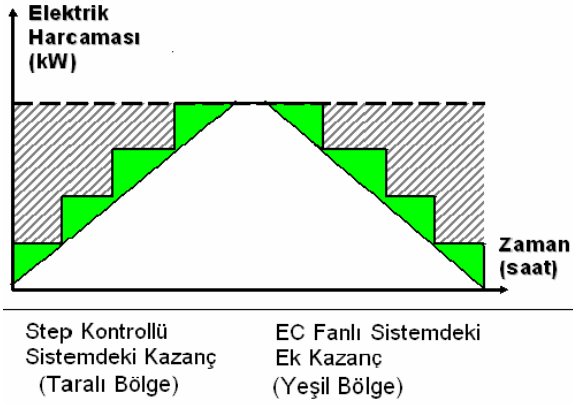
880 d/d	2,00 kW
660 d/d	1,25 kW
440 d/d	0,37 kW
330 d/d	0,20 kW

2.5.2 Frekans invertörleri ve Step Kontrol Üniteleri kullanımı

Tek devirli fanlarda da, çift devirli fanlarda da kullanılabilen kontrol üniteleri ile de hava debileri ihtiyaca göre değiştirilebilir.

Fan devirleri üzerinde hassas kontrol gerekmeyen yerlerde, fanların sırayla devreye girdiği ve devreden çıktığı step kontrol sistemleri uygulanır. Fanların hangi sırayla çalışacakları kullanıcı tarafından tariflenebilmektedir; fan çalışma sürelerinin dengeli dağıtıldığı alternatifler de vardır. Step kontrol üniteleri fanın sadece açık ya da kapalı olması esasına göre çalıştığı için, fan devrinin kontrol edildiği sistemlerden daha ucuza mal edilebilmektedir. Bu nedenle, çok sayıda fanın bulunduğu ve hassas kontrol gerektirmeyen sistemlerde genellikle bu yöntem tercih edilir.

Aşağıdaki grafikte, 4 fanlı bir kuru soğutucunun step kontrollü çalışmada elektrik harcamasındaki tasarruf görülmektedir. Günün sıcak saatlerinde 4 fanın da çalıştığı, en serin saatlerde ise tek fanın yeterli olduğu kabul edilmiştir.



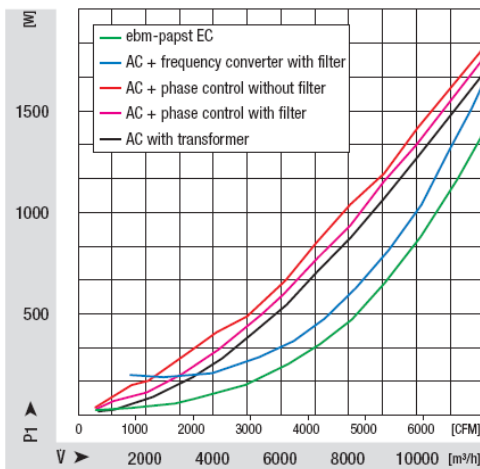
Grafik 4. Fanların step kontrol uygulanarak ihtiyaca göre devreye alındığı bir kondenserde bir günlük periyotta fanların elektrik harcaması. (Taralı alan, tüm fanların sürekli kullanılmaması sayesinde tasarruf edilen elektrik miktarını kWh olarak göstermektedir.)

Kullanılan fan adedinin az olduğu ve sıcaklık-basınç farklarının hassas olduğu durumlarda step kontrol ile yeterli sonuç alınmaz. Böyle yerlerde fan devirlerinin kontrol edildiği ve dolayısıyla hava debisi üzerinde çok daha hassas kontrol sağlayan sistemler (frekans invertörleri/konvertörleri) kullanılır. Frekans invertörleri/konvertörleri ilk yatırım maliyeti açısından step kontrol ünitelerinden daha pahalıdır; bu nedenle genellikle tüm fanların ayrı frekans invertörleri/konvertörleri ile kontrol edildiği sistemler yerine, fanların gruplar halinde kontrol edildiği ve step kontrol üniteleri ile frekans invertörleri/konvertörlerinin birlikte kullanıldığı sistemler tercih edilmektedir.

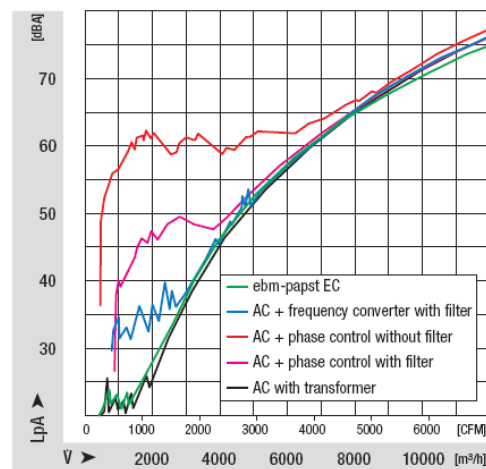
2.5.3 EC Fanlar

Farklı devir aralıklarındaki motor seçeneklerinin yanı sıra son yıllarda kullanım alanları hızla artan EC Motor teknolojisi kondenser uygulamalarında da kullanılmaktadır. EC fanlar kutup sayılarından bağımsız olarak fan motorunun tüm hızlarda kontrol edilebilmesini sağlamaktadır. Grafik 5.A' da verildiği üzere EC Motor sistemleri, frekans invertörü-step kontrol-trafo, vb. konvansiyonel hız kontrol sistemleri ile karşılaştırıldığında nominal hızlarda ortalama % 10 enerji tasarrufu sağlamaktadır.

EC Motorların akustik avantajlı tasarımı sayesinde ne frekans konvertörlü sistemlerin istenmeyen rezonansları ne de faz kontrollü sistemlerin uğultuları, EC Motorlarda gözükmez. Bu sayede EC motor sistemlerinde daha düşük ses seviyeleri sağlanır. Grafik 5.B'den görüldüğü üzere EC motor sistemleri faz kontrollü ve frekans konvertörlü sistemlere nazaran asgari 4 dBA avantaj sağlamakla birlikte özellikle düşük fan hızları ve hava debilerine inildiğinde bu fark 15~30dBA civarına çıkmaktadır.



Grafik 5.A EC-Motor Güç Tüketimi [6]



Grafik 5.B EC Motor Ses Seviyesi [6]

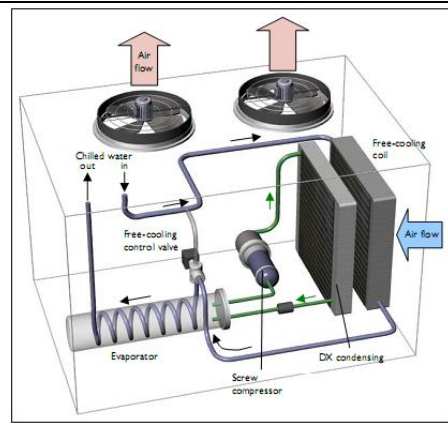
3. HAVA SOĞUTMALI KONDENSERLİ SOĞUTMA GRUPLARINDA DOĞAL SOĞUTMA BATARYASI KULLANIMI

Geleneksel hava soğutmalı kondenserli soğutma gruplarından farklı olarak entegre doğal soğutma bataryalı grupların kullanımı son yıllarda yaygınlaşmaya başlamıştır. Doğal soğutma ortamın düşük hava sıcaklığından faydalanarak soğuk su üretici grubun (chiller) kompresörünün çalışması olmaksızın yada kısmen çalıştırılarak soğutma suyu elde edilmesidir [7], [8]. Örneğin İngiltere’de yıllık soğutma ihtiyacının %62’sinin doğal soğutma ile sağlanmasında entegre doğal soğutma bataryalı su soğutma gruplarının etkisi vardır. Bu ülkede yıllık soğutma ihtiyacının yalnızca %38’i mekanik soğutma ile sağlanmaktadır [7], [9].

Entegre doğal soğutma bataryalı gruplar yirmi dört saat soğutma ihtiyacı olan büyük bilgisayar ve server odaları, İnternet ve telekomünikasyon veri merkezleri soğutma uygulamaları için alternatif sistemlerdir. Hem mekanik soğutma hem de doğal soğutma (kısmi ve tam) yapabilme kabiliyetine sahiptirler [7]. Şekil 4.A’da entegre doğal soğutma bataryalı su soğutma grubunun kasetlenmiş ünite halinde resmi, Şekil 4.B’de ise bu tip grupların yapısı basitleştirilmiş olarak gösterilmektedir. Doğal soğutma bataryası hava soğutmalı kondenser bataryasının –ünitenin hava giriş yönüne göre- ön kısmına yerleştirilir. Ortam sıcaklığının dönüş suyu sıcaklığının altına düşmesi ile birlikte kontrol vanası dönüş suyunu doğal soğutma bataryasına ön soğutma yada tam doğal soğutma amaçlı olarak gönderir [7].

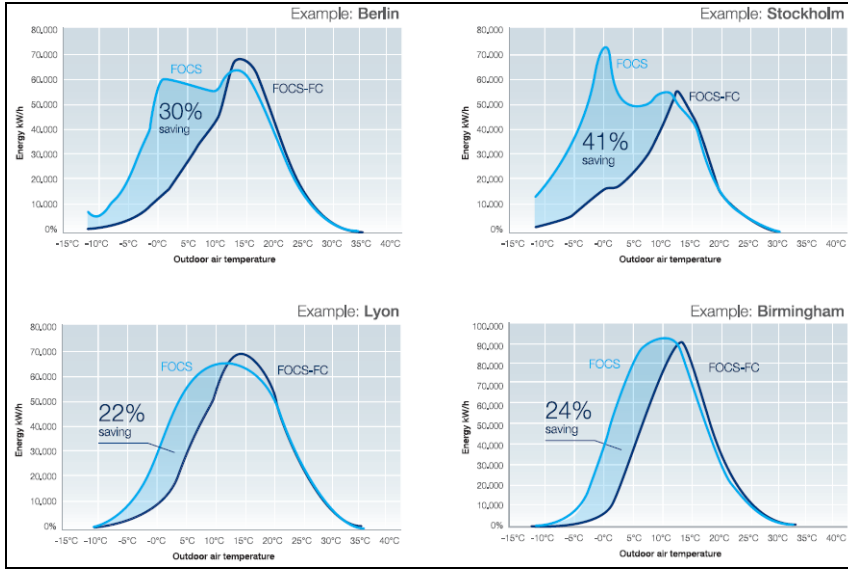


Şekil 4.A Entegre Doğal Soğutma bataryalı hava soğutmalı su soğutma grubu [10]



Şekil 4.B Entegre Doğal Soğutma bataryalı hava soğutmalı su soğutma grubu şematik [7]

Doğal soğutmanın soğutma sistemlerinde kullanılması esnasında oluşan kazancı göstermek amaçlı olarak chiller üreticisi bir firmanın entegre doğal soğutma bataryalı soğutma gruplarına yönelik olarak Avrupa’nın dört farklı şehrinde yaptığı ölçümlere bağlı sonuçlar Grafik 6.’de verilmiştir.



Grafik 6. Avrupa'daki dört farklı şehirde çalışan klima sistemine uygulanan doğal soğutma bataryalı gruba ait dış sıcaklık verilerine bağlı enerji kazanç değerleri [11]

4. HAVA SOĞUTMALI KONDENSERLERDE STANDARTLAR VE ENERJİ SINIFLANDIRMASI

Hava Soğutmalı Kondenserlerde standart kapasiteler TS EN 327 (Isı Eşanjörleri-Hava Soğutmalı Zorlanmış Konveksiyonlu Soğutucu Akışkanlı Kondenserlerin Performansının Tayini İçin Deney Metotları) standardında belirlenen şartlarda tanımlanmaktadır [12].

Kondenser bataryaları, 97/23/EC PED (Basıncılı Ekipmanlar Direktifi) altında tanımlanan SEP (Sound Engineering Practice) kapsamına uygun üretilmeli, ünitenin tümü CE şartlarını karşılamalıdır [13].

Ürünlerde enerji verimliliği EUROVENT Rating Standard (for Forced Convection Air Cooled Condensers For Refrigeration "Air Cooled Condensers") 7/C/002 – 2007 standardına göre Tablo 3.'te verilen değer aralıkları için hesaplanabilir [14].

Sınıf	Enerji Sarfiyatı	Enerji Oranı (R)*
A	En Düşük (Extremely low)	$R \geq 110$
B	Çok Düşük (Very low)	$70 \leq R < 110$
C	Düşük (Low)	$45 \leq R < 70$
D	Orta (Medium)	$30 \leq R < 45$
E	Yüksek (High)	$R < 30$

* Enerji oranı "R", ürün standart kapasitesinin fan motorlarının toplam enerji tüketimine bölünmesi ile elde edilir.

Enerji verimliliğinin artırılması ile ilk yatırım masrafları arasında ciddi bir ilişki söz konusudur. Enerji verimliliği yüksek ürünlerin ilk yatırım maliyetleri göreceli olarak yüksek olsa da aradaki maliyet farkını kısa zamanda geri kazandırdıklarını ifade etmek mümkündür.

Tablo 4.'te aynı şartlarda çalıştıkları, aynı cins soğutucu akışkan kullandıkları ve eşit kapasiteye sahip oldukları varsayılan dört farklı hava soğutmalı kondenser üzerinde yapılan örnek karşılaştırma

görülmektedir. Karşılaştırmada sistemdeki kondenser kapasitesi ihtiyacının 160 kw olduğu varsayılmış ve alternatif kondenser dizaynları bu kapasiteye göre yapılmıştır. Örnek üniteler arasındaki temel farklar:

- Isı transfer yüzeyleri,
- Ünite boyutları,
- Batarya alın hava hızları,
- Elektrik güçleri,
- Enerji verimliliği sınıfları,
- Ses seviyeleri ve
- Maliyetlerdir.

İlk yatırım maliyeti fazla olan ünitenin boyutları ve ısı transfer alanı daha fazladır. Bu kısım maliyete doğrudan etki etmektedir. Ancak hava hızı, dolayısıyla hava tarafı basınç kaybının düşüklüğü fanların elektrik tüketim değerine etkimekte ve tüketim değerleri düşmektedir. Bu durum ünitenin enerji verimliliğini artırmakta, buradaki örnekte olduğu gibi üniteleri A, B, C, D enerji sınıflandırmalarında ifade ettirmektedir.

ÖZELLİKLER	KONDENSER 1		KONDENSER 2		KONDENSER 3		KONDENSER 4	
MODEL	FUH YK 80 23 C1 2,1 E		FUH YK 63 24 C1 2,1 Q		FUH YK 50 24 C3 2,1 L		FUH YK 63 23 A1 2,5 S	
Enerji Verimliliği Sınıfı	A Sınıfı		B Sınıfı		C Sınıfı		D Sınıfı	
Q (Kondenser Kapasitesi)	161.396	KW	163.430	KW	162.250	KW	160.170	KW
Isı Transfer Yüzeyi	543,3	m ²	522,6	m ²	461,3	m ²	272,1	m ²
Batarya Uzunluğu	3600	Mm	4000	mm	3200	mm	3000	mm
Batarya genişliği	2150	Mm	1800	mm	1500	mm	1800	mm
Hava Debisi	39.150	m ³ /h	40.730	m ³ /h	39.530	m ³ /h	57.640	m ³ /h
Hava Hızı	1,4	m/s	1,6	m/s	2,3	m/s	3,0	m/s
Fan Çapı	800	Mm	630	mm	500	mm	630	mm
Fan Devri	330	d/d	480	d/d	900	d/d	900	d/d
Fan Adedi	6	Adet	8	adet	8	adet	6	adet
Toplam Fan gücü	1,2	kw/h	1,52	kw/h	2,56	kw/h	4,68	kw/h
Ses Gücü Seviyesi (LwA)	68	dBA	72	dBA	78	dBA	84	dBA
Ses Basınç Seviyesi (LpA)	36	dBA	40	dBA	46	dBA	52	dBA
Enerji oranı (R)	134,5	-	107,5	-	63,4	-	34,2	-
Ünite Fiyatı	8.525 €	Euro	6.676 €	Euro	5.396 €	Euro	4.515 €	Euro

Tablo 4. Varsayılan dört kondenser üzerinde yapılan örnek karşılaştırma [1]

Tablo 5.'te ise A sınıfı ürün ile D sınıfı ürün arasındaki fark gösterilmiştir. İlk yatırım masrafı yüksek olan A sınıfı ürünün, D sınıfı ürün kullanımına göre kendisini 2,9 yıl içerisinde geri kazandırdığı görülmektedir.

HESAPLAMALAR	A sınıfı ve D sınıfı ürün arası fark
Ünitelerin fan motorlarının elektriksel tüketimleri arasındaki fark	3,48 kw/h
Yıllık olarak fan motorlarının elektriksel tüketimleri arasındaki fark (20 saat/gün)	25.404 kw
Birim elektrik harcaması maliyeti	0,13 \$/kW
Yıllık Toplam elektrik harcaması farkı (USD)	0,09 \$
Yıllık Toplam elektrik harcaması farkı (EURO)	2.364,1 €
Üniteler arası maliyet farkı	4.010,0 €
Ünite Maliyet Farkının geri kazanım süresi	1,7 Yıl

Tablo 5. Varsayılan kondenserlerin karşılaştırması ve İlk yatırım maliyeti geri ödeme süresi hesabı

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Enerji verimliliğinin iklimlendirme, endüstriyel soğutma, süper market, ticari soğutma, şoklama, proses soğutma vb. tesisatlarda giderek ön plana çıkması tesislerde enerji tüketiminin önemli bir bölümünü yaratan geleneksel soğutma gruplarının sistem elemanlarının dizaynlarını da etkilemektedir. Küresel ısınma potansiyeli yüksek ve ozon tabakasına negatif etkisi olan akışkanların soğutma sistemlerinde kullanımını kısa vadede kısıtlayan, uzun vadede yasaklayan yasal düzenlemeler de tasarımlar üzerinde etkilidir. Hava soğutmalı kondenseler soğutma gruplarının temel bileşenlerinden olmaları nedeni ile enerji verimliliklerini arttırmaya yönelik geliştirme faaliyetleri sürekli olarak devam etmekte, ilgili ulusal ve uluslararası standartlar yükseltilmekte ve enerji tüketimlerine yönelik kısıtlamalar artmaktadır.

Soğutma sektörü içerisinde yer alan yatırımcıların, proje ve uygulama mühendislerinin yukarıda tanımlanan konular hakkında bilgi sahibi olmaları gerekmektedir. Enerji verimliliği yüksek ürünlerin kullanımının yaygınlaştırılması ile birlikte sistemlerimizde verimlilik artacaktır. Bu sistemlerin aynı zamanda çevreci sistemler olduğu da akıldan çıkartılmamalıdır.

6. KAYNAKLAR

- [1] Friterm A.Ş Teknik Dokümanları ve Uygulamaları (<http://www.friterm.com>)
- [2] BOCK Firması Teknik Kataloğu (Seçilen model HGX4/555-4 R134A) (<http://www.bock.de>)
- [3] EPS (Environmental Process Systems Ltd) Firması Ecomesh Teknik Kataloğu (www.epsLtd.co.uk)
- [4] KME Firması Teknik ve Test Dokümanları (<http://www.kme.com>)
- [5] Ziehl Abegg Firması Teknik Kataloğu (www.ziehl-abegg.com)
- [6] EBM-PAPST GmbH Firması "EC Fans" Teknik Broşürü (<http://www.ebmpapst.com>)
- [7] De Saulles, T., "BSRIA Guide: Free Cooling Systems", BSRIA, 2004
- [8] ASHRAE Handbook 2000 Systems And Equipment, Chapter 36, Chapter 38, ASHRAE, 2000
- [9] Oliver P., "Making use of free cooling", Building Service Journal, November 2001
- [10] Airedale Firması Teknik Kataloğu (<http://www.airedale.com>)
- [11] Climaveneta Firması FOCS-FC/NG Teknik Kataloğu (<http://www.climaveneta.it>)
- [12] TS EN 327 (Isı Eşanjörleri-Hava Soğutmalı Zorlanmış Konveksiyonlu Soğutucu Akışkanlı Kondenselerin Performansının Tayini İçin Deney Metotları)
- [13] 97/23/EC The Pressure Equipment Directive
- [14] EUROVENT Rating Standard (for Forced Convection Air Cooled Condensers For Refrigeration "Air Cooled Condensers") 7/C/002 – 2007

YAZAR ÖZGEÇMİŞ:

Hasan ACÜL 1976 yılı Ayvalık doğumludur. 1999 yılında Yıldız Teknik Üniversitesi Makine Mühendisliği bölümünden mezun olmuştur. Üniversite mezuniyeti öncesi ve sonrasında Isıtma, Soğutma, Klima sektöründe faaliyet gösteren çeşitli firmalarda satış, şantiye, üretim, ve ar-ge bölümleri olmak üzere farklı departmanlarda mühendislik görevi yürütmüştür. Halen FRİTERM A.Ş firmasında Araştırma ve Geliştirme Bölüm Şefi olarak çalışmakta; Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü'nde Bilim ve Teknoloji Stratejileri alanında yüksek lisans düzeyinde öğrenimine devam etmekte; Makine Mühendisleri Odası Kartal İlçesi temsilciliği yürütme kurulu üyeliği yapmaktadır. Hasan Acül evli ve bir kız çocuk babasıdır.

Bu makale Makina Mühendisi Hasan ACÜL tarafından 6-8 Kasım 2008 tarihlerinde Ege Soğutma Sanayicileri ve İş Adamları Derneği ile Ege Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümü'nün işbirliğiyle İzmir'de düzenlenen I. Soğutma Teknolojileri Kongresi'nde yayınlanmıştır.