

KAPASİTÖRÜN BUZDOLABI PERFORMANS PARAMETRELERİNE ETKİSİNİN İNCELENMESİ

Volkan ASLAN
Ayşe Bilgen EKİN
Yunus ÇERÇİ

ÖZET

Bu çalışmada, buzdolabı elektrik devresine bir anahtarla bağlanan kondansatörün, soğutma sistemi performans parametreleri üzerine olan etkileri incelenmiş ve kondansatörsüz duruma karşılaştırılmıştır. İnceleme soğutma sistemi kararlı duruma eriştiğinde yapılmıştır. Isıl yük olarak farklı güçlerde ve sayıda evaporatöre yerleştirilen flamanlı ampuller kullanılmıştır, böylece yük değerinin sabit kalması sağlanmıştır. Ayrıca önemli noktalara sıcaklık ve basıncı ölçmek için algılayıcılar sabitlenmiştir.

Sistemdeki sıcaklık ve basınç ölçümü öncelikle kondansatör devreye alınmadan yapılmış ve ölçülen sonuçlar kaydedilmiştir. 'Engineering Equation Solver' (EES) programı kullanılarak kompresör giriş ve çıkışında, yoğunlaştırıcı çıkışında ve evaporatör girişindeki entalpi değerleri bulunmuştur. Bulunan entalpiler daha sonra sistemde soğutulan ortamdaki çekilen ısıyı, çevreye atılan ısıyı, kompresör gücünü ve özellikle soğutma sisteminin etkinlik katsayısını bulmak için kullanılmıştır. Daha sonra sistemde kondansatör devreye sokularak kondansatörsüz durumda yapılan işlemlerin aynı yapılmıştır ve her iki durum karşılaştırılmıştır. Önemli performans parametrelerinden kompresör gücü, soğutulan ortamdaki çekilen ısı, çevreye atılan ısı ve özellikle etkinlik katsayısı karşılaştırılmıştır.

Soğutulan ortamdaki çekilen ısılar karşılaştırıldığında kondansatör devreye alındığında evaporatörden çekilen ısı miktarında %0,4 artış olmuştur.

Sistemin önemli bir parametresi olan ortalama kompresör güçlerinin karşılaştırılması sonucunda kondansatör devredeyken kompresör işinin yaklaşık %15 artışı belirlenmiştir.

Sistemin en önemli performans parametresi olan etkinlik katsayısı ise kondansatörlü durumda ortalama kondansatörsüz duruma göre %12 düşmüştür, bu nedenle buzdolabının aktif güç tüketimi artmıştır.

1. GİRİŞ

Sosyal hayatın gelişmesi ile başlayan refah; buzdolabı, çamaşır makinası, klima vs. gibi ısıtma, havalandırma ve soğutma cihazlarının kullanımını arttırmış ve bu durum günümüzde reaktif enerji tüketimini arttırmıştır.

Dünyamızın son yıllarda karşı karşıya kaldığı enerji krizi, araştırmacıları bir yandan yeni enerji kaynaklarına yöneltirken diğer yandan daha verimli sistemlerin tasarlanması ve kurulmuş olan enerji kaynaklarının en verimli şekilde kullanılması yönünde çalışmaların yoğunlaşmasına neden olmuştur. Elektrik enerjisinin kullanıma; kaliteli, sürekli, yeterli, ucuz olarak sunulması esastır. Oysa ülkemizde 1973 yılında baş gösteren petrol krizi nedeniyle bu 4 özelliğin sağlanmasında güçlüklerle karşılaşmıştır. Petrol krizi yanında ülkemize has bazı hususlarda eklenince önce enerji yetmezliği bununla beraberde güç yetmezliği baş göstermiştir.

Bu yetmezliklerin olumsuz etkilerini gidermek üzere; ileri saat uygulaması (halen sürmektedir), frekans ve gerilim düşürülmesi (1974'ten sonra uygulanmamıştır), kesinti ve kısıntı (halen sürmektedir.) yöntemlerine başvurulmuştur. 1999 verilerine göre, ülkemizde elektriğin % 47 gibi önemli oranı bina ve hizmetler sektöründe tüketilmiştir. Enerji türleri içerisinde elektrik enerjisinin maliyeti oldukça yüksektir. Enerji maliyetlerinin ve enerjiye olan talebin artması, enerji tasarrufunu zorunlu hale getirmiştir.

Trafo merkezlerinde, hatlarda ve jeneratörlerde güçlerin artması; aktif güç kadar ve belki de daha önemli miktarda reaktif güçlerinde artmasına sebep olmuştur. Şehir şebekelerindeki örnekler göstermiştir ki çıkış dağıtım fiderlerinde genelde ortalama $\cos\phi$ 0.80'den küçüktür. Bazı hallerde 0.70'in altına düştüğü görülmektedir. Sanayi aboneleri bulunmayan beldelerde reaktif tüketimin artmasına sebep; özellikle ticari ve sosyal bölgeleri besleyen dağıtım hatları ve trafo merkezleri üzerindeki irili – ufaklı motor ve floresan ışıklarının artmasıdır[6,7].

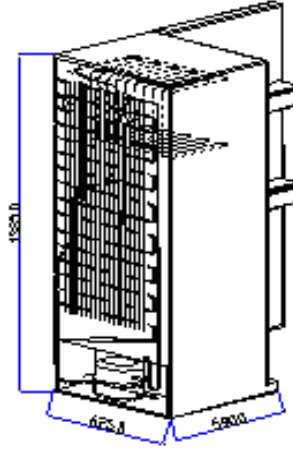
Ulusal ve uluslararası literatürde buzdolabı soğutma sisteminde kullanılan kapasitörlerle ilgili herhangi bir çalışmaya rastlanmamıştır. Yapılan çalışmaların genel kapsamı, sistem üzerindeki enerji ve ısı kayıplarını mümkün olduğunca azaltarak sistem performansını artırmaktır.[1,5] Basit bir soğutma çevrimi, evaporatör, kompresör, kondenser, genleşme vanası, aksesuarlar ile emme, basma ve sıvı hatları olarak adlandırılan bağlantı borularından oluşur.

Evaporatör yüzeyi üzerinde kar ve buz oluşumu, buzdolabı ve dondurucuların termodinamik performansı üzerinde olumsuz bir etki oluşturur. Evaporatör yüzeyi üzerlerinde oluşan ilk kar tanecikleri kanat gibi etki yaptığından hava tarafı toplam ısı transfer katsayısını olumlu yönde etkilemektedir. Ancak kar tabakasının artması soğuk iç ortam ile evaporatör yüzeyi arasındaki ısı direncin artmasına neden olur. Biriken karın eritilmesi (defrost) işlemini yeterli bir şekilde ve belirli aralıklarla yapmak üzere (a) el kontrollü, (b) yarı otomatik kontrollü, (c) tam otomatik kontrollü kumanda şekillerinden birisi uygulanır Yapılan bu çalışmanın sonucunda defrost olayının önemine değinilmiş ve sorunları belirtilmiştir. Bunun ardından buzdolabı için bir model kurulmuş ve basit termodinamik analizlerle optimal defrost sürelerini veren sonuçlara ulaşmanın mümkün olduğu gösterilmiştir [1].

İleri ve Kesim [2] tarafından yapılan çalışmada soğutma sistemlerindeki bağlantı borularının optimum çaplarını veren ilişkiler elde edilmiştir. Bu termoeconomik optimizasyon, boru ilk yatırım maliyeti ile soğutma sisteminin çalışma ömrü boyunca borulardaki basınç kayıplarını karşılamak için harcanacak enerji maliyetinin toplamını minimize etmektedir. Optimize edilmiş çap değerlerine termodinamik ve ekonomik parametrelerin (soğutkan, yük, yoğuşma ve buharlaşma sıcaklıkları, boru ve elektrik fiyatları, faiz oranları, vb.) etkileri ortaya konmuştur.

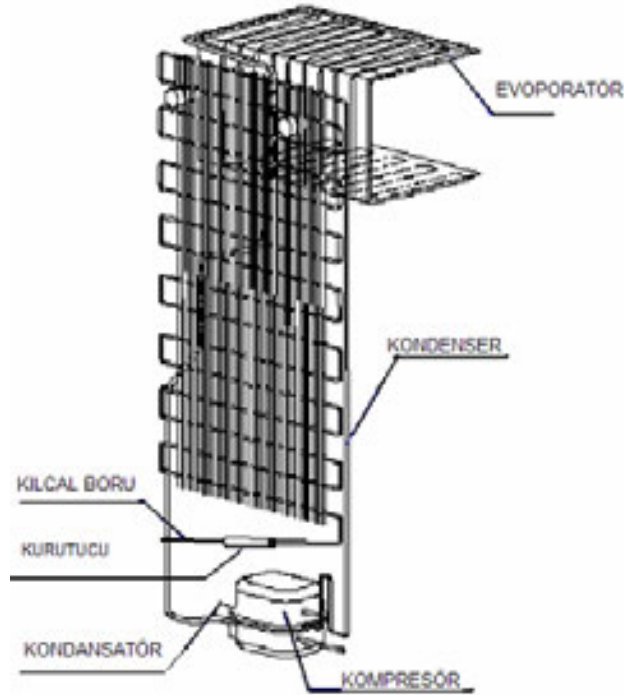
2. SOĞUTMA ÇEVİRİM ELEMANLARI

Sistemde kullanılan buzdolabı 625mm boy 590mm en 1385mm yüksekliğe sahip olup, 1, 5mm kalınlıktaki çelik sacdan yapılmıştır ve tek kapılıdır (Şekil 2.1).



Şekil 2.1 Deneyde Kullanılan Buzdolabı.

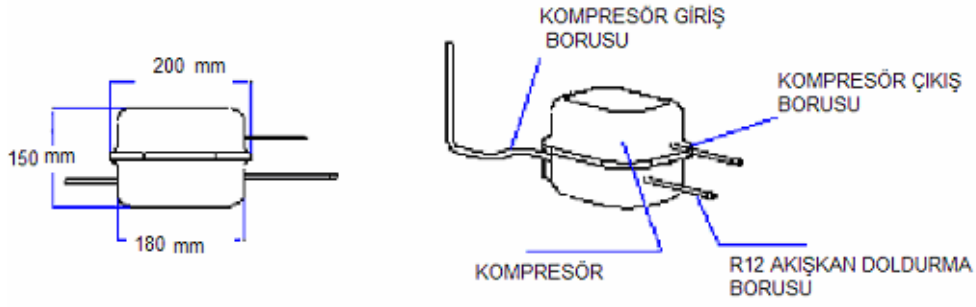
Buzdolabının soğutma sistemi Şekil 2.2’ de gösterilmiştir. Şekilde görüldüğü gibi soğutma sistemi; kompresör kondenser, kurutucu, kılcal boru ve evapotör olmak üzere toplam 5 tane temel elemandan oluşmaktadır. Ayrıca kompresör elektrik devresine bağlı bir kondansatör bulunmaktadır. Bu elemanların özellikleri aşağıda verilmiştir.



Şekil 2.2 Deneyde kullanılan buzdolabının soğutma sistemi.

2.1 Kompresör

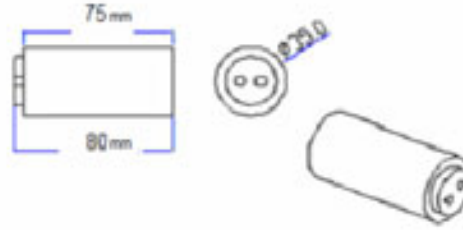
Sistemde kullanılan kompresör TEE (Türk Elektrik Endüstrisi A. Ş) marka ‘AE 95 A’ tipindedir ve 120W gücündedir. R12 soğutucu akışkanı sirküle etmektedir. Şekil 2.3’te sistemde kullanılan kompresörün ölçülü resmi bulunmaktadır.



Şekil 2.3 120W gücünde R12 soğutucu akışkanı sirküle eden kompresör ve ölçüler.

2.2 Kondansatör (Kapasitör)

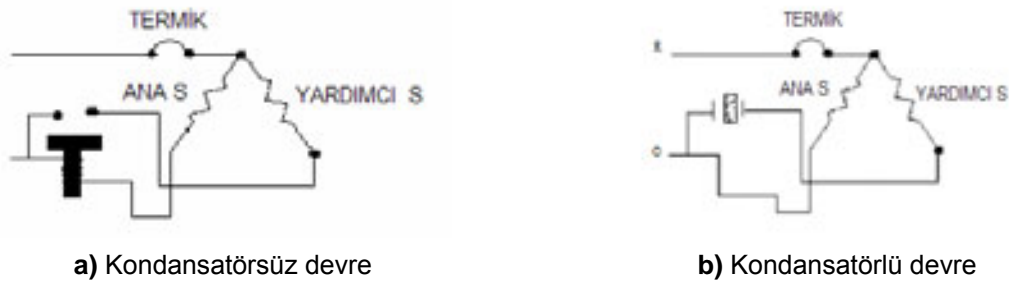
Aşağıdaki Şekil. 2.4’de sistemde kullanılan 6µF kapasitesindeki kondansatör görülmektedir.



Şekil 2.4 Kondansatör.

2.3 Kompresör Elektrik Devresi

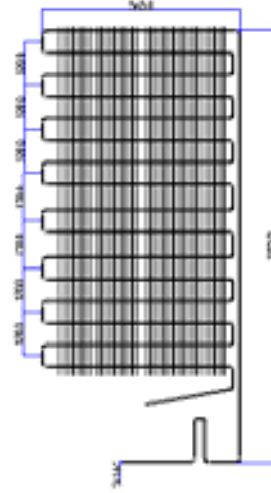
Kompresörün elektrik devresi Şekil 2.5’ de şematik olarak gösterilmiştir. Şekil 2.5a kondansatörsüz devreyi, Şekil 2.5b ise kondansatörlü devreyi göstermektedir.



Şekil 2.5 Kompresör Elektrik Devresi.

2.4 Kondenser

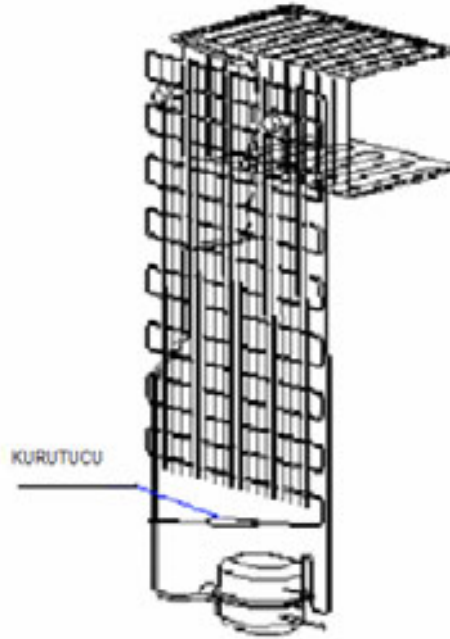
Kondenser, 1185 mm x 565 mm boyutlarında serpantin şeklinde kıvrılmış boruların üzerine kaynaklanmış çok sayıda telden oluşan ve “ boru üstünde tel ” tipi olarak adlandırılan bir ısı değiştiricisidir.Şekil 2.6’da kondenser görülmektedir.Kondenser borusunun çapı yaklaşık 4,5 mm civarındadır.



Şekil 2.6 Sistemde kullanılan kondenser.

2.5 Kurutucu ve Süzgeç (Kurutucu ve Süzgeç)

Kondenser çıkışına konulan kurutucu ve süzgecin görevi su ve asitleri emerek tutmak küçük katı maddeleri de (toz vs.) süzmektir.



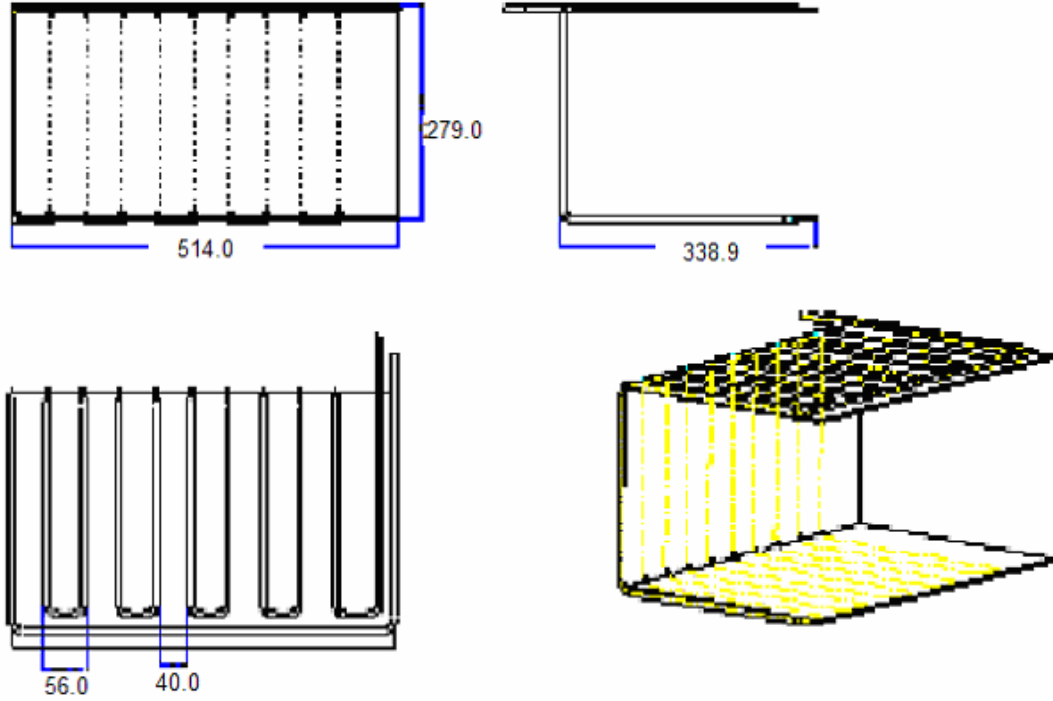
Şekil 2.7 Kurutucu ve süzgeç.

2.6 Kılcal Boru

Kondenser ile evaporatör arasına yerleştirilmiş iç çapı ve uzunluğu soğutma sisteminin kapasitesine göre seçilmiş olup, sistemdeki kılcal borunun çapı yaklaşık olarak 2 mm'dir.

2.7 Evaporatör (Buharlaştırıcı)

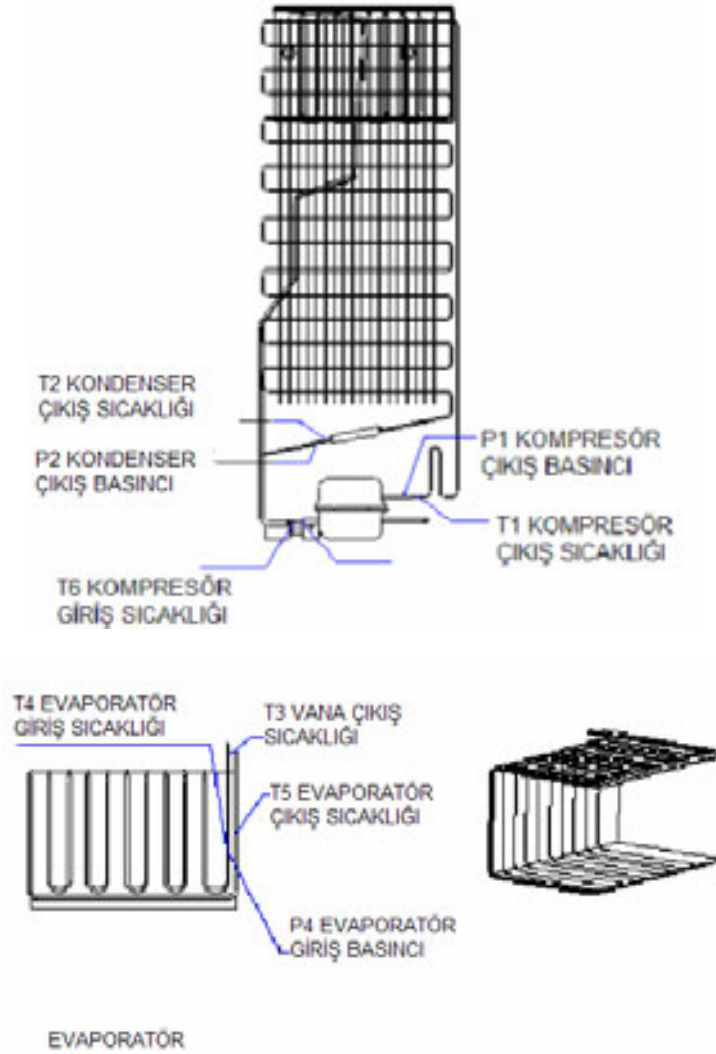
Evaporatöre sıvı-buhar karışımı şeklinde giren soğutucu akışkanın büyük bir kısmı sıvı haldedir [6]. Şekil 2.8’de sistemde kullanılan evaporatör görülmektedir.



Şekil 2.8 Sistemde kullanılan evaporatör (soğutucu).

3. DENEY DÜZENEGİ

Performans belirlemek amacıyla sistemin çeşitli önemli noktalarında sıcaklık ve basınç ölçümleri yapılmıştır. Sıcaklıklar bir masaüstü bilgi yükleyiciye K-tipi termoelemanlarla, basınçlar ise monometreler ile ölçülmüştür. Termoelemanlar boru yüzeyine lehimlenerek tutturulmuştur. Monometreler ise ince borularla basıncın ölçüleceği noktalara bağlanmıştır. Sıcaklar, kompresör çıkışı (T_1), yoğuşturucu çıkışı (T_2), kısılma vanası çıkışı (T_3), evaporatör girişi (T_4), evaporatör çıkışı (T_5) ve kompresör girişi (T_6) noktalarında ölçülmüştür. Basıncı ölçümü; kompresör çıkışı (P1), yoğuşturucu çıkışı (P2), evaporatör girişi (P4), kompresör girişi (P6) noktalarından yapılmıştır. Şekil 3.1’de sıcaklık ve basınç ölçümlerinin yapıldığı noktalar gösterilmiştir.

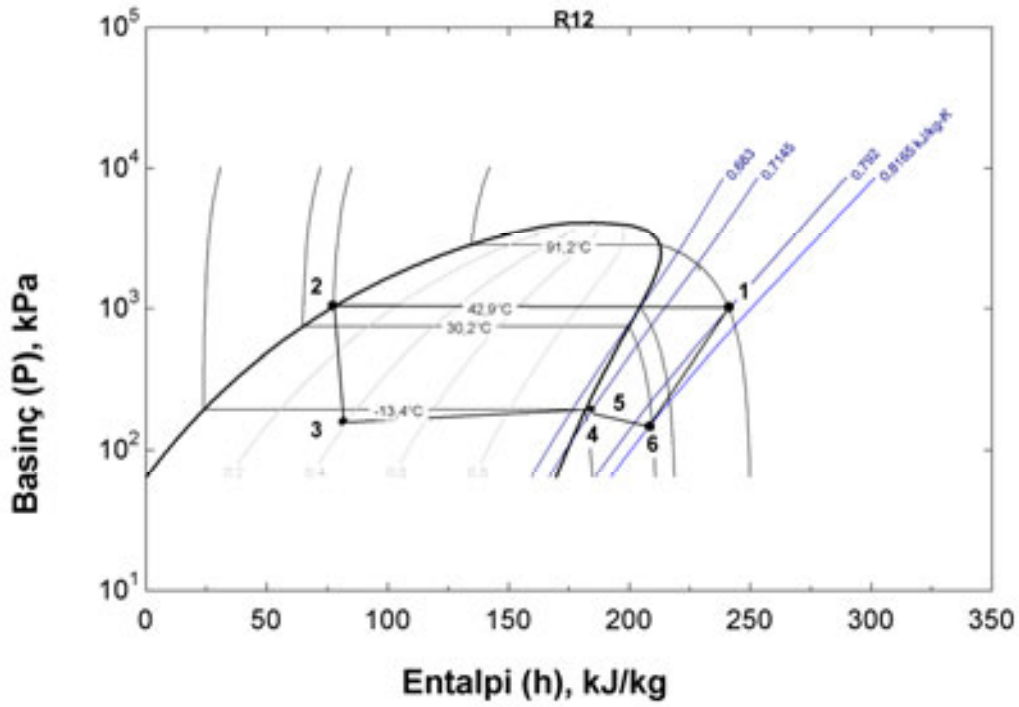


Şekil 3.1 Soğutma sistemindeki sıcaklık ve basınç ölçüm noktaları.

Deneyde ilk olarak buzdolabı çalışmadan buzdolabının yukarıda belirtilen yerlerinden sıcaklık ve basınç değerleri ölçülmüştür. Buzdolabı daha sonra kondansatör devreye alınmadan çalıştırılmış ve buzdolabına herhangi bir yük uygulanmadan 5 dakika aralıklarla sıcaklık ve basınç değerleri okunup kaydedilmiştir. Daha sonra kondansatör devrede olmadan çeşitli yükler altında sıcaklık ve basınç değerleri okunup kaydedilmiştir. Buzdolabına ısıl yük buzluk kısmına yerleştirilen çeşitli sayı ve güçteki ampuller ile verilmiştir.

İlk başta buzluga 25W yük koyularak yine 5 dakika aralıklarla okunan sıcaklık ve basınç değerleri kaydedilmiştir. Buzdolabı 25W yük altında kararlı hale geldikten sonra sıcaklık ve basınç değerleri okunup kaydedilmiştir. Benzer şekilde buzluga 25W yük koyduktan sonra bu yapılan işlemler sırasıyla 40, 60, 75, 100, 125, 140 ve 160W yük altında ölçümler yapılmıştır.

Çeşitli yükler altında oluşan kararlı hallerde alınan sıcaklık ve basınç değerleri "Engineering Equation Solver" (EES) mühendislik programında entalpi formülünde yerlerine koyularak; kompresör çıkışı (h_1), yoğuşturucu çıkışı (h_2), evaporatör girişi (h_4), kompresör girişi (h_6) bölgelerindeki entalpi değerleri bulunmuştur. Kondansatörsüz durumda, 75 W'lık yük için 1,2,3,4,5 ve 6 halleri Şekil 3.2' de basınç – entalpi diyagramında gösterilmiştir. Diğer durumlarda Şekil 3.2'deki çevrime benzerdir, sadece değerler farklıdır.



Şekil 3.2 Soğutma çevriminin basınç-entalpi (P-h) diyagramı.

Bulunan entalpi değerlerinden q_L (soğutulan ortamdaki çekilen ısı), q_H (daha sıcak ortama verilen ısı) ve w (akışkan üzerinde yapılması gereken sıkıştırma işi) Denklem (1), (2) ve (3) kullanılarak hesaplanmıştır.

$$q_L = (h_6 - h_2) \quad (\text{kJ/kg}) \quad (1)$$

$$q_H = (h_1 - h_2) \quad (\text{kJ/kg}) \quad (2)$$

$$w = (h_1 - h_6) \quad (\text{kJ/kg}) \quad (3)$$

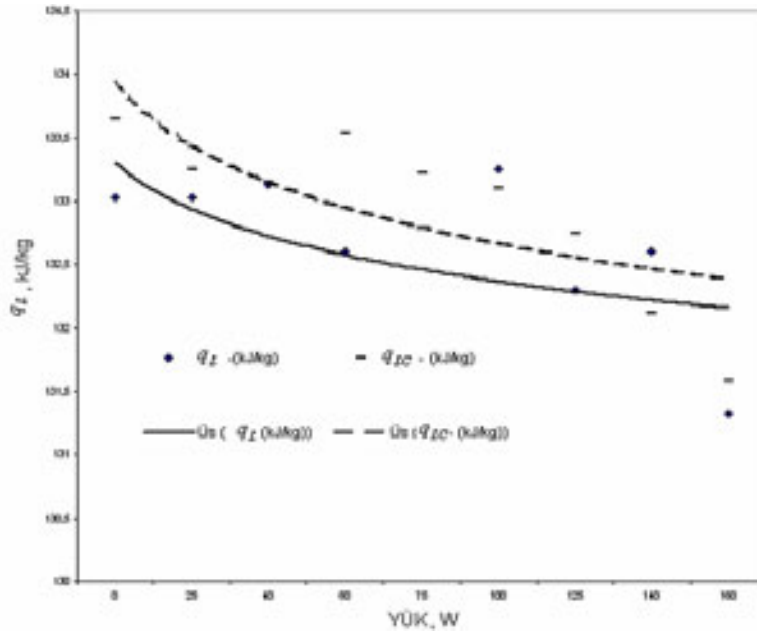
Bulunan q_L ve w daha sonra etkinlik katsayısı denklem (4)'de yerine koyularak sistemin çeşitli yükler altındaki COP değerleri bulunmuştur. [8]

$$COP = \frac{q_L}{w} \quad (4)$$

Kondansatör devrede olmadan çeşitli yükler altında yapılan işlemler kondansatör devreye sokularak tekrarlanmıştır ve çıkan sonuçlar kondansatör devrede olmadan oluşan sonuçlarla karşılaştırılmıştır. Aşağıda sistemin kondansatörsüz ve kondansatörlü olmak üzere farklı iki konumda çalıştırıldığı anlardaki q_L ve yük arasındaki grafik ve tablosu bulunmaktadır. Aşağıdaki tablolar ve grafiklerde kullanılan "c" alt indisli semboller kondansatörlü durumu, indisli olmayan semboller ise kondansatörsüz durumu ifade eder.

Tablo 3.1 Soğutulan ortamdan çekilen ısının (q_L) değişik yükler altında kondansatörsüz ve kondansatörlü hallerdeki değerleri.

YÜK (W)	q_L - (kJ/kg)	q_{LC} - (kJ/kg)
0	133,03	133,65
25	133,03	133,25
40	133,13	133,15
60	132,6	133,54
75	131,77	133,22
100	133,25	133,1
125	132,3	132,75
140	132,6	132,12
160	131,33	131,58



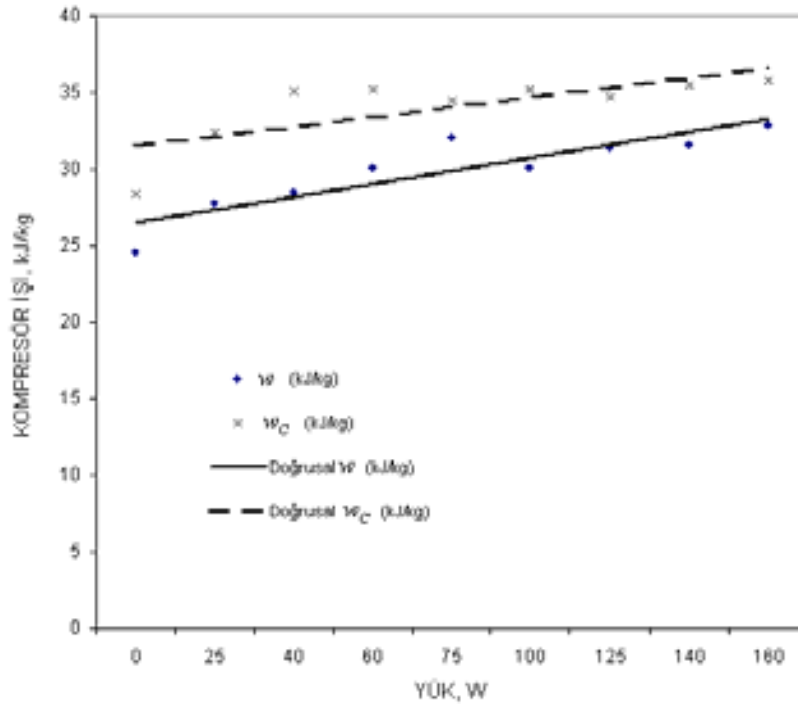
Şekil 3.3 Soğutulan ortamdan çekilen ısının değişik yükler altında kondansatörsüz ve kondansatörlü hallerdeki değerleri.

Tablo 3.1 ve Şekil 3.3'den görüldüğü gibi sisteme uygulanan yük artırıldığı zaman, hem kondansatörlü hem de kondansatörsüz durumda sistemde evaporatör kısmından çekilen ısı miktarı azalmaktadır. Bunun nedeni yük artıça sistemde gerekli soğutmaya sağlamak için kompresörün daha fazla çalışmak zorunda kalmasıdır. Bu durumda azalan q_L doğal olarak sistemin verimini düşürmektedir. Buzdolabında ne kadar fazla yük varsa sistemin verimi de o derece düşmekte ve soğutulan ortamdan çekilen ısı o derece azalmaktadır. Şekil 3.3'den görüldüğü gibi q_{LC} daha fazladır. Bunun nedeni sistemde kondansatör devredeyken soğutulan ortamdan çekilen ortalama ısı miktarı, kondansatör devrede olmadan çalışan sistemden yaklaşık %0,4 daha fazla olmasıdır.

Sistemdeki diğer bir performans parametresi kompresörün çalışmasından kaynaklanan kompresör işidir (w). Önceden belirtildiği gibi w çevrimde dolaşan akışkan üzerinde yapılması gereken sıkıştırma işidir. Aşağıdaki Tablo 3.2 ve Şekil 3.4'de sisteme uygulanan farklı yükler altında kondansatörsüz ve kondansatörlü durumlarda akışkan üzerinde yapılması gereken sıkıştırma işi görülmektedir.

Tablo 3.2 Çevrimde dolaşan akışkan üzerinde yapılması gereken sıkıştırma işinin (w) değişik yükler altında kondansatörsüz ve kondansatörlü hallerdeki değerleri.

YÜK (W)	w (kJ/kg)	w_c (kJ/kg)
0	24,6	28,4
25	27,8	32,4
40	28,5	35,1
60	30,1	35,2
75	32,1	34,5
100	30,1	35,2
125	31,4	34,7
140	31,6	35,5
160	32,9	35,8



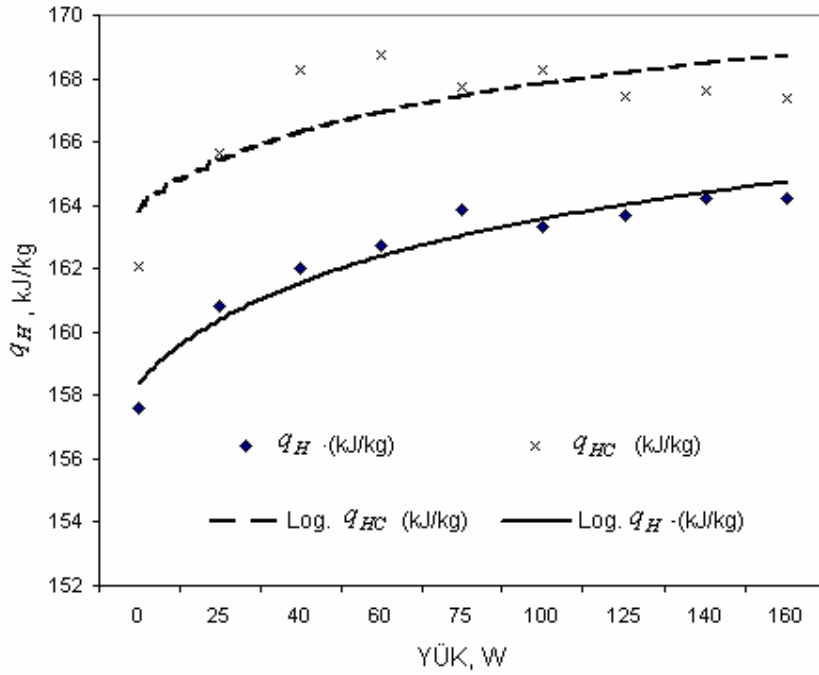
Şekil 3.4 Çevrimde dolaşan akışkan üzerinde yapılması gereken sıkıştırma işinin (w) değişik yükler altında kondansatörsüz ve kondansatörlü hallerdeki değerleri.

Şekil 3.4' den görüldüğü gibi her iki durumda yük arttıkça kompresör işi artmaktadır. Bu beklenen bir sonuçtur, çünkü evaporatördeki yükün artmasıyla birlikte buharlaşma daha fazla olmakta, bu da devirdaim eden soğutucu akışkan debisini ve dolayısıyla kompresör gücünü artırmaktadır. Kondansatörlü durumda artması da sürpriz bir sonuç değildir, çünkü kondansatör yardımcı sargıyı devreye aldığından sistemden uzaklaştırılması gereken ekstra bir ısı yükü olmaktadır.

Sistemdeki bir diğer önemli değişken sıcak ortama verilen ısıdır. Bu sıcak ortam önceden bahsedildiği gibi buzdolabın arkasındaki kondenser tellerinden çevre ortama verilen ısıdır. Tablo 3.3 ve Şekil 3.5'te kondensatörden çevre ortama verilen ısının farklı yük ve durumlardaki (kondansatörsüz ve kondansatörlü) değerleri bulunmaktadır.

Tablo 3.3 q_H daha sıcak ortama verilen ısının, farklı yük ve durumlardaki (kondansatörsüz ve kondansatörlü) değerleri.

YÜK (W)	q_H (kJ/kg)	q_{HC} (kJ/kg)
0	157,63	162,05
25	160,83	165,65
40	162,03	168,25
60	162,7	168,74
75	163,87	167,72
100	163,35	168,3
125	163,7	167,45
140	164,2	167,62
160	164,23	167,38



Şekil 3.5 Sıcak ortama verilen ısının, farklı yük ve durumlardaki (kondansatörsüz ve kondansatörlü) değerleri.

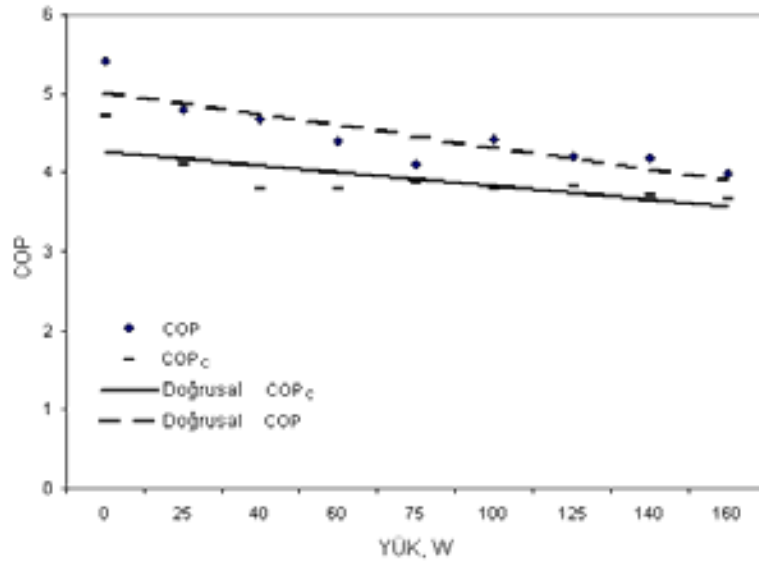
q_H değerini denklem (2)'den bulunabileceği belirtilmişti. Bu formülden; h_1 , kompresör çıkışındaki buhar halindeki akışkanın entalpisi, h_2 ise kondenser çıkışındaki sıvı duruma geçmiş akışkanın entalpisidir.

Bu durumda yük arttıkça kompresör çıkışında (h_1) ve yoğuşturucu çıkışındaki (h_2) değerleri artmaktadır. Dolayısıyla yükün artması sistemde kondenserden çevre ortama verilen ısı miktarı da artmaktadır. Şekil 3.5 ve Tablo 3.3'te görüldüğü gibi ortalama ısı miktarındaki bu artış kondansatörlü durumda yaklaşık olarak %3 daha fazladır.

Sistemin belki de en önemli performans parametrelerinden birisi etkinlik katsayısını veren COP değeridir. Tablo 3.4 ve Şekil 3.6'da sisteme uygulanan farklı yük ve durumlardaki (kondansatörsüz ve kondansatörlü) sistemin etkinlik katsayısını veren COP değeri bulunmaktadır.

Tablo 3.4 Etkinlik katsayısının (COP) farklı yük ve durumlardaki (kondansatörsüz ve kondansatörlü) değerleri.

YÜK (W)	COP	COP _C
0	5,4	4,71
25	4,79	4,11
40	4,67	3,79
60	4,41	3,79
75	4,11	3,86
100	4,43	3,78
125	4,21	3,83
140	4,19	3,72
160	3,99	3,68

**Şekil 3.6** Etkinlik katsayısının (COP) farklı yük ve durumlardaki (kondansatörsüz ve kondansatörlü) değerleri.

Şekil 3.6 incelendiğinde sisteme uygulanan yük arttıkça hem kondansatörlü hem de kondansatörsüz durumda çalışma verimi yani etkinlik katsayısı COP değeri düşmektedir. Farklı iki durumda çalışan buzdolabında kondansatörsüz durumdaki etkinlik katsayısının kondansatörlü duruma göre ortalama olarak yaklaşık %12 artış gösterdiği görülmektedir. Sisteme farklı yük uygulayarak çeşitli yerlerden sıcaklık değerleri alınmış, bu değerler aşağıdaki Tablo 3.5'de gösterilmiştir.

Tablo 3.5 Kompresör çıkış sıcaklığının (T_1) yük altında iki farklı durumdaki (kondansatörsüz ve kondansatörlü) değerleri.

YÜK (W)	T_1 (°C)	T_{1C} (°C)
0	78,1	81,1
25	82,3	86,1
40	84,2	90,6
60	88	92,5
75	91,8	93,2
100	92,8	95,9
125	95,7	97,8
140	96,4	100,2
160	99,6	101,8

Tablo 3.5'den görüldüğü gibi yük artıkça kompresör çıkış sıcaklığı her iki durumda da artmaktadır. Bunun nedeni yük artması sonucu kompresör soğutucu akışkanı sıkıştırmak için daha fazla çalışmak zorunda kalmakta ve sonuçta akışkan sıcaklığı kompresör çıkışında daha fazla olmaktadır. Tablo 3.5'den anlaşılacağı üzere kondansatör devrede olduğunda sıcaklığın daha fazla olması w kompresör işinin kondansatörlü devrede kondansatörsüz devreye göre yaklaşık %15 daha fazla olmasından kaynaklanmaktadır.

Aşağıdaki Tablo 3.6'da da yoğuşturucu çıkışında sıcaklığı azalmış olan sıvı haldeki soğutucu akışkanın farklı yük ve durumlarda ki (kondansatörsüz ve kondansatörlü) değerlerini göstermektedir.

Tablo 3.6 Yoğuşturucu çıkış sıcaklığının (T_2) farklı yük altında ve farklı iki durumdaki (kondansatörsüz ve kondansatörlü) değerler.

YÜK (W)	T_2 (°C)	T_{2C} (°C)
0	39,9	38,1
25	39,8	38,1
40	39,9	38,6
60	41,5	39,4
75	42,9	40,5
100	43,7	41,6
125	45,2	43,4
140	45	44,7
160	46,9	45,7

Tablo 3.6'dan görüleceği gibi yük artıkça her iki durumda da yoğuşturucu çıkışındaki soğutucu akışkanın sıcaklığında artma görülmektedir. Bunun nedeni kompresör çıkışında yük artıkça daha sıcak gelen akışkandan kaynaklanmaktadır.

Evaporatör girişindeki sıcaklığın (T_4) farklı yük altında ve farklı iki durumu (kondansatörsüz ve kondansatörlü) Tablo 3.7'de gösterilmektedir.

Tablo 3.7 Evaporatör giriş sıcaklığının (T_4) farklı yük altında ve farklı iki durumdaki (kondansatörsüz ve kondansatörlü) değerleri.

YÜK (W)	T_4 (°C)	T_{4C} (°C)
0	-19,1	-19,3
25	-18,8	-19,2
40	-17,9	-18,4
60	-15,7	-16,9
75	-13,4	-15,4
100	-10,7	-12,5
125	-7,8	-9,4
140	-6,1	-7,2
160	-2	-4,1

Tablo 3.7' den görüleceği gibi yük artıkça her iki durumda da evaporatör girişindeki soğutucu akışkanın sıcaklığında artma görülmektedir. Enerjinin korunumu gereği akışkana geçen enerji artıkça sıcaklık yükselmektedir.

Tablo 3.8 Kompresör giriş sıcaklığının (T_6) farklı yük altında ve farklı iki durumdaki (kondansatörsüz ve kondansatörlü) değerler.

YÜK (W)	T_6 (°C)	T_{6C} (°C)
0	26,7	24,7
25	26,5	24,1
40	26,9	24,9
60	29	27
75	30,2	28,5
100	34	30,3
125	35,2	32,8
140	35,5	34,3
160	36,9	35,3

Tablo 3.8’de kompresör girişindeki buhar halindeki soğutucu akışkanın sıcaklığının (T_6) farklı yük altında ve farklı iki durumdaki (kondansatörsüz ve kondansatörlü) değerlerini göstermektedir. Yük artıkça her iki durumda da kompresör girişindeki soğutucu akışkanın sıcaklığında artma görülmektedir.

Sistemde değişik yerlerden sıcaklık yanında basınç değerleri de alınmıştır. Bu değerlere ait tablolar aşağıda belirtilmiştir.

Tablo 3.9 Kompresör çıkış basıncının (P_1) farklı yük altında ve farklı iki durumdaki (kondansatörsüz ve kondansatörlü) değerleri.

YÜK (W)	P_1 (kPa)	P_{1C} (kPa)
0	942,5	914,9
25	942,5	914,9
40	949,4	928,7
60	997,6	942,5
75	1018,3	977
100	1059,7	1005
125	1087,3	1053
140	1108	1080
160	1149,3	1122

Tablo 3.9’den görüleceği gibi yük artıkça sıcaklık gibi sistemin basıncında da artış görülmektedir. Bunun nedeni sıcaklıkta olduğu gibi kompresörün yük artıkça daha fazla sıkıştırma işlemi gerçekleştirmesinden kaynaklanmaktadır. Ayrıca kondansatörlü durumdaki basınç değerleri kondansatör devrede olmadan ki durumlardaki basınç değerlerinden daha düşüktür, bunun nedeni kondansatörün kompresörün ilk kalkış hareketi yapmasına yardım etmesinden kaynaklanmaktadır. Kompresörün ‘s’ yardımcı sargısına bağlanan kondansatör kompresörün ilk kalkış hareketi yapmasında kolaylık sağlayarak kompresörün daha rahat çalışmasını sağlamaktadır. Bu nedenle kondansatör devrede olduğunda kompresör çıkışındaki ortalama basınç değeri yaklaşık olarak %4 daha düşüktür.

Tablo 3.10 Yoğuşturucu çıkış basıncının (P_2) farklı yük altında ve farklı iki durumdaki (kondansatörsüz ve kondansatörlü) değerleri.

YÜK (W)	P_2 (kPa)	P_{2C} (kPa)
0	942,5	914,9
25	942,5	914,9
40	949,4	928,7
60	997,6	942,5
75	1018,3	977
100	1059,7	1005
125	1087,3	1053
140	1108	1080
160	1149,3	1122

Buhar sıkıştırılmalı soğutma çevriminde yoğuşturucudan çevreye sabit basınçta ısı geçişi olmaktadır. Yani bu durumda sistemdeki kompresör çıkış basıncı (yoğuşturucu giriş basıncı P_1) ile yoğuşturucu çıkış basıncı (P_2) eşit olmaktadır.

Tablo 3.11'de ise evaporatör giriş basıncının (P_4) farklı yük altında ve farklı iki durumdaki (kondansatörsüz ve kondansatörlü) değerleri görülmektedir.

Tablo 3.11 Evaporatör giriş basıncının (P_4) farklı yük altında ve farklı iki durumdaki (kondansatörsüz ve kondansatörlü) değerleri.

YÜK (W)	P_4 (kPa)	P_{4C} (kPa)
0	142,7	142,7
25	146,1	146,1
40	149,6	149,6
60	160	156,5
75	170,3	166,8
100	180,6	177,2
125	191	184,1
140	197,9	197,9
160	211,6	211,6

Tablo 3.11 ve Tablo 3.12'den görüleceği gibi yük arttıkça sistemin basıncında da artış görülmektedir.

Tablo 3.12 Kompresör giriş basıncının (P_6) farklı yük altında ve farklı iki durumdaki (kondansatörsüz ve kondansatörlü) değerleri.

YÜK (W)	P_6 (kPa)	P_{6C} (kPa)
0	128,9	128,9
25	132,4	132,4
40	135,8	135,8
60	146,1	142,7
75	156,5	153
100	166,8	163,4
125	177,2	170,3
140	128,9	128,9
160	132,4	132,4

SONUÇ

Bu çalışmada, buzdolabı elektrik devresine bir anahtarla bağlanan kondansatörün, kondansatörsüz ve kondansatörlü durumlarda soğutma sistemi performans parametreleri üzerine olan etkileri incelenmiş ve karşılaştırılmıştır. Kondansatörsüz ve kondansatörlü olarak ayrı ayrı çalıştırılan sistemde kompresör gücü, çevre ortama atılan ısı, soğutulan ortamdan çekilen ısı ve özellikle soğutma sisteminin etkinlik katsayısı karşılaştırılmıştır.

Kondansatörün devrede olduğu sistemde, kondansatörsüz duruma göre soğutulan ortamdan çekilen ısı miktarında az da olsa artış sağlanmıştır. Bu artış ortalama olarak yaklaşık %0,4 olmuştur. Bu da soğutulan ortamın (evaporatör) daha soğuk olmasını sağlamıştır.

Kondansatör kompresörün yardımcı sargısını devamlı aktif halde tuttuğu için sistemde ekstra bir ısı yük oluşturmaktadır. Bu olay kompresörün daha fazla çalışmasına neden olduğu için kompresör gücünün ortalama %15 artmasına neden olmuştur.

Sistemde asıl önemli parametre olan soğutma sisteminin etkinlik katsayısı, kondansatör devredeyken ortalama olarak yaklaşık %12 düşme göstermiştir. Bunun önemli nedenlerinden birisi kondansatörün daimi kondansatör olarak çalışmasından dolayı kompresör gücünün artması olmuştur.

Kondansatörün devrede olması soğutma sisteminin etkinlik katsayısını düşürmektedir ve bu aslında istenmeyen bir durumdur. Kondansatör soğutma sisteminin etkinlik katsayısını düşürmesine rağmen şebekeden çekilen ve hemen ardından şebekeye tekrar geri verilen reaktif gücü sıfırlamaktadır. Reaktif güç hiçbir iş yapmaz, ancak şebekeyi gereksiz yere yükler ve şebekenin işletme maliyetini yükseltir [11]. Yalnız alternatif akıma bağlı bir özellik olup, elektrik tesislerine istenmeyen bir şekilde tesir eder; jeneratörlerin, transformatörlerin, hatların, bobinleri füzuli olarak işgal ederler ve lüzumsuz yere yüklerler. Ayrıca ısı kayıplarına ve gerilim düşmelerini neden olurlar [10]. Bu nedenle şebekeden çekilen reaktif güç için de para ödenir. Ve sistemlere kondansatör bağlanarak şebekeden çekilen ve iş yapmayan reaktif güç ortadan kaldırılmış olur.

Sonuç olarak, kondansatör buzdolabı aktif güç tüketimini artırırken üretilen reaktif gücü azaltmaktadır. Bu değişim kullanıcıların tükettiği ve elektrik dağıtım şirketlerinin sağladığı elektrik miktarını etkilemektedir. Aktif güç tüketiminin artması sadece aktif gücün ölçülüp fatura edildiği evlerde kullanıcıların ödediği faturaları nispeten az miktarda artıracaktır. Buna karşın, reaktif gücün azaltılması elektrik dağıtım şirketlerinin güç arzını ve bunun sonucunda yeni elektrik santrallerine duyulan ihtiyacı ve dolayısıyla global ısınmaya neden olan gaz emisyonunu azaltacaktır. Bu durum şimdilik kullanıcılar için olumsuz, elektrik dağıtım şirketleri için olumlu olmasına rağmen gelecekte her iki taraf içinde olumlu olacağı öngörülmektedir, çünkü sayısı hızla artan elektrikli ev aletleri ve giderek büyüyen çevresel sorunlar reaktif gücün evrelerde ölçülüp fatura edilmesini veya bunun bir şekilde kompanze edilmesini gündeme getirebilecektir.

KAYNAKLAR

- [1] ÖZOĞUZ, T. "Bir buzdolabının optimal defrost süresi". Bitirme Tezi(Dokuz Eylül Üniversitesi)
- [2] İLERİ, A. , KESİM, S. C. "Soğutma Sistemleri İçin Optimum Boru Boyutları" (4. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi Ve Sergisi, 1999-33)
- [3] Alternatif Soğutucu Akışkan Kullanılarak Mutfak Tipi Buhar Sıkıştırılmalı Soğutma Sisteminin Tasarımı (www.gencbilim.com)
- [4] ARSLAN, M. E. , EĞRİCAN, A. N. "Buzdolabı Uygulamasında Kullanılan Absorbsiyonlu Soğutma Sisteminin Termodinamik Analizi" (TESİSAT Mühendisliği Dergisi Sayı 83, 53-63, 2004 (<http://www.mmoistanbul.org/yayin/tesisat/83/5/>))
- [5] KAPÇAK, A. S. Buzdolabı Tasarımı Ve Uygulaması Projesi, Niğde Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümü. ; 1999
- [6] Elektrik Şebekelerinde Reaktif Güç Kompanzasyonu, (<http://www.meslekidenetim.com/belgelerformlar/reaktifguckomp.htm>)

- [7] KARATEKELİ, İ. U. Kompanzasyon Nedir (<http://www.bilesim.com.tr/forum/read.php?f=2&i=2136&t=1073&v=t>)
- [8] ÇENGEL, Y. A. , BOLES, M. A. Mühendislik Yaklaşımıyla Termodinamik. 2. Basım; Eylül 1999
- [9] REAKTİF GÜÇ. (<http://www.onsayfa.com/forum/odev-arsivi/115110-reaktif-guc.html>)
- [10] Kompanzasyon Sistemlerinde Harmonikler. Elektra Elektronik Sanayi ve Ticaret LTD. ŞTİ. ([www.elektra.com.tr/Turkce/teknik/ELEKTRA Kompanzasyon Sistemlerinde Harmonikler](http://www.elektra.com.tr/Turkce/teknik/ELEKTRA_Kompanzasyon_Sistemlerinde_Harmonikler))

ÖZGEÇMİŞLER

Volkan ARSLAN

1983 yılı Bitlis doğumludur. 2004 yılında Celal Bayar Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makine Bölümünü bitirmiştir. Aynı üniversiteden 2006 yılında yüksek mühendis ünvanını almıştır.

Ayşe Bilgen EKİN

1980 yılı İzmir doğumludur. 2005 yılında Celal Bayar Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makine Bölümünü bitirmiştir. Aynı üniversitede Termodinamik Ana Bilim Dalında yüksek lisans eğitimine devam etmektedir.

Yunus ÇERÇİ

1970 yılı Aydın doğumludur. Osmangazi Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makine Bölümünü bitirmiştir. Nevada Üniversitesinden 1996 yılında Yüksek Mühendis, 1999 yılında Doktora ünvanını almıştır. Celal Bayar Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makine Bölümünde 1993-1999 yılları arasında Araştırma görevlisi, 1999-2004 yıllarında öğretim görevlisi 2004-2006 yıllarında Yrd. Doç. Dr. olarak görev yapmıştır. 2006 yılında Doçent ünvanını almıştır. Aynı üniversitede 2003 yılından beri Termodinamik Ana bilim dalı başkanlığı görevini sürdürmektedir. Termodinamik, Isı transferi, Akışkanlar Mekaniği, Güneş Enerjisi, İklimlendirme, Isıtma Havalandırma, Modern Güç santralleri, Buhar Kazanları, Isı Değiştiriciler, Yenilenebilir Enerji Sistemleri, Yakıtlar ve Yanma konuları üzerinde çalışmaktadır.