



T.C.
SELÇUK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**LPG KULLANARAK KOMPRESÖRSÜZ
KLİMA KONTROLÜ TASARIMI VE
DENEYSEL OLARAK İNCELENMESİ**

Hakan KARAMAN

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Elektronik ve Bilgisayar Sistemleri Eğitimi
Anabilim Dalı**

**Ekim-2012
KONYA
Her Hakkı Saklıdır**

TEZ KABUL VE ONAYI

Hakan KARAMAN tarafından hazırlanan “ LPG kullanarak kompresörsüz klima kontrolü tasarımı ve deneysel olarak incelenmesi” adlı tez çalışması 19/10/2012 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Elektronik ve Bilgisayar Sistemleri Eğitimi Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

Başkan

Prf. Dr. Hakan IŞIK

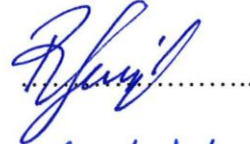
Danışman

Yrd. Doç. Dr. Rıdvan SARAÇOĞLU

Üye

Doç. Dr. Fatih BAŞÇİFTÇİ

İmza



Yukarıdaki sonucu onaylarım.

Prof. Dr. Aşır GENÇ
FBE Müdürü

TEZ BİLDİRİMİ

Bu tezdeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini ve tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

DECLARATION PAGE

I hereby declare that all information in this document has been obtained and presented in accordance with academic rules and ethical conduct. I also declare that, as required by these rules and conduct, I have fully cited and referenced all material and results that are not original to this work.

Hakan KARAMAN
Tarih:19.10.2012

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

LPG KULLANARAK KOMPRESÖRSÜZ KLİMA KONTROLÜ TASARIMI VE DENEYSEL OLARAK İNCELENMESİ

Hakan KARAMAN

**Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Elektronik ve Bilgisayar Sistemleri Eğitimi Anabilim Dalı**

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Rıdvan SARAÇOĞLU

2012,79 Sayfa

Jüri

Danışman Yrd. Doç. Dr. Rıdvan SARAÇOĞLU

Prof. Dr. Hakan IŞIK

Doç. Dr. Fatih BAŞÇİFTÇİ

Bu çalışmada; soğutma sistemlerinde kullanılan soğutucu akışkanlar yerine LPG (sıvı petrol gazı) kullanılarak bir soğutma sistemi tasarlanmıştır. Bu soğutma sisteminde kompresör ve kondanser sistemden çıkarılmıştır. Yapılan sistemde kullanılacak olan LPG'nin kullanım amacına göre kullanılacak valfler ve hava sirkülasyonu sağlayan fanın hızı mikro denetleyicili sistem ile kontrol edilmiştir.

Yapılan soğutma sistemi kontrol devresinde PIC 16F877 mikro denetleyicisi kullanılmıştır. Hava sirkülasyonunu sağlayan fanın hızı ve valf kontrolleri kullanılan DS 18B20 sıcaklık sensörlerinden alınan bilgiye göre kontrol edilmiştir. Fan hızı PWM ile ayarlanmakta olup ortam ısı değerleri ve fan çalışma yüzdesi LCD ekranda gösterilmektedir. PWM için Duty Cycle değeri bulanık mantık ile hesaplanıp iç ve dış ortam sıcaklıklarına göre fan hızı ayarlanmıştır.

Sonuç olarak ortamın serinletilmesi için yakıt olarak kullanılan LPG aynı zamanda soğutma içinde kullanılmış ve yeni bir soğutma sistemi tasarlanmıştır. Ortam ısisına göre fan hız ve valf kontrolleri sağlanmıştır. Fan hızı iç ve dış sıcaklık değerlerine göre bulanık mantıkla kontrol edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Evaporatör, Klima, Mikro denetleyici, Soğutma sistemi, Soğutucu akışkan, Valf

ABSTRACT

MS THESIS

AIR CONDITIONING CONTROLLER DESIGN WITHOUT COMPRESSOR USING LPG AND EXPERIMENTAL INVESTIGATION

Hakan KARAMAN

**THE GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCE OF
SELÇUK UNIVERSITY
THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE
IN ELECTRONIC AND COMPUTER SYSTEMS EDUCATION**

Advisor: Asst. Prof. Dr. Rıdvan SARAÇOĞLU

2012, 79 Pages

Jury

Advisor Asst. Prof. Dr. Rıdvan SARAÇOĞLU

Prof. Dr. Hakan IŞIK

Assoc. Prof. Dr. Fatih BAŞÇİFTÇİ

In this study, a refrigeration system has been designed by using LPG (Liquid Petroleum Gas) instead of refrigerant liquids. In this refrigerant system, compressor and condenser removed from the system. According to the intended use of LPG, valves and speed of air circulation fan, controlled by microcontroller circuit at the refrigerant system.

In the refrigerant system control circuit, PIC16F877 microcontroller has been used. Speed of air circulation fan and valves controlled according to the information obtained from DS18B20 temperature sensors. The fan speed is adjusted by PWM (Pulse Width Modulation). Ambient temperature and percentage of fan operation is shown on the LCD (Liquid Crystal Display). Duty cycle value of PWM calculated using fuzzy logic. Fan speed adjusted according to the internal and external environment temperature.

As a result, LPG is used as a fuel, has also been used in order to cool the environment thus a new cooling system is designed. Fan speed and valves controlled according to the ambient temperature. Fan speed controlled using fuzzy logic according to the internal and external temperature values.

Keywords: Evaporator, air conditioning, microcontroller, refrigerator, refrigerant, valve

ÖNSÖZ

Yüksek lisans eğitimim boyunca, çalışmalarımda her zaman sabırla yol gösteren ve yardımcı olan çok değerli hocam Yrd. Doç. Dr. Rıdvan SARAÇOĞLUNA sonsuz teşekkür ederim.

Ayrıca Yüksek Lisans çalışmalarımda beni her zaman destekleyen ve yanımda olan eşime ve aileme de sonsuz teşekkür ediyorum

Hakan KARAMAN
KONYA-2012

İÇİNDEKİLER

ÖZET	iv
ABSTRACT.....	v
ÖNSÖZ	vi
İÇİNDEKİLER	vii
SİMGELER VE KISALTMALAR	ix
1. GİRİŞ	1
1.1. Tez Projesinin Önemi.....	2
1.2. Tez Projesinin Amacı	3
1.3. Tez Projesinin Özgün Yönü	4
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI	6
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	10
3.1. Soğutma Sistemleri ve Soğutucu Akışkanlar.....	12
3.1.1. Termodinamik ve soğutma çevrimleri	12
3.1.2. Saf maddenin faz değişimi ve gizli ısı	15
3.1.3. Soğutma sistemi elemanları	16
3.1.4. Klimalarda kullanılan teknik terimler	24
3.1.5. Soğutucu akışkanlar	26
3.1.6. Soğutucu akışkanların özellikleri.....	29
3.1.7. LPG (Liquefied Petroleum Gas).....	31
3.1.8. LPG'nin fiziksel özellikleri	32
3.1.9. LPG'nin kimyasal özellikleri.....	34
3.2. Kontrol Sistemleri ve Bulanık Mantık.....	34
3.2.1. Bulanık Kontrol Sistemleri	37
3.2.2. Mikrodenetleyiciler	42
3.2.8 LCD (Liquid Crystal Display)	44
3.2.9 DS18B20.....	44
3.3. Tasarlanan LPG ile Kompresörsüz Soğutma Sistemi.....	45
3.4. Tasarlanan Kontrol Kartı	48
3.5. Bulanık Denetleyici Tasarımı	52
3.5.1. Giriş birimi (bulandırıcı).....	52
3.5.2. Kural tabanı (rule base).....	54
3.5.3. Çıkarım mekanizması (inference mechanism)	56
3.5.4. Çıkış birimi (durultucu)	57
4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA.....	59
4.1. Klima Kontrol Sistemi ve Deneysel Sonuçları	60
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	74

5.1 Sonuçlar	74
5.2 neriler	75
KAYNAKLAR	77
ÖZGEÇMİŞ	79

SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

c:	Özısı (cal/g)
Cv:	Sabit hacimde ısıtma
Cp:	Sabit basınçta ısıtma
e:	Hata sinyali
ge:	Hata değişimi
m:	Kütle (gram)
r:	Giriş sinyali
Q:	Isı (cal)
ΔT :	Sıcaklık farkı ($^{\circ}C$)
U:	Çıkış sayısal değeri
μ_{jk} :	İlgili kuralların üyelik derecesi
i:	İç ortam sıcaklık değeri
d:	Dış ortam sıcaklık değeri
W:	İlgili kuralın kesinlik derecesi
U_n :	Çıkış üyelik fonksiyonları merkezi

Kısaltmalar

BTU:	İngiliz ısı birimi
COP:	Performans katsayısı
GWE:	Küresel ısıtma etkisi
LPG:	Sıvılaştırılmış petrol gazı
ODP:	Ozon tahrip etme potansiyeli
LB:	Libre
CNG:	Doğalgaz
CFC:	Kloroflorokarbon
HCFC:	Hidrokloroflorokarbon
PWM:	Pulse Width Modulation
SI:	Sıfır
CY:	Çeyrek
YR:	Yarım
BYR:	Üçte iki
TM:	Tam
SK:	Soğuk
CSK:	Çok soğuk
NO:	Normal
SC:	Sıcak
CSC:	Çok sıcak

1. GİRİŞ

Son yıllarda hem ülkemizde hem dünyada aşırı derecede enerji tüketimi enerji kaynaklarımızın hızla yok olmasına sebep olmaktadır. Ayrıca enerji üretimi için aşırı miktarda tüketilen petrol, kömür, doğalgaz gibi fosil yakıtların kullanımı nedeniyle büyük miktarda zararlı gaz ve parçacıklar atmosfere salınmaktadır. Bu olay atmosferde kloroflorokarbon (CFC), karbondioksit (CO₂), metan (CH₄) ile diazotmonoksit (N₂O) gibi atmosferi seyrelten gazların miktarlarını aşırı derecede arttırmaktadır. Bu gazların artışı sera etkisini arttırmakta ve küresel ısınmaya sebep olmaktadır. 1992 yılında Montreal protokolü ile 1997 yılından itibaren kloroflorokarbon (CFC), 2020 yılından itibaren de hidrokloroflorokarbon (HCFC) kullanımı yasaklanmıştır. Aralık 1997'de Kyoto protokolünde küresel ısınmadan dolayı hidroklorokarbon (HFC) kullanımının yasaklanması tavsiye edilmiştir. 1990 yılında Japonya, Amerika Birleşik Devletleri ve Avrupa Birliği, CO₂ emisyonlarını sırasıyla 6.0, 7.0 ve 8.0% oranlarına düşürmeyi kararlaştırmışlardır, (Dön, 2005).

Enerji üretiminde kullanılan fosil kökenli yakıtlar, küresel ısınmanın yanı sıra tükenmesi ve maliyetli olması yenilenebilir enerjiye yönelimi arttırmakta ve her geçen gün bu konuda çalışmalar yapılmaktadır, (Küçükçalı, 2008). Enerji tüketimi ve bu darboğazın ileride doğuracağı sonuçların aşılması olmasa da geciktirilmesi ve çözüm için zaman kazanılması için birçok çalışma yapılmaktadır. Az enerji ile çok iş yapan ya da yapılan iş için kullanılan enerjiyi farklı şekillerde kullanmak bu çalışmalar arasında sayılabilir, (Dön, 2005).

Günümüzde küresel ısınma ve iklim değişimleri nedeniyle aşırı sıcak günler yaz aylarında bazen hayatı dayanılmaz bir hale getirmektedir. Hayatı konforlu bir hale getirmek için genellikle klimalar kullanılmaktadır. Günümüzde klima deyince aklımıza ilk gelenler konforlu bir ortam ve yüksek elektrik giderleridir. Her güzel şeyin bir bedeli olduğu gibi konforun artması da bu bedeli arttırmaktadır. Günümüzde kullanılan klimalarda ve soğutma sistemlerinde sistem kapalı bir soğutma çevriminden oluşmaktadır. Bu çevrimi oluşturan temel elemanlar evaporatör, kondanser, kompresör, drayer ve buharlaştırıcıdır. Bu soğutma çevriminde en çok elektrik harcaması yapan bölüm kompresördür. Ayrıca bedel olarak sadece elektrik gideri değil yer ve mekân kullanımı da artı bir bedeldir.

Ülkemizde (likit petrol gazı) LPG taşılar da ve mutfaklarda yakıt olarak kullanılmaktadır. Ayrıca alternatif olarak soğutma sistemlerinde soğutucu akışkan

olarak da kullanılabilir. Ülkemizde kullanılan LPG %30 bütan ve %70 propan'dan oluşmaktadır. Ülkemizde ve dünyada birçok yerde kullanılan LPG gaz karışım oranı mevsimsel şartlara göre değişmektedir. LPG'yi oluşturan bütan ve propan'ın kaynama sıcaklıkları sırasıyla $-0,5^{\circ}\text{C}$ ve -43°C 'dir. Propan -43°C sıcaklıkta sıvı halde bulunurken, bütan 0°C sıcaklıkta sıvı fazında bulunmaktadır. Bütanın kaynama noktası nispeten yüksek olduğundan genelde sıcak iklimli bölgelerde kullanılmaktadır. Kaynama noktası düşük olan propan ise daha çok soğuk iklimlerde kullanılır. Çünkü bu gibi yerlerde bütan yeterli basınç sağlayamaz, (Kurdan, 2006).

Bu çalışmada elektrik enerjisini en az harcayacak LPG kullanarak bir klima tasarımı ve kontrol devresi üzerinde çalışılmıştır. Günümüzde restoran ve evlerde mutfakta yakıt olarak LPG ya da CNG (doğalgaz) kullanılmaktadır. LPG tüplerinde LPG normal oda koşullarında basınçtan dolayı sıvı haldedir. Bir klimada soğutucu akışkanın sıvı hale getirilmesi için kompresörler ve sıvı halde tutmak ve soğutmak için kondanselerler kullanılmaktadır. Kullanılan kompresörler elektrik harcamasını arttırmaktadır. Hâlihazırda mutfaklarda kullanılan LPG tüpte sıvı halde bekletilmektedir. Bir klima ya da soğutma çevriminde bulunan kompresör ve kondansere gerek duymadan hazır sıvı halde beklemektedir. Bu çalışmada da sıvı halde bekleyen ve soğutma özelliği olan bu LPG kullanılmıştır.

Yaptığımız bu klimada kullanılan LPG hem soğutma hem de yakıt olarak kullanılmıştır. Yaptığımız deneysel çalışmada kullanılan valflar ve hava sirkülasyonunda kullanılan fanların kontrolü için PIC16F877 Mikrodenetleyicisi kullanılmıştır. Ayrıca ortam sıcaklık değerleri algılamak için DS18B20 kullanılmıştır. Yapılan kontrol devresi üzerinde ortam ısısına göre fan çalışma yüzdesi ve sıcaklık değerleri LCD ekranda görülmektedir.

1.1. Tez Projesinin Önemi

Bu çalışma da yakıt olarak kullanılan LPG ya da CNG ile açık çevrimli bir soğutma sistemi tasarımı gerçekleştirilmektedir. Bu sayede LPG yakıt olarak kullanılırken ortama ısı yayması olumsuzluğu bu sistemle yakıt yanmadan önce ortamın serinletilmesi sağlanarak ortadan kaldırılacaktır. Bu çalışmanın en önemli yanı bir ortamda hazır bulunan sıvı haldeki LPG'yi yakıt olarak kullanırken aynı zamanda ortamı soğutacak bir sistem ve bu sistemin kontrolünü sağlayacak elektronik devre tasarlamaktır. Bu sistemin tasarımında sıvı LPG önce soğutma için kullanılacak daha

sonra yakıt olarak kullanılacaktır. Yapılacak elektronik devre valfler ile gaz yönlendirmesi yapacak ayrıca fan hızını ayarlayacaktır. Bu işlemler yapılırken tasarlanacak olan bulanık denetleyicide dilsel ifadelerle göre fan hızı belirli seviyelerde hava sirkülasyonu sağlayacaktır. Normal bir klimada fan hızı için birkaç kademede çalıştırılırken bulanık mantıkla ortam ısısına ve dış ortama bağlı olarak çok farklı hızlarda çalışmaktadır.

Soğutma çevrimleri genellikle kapalı çevrim olup kompresör bu çevrimi sağlamakta kondanser ise soğutucu gazın sıvılaştırılmasını sağlamaktadır. LPG'nin tüplerde sıvı halde bulunması ve soğutma özelliğinin olmasından faydalanarak böyle bir sistem tasarımı yapılmaya çalışılmıştır.

Ayrıca bir soğutma sisteminde bulunan kompresörün enerji tüketimi, gürültü kirliliği ve görüntü kirliliği tamamen ortadan kaldırılacaktır. Yapılan klima tasarımında kompresör ve kondanser kullanılmayacak olup elektrik harcamasının çok düşük seviyelere çekilmesi sağlanacaktır. Bu sistem hem evlerde hem de restoranlarda büyük mutfaklarda ortamın serinletilmesine katkı sağlayacak bir tasarım olacak ve bu yönde çalışmalara ışık tutacaktır.

Sistemin geliştirilmesi ile farklı sektörlerde yakıt olarak kullanılan sıvılaştırılmış petrol gazı her türlü soğutma için kullanılabilecektir. Yapılan tasarımla mutfaklarda yaz aylarında ortamı yaşanmaz hale gelen ev hanımlarına ve aşçılara ferah bir ortam sağlanacaktır.

1.2. Tez Projesinin Amacı

Bu çalışmanın temel amacı klimalarda ve soğutma sistemlerinde elektrik enerjisini en çok kullanan kompresörü kullanmadan çok daha az elektrik enerjisi harcayan bir klima ve bu klimanın kontrol devresinin tasarımıdır. Bu çalışma ile yazın sıcak günlerde ocakların ortamı ısıtması ve uygunsuz hava koşullarının oluşmasını engellemek amaçlanmaktadır. Bu sayede mutfakta çalışan ev hanımları ya da restoran mutfaklarında çalışanların serinletilmesine yardımcı olunacak bir sistem olacaktır.

Günümüzde enerji kaynaklarının giderek tükenmesi ve her geçen gün enerji kullanımının artması mevcut kaynakları daha verimli kullanmamızı gerektirmektedir. Bu konuda birçok çalışma yapılmaktadır. Bu çalışmada giderek tükenen enerji kaynaklarının korunması ve enerji kaynağının farklı şekilde kullanılmasını amaçlamaktadır.

Çalışmada bir yakıt türü olan LPG'nin ısı enerjisi üretiminde kullanmadan önce soğutmada kullanılması amaçlanmaktadır. Soğutma sistemlerinde temel mantık soğutucu akışkanın faz değiştirmesi sırasında çevreden ısı alması ve başka bir yere taşınması mantığına dayanmaktadır. Bir soğutma sisteminde kompresör soğutucu akışkanı gaz fazında iken sıkıştırıp sıvı faza geçmesini sağlamaktır. Ayrıca kondanser ise bu soğutucu akışkanın sıvı olarak saklanmasını ve ısının atılmasını sağlamaktadır. Kompresörün gazı sıkıştırması ile yüksek basınçta gaz fazından sıvı faza geçerken kondanserde çevreye ısı vermektedir. İşte bu ısı ortamdan alınan ısıdır. Isı taşıma işlemi bu şekilde gerçekleştirilir. Sıvı fazdan gaz faza geçerken çevreden ısı alan soğutucu akışkan kondanserde aldığı bu ısıyı dışarı verir. Yapacağımız klima tasarımında enerji harcaması en fazla olan kompresör kullanılmayacaktır. Ayrıca fazla mekân kullanımı gerektiren kondanserde yapacağımız çalışmada kullanılmamıştır.

Yapılan klimada mikrodenetleyici kullanarak sistemin valf ve fan kontrolleri yapılacaktır. Bu kontrol yapılırken dilsel ifadeler kullanılarak bulanık bir kontrol sistemi gerçekleştirilecektir. Yapılacak olan kontrolde iç ve dış ortam sıcaklıklarına göre soğutma yapılması ve fan hızı kontrol edilecektir. Yapılan kontrolle ilgili bilgiler LCD ekran üzerinde görülebilecek ve istenilirse manüel olarak müdahale edilebilecektir. Bu devre ile sadece soğutma değil istenilirse ısıtma sistemi de devreye bağlanarak ısıtma da yapılması sağlanacaktır.

1.3. Tez Projesinin Özgün Yönü

Daha önce yapılan çalışmalar ve yapılan uygulamalar araştırıldığında genellikle soğutma sisteminin çalışma şekilleri ve kapalı bir döngüden bahsedilmektedir. Ayrıca LPG kullanımı olarak bakıldığında önceki çalışmalarda alternatif olarak LPG'yi soğutma sistemindeki soğutucu akışkan yerine kullanmakta ve soğutma miktarı araştırılmaktadır. Alternatif soğutucu gaz kullanımında kapalı çevrim soğutma sistemlerinde LPG'nin uygunluğu, çevreye etkileri, diğer gazlarla olan karşılaştırması yapılmaktadır. Farklı bir çalışma olan araçlar için yapılan LPG kullanarak soğutma sisteminde ise gazın buharlaştırıldığı regülatöre sıcak su girişi kesilerek regülatör üzerindeki soğuk etki fan yardımı ile araç kabinine gönderilmekte ve soğutma yapılmaktadır. Yapılan bu sistemde nasıl ki araçtaki sıcak su kalorifer peteklerinden geçirilerek ısıtma yapılyorsa LPG'nin buharlaştığı regülatör ile de soğutma yapılmıştır.

Bu çalışmada yapılacak olan sistem önceki çalışmalardan tamamen farklı bir sistem olmakla birlikte kullanım alanı çok geniş bir sistemdir. Yapılacak olan sistemin en özgün yönü yakıt olarak kullanılan LPG'nin yanmadan önce soğutma için kullanılması ve ortamı soğutmasıdır. Bu soğutma yapılırken soğutma sistemlerinin en önemli elemanları olan kompresör ve kondanser devre dışı bırakılacak ve enerji tasarrufu sağlanacaktır. Yapılan bu sistemin kontrol devresi ise bulanık kurallar kullanarak oluşturulmuş ve sistemin çalışması otomatik olarak denetlenmiştir. Ayrıca bu çalışmada sadece LPG değil doğalgaz ve benzeri sıvılaştırılmış yakıtların aynı şekilde kullanılması çalışmalarına yardımcı olacaktır. Gazın yönlendirilmesinde mikrodenetleyici ile yapılan kontrol devresi tasarımı da ilerideki çalışmalara yardımcı olacak şekilde tasarlanmıştır. Kullanılan valfler mikrodenetleyici ile LPG'yi yönlendirecek şekilde sisteme yerleştirilmiş ve istenildiği zaman soğutma istenildiğinde ise sadece yakıt olarak kullanılacaktır.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Klimalar ve soğutma sistemleri ve bu sistemlerin kontrolleri birçok araştırmaya konu olmuştur. Yaptığımız çalışmaya da ışık tutacak çalışmalarda farklı soğutucu akışkanlar kullanılmış ve sistem çalışması test edilmiştir. Bu çalışmalarda LPG ve birçok farklı gazın soğutmada kullanılması yapacağımız çalışmaya yol göstermiştir.

Klimalarda amaç kapalı mekânın iklim koşullarını otomatik değiştirmektir. Bunun için ilk girişim 16. Yüzyılda Leonard da Vinci'nin Milano dükü patronunun odasını soğutmak için su ya da kölelerce çevrilen fanıdır. Hindistan'da kullanılan insan gücüyle çalışan tavana asılı yelpazede klima için öncü buluşlardandır.

1844 Amerika'da bir hastane müdürü John Gorrie ilk soğutma makinesi projesini anlatmış ve ilk endüstriyel tip soğutma makinesini icat etmiştir. Bu makine tüm dünyaca kabul edilmiş ve üzerinde çalışmalar yapılarak geliştirilmiştir. Pistonlu kompresörün bulunmasıyla birçok uygulaması geliştirilmiş ve soğutma mühendisliği her geçen gün ilerleme kaydetmiştir.

Willis H. Carrier günümüzde kullanılan klima hesaplamalarının temelini oluşturan sıcaklık, nem ve ısı tutumu arasındaki ilişkiyi gösteren tabloyu icat etmiştir. 1922 yılında ilk santrifüj soğutma makinesini icat etmiştir. Klimalar ilk olarak sinemalarda ve tiyatrolarda kullanılmaya başlamıştır.

1930 yılında Dsi Pont firması florokarbon ve freon soğutucu gazlarını geliştirmiştir. 1935 yılında endüstri, ilk hermetik kompresörü piyasaya sürmüştür. Sektördeki bir diğer devrim ise, 1953 yılında ilk hava soğutmalı sisteme sahip uzay roketinin icat edilmesidir. Bundan sonra başlı başına bir sektör olan klimalar her geçen gün gelişerek kullanımı artmaktadır.

Ayrıca klima kontrol sistemleri hakkında yapılan çalışmalarda da farklı devreler tasarlanmış farklı denetleme mekanizmaları kullanılmıştır. Bu çalışmalar araştırıldığında birçok sensor kullanılmış manüel ve otomatik bir çok sistem denenmiştir. Bu sistemlerde farklı yöntemler kullanılmış bulanık kontrol ve dijital kontrol yöntemleri ile ilgili yapılan çalışmalar ışığında yeni bir kontrol sistemi tasarlanmıştır. Hem soğutma sistemleri hem kontrol sistemlerini geliştirmek üzere birçok çalışma yapılmıştır.

(Alsaad ve Hammad, 1998) ev tipi soğutma sistemleri için deneysel çalışmalar yapmışlardır. Ev tipi soğutma sistemlerinde kullanılan R-12 soğutucu akışkanına

alternatif LPG kullanılmıştır. Kullanılan LPG propan, bütan ve izobütandan oluşan bir karışımdır.

Meyer, LPG ile HCFC soğutucu akışkan karışımlarının performanslarını karşılaştırmıştır. Klima ve buzdolaplarında kullanılan HCFC-22 yerine LPG ve HCFC 407c'nin karşılaştırmasında soğutma kapasitelerinin aynı olduğunu göstermiştir.

(Jen Li ve Chia Su, 2003) propanın soğutucu akışkan olarak kullanılmasını deneysel olarak araştırmışlardır.

(Bansal ve purkayastha, 1998) soğutma sistemlerinde kullanılan HCFC-22 soğutucu akışkan yerine propan ve LPG kullanımının deneysel çalışmasını yapmıştır. Karışımı %98,95 propan, %1,007 etan ve %0,0397 izobütan olan LPG kullanılmıştır. Bu deneysel çalışma sonucunda LPG'nin iyi bir soğutucu akışkan olduğunu göstermiştir.

(Türkoğlu, 1999) buhar sıkıştırımlı soğutma sistemlerinde R-12, R-502 ve R-22 soğutucu akışkanlar yerine R-134a, R-404a, R-507 ve R-290 soğutucu akışkanların kullanımını incelemiştir. Belirli çalışma şartlarında farklı soğutucu akışkanların kullanımı incelenmiştir. Soğutucu akışkan seçimi için sonuçlar tablo ve grafiklere dökülmüştür.

Ree, R-22 soğutucu akışkan yerine kullanılabilecek alternatif soğutucu akışkan belirlenmesi için çalışmalar yapmıştır. Soğutma sistemlerinde gerekli değişimleri yaparak R-22 yerine R-404a, R-407c, R-410a soğutucu akışkanları kullanmıştır. R-22 yerine kullanılan akışkanların sonuçlarının oranları grafiklerle verilmiştir.

(Leonardi ve Maclaine-cross, 1995) 1994 yılında 5 farklı aracın klimalarında R-12 soğutucu akışkanı ve LPG karışımları ile denemeler yapılmıştır. Kullanılan LPG karışımı ile R12 den %10 daha fazla soğutma sağlanmıştır.

Akash ve Said, ev tipi soğutucularda R-12 soğutucu akışkanına alternatif olarak LPG kullanımı ve performansı üzerine deneysel çalışma yapmıştır ve LPG'nin daha iyi bir soğutma yaptığını bulmuştur.

(Şengür, 2005) ev tipi soğutma sistemlerinde R-12 soğutucu akışkan yerine LPG nin kullanılması için deneysel çalışmalar yapmıştır. Kullanılan LPG %30 propan %70 bütandan oluşmaktadır. Yapılan çalışmalar sonucunda iyi sonuçlar alındığı görülmüştür.

(Kurdan, 2006) araçlarda kullanılan LPG ile araçlarda klima tasarımı hakkında deneysel çalışmalar yapmıştır. Bu klima tasarımı ile motora yük olan klimanın verdiği olumsuz etkiyi azaltmak için deneysel çalışmalar yapılmıştır. Çalışmalar sonucunda farklı motor devirlerinde klimanın soğutması hakkında bilgiler verilmiştir.

(Avcı, 2009) İklimlendirme sistemlerinde otomasyon uygulamaları üzerine çalışma yapmıştır. Bir klima santralinin bilgisayarla kontrolü ve sağlayacağı enerji tasarrufunu belirlemede çalışma yapmıştır. Bu çalışmada visual basic ile arayüz hazırlanarak iklimlendirme kontrolü yapılmaya çalışılmış ve deneyler hakkında bilgiler verilmiştir. Yapacağımız çalışmada da iklimlendirme kontrolü yapılacağı için bu çalışma bize yol göstermiştir.

(Özkan, 1997) Bulanık mantık ile sıcaklık ve nem kontrolü üzerine çalışma yapmıştır. Bulanık koşullu çıkarım mekanizması kullanılmış olup çeşitli parametreleri daha esnek kontrol edilebildiğini göstermiştir. Bu çalışma için tasarlanan sistem kişisel bilgisayar ADC kart ve sensörlerden oluşmaktadır. Bu çalışmada sıcaklık ve nem kontrolü bulanık mantıkla yapılmış olup deneysel olarak sonuçlar gözlenmiştir. Bulanık mantığın daha esnek bir kontrol mekanizması olduğu deneylerle gösterilmiştir.

(Etik,2007) Ameliyathane için gerekli ve sağlıklı ortam şartlarını ve gerekli iklim şartlarının sağlanması için bulanık uzman sistem kontrollü bir tasarım yapmıştır. Ameliyathaneler incelenmiş ve uygun sistem araştırılarak daha verimli ve konforlu bir sistem olup olmadığı araştırılmıştır. Bulanık uzman sistemle ameliyathanenin nasıl kontrol edilebileceği avantaj ve dezavantajları araştırılmıştır. Çalışmada bir ameliyathane prototipi yapılmış ve uygun konfigürasyon tasarlanmıştır. Uzman bir kişiyle uygun dilsel ifadeler ve üyelik fonksiyonları belirlenmiştir. Sistem verileri anlık olarak bilgisayara kaydedilmiş ve uygun kontrolü sağlayıp sağlamadığı kontrol edilmiştir. Bu çalışma sonucunda bulanık uzman sistemi ile ameliyathane prototipi kontrolünde iyi sonuçlar alındığı gözlenmiştir.

(Akgül, 2006) Çalışmasını Bulanık Mantık Yardımıyla Doğal Havalandırma Yapılan bir Serada Sıcaklık ve Bağıl Nem Kontrolünün Modellenmesi üzerine yapmıştır. Bu çalışmada doğal havalandırma yapılan bir serada, domates bitkisinin bulunduğu döneme ait yetiştirme isteklerine dayalı olarak gün içerisinde (24 saat), pencere açıklığı miktarına karar verme işlemi Bulanık Mantık kullanarak modellenmiştir. Modelleme çalışmasında sera dışı sıcaklık, sera içi sıcaklığı ve sera içi bağıl nemi kullanılmıştır.

(Tezcan, 2010) Programlanabilir mikro denetleyici kullanarak mekanik kumandalı araç klimalarının otomatik kontrolü olmalarını sağlayacak bir sistemin tasarımı ve deneysel araştırılması tezinde araçlarda iklim koşullarından kaynaklanan olumsuz koşulları gidermek için iklimlendirme sistemi yapmıştır. Çalışmada SHT nem ve sıcaklık sensörü ile araç içerisindeki sıcaklık değeri, DS1820 sensörüyle de araç dışı

sıcaklık değeri alınmıştır. Bu bilgilere göre PIC 16F452 mikro denetleyicisi ile araç içi sıcaklık değeri fan hızı ve hava yön kontrolü ile sağlayacak çalışma yapmıştır.

(Yüklü, 2006) PIC mikrodnetleyici ile kapalı ortamda sıcaklık ve nem kontrolü çalışması yapmıştır. Bu çalışmada kapalı bir ortamda sıcaklık ve nemin istek doğrultusunda değişimini gerçekleştiren kontrolü PIC mikrodnetleyici kullanarak gerçekleştirilmiştir. Bu amaca ulaşmak için sıcaklık ve nem sensörleri incelenmiştir. Sıcaklık ve nemin kontrolü işleminde bu değerleri dijital olarak ölçmek ve kontrol etmek için PIC mikrodnetleyicisinin kullanıldığı donanımlar geliştirilmiştir. Bu çalışmada sıcaklık ölçümü için LM35 kapalı ortamda sıcaklık ve nem ölçümü için SHT11 sensörü kullanılmıştır.

(İyilik, 2006) Yaptığı çalışmayla mikrodnetleyici kullanarak bir yumurta üretme çiftliği için ısı aydınlatma ve su için kontrol sistemi üzerine tasarım yapmıştır. Yapılan tasarımda sıcaklık sensörü ve LCD kullanımı üzerine bilgiler verilmiştir. Ayrıca sıvı seviye tespiti için RF alıcı verici modül kullanımı hakkında bilgiler verilmiştir.

(Aydoğmuş, 2006) Yapılan bu çalışma ile DC bir motorun geniş bir hız aralığında dört bölgesi kapalı çevrim hız kontrolü gerçekleştirilmiştir. Motor kontrolü için tasarlanan devrede PIC mikrodnetleyici kullanılmıştır. Ayrıca yazılım dili olarak C dili kullanılmıştır. Bu çalışmanın amacı esnek, güvenilir ve verimli bir şekilde PIC mikrodnetleyici tabanlı ve kapalı-çevrim dört-bölgeli bir DC motor sürücü sisteminin düşük maliyetle gerçekleştirilebileceğini göstermektir.

(Özel, 2009) Darbe genişlik modülasyonu (PWM) yöntemi ile DC motorunun hız ayarı uygulama ve simülasyon olarak gerçekleştirilmiştir. Uygulamaya yönelik yapılan çalışmada, DC motoruna uygulanan besleme gerilimi, yarı iletken güç elemanları ile kontrollü bir şekilde değiştirilmiştir.

(Faris, 2008) Bulanık mantık uygulamasıyla DC motorun hız kontrolü isimli çalışmasında hız kontrolü için etkili ve ucuz bulanık kontrolör tasarlamıştır. PI ve bulanık denetleyici ile çalıştırılmaları karşılaştırılmıştır.

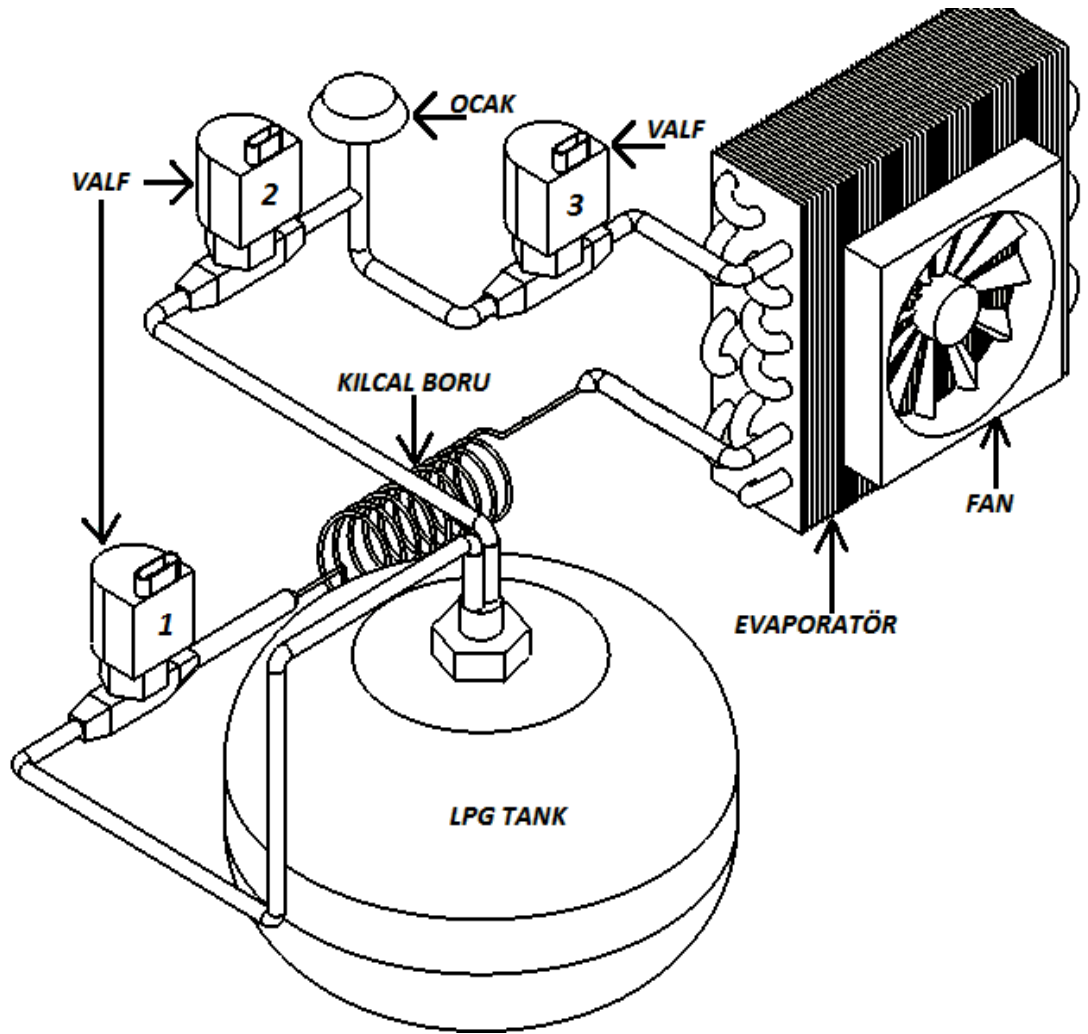
(Lafont ve Balmant 2002), bir klimanın bulanık mantık yöntemiyle kontrolünü yapmıştır. Klima bir sera iklimlendirmesi için kullanılan bir klima olup iç ve dış sıcaklık, toplam ışınlm, bağıl nem ve rüzgar hızı parametrelerine kullanmıştır.

(Caponetto ve ark. 1998), klima kontrol etmek için Bulanık Mantık yöntemini kullanmışlardır. Kullanılan klima serada kullanılacak olup amacı modern bir sera elde etmektir. Bunu yaparken de bulanık mantığı kullanmıştır.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

Bu tez çalışmasında farklı bir klima tasarımı ve bu klimanın kontrol sisteminin tasarımı gerçekleştirilmiştir. Sistem iki bölümden oluşmaktadır bunlar; Sistemin çalışmasını ve kontrolünü sağlayacak olan kontrol kartı ve kompresör kullanmadan mevcut LPG'yi soğutma için kullanan soğutma sistemimizdir.

LPG ile kompresör kullanmadan soğutma yapacağımız klima sisteminin temel yapısı Şekil 3.1.'de gösterilmiştir. Sistemin çizimi SolidWorks2010 çizim programı ile çizilmiş olup sistemin genel yapısını göstermektedir.



Şekil 3.1. Kompresörsüz klima sistemi

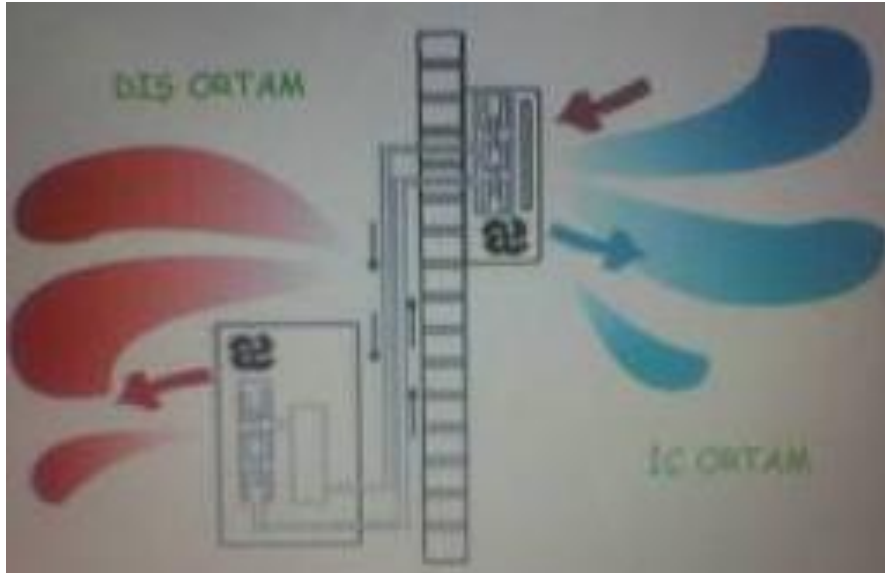
Şekil 3.1.' de görülen düzenekte kullanılan valfler LPG'li araçlarda yakıt sistemlerinde kullanılan LPG uyumlu valflerdir. Valfler 12 volt DC gerilim ile

çalışmaktadır. 3. Valfin kullanılmaması soğutma açısından herhangi bir problem oluşturmaz. Burada 3. valf sistemde tam bir by-pass sağlamak için kullanılabilir. Ayrıca kullanacağımız fan ise DC gerilim ile çalışan hava sirkülasyonuna yardımcı bir elamandır.

Sistemin kontrol devresinde PIC16F877 mikrodnetleyicisi kullanılmıştır. Bu kontrol devresi soğutma sisteminin yanında ısıtma sistemlerini de kontrol edecek şekilde tasarlanmıştır. Yazın sıcaktan kışın ise soğuktan kaynaklanan olumsuzluklar bu şekilde minimize edilecektir. Yaptığımız tez çalışmasında sadece soğutma sistemi devreye bağlanmıştır. Ancak ısıtma sisteminin de çalışmasının gözlemlenmesi için röle çıkışlarına bağlanan ledler ve LCD ekran ile sistem çalışması gözlemlenebilmektedir.

Yaptığımız bu çalışmada amaç LPG'nin yakıt olarak kullanırken aynı zamanda açık çevrim bir soğutma sağlayacak sistemin kontrol devresini tasarlamak ve uygun yazılımı geliştirmektir. Ayrıca soğutma sistemindeki en çok enerji tüketen kompresörün devreden çıkarılması ile kullanılan elektrik enerjisi miktarıda minimum seviyeye çekilmeye çalışılmıştır. Bu sayede hem mutfaklarda ortamın serinletilmesine yardımcı bir sistem hem de bu sistemi kontrol edecek elektronik kart tasarlanmıştır.

Yaptığımız sistemin en önemli özelliği kompresör ve kondanserin sistemden çıkarılmasıdır. Şekil 3.2.' de görüldüğü gibi split bir klimada iç ünite ve dış ünite olarak iki bölüm bulunurken bu çalışmada dış ünite tamamen devreden çıkarılmıştır.



Şekil 3.2. Split klima yapısı

Sistem kontrolünde kullanılacak olan mikrodnetleyici yazılımını geliştirmek için şekil 3.1.'de gösterilen sisteme göre sensörler, valfler ve fan çalışmasına göre mikrodnetleyici tabanlı bir kontrol kartı tasarlanmıştır. Ortam ısısına göre hava sirkulasyonu sağlayacak olan fan hızı ayarı bulanık kurallara göre PWM (Pulse Width Modulation) sinyalinde duty cycle oranı değiştirilerek sağlanmıştır. Kontrol kartı mikrodnetleyicisi için yazılım geliştirilirken Custom Computer Services (CCS) firmasının ürünü olan çevresel kontrol ara yüzü C (Peripheral Interface Controller C - PICC) programlama dili kullanılmıştır. Kontrol kartı tasarımı ise elektronik simulasyon programı olan Proteus programında gerçekleştirilmiştir.

3.1. Soğutma Sistemleri ve Soğutucu Akışkanlar

Soğutma ve soğutma sistemlerinin çalışmasında temel olarak ısının yer değiştirmesi yatmaktadır. Soğutma sistemlerine geçmeden önce ısının ne olduğunu transfer yöntemlerini bilmek gerekmektedir. Isı bir enerji çeşididir ve yoktan var olup var iken yok edilemez sadece yer ve şekil değiştirebilir.

3.1.1. Termodinamik ve soğutma evrimleri

Isı bir maddeyi oluşturan moleküllerin kinetik enerjilerinin toplamıdır. Soğutma sistemlerinde amaç ısıyı başka şekillere dönüştürmek değil başka bir yere transfer etmektir. Bir ortamdan ısı alınır ve başka bir ortama aktarılır.

Bir maddenin sıcaklığını değiştirmek için gerekli ısı; onun kütlesine, cinsine ve sıcaklık farkına bağlıdır. Buna göre sıcaklık formül 3.1'e göre bulunur.

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta T \quad (3.1)$$

Q = cisme uygulanan ısı miktarı

m = cismin kütlesi

c = cismin öz ısısı

ΔT = sıcaklık farkı

20°C sıcaklıkta 500 gr kütleli suya 4000 cal ısı enerjisi uygularsak son sıcaklığı formül 3.1.'e göre;

$$Q = 4000 \text{ cal}$$

$$m = 500 \text{ gr}$$

$$c = 1 \text{ cal/gr}^\circ\text{C}$$

$$4000=500.1. \Delta T' \text{den}$$

$\Delta T = 8^{\circ}\text{C}$ bulunur. Buna göre suyun son sıcaklığı $20+8=28^{\circ}\text{C}$ bulunur.

Özgöl ısı ise bir maddenin 1kg'lık kütesinin sıcaklığını 1°K artırmak için gerekli ısı miktarıdır. Gazların ısıtılması söz konusu olduğunda, özgül ısı için iki farklı durum bulunmaktadır. Bunlar;

- 1) Sabit hacimde ısıtma (C_v),
- 2) Sabit basınçta ısıtma (C_p)'dır.

Örneğin ideal kuru hava için; $C_v=0,717 \text{ kJ/kgK}$, $C_p=1,004 \text{ kJ/kgK}$ dir.

Güç ihtiyacını karşılamak için yapılan buhar makinelerinin ortaya çıkmasıyla 18. yüzyılda yapılan araştırmalar termodinamik bilimini ortaya çıkarmıştır. Enerji ve kuvvet uygulanmış cisimlerin incelenmesi anlamına gelen Termodinamik fiziğin ısı ile enerji arasındaki bağlantılarını inceleyen ve enerjinin şekil değiştirmesi ile uğraşan kolu olarak tanımlanır. Termodinamik ilk kez Lord Kelvin tarafından bir yayında kullanılmıştır.

Termodinamik, otomobillerden uçaklara ve uzay araçlarına, elektrik güç santrallerinden iklimlendirme sistemlerine ve bilgisayarlara kadar çok geniş uygulama alanlarına sahiptir.

Termodinamiğin sıfıncı yasası temel bir fizik ilkesidir ve 1931 yılında Ralph H. Fowler tarafından tanımlanmıştır. Termodinamiğin sıfıncı yasası İki sistem birbiriyle etkileşim içerisindeyken aralarında ısı alışverişi olmuyorsa sistemler termodinamik olarak dengededir. Sıfıncı yasaya göre A, B, C olmak üzere üç sistemden, A ile B termodinamik dengede ve B ile C de termodinamik dengedeysen A ile C sistemleri de termodinamik dengededir.

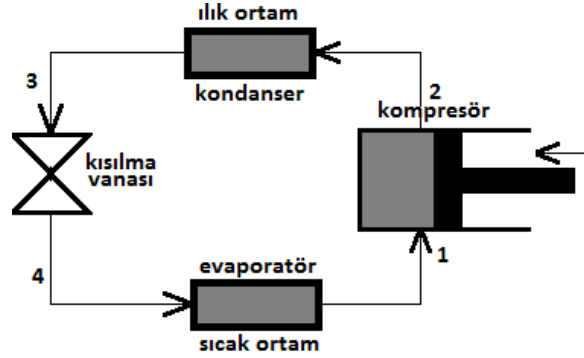
Termodinamiğin birinci yasası enerjinin korunumundan bahsetmektedir. Enerji tanım olarak kısaca iş yapabilme yeteneğidir. Enerji yoktan var edilemez ve var olan enerjide yok edilemez ancak başka şekle dönüşebilir. Isı da bir enerji türüdür tüm enerjilerin dönüşebileceği en son halidir. Bütün enerjiler en sonunda ısı enerjisine dönüşürler. Bir sistemin bir çevrimi sırasında ısı alışverişi ile iş alışverişi birbirine eşit olmak zorundadır.

Termodinamiğin ikinci yasasına göre ısı enerjisinin iletilmesi için bir sıcaklık farkı olmalıdır. Isı sıcak olandan soğuk olan cisme doğru hareket eder. Bu hareket sıcaklık farkı olduğu sürece devam eder. Isı transfer oranı sıcaklık farkına bağlıdır sıcaklık farkı artarsa ısı transfer oranı da artar. Bu yasaya göre verim hiçbir zaman 1 den büyük olamaz.

Bir sistem farklı durumları sırası ile takip ediyor ve en sonunda önceki haline geri dönüyorsa termodinamik bir çevrim oluşur ve sistem çevresine iş yapabilir. Fransız bilim adamı Nicolas Leonard Sadi Carnot tarafından 1820'ler de bulunan Carnot ve Ters Carnot çevrimi ısı makinelerinin ideal çevrimi olarak kabul edilmektedir. Isı makinesi enerjiyi bir yerden başka bir yere transfer eder.

Carnot çevrimi, kapalı veya sürekli akışlı açık bir sistemde gerçekleştirilebilir. Isıl verimi en yüksek olan çevrimdir. Carnot çevrimi tersinirdir yani tersine de gerçekleşebilir. Bu nedenle hal değişimleri ters yönde de gerçekleşebilir. Carnot çevriminde gerçekleşen hal çevrimleri ters yönde gerçekleşirse Ters Carnot çevrimi adını alır.

Isıyı bir yerden başka bir yere transfer eden buhar sıkıştırımlı soğutma çevrimi soğutma makinelerinde, iklimlendirme sistemlerinde ve ısı pompalarında en çok kullanılan çevrim türüdür. Şekil 3.3.' de ideal buhar sıkıştırımlı soğutma çevrimi sisteminin blok şeması verilmiştir.



Şekil 3.3. İdeal buhar sıkıştırımlı soğutma çevrimi

İdeal buhar sıkıştırımlı soğutma çevrimi dört hal değişiminden oluşmaktadır. Şekil 3.3.'deki numaralanmış sıralamaya göre;

- 1-2 Kompresörde sıkıştırma: Soğutucu akışkan kompresöre buhar halinde girer ve kondanser basıncına sıkıştırılır.
- 2-3 Yoğuşturucuda çevreye sabit basınçta ısı geçişi: Soğutucu akışkan kızgın buhar halinde kondansere girer ve doymuş sıvı olarak ayrılır ve çevreye ısı geçişi olur.
- 3-4 Kısılma: doymuş sıvı halden genleşme vanası ile evaporatör basıncına kısılr. Buradan evaporatöre geçiş olur.

- 4-1 Buharlaştırıcıda akışkana sabit basınçta ısı geçişi: Evaporatörde sıvı buhar karışımı çevreden ısı alarak tamamen buharlaşır ve doymuş buhar halinde evaporatörden çıkar. Buradan kompresöre girerek çevrim tamamlanır.

3.1.2. Saf maddenin faz değişimi ve gizli ısı

20 °C sıcaklık ve 1 ATM basınçta içinde su bulunan bir silindir-piston düzeneğinde su sıvı fazdadır. Burada su sıkıştırılmış sıvı veya soğutulmuş sıvı diye adlandırılır. Düzenek ısıtılırsa, sıcaklık artarken su çok az genişler ve piston biraz yükselir. Bu işlem sırasında suyun basıncı değişmez. Sıcaklık 100 °C'ye geldiğinde, faz değişimi başlar. Buharlaşmanın başlangıcı olan bu duruma doymuş sıvı durumu denir. Buharlaşma başladıktan sonra, sıvının tamamı buhara dönüşünceye kadar, sıcaklıkta herhangi bir artış olmaz. Isıtma sürdürülürse tüm sıvı buhara dönüşür. Bu durumda silindirin içerisi, yoğuşmanın sınırında olan buharla doludur. Yoğuşma sınırında olan buhara doymuş buhar denir. Bundan sonra ısıtma sürdürülürse sıcaklık ve özgül hacmin arttığı görülür. Yoğuşma sınırında olmayan bu buhara da kızgın buhar denir.

1 LB suyun ısısını 50° F'dan 51° F'a artırmak için 1 BTU gerekir. Yine 1 LB suyun ısısını 157°F'dan 158°F'a artırmak için de 1 BTU gerekir. Ancak 1 LB suyun ısısını 212°F'dan 213°F'a artırmak için 1 BTU kullanıldığında ısı değişmeyecektir. Bunun sebebi su 212°F'da kaynar ve daha fazla ısı almaz gaz fazına geçer. 1 LB su buharlaşma için 970 BTU alır. Buna buharlaşmanın Gizli Isısı denir ve 1 LB su için 970 BTU' dur.

Gizli ısı ve BTU soğutma sanayisinde soğutma sistemlerinde en çok kullanılan iki ifadedir. BTU (british thermal unit) 1 libre (453,6 gr) suyun sıcaklığını 63° F'den (17.2222 °C) 64 °F'ye (17.7778 °C) çıkartmak için gerekli olan enerji miktarıdır. Yani 1 libre suyun ısısını 1 °F arttırmak için gereken ısıdır. Bu tanım, sıcaklık değişimlerinin 1 atmosferlik basınç altında ölçümleri şartında geçerlidir. Soğutma endüstrisinde 12000 BTU'luk klima denilmesi birim saatte 12000 BTU ısının yer değiştirmesini ifade eder.

Soğutma işleminde ısı transferi en önemli yeri tutmaktadır. Öncelikle soğutulan ortam ısı transferine maruz kalır ki, bunun nedeni soğutulan hacme çevre hacimlerden bir akış meydana gelmesidir. Soğutulan ortam çevrenin etkisiyle sürekli olarak ısınır. Evaporatör tarafından alınıp soğutucu akışkana geçirilen ve soğutma yükü olarak isimlendirilen bu ısı buhar sıkıştırma çevriminde kompresör tarafından sıkıştırma

işlemiyle kondansere taşınır. Kondanser evaporatörden aldığı ısıyı soğutma çevriminden uzaklaştırır.

Isı transfer olayı üç şekilde gerçekleşir bunlar;

- Kondüksiyon
- Konveksiyon
- Radyasyon olarak adlandırılır.

Kondüksiyon ya da iletim, madde veya cismin bir tarafından diğer tarafına ısının iletilmesi ile oluşan ısı transferidir. Doğrudan fiziksel teması olan ya da aynı ortamda bulunan bölümler arasında meydana gelen ısı geçişidir. Isı yüksek sıcaklıktaki bölgeden düşük sıcaklıktaki bölgeye doğru akar.

Konveksiyon (taşınma) ile ısı transferinde enerji taşınımı akışkan hareketi ile sağlanır. Ortam bir sıvı veya gaz olabilir, sıcaklık farkından dolayı akışkan hareketi ile ısı enerjisi bir bölgeden diğer bir bölgeye transfer edilir. Soğutucu sistemlerde akışkanlar ve katı cisimler birbirinden ayrılmaktadır.

Radyasyon veya ışıyım ile ısı transferinde elektromanyetik dalgalar veya parçacıklar biçimindeki enerji yayımı ya da aktarımıdır. Sıcaklığın artması, taneciklerin hareketini ve dolayısıyla ışıma şiddetini artırır. Radyant ısı, koyu renkli veya donuk cisimler veya maddeler tarafından kolayca soğurulur. Bu nedenle buzdolapları açık renkte imal edilirler.

3.1.3. Soğutma sistemi elemanları

İki maddeden biri diğerinden daha az ısı içeriyorsa az ısı içereni soğuk olarak tarif ederiz. Hâlbuki soğuk başlı başına bir tanım olamaz ısı bir enerji birimi ise enerjisi az olan çok olan olarak sınıflandırılabilir. Soğutma yapılacaksa bir yerden ısı alınması ve başka bir yere taşınmasından yani ısı transferinden bahsedilmelidir.

Soğutma kısaca ısının alınması ve başka yere taşınması işlemidir, soğutucu ise bir maddenin ya da bir ortamın sıcaklığının onu saran hacim sıcaklığının altına indirilmesi ve orada muhafaza edilmesi işlemidir. Bir odada oturan insanların alıp verdiği nefesle ısınan bir odadan farklı yöntemlerle ısının dışarı alınmasıdır, (Şengür, 2005).

Soğutucuların çalışmasında amaç ısıyı bir yerden başka bir yere transfer etmek ve soğutulan hacmin ısını dış ortam ısından daha düşük olarak muhafaza etmektir. Isıyı bir yerden taşırken soğutucu akışkanın faz değişimleri kullanılmaktadır. Faz

değişimlerinde çevreden alınan ısı ya da çevreye verilen ısı ısıtma ya da soğutma maksadıyla kullanılır. Şekil 3.4.'de Mekanik Soğutma Sisteminde de görüldüğü gibi buhar sıkıştırılmalı soğutma da soğutucu akışkanın sıvı ve gaz haline geçişleri sırasında ortamlardan ısı taşınması görülmektedir. Burada evaporatörde çevreden ısı alırken kondanserde çevreye ısı verilmektedir.

Soğutma bir madde veya ortamın ısısının başka yere alınması işlemidir ve bunun için kullanılan sistemler ise soğutma sistemleridir. Bugüne kadar soğutma işlemi için birçok yöntem kullanılmıştır. Bu yöntemlerden bazıları şunlardır;

- Sürekli gaz yöntemi,
- Süblimleşme ısısından yararlanarak soğutma,
- Dondurucu karışımlarla soğutma,
- Sıvıların buharlaşma gizli ısısından yararlanarak soğutma,
- Katı maddelerin ergime gizli ısısından yararlanarak soğutma,
- Buhar sıkıştırma yöntemi, (Şengür, 2005).

Bu yöntemlerden en çok kullanılanı mekanik soğutma sistemi olan buhar sıkıştırma yöntemidir.

Sürekli gaz yönteminde kullanılan soğutucu havadır. Hava soğutma yaparken hal değişimine uğramaz. Bu yöntemde hava bir kompresör yardımı ile sıkıştırılır. Hava sıkışma sırasında ısınır. Isınan hava su yardımı ile soğutulur. Sıcaklığı düşürülen basınçlı hava soğutulacak bölgede genişletilirse çevresini soğutur. Basınç altındaki gazlar genişleme esnasında çevreden ısı alırlar. Genişleyen havada çevreden ısı alır ve soğutma yapılmış olur.

Süblimleşme olayı katı halden direkt gaz hale geçme olayıdır. Bazı katılar sıvı hale geçmeden gaz hale geçerler, bazı gazlarda sıvı hale geçmeden katı hale geçerler. Böyle maddelere süblime maddeler denir. Süblime katılar gaz hale geçerken çevreden ısı alırlar. Süblimleşme sırasında alınan bu ısı ile soğutma yapılabilir. Katı karbondioksit bunun için örnek olabilir. Katı karbondioksit $-79,8^{\circ}\text{C}$ 'de süblimleşir süblimleşme sırasında çevreden ısı alır.

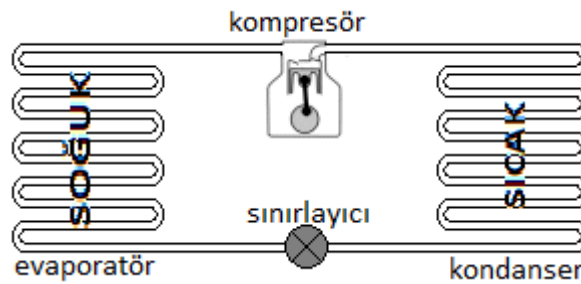
Dondurucu karışımlarla soğutmada tuzun kar veya buz ile karışımı sonucu tuz ve su molekülleri arasında oluşan bağ enerjisi karışımdan alınır ve karışım soğutulmuş olur. Bu soğutulan karışım ile soğutulacak olan madde ya da ortam yan yana getirilir. Soğutulacak olan maddeden karışıma ısı akışı olur ve soğutma yapılır.

Gizli ısı sıvının buharlaşırken çevreden aldığı ısıdır. Sıvı buharlaşma tamamlanana kadar çevreden ısı alır ve soğutma yapılabilir. Elimize sürdürdümüz kolonyanın buharlaşırken bizi serinletmesi buna bir örnektir.

Ergime gizli ısı katıların sıvı hale geçerken aldıkları ısıdır. Bir katı erirken çevreden ısı alır. Örnek olarak bir buzlu bir maddeye birleştirir ya da bir ortama koyarsak buz erirken çevresinden ısı alarak bu maddeyi ya da ortamı soğutur.

Mekanik (Buhar sıkıştırılmalı) Soğutma sistemi; ekovat, kondanser, drayer, kılcal boru, evaporatör, dönüş borusu, soğutma gazı ve termostattan oluşan ve ısıyı bir yerden başka bir yere taşıyan sistemdir. Şekil 3.4. de en basit yapısıyla mekanik soğutucu sistemin blok şeması verilmiştir.

Mekanik soğutma sisteminde kompresörde yüksek basınçla sıkıştırılan soğutucu akışkan kızgın buhar halinde kondansere gönderilir. Soğutucu akışkan kondanserde çevreye ısı verir ve yoğuşur. Kondanserde yoğuşan soğutucu akışkan sınırlayıcı ile alçak basınca düşer ve ıslak-buhar halde evaporatöre girer. Evaporatörü çevreleyen ortamın sıcaklığının altında bir sıcaklığa sahip olan soğutucu akışkan ortamın ısını çekerek, ortamı soğutur. Evaporatör çıkışında doymuş buhar halde kompresör tarafından emilir.



Şekil 3.4. Mekanik soğutma sistemi

Soğutma sisteminde bu çevrim sürekli olarak devam eder. Bu çevrimin tam tersi olan ısı pompası çevriminde ise kondanserden atılan ısıdan yararlanılarak bir ortamın ısınması sağlanır. İkisi arasındaki fark kullanım amacıdır.

Soğutma sistem tasarımında dikkate alınması gereken en önemli noktalardan biri, sistemin buharlaşma ve yoğuşma bölümleri arasında uygun bir dengeyi tesis edilmesi ihtiyacıdır. Bir soğutma sisteminde birbirine seri olarak bağlanan buharlaştırıcı ve yoğuşurucu arasında bir denge noktası kendiliğinden otomatik olarak oluşur. Bunun nedeni buharlaşma ve yoğunlaşma hızlarının eşit olması gereğidir. Yani buharlaştırıcı

buharlaşıp yoğuşturucuda yoğuşturulan buhar miktarı her zaman buharlaştırıcı sıvı soğutucu akışkanın buharlaşarak ısı çekmesi sonucu elde edilen buhar miktarına eşit olacaktır. Bir soğutma sisteminde tüm elemanlar birbirlerine seri olarak bağlı olduğu için, tüm elemanlardaki soğutucu akışkan debisi de aynı olacaktır. Sonuç olarak bir soğutma sisteminde kullanılan elemanların kapasitelerinin de aynı değerlerde olması gerekir. (Şengür, 2005)

Bugüne kadar birçok soğutma yöntemi kullanılmıştır. En çok kullanılan sistem olan buhar sıkıştırımlı soğutma sistemini oluşturan elemanlar şunlardır;

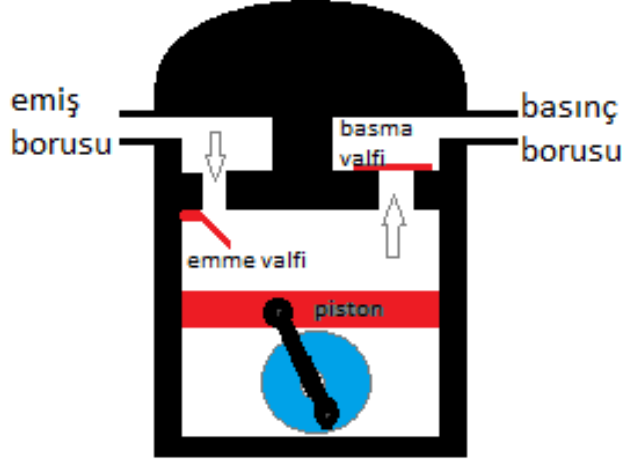
- Ekovat (kompresör, sıkıştırıcı),
- Kondanser (yoğunlaştırıcı),
- Drayer,
- Kılcal boru,
- Evaporatör (buharlaştırıcı),
- Dönüş borusu,
- Soğutucu akışkan (soğutma gazı).

3.1.3.1. Ekovat (kompresörler)

Komprasörler soğutma sisteminde çalışma sırasında en çok güç harcayan elemandır. Soğutma sisteminde kompresör ısı yüklenmiş soğutucu akışkanı alıp ısı yüklenmemiş akışkana yer açarak akış sürekliliği sağlar ve buhar haldeki soğutucu akışkanın basıncını yoğuşma basıncına çıkartır. Soğutma kompresörleri, buharlaştırıcıdan alçak basınç ve kızgın buhar halindeki soğutucu akışkanı emerek, yoğuşturucuya yüksek basınç ve kızgın buhar halinde gönderen iş makineleridir. Yani buharlaştırıcı ve yoğuşturucudaki ısı ile yüklü soğutucu akışkanın yerine ısı yüklenmemiş soğutucu akışkanı dolaştırarak, soğuk kaynaktan sıcak kaynağa ısı iletimini sağlar. Aynı zamanda buhar halindeki soğutucu akışkanın basıncını, kondenserdeki yoğuşma sıcaklığına karşılık gelen seviyeye çıkartır, (Kabul,2008).

Kompresörün soğutma sisteminde iki görevi vardır. Gazı sıkıştırır ve soğutma için gereken döngü akışının devamını sağlar. Burada sıkışan gaz ortamdaki ısıyı almış olan gazdır. Örnek olarak bir buzdolabına konulan sebzelerin ısını alması gaz diyebiliriz. Burada gazı sıkıştırmamızdaki amaç ise gaz halden sıvı hale geçişi sağlamaktır. Gaz halden sıvı hale geçerken soğutucu akışkan ortamdaki ısıyı

dışarıya verir. Sıvı buharlaşırken ısı alır sıvı hale geçerken ısı verir. Burada da dışarıya verilen ısı sebzelerden alınan ısıdır. Şekil 3.5.'de görülen yapıda kompresörlerde ısı yüklü gazı emmek ve bu gazı basmak için iki boru bulunmaktadır.



Şekil 3.5. Kompresör

Bir soğutma sisteminin çalışmasında en önemli eleman olan kompresörlerde aranan özellikler şunlardır.

- Kısmi yüklerde verimin düşmemesi
- Emniyetli ve güvenilir olması
- Titreşim ve gürültü seviyesinin farklı şartlarda belirli seviye üstüne çıkmaması
- Uzun ömürlü olması az bakım gerektirmesi
- Az güç harcayarak istenilen soğutmayı sağlaması
- Maliyetin düşük olması.

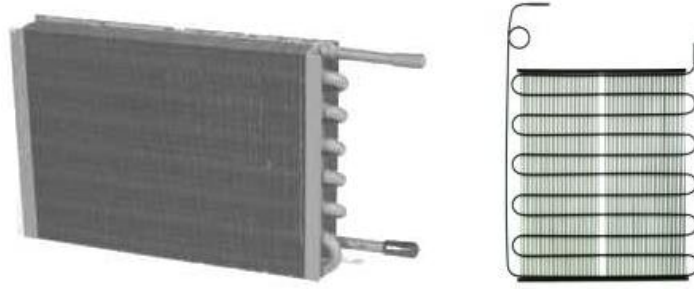
Kompresör seçilirken bu şartların hepsinin sağlanması çok zordur. Ancak seçim yapılırken şartlardan bir kaçının sağlanması yeterlidir. Soğutma sistemlerinin uzun süreler bakım görmeden çalışması önemlidir. Bu yüzden tamamen kapalı kompresör sistemleri geliştirilmiştir. Soğutucularda kullanılan kompresörler genellikle piston silindir, döner piston, vidalı kompresör ve sarmal kompresör tiplerindedir.

3.1.3.2. Kondanser (Yoğusturucu)

Soğutma sisteminde ısının dışarı atıldığı kondanser (Yoğusturucular) gaz fazında kompresörden çıkan soğutma akışkanını sıvı fazına dönüştüren ısı değiştiricileridir.

Soğutma sistemlerinde soğutucu akışkanın ortamdan aldığı ısı ve kompresörde eklenen ısı kondanser tarafından sistem dışına alınır. Gaz fazındaki soğutucu akışkan burada sıvı hale gelerek basınç arttırılır ve tekrar ısı alacak duruma getirilir. Soğutma sistemleri sebzelerimizden ve kompresörden aldığı ısıyı burada dışarı atar,(Çoban).

Kondanserlerde ısı alışverişi kızgınlığın alınması, soğutucu gazın yoğuşturulması ve aşırı soğutma olmak üzere üç aşamada gerçekleşir. Kondanser yoğuşma için fiziksel alanın %85'ini kullanır, %5 kızgınlığın alınması ve %10'da aşırı soğutma için kullanılır.



Şekil 3.6. Kondanser

Şekil 3.6.'da kondanser çeşitleri görülmektedir. Genel olarak üç tip kondanser mevcuttur bunlar;

- Su soğutmalı kondanseler
- Hava soğutmalı kondanseler
- Su-hava soğutmalı kondanselerdir.

3.1.3.3. Drayer ve Kılcal Boru

Drayerler sistemin verimli çalışabilmesi için soğutucu akışkanı süzer ve kurutma yapar. Soğutmanın kalitesi ve sistemin verimi iç temizlikle doğrudan ilgilidir. Sistemde dolaşan akışkanın ve yağın kuru temiz olması en temel şartımızdır. Akışkan sisteme basılmadan önce ya da diğer elemanlardan su karışabilir. Karışan su soğutma yapılırken evaporatör girişinde donar ve tıkanıklık yapar. Soğutma sisteminde arızalanma olmaması ve soğutmanın sağlıklı olması için bu gibi olumsuzlukları oluşturacak toz ve suyun süzülmesi ve kurutulması gerekmektedir. Drayer ve süzgecin amacı kondanser

çıkışına konularak su ve asitleri emer ve küçük katı maddeleri süzer. Evaporatöre gidecek olan soğutucu akışkanı temizler ve soğutmayı engelleyecek tıkanıklıkları önler.

Kılcal boru, soğutma sisteminde kondanser ile evaporatör arasında bulunan küçük çaplı borudur. Borunun iç çapı ve uzunluğu soğutma sistemi kapasitesine göre seçilir. Kılcal boru çapları genelde 0,76-2,16 mm arasındadır. Genellikle düşük kapasiteli evsel soğutucularda kullanılmaktadır. Son yıllarda yüksek kapasiteli soğutma devrelerinde de kullanımı yaygınlaşmaktadır. Kılcal borunun ideal kullanım uzunluğu 1,5 ile 2 metre arasındadır.

Kılcal borunun soğutma sistemlerinde iki görevi vardır bunlar;

- Kondanserden çıkan sıvı haldeki soğutucu akışkanın basıncını düşürmek ve yeterli miktarda evaporatöre göndermek.
- Kompresör çalışması durduğunda alçak ve yüksek basınç devreleri arasında basınç dengelemesi yapar. Kompresör tekrar kalkış yaparken büyük bir basınç yükü ile karşılaşmaz.

Kılcal boruda soğutkan akışı 3 farklı rejimde gerçekleşmektedir. Kondanser çıkışında bir miktar aşırı soğumuş olan soğutkan kılcal boruya girmektedir. Pürüzlü kılcal boru iç yüzeyi ile soğutkan arasında gerçekleşen kayma gerilmeleri sürtünme kayıplarına neden olmaktadır. Kılcal boruda gerçekleşen sürtünme kayıpları sonucu soğutkan basıncı kılcal boru giriş sıcaklığına karşılık gelen doyma basıncına düşene kadar akış sabit sıcaklıktadır.

Kılcal boru girişi ve çıkışı arasındaki basınç farkının artışı, kılcal borudan geçen soğutkan debisini artırmaktadır. Kompresör ise tam tersi bir mantık ile düşük basınçtan yüksek basınca çalışmaktadır, çıkış ve giriş basınçları arasındaki farkın azalması kompresörün bastığı soğutkan miktarını artırmaktadır. Kılcal borulu soğutma sistemlerinde kılcal boru ve kompresör kapasiteleri arasındaki uyum soğutma sisteminin performansı açısından önemlidir, (Bilgiç, 2006).

Kompresörün kapasitesi, kompresör çıkış basıncındaki bir artış veya kompresör emme basıncındaki bir azalma sonucu düştüğünde, sistem kondanser çıkışındaki soğutkanın kılcal boruya sıvı fazda girmesini sağlayacak şekilde kendini engellemelidir. %100 sıvı fazda soğutkanın herhangi bir birikim olmaksızın kılcal boru girişinde olması sağlanıyorsa sistemin “kapasite-denge” şartlarında çalıştığı söylenebilir. Kapasite-denge eğrisi kompresör tarafından farklı şartlarda basılan soğutkanın aynı hızda kılcal borudan kısılarak istenen buharlaşma kapasitesini sağladığı noktalara verilen isimdir, (Bilgiç, 2006).

3.1.3.4. Evaporatör (buharlaştırıcı)

Evaporatör (buharlaştırıcı), buharlaşabilen bir akışkanın soğutulacak ortamdan veya maddeden ısı çekmek amacıyla buharlaştığı herhangi bir ısı transfer yüzeyidir. Uygulama alanının çokluğu ve çeşitliliğinden dolayı evaporatörler çok değişik tiplerde, şekillerde, boyutlarda ve tasarımlarda imal edilirler. Bu değişikliklerden dolayı uygulamalarına göre, yapılarına göre, işletme şartlarına göre, soğutucu akışkanın kontrol tipine göre soğutucu akışkanın beslemesine göre ve hava veya suyun sirkülasyon yöntemine göre sınıflandırılmaktadırlar, (Şengür,2005).

Soğutma sisteminde sıvı olarak bulunan soğutucu akışkanın buharlaştığı ve ortamdan ısı aldığı bölümdür. Klimalarda iç üniteye buzdolaplarında soğutma hacmi içerisinde bulunur. Kondanserden doğrudan ya da kılcal boru veya benzer bir basınç düşürücü elemanda genişletildikten sonra Evaporatöre sıvı-buhar karışımı şeklinde giren soğutucu akışkanın büyük bir kısmı sıvı haldedir. Şekil 3.7.'de gösterilen evaporatör sistemin düşük basınçlı bölümüdür.



Şekil 3.7. Evaporatör

Bir soğutulmuş hacimde, sıcaklığın en düşük olduğu yer evaporatörün yüzeyidir. Bu nedenle, oda nemi yeterli seviyede yüksek ise, oda havası evaporatör üzerinden geçerken çiğ nokta sıcaklığının altına düşerek içerisindeki nem yoğuşmaya başlayacaktır. Hatta evaporatör yüzey sıcaklığı ile 0°C 'nin altında ise donacaktır da. Oda sıcaklığı ile evaporasyon sıcaklığı farkını belirli sınırların altında tutmak suretiyle, oda rutubetini de belirli bir seviyede tutmak mümkündür.

Evaporatöre sıvı-buhar karışımı şeklinde giren soğutucu akışkanın büyük bir kısmı sıvı haldedir. Evaporatörde buharlaşan soğutucu akışkana, emiş tarafına geçmeden önce bir miktar daha ısı verilmesi buharlaşmanın tam olması için önemlidir.

Aksi takdirde soğutucu akışkanın bir kısmı sıvı olarak kompresöre gelir ve zarar verebilir. Sıvı taşmalı tip evaporatörlerde ise soğutucu akışkan evaporatörde sıvı halde bulunur. Isıyı alarak buharlaşan kısım sıvı buhar ayırıştırıcısından geçer ve buhar hali kompresöre ulaşır. Ayırışan sıvı bir tankta birikir ve tekrar evaporatöre gönderilir. Evaporatör buharlaşmanın çabuk olmasını sağlayacak şekilde ve iyi bir ısı geçişine müsaade edecek şekilde tasarlanmalıdır.

Evaporatörler soğutucu akışkanın cinsine bağlı olarak muhtelif malzemelerden yapılırlar. Korozyona karşı mukavemetini arttırmak için bakır borunun dışı kalaylanabilir. Çelik borularda ise galvanize edilir. Hava soğutma sistemlerinde temas yüzeyi arttırmak için kanatçıklardan faydalanılır.

Evaporatörde buharlaşan soğutucu akışkan artık gaz halindedir. Buradan çıkacak olan gazın tekrar kondansere gitmesi ve aldığı ısıyı dışarıya vermesi için kompresör tarafından emilmesi gerekmektedir. İşte bu emilme dönüş borusu tarafından yapılmaktadır. Dönüş borusu sistemin alçak basınçlı kısmıdır.

3.1.4. Klimalarda kullanılan teknik terimler

En kısa tanımı iklimlendirme olan klima ısıtma, soğutma, hava nem oranını ayarlama, sirkülasyon ve hava temizleme işlevini sürekli olarak yapma işlemleridir. Klima olarak yukarda sayılan işlemlerin kısmen gerçekleştirilmesi ya da tamamının gerçekleştirilmesi klima olarak karşımıza çıkar. Farklı bir tanım yapacak olursak kapalı bir alanda uygun ve rahat yaşama koşulları için sıcaklığın ve nemin belirli seviyede tutulmasını sağlayan sistemdir. Ortam sıcaklığı yüksek olduğunda ortamın soğutulmasını soğuk olduğunda da ısıtılmasını sağlamaktır. Klimalarda her geçen gün kullanılan teknoloji gelişmekte ve yapılan sistemler daha verimli hale gelmektedir.

3.1.4.1. Split

Split klimalar için kullanılan split ayrık anlamına gelmektedir. Soğutma ya da ısıtmanın yapıldığı kontrol bölümünün olduğu iç ünite ile kompresörün bulunduğu dış ünitenin ayrı kullanılması anlamına gelmektedir. İç ve dış ünite birbirinde ayrı yerlerde bulunur ve çalışır.

3.1.4.2. Heat pump

Isı pompası anlamına gelmektedir. Klimalarda soğutma işlemi yapılırken çevrim yönü değiştirilerek ısıtma işlemi yaptırmak mümkündür. Klimada ısıtma yapılırken klimalar elektrik enerjisini direkt olarak ısıya çevirmezler. Dış ortamın ısını iç ortama taşıyarak ısıtma yaparlar. Bu şekilde ısıtma yapan sistemlere ısı pompası ismi verilir.

3.1.4.3. BTU (British Thermal Unit)

İngilizce British Thermal Unit sözcüklerinin kısaltılmasından oluşan İngiliz ısı birimidir. Bir libre suyun sıcaklığını bir Fahrenheit değiştirmek için gereken ısı miktarıdır. Klimalarda Btu/h olarak yani bir saatte ortamdan taşıdığı ısı miktarını belirtmek için kullanılır.

Klimalarda soğutma kapasitesi yaklaşık hesaplamasında bölge katsayıları kullanılır. Çizelge 3.1.'de bölge katsayıları verilmiştir. Burada yaklaşık hesaplama olması ısı kaynaklarının değişken olmasından kaynaklanır. Soğutma için hesaplama formül 3.2'de gösterilmiştir.

$$\text{Soğutma ihtiyacı(BTU/saat)} = \text{bölge katsayısı} * \text{soğutulacak alan(m}^2\text{)} \quad (3.2)$$

Bulunan soğutma kapasitesi değerine en yakın klima ihtiyacı karşılayacak en yakın klimadır.

Çizelge 3.1. Bölgesel katsayılar

Bölge	Katsayı
Akdeniz	445
Marmara	385
Ege	423
İç Anadolu	346
Doğu Anadolu	308
Güneydoğu Anadolu	462
Karadeniz	385

3.1.4.3. COP (performans katsayısı)

Klimanızın birim zamanda yaptığı ısıtma veya soğutma miktarının harcadığı elektrik enerjisine oranıdır. COP iç, dış ortam sıcaklıklarına ve klimanın kalitesine bağlıdır.

3.1.5. Soğutucu akışkanlar

Gaz sıkıştırılmalı soğutma sistemlerinin olmazsa olmazı olan soğutucu akışkan hal değişimleriyle ortamdan ısı alır veya ortama ısı verir. Soğutma sistemlerinde sürekli olarak bir döngü halindedir. Soğutma sırasında sıvı halden gaz hale geçerken ısıtma sırasında gaz halden sıvı hale geçer, (Kızıllan,2008).

Soğutucu akışkan belirli bir basınç altında sıvı hale geçer. Buhar sıkıştırılmalı sistemde kompresör gaz halinde gelen soğutucu akışkanı kondansere basar kondanserde yüksek basınç altında gaz halinden sıvı hale geçer. Bu geçiş esnasında ortama ısı verir. Klimalarda hem ısıtma işlemi bu yöntemle yapılır. Normalde iç ünite de evaporatör kısmında soğutma yapılır dış ünite de ise kondanserden dış ortama ısı verilir. Isıtma işlemi seçildiğinde çok yönlü valflerle soğutucu akışkanın akış yönü değiştirilmektedir. Bu sayede dış ünite de buhar hale geçen soğutucu akışkan iç ünite de buhar halden sıvı hale geçer ve ortama ısı verir.

Soğutma sisteminde kullanılan birçok soğutucu akışkan vardır bunların görevini yerine getirebilmesi için bazı fiziksel ve kimyasal özelliklere sahip gerekmektedir. 1920'lerde iyi bir ısıl özelliği olan Fluokarbon soğutucu akışkanları (florine edilmiş hidro karbonlar) bulunmuştur. Halo karbon (halojene edilmiş hidro karbonlar) ailesinden olan fluo karbonlar, metan (CH_4) veya etan (C_2H_6) içerisindeki hidrojen atomlarından bir veya birkaçının yerine sentez yoluyla klor, flor veya brom (halojen) atomları yerleştirmek suretiyle elde edilmektedir. Bugüne kadar kullanılmış ve kullanılan soğutucu akışkanlar aşağıda verilmiştir.

Çizelge3.2. Saf Olmayan Soğutucu Maddeler (Beşer,1998)

SAF OLMAYAN SOĞUTUCU MADDELER	
Soğutucu madde	Bileşimi (ağırlıkça)
R401A	% 52 R22 + % 33 R124 + % 15 R152a
R402A	% 38 R22 + % 60 R125 + % 2 R290
R404A	% 44 R125 + % 4 R134a + % 52 R143a
R407A	%20 R32 + % 40 R125 + % 40 R134a
R407B	%10 R32 + % 70 R125 + % 20 R134a
R407C	%23 R32 + % 25 R125 + % 52 R134a
R410A	%50 R32 + % 50 R125
R500	% 73,8 R12 + % 26,2 R152a
R502	% 51,2 R115 + % 48,8 R22
R507	% 50 R125 + % 50 R143a

Çizelge 3.3. Saf Soğutucu Maddeler (Beşer,1998)

Soğutucu madde	Kimyasal tanımı	Kimyasal formülü
R11 (CFC11)	Triklorflormetan	CFCL3
R12 (CFC12)	Diklorflormetan	CF2CL2
R13 (CFC13)	Klortriflormetan	CCLF3
R13B1 (BFC13)	Bromtriflormetan	CBRF3
R22 (HCFC22)	Klordiflormetan	CHF2CL
R23 (HCF23)	Triflormetan	CHF3
R32 (HCF32)	Diflormetan	CH2F2
R113 (CFC113)	Triklortrifloreten	C2F3CL3
R114 (CFC114)	Diklortetrafloretan	C2F4CL2
R115 (CFC115)	Klortentafloretan	C2F5CL
R123 (HCFC123)	Diklortrifloreten	C2HF3CL2
R125 (HFC125)	Pentafloretan	CF3CHF2
R134a (HCF134a)	Tetrafloretan	C2H2F4
R141b (HCFC141b)	Flordikloreten	C2CL2FH3
R290 (HC290)	Propan	C3H8
R600 (HC600)	Bütan	CH3CH2CH2CH3
R600a (HC600a)	İzobütan	CH(CH3)3
R717	Amonyak	NH3
R718	Su	H2O
R744	Karbondioksit	CO2
R764	Sülfürdioksit	SO2

Soğutucu akışkanlar çizelge 3.2. ve çizelge 3.3.'de görüleceği gibi saf ya da karışım olabilir. Nasıl olursa olsun soğutucu akışkanlarda aranan belli başlı özellikler vardır. Bunlar;

- Yoğuşma basıncı düşük olmalıdır. Bu basıncın yüksek olması demek kompresörün yüksek basınca dayanıklı olmasını kullanılan boruların yüksek basınca dayanıklı olmasını gerektirir.
- Buharlaşma gizli ısı yüksek olmalıdır.
- Isı geçirgenliği yüksek olmalıdır.
- Yanıcı patlayıcı olmamalıdır.
- Donma sıcaklığı düşük olmalıdır.
- Viskozitesi düşük olmalıdır.
- Ucuz olmalıdır
- Kimyasal olarak aktif olmamalıdır. Kullanılan borularla ve yağlarla etkileşmemelidir.

Soğutucu akışkanlar soğutma sistemde kullanılacaksa onun özellikleri ve hakkındaki bilgileri iyi bilinmelidir. Saf ya da karışım olabilecek soğutucu akışkanların çevreye verdiği etkileri, termodinamik özellikleri soğutma sistemi tasarımı yapan kişiler tarafından çok iyi incelenmek zorundadır.

3.1.5.1. Soğutucu akışkanların çevresel etkileri

Soğutucu akışkanların çevreye olumsuz etkileri ozon tabakası ve küresel ısınmaya sebep olmalarıdır. Ozon güneşten gelen ışınlardan mor ötesi ışınları absorbe eder ve yeryüzüne ulaşmasını engeller. Soğutucu akışkanların ozonu inceltmesi mor ötesi ışınların yeryüzüne doğrudan ulaşmasına sebep olmaktadır.

Soğutucu akışkanın ozonu tahrip etme potansiyeli (ODP) akışkanın ozon tabakasını inceltme veya ozonu parçalama etkisidir. R-11 referans alınarak hesaplanır. R-11'in ozon tahrip etme potansiyeli 1,0 kabul edilir. Bu değere göre diğer gazların ODP'si bulunur, (Şengür, 2005).

Küresel ısıtma etkisi (sera etkisi GWE) Atmosferde birçok gaz bulunmaktadır bu gazlar yeryüzünden yansıyan ışınları soğurur ve yeryüzüne yakın bölgelerde ısı artışına sebep olur bu etki sera etkisidir.

Hidrokarbonlar temel olarak karbon ve hidrojenle oluşan bileşiktir. Parlayıcıdır ancak üretimi pahalı değildir ve ozonu tahrip etme potansiyeli sıfırdır. Küresel ısıtma potansiyeli çok düşüktür, (Kızıllan, 2008).

Metil Bromid (CH_3Br) Karbon, hidrojen ve bromdan oluşan bileşik toprak ve ziraî ürünleri dezenfekte etmek için kullanılır. Brom içerdiği için ozonu tahrip etme potansiyeli vardır, (Kızıllan, 2008).

Bromoflorokarbonlar (halonlar) ozon tabakasına en çok olumsuz etkisi olan maddedir. Brom veya klor, karbon ve flor'dan oluşan bileşiktir.

Kloroflorokarbonlar içerisinde klor ve flor bulunan etan ve metandan oluşan bileşiklerdir R11-R12 bu maddelere örnek verilebilir. Bromoflorokarbonlardan sonra ozona en fazla zarar veren soğutucu maddedir, (Beşer, 1998).

Hidrokloroflorokarbonlar ozon tahribatları düşüktür ancak küresel ısınma etkisi yüksektir. Klor, flor, hidrojen ve karbondan oluşan bileşiklerdir. R21 ve R22 bu gruba örnek verilebilir, (Beşer, 1998).

Hidroflorokarbonlar Ozon tabakası üzerinde olumsuz etkisi olmayan soğutuculardır. Hidrojen, flor ve karbondan oluşan bileşiklerdir. Örnek olarak R134 verilebilir, (Beşer, 1998).

Metilkloroform Karbon, hidrojen ve klor içeren bileşik endüstriyel bir çözücüdür. Ozonu tahrip etme potansiyeli vardır, (Kızıllan, 2008).

3.1.6. Soğutucu akışkanların özellikleri

Hidrokarbon grubunda propan, izobütan ve bütan maddeleri yer almaktadır. Tek başlarına kullanılabilecekleri gibi ikili veya üçlü karışımlar şeklinde de kullanılabilirler. Ev tipi soğutucularda R12 yerine alternatif olarak propan-izobütan ve propan-bütan karışımları kullanılmaktadır.

Propan(R-290) hidrokarbonlarda ucuz ve kolay temin edilebilir. Ayrıca R12'ye göre hacimsel soğutma kapasitesi daha yüksektir. Propanın ozon tabakasına zararı sıfır olup sera etkisi çok düşüktür. Yanıcılık oranı çok yüksektir. Solunması durumunda solunum güçlüğü yaratması dezavantajlarıdır ve kullanımı sınırlamaktadır. Propanın molekül ağırlığı 44,1 g/mol'dür. Atmosfer basıncında kaynama noktası -42,05 °C, kritik sıcaklığı 96,67 °C, donma noktası -103,3 °C'dir.

Bütan ise mükemmel bir soğutucudur. Ancak bunun da dezavantajları düşük basınçta çalışması ve yüksek şekilde tutuşabilir olmasıdır.

R-11 (Freon-11) Soğutucu Akışkan Kimyasal formülü CFCl_3 olan düşük basınçlı yüksek soğutma gücüne sahip soğutucu akışkandır. Freon-11 lastik contaları tahrip ettiği için kompresörlü sistemlerde kullanılamaz. Genellikle santrifüj tipi soğutucularda kullanılmaktadır. Freon-11 soğutucu akışkanının ozon tahribatı yüksek olduğu için üretimi durdurulmuştur. Yanmaz ve kokusuz bir soğutucu akışkandır. Fiziksel özellikleri şu şekildedir;

- Kimyasal ismi.....: Triklorflormetan
- Kimyasal sembol.....: CFCl_3
- Molekül ağırlığı: 137,38 g/mol
- Kaynama noktası.....: 23,77 °C
- Kritik sıcaklığı.....: 198 °C'dir.

R-12 (Freon-12) soğutucu akışkan Kimyasal formülü CF_2Cl_2 olan soğutucu akışkan ev tipi soğutucularda ve araç klimalarında kullanılmaktadır. Günümüzde soğutma sistemlerinde en çok kullanılan soğutucu akışkandır. Çoğu çalışma şartlarında bozulmayan ve özelliklerinin koruyan bir maddedir. Patlayıcı ve yanıcı özelliği yoktur zehirli değildir ancak aşırı sıcakta çözülür ve zehirli bileşkelere ayrışır. Isı transferi ve yoğunlaşma sıcaklıkları bakımından tatmin edici özellikleri vardır, (Şengür,2005).

R-12 soğutucu akışkanının küresel ısıtma etkisi yüksek olduğu için kullanımının sonlandırılması ve yerine R-134a'nın kullanılması önerilmektedir. R-12'nin fiziksel özellikleri şunlardır;

- Kimyasal ismi.....: diklorflormetan
- Kimyasal sembol.....: CF_2Cl_2
- Molekül ağırlığı: 120,91 g/mol
- Kaynama noktası.....: $-29,8\text{ }^\circ\text{C}$
- Kritik sıcaklığı.....: $111,8\text{ }^\circ\text{C}$ dır.

R-13 kimyasal formülü CF_3Cl 'dir. $-70\text{ }^\circ\text{C}$ ile $-45\text{ }^\circ\text{C}$ arasından kullanılan soğutucu akışkandır. Fazla olmasa da endüstriyel soğutma tesislerinde kullanılır.

R-22 zehirsiz, yanıcı olmayan ve patlamayan bir soğutucu akışkandır. Ozon tahrip etme potansiyeli düşük olduğu için kullanımı uygundur. Bu güne kadar dünyada kullanılan CFC ve HCFC içeren soğutucu toplamının %30'unu oluşturmaktadır, (Şengür, 2005).

R-22'nin fiziksel özellikleri şunlardır;

- Kimyasal ismi.....: Klordiflormetan
- Kimyasal sembol.....: CHF_2Cl
- Molekül ağırlığı: 86,47 g/mol
- Kaynama noktası.....: $-40,8\text{ }^\circ\text{C}$
- Kritik sıcaklığı.....: $96,2\text{ }^\circ\text{C}$ dır.

R123 Kimyasal formülü CHCl_2CF olan soğutucu akışkan genellikle santrifüj soğutucu ünitelerde kullanılır. Metalik olmayan malzemeleri etkilediği için tüm kauçuk malzemeler değiştirilmelidir. Zehirleyici özelliğinden dolayı kullanımında ek tedbirleri gerektirmektedir.

R134A kimyasal formülü $\text{CF}_2\text{CH}_2\text{F}$ olan R12 ye fiziksel özellikleri olarak en yakın soğutucu akışkandır. Araç klimaları ve ev tipi soğutucularda uygun bir soğutucudur. Düşük sıcaklıklarda çift kademeli sıkıştırma gerektirmektedir.

R143A kimyasal formülü CF_3CH_3 olan soğutucu akışkan amonyak kullanımının uygun olmadığı düşük sıcaklıklarda kullanılmaktadır. Yanıcıdır bu nedenle kullanımında ek tedbirler gerektirmektedir. Sera etkisi R134A'ya göre daha fazladır. R125 R134a ile birlikte değişik oranlarda kullanılarak R502 alternatifi karışımlar elde etmek için kullanılmaktadır.

R125 soğutucu akışkanı amonyak kullanımının uygun olmadığı düşük sıcaklıklar için düşünülmüştür. Kimyasal formülü CF_3CHF_2 olan soğutucu akışkan Yanıcı değildir ancak sera etkisi fazladır.

R404 Düşük ve orta sıcaklık uygulamaları için uygun bir soğutucu akışkandır. Klor içermediği için ozon tabakasına zarar vermez. Ağırlık olarak %44 R125, %52 R143A ve %4 R134A karışımından oluşmaktadır. Genellikle buz makinelerinde, market soğutucularında ve endüstriyel soğutma sistemlerinde kullanılmaktadır. Yanıcı olmayan ve kimyasal yapı olarak kararlı bir maddedir. Çalışma sıcaklık aralığı geniş olan soğutucu akışkan genellikle $-50^{\circ}C$ ile $-20^{\circ}C$ düşük sıcaklık uygulamalarında kullanılmaktadır.

R404 kullanılan sistemlerde akışkana karışmayan polyester yağ kullanılmalıdır. Sıkıştırma oranı yüksektir bu herhangi bir sorun üretmez ancak yağın değişmesi gerekmektedir. Ayrıca R404A karışım olduğu için kompresöre mutlaka buhar olarak basılmalıdır, (Kızıllan, 2008).

3.1.7. LPG (Liquefied Petroleum Gas)

LPG olarak bilinen sıvılaştırılmış petrol gazı 3 ve 4 karbonlu hidrokarbonlardan oluşmuştur. Yoğunluk olarak havadan daha fazla yoğunluğa sahiptir. Basınç halinde sıvılaşır ve sıvı halde depo edilebilir. LPG doğal halde kokusuz ve renksizdir kaçak olduğunda anlaşılması için içerisini koku yapıcı maddeler eklenerek kullanılmaktadır. LPG evsel ticari ve endüstriyel yakıt olarak kullanılmaktadır. Son yıllarda otomobiller için akaryakıt olarak kullanımı giderek artmaktadır, (Şengür, 2005).

Son zamanlarda yapılan çalışmalarda LPG’inde soğutucu sistemlerde soğutucu akışkan olarak kullanılması araştırılmakta ve uygulanmaktadır. LPG’nin depo edilmesi sırasında sıkıştırılarak sıvı hale gelmesi ve kullanılması esnasında buharlaşması soğutma sistemlerinde kullanım için yeterli hal değişimlerini sağlamaktadır.

LPG propan ve butan gazlarından oluşmaktadır. Ozon tabakasına herhangi bir zararı olmaması ve küresel ısınmaya etkisinin bulunmaması soğutucu akışkan olarak alternatif oluşturmaktadır. Klorflorokarbon soğutucu akışkanların ozon tabakasına zarar vermesi ve küresel ısınmaya olan olumsuz etkisi alternatif arayışlarını arttırmaktadır.

LPG birçok avantajıyla kullanım alanı çok geniştir. Yanma basıncı ve yüksek kalorisi ile yakıt olarak kullanılmaktadır. Termodinamik özellikleri, fiziksel ve kimyasal özellikleri bakımından soğutucu akışkan olarak kullanımı uygundur. LPG butan ve

propandan oluşan bir maddedir ancak bu bileşim oranları çizelge 3.4.'de görüleceği gibi her ülke şartları için farklıdır.

Çizelge 3.4. Ülkelere göre LPG oranları % propan / %bütan

Ülke	Yaz	Kış
Türkiye	30/70	50/50
Belçika	30/70	50/50
Almanya	Propan	Propan
İngiltere	Propan	Propan
Danimarka	30/70	70/30
Avusturya	20/80	80/20
İsviçre	Propan	Propan
Hollanda	30/70	70/30

Almanya'da yapılan buzdolaplarında ve soğutma sistemlerinde soğutucu akışkan olarak izobütan kullanılmaktadır. Klimalarda ve ısı pompalarında ise genellikle propan kullanılmaktadır. LPG normal soğutucu akışkanlara göre daha az kondanser basıncı ve daha fazla ısı transfer özelliğinden dolayı ısı pompaları klimalarda kullanımı birçok avantaj sağlayacaktır.

3.1.8. LPG'nin fiziksel özellikleri

Soğutucu akışkanlarda aranılan özelliklerden bazıları tehlikeli olmamalı, oda sıcaklığı altında kaynamalı oda sıcaklığı üstünde bir değerde ise buharlaşmalıdır. Soğutucu akışkanlar seçilirken bu özellikler göz önünde bulundurulur. LPG bütan ve propanın birleşmesinden oluşmaktadır. LPG'yi oluşturan bütan ve propanın özellikleri çizelge 3.5.'de verilmiştir.

Çizelge 3.5. LPG soğutucu akışkan özellikleri (Şengür,2005)

Akışkan	Formülü	Donma Noktası	Kaynama Noktası	Kritik Sıcaklık	Kritik Basıncı	Gizli Isı
R290	Propan	-189	-42,08	96,70	4,25	423,3
R600A	İzobütan	-145	-11,76	134,70	3,65	364,4
R600	Bütan	-138	-0,54	152,01	3,79	386,0

3.1.8.1. Kaynama Noktası

Kaynama noktası atmosfer basıncı altında gaz fazından buhar fazına geçiş olarak bilinmektedir. Bütan ve propan arasındaki en büyük farklardan biri kaynama

noktalarıdır. Propan $-42,08^{\circ}\text{C}$ sıcaklıkta sıvı haldedir. Bütan ise $-0,54^{\circ}\text{C}$ sıcaklıkta sıvı haldedir. Bütanın kaynama noktası yüksek olduğu için genellikle sıcak iklimlerde kullanılmaktadır. Propan ise daha çok soğuk iklimlerde kullanılmaktadır.

Farklı iklim şartlarında sistemin daha verimli çalışması için bütan ve propan farklı oranlarda karıştırılarak kullanılır. Böyle karışımın bulunduğu kapalı bir hacimde her bir gaz kendi hacmiyle orantılı olarak ayrı ayrı basınç yapar. Özellikle kış aylarında bütanın basıncı yeterli gelmediği için propan ile birlikte kullanılmaktadır.

3.1.8.2. Buharlaşma Gizli Isısı

1 kg sıvının tamamen buhar duruma geçmesi için gerekli olan ısı miktarına gizli ısı denir. Soğutma sistemlerinde buharlaşma gizli ısısı çevreden alınan ısıyla sağlanır yani ortamdan ısı çekilerek soğutma sağlanır. Propan ve Bütanın buharlaşma gizli ısıları çizelge 3.6.'da gösterilmiştir.

Çizelge 3.6. Propan ve Bütanın buharlaşma gizli ısıları

Sıvı LPG sıcaklığı($^{\circ}\text{C}$)	Buharlaşma gizli ısısı(kj/kg)	
	Propan	Bütan
$-28,9^{\circ}\text{C}$	410,8	-
$-17,8^{\circ}\text{C}$	399	-
$-12,2^{\circ}\text{C}$	392	-
$-6,7^{\circ}\text{C}$	385,1	389,8
$1,7^{\circ}\text{C}$	373,4	382,6
$7,2^{\circ}\text{C}$	-	378

3.1.8.3. LPG buhar basıncı

Buhar basıncı kapalı bir hacimdeki sıvının buhar ile dengede olduğu basınçtır. LPG bütan ve propandan oluştuğu için karışımdaki oran buhar basıncını etkileyen etkenlerden biridir. Sıcaklık arttıkça basınç artar bu nedenle LPG depo edilen tankların tamamı doldurulmaz. Basıncın çok artması depo tankın patlamasına sebep olabilir.

3.1.8.4. LPG'nin yoğunluğu

LPG'nin yoğunluğu onu oluşturan bütan ve propanın yoğunluğuna bağlıdır. Sıvı haldeyken propan $0,508 \text{ kg/m}^3$ bütan ise $0,584 \text{ kg/m}^3$ yoğunluğa sahiptir. Her iki maddede sudan hafiftir. Karışımın yoğunluğu hesaplanırken formül 3.3.'e göre her

yakıtın karışım içindeki hacmi ve yoğunluğu çarpılır ve yakıtı oluşturan gazların yoğunlukları toplanır. Türkiye’de kullanılan LPG %70 bütan ve %30 propandan oluşmaktadır buna göre yoğunluk;

$$d_{\text{karışım}} = d_1.v_1 + d_2.v_2 \quad (3.3)$$

Bütanın yoğunluğu : $0,584 * 0,70 = 0,409$

Propanın yoğunluğu : $0,508 * 0,30 = 0,152$

Sıvı karışım yoğunluğu (kg / m³) = 0,561’dir.

LPG basınç altında sıvılaşılan bir gazdır. Taşıma ve depolama sırasında sıvılaştırılır kullanılacağına ise gaz halinde kullanılır. LPG saklanacağı depoda maksimum %20 gaz %80 sıvı halde bulunmalıdır.

3.1.9. LPG’nin kimyasal özellikleri

LPG genel formülü C_nH_{2n+2} genel formüllü propan ve bütan karışımından oluşmaktadır. Karbonlar arasındaki bağlar zayıf olduğu için tutuşma özelliği yüksektir. LPG tüplerinde n-bütan kullanılmaktadır. Bu düz bir zincir şeklindeki yapıya sahip olduğundan kolay parçalanır ve tutuşma özelliği yüksektir.

Propan ve bütanın bir diğer özelliği de boya gibi maddeleri eritmesidir. Ayrıca kauçuk türü hortumların da deforme olmasına neden olmaktadır. Bu nedenle LPG hortumları sentetik malzemeden yapılmaktadır. Basınç altındaki LPG hatları için özel bakır veya çelik borular kullanılmaktadır.

3.2. Kontrol Sistemleri ve Bulanık Mantık

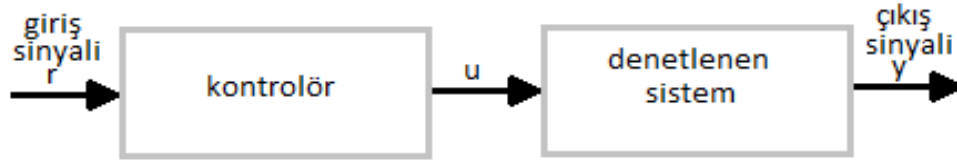
Her sistemde olduğu gibi soğutma sistemlerinde ve klimalarda da kontrol mekanizmaları vardır. Klimalarda kontrol sistemleri soğutucu akışkanların akışını ve akış yönünü kontrol etmek, soğutulacak ortama hava akışı sağlayacak fanların kontrolü ve kompresör kontrolü için kullanılır. Kontrol sistemleri birçok yöntemle yapılmaktadır. Bunların en basiti on-of (1-0) kontrol sistemleri kompresörü çalıştırıp durdurmada valflerin kontrolünde kullanılabilir. Her geçen gün teknolojik gelişmeler kontrol sistemlerinden de beklenenlerin arttığını göstermektedir. Sadece çalışan ya da duran bir soğutma sisteminden insan gibi düşünen karar veren bir kontrol sistemi artık klimalarda kullanılmaya başlanmıştır. Ortam ısını ve dış ortam ısını değerlendirip

karar veren ve çalışmayı buna göre ayarlayan bulanık kontrol sistemlerine talep artmıştır.

Kontrol sistemi çalışan bir sistemin parametrelerin ölçülüp ölçülen parametrelerin istediğimiz bir değerde sabit tutulmasını sağlayan sistemdir. Kontrol sistemleri kontrol etkisi açısından ikiye ayrılır bunlar;

- Açık döngülü kontrol sistemi (Open Loop Control System)
- Kapalı döngülü kontrol sistemi (Closed Loop Control System) (Yüksel,2009)

Açık döngülü kontrol sistemlerinde Kontrol eylemi sistem çıkışından bağımsızdır. Açık döngülü sistemlerde çıkışın ölçülmesi ve geri beslenmesi yoktur bu nedenle giriş bilgisi çıkış bilgisinden hiçbir şekilde haberdar olmaz. Genellikle giriş çıkış bağıntıları önceden belli olan ve hiçbir bozucu girişe maruz kalmayan sistemlerde kullanılır. Şekil 3.8.'de açık döngülü kontrol sistemi blok şeması verilmiştir



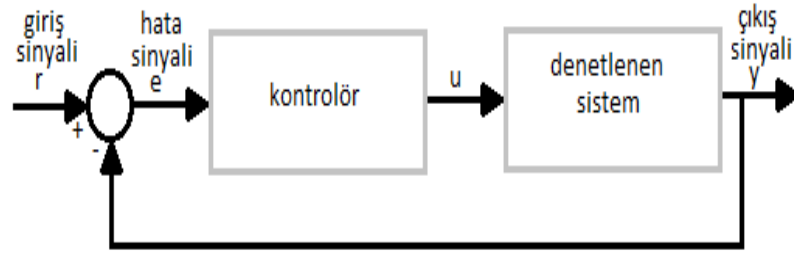
Şekil 3.8. Açık döngülü kontrol sistemi

Açık döngülü kontrol sistemleri zamanlama ya da sıralama esasına göre çalışır. Örnek verecek olursak bir bulaşık makinesinin çalışması sıralama esasına göre çalışır. Burada sistem girişi bir program şeklinde uygulanır. Sistem bu program sırasını izler ve sırasıyla yapması gereken işlemleri gerçekleştirir. Zamanlama esasına göre çalışan sistem olarak trafik denetimi yapan trafik ışıklarını verebiliriz. Trafik ışıkları çalışırken belirli zamanlarla lambalar yanar ve söner. Dikkat edilirse bu sistemlerde herhangi bir bozucu giriş yoktur.

Bir motor hız kontrolünde açık döngülü kontrol sistemi kullanalım. Kontrolör çıkışı belirli bir yükte belirli bir hız için motora çalışma sinyali uygular. Motor milindeki yük sabitse bu şekilde kontrol yapılması uygundur. Bu şekilde çalışan bir motora bir yük momenti uygulanırsa motor hızı düşecektir ve sistem çalışması bozulacaktır. Motor hızı ile sistem girişi arasında bir bağlantı olmadığı için motor hızı düşüşü olsa bile kontrol sistemi buna etki edemeyecektir. Bu nedenle açık çevrim sistemlerin bozucu giriş olmayan sistemlerde kullanılması uygundur, (Kuo,1999).

Açık döngülü kontrol sistemini kapalı döngülü kontrol sistemi haline getirmek için şekil 3.9.'daki gibi sistem çıkışı girişe bağlanmalı ya da geri

beslenmelidir. Kapalı döngülü kontrol sistemlerinde çıkış bilgisi sürekli olarak giriş bilgisi ile karşılaştırılır ve hataya göre kontrol yapılır.



Şekil 3.9. Kapalı döngülü kontrol sistemi

Hatasız bir kontrol için çıkış sinyali (y) ile giriş (referans) sinyalimiz (r) karşılaştırılmalıdır. Eğer giriş çıkış arası fark var ise (hata sinyali) kontrolör bu sinyale göre yeni bir işaret üretir ve istenilen çıkış elde edilir.

Kontrol sistemlerinde kullanılan birçok yöntem olması kullanım amacına göre hassasiyete göre kullanım alanları bulmaktadır. Oransal kontrol (P Kontrol) Sistemi sistemin sadece oransal kontrolörle kontrol edilmesidir. Sistemin çıkışı bir oransal sabit yoluyla kontrol sisteminin girişine oranlanır.

Oransal kontrol;

- * Yükseliş zamanının azalmasına etki eder.
- * Sürekli rejim hatasını ortadan kaldırmaz ancak azaltır.
- * Yerleşim zamanına etkisi azdır.
- * Aşımı artırır, (Bingül,2005).

Oransal kontrolde oransal kazanç K_p ile orantı denetim transfer fonksiyonu ise aşağıdaki şekilde ifade edilir.

Oransal kontrole integral kontrol eklenmesi ya da Oransal İntegral Türevsel (PID) kontrolde türevsel kontrolün devre dışı bırakılması ile oransal integral (PI) kontrol sistemi elde edilir. Burada amaç oransal kontrolde ortaya çıkan sürekli rejim hatasını yok etmektir, (Yüksel,2009).

İntegral kontrol;

- Yükseliş zamanının azalmasına etki eder.
- Sürekli rejim hatasını ortadan kaldırır.
- Yerleşim zamanını arttırır.
- Aşımı artırır.

Oransal kontrole türev etkinin eklenmesi ile oransal türev kontrol elde edilir. Oransal kontrolde hata değişimlerine hızlı bir tepki gösterilir fakat bu kontrol hata değişim hızına karşı duyarsızdır. Hata değişim hızına karşı duyarlı bir sistem için türev kontrolör oransal kontrolörle beraber kullanılmıştır. Türev kontrol sabit hatayı düzeltemez çünkü sabit bir ifadenin türevi sıfırdır. Ancak türev kontrol bir hata oluşmaya başladığı anda hata değişimine etki eder ve hata büyümeden çok hızlı bir şekilde hatayı düzeltir. Bu özelliğiyle türev kontrol kararlılığı artırır. Türev kontrol hata değişimine etki ettiği için tek başına kullanılamaz, (Yüksel,2009).

Türev kontrol;

- Yükseliş zamanının değişmesine çok az etki eder.
- Sürekli rejim hatası küçük oranda değişir.
- Yerleşim zamanını azaltır.
- Aşımı azaltır.

Üç temel kontrol sisteminin bir araya gelmesiyle oransal türev integral kontrol oluşmaktadır. PID kontrolör üç kontrolörün üstünlüklerini de taşımaktadır. İntegral kontrol ile ortaya çıkacak olan sürekli rejim hatası sıfırlanırken türev kontrolle cevap hızı arttırılır. Yani PID kontrol ile sıfır sürekli rejim hatası olan hızlı cevap sağlanır.

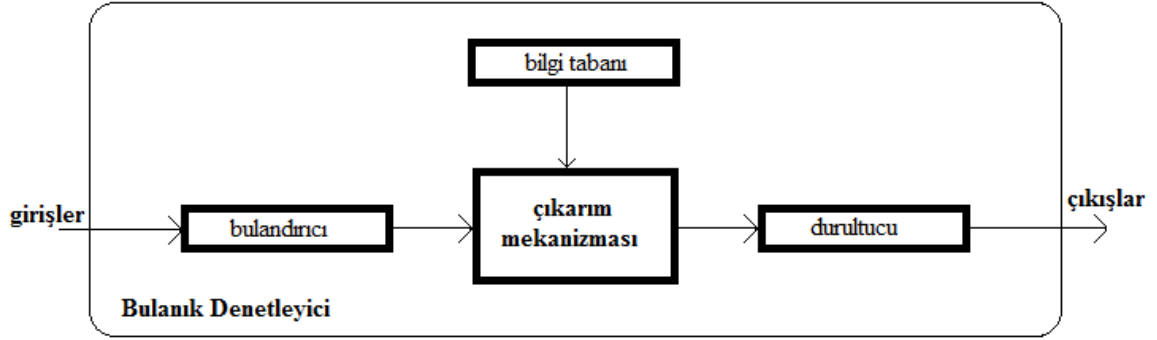
3.2.1. Bulanık Kontrol Sistemleri

İnsan düşünme yeteneğini ve bilgisini kontrol sisteminin içine sokabilecek bir kontrol yöntemidir. Bulanık mantığa dayanan Bulanık Mantık Denetleyicisi geleneksel ve matematiksel sistemlerin aksine insan düşüncenin ruhuna, ifade etme şekline yani diline daha yakındır.

Örnek verecek olursak ortam ısınısını ayarlayan bir sistemde klasik kontrol kullanılıyorsa ortam ısısı istenen seviyede değilse çıkış olarak (0,1) fan ya çalışır ya durur. Bulanık kontrol kullanılırsa ortam ısısına bakarak ortamı az ısıt, çok ısıt, az soğut, çok soğut vb. ifadeler kullanarak fanın hızını ayarlar. İnsanlarda hava sıcaksa ince hava biraz serinse kalın çok soğuksa kaban giyer. Böyle uygulamalarda, uygulama alanındaki uzman kişilerin bilgisi klasik kontrol sistemlerinden daha faydalı ve etkili olabilmektedir.

Şekil 3.10.'da da görüldüğü gibi bulanık kontrol temel olarak dört ana bölümden oluşur bunlar;

- Bulandırıcı (fuzzifier)
- Bilgi tabanı
- Çıkarım mekanizması (interence mechanism)
- Durultucu (defuzzifier)'dur.



Şekil 3.10. Bulanık denetleyici blok şeması

Bulandırıcı bulanık denetleyicinin giriş birimidir. Uygulanan verinin uygun dilsel değerlere dönüştürülmesini sağlar. Dilsel değere dönüştürme giriş değişkenlerinin aldıkları her değere ilgili giriş değişkeni için tanımlanan bulanık kümelerde bir üyelik derecesi hesaplamadır.

Bilgi tabanı bulanık denetleyicinin kalbi olarak düşünülebilir. Bilgi tabanı çıkarım mekanizmasının kural tabanında kullandığı bilgileri aldığı veri tabanı (data base) ve denetim kurallarının bulunduğu kural tabanı (rule base) olmak üzere iki bölümden oluşur.

Çıkarım mekanizması bulandırıcı çıkışları ve kural tabanını kullanarak bir bulanık küme oluşturur. Bu bulanık küme durultucu tarafından denetleyici çıkışı hesaplamak için kullanılmaktadır. Bu kısım insan kara verme ve çıkış yapma yeteneğine benzer. Burada bulanık kavramlar kullanılarak gerekli denetim belirlenir.

Durultucu bulanık denetleyicinin çıkış birimidir. Çıkarım mekanizması çıkışı yine bulanık bir kümedir. Bu çıkışın sisteme uygulanması için giriş bilgisi gibi yine sayısal bir bilgiye dönüşmesi gerekmektedir. Durultucu çıkış bulanık kümesini kullanarak denetleyici çıkışını sayısal olarak hesaplar ve bulanık bilgidan gerçek bilginin elde edilmesini sağlar.

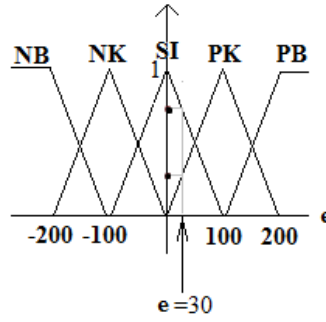
Bulanık kontrol sistemlerinde bulanıklaştırma işlemi giriş değişkenlerinin değerlerini çıkarım mekanizmasında kolayca kullanılabilircek bilgilere dönüştürülmesidir. Bulanıklaştırma temel olarak giriş değişkenlerinin aldıkları her

değere ilgili giriş değişkeni için tanımlanan bulanık kümelerde bir üyelik derecesi hesaplamadır.

Örnek olarak bir denetleyicide girişteki hata $e(k)$ ve hata değişimi $\delta e(k) = e(k) - e(k-1)$ olsun. Bu giriş değişkenleri için aşağıda üyelik fonksiyonları verilmiştir.

- NB: Negatif büyük
- NO: Negatif orta
- NK: Negatif küçük
- SI: Sıfır
- PK: Pozitif küçük
- PO: Pozitif orta
- PB: Pozitif büyük

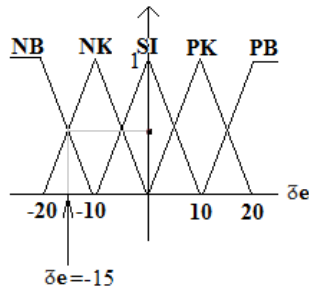
$e(k) = 30$ $\delta e(k) = -15$ değerleri için bulandırıcının hesapladığı üyelik dereceleri şekil 3.11.'de gösterilmiştir.



Şekil 3.11. Hata (e) bulanık kümesi ve üyelik fonksiyonları

$e(k) = 30$ için üyelik dereceleri şekil 3.11.'de verilmiştir.

Üyelik Derecesi	Bulanık Küme
0,7	SI
0,3	PK
0	NB
0	NK
0	PB



Şekil 3.12. Hata değişimi (δe) bulanık kümesi ve üyelik fonksiyonları

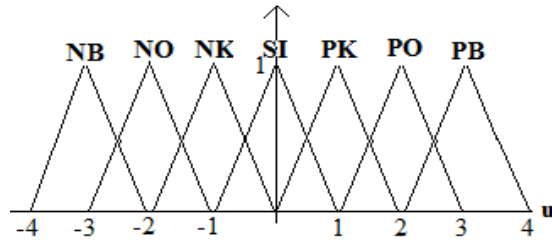
$\bar{z}e(k) = -15$ için üyelik dereceleri aşağıda verilmiştir.

Üyelik Derecesi	Bulanık Küme
0,5	NK
0,5	NB
0	SI
0	PK
0	PB

Bulandırıcı kendine uygulanan girişler için bir üyelik derecesi hesaplar (bulanıklaştırır) ve çıkarım mekanizmasına iletir.

Bulanık kontrol sistemlerinde bulanık kural oluşturma işlemi sistemi tasarlayanın bilgi ve tecrübesine dayanarak oluşturulan dilsel ifadelerdir. Bu dilsel ifadeler IF - THEN kurallarından oluşur. Kuralların genel yapısı IF (Varsayım) THEN (Sonuç) şeklindedir.

Kural tabanını oluşturacak olan bu dilsel ifadelerin verimli ve uygun şekilde gerçekleştirilmesi bütün birimler ve bileşenlerin kullanılmasına bağlıdır. Yukarıda örnek olarak verilen sistemin çıkış üyelik fonksiyonları şekil 3.13.'de verilmiştir.



Şekil 3.13. Çıkış (u) bulanık kümesi ve üyelik fonksiyonları

Çizelge 3.7.'de giriş değerlerine göre çıkışın ne olacağını gösteren kurallar tablosu verilmiştir.

Çizelge 3.7.Çıkış (u) üyelik fonksiyonlarına göre oluşturulan kural tabanı

$\bar{z}e$							
e	U	NB	NK	SI	PK	PB	
	NB	NB	NB	NO	NK	SI	
	NK	NB	NO	NK	SI	PK	
	SI	NO	NK	SI	PK	PO	
	PK	NK	SI	PK	PO	PB	
	PB	SI	PK	PO	PB	PB	

Bu sistem için verilen kural tabanı ve çıkış u için üyelik fonksiyonuna göre örnek kurallardan birkaç tanesi aşağıda verilmiştir.

IF(e is NB AND $\bar{g}e$ is NB) THEN (u is NB) $\Leftrightarrow$ EĞER $e = \text{NB}$ VE $\bar{g}e = \text{NB}$ İSE $u = \text{NB}$ dir

IF(e is SI AND $\bar{g}e$ is NK) THEN (u is NK) $\Leftrightarrow$ EĞER $e = \text{SI}$ VE $\bar{g}e = \text{NK}$ İSE $u = \text{NK}$ dır

IF(e is PB AND $\bar{g}e$ is NK) THEN (u is PK) $\Leftrightarrow$ EĞER $e = \text{PB}$ VE $\bar{g}e = \text{NK}$ İSE $u = \text{PK}$ dır

IF(e is PK AND $\bar{g}e$ is PK) THEN (u is PO) $\Leftrightarrow$ EĞER $e = \text{PK}$ VE $\bar{g}e = \text{PK}$ İSE $u = \text{PO}$ dur

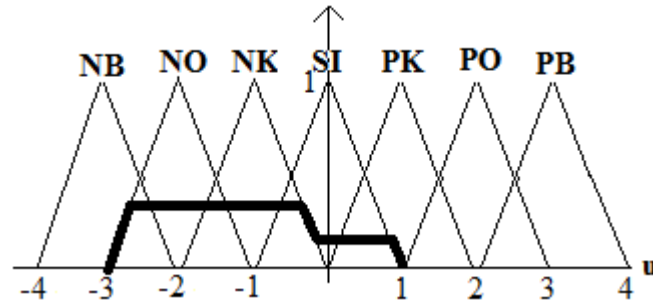
Şeklinde kurallar oluşturulur bu sistem için $5 \times 5 = 25$ kural oluşturulabilir.

Çıkarım mekanizması çıkışındaki sonuç bulanık bir kümedir. Bu sonucun sisteme tekrar uygulanması için sayısal değere dönüştürülmesi gerekir. Bu işlem durulama olarak adlandırılır. Durulaştırma bulanık bir bilgiden bulanık olmayan ve uygulamada kullanılacak gerçek değerlerin elde edilmesidir.

Durulama işleminde değişik yöntemler kullanılmaktadır. En çok kullanılan yöntemler şu şekilde sıralanabilir;

1. Maksimum üyelik yöntemi
2. Ağırlık merkezi yöntemi
3. Mean-Max üyelik yöntemi

Yukarıda verilen örnekte $e(k) = 30$ $\bar{g}e(k) = -15$ değerleri için çıkış bulanık kümesinin oluşmasında dört kural etkili olmuştur 21 kuralın etkisi olmamıştır. Oluşan sonuç bulanık çıkış kümesi şekil 3.14.'de verildiği gibidir.



Şekil 3.14. Oluşan çıkış bulanık kümesi

Durulaştırma işlemi oluşan bu bulanık çıkıştan farklı yöntemlerle sayısal çıkış elde etmektir. Bir klima ya da soğutma sisteminde fan hızının kontrolünde bulanık mantık kullanılması giderek gelişmektedir. Klimanın çalışmasında ortam ısısı dış ortam ısısı ortam nemi gibi birçok etken kullanılarak klima çalışması ve fan hızının ayarı yapılmaktadır. Bu klimalar tasarlanırken insanların hangi ortamda rahat yaşadığı hangi

sıcaklık değerlerinde rahat uyuyabildiği tecrübelerle dayanarak belirlenir. Kurallar oluşturulurken bu tecrübelerden faydalanılır.

Yaptığımız kontrol kartında yazılım oluşturulurken sistem için olması istenen durumlar dilsel ifadelerle belirtilerek fan hızı ayarlanmıştır. Ayrıca sadece fan hızı değil valflerin çalışması ısıtıcı kullanılacaksa ısıtıcı çalışması aspiratör kontrolü hepsi birlikte yapılmıştır.

3.2.2. Mikrodenetleyiciler

Mikroişlemci, bellek ve giriş çıkış birimlerini tek bir entegre içerisinde barındıran entegrelerdir. Kontrol gerektiren uygulamalarda kullanılmak için tasarlanmış bu entegreler mikroişlemcilere göre ucuz ve daha basittir. Endüstride her alanda kullanılmakta olan bu entegreler vazgeçilmez elemanlardır. Mikrodenetleyicinin çalışması için bir osilatör ve elemanın kendisinin olması yeterlidir. Bir mikrodenetleyicide bulunan bazı özellikler şunlardır;

- ❖ Programlanabilir Dijital Giriş / Çıkış (I / O)
- ❖ Programlanabilir Analog Giriş
- ❖ Seri Giriş / Çıkış (I / O)
- ❖ Darbe(Pals) – PWM (Darbe genişlik modülasyonu) işareti çıkışı
- ❖ Harici hafıza bağlanabilme
- ❖ Dahili hafıza seçenekleri (ROM , PROM, EPROM , EEPROM, Flash gibi)
- ❖ Kesme, Zamanlayıcı ve Sayıcı gibi özellikler

Mikro işlemcinin görevini yerine getirebilmesi için mutlaka, bellek birimine, giriş/çıkış birimine ihtiyaç duyar. Bunlar bir mikro işlemcili sistemde ayrı ayrı birimler (entegreler) şeklinde yerini alır. Bundan dolayı mikro işlemcili sistemlere çok entegreli sistemlerdir. Mikrodenetleyicilerde tüm bu birimler (işlemci, bellek ve G/Ç, bunlara ADC ve DAC gibi sinyal dönüştürücü elemanlarda eklenebilmektedir) bir arada bulunmaktadır.

3.2.7.1. PIC16F877 mikrodenetleyicisi

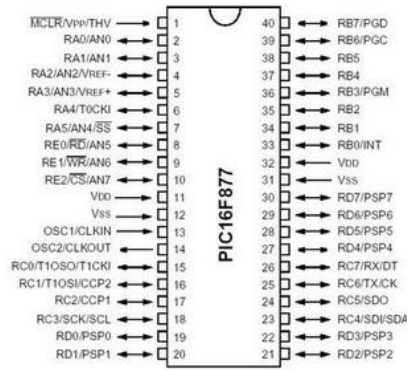
PIC 16F87X ve 16F8X serisi Harvard mimarisini kullanmıştır. Harvard mimarisinde program belleği ve veri belleğine erişim farklı yollardan yapılır. Veri yolu 8 bit adres yolu 14 bittir. Bu nedenle komut kodları (opcode), 14 bittir. 14 bitlik

program belleğinin her bir adresi, bir komut koduna (Instruction Code / Instruction Word) karşılık gelir. Dolayısıyla her komuta bir çevrim süresinde (cycle) erişilir ve komut kaydedicisine yüklenir.

PIC16F877 ve 16F876, 8 Kword büyüklüğünde belleğe sahiptir. Program belleği yonganın içerisinde. Kendi kaydedicilerini ve veri belleğini doğrudan, dolaylı ve göreceli adresleyebilirler. PIC 16F87X mikrodenetleyici serisinin temel özellikleri şu şekildedir.

- CPU azaltılmış komut seti
- RISC temeline dayanır
- İşlem hızı 16F877’de 20MHz’dir.
- Veri yolu (databus) 8 bittir
- 8 Kword’e kadar artan flash belleği 1 milyon kez programlanabilir
- 368 Byte’a kadar artan veri belleği (RAM)
- 256 Byte’a kadar artan EEPROM veri belleği vardır
- Flash ROM program belleği (EEPROM özellikli program belleği)
- 25 mA’lık kaynak akımı
- İki Capture / Compare / PWM modülü
- 10 bit çok kanallı A/D çevirici

Şekil 3.15’de görüleceği gibi 16F877 denetleyicisi 5 porttan meydana gelmektedir.



Şekil 3.15. PIC 16F877 pin yapısı

16F877 için besleme uçları 12 ve 31 pinleri Vss negatif besleme, 11 ve 32 pinleri Vdd pozitif besleme uçlarıdır. Besleme gerilimi 2.2 V ile 5.5V arası olabilir. Enerji verildiği anda oluşabilecek dalgalanmaları önlemek için Vdd Vss arasına 100nf kondansatör bağlanır.

13. ve 14. Pinler osilatör uçarıdır. Pic girişine bağlanan osilatör frekansını 4'e bölerek kullanır. 4 Mhz'lik bir osilatör bağlanırsa 1Mhz uygulama frekansı ile çalışacaktır. MCLR 1. Pin program çalışmasını kesip başlangıç durumuna döndürmek amacı ile kullanılır.

3.2.8 LCD (Liquid Crystal Display)

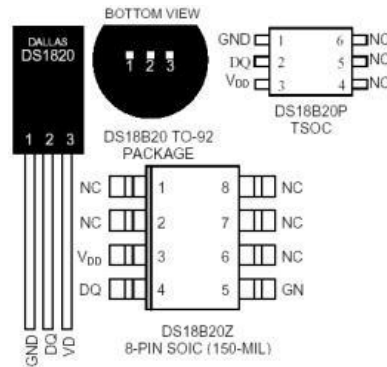
Kullandığımız karakter LCD'ler HD44780 tabanlı LCD'lerdir. Bu tip LCD'ler satır ve sütun sayısına göre isimlendirilirler. 2 satır 16 sütun olanlar 2x16 4satır 16 sütunlu olanlar 4x16 LCD olarak isimlendirilirler. LCD'ler 16 pinli olup bu pinlerin görevleri şekil 3.8.'de verilmiştir. Sekizi veri, üçü kontrol, ikisi besleme ve biri kontrast için kullanılır. Işıklı LCD'lerdeki 2 pin de arka plan aydınlatması içindir.

Çizelge 3.8. LCD bacak ve özellikleri

Pin No	İsim	Harici Bağlantı	Görev
1	VSS	Güç kaynağı	Torpak
2	VDD	Güç kaynağı	+5V
3	VO	Güç kaynağı	Parlaklık
4	RS	Mikrodenetleyici	Saklayıcı seçme
5	R/W	Mikrodenetleyici	Okuma/yazma seçme
6	E	Mikrodenetleyici	Komut/veri işle
7-14	DB0-DB7	Güç kaynağı	Arka ışık
15-16	BL+,BL-	Güç kaynağı	Arka ışık

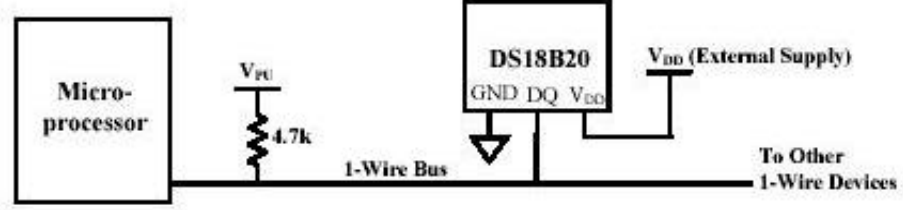
3.2.9 DS18B20

DS1820 dallas firmasının ürettiği hata payı 0,5 derece olan -55 ile +125 derece arasında ölçüm yapabilen bir sensördür.



Şekil 3.16. DS1820 kılıf yapıları

DS1820 kullanımında çıkış ucu 4,7 K Ω değerinde dirençle +5 volta çekilir. Bu sayede parazit önleme gerçekleşir. Şekil 3.16.'da kılıf yapısı verilen DS18B20'nin bağlantısı şekil 3.17.'de gösterilmiştir.



Şekil 3.17. DS 1820 bağlantı şeması

DS1820'nin özellikleri şu şekilde sıralanabilir;

- Tek hat iletişim
- -55 +125 derece ölçüm aralığı
- 64 bit ROM kodu mevcuttur
- Harici eleman gerektirmez
- 750 ms sürede sıcaklık ölçümü yapabilir
- 9-12 bit sayısal çözünürlük sağlayabilir
- 0,5 derece hassasiyet

DS 1820 64 bit ROM kod içermektedir. Bu kodun düşük değerlikli 8 biti aile kodunu vermektedir. Yüksek değerlikli 8 bit ise CRC kodunu içermektedir. Geri kalan 48 bit ise entegre seri numarası içermektedir. Bu seri numarası sayesinde aynı hatta kendi sınıfından sınırsız sayıda eleman bağlanabilir. Bu sayede, tek hat üzerinden çok noktadan sıcaklık ölçümü mümkün olmaktadır, (Berber, 2009).

3.3. Tasarlanan LPG ile Kompresörsüz Soğutma Sistemi

Deney düzeneğimizde LPG tankı olarak mutfaklarda yakıt olarak kullandığımız LPG tüp kullanılmıştır. Sistemde kullanılan kılcal boru soğutucu akışkanın basıncını istenilen seviyeye düşürür ve yeterli miktarda evaporatöre gönderir. Yapılan bu sistemin en önemli özelliği ısı enerjisi üretmek için kullanılacak olan sıvılaştırılmış petrol gazı (LPG) ısı enerjisinin üretmeden önce soğutma için kullanılmaktadır. Böyle bir sistem tasarımı sadece LPG için değil gerekli düzenlemelerle doğal gaz ya da farklı

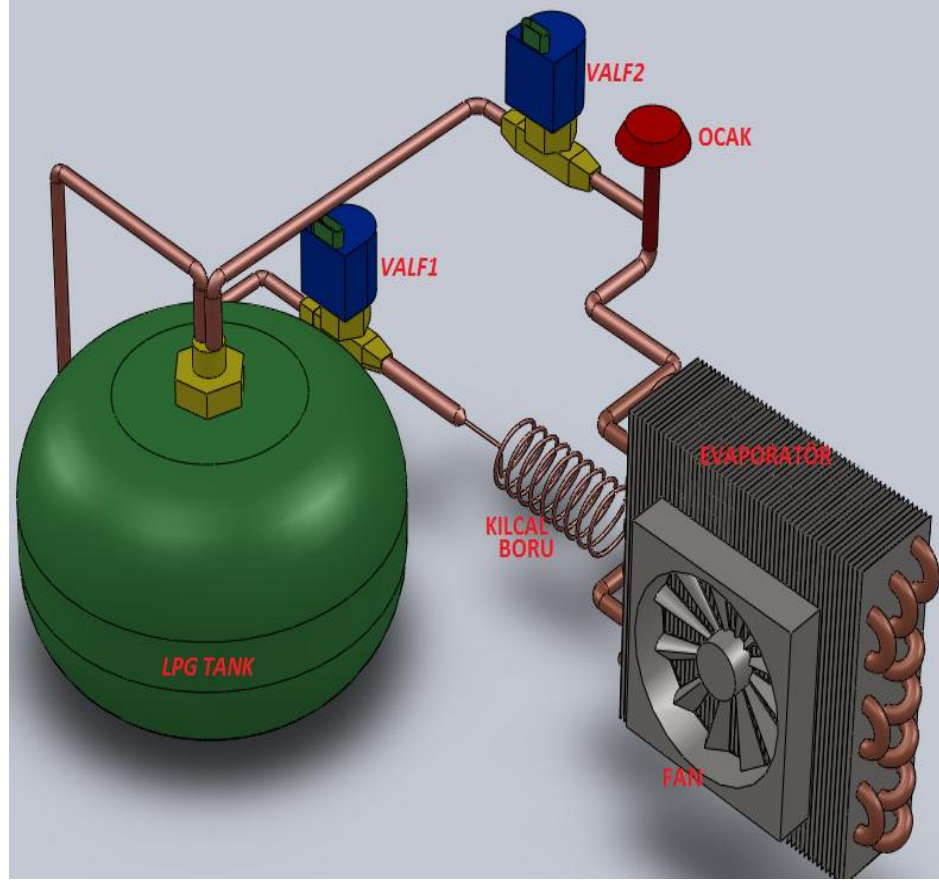
sıvılaştırılmış yakıtlar kullanılarak ta yapılabilir. Çünkü buhar sıkıştırılmalı soğutma sistemlerinde sıvı halde bulunan soğutucu akışkan yüksek basınçlı ortamdan düşük basınçlı bir ortama geçirilmekte ve burada gaz hale geçmektedir. Bu hal değişimi sırasında ortamdan ısı alan soğutucu akışkan (LPG) evaporatörde soğutma yapacaktır. Yaptığımız çalışmada da bu mantıktan yola çıkılmıştır. Mutfak tüplerinde ya da LPG tanklarında petrol gazı yüksek basınçtan dolayı sıvı haldedir.

Buhar sıkıştırılmalı sistemlerde sıvılaştırma işlemi için kompresör gazı sıkıştırarak kondansere basar ve yüksek basınçla kondanserde sıkıştırarak sıvılaştırır. Bu olay gerçekleşirken sıvılaştıran soğutucu akışkan evaporatörde ortamdan aldığı ısıyı kondanserde dışarı verir. Bu nedenle buzdolaplarının arkasında bulunan kondanseler sıcaktır. Burada oluşan ısı soğutmak için dolaba koyduğumuz sebze meyve ve yemeklerden aldığımız ısıdır. En başta da söylediğimiz gibi soğutma sistemleri ısıyı bir yerden başka bir yere taşımaktadır.

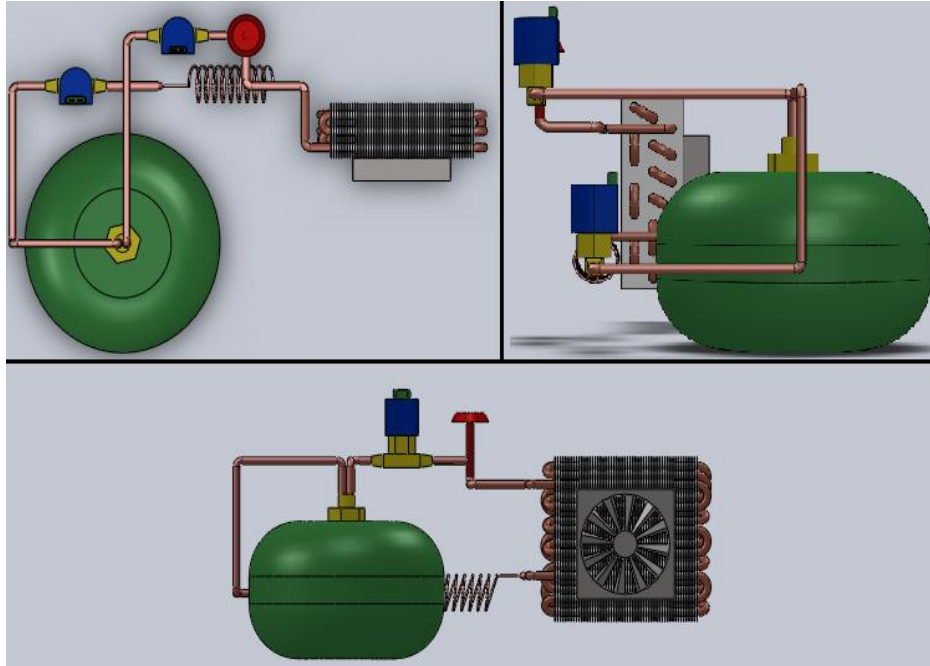
Bir klima ya da buzdolabı için kullanılan soğutucu akışkan kapalı bir döngü içerisinde sürekli hal değiştirmekte ve hareket halindedir. Yaptığımız deney düzeneğinde ise yine hal değiştirme mevcut ancak sadece sıvı halden gaz hale geçme yani buharlaşma olayı vardır ve gaz yine hareket halindedir. Gaz sıvı halden gaz hale geçmekte ve basıncın az olduğu dış ortama açılan ocaktan dışarı gitmektedir. Kompresörün yapacağı sıkıştırma işlemine bu sistemde gerek kalmadığı için kompresör ve sıvılaştırmanın yapıldığı kondanser kullanılmamıştır.

Yapılan deney düzeneğinde kompresörün ve kondanserin çıkarılması ile sistemin yapısı Şekil 3.18.'de gösterilmiştir. Sistemde iki adet valf kullanılmış olup 1. Valf LPG'nin önce soğutmada kullanılması için doğrudan evaporatöre yönlendirmeyi sağlamaktadır. 2. Valf ise soğutma yapmadan doğrudan yakıt kullanımına göndermek için kullanılmıştır. Soğutma yapılmadığı zamanlarda LPG'yi evaporatöre hapsetmek ve hava girişini engellemek için 3. Valf kullanılabilir ancak deney düzeneğimizde bu kullanılmamıştır. Kullanılan 1. valf gazı kestiğinde evaporatör içerisindeki LPG yanarak evaporatör basıncı düşürülecektir.

Soğutma sırasında çalışacak olan fanın çalışması elektronik kontrol kartı yardımıyla bulanık dilsel ifadelerle göre PWM ile hız ayarı yapılarak çalışacaktır. Sistemin kontrolünü sağlayacak olan kart tasarımı deney düzeneğinden farklı olarak geliştirilmeye yönelik ısıtma aspiratör ve 2. By-pass vanası kontrolünü sağlayacak şekilde düzenlenmiştir.



Şekil 3.18. Soğutma sistemi deney düzeneği genel görünüş



Şekil 3.19. Soğutma sistemi deney düzeneği üst yan ve ön görünüşü

Yaptığımız bu soğutma sisteminde kullanılan valfler DC 12 V gerilimle kontrol edilebilen LPG uyumlu elektronik valflerdir. Bu sistemde soğutma yapılmak istendiğinde VALF1 açık konumda VALF2 kapalı konumda olacaktır. Bu sayede LPG tanktan çıkar çıkmaz kılcal boruya geçecek ve buradan soğutmanın yapılacağı evaporatöre gönderilecektir. Ocak olarak gösterilen bölümde LPG kullanıldığı için LPG soğutucu akışkanın hareketi sağlanacaktır. Soğutma yapılması istenmediği durumlarda VALF1 kapalı VALF2 açık konumda olacaktır. Sistemde kullanılan kontrol kartı ile valfler ve fanın çalışması kontrol edilecektir.

3.4. Tasarlanan Kontrol Kartı

Yukarıda Şekil 3.18.'de görülen soğutma sisteminde buhar sıkıştırımlı soğutma sistemlerindeki mantık kullanılmaktadır. Burada buhar sıkıştırma işlemi için kullanılan kompresör ve kondanserin sistemden çıkarılması sistemde bazı değişikliklerin oluşmasına sebep olmuştur. Normal bir soğutma sisteminde sıcaklık bilgisi manüel ya da elektronik olarak kontrol edilebilmektedir. Kontrol sırasında soğutma yapılması gereken zamanlarda kompresör devreye girer ve soğutucu akışkanın hareketi başlar bu hareket kompresör çalıştığı sürece devam eder. Hareketin olduğu her an akışkan hal değişimi devam edeceğinden soğutma işlemi gerçekleşir. Bu tip soğutma sistemlerinde kompresörün devreye girmesi ve çıkması termostat ya da elektronik kontrol devreleriyle sağlanmaktadır.

Yaptığımız kontrol devresi ve bulanık kontrol sistemi tasarımında kontrol edilecek 3 unsur vardır. Bunlar gaz akışını istenilen şekilde yönlendirecek olan valfler, ortam aşırı soğuk olduğunda çalışacak olan ısıtıcı ve ortamda hava sirkülasyonu sağlayacak olan fan kontrolüdür. Bu unsurlardan valfler ve ısıtıcı kontrolü röle üzerinden sürülecek olup istenilen zamanlarda ve şartlarda çalışması sağlanacaktır. Isıtma sistemi için kullanılacak olan ısıtıcı opsiyonel olarak sisteme eklenebilecektir. Kullanılan valfler 12 volt DC gerilimle çalışmakta olup mikrodenetleyici ile kontrol edilecektir. Sistemde kullanılan fan yine 12 volt DC gerilimle çalışmakta ve hız kontrolü bulanık mantıkla kontrol edilmektedir.

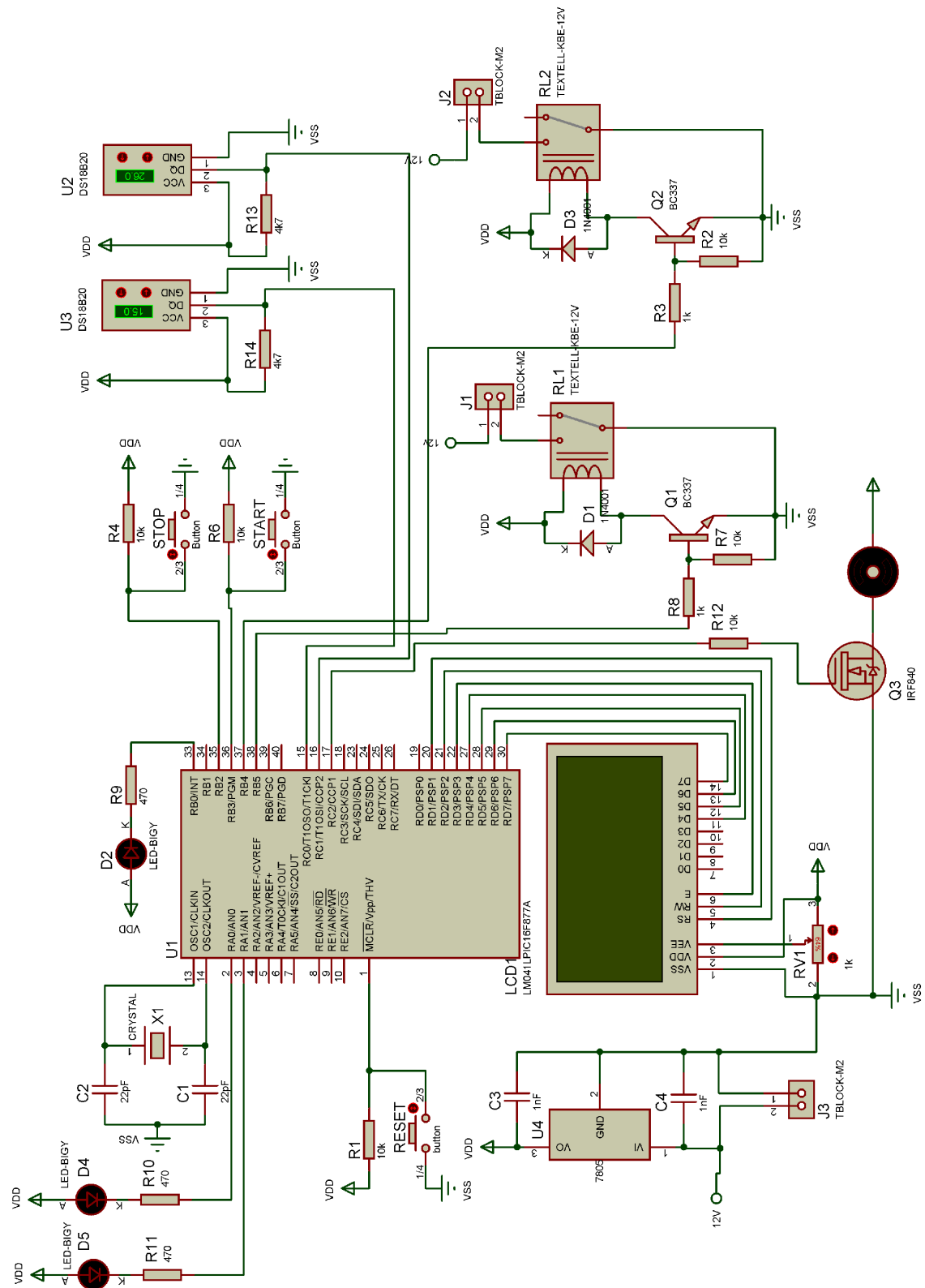
Sistemin devre şeması şekil 3.20.'de görülmektedir. Devrede mikrodenetleyici olarak PIC16F877 kullanılmaktadır. Yapılan devre ile iç ortam ve dış ortam sıcaklıkları ayrı iki sensör yardımıyla alınmış ve bu sıcaklıklara göre bulanık denetleyici sistem tasarlanmıştır. Sıcaklık sensörü olarak Dallas firmasının ürettiği DS18B20 sıcaklık

sensörü kullanılmıştır. Alınan bu sıcaklık değerleri LCD ekran ile takip edilebilecektir. Bu sıcaklık değerlerine göre fan hızı PWM (darbe genişlik modülasyonu) ile kontrol edilmiştir. Bulanık mantıkta kullanacağımızı kuralların dilsel ifadeleri günlük yaşamda rahat bir ortam için gerekli ifadelerden oluşmaktadır. Yaz günü havanın dışarıda 40 derece üstünde olması evin içinin Sıcak olacağı anlamına gelmez evde sıcaklık 20 derece ise klima çalışması istenmez. Ancak dışarıda hava 40 derece üstü ev içerisinde 30 derece ise klimanın çalışması istenir. Bazen klima son fanı son hızda bazen yarı hızda ve bazen de daha düşük hızlarda çalışabilir işte bu çalışmanın sağlanması için sistemde bulanık denetleyici sistem kullanılmıştır.

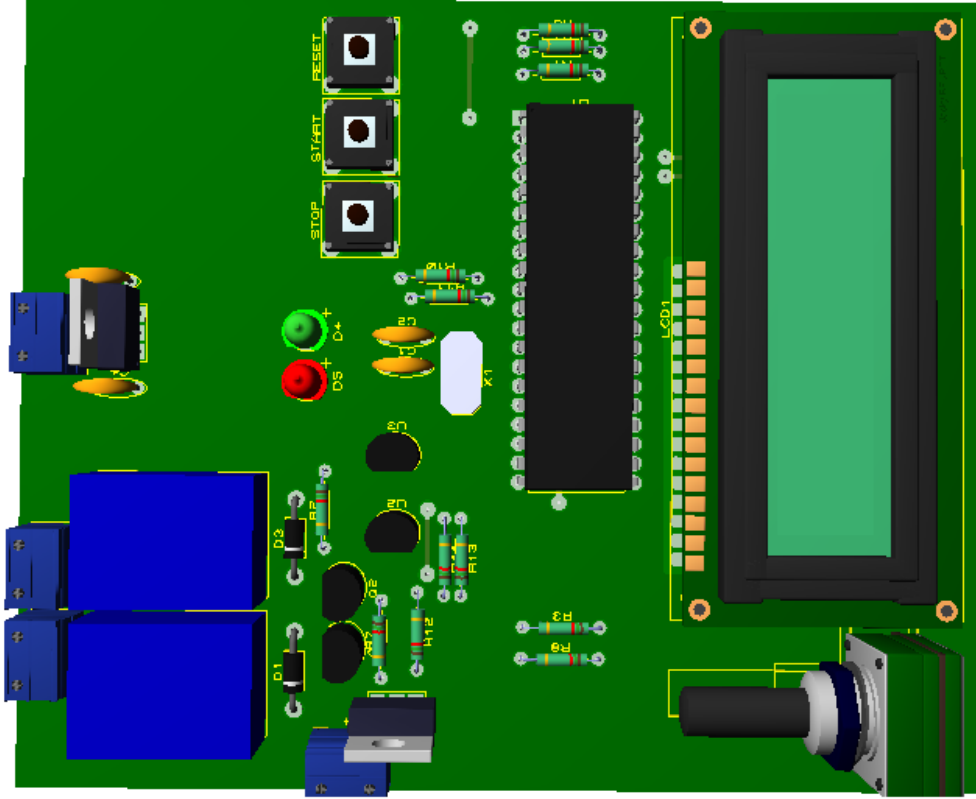
Devrede sisteme giriş bilgisi olarak uygulanan iki sıcaklık bilgisi kullanılmaktadır. Bu sıcaklık değerleri iç ortam ve dış ortam sıcaklıklarıdır. Eğer ortamın serinletilmesi isteniyorsa Şekil 3.18.'de görülen valflerden valf2 devrede valf1 ise devre dışında bırakılacaktır bu sayede LPG soğutma sistemini dolaşp soğutma işlemini gerçekleştirecektir. Ortam ısısı normal seviyelerde ise soğutma işlemi yapılmayacağından LPG evaporatöre değil by-pass borusundan ocağa yönlendirilir. Bu sistem sayesinde LPG ister soğutma yapsın ister yapmasın her şekilde ocağa gönderilmektedir. Yazın sıcak havalarda yemek yaparken istenilirse bu valflerle gaz yönü değiştirilerek soğutma yapılması sağlanacaktır. Şekil 3.20.'de devre şeması verilen kontrol kartında kullanılan rölelerden RL1 rölesi valf 1, RL2 rölesi valf 2'yi kontrol etmek için kullanılacaktır.

Bu sistem sadece mutfaklarda değil araçlarda da kullanılabilecek bir sistemdir. Önceden yapılan çalışmalardan birinde gazın buharlaştırıldığı buharlaştırıcının sıcak su girişi kapatılarak gazın buharlaşması ile buharlaştırıcı etrafındaki oluşan soğuk yüzeyden hava akışı sağlanarak soğutma sistemi tasarlanmıştı. Bu sistemde ise buharlaştırıcı yerine evaporatör kullanılarak soğutma bu elemanda yapılmıştır. Yapılan sistemde soğutma işlemi sıvı haldeki LPG'yi gaz haline evaporatör içerisinde getirmekle gerçekleşecektir. Kompresöre devrede gerek kalmamasının sebebi LPG yüksek basınç altında LPG tankında sıvı halde beklemektedir. Kompresörün yapması gereken bu görev önceden LPG içerisine sıkıştırılarak depo edilmesiyle yapılmıştır. Biz sadece bu sıvı LPG'yi kullanarak soğutma işlemi gerçekleştirmekteyiz.

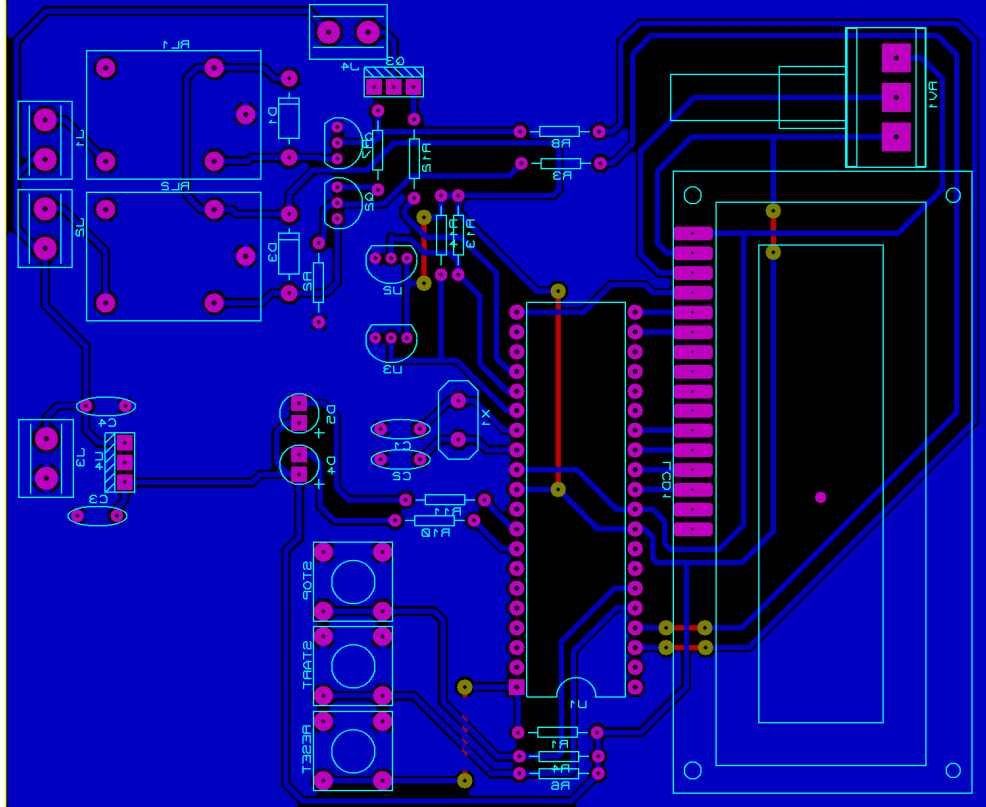
Şekil 3.20.'de tasarlanan kontrol kartı şematik devresi görülmektedir. Tasarlanan bu kartın 3 boyutlu görünüşü şekil 3.21.'de gösterilmiştir. Kontrol baskı devresi ise şekil 3.22.'de gösterilmiştir.



Şekil 3.20. Kontrol kartı şematik devre tasarımı



Şekil 3.21 Kontrol kartı 3 boyut görünümü



Şekil 3.22. Kontrol kartı baskı devresi

3.5. Bulanık Denetleyici Tasarımı

Yapacağımız kontrol devresinde sistem çalışmasında valflerin kontrolü ve fan hız kontrolü iç ve dış ortam sıcaklığına bağlı olarak kontrol edilmiştir. Bu kontrol mekanizmasında fan hızı kontrol edilirken bulanık denetleyici ile kontrol edilmesi sağlanmıştır.

Bir bulanık denetleyici dört bölümden oluşmaktadır.

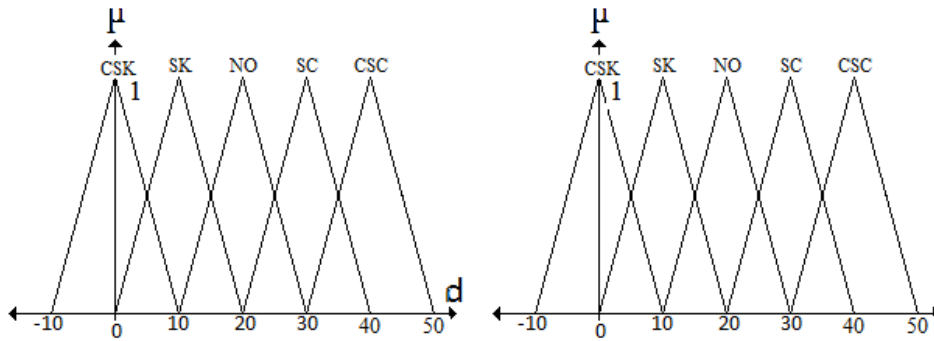
1. Bulandırıcı (fuzzifier) giriş birimi
2. Kural tabanı (rule base)
3. Çıkarım mekanizması (inference mechanism)
4. Durultucu (defuzzifier) çıkış birimi

Tasarladığımız bulanık denetleyicide bir ortamın sıcaklığı ve dış ortamın sıcaklığı olmak üzere iki giriş değişkeni kullanılmaktadır. Giriş değişkenlerine göre fan hızı bulanık mantıkla kontrol edilecektir. Çıkış olarak motor hızı ayarı yapacak olan PWM sinyal genişliği giriş değişkenlere göre değiştirilecektir.

3.5.1. Giriş birimi (bulandırıcı)

Bulanık denetleyici giriş biri olan bulandırıcı giriş değişkenlerinin değerlerini çıkarım mekanizmasında kullanılabilecek bilgiye dönüştürür. Bulandırıcı giriş değişkenlerinin aldığı her değere ilgili giriş değişkeni için tanımlanan tüm bulanık kümeler için bir üyelik derecesi hesaplar.

Şekil 3.23'te yaptığımız denetleyici sisteme uygulanan giriş değişkenleri (dış ortam sıcaklığı) d ve (iç ortam sıcaklığı) i için tanımlanan üyelik fonksiyonları ve bulanık kümeler görülmektedir.



Şekil 3.23. Giriş değişkenleri bulanık kümeleri

Şekil 3.23’de görüldüğü gibi bulanık kümeleri oluşturan üyelik fonksiyonları CSK, SK, NO, SC, CSC olarak adlandırılmıştır. Bunlar çok soğuk, soğuk, normal, sıcak ve çok sıcak durumlarını işaret etmektedir. Giriş değerlerine göre üyelik derecesi hesaplamak için kullanılacak fonksiyonlar şu şekildedir.

$$\mu_{CSK}(x) = \begin{cases} 0 & x < -10 \\ \frac{1}{10}x + 1 & -10 < x < 0 \\ -\frac{1}{10}x + 1 & 0 < x < 10 \\ 0 & 10 < x \end{cases} \quad (3.4)$$

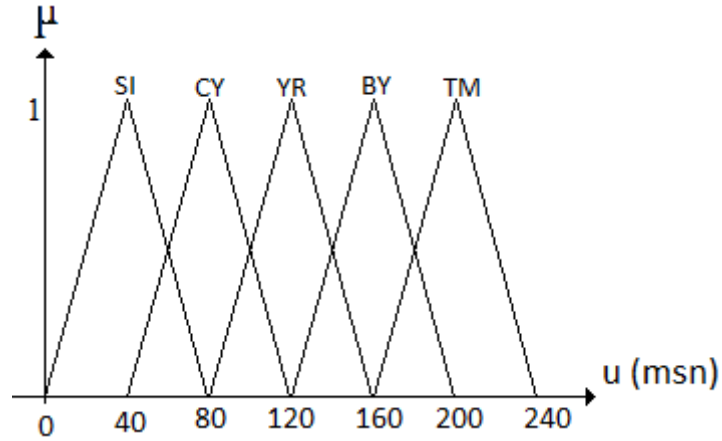
$$\mu_{SK}(x) = \begin{cases} 0 & x < 0 \\ \frac{1}{10}x & 0 < x < 10 \\ -\frac{1}{10}x + 2 & 10 < x < 20 \\ 0 & 20 < x \end{cases} \quad (3.5)$$

$$\mu_{NO}(x) = \begin{cases} 0 & x < 10 \\ \frac{1}{10}x - 1 & 10 < x < 20 \\ -\frac{1}{10}x + 3 & 20 < x < 30 \\ 0 & 30 < x \end{cases} \quad (3.6)$$

$$\mu_{SC}(x) = \begin{cases} 0 & x < 20 \\ \frac{1}{10}x - 2 & 20 < x < 30 \\ -\frac{1}{10}x + 4 & 30 < x < 40 \\ 0 & 40 < x \end{cases} \quad (3.7)$$

$$\mu_{CSC}(x) = \begin{cases} 0 & x < 30 \\ \frac{1}{10}x - 3 & 30 < x < 40 \\ -\frac{1}{10}x + 5 & 40 < x < 50 \\ 0 & 50 < x \end{cases} \quad (3.8)$$

Çıkış bulanık kümesi ve üyelik fonksiyonları şekil 3.24.'de görülmektedir. Çıkış üyelik fonksiyonları fan hızı ayarı için kullanılan PWM sinyalinin duty cycle değerlerini temsil etmektedir. SI, CY, YR, BY, ve TM olan üyelik fonksiyonları sıfır, çeyrek, yarım, büyük yarım ve tam duty cycle değerlerini ifade etmektedir.



Şekil 3.24. Çıkış bulanık kümesi

Örnek olarak iç sıcaklık $i = 25^{\circ}\text{C}$ ve dış sıcaklık $d = 30^{\circ}\text{C}$ için ilgili değişkenin üyelik fonksiyonlarının tümü için hesaplanan üyelik dereceleri hesaplanırsa sonuçlar formül 3.4, 3.5, 3.6, 3.7, ve 3.8'e göre şu şekilde çıkar.

$$i = 25^{\circ}\text{C}$$

$$d = 30^{\circ}\text{C}$$

Üyelik Derecesi	Üyelik fonksiyonu	Üyelik Derecesi	Üyelik Fonksiyonu
0.....	CSK	0.....	CSK
0.....	SK	0.....	SK
0,5.....	NO	0.....	NO
0,5.....	SC	1.....	SC
0.....	CSC	0.....	CSC

3.5.2. Kural tabanı (rule base)

Bulanık denetleyicinin kural tabanı oluşturulurken günlük hayatta ne zaman klima çalışmasını istediğimizi dikkate alarak hazırlandı. Dilsel ifadelere göre kurallar şu şekilde sıralanmaktadır.

1. (EĞER $i = \text{CSK}$ ve $d = \text{CSK}$ İSE dutycycle =SI)

2. (EĞER $i = \text{CSK}$ ve $d = \text{SK}$ İSE $\text{duty cycle} = \text{SI}$)
3. (EĞER $i = \text{CSK}$ ve $d = \text{NO}$ İSE $\text{duty cycle} = \text{SI}$)
4. (EĞER $i = \text{CSK}$ ve $d = \text{SC}$ İSE $\text{duty cycle} = \text{SI}$)
5. (EĞER $i = \text{CSK}$ ve $d = \text{CSC}$ İSE $\text{duty cycle} = \text{SI}$)
6. (EĞER $i = \text{SK}$ ve $d = \text{CSK}$ İSE $\text{duty cycle} = \text{SI}$)
7. (EĞER $i = \text{SK}$ ve $d = \text{SK}$ İSE $\text{duty cycle} = \text{SI}$)
8. (EĞER $i = \text{SK}$ ve $d = \text{NO}$ İSE $\text{duty cycle} = \text{SI}$)
9. (EĞER $i = \text{SK}$ ve $d = \text{SC}$ İSE $\text{duty cycle} = \text{SI}$)
10. (EĞER $i = \text{SK}$ ve $d = \text{CSC}$ İSE $\text{duty cycle} = \text{SI}$)
11. (EĞER $i = \text{NO}$ ve $d = \text{CSK}$ İSE $\text{duty cycle} = \text{SI}$)
12. (EĞER $i = \text{NO}$ ve $d = \text{SK}$ İSE $\text{duty cycle} = \text{SI}$)
13. (EĞER $i = \text{NO}$ ve $d = \text{NO}$ İSE $\text{duty cycle} = \text{SI}$)
14. (EĞER $i = \text{NO}$ ve $d = \text{SC}$ İSE $\text{duty cycle} = \text{CY}$)
15. (EĞER $i = \text{NO}$ ve $d = \text{CSC}$ İSE $\text{duty cycle} = \text{YR}$)
16. (EĞER $i = \text{SC}$ ve $d = \text{CSK}$ İSE $\text{duty cycle} = \text{CY}$)
17. (EĞER $i = \text{SC}$ ve $d = \text{SK}$ İSE $\text{duty cycle} = \text{CY}$)
18. (EĞER $i = \text{SC}$ ve $d = \text{NO}$ İSE $\text{duty cycle} = \text{YR}$)
19. (EĞER $i = \text{SC}$ ve $d = \text{SC}$ İSE $\text{duty cycle} = \text{BYR}$)
20. (EĞER $i = \text{SC}$ ve $d = \text{CSC}$ İSE $\text{duty cycle} = \text{BYR}$)
21. (EĞER $i = \text{CSC}$ ve $d = \text{CSK}$ İSE $\text{duty cycle} = \text{YR}$)
22. (EĞER $i = \text{CSC}$ ve $d = \text{SK}$ İSE $\text{duty cycle} = \text{YR}$)
23. (EĞER $i = \text{CSC}$ ve $d = \text{NO}$ İSE $\text{duty cycle} = \text{BYR}$)
24. (EĞER $i = \text{CSC}$ ve $d = \text{SC}$ İSE $\text{duty cycle} = \text{TM}$)
25. (EĞER $i = \text{CSC}$ ve $d = \text{CSC}$ İSE $\text{duty cycle} = \text{TM}$)

Bu dilsel ifadelerle göre oluşan kural tabanı çizelge 3.9.'da verilmiştir. Kural tabanında ilgili üyelik fonksiyonlarının kesişmesiyle oluşan çıkış üyelik fonksiyonlarının merkezleri u_n ile gösterilmiştir. Kural tabanı dışarıda ve içeride sensörler tarafından alınacak bilgilere göre normal oda ısısını ayarlamak normal yaşam koşulları dikkate alınarak hazırlanmıştır. İstenildiği takdirde farklı iklim şartlarında yaşayanların ifadeleri dikkate alınarak bulanık denetleyici yeniden düzenlenebilir.

Çizelge 3.9. Kural tabanı

U J(iç) K (dış)	CSK	SK	NO	SC	CSC
CSK	SI U1=40	SI U2=40	SI U3=40	CY U4=80	YR U5=120
SK	SI U6=40	SI U7=40	SI U8=40	CY U9=80	YR U10=120
NO	SI U11=40	SI U12=40	SI U13=40	YR U14=120	BYR U15=160
SC	SI U16=40	SI U17=40	CY U18=80	BYR U19=160	TM U20=200
CSC	SI U21=40	SI U22=40	YR U23=120	BYR U24=160	TM U25=200

3.5.3. Çıkarım mekanizması (inference mechanism)

Bulandırıcı çıkışlarını (üyelik derecelerinin) kural tabanını kullanarak bir bulanık küme oluşturur. Oluşan bulanık küme durultucu tarafından denetleyici çıkışı hesaplamak için kullanılacaktır. Çıkarım mekanizmasında 3 işlem vardır. İlk işlem terimler arası işlemdir. Genellikle terimler AND, OR, NOT işlemleriyle bağlanır. Kontrol uygulamalarında genellikle AND işlemi kullanılır. Her kural için kuralın kesinlik derecesi formül 3.9 ile bulunur.

İkinci işlem ise kural kesinlik derecesi ile ilgili kuralın bulanık çıkış kümesi arasındaki İMA işlemidir. Üçüncü işlem ise İMA edilen bulanık çıkış kümelerini TOPARLAMA işlemidir. Bu işlem sonucunda sonuç bulanık çıkış kümesi elde edilir. Kural tablosunda görülen j ve k satır ve sütunları göstermektedir. U_{jk} ise j ve k'nın belirlediği bulanık kümelere denk gelmektedir. İMA edilen bulanık çıkış kümelerinin genel gösterimi formül 3.10 ile gösterilmiştir.

$$W_n = \mu_{jk}^{CR} = \mu_i^D(d^*) \cdot \mu_k^I(i^*) \quad (3.9)$$

$$\mu_{jk}(u) = \min\{\mu_{jk}^{CR}, \mu_{jk}^U(u)\} \quad (3.10)$$

$\mu_i^D(\cdot)$, $\mu_k^I(\cdot)$ ve $\mu_{jk}^U(u)$ fonksiyonları sırasıyla d_j , i_k ve u_{jk} 'ya karşılık gelen üyelik fonksiyonlarını göstermektedir. Formül 3.9 da görülen d^* ve i^* değerleri girişlere uygulanan sayısal değerleri göstermektedir. $\mu_i^D(d^*)$, $\mu_k^I(i^*)$ değerleri d^* ve i^* 'ın bulanık kümelerdeki üyelik derecelerini göstermektedir. Sonuç bulanık çıkış kümesi toplama işlemi için max operatörü kullanılarak formül 3.11'deki gibi bulunur.

$$\mu_{out}(u) = \max \{ \mu_{11}^U(u), \mu_{12}^U(u), \dots, \mu_{54}^U(u), \mu_{55}^U(u) \} \quad (3.11)$$

Çizelge 3.10. İlgili kuralın kesinlik derecesi

U	$W_n = \mu_{jk}^{CR} = \mu_i^D(d^*) \cdot \mu_k^I(i^*)$ İlgili kuralın kesinlik derecesi				
	CSK	SK	NO	SC	CSC
CSK	U1=40 $\mu_{11}^{CR} = W1$	U2=40 $\mu_{21}^{CR} = W2$	U3=40 $\mu_{31}^{CR} = W3$	U4=80 $\mu_{41}^{CR} = W4$	U5=120 $\mu_{51}^{CR} = W5$
SK	U6=40 $\mu_{12}^{CR} = W6$	U7=40 $\mu_{22}^{CR} = W7$	U8=40 $\mu_{32}^{CR} = W8$	U9=80 $\mu_{42}^{CR} = W9$	U10=120 $\mu_{52}^{CR} = W10$
NO	U11=40 $\mu_{13}^{CR} = W11$	U12=40 $\mu_{23}^{CR} = W12$	U13=40 $\mu_{33}^{CR} = W13$	U14=120 $\mu_{43}^{CR} = W14$	U15=160 $\mu_{53}^{CR} = W15$
SC	U16=40 $\mu_{14}^{CR} = W16$	U17=40 $\mu_{24}^{CR} = W17$	U18=80 $\mu_{34}^{CR} = W18$	U19=160 $\mu_{44}^{CR} = W19$	U20=200 $\mu_{54}^{CR} = W20$
CSC	U21=40 $\mu_{15}^{CR} = W21$	U22=40 $\mu_{25}^{CR} = W22$	U23=120 $\mu_{35}^{CR} = W23$	U24=160 $\mu_{45}^{CR} = W24$	U25=200 $\mu_{55}^{CR} = W25$

3.5.4. Çıkış birimi (durultucu)

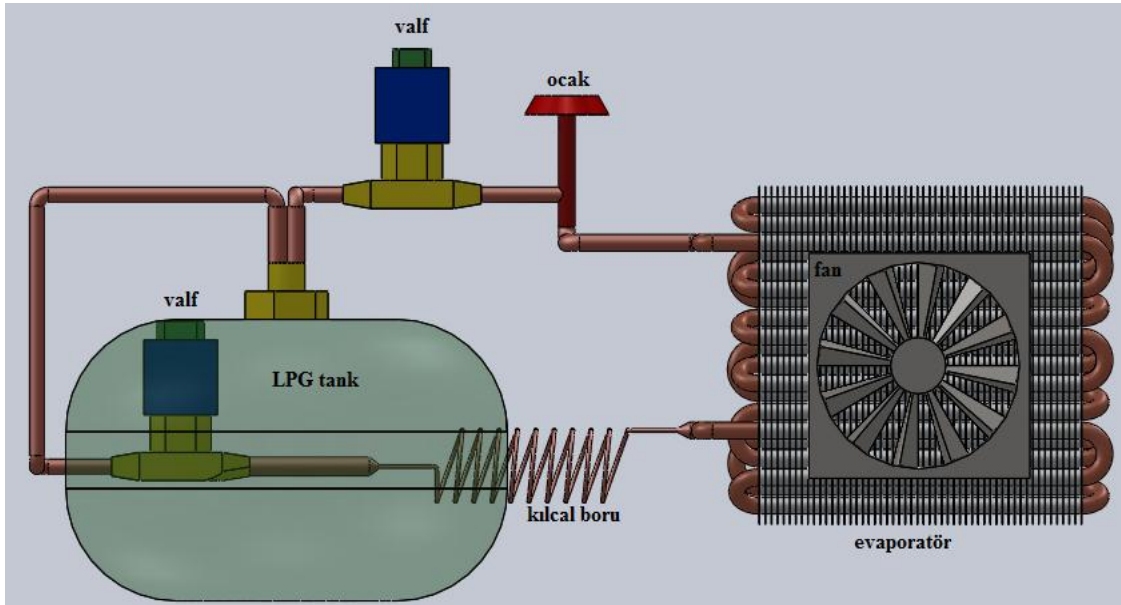
Çıkarım mekanizmasının oluşturduğu sonuç bulanık çıkış kümesini kullanarak denetleyicinin çıkışını sayısal olarak hesaplar. En çok kullanılan durultma metodu ağırlık merkezi yöntemidir. Sonuç bulanık çıkış kümesi ima edilen bulanık çıkış kümelerinin birleşimi neticesinde elde edildiğinden, ağırlık merkezi hesaplamasının yaklaşık değeri, ima edilen bulanık çıkış kümelerinin merkezlerinin ağırlıklı ortalaması hesaplanarak bulunabilir. Örneğin u_n n'inci ima edilen bulanık çıkış kümenin merkezi ve W_n 'de bu kümenin yüksekliği yani ilgili kuralın kesinlik derecesine göre denetleyicinin çıkışının sayısal değeri formül 3.12 ile bulunur.

$$u^* = \frac{\sum_{n=1}^m w_n u_n}{\sum_{n=1}^m w_n} \quad (3.12)$$

Merkezlerin ağırlıklı ortalaması metodu çıkış hesaplaması kolay olduğundan en çok kullanılan yöntemlerden biridir. Bu yöntemde toparlama işlemine gerek yoktur çünkü çıkış sayısal değeri doğrudan ima edilen bulanık çıkış kümeleri kullanılarak hesaplanmaktadır. Hesaplamalarda çıkış kümelerinin sadece merkezleri kullanılmaktadır.

4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA

Bu tez çalışmasında öncelikle farklı bir klima ve bu klimanın kontrol sistemi gerçekleştirilmiştir. Soğutma sistemi hem araçlarda, evlerde ve restoranlarda LPG kullanılan mutfaklar için kullanılabilecek bir soğutma sistemidir. Ocaklarda yakıt olarak kullanılan LPG'nin soğutma özelliğinden faydalanılarak tasarlanan sistemin yapısı şekil 4.1.'de gösterilmiştir. Şekilde de görüleceği gibi iki adet valf kullanılmaktadır. Burada da görüleceği gibi normal bir klima ya da soğutma sisteminde kullanılan kompresör ve kondanser sistemde bulunmamaktadır. Bu sayede enerji tüketimi konusunda tasarruf sağlanmaktadır. Soğutma sadece valflerin uygun şekilde çalıştırılmaları ve gazın istenilen şekilde yönlendirmeleri ile sağlanacaktır.



Şekil 4.1. LPG'li klima sistemi

Şekil 4.1.'de görülen soğutma sistemi için tasarlanacak olan kontrol devresi iki valfi aynı anda kapalı tutarsa ocak çalışmayacaktır. Gaz çıkışı tamamen tutulacaktır. Ancak bu sistemin güvenliği için LPG tank çıkışına gaz vanası eklenerek ilk çalışma anında gaz yavaşça açılmalıdır. Araçlarda ya da mutfaklarda kullanılabilecek olan sistemin çıkışı yakıt olarak kullanılacağı için çıkan gaz bir şekilde harcanacaktır. Sistem kontrol devresi iki valfin kontrolü ve fan hızının bulanık mantıkla iki sıcaklık değerine göre hızını kontrol edecek bulanık bir denetleyicidir. fan hızı kontrolü için PWM yöntemi kullanılacak olup PWM sinyalin duty cycle değeri değiştirilecektir.

Farklı sıcaklık değerleri için her bir giriş bulanık kümede bulunan üyelik fonksiyonları için hesaplanan üyelik dereceleri ve sistemin çalışma verileri tablolar halinde alınmıştır. Sistem çalışması ve oluşan PWM sinyal şekilleri simülasyon ortamından alınarak sonuçlar incelenmiştir. Buna göre bir insanın ortam sıcak dediği bir anda eğer dış ortam çok soğuksa evin içerisinde farklı bir ısı kaynağından kaynaklanan ısınma olduğu anlaşılabılır. Kışın evin içi 30 derece olmasıyla yazın evin içi 30 derece olması durumunda fan hızı farklı hızlarda çalışır ve soğutma yapılıp yapılmayacağına karar verilir.

4.1. Klima Kontrol Sistemi ve Deneysel Sonuçları

Tasarlanan kontrol devresi için farklı sıcaklıklarda bulanık çıkışı sayısal değerleri fan hızı kontrolü için kullanılacaktır. Çıkan sayısal sonuç PWM duty cycle değeri için kullanılacaktır. En fazla 240 değeri olabilecek olan PWM duty cycle değeri çıkan sayısal değere göre değişecektir. Yapılan devre ve yazılımı proteus simülasyon programında uygulanmıştır ve sinyal çıkışları osilaskop ile alınmış ve değişimler gösterilmiştir. Sistemin çalışması farklı sıcaklıklarda test edilmiştir.

Dış ortam sıcaklığı 15°C iç ortam sıcaklığı 25°C olan bir durumda üyelik fonksiyonlarında oluşan üyelik dereceleri çizelge 4.1.'daki şekilde elde edilmiştir. Üyelik dereceleri hesaplanırken formül 3.4, 3.5, 3.6, 3.7 ve 3.8 formülleri kullanılarak hesaplama yapılmıştır. Bulanık denetleyici sistemde giriş birimi olan bulandırıcı biriminde her sıcaklık değeri için sürekli hesaplanacak olan bu değerler neticesinde çıkışın sayısal değeri elde edilecektir.

Çizelge 4.1. d=15°C ve i=25°C'de oluşan üyelik dereceleri

	d= 15°C		i= 25°C	
	Üyelik Derecesi	Üyelik fonksiyonu	Üyelik Derecesi	Üyelik Fonksiyonu
1	0	CSK	0	CSK
2	0,5	SK	0	SK
3	0,5	NO	0,5	NO
4	0	SC	0,5	SC
5	0	CSC	0	CSC

Üyelik dereceleri hesaplandıktan sonra İMA edilen bulanık çıkış kümesinin hesaplanabilmesi için kuralların kesinlik dereceleri hesaplanmalıdır. Kural kesinlik dereceleri hesaplanırken AND (çarpma) operatörü kullanılmıştır. Çizelge 4.2.'de

kuralların kesinlik dereceleri ve ilgili kuralların merkezleri gösterilmiştir. Burada ilgili kuralların merkezleri u ile kesinlik dereceleri ise W_n ile gösterilmiştir.

Çizelge 4.2. Kuralların kesinlik dereceleri ve çıkış üyelik fonksiyonu merkezleri

i d U	$W_n = \mu_{jk}^{CR} = \mu_i^D(15) \cdot \mu_k^I(25)$ $d=15$ ve $i=25$ ilgili kuralın kesinlik derecesi				
	CSK	SK	NO	SC	CSC
CSK	$U1=40$ $\mu_{11}^{CR}=W1=0$	$U2=40$ $\mu_{12}^{CR}=W2=0$	$U3=40$ $\mu_{13}^{CR}=W3=0$	$U4=80$ $\mu_{14}^{CR}=W4=0$	$U5=120$ $\mu_{15}^{CR}=W5=0$
SK	$U6=40$ $\mu_{21}^{CR}=W6=0$	$U7=40$ $\mu_{22}^{CR}=W7=0$	$U8=40$ $\mu_{23}^{CR}=W8=0,25$	$U9=80$ $\mu_{24}^{CR}=W9=0,25$	$U10=120$ $\mu_{25}^{CR}=W10=0$
NO	$U11=40$ $\mu_{31}^{CR}=W11=0$	$U12=40$ $\mu_{32}^{CR}=W12=0$	$U13=40$ $\mu_{33}^{CR}=W13=0,25$	$U14=120$ $\mu_{34}^{CR}=W14=0,25$	$U15=160$ $\mu_{35}^{CR}=W15=0$
SC	$U16=40$ $\mu_{41}^{CR}=W16=0$	$U17=40$ $\mu_{42}^{CR}=W17=0$	$U18=80$ $\mu_{43}^{CR}=W18=0$	$U19=160$ $\mu_{44}^{CR}=W19=0$	$U20=200$ $\mu_{45}^{CR}=W20=0$
CSC	$U21=40$ $\mu_{51}^{CR}=W21=0$	$U22=40$ $\mu_{52}^{CR}=W22=0$	$U23=120$ $\mu_{53}^{CR}=W23=0$	$U24=160$ $\mu_{54}^{CR}=W24=0$	$U25=200$ $\mu_{55}^{CR}=W25=0$

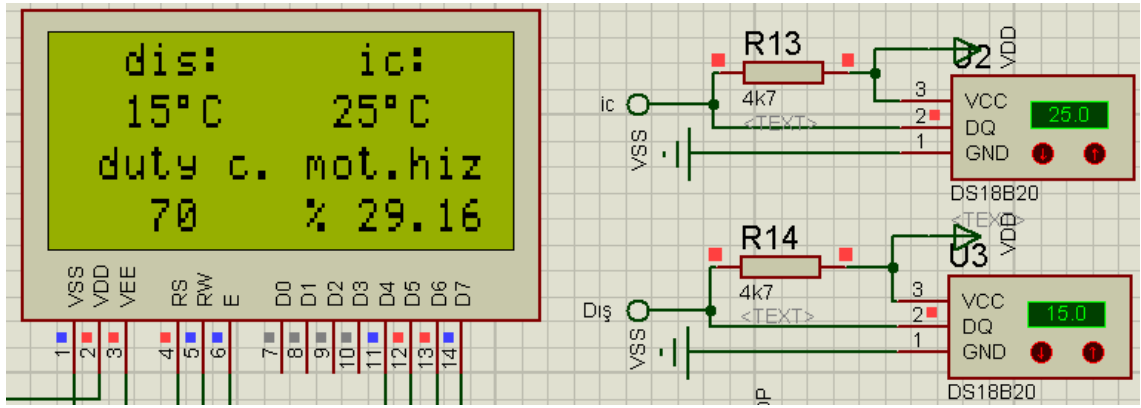
Çıkış birimi girişe uygulanan sayısal değerlere bağlı olarak çıkışta sayısal bir değer elde etmek için kullanılan birimdir. Çıkışın sayısal değeri hesaplamasında bulanık çıkış kümelerinin merkezlerinin ağırlıklı ortalaması hesaplanarak bulunacaktır. Çıkış hesaplamasında formül 3.12. kullanılacaktır. Formül 4.1'e göre;

$$U = \frac{\sum_{n=1}^m w_n u_n}{\sum_{n=1}^m w_n} = \frac{W1.U1+W1.U2+.....+W24.U24+W25.U25}{W1+W2+.....W24+W25} \quad (4.1)$$

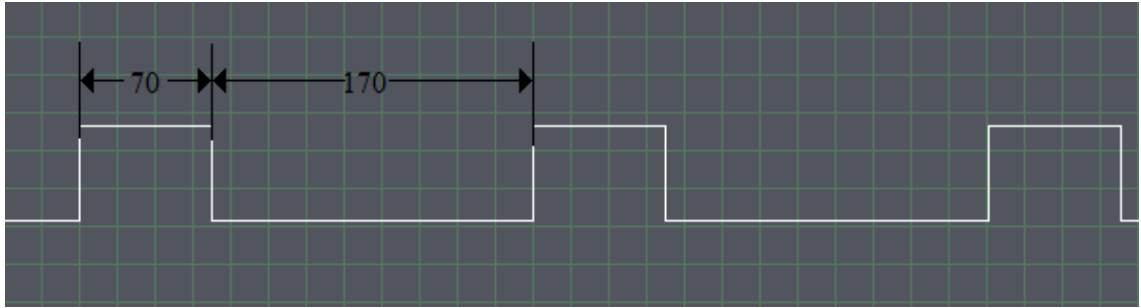
Şeklinde hesaplanacak olan sayısal çıkış için sonuç bulanık çıkış kümesinde sadece 4 kural sonuç bulanık kümenin oluşmasında etkili olmuştur. Formülü düzenlersek sayısal çıkış şu şekilde hesaplanır.

$$U = \frac{0,25.40+0,25.80+0,25.40+0,25.120}{0,25+0,25+0,25+0,25} = 70 \mu s \quad (4.2)$$

Formül 4.2' de görüldüğü gibi PWM için duty cycle değeri $70 \mu s$ olarak bulunmuştur. Duty cycle değeri max $240 \mu s$ ayarlandığı için motorun hızı % 29,16 oranındadır. Oluşan PWM sinyalinin osilaskopta görünümü şekil 4.3.'de gösterilmiştir.



Şekil 4.2. Simülasyon programında $d=15^{\circ}\text{C}$ $i=25^{\circ}\text{C}$ değerleri için Duty Cycle ve motor hız oranı



Şekil 4.3. $d=15^{\circ}\text{C}$ $i=25^{\circ}\text{C}$ PWM için oluşan motor sinyali

Dış ortam sıcaklığı 25°C iç ortam sıcaklığı 30°C olan bir durumda üyelik fonksiyonlarında oluşan üyelik dereceleri çizelge 4.3.'deki şekilde elde edilmiştir.

Çizelge 4.3. $d=25^{\circ}\text{C}$ ve $i=30^{\circ}\text{C}$ 'de oluşan üyelik dereceleri

	$d= 25^{\circ}\text{C}$		$i= 30^{\circ}\text{C}$	
	Üyelik Derecesi	Üyelik fonksiyonu	Üyelik Derecesi	Üyelik Fonksiyonu
1	0	CSK	0	CSK
2	0	SK	0	SK
3	0,5	NO	0	NO
4	0,5	SC	1	SC
5	0	CSC	0	CSC

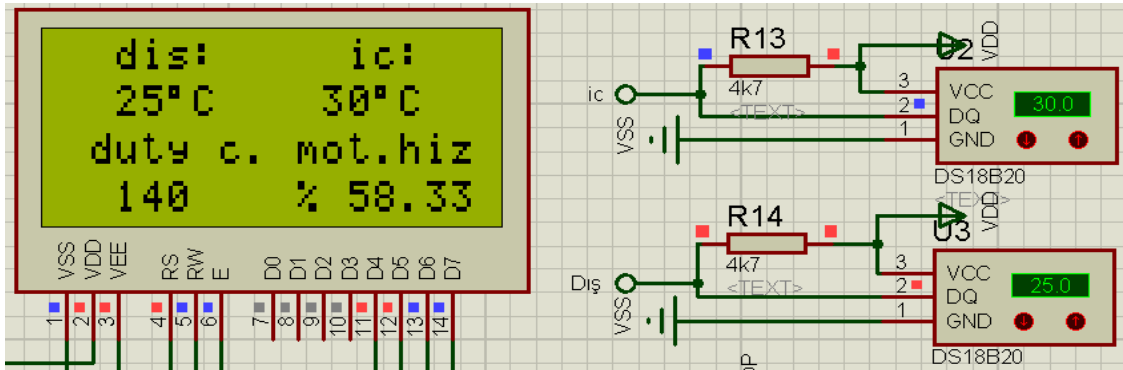
$d= 25^{\circ}\text{C}$ ve $i=30^{\circ}\text{C}$ için kural kesinlik dereceleri çizelge 4.4'deki şekilde oluşmaktadır.

Çizelge 4.4. Kuralların kesinlik dereceleri ve çıkış üyelik fonksiyonu merkezleri

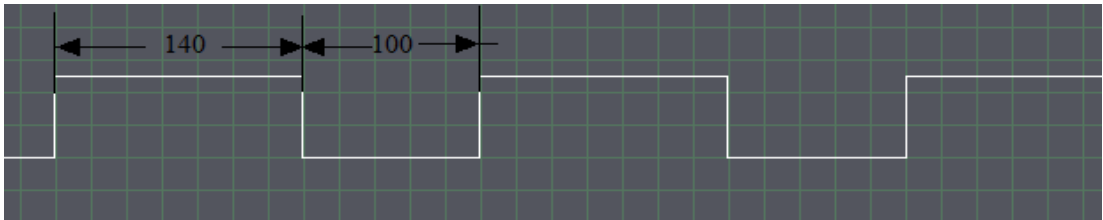
i d U		Wn= $\mu_{jk}^{CR} = \mu_i^D(25) \cdot \mu_k^I(30)$ d=25 ve i=30 ilgili kuralın kesinlik derecesi				
		CSK	SK	NO	SC	CSC
CSK	U1=40	U2=40	U3=40	U4=80	U5=120	
	$\mu_{11}^{CR} = W1=0$	$\mu_{12}^{CR} = W2=0$	$\mu_{13}^{CR} = W3=0$	$\mu_{14}^{CR} = W4=0$	$\mu_{15}^{CR} = W5=0$	
SK	U6=40	U7=40	U8=40	U9=80	U10=120	
	$\mu_{21}^{CR} = W6=0$	$\mu_{22}^{CR} = W7=0$	$\mu_{23}^{CR} = W8=0$	$\mu_{24}^{CR} = W9=0$	$\mu_{25}^{CR} = W10=0$	
NO	U11=40	U12=40	U13=40	U14=120	U15=160	
	$\mu_{31}^{CR} = W11=0$	$\mu_{32}^{CR} = W12=0$	$\mu_{33}^{CR} = W13=0$	$\mu_{34}^{CR} = W14=0,5$	$\mu_{35}^{CR} = W15=0$	
SC	U16=40	U17=40	U18=80	U19=160	U20=200	
	$\mu_{41}^{CR} = W16=0$	$\mu_{42}^{CR} = W17=0$	$\mu_{43}^{CR} = W18=0$	$\mu_{44}^{CR} = W19=0,5$	$\mu_{45}^{CR} = W20=0$	
CSC	U21=40	U22=40	U23=120	U24=160	U25=200	
	$\mu_{51}^{CR} = W21=0$	$\mu_{52}^{CR} = W22=0$	$\mu_{53}^{CR} = W23=0$	$\mu_{54}^{CR} = W24=0$	$\mu_{55}^{CR} = W25=0$	

Çıkışın sayısal değeri hesaplamasında bulanık çıkış kümelerinin merkezlerinin ağırlıklı ortalaması alındığında formül 3.12'ye göre sonuç formül 4.3'deki gibi oluşmuştur. Duty cycle değeri 140 μ s çıkmıştır buna göre motor hızı %58,33 çıkmıştır.

$$U = \frac{0,5 \cdot 120 + 0,5 \cdot 160}{0,5 + 0,5} = 140 \mu s \quad (4.3)$$



Şekil 4.4. Simülasyon programında d=25°C i=30°C değerleri için Duty Cycle ve motor hız oranı



Şekil 4.5. d=25°C i=30°C PWM için oluşan motor sinyali

Dış ortam sıcaklığı 30°C iç ortam sıcaklığı 35°C olan bir durumda üyelik fonksiyonlarında oluşan üyelik dereceleri çizelge 4.5.'deki şekilde elde edilmiştir.

Çizelge 4.5. d=30°C ve i=35°C'de oluşan üyelik dereceleri

	d= 30°C		i= 35°C	
	Üyelik Derecesi	Üyelik fonksiyonu	Üyelik Derecesi	Üyelik Fonksiyonu
1	0	CSK	0	CSK
2	0	SK	0	SK
3	0	NO	0	NO
4	1	SC	0,5	SC
5	0	CSC	0,5	CSC

d= 30°C ve i=35°C için kural kesinlik dereceleri çizelge 4.6'daki şekilde oluşmaktadır.

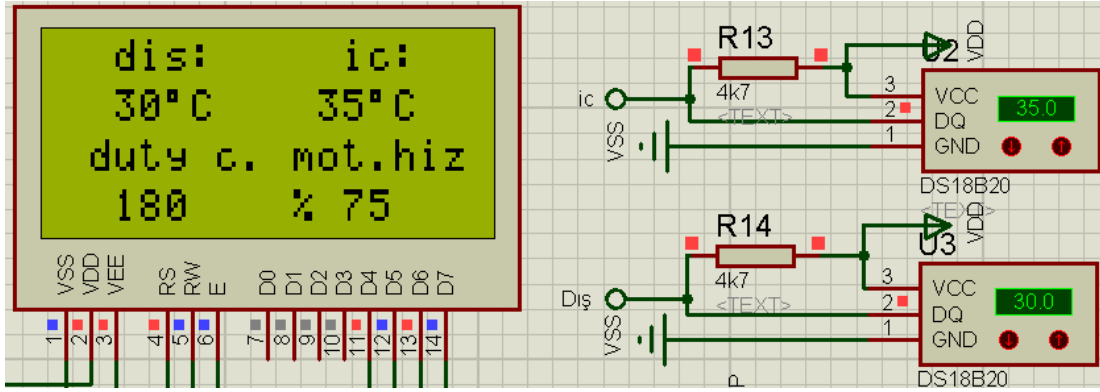
Çizelge 4.6. Kuralların kesinlik dereceleri ve çıkış üyelik fonksiyonu merkezleri

i d U		Wn= $\mu_{jk}^{CR} = \mu_i^D(30) \cdot \mu_k^I(35)$ d=30 ve i=35 ilgili kuralın kesinlik derecesi				
		CSK	SK	NO	SC	CSC
CSK	U1=40	U2=40	U3=40	U4=80	U5=120	
	$\mu_{11}^{CR}=W1=0$	$\mu_{12}^{CR}=W2=0$	$\mu_{13}^{CR}=W3=0$	$\mu_{14}^{CR}=W4=0$	$\mu_{15}^{CR}=W5=0$	
SK	U6=40	U7=40	U8=40	U9=80	U10=120	
	$\mu_{21}^{CR}=W6=0$	$\mu_{22}^{CR}=W7=0$	$\mu_{23}^{CR}=W8=0$	$\mu_{24}^{CR}=W9=0$	$\mu_{25}^{CR}=W10=0$	
NO	U11=40	U12=40	U13=40	U14=120	U15=160	
	$\mu_{31}^{CR}=W11=0$	$\mu_{32}^{CR}=W12=0$	$\mu_{33}^{CR}=W13=0$	$\mu_{34}^{CR}=W14=0$	$\mu_{35}^{CR}=W15=0$	
SC	U16=40	U17=40	U18=80	U19=160	U20=200	
	$\mu_{41}^{CR}=W16=0$	$\mu_{42}^{CR}=W17=0$	$\mu_{43}^{CR}=W18=0$	$\mu_{44}^{CR}=W19=0,5$	$\mu_{45}^{CR}=W20=0,5$	
CSC	U21=40	U22=40	U23=120	U24=160	U25=200	
	$\mu_{51}^{CR}=W21=0$	$\mu_{52}^{CR}=W22=0$	$\mu_{53}^{CR}=W23=0$	$\mu_{54}^{CR}=W24=0$	$\mu_{55}^{CR}=W25=0$	

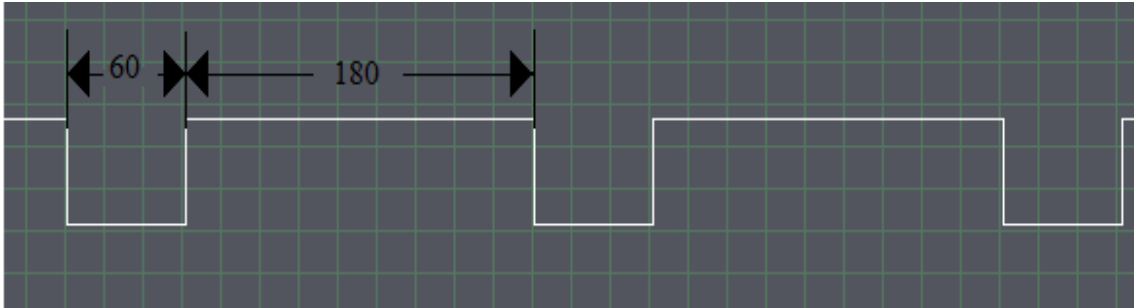
Çıkışın sayısal değeri hesaplamasında bulanık çıkış kümelerinin merkezlerinin ağırlıklı ortalaması alındığında formül 3.12'ye göre sonuç formül 4.4'deki gibi oluşmuştur. Duty cycle değeri 180 μ s çıkmıştır buna göre motor hızı %75 çıkmıştır.

$$U = \frac{0,5 \cdot 160 + 0,5 \cdot 200}{0,5 + 0,5} = 180 \mu s \quad (4.4)$$

Yapılan kontrol sisteminde kullanılan valflerin çalışması yine dilsel ifadelerden faydalanılarak yazılımla kontrol edilmiştir. Dış ortam 30 ve iç ortam 35 derece ise ortamın serinletilmesi için gaz evaporatörden geçecek şekilde valfler konumlandırılmıştır.



Şekil 4.6. Simülasyon programında $d=30^{\circ}\text{C}$ $i=35^{\circ}\text{C}$ değerleri için Duty Cycle ve motor hız oranı



Şekil 4.7. $d=30^{\circ}\text{C}$ $i=35^{\circ}\text{C}$ PWM için oluşan motor sinyali

Dış ortam sıcaklığı 40°C iç ortam sıcaklığı 25°C olan bir durumda üyelik fonksiyonlarında oluşan üyelik dereceleri çizelge 4.7.'deki şekilde elde edilmiştir.

Çizelge 4.7. $d=40^{\circ}\text{C}$ ve $i=25^{\circ}\text{C}$ 'de oluşan üyelik dereceleri

	$d= 40^{\circ}\text{C}$		$i= 25^{\circ}\text{C}$	
	Üyelik Derecesi	Üyelik fonksiyonu	Üyelik Derecesi	Üyelik Fonksiyonu
1	0	CSK	0	CSK
2	0	SK	0	SK
3	0	NO	0,5	NO
4	0	SC	0,5	SC
5	1	CSC	0	CSC

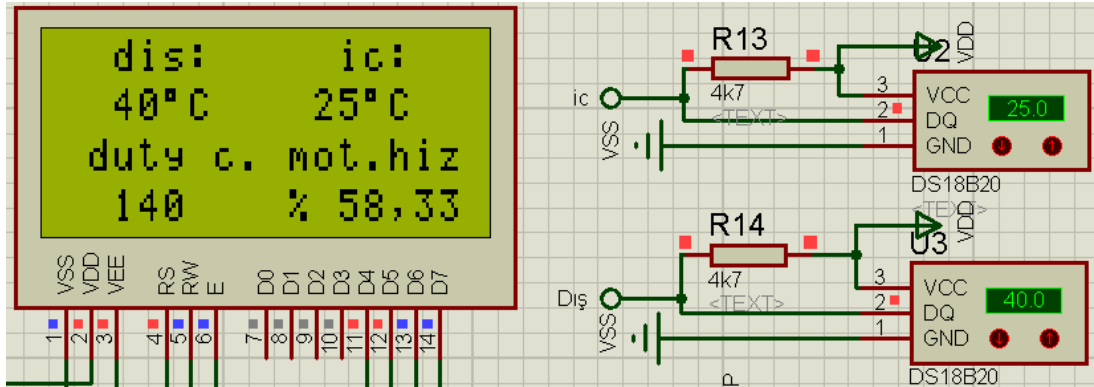
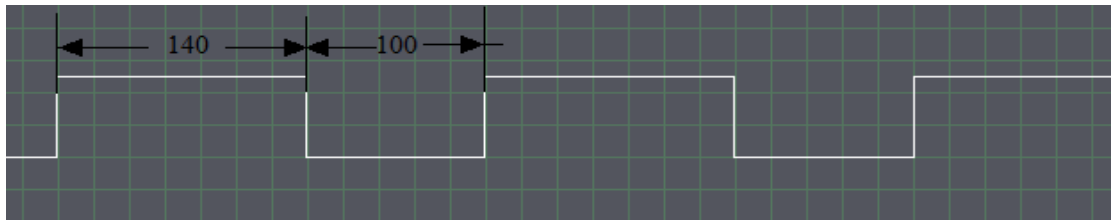
$d= 40^{\circ}\text{C}$ ve $i=25^{\circ}\text{C}$ için kural kesinlik dereceleri çizelge 4.8'deki şekilde oluşmaktadır.

Çizelge 4.8. Kuralların kesinlik dereceleri ve çıkış üyelik fonksiyonu merkezleri

		$W_n = \mu_{jk}^{CR} = \mu_i^D(40) \cdot \mu_k^I(25)$ $d=40$ ve $i=25$ ilgili kuralın kesinlik derecesi				
d	i	CSK	SK	NO	SC	CSC
U	CSK	U1=40 $\mu_{11}^{CR} = W1=0$	U2=40 $\mu_{12}^{CR} = W2=0$	U3=40 $\mu_{13}^{CR} = W3=0$	U4=80 $\mu_{14}^{CR} = W4=0$	U5=120 $\mu_{15}^{CR} = W5=0$
		U6=40 $\mu_{21}^{CR} = W6=0$	U7=40 $\mu_{22}^{CR} = W7=0$	U8=40 $\mu_{23}^{CR} = W8=0$	U9=80 $\mu_{24}^{CR} = W9=0$	U10=120 $\mu_{25}^{CR} = W10=0$
U	SK	U11=40 $\mu_{31}^{CR} = W11=0$	U12=40 $\mu_{32}^{CR} = W12=0$	U13=40 $\mu_{33}^{CR} = W13=0$	U14=120 $\mu_{34}^{CR} = W14=0$	U15=160 $\mu_{35}^{CR} = W15=0$
		U16=40 $\mu_{41}^{CR} = W16=0$	U17=40 $\mu_{42}^{CR} = W17=0$	U18=80 $\mu_{43}^{CR} = W18=0$	U19=160 $\mu_{44}^{CR} = W19=0$	U20=200 $\mu_{45}^{CR} = W20=0$
U	NO	U21=40 $\mu_{51}^{CR} = W21=0$	U22=40 $\mu_{52}^{CR} = W22=0$	U23=120 $\mu_{53}^{CR} = W23=0,5$	U24=160 $\mu_{54}^{CR} = W24=0,5$	U25=200 $\mu_{55}^{CR} = W25=0$
U	SC					
U	CSC					

Çıkışın sayısal değeri hesaplamasında bulanık çıkış kümelerinin merkezlerinin ağırlıklı ortalaması alındığında formül 3.12'ye göre sonuç formül 4.5'deki gibi oluşmuştur. Duty cycle değeri 140 μ s çıkmıştır buna göre motor hızı %58,33 çıkmıştır.

$$U = \frac{0,5 \cdot 120 + 0,5 \cdot 160}{0,5 + 0,5} = 140 \mu s \quad (4.5)$$

**Şekil 4.8.** Simülasyon programında $d=40^\circ\text{C}$ $i=25^\circ\text{C}$ değerleri için Duty Cycle ve motor hız oranı**Şekil 4.9.** $d=40^\circ\text{C}$ $i=25^\circ\text{C}$ PWM için oluşan motor sinyali

Dış ortam sıcaklığı 30°C iç ortam sıcaklığı 25°C olan bir durumda üyelik fonksiyonlarında oluşan üyelik dereceleri çizelge 4.9.'daki şekilde elde edilmiştir.

Çizelge 4.9. d=30°C ve i=25°C'de oluşan üyelik dereceleri

	d= 30°C		i= 25°C	
	Üyelik Derecesi	Üyelik fonksiyonu	Üyelik Derecesi	Üyelik Fonksiyonu
1	0	CSK	0	CSK
2	0	SK	0	SK
3	0	NO	0,5	NO
4	1	SC	0,5	SC
5	0	CSC	0	CSC

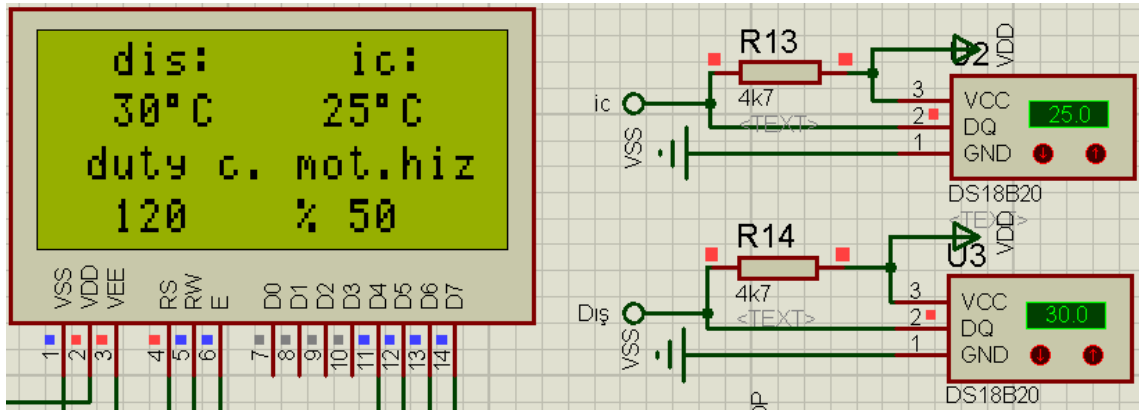
d=30°C ve i=25°C için kural kesinlik dereceleri çizelge 4.10'daki şekilde oluşmaktadır.

Çizelge 4.10. Kuralların kesinlik dereceleri ve çıkış üyelik fonksiyonu merkezleri

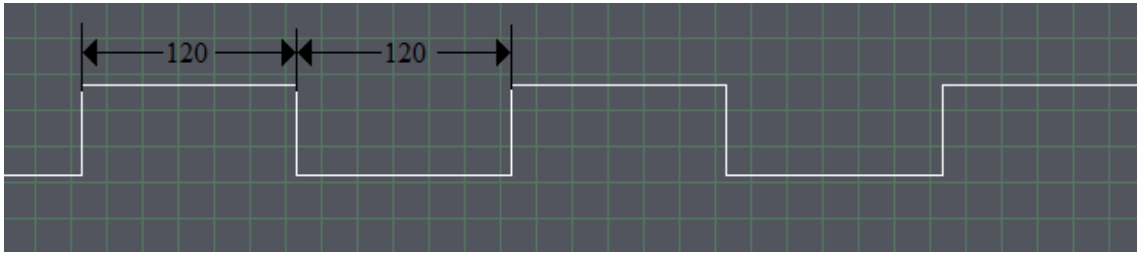
i d U		Wn= $\mu_{jk}^{CR} = \mu_i^D(30) \cdot \mu_k^I(25)$ d=30 ve i=25 ilgili kuralın kesinlik derecesi				
		CSK	SK	NO	SC	CSC
CSK	U1=40	U2=40	U3=40	U4=80	U5=120	
	$\mu_{11}^{CR}=W1=0$	$\mu_{12}^{CR}=W2=0$	$\mu_{13}^{CR}=W3=0$	$\mu_{14}^{CR}=W4=0$	$\mu_{15}^{CR}=W5=0$	
SK	U6=40	U7=40	U8=40	U9=80	U10=120	
	$\mu_{21}^{CR}=W6=0$	$\mu_{22}^{CR}=W7=0$	$\mu_{23}^{CR}=W8=0$	$\mu_{24}^{CR}=W9=0$	$\mu_{25}^{CR}=W10=0$	
NO	U11=40	U12=40	U13=40	U14=120	U15=160	
	$\mu_{31}^{CR}=W11=0$	$\mu_{32}^{CR}=W12=0$	$\mu_{33}^{CR}=W13=0$	$\mu_{34}^{CR}=W14=0$	$\mu_{35}^{CR}=W15=0$	
SC	U16=40	U17=40	U18=80	U19=160	U20=200	
	$\mu_{41}^{CR}=W16=0$	$\mu_{42}^{CR}=W17=0$	$\mu_{43}^{CR}=W18=0,5$	$\mu_{44}^{CR}=W19=0,5$	$\mu_{45}^{CR}=W20=0$	
CSC	U21=40	U22=40	U23=120	U24=160	U25=200	
	$\mu_{51}^{CR}=W21=0$	$\mu_{52}^{CR}=W22=0$	$\mu_{53}^{CR}=W23=0$	$\mu_{54}^{CR}=W24=0$	$\mu_{55}^{CR}=W25=0$	

Çıkışın sayısal değeri hesaplamasında bulanık çıkış kümelerinin merkezlerinin ağırlıklı ortalaması alındığında formül 3.12'ye göre sonuç formül 4.6'deki gibi oluşmuştur. Duty cycle değeri 120 µs çıkmıştır buna göre motor hızı %50 çıkmıştır.

$$U = \frac{0,5 \cdot 80 + 0,5 \cdot 160}{0,5 + 0,5} = 120 \mu s \quad (4.6)$$



Şekil 4.10. Simülasyon programında $d=30^{\circ}\text{C}$ $i=25^{\circ}\text{C}$ değerleri için Duty Cycle ve motor hız oranı



Şekil 4.11. $d=30^{\circ}\text{C}$ $i=25^{\circ}\text{C}$ PWM için oluşan motor sinyali

Dış ortam sıcaklığı 10°C iç ortam sıcaklığı 15°C olan bir durumda üyelik fonksiyonlarında oluşan üyelik dereceleri çizelge 4.11.'deki şekilde elde edilmiştir.

Çizelge 4.11. $d=10^{\circ}\text{C}$ ve $i=15^{\circ}\text{C}$ 'de oluşan üyelik dereceleri

	$d= 10^{\circ}\text{C}$		$i= 15^{\circ}\text{C}$	
	Üyelik Derecesi	Üyelik fonksiyonu	Üyelik Derecesi	Üyelik Fonksiyonu
1	0	CSK	0	CSK
2	1	SK	0,5	SK
3	0	NO	0,5	NO
4	0	SC	0	SC
5	0	CSC	0	CSC

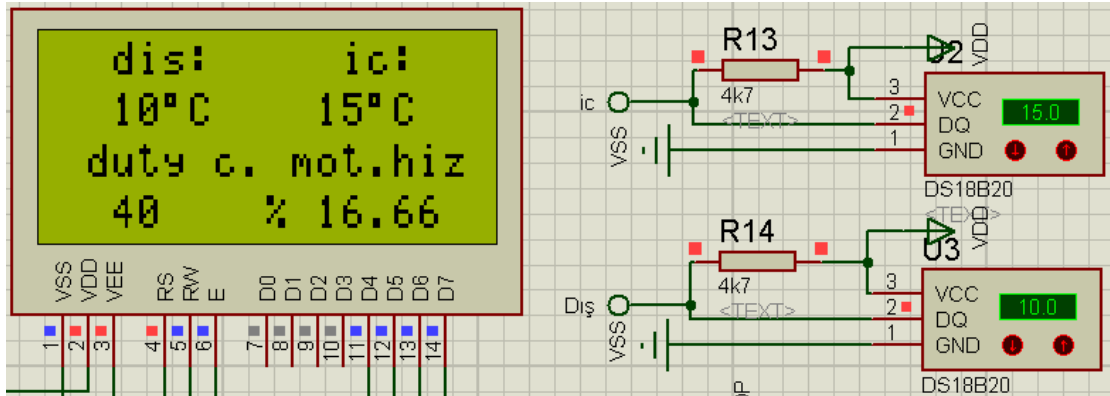
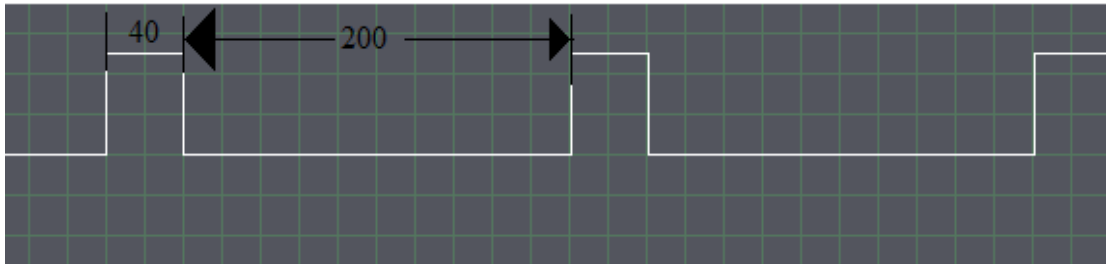
$d= 10^{\circ}\text{C}$ ve $i=15^{\circ}\text{C}$ için kural kesinlik dereceleri çizelge 4.12'deki şekilde oluşmaktadır.

Çizelge 4.12. Kuralların kesinlik dereceleri ve çıkış üyelik fonksiyonu merkezleri

d	U	$W_n = \mu_{jk}^{CR} = \mu_i^D(10) \cdot \mu_k^I(15)$ $d=10$ ve $i=15$ ilgili kuralın kesinlik derecesi				
		CSK	SK	NO	SC	CSC
CSK		U1=40	U2=40	U3=40	U4=80	U5=120
		$\mu_{11}^{CR} = W1=0$	$\mu_{12}^{CR} = W2=0$	$\mu_{13}^{CR} = W3=0$	$\mu_{14}^{CR} = W4=0$	$\mu_{15}^{CR} = W5=0$
SK		U6=40	U7=40	U8=40	U9=80	U10=120
		$\mu_{21}^{CR} = W6=0$	$\mu_{22}^{CR} = W7=0,5$	$\mu_{23}^{CR} = W8=0,5$	$\mu_{24}^{CR} = W9=0$	$\mu_{25}^{CR} = W10=0$
NO		U11=40	U12=40	U13=40	U14=120	U15=160
		$\mu_{31}^{CR} = W11=0$	$\mu_{32}^{CR} = W12=0$	$\mu_{33}^{CR} = W13=0$	$\mu_{34}^{CR} = W14=0$	$\mu_{35}^{CR} = W15=0$
SC		U16=40	U17=40	U18=80	U19=160	U20=200
		$\mu_{41}^{CR} = W16=0$	$\mu_{42}^{CR} = W17=0$	$\mu_{43}^{CR} = W18=0$	$\mu_{44}^{CR} = W19=0$	$\mu_{45}^{CR} = W20=0$
CSC		U21=40	U22=40	U23=120	U24=160	U25=200
		$\mu_{51}^{CR} = W21=0$	$\mu_{52}^{CR} = W22=0$	$\mu_{53}^{CR} = W23=0$	$\mu_{54}^{CR} = W24=0$	$\mu_{55}^{CR} = W25=0$

Çıkışın sayısal değeri hesaplamasında bulanık çıkış kümelerinin merkezlerinin ağırlıklı ortalaması alındığında formül 3.12'ye göre sonuç formül 4.7'deki gibi oluşmuştur. Duty cycle değeri 40µs çıkmıştır buna göre motor hızı %16,66 çıkmıştır.

$$U = \frac{0,5 \cdot 120 + 0,5 \cdot 160}{0,5 + 0,5} = 40 \mu s \quad (4.7)$$

**Şekil 4.12.** Simülasyon programında d=10°C i=15°C değerleri için Duty Cycle ve motor hız oranı**Şekil 4.13.** d=10°C i=15°C PWM için oluşan motor sinyali

Dış ortam sıcaklığı 6°C iç ortam sıcaklığı 24°C olan bir durumda üyelik fonksiyonlarında oluşan üyelik dereceleri çizelge 4.13.'deki şekilde elde edilmiştir.

Çizelge 4.13. d=6°C ve i=24°C'de oluşan üyelik dereceleri

	d= 6°C		i= 24°C	
	Üyelik Derecesi	Üyelik fonksiyonu	Üyelik Derecesi	Üyelik Fonksiyonu
1	0,4	CSK	0	CSK
2	0,6	SK	0	SK
3	0	NO	0,6	NO
4	0	SC	0,4	SC
5	0	CSC	0	CSC

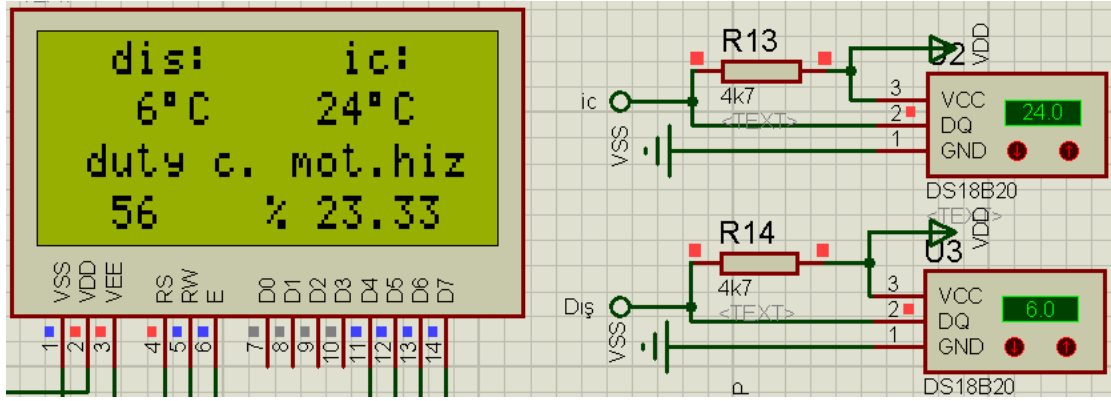
d= 6°C ve i=24°C için kural kesinlik dereceleri çizelge 4.14'deki şekilde oluşmaktadır.

Çizelge 4.14. Kuralların kesinlik dereceleri ve çıkış üyelik fonksiyonu merkezleri

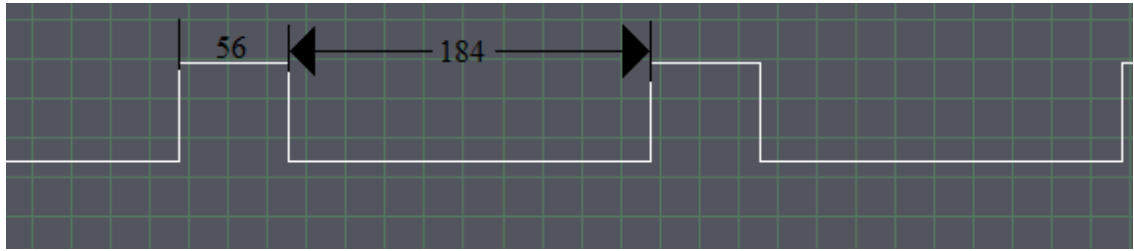
		$W_n = \mu_{jk}^{CR} = \mu_i^D(6) \cdot \mu_k^I(24)$ d=6 ve i=24 ilgili kuralın kesinlik derecesi				
d	i	CSK	SK	NO	SC	CSC
U	CSK	U1=40	U2=40	U3=40	U4=80	U5=120
		$\mu_{11}^{CR} = W1=0$	$\mu_{12}^{CR} = W2=0$	$\mu_{13}^{CR} = W3 =0,24$	$\mu_{14}^{CR} = W4=0,16$	$\mu_{15}^{CR} = W5=0$
U	SK	U6=40	U7=40	U8=40	U9=80	U10=120
		$\mu_{21}^{CR} = W6=0$	$\mu_{22}^{CR} = W7=0$	$\mu_{23}^{CR} = W8=0,36$	$\mu_{24}^{CR} = W9=0,24$	$\mu_{25}^{CR} = W10=0$
U	NO	U11=40	U12=40	U13=40	U14=120	U15=160
		$\mu_{31}^{CR} = W11=0$	$\mu_{32}^{CR} = W12=0$	$\mu_{33}^{CR} = W13=0$	$\mu_{34}^{CR} = W14=0$	$\mu_{35}^{CR} = W15 =0$
U	SC	U16=40	U17=40	U18=80	U19=160	U20=200
		$\mu_{41}^{CR} = W16=0$	$\mu_{42}^{CR} = W17=0$	$\mu_{43}^{CR} = W18=0$	$\mu_{44}^{CR} = W19=0$	$\mu_{45}^{CR} = W20=0$
U	CSC	U21=40	U22=40	U23=120	U24=160	U25=200
		$\mu_{51}^{CR} = W21=0$	$\mu_{52}^{CR} = W22=0$	$\mu_{53}^{CR} = W23=0$	$\mu_{54}^{CR} = W24=0$	$\mu_{55}^{CR} = W25=0$

Çıkışın sayısal değeri hesaplamasında bulanık çıkış kümelerinin merkezlerinin ağırlıklı ortalaması alındığında formül 3.12'ye göre sonuç formül 4.8'deki gibi oluşmuştur. Duty cycle değeri 56μs çıkmıştır buna göre motor hızı %23,33 çıkmıştır.

$$U = \frac{0,5.120 + 0,5.160}{0,5+0,5} = 56\mu s \quad (4.8)$$



Şekil 4.14. Simülasyon programında $d=6^{\circ}\text{C}$ $i=24^{\circ}\text{C}$ değerleri için Duty Cycle ve motor hız oranı



Şekil 4.15. $d=6^{\circ}\text{C}$ $i=24^{\circ}\text{C}$ PWM için oluşan motor sinyali

Farklı sıcaklık değerlerinde sistemin çalışmasına ait görseller ve sonuçların değerleri yukarıda örneklerle gösterilmiştir. Bu sonuçlara bakıldığında ortam sıcaklığının yüksek olması fan hızının yüksek olmasını yani soğutmanın yapılmasını gerekli kılmıyor. Çünkü kışın hava soğuk olduğu zamanlarda insanlar ortamı soğutmak için klima çalıştırmazlar aksine ortam ısını korumak için uğraşırlar. Aşırı sıcak olduğunda soğutma için cam açmak ya da fanı sadece havalandırma olarak kullanmak yeterli olabilmektedir. Yaptığımız sistemin çalışmasında ortamın serinletilmesi için dış ortam sıcaklığı da çalışmada dikkate alınmıştır. Valflerin çalışmasında dış ortam çok soğuk ya da soğuk ise LPG evaporatörden değil by-pass vanasından geçecek şekilde çalışması sağlandı.

Yukarıda gösterilen simülasyon görüntüleri ve çizelgeler dışında yapılan ölçüm sonuçlarında normal bir klimaya göre farklı çalışma sonuçları elde edilmiştir. LG BEKO 12000 BTU olan bir klima çalışmasıyla kıyasladığımızda; yaptığımız kontrol sistemi her sıcaklıkta farklı şekillerde ve farklı motor hızlarında çalışmaktadır. Ancak diğer klimada otomatik olsa bile fan hızı 4 kademededir çalışmaktadır. Ortam çok soğutulduğunda fan hızı 4. Kademededir çalışmakta iken soğutma yapılmayacağı zaman tamamen kapatılmaktadır. Bizim yaptığımız sistemde ise dış ve iç ortam sıcaklıklarına bakarak sistem bir karar vermekte ve fan hızını çok farklı şekillerde ayarlamaktadır.

Ayrıca kışın ev içerisi aşırı ısındığında ortamı serinlemek için LG BEKO klima soğutma işlemi için çalışmakta ve kompresör devreye girmektedir. Halbuki yaptığımız sistemde kışın böyle bir durumda dış ortamın soğuk havası içeriye aktararak serinletilmesi sağlanmıştır. Bu durumda sadece hava sirkülasyonu sağlanarak ortam serinletilmiştir.

Yaptığımız sistemde kullanılan valflerin durumuna göre soğutucu gaz olarak kullanılan LPG Evaporatörden geçebilir ya da doğrudan yakıt olarak kullanılabilir. Bu durumlara göre soğutma yapar ya da doğrudan yakıt olarak kullanılır. Soğutma sırasında valf1 açık valf2 kapalı konumda olacaktır. Bu sayede LPG evaporatöre yönlendirilecektir. Sistemin çalışmasına ait veriler çizelge 4.15.'de gösterilmiştir. Burada valf durumları kışın klimanın çalışmaması düşünülerek hazırlanmıştır. Dış ortam ve fan hızı dikkate alınarak valfler ayarlanmıştır.

Çizelge 4.15. Deneysel sonuçlar ve karşılaştırmalar

Dış sıcaklık d	İç sıcaklık i	Fan hızı	Duty cycle	Valf1 durum	Valf2 durum	LG BEKO
6 °C	24°C	% 23,33	56	off	on	Kademe 2
15 °C	25°C	% 29,16	70	off	on	Kademe 3
17 °C	24 °C	% 28	67,2	off	on	Kademe 2
10 °C	15°C	% 16,66	40	off	on	Kademe 1
-9 °C	30°C	% 33,33	80	off	on	Kademe 4
11 °C	22°C	% 20,33	48,8	off	on	Kademe 1
0 °C	25 °C	% 25	60	off	on	Kademe 3
0 °C	30 °C	% 33,33	80	off	on	Kademe 4
15 °C	30 °C	% 41,67	100	off	on	Kademe 4
25 °C	15 °C	% 20,83	50	off	on	Kademe 3
40 °C	20 °C	% 50	120	on	off	Kademe 3
19°C	25 °C	% 32,5	78	on	off	Kademe 3
22 °C	25 °C	% 36,67	88	on	off	Kademe 3
25 °C	25 °C	% 41,67	100	on	off	Kademe 3
25 °C	30 °C	% 58,33	140	on	off	Kademe 4
30 °C	35 °C	% 75	180	on	off	Kademe 4
40 °C	25 °C	% 58,33	140	on	off	Kademe 3
30 °C	25 °C	%50	120	on	off	Kademe 3
40 °C	38 °C	%80	192,2	on	off	Kademe 4
33 °C	30 °C	% 66,67	160	on	off	Kademe 4
38 °C	25 °C	% 56,67	136	on	off	Kademe 3

Yapılan deneysel sonuçlar LG BEKO klima ile kıyaslanırsa LG BEKO klimada 4 kademe hız kontrolü varken burada çok fazla hız görülmektedir. Buda sistemin çalışmasının artı yönlerinden biridir. Ayrıca kışın çok soğuk günlerde klima olarak değil sadece havalandırma sistemi olarak çalışmaktadır. LG BEKO klimada sadece iç ortam sıcaklığına bağlı soğutma yapıldığı için -9 derece sıcaklıkta bile iç ortam 30 derece

olduğu için 4. Kademede çalışmaktadır. Bu istenmeyen durumudur. Yaptığımız sistemde bu durumun önüne geçilmiştir. Dış ve iç ortam sıcaklıklarına göre soğutma değil sadece hava sirkülasyonuda yapılmaktadır.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu tez çalışmasında LPG kullanarak farklı bir soğutma sistemi tasarımını kontrol edecek bulanık kontrol sistem tasarımı amaçlanmış ve gerçekleştirilmiştir. Tasarlanan soğutma sisteminde dış ortam ve iç ortam sıcaklıkları giriş bilgisi olarak alınmış ve giriş bulanık kümeler oluşturulmuştur. Sistem giriş bilgileri ve bulanık denetleyici çıkışı oluşan sayısal değerler LCD ekran üzerinde bilgisayar ortamında gösterilmiş ayrıca yapılan hesaplamalarla bilgisayar sonuçları karşılaştırılmıştır. Yapılan kontrol kartı çalışması hesaplamaları ve valf kontrollerini gerçekleştirmiştir.

Yapılan çalışmada LPG'nin özelliklerinden alternatif bir soğutucu olabileceği özelliği böyle bir çalışmaya ışık tutmuştur. Bu soğutma sisteminde LPG tank içerisinde sıvı halde bulunduğu için sıvı halden gaz hale geçme aşamasından soğutma yapılabileceği düşünülmüş ve doğrudan sıvı LPG evaporatöre uygulanmıştır. Evaporatörde buharlaşan LPG ortamdan ısı alarak soğutma yapmaktadır. LPG'nin tankta sıvı halde olması ve sistemin açık çevrim olması nedeniyle kompresör ve kondanser sistemden çıkarılmıştır. LPG buharlaştırıldıktan sonra yeniden sıkıştırılması ve kondanserde dışarıdan aldığı ısının dışarı verilmesi söz konusu olmadığı için sistem de en çok enerji harcayan eleman olan kompresör devre dışı kalmıştır.

Bu çalışmanın en özgün yönü bir mutfakta ya da bir artça yakıt olarak kullanılacak olan LPG'yi yanmadan önce soğutma için kullanmak ve ortam serinletilmesine katkı sağlamaktır. Ayrıca sistemde en çok enerji tüketen kompresörü devre dışı bırakmak sistemin enerji tüketimi konusunda çevreci olmasını sağlamaktadır.

5.1 Sonuçlar

Soğutma sistemi mikrodenetleyici kullanarak bulanık mantık ile kontrol edilmektedir. Bulanık kurallar oluşturulurken kendi yaşantımızı düşünerek kurallar oluşturulmuştur. Kışın hava dışarıda çok soğuk iken evin içi 30 derece seviyesine gelse de klima çalıştırılmaz havalandırma için cam açılabilir. Ancak yazın dışarıda çok sıcak bir hava varken evin içerisi 25 derece olsa bile klima çalışması gerekmektedir. Bu dilsel ifadelerden oluşan bulanık denetleyicili sistem daha farklı sistemlerde kullanılabilecek şekilde tasarlanmıştır. Valf kontrolleri yanı sıra ısıtıcı bağlanarak sistem kışın ısıtma sağlayacak şekilde düzenlenebilecektir.

Bu kontrol sistemi tek bir sıcaklık bilgisine göre değil iç ve dış ortam sıcaklıklarına bağlı olarak sistemi kontrol etmektedir. Bir termostat değil isteğe göre rahat bir ortam sağlamayı amaçlamıştır. Sisteme ek olarak nem sensörü eklenebilir ve nem sıcaklık kontrolü birlikte sağlanabilir.

Yapılan sistemin bilgisayar ortamında deney sonuçları alınmış ve yapılan sistemin çalışması test edilmiştir. Kontrol devresinde fan hızı PWM ile kontrol edilmiş ayrıca soğutma işlemi için valfleri gerektiği gibi konumlandırmıştır. Sistem giriş bilgileri DS18B20 üzerinden sisteme uygulanmış giriş değerlerinin önce giriş bulanık kümelerindeki üyelik dereceleri hesaplanmıştır. Sisteme giriş bulanık kümelerini oluşturan üyelik fonksiyonlarının merkez noktaları girilmiş ve giriş değerlerine göre üyelik dereceleri hesaplatılmıştır. Daha sonra ilgili kuralların kesinlik dereceleri hesaplatılmış ve merkez ağırlık ortalama yöntemine göre sayısal çıkışlar hesaplatılmıştır. Oluşan sayısal çıkış değeri fan hızı için motora uygulanan PWM sinyalinin duty cycle değerini oluşturmuştur. Motora uygulanan bu PWM sinyali ile fan hızı kontrol edilmiştir.

Kontrol sistemi ayrıca dış ortamın çok soğuk ve soğuk olduğu durumlarda iç ortam çok sıcak değilse soğutma yapmayacak sadece havalandırma için kullanılacaktır. İç sıcaklık değeri çok soğuk ise sisteme istenilirse eklenebilecek olan ısıtma sistemi çalıştırılabilir ve sistemin hem soğutma hem ısıtma için kullanımı sağlanabilecektir.

5.2 Öneriler

Bu çalışmada LPG' kullanarak kompresörsüz bir klima sistemi için bulanık denetleyicili kontrol devresi ile sistemi kontrol etmek amaçlanmıştır. Yapılan mikrodenetleyicili sistem ile kontrol bulanık kurallar kullanılarak yapılan devrede ortamın serinletilmesi ve gerektiği zaman havalandırması sağlanmıştır. Bu çalışma bir ön çalışma niteliğinde olup sistem elemanlarının değiştirilmesi algoritma ve yazılımın değiştirilmesi ile farklı kontrol mekanizmaları oluşturulabilir. Bulanık kurallar dilsel ifadelerden oluştuğu için farklı insanların farklı istekleri doğrultusunda bulanık denetleyiciyi oluşturan kural tabanı tamamen değiştirilebilir. Nem sensörü ile ortam nem miktarı giriş bilgisi olarak eklenebilir giriş bulanık kümeleri isteğe göre artırılabilir.

Bu sistem astarımı yapılırken bulunulan bölge iklim şartları dikkate alınarak dilsel ifadeler oluşturulmalıdır. Nemin az olduğu bölgelerde 25 derece rahatsız edici

olmazken nemin çok olduğu bölgelerde 25 derece rahatsız edici olabilir. Bu nedenle bölgelere göre dilsel ifadeler ve giriş bilgileri değiştirilebilir. İç ve dış sıcaklık giriş bilgilerine ek olarak nem bilgisi de eklenebilir. Eklenen bu bilgilere göre o bölge insanının dilsel ifadeleri ile denetleyici tasarlama daha uygun olacaktır.

Tasarlanan bu soğutma sisteminde LPG kullanıldığı için gaz kaçağı ya da ocağın yanmama valf değişimlerinde sönme olabileceği için güvenlik olarak gaz sensörü ile kontrol edilmesi güvenlik açısından önemlidir. Sistemin geliştirilmesi durumunda sadece LPG değil doğal gaz ve farklı türde yakıtlar içinde sistem değiştirilebilir. Ancak kullanılan valflerin kullanılan gazlara uygun seçilmesi güvenlik için önemlidir. Valflerde kullanılan contalar gaz ile etkileşime girmemeli ve aşınma olmamalıdır. Tasarladığımız sistemde de güvenlik açısından önemli olan LPG çıkış vanası kullanılmalı ve gaz ilk başta kılcal boruda basınçlandırılmamalıdır.

Sonuç olarak farklı bir soğutma sistemi ve bulanık denetleyici ile kontrol sistemi bir ön çalışma niteliğinde olup geliştirilmesi ve farklı yakıtlar kullanılması sistem gelişmesi açısından önemlidir. Kontrol işleminde farklı yaşam şartları dikkate alınması sistem verimi açısından önemlidir.

KAYNAKLAR

- Akgül, H.N., 2006, Bulanık mantık yardımıyla doğal havalandırma yapılan bir serada sıcaklık ve bağıl nem kontrolünün modellenmesi, Yüksek lisans tezi, *Çanakkale 18 Mart Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Çanakkale, 2006, 9-14, 19-28.
- Alsaad, M.A. and Hammad, M.A., 1998 The application of propane/butane mixture for domestic refrigerators, *Applied Thermal Engineering*, 18, 911-918
- Avcı, F., 2009, İklimlendirme sistemlerinde otomasyon uygulamaları, Yüksek Lisans Tezi, *Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Karabük, 10-15
- Aydoğmuş, Ö., 2006, PIC mikrodenetleyici yardımı ile DC motorun hız kontrolü, Yüksek lisans tezi, *Fırat üniversitesi Fen Bilimleri enstitüsü*, Elazığ, 39-52.
- Bansal, P.K. and Purkayastha, B., 1998, An experimental study on HC290 and a commercial LPG mix as suitable replacements for HCFC22, *Int J. Refrig. Vol. 21*, No.1, 3-17.
- Beşer E., 1998, Soğutucu maddelerle ilgili dünyada ve Türkiye'deki gelişmeler, *Mühendis ve Makine*, 39, 458, 15-26.
- Bilgiç Ö., 2006, R600a Soğutkanlı Soğutma Devrelerinde Kılcal Boru Akış Karakteristiklerinin Deneysel İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, *Yıldız Teknik Üniversitesi Makine Müh.*, İstanbul, 1-4.
- Bingül Z., 2005, Matlab ve Simulink'le Modelleme/Kontrol I, *Birsan Yayınevi*, İstanbul, 75-109.
- Caponetto, R., Fortuna, L., Nunnari, G., Occhipinti, L.İ., 1998. A Fuzzy Approach to Greenhouse Climate Control. *American Control Conference, Proceedings of The IEEE International Conference on*, 3:1866-1870.
- Çetinkaya S., 1999, Termodinamik, *Nobel Yayın dağ.*, Ankara
- Çoban T., Soğutma Sistemlerinin Modellenmesi, *Ege Üniversitesi mühendislik fak. Makine Mühendisliği Bölümü*, İzmir.
- Dön, F., 2005, Doğalgazla çalışan absorpsiyonlu iklimlendirme sistemlerinin teknik ve ekonomik açıdan karşılaştırılması, Yüksek lisans tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, 79-81.
- Etik, N., 2007, Ameliyathane klima kontrol sistemleri için bulanık uzman sistem tasarımı, Yüksek lisans Tezi, *Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Konya, 15-20.
- Işık N., Onat A., 2003 Mekanik Soğutma Sistemlerinin Dengelenmesi ve Denge Noktası Oluşumu, *KSÜ Fen ve Mühendislik Dergisi*, 6(1), 62-74

- Jen li, C. And Chia Su, C., 2003, Experimental study of a series-connected two-evaporator refrigerating system with propane (R290) as the refrigerant, *Aplied Thermal Engineering*, 23,1503-1514.
- Karaköse, M. ve Akın, E., 2004, Yumuşak Hesaplama ve Klasik Hesaplamanın Elektriksel Sürücü Sistemleri İçin Birleştirilmesi, *ELECO*, 2004, Bursa
- Kabul A., 2008, Alternatif soğutucu akışkan kullanılan bir soğutma sisteminde termodinamik ve ısı transferinin teorik ve deneysel olarak İncelenmesi, Doktora Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Isparta,1-30.
- Kızıllıkan Ö., 2008, Alternatif soğutucu akışkanlı değişken hızlı kompresörlü bir soğutma sisteminin teorik ve deneysel incelenmesi, Doktora Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta, 27-29.
- Kıncay O., Akbulut U, 2006, Buhar Sıkıştırılmalı Soğutma Çevrimlerinde Enerji ve Ekserji Analizi, *Tesisat Mühendisliği Dergisi*, 94, 24-32.
- Kuo, Benjamin C., 1999, Otomatik Kontrol Sistemleri, Literatür Yayınları, İstanbul.
- Kurdan, Ö., 2006, Araçlarda LPG ile çalışan klima tasarımı ve uygulanabilirliğinin araştırılması, Yüksek lisans tezi, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya, 1-11, 31-39.
- Küçükçalı, R., 2008, Yenilenebilir Enerjiler Alternatif Sistemler, Isısan Çalışmaları, İstanbul, 12-18, 296-348, 348-392
- Lafont, F. ve Balmat, J.F., 2002. Optimized Fuzzy Control of a Greenhouse. *Fuzzy Sets and Systems*, 128:47-59.
- Leonardi E. and Mavlaïne-cross, I.L., 1995, Performance and safety of LPG Refrigerants, proceedings of the 'fuel for change' Conference of the Australian LPG Association Ltd, 149-168
- Özel, E., 2009, PWM yöntemi ile DC motorun PC üzerinden kontrolü, yüksek lisans tezi, *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Van, 22-26.
- Özkan, A.O., 1997, Sıcaklık ve nemin bulanık mantık yöntemiyle kontrolü, *Yüksek lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Konya, 3-16.
- Şengür, S., 2005, Buzdolaplarında alternatif soğutucu akışkan olarak LPG kullanılmasının deneysel olarak araştırılması, Yüksek lisans Tezi, *Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Entitüsü*, 7-14, 31-34.
- Türkoğlu, H., Ataer, Ö., E. Ve Ataman Ş., 1999, Alternatif soğutucu akışkanların karşılaştırılması, *ULTBK'99-220 12. Ulusal Isı Bilimi ve Tekniği Kongresi*, Sakarya
- Yüksel İ., 2009, Otomatik Kontrol, *Nobel Yayın Dağıtım*, Ankara, 225-241.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Hakan KARAMAN
Uyruğu : T.C.
Doğum Yeri ve Tarihi : Beyşehir/18.01.1980
Telefon : 0 505 253 79 59
Faks :
e-mail : Hkn007@hotmail.com

EĞİTİM

Derece	Adı, İlçe, İl	Bitirme Yılı
Lise	: Enis Şanlıoğlu Lisesi	1997
Üniversite	: Fırat Üniversitesi	2002
Yüksek Lisans	: -	
Doktora	: -	

İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	Kurum	Görevi
2003	Tekirdağ Anadolu Teknik ve End. Mes. Lisesi	Elektronik Öğretmeni
2005	Çermik Çok Programlı Lisesi	Elektronik Öğretmeni
2007	Erzincan Teknik ve Endüstri Meslek Lisesi	Elektronik Öğretmeni
2011	Selçuklu Türk Telekom Teknik ve End. Mes. Lisesi	Elektronik Öğretmeni

UZMANLIK ALANI

Kontrol sistemleri, Haberleşme sistemleri, Mikrodenetleyici yazılım-donanım tasarımı, Endüstriyel kontrol sistemleri, Görsel programlama, Veri madenciliği.

YABANCI DİLLER

İngilizce