

T.C.
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**PROGRAMLANABİLİR LOJİK KONTROLÖR İLE MEKANİK VENTİLATÖR
TASARIMI**

Hasan GÜLER

DANIŞMAN

Yrd. Doç. Dr. Fikret ATA

YÜKSEK LİSANS TEZİ
ELEKTRİK-ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI

ELAZIĞ, 2007

T.C.
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**PROGRAMLANABİLİR LOJİK KONTROLÖR İLE MEKANİK VENTİLATÖR
TASARIMI**

Hasan GÜLER

Yüksek Lisans Tezi
ELEKTRİK-ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI

Bu tez 28.11.2007 tarihinde aşağıda belirtilen jüri tarafından oybirliği/oyçokluğu ile başarılı/başarısız olarak değerlendirilmiştir.

Danışman: Yrd.Doç.Dr.Fikret ATA
Üye: Prof.Dr. Muammer GÖKBULUT
Üye: Yrd.Doç.Dr. M.Cevdet İNCE

Bu tezin kabulü,Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun/....../..... tarih ve sayılı kararıyla onaylanmıştır.

TEŐEKKÖR

Bu çalışmamda bana her tűrlű konuda yardımlarını esirgemeyen danışmanım sayın Yrd.Doç.Dr. Fikret ATA'ya, pratik çalışmamın montajında yardımcı olan değerli dostum Arř.Gör.Yavuz EROL'a, pratik devrede kullanılan malzemelerin ABD'den temininde yardımcı olan Michigan Transpartation of Institute'da öğretim görevlisi olarak alışan Veysel ALKAN'a, Motorola Firması "Ųniversitelere Destek Programı" řefi Mr. John McLELLAN'a ve dostlarıma sonsuz teőekkűrlerimi sunarım.

Ayrıca, bugűne kadar her konuda benden maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen aileme sonsuz teőekkűrlerimi ve sevgilerimi sunarım.

Hasan GÖLER

ELAZIĞ- 2007

İÇİNDEKİLER

ŞEKİLLER LİSTESİ.....	III
TABLolar LİSTESİ	V
KISALTMALAR LİSTESİ.....	VI
ÖZET.....	VII
ABSTRACT.....	VIII
GİRİŞ	1
2.PROGRAMLANABİLİR LOJİK KONTROLÖRÜN TEMEL İLKELERİ	3
2.1. PLC ile Elektromekanik Sistemlerin Karşılaştırılması	4
2.2. Kontaklı Kumanda Devresi ile PLC Kumanda Devresinin Karşılaştırılması.....	6
2.3. PLC Büyüklükleri ve Programlayıcı Birimi	8
3. PROGRAMLANABİLİR LOJİK KONTROLÖR BİRİMLERİ VE PROGRAMLAMA	10
3.1. Merkezi İşlem Birimi.....	11
3.2. Giriş Birimi	11
3.3. Çıkış Birimi	12
3.4. Bellek Dizaynı	13
3.5. Programlama.....	13
3.6. Merdiven Diyagramı	14
3.7. Kontaklı Kumanda Devrelerinin Programlanması.....	16
3.7.1.Çarpımların Toplamı Biçimine Getirilmiş Lojik Fonksiyonların Programlanması ..	17
3.7.2. Toplamların Çarpımı Biçimine Getirilmiş Lojik Fonksiyonların Programlanması...	17
4. MEKANİK VENTİLASYON	18
4.1. Geçmişten Günümüze Mekanik Ventilatorler	18
4.2. Mekanik Ventilasyonda Temel Kavramlar	19
4.2.1.Ventilasyon.....	19
4.2.2.Respirasyon	19
4.2.3.İnspirasyon	19
4.2.4.Ekspirasyon	19
4.3. Mekanik Ventilasyon Uygulaması.....	20
4.3.1.Total Solunum Desteği (Total Ventilatory Support-TSV)	20
4.3.2.Persiyel Ventilasyon Desteği(Partial Ventilatory Support-PVS)	20
4.4. Mekanik Ventilasyon Temel Değişkenleri	20
4.4.1.Basınç	20
4.4.2.Volüm.....	20
4.4.3.Zaman	20
4.4.4.Akım.....	21
4.5. Mekanik Ventilasyon İçin Geliştirilen Yöntemler.....	21
4.5.1.Negatif Basıncı Ventilasyon.....	21
4.5.2.Pozitif Basıncı Ventilasyon	21
4.5.3.Yüksek Frekanslı Ventilasyon (High Frequency Ventilation - HFV)	22
4.6. Pozitif Basıncı Ventilatorler	22
4.6.1.Güç Kaynağı	22
4.6.2.Kontrol Sistemi	23
4.6.3.Mekanik Sürücü Sistem.....	24
4.6.4.Kontrol Paneli.....	28
4.6.5.Çıkış Kontrol Valfleri.....	28
4.6.6.Pnömatik Devre	29
4.6.7. Harici Ventilator Devresi	31

5. POZİTİF BASINÇLI VENTİLASYON AİT BASINÇ KAVRAMLARI	32
5.1. Baseline (Temel) Basınç	32
5.2. Peak (Maksimum) Basınç	33
5.3. Plato Basıncı	33
5.4. Ekshalasyon Basıncı	33
5.5. Pozitif Basıncılı Mekanik Ventilasyonun Temel Değişkenlerine Ait Temel Prensipler ..	34
5.6. Mod Şekilleri	34
5.6.1. Aralık Zorunlu Ventilasyon (IMV)	35
5.6.2. Senkronize Aralıklı Zorunlu Ventilasyon (SIMV)	35
5.6.3. Basınç Kontrollü Ventilasyon (PCV)	36
5.6.4. Basınç Destekli Ventilasyon (PSV)	36
5.7. Pozitif Basıncılı Ventilasyon Uygulanan Ventilatörün Çalışması	36
5.7.1. Ekspirasyon Sonu ve Ekspiryumdan İnspirasyuma Geçiş Fazı (İnspirasyonun Başlaması)	37
5.7.1.1. Zaman Tetiklemesi (Kontrollü Ventilasyon)	37
5.7.1.2. Basınç Tetiklemesi	38
5.7.1.3. Zaman ve Basınç Tetiklemesi (Asiste Kontrollü Ventilasyon)	38
5.7.1.4. Akım Tetiklemesi	39
5.7.2. İnspiratuar Fazı	39
5.7.2.1. Volüm Kontrollü Ventilatörler	40
5.7.2.2. Akım Kontrollü Ventilatörler	40
5.7.2.3. Basınç Kontrollü Ventilatörler	43
5.7.3. İnspirasyon Sonu (İnspirasyondan Ekspirasyona Geçiş Fazı)	45
5.7.3.1. Basınç Fazlı Ventilasyon	45
5.7.3.2. Volüm Fazlı Ventilasyon	45
5.7.3.3. Zaman Fazlı Ventilasyon	46
5.7.3.4. Akım Fazlı Ventilasyon	46
5.7.4. Ekspiratuar Fazı	46
5.7.4.1. Ekspiratuar Fazda Zaman Limiti	46
5.7.4.2. Ekspirasyon Sonu Negatif Basınç	47
5.7.4.3. Ekspirasyon Sonu Pozitif Basınç	47
5.7.4.4. Sürekli Pozitif Havayolu Basıncı (CPAP)	47
5.8 Ventilasyon Seçimi ve Kullanımı	48
5.8.1. Negatif Basınç Ventilatörün Özellikleri	48
5.8.2. Pozitif Basıncılı Ventilatörlerin Özellikleri	50
5.8.3. Yüksek Frekanslı Ventilatörlerin (HFV) Özellikleri	50
6. PLC İLE MEKANİK VENTİLATÖR TASARIMI	51
6.1. Basınç Ölçme Devresi	55
6.2. Sistemin Çalışması	60
7. SONUÇ VE ÖNERİLER	64
KAYNAKLAR	65
ÖZGEÇMİŞ	66

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2. 1 PLC'nin çevresel elemanlarla etkileşimi	4
Şekil 2. 2 Elektromekanik Sistemle Kontrol	5
Şekil 2. 3 SIMATIC PLC Cihazı Kontrol	5
Şekil 2. 4 DIN ve ANSI Standartlarına Göre Çizilmiş Kumanda Devreleri	6
Şekil 2. 5 PLC Devre Bağlantısı ve Merdiven Diyagramı	7
Şekil 3. 1 PLC'nin Bölümleri	10
Şekil 3. 2 Basitleştirilmiş CPU Yapısı	11
Şekil 3. 3 220V AC Gerilimle Uyarılan bir Giriş Devresi	12
Şekil 3. 4 Kontaktörü Süren Röleli Çıkış Birimi Devresi	13
Şekil 3. 5 Değişik Programlama Teknikleri	14
Şekil 3. 6 Normalde Açık ve Kapalı Kontak Gösterimi	14
Şekil 3. 7 Örnek Merdiven Diyagramı	14
Şekil 3. 8 Kontaklı Devre ve PLC Bağlantı Şeması	15
Şekil 3. 9 Merdiven Diyagramı ve Deyim Listesi	15
Şekil 3. 10 Kontaklı Devresi ve PLC Bağlantısı	16
Şekil 3. 11 Deyim Listesi ve Merdiven Diyagramı	16
Şekil 3. 12 Çarpımların Toplamı Biçinde Yazılan Merdiven Diyagramı	17
Şekil 3. 13 Toplamların Çarpımı Biçimde Yazılmış Merdiven Diyagramı	17
Şekil 4. 1 Rudolph Matas'a ait yapay solunum cihazı	18
Şekil 4. 2 Açık Çevrimli Sistem	23
Şekil 4. 3 Kapalı Çevrimli Sistem	24
Şekil 4. 4 Yay Ağırlıklı Körük Sistemi	24
Şekil 4. 5 Yüksek Basıncı Gaz veya Pnömatik Sistem	25
Şekil 4. 6 Basınç Azaltıcı Sistem	25
Şekil 4. 7 Lineer Sürücülü Piston	26
Şekil 4. 8 Yuvarlak Sürücülü Piston	26
Şekil 4. 9 Venturi Enjektörü	26
Şekil 4. 10 Üfürücü Sistem	27
Şekil 4. 11 Ağırlıklı Körük veya Sürücü Sistem	27
Şekil 4. 12 Dengeli/Orantılı Valf	28
Şekil 4. 13 Step Motorlu Valf Sistemi	29
Şekil 4. 14 Solenoid Valf	29
Şekil 4. 15 Tek Devreli Ventilator	30
Şekil 4. 16 İki Devreli Ventilator	30
Şekil 4. 17 Harici Ventilator Devresi	31
Şekil 5. 1 Pozitif Basıncı Ventilasyona ait Basınç Parametreleri	32
Şekil 5. 2 Mekanik pozitif basınçlı ventilasyon ve spontan(kendi kendine) solunumun birlikte gösterimi	33
Şekil 5. 3 Zorunlu Aralıklı Ventilasyon (IMV)	35
Şekil 5. 4 Senkronize Zorunlu Aralıklı Ventilasyon (SIMV)	35
Şekil 5. 5 Basınç kontrollü ventilasyon (PCV)	36
Şekil 5. 6 Basınç Destekli Ventilasyon (PSV)	36
Şekil 5. 7 Zaman Tetiklemeli(Kontrollü Ventilasyon)	37
Şekil 5. 8 Basınç Tetiklemeli Ventilasyon (Asiste ventilasyon)	38
Şekil 5. 9 Zaman ve Basınç Tetiklemeli Ventilasyon	39
Şekil 5. 10 İnspiryum fazında basınç, volüm ve akım modelleri	40
Şekil 5. 11 Sabit Akımlı Ventilatorlerde Akım, Basınç, Volüm Eğrileri	41
Şekil 5. 12 Değişken Akımlı Ventilatorlerde Akım, Basınç, Volüm Modeli	42
Şekil 5. 13 Asendan Akım Modelinde Akım, Volüm ve Basınç Eğrileri	42
Şekil 5. 14 Desendan Akım Modelinde Akım, Volüm ve Basınç Eğrileri	43

Şekil 5. 15 Sabit Basınç Ventilatörlerde Akım Basınç Eğrileri	44
Şekil 5. 16 Değişken Basınçlı Ventilatörlerde Akım Basınç Eğrileri	45
Şekil 5. 17 NEEP ve ZEEP Uygulaması	47
Şekil 5. 18 PEEP Uygulaması	47
Şekil 5. 19 CPAP Uygulaması	48
Şekil 5. 20 EPAP Uygulaması	48
Şekil 5. 21 Negatif Basınçlı Ventilasyon Uygulama Şekli	49
Şekil 5. 22 Negatif Basınçlı Ventilasyon Uygulama Şekli	49
Şekil 6. 1 Sistemin Kontrol Şekli	53
Şekil 6. 2 Basınç Ölçme Devresi	54
Şekil 6. 3 $\pm 12V$ Besleme Devresi	55
Şekil 6. 4 INA122 iç yapısı	55
Şekil 6. 5 PLC ile Kontrolü yapılan Devre	58
Şekil 6. 6 PLC ile Kontrolü yapılan Devre	59
Şekil 6. 7 Gerçekleştirilen cihazın önden görünüşü	61
Şekil 6. 8 Gerçekleştirilen cihazın dış kısmının görüntüsü	62
Şekil 6. 9 Gerçekleştirilen cihazın iç kısmından başka bir görüntü	63

TABLÖLER LİSTESİ

Tablo 2.1 X_1 ve X_2 nin Değişik Kombinasyonlarında, Y_1 , Y_1+ ve Y_2 , Y_2+	8
Tablo 6.1 Direnç-Kazanç Tablosu.....	56

KISALTMALAR LİSTESİ

PLC	:Programlanabilir Lojik kontrolör
CPU	:Merkezi İşlem Birimi
ADC	:Analog Dijital Çevirici
DAC	:Dijital Analog Çevirici
MV	:Mekanik Ventilator
PEEP	:Ekspiryum Sonu Pozitif Basıncı
CPAP	:Sürekli Pozitif Havayolu Basıncı
TSV	:Total Solunum Desteği
PVS	:Persiyel Ventilasyon Desteği
HFPPV	:Yüksek Frekanslı Pozitif Basıncılı Ventilasyon
HFJV	:Yüksek Frekanslı Jet Ventilasyon
HFO	:Yüksek Frekanslı Oksilasyon
IMV	:Aralıklı Zorunlu Ventilasyon
SIMV	:Senkronize Aralıklı Zorunlu Ventilasyon
PCV	:Basıncı Kontrollü Ventilasyon
PSV	:Basıncı Destekli Ventilasyon

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

PROGRAMLANABİLİR LOJİK KONTROLÖR İLE MEKANİK VENTİLATÖR TASARIMI

Hasan GÜLER

Fırat Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı

2007, Sayfa:66

Yarı iletken teknolojinin gelişmesiyle, Programlanabilir Lojik Kontrolörler (PLC) endüstride yaygın bir biçimde kullanılmaya başlandı. PLC'ler, endüstriyel otomasyon sistemlerinde kontrol ve kumanda işlemlerini gerçekleştirebilen, uygun yapıda giriş ve çıkış birimleri ve haberleşme arabirimlerine sahip, mikroişlemci tabanlı sistemlerdir. Her geçen gün kontrol alanı genişleyen PLC'ler yakın zamanda medikal alanda da kullanılmaya başlandı. Anestezi cihazları başta olmak üzere birçok cihazın kontrolü gelişmiş özelliklere sahip PLC'ler ile mümkün olmaktadır. Mekanik Ventilatorler bu sistemlerden biridir.

Solunum fonksiyonu bozulmuş hastaların solunumunu desteklemek amacıyla kullanılan cihaza Mekanik Ventilator, yapılan işlemede Mekanik Ventilasyon denilmektedir. Ventilasyon işlemi 3 farklı tipte yapılmakta olup bunlar; Negatif Basıncı Ventilasyon, Pozitif Basıncı Ventilasyon ve Yüksek Frekanslı Ventilasyon'dur.

Bu tezde, pratik devre olarak Programlanabilir Lojik Kontrolör (PLC) kullanılarak pozitif basıncı Mekanik Ventilator tasarımı yapılmıştır. Bunun için önce PLC'nin yapısı ve uygulama biçimleri ayrıntılı bir şekilde incelenmiştir. Daha sonra, mekanik ventilatorler hakkında temel bilgiler verilerek, ventilasyon işleminde kullanılan basınç ifadelerinin ne anlama geldikleri ayrıntılı biçimde anlatılmıştır. En son olarak da, pratik devrede istenilen çalışma modlarında çalıştırılarak çalışmamız tamamlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Programlanabilir Lojik Kontrolör, Mekanik Ventilator, Pozitif Basıncı Ventilasyon

ABSTRACT

Master Thesis

DESIGN OF MECHANICAL VENTILATOR WITH PROGRAMMABLE LOGIC CONTROLLER

Hasan GÜLER

Firat University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Electrical-Electronics Engineering

2007,page:66

PLC has been widely used in industry with the development of semi-conductor technology. PLC performs the control process and has suitable input/output and communication units. Recently, PLC's are also used in medical areas. The controlling of many devices such as anesthesia devices is possible with PLC having high features. Mechanical ventilator is an example of the these systems.

Mechanical ventilator is a device to support to the respiratory of sick person whose respiratory function has disturbed. The name of this process is mechanical ventilation. Ventilation process is done by 3 different ways. These are negative pressure ventilation, positive pressure ventilation and high frequency ventilation.

In this thesis, in practical circuit, positive pressure mechanical ventilator was designed by using programmable logic controller. Firstly, structure of PLC and its applications areas were analysed. After the basic information about mechanical ventilator was given, the pressure waveforms used in ventilation were studied. Finally, our practical circuit was successfully operated in desired working modes.

Key Words: Programmable Logic Controller, Mechanical Ventilator, Positive Pressure Ventilation

GİRİŞ

Programlanabilir Lojik Kontrolörler(PLC) endüstriyel kumanda ve kontrol işlemleri için geliştirilmiş, mikroişlemci tabanlı sistemlerdir. Bu sistemlerin ilk kullanım alanı endüstriyel kumanda olmasına rağmen, günümüzde, kumanda ve kontrol işlemlerinde başarı ile kullanılmaktadırlar.

PLC sistemi, Analog - Dijital giriş/çıkış bağlantıları aracılığı ile aldığı giriş bilgilerini yazılan program ile değerlendirerek uygun Analog-Dijital çıkışlar üretir. Böylece birçok sistemin kumanda ve kontrol işlemleri gerçekleştirilebilir. PLC'ler donanımlarında, CPU(merkezi İşlem birimi), bellek, sayıcı, zamanlayıcı, karşılaştırma, sıralama, toplama, çıkartma, çarpma, bölme, haberleşme ve benzeri birimleri bulundurlar. Yazılımında ise bu birimleri kolayca kullanmaya yönelik komutlar ihtiva etmektedirler. Gerçekleştirilmiş sistemlerde herhangi bir değişiklik istenildiğinde çok fazla donanım ilavesine gerek duymadan yazılım ile istenilen değişiklikleri elde etmek mümkün olur[1].

PLC'lerin kullanım alanı her geçen gün artmaktadır ve tıp elektroniği de bu alanlardan biridir. Yoğun bakım ünitelerinin vazgeçilmez cihazlarından biri olan mekanik ventilatörler de PLC'lerle kontrol edilebilmektedir. Mekanik ventilatör, kendi kendine nefes alıp vermeyi başaramayan hastalarda solunum işlemini yapay olarak gerçekleştiren cihazdır. Bu cihaz nefes alıp verme esnasında oluşan basınç farklılığına göre çalışmaktadır.

Oksijen, kuru hava içerisinde %21 oranında bulunan ve tüm canlıların yaşamını sürdürebilmesi için gerekli olan bir gazdır. Yaratılan canlılar içerisinde en üstün özelliklerle donatılan insanoğlu da yaşamını sürdürebilmesi için oksijene ihtiyaç duymaktadır. Bilindiği üzere canlılar, nefes alırken oksijeni(O_2) alıp, nefes verirken de karbondioksiti(CO_2) atmosfere verirler. Yapılan bu nefes alıp-verme işleminin bütününe solunum fonksiyonu denilmektedir. Yapılan solunum, sağlıklı canlılarda kendi kendine olurken, akciğer rahatsızlığı ve solunum yetmezliği gibi rahatsızlığı olan canlılarda ise yapay olarak gerçekleştirilebilmektedir. Solunumu yapay olarak gerçekleştiren alete Ventilatör, yapılan bu işlemede Ventilasyon denilmektedir.

Ventilasyon işlemi 3 farklı şekilde gerçekleştirilmektedir. Negatif Basıncılı Ventilasyon, Pozitif Basıncılı Ventilasyon ve Yüksek Frekanslı Ventilasyon'dur. Ventilasyon işleminde 4 büyüklük önemli rol oynamaktadır. Bunlar; Basınç, Volüm, Akım, ve Zaman'dır. Kendi kendine solunum yapma özelliğini kaybetmiş her hasta farklı tip ventilasyona ihtiyaç duyduğundan ventilatörlerde farklı görevler yapmakta olan bu 4 büyüklük, hastanın ihtiyacına göre ventilasyonu gerçekleştirmektedir.

Yapılan tez çalışması 7 ana bölümden oluşmaktadır. Bu bölümlerden, Bölüm2’ de Programlanabilir Lojik Kontrolörün hakkında genel bilgiler verilmiş, ayrıca PLC’ lere neden ihtiyaç duyulduğunu ve elektromekanik sistemlere göre üstünleri ayrıntılı olarak anlatılmıştır.

Bölüm3’de Programlanabilir Lojik Kontrolörü oluşturan birimler ayrıntılı olarak ele alınmıştır. Ayrıca programlama mantığının anlaşılması için birçok değişik örnek verilmiştir.

Bölüm4’de Mekanik Ventilatorlerin kısaca tarihsel gelişimi üzerinde durulduktan sonra mekanik ventilasyon uygulamalarına ait metotları genişçe anlatılmıştır.

Bölüm5’de Pozitif basınçlı ventilatorlere ait basınç türleri incelendikten sonra ventilatorlerin çalışma modları üzerinde duruldu.

Bölüm6’da pratik uygulama olarak gerçekleştirilen “Programlanabilir Lojik Kontrolör ile gerçekleştirilen Mekanik Ventilator” ayrıntılı olarak anlatılmıştır.

Son bölüm olan Bölüm7’de elde edilen sonuçlar irdelenmiş ve gelecekte yapılabilecek çalışmaların neler olabileceğinden bahsedilmiştir.

2.PROGRAMLANABİLİR LOJİK KONTROLÖRÜN TEMEL İLKELERİ

Günümüzde, programlanabilir lojik kontrolörler(Programmable Logic Control,PLC) endüstriyel otomasyon ve kontrol işlemleri için geliştirilmiş mikroişlemci tabanlı endüstriyel bilgisayarlardır. PLC'ler ilk olarak endüstriyel alanlarda kullanılmak için tasarlanmalarına rağmen, gelişen teknoloji beraber her geçen gün PLC'lerin kullanım alanı artmıştır.

1970'li yılların başlarında, sanayi uygulamalarında röleli kumanda sisteminin yerine kullanılmak üzere Modicon firması tarafından ilk ticari PLC piyasaya sürülmüştür. İlk üretilen PLC'nin endüstride kazandığı büyük başarı ile birçok firmanın bu sektöre girmesinden sonra ucuz maliyetli yüksek performanslı PLC'ler üretilmeye başlandı.

PLC sistemleri, analog-dijital giriş/çıkış bağlantısı ile değişik makine ve sistemleri kontrol etmektedir. Temel lojik işlemlere ek olarak aritmetik ve özel matematiksel işlemlerini de gerçekleştirebilen kontrolörler ile karmaşık kumanda ve kontrol işlemleri gerçekleştirilebilmektedir.

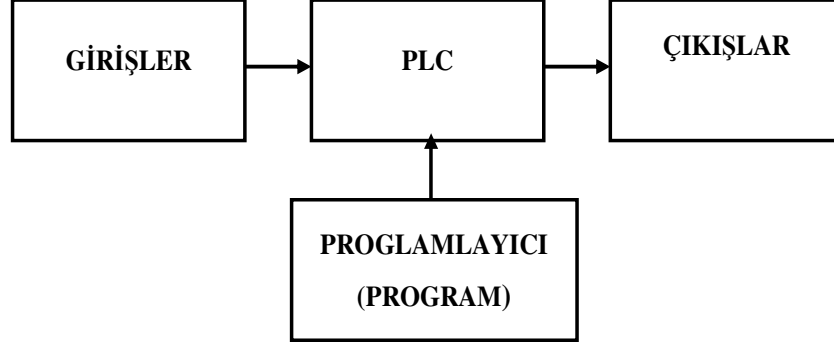
PLC'ler donanımlarında, CPU(merkezi İşlem birimi), bellek, sayıcı, zamanlayıcı, karşılaştırma, sıralama, toplama, çıkartma, çarpma, bölme, haberleşme ve benzeri birimleri bulundurlar. Yazılımında ise bu birimleri kolayca kullanmaya yönelik komutlar ihtiva etmektedirler. Gerçekleştirilmiş sistemlerde herhangi bir değişiklik istenildiğinde çok fazla donanım ilavesine gerek duymadan yazılım ile istenilen değişiklikleri elde etmek mümkün olur.

PLC ile kumanda ve kontrol sistemlerinin oluşturulmasında genel olarak takip edilen yöntem:

- Kontrol probleminin tanımlanması ve sorunun kâğıda dökülmesi,
- Gerekli donanımın seçilmesi,
- Sorunun çözümü için gerekli program algoritmalarının hazırlanması,
- Programın uygun programlama dilinde yazılması,
- Yazılan programın kullanılan yazılımın müsaade ettiği oranda simülasyon yapılarak test edilmesi,
- Sistemin gerçek sahada çalıştırılması,
- Gerekli değişikliklerin yapılması ile sistem son halini alır.

Şekil 2.1'de ki blok diyagramda da gösterildiği gibi PLC, girişlerden aldığı bilgiyi kendisine verilen programa göre işleyen ve iş elemanlarına aktaran bir mikroişlemci tabanlı sistemdir. Girişte kullanılan sensörlere örnek olarak, herhangi bir metali algılayan endüktif sensör, metal olmayan cisimleri hisseden kapasitif sensör, ışığı algılayan optik sensör, PLC

girişine uygun gerilim vermede uygulanan buton ve anahtarlar verilebilir. İş elemanları için ise PLC çıkışından alınan gerilimi kullanarak hareket enerjisi elde edilen motorlar, bir cismi itme ve çekmede kullanılan silindirler, ışık yayan lambalar uygun örneklerdir[2].



Şekil 2. 1 PLC'nin çevresel elemanlarla etkileşimi

2.1. PLC ile Elektromekanik Sistemlerin Karşılaştırılması

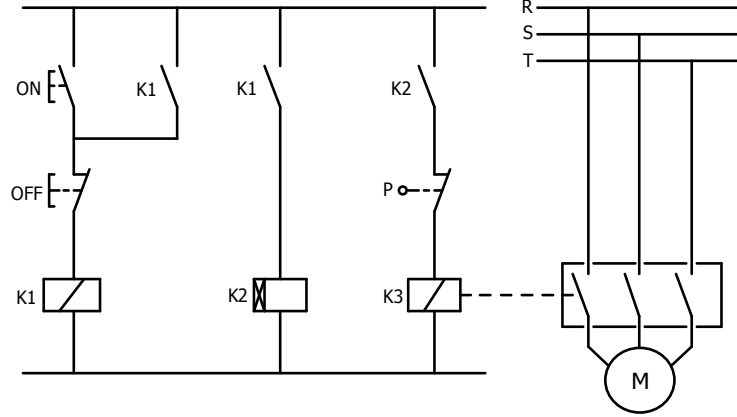
Programlanabilir lojik kontrolörün elektromekanik sisteme göre avantajları aşağıdaki gibi sıralanabilir.

1. Sistemin çalışmasında değişiklik yapılması istenildiğinde, elektrik tesisatına karışmadan, programlama kısmında yapılacak değişiklik ile gerçekleştirilebilir.
2. Enerji bakımından PLC'ler elektromekanik sisteme göre daha az enerji harcar.
3. PLC cihazı üzerindeki giriş-çıkış ünitelerindeki LED'ler sayesinde o anda aktif olan giriş-çıkışları izleme kolaylığı sağlar.
4. Kapladığı alan bakımından yer ve malzeme tasarrufu sağlar.
5. Projenin gerçekleştirilmesinde aşamalar daha kısa olduğu için zaman bakımından tasarruf sağlanır.

Endüstriyel kumanda devreleri lojik temele dayanan aç-kapa (ON-OFF) biçiminde çalışan geleneksel olarak kontaktör, yardımcı röle ve zaman rölesi gibi elemanlarla gerçekleştirilen devrelerdir. Endüstriyel kumanda devresi ile gerçekleştirilen bir sistemin PLC ile gerçekleştirilmesi için yapılması gereken 2 adım vardır:

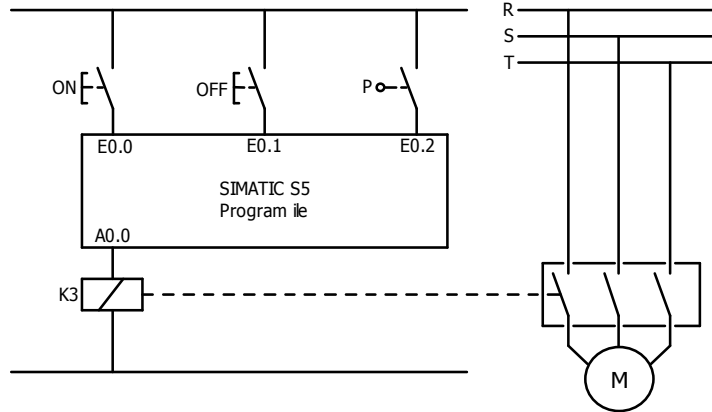
- Kontaklı kumanda devresinin tasarlanması,
- Tasarlanan kumanda devresinin programlanması ve PLC ye aktarılması

Kontaklı kumanda devresinin tasarlanması için ya lojik devre tasarım yöntemlerinden ya da endüstriyel kumanda devrelerinden yararlanılır. Şekil 2.2'de elektromekanik sistemle kontrol edilen bir devre gösterilmiştir.



Şekil 2. 2 Elektromekanik Sistemle Kontrol

Tasarlanan kumanda devresinin programlanıp PLC program belleğine yüklenmesiyle tasarım süreci sonuçlanır. Programlama için ya özel bir programlayıcı, ya da PLC'leri programlamak amacıyla geliştirilmiş ve kişisel bilgisayarlarda DOS veya WINDOWS ortamında çalışan paket programlar kullanılır. Şekil 2.3'de, Şekil 2.2'de tasarlanan elektromekanik sistemin PLC ile gerçekleştirilmesi gösterilmiştir.

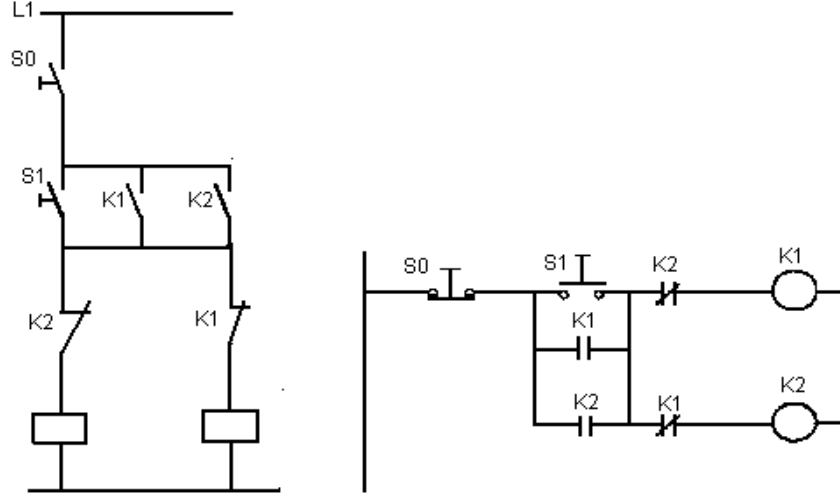


Şekil 2. 3 SIMATIC PLC Cihazı Kontrol

Sonuç olarak, bu şekilde yapılan tasarım ile tüm kablo bağlantıları ile beraber K1 ve K2 ye de gerek kalmamaktadır. Yapılması gereken iş, yazılan programı PLC ye yüklemek olacaktır. Sistemin çalışmasında yapılması istenen değişiklikler böylece programda değiştirilerek yapılabilinecektir.

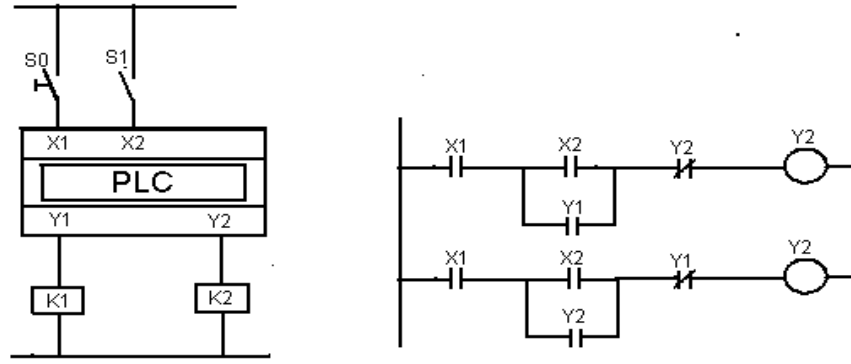
2.2. Kontaklı Kumanda Devresi ile PLC Kumanda Devresinin Karşılaştırılması

Bir amacı yerine getirmek için tasarlanmış kontaklı kumanda devreleri, yapılacak küçük değişiklikler ile PLC kumanda devresine dönüştürülebilir. Bu şekilde yapılan PLC'li kumanda devresi, genellikle kontaklı kumanda devresi ile aynı işlevi görür. Fakat her iki devre türünde de bazı sebeplerden dolayı farklı çalışma biçimleri ortaya çıkabilir [2].



Şekil 2. 4 DIN ve ANSI Standartlarına Göre Çizilmiş Kumanda Devreleri

PLC kumanda devrelerinde çıkışlar programda yazılan sıraya göre belirlenirken, kontaklı kumanda devrelerinde bu şekil bir çalışmadan söz edilemez yani devre elemanları paralel kollar şeklinde çalışır. Şekil 2.4'de verilen kontaklı kumanda devresinde S1 butonuna basıldığında K1 ve K2 kontaktör bobinleri aynı anda enerjilenir. Şekil 2.5'de gösterildiği üzere, bu devrenin PLC ile gerçekleştirilmesinde durumunda, önce K1 kontaktörüne ilişkin çıkış değeri, sonra K2 kontaktörüne ilişkin çıkış değeri hesaplanır.



Şekil 2. 5 PLC Devre Bağlantısı ve Merdiven Diyagramı

Kontaklı kumanda devrelerinde, kontaktör veya röle bobinine gerilim uygulandıktan ancak belli bir süre sonra kontaktörün konum değişir. Enerjilenen kontaktörün veya röle bobinin kontaktlarının konum değiştirmesi için geçen süreye kapama gecikmesi denir. Bu süre 10ms ile 50ms arasında değişmektedir. Şekil 2.4’de verilen kontaklı kumanda devresinde K1 ve K2 kontaktör bobinleri aynı anda enerjilenir. Bu kontaktörlerden kapama gecikmesi daha kısa olan kontaktör devreye girecek ve kapama gecikmesi daha uzun hiçbir zaman devreye giremeyecektir. Her iki kontaktörün kapama gecikmesi aynı ise hangi kontaktörün ilk devreye gireceği belirsizdir. Bu durumda ilk hangi kontaktör devreye girerse hep devrede kalır. Bu karmaşıklık Şekil 2.5’de gösterilen PLC kumanda devresi ile giderilebilir. Merdiven diyagramında ki program yürütüldüğünde, sırasıyla aşağıdaki işlemler gerçekleşir.

X1 ve X2 giriş değerleri okunur ve giriş görüntü belleğine aktarılır. Sadece S1 butonuna basıldığı takdirde $X1=1$, $X2=0$ değerleri giriş görüntü belleğine alınır.

Merdiven diyagramının ilk satırında olan Y1 değeri hesaplanır ve saklanır. Programa göre Y1 çıkışı, $X1=1$, $X2=1$ ve $Y2=0$ olduğundan $Y=1$ olacaktır.

Y1 ve Y2 değerleri çıkış görüntü belleğine yazılıp, çıkış birimine transfer edilir ve 1. adıma dönülür. $Y1=1$ ve $Y2=0$ olduğundan K1 kontaktörü bobini gerilim alır ve devreye girer. K2 kontaktörü ise devreye giremez.

Tekrar 1. Adıma dönüldüğünde, S1 butonu serbest bırakılmış olsun. Bu durumda Y1 değeri, önceki adımda $Y1=1$ olduğundan, Y1 çıkışı lojik 1 değerinde kalacaktır. S0 durdurma butonuna basıncaya kadar $Y1=1$ değerini koruyacaktır. Bu devrede Y2 çıkışı hiçbir zaman etkin olamaz.

Çıkış birimleri olan Y1 ve Y2 ye ilişkin lojik fonksiyonları yazılarak olası çıkış kombinasyonlarına karşı Y1 ve Y2 değerleri tablo haline dönüştürülebilir. Y1 ve Y2 çıkışına ait lojik fonksiyonlar;

$$Y1^+=X1.(X2+Y1).Y2' \quad \text{ve} \quad Y2^+=X1.(X2+Y2).(Y1^+)$$

biçiminde verilebilir. Bu fonksiyonlara göre, X1 ve X2 girişlerinin çeşitli kombinasyonlarında, Y1, Y1⁺ ve Y2, Y2⁺ çıkışlarının aldığı değerler Tablo2. 1'deki gibidir[2].

Şekil 2.5'de verilen merdiven diyagramında satırların yerini değiştirdiğimizde programın işleyişi de değişmektedir. Örneğin, Y2'ye ilişkin basamak daha önce yazılırsa, bu kez S1 butonuna basıldığında, Y2=1 olur ve Y1 çıkışı hiçbir zaman(Y1=1) olmaz.

Tablo 2. 1 X1 ve X2 nin Değişik Kombinasyonlarında,Y1, Y1+ ve Y2, Y2+

Satır	X1	X2	Y1	Y2	Y1 ⁺	Y2 ⁺	Açıklama
1	1	0	0	0	0	0	Başlangıç durumu
2	1	1	0	0	1	0	S1'e basılması durumu
3	1	1	1	0	1	0	K1 enerjilenir.
4	1	0	1	0	1	0	S1'in bırakılması
5	0	0	1	0	0	0	S0'e basılması
6	0	0	0	0	0	0	Başlangıç durumu

2.3. PLC Büyüklükleri ve Programlayıcı Birimi

Sembolik olarak 3 ayrı grup içerisinde; Küçük(Small), Orta(Medium) ve Büyük(Large) olarak sınıflandırılabilir.

- Küçük(Small): Bu gruba dahil olan PLC'ler, 128 I/O'nun üzeri ve 2KByte'ın üzerindeki hafızaya sahiptir.
- Orta(Medium): Bu gruba dahil olan PLC'ler, 2048 I/O ve 32 Kbyte'ın üzerindeki hafızaya sahiptir. Özel I/O modülleri bu kategoride analog fonksiyonları, işlem kontrol uygulamaları içerisinde örneğin, ısı, baskı, sıkma, akış, ağırlık, pozisyon (durum) gibi kolaylıkla adaptasyon sağlamaktadır.
- Büyük(Large): Bu gruba dahil olan PLC'ler, 8192 I/O ve üzeri giriş/çıkış modüllü ve 750 Kbyte hafıza ve üzerine sahiptir.

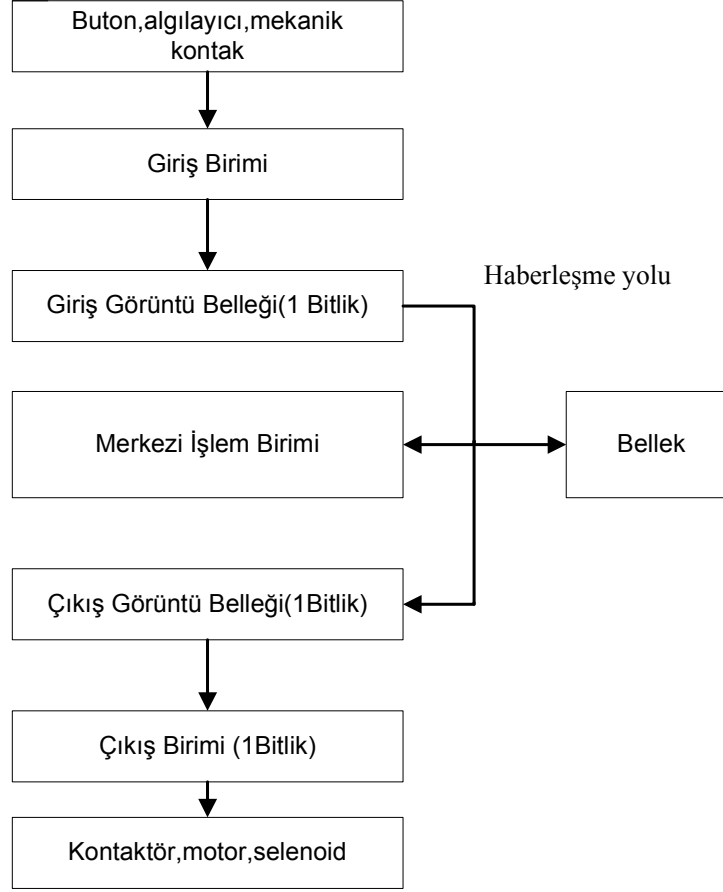
Programlayıcı arabirimi, PLC'leri programlamak ve yazılan programın derlenip

program belleğine yüklenmesi amacıyla kullanılmaktadır. Programlayıcı birimi mikroişlemci tabanlı bir özel el cihazı olabileceği gibi bir kişisel bilgisayarda olabilir. Bu birim, programın yazılması, PLC'ye aktarılması ve istenirse çalışma sırasında giriş/çıkış veya saklayıcı durumlarının gözlenmesi ya da bazı parametrelerinin değiştirilmesi olanakları sağlar.

Gelişen bilgisayar teknolojisiyle artık PLC'leri programlamak daha kolay olmaktadır. Bunu yaparken de daha çok kişisel bilgisayarlara kurulan editör-derleyici programlar kullanılmaktadır. Programlama için kişisel bilgisayarlarda MS-DOS veya Windows ortamında çalışan paket programlar kullanılır. PLC üretimi yapan her firma, özellikle kumanda devreleri ile ilgili kişilerin kolayca kullanabilecekleri veya uyum sağlayabilecekleri editör derleyici programları geliştirmişlerdir.

3. PROGRAMLANABİLİR LOJİK KONTROLÖR BİRİMLERİ VE PROGRAMLAMA

Programlanabilir lojik kontrolörler, otomasyon devrelerinde doğrudan kullanılmaya uygun özel giriş-çıkış birimleriyle donatılan kontrolör olarak tanımlanır. Bir PLC'nin iç yapısı Şekil 3.1'de gösterilmektedir.



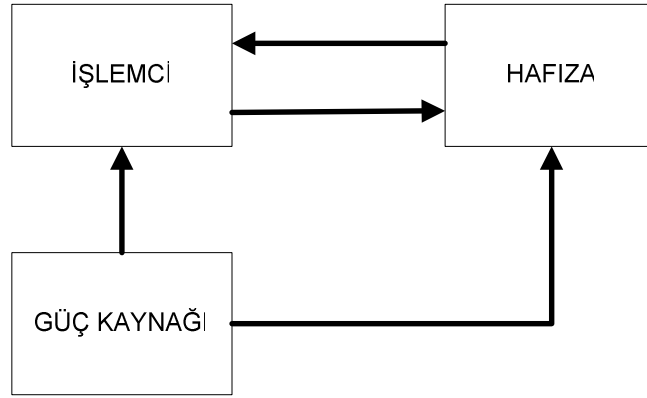
Şekil 3. 1 PLC'nin Bölümleri

Yukarıda gösterilen birimlere ilave olarak, programı yedeklemek ve başka bir PLC'ye aktarmak için EEPROM modülü, giriş-çıkış sayısını arttırmaya yarayan genişleme birimi, çalışma esnasında enerji kesilmesi durumunda PLC'yi besleyen yedek güç ünitesi ve seri haberleşme arabirimi gibi elemanlar da bulunur[2].

3.1. Merkezi İşlem Birimi

PLC'yi bir canlıya benzetecek olursak, Merkezi İşlem Birimi (CPU,Central Process Unit) bu canlının beynidir diyebiliriz. CPU birçok lojik kapı devresine sahip, kontrol röleleri, sayıcı, zamanlayıcı gibi işlevleri yerine getiren mikroişlemci tabanlı bir sistemdir[1]. Merkezi işlem birimi, çeşitli algılayıcı devrelerinden gelen giriş bilgilerini, hafızaya yüklenmiş kullanıcı programında kullanarak uygun çıkış komutlarına ve kontrol devrelerine gönderir.

Merkezi işlem birimi, güç kaynağı ve işlemci-bellek arasındaki haberleşmeyi de sağlar. Şekil 3.2'de basitleştirilmiş blok şeması görülmektedir.



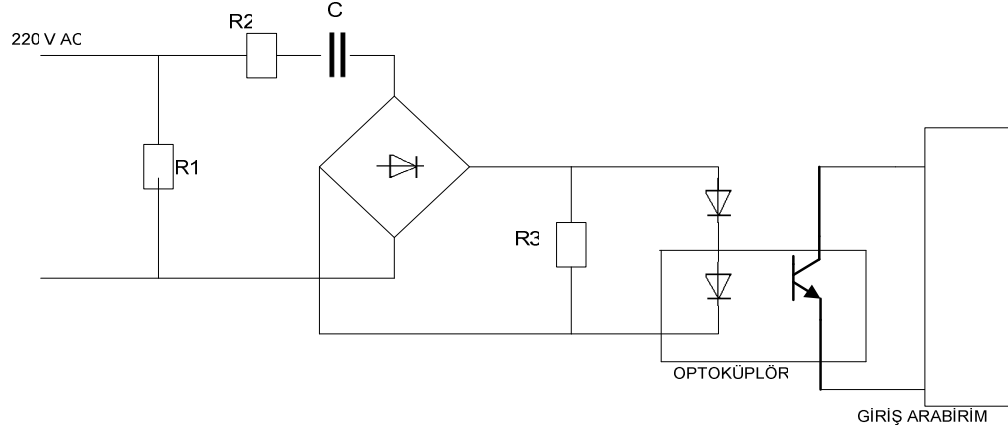
Şekil 3. 2 Basitleştirilmiş CPU Yapısı

Programlanabilir denetleyicilerin beyni olan CPU ünitesinin büyük bir bölümünü işlemci-bellek birimi oluşturmaktadır. Bu birimde, mikroişlemci, bellek çipleri, bilgi okuma ve bellekten bilgi isteme ve programlama cihazıyla işlemcinin gereksinim duyduğu haberleşme devreleri bulunmaktadır. PLC'nin gelişimi CPU'nun gelişmesiyle paralel olmaktadır. Günümüzde PLC'ler birçok işlemi yapabilen durumdadırlar. Bu işlemler; Mantıksal işlemler, sayma işlemleri, zamanlama, karşılaştırma, matematiksel işlemler, mandallama ve kod çevirmedir.

3.2. Giriş Birimi

I/O kısmı giriş-çıkış modüllerinden oluşmaktadır. Yine PLC yi canlıya benzetirsek, I/O birimi, canlının gözü, kulağı ve dilidir. Giriş ve çıkış birimleri birbirinden bağımsızdır. Giriş birimi, kontrolü yapılan sistemle ilgili algılamaları yapıp, kumanda elemanlarından gelen elektriksel işaretleri lojik gerilim seviyelerine dönüştüren birimdir. PLC'ye ait giriş biriminin

gerilim seviyeleri 24V, 48V, 100V-120V, 200V-240V doğru veya alternatif akım olabilir.

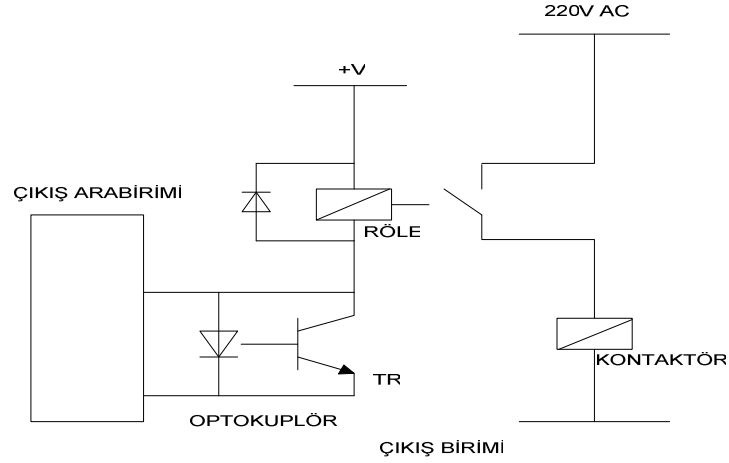


Şekil 3. 3 220V AC Gerilimle Uyarılan bir Giriş Devresi

Şekil 3.3'de 220V AC giriş gerilimiyle uyarılan bir giriş devresi verilmiştir. PLC giriş devresine uygulanan giriş gerilim değerinin lojik 1 veya lojik 0 kabul edilmesi için alt ve üst sınır değerleri vardır. Yani, giriş bilgisinin doğru bir şekilde alınabilmesi için girişe uygulanan gerilim seviyesinin bu değerler arasında olması gerekmektedir. Analog arabirim sayesinde, giriş tarafındaki sensörler'den alınan ısı, ışık, hız, basınç, nem bilgileri bir Dijital-Analog Dönüştürücü(ADC) aracılığıyla dijital data formuna dönüştürülür. Analog sinyal ile orantılı olan dönüşüm seviyeleri 12 bit binary (ikili kod) veya 3 dijit BCD kodlu değer olarak ifade edilmektedir.

3.3. Çıkış Birimi

Çıkış birimi, kontaktör, röle, motor v.b kumanda elemanlarını uygun bir gerilimle sürmek için gerekli donanıma sahip olan bir birimdir. PLC çıkış birimi, röle, triyak veya transistör çıkışlı olabilir. Genellikle, fazla sayıda ve hızlı açma-kapama gerektiren durumlarda eğer DC de çalışılıyor ise transistör, AC de çalışılıyor ise de triyaklı olan çıkışlar kullanılır. Çıkış gerilim seviyeleri, 12- 48V AC, 120V AC, 230V AC, 120V DC, 230V DC, 5V DC(TTL seviyesi). Analog çıkış arabirim modülü, CPU'dan sayısal verileri alıp, gerilim ve akımla orantılı olarak dönüştürme işlemini yapar daha sonra elde edilen sinyal Dijital-Analog Dönüştürücüden (DAC) geçirilerek analog sinyal elde edilir. Elde edilen bu analog sinyal ile küçük motorlar, valfler, kontaktörler gibi elemanları sürerler. Şekil 3.4'de bir kontaktörü süren röle çıkış birimli devrenin şekli verilmiştir.



Şekil 3. 4 Kontaktörü Süren Röleli Çıkış Birimi Devresi

3.4. Bellek Dizaynı

Bellek tipleri saklanan bilginin enerji kesilmesi halinde kaybolup kaybolmamasına göre 2 grupta incelenebilir[1].

- RAM VE RIW adı verilen rast gele erişimli belleklerdir. Bu tip belleklerde enerjinin kesilmesi durumunda saklanan bilgi kaybolur. Bunu önlemek için bir pil ile RAM beslenebilir. Pil ömrünün sona ermesiyle yine bilgiler kaybolur.
- ROM adı verilen salt okunur belleklerdir. Bu bellek tipinde silinebilir ve programlanabilir olmasına göre çeşitleri mevcuttur. Bunlar; PROM, EPROM, EAROM, EEPROM'dur.

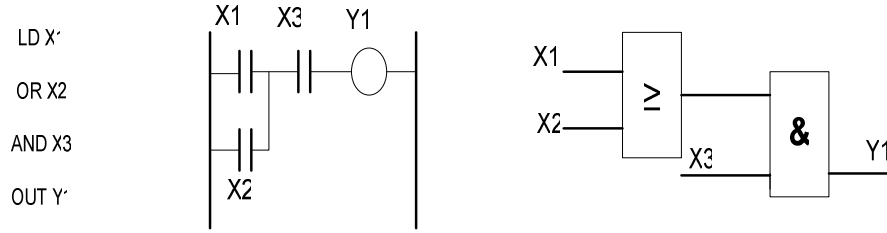
3.5. Programlama

Program belleğine yüklenmiş kullanıcıya ait program, ilk komutun işlenmesiyle başlar, son komutun işlenmesiyle biter. Yani yazılan komutların sırasıyla gerçekleştirilmesi biçiminde gerçekleştirilir. PLC'lere yüklenen programın bir çevrimi için geçen süreye tarama zamanı denir. Bu tarama zamanı giriş-çıkış sayısına, programın uzunluğuna ve içeriğine ve de merkezi işlem biriminin çalışma frekansına bağlıdır. Günümüzde endüstride kullanılan değişik firmaların ürettiği PLC'lerin tarama zamanı 2 ms ile 200 ms arasında değişmektedir.

PLC'ler için geliştirilen 3 türlü programlama yöntemi vardır. Bunlar;

- Deyim listesi ile programlama
- Merdiven diyagramı ile programlama
- Diğer programlama yöntemleri(Grafcet, lojik kapı sembolleri v.b)

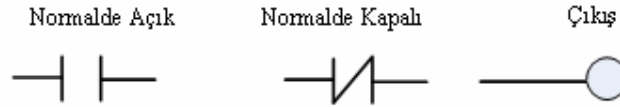
Şekil 3.5’de bu programlara ilişkin örnek gösterim şekilleri verilmiştir.



Şekil 3. 5 Değişik Programlama Teknikleri

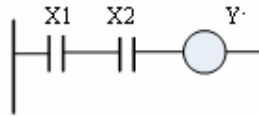
3.6. Merdiven Diyagramı

Merdiven diyagramı ile programlama tekniğinde kontaklar, kontaktörler, zamanlayıcılar, sayıcılar ve aritmetik işlemleri yerine getiren fonksiyon blokları kullanılmaktadır. Kontaklar merdiven diyagramında Normalde Açık (NA) ve Normalde Kapalı (NK) olmak üzere 2 şekilde bulunurlar. Şekil 3.6’da merdiven diyagramında kullanılan sembollerden bazıları verilmiştir.



Şekil 3. 6 Normalde Açık ve Kapalı Kontak Gösterimi

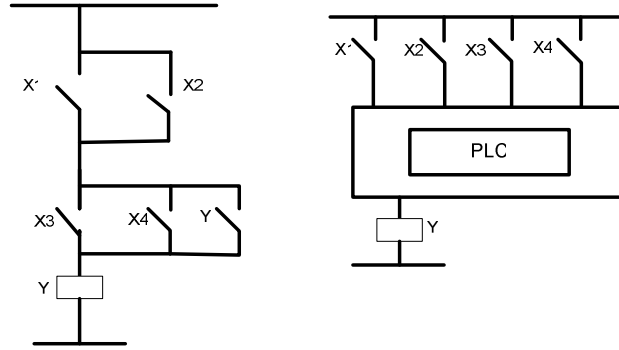
Merdiven devre, diyagramın solundan dikey bir çizgi ile başlar ve sinyal akışı soldan sağa, yukarıdan aşağıya doğru gider.



Şekil 3. 7 Örnek Merdiven Diyagramı

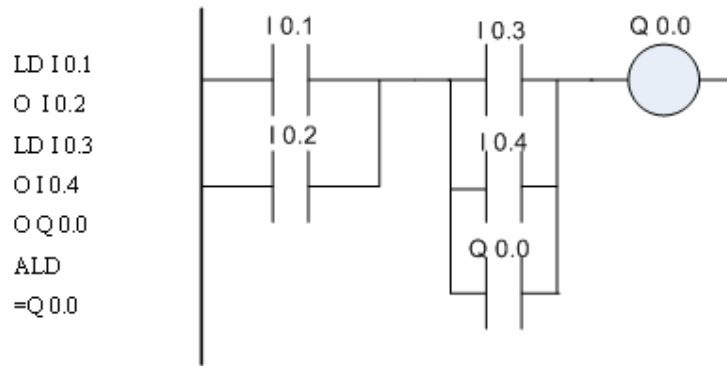
Şekil 3.7’de gösterilen örnek devre de normalde açık halde verilen X1 ve X2’nin uygun sinyal gelmesi halinde, kapalı hale geçmesiyle Y çıkışı aktif olacaktır.

Şekil 3.8’de kontaklı kumanda devresi ve bu devrenin PLC ile gerçekleşmesine ilişkin bağlantı şeması verilmiştir. Bu kontaklı kumanda devresinin merdiven diyagramıyla gerçekleştirilmesi Şekil 3.9’da verilmiştir.



Şekil 3.10 Kontaklı Devresi ve PLC Bağlantısı

Şekil 3.10'da gösterilen kumanda devresinin Simatic S7 ile gerçekleştirilmek istenildiğinde yapılacak programdaki değişiklikler şekil 3.11'de gösterilmektedir.



Şekil 3.11 Deyim Listesi ve Merdiven Diyagramı

Şekil 3.10'da verilen devrenin deyim listesi ve merdiven diyagramı şekil 3.11 de verilmiştir. Dikkat edilirse, Şekil 3.8 ile 3.10'da verilen PLC bağlantı şekilleri aynı kalmıştır ve sadece programda yapılan değişiklikler ile verilen devrenin çalışması sağlanmış olur.

3.7. Kontaklı Kumanda Devrelerinin Programlanması

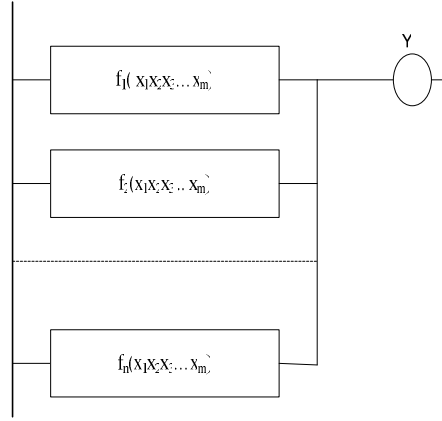
Kontaklı kumanda devreleri yukarıda verilen örneklerden daha karmaşık yapıda da olabilmektedir[2]. Bu tip devreleri programlamak için lojik fonksiyonlarından yararlanılır. Çok karmaşık kumanda devrelerinin hızlı ve hatasız olarak programlanması için lojik cebir işlemleri belirli biçimlerde de yazılabilir. Çarpımların toplamı veya toplamaların çarpımı biçiminde düzenlenebilir.

3.7.1.Çarpımların Toplamı Biçimine Getirilmiş Lojik Fonksiyonların Programlanması

Çarpımların toplamı şeklinde düzenlenmiş bir lojik fonksiyon $x_1x_2x_3\dots x_m$ giriş değişkenleri $f_1f_2f_3\dots f_n$ çarpım fonksiyonları olmak üzere,

$$Y=f_1(x_1x_2x_3\dots x_m)+f_2(x_1x_2x_3\dots x_m)+\dots\dots\dots+f_n(x_1x_2x_3\dots x_m)$$

olarak da yazılabilir. Şekil 3.12 de bu şekilde yazılmış lojik fonksiyona ilişkin merdiven diyagramı görülmektedir.



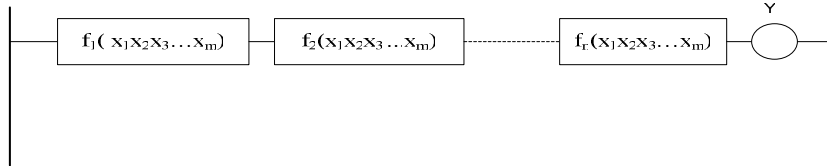
Şekil 3. 12 Çarpımların Toplamı Biçiminde Yazılan Merdiven Diyagramı

3.7.2. Toplamların Çarpımı Biçimine Getirilmiş Lojik Fonksiyonların Programlanması

Toplamların çarpımı şeklinde düzenlenmiş bir lojik fonksiyon $x_1x_2x_3\dots x_m$ giriş değişkenleri $f_1f_2f_3\dots f_n$ toplam fonksiyonları olmak üzere ;

$$Y=f_1(x_1x_2x_3\dots x_m).f_2(x_1x_2x_3\dots x_m),\dots\dots\dots,f_n(x_1x_2x_3\dots x_m)$$

Olarak da yazılabilir. Şekil 3.13’de bu biçimde yazılmış lojik fonksiyona ait merdiven diyagramı verilmiştir.



Şekil 3. 13 Toplamların Çarpımı Biçiminde Yazılmış Merdiven Diyagramı

Karmaşık kontaklı kumanda devrelerinin basitçe programlanması, yukarıda bahsedilen şekillerde gerçekleştirilir.

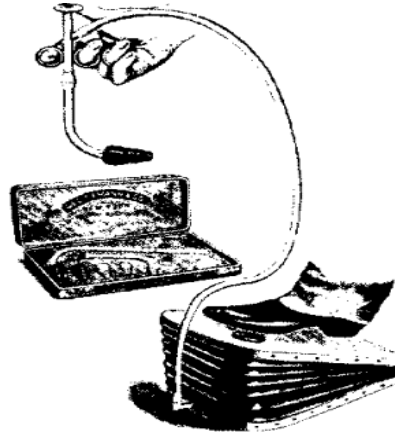
4. MEKANİK VENTİLASYON

Yaşamsal bir fonksiyon olan solunum işleminin yapay olarak ventilatör adı verilen bir cihaz yardımı ile sürdürülmesine mekanik ventilasyon denir. Son yıllardaki teknolojik gelişmeler neticesinde mekanik ventilasyon, yoğun bakım ünitelerinde hastalara uygulanan tedavinin ayrılmaz bir parçası durumdadır.

4.1. Geçmişten Günümüze Mekanik Ventilatörler

Canlıların yaşamlarını sürdürmesi için gerekli olan fonksiyonların en önemlilerinden biri solunumdur. Solunum ile ilgili ilk bilgiler, Mısır, Çin ve Yunanlı kaynaklara dayanmaktadır. Batılı kaynaklar incelendiğinde ise, ilk kez MÖ 460 yılında Hipokrat havayı bilimsel olarak değerlendirmiş ve suda boğulma vakalarında nefes borusuna yerleştirilecek bir kanül vasıtasıyla hastaya hava gönderilmesi gerektiğini bildirmiştir[3].

Daha sonraları MÖ 380 yıllarında Aristo hayvanların havasız odalarda öldüğünü gözlemlemiş ve yaşamın sürdürülmesi için taze havanın şart olduğunu belirlemiştir. 1541 yılında mekanik ventilasyonun ilk uygulaması Vesalius tarafından gerçekleştirilmiştir. 1893’de Fell ve O’Dwyer, ameliyat esnasında hastanın ventilasyonunu bir laringeal kanül ve ayakla idare edilen körük yardımıyla sağlamaya başlamışlar ve 1896’da Matas bu sisteme ek olarak kompresörü de eklemiştir. Şekil 4.1’de Rudolph Matas’a ait yapay solunum cihazı görülmektedir.



Şekil 4. 1 Rudolph Matas’a ait yapay solunum cihazı

1980’li yılların başına kadar birçok bilim adamı değişik cihazların yardımıyla mekanik ventilasyonu gerçekleştirmiştir. Bu tarih’ten itibaren yarıiletken teknolojinin hızla gelişmesinden sonra mikroişlemcili ventilatörler hızla gelişme göstermiştir. Son birkaç yılda yapılan çalışmalarda ise cihazın geliştirilmesiyle beraber, cihazın hastaya sağladığı fonksiyonlarda geliştirilmiştir.

4.2. Mekanik Ventilasyonda Temel Kavramlar

4.2.1.Ventilasyon

Basitçe ventilasyonu tanımlarsak, oksijenin, akciğer içine ve dışına hareketidir diyebiliriz. Ventilasyonda ki temel amaç, havada ki zengin oksijenin akciğere alınması ve akciğerde bulunan karbondioksit içeren havanın dışarı atılmasıdır.

4.2.2.Respirasyon

Solunum yoluyla alınan oksijenin membrandan geçiş hareketine respirasyon denir ve ikiye ayrılır.

1-Eksternal Respirasyon: Oksijenin akciğerlerden kan dolaşımına, karbondioksitin ise dolaşımdan alveollere(hava keseciklerine) hareketine eksternal respirasyon denir.

2-İnternal Respirasyon: Oksijenin kandan hücre içine, karbondioksitin ise hücre dışına ve dolaşıma geçiş hareketine İnternal Respirasyon denir.

4.2.3.İnspirasyon

Ventilasyon esnasında, havanın akciğerlere girişi yani nefes alma olarak tanımlanmaktadır. İnspirasyon göğüs boşluğunun genişlemesiyle sağlanır.

4.2.4.Ekspirasyon

Havanın akciğerlerden çıkışı olarak tanımlanmaktadır ve normalde pasif bir olaydır. Ekspirasyon esnasında, solunum kasları gevşer, toraks boşluğunun hacmi azalır ve solunum havası alveol dışına itilir.

4.3. Mekanik Ventilasyon Uygulaması

Solunum fonksiyonunun yapay bir şekilde cihaz yardımı ile sürdürülmesi işlemine mekanik ventilasyon bunu yapan alete de Ventilatör adı verilmektedir. Mekanik ventilasyon esnasında hastaya başlıca total veya parsiyel solunum desteği sağlanmaktadır.

4.3.1.Total Solunum Desteği (Total Ventilatory Support-TSV)

Hasta solunumunun tamamı ventilatör ile sağlanması ve PaCO_2 değerinin fizyolojik sınırlar arasında ($\text{PaCO}_2 < 45 \text{ mmHg}$) tutulması işlemine dayanmaktadır.

4.3.2.Parsiye Ventilasyon Desteği(Partial Ventilatory Support-PVS)

Yatan hastanın mevcut solunumunun ventilatör desteği ile sağlanması olarak tanımlanır. Burada dikkat edilmesi gereken husus; PaCO_2 'yi fizyolojik sınırdan tutmaktır.

4.4. Mekanik Ventilasyon Temel Değişkenleri

Mekanik ventilasyon sırasında basınç, volüm, zaman ve akım değişkenleri kullanılır[3].

4.4.1.Basınç

Mekanik ventilasyon esnasında basınç farkları ile gaz hareketi gerçekleşir. Burada bilinçli olarak oluşturulan basınç farkları ile hastanın akciğer kompliansı ve havayolları rezistansına bağlı olarak gaz değişimi için gerekli olan volümü alveollere ulaştırmaktadır.

4.4.2.Volüm

Normal solunumda olduğu gibi mekanik ventilasyonda da temel amaç uygun dakika ventilasyonu için gerekli volümü sağlamaktır. Ventilasyon esnasında volüm, zaman ve basıncın belirlendiği akım hızına bağlıdır.

4.4.3.Zaman

Uygulamalarda kullanılan tüm mekanik ventilasyon tekniklerinde bir solunum hızı (frekans) ve dakika/frekans oranıyla hesaplanan, respiratuar siklus süresi vardır. Respiratuar

siklus süresi solunumun başlangıcından sonlandırılmasına kadar geçen süre olarak tanımlanmaktadır.

4.4.4.Akım

Hız ve model olmak üzere iki komponenti olan akım, ventilasyon esnasında belirli bir zaman diliminde gazın hareketini ifade eder.

4.5. Mekanik Ventilasyon İçin Geliştirilen Yöntemler

Mekanik Ventilasyon için 3 yöntem geliştirilmiştir. Bunlar; Negatif Basıncı Ventilasyon, Pozitif Basıncı Ventilasyon, Yüksek Frekanslı Ventilasyon'dur.

4.5.1.Negatif Basıncı Ventilasyon

Bu uygulama esnasında solunum kaslarının hareketleri taklit edilip, hastanın fizyolojik durumuna göre ventilasyonuna izin verilmektedir. Tank ventilatör veya demir akciğer (iron lung) bu tip ventilatörlere örnek gösterilebilir. Negatif basıncı ventilasyon uygulamalarında hastanın tüm vücudu negatif yani atmosferik basınç'dan daha düşük bir basınç oluşturulmak üzere hava geçirmez bir kabin ile kapatılır. Ventilatör tarafından negatif basınç oluşturulduğunda bu basınç göğüs duvarını geçip, boşluk ağız basıncına göre daha negatif bir değere geldiğinden solunum havası akciğerlere ulaşır[4]. Göğüs duvarı etrafındaki basınç kaldırıldığında bu seferde ekspirasyon meydana gelir ve akciğerlerin normal elastik büzüşmesi ile havanın dışarı doğru akımı sağlanır.

4.5.2.Pozitif Basıncı Ventilasyon

Bu tip ventilasyon'da yapay bir havayolu aracılığı ile akciğerlere belirli bir basınçta gaz akımı sağlanması prensibine göre çalışmaktadır. Bu tip ventilatör ile hastaya hava vermeye başladığında basınç değeri ağızda pozitif, alveolde sıfırdır. Böylece oluşan basınç farklılığından ötürü solunum havası alveollere ulaştırılır. Bundan dolayı üst havayollarında oluşan basınç, akciğer ve göğüs duvarının elastik büzüşmesi ve havayolu direncini yenmek için gerekli basınçların toplamına eşittir[3]. Bu şekilde alveollerde pozitif bir basınç oluşmakta ve inspirasyon gerçekleşmektedir. İnspirasyon sonunda ventilatörün pozitif basınç uygulaması durur ve bu durumda ağız basıncı sıfıra düşer iken, alveoler basınç ise hala pozitif kalmaktadır. Böylece ağız ve alveol arasında yine bir basınç farklılığı meydana gelir ve hava dışarı çıkar.

Alveoler basıncın tekrardan sıfıra dönmesi ile ekspirasyon sona erer. Günümüzde, uygulamalarda rutin olan mekanik ventilasyon tekniği olarak pozitif basınçlı ventilasyon kullanılmaktadır.

4.5.3.Yüksek Frekanslı Ventilasyon (High Frequency Ventilation - HFV)

Yüksek frekanslı ventilasyon, aslında pozitif basınçlı ventilasyon esaslarına göre çalışan bir uygulamadır. Fakat burada hastanın ventilasyonu için gerekli olan dakika volümü, düşük ventilasyon volümü ve yüksek ventilasyon hızları kullanılarak sağlanmaktadır. Bunun için geliştirilmiş 3 temel modeli mevcuttur.

1-Yüksek frekanslı pozitif basınçlı ventilasyon (High frequency Positive Pressure Ventilation = HFPPV) : Bu tür ventilasyonda solunum sayısı 60-100/dakika'dır.

2-Yüksek frekanslı jet ventilasyon (High frequency jet ventilation: HFJV) : Burada solunum sayısı 100 -600/dakika'dır.

3-Yüksek frekanslı osilasyon (High frequency ossilation: HFO) : Frekans dakikada 1000 nin üzerinde yaklaşık 4000/dakika'dır.

Bu tip ventilasyon çocuklarda daha etkili sonuçlar vermektedir.

4.6. Pozitif Basınçlı Ventilatörler

Günümüzde yoğun bakım hastalarında solunum desteği amacıyla rutin kullanılan ventilasyon türü "pozitif basınçlı ventilasyon"dur. Bu nedenle mekanik ventilasyon konusundaki bilgilerin ağırlığını pozitif basınç kullanımına ait ayrıntılar teşkil eder.

Pozitif basınçlı ventilasyon sağlayan bir ventilatör aşağıdaki sistemleri içerir.

1. Güç kaynağı
2. İç kontrol sistemi
 - Kontrol sistemi
 - Mekanik sürücü sistem
 - Kontrol paneli
 - Çıkış kontrol sistemi
 - Pnömatik devre

4.6.1.Güç Kaynağı

Güç kaynağı elektrikli, pnömatik veya kombine olabilir. Kullanılan elektrik enerjisi, ventilatörü açar ve kapar, motorları, elektromagnetik sistemleri, potansiyometreleri, reostatları, körükleri, pistonları, alarm sistemlerini devrede tutar. Tüm bu devreler gaz akımını kontrol eden

sistemlerdir. Tüm mikroişlemcili ventilatörlerde hastaya gaz akımını programlayan elektronik devreler elektrik gücü ile çalışmaktadır.

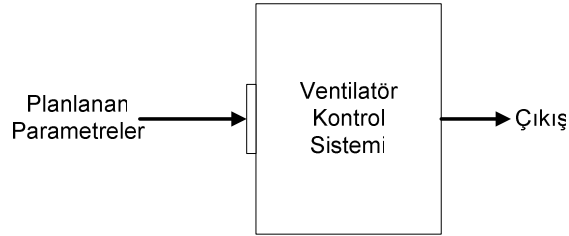
Pnömotik güç kaynağı kompresli gaz kaynağından oluşan bir güç sistemi ile ventilatörü çalıştırır. 50 psig (pounds per square with gauge) gücünde gaz kaynağından oluşan akım bir takım valfler ile azaltılarak hastaya ulaştırılır. Pnömotik güç kaynağı kullanan ventilatörler pnömotik veya fluidik prensiplere göre gaz akımını kontrol ederler. Fluidik etki; Yüksek hızlı sıvı veya gazların dar bir alandan geçirilmesi prensibine dayanır. Gaz veya sıvıların yüzey alanları daraltılırsa içeri ve dışarı arasındaki basınç farkı artacağından gaz veya sıvı fışkıracak ve tüm alanları dolduracaktır. Spreyler bu prensibin en basit örneğidir[3]. Pnömotik sistemde iğne valfler, venturi enjektörleri, fleksibl diyafram, yaylı-körüklü valfler kullanılarak akım kontrol edilir ve inspiratuar, ekspiratuar fonksiyonlar sürdürülür.

Güç kaynağı kombine ise hem elektrik hem de 50 psig gücünde gaz kaynağını kullanırlar. Bunlarda pnömotik sistem akım oluştururken elektrik sistemi ilgili valfleri çalıştırır.

4.6.2.Kontrol Sistemi

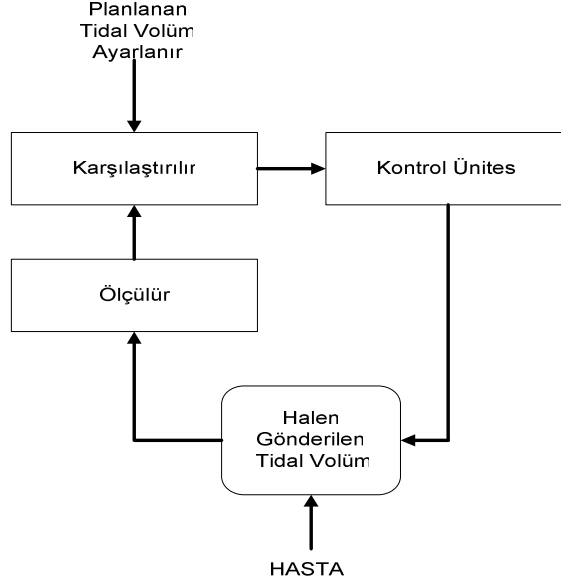
Ventilatörde kullanıcı tarafından hastaya ulaştırılması planlanan volüme ait parametrelerin ayarlandığı sistemdir. Kontrol sistemi özellikleri farklı ventilatörlerde ayrıcalık gösterirken şu şekilde özetlenebilir;

1- Açık Çevrim Sistem (Open Loop) : Kullanıcı tarafından ayarlanan veriler ventilatör tarafından denetlenmeden hastaya uygulanır. Şekil 4.2’de açık çevrim sistemli ventilatöre ait kontrol şeması gösterilmiştir.



Şekil 4. 2 Açık Çevrimli Sistem

2-Kapalı Çevrim Sistem (Closed Loop) : Ayarlanan veriler ventilatör tarafından sürekli olarak denetlenir ve gerekirse düzeltilir. Ayarlanan değerlerin hastaya ulaşmasında bir problem olursa alarm düzeneği ile kullanıcı uyarılır. Şekil 4.3’de kapalı çevrim sistemli ventilatöre ait kontrol şeması verilmiştir.

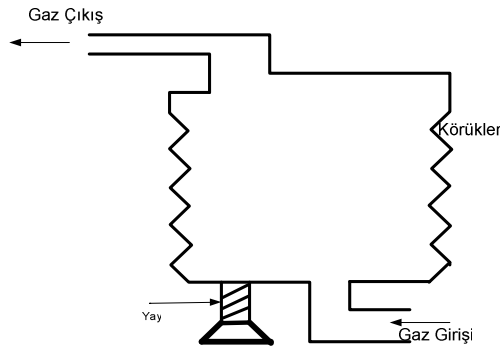


Şekil 4. 3 Kapalı Çevrimli Sistem

4.6.3.Mekanik Sürücü Sistem

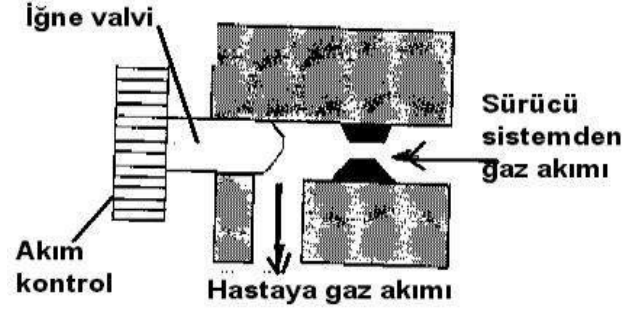
Bu bölüm ventilatörde hastaya ulaştırılacak inspiratuar gaz akımını oluşturan sistemdir. Bu amaçla birçok sistem geliştirilmiştir. Aşağıda bunlara ait örnekler yer almaktadır[5-6-7].

1. **Yay ağırlıklı körük sistemi- Spring load belows:** Bu sistemde hava ve oksijen karışımı bir körük tarafından uçtaki yay sistemine basınç olarak yansır. Bu sırada inspiryum valvi açılır ve hastaya gaz akımı ulaştırılır. Yaylı sisteme ulaşan gaz basıncı yüksektir ($>120 \text{ cmH}_2\text{O}$). Ancak gaz akımı sürekli değildir, ekspiryumda gaz akımı kesilir. Şekil 4.4’de bu sistem gösterilmektedir.



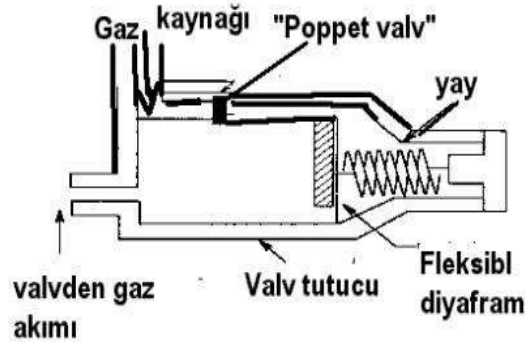
Şekil 4. 4 Yay Ağırlıklı Körük Sistemi

2. **Yüksek Basıncı Gaz veya pnömatik Sistem:** Burada yüksek basınçlı gaz 50 psig'lik akımla hastaya ulaştırır. Ancak yüksek iç direnç veya iğne valfler yardımı ile yüksek akım hastaya planlanan volüme indirilir. Şekil 4.5'de bu sistem gösterilmektedir.



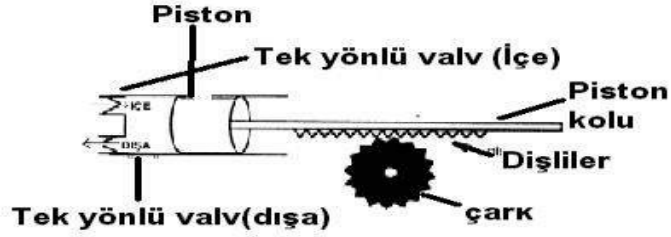
Şekil 4. 5 Yüksek Basıncı Gaz veya Pnömatik Sistem

3. **Basıncı Azaltıcı Sistem:** Bu tip sürücülerde basınç azaltıcı ara sistemler güç kaynağından gelen yüksek basınçları emniyetli düzeye ($<80\text{cmH}_2\text{O}$) indirirler. Bu sistemin şekli Şekil 4.6'da gösterilmiştir.



Şekil 4. 6 Basıncı Azaltıcı Sistem

4. **Lineer Sürücülü Piston:** Burada elektrikli güç kaynağı bir pistonu idare eder. Silindir piston ileri doğru lineer olarak hareket ederken gaz akımını hastaya ulaştırmaktadır ve Şekil 4.7'de gösterilmektedir.



Şekil 4. 7 Lineer Sürücülü Piston

5. **Yuvarlak Sürücülü Piston:** Bu sistemde elektrikli güç kaynağı tarafından idare edilen piston eksantrik hareket etmektedir. Böylece inspiyum süresince gaz akımı sine dalgası şeklindedir. Yani inspiyum başında akım yavaş, inspiyum ortasında maksimum, inspiyum sonunda ise minimumdur. Yuvarlak sürücülü piston Şekil 4.8’de gösterilmiştir.



Şekil 4. 8 Yuvarlak Sürücülü Piston

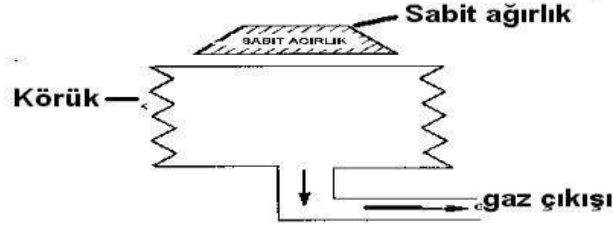
6. **Venturi Enjektörleri:** Bu sistemde yüksek gaz akımı özel venturi parçasına gelir. Burada oda havası da sisteme eklenir ve ve akım basınç çemberi aracılığıyla hastaya ulaştırılır. Şekil 4.9’da venturi enjektörü gösterilmiştir.



Şekil 4. 9 Venturi Enjektörü

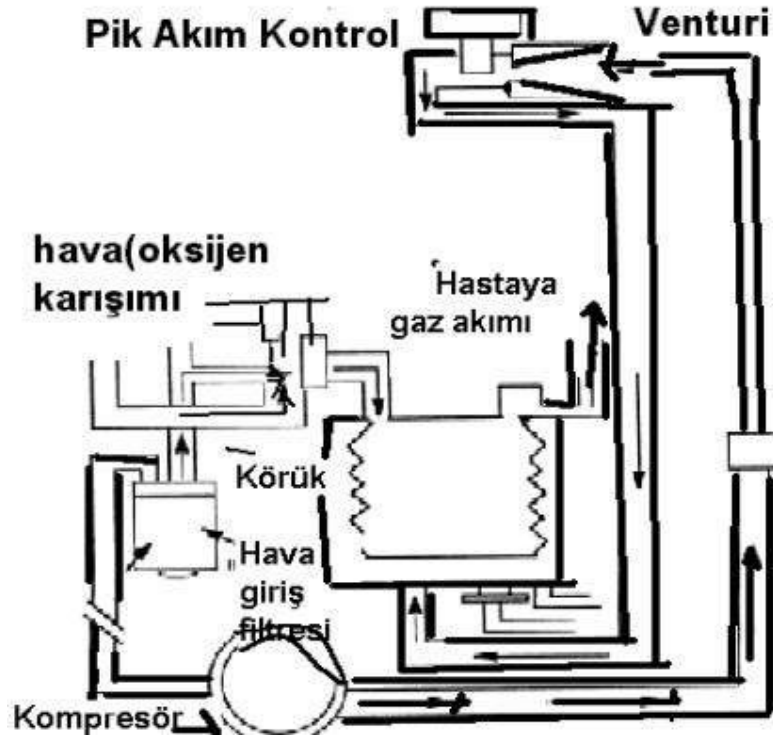
7. **Üfürücü Sistemler:** Bu sistemde elektrikli motor üfürücü gibi davranan sistemin kaynağıdır. Bir hava temizleyici gibi olan bu sistem sürekli sabit hızdaki basınç kaynağını oluşturur. Bu basınç gaz karışımını körüğe sürükler. Üfürücü yaklaşık 7 psig gücünde yüksek bir basınçla gaz akımı oluştururken bu değer özel bölümlerde 1.8 psig’ye kadar düşürülür. Bunlar sabit bir basınç

kaynağından hastaya sabit bir gaz akımı oluştururlar. Şekil 4.10'da üfürücü sistem görülmektedir.



Şekil 4. 10 Üfürücü Sistem

8. **Ağırlıklı Körük veya Sürücü Sistem:** Bu sistemde körük veya pistonun üzerinde yerçekimi etkisi ile hareket eden bir ağırlık mevcuttur. Bu ağırlığın etkisi ile hastaya gaz akımı sağlanır.



Şekil 4. 11 Ağırlıklı Körük veya Sürücü Sistem

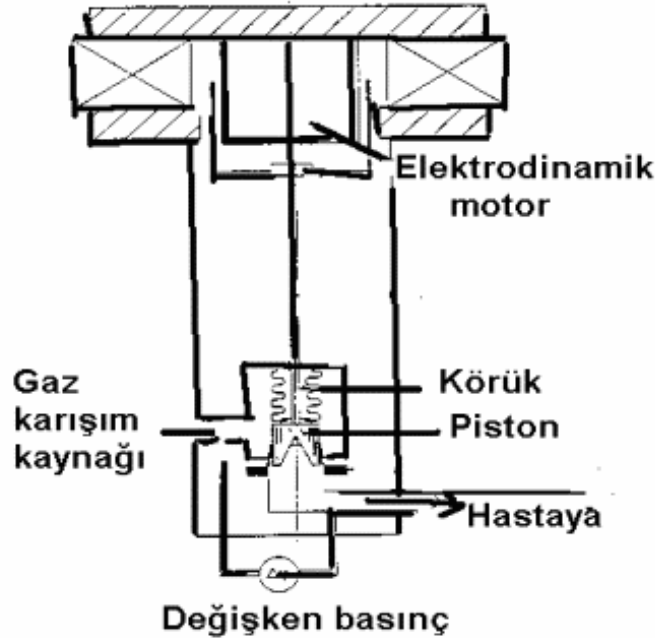
4.6.4.Kontrol Paneli

Kontrol paneli tidal volüm, frekans, inspirasyon zamanı, oksijen konsantrasyonu gibi değerlerin ventilatör tarafından denetlendiği sistemdir[5]. Başlıca akım, zaman, basınç ve volüm denetlenmektedir. Ventilatörlerin sınıflamasında en önemli nokta da hangi parametrenin ağırlıklı kontrol edildiğidir.

4.6.5.Çıkış Kontrol Valfleri

Bunlar ventilatör tarafından hastaya ulaştırılan gaz akımını denetleyen valf sistemlerini içerirler. Bu valfler ve özellikleri aşağıda sıralanmıştır.

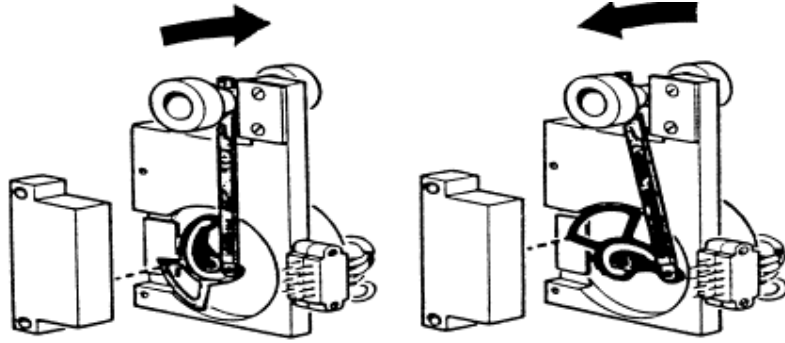
1. **Rezistans tipi veya yüksek rezistans valfi:** Bu valfler, oluşturdukları dirençle yüksek basınçlı gaz kaynağından hastaya ulaşan akımın düşük basınçlara indirilmesini sağlarlar.
2. **Dengeli / Orantılı valf:** Solenoid özellikte mikroişlemci bir sistemdir. Mikroişlemcili elektrodinamik motor ile gaz akımını denetleyen pistonu hareket ettirilir ve hastaya kontrollü akım ulaştırılır. Şekil 4.11’de dengeli/orantılı valf görülmektedir.



Şekil 4. 12 Dengeli/Orantılı Valf

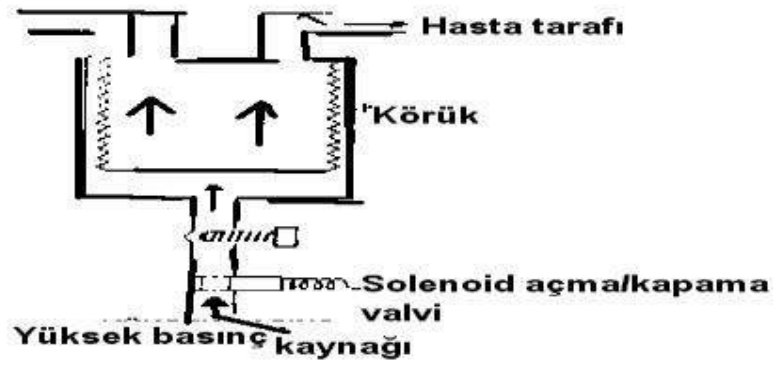
3. **Adım Motorlu Valf Sistemi:** Burada bir motor ile yönetilen sistem valfi açıp

kapayarak hastaya giden gaz akımını kontrol eder.



Şekil 4. 13 Step Motorlu Valf Sistemi

4. **Solenoid Valf:** Burada elektrikle oluşturulan manyetik bir güç valf hareketini düzenler. Bu valf gaz karışımı ve hastaya ulaşan gaz akımını denetler.



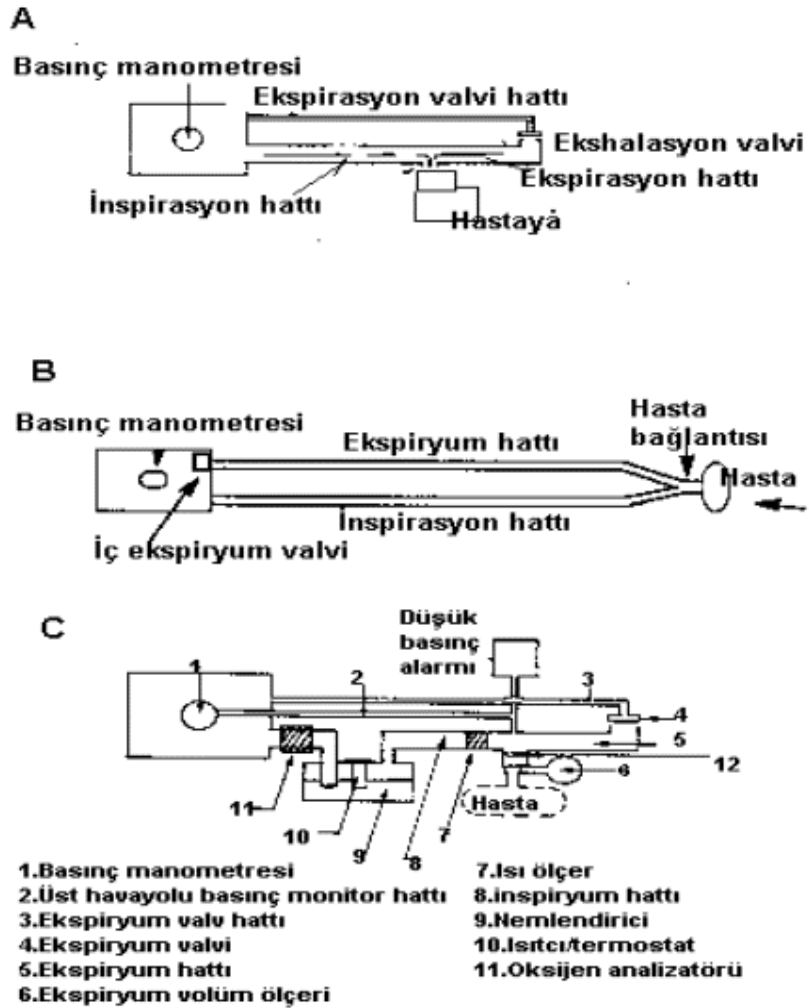
Şekil 4. 14 Solenoid Valf

4.6.6.Pnömatik Devre

Bu devre tüplerden oluşur ve ventilatörde oluşan gaz akımını hastaya ulaştıran kısımdır. Yani kaynakta oluşan gaz akımı önce iç devrelerden tüplere ulaşır[6]. Buradan da harici devre aracılığı ile hastaya verilir. İç sistemde; eğer gaz akımını direkt olarak veya piston gibi bir aracı ile güç kaynağından hastaya ulaştırıyorsa “tek devreli ventilatör”den söz edilir. Gaz akımı ventilatör içerisinde önce bir körüğe uğruyor buradan hastaya aktarılıyorsa bu da “iki devreli ventilatör” olarak tanımlanmaktadır.

4.6.7. Harici Ventilatör Devresi

Harici devre; ventilatör'ü hastanın yapay hava yoluna bağlayan sistemdir. Bu sistem; hastaya gaz akımını ulaştıran inspiratuar devre, inspiratuar devre-ventilatör bağlantısı, ekspiratuar hat ve ekspiryum havasını oda havasına açan ekspiryum valfinden oluşur. Şekil 4.17 de harici ventilatör devresi görülmektedir. Bu devre üzerinde ayrıca ısıtıcı ve nemlendirici sistemler, termometre, apne veya düşük basınç alarmı, ekspiryum akımını değerlendiren kontrol sistemi, bakteri filtresi ve üst havayolları basıncını denetleyen sistemler bulunabilir[6].



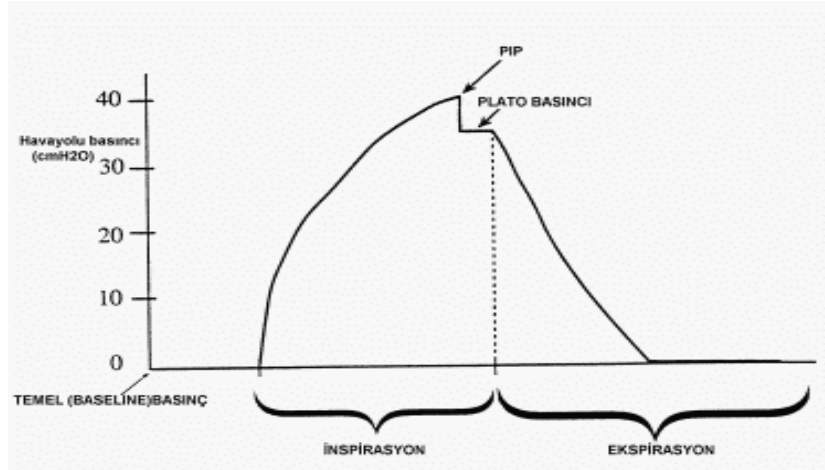
Şekil 4. 17 Harici Ventilatör Devresi

5. POZİTİF BASINÇLI VENTİLASYON AİT BASINÇ KAVRAMLARI

Bu tip ventilasyon'da hedeflenen olay, kendi kendine olan solunumun aksine üst havayollarına uygulanan pozitif basınç ile hava keseciklerine(alveollere) hava ulaştırmaktır. Bunun için öncelikle kullanılan basınçların bilinmesi ve iyice izlenmesi gerekmektedir. Bu basınç değerlerinden bazıları şunlardır[4]:

- Baseline (Temel) Basınç
- Peak(Maksimum) Basınç
- Plato Basıncı
- Ekshalasyon Basıncı

Şekil 5.1'de pozitif basınçlı ventilasyonda kullanılan basınç parametreleri görülebilir.



Şekil 5. 1 Pozitif Basınçlı Ventilasyona ait Basınç Parametreleri

5.1. Baseline (Temel) Basınç

Pozitif basınçlı ventilasyon'da tüm basınçlar bir referans basınca göre okunur. Normalde manometre baseline'ını sıfırdır ve inspirasyon yada ekspirasyon öncesini gösterir. Havayolunda ek bir basınç yoktur. Ancak pratik ventilatörlerde ekshalasyon esnasında sıfırdan büyük bir basınç oluşturacak şekilde ayarlanabilir. Bu değer Ekspiriyum sonu pozitif basınç(Positive End Ekspiratuar Pressure:PEEP) olarak ifade edilir. Burada Ekspiratuar valf yardımıyla nefes verme esnasında makinenin oluşturduğu soluklar arasında basıncın sıfır ya da atmosferik basınca düşmesi önlenir.

5.2. Peak (Maksimum) Basınç

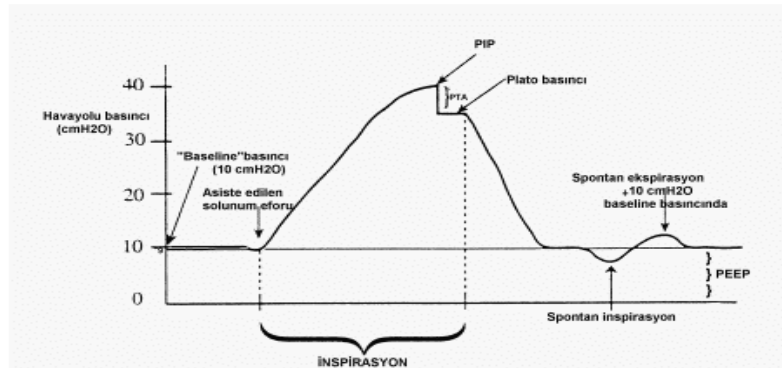
Pozitif ventilasyonda, inspirasyon esnasında manometre peak (P_{pik}) basıncına yükselir. Bu inspiriyum sonunda elde edilen en yüksek basınç olarak bilinir. P_{pik} basıncı, peak inspiratuar basıncı (PIP) ya da peak airway basıncı olarak da adlandırılmaktadır. İnspirasyon esnasında herhangi bir noktada meydana gelen basınç; PTA (iletici havayolunda kaybedilen basınç) ve PA (alveolü şişirmek için gerekli basınç)'nın toplamıdır.

5.3. Plato Basıncı

Bu basınç, hastaya soluk havasının verilmesinden hemen sonra ve ekshalasyon başlamadan önce ölçülen basınç değeridir. Ventilator, plato basıncı oluşturacak şekilde ayarlandığında ekshalasyon bir saniye gibi kısa bir süre için ventilator tarafından önlenir yani plato değeri, nefes alma işleminden sonra havayı tutmaya benzer. Bu esnada solunum durduğu için alveoldeki ve ağızdaki basınç eşit olacağından gaz akımı yoktur. Nefes almaya yardımcı olan kasların gevşemesi ile akciğere güç aktarmış gibi olacaktır. Bu bir pozitif basınç oluşturup, manometrede pozitif basınç okunmasına sebep olacaktır.

5.4. Ekshalasyon Basıncı

Normalde ekspiriyum sonunda manometreden okunması gereken değer sıfır olması gerekirken, ekshalasyon için yeterli süre tanınmaz ise akciğerlerde bir miktar hava hapsolünacaktır. Bunu önlemek için, nefes alma işlemi başlamadan önce ve nefes verme işleminden sonra basınç ölçülmelidir. Amaçlanan, baseline'nin sıfır ya da PEEP değerine eşit olmasıdır.



Şekil 5. 2 Mekanik pozitif basınçlı ventilasyon ve spontan(kendi kendine) solunumun birlikte gösterimi

5.5. Pozitif Basıncı Mekanik Ventilasyonun Temel Değişkenlerine Ait Temel Prensipler

Pozitif basınçlı mekanik ventilasyondaki temel amaç, ventilasyon esnasında organizmada solunum ve gaz değişimi için gerekli akciğer volümlerinin oluşturulmasıdır. Hastaya mekanik ventilasyon uygulandığında akciğerde ne kadar volüm oluşturulabileceği uygulanan basınç, zaman, akım, ve volüm arasındaki etkileşimlerle belirlenir[7].

Bu etkileşimler kısaca aşağıdaki gibi özetlenebilir:

1- Akciğerde oluşacak volüm: Akım miktarına ve uygulanma süresine bağlıdır.

2-Akciğer içine ulaşacak gazın akım hızı: Ventilatör ile akciğer içindeki basınçlar arasındaki farka bağlı olarak değişir. Daha büyük basınç farkı daha büyük akım hızı ve daha fazla volüm anlamına gelir.

3-Akciğer içindeki Basınç: Akciğerin yapısına bağlı olarak değişir. Akciğer kolayca genişleyebiliyorsa ekspansiyon için düşük basınç değerleri yeterlidir fakat akciğer yapısı sert ve dirençli ise şişirmek için daha fazla basınç uygulanmalıdır.

4-Ağızda Ölçülen Basınç (Paw): Ventilatörü hastaya bağlayan sistem ve solunum devrelerinin rezistansı ile akciğer kompliyansına bağlı olarak değişim göstermektedir. Daha geniş tüp çapı ile daha fazla akım kolaylıkla hastaya ulaşırken, daha küçük tüp çapı ile daha az akım hastaya ulaşacaktır.

5.6. Mod Şekilleri

Pozitif basınçlı ventilasyon pratiğinde genellikle inspiryumun başlama şekli mod olarak isimlendirilmektedir. Örneğin;

Kontrollü ventilasyon = Kontrollü mod,

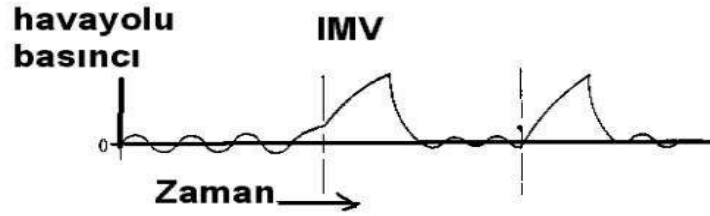
Asiste ventilasyon = Asiste mod

Günümüzde teknolojik gelişmelere paralel olarak Kontrollü ve Asiste modlar dışında birçok ventilasyon modu geliştirilmiştir. Bunlarda bazıları;

1. **Aralıklı zorunlu ventilasyon** (Intermittent mandatory ventilation: IMV)
2. **Senkronize aralıklı zorunlu ventilasyon** (Synchronized intermittent mandatory ventilation: SIMV)
3. **Basınç kontrollü ventilasyon** (Pressure control ventilation: PCV)
4. **Basınç destekli ventilasyon** (Pressure support ventilation: PSV)

5.6.1. Aralık Zorunlu Ventilasyon (IMV)

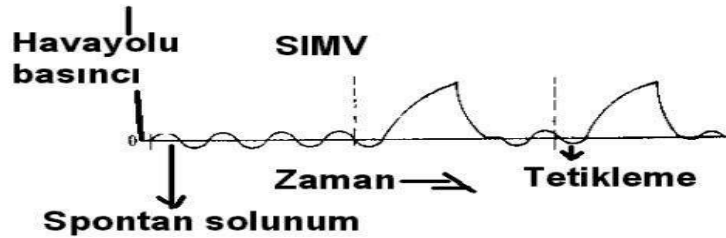
Bu modun temeli zaman tetiklemelidir ve saptanan sürelerde akım veya volüm sınırlı mekanik solunumlar meydana getirilir ve bunun haricinde de hastanın kendi yaptığı solunumda korunur. Bu ventilasyon tipinde kullanıcı tarafından IMV için, solunum hızı, tidal volümü ve akım ayarlanır. IMV sırasında hastanın kendi solunumu asiste edilmez. Ancak mekanik solunumların olmadığı dönemlerde de ventilatörden gaz akımı devam eder. Yeni geliştirilen mikroişlemci ventilatörlerde akım veya volümden başka basınç sınırlı IMV de uygulanabilmektedir.



Şekil 5. 3 Zorunlu Aralıklı Ventilasyon (IMV)

5.6.2. Senkronize Aralıklı Zorunlu Ventilasyon (SIMV)

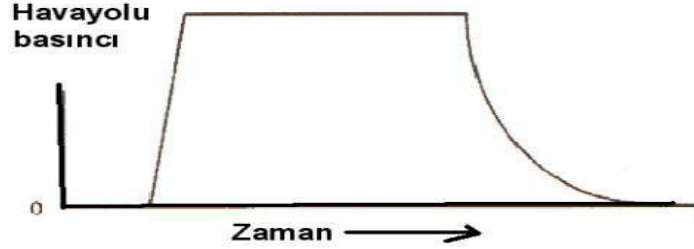
Bu modda hastanın kendi solunumuna izin verilir. İlk başta saptanan zaman aralıklarında ventilatör hastadan gelecek inspiratuar eforunu bekler ve efor algılandığında pozitif basınçlı ventilasyon uygulanarak hastanın kendi kendine olan solunumu desteklenir. Ventilatörde solunum hızı, tidal volüm, akım ve duyarlılığı ayarlanır. Ventilatör, birkez pozitif basınçlı solunum uyguladıktan sonra, bir sonraki mekanik solunuma kadar hastanın havayolu basınç değişikliklerine duyarlı kalır. Ayarlanan zaman aralığına ulaşıldığında ventilatör yine duyarlı hale gelir ve hastanın oluşturacağı ilk inspiratuar efor mekanik solunumunu tetikler. Eğer hasta ayarlanan zaman da ventilasyonu başlatamazsa ventilatör genellikle bir kontrollü solunum verir.



Şekil 5. 4 Senkronize Zorunlu Aralıklı Ventilasyon (SIMV)

5.6.3. Basınç Kontrollü Ventilasyon (PCV)

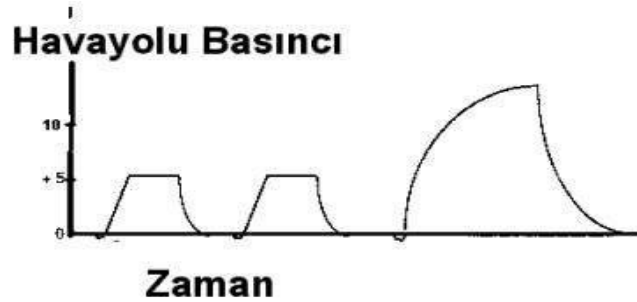
Bu mod zaman tetiklemeli ve basınç sınırlı olarak çalışan bir ventilasyon çeşididir. Bazı tiplerinde hastaya kendi solunumunu yapması için izin verilebilir. Bu durumda ventilatör basınç tetiklemeli çalışır. Ventilatör inspirasyon süresince hastaya sabit basınçlı hava akımı sağlar. İnspirasyonun süresi, basıncın seviyesi ve solunum hızı bir kullanıcı tarafından ayarlanır.



Şekil 5. 5 Basınç kontrollü ventilasyon (PCV)

5.6.4. Basınç Destekli Ventilasyon (PSV)

Bu mod basınç tetiklemeli ve basınç sınırlı ventilasyonun özel bir şekli olarak tanımlanabilir. Ventilatör, hastanın inspiratuar eforuna duyarlıdır ve inspiriyum sırasında havayollarına sabit basınç uygulayan bir ventilasyon sağlar. Nefes alma esnasında oluşturulan basınç kullanıcı tarafından ayarlanır. Bu mod spontan solunuma yardımcı olmak amacıyla diğer ventilasyon formlarıyla birlikte kullanılabilir ve solunum işini azaltmaya yardımcı olur.



Şekil 5. 6 Basınç Destekli Ventilasyon (PSV)

5.7. Pozitif Basıncı Ventilasyon Uygulanan Ventilatörün Çalışması

Ventilatörün çalışmasını 4 ana bölümde inceleyebiliriz. Bunlar;

- 1- Ekspirasyon sonu ve ekspiryumdan inspiriyuma geçiş fazı (İnspirasyonun başlaması)

- 2- İnspiratuar fazı
- 3- İnspirasyon sonu ve inspiryumdan ekspiryuma geçiş fazı
- 4- Ekspiratuar fazı

5.7.1. Ekspirasyon Sonu ve Ekspiryumdan İnspiryuma Geçiş Fazı (İnspirasyonun Başlaması)

Bir ventilatörde ekspirasyonun son bulunduğu anda inspirasyonu başlatan mekanizmaya “tetikleme mekanizması ” denir. Ventilatörler basınç, akım, zaman ve volüm ile ilişkili olarak tetiklenebilirler.

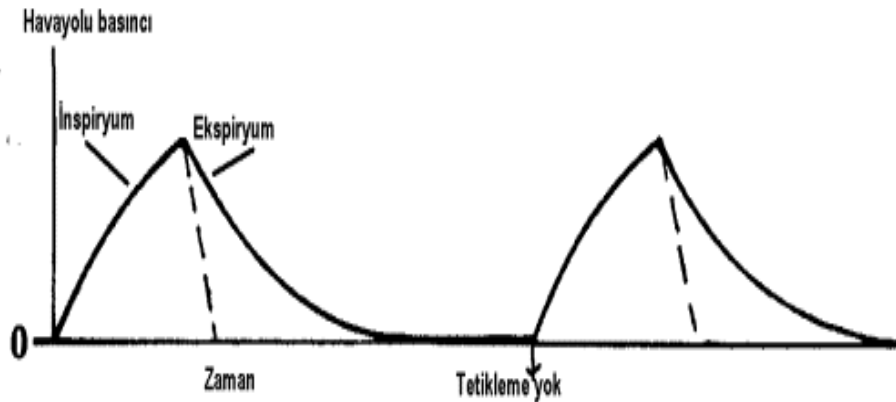
İnspirasyonun başlamasını sağlayan tetikleme mekanizmaları şunlardır:

- 1- Zaman tetiklemesi (Kontrollü ventilasyon)
- 2- Basınç veya hasta tetiklemesi (Asiste ventilasyon)
- 3- Zaman + basınç tetiklemesi: Asiste - Kontrollü ventilasyon
- 4- Akım tetiklemesi

İnspiryumu başlatma özelliklerine göre temel tetikleme teknikleri aşağıdaki gibidir.

5.7.1.1. Zaman Tetiklemesi (Kontrollü Ventilasyon)

Zaman tetiklemesi, mekanik ventilatörlerde kullanılan ilk tetikleme mekanizmalarından biridir. Solunum hızı ventilatör tarafından belirlenir. Örneğin solunum hızı 12 soluk/dakika olarak ayarlanırsa ventilatör bir önceki solunumdan 5 saniye geçtikten sonra inspirasyonu tetikleyecek ve her 5 sn de bir tetiklenecektir. Şekil 5.3’de zaman tetiklemesine ait dalga şekli görülmektedir.



Şekil 5. 7 Zaman Tetiklemeli(Kontrollü Ventilasyon)

Kontrollü mekanik ventilasyon sırasında hastanın havayollarına belirli zaman aralıkları

ile pozitif basınç uygulanmaktadır. Bundan dolayı zaman tetiklemeli bu ventilasyon tekniği Intermittent positive pressure ventilation(IPPV) olarak da ifade edilmektedir.

5.7.1.2. Basınç Tetiklemesi

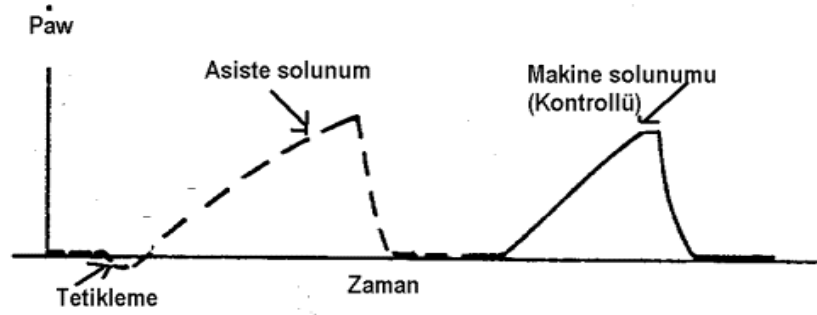
Kendi başına solunum eğilimi olan hastalarda, ventilatörler üst havayollarındaki basınç değişikliklerine duyarlı hale getirilebilirler. Havayollarında negatif basınç tespit edildiği zaman makine tetiklenir ve pozitif basınçlı solunum oluşturulur. Ventilatörün bu tip işlevine asiste ventilasyon olarak adlandırılır. Asiste ventilasyon esnasında nefes alma işlemini hasta başlatır ve solunum hızını da hasta ayarlar. Burada ventilatör basınç tetiklemelidir ve ventilatörün ne kadarlık bir basınç değişikliğinde tetiklenebileceğini saptayan duyarlılık ayarı(trigger) kullanıcı tarafından saptanır.



Şekil 5.8 Basınç Tetiklemeli Ventilasyon (Asiste ventilasyon)

5.7.1.3. Zaman ve Basınç Tetiklemesi (Asiste Kontrollü Ventilasyon)

Solunum eforu'nun yetersiz olduğu asiste mod uygulanan hastada ventilasyon sağlanamaz. Bu durumda bir dakikadaki minimum solunum sayısını garanti edecek şekilde kontrollü ventilasyon sağlayabilen ventilatörler tercih edilmektedir. Bu tip ventilatörlerde asiste ventilasyon için basınca duyarlı tetikleme düğmesi yanında bir de kontrollü solunumlar için hız ayar düğmesi bulunmaktadır. . Şekil 5.5'de zaman ve basınç tetiklemeli ventilasyon için dalga şekli görülmektedir.



Şekil 5. 9 Zaman ve Basınç Tetiklemeli Ventilasyon

5.7.1.4. Akım Tetiklemesi

Bu tür tetiklemelerde ventilatör inspiryum süresince hastadan gelen gaz akımını denetler, gaz akımında anlamlı bir düşüş saptayınca ventilasyon devresindeki inspiratuar gaz akımını artırır.

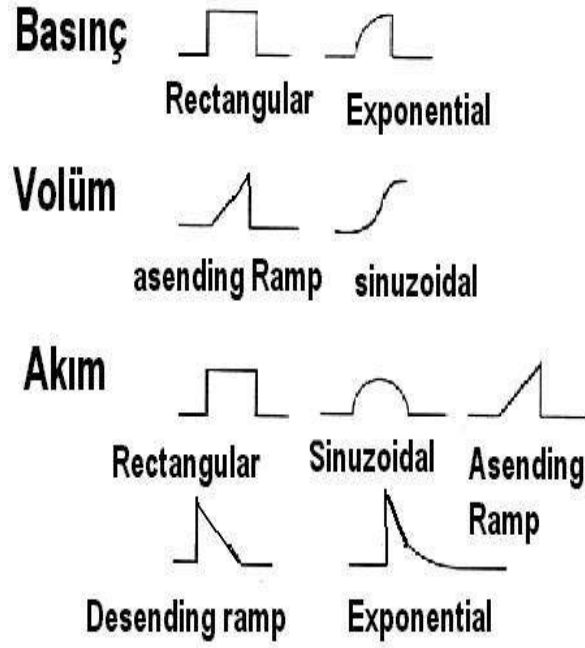
5.7.2. İnspiratuar Fazı

Ventilatörler basınç, akım ve volüm parametrelerini kullanarak inspiryum süresince oluşacak gaz akımını düzenler. Ventilatörleri inspirasyon süresince fonksiyonlarına göre sınıflandırmak mümkündür.

Ventilatörler inspirasyon sırasında 4 tip etkinlik gösterirler;

- Basıncı kontrol edenler (Basınç oluşturanlar)
- Akımı kontrol edenler (Akım oluşturanlar)
- Volümü kontrol edenler
- Zamanı kontrol edenler

Ağızda oluşan akım, volüm ve basıncın dalga formu genellikle 4 tiptir ve dalga şekilleri Şekil 5.10'da gösterilmiştir.



Şekil 5. 10 İnspiryum fazında basınç, volüm ve akım modelleri

Ventilatörler inspiyum süresince volüm oluşturanlar, akım oluşturanlar ve basınç oluşturanlar olmak üzere 3'e ayrılırlar.

5.7.2.1. Volüm Kontrollü Ventilatörler

Bu ventilatörün en tipik özelliği hastaya verdiği gazın volümünü ölçmesidir. Bu ventilatörler, akciğer mekaniklerinin değişmesi durumunda sabit bir volüm oluşturabilirler ve volüm dağılımı için genelde piston yada körük kullanmaktadır.

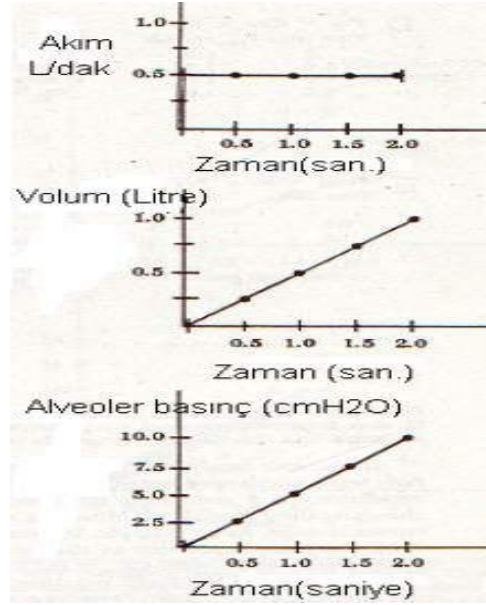
5.7.2.2. Akım Kontrollü Ventilatörler

Bu tip kontrollü ventilatörler hastaya giden gaz akımını kontrol eder. Akım kontrollü ventilatörler, sabit akım ventilatörü ve değişken akım ventilatörü olmak üzere iki kategoride incelemek mümkündür.

a-) Sabit Akımlı Ventilatörler: Eğer ventilatör pik inspirasyon basıncından 5 kat veya daha fazla bir basınç oluşturabiliyorsa sabit akımlı ventilatör kabul edilir. Sabit akım kontrollü ventilatörlerin başlıca özellikleri;

1. Sabit akım kullanılması sırasında havayolunda kaydedilen basınç ve akım eğrileri sabittir. Volüm, alveol ve ağız basınçları ise lineer olarak artmaktadır.(Şekil 5.11)

2. Bu tip ventilatörlerde inspirasyon genellikle önceden ayarlanmış volüm veya zamanla sonlandırılır.
3. Havayolu rezistansına bağlı basınç (akım rezistansı) sabittir.
4. Sabit akım verirler. Bu kare veya rektangüler dalga olarak da tanımlanır.

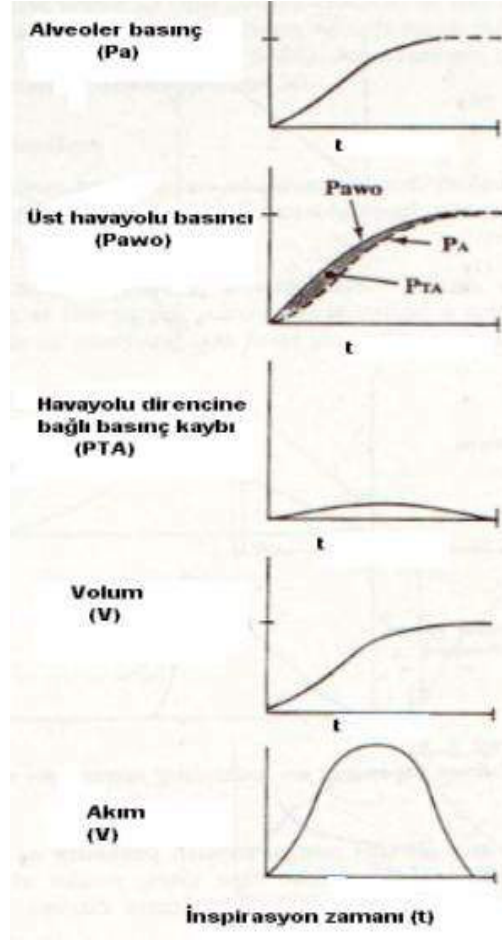


Şekil 5. 11 Sabit Akımlı Ventilatörlerde Akım, Basınç, Volüm Eğrileri

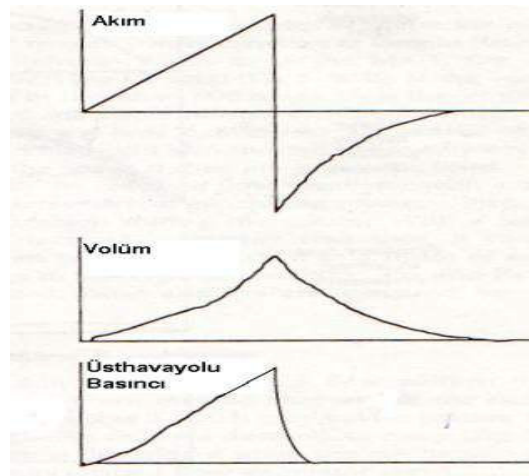
b-) Değişken Akımlı Ventilatörler: Değişken akımlı ventilatörler sabit yada rectangular olmayan akım şekline sahiplerdir. Akım şekli, genellikle sinüs dalgası olarak bilinen sinüzoidaldır. Şekil -18 de bu tipe ait ventilatörlerin dalga şekilleri görülmektedir.

Değişken akımlı ventilatörlerin başlıca özellikleri;

- Akım dalga şekli inspiriyum sırasında akciğerdeki değişiklik ne olursa olsun değişmez. Yani bu uygulamada akım modeli, volüm ve zaman hastanın kompliyans/ rezistans değişikliklerine rağmen aynı kalır.
- Dalga şekli her solunumda aynıdır.



Şekil 5. 12 Değişken Akımlı Ventilatörlerde Akım, Basınç, Volüm Modeli



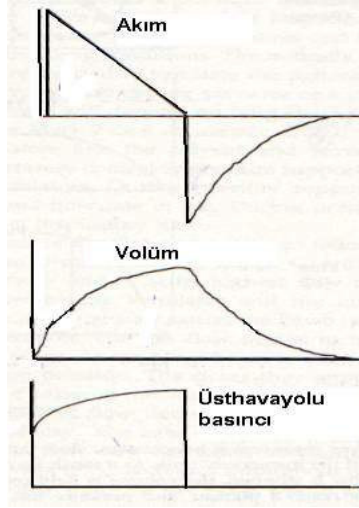
Şekil 5. 13 Asendan Akım Modelinde Akım, Volüm ve Basınç Eğrileri

5.7.2.3. Basınç Kontrollü Ventilatörler

Bu ventilatörler de sabit ve değişken basınç ventilatörleri olmak üzere iki tiptir.

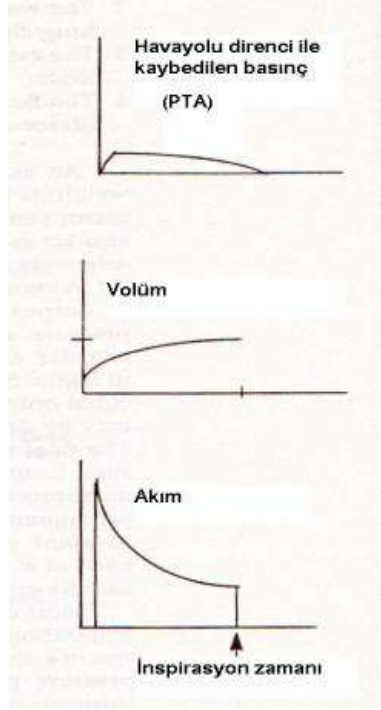
1-) Sabit basınç kontrollü Ventilatörler: Ventilatör üst havayolunda sabit basınç sağladığı zaman sabit basınç kontrollü ventilatör olarak adlandırılır. Bu 4 önemli özelliğe sahiptir.

- Dikdörtgensel ya da sabit dalga şekli sağlar.
- Dalga şekli ve basınç hastanın akciğerindeki değişikliklerden etkilenmez.
- Akım dağılım hızı hastanın akciğer özelliklerine bağlı olarak değişir.
- Akım dalga şekli yüksek hızda başlar ve inspirasyon süresince azalır.



Şekil 5. 14 Desendan Akım Modelinde Akım, Volüm ve Basınç Eğrileri

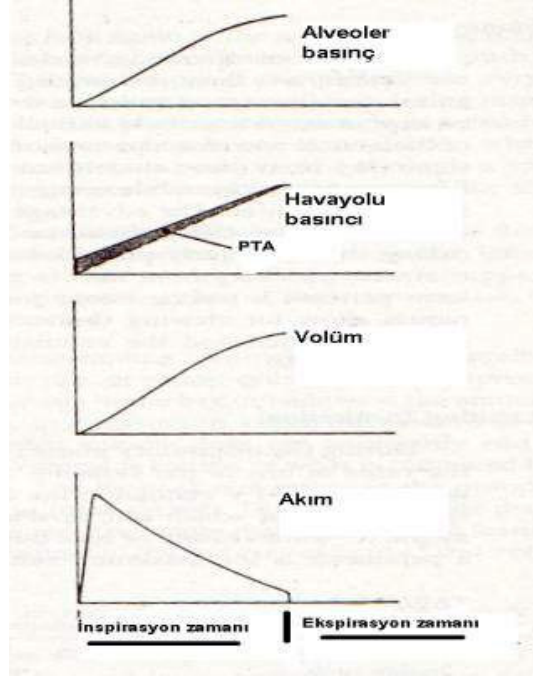
Sabit basınç ventilatörleri, inspirasyon sonunda üst havayolundaki basıncın 5 katından daha az basınç oluştururlar. Normalde kaynak basıncı sadece hastayı ventile etmek için gerekli basınca sahip olacaktır.



Şekil 5. 15 Sabit Basınç Ventilatörlerde Akım Basınç Eğrileri

2-) Değişken Basınç Kontrollü Ventilatörler: Değişken basınç kontrollü ventilatörler inspirasyon esnasında dikdörtgensel ve sabit olmayan basınç dalgası şekline sahiptir. Dalga şekli assendan, sinüzoidal veya eksponansiyel olabilir. Bu tip ventilatörlerin 3 önemli özelliği mevcuttur. Bunlar;

- Dikdörtgensel olmayan bir basınç eğrisine sahiptirler
- Hasta akciğer parametrelerinde değişiklikler olsa bile basınç eğrisinin dalga şekli değişmez
- Basınç dalga şekli, akım ve volüm dağılımı; hastanın akciğer özellikleri ve saptanan inspirasyon süresiyle değişir.



Şekil 5. 16 Değişken Basıncı Ventilatörlerde Akım Basınç Eğrileri

5.7.3. İnspirasyon Sonu(İnspirasyondan Ekspirasyona Geçiş Fazı)

Bu fazda ventilatör, inspiratuar gaz akımını sonlandırıp, ekspirasyonu başlatıyor. İnspirasyon esnasında bu peryodu kontrol eden 4 temel büyüklük vardır. Bunlar; Akım, Basınç, Volüm ve Zaman'dır. Herhangi bir solunum modu için sadece biri çalıştırılır. Ventilatör solunumu Basınç fazlı, Zaman fazlı, Volüm fazlı veya Akım fazlı olabilir.

5.7.3.1. Basınç Fazlı Ventilasyon

Bu tip çalışmada ağız veya üst havayolunda, önceden ayarlanan değere ulaşıldığında ventilatör inspirasyonu sonlandıracaktır. Hastaya verilen volüm, akım şekli dağılımına, inspirasyon uzunluğuna ve hasta akciğerinin uzunluğuna bağlı olarak değişim göstermektedir.

5.7.3.2. Volüm Fazlı Ventilasyon

Volüm fazlı ventilasyon'da ventilatör tarafından istenilen tidal volüm verildikten sonra inspiratuar fazı sonlandırır. Hastaya verilecek volüm miktarı kullanıcı tarafından ayarlanır ve hasta akciğer özelliklerindeki değişikliklere rağmen sabit kalır. Volüm fazlı ventilatörde verilen volüm, hastanın akciğerlerine giren volüm değildir.

5.7.3.3. Zaman Fazlı Ventilasyon

Bu tip çalışan ventilatörler de inspirasyon işlemi önceden belirlenen zamana göre sonlandırılmaktadır. Bu durumda hastanın akciğer koşullarından bağımsız olarak zamanlama mekanizmasıyla kontrol edilen bir ventilasyon söz konusudur. Zaman fazlı ventilatörde eğer basınç kontrollü ventilasyon seçilmişse inspirasyon zamanı sınırlanacağından volüm dağılımı ve akım etkilenebilir.

5.7.3.4. Akım Fazlı Ventilasyon

Burada önceden saptanan akıma ulaşıncı ventilatör ekspiratuar faza dönmektedir. Hastaya ulaşan volüm ve inspirasyon zamanı hastanın akciğer karakteristiklerine göre değişmektedir.

5.7.4. Ekspiratuar Fazi

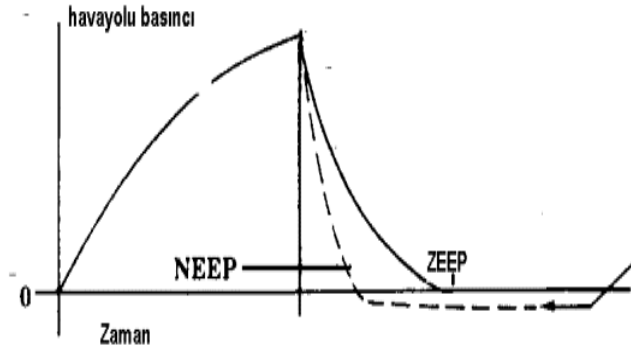
Bu fazda havayı akciğer dışına çıkarmak için negatif basınç uygulanmasıyla ekspirasyonun asiste edilir. Bu teknik ekspiryum sonu negatif basınç uygulaması (Negatif End-İnspiratuar Pressure-NEEP) olarak da adlandırılmaktadır. Başka bir asiste metodu da, diyafragma altında belli bir bölgeye pozitif basınçlı ventilasyon uygulanarak havanın akciğer dışına gönderilmesidir. Pozitif basınçlı ventilasyon sırasında, ekspirasyon genellikle pasiftir ve alveol dışına havanın hareketini sağlamak akciğerdeki elastik dokuların direncine bağlıdır. Fakat değişik tekniklerle ekspiryum müdahale edilebilir. Bu teknikler; ekshalasyon sırasında zaman limiti kullanılması, ekspirasyon sonu negatif basınç (NEEP), ekspiratuar duraklama, ekspiryum sonu pozitif basınç (Positive End Expiratory Pressure: PEEP) ve sürekli pozitif havayolu basıncı (CPAP) olarak sıralanabilir.

5.7.4.1. Ekspiratuar Fazda Zaman Limiti

Bu fazda ventilatör makinenin verdiği zaman ve solunumu monitorize edilmektedir. Verilen bir solunum ve diğeri arasında 0.25 saniyeden daha az bir süre olursa, ventilatör alarm verir ve bu sürenin uzamasına asla izin vermez ve aynı anda ekshalasyonu sınırlar ve inspirasyonu tetikler.

5.7.4.2. Ekspirasyon Sonu Negatif Basınc

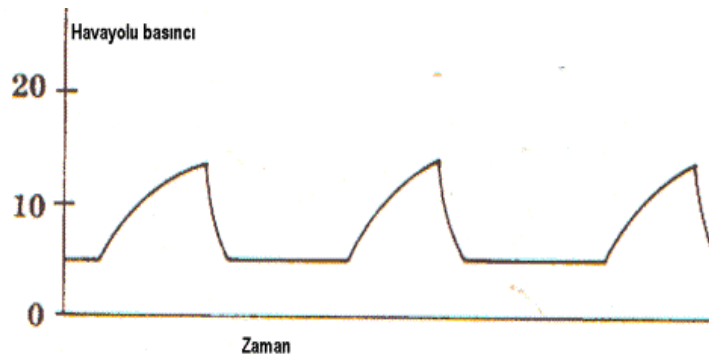
Pozitif Basıncı ventilasyonda istenmeyen etkilerin basınçlarla ilişkisidir. Bu problemleri azaltmak için, ortalama hava yolu basıncını azaltan bir ekshalasyon metodu oluşturulmuş ve NEEP olarak adlandırılmıştır. NEEP'in amacı havayolunda ekshalasyon sonunda negatif basınç sağlayarak ekspirasyonu kolaylaştırmaktır.



Şekil 5.17 NEEP ve ZEEP Uygulaması

5.7.4.3. Ekspirasyon Sonu Pozitif Basınc

PEEP, ekspirasyon sonunda havayollarına pozitif basınç uygulanmasıdır. PEEP özellikle mekanik ventilasyon sırasında kullanılır. PEEP teorik olarak, ekspirasyon sonunda erken havayolu kapanmasını önlemeye yardımcı olur. Şekil 5.18'de PEEP uygulamasına ait dalga şekli görülmektedir.

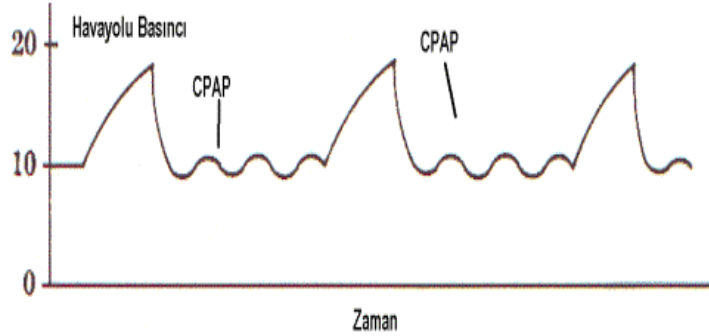


Şekil 5.18 PEEP Uygulaması

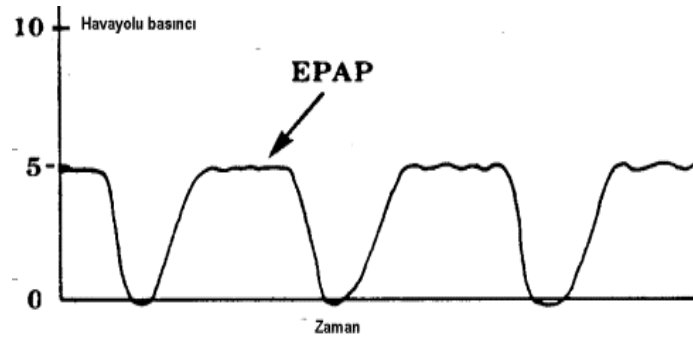
5.7.4.4. Sürekli Pozitif Havayolu Basıncı (CPAP)

CPAP kendi kendine soluyan hastada oksijenasyonu iyileştirmek için havayollarına

sürekli olarak çevre basıncı üzerinde basınç uygulanmasıdır(Şekil 5.19). CPAP'ın diğer bir şekli Ekspiratuar pozitif havayolu basıncı (EPAP)'dır (Şekil 5.20).



Şekil 5. 19 CPAP Uygulaması



Şekil 5. 20 EPAP Uygulaması

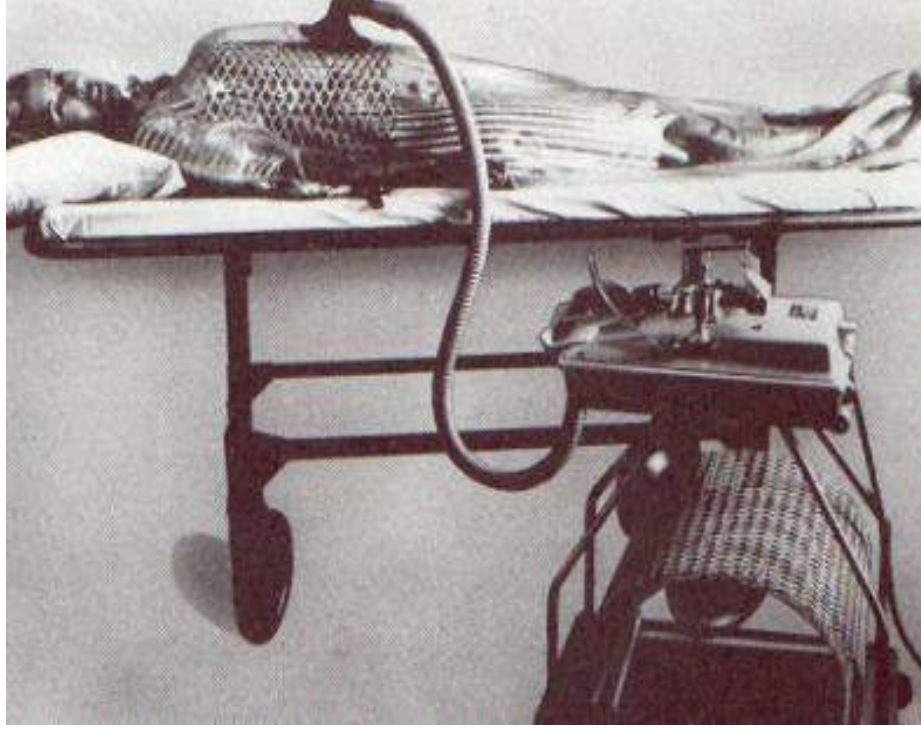
5.8 Ventilasyon Seçimi ve Kullanımı

Hastaya uygulanacak ventilasyonun ne tip olacağı ve ne tip bir ventilatör seçileceği önceden belirlenmesi gerekir. Buna göre;

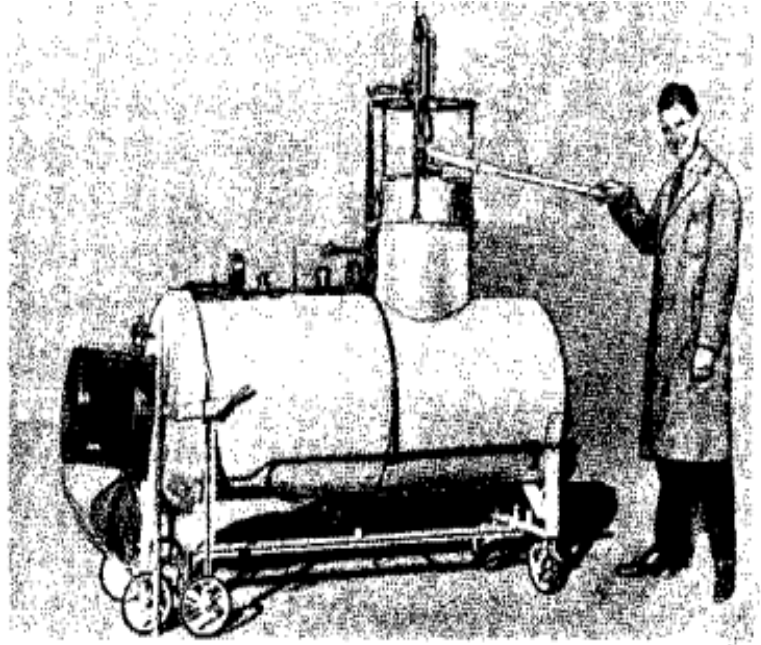
- 1- Negatif veya pozitif basınçlı ventilasyon
- 2- Normal veya yüksek frekanslı ventilasyon kararının verilmesi ve uygun ventilatörün devreye sokulması gerekmektedir.

5.8.1. Negatif Basınç Ventilatörün Özellikleri

Bu amaçla kullanılan negatif basınçlı ventilatörler kasların fonksiyonlarını taklit etmekte ve hastanın fizyolojik mekanizmalara göre solunumuna izin verilmektedirler. Şekil 5.21 ve Şekil 5.22 de negatif basınçlı ventilasyonun uygulanışı gösterilmiştir.



Şekil 5. 21 Negatif Basıncılı Ventilasyon Uygulama Şekli



Şekil 5. 22 Negatif Basıncılı Ventilasyon Uygulama Şekli

Bu ventilatörler sağlıklı, kullanım kolaylığı ve güvenlik açısından avantajlara sahiptir. Bu yöntemde hastayı ventile etmek için yapay solunum yollarına da ihtiyaç duyulmaz.

Hastaların konuşup, rahatlıkla beslenebilmeleri en büyük avantajı olarak göze çarpmaktadır. Diğer yandan, bu tip ventilatörlerin büyük ve hantal oluşu, bronşial drenaj ve intravenöz tedavisindeki zorluklar dezavantajlardır. Bazı hastalarda hassas bölgelere de negatif basınç uygulanması, karın içi organların kanlanması azalma olur[6-7].

5.8.2. Pozitif Basıncı Ventilatörlerin Özellikleri

Bu tip ventilatörler, Üst solunum yolunda pozitif basınç oluşturarak inspirasyonu sağlayan ventilatörlerdir. Bunlar ventilatör seçiminde büyük çoğunluğu oluştururlar ve temelde 2 tiptirler:

- 1- Volüm ayarlı ventilatörler**
- 2- Basınç ayarlı ventilatörler**

Volüm ayarlı ventilatörler akım jeneratörleri tarafından oluşturulan sabit veya değişken akım modelleri ile hasta akciğerindeki değişikliklerden bağımsız olarak sabit volüm sağlayabilme gibi bir avantaja sahiptirler. Bu tip ventilatörler genellikle volüm yada zaman fazlıdır. Akım jeneratörlü ventilatörler genelde elektrik enerjisi ile çalışırlar, son derece kompleks yapıdadırlar ve kapsamlı alarm sistemlerine sahiptirler. Son zamanlarda bilgisayarlı ventilatörlerin gelişimiyle bunlar, akımla birlikte basınç jeneratörlerini de içerir hale getirilmişlerdir.

Basınç fazlı ventilasyon sağlayan basınç jeneratörlerin avantajları küçük ve taşınabilir olmaları ve elektrik enerjisi gerektirmemeleri olarak sıralanabilir. Bu ventilatörler özellikle ventilasyon desteğine ihtiyaç gösteren hastaların taşınmasında, acil durumlarda, anesteziyen uyanmanın geç olduğu hastaların kısa süreli ventilasyonunda uygun ventilatörlerdir.

5.8.3. Yüksek Frekanslı Ventilatörlerin (HFV) Özellikleri

Bu tip ventilatörler havayolu bütünlüğü bozulan hastalarda faydalı olduğu bildirilmektedir[5]. HFV'nin erişkinde kullanımı sınırlıdır ve deneysel çalışmalar devam etmektedir. Bu ventilasyon modu genellikle bebeklerin ventilasyonunda kullanılmaktadır. HFV; düşük havayolu basıncı gerektiren durumlarda, solunumu sağlamak için veya hastanın hareket etmemesi gereken durumlarda (örneğin şok dalgası ile litotripsi uygulaması esnasında) kullanılabilir. Nemlendirme yetersiz ise havayolu travmaları meydana gelebilmektedir. HFV' da dakika ventilasyonu fazla ise hipotansiyon da gelişebilir. Havayolu darlığı olan hastalarda ekshalasyonun iyi olmaması yüksek seviyede PEEP ile sonuçlanabilir[4].

6. PLC İLE MEKANİK VENTİLATÖR TASARIMI

Bu bölümde, Programlanabilir Lojik Kontrolör ile Mekanik Ventilator Tasarımı adlı yüksek lisans tez çalışmamın pratik uygulama kısmına ait bilgiler genişçe anlatılmaktadır. Gerçekleştirilen sistemde kullanılan malzemeler;

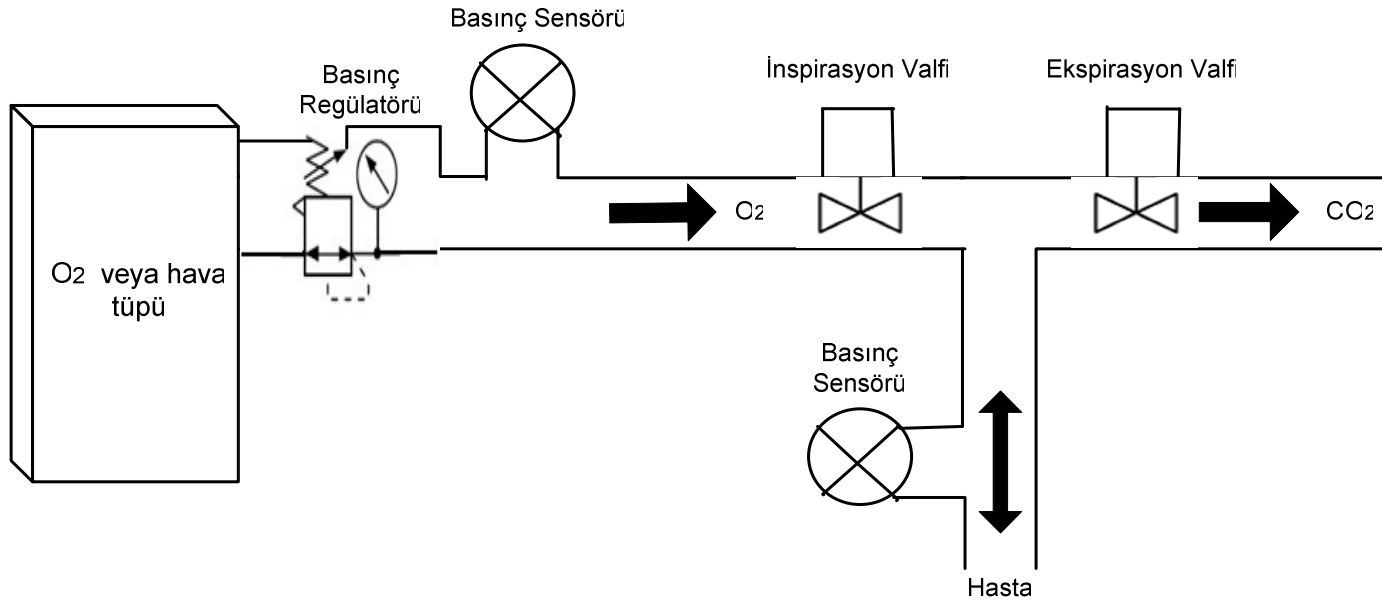
- Siemens S7-200-CPU224 PLC
- Siemens EM235-Analog GirişModülü
- LOGO 24V DC Çıkışlı Güç Kaynağı
- Siemens TP070 Dokunmatik Panel
- Motorola - MPX2050DP Basınç Sensörü (2 adet)
- LEE -LFAA123418H Selenoid Valf (2 adet)
- Delta ES5-Artımsal Encoder (2 adet)
- Brooks 8601 Basınç Regülatörü(1 adet)
- 2*INA122 Instrumentation Amplifier
- 2*TL081 OP-AMP
- 2*7812 gerilim regülatörleri
- 2*7912 gerilim regülatörleri
- 220V-2*15V-12 W Trafo
- 220V-2*15V-1.2VA Trafo
- 2*1A-250V Köprü Doğrultucu
- 2*56k Ω ,2*100 Ω ,1k Ω ,3.3 k Ω ve10k Ω Ayarlı Trimpot
- 0.1 μ F,0.22 μ F, 4*1000 μ F, 4*100nF, 2*2200 μ F, 2*100 μ F, 4*220nF

Yapılan çalışmanın amacı, solunum fonksiyonu bozulan küçük hacimli akciğere sahip canlıların yapay havayolu aracılığı ile rahat bir şekilde nefes alıp-vermesini sağlamaktır. Bu amaçla gerçekleştirilen sistemimizde, basitleştirilmiş şekli Şekil 6.1’de gösterilmiştir.

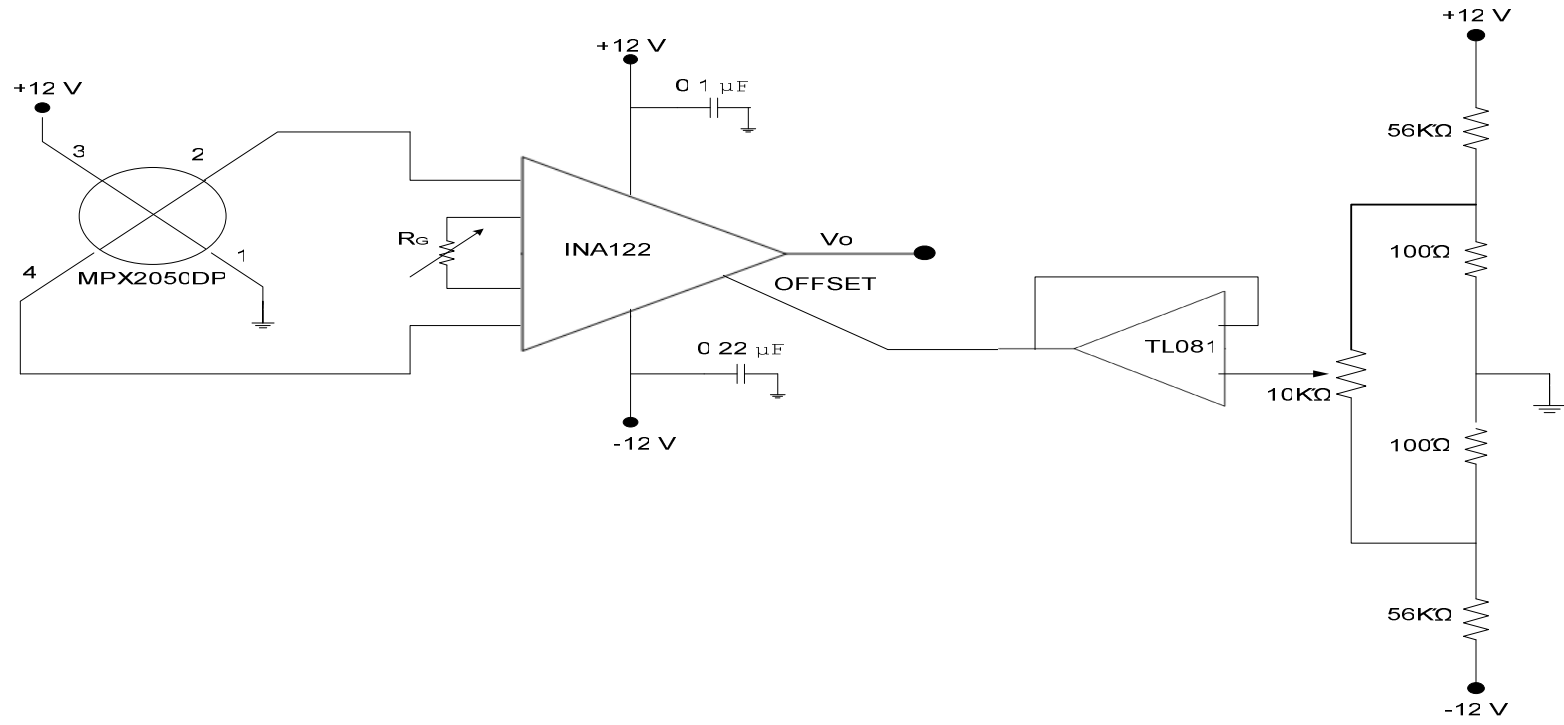
Oksijen veya hava tüpünden alınan gaz, basınç regülatörü üzerinden solenoid valflerden geçirilerek hastaya ulaştırılmaktadır. Hastaya verilen solunum gazını sürekli sabit bir basınçla

vermek için basınç regülatörü kullanılmıştır. İnspirasyon ve ekspirasyon süreleri, hastanın ihtiyacına göre belirlendikten sonra bu süre zarfında solenoid valflerin uygun biçimde açılıp kapatılmasıyla hastaya nefes alıp-verdirilir ve böylece istenilen mekanik ventilasyon işlemi tamamlanır. Ventilasyon işlemi gerçekleştirilirken inspirasyon ve ekspirasyon esnasında oluşan basınç değerleri ve regülatör çıkışındaki basınç değeri ölçülerek hastanın gereksinim duyduğu gaz miktarı belirlenmektedir. Basınç değerinin ölçülmesi işlemi için elektronik bir devre tasarlandı ve bu devre şekil 6.2’de gösterilmiştir. Şekil 6.2’de verilen elektronik devreden iki tane gerçekleştirilmiştir. Bu devrelerden ilki, O₂ veya hava tüpünden alınan gazın, basınç regülatöründen çıkışını ölçmekte ve böylece hastaya gönderilen gazın her an basınç değeri gözlemlenebilmektedir. Diğer ise, inspirasyon ve ekspirasyon esnasında valflerden geçip hastaya ulaşan gazın basıncını her an kontrol edebilmektedir.

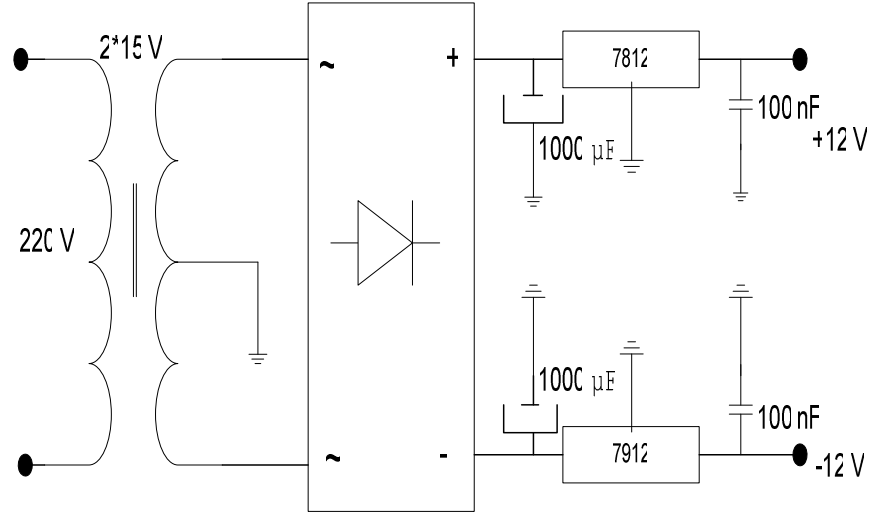
Tasarlanan elektronik devremizde besleme amaçlı kullanılan $\pm 12V$ sağlamak için, 220V şebeke gerilimi, trafo ile 15V’a düşürüldü ve bunu da köprü doğrultucu yardımıyla doğrultup, 7812 ve 7912 gerilim regülatörleri kullanılarak +12 V ve -12V elde edildi. Bu devrenin şekli şekil 6.3’de gösterilmiştir.



Şekil 6. 1 Sistemin Kontrol Şekli



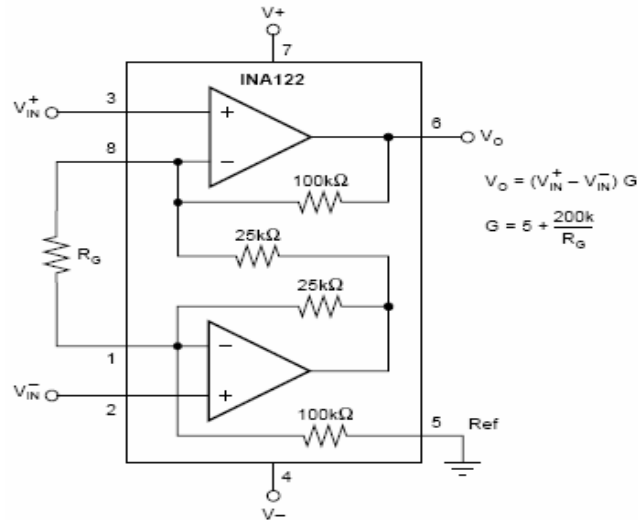
Şekil 6. 2 Basınç Ölçme Devresi



Şekil 6. 3 ±12V Besleme Devresi

6.1.Basınç Ölçme Devresi

Şekil 6.2’de gösterilen devrede amaçlanan olay, Şekil 6.1’de gösterildiği gibi hastaya verilen O_2 ve hastanın verdiği CO_2 ’un basınç miktarlarını belirleyip buna göre hastanın ihtiyacına göre ventilasyonu sağlamaktır. Devremizin çalışma esasında, basınç sensöründen alınan bilgiler INA122 Instrumentation Amplifier’da değerlendirilerek ve istenilen kazanç ayarı ile kuvvetlendirilerek PLC girişlerine verilmektedir. INA122 entegresinin iç yapısı Şekil 6.4’de gösterilmiştir.



Şekil 6. 4 INA122 iç yapısı

INA122, girişlerine uygulanan gerilimlerin farkını kazanç değeri ile çarparak çıkış veren bir entegredir.

$$V_o = (V_{IN}^+ - V_{IN}^-) * G$$

Kazanç ayarı, entegre'nin 1 ve 8 nolu uçları arasına bağlanan ayarlı direnç ile yapılmaktadır. Kazanç formülü;

$$G = 5 + \frac{200k\Omega}{R_G}$$

Bu formülden de anlaşılacağı üzere R_G direnci bağlanmadığında devrenin kazancı 5 olmakta ve $R_G = 20k\Omega$ olduğunda ise kazanç değeri 10000 olmaktadır. Bağlanan farklı direnç değerlerinde elde edilecek kazanç değerleri tablo 6.1'de verilmiştir.

Tablo 6. 1 Direnç-Kazanç Tablosu

İstenilen kazanç (V/V)	R_G (Ω)
5	BY
10	40k
20	13.33k
50	4444
100	2105
200	1026
500	404
1000	201
2000	100.3
5000	40
10000	20

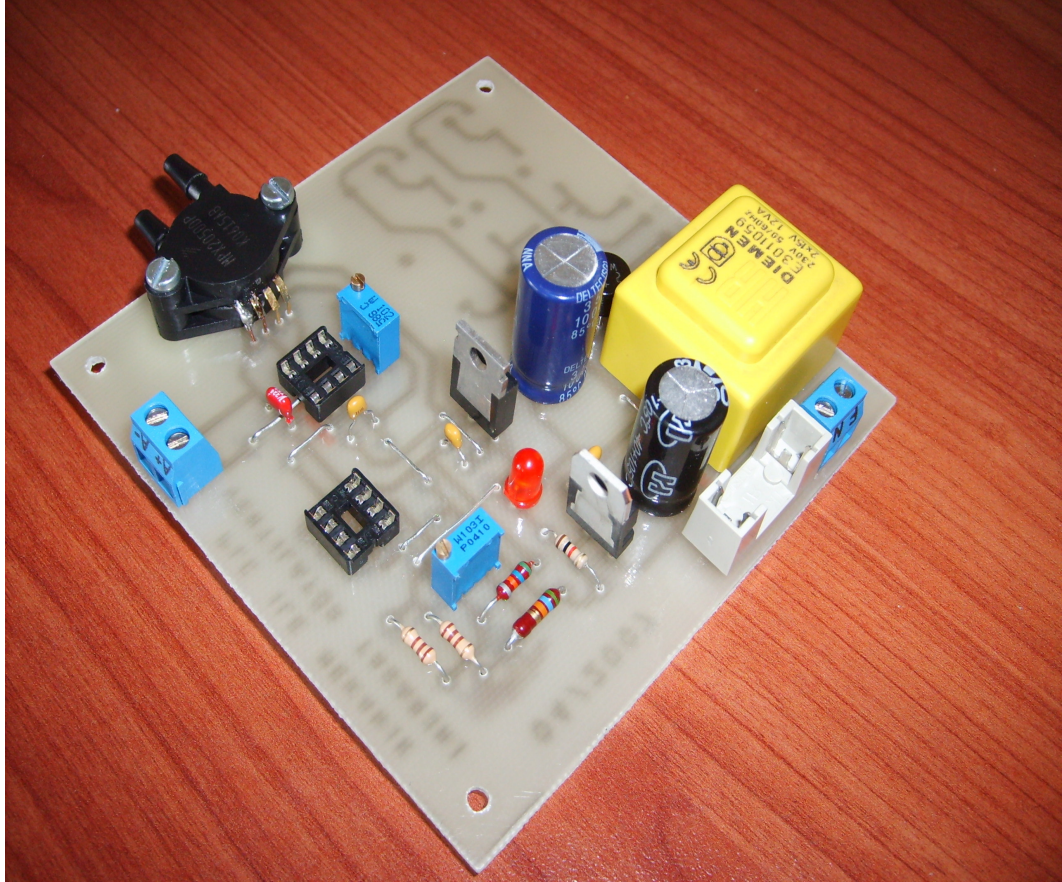
BY: Bağlantı Yok

Pratik olarak gerçekleştirilen devrede R_G direnci olarak $1k\Omega$ değerinde trimpot bağlanmıştır. Yani yaklaşık kazanç değerimiz 200 ile 10000 arasında değişecek şekilde tasarlanmıştır.

INA122 devresinin çıkışında daha hassas sonuç almak için offset ayarı yapıldı. $10k\Omega$ 'lık

ayarlı bir direnç üzerine düşürülen gerilimi, buffer üzerinden INA122 entegresinin referans ucu olan 5 nolu bacağına vererek offset ayar devresi gerçekleştirildi. INA122 entegresinin çıkışı PLC'nin Analog girişine verilmektedir. Böylece alınan bu bilgi kullanıcı tarafından girilen bilgiler karşılaştırılıp, değerlendirildikten sonra çıkış birimine gönderilmektedir.

Pratik olarak 2 ayrı elektronik devre düzeneği oluşturuldu. Bunlardan ilki Şekil 6.2'de gösterilen, basınç regülatörünün çıkışındaki basınç değerini ölçen devre, diğeri ise Şekil 6.2 gösterilen devreye ilave olarak eklenen inspirasyon ve ekspirasyon valflerin bulunduğu devredir. Şekil 6.5 ve Şekil 6.6'da pratik olarak gerçekleştirilen elektronik devreler görülmektedir.



Şekil 6. 5 PLC ile Kontrolü yapılan Devre



Şekil 6. 6 PLC ile Kontrolü yapılan Devre

6.2. Sistemin Çalışması

Sistemimiz, solunum fonksiyonu bozulmuş küçük akciğer hacmine sahip canlılar için tasarlanmıştır. O_2 veya hava tüpünden alınan gaz basınç regülatörüne verilerek, hastaya ulaştırılmak istenen gazın sabit bir basınçla verilmesi sağlanır. Bu yapılırken Şekil 6.5’de gösterilen elektronik devre düzeneği ile her an regülatör çıkışındaki basınç değeri ölçülerek PLC’ye aktarılmakta ve cihaz üzerinden bulunan panel’den görülebilmektedir. Regülatörden çıkan gaz, inspirasyon valfine gelmektedir. PLC’ye yüklenen programa yani çalıştırılmak istenen moda göre inspirasyon valfini anahtarlayarak hastanın nefes almasını sağlamaktadır. Nefes alma işlemi yani inspiryum süresi bittikten sonra PLC tarafından inspirasyon valfi kapatılıp, ekspirasyon valfi açılmakta ve böylece ekspirasyon yani nefes verme işlemi başlatılmaktadır. Nefes verme işlemi pasif bir işlemdir. Bunun için yapılması gereken fazla bir şey yoktur yani kendi kendine gerçekleşmektedir. Bu olay sağlıklı canlılar içinde aynen geçerlidir. İspirasyon ve ekspirasyon esnasında hastanın aldığı ve verdiği O_2 ve CO_2 ’ in basıncı Şekil 6.6’da gösterilen elektronik devre düzeneği ile ölçülmektedir. Böylece ventilasyon işleminde hastanın ihtiyacına göre ayarlanması gereken ekspiryum sonu pozitif basınç (PEEP), sürekli pozitif hava yolu basıncı (CPAP) gibi basınç ifadeleri oluşturulmaktadır. Cihaz üzerinde bulunan 2 adet enkoder yardımı ile hastaya verilen dakikadaki solunum sayısı ve inspiryum/ekspiryum (I/E) oranı ayarlanır. Bu değişiklikler panel üzerinden görülebilir.

Gerçekleştirilen sistemi, Bölüm 5’de anlatılan çalışma modlarından Aralık Zorunlu Ventilasyon (IMV), Senkronize Aralık Zorunlu Ventilasyon (SIMV) ve Basınç Kontrollü Ventilasyon(PCV) gibi modlarda çalıştırmak mümkündür. Ayrıca sistemimizde yine Bölüm 5’de anlatılan baseline, maksimum, plato ve ekshalasyon basınç ifadelerini ölçmek mümkün olmaktadır.

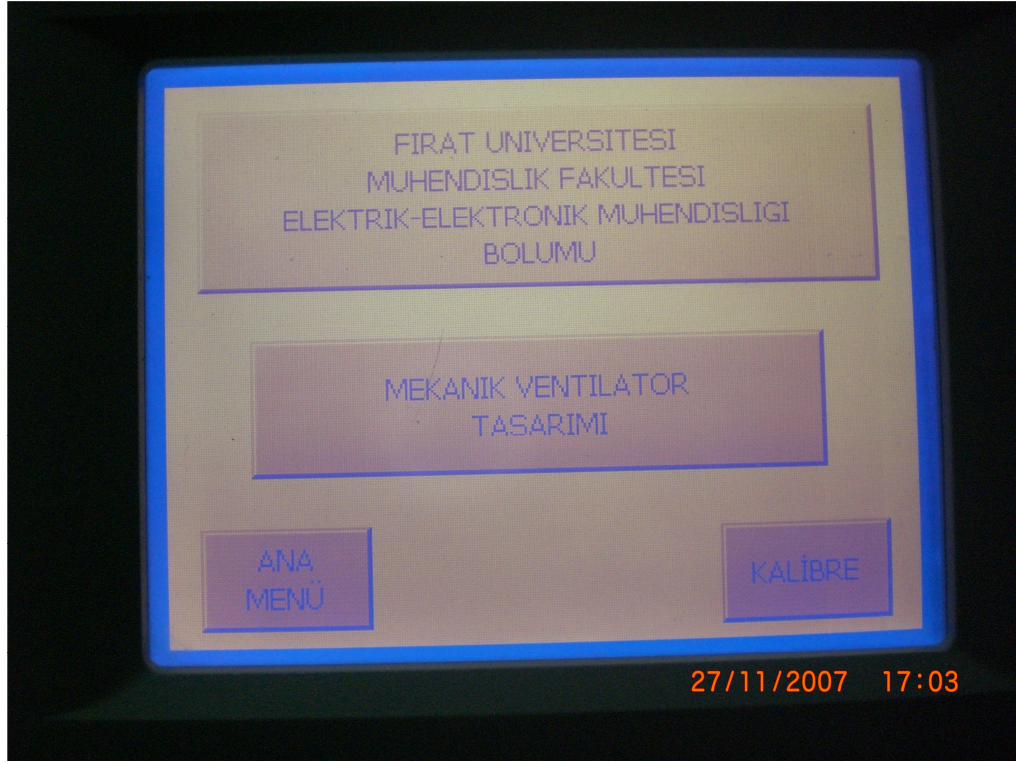
Sistemde oluşabilecek bazı özel durumlar da göz önünde bulundurularak tasarım gerçekleştirildi. Örneğin, basınç regülatörünün çıkış basıncı set edilen değerin altında kaldığında veya girişteki basınç değeri set edilen değerden daha düşük olduğu durumlarda, PLC arıza durumunu belirleyip, sesli olarak ikaz verecektir. Bu sesli ikaz sayesinde kullanıcı aletin yanında olmasa bile bu ses sayesinde cihazın yanına gelerek, gerekli değişiklikleri gerçekleştirecektir.

Ayrıca çalışma durumunda istenilmeyen bir durum oluştuğunda sorunu gidermek için, sistemi resetlemek için harici bir reset butonu kullanıldı. İstenmeyen bir durum oluştuğunda kullanıcı reset butonuna basarak, cihazın çalışma şartlarını başlangıç ayarlarına döndürecekler.

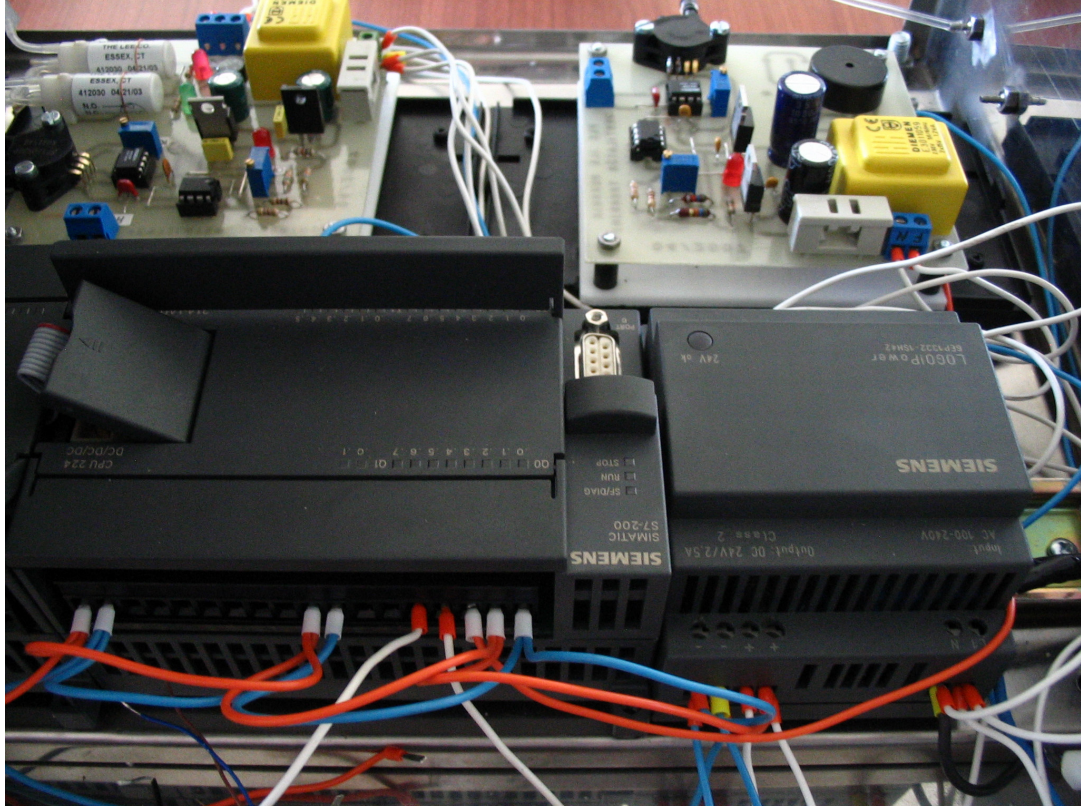
Gerçekleştirilen sistem son halini gösteren fotoğraflar, aşağıdaki şekillerde görülmektedir.



Şekil 6. 7 Gerçekleştirilen cihazın önden görünüşü



Şekil 6. 8 Gerçekleştirilen cihazın dış kısmının görüntüsü



Şekil 6. 9 Gerçekleştirilen cihazın iç kısmından başka bir görüntü

7.SONUÇ VE ÖNERİLER

Programlanabilir lojik kontrolör ile mekanik ventilatör adlı tez çalışmasında, küçük akciğer hacmine sahip canlıların bozulmuş olan solunum fonksiyonunu düzeltmek için pratik bir mekanik ventilatör devresi gerçekleştirilmiştir. Bu pratik devrede yapılan işlemler özetlenilecek olursa;

- O₂ veya Hava tüplerinden alınan gazı önce basınç regülatörüne verilmektedir. Regülatörün verdiği çıkış basıncı sürekli olarak ölçülüp, kontrolör tarafından değerlendirilmektedir. Böylece hastaya sürekli olarak sabit bir basınç verilmesi sağlanmıştır.
- Daha sonra basınç regülatöründen alınan O₂ veya hava inspirasyon valfinden geçirilerek hastaya ulaştırılarak, hastanın nefes alma işlemi gerçekleştirilir. Bu esnada ekspirasyon valfi PLC tarafından kapalı olarak tutulmaktadır.
- İnspirasyon işlemi bittikten sonra PLC tarafından inspirasyon valfi kapatılıp, ekspirasyon valfi açılmaktadır. Bu esnada hasta akciğerdeki CO₂'yi dışarı atarak yani atmosfere vererek nefes verme işlemi gerçekleştirilmiş olmaktadır.
- Çalışma modları olarak Aralık Zorunlu Ventilasyon(IMV), Senkronize Aralık Zorunlu Ventilasyon (SIMV) ve Basınç Kontrollü Ventilasyon(PCV) gibi modlarda çalışacak şekilde programlanmıştır.
- Cihaz üzerinde bulunan monitörde inspirasyon ve ekspirasyon sürelerini, baseline, maksimum, plato ve ekshalasyon basınçlarını görebilme imkanı bulunmaktadır.

Bu tezde yapılanlar ileriki çalışmalara temel oluşturmakla beraber, tıp ve veteriner fakültelerinde çalışan akademik personelin deneysel amaçlı olarak kullanacağı bir anestezi cihazı olarak kullanılabilir.

Ayrıca, gerçekleştirilen sistem teknolojik gelişmelere açık olacak şekilde tasarlanmış olup, sonradan ihtiyaca binaen yapılacak değişiklikler, gerek donanımsal olarak gerekse de yazılımsal olarak çok rahat bir şekilde gerçekleştirilebilir. Yani yeni geliştirilen çalışma modlarını bu cihaz üzerinde programlayıp, denemek çok kolay olacaktır.

Çalışmanın bir sonraki aşamasında, şuan için küçük akciğer hacmine sahip canlılar için tasarlanan bu sistem, gerekli malzeme temini ile beraber daha büyük ve daha kompleks akciğer yapısına sahip canlılar için de kullanılabilir yapıya gelecektir.

KAYNAKLAR

- 1.Yağımlı M,Akar F.1998 PLC-Programlanabilir Lojik Denetleyiciler
- 2.Kurtulan S.1996 Programlanabilir Lojik Kontrolörler
- 3.Perel A, Stock Mc.1992 Handbook of Mechanical Ventilatory support. 1st Ed. Williams and Wilkins,Philadelphia,
- 4.Barach Al,Hylan Ab,Petty Tl. 1975 Perspective in pressure breathing Resp Care 20.627
- 5.Kirby RR, Banner Mj, Downs JB(Eds). 1990 Ventilatory Support 1st Ed Churchill Livingstone inc. Nexyork
- 6.Smith RA 1986 Respiratory Care Mechanical Anesthesia 2nd Ed. Churchill Livingstone,New York.
7. Pillbeam SP.1992 Mechanical ventilation: Physiological and Clinical Application. 2nd Ed. St Louis,Mosby-Year book,Inc.

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı: Hasan GÜLER

Doğum Tarihi : 24/12/1979

Öğrenim Durumu

<u>Derece</u>	<u>Bölüm/Üniversite</u>	<u>Yıl</u>
Lisans	Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü Fırat Üniversitesi	1997-2001
Yüksek Lisans	Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü Elektronik Anabilim Dalı, Fırat Üniversitesi	2003-2007

Yüksek Lisans Tez Başlığı ve Tez Danışmanı (Bitirme Aşamasında)

Programlanabilir Lojik Kontrolör ile Mekanik Ventilator Tasarımı

Yrd.Doç.Dr.Fikret ATA

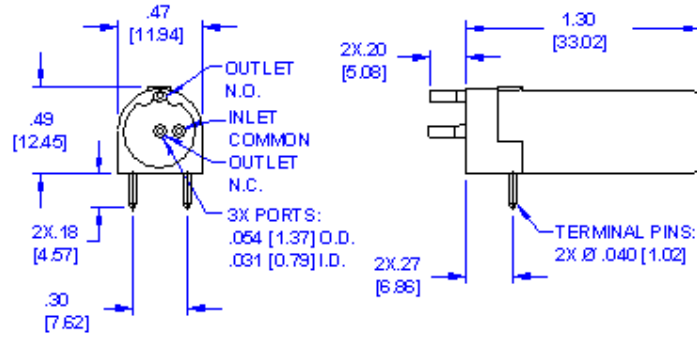
Akademik Çalışma Alanları

- Programlanabilir Lojik Kontrolör
- Elektronik Devre Tasarımı
- Tıp Elektroniği

Görevler:

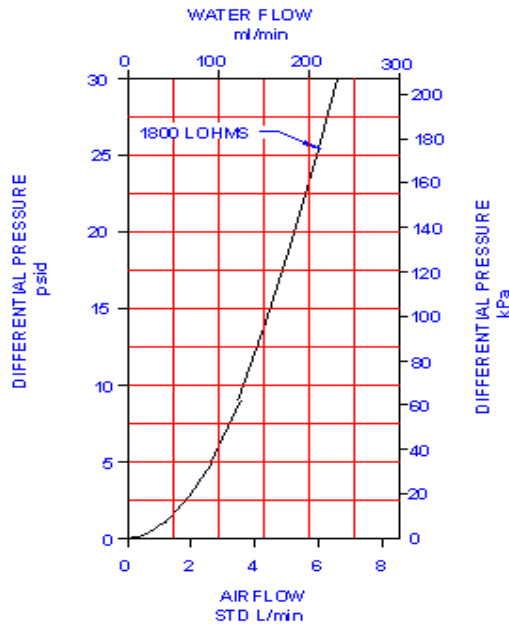
<u>Görev Ünvanı</u>	<u>Görev Yeri</u>	<u>Yıl</u>
Arş.Grv	Fırat Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü	2002-2003
Arş.Grv	Boğaziçi Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü	2003-2005
Arş.Grv	Fırat Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü	2005-.....

EK-1 İNSPİRASYON VE EKSPİRASYON'DA KULLANILAN VALFLERİN TEKNİK ÖZELLİKLERİ



DIMENSIONS ARE IN
INCHES
[] ARE MILLIMETERS

AWE0007P



Notes:

1. 3 way valve for air and non-corrosive fluids. Flow rates to 0.2 liters per minute of water or 0.25 scfm of air. 1800 Lohms; Cv = .011 [Engineering Reference Info](#)
2. Use with .042" or 1mm ID [soft tubing](#)
3. Use #2 x 5/8" long [nylon screws](#) for mounting
4. 200,000,000 cycle life [warranty](#) in appropriate applications (Typical life using clean, dry, air -- 2 billion cycles)
5. Internal Volume 82 - 118 microliters
6. Leakage not greater than 50 µL/min. air @ 70°F with 5 psig on the common port
7. Wetted materials (common to all LFAA series valves) - Valox , Epoxy
8. LFAA1203118H - Neoprene port seal, 430 SS, 302 SS, 280mWatts
9. LFAA1203418H - Silicone port seal, 430 SS, 302 SS, 280mWatts
10. LFAA1203618H - Silicone port seal, Teflon coated 430 SS, 316 SS, 490 mWatts

Normal Pressure Range: Inlet pressure up to 10 psi greater than the outlet pressure.

- The valve will operate within the normal pressure range when supplied with the rated voltage $\pm 5\%$.
- The outlet (Normally Closed or N.C.) seal is spring loaded. Therefore, pressure applied to the normally closed port should not exceed the pressure on the inlet port by more than 8 psid (55 kPa).

Extended Pressure Range: Inlet pressure up to 30 psi greater than the outlet pressure (1.5-44.7 psia)

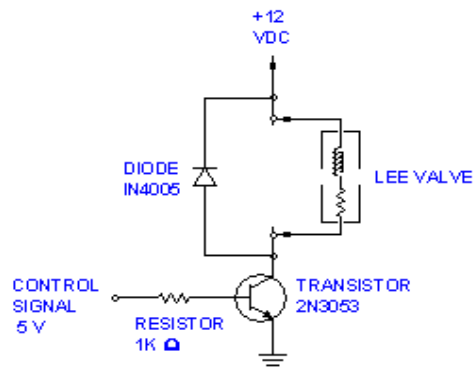
- LFAA valves can be operated in the extended pressure range if higher voltage is applied. Up to 1.6 times rated voltage may be used continuously for 280 mW models. Up to 1.25 times rated voltage may be used with 490 mW models continuously.
- 780 mW valves should not be operated above rated voltage continuously.

Case Proof Pressure: 30 psig (207 kPa)

Case Burst Pressure: 100 psig (690 kPa)

All Lee LFAA valves can be operated with a variety of circuits. The simplest being a transistor and diode as shown below. (Circuit components are typical for LFAA1200118H)

Electrical Characteristics



AWE0015S

Voltage: Standard rated voltage is 12 vdc $\pm 5\%$. Ratings of 5 and 24 vdc are available.

Power at Rated Voltage	Rated Voltage (vdc)	Coil Resistance (ohms)	Inductance (mH)	Max. Continuous Voltage	Max. Continuous Power	Max. Intermittent Voltage
280 mW	12	500	660	19	780 mW	72
490 mW	12	295	310	15	780 mW	72
780 mW	12	185	220	12	780 mW	72

Operating Temperature

Ambient operating temperature range 40°F to 120°F (4°C to 49°C)

Mean Power (mW)	Temp. Rise at 100% Duty 72°F Ambient	Max. Ambient Temperatures 100% Duty	Max. Ambient Temperatures 0% - 75% Duty
280	30°F (17°C)	120°F (49°C)	120°F (49°C)
490	45°F (25°C)	120°F (49°C)	120°F (49°C)
780	55°F (30°C)	110°F (43°C)	120°F (49°C)

- Maximum recommended solenoid coil temperature: 140°F (60°C).
- Increasing operating temperatures tend to limit coil performance. Valve duty cycle and energized time must be evaluated for conformance with the maximum recommended operating temperature. This is most important when operating in the extended range.

EK-2 BASINÇ REGÜLATÖRÜNE AİT TEKNİK BİLGİLER

Model 8601

Pressure Regulators

Design Specifications

DS-8601

April, 1997

(Supersedes issue dated June, 1991)

DESCRIPTION

Brooks® 8601 Pressure Regulators are high precision supply pressure regulators which are direct-acting, non-relieving units that provide bubble-tight shut-off on helium at 100 psi.

Compact and economical, these units are assembled in a "clean room" environment and are tested under simulated operating conditions.

DESIGN FEATURES

- Compact design
- Suitable for line or panel mounting
- Pressure gauge connection
- Bubble-tight shut-off to 100 psi
- Replaceable stainless steel inlet filter element
- UL listed (Aluminum body only) as compressed gas regulator for use with the following gases: air, argon, helium, hydrogen, krypton, neon, nitrogen, oxygen or xenon.

SPECIFICATIONS

Capacity

The pressure regulator is ideal for use at flow up to a maximum of 1,000 sccm air.

Ratings

Maximum Inlet Supply Pressure - 250 psi (1,724 kPa)

Maximum Working Temperature - Standard: 140 °F (60 °C), Optional - 350 °F (177 °C)

Typical Characteristics

(Helium 60 psig supply, 50 psig output)

Drift - Less than 1% in first fifteen minutes to total of no more than 1.5% long term

Supply Pressure Effect - 10 psi increase in supply will not change output more than 0.07 psi.

Flow Regulation - From 3 sccm to 70 sccm helium, output pressure will not decrease more than 0.08 psig (0-10, 0-30 psi Regulators), 0.10 psig (0-60 psi Regulators), 0.125 psig (0-100 psi Regulators), 0.15 psig (0-150 psi Regulators), 0.175 psig (0-200 psi Regulators)

Ambient Temperature Effect - Standard 60 psi range, 0.020 psi/°F.

Base Line Oscillation - .0025 psi

Valve Adjustment & Operating Ranges - fifteen turns for 0-10, 0-30, 0-60, 0-100, 0-150 or 0-200 psig output range

Total Pressure Drop

Minimum - 10 psi; Maximum - 250 psi

Materials of Construction

BODY - Standard: aluminum; Optional: 316 Stainless Steel

BONNET - Aluminum



VALVE SEAT - Standard: Brass; Optional: 316 Stainless Steel

VALVE STEM - 316 Stainless Steel

DIAPHRAGM - Reinforced Buna-N, Viton-A®

RANGE SPRING - Music wire, zinc plated

FILTER - 40 micron, 316L Sintered Stainless Steel with Viton® or Buna retainer sleeve

Connections

Type - Standard: 1/8" NPT; Optional: 1/4" NPT, 1/8" or 1/4" compression fitting, 1/4" ID hose adaptors