

MİKRODENETLEYİCİ TABANLI ULTRASONİK NEBULİZATÖR KULLANILAN BİR AKTİF NEMLENDİRME SİSTEMİ TASARIMI

Mustafa BURUNKAYA

İnan GÜLER

Gazi Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, Elektronik ve Bilgisayar Eğitimi Bölümü,
06500 Teknikokullar, Ankara

Tel: 0312-2123976 Fax: 0312-2120059 e-mail: iguler@tef.gazi.edu.tr

Anahtar Kelimeler: Ultrasonik nebulizatör, Nem ölçme ve kontrol, PIC mikrodeneleyici.

ABSTRACT

In this study, a microcontroller based humidity measurement and control system employing an ultrasonic nebulizer have been developed. An ultrasonic nebulizer system that is an active humidifier is used to humidify the limited volume of environment. A capacitive based humidity sensor is used to measure the relative humidity (RH) of the environment. Measurement and control process are achieved by a high performance and high speed PIC microcontroller.

The developed system can be used for diagnostic and therapeutic purposes in medicine to nebulize the water and the drug solutions or the environment that is necessary to humidify. Since the humidifier unit is an active humidifier and generates an aerosol in ambient conditions, it is also possible to provide the high RH level in this conditions.

1. GİRİŞ

İnsanın rahatı ve konforu için, sadece bulunulan ortamdaki sıcaklığın uygun değerde olması yeterli değildir. Bu konuda havadaki nem oranı da önemli bir rol oynamaktadır. Rahat ve konforlu bir ortam için bağıl nemin (Relative humidity, RH) üst sınırı % 65 civarındadır; alt sınırı ise %30'un altına inilmemesi tavsiye edilmektedir [1]. Ortamdaki nem insan sağlığı, rahatı ve konforu için çok önemlidir. Tıpta tedavi ve tanı amaçlı olarak gerek suyun, gerekse ilaç solüsyonlarının su buharı gibi küçük partiküller haline getirilmesine ihtiyaç duyulur [2]. Ayrıca eczacılıkta ilaç üretiminde nemlendiriciler kullanılmaktadır [3].

Bu amaçlar için ortamın nemlendirilmesinde temel olarak iki yöntem kullanılmaktadır. Bunlar sırası ile pasif ve aktif nemlendirme sistemleri olarak adlandırılır [1]. Pasif nemlendirme sistemlerinde nemlendirme işlemi, bir ısı kaynağı ile, bir su kabındaki bir miktar suyun ısıtılarak buharlaştırılması ile yapılır. Bu yöntem, nemi kontrol edilen ortama aynı zamanda ilave bir ısı kazandırdığından, bazı sistemlerde kullanımı mahsurlu olabilir. Örneğin diğer

kontrol büyüklüklerinin yanında sıcaklığın doğrudan bir kontrol büyüklüğü olduğu sistemlerde pasif nemlendirme sistemlerinin kullanılması mümkün değildir. Aktif nemlendirme sistemlerinde nemlendirme işlemi için herhangi bir ısı kaynağı kullanılmaz. Nem bir su haznesindeki bir miktar suyun ultrasonik frekansta titreştirilerek partiküllerine ayrılması (nebulizasyon) ile elde edilir. Nebulizatör ilaçları atomize ederek doğrudan solunum yolu ile akciğerler tarafından alınmasını temin eden bir cihazdır.

Bu çalışmada gerek sadece nemlendirme amaçlı olarak suyun, gerekse tıpta tedavi ve tanı amaçlı olarak ilaç solüsyonlarının nebulizasyonunda kullanılabilecek bir ultrasonik nebulizatör gerçekleştirilmiştir. Ayrıca ortamın nem içeriğini ölçen bir nem ölçme sistemi geliştirilmiştir. Esnek bir sistem geliştirmek maksadı ile, ölçme ve nemlendirme sistemleri performansı yüksek bir mikrodeneleyici tarafından kontrol edilmiştir.

2. NEMLENDİRME SİSTEMLERİ

Tıbbi, endüstriyel, zirai ve günlük hayattaki uygulamalar gibi, çok değişik ortamlarda belirli oranlarda nemlenme arzu edilir. Bu ortamlar birbirinden çok farklı fiziki şartlara sahip olduğundan, uygun bir nemlendirme yönteminin kullanılması gerekir. Ortamın nemlendirilmesi için temel olarak iki yol izlenir.

2.1. Pasif Nemlendirme Sistemleri

Birinci yöntem pasif nemlendirme yöntemi olarak adlandırılır. Nem klasik olarak bir miktar sıvının ısıtılarak buharlaştırılması sonucunda elde edilerek ortamın nem içeriği artırılır. Bu yöntem güvenli ve etkili bir yöntem değildir. Çünkü ortam sıcaklığı ile nem arasında doğrudan ilişki olduğundan, özellikle normal ortam şartları gibi düşük sıcaklıklarda, pasif nemlendirme sistemleri ile yüksek nem oranları temin etmek mümkün değildir. Bu sistemler ile 28-38°C arasında nem oranını % 40' ın üzerine çıkarmak

imkansızdır [1]. Ayrıca tıpta bu nemlendirme sistemi ilaçların nebulizasyonu için kullanıldığında güvenli olmayabilir, çünkü üretilen ısıdan dolayı ilacın tedavi etkisi bozulabilir [4]. İkinci yöntem ise aktif nemlendirme sistemleridir.

2.2. Aktif Nemlendirme Sistemleri:

Sıvıların ısıtılmadan buharlaştırılabilmesini sağlayan yöntem, aktif nemlendirme yöntemi olarak adlandırılır. Bu şekilde belirli bir hacimde, düşük sıcaklıklarda dahi yüksek nem seviyelerine ulaşmak mümkündür. Aktif bir nemlendirici olan nebulizatör ile 33 °C' te %90 nem oranına ulaşılabilir [1].

2.3. Nebulizatör çeşitleri

Günümüzde kullanımda olan birçok nebulizatör çeşidi vardır ve sürekli geliştirildiğinden çeşitleri gittikçe artmaktadır. Nebulizatörlerde hacim, nebulize edilen ilaç türü, partikül boyutu, nebulizasyon zamanı ve fiziksel karakteristikler örneğin nebulize edilemeyen hacim (residual volume) gibi performans karakteristikleri birbirinden farklıdır [5]. Bu kriterlere göre nebulizatörler şu şekilde sınıflandırılabilir:

2.3.1. Jet nebulizatörler: Klasik jet nebulizatörde basınçlı hava çok dar bir delikten geçerken sıvıyı atomize eder [6]. Büyük aerosol partikülleri nebulizatöre geri dönerken dışarıya ancak küçük partiküller verilir. Bu tip nebulizatörlerde en belirleyici faktör sürücü gazın çeşididir. En önemli problem ise, solüsyondaki ilacın çoğunluğu nebulizatörde kaldığından, hedef olan hastanın akciğerine ulaştırılamamasıdır.

2.3.2. Open Vent nebulizatörler: Jet nebulizatörlerin dezavantajlarını gidermek üzere geliştirilmişlerdir ve aynı prensiple çalışırlar. Farklı olarak belirlenen bir zamanda küçük partikülleri dışarı veren bir diyafram eklenerek nebulizasyon zamanı düşürülmüştür [7]. Bu şekilde daha küçük partiküller üretilmiş, hastaya daha fazla aerosol ulaştırılmış ve atmosferdeki ilaç kayıpları azaltılmıştır. Aynı çıkış daha az basınçla elde edilebildiğinden kompresör maliyeti düşürülmüştür. Fakat basınç azaldığından, antibiyotik gibi bazı ilaçların nebulizasyon zamanı artmıştır [4].

2.3.3. Adaptif Aerosol Sistemi (AAD): Daha önce de açıklandığı gibi, jet nebulizatörlerin ilaç verimi, kullanılan malzemelerden ve hastanın solunum şekline bağlı olarak üretilen aerosolün kayıpsız olarak hastaya ulaştırılamamasından dolayı düşüktür. AAD sistemi, hastanın son tiç nefes alıp-verişine göre oluşan basınç değişikliklerini değerlendirerek, buna göre aralıklı olarak aerosol oluşturur. Gereken ilaç miktarı nebulize edildikten sonra veya çalışma aralıklarını belirleyecek nefes alıp-verme paterni belirli bir süre oluşmamış ise sistem durur [8].

2.3.4. Ultrasonik Nebulizatörler: Hastalığa bağlı olarak bazı ilaçların hastaya verilmesi için ultrasonik nebulizasyon önerilmektedir. Hastaya ilaç solunum ile verilerek herhangi bir şekilde incitilmediğinden, bu yöntem özellikle çok küçük ve huysuz çocuklara ilaç vermenin etkili bir yolu olarak görülmektedir [9].

Nebulizatörler aşağıdaki durumlar göz önüne alınarak kullanılmaktadır:

1. Hastalık ilerlemişse,
2. İlacın başka türlü verilmesi mümkün değilse,
3. İlaçların doğrudan bronş ve alveol'lere verilmesi gerekiyorsa,
4. Doğrudan akciğere, yüksek dozajda ilaç verilecekse...

Nebulizatörler kliniksel tıpta öncelikle tedavi amaçlı kullanılmalarına rağmen, akciğer üzerindeki araştırmalarda, fizyolojik ölçümlerde ve bazı hastalıklara tanı koymak için de kullanılabilir. Hastalığa ve tedaviye göre gerekli partikül boyutları değiştiğinden yetişkinler için gereken ilaç veya sıvı çözeltisinin partikül boyutları Tablo 1' de verilmiştir [2].

Tablo 1. Yetişkinlerde çeşitli hastalıklar ve tedavileri için ilaç veya sıvı çözeltisinin partikül boyutları

Hastalık ve Tedavi Türü	Partikül Boyutu (Sıvı, µm)	Partikül Boyutu (Katı, µm)	Solunum Hızı
Local Anestezi (Bronchoscopy)	7-10	7-10	Hızlı
Astım	3-7	1-6	Nefes alma yavaş Nefes verme hızlı
Insulin/Heparin Surfactant	1-3	1	Bekleyerek, yavaş

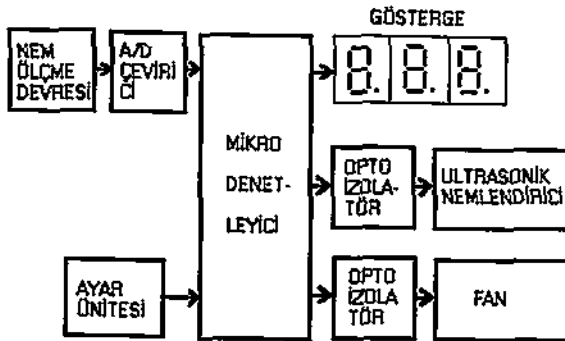
Ultrasonik nebulizatörlerde, partikül boyutları jet nebulizatörlere göre daha büyük ama daha yoğun aerosol üretilir. Nebulizasyon sonucunda sıvı veya ilaç solüsyonu küçük parçacıklara ayrılır. Tablo 1' de verilen partikül boyutları bu şekilde temin edilebilir. Tablo 1' de görüldüğü gibi nebulizatörler astımın yanında, bronşit ve bazı solunum yolu hastalıklarının tedavisinde de kullanılmaktadır. Hekim tarafından önerildiğinde Cystic Fibrosis tedavisinde aerosol haline getirilmiş penisilin kullanılabilir. Genel olarak bu tür solunum yolu ile tedavide, partikül boyutunun ortalama 2-5 µm olması gerektiğinden nebulizatörler özellikle önerilmektedir [10]. Ultrasonik nebulizatörlerin ilaçların vücut tarafından daha etkili bir şekilde kullanılmasını temin ettiği kliniksel olarak kanıtlanmış ve tedavide önemli bir yan etki gözlemlenmemiştir [11].

Ayrıca belirtmek gerekir ki, nebulizasyon işleminde herhangi bir ek ısı üretilmediğinden; antibiyotik, mucolytic ve steroid türü sıcaklıktan etkilenen ilaçların nebulizasyonu da yapılabilir [4].

Sayılan amaçlar için nebulizatörün kullanımı sırasında, temizlik ve bakıma çok dikkat etmek gerekir. Çünkü doğru bir şekilde temizlenip, bakımı yapılsa da nebulizatörde çeşitli mikroorganizmalar gelişebilir. Bu sebeple her kullanımdan sonra nebulizatörün temizlenmesi gerekir. Temizlik için sabunlu su kullanılmalı ve durulanıp iyice kurutulmalıdır.

3. GELİŞTİRİLEN SİSTEM

Ultrasonik nemlendirici kullanılarak geliştirilen sistem temel olarak üç kısımdan meydana gelir. Bunlar sırası ile; nem ölçme sistemi, ultrasonik nemlendirici ve mikrodeneleyici tabanlı kontrol üniteleridir. Şekil 1’ de mikrodeneleyici tabanlı nem ölçme ve kontrol sisteminin blok yapısı görülmektedir



Şekil 1. Mikrodeneleyici tabanlı nem ölçme ve kontrol sisteminin blok yapısı.

3.1. Geliştirilen Sistemin Genel Olarak İncelenmesi

Sistemin çalışması temel olarak şu şekildedir. Ayar ünitesi ile sistemde arzu edilen nem seviyesi yani ayar referans değeri girilir. Ayar değeri bu sırada göstergede % RH nem seviyesi olarak görüntülenir. Çalıştırma komutu verildiğinde, sensörden alınan ortamın nem seviyesi bilgisi ve ayar değeri karşılaştırılır. Eğer ortam nem seviyesi küçük ise, mikrodeneleyici tarafından optik yalıtıcı üzerinden ultrasonik nemlendirici çalıştırılır ve soğuk buhar üretmeye başlar. Üretilen buhar, optik yalıtıcılar tarafından sürülen bir fanla oluşturulan hava akımı ile,

nemlendirilecek ortama doğru gönderilir ve ortamın nem seviyesi yükselmeye başlar. Ayar değeri ve ortamın nem seviyesi eşitlendiğinde nemlendirici ve fan durdurulur.

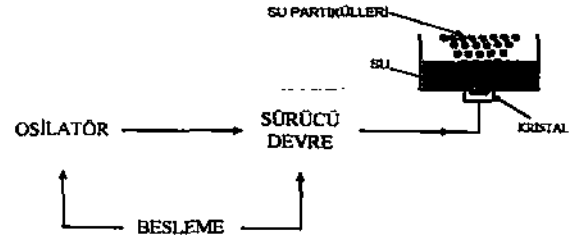
Sistemde bütün ölçme ve kontrol işlemleri 8 bitlik yüksek performanslı ve hızlı bir PIC (Peripheral Interface Controller) mikrodeneleyicisi ile yapılmaktadır. Giriş/Çıkış (I/O) pin sayısının fazla oluşu, büyük bir RAM belleğe sahip oluşu, çevre birim gerektirmemesi ve gerektiğinde çevre birimlerle bağlantısının kolayca yapılabilmesi PIC mikrodeneleyicinin diğer tercih sebepleridir.

Geliştirilen sistemde nemlendirme işlemi bir ultrasonik nebulizatör ile yapılmaktadır.

3.2. Ultrasonik Nemlendirici

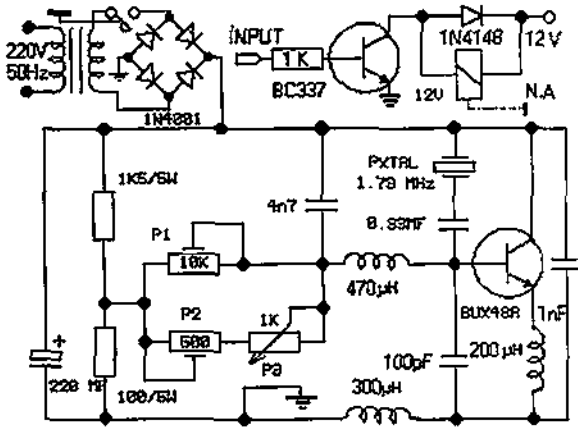
Ultrasonik nemlendiriciler oda sıcaklığında sıvıları partiküllerine ayırmak için kullanılmaktadır. Şekil 2’ de gerçekleştirilen böyle bir ultrasonik nemlendiricinin blok yapısı, Şekil 3’ de ise açık devresi görülmektedir. Ultrasonik nemlendiricinin temel çalışma prensibi, bir miktar sıvının ultrasonik frekansta titreştirilerek, partiküller arasındaki çekim kuvvetinin yenilmesi sonucunda atomize edilmesi ve böylece soğuk buhar üretilmesidir. Bu işlem için 1.73MHz’ lik bir piezo kristal kullanılır.

Şekil 3’ te görüldüğü gibi, bir osilatörde üretilen ultrasonik frekanstaki titreşimler bir sürücü üzerinden seramik malzemeden yapılmış piezoelektrik transdüserine uygulanır. Bu transdüserin 1.73MHz ultrasonik frekansta titreşmesine sebep olur.



Şekil 2. Ultrasonik nemlendirici devresinin blok yapısı

Kristal, ultrasonik dalgaları su haznesindeki tam steril suya odaklar. Bu 2-5 µm çaplı su partikül dumanının oluşmasına sebep olur. Gerektiğinde P1 potansiyometresi kullanılarak partikül dumanının yoğunluğu ayarlanabilir.



Şekil 3. Ultrasonik nemlendirici devresi

4. SONUÇ VE İRDELEMELER

İnsan sağlığı ve rahatından tıbbi uygulamalarına, endüstriyel faaliyetlerden eczacılığa kadar hemen hemen her ortamda, belirli oranda bir nem seviyesi arzu edilir. Bu nedenle gerektiğinde; nemlenmenin oluşturulacağı ortama ve amaca en uygun olan bir nemlendirme yöntemi kullanılır. Bu çalışmada, ultrasonik nebulizasyon prensibi ile çalışan ve ortam şartlarında soğuk buhar üretebilen bir aktif nemlendirme sistemi geliştirilmiştir. Geliştirilen sistem alışlagelmiş bir ultrasonik nemlendirici gibi tıbbi uygulamalarda su veya ilaç solüsyonlarının nebulizasyonunda ve bazı hastalıkların teşhis ve tedavisinde kullanılabilir. Ayrıca ultrasonik nemlendirici ile normal ortam sıcaklığında dahi nem üretilbildiğinden, tıbbi uygulamalarda bu şartlarda sınırlı hacimlerin nemlendirilmesi gerektiğinde çok kullanışlı olabilir. İlave olarak nemin üretiliş yöntemi sebebi ile nemlendirme sırasında nemlendirilen ortamının sıcaklığına ek bir ısı kazandırılmaz ve kolaylıkla oda sıcaklığında çok yüksek nem seviyelerine çıkılabilir. Sistem portatif olduğundan, halihazırda pasif nemlendirme sistemi kullanılan, büyük hacimli olmayan ortamlara rahatlıkla adapte edilebilir. Ayrıca sistemin en son üzerinde çalışılan AAD nebulizatörler gibi solunum paternlerine göre fasıllı çalışması kolaylıkla sağlanabilir ve hatta bir alarm sistemi eklenerek solunum paternleri kesildiğinde acil bir durum olduğu ikaz edilebilir. Bunun için tek yapılması gereken, solunum paternlerini hissedecek sensör/transduserin eklenmesi ve yazılımın uygun bir şekilde değiştirilmesidir. Yapılan çalışmanın tıbbi uygulamalarda daha etkin bir tedavi sağlayarak, tedavi süresini kısaltacağı beklenmektedir.

5. KAYNAKLAR

- [1]. Bouattoura D., VILLON P. and Farges G., "Dynamic programming approach for newborn's incubator humidity control" IEEE Transactions on Biomedical Eng., 1998 Jan; 45(1): 48-55.
- [2]. Dieter Köhler, "Different Aerosol Devices For Upper, Lower And Alveolar Deposition" Schmallenberg, Germany.
- [3]. Wolfgang Koch, "Generation of Aerosols and Quality Control" Fraunhofer-Institute of Toxicology and Aerosol Research, Hannover.
- [4]. Kendrick AH., Smith EC, Wilson RSE. "Selecting and using nebulizer equipment" Thorax 1997; 52 (Suppl. 2): S92-S101.
- [5]. Smith EC, Kendrick AH., "Comparison of nebulisers and compressors for domiciliary use" Eur Respir J 1995; 8: 1214-1221.
- [6]. Potts, P. J., "Inductively coupled plasma-mass spectrometry" In: Handbook of Silicate Rock Analysis. Blackie, Glasgow, 1987 pp. 575-586.
- [7]. O'Callaghan C., Barry PW., "The science of nebulized drug delivery" Thorax 1997; 52: (Suppl.2): S31-S44.
- [8]. Denyer J., "Adaptive Aerosol Delivery in Practice" Eur Respir Rev 1997; 7 (51): 388-391.
- [9]. Chris O'Callaghan FRCP, PhD, DM., "Delivery of Medical Aerosols to Children" Department of Child Health, University of Leicester and Leicester Royal Infirmary Children's Hospital.
- [10]. Chua HL, Collis GG., Le Souef PN., "Bronchial response to nebulised antibiotics in children with cystic fibrosis" Eur Respir J 1990;3:1114-1116.
- [11]. Di Sant'Agnese PA, Andersen DH., "Celiac syndrome" Am J Dis Child 1946;72:17-61.