

Ortam Sıcaklığının Ultrasonik Nebülizatörler Üzerindeki Etkinliğini Ölçen Sistem Tasarımı

Sercan Sarı¹, Ali AKPEK^{1,2}

¹Biyomedikal Mühendisliği Bölümü
İstanbul Yeni Yüzyıl Üniversitesi
sercan.sari@yeniuyuzil.edu.tr, ali.akpek@yeniuyuzil.edu.tr

²Division of Health Science and Technology
Harvard University - Massachusetts Institute of Technology
aliakpek@mit.edu

Özet

İnsanın rahatı ve konforu için bulunduğu ortamdaki sıcaklığın uygun değerlerde olması yeterli değildir. Bu konuda havadaki nem oranı da önemli bir yere sahiptir. Rahat ve konforlu bir yaşam için ortamda bulunan bağıl nemin %30 ile %65 aralığında bulunması istenmektedir. Ortamdaki nem insan sağlığı, rahatı ve konforu için çok önemlidir. Tıpta tanı ve tedavi amacıyla kullanılacak ilaçların gerek sıcak su buharı ile gerekse soğuk buhar ile hasta vücuduna inhale edilmesi gerekmektedir. Hasta vücuduna inhale edilecek ilaçlar için soğuk buhar yöntemi tercih edilerek hasta solunum yollarına zarar verilmeden daha verimli bir şekilde ilaçların alveollere ulaşması sağlanmaktadır. Bu proje ile; ultrasonik nebulizatörler ile hastaların tedavilerini daha verimli ve daha doğru bir şekilde gerçekleştirebilmelerini sağlayacak bir LCD bilgilendirme ekranı ile hastanın saati gözlemleyeceği ve ortamdaki ısının suyun buharlaşması üzerindeki etkisi göz önüne alınarak ortam ısısını ölçen bir sistem ile ortam ısısının ölçülmesi sağlanıp aynı zamanda tarih, gün gibi bilgileri gerçek zamanlı olarak ekranda gösterilmesini sağlayan bilgilendirme ekranı bulunan bir tasarım bulunmaktadır.

Anahtar Sözcükler: Ultrasonik nebulizatör, PIC kontrol, bilgi ekranlı nebulizatör, soğuk buharlaştırıcı

Abstract

For the human comfort and convenience, only appropriate temperature values may not be sufficient for the environment that they live in. The moisture content of the air has an important place in this regard. For a relaxed and comfortable life relative humidity is desirable in the range of %30 to %65 in the environment. Humidity in the environment is fundamental for the human health, convenience and comfort. The drugs that used in medicine for diagnosis and therapy must be inhaled with both cold and hot water vapor steam in the patient's body. Cold vaporization method is being preferred to reach the alveoli of the patient, thus, the drug can be used in a more efficient manner without damaging the

respiratory tract. In this project, an LCD information display to be more efficient and more accurate during ultrasonic nebulizer treatments. This LCD display has numerous functions, such as; providing ambient temperature, time and date thus the treatment can be monitored by the patient. The patient's treatment, with time information, can be applied in the right time and at the correct intervals. The reason for measuring the ambient temperature is the interaction between the ambient heat and evaporation.

Keywords: ultrasonic nebulizer, PIC control, Cold vaporization

1. Giriş

İnsan rahatı ve konforu için bulunduğu ortamdaki sıcaklığın uygun değerlerde olması yeterli değildir. Bu konuda havadaki nem oranı da önemli bir yere sahiptir [1]. Rahat ve konforlu bir yaşam için ortamda bulunan bağıl nemin %30 ile %65 aralığında bulunması istenmektedir [2]. Ortamdaki nem insan sağlığı, rahatı ve konforu için çok önemlidir [3]. Tıpta tanı ve tedavi amacıyla kullanılacak ilaçların gerek sıcak su buharı ile gerekse soğuk buhar ile hasta vücuduna inhale edilmesi gerekmektedir [4]. Hasta vücuduna inhale edilecek ilaçlar için soğuk buhar yöntemi tercih edilerek hasta solunum yollarına zarar verilmeden daha verimli bir şekilde ilaçların alveollere ulaşması sağlanmaktadır [5].

Ultrasonik nebulizatörler ilacın alveollere ulaşmasını sağlayabilmek için yardımcı kaynak olarak suyu kullanmaktadır. Ultrasonik nebulizatörler suyu ultrasonik ses dalgaları ile partiküllerine ayrıştırarak soğuk buhar elde ederler. Elde edilen soğuk buhar ile ilaç birbirine karışarak, bir maske aracılığıyla veya ortama üflenerek hastanın solunum sistemi ile alveollere ulaşması sağlanmış olur. Böylece hastaya verilmek istenen ilaçlar su partiküllerinin aracılığıyla alveollere ulaşmış hem de hastanın solunum yolları nemlendirilerek tedavi gerçekleştirilmiş olur[6].

Bazı mekânlarda aşırı nem olabileceği gibi bazı mekânlarda da aşırı kuru hava olabilir. Özellikle kış aylarında kaloriferli evlerde ve yaz aylarında klimalı ortamlarda bu sorunlar çok

rastlanır. İnsanlar için ideal nem oranı %30 ile %65 arasındadır. Havanın kuru olması insanları ve özellikle bebekleri enfeksiyonlara karşı açık tutar, burun ve boğaz bölgemizi kurutur, gözlerde yanmaya ve dudaklarda çatlamaya yol açar, toz oluşumu hızla olur ve buna bağlı olarak alerjisi olanları daha fazla etkiler [7]. Soğuk buharın yayılması, sağlık üzerinde faydalı etkiler yaratarak ortamdaki doğru nem oranını sağlar. Su damlalarının havaya geçişinin iyonlaştırıcı etkisi vardır. Negatif iyonlar, havadaki kirlilik yaratan partiküllere saldırarak yere düşürür ve böylece sigara dumanını, polenleri ve tozları azaltır [8]. Tıbbi çalışmalar, negatif iyonların hem stres önleme fonksiyonları hem de solunum cihazlarına direkt etkileriyle, insanların fiziksel ve psikolojik sağlığı üzerinde pozitif etkisi olduğunu göstermiştir [9].

Nebülizatör; buhar üretici demektir. Buhar üretmenin çeşitli yolları vardır [10]. En basit yöntem ise sıvıyı ısıtarak buhar üretmektir. Ultrasonik nebulizatör sistemi ise sıvıyı (cihazımızda deneysel olarak su kullanılmıştır) ultrasonik ses ile buharlaştırır. Su buharı elde etmede problem suyu buharlaştırmaktan çok soğuk buhar elde edebilmektedir.

Ultrasonik nebulizatör buhar üretmek için 1.7Mhz ve daha yüksek frekansta titreşim yapan piezoelektrik kristal kullanır [11]. Kristal transducer, quartz-barium titanyum gibi malzemeden yapılmıştır ve elektrik sinyallerini sese dönüştürür. Transducerin hemen üzerindeki sıvıya odaklanan ses demeti dalgaları yaratır. Frekans ve genlik yeterince güçlü olduğunda, dalga tepesi su parçacıklarından oluşan bir fiske gibi sıvının yüzeyine ulaşır.

Ultrasonik nebulizatörün en çok kullanıldığı yer yoğun bakım üniteleridir. Ultrasonik nebulizatör bu ünitelerde odaların nemlendirilmesi için kullanıldığı gibi, solunum yolları ile sıvı ilaçların buharlaştırılarak verilmesi, suni solunum ve oksijen destek sistemlerine bağlanmış hastaların soluyacakları havanın nemlendirilmesine kadar pek çok amaçla kullanılır [12].

Bu proje ile; ultrasonik nebulizatörler ile hastaların tedavilerini daha verimli ve daha doğru bir şekilde gerçekleştirebilmelerini sağlayacak bir LCD bilgilendirme ekranı ile hastanın saati gözlemleyeceği ve aynı zamanda tarih, gün ve ortamdaki havanın sıcaklığının gerçek zamanlı olarak ölçülüp ekranda gösterilmesini sağlayan pic yazılımlı bir tasarım bulunmaktadır. Çalışma ile oldukça zayıf durumda olan Türkiye’de yerli biyomedikal cihaz üretimi çalışmalarına [13-17] nebulizatör alanında bir katkı olması da hedeflenmektedir.

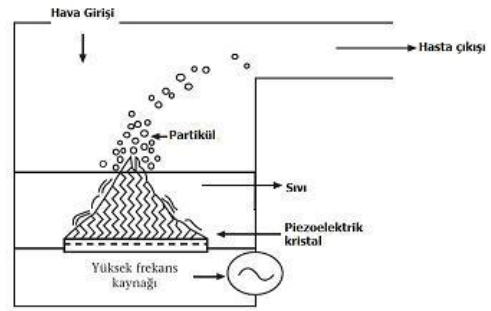
2. Materyal/Metod

Ultrasonik nebulizatörler içinde bulunan piezoelektrik kristalin vibrasyonu ile oluşan yüksek frekanslı ses dalgalarının suyu partiküllerine ayırması prensibine dayanır. Cihazın içinde kullanılan piezoelektrik kristaller 1.7 MHz den daha yüksek ses dalgaları yayarak ana su haznesinin altında yer alan partikülleşmenin gerçekleştiği su tankında su ile temas ederek bu sıvıyı küçük partiküllere ayırması prensibine dayanarak çalışmaktadır. **Resim 1**’de bu prensip gösterilmiştir.

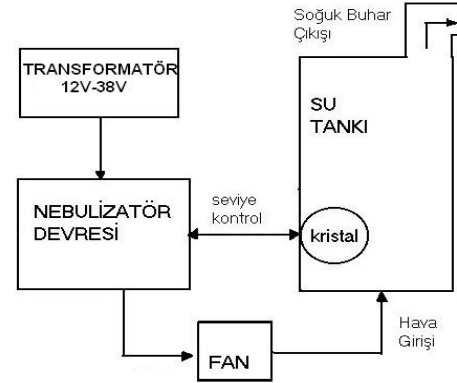
Piezoelektrik kristalin frekansı değiştirilerek buharlaşmanın yani soğuk buharın partikül boyutları değişmektedir.

Piezoelektrik kristalin frekansı arttıkça partikül çapı küçülmekte, frekansı düştükçe partikül çapı büyümektedir. Partikül çapının büyümesi hastanın inhalasyon yoluyla verilen ilaç yada nemli havanın ulaşılması gereken alveollerin en uç kısımlarına ulaşamamasını neden olur. Aynı durum çevresel sıcaklığın değişmesi durumunda da gözlenmekte, ortam sıcaklığı yüksek oldukça partikül boyutları küçülmekte, düştükçe partikül boyutları büyümektedir.

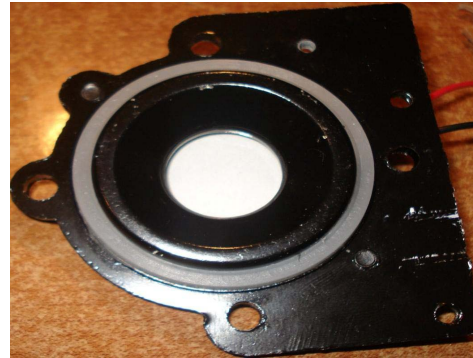
Piezoelektrik kristalimizin sıvı dışında çalıştırıldığı zaman ses dalgalarının oluşumun da meydana gelen ısı enerjisinden dolayı kristalin bozulması sebebiyle sıvı miktarı önemlidir. Bu nedenle cihazımızda sürekli olarak su miktarının ölçümün yapan ve yeterli miktarda su bulunmadığında devrenin enerjisini keserek kristalin bozulmasının önüne geçilmiştir. **Resim 2**’de ultrasonik nebulizatörün blok diyagramı gösterilmiş, **Resim 3**’te ise çalışmada kullanılan ultrasonik kristal gösterilmiştir.



Resim 1: Ultrasonik Nebülizatör prensibi



Resim 2: Ultrasonik Nebülizatör Blok diyagramı



Resim 3: Ultrasonik Kristal

Ultrasonik nebulizatörlerde yardımcı malzeme olarak kullandığımız en önemli kaynak sudur. Haznenin kapasitesine göre çeşitli miktarlarda su haznede depo edilmektedir. Su haznesinin en altında bulunan kristal için su seviyesi çok önemli bir faktördür. Haznede su bulunmadığında kristal ürettiği ses dalgaları su yerine havaya dağılacığı için ortamda fazla bir ısı enerjisi oluşacak ve bu da kristalin yanmasına ve transistörden fazla akım çekerek diğer devre elemanlarında tehlikeye sokacaktır. Devremizde kullanılmış olan manyetik anahtarlama elamanı ile sistemdeki su seviyesi ölçülmektedir. **Resim 4'**te bu seviye sensörü gösterilmiştir.

Nebulizatör devresinin ilk olarak Proteus isis programı kullanılarak tasarım ve çizim aşamaları tamamlanmıştır. Tasarım isis programı ile simüle edilerek çalışabilirliği kontrol edilmiştir. Tasarımın simülasyon işlemleri tamamlanıp tamamen çalıştığından emin olunduktan sonra Proteus Ares programı ile devrenin baskı devre kartının çizilmesi işlemleri tamamlanarak baskı devre ve malzeme yerleşim planları oluşturulmuştur.

3. Sonuçlar

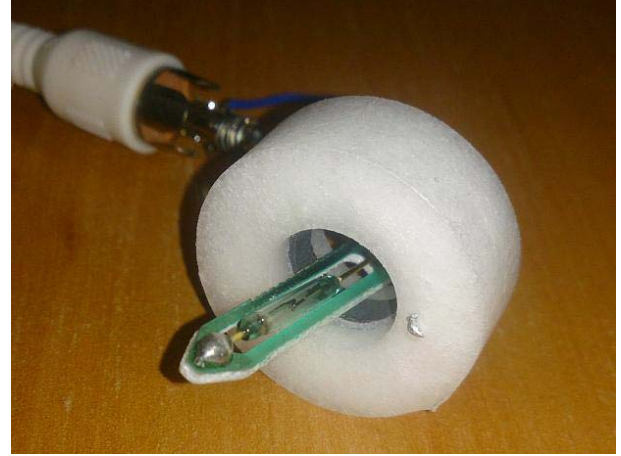
Deney aşamasında ortam ısını farklı şekillerde ölçülerek sensör ve sistemin düzgün ve tutarlı bir şekilde çalıştığı kontrol edilmiştir. Sistemin doğru ölçümler aldığı kontrol edebilmek için sensörün bulunduğu bölüme rutün olarak kalibrasyon ölçümleri yapılan bir termometre ile ölçüm kararlılıkları kontrol edilmiştir.

Nebulizatör devresinin, tarih saat ve ısı devresinin tasarımının gerçekleştirilmesinin ve çalışabilirliğinin kontrollerinden sonra devrelerin ve sistemin konforlu bir şekilde kullanılabilmesi için kutulama işleminin tasarımı oluşturulmuştur.

Su haznesinin oluşturulmasında kullanılan kabın alt kısmına kristalin yerleşmesi için özel bir döküm tasarım ile kristal yerleştirilmiştir. Kristali süren BU 406 güç transistörü yüksek voltaj ve hızlı tetikleme özelliklerinden dolayı çok fazla ısı üretmekte ve bu ısının transistöre zarar vereceğinden, kristalin tutmasına yardımcı olan döküm plakayı soğutucu olarak kullanıp suyun soğukluğu ile transistörün soğutulması sağlanmıştır. Kristalin hazne içinde oluşturduğu soğuk buharların bir kanal yardımı ile dışarı iletilerek hastaya ulaşması sağlanmıştır.

Oluşturulan kanalın içine yerleştirilen hortum ile oluşan soğuk buharın fandan gelen hava akımı ile dışarı atılması sağlanmaktadır. Alt tabana yerleştirilen manyetik sensör ile sıvı seviyesini ölçmek için şamandıra sistemini uygulayarak bir çubuk üzerine manyetik halka yerleştirilmiştir. Sıvı yükseldiğinde manyetik halka yukarı kalkarak devreyi tamamlayarak soğuk buhar oluşmasını sağlamaktadır. Hazne üzerinde sıvı seviyesini gösteren litre cinsinden bir gösterge bulunmaktadır. Üste bulunan kapak ile sıvı yüklenmesi sağlanmaktadır.

Devre kartları, bilgilendirme ekranı, seviye göstergesi ve ayar düğmesinin üzerinde bulunduğu ana gövde kutu tasarımı gerçekleştirilmiştir. Kutunun ön yüzeyinde bulunan göstergeler ve ayar düğmeleri ile kullanıcının kendi başına rahatlıkla tedavisini sürdürebilmesi hedeflenmiştir. Su haznesi ve ana gövde kutusu arasında elektriksel sinyallerin iletilmesi için jak ile bağlanabilen bir sistem tasarlayarak prototip hazır hale getirilmiştir. **Resim 5,6,7 ve 8'**de prototipin hazırlanması, temel sıcaklık ölçümleri ve prototipin son hali gösterilmektedir.



Resim 4: Seviye sensörü



Resim 5: Ultrasonik Nebulizatör Devre Kartı

a)Devre pertinaksı b)Asit öncesi baskı devre çizimi c)Kimyasal çözelti d) Asit sonrası baskı devre çizimi e)Delinmiş baskı devre kartı f)Tamamlanmış devre kartı



Resim 6: Temel ısı ölçüm sonuçları
a) 25°C b) -11.3°C c) +62.2 °C



Resim 7: Ultrasonik Nebulizatör iç ve arka görünüş



Resim 8: Ultrasonik Nebulizatör prototip görünüşü ve çalışması

4. Sonuçlar

Bu projenin amacı hastanelerde gerekli olan ve Türkiye’de sınırlı üretimi olan, çoğunlukla yurt dışından ithal edilen bir cihazın öncelikle rahatlıkla imal edilebileceğini ve maliyetinin düşük olacağını ispatlanmasındı.

Soğuk buhar ortam nemlendirmeyeyle beraber sinema, tiyatro ve konserlerde sis üretmek amacıyla da kullanılabilir. Cihaz bu haliyle günlük hayatımızda evlerde ve ofislerde kullanılabilir.

Bugün teknolojinin geldiği seviye görüldüğünde teknolojik gelişmelere öncü olmamızın gereği daha açık olarak ortaya çıkmaktadır. Bu çalışma temel alınarak burada elde edilen tecrübelerin başka alanlarda kullanılması ve hatta ileri ki safhalarda ultrason cihazı yapımına kadar gidebilecek bir araştırma faaliyetinin temelleri atılmış olmaktadır.

Nebülizatör cihazına yenilik olarak eklenen ortamın sıcaklığını ölçen sensörün koyulma nedeni; suyun partiküllere ayrışmasında ortam ısısının büyük önemi olması sebebiyledir. Bu sayede ortam ısısı etkin bir biçimde takip edilerek daha verimli bir soğuk buhar elde edilmesi hedeflenmektedir. Benzer şekilde tarih ve saati gösteren bilgilendirme ekranının yerleştirilme amacı cihaz çalışırken hastanın tedavi süresini cihaz üzerindeki ekrandan çok rahatlıkla takip etmesine imkan tanımak ve doğru sürelerde etkin bir biçimde tedavi görmesini sağlamaktır. Bu özellikler mevcut nebülizatörlerin hemen hiçbirisinde mevcut değildir.

Bilgilendirme ekranı saat/dakika/saniye şeklinde zamanı gün/ay/yıl olarak tarihi ve °C olarak ortam sıcaklığını LCD ekranda göstermektedir.

Kaynaklar

- [1] Ulus B. Et al, Sağlık çalışanları nebülizatörle tedaviyi biliyor mu?, Çocuk Sağlığı ve Hastalıkları Dergisi 2007; 50: 174-179
- [2] Güngör S. Et al, Doktorlar, Hemşireler ve Hastalar Nebülizatör Cihazlarını Ne Kadar Doğru Kullanıyor?, Solunum Dergisi t Solunum 2012; 14(3):136–140
- [3] Muers MF. Overview of nebulizer treatment. Thorax 1997; 52: 25-30
- [4] Uçgun İ., Ventilatördeki Hastada Aerosol Tedavisi, Yoğun Bakım Dergisi 2008;8(3):103-110
- [5] Hess DR, Nebulizers: Principles and Performance, Respiratory Care June 2000 Vol 45 No 6
- [6] Turner MO, Gafni A, Swan D, FitzGerald JM. A review and economic evaluation of bronchodilator delivery methods in hospitalized patients. Arch Intern Med 1996;156(18):2113–2118.
- [7] Cates CJ. Holding chambers versus nebulizers for beta-agonist treatment of acute asthma. The Cochrane Database or Systematic Reviews, 1999.
- [8] Smye SW, Jollie MI, Littlewood JM. A mathematical model of some aspects of jet nebuliser performance. Clin Phys Physiol Meas 1991;12(3):289–300.
- [9] Nerbrink O, Dahlback M, Hansson HC. Why do medical nebulizers differ in their output and particle size characteristics? J Aerosol Med 1994;7:259–276.
- [10] Newman SP. Aerosol generators and delivery systems. Respir Care 1991;36(9):939–951

- [11] Larsen KR, Svendsen UG, Molgaard F, Petersen BN. Comparability of albuterol delivered by a piezoelectric device versus metereddose inhaler in patients with chronic obstructive airways disease. *J Aerosol Med* 1998;11(2):81–88
- [12] AARC Clinical Practice Guideline. Selection of aerosol delivery device. *American Association for Respiratory Care. Respir Care* 1992;37(8):891–897.
- [13] Bulut S et al, A new algorithm for segmentation and fracture detection in X-ray images, *Medical Technologies National Conference*, 2015, doi: 10.1109/TIPTEKNO.2015.7374572
- [14] Çiftçioğlu Ç., Koçak O., Akpek A., Remote control of centrifuge and injection systems via MATLAB and ARDUINO, *Medical Technologies National Conference*, 2015, DOI: 10.1109/TIPTEKNO.2015.7374570
- [15] Ahmet Öztarhan, Ali Akpek, Efim Oks, Alexey Nikolaev, Modifying medical textiles with antibacterial and friction resistance abilities by an alternative nanotextile technology called ion implantation technique, *15th National Biomedical Engineering Meeting*, 2010, 10.1109/BIYOMUT.2010.5479859
- [16] Semih Ahmet Cebeci, Çağlar Çiftçioğlu, Onur Koçak, Ali Akpek, *Medical Technologies National Conference*, 2015, 10.1109/TIPTEKNO.2015.7374571
- [17] Ali Akpek, Chongho Youn, Toshiharu Kagawa, Temperature measurement control problem of vibrational viscometers considering heat generation and heat transfer effect of oscillators, *9th Asian Control Conference*, 2013, 10.1109/ASCC.2013.6606100