

LED'li Aydınlatmaya Sahip Ultrasonik Kavitrone Cihazı Tasarımı ve İmalatı

Design and Construction of Ultrasonic Cavitation Device with LED Lightning

Pelin Biçer¹, Onur Koçak¹

¹Biyomedikal Mühendisliği Bölümü

Başkent Üniversitesi

pelin_bicer@hotmail.com, okocak@baskent.edu.tr

Özet

Günümüzde diş ve diş eti hastalıkları gibi konularda teşhis ve tedavi amacıyla periodental mekanik aletlerin yanında elektronik bir cihaz olan ultrasonik kavitrone sıklıkla kullanılmaktadır. Diş veya diş etinin hedeflendiği bölümde mekanik aletlerden daha kolay, daha hassas, oyma, törpüleme ve düzeltme işlemi ultrasonik kavitrone ile sağlanmaktadır. Sistem kavitasyon standardına uygun ultrasonik motor sürücü devresi (güç kaynağı), led sürücü devresi, su pompası ve sürücü devresi olmak üzere 3 ana tasarım kriterine sahiptir. Bu çalışmada, ülkemizde yerli ürün olarak üretilemeyen ultrasonik kavitrone cihazının ilgili standart kriterlerine göre tasarlanıp imal edilmesi anlatılmaktadır. Bu çalışma ile amaçlanan, TÜBİTAK - BİDEB desteği ile bitirme projesi kapsamında gerçekleştirilen bir projenin, daha az maliyetle yerli üretimlerinin de yapılabilceğini ortaya koymaktır. Çalışma sürecinde mevcut sistemler incelenerek tasarım eksikliği görülen yerlerin hekimlerin isteğine göre yeniden dizayn edilmesi sağlanmıştır.

Abstract

Nowadays, The ultrasonic cavitations, an electronic medical device, are often used in dental and periodontal diseases diagnosis and treatment such as mechanical devices. The ultrasonic cavitations are more easy, sensitive than mechanical medical devices for rasping and fixing on teethes or surface of gum. The system has three main design parts. First part of the system is ultrasonic system circuit. The other part is led circuit. Final part is water pump and its circuit. All of parts are designed according to cavitations' standards. In this study presents the design and construction of a ultrasonic cavitation device system that cannot be produced as a national medical device. The purpose of this study, A project is sponsored by TUBITAK -BİDEB that is carried out under a B.Sc. project, can be done at less cost to determine the national production.

1. Giriş

Ultrasonik titreşimler ses dalgalarıyla aynı tipte ancak frekansları daha fazla olan mekanik titreşimlerdir. İnsan kulağı yaklaşık 16 Hz'den daha düşük ve 20 kHz'den daha yüksek frekansları duyamaz.

Ancak, bu iki sınır arasında kalan sesleri duyabilir. Frekansı 16 Hz den düşük olan seslere infra-ses (ses-altı), frekansı 20 KHz den daha yüksek frekanslı titreşimlere ultra-ses (ses-üstü) veya ultrasonik ses adı verilmektedir[1].

Ultrasonik titreşimler magnetostriktif etki veya piezoelektrik etki sonucu elde edilmektedir. Magnetostriktif etki 1847'de James Prescott Joule tarafından keşfedilmiştir. Magnetostriksiyon, bazı ferromagnetik materyallerin (örn. nikel, demir) elektromagnetik bir alanda boyutsal değişim göstermesi olayıdır [1].

Piezoelektrik etki ilk kez 1880 yılında Jaques ve Pierre Curie tarafından gözlenmiştir. Araştırmacılar bazı kristallerin yüzeylerine mekanik kuvvet (gerilim) uygulandığında kristal yüzeyleri arasında, uygulanan bu gerilimin şiddeti ile doğru orantılı olarak artan bir elektriksel potansiyel farkının oluştuğunu rapor etmişlerdir. Bu etki, Latince bastırmak (push) anlamına gelen (piezein) sözcüğünden türetilmiş olan piezoelektrik etki olarak adlandırılmıştır [2].

Ultrasonik titreşimler diş hekimliğinde 1950'li yıllarda aşındırıcı partiküller içeren su püskürtmesiyle birlikte kullanılmıştır [1]. Bu nedenle başlangıçta diştışı temizliğinden çok dolgu kavitelerinin hazırlanmasında kullanılmıştır. Ancak bu tür uygulamalardan kısa sürede vazgeçilmiştir.

Periodontal başlangıç tedavisi esas olarak plak kontrolü, diş taşı temizliği ve kök yüzeyi düzleştirme işlemlerini içermektedir. Ultrasonik kazıyıcılar, periodontal başlangıç tedavisinde el aletlerine göre günümüzde iyi bir alternatif olarak düşünülmektedir. Ultrasonik kavitrone ucundaki titreşim hareketi aygıtın el parçasının uzun eksenine paralel, elips şeklindedir. Titreşim hareketinin en ileri ve en geri noktası arasındaki mesafe 0.006-0.1 mm. arasında değişmektedir. Ucun bir saniyedeki titreşim sayısı ise 15.000-42.000 arasında değişmektedir [1].

Ultrasonik kavitrone çalışması sırasında hem magnetostriktif çubukta hem de sert ve yumuşak dokuyla temastaki uçta ısı artışı meydana gelir. Bu ısı artışı basınçlı su ile engellenebilmektedir. Su magnetostriktif çubuğun ve çalışan ucun ısınmasını önlemektedir. Basınçlı su magnetostriktif çubuğun olduğu bölümden geçerken biraz ısıdıktan sonra uç bölgesine gelir. Soğutma suyu ucun bitimine yakın bir noktadan çevreye birçok yönde hızlı bir şekilde yayılır.

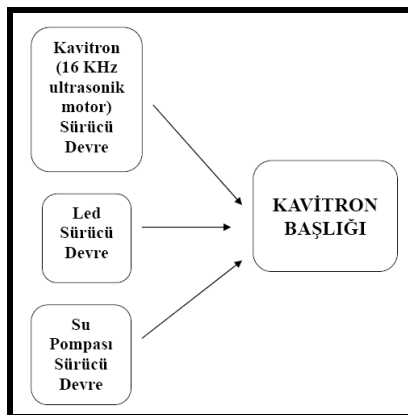
Sprey şeklindeki bu yayılma sırasında su partikülleri içinde hava boşlukları oluşur. Bu nedenle olay kavitasyon olarak adlandırılır [1].

Bitirme projesi kapsamında ve TÜBİTAK - BİDEB desteğiyle gerçekleştirilen bu projenin amacı; günümüzde yurtdışından ithal edilen ledli aydınlatmaya sahip ultrasonik kavitron cihazlarının, daha az maliyetle yerli üretimlerinin de gerçekleştirilebileceğini gösterebilmektir.

Devre tasarımını ve imalatını hedeflediğiniz ledli aydınlatmaya sahip ultrasonik kavitron günümüzde hastanelerde, diş kliniklerinde ve çeşitli merkezlerde bulunan, tedavi edici elektronik diş cihazları arasında yer almaktadır. Hasta sayısının fazla olduğu hastane ve diş kliniklerinde hekimler, işlem süresinin kısa ve işlemin kaliteli olmasını istemektedirler. Bu sebeple buralarda kullanılmakta olan cihazların son teknolojiye sahip olması istenmektedir. Fakat piyasada satılmakta olan ledli aydınlatmaya sahip ultrasonik kavitron cihazları ithal olduklarından oldukça yüksek maliyetlidir. Eğer bu cihazlar daha ucuza mal edilebilirse, klinikler ve hastaneler tarafından daha kolay temin edilebileceği düşünülmektedir. Ayrıca sıkça yaşanan durumlardan biri ise diş ünitesindeki genel ışığın tam odaklanamamasıdır. Genel ışıklandırmanın bağımsız kendi ışığı ile çalışabilme özelliği ile hekimlere kolaylık sağlayacaktır.

2. Materyal ve Yöntem

Hastaya temas eden kısım kavitron başlığı olarak adlandırılmaktadır. Kavitron başlığına teknik özellikleri sağlayan bölümler 3 ana başlık altında tasarlanmıştır. Bunlar; kavitron (ultrasonik motor sürücü) devre, led sürücü devre ve su pompası sürücü devresi şeklindedir. Şekil 1'de tasarlanan sistemin blok yapısı görülmektedir.

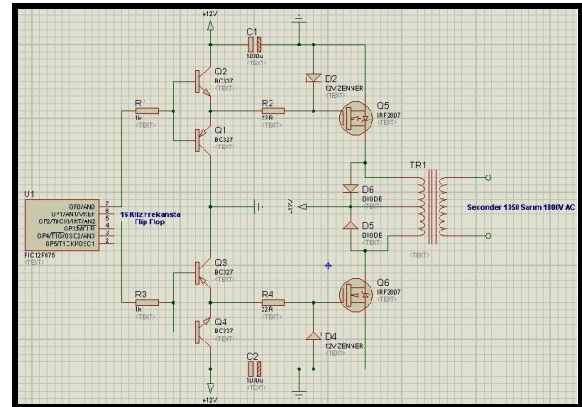


Şekil 1: Tasarlanan sistemin blok yapısı.

2.1. Kavatron Cihazı Sürücü Devresi

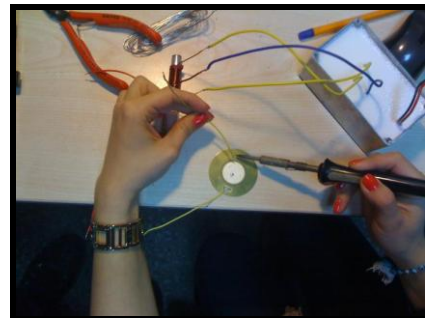
Kavitron cihazları 15 – 42 KHz frekans aralığında çalışmaktadırlar. Adaptör veya şebeke geriliminden beslenen ultrasonik motor sürücü devreleri, yüksek gerilim ile yüksek frekans değerleri üretmektedir. Tasarlanan devreye 20 V besleme gerilimi verilmektedir.

Tam DC gerilime negatif voltaj vermeden en rahat AC sinusoidal sinyal alınan teknik push-pull sürme tekniği olduğu için tasarlanan devrede push-pull sürme tekniği kullanılmıştır [3]. Bu bölüm ile ilgili devre çizimi Şekil 2'de görülmektedir.



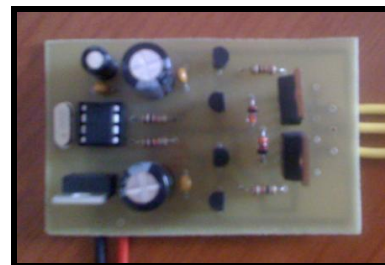
Şekil 2: Kavitron Cihazı Sürücü Devre Çizimi

Devrenin giriş voltajı 20 V'dur. Çıkış transformatör kullanılarak 1800 V değerine yükseltilmiştir. 16 KHz frekans değerine sahip çıkış frekansı elde edilmiştir. Elde edilen frekans değeri ilk önce bir quartz materyal üzerinde denenerek materyalin iletken yüzeylerinin titreştiği gözlemlenmiş ve titreşim frekansı doğruluğu sağlanmıştır. Kuvar materyal ile gerçekleştirilen frekans testi Şekil 3'de görülmektedir.



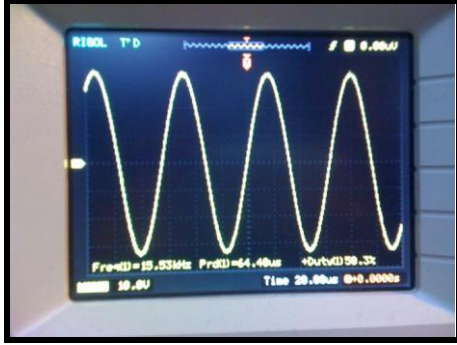
Şekil 3: Devrenin Kuartz Kapasitörde Denenmesi.

Gerçekleştirilen frekans testinden sonra baskı devre alma işlemine geçilmiştir. Kavitrone cihazı 16 KHz ultrasonik motor sürücü devresi Şekil 4’de görülmektedir.



Şekil 4: 16 KHz Ultrasonik Motor Sürücü Devresi

Baskı devresi alınan ultrasonik sürücü devresinin testi gerçekleştirilmiştir. Şekil 5’de sürücü devresine osiloskop bağlanarak tam sinüs dalgası elde edilmiş şekli görülmektedir. Bu aşamada ultrasonik motora su verilmesi ile birlikte kırma titreşimine geçmesi işlemi gerçekleştirilecektir.



Şekil 5: Devre Çıkışıdan Alınan Sinüs Dalgası Görünümü

2.2. Su Pompası Sürücü Devresi

Kavitronun çalışması sırasında sert ve yumuşak dokuyla temastaki uçta ısı artışı meydana gelmektedir. Bu ısı artışı basınçlı su ile engellenebilmektedir. Soğutma suyu ucun bitimine yakın bir noktadan çevreye birçok yönde hızlı bir şekilde yayılır. Sprey şeklindeki bu yayılma sırasında su partikülleri içinde hava boşlukları oluşur. Suyun kavitron ucuna ulaşması için bir motora ihtiyaç vardır [4].

Seçilen motor dakikada 5 lt su pompalama gücüne sahiptir. Motor beslemesi 12 V adaptör ile sağlanmaktadır. Şekil 6-a ve 6-b’de kullanılan su pompası görülmektedir.

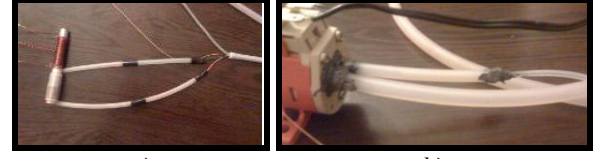


Şekil 6: Kullanılan 5 lt/dk Su Motoru

Motora giren boru bağlantıları EPOXY marka kuvvetli yapıştırıcı ile sabitlenmiştir. Basınçlı sudan kaynaklı kaçaklara karşı önlem alınmıştır.

Plastik boru bağlantılarının basınçlı suya dayanıklı olması göz önünde bulundurulmuştur. Kavitron cihazına giden boruların birleşim noktalarında kaçak olmaması için dikkatlice birleştirilmiştir.

Yüksek voltaj çıkışı veren trafomuzun cihazla birleştiği noktaların kaçak oluşmasına karşı koruması yapılarak dikkatlice izolasyonu gerçekleştirilmiştir. Şekil 7-a ve Şekil 7-b’de tasarımda gerçekleştirilen izolasyon ve korumalar görülmektedir.



Şekil 7: Tasarımda Gerçekleştirilen İzolasyon ve Korumalar

Tasarlanan devrenin dış ve dış etine temas edecek olan başlık Şekil 8’de görülmektedir. Endüstriyel bir üründen sökülerek temin edilen bu başlığa su pompasından gelen uç ile besleme girişleri efektif bir şekilde monte edilmiştir.



Şekil 8: Kavitron Cihazı Ultrasonik Motoru ve Başlığı

2.3. LED Sürücü Devresi

LED’leri çalıştırmak için eskiden beri kullanılan bir yöntem, akımı sınırlamak için direnç bağlanmasıdır. Ancak yüksek güçlü LED’lerin yaygınlaşmasıyla birlikte LED’lerin akımları giderek artmaktadır. 5mm’lik bir LED için 20mA’lık bir akım tavsiye edilirken, yüksek güçlü LEDler için bu rakam 2800mA’e kadar çıkabilmektedir [5]. Bu kadar yüksek akımlarda direnç kullanılması, direncin tehlikeli olabilecek kadar çok ısınmasına ve enerjinin büyük kısmının boşa harcanmasına sebep olmaktadır.

LED Besleme kaynakları çeşitli isimler altında adlandırılmaktadır. Genelde LED sürücü, Led trafo, led güç kaynakları, led besleme, akım sınırlamalı, voltaj sınırlamalı güç kaynakları olarak adlandırılmaktadırlar.

Kavitron cihazında sıkça yaşanan durumlardan biri dış ünitesindeki genel ışığın tam odaklanamamasıdır. Genel ışıklandırmadan bağımsız kendi ışığı ile çalışabilme özelliği ile hekimlere kolaylık sağlayacaktır. Ultrasonik kavitron cihazının genel ışıklandırma bağımsız olması için prototip olması maksadı ile kavitron ucuna led eklenmiştir. Kullanılan led için akım sınırlandırması yapılmıştır. Buna göre Adaptörden çekilen voltaj 12V’dir.

$$V_{adp}=12V \quad (1)$$

Kullanılacak beyaz led üzerindeki voltaj 3V’dir.

$$V_{LED}=3V \quad (2)$$

Led üzerine düşmesi beklenen akım ise 20mA'dır.

$$I_{LED}=20mA \quad (3)$$

Akım sınırlamak için kullanılması hesaplanan direnç değeri ise;

$$V_{adp} - V_{LED} = I_{LED} * R_{sınır} \quad (4)$$

$$R_{sınır} = 450 \Omega \quad (5)$$

değerinde tespit edilmiştir. Şekil 9'da tasarlanan LED aydınlatmanın ultrasonik kavitron başlığına adapte edilmiş son hali görülmektedir.



Şekil 9: Kavitron Cihazının Ledli Aydınlatması

3. Sonuçlar

Tasarımı ve kurulumu yapılan ledli aydınlatmaya sahip kavitron cihazı için oldukça geniş bir araştırma yapılmış ve kavitasyon standartları uygunluğu detaylı olarak incelenmiştir. İncelemeler sonucunda ledli aydınlatmaya sahip ultrasonik kavitron cihazı tasarımı için led sürücü, ultrasonik motor sürücü devre ve kavitasyon işleminin yapılması için ultrasonik motorda parçalanmak üzere başlıktan çıkacak suyu pompalayan motor olmak üzere, üç ayrı bölümden oluşması gerektiği ortaya konulmuştur.

Sürücü devre tasarımında meydana gelen aksaklıklardan dolayı devre kurulumu 3 kez yinelenmiştir. İlk kurulan devrede devre elemanları ile ilgili problemler meydana gelmiştir. İkinci kurulan devrede yüksek gerilimden kaynaklı oluşan ark nedeni ile istenilen performansa erişilememiştir. Son olarak üçüncü kez kurulan sürücü devre de ise ark problemini önleyebilmek için, Şekil 3'de de görülen, Smooth-on marka poliüretan kullanılarak ortamdan izole edilmiştir. İzolasyon işleminden önce devre metal bir kutuya sabitlendikten sonra üzeri %50 oranında hazırlanan poliüretan ile doldurulmuştur. Katılaşması için belirli bir süre bekletilmiştir.

Kavitasyon işleminin gerçekleşmesi için gerekli olan suyun, kavitron cihazına (ultrasonik motora) pompalanmasında gerekli olan motor, fiyat-kalite oranı göz önünde bulundurularak araştırmalar sonucunda sipariş edilmiştir. Piyasadaki kavitron cihazları 15 – 42 KHz frekans aralığında çalışmaktadırlar. Ultrasonik motor sürücü devreleri, adaptör veya şebeke geriliminden beslenmektedirler. Tasarımı gerçekleştirilen sürücü devrede, tam DC gerilime negatif voltaj vermeden en rahat AC sinusoidal sinyal alınan teknik push-pull sürme tekniği olduğu için bu teknik kullanılmıştır.

Devre girişine uygulanan 20V, transformatör kullanılarak 1800 V değerine yükseltilmiştir.

16 KHz frekans değerine sahip çıkış frekansı elde edilmiştir. Elde edilen bu değer ile kavitasyon işlemi için gerekli olan frekans standartı minimum seviyeden de olsa yakalanmıştır.

Sonuç olarak, tasarlanan ledli aydınlatmaya sahip çok fonksiyonlu ultrasonik kavitron cihazı led aydınlatması ile diş ünitesi aydınlatmasından bağımsız aydınlatma imkanı sağlanmıştır. Kavitronun çalışması sırasında sert ve yumuşak dokuyla temastaki uçta meydana gelen ısı artışı basınçlı su ile engellenmiştir. Soğutma suyu, ucun bitimine yakın bir noktadan çevreye birçok yönde hızlı bir şekilde yayılır ve spray şeklindeki bu yayılma sırasında su partikülleri içinde hava boşlukları oluşmaktadır ve bu şekilde kavitasyon işlemi gerçekleşmektedir.

Bu çalışma TÜBİTAK - BİDEB 2009 kapsamında desteklenmiş olup Başkent Üniversitesi Biyomedikal Mühendisliği Bölümünde, 2011- 2012 akademik yılında, Bitirme Projesi olarak gerçekleştirilmiştir.

4. Kaynaklar

- [1] Efeoğlu, A., Periodontal Tedavide Ultrasonik ve Sonik Kazıyıcılar, İ.Ü. Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi, 1993;27.244.
- [2] Koçak, O., Erdamar, A., Design and Construction of Differential and Temperature Controlled Quartz Crystal Microbalance (QCM) Biosensor, BIOMED 2005 (XII. International Biomedical Science and Technology Symposium), pp109 – 110, 20-23 September 2005, İzmir, TURKEY.
- [3] Koçak, O., Sunay, A.S., Kocum, İ.C., Taramalı Tünelleme Mikroskobu (TTM) Cihazı Tasarım ve İmalatı, IV. Ulusal Biyomühendislik Kongresi, pp 36, 15 – 18 Ekim 2008, İzmir.
- [4] Koçak, O., Eken, A., Koçum, İ.C., Kocakulak, M., Peristaltik Kalp Pompası Tasarım ve İmalatı, BİYOMUT 2006 (11. Biyomedikal Mühendisliği Ulusal Toplantısı), 25-27 Mayıs 2006, İstanbul.
- [5] Parlak, Ş., Koçak, O., Koçoğlu, A., Koçum, İ.C., Medikal Amaçlı LED'li Aydınlatma Sistemi Tasarımı, BİYOMUT 2007 (12. Biyomedikal Mühendisliği Ulusal Toplantısı), pp153 – 156, 22-23 Mayıs 2007, İstanbul.