

## ELEKTROMEKANİK MUSLUK TASARIMI

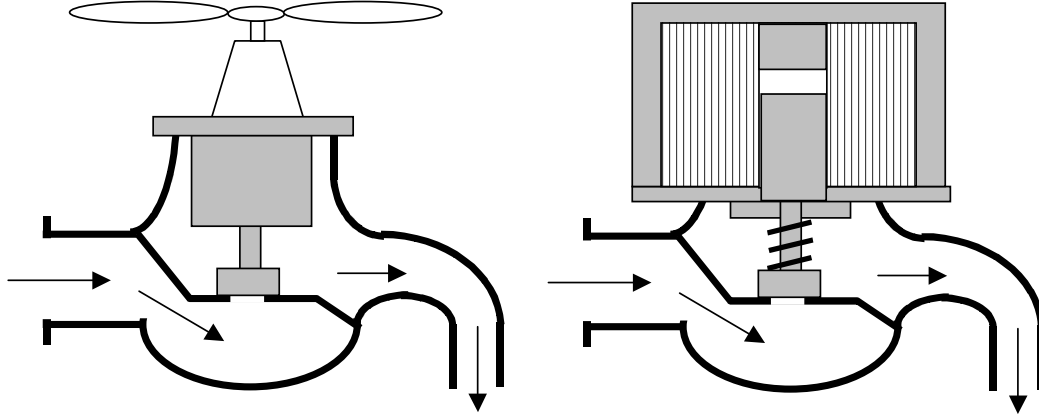
*Gürsel ŞEFKAT*

*Uludağ Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Makina Mühendisliği Bölümü*

Hayatımızın vazgeçilmez ihtiyaçlarından biri olan su; güç, bereket, enerji, sağlık, uygarlık ve güzelliğin simgesidir. Ancak yeryüzündeki suların bilinçsizce kullanımı mevcut kaynakların tasarruflu kullanılmasını zorunlu hale getirmiştir. Kontrol edilemeyen nüfus artışı, hızlı kentleşme, iklim değişiklikleri ve su kaynaklarının yetersizliği günümüz Türkiye'sinde kronik bir susuzluk sorunu yaratmıştır. İstatistiklere göre su havzaları büyük tehlike altındadır. Türkiye su varlığı bakımından zengin bir ülke sayılmaz zira su zengini ülkelerde yılda kişi başına düşen su miktarı 10000 metreküp iken Türkiye'de bu değer 1800 metreküptür. Zaten yeterli olmayan su rezervleri, bilinçsiz tüketim nedeniyle her geçen gün daha da azalmaktadır. Dünya üzerinde gelişmiş birçok ülke bu soruna somut önlemler almışken, ülkemizde halkın bilinçlendirilmesi ve tasarrufa yönelik tedbirler çok yetersiz kalmaktadır. Elektromekanik musluklar gelişmiş batı ülkelerinde olduğu gibi ülkemizde de büyük su tasarrufu yapmamıza olanak sağlayabilir. Günlük hayatta kullandığımız muslukların yapısına ve nasıl çalıştıklarına pek dikkat etmez ve önemsemeyiz. Ancak yaşadığımız bir gün içinde muslukları çok defa kullanırız. Bu kullanımlar esnasında musluk bir kez açılır ve işlem bitince kapatılır. Örneğin diş fırçalama ve tıraş olma esnasında musluk ya her defasında açılıp kapatılır ya da açık bırakılır. Elektromekanik musluk ise sadece ihtiyaç olduğunda açılıp su ihtiyacını karşılar böylece çok ciddi tasarruf sağlanabilir. Bu çalışmada sabit debi sağlayan, elektromıknatıs devresi kullanan elektromekanik musluk tasarımı izah edilecektir.

### SİSTEM

Elektromekanik musluğun mekanik musluktan tek farkı vida mekanizması yerine bir sargı, sargının hareket ettirdiği bir çekirdek ve sargıya verilen akım kesildiğinde çekirdeğin başlangıç konumuna gelmesini sağlayan bir yay elemanıdır. Sargıya akım verilmediğinde yayın ön gerilme kuvveti, çekirdeği aşağıya itirmekte ve akışkan geçişine izin vermemektedir. Mekanizmanın normalde kapalı olmasının sebebi olası bir elektrik kesintisi veya elektromekanik donanım arızasında musluğu kapalı tutmaktır. Bu düşünce ile her iki musluğun şematik gösterimi Şekil 1'de verilmiştir.



Şekil 1. Mekanik ve Elektromekanik Musluk

## ELEKTRO MEKANİK MUSLUK BOYUTLANDIRILMASI

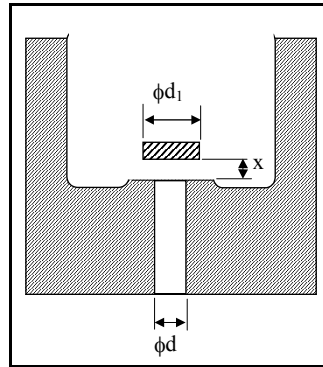
Bu çalışmada incelenen elektromekanik musluk tasarımında akış miktarı, kısılma prensibi ile bulunur. Bir kısma elemanından geçen akışkan debisi;

$$Q = AC_d \sqrt{\frac{2\Delta P}{\rho}} \quad (1)$$

şeklinde verilir. Burada  $Q$  [ $m^3/s$ ] cinsinden debiyi,  $A$  [ $m^2$ ] cinsinden kısma bölgesi açıklığını,  $\Delta P$  [ $N/m^2$ ] cinsinden basınç farkını  $g$  [ $kg/m^3$ ] akışkan yoğunluğunu ve  $C_d$  akış katsayısını ifade etmektedir.  $C_d$  0.6-0.9 arasında değişmektedir.

Normalde bir musluktan maksimum 10 lt/dak 'lık bir su debisi ihtiyacı olduğu belirlenmiştir. Şehir şebeke basıncı ise 5 bar olarak alınmıştır. Mevcut bir musluk gövdesine montaj yapmak dolayısıyla yeni bir gövde tasarımına ihtiyaç duymamak için manyetik devrenin standart bir mekanik musluk gövdesine göre boyutlandırılması uygun görülmüştür. Standart bir mekanik musluk gövdesinde orifis çapı 10 mm'dir. O halde 10 lt/dak 'lık bir debinin elde edilebilmesi için disk şeklindeki elemanın orifis yüzeyinden ne kadar uzaklaşması gerektiğini bulmalıyız.  $C_d$ ; akış katsayısı en kötü orifis ağzında 0.6'dır, su için yoğunluk değeri  $1000 kg/m^3$ 'tür. Bu değerleri kullanarak (1) nolu ifadeden;

Şekil 2. Musluk Orifisinin Genel Şeması



$$Q = AC_d \sqrt{\frac{2\Delta P}{\rho}} \Rightarrow 10 * \frac{10^{-3}}{60}$$

$$A * 0.6 * \sqrt{\frac{2 * 5 * 10^5}{1000}} \Rightarrow A = 8.784 * 10^{-6} [\text{m}^2] \quad (2)$$

bulunur. Gerekli açıklık ise;

$$A = \pi d x \Rightarrow x = \frac{A}{\pi} = \frac{8.784 * 10^{-6}}{\pi} \Rightarrow x = 0.28 \text{ mm} \quad (3)$$

değeri elde edilir. Bu mesafe, musluğun ihtiyaç duyulan debiyi sağlaması için gereken minimum açıklıktır. Tasarlanan elektromekanik musluk sistemi için bu değer fiziksel anlamı, elektromıknatısın yaya karşı kuvvet uygulayarak çekirdeği yukarı çekmesi gereken mesafedir.

Şimdi 0.28 mm'lik doğrusal öteleme hareketi sağlayan elektromıknatısı tasarlamamız gerekir. Her şeyden önce bu hareketi sağlayacak mıknatıs kuvveti hesaplanmalıdır. Dolayısıyla, Şekil 2'de gösterilen disk eleman üzerine etkiyen kuvvetler bulunmalıdır. Musluğun normalde kapalı tutulması için ön gergili yay kuvvetinin basınç kuvvetini yenmesi gerekir. Bu sistemde basınç kuvveti,  $F_a$ :

$$F_a = \Delta P \cdot A = \frac{\Delta P \pi d^2}{4} \quad (4)$$

ile ifade edilir. Değerler yerine koyulursa;

$$F_a = \frac{\Delta P \pi d^2}{4} = \frac{5 * 10^5 * \pi * (10 * 10^{-3})^2}{4} \Rightarrow F_a = 40 \text{ N} \quad (5)$$

olarak bulunur. Yay kuvvetinin en az bu değerde olması gerekir. Ayrıca kalıcı mıknatısların etkisini ( $10 * F_m$ ) karşılaması gerekir. Dolayısıyla,

$$F_{Yay} = F_a + 0.1 F_m \quad (6)$$

bulunur. Buradan üretilmesi gereken mıknatıs kuvveti,

$$F_m = F_{Yay} + 0.1 F_m + kx_s \quad (7)$$

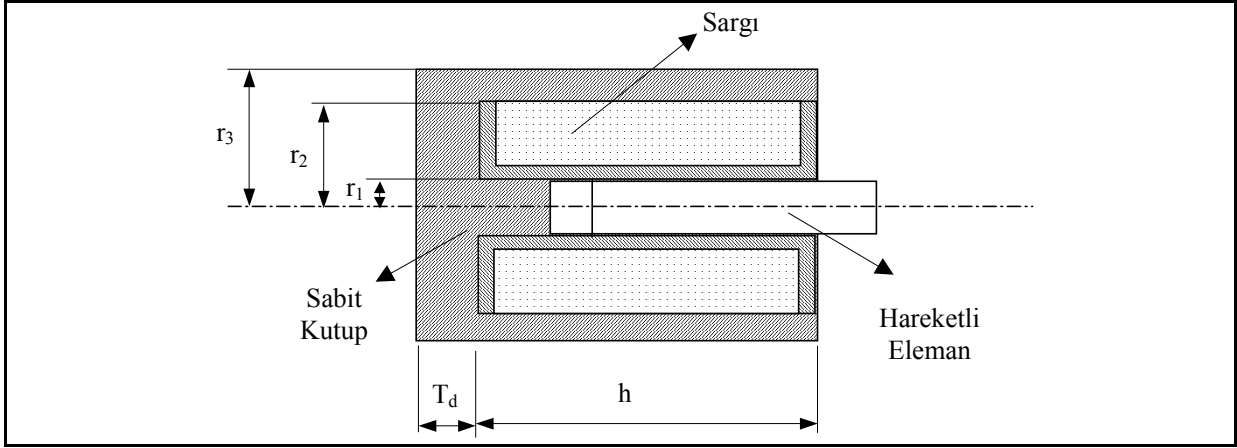
Burada  $kx_s$  disk hareketi sonucunda sıkışan, ön gerilmeli yayın ilave kuvvetini temsil etmektedir. Kullanılacak yayın rijitliği 25 N/mm ön görülürse,

$$F_m = F_{Yay} + 0.1 F_m + kx_s = 40 + 4.7 + 7 = 52 \text{ N} \quad (8)$$

olarak bulunur. Bu çalışmada Şekil 3'de genel şeması verilen düz yüzlü silindirik piston tipi elektromıknatıs devresi kullanılmıştır. Şimdi istenen mıknatıs kuvvetini sağlayan elektromıknatıs boyutlandırmasına geçebiliriz. Mıknatıs kuvveti,

$$F_m = \left(\frac{z}{2}\right) \frac{B_g^2 A_c}{\mu_0} \quad (9)$$

şeklinde ifade edilir. Burada  $A_c$  yeterli mıknatıs kuvvetini oluşturabilmesi için sahip olması gereken çekirdek kesit alanı olup biçiminde ifade edilir.  $z$ , çalışma aralığı sayısı olup bu tip için 1'dir. Hava aralığında oluşacak maksimum akı yoğunluğu  $1 \text{ Wb/m}^2$  kabul edilir.  $\mu_0$  ise havanın geçirgenliği olup  $4\pi 10^{-7}$ 'dir. Bu değerleri (9) nolu ifade de yerine koyarsak,  $r_1 @ 7 \text{ mm}$  bulunur. Ancak hesaba katılmayan kuvvetleri düşünerek  $r_1 = 10 \text{ mm}$  olarak belirlendi.

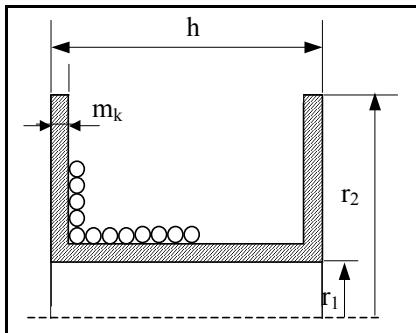


Şekil 3. Elektromıknatıs Devresi

Hava aralığında kabul edilen manyetik akıyı sağlamak için gereken magnetomotor kuvveti,

$$NI = (1.15 \div 1.35) \frac{B_h x_h}{\mu_0} \quad (10)$$

eşitliği ile elde edilir [1]. Burada  $x_h$  maksimum hava aralığı değeridir. Pistonun ki ucuna bağlı diskin hareket miktarı  $0.28 \text{ mm}$  olacaktır. Ancak elektromıknatısın verimli çalışabilmesi için sabit kutup ile hareketli kutup birbiri ile temas etmemelidir. Zira temas ettiklerinde elektromıknatısların karakteristikleri gereği hava aralığı sıfır değerini aldığı anda mıknatıs kuvveti değeri teorik olarak sonsuza gider yani çok büyük değerlere yükselir ve iki kutbu ayırmak mümkün olmayabilir. Bunun için hareketli kutup hareketini tamamladıktan sonra bile aralarında  $0.5 \text{ mm}$ 'lik bir mesafe kalması uygun görülmüştür. Böylece maksimum hava aralığı değeri  $x_h = 0.5 + 0.28 = 0.78 \text{ mm}$  alınabilir. Bu duruma göre magnetomotor kuvveti;



Şekil 4. Makara Boyutları

$$NI = 1.35 * \frac{1 * (0.78 * 10^{-3})}{4\pi 10^{-7}} \cong 840 \quad \text{Amper sarımdır. (11)}$$

Tasarımı yapılan elektromıknatısın çalıştırılması için sürülecek akım değeri 1A olarak öngörülürse sarım sayısı,

$$N = \frac{NI}{I} = 840 \quad (12)$$

olarak hesaplanır. Bu sarım sayısını makaraya sığdırılabilmesi için gerekli makara boyutları şu şekilde belirlenir. Sargıda ısınma problemi en aza indirmek için pratik olarak iletken telin 1mm<sup>2</sup>'sinden maksimum 2 A 'lik akım geçirilmelidir. Kullanılan elektromıknatıs devresine 1 A'lik akım sürüleceğinden, iletken telin kesit alanı;

$I/A=2$  ve  $A=pd_t^2/4$  olduğundan;  $d_t=0.8$  mm bulunur. Buradan hareketle, makaraya yatay yönde ve dikey yönde sarılacak iletken tel sayısı,

$$N = \frac{(h - 2m_k) * r_2 - r_1 - m_k}{d_t} * \int_1 \quad (13)$$

şeklinde ifade edilebilir. Burada  $m_k = 1$  mm makaranın kalınlığını,  $f_1=0.7$  boşluk faktörünü,  $h, r_2, r_3$  elektromıknatıs boyutlarını ve  $d_t$  iletken telin çapını temsil etmektedir. Mevcut musluk boyutuna benzerlik için,  $h=50$  mm seçilirse  $(r_2-r_1)$ 'in ne olması gerektiği sıcaklığa göre optimum düz yüzü silindirik pistonlu elektromıknatıs tipi için  $3.5 < h/(r_2-r_1) < 5.5$  eşitsizliğinden bulunur [1]. Eşitsizliğin çözümünden;

$$3.5 < \frac{h}{(r_2 - r_1)} < 5.5 \Rightarrow 10.9 < (r_2 - r_1) < 17.1 \Rightarrow$$

$$(r_2 - r_1) = 17$$

olarak belirlenir. Bu değeri (13) nolu ifadede kullanırsak;

$$N = \frac{(50 - 2) * (17 - 1)}{0.8} * 0.7 = 840$$

olduğu görülür. Dolayısıyla gerekli sarım sayısı elde edilir.

$$(r_2 - r_1) = 17 \quad r_2 = 17 + 10 \quad r_2 = 27 \text{ mm}$$

Alanların eşitliğinden, [2]

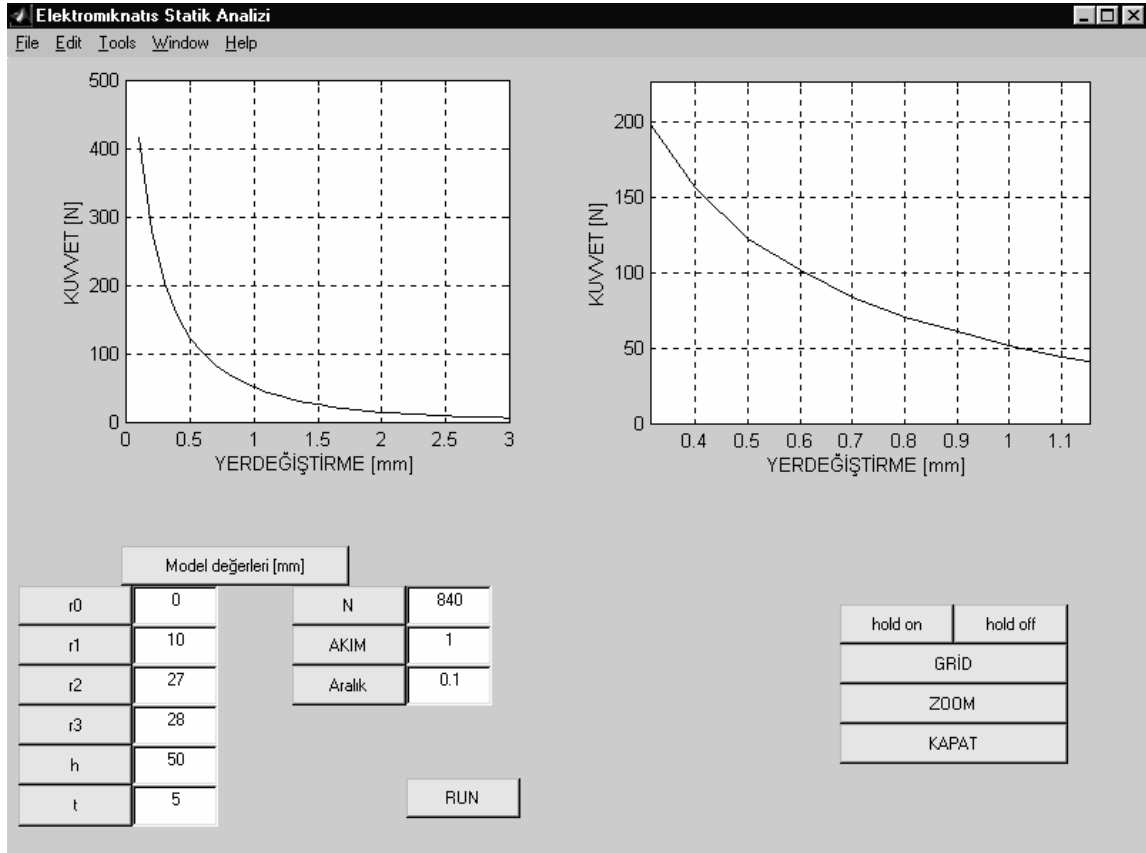
$$r_1^2 = r_3^2 - r_2^2 = 2r_1 T_d \quad (14)$$

olduğundan  $r_3=28$  mm ve  $T_d= 5$  mm bulunur. Bulunan değerleri bir tabloda gösterelim.

Boyutlar [mm]				
$r_1$	$r_2$	$r_3$	$h$	$T_d$
10	27	28	50	5

## ELEKTROMEKANİK MUSLUĞUN STATİK ANALİZİ

Elektromıknatısların karakteristiği, hava aralığı mesafesine göre sağladığı mıknatıs kuvveti eğrileri ile verilir. Bu eğriler sabit akım değerleri için bulunur. Belirlenen boyutlarda elektromıknatısın statik analizi için MATLAB paket programı Kullanıcı Grafik Arayüzü (GUI-Graphic User Interface) kullanılarak görsel bir program hazırlanmıştır[4]. Şekil 5'de gösterilen pencerede belirlenen boyutlar girildikten sonra (burada  $r_0$  değeri çekirdeği temsil eden hareketli elemanın iş yapan ucunda herhangi bir nedenle boşaltılan deliğin yarıçapını temsil eder ki bu çalışmada 0'dır) program çalıştırılarak (run edilerek) elektromıknatısın karakteristik eğrileri elde edilmiştir. Soldaki ilk grafik 0-3 mm hava aralığındaki değişimi gösterirken, sağdaki aralık ilgili hava aralığını daha dikkatli incelemek için büyütülmüştür. Grafiklerden de görüldüğü gibi maksimum hava aralığı 0.78 mm için, belirlenen boyutlarda bir amperlik akım ile gereken mıknatıs kuvvetinden ( $F_m=52$  N) daha yüksek bir değer ( $F_m@70$  N) elde edilmiştir.



Şekil 5. Statik Analiz için MATLAB'da Hazırlanan Görsel Program Penceresi

## SONUÇ

Bu çalışmada basit bir elektromekanik sistem tasarımı olan otomatik musluk tasarımı yapılmıştır. Öncelikle mevcut mekanik musluk gövdesinin değişimine gereksinim duymadan sadece vida mekanizmasının yerini alacak elektromekanik musluk planlanmış ve bu amaçla tasarım adımları izah edilmiştir.

Yapılan çalışma kullanıcıya kolaylık sağlayan bir görsel programla desteklenmiştir. Bu program boyutları belirlenmiş bu tip elektromekanik sistemlerin statik karakteristiklerini çıkarmada kullanıldı. Herhangi bir boyut değişiminin sistemin karakteristiğini nasıl değiştirdiğini anında gösterebilir. Ancak çalışma bu tip bir programı tanıtmaya amaçlı olmadığından sadece araç olarak kullanılmıştır.

Bu tip muslukların özellikle çok kullanımlı, iş merkezleri, okullar, hastaneler, oteller gibi yerlerde hem tasarruf hem de hijyen açısından birçok avantaja sahiptir. Başlangıç maliyeti mekanik musluklara nazaran yüksek olması sebebiyle evsel uygulamalarda çok yoğun olarak kullanılmamaktadır.

Bu çalışma prototip bir tasarım olmasına rağmen tasarıma başlarken talep edilen gerekli kuvveti ( $F_m=52$  N) ve boyutları sağladığını gösterilmiştir. Dolayısıyla ülkemizde yapılacak basit yapıdaki bu tip elektromekanik muslukların üretilebilirliği ve ekonomik olabirliği ortaya konmuştur. Bu çalışmanın benzer çalışmalara, anlaşılabilir tasarım adımlarıyla ışık tutacağı düşünülmüştür.

## KAYNAKÇA

1. **Roters, H.C.**, Electromagnetic Devices, John Wiley and Sons, New York, 1979.
2. **Şefkat, G.**, Elektromekanik Sistemlerin Optimum Tasarımı ve Denetimi, Doktora Tezi, Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 2000
3. **Şefkat, G.**, Bir Elektromekanik Aygıtın Statik ve Dinamik Karakteristiğinin Araştırılması, Pamukkale Üniversitesi, Mühendislik Bilimleri Dergisi, Cilt:8, Sayı:3, Sayfa.273-282, 2002
4. **Şefkat, G.**, Bir Elektromekanik Sistemin Statik Davranışının İncelenmesi, Uludağ Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, (Kabul edildi baskıda), 2003
5. **Gönülkırılmaz H.**, Bir Elektromekanik Musluk Tasarımı, İmalatı ve Deneysel İncelenmesi, Bitirme Ödevi, Uludağ Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Makina Mühendisliği Bölümü, 1996