

EVRIK SARKAÇ SİSTEMİNİN BULANIK MANTIKLA KONTROLÜ

Çiğdem GÜNDOĞAN¹

Birol ARİFOĞLU²

^{1,2}Elektrik Mühendisliği Bölümü

Mühendislik Fakültesi

Kocaeli Üniversitesi, 41100, İzmit, Kocaeli

¹e-posta: cdemgun@kou.edu.tr

²e-posta: barif@kou.edu.tr

Anahtar sözcükler: evrik sarkaç, bulanık mantık kontrol

ABSTRACT

Fuzzy logic controllers have important application fields and have succesfully been applied to nonlinear systems. In this study, a nonlinear inverted pendulum demonstration was constructed in laboratory. Control of this inverted pendulum is made with a fuzzy logic algorithm which is written in Turbo Pascal 6.0. System construction, the structure of fuzzy logic algorithm and the conclusions are briefly explained in the following chapters.

1. GİRİŞ

Çoğu insan genellikle bir çubuğu yukarı doğrultuda dik tutarak dengelemeye çalışmıştır. Bir evrik sarkaç da, temel olarak aynı işi yapmaya çalışır. Evrik sarkaç sistemi bir araç üzerine konumlandırılmış hareketli bir çubuktan oluşur. Sistemi dengede tutmak için, uygun bir şekilde kuvvet uygulanarak araç sağa veya sola hareket ettirilmelidir, böylece sarkaç dik pozisyonda kalır. Nonlineerliğe sahip evrik sarkaç, değişik kontrol teorilerinin doğrulanması, karşılaştırılması ve hesaplanmasında kontrol mühendisleri için çok iyi ve önemli bir örnek olmaktadır. [1],[2]

Evrik sarkaç; roket ve uyduların ek motorları, uçak veya helikopterlerin iniş sistemleri, uçakların hava türbülansına girdiğinde dengelenmesi, gemide bir kabinin dengelenmesi, iki ayaklı hareket sistemlerinin ve reaktörlerdeki nükleer yakıt çubuklarının dengelenmesi gibi uygulamalarda kullanılan bir modeldir. [3]

Bulanık sistemler bilgi tabanlı veya kural tabanlı sistemlerdir. Bulanık bir sistemin kalbi, bulanık EĞER-İSE kuralları olarak da anılan bilgi tabanıdır. Bir bulanık sistem oluşturmanın başlangıç noktası bilgiye dayanmak veya uzman kullanıcılardan bulanık EĞER-İSE kurallarını sağlamaktır. Sonraki adım bu kuralları tek bir sistem içerisinde

birleştirmektir. Bulanık mantığın en anlamlı ve önemli uygulamaları kontrol alanında gerçekleştirilmektedir. Proses operatörün beceri ve dikkatine dayandığında, prosesler matematiksel değil de kavramsal olarak modellenenildiğinde bulanık mantık kontrol uygulanabilmektedir. [4],[5]

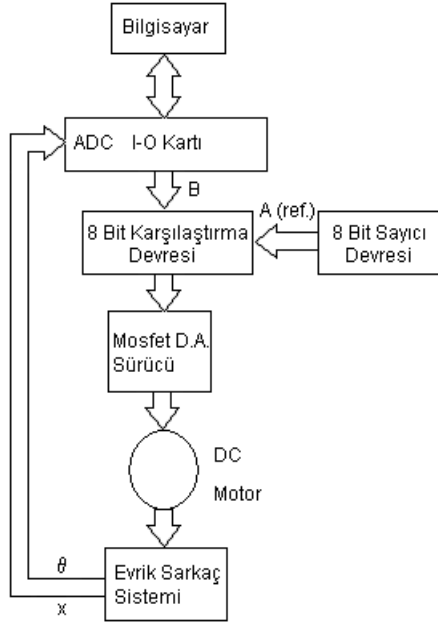
Genellikle, evrik sarkaç sistemlerinde klasik kontrol teknikleri uygulanmaktadır. Bu çalışmada bulanık mantık ile denetimi öngörülmekte ve gerçekleştirilmektedir. Bir bulanık mantık kontrolör yapmak için, evrik sarkaç sisteminin kontrol davranışlarının analiz edilmesiyle başlamak gereklidir. Açık kontrolü yapılması için açı ile kuvvet arasındaki ilişki yansıtılmalıdır, θ ve f arasındaki ilişki nonlineerdir. Salınan bir evrik sarkaç için kontrol amacı, dikey doğrultudaki açısını sifıra eşitlemektir ($\theta=0$). [6]

Bu çalışmada evrik sarkaç sisteminin düzeneği laboratuvar ortamında oluşturulmuştur. Sistemin kontrol amacını sağlamak için bulanık mantık kontrol girişleri olarak açı ve açı değişimi, çıkış olarak da arabaya uygulanan kuvvet alınarak kurallar oluşturulmuştur. Evrik sarkaçın bulanık mantık kontrol programı PC’de Turbo Pascal yazılımı kullanarak yapılmıştır. Ayrıca sonraki bölümlerde düzeneğin kısımları ve kontrol yapısı hakkında bilgi verilmekte, çalışmanın sonuçları ve öneriler en son bölümde sunulmaktadır.

2. EVRIK SARKAÇ DÜZENEGİ

Uygulama çalışması yapılacak düzeneğin blok şeması şekil 1’de verilmektedir. Düzeneğin kısımları:

1- Sinyal Jeneratörü, 2- Güç kaynağı, 3- DC motor ve konum bilgisini alan potansiyometre, 4- Trafo devresi, 5- Mosfet sürücü devresi, 6- Sayıcı-karşılaştırma devresi, 7- Evrik sarkaç açı bilgisini alan potansiyometre, 8- PC, 9-Turbo pascal 6.0



Şekil 1. Evrik sarkaç düzeneğinin blok şeması

Yapılan evrik sarkaç düzeneğinin görüntüsü şekil 2’de gösterilmektedir.

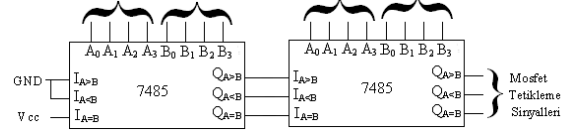


Şekil 2. Evrik Sarkaç düzeneğinin görüntüsü

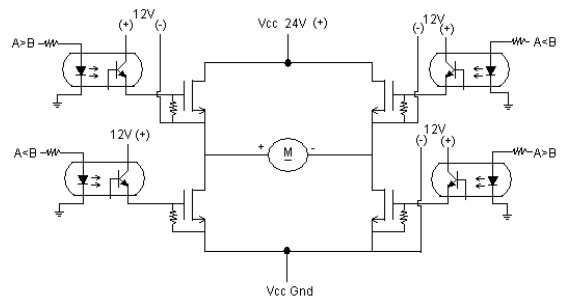
Sistemin geri besleme sinyalleri olan açı ve konum bilgileri potansiyometrelerden alınarak giriş/çıkış kartından okunmaktadır. Sistemden alınan bu giriş bilgilerinden, Turbo Pascal 6.0’da yazılımı yapılan bulanık mantık algoritmasına göre 0-255 aralığındaki sayı olarak kontrolör çıkışı, giriş/çıkış (I/O) kartının çıkış portuna 8 bitlik bir veri olarak gönderilmektedir.

Kontrolör çıkışını sisteme uygulayabilmek için, sayıcı karşılaştırıcı devresi mosfetleri tetikleme sinyali üretmektedir. Mosfetler sürülerek dc motora pozitif veya negatif yönde gerilim uygulanmaktadır. Motorun dönüş yönü gerilimin hangi yöne daha uzun süre uygulanmış olmasına bağlıdır. Böylece evrik sarkaç arabasının sağa veya sola hareketi sağlanmış olur. Şekil 3’te 8 bitlik

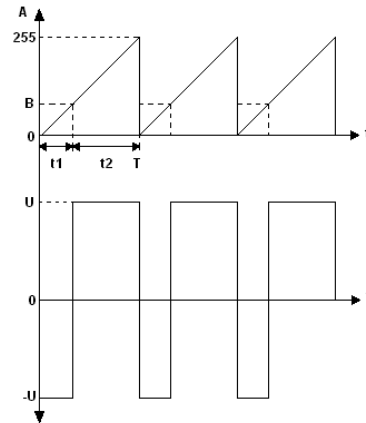
karşılaştırma devresi, şekil 4’te mosfet sürücü devresi görülmektedir. Şekil 5’de de kontrolör çıkışının (B), sayıcı devresinin sabit frekansta ürettiği rampa fonksiyonuyla (A) karşılaştırılması sonucunda mosfetleri tetiklemesi ile meydana gelen gerilim değişikliğini göstermektedir.



Şekil 3. 74LS85 entegreleri ile tasarlanan 8-bitlik karşılaştırma devresi



Şekil 4. Mosfet sürücü devresi



Şekil 5. Kontrolör çıkışı ile mosfet sürücü devresinde meydana gelen gerilim değişikliği

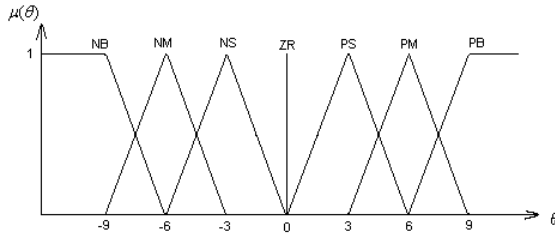
3. BULANIK MANTIK İLE EVRİK SARKAÇ DÜZENEGİNİN KONTROLÜ

Arabanın hızını değiştirmek için arabaya uygulanan kuvvet f ve sarkaçın dikey doğrultu ile yaptığı açı θ ifadeleriyle tanımlanarak çalışma prosedürü şöyle tekrarlanabilir; “ θ büyük ve araba hareket etmiyorsa (açı değişimini sıfır farzederek), yeterli bir kuvvet uygulanır ve sarkaç sıfır dereceye doğru hareket eder. Evrik sarkaç yaklaşık sıfır dereceye gelene kadar, f yavaş yavaş azaltılır. Evrik sarkaç,

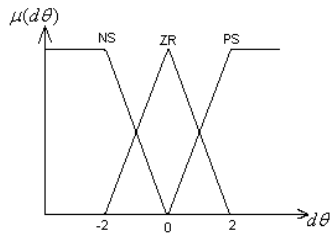
negatif tarafa geçtiğinde ise, küçük ters bir kuvvet uygulanır. Böylece evrik sarkacın ihtiyacı kadar ileri-geri küçük kuvvetler verilen bir aralıkta kararlı olması sağlanır.” [7]

Bulanık mantık kontrolde çözüm kolaylığı ve hesaplama basitliği için trapez ve üçgensel üyelik fonksiyonları kullanılmıştır. Bulanık kontrolöre iki giriş değişkeni; açı ve açı değişimidir. Açı, sarkacın dikey doğrultudan olan değeridir, pozitif ve negatif değerler almaktadır. Açı değişimi, açı değerinin zamana bağlı değişimidir, $\theta_{t2}-\theta_{t1}=d\theta$. Dijital 0-255 arasındaki değerler, değişkenlerin kavramsal alanlarına (negatif-pozitif aralığa) önişleme ile ölçeklenmektedir. Çıkış değişkeni (Q), motora uygun kuvveti uygulamak için gönderilen sinyaldir ve giriş/çıkış kartı çıkışı için 0-255 arasında bir sayı olmaktadır.

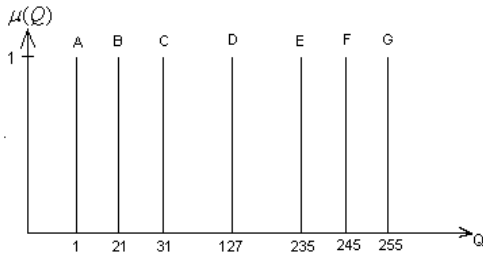
Açı değişkeninin üyelik fonksiyonları şekil 5’de, açı değişimi değişkeninin üyelik fonksiyonları şekil 6’da ve çıkışın üyelik fonksiyonları da şekil 7’de verilmektedir.



Şekil 5. Açı değişkeninin üyelik fonksiyonları



Şekil 6. Açı değişimi değişkeninin üyelik fonksiyonları



Şekil 7. Çıkışın üyelik fonksiyonları

Kontrol amacı doğrultusunda 21 adet kural oluşturulmuştur.

$\theta \quad d\theta$	NS	ZR	PS
NB	G	G	G
NM	G	F	E
NS	E	E	C
ZR	D	D	D
PS	E	C	C
PM	C	B	A
PB	A	A	A

Tablo 1. Bulanık mantık kontrol kural tablosu

Uygulamada olaylara karşılık durum değişkenlerinin keskin değerleri kural şartlarıyla eşlendikten ve her kural için eşleme derecesi belirlendikten sonra çıkartım kısmında MAX-MIN implikasyonu uygulanmaktadır.

Bulanık kurallardan çıkartılan kavramsal değişkenlerinin değeri, ağırlıklı ortalama durulaştırma yöntemiyle istenilen kuvveti oluşturmak için uygun çıkış değerine dönüştürülmektedir.

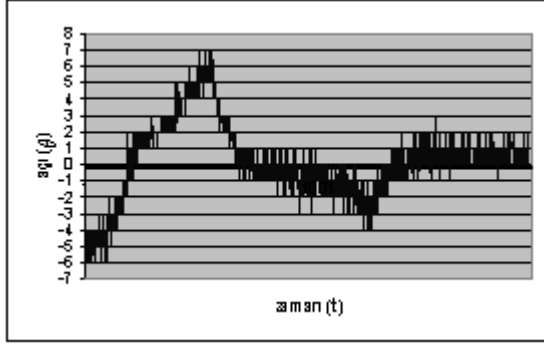
4. SONUÇLAR

Evrik sarkaç sistemi lineer olmayan bir sistemdir ve matematiksel modelini çıkartmak oldukça zor olmaktadır. Yalnızca sistemin iyi tanınması ve çalışmasının gözlemlenmesiyle bulanık mantık kontrolü yapılabilmektedir.

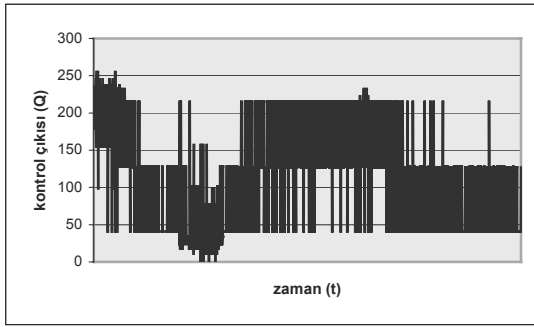
Sistem çalışmasında arabanın sürtünmesi, zaman içinde meydana gelen ısınma gibi mekanik sistemin bozucu etkileri de gözlemlenerek kurallara yansıtılmıştır. Bu tip etkilerin matematiksel modele yansıtılmasının pek kolay olmayacağı düşünülerek uzman bir kişinin bilgi ve gözleminin kontrol için ne derece önemli olduğu ve bulanık mantık kontrol için değerlendirilebildiği doğrulanmaktadır.

Sistem çalışmasının sonucu olarak iki grafik verilmektedir. Birincisi (Şekil 8) bulanık mantık kontrolle çalışan sistemin zamana bağlı açı değişimini, ikincisi (Şekil 9) sistemin bulanık mantık kontrol çıkışının zamana bağlı değişimini göstermektedir.

Grafiklerde de görüldüğü gibi, evrik sarkaç pozitif açı yönünde 0-127 aralığında, negatif açı yönünde 127-255 aralığındaki bulanık mantık kontrol çıkışlarıyla dengelenmeye çalışılmıştır. Açı büyükken uygulanan tepki, açı sıfıra yaklaştıkça azaltılmakta ve sarkacın sıfır civarında dar bir aralıkta salınması sağlanmaktadır.



Şekil 8. Bulanık kontrol uygulanan sistemde sarkaç açısının zamana bağlı değişimi



Şekil 9. Sistemin 0-255 aralığındaki bulanık mantık kontrol çıkışının zamana bağlı değişimi

KAYNAKLAR

- [1] ARI, M.E., 1995. Stabilization of An Inverted Pendulum By Using A Fuzzy Controller, Orta Doğu Teknik Üniversitesi Yüksek Lisans Tezi, Ankara
- [2] LUO, J., Spring 2001. Inverted Pendulum Nonlinear Control, Term Project, University of California, Berkeley, U.S.A.
- [3] WANG, L.X., 1997. A Course In Fuzzy Systems And Control, Prentice-Hall International, Inc, p. 1-116, United States Of America,
- [4] NGUYEN, H. T., SUGENO, M., 1998. Fuzzy Systems Modeling And Control, Kluwer Academic Publishers, p. 19-40, Boston/Dordrecht/London
- [5] ELMAS, Ç., 2003. Bulanık Mantık Denetleyiciler (Kuram, Uygulama, Sinirsel Mantık), Seçkin Yayıncılık, s. 23-72, s. 90-104, Ankara
- [6] SHAW, I. S., 1998. Fuzzy Control Of Industrial Systems, Kluwer Academic Publishers, p. 5-32, p. 55-75, Boston/Dordrecht/London

[7] GÜNDOĞAN Ç. , 2004 Y.Lisans Tezi , Kocaeli Üniversitesi