

BAŞLANGIÇ KOŞULUNA GÖRE PARAMETRELERİ AYARLANAN ZAMANLA DEĞİŞEN KAYMA YÜZEYİ TASARIMI

Sezai TOKAT

Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi,
Pamukkale Üniversitesi, 20010, Kınıklı, Denizli

e-posta: stokat@pamukkale.edu.tr

Anahtar sözcükler: Kayma Kipli Kontrolör, Kayma Yüzeyi Tasarımı, Başlangıç Koşulları

ABSTRACT

One of the main problems in the time-varying sliding surface design problem is the determination of the proper values of the design parameters which are initial condition dependent. When the system initial conditions change, the sliding surface parameters have to be calculated again to obtain a desired performance. In this study, the sliding surface is first defined using special time instants as sliding surface reaching time and stable region entrance time. Then, the time-varying sliding surface parameters are obtained using the conventional sliding mode controller response for the related initial condition. Simulations are performed on a second order nonlinear model to demonstrate the validity of the proposed method. It is shown that the error state trajectory is adjusted and the sliding surface could move from different initial conditions with an improved performance with respect to the conventional sliding mode controller.

1. GİRİŞ

Hızla gelişen sanayinin giderek artan verimlilik, güvenlik ve güvenilirlik gereksinimleri otomasyon teknolojilerine geniş uygulama alanları sağlamıştır. 1960'ların başında önerilen değişken yapıli sistemler kuramı üzerine geliştirilen kayma kipli kontrol de bu teknolojilerden biridir [1]. Önceleri literatürde sadece kuramsal çalışma olarak yer bulan kayma kipli kontrol, 90'lı yıllardan sonra kontrol ve bilgisayar teknolojilerinin gelişmesi ile yoğun olarak üzerinde çalışılan ve uygulamaları yapılan bir yöntem olmuştur. Kayma kipli kontrolör (KKK)'ün en önemli özelliği sistem durumlarının kayma yüzeyine ulaştıktan sonra, durum geribeslemesi ile sağlanan değişken yapı sayesinde sürekli kayma yüzeyinin iki tarafına geçerek çatırtılı bir hareketle yoluna devam etmesidir. Bu kayma evresinde sistem, sınır değerleri bilinen parametre belirsizlikleri ve dış bozuculara karşı gürbüzlük özelliği gösterir. Kayma yüzeyine gelmeden önceki ulaşma evresinde ise sistem gürültüye duyarlıdır. Bu yüzden bu evrenin kısaltılması gürbüzlük açısından önemlidir.

Kayma evresini daha erken başlatmak için Choi vd. [2] ayrık zamanlı öteleme ve dönme hareketine sahip kayma yüzeyi ile ulaşma evresini kısaltmıştır. Daha sonra doğrusal, zamanla değişen hareketli kayma yüzeyleri ile ulaşma evresi ortadan kaldırılmıştır [3-6]. Fakat tüm bu yöntemlerde kayma yüzeyi parametreleri sistem başlangıç durumlarına göre belirlenmekte ve sistemin başka bir başlangıç noktasından başlaması durumunda kayma yüzeyi parametrelerinin yeniden belirlenmesi gerekmektedir. Ayrıca, sistem başarımı için sadece birinci sistem durumuna bakılmakta, ikinci sistem durumunun davranışı üzerinde durulmamaktadır. Oysa hata faz düzleminde her iki durumun genliği de önemlidir.

Bu çalışmada kayma yüzeyi parametreleri zamana bağlı büyüklükler yardımı ile tanımlandıktan sonra, hem hata durum uzayı yörüngesini başlangıç koşullarına göre ayarlayan, hem de sistem başarım ve gürbüzlüğü iyileştiren bir KKK yapısı önerilmiştir.

2. KAYMA KIPLİ KONTROL

Sistem parametrelerine ve parametre belirsizliklerine göre doğrusal durum geribeslemesi bileşenine sahip, sistem parametreleri ve modellenmiş dış bozucuların uyumluluk koşulunu sağladığı, kontrol girişinin bozuculardan etkilenmediği, tek girişli, 2. mertebeden, kontrol edilebilir kanonik biçimli bir sistem

$$\begin{aligned} \dot{x}_1(t) &= x_2(t) \\ \dot{x}_2(t) &= \sum_{i=1}^{n_s} (a_i + \Delta_i(t))g_i(\mathbf{x}, t) + h(\mathbf{x}, t)u(t) + d(\mathbf{x}, t) \end{aligned} \quad (1)$$

şeklinde ifade edilebilir. Burada a_i ($i=1\dots n_s$) sistemin sahip olduğu sabit parametreler, $\Delta_i(t)$ sınırlı belirsizliklere sahip parametre sarsımları, g_i ve h ise sistem karakteristiklerini tanımlayan fonksiyonlardır [7]. Sistemdeki doğrusal olmayan parametrelerin ve bu parametrelere ait belirsizliklerin sayısı n_s değeri ile belirlenmektedir. Bu değer sistem modelinin tasarımı sırasında kullanılmaktadır. Her t anı için parametre belirsizlikleri ve dış bozucuların

$$\Delta_i^- \leq \Delta_i(t) \leq \Delta_i^+ \quad \text{ve} \quad d^- \leq d(t) \leq d^+ \quad (2)$$

şeklinde sınır değerli oldukları varsayılmıştır. Burada Δ_i^- , Δ_i^+ ve d^- , d^+ bilinen sabit değerli skaler

büyükliklerdir. İzleme problemi durumunda, verilen (1) sistemine ait genel bir kayma yüzeyi ifadesi,

$$s_c(\mathbf{e}) = \lambda_1 e_1 + e_2 \quad (3)$$

şeklinde seçilebilir [7]. Burada $\mathbf{e}=[e_1 \ e_2]^T$ durumlara ait izleme hatasıdır ve x_i^d değeri i . duruma ait istenen sistem yörüngesi olmak üzere $e_i = x_i - x_i^d$ ($i=1,2$) şeklinde tanımlıdır. Eşdeğer kontrol kuralını elde etmek amacı ile $\dot{x}_1^d = x_2^d$ varsayımı altında (3) denkleminin diferansiyeli hesaplanırsa

$$\dot{s}_c = \lambda_1 e_2 + \sum_{i=1}^{n_s} (a_i + \Delta_i) g_i + hu + d - x_2^d \quad (4)$$

elde edilir. $\dot{s}_c(\mathbf{e})=0$ yapan kontrol kuralını elde etmek için $u(t)$ çekilirse, ölçülemeyen belirsizlik ve bozululara ait terimlerin ihmal edildiği nominal eşdeğer kontrol kuralı

$$hu_{eq} = -\lambda_1 e_2 - \sum_{i=1}^{n_s} a_i g_i + x_2^d \quad (5)$$

olarak bulunur. Burada $u_{eq}(t)$ sistemin kayma yüzeyine gelmesini sağlayan eşdeğer kontrol kuralıdır. KKK'e ait kontrol kuralı

$$u(t) = u_{eq}(t) + u_n(t) \quad (6)$$

şeklinde dir. Burada $u_n(t)$ kayma yüzeyinde hareketi garanti eden süresiz kontrol işaretidir. (6)'da eşdeğer kontrol kuralı için (5) kullanılır ve bu değer (4)'te yerine koyulursa

$$\dot{s}_c = \sum_{i=1}^{n_s} \Delta_i g_i + hu_n + d \quad (7)$$

elde edilir. Burada artık tasarım problemi $u_n(t)$ 'nin elde edilmesi sorunudur ve alternatif bir çözüm

$$hu_n = -G \text{sign}(s_c) \quad (8)$$

şeklinde dir [7]. Burada $\text{sign}(\cdot)$ işaret fonksiyonudur. Ulaşma koşulunu sağlamak için

$$G = \sum_{i=1}^{n_s} \bar{\Delta}_i |g_i| + \bar{d} + \mu \quad (9)$$

alınabilir. Burada $\bar{\Delta}_i$ ve \bar{d} parametre belirsizlikleri ve dış bozululara ait sınır genlik değerleridir ve

$$\bar{d} \geq \max\left\{d^-, |d^+|\right\}, \bar{\Delta}_i \geq \max\left\{|\Delta_i^-|, |\Delta_i^+|\right\} \quad (10)$$

şeklinde dir. Ulaşma koşulu sınırlırsa,

$$\begin{aligned} s_c \dot{s}_c &= s_c \left(\sum_{i=1}^{n_s} \Delta_i g_i - G \text{sign}(s_c) + d \right) \\ &\leq |s_c| \left(\left| \sum_{i=1}^{n_s} \Delta_i g_i \right| - G |s_c| + d \right) \leq |s_c| \cdot \mu \end{aligned} \quad (11)$$

olduğu ve ulaşma koşulunun sağlandığı görülür. Bu kontrol yapısı ölçeklenmiş röle yapısı olarak adlandırılır [7]. (11)'i sağlayan kontrol kuralı (5) ve (8) değerleri (6)'da yerine koyularak

$$u(t) = \frac{1}{h} \left(-\lambda_1 e_2(t) - \sum_{i=1}^{n_s} a_i g_i(\mathbf{x}, t) + x_2^d - G \text{sign}(s_c) \right) \quad (12)$$

şeklinde elde edilir. (12) sistem durumlarının kayma yüzeyine ulaşmasını ve orada kalmasını garanti eder.

3. ÖNERİLEN YÖNTEM

3.1. Zamanla Değişen Kayma Yüzeyi

Öteleme ve dönme hareketine sahip kayma yüzeyi

$$s_p(\mathbf{e}, t) = e_2(t) + \psi(t)e_1(t) + \beta(t) = 0 \quad (13)$$

şeklinde önerilmiştir [2]. Burada $\psi(t)$ ve $\beta(t)$ sırası ile dönme ve öteleme işlemlerini sağlar ve kayma yüzeyinin her bir örnekleme anında o anki sistem durumlarının önceden belirlenen bir komşuluğunda kalmasını sağlayacak biçimde tanımlanır. Bartoszewicz [4] ise (13)'teki $\psi(t)$ ve $\beta(t)$ parametrelerini sürekli ve zamana bağlı olarak

$$\begin{aligned} \psi(t) &= \psi_1 t + \psi_2 \\ \beta(t) &= \beta_1 t + \beta_2 \end{aligned} \quad (14)$$

şeklinde tanımlamıştır. Burada $\psi_1, \psi_2, \beta_1, \beta_2$ sabit gerçel sayılardır. Gürbüzlüğü ve başarımı iyileştirmek için ilgili başlangıç koşuluna göre uygun şekilde belirlenmesi gerekir.

Bu çalışmada başlangıç koşullarının kararsız bölgelerde veya $-e_2(0)/e_1(0) < \lambda_1$ olduğu varsayılmış ve $\psi(t)$ ve $\beta(t)$ parametreleri

$$\psi(t) = \begin{cases} \lambda_u & , -e_1/e_2 < 0V - e_1/e_2 = \mp\infty \\ \psi_1 t + \psi_2 & , -e_1/e_2 \geq 0 \end{cases} \quad (15a)$$

$$\beta(t) = \begin{cases} \beta_1 t + \beta_2 & , -e_1/e_2 < 0V - e_1/e_2 = \mp\infty \\ 0 & , -e_1/e_2 \geq 0 \end{cases} \quad (15b)$$

şeklinde alınmıştır. Kararlı bölgede her zaman sistem durumlarının kayma yüzeyi üzerinde olmasını sağlamak için $\psi(t)$ 'ye ait parametrelerin değeri

$$\begin{aligned} \psi(t_s) &= \psi_1 t_s + \psi_2 \geq 0 \\ \psi(t_c) &= \psi_1 t_c + \psi_2 = \lambda_1 \end{aligned} \quad (16)$$

denklemlerinden elde edilir. Burada t_s, t_c sırası ile geleneksel KKK ile kontrol edilen sistem durumlarının kararlı bölgeye girdiği ve önceden bilinen λ_1 değerine ulaştığı anlardır. Eğer ψ_1 ve ψ_2 değerleri t_s, t_c, λ_1 , ve $\psi(t_s)$ kullanılarak hesaplanırsa

$$\psi_1 = \frac{(\lambda_1 - \psi(t_s))}{t_c - t_s}, \psi_2 = \frac{\psi(t_s)t_c - \lambda_1 t_s}{t_c - t_s} \quad (t_s \leq t < t_c) \quad (17)$$

elde edilir. Burada

$$\psi(t_s) = -\frac{e_2(t_s)}{e_1(t_s)} \quad (18)$$

Şeklinde dir. Hareketli kayma yüzeyinin λ_1 ile tanımlı geleneksel kayma yüzeyine ulaştığı $t=t_c$ anında dönme işlemi sonlandırılır. Bu andan itibaren

$$\psi_1 = 0, \quad \psi_2 = \lambda_1, \quad t \geq t_c \quad (19)$$

alınarak geleneksel kayma yüzeyi üzerinde sabit kalınır. Kararsız bölgelerde bulunan bir sistem durumu üzerinden geçen kayma yüzeyi negatif $\psi(t)$ değerine sahip olur. Bu durumda sistem kararlı bölgeye giremez. Bu yüzden, kararsız bölgelerde $\psi_1 = 0$ ve $\psi_2 = \lambda_u$ alınarak $\psi(t)$ sabit seçilir. Burada

$\lambda_u < \lambda_1$ alınarak kontrol işaretinin genliğinin durum hatası ile artması engellenmeye çalışılmıştır. Kayma yüzeyinin $t=0$ anında kararsız bölgedeki başlangıç koşulları üzerine ötelenmesi için β_2 değeri

$$\beta(0) = \beta_2 = -\lambda_1 e_1(0) - e_2(0) \quad (20)$$

alınır. β_1 zamana göre öteleme miktarını belirler. Ötelenen kayma yüzeyi s_p 'nin orijini geçmemesi için β_1 'e ait sınır değeri

$$(\beta_1 t_s + \beta_2) \text{sign}(s_p) \geq 0 \quad (21)$$

eşitsizliğini sağlayacak şekilde belirlenir.

3.2. Kontrol Kuralının Elde Edilmesi

Geleneksel KKK için yapılan hesaplamalara benzer şekilde $\dot{x}_1^d = x_2^d$ varsayımı ile $s_p(\mathbf{e}, t)$ için diferansiyel hesaplanırsa

$$\dot{s}_p = \psi_1 e_1 + \psi(t) e_2 + \beta_1 + \sum_{i=1}^{n_s} (a_i + \Delta_i) g_i + hu + d - x_2^d \quad (22)$$

elde edilir. Δ_i ve $d(t)$ terimleri ihmal edilirse $\dot{s}_p = 0$ yapan kontrol kuralı

$$hu_{eq} = -\psi_1 e_1 - \psi(t) e_2 - \beta_1 - \sum_{i=1}^{n_s} a_i g_i + x_2^d \quad (23)$$

olarak yazılabilir. (23) ve (6) (22)'de yerine koyulursa,

$$\dot{s}_p = \sum_{i=1}^{n_s} \Delta_i g_i + hu_n + d \quad (24)$$

elde edilir. Eğer u_n (8)'deki gibi tasarlanırsa ulaşma koşulu sağlanır. Bu durumda kontrol kuralı

$$u(t) = \frac{1}{h} \left(-\psi_1 e_1 - \psi(t) e_2 - \beta_1 - \sum_{i=1}^{n_s} a_i g_i(\mathbf{x}, t) + x_2^d - G \text{sign}(s_p) \right) \quad (25)$$

şeklinde yazılabilir. Eğer $\psi_1 = 0$, $\psi(t) = \psi_2 = \lambda_1$ ve $\beta_1 = 0$ alınırsa geleneksel eşdeğeri olan (12) ile aynı olduğu görülmektedir.

3.3. Zamanla değişen kayma yüzeyi parametreleri

Başlangıç koşulları kararsız bölgede iken t_s ve t_c değerleri önceden bilinemez. Kararlı bölgeden başladığında $t_s = 0$ bilinse de t_c geleneksel kayma yüzeyi λ_1 'e ulaşılan kadar bilinemez. Bu yüzden (17) ve eşitlik durumunda (21) tekrar yazılacak olursa

$$\psi_1 = \begin{cases} 0, & t < t_s \\ (\lambda_1 - \psi(t_s)), & t_s \leq t < \hat{t}_c \\ \hat{t}_c - t_s, & t \geq \hat{t}_c \\ 0, & t \geq \hat{t}_c \end{cases} \quad (26a)$$

$$\psi_2 = \begin{cases} \lambda_1, & t < t_s \\ \frac{\psi(t_s) \hat{t}_c - \lambda_1 t_s}{\hat{t}_c - t_s}, & t_s \leq t < \hat{t}_c \\ \lambda_1, & t \geq \hat{t}_c \end{cases}$$

$$\beta_1 = \begin{cases} -\frac{\beta_2}{\hat{t}_s}, & t < t_s \\ \hat{t}_s, & t \geq t_s \\ 0, & t \geq t_s \end{cases} \quad (26b)$$

elde edilir. Burada \hat{t}_s ve \hat{t}_c değerleri ölçülemeyen t_s ve t_c 'ye ait kestirim değerleridir. Öteleme işlemi ile sistem durumları geleneksel KKK'den daha önce kararlı bölgeye girer. Bu yüzden t_s^g geleneksel KKK ile kontrol edilen sistem durumlarına ait t_s olmak üzere

$$\hat{t}_s \leq t_s^c \quad (27)$$

olur. Geleneksel KKK ile elde edilen t_c değeri t_c^g ise sistemin hata durum uzayındaki yörüngesi hakkında bilgi verir. Bu çalışmada $\hat{t}_s = t_s^g$ ve $\hat{t}_c = t_c^g$ alınarak bir kestirim yapılmıştır.

4. BENZETİM SONUÇLARI

Sayısal benzetimler doğrusal olmayan bir damper-yay modeli üzerinde gerçekleştirilmiştir. Durum uzayı gösterilimi (1) şeklinde olan sistem için parametreler

$$h=1/m, \quad g_1 = x_1/m, \quad g_2 = x_1^3/m,$$

$$g_3 = x_2/m, \quad g_4 = x_2|x_2|/m \quad (28)$$

$$a_1 = a_2 = -0.45, \quad a_3 = a_4 = -0.25$$

şeklinde dir. Burada $m=1$ kg damperin kütesidir. Benzetim çalışmasında sınır değerli parametre belirsizlikleri ve dış bozucular sinüzoidal işaretler olarak modellenmiş ve değerleri

$$\Delta_1 = \Delta_2 = -0.25 \sin(5\pi t)$$

$$\Delta_3 = \Delta_4 = -0.15 \sin(7\pi t) \quad (29)$$

$$d(t) = 0.05 + 0.25 \cos(3\pi t)$$

olarak alınmıştır. Yay-damper sisteminin izlemesi istenen durum yörüngesi

$$x_1^d(t) = -0.5 \cos(\pi/5) \quad (30)$$

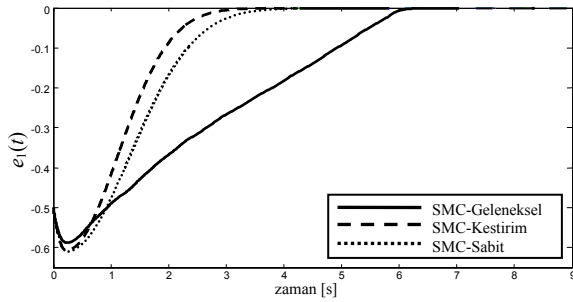
$$x_2^d(t) = 0.1\pi \sin(\pi/5)$$

olarak seçilmiştir. Benzetimin sayısal işlemleri için örnekleme frekansı 1000 Hz alınmıştır ve diferansiyel denklemler dördüncü dereceden Runge-Kutta algoritması kullanılarak çözülmüştür. Sabit kayma yüzeyi parametresi $\lambda_1 = 7$ olarak alınmıştır. Tüm benzetimlerde SMC-Kestirim ve SMC-Sabit için $\lambda_u = 1$ alınmıştır. Süreksiz kontrol kazancı G ise (9)'da verildiği gibi seçilmiş ve $\mu = 0.5$ alınmıştır.

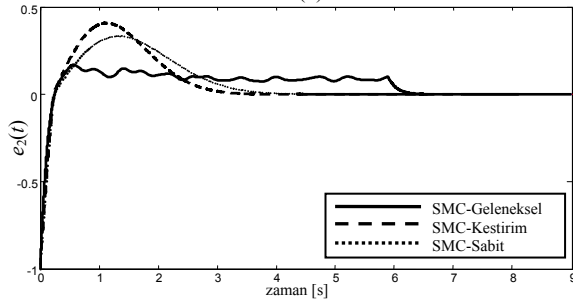
Benzetimler sabit kayma yüzeyi parametresine sahip geleneksel SMC (SMC-Geleneksel), parametreleri her başlangıç koşulu için bu çalışmada önerilen yöntemle göre kestirilen SMC (SMC-Kestirim) için gerçekleştirilmiştir. Ayrıca, önerilen yöntemin faydasını göstermek amacı ile her başlangıç koşulu için sabit parametrelere sahip olan ve SMC-Kestirim ile aynı zamanla değişen kayma yüzeyine sahip olan bir kontrolör de incelenmiştir (SMC-Sabit).

Örnek olarak ilk önce $x_1 = -1$, $x_2 = -1$ noktası için [0:9]s aralığında benzetimler ele alınmıştır. SMC-Geleneksel için $t_s^g = 0.249s$, $t_c^g = 5.919s$ olarak ölçülmüş ve bu değerler SMC-Kestirim parametreleri \hat{t}_s ve \hat{t}_c olarak

alınmıştır. SMC-Sabit için ise $\hat{t}_s=0.256s$, $\hat{t}_c=8.790s$ her başlangıç koşulu için sabit alınmıştır. Hata durumlarının zamana göre değişimi Şekil-1'de verilmiştir. SMC-Kestirim ve SMC-Sabit'in başarımı iyileştirdikleri görülmektedir. Şekil-2'de verilen hata durum uzayı yörüngesinden SMC-Sabit'in yavaş bir kontrol bölgesinden SMC-Kestirim ile daha hızlı bir kontrol bölgesine çekildiği daha rahat görülmektedir. Şekil-3'te verilen kayma yüzeyi değerlerine bakıldığında SMC-Kestirim ve SMC-Sabit için hem kararlı hem de kararsız bölgelerde sistem durumlarının sürekli kayma yüzeyi üzerinde kaldığı görülür. Kararlı bölgeye girme anı SMC-Kestirim için $t_s=0.224s$ ve SMC-Sabit için $t_s=0.230s$ olarak elde edilmiştir ve SMC-Geleneksel için elde edilen t_s^g değerinden daha iyidir. SMC-Geleneksel bozuculardan etkilendiği için sarsımlı bir yörünge izlemektedir. Kontrol işaretleri ise Şekil-4'te verilmiştir. SMC-Kestirim ve SMC-Sabit için kontrol işaretinin genliğinin daha küçük olması kararsız bölgelerde kayma yüzeyi eğiminin küçük alınması ile sağlanmıştır. Zamanla değişen kayma yüzeyi parametreleri $\psi(t)$ ve $\beta(t)$ Şekil-5'de verilmiştir. SMC-Kestirim için hem öteleme hem de dönme işlemleri daha hızlı gerçekleşmektedir.

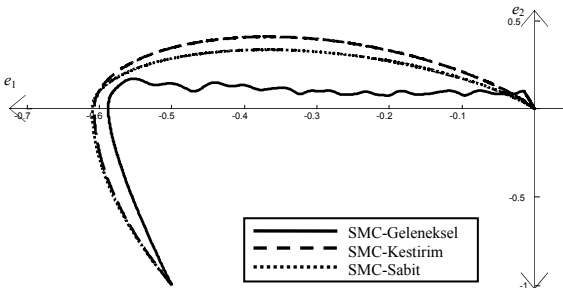


(a)

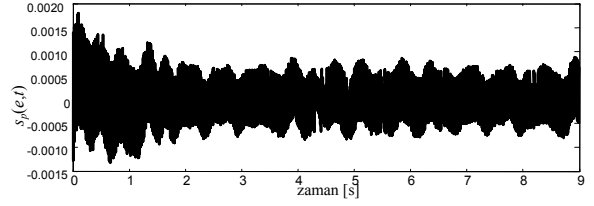


(b)

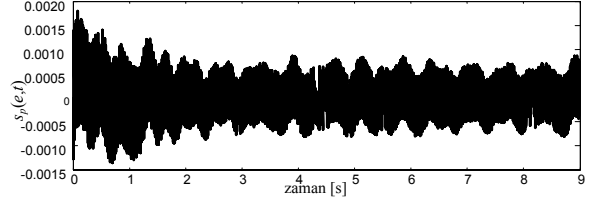
Şekil-1. Hata durumlarının zamana göre değişimi: a) $e_1(t)$, b) $e_2(t)$



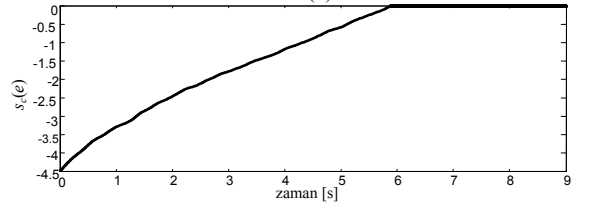
Şekil-2. Hata durum uzayı yörüngesi



(a)

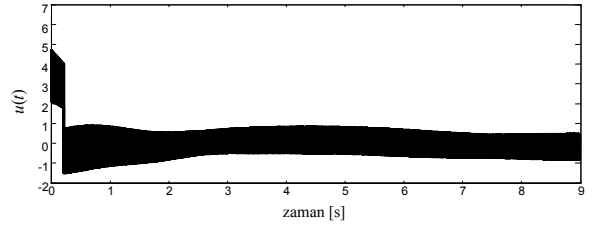


(b)

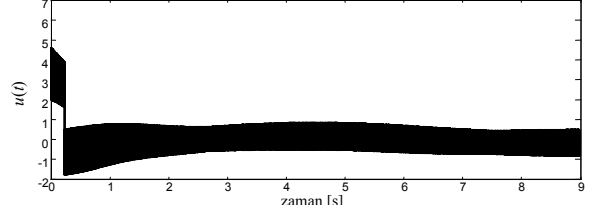


(c)

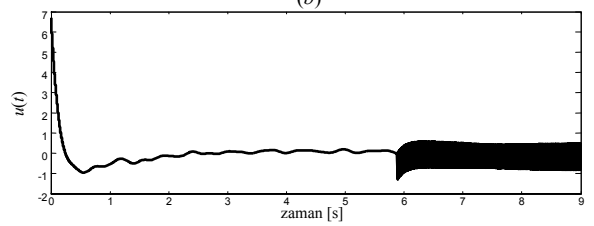
Şekil-3. Kayma yüzeyi değeri: a) SMC-Kestirim, b) SMC-Sabit, c) SMC-Geleneksel



(a)



(b)

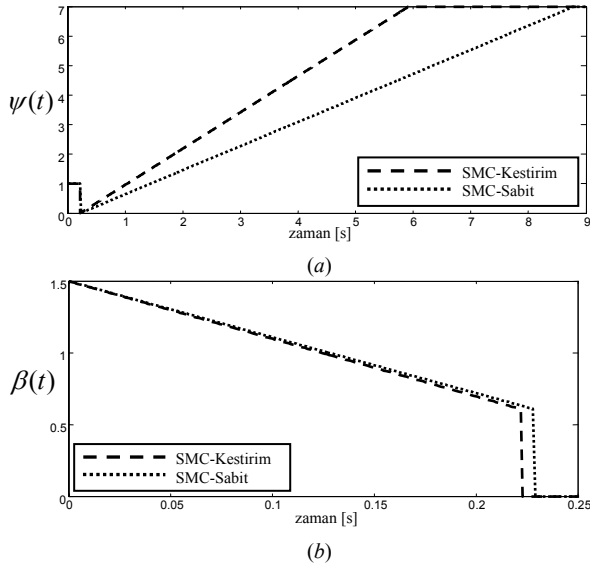


(c)

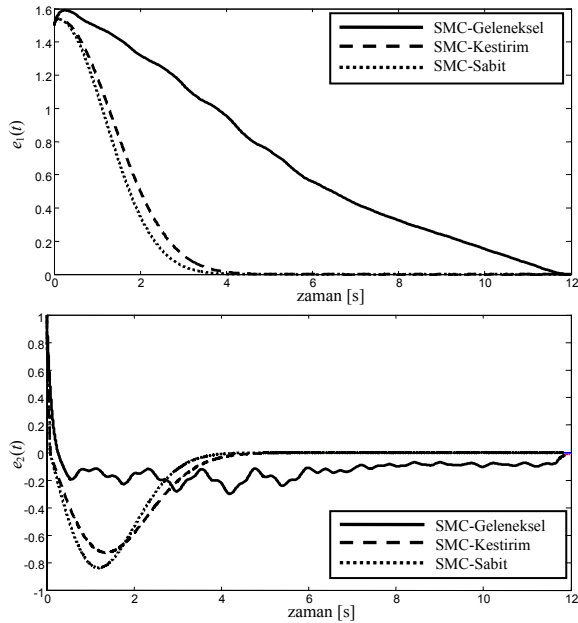
Şekil-4. Kontrol işaretleri: a) SMC-Kestirim, b) SMC-Sabit, c) SMC-Geleneksel

İkinci bir başlangıç noktası olarak $x_1=1$, $x_2=1$ alınmış ve $[0:12]s$ zaman aralığında benzetimler gerçekleştirilmiştir. SMC-Geleneksel için $t_s^g=0.264s$, $t_c^g=11.661s$, SMC-Kestirim için $t_s=0.084s$, SMC-Ortalama için ise $t_s=0.082s$ ölçülmüştür. Bu başlangıç koşulları için Şekil-6'da görüldüğü gibi başarım SMC-Sabit için daha iyidir. Fakat Şekil-7'de görüldüğü gibi SMC-Sabit, SMC-Geleneksel'e göre çok daha hızlı bir

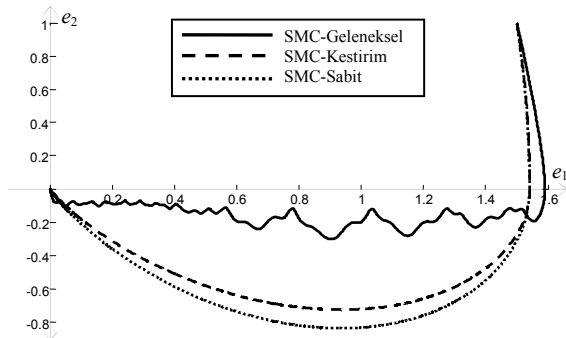
kontrol bölgesindedir. Bu yüzden SMC-Kestirim ile sağlanan ayarlama ile ilk benzetim örneğinden farklı olarak sistem daha yavaş bir kontrol bölgesine çekilerek hata genliklerinin artması engellenmiştir.



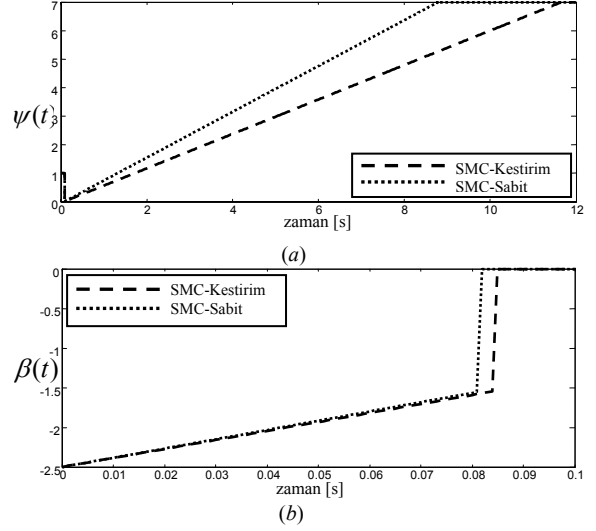
Şekil-5. Değişken Kayma Yüzeyi parametreleri



Şekil-6. Hata durumlarının zamana göre değişimi:
a) $e_1(t)$, b) $e_2(t)$



Şekil-7. Hata durum uzayı yörüngesi



Şekil-8. Değişken Kayma Yüzeyi parametreleri

5. SONUÇ

Zamanla değişen kayma yüzeyi parametrelerinin başlangıç koşullarına göre ayarlandığı yeni bir yöntem önerilmiştir. İkinci derece sistemin her iki durum değişkeni de ele alınarak başarımlar iyileştirilmiştir. Önerilen yöntem ile sistem yörüngesi başlangıç koşullarına göre ayarlanmakta ve geleneksel kayma kipli kontrolöre göre hem başarımlar hem de gürbüzlük açısından iyileştirme sağlanmaktadır. Önerilen yöntemde kestirim değerlerini her başlangıç noktası için öğrenecek akıllı bir sistem kullanılarak parametre kestirimleri elde edilerek geleneksel kayma kipli kontrolörden ölçüm gereksinimi ortadan kaldırılabilir.

KAYNAKLAR

- [1] Fossard A.J., Floquet T., Introduction: An overview of classical sliding mode control, in SLIDING MODE CONTROL in ENGINEERING, vol.11, (Eds: Perruquetti W.,Barbot J.P.),2002.
- [2] Choi S.B., Park D.W., Jayasuriya S., A time-varying sliding surface for fast and robust tracking control of second order uncertain systems, AUTOMATICA, vol.30, n.5, pp.899-904, 1994.
- [3] Lu Y.S., Chen J.S., A Global Sliding Mode Controller Design for Motor Drives and Bounded Control, INT.J.CONTROL, vol.62,pp.1001-09, 1995.
- [4] Bartoszewicz A., A comment on 'A time-varying sliding surface for fast and robust tracking control of second order uncertain systems', AUTOMATICA, vol.31, n.12, pp.1893-1895, 1995.
- [5] Lee J.J., Xu Y., A new method of switching surface design for multivariable variable structure systems, IEEE TRAN. on AUTOMATIC CONTROL, vol.39, no.2, pp.414-419, 1994.
- [6] Tokat S., Eksin I., Guzelkaya M., A new design method for sliding mode controllers using a linear time-varying sliding surface, J. of SYSTEMS and CONT.ENG., vol.216, n.6, pp.455-466, 2002.
- [7] Edwards C., Spurgeon S.L., Sliding mode control, Taylor & Francis, UK, 1998.