

Endüstri & Otomasyon

AĞUSTOS 2005 SAYI:101 4.-YTL. ISSN 1301-3610

AYLIK ELEKTRİK, ELEKTRONİK, MAKİNA, BİLGİSAYAR VE KONTROL SİSTEMLERİ DERGİSİ

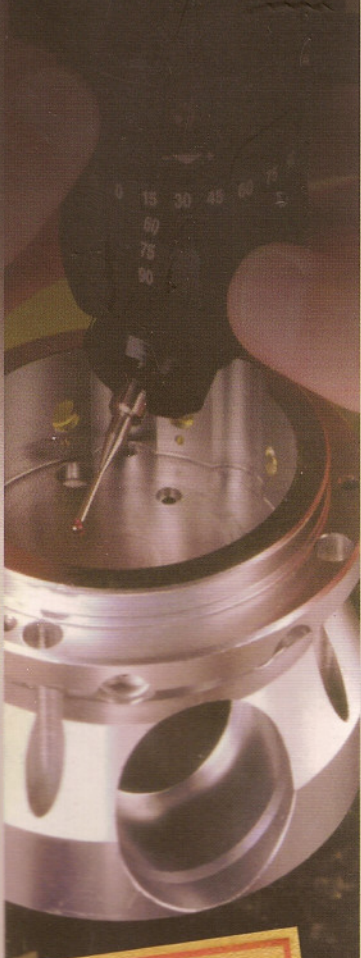
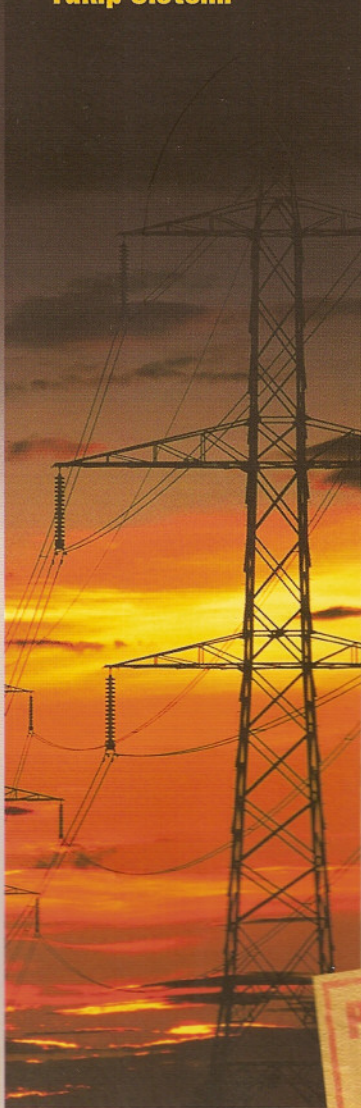
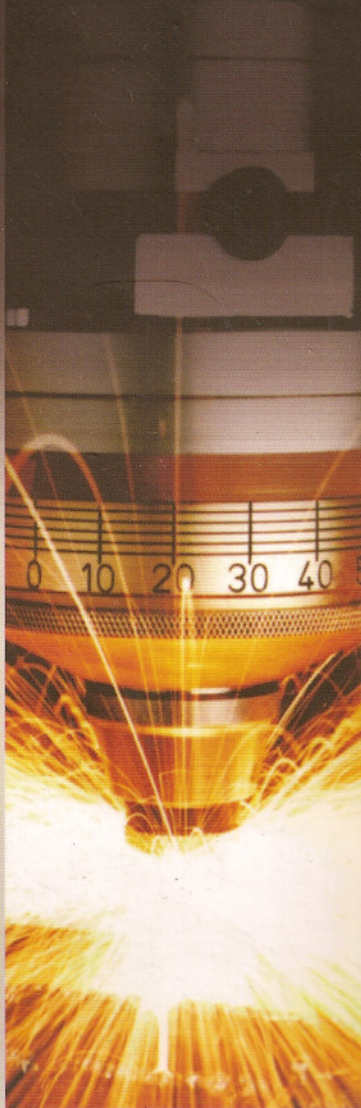
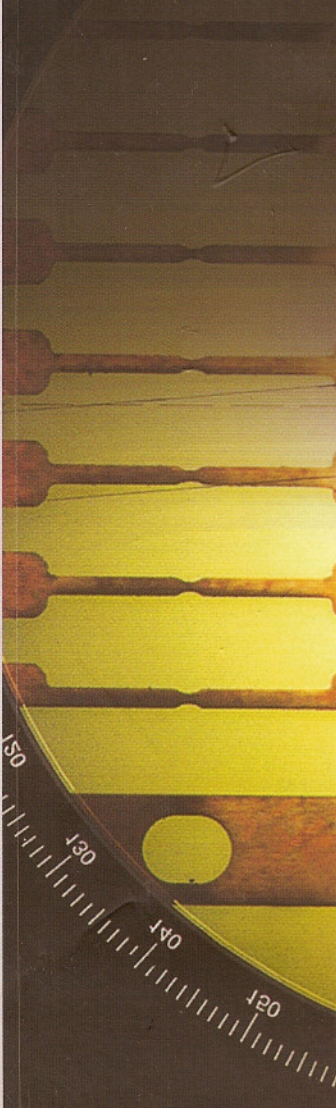
www.endustriotomasyon.com

**Taşıma Tekniği
Ekipmanlarının
Bakımında Tahribatsız
Muayene Yöntemleri**

**Otomobil Kapı
Sistemlerindeki Gürültü
Karakteristiklerinin
Belirlenmesi - II**

**Elektrik Hattı
Üzerinden
Otomatik Sayaç
Okuma ve
Kaçak Elektrik
Takip Sistemi**

**Akıllı Yapılarda
Zorlanmış
Titreşimlerin
Aktif Kontrolü**



**Nano-Kablo Ağları
Işığı Yönlendiriyor**

EMC ve Antenler

**Hidro-Elektrik
ve Enerji
Politikalarımız-II**

**PROFESYONELLER
en²⁰⁰⁴sad'da
BULUŞUYOR!**
www.enosad.org

Akıllı Yapılarda Zorlanmış Titreşimlerin Aktif Kontrolü

Fatma Demet Ülker,
Volkan Nalbantoğlu,
Tarkan Çalışkan, Yavuz Yaman
Havacılık ve Uzay Mühendisliği Bölümü
ODTÜ - Ankara
Eswar Prasad
Sensor Technology Limited - Kanada

Akıllı yapılar, dışarıdan uygulanan bir tahriği algılayabilen ve buna aktif denetim mekanizmaları yardımıyla müdahale edebilen yapılar olarak tanımlanmaktadır. Bu yapılar, pasif yapı yüzeyine yaygın olarak yapıştırılan ya da içine gömülen birçok aktif parça ve işlemci ağlarından oluşmaktadır. Akıllı malzemeler çeşitli gruplara ayrılırlar. Bunlar; hafızalı alaşımlar (*shape memory alloys*), fiber optikler, manyeto-striktif (*magnetostrictive*) ve manyeto-reolojik (*magnetorheological*) malzemeler, piezo-elektrik malzemeler, elektro-striktif

(*electrostrictive*) ve elektro-reolojik (*electrorheological*) malzemeler gibi gruplara ayrılırlar. Piezo-elektrik malzemeler arasında en yaygın olanı, halen birçok noktasal algılayıcı ve uyarıcıda kullanılan, PZT (kurşun-zirkonat-titanat) seramiklerdir [1].

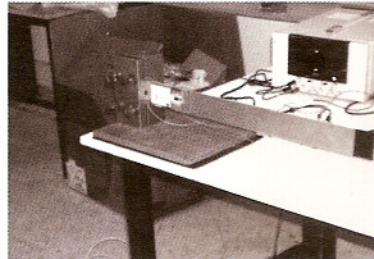
Akıllı Kiriş ve Akıllı Fin

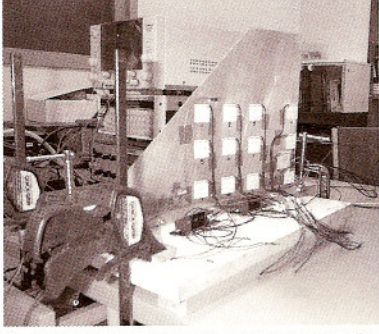
Çalışmada kullanılan akıllı kiriş bir ucu tutturulmuş, öteki ucu serbest 507×51×2 mm boyutlarında alüminyum kirişten ve bunun her iki yüzeyine simetrik olarak yapıştırılan 8 adet (20×25×0,61mm) boyutlarındaki Sensortech BM50 tipinde piezoelektrik (PZT) yamalarından oluşmuştur. Çalışmada kullanılan akıllı kiriş Şekil 1'de verilmiştir.

Bu çalışmada şekli nedeniyle akıllı fin olarak adlandırdığımız bu akıllı plak da incelenmiştir. Akıllı fin, bir ucu tutturulmuş, diğer ucu serbest alüminyum bir fin ve bunun üzerine yapıştırılmış 24 adet (25×25×0,5 mm) boyutlarında Ser-

*Bu yazıda,
akıllı bir kirişin ve
akıllı bir plağın zorlanmış
titreşimlerinin aktif
kontrolü için tasarlanan
bir H_{∞} denetçisi
sunulmaktadır.*

Şekil 1. Çalışmada kullanılan akıllı kiriş





Şekil 2. Çalışmada kullanılan akıllı fin

sortech BM532 tipinde PZT'den oluşmuştur. Çalışmada kullanılan akıllı fin, Şekil 2'de gösterilmiştir.

Akıllı Yapılarla İlgili Deneysel Düzenekler

İki ayrı sistemde yürütülen çalışmaların ilkinde uzama ölçer, ikincisinde ise lazer yardımıyla yerdeğişim algılama cihazı algılayıcı olarak kullanılmıştır. PZT'ler her iki sistemde de uyarıcı olarak kullanılmıştır.

Uzama Ölçerin Kullanıldığı Çalışmalar

Şekil 3'te uzama ölçerin algılayıcı olarak kullanıldığı deney düzeneği verilmiştir. Bu deney düzeneğinde, dört kanallı programlanabilir denetçi içerisinde, uzama ölçer voltaj yükselticisi, analog sinyali dijital, dijital sinyali de analog sinyale çeviren kartlar bulunmaktadır. Bu programlanabilir denetçi, Linux ortamında çalışan bir kişisel bilgisayar tarafından kontrol edilmektedir. H_{∞} denetçi algoritması için C dilinde yazılan bilgisayar programı denetçi üzerinden çalıştırılmakta ve ölçülen uzama miktarına bağlı olarak titreşimin sönümlenmesi için gerekli olan denetçi sinyali C programında hesaplanarak piezo-elektrik yamalara uygulanmaktadır.

Lazer Yardımıyla Yer Değişimi Algılama Cihazının Kullanıldığı Çalışmalar

Şekil 4'te lazer yardımıyla yer de-

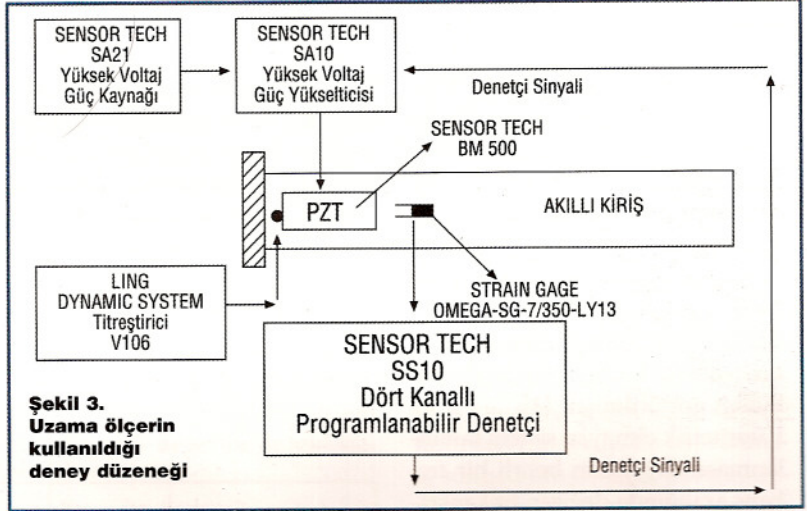
ğişimi algılama cihazının kullanıldığı deney düzeneği verilmiştir. Bu sistem Labview v5.0 kullanılarak yazılan bir bilgisayar programı ile uygulanmaktadır. Lazer yardımıyla yer değişimi algılama cihazından elde edilen veriler bilgisayara aktarılmakta ve yazılmış olan bilgisayar programı titreşimin sönümlenmesi için gerekli olan sinyali hesaplayarak piezo-elektrik yamalara göndermektedir.

Akıllı Yapıların Sistem Modellerinin Elde Edilmesi

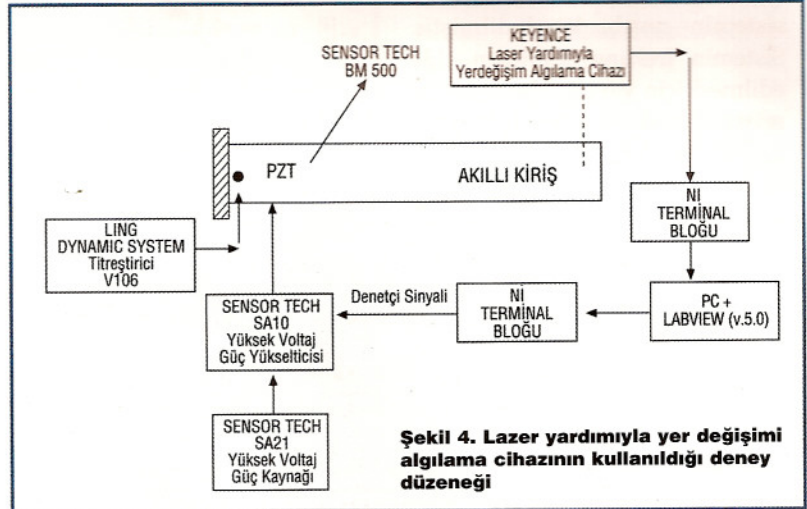
Sistem modelinin elde edilmesinde temel olarak iki yaklaşım kullanılır. Bunlardan ilki, temel fizik kurallarının uygulanması veya

sonlu elemanlar yöntemi gibi teorik analizi kapsayan beyaz kutu modellemesidir (*white-box modelling*). İkinci yöntem ise siyah kutu modellemesi (*black-box modelling*) diye adlandırılır ve deneysel bulgulara göre sistem modelinin elde edilmesini amaçlar. Üçüncü yöntem, ilk iki yöntemin birbirini desteklemesi ile oluşan gri kutu modellemesidir (*grey-box modelling*). Bu yaklaşımda teorik modellemenin yetersiz kaldığı kısımlar deneysel bulgular yardımıyla tamamlanır.

Daha önceki çalışmada deneysel veriler kullanılarak elde edilen sistem modellerinin denetçi tasarımındaki etkinlikleri gösterilmiş-



Şekil 3. Uzama ölçerin kullanıldığı deney düzeneği



Şekil 4. Lazer yardımıyla yer değişimi algılama cihazının kullanıldığı deney düzeneği

tir [2]. Sistem modelinin elde edilmesinde parametrik veya parametrik olmayan teknikler kullanılabilir [3]. Parametrik sistem tanımlanmasında, sistem model takımı, hesaplanacak olan parametreler vektörü ile ifade edilir. Parametrelerin belirlenmesinde önemli olan, elde edilen frekans cevabının deneysel veriler ile elde edilen frekans cevabıyla en iyi şekilde uyuşmasıdır. Parametrik olmayan sistem tanımlanmasında ise, belirli sayıda parametre vektörünün seçilmesine gerek yoktur.

Bu çalışmada sırasıyla parametrik olmayan sistem tanımlanması ve parametrik sistem tanımlanması kullanılmıştır. Sistemin dürtü cevabı (*impulse response*), basamak cevabı (*step response*) veya sistemin sinüs dalgasına verdiği cevap (*sine-wave testing*), parametrik olmayan sistem tanımlanması içinde incelenir. Daha önceki çalışmalarda, dürtü karşısında sistemin gösterebileceği doğrusal olmayan etkilerden ve basamak tipindeki girdilerin sistem tanımlanmasında büyük hatalara yol açmasından dolayı sinüs dalgası deneyinin sistem tanımlanmasında etkinliği gösterilmiştir [3].

Parametrik olmayan sistem tanımlanmasında, sistem belirli bir frekans aralığında değişen frekanstaki sinüs dalgası ile uyarılmış ve sistemin cevabı kaydedilmiştir. Sistemin frekans cevabının elde edilmesi için yaygın olarak kullanılan ve sistemin cevabının uygulanan sinyal ile bağlantısından yola çıkan teknikler kullanılmıştır. Elde edilen frekans cevabının düz-

gün (*smooth*) hale getirilmesi için pencereleme (*windowing*) ve "Welch ortalama" teknikleri kullanılmıştır. Sistemin frekans cevabının düzgün olması parametrik tanımlama için önemlidir.

Yukarıda belirtilen aşama sonucunda bulunan frekans cevabının sistem modeli, "en küçük kareler" (*least square curve fitting*) yöntemi kullanılarak bulunmuştur. Parametrik olmayan sistem modellenmesinden elde edilen sistemin frekans cevabı transfer fonksiyonu cinsinden Denklem 1'deki gibi ifade edilebilir.

$$g(z) = \frac{\sum_{j=1}^p n_j z^j}{z^p + \sum_{j=1}^{p-1} d_j z^j} \quad (1)$$

Burada p sistemin kaçınıcı dereceden olacağını belirler. Denklem 2'de verilen m ise, frekans nokta sayısını verir. Bulunması gereken parametreler, transfer fonksiyonun pay ve paydasının katsayılarıdır. Çeşitli matematiksel işlemler sonucunda Denklem 1'de verilen ifade standart "en küçük kareler" problemine dönüştürülür.

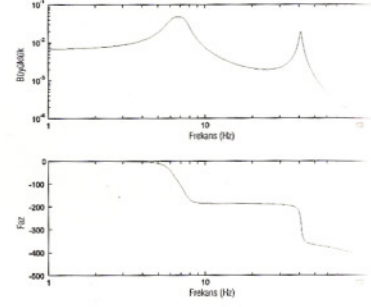
$$A\hat{x} = \hat{b} + \hat{r}$$

$$A = \begin{bmatrix} 1 & z_1 & z_1^2 & \dots & z_1^{m-1} & -1 & -z_1 & -z_1^2 & \dots & -z_1^m \\ 1 & z_2 & z_2^2 & \dots & z_2^{m-1} & -1 & -z_2 & -z_2^2 & \dots & -z_2^m \\ \vdots & \vdots & \vdots & \dots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ 1 & z_m & z_m^2 & \dots & z_m^{m-1} & -1 & -z_m & -z_m^2 & \dots & -z_m^m \end{bmatrix} \quad (2)$$

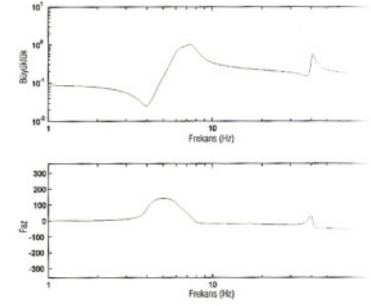
$$\hat{x} = \begin{bmatrix} \hat{d} \\ \hat{n} \end{bmatrix} \quad \hat{b} = \begin{bmatrix} g(z_1)z_1^p \\ g(z_2)z_2^p \\ \vdots \\ g(z_m)z_m^p \end{bmatrix}$$

Denklem 2'deki r, Denklem 2'yi sağlayan minimum norma sahip bir vektörü ifade eder.

Denklem 3 akıllı kirişin "en kü-



Şekil 5. PZT-lazer uygulaması için akıllı kirişin sistem modeli



Şekil 6. PZT-uzama ölçer uygulaması için akıllı kirişin sistem modeli

çük kareler" yöntemi kullanılarak bulunan 8. dereceden transfer fonksiyonunu, Şekil 5 ise bu sistemin frekansa bağlı grafiğini göstermektedir. Bu modelin elde edilmesinde piezo-elektrik malzemeler uyarıcı, lazer yardımıyla yer değişimi algılama cihazı kullanılarak algılayıcı olarak kullanılmıştır. Akıllı kiriş için, piezo-elektrik malzemelerin uyarıcı uzama ölçerlerin algılayıcı olarak kullanıldığı sistem modeli de aynı yöntemle elde edilmiştir. Matematiksel sistem modeli Denklem 4, frekans cevabı ise Şekil 6'da gösterilmiştir.

Aynı yöntem uygulanarak akıllı kiriş için elde edilen 6. dereceden

$$-0,00024 s^8 - 0,01185 s^7 - 128,9 s^6 + 3552 s^5 - 2,294 \times 10^7 s^4 - 9,158 \times 10^8 s^3 + 3,117 \times 10^{11} s^2 + 6,433 \times 10^{12} s + 7,224 \times 10^{14}$$

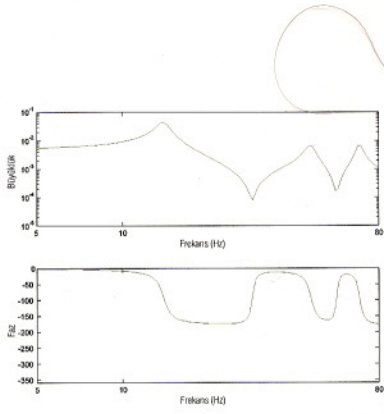
$$s^8 + 41,43 s^7 + 5,648 \times 10^5 s^6 + 1,637 \times 10^7 s^5 + 3,492 \times 10^{10} s^4 + 6,383 \times 10^{11} s^3 + 1,262 \times 10^{14} s^2 + 1,134 \times 10^{15} s + 1,1 \times 10^{17}$$

$$-0,129 s^{10} + 119,7 s^9 + 1219 s^8 + 7,06 \times 10^7 s^7 + 3,761 \times 10^{10} s^6 + 5,618 \times 10^{12} s^5 + 2,317 \times 10^{15} s^4 + 6,037 \times 10^{16} s^3 + 6,308 \times 10^{18} s^2 + 4,998 \times 10^{19} s + 2,988 \times 10^{21}$$

$$s^{10} + 1462 s^9 + 9,092 \times 10^5 s^8 + 8,336 \times 10^8 s^7 + 2,192 \times 10^{11} s^6 + 5,491 \times 10^{13} s^5 + 1,099 \times 10^{16} s^4 + 3,514 \times 10^{17} s^3 + 3,828 \times 10^{19} s^2 + 4,641 \times 10^{20} s + 3,234 \times 10^{22}$$

$$0,0001179 s^6 - 0,02197 s^5 + 162,4 s^4 - 1302 s^3 + 2,339 \times 10^7 s^2 + 6,697 \times 10^7 s + 5,913 \times 10^{11}$$

$$s^6 + 46,71 s^5 + 2,758 \times 10^5 s^4 + 7,644 \times 10^6 s^3 + 1,748 \times 10^{10} s^2 + 1,623 \times 10^{11} s + 1,179 \times 10^{14}$$



Şekil 7. PZT-lazer uygulaması için akıllı finin sistem modeli

sistem modeli Şekil 7'de verilmiştir. Bu model bir yüzdeki 12 adet PZT'nin uyarıcı olarak ve lazer yardımıyla yer değişimi algılama cihazının ise algılayıcı olarak kullanılması ile bulunmuştur. Denklem 5'te akıllı fin için elde edilen 6. dereceden transfer fonksiyonu verilmiştir.

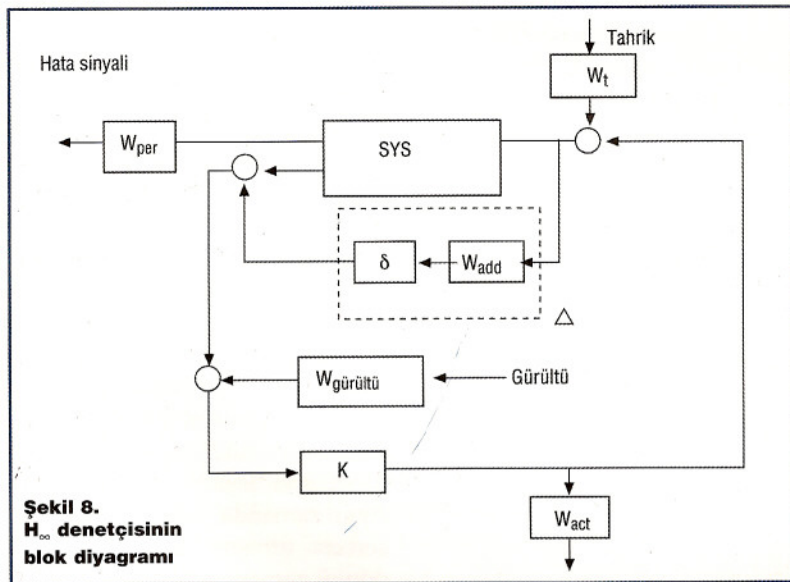
DeneySEL verilerden elde edilen sistem modelleri çalışmanın daha sonraki aşamalarında denetçi tasarımı kullanılmıştır.

H_{∞} Denetçi Tasarımı

Bu bölümde kısaca H_{∞} denetçi teorisi ve akıllı kiriş ve akıllı fin için tasarlanan H_{∞} denetçileri anlatılmaktadır. Tasarlanmış olan denetçiden, sistemi kararlı hale getirmesinin yanı sıra, belirlen-

miş olan performans özelliklerine de ulaşması beklenmektedir. Bu çalışmada tasarlanan H_{∞} denetçisinin amacı, ilgilenilen frekans aralığındaki sönümleme katsayısını yükselterek herhangi bir dış etki altında sistemin kararlılığını arttırmaktır. Şekil 8'de tasarlanan H_{∞} denetçisinin blok diyagramı verilmiştir.

Şekil 8'de SYS olarak gösterilen blok, elde edilmiş sistem modelini ifade eder. DeneySEL olarak elde edilen modelin belli bir frekans aralığında olması, yüksek frekanslar için modelin eksik olduğu anlamına geldiğinden, yüksek frekanslar için sistem modeline belirsizlikler eklenir. Aynı zamanda deneySEL hatalar da dikkate alınarak, sistemin doğal frekanslarında ve/veya bu doğal frekanslardaki sönümleme katsayılarındaki hatalar da sisteme belirsizlik olarak eklenir ve Şekil 8'de verilen blok diyagramında W_{add} olarak gösterilir. W_{per} sistemden beklenen performans özelliklerini, W_{act} uyarıcıdaki sınırı, W_d dışarıdan gelebilecek tahriği, $W_{gürültü}$ de algılayıcının ölçtüğü değeri etkileyecek gürültüyü simgeler. Elde edilen sistem modeline bu değerler de eklene-



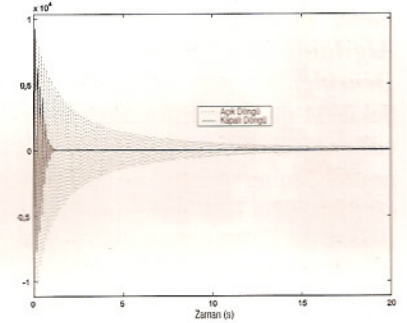
Şekil 8. H_{∞} denetçisinin blok diyagramı

rek H_{∞} denetçi tasarımı için gerekli forma getirilir. Tasarlanan denetçinin gürbüzlük (*robustness*) analizi yapılır [4, 5, 6].

Akıllı Kiriş İçin DeneySEL Çalışmalar

Uzama Ölçerle Yapılan Deneyler

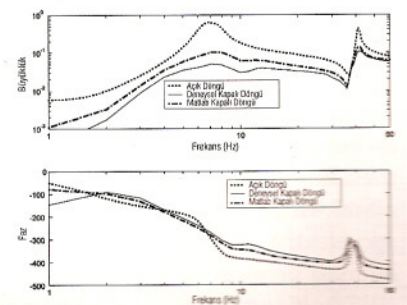
Şekil 9'da kirişin serbest ucuna uygulanan 5 cm'lik yer değiştirme ve sıfır hız sonunda elde edilen açık döngü ve kapalı döngü zaman cevapları gösterilmiştir. Kiriş için tasarlanan H_{∞} denetçisi için belirlenen performans ve belirsizlik grafikleri daha önceki çalışmalarımızda verilmiştir [11].

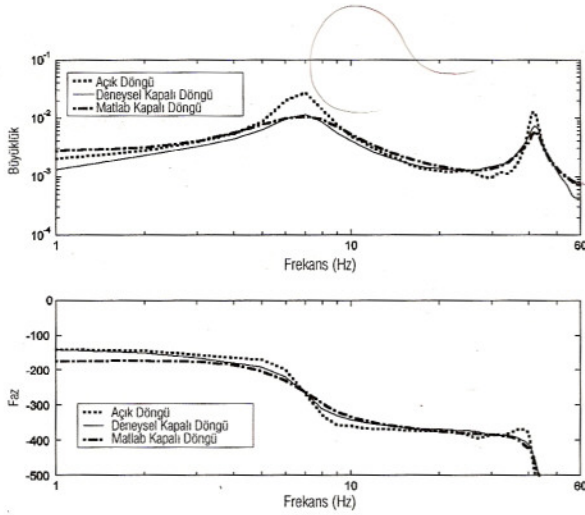


Şekil 9. Uzama ölçerle kullanılan akıllı kirişin açık döngü ve kapalı döngü zaman cevapları

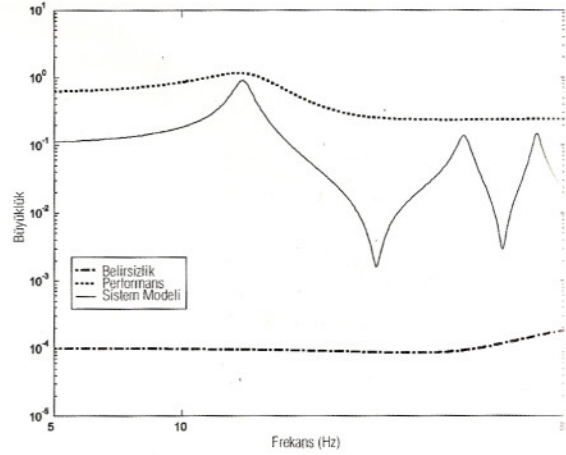
Şekil 10'da akıllı kirişin tutturulmuş kenarına yakın bir yere yerleştirilen titreştirici ile uyarılması sonucu oluşan açık döngü, deneySEL kapalı döngü ve MatLab simülasyonu kapalı döngü sonucunda elde edilen frekans cevapları gösterilmiştir.

Şekil 10. Uzama ölçerle kullanılan akıllı kirişin açık döngü ve kapalı döngü frekans cevapları





Şekil 11. Lazerin kullanıldığı akıllı kirişin açık döngü ve kapalı döngü frekans cevapları



Şekil 12. Akıllı finin performans ve belirsizlik seçimi

Lazer Yardımıyla Yer Değişimi Algılama Cihazıyla Yapılan Deneyler

Şekil 11'de titreştirici ile tahrik edilen sistemin açık döngü ve deneysel kapalı döngü ve MatLab simülasyonu kapalı döngü sonucunda elde edilen frekans cevapları verilmiştir.

10 ve 11. şekillerde verilen frekans cevapları incelendiğinde, ilk iki doğal frekanstaki titreşimin sönümlendiği gözlenmektedir. Şekil 10'daki MatLab simülasyonu sonucunda elde edilen kapalı döngü frekans cevabı ile deney sonucunda elde edilen kapalı döngü frekans cevabının birbiriyle tam olarak örtüşmediği görülmektedir. Oysa Şekil 11'de MatLab simülasyonu ile elde edilen kapalı döngü frekans cevabı ve deneysel olarak elde edilen kapalı döngü frekans cevabının çok iyi uyduğu gözlenmiştir. Bunun sebebi, lazerin algılayıcı olarak kullanıldığı akıllı kirişin sistem modeline, yüksek frekansları kapsamaması için sisteme eklenen belirsizliğe ilâveten sönümleme katsayısını da göz önünde bulunduran belirsizliğin eklenmesidir. Yalnız, lazerin algılayıcı olarak kullanıldığı deneylerde, piezo-elektrik malzemelere uygulanması gereken denetçi sinyalindeki sınırlamalardan dolayı, ilk iki

doğal frekanstaki titreşim sönümlenmesi uzama ölçerin algılayıcı olarak kullanıldığı deneylere göre daha düşük olmuştur. Bu açıdan, hem sistemin belirsizliği hem de denetçiden beklenen performans özelliklerinin iyi belirlenmesi gerekir [7, 8].

Akıllı Fin İçin Yapılan Deneysel Çalışmalar

Şekil 2'de verilen akıllı fin sistem modeli kullanılarak bir H_{∞} denetçi tasarlanmıştır. Bu model piezo-elektrik malzemenin yapıyı uyarması ve lazer yardımıyla yer değişimi algılama cihazının sistemin bu uyarıya verdiği cevabı kaydetmesi ile elde edilmiştir. Daha önceki çalışmalarda da belirtildiği gibi, uyarıcıların yapı üzerindeki konumu kadar algılayıcıların konumu da önemlidir. Sonlu elemanlar modelinden yararlanıla-

rak yapı üzerindeki yer değişiminin en yüksek olduğu yer, lazer yardımıyla yer değişimi algılama cihazı için yer değişiminin ölçüleceği nokta olarak belirlenmiştir [9, 10].

Akıllı fin için tasarlanan H_{∞} denetçisi için seçilmiş olan performans ve belirsizlik grafikleri Şekil 12'de verilmiştir.

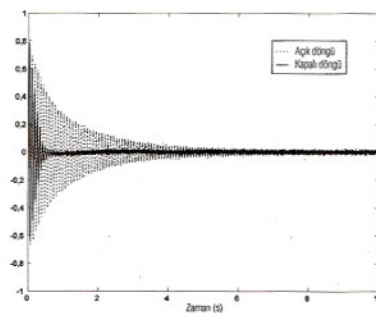
Şekil 4'te verilen deney düzenek kullanılarak akıllı fin için uç noktasından verilen yer değişimi karşı akıllı finin açık ve kapalı döngü zaman cevapları Şekil 13'te verilmiştir.

Şekil 12'den de görüldüğü üzere yapıda oluşan titreşim kısa sürede sönümlenmiştir.

Sonuçlar

Bu çalışmada, akıllı bir kiriş üzerine sürekli uygulanan bir sinus dalgası tarafından tahrik edilmesiyle oluşan titreşimlerini geliştirilen bir H_{∞} denetçi tarafından sönümlenebildiği hem teori hem de deneysel olarak gösterilmiştir. Denetçinin tasarımında H_{∞} denetçi algoritması kullanılmış ve bu tasarım tekniğinin sistem belirsizliklerinin modellenmesindeki başarısı gösterilmiştir. Aynı zamanda akıllı fin için serbest titreşim, açık ve kapalı döngü zaman testleri yapılmıştır.

Şekil 13. Akıllı finin açık döngü ve kapalı döngü zaman cevapları



tasarlanan H_{∞} denetçisinin hedeflenen şekilde çalıştığı gösterilmiştir.

Bu çalışmada kullanılan iki ayrı deneysel sistemin çalışma performansları karşılaştırılmış ve birbirlerine göre olan üstünlük ve zayıflıkları tespit edilmiştir. Uzama ölçerlerin kullanıldığı SS10 denetçi ünitesinin veri toplama, işleme ve veri göndermedeki yüksek hızı (4096 örnekleme/saniye) bu sistemi başarılı kılmıştır. Labview ile birlikte çalışan lazer yardımıyla yer değişimi algılama cihazının kullanıldığı sistem ise, daha kesin ölçümler yapabildiği için titreşimi algılamada uzama ölçer ile karşılaştırıldığında daha başarılı olmuştur. Aynı zamanda görsel bir arayüze sahip olan Labview programının kullanım kolaylığı da SS10 denetçisi kullanılarak çalıştırılan C programına göre avantajlıdır. ■

Kaynaklar

- [1] Çalışkan T., "Piezoelectric Ceramics and Their Applications in Smart Aerospace Structures", Doktora Tezi, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Havacılık ve Uzay Mühendisliği, Eylül 2002.
- [2] Nalbantoğlu V., "Robust Control and System Identification for Flexible Structures", Doktora Tezi, University of Minnesota, 1998.
- [3] Ljung L., System Identification: Theory for the User, Prentice-Hall, 1987.
- [4] Zhou K., Doyle J., Glover K., Robust and Optimal Control, Prentice Hall, New Jersey, 1996.
- [5] Doyle, J., Francis, B., Tanenbaum, A., Feedback Control Theory, Mac Millan Publishing, New York, 1992.
- [6] Francis B.A., Zames G., "On H_{∞} Optimal Sensitivity Theory for SISO Feedback Systems", IEEE Transactions on Automatic Control, vol. AC-29, no. 1, January 1984.
- [7] Nalbantoğlu V., Balas G., Thomson P., "The Role of Performance Criteria Selection in the Control of Flexible Structures", AIAA GNC Conference, San Diego, 1996.
- [8] Balas G., Doyle J.C., "Robustness and Performance Trade-Offs in Control Design for Flexible Structures", IEEE Transactions on Control Systems Technology, vol. 2, no. 4, December 1994.
- [9] Yaman Y. ve diğer., "Vibration Control of Smart Plates by Using Piezoelectric Actuators", ESDA2002, 6th Biennial Conference on Engineering Systems Design And Analysis, 2002, Istanbul, Turkey.
- [10] Çalışkan T., Yaman Y. ve Nalbantoğlu V., "Akıllı Yapıların Sonlu Elemanlar Tekniği Kullanılarak Modellenmesi", UMTS 2001, Selçuk Üniversitesi Konya, Bildiriler Kitabı, s. 539-548.
- [11] Yaman Y. ve diğer., "Application of H_{∞} Active Vibration Control Strategy in Smart Structures", 3rd International Conference on Advanced Engineering Design, 1- 4 June 2003, Prag, Çek Cumhuriyeti.

HYDAC

Hidrolik Akümülatör Teknolojisinde Geniş ve Kaliteli Ürün Programı Kuvvetli Stok



Balonlu Akümülatörler

Ölçü: 0.5 ...50 litre

Basınç: 330 bar

Membranlı Akümülatörler

Ölçü: 0.075 ...3 litre

Basınç: 330 bar

Pistonlu Akümülatörler

Ölçü: 0.5 ...1200 litre

Basınç: 450 bar

Akü Emniyet ve Kapama Blokları

Aka Dolum ve Test Aparatları

Akü Montaj Kelepçeleri

Akü Servisi

Akü bakım ve tamir hizmeti,

340 bar'a kadar gaz dolumu

Akü Yedek Parçaları

Balonlar, Sızdırmalık kitleri,

Anti-extrüzyon ringleri, Gaz/Yağ valfleri,

HYDAC AKIŞKAN KONTROL SİSTEMLERİ SAN. ve TİC. LTD. ŞTİ.

İSTOÇ 18. Ada No: 53-55 Mahmutbey 34550 İstanbul

Tel: (0212) 659 22 01 Faks: (0212) 659 21 98

Web: www.hydac.com E-mail: info@hydac.com.tr