

ÖLÇMEDE BİLİMSEL YÖNTEMLER VE UYGULAMA ÖRNEKLERİ

Erol UYAR

ÖZET

Fiziksel büyüklüklerin sağlıklı ve doğru ölçümü, bu ölçümlere bağlı olarak yapılacak değerlendirmeler ve karar verme açısından hayati bir önem taşımaktadır. Ölçülecek fiziksel büyüklüğün değişim aralığına, değişim hızına, kullanılan ölçme sisteminin analog veya sayısal (digital) olmasına, ölçülen sinyalin aktarımı sırasında oluşacak zayıflama ve gürültü etkilerine, sinyal çevirme gereksinimlerine göre bir ölçme sisteminin doğru tasarlanması, bir takım bilimsel yöntemlerin ve ölçme bilgilerinin bilinmesini gerektirmektedir.

Aksi takdirde yanlış ve gerçeğini yansıtmayan ölçme sinyallerinin değerlendirilmesinin ve bunlara bağlı işlemlerin yapılmasının, çok vahim sonuçlar doğuracağı çok açıktır. Özellikle insana bağlılığı ortadan kaldırmak üzere tasarlanan kontrol ve otomasyon sistemlerinde güvenilirliği sağlamanın ilk şartı, ölçülen sinyallerin ve fiziksel büyüklüklerin doğruluğunun tam olmasıdır. Bu amaçla doğru algılayıcı ve düzgün sinyal aktarma ve değerlendirme ve filtreleme ölçmede büyük önem arz etmektedir.

Sunulan çalışmada bu konularla ilgili genel bilgiler uygulanmış örneklerle verilmeye ve değişik açılardan konunun önemi vurgulanmaya çalışılmıştır.

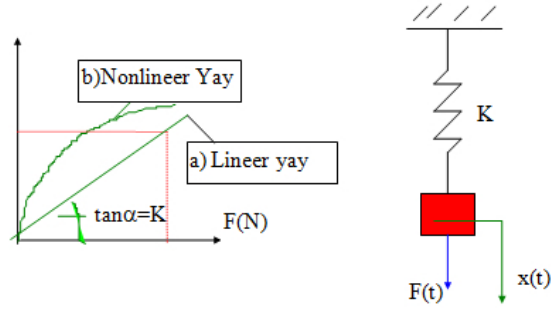
1. GİRİŞ

Ölçmede önce ölçülecek fiziksel büyüklüğün ve ölçme ortamının tanımlanması, değerlerin söz konusu olabilecek değişimi aralığının (range) ve zamanla değişim hızlarının saptanması, bunlara bağlı olarak kullanılacak ölçme sensörünün, ilgili sinyal işleme ve yükseltme ünitelerinin seçimi büyük önem taşır. Özellikle kullanılacak sensör ve ölçme sisteminin aşağıdaki kavramlara göre özellikleri dikkatle ele alınmalıdır:

1. Lineerlik (statik karakteristik veya statsiyoner davranış)
2. Dinamik ölçme kabiliyeti (zaman ve frekans davranışı)
3. Sinyal Şekli „Arabirim Devreleri (Analog-Digital) , Hız ve Çözünürlük (Resolution)
4. Histerez kaybı
5. Filtreleme Özelliği (parazit süzme)
6. Hassasiyet (Sensitivity) ve Robustluk (Gürbüzlük)
7. Durability, Repeatability (dayanıklılığı ve tekrarlanabilirliği)

1.1. Statik karakteristik ve Lineerlik

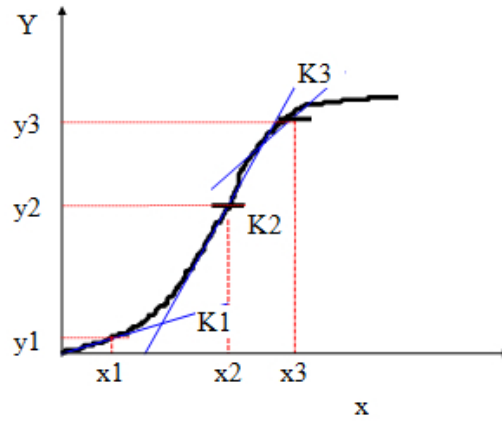
Bir sensörün veya ölçme sisteminin statik karakteristiği, girdi ve çıktı sinyallerinin düzenli rejim değerlerinden elde edilen ilişkiyi yansıtan grafikdir. Bunun doğrusal olması durumunda ilgili sistem veya sensör lineerdir; aksi halde lineer değildir.



Şekil 1.a Lineer ve Non lineer yay Eğrileri

Lineerlik özellikle klasik otomatik kontrolün temel öğelerinden olup, Süper pozisyon Prensibinin de geçerliliği sonucunda sistemlerin ve devrelerin modellenmesi ve analizinde büyük kolaylıklar getirir.

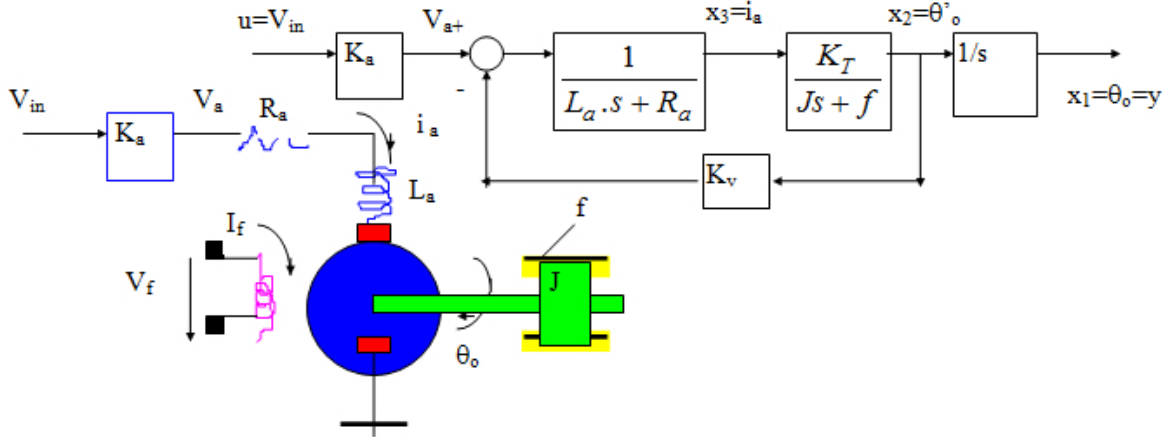
Bir sistem lineer olmasa dahi, sistemin girdi ve çıktısının belli değerleri arasında çalışılması söz konusu ise sistem bu değişim aralığında yukarıdaki gibi bir Taylor Serisi açılımı ile lineerleştirilerek lineer bir sistem gibi addedilebilir.



Şekil 1.b Lineerleştirme

$$f(x) = Y(X) = f(X_n) + \left. \frac{df}{dX} \right|_{X=X_n} (X - X_n) + \left. \frac{d^2 f}{dX^2} \right|_{X=X_n} (X - X_n)^2 + \dots \quad (1)$$

Bu sayede özellikle sistemin **Transfer fonksiyonu ve Blok Diyagramları** kullanılarak basit bir matematik modeli yazılıp hesaplamaları kolayca ve hassasiyetle yapılabilir.



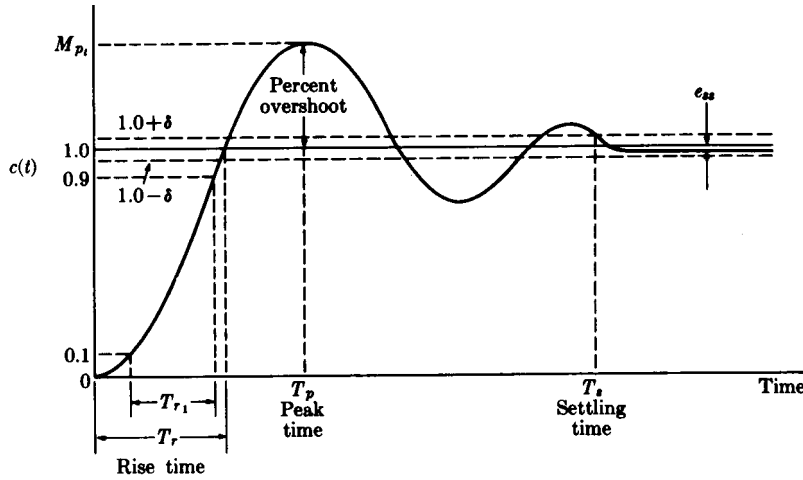
Şekil 1.c Armatür kontrollü DC motor modeli

Şekil.1.c de armatür kontrollü bir DC motorun lineer modeli ile blok diyagramı verilmiştir. Bu modele göre motorun Armatür gerilimi U ile açısal hızı w arasındaki ilişkiyi veren aşağıdaki Transfer fonksiyonu blok diyagramı yardımı ile kolayca saptanabilir.

$$G(s) = \frac{w(s)}{V_a(s)} = \frac{Km}{(T_L s + 1)(T_a s + 1).R_a.B + Km.Kb} \quad (2)$$

1.2. Dinamik Davranış, (Zaman ve Frekans davranışı)

Bir ölçme sistemindeki zamana veya frekansa bağlı değişimler, ölçüm değerlerinin hangi hızlar ve sıklıkla alınması gereksinimini ortaya koyar. Sistemlerin ani veya harmonik girdi değişimlerine karşılık çıktılarının değişimlerini ortaya koyan zaman ve frekans cevapları, sistemin gerçek performanslarını yansıtabilecek hızda ölçme ve değerlendirme elemanlarının seçimi açısından büyük önem taşır Şekil.2. de basamak cevabı görülen, doğal frekansı w_n , sönüm faktörü de ξ olan 2.mertebeden kritik altı sönümlü bir sistemin %2 lik düzenli rejim tolerans bandına girmesi için $t_{dr} = 4 * \xi * w_n$ kadar bir süre geçmesi gerekmektedir. Dolayısı ile düzenli rejim değerlerinin ölçümünde bu durum göz önüne alınmalıdır.

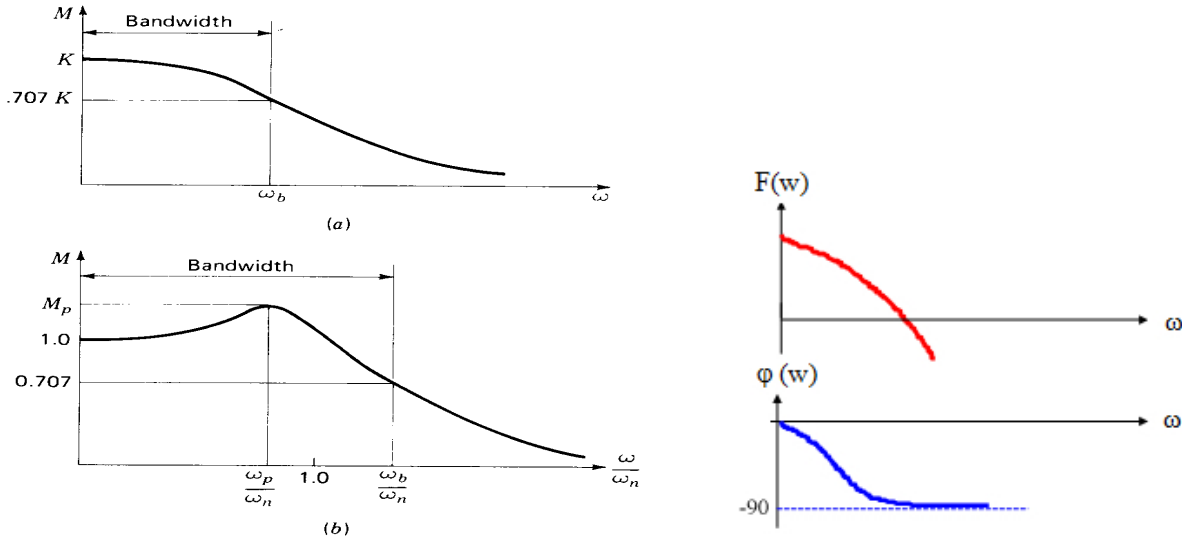


Şekil 2. İkinci mertebe sistem zaman davranışı

Benzer şekilde 1.mertebeden gecikmeli zaman sabiti T olan bir sistemin düzenli rejime geçişi yaklaşık $t_{dr} = 4 \cdot T$ zamanında gerçekleştiğinden dinamik olaylarda statsiyoner değerin ölçülmesi en az bu zaman kadar beklemeyi gerektirmektedir. Örnek olarak zaman sabiti $T=15$ sn olan cıvalı bir hasta termometresi ile doğru bir vücut sıcaklığı ölçebilmek için en az 1 dakika beklemek gerekir.

Zaman sabiti veya zaman performans değerleri çok küçük olan sistemlerde (1. ve 2. mertebeden gecikmeli Lineer Sistemler gibi) bunlara uygun hızlarda ölçüm yapabilen (Sampling Rate) sensör ve değerlendirme üniteleri kullanılmaması halinde gerçekten çok farklı karakteristikler saptanabilir.

Aynı şekilde sistemlerin hangi değişim hızlarına ayak uydurabileceği Frekans Davranışlarını yansıtan **BODE diyagramları** incelenerek saptanabilir.

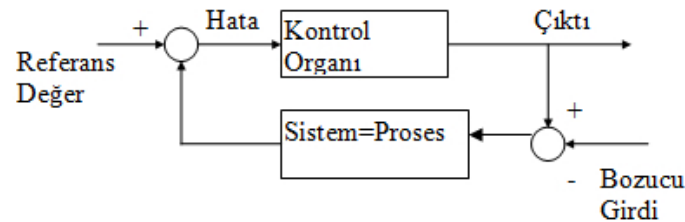


Şekil 3. Birinci ve İkinci mertebeden sistemlerin Bode diyagramları

Örnek olarak 100 KHz lik bir hızla değişen bir olayın sinyali, 50 KHz geçirgenlik Bandı olan bir osiloskopa gözlenemez.

1.3. Sinyal Şekli „Arabirim Devreleri (Analog-Digital) , Hız ve Çözünürlük(Resolution)

Ölçme sisteminde kullanılan elemanların çalışma prensipleri (Analog- Digital, AC, DC), besleme ve sinyal giriş -çıkış değerleri (A,mA, V,mV, bar, mBar,) gibi büyük önem taşır. Özellikle bazı sistemlerde değişik sinyal değerleri ve şekilleri ile çalışan ölçme elemanlarının mevcut olması durumunda sistemde yeknesaklığın sağlanması ancak uygun sinyal çeviriciler (A/D, D/A converterler, U/P, I/P veya tersi çeviriciler gibi) kullanmakla mümkündür. Örneğin son yıllarda PC ler ve Mikro işlemciler gibi digital esaslı kontrol elemanları ile analog giriş ve çıkışlı bir sensörün birlikte kullanılması gerektiği Şekil.4 teki gibi bir kontrol devresinde, hem gerekli sinyal şekillerine hem de sinyal değerlerine dönüştürme işlemleri son derece önemlidir.



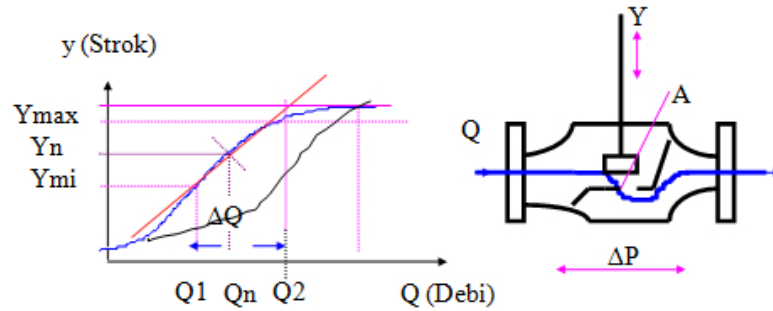
Şekil 4. Kontrol Devresi

Hatta bilgisayar esaslı kontrol elemanlarının kullanılması durumunda dış dünya bilgilerini (örneğin sensör girdilerini) bilgisayar ortamına dönüştüren **Arabirim (Interface) Ünitelerinin** uygun seçilmesi de ölçme sisteminin önemli bir olgusudur.

Diğer önemli bir konu dijital devrelerde kullanılan işlemcilerle ilgili olarak data aktarımındaki hız ve data hassasiyetidir. Özellikle Görüntü İşleme (ImageProcessing) veya Yapay Sinir Ağları (Neural Networks) gibi yoğun ve hassasiyeti yüksek On Line data aktarım işlemlerinde Baudrate olarak ifade edilen bit/second olarak aktarma hızı ve yine bir datanın bit veya bite olarak ifade edilen data boyutu çok önemli verilerdir. Örneğin 400 °C lık analog bir sıcaklık ölçümünü digital olarak değerlendiren bir mikro işlemci 8 Bit hassasiyetinde bir data işleme kapasitesine sahip ise $400/8 = 50$ °C/bit; 12 bit hassasiyete sahip ise $400/12 = 33.33$ °C/bit, 16 bit hassasiyete sahip ise $400/16 = 25$ °C/bit hassasiyetinde sıcaklık ölçümü yapabilecektir. İşlem hızı ise özellikle on line sistemlerde, örneğin çok serbestlik dereceli bir robot manipülatörün uzuvlarının pozisyon ve hatta hız kontrollerinde, hareket halinde belli bir yörüngeyi takip eden bir aracın (autonomus Vehicle Control) kontrolünde, büyük önem taşımaktadır.

1.4. Histerez ve Ölü bant kayıpları

Ölçme elemanlarının en önemli karakteristiklerinden birisi de girdi değerlerinin artışı veya eksilişi sırasında çıktı değerlerinin değişimini yansıtan statik karakteristiğin aynı kalmaması, yani histerezli olmasıdır. Çalışma esnasında bir şekilde enerji kaybına neden olan Histerez oluşumuna örnek olarak Şekil.5. te bir kontrol vanasının açma ile kapama karakteristikleri arasındaki histerez görülmektedir.

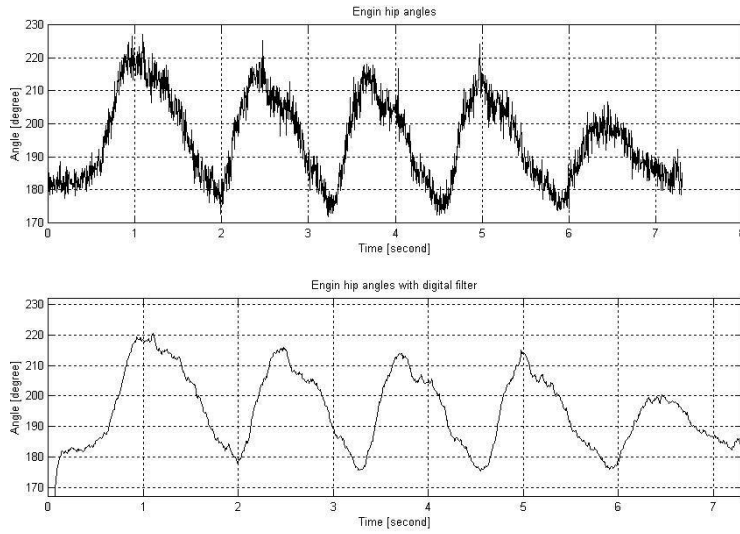


Şekil 5. Histerez oluşumu

Benzer etkiler bobin veya jeneratör sargılarının mıknatıslanması veya ters mıknatıslanması esnasında da görülmektedir. Ayrıca somunlu vidalı millerde hareket yönü değişimi sırasında oluşan vida boşlukları, ölçme sistemlerinde özellikle **Ölü Bant** aralıkları oluşturması nedeni ile önem taşır.

1.5. Filtreleme Özelliği (parazit süzme)

Ölçme devreleri genelde yüksek frekanslı parazit olarak adlandırılan bozucu sinyallerden etkilenir ve bu parazitler gerçek ölçülen sinyali bozarlar. Bu tip yüksek frekanslı bozucu sinyaller Alçak Geçirgen filtreler kullanılarak önlenir. Örnek olarak Şekil.6 da bir ayak protezinin açısız hareketini ölçmek için kullanılan potansiyometre ile ölçülen sinyalin filtresiz ve filtrelenmiş halleri görülmektedir.



Şekil 6.Yürüme eğrileri

Elbet ki bazı hallerde ise yüksek geçiren veya belli bir bandı geçiren bant filtreleri de kullanılabilir. Filtrelerin genelde kalitesi bandı belirleyen karakteristiklerine ve kazançlarına bağlıdır.

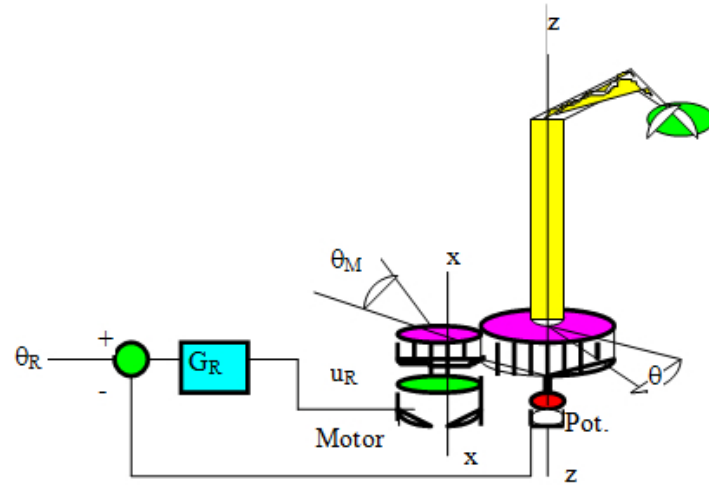
1.6. Sensitivity(Hassasiyet) ve Robustluk

Bir ölçme devresinde hassasiyet, belli bir parametreye bağlı hassasiyet veya tüm devrenin herhangi bir elemana bağlı hassasiyeti şeklinde olabilir. Örnek olarak bir elektronik elemanın içindeki bir transistörün karakteristiğinin, örneğin akım kazancının, zamanla yaşlanmaya veya ortam sıcaklığına bağlı değişmesi, bu elemanın tüm dinamik davranışını (transfer fonksiyonunu) etkiler. Böyle bir değişim elemanın yer aldığı örneğin bir kontrol devresinin tüm dinamiğini ve stabilitesini etkileyebilir. İşte bu tür hassasiyet değişimlerinin minimize edildiği veya kompanze edildiği **Gürbüz (Robust) sistemler**, özellikle güvenlik gerektiren durumlarda büyük önem taşır.

Ayrıca devre yapısını bozmadan veya devre yapısına müdahale imkânının olmadığı durumlarda dıştan ilave elmanlar kullanarak devrenin belli bir bölgede davranışını veya stabilitesini düzeltmek için kompanzasyon olarak tanımlanır. Duruma göre özellikle frekans davranışını değiştirmek için **Faz Avanslı, Faz Faz gecikmeli veya Bileşik Kompanzasyon** yöntemleri kullanılır.

1.7. Durability, Repeatability (dayanıklılığı ve tekrarlanabilirliği)

Dayanıklılık ve tekrarlanabilirlik özellikle Şekil.7 de ki gibi robot manipülatörlerde pozisyon kontrollerinde aranan önemli bir özelliktir. Manipülatörün hassas bir mekaniğe sahip olması yanı sıra, gerek digital gerekse analog bazlı pozisyon ölçme için kullanılan elemanlarının defalarca değişimlere karşılık her zaman aynı mekanik pozisyonlarda aynı değerleri vermesi büyük önem taşır. Yukarıda hassasiyet kavramında belirtildiği gibi ölçme sistemlerinde kullanılan mekanik, elektronik, pnömatik v.s elemanların kendilerinin veya içlerinde kullanılan elemanların veya malzemelerin dayanıklılığı ve sürekli çalışmaya karşılık hassasiyetleri, yani tekrarlanabilirliği çok önemlidir.



Şekil 7. Robot Manipülör pozisyon kontrolü

2. SONUÇ

Ölçme mühendislik uygulamalarının temelini teşkil eden ve tüm fiziksel büyüklüklerin değişimlerini muhtelif fiziksel yöntemlerle gerçeğine uygun olarak saptamayı amaçlayan çok geniş bir bilim dalıdır. Bu sunumda ölçmenin içerdiği konular ve gerektirdiği bilgiler çok basit olarak aktarılmışa çalışılmıştır.

Otomatik kontrol devreleri Şekil.4 de görüldüğü gibi, bozucu etkilere rağmen belli bir referans girdinin korunmasını veya takibini sağlamak amacıyla devre çıktısının sürekli ölçülerek geri beslendiği ve düzeltildiği sistemlerdir. Doğru bir ölçme ve geri besleme, kontrol devrelerinin ilk ve en önemli unsurudur. Kumanda sistemlerinin tersine kontrol devreleri ölçme ve geri besleme sayesinde sadece bir sistemin güvenliğini ve en az enerji sarf ederek en iyi şartlarda optimal çalışmasını sağlamakla kalmayıp aynı zamanda belli bir konfor ve rahatlığını da mümkün kılmaktadır.

Sonuçta tüm uygulamalı teknik ölçme ile başlar ve ölçme sayesinde arzulanan performanlara ulaşılabilir. Bu yüzden sağlıklı, amaçlı, gerekli ve doğru ölçme her şeyden önce sistemlerin güvenliği açısından hayati önem taşır.

3.KAYNAKLAR

- [1] UYAR.E, SİSTEM DİNAMİĞİ VE OTOMATİK KONTROL..DERS KİTABI DEÜ YAYINLARI.2005
- [2] UYAR. E, CETİN. L, BASER. Ö. ANKLE AND HIP JOINT TRAJECTORY CONTROL OF A BIPEDAL ROBOT. Copyright © 2007 IFAC – The 5-th IFAC DECOM-TT Workshop Cesme - Izmir, Republic of Turkey, May 17–20, 2007
- [3] UYAR, E, CETİN, L,BASER, Ö. INVESTIGATION AND ANALYSIS OF BIPEDAL HUMANWALKING TO CONTROL THE MOTION OF KNEE PROSTHESES.
- [4] The 17th INTERNATIONAL DAAAM SYMPOSIUM
- [5] "Intelligent Manufacturing & Automation: Focus on Mechatronics & Robotics"
- [6] 8-11th November 2006
- [7] DORF. R-BİSCHOP, R.MODERN CONTROL SYSTEMS. International Edition. Pearson Prentice Hall. 2005,USA

ÖZGEÇMİŞ

Erol UYAR

1945 yılı İzmir doğumludur. 1970 yılında Stuttgart Üniversitesi Makina Mühendisliği'nden mezun olmuştur. 1976 yılında Ege Üniversitesi Makina Mühendislik Bilimleri Fakültesi'nden doktor mühendis unvanını almıştır. 1981 yılında Ege Üniversitesi Makina Fakültesi'nden doçentlik, 1989 yılında Dokuz Eylül Üniversitesi – Müh. Mim. Fakültesi'nden profesörlük unvanını almıştır. Halen Dokuz Eylül Üniversitesi Makina Mühendisliği – Makina Teorisi ve Dinamiği Ana Bilim Dalında Otomatik Kontrol , Sistem Dinamiği, Elektriksel Otomasyon ve Mekatronik derslerini vermektedir.