

# ELEKTRİK MÜHENDİSLİĞİ'14, ULUSAL KONGRESİ

16 - 22 EYLÜL 1991 • DEÜ •

1

EMO • TÜBİTAK • DEÜ



## ÖNSÖZ

Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Elektrik ve Elektronik Mühendisliği Bölümü, TMMOB Elektrik Mühendisleri Odası ve Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırma Kurumu'nun işbirliği ile 16-22 Eylül 1991 tarihleri arasında düzenlenen Elektrik Mühendisliği 4. Ulusal Kongresine hoşgeldiniz.

Öç paralel oturum halinde D.E.t). Rektörlük binası anfilerinde gerçekleşecek Kongremizde 54'ü poster olmak üzere toplam 213 bildiri sunulacaktır.

iki ayrı ciltte toplanan bildirilerin, Elektrik Makinaları ve Güç Elektroniği, Kontrol ve Sistemler ile Enerji Sistemleri konuları birinci ciltte, Bilgisayar, Elektronik, Haberleşme, İşaret işleme, Biomedikal ve Enstrümantasyon, Elektromagnetik Alanlar, Mlkrodalga ve Antenler ile Eğitim konuları ise ikinci ciltte yer almıştır.

ilk duyurularını bir yıl önce yaptığımız kongremize 299 adet bildiri özeti gönderilmiş, Bilim Kurulu bunlardan 277'sini kabul etmiş, 22 adet bildiri özetini ise iade etmiştir. 64 adet bildiri basıma verildiği tarihe kadar elimize ulaşmadığı için Kongre Bildirileri kitabında yer almamıştır.

Universite-sanayi işbirliğinin geliştirilmesi ve Kongremize yansımalarının sağlanması amacı ile ilk kes oluşturulan Kongre Danışma Kurulunda, EMO ve üniversitelerin temsilcilerinin yanısıra kamu ve özel sektör temsilcileri de yer almıştır.

Süperiletkenlerin Elektrik Mühendisliğinde Uygulamaları, 2000'li Yıllarda Ülkemizin Haberleşme Sistemleri ve Ülkemiz Elektrik Enerjisi Sistemleri konularında sunulacak çağrılı bildirilerle Kongremizin yalnız izleyicilere değil tüm kamuoyuna önemli mesajlar vereceği inancındayız.

Kongremizde Elektrik Mühendisliği Eğitimi ve Elektronik Teknolojisi konularında sorunların tartışılacağı, çözüm ve önerilerin geliştirileceği, ilgili kurum ve kuruluşlara önemli yararlar sağlayacağını umduğumuz bir ortam yaratacak panellerimiz olacaktır.

Çağrılı Bildiri ve panellerimize katılacak değerli bilim adamları ile özel ve kamu kuruluş yetkilisi meslektaşlarıma çok teşekkür ediyorum.

Sunulacak tüm bildirilerin özverili çalışmalarla ortaya çıktığını hepimiz biliyoruz. Yürütme Kurulumuz bu çabaları desteklemek ve genç araştırmacıları teşvik etmek amacı ile kongrede sunulan en iyi üç bildiri sunucusunu ödüllendirmeyi kararlaştırmıştır. Beş kişilik jüri tarafından yapılacak değerlendirme sonucu üç sunucuya ödülleri kapanışta verilecektir.

Kongremizin, izleyiciler ve delegeler için başarılı olmasını, ülkemizin bilimsel ve teknolojik çalışmalarına yön ve ivme vermesini diliyor, hazırlık çalışmalarımıza özenle katkı koyan değerli Bilim Kurulu, Danışma Kurulu, Yürütme Kurulu ve Sosyal Kurul üyeleri ile emeği geçen tüm arkadaşlarıma destek ve katkıları için teşekkür ediyorum.

Prof. Dr. Kemal ÖZMEHMET  
Yürütme Kurulu Başkanı

ELEKTRİK MÜHENDİSLİĞİ  
4. ULUSAL KONGRESİ  
16-22 EYLÜL 1991  
DEÜ REKTÖRLÜK BİNASI - İZMİR

DÜZENLEYEN KURULUŞLAR

- . TMMOE ELEKTRİK MÜHENDİSLERİ ODASI
- . DOKÜZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ ELEKTRİK ve ELEKTRONİK MÜHENDİSLİK BÖLÜMÜ
- . TÜBİTAK

YÜRÜTME KURULU

Kemal ÖZMEHMET	(Prof. Dr. - <b>Başkan</b> )
Nihat ÖZGÜL	(EMO - Koordinatör)
Teoman ALPTÜRK	(TMMOB - EMO Başkanı)
Canan TOKER	(Prof. Dr. - ODTÜ - TÜBİTAK)
Süha BAYINDIR	(Doç. Dr. - DEÜ)
Macit MUTAF	(EMO İzmir Şubesi)
Sedat GÜLŞEN	(EMO İzmir Şubesi)
Mehmet KUNTALP	(Araş. Gör. - <b>DEÜ</b> )

DANIŞMA KURULU

ufuk ATAÇ	(EMO)	<b>Atilla OKYAR</b>	(VESTEL)
ibrahim ATALI	(EMO-ADANA)	<b>Vuslat ÖZTOPÇU</b>	(TRT)
Emir BİRGÜL	(EMO-BURSA)	<b>Serhat OZYAR</b>	(EMO-ANKARA)
<b>Yurdakul CEYHUN</b>	(TELETAŞ)	<b>Muharrem SAYIN</b>	(M.G.)
Sıtkı ÇİĞDEM	(EMO-İSTANBUL)	<b>Hasan S. ŞİŞIKOOLU</b>	(PTT)
Orhan ERYOL	(PTT)	<b>Necmi OYAR</b>	(ETİ TAŞ)
Aykut GÜŞAR	(SİMKO)	<b>Cengiz ÜNDEYO&amp;LU</b>	(TEK)
Cihan İLKER	(ASELSAN)	<b>Turhan TUNALI</b>	(EÜ)
Aydın KAYACIK	(ALPET)		

BİLİM KURULU

Abdullah ATALAR	(Prof.Dr.-BİLKENT)	<b>Erol KOCAOLAN</b>	(Prof.Dr.-ODTÜ)
Süha EAYINDIR	(Doç.Dr.-DEÜ)	Tarık <b>ORANÇ</b>	(Y.Doç.Dr.-DEÜ)
Atilla BİR	(Prof.Dr.-İTÜ)	Emrah ORHON	(Prof.Dr.-EÜ)
Yurdakul CEYHUN	(TELETAŞ)	Kadri ÖZÇALDIRAN	(Doç. Dr. -B'ü)
İlhami ÇETİN	(Prof.Dr.-İTÜ)	Kemal ÖZMEHMET	(Prof.Dr.-DEÜ)
Muammer ERMIŞ	(Doç.Dr.-ODTÜ)	Osman SEVAIO3LU	(Doç.Dr.-ODTÜ)
Bülent ERTAN	(Prof.Dr.-ODTÜ)	Mete SEVERCAN	(Prof.Dr.-ODTÜ)
Mustafa GÜNDÜZALP	(Y.Doç.Dr.-DEÜ)	Oğuz SOYSAL	(Doç.Dr.-KTÜ)
Avni GÜNDÜZ	(EMO)	Necmi TANYOLAÇ	(Prof.Dr.-BÜ)
Hasan GÜRAN	(Prof.Dr.-ODTÜ)	Turhan TUNALI	(Doç.Dr.-EÜ)
Güngör GÜRSEL	(EMO)	Erginer UNGAN	(Y. Doç*. Dr. -DEÜ)
Kemal HALICI	(Prof.Dr.-YÜ)	Yıldırım ÜÇTÜ8	(Doc.Dr.-ODTÜ)
Erare HARMANCI	(Prof.Dr.-İTÜ)	Zafer ÜNVER	(Prof.Dr.-ODTÜ)
Altunkan HIZAL	(Prof.Dr.-ODTÜ)	Birgül YAZGAN	(Prof.Dr.-İTÜ)
Mithat I DEMEN	(Prof.Dr.-TÜBİTAK)	Erdem YAZGAN	(Prof. Dr. -1107)
ösoan KALENDERLI	(Y.Doç.Dr.-İTÜ)	Melek YÜCEL	(Doç. Dr. -ODT'J)
Haldun KARACA	(Y.Doç.Dr.-DEÜ)	Nusret YOKSELER	(Prof. Dr. -1 Tu ;

SOSYAL KURUL

Macit MUTAF	(EMO)	Birsen MALKOÇ	(EKO)
Röcai KOLAY	(DEÜ)	Gülderen YARIM	(DEÜ)

Not: Danışma Kurulu ve Bilim Kurulu alfabetik olarak dizilmiştir.

PARALEL TTP EVİRGEÇLER tÇTN BİR FREKANS DENETİM DİZGESİ

Haldun KARACA

D.E.O. Elektrik ve Elektronik Müh. Bolünü, İzmir.

ÖZET

Rezonans tipi Evirgeçlerin frekans denetimi için Evre Kilitli Döngü (Phase Locked Loop) tekniği üzerinde durulmuştur.

Tasarım ve gerçekelemede birtakım özelliklerin yetersiz kalmasının bu tekniğin başarısını büyük ölçüde etkilediği uygulamada görülmüş ve nedenleri araştırılmıştır.

Paralel Evirgeçlerde beslene akım değerinin en aza indirilmesine dayalı başka bir yöntemin geliştirilebileceği gösterilmiştir.

1. GİRİŞ

Yarı iletken elemanlardaki gelişim günümüzde anahtarlama (switching) dayalı güç işleme dizgelerini çok yaygınlaştırmıştır. Bu dizgelerden seri ve paralel rezonans evirgeçlerinde anahtarlama anında, akım ya da gerilimden bir tanesinin değeri çok küçük kalmaktadır.

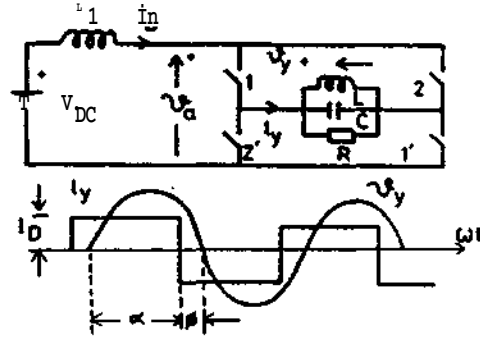
Sonuçta anahtarlama kayıpları daha küçük olabilmektedir. Aynı zamanda anahtarlama elemanının aşırı elektriksel zorlamadan bozulma olasılığı azalmaktadır /1/.

Sözü edilen özelliklerinden dolayı Endüksiyon Isıtma ve diğer yüksek güç gerektiren uygulamalarda seri ya da Paralel Rezonans Evirgeçleri en sık karşılaşılan dizge tipleridir.

Bu çalışmada Paralel Rezonans Evirgeçlerinin yük rezonans frekansında çalışmasını sağlayabilecek denetim dizgeleri incelenecektir.

2. PARALEL REZONANS EVİRGEÇİ

Basitleştirilmiş olarak Şekil 1'de gösterilen evirgeçde bilindiği gibi anahtarlama frekansı, devrede elemanların belirlediği bir değer çok üstünde ise  $V_p$  kaynağından yaklaşık doğru akım çekilecektir.



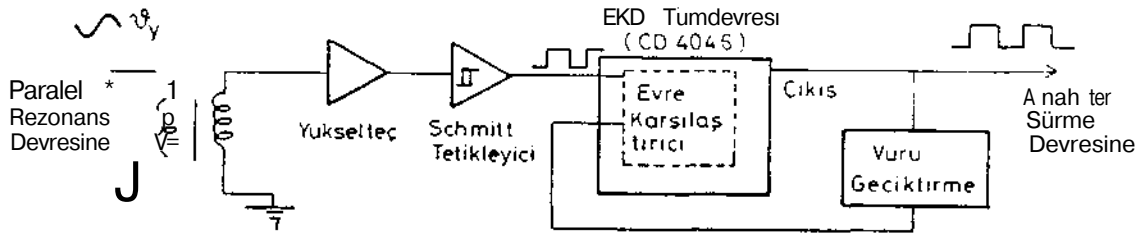
Şekil 1. Paralel Evirgeç ve İşaret biçimleri

Rezonans devresinin Q değeri katsayısı yeteri kadar yüksek ise  $v_y$  gerilimi biçimi sinüsoidal olarak alınabilir. Bu halde Şekil 1'deki  $V_p$  gerilimi biçimi  $0 = 0$  ve  $0 \neq 0$  için Şekil 2'de görüldüğü gibi olacaktır.

Rezonans devresi geriliminin tepe değerinin hesabı için  $L$  ırgitecinin akısının değişmediği varsayılın. Gerçekte

$$V_D = L_D \cdot I_D \quad (1)$$



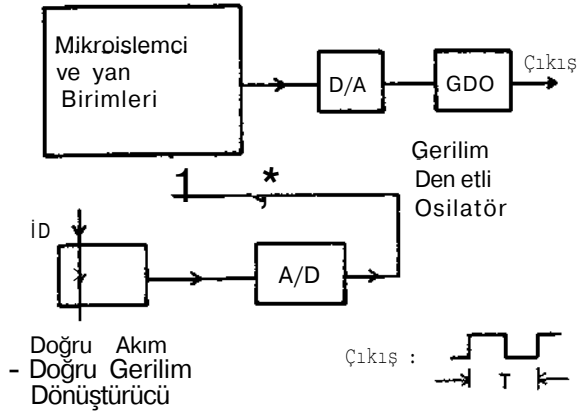


Şekil 3. EKD Tekniği Uygulamasının Öbek Şeması

yazılabilir. Bu bağıntı (5) ile birleştirilirse k bir sabit olmak üzere

$$I_D = k V_{DC} \cdot [\cos^2 \alpha]^{-1} \quad (7)$$

yazılır. Buradan  $I_D$ 'nin minimum değerini  $\alpha = 1$  ya da  $0 = 0^\circ$  için alacağı görülür. Evirgeç frekansı değiştirilerek  $I_D$ 'nin minimuma değerini veren frekansın bulunması ve izlenmesi ile evirgecin rezonans frekansında çalıştırılmış olacağı açıktır. Bu tür bir denetimi yürütecek dizge Şekil 4<sup>1</sup> de olduğu gibi tasarlanabilir.



Şekil 4. En küçük akım değeri arama ile frekans denetimi dizgesi

Bu yöntemin EKD ye göre aşağıdaki gibi üstünlükleri olduğu ileri sürülebilir.

- 1) Yöntemin doğruluğunu  $I_D$  akımı ölçümü belirler. Ancak karşılaştırmalı olarak  $I_D$ 'nin on küçük değeri arandığından bajıl doğruluk yeterli olacaktır. Böylece yöntem kendi yapısından dolayı daha iyi bir doğruluk sağlayabilir.
- 2) Yöntemin frekans değişimlerine tepkisi yavaştır. Ancak uygulamada yük karakteristiği değişimi hızlı olmadığı düşünülürse bu yöntemin bir eksikliği olarak görülmemelidir. Tersine yüksek frekanslı Elektromanyetik girişimlere karşı yöntemin daha bağımsızlığı olmasını sağlamaktadır.

#### 5. SONUÇ

EKO tekniği ile yapılan frekans denetiminin uygulamadaki sorunları göz önünde tutularak başka bir yöntem önerilmiştir. Yeni yöntemin kuramsal olarak doğruluğu gösterilmiştir.

önerilen yöntemin EKD ile değişik yönlerden karşılaştırılması yapılmıştır.

#### REFERANSLAR

// Hobson, L., Static Inverters for Industrial Process Heating, Int.J.Elect Enging.Educ. V.20, 23-32.

121 Leisten, J., Tebb, D., Microprocessor Control of a Transistorized Induction Heating Power Supply, Int.J.Elec. V.65, No.5. 1988.

/3/ Bottari, S., Tenti, P., High Efficiency 200 kHz Inverter, 16th PESC, France, pp. 308-316, 1985.

/4/ Toker, A., A Control System for the parallel Inverter Used in Induction Heating, M.Sc. Thesis, D.E.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, 1991.

/5/ Nakaoka, M., Vietson, H.M., New Voltage Fed Time Sharing High Frequency Thyristor Inverter Circuits and Their Applications, IEEE, IAS79 Conference Proceedings p.399-413.

/6/ Pelly, B.R., Latest Developments in Static High Frequency Power Sources For Induction Heating, IEEE Trans. on IECEI, V. 17, p. 297-1970.

III MicropOMer Phase Locked Loop Device C0 4046, Data Sheet, RCA Corporation.

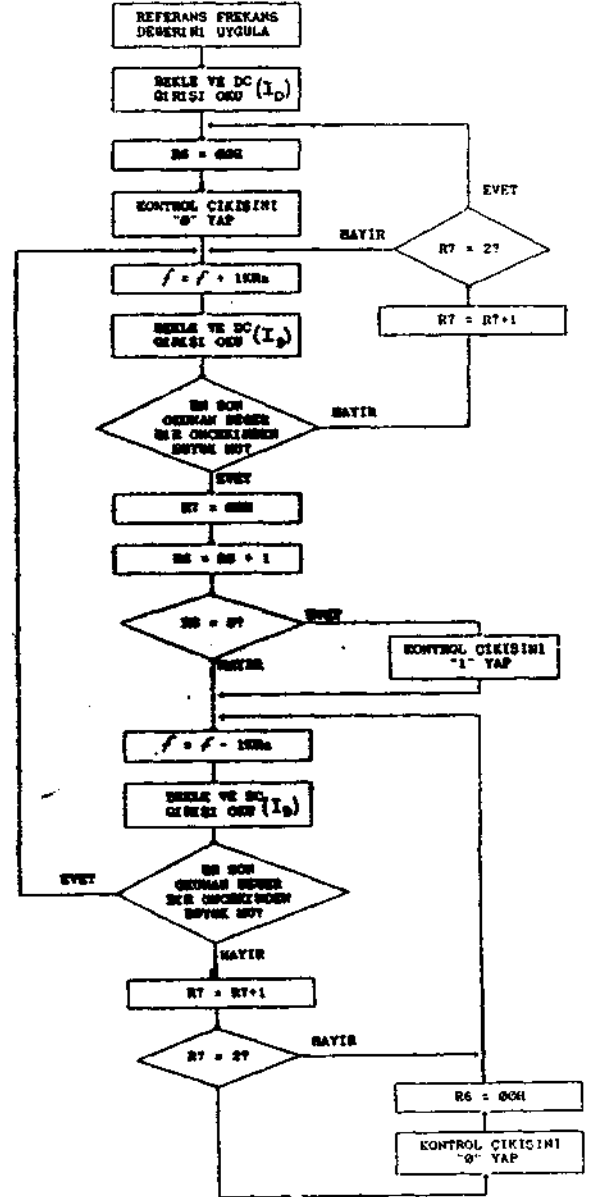
/8/ Bedford, B.O., Hoft, R.S., Principles of Inverter Circuits. New York Wiley 1964.

EK

Minimum 1<sup>^</sup> Akimini Elde Em.cyu. Fayda: Yöntemin Akış Şeması

( Kontrol çıkışı evirgecin rezonansla çalışıp çalışmadığını gösterir.)

KONTROL SİSTEMİ PROGRAM ALGORİTMİKSI



SINIRLANDIRILMIŞ SONLU ZAMAN KONTROLLÜ SİSTEMLERİN HİBRİT  
BİLGİSAYARDA HODSLENHESİ

MGÖZKAYA . A.BİR

I.T.ü. Elektrik-Elektronik Fakültesi  
Kontrol ve Bilgisayar Böl.Maslak/İST.

**ÖZET**

Bu çalışmada, (iriş ve durun değışkenleri sınırlandırılmış çeşitli sistemlerin sonlu zaman kontrolleri analog ve sayısal bilgisayarların hibrit çalıştırılmaları ile modellenmiştir.

**1. Giriş**

Sonlu zaman kontrol problem i. be liri i bir başlangıç anında, belirli bir başlangıç durumunda bulunan lineer ve sananla değışse yen bir sistesin, istenen bir varış denge durusuna en küçük adım sayısında iletilmesi problemi olarak tanımlanır *İM,III*. Bu asaca ulaşmak için, bazı duruşlarda, sı3teoe çok yüksek genlikli giriş işaretlelerinin uygulanması gerekmektedir. Ancak, çeşitli fiziksel sınırlandırmalar nedeniyle, sistemlere uygulanabilecek giriş değeri dizisi ve sistesin erişeceği duruşlar, fiziksel sınırlandırmalar nedeniyle, belirli sınırların dışında değeri alması. Bu nedenle, sonlu zaaan kontrol probleminin çözümünde bu tür sınırlandırmalar göz önünde bulundurulması gerekir /3/-/5A

Bu çalışmada gerçeğe uygun bir model kurabilmek ve ölçüm yapabilmek amacıyla, analog ve sayısal bilgisayarların hibrit çalıştırılması ile çeşitli işteşlerin sonlu zaman kontrolleri sodellenmiştir. Uygulanan kontrol algoritmasında giriş ve durum sınırlandırmaları gör önünde bulundurulmuştur. Analog bilgisayarda önce tek girişli ikinci dereceden, sonra iki girişli ikinci dereceden ve son olarak iki girişli üçüncü dereceden üç siste» kurulmuş ve her bir sistemin, sayısal bilgisayarda programlanmış olan kontrol algoritması uyarınca sonlu zaman kontrolleri gerçekleştirilerek, elde edilen sonuçlar sunulmuştur.

**2. Kontrol yöntemi**

Lineer, zamanla değışmeyen, r girişli n. mertebeden bir sistem,

$$\frac{dx(t)}{dt} = [A] x(t) + [B] u(t) \quad (1)$$

şeklinde verilmiş olsun. Burada,  $x(t):(n \times 1)$  boyutlu durum vektörü,  $u(t):(r \times 1)$  boyutlu giriş vektörü,  $[A]:(n \times n)$  boyutlu sürekli sistem matrisi,  $[B]:(n \times r)$  boyutlu sürekli giriş matrisi dir. Sistemin  $k= 0, 1, 2, \dots$  için ayrıklaştırılmış modeli, T örnekleme periyodu,

$$[x] * e^{c \Delta t} \quad (2)$$

ayrık sistem ve

$$C8J \pm \int_0^T [e^{(T-c)}][B] dt \quad (3)$$

ayrık giriş matrisleri olmak üzere,

$$x(k+1) = [A] x(k) + [B] u(k) \quad (4)$$

şeklinde dir /6/. [e] her zaman mevcut olduğundan, ko başlangıç anı olarak tanımlanırsa, (4) denkleminin çözümünden.  $1=1, 2, \dots, k-b.$  için,

$$[z] * t^{n-1} [8] \quad (5)$$

$$[Z - \dots]^* Ctz. ] [&.] \dots [ * \dots ] \quad (6)$$

$$D^* \dots i [ u(k_0) \quad u(k_0+1) \quad \dots \quad u(k-1) ] \quad (7)$$

$$X^* \dots * x_0 - [a] x(k) \quad (8)$$

olsak üzere.

$$x_{k-k_0} = [Z_{k-k_0}] x_{k-k_0} \quad (9)$$

denklemine ulaşılır. Başlangıç anında  $x_0$  durumunda bulunan kontroledilebilir bir sistemin, giriş değeri dizisi ve duruşlar üzerinde herhangi bir sınırlandırma olmadığı varsayılarak,  $x_0$  varış der. te durumuna, u kontroledilebilirlik ölçütü kadar adımda ulaştırılabilir /1/. Bu durumda, giriş değeri dizisi  $k-k_0$  olmak üzere, (9) denkleminin düzenlenmesinden elde edilir. Sınırlandırılmış giriş ve durum değışkenlerinin bulunması halinde,  $sLst$ -min  $Xr$  hedefine ulaşması için gerekli tüm enerji, sisteme u adımda verilemeyebilir. Dolayısıyla, sınırlandırmaların göz önünde bulundurulduğu sonlu zaman kontrol problemlerinde, sistemin hedefe ulaşması için gerekli adım sayısı, neden daha fazla olabilir. Bu durumda problem, k. başlangıç anında  $X_0=x(k_0)$  durumunda bulunan bir sisteni.  $x_0=x(k_0)$  varış durumuna,  $u(k)$  giriş ve  $x(k)$  durum vektörlerinin tüm elemanları,  $(j=1, 2, \dots, r)$

$$u \leq U, \quad x(k) \leq x \quad (10)$$

$$[D.] x(k) \leq x \quad (11)$$



koşullarını sağlayacak şekilde, en küçük adım sayısında iletecek giriş değer dizisinin belirlenmesi haline dönüşür. Burada, k. durum sınırlanmış durum sayısını belirler.  $x_{k+1}$  boyutu  $n$ ; durum sınırlanmış vektörü  $[P^k]$ ;  $x_k$  boyutlu durum sınırlanmış katsayı matrisi dir. Sistemin varış durumuna, (10) ve (11) koşulları altında ulaşmasını sağlayacak en küçük adım sayısı  $q$  ile gösterilecek olursa,  $q \geq w$  özelliği geçerlidir. Şöylece,  $k=1, 2, \dots, q$  için (9) ifadesinden

$$x_k = [x_k] \quad (1)$$

denklem takımı elde edilir ve sistemi hedefe  $q$  adımda ulaştırarak  $U$ , giriş değer dizisi saptanmaya çalışılır. (11) ve (9) ifadeleri  $f_c=0$  için birlikte değerlendirilirse,  $p=1, \dots, k$  için  $d_p$  vektörü,  $[D_p]$  matrisinin  $p$ . satırını,  $x_p$  değeri  $x$  vektörünün  $p$ . elemanını göstermek üzere, (11) eşitsizliğinin  $p$ . satırından,

$$x_{p-1} - d_p \geq 0 \quad \& \quad \geq 5 \quad d - [e] \quad [8] \quad u(j-1) \quad (13)$$

koşulunun sağlanması gerektiği görülür. Bu ifade  $u(k)$  giriş işaretleri ile durum sınırlanmaları arasındaki ilişkiyi belirler.

Basen, giriş değişkenlerinin sınırlanmış olması, durum değişkenlerinin de istenmeyen değerleri almasını önleyebilir. Burada, problemin çözümünde, önce, sadece giriş sınırlanmaları değerlendirilmektedir. Eğer, durum sınırlanmış durumları aşan durumlar ile karşılaşılırsa, bu durumlara ilişkin (14) ifadeleri, çözüm denklemlerine eklenerek problem yeniden çözülmekte ve bu işlem tüm durum sınırlanmaları sağlanıncaya kadar tekrarlanmaktadır III.

Sınırlanmış giriş değişkenleri ile problemin çözülebilmesi için gerekli adım sayısı başlangıçta belli olmamakla birlikte, bütün giriş değişkenlerinin (10) koşulunu sağlaması halinde, çözüme  $q=u$  adım sayısında ulaşılacağı bilinmektedir, ilk olarak, (12) denklem takımı,  $n$  adet lineer bağımsız sütun vektörü ile üst üçgen biçime getirilir ve giriş elemanları, son denklemden  $u$ . adım sayısına karşı düşen bir giriş değerinden itibaren çözülmeye başlanır. Giriş sınırlanmaları aşılmadığı sürece, giriş vektör elemanları, denklem takımında daha üst sıralarda yer alan denklemlerinden yararlanılarak, sırasıyla belirlenir. Belirlenen herhangi bir vektör elemanı, (10) koşulunu aşıyor ve bu girişten önce hesaplanan giriş vektör elemanları (10) koşulunu sağlıyor İse bu girişe aştığı sınır değeri verilerek, sıralamada bu girişten sonra yer alan giriş vektör elemanları yeniden belirlenmeye çalışılır. Bu amaçla, sınırı aşan giriş değerinin hesaplandığı denklem  $m$  ile gösterilmek üzere,  $m$ . denklemden,  $n$ . denkleme kadar yeni bir denklem takımı oluşturulur. Sıralamada sınır değeri verilmiş olan girişten sonra yer alan ilk giriş vektör elemanı, yeni oluşturulan denklem takımının ilk giriş elemanıdır. Bu denklem takımından, yeni giriş eleman değerleri, gerekiyorsa  $q$  adım sayısı da artırılarak, aynı yöntemle, hesaplanır. Böylece, bu yeni giriş değerleri, sınır değeri verilmiş olan ilk giriş elemanı ile birlikte  $(m-1)$ . denkleme uygulanarak, sınır değeri verilmiş olan

girişten bir önceki giriş elemanı ile  $w$  adım sayısında işlemeye  $U$ . geçerli giriş vektörünü oluşturur. Bu işlem,  $U$  belirleninceye kadar devam eder. Bu işlem, (12) denklemlerinde katsayıları  $y < 1$  için,  $y = 1$  için,  $y > 1$  için farklı değerlendirilir. Jir.

Problemin sadece giriş sınırlanmaları için çözümlenmesi ile elde edilen durum değişkenleri  $P=1, \dots, k$  için (13) eşitsizliğini sağlıyor. Sınırlanmış giriş ve durumlar için sonlu  $m$  man kontrol probleminin çözümüne ulaşılmış denektir. Ancak belirlenen durum değişkenleri,  $0 < k < q$  aralığında herhangi bir  $k$  anında, herhangi bir  $p$  sınırlanmasına ilişkin (13) koşulunu sağlamıyorlarsa, (13) koşulunun belirlediği sınır değeri ve (12) denklem takımını sağlayacak girişler, (10) koşulu altında yeniden hesaplanmalıdır. Aşılan birden fazla durum sınırlanmasının bulunması halinde, bu durumlara ilişkin sınır değerlerin çesitli kombinasyonlar şeklinde değerlendirilmeleri gerekir

### 3. Sistem parametrelerinin belirlenmesi

Sistemlerin sonlu zaman kontrolleri için belirlenmesi gereken giriş değerleri, sistem parametrelerine doğrudan bağlıdır. Bu nedenle, analog bilgisayarda programlanan sistemlere ilişkin zamanda ayrı sistem parametreleri "en küçük kareler" yöntemine göre saptanmıştır /8/. Bu yöntem uyarınca  $[e]$  ve  $[9]$  matrisleri,  $N$  adet ölçüm sonucu.

$$h(k) * [x, (k) \dots x_r(k), u, (k) \dots u, (k)] \quad (14)$$

ve

$$[Q] = \begin{bmatrix} h(0)^T \\ \vdots \\ h(N-1)^T \end{bmatrix} \quad (15)$$

olmak üzere,

$$\begin{bmatrix} [e]^T \\ \vdots \\ [9]^T \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} [Q]^T [Q] \end{bmatrix}^{-1} [Q]^T \begin{bmatrix} x(1) \\ \vdots \\ x(N) \end{bmatrix} \quad (16)$$

şeklinde elde edilir.

### 4. Hibrit Modelleme

Hibrit modelleroye ilişkin blok diyagram Şekil-1'de görülmektedir. Kullanılan analog bilgisayar, EAI 581 Paralel Analog Processor'dir. Ana bilgisayar olarak, "co-processor" kartı ile hızlandırılmış "IBM System 2/Model 30" dan yararlanılmıştır. Veri giriş ve çıkışı, DM-F00P kartı ile sağlanmaktadır. Analog/dijital çevirme işlemi DM-P011A ADC birimi tarafından gerçekleştirilmektedir. Dijital/analog çeviriciler DAC112

er, t-4-5-6-7 ile ...-4-5-6-7-8-9-10-11-12-13-14-15-16-17-18-19-20-21-22-23-24-25-26-27-28-29-30-31-32-33-34-35-36-37-38-39-40-41-42-43-44-45-46-47-48-49-50-51-52-53-54-55-56-57-58-59-60-61-62-63-64-65-66-67-68-69-70-71-72-73-74-75-76-77-78-79-80-81-82-83-84-85-86-87-88-89-90-91-92-93-94-95-96-97-98-99-100-101-102-103-104-105-106-107-108-109-110-111-112-113-114-115-116-117-118-119-120-121-122-123-124-125-126-127-128-129-130-131-132-133-134-135-136-137-138-139-140-141-142-143-144-145-146-147-148-149-150-151-152-153-154-155-156-157-158-159-160-161-162-163-164-165-166-167-168-169-170-171-172-173-174-175-176-177-178-179-180-181-182-183-184-185-186-187-188-189-190-191-192-193-194-195-196-197-198-199-200-201-202-203-204-205-206-207-208-209-210-211-212-213-214-215-216-217-218-219-220-221-222-223-224-225-226-227-228-229-230-231-232-233-234-235-236-237-238-239-240-241-242-243-244-245-246-247-248-249-250-251-252-253-254-255-256-257-258-259-260-261-262-263-264-265-266-267-268-269-270-271-272-273-274-275-276-277-278-279-280-281-282-283-284-285-286-287-288-289-290-291-292-293-294-295-296-297-298-299-300-301-302-303-304-305-306-307-308-309-310-311-312-313-314-315-316-317-318-319-320-321-322-323-324-325-326-327-328-329-330-331-332-333-334-335-336-337-338-339-340-341-342-343-344-345-346-347-348-349-350-351-352-353-354-355-356-357-358-359-360-361-362-363-364-365-366-367-368-369-370-371-372-373-374-375-376-377-378-379-380-381-382-383-384-385-386-387-388-389-390-391-392-393-394-395-396-397-398-399-400-401-402-403-404-405-406-407-408-409-410-411-412-413-414-415-416-417-418-419-420-421-422-423-424-425-426-427-428-429-430-431-432-433-434-435-436-437-438-439-440-441-442-443-444-445-446-447-448-449-450-451-452-453-454-455-456-457-458-459-460-461-462-463-464-465-466-467-468-469-470-471-472-473-474-475-476-477-478-479-480-481-482-483-484-485-486-487-488-489-490-491-492-493-494-495-496-497-498-499-500-501-502-503-504-505-506-507-508-509-510-511-512-513-514-515-516-517-518-519-520-521-522-523-524-525-526-527-528-529-530-531-532-533-534-535-536-537-538-539-540-541-542-543-544-545-546-547-548-549-550-551-552-553-554-555-556-557-558-559-560-561-562-563-564-565-566-567-568-569-570-571-572-573-574-575-576-577-578-579-580-581-582-583-584-585-586-587-588-589-590-591-592-593-594-595-596-597-598-599-600-601-602-603-604-605-606-607-608-609-610-611-612-613-614-615-616-617-618-619-620-621-622-623-624-625-626-627-628-629-630-631-632-633-634-635-636-637-638-639-640-641-642-643-644-645-646-647-648-649-650-651-652-653-654-655-656-657-658-659-660-661-662-663-664-665-666-667-668-669-670-671-672-673-674-675-676-677-678-679-680-681-682-683-684-685-686-687-688-689-690-691-692-693-694-695-696-697-698-699-700-701-702-703-704-705-706-707-708-709-710-711-712-713-714-715-716-717-718-719-720-721-722-723-724-725-726-727-728-729-730-731-732-733-734-735-736-737-738-739-740-741-742-743-744-745-746-747-748-749-750-751-752-753-754-755-756-757-758-759-760-761-762-763-764-765-766-767-768-769-770-771-772-773-774-775-776-777-778-779-780-781-782-783-784-785-786-787-788-789-790-791-792-793-794-795-796-797-798-799-800-801-802-803-804-805-806-807-808-809-810-811-812-813-814-815-816-817-818-819-820-821-822-823-824-825-826-827-828-829-830-831-832-833-834-835-836-837-838-839-840-841-842-843-844-845-846-847-848-849-850-851-852-853-854-855-856-857-858-859-860-861-862-863-864-865-866-867-868-869-870-871-872-873-874-875-876-877-878-879-880-881-882-883-884-885-886-887-888-889-890-891-892-893-894-895-896-897-898-899-900-901-902-903-904-905-906-907-908-909-910-911-912-913-914-915-916-917-918-919-920-921-922-923-924-925-926-927-928-929-930-931-932-933-934-935-936-937-938-939-940-941-942-943-944-945-946-947-948-949-950-951-952-953-954-955-956-957-958-959-960-961-962-963-964-965-966-967-968-969-970-971-972-973-974-975-976-977-978-979-980-981-982-983-984-985-986-987-988-989-990-991-992-993-994-995-996-997-998-999-1000

SİSTEM 1 : Analog bilgisayarda ikinci olarak, iki giriшли ve ikinci mertebeden

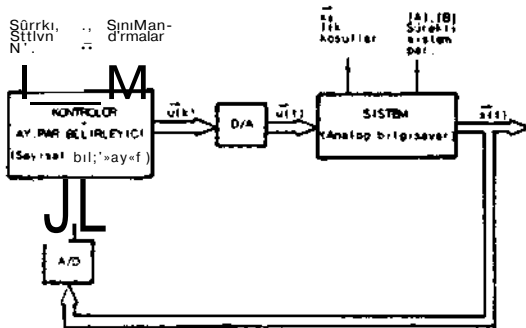
$$\frac{dx(t)}{dt} = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ -0.05 & -0.1 \end{bmatrix} x(t) + \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix} u(t)$$

sistemi programlanmıştır. Sistemin  $x(0) = [1 \ 1]^T$  durumundan  $x(1) = [1 \ 1]^T$  var; durumuna  $t=1.2$  için

$0 \leq u(k) \leq 5$  i  $x_1(k) \leq (-)$

giriş ve durum sınırlıdır. Tалан il, bilgilendirilmiştir. amaçlanmaktadır, örneklem periyodu  $Z=1/j$ ,  $j=10$  olarak seçilmiştir. Sekil-2' den sistemin hedefine ulaşmak için gerekli koşullar altında, acimsiz, ulaştığı ve daha sonraki anlarda da bu değeri,  $\geq$  durumuna  $t=1.2$  için  $-0.03$ ,  $\leq$  durumu için  $+0.02$  CIVM-1.1=0.1 olarak koruduğu gözlenmiştir.

- Yapılan işlemler şöyle sıralanabilir:
- 1- (CA),[B] sürekli sistemine ilişkin, (IO,CS,1) nominal ayrık sistem modeli saptanır.
  - 2- ([0.], [9.]) sistemini, x, hedefine ulaştıracak  $u(k)$  giriş değerleri belirlenir.
  - 3-  $u(0), \dots, u(H-1)$  uygulanarak, durumlar ölçülür.
  - 4- (16) ilişkisinden ([e], [6]) gerçek sistem parametreleri belirlenir.
  - 5- fc:H olarak tanımlanır.
  - 6-  $x(k)$  olmak üzere ([p], [6]) sistemini  $x(k)$  hedefine ulaştırmak için gerekli  $u(k), u(k-1), \dots$  girişleri hesaplanır.  $u(k)$  girişı sisteme uygulanır.
  - 7-  $k-k+1$  alınarak tekrar (6)'ya dönülür.
  - 8-Bu işle, hedefe varılmaya ve orada kalmak istendiği sürece sürdürülür.



Sekil-1: İibrit imde İleme ye ilişkin blok diyagram

Sekil-2:Sistem l'e ilişkin

- a)  $u(k)$  giriş işaretinin d-jSişimi
- b)  $x(k)$  durum değerlerinin değişim;
- c)  $x(k)$  durma değerlerinin değişim:

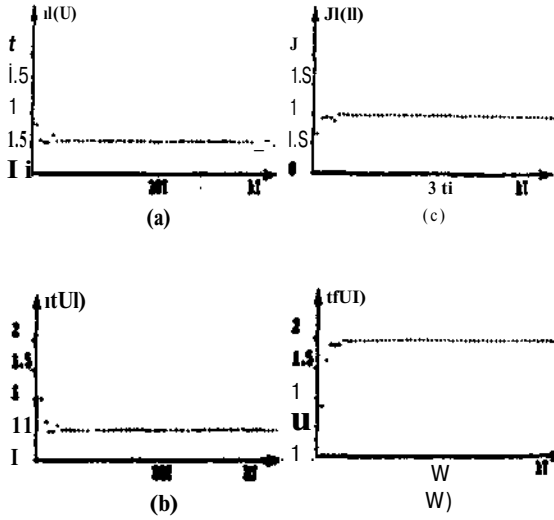
SİSTEM 2 : Analog bilgisayarda ikinci olarak, iki giriшли ve ikinci mertebeden

$$\frac{dx(t)}{dt} = \begin{bmatrix} -1 & 0.25 \\ 1 & -0.75 \end{bmatrix} x(t) + \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} u(t)$$

sistemi programlanmıştır. Sistemin  $x=0$  uasl.r.gıç durumundan  $x*=[1 \ 2]^T$  varış durumuna,  $t=1.2$  için

$$0 \leq u_j(k) \leq 1 ; x_i(k) \leq 1$$

sınırlandırmaları ile ulaşması amaçlanmaktadır, örnekleme periyodu  $T=1$  sn. olarak seçilmiştir. Sekil-3 den sistemin hedefe, 5 adımda ulaştığı ve daha sonraki anlarda da  $x_1$  durumunun  $-0.03$ ,  $x_2$  durumunun  $-0.06$  kadar sapma ile hedef değerlerini koruduğu görülmektedir.



Sekil-3: Siste 2'ye ilişkin

- a)  $u_1(k)$  «iris» işaretinin değişimi
- b)  $u_2(k)$  «iri» işaretinin değişimi
- c)  $x_1(k)$  durum değerlerinin değişimi
- d)  $x_2(k)$  «duru» değerlerinin değişimi

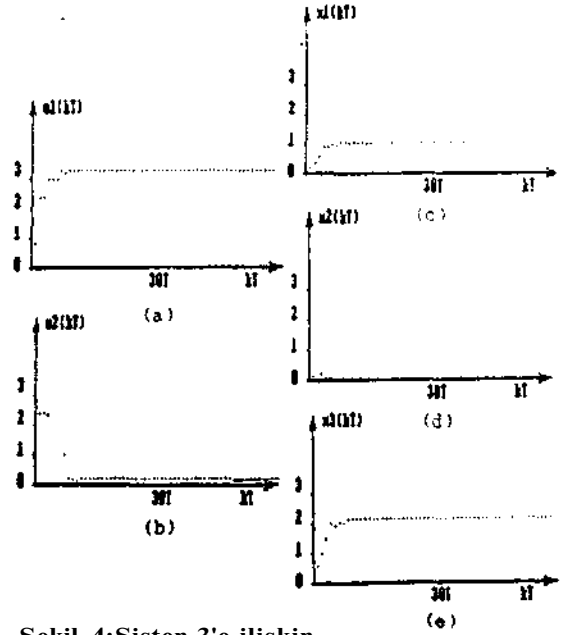
**SİSTEM 3 : Analok bilgisayarda son olarak, iki girişli ve üçüncü mertebeden**

$$\frac{dx(t)}{dt} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ -0.25 & -0.3 & -0.25 \\ 1 & 0 & -0.5 \end{bmatrix} x(t) + \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 0.25 & 0 \\ 0 & 0.1 \end{bmatrix} u(t)$$

sistemi programlanmıştır. Sistemin  $t=0$  başlangıç durumundan  $x_1 = [1 \ 0 \ 2]$  varış durumuna,  $J=1.2$  için

$$0 \leq u_i(k) \leq 3.2$$

giriş sınırlandırması ile ulaşması amaçlanmıştır, örnekleme periyodu  $T=2$  sn.dir. Sekil-4 den sistemin hedefe giriş koşulu altında ulaştığı ve daha sonraki anlarda bu değeri  $x_1$  ve  $x_2$  durumları için  $+0.1$ ,  $x_2$  durumu için ise  $+0.01$  kadar sapma koruduğu görülmektedir.



Sekil-4: Sisten 3'e ilişkin

- a)  $u_1(k)$  «iris» işaretinin değişimi
- b)  $u_2(k)$  «iri» işaretinin değişimi
- c)  $x_1(k)$  durum değerlerinin değişimi
- d)  $x_2(k)$  «duru» değerlerinin değişimi

#### 5. Sonuç

Bu çalışmada, «iris ve duru» değişkenleri sınırlandırılmış sistelerin sonlu zaman kontrolleri analok ve sayısal bilgisayarların hibrit çalıştırılması ile aodellenmiştir. Analog bilgisayarda ölç sistem kurulaş ve her bir sistemin, sayısal bilgisayarda programlanış olan kontrol algoritması uyarınca sonlu zaman kontrolleri gerçekleştirilerek, elde edilen sonuçlar sunulmuştur. Sistemlerin belirlenen hedeflere verilen sınırlandırmalar altında aşınız olarak ve küçük adım sayıları ile ulaştığı ve bu değerleri oldukça küçük kararlı hal hataları ile izledikleri görülmektedir.

#### Beferanslar

- 1/ Tou, J.T., Modern Control Theory, McGraw-Hill 1961
- 2/ Leden, B., Multivariable Deadbeat Control, Automatica 13, 185-188, 1977
- 3/ Bashein, G., A Simple Algorithm for On-line Computation of Time Optimal Control, IEEE Trans. Aut. Cont. AC-16, 5-46, 1971
- 4/ Hartmann, I., Zeitdiskrete Systeme, Tech. Urii, Berlin Brennpunkt Kybernetik, 1978
- 5/ Scott, M.P.J., Dickie, A.A., The Optimal Control of State Constrained Linear Discrete Systems, Optimization Techniques, Springer-Verlag, 117-127, 1978
- 6/ Kou, B.C., Discrete Data Control Systems, Prentice-Hall, 1980
- 7/ Güzelkaya, M., Çok Girişli Sistemlerde Sınırlandırılmalı Sonlu Zaman Kontrolü (D.Tez) İTÜ Fen Bil. Ens., 1990
- 8/ Aström, K.J., Kittenark, B., Computer Controlled Systems, Prentice-Hall, 1984

# ROBOT KOL. DİNAMİĞİ İÇİN ADAPTİF BİR MODEL

İ. EYLA ÜOKIİN. SAJMAN KURTULAN, İBRAHİM KKSİN

İstanbul Teknik Üniversitesi.  
Elektrik-Elektronik Fakültesi. Kontrol ve Hiriş\*y\*r Böl.  
80t526 Maslak. İstanbul

## ÖZET

Hu çalışmada, robot kol dinamiği için bir takım r.f.manlı adaptif bir model türetildi. Literatürde kullanılan modellerin çoğu. Newton-Kuler denklemlerinden doğrudan türetilen ayrık zamanlı durum denklemleridir. Bu sınıftaki modellerin temel sakıncası, dinamik parametrelerin zamanla değişmesi ve bu değişimin modelin tanımlanmış moment üretime indirgenmesi hata dinamiğini belirlemek, ki bu hata periyodik olarak tekrarlanır ve adaptif bir yapı ile tanımlanarak her bir zaman aralığında bir takım düzeltmeler yapılabilir. Model üç dereceli bir robot kol için tanımlanmıştır. Modelin üretime indirgenmesi için vörilme üretime indirgenmesi için Vektor ile çeşitli hızlar ve yükler için denenenmiş ve sonuçları değerlendirilmiştir.

## 1. Giriş

Robot kol dinamiğine ilişkin lineer olmayan Euler veya Lagrange denklemleriyle tanımlanan robot kol dinamiği modelleri, robot kolün çalışma koşullarında geçerli olan bir takım ihtilaller sonucu elde edilen lineer olmayan modellerden farklıdır. Bu modellerin üretime indirgenmesi robotlar için lineer olmayan modellerin geliştirilmesi için önemli bir adımdır. Robotun dinamiği için belirlenen belirli parametrelerin zamanla değişmesi, bu konuya ilişkin literatürde sınırlıdır. Henumi ve Jaawa tarafından geliştirilen modelin oldukça başarılı olduğu görülmüştür. Kalker ve üretime indirgenmesi için MY-kü yaklaşımı. Netron tarafından geliştirilen bir ajan Oriin tarafından geliştirilen Paul ve ftepanenko tarafından geliştirilen model olarak değerlendirilmiştir.

Ku çalışmanın temeli daha önce çalıştırılan adaptif temelli robot kol modelinde kullanılan hata teriminin adaptif bir yapıyla tanımlanmasıdır.

## 2. Problemin Tanıtılması

Robot kolunun dinamiği, birinci dereceden diferansiyel denklemlerle tanımlanabilir.

$$A(q)\ddot{q} + C(q, \dot{q})\dot{q} = r(q) + T(t) \quad (1)$$

bu şekilde ifade edilir. Burada robotun n serbestlik derecesi olduğu üzere,

- A(q) (n\*n) tekil olmayan simetrik moment matrisi
- C(q) n\*(n+1)/2 boyutlu Coriolis ve Coriolis kuvvetlerin ilişkili matrisi
- r(q) (n\*1) boyutlu yerçekim kuvveti vektörü
- T(t) (n\*1) boyutlu her eksen için uygulanan momentleri içeren vektör
- q(t) (n\*1) boyutlu eklem konum vektörü
- (q) [n\*(n+1)/2] boyutlu ve

$$\begin{bmatrix} \dot{q}_1 & 4 \\ 4 & \dot{q}_2 \\ : & : \\ \dot{q}_n & 4 \end{bmatrix}$$

olarak şeklinde tanımlanan vektörlerdir.

bu denklemlerle tanımlanmıştır.

bu denklemlerle tanımlanan modelin birinci dereceden diferansiyel denklemlerle ifade edilebilir.

$$\dot{x} = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ -1 & 0 \end{bmatrix} x + \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix} u \quad (2)$$

bu denklemlerle tanımlanan modelin birinci dereceden diferansiyel denklemlerle ifade edilebilir.

$$h(q, \dot{q}) - r(q) - C(q, \dot{q})\dot{q} \quad (3)$$

bu denklemlerle tanımlanan modelin birinci dereceden diferansiyel denklemlerle ifade edilebilir.

$$x(k+1) = G(T)x(k) + H_2(T) + R_2(T)T(k) \quad (4)$$

çalışma olarak ele alınır. Burada  $G, H, A, B, R$  matrislerdir.

$$h_k(T) = h(q(kT), \dot{q}(kT))$$

devamlı üsüne

$$G(T) = \begin{bmatrix} I & TI \\ 0 & I \end{bmatrix}, \quad B(T) = \begin{bmatrix} T^2 \\ T \end{bmatrix}, \quad K(T) = B(T)A(T) \quad (5)$$

$$H_k(T) = B(T)AV(T)h_k(T) = R_k(T)h_k(T)$$

$$A_k(T) = [A(q(kT))]$$

ilişkileri ile belirlenir.

Ayrık modelin durum değişkenleri.

$$x(k) = [q_1(k), \dots, q_n(k) | \dot{q}_1(k), \dots, \dot{q}_n(k)]^T$$

ve giriş vektörü.

$$T(k) = [\tau_1(k), \dots, \tau_n(k)]^T$$

şeklindedir. Eğer genelleştirilmiş moment olarak

$$u(k) = h_k(T) + T(t) \quad (5.1)$$

tanımlanırsa (4) ile verilen ayrık-zaman modeli daha kullanışlı bir biçime gelir.

$$x(k+1) = G(T)x(k) + B(T)A_k^{-1}(T)u(k) \quad (6)$$

Elde edilen bu lineer zamanla değişen ayrık-zaman robot kol dinamik modeli kontrol algoritmalarının kullanılmasına uygundur. Ancak bilindiği gibi bu model düz dinamik model olarak kullanıldığında ağır nonlineerlik nedeniyle özellikle yüksek hızlarda hatası kabul edilemeyecek boyutlardadır. Bu çalışmanın amacı (6) ile verilen model ile ters dinamiğe ilişkin ayrıklaştırılmış model olarak ele alınan ve hesaplanmış momentler yönteminde kullanılan,

$$u(k) = A_k(T)\ddot{q}(k) \quad (7)$$

modeli. moment üzerinde karşılaştırmak ve  $x(k)$  eklem değişkenlerinde oluşan hatayı düzeltecek bir moment terimi üretecek bir model oluşturmaktır.

### 3.Hata Dinamiği ve Adaptif Model

Bir önceki bölümde söz edilen amaca ulaşmak için. önce (6) ilişkisi ile verilen düz dinamik modelin (7) ters dinamik modele göre hatası, moment üzerine indirgenerek belirlenmelidir. Moment üzerine indirgenmiş hata, aynı

şeklinde yazılabilir. Bu hatayı dinamiği prediktif yapıdadır, yani  $x(k+2)$  her örnekleme aralığına öngörülmesi ve modelde değerlendirilmelidir. Bu moment hatasının yörüngede konum, hız ve ivme gibi ölçülebilen hatalara neden olacağı açıktır. Bu çalışmada öneriler; adaptif modeller, ilkesi, ölçülebilen yörünge hatalarını, hesaplanabilen moment hatasına.

$$\begin{bmatrix} e(k) \\ \dot{e}(k+1) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A_k(T) & 0 \\ 0 & A_{k+1}(T) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} e(k) \\ \dot{e}(k) \end{bmatrix} - [G(T)B(T)A_k(T)]^{-1} \{ \dot{e}(k-2) - G^2(T)x(k) \} \quad (8)$$

şeklindedir. Bu hatayı dinamiği prediktif yapıdadır, yani  $x(k+2)$  her örnekleme aralığına öngörülmesi ve modelde değerlendirilmelidir. Bu moment hatasının yörüngede konum, hız ve ivme gibi ölçülebilen hatalara neden olacağı açıktır. Bu çalışmada öneriler; adaptif modeller, ilkesi, ölçülebilen yörünge hatalarını, hesaplanabilen moment hatasına.

$$e_r(k) = J(k)a_p(k) + B(k)a_e(k) + K(k)a_p(k)$$

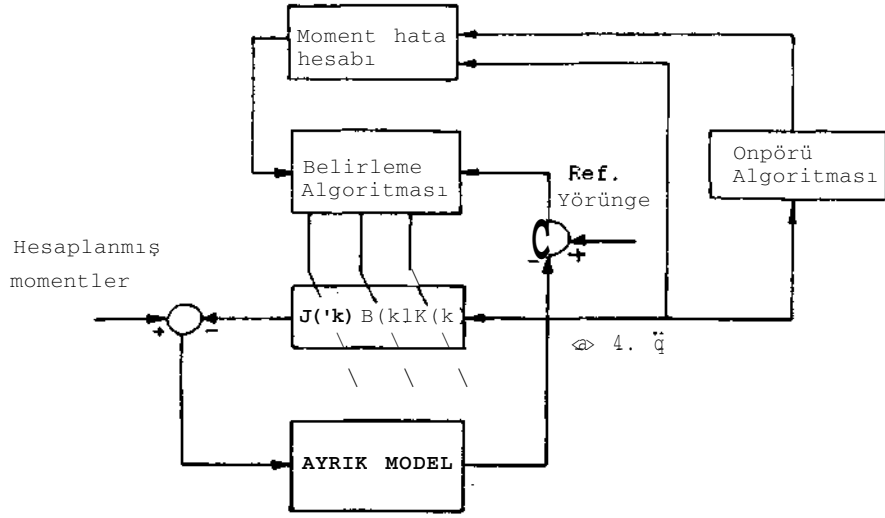
şeklinde zamanla değişen  $J(k)$ ,  $B(k)$ ,  $K(k)$  matrisleri ile ilişkilendirmeye dayanır. Her örnekleme aralığında bu matrislerin elemanları hesaplanıp güncelleştirilir. Modelin genel prensip şeması Şekil-1. de verilmiştir.

### 4. Simulasyon Sonuçları

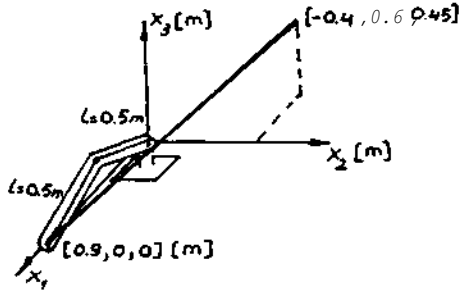
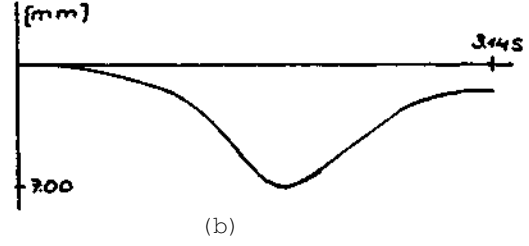
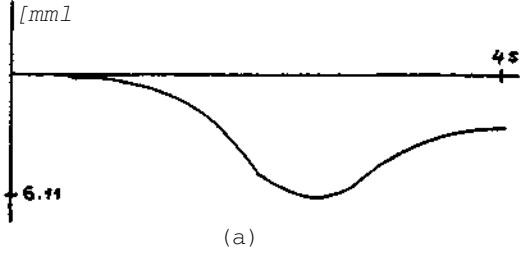
önerilen model Şekil 2. de gösterilen üç eklemlerli elbow tipi robot kolu için doğrusal yörünge boyunca simulasyon yolu ile denenmiştir. Bu robotun dinamik parametreleri 8/ den 5 kg yük için verilen değerler olarak alınmıştır. Çalışmanın amacı yüksek hızda çalışan robotlarda kullanılabilecek bir model oluşturmak olduğu için çeşitli hızlar için denemeler yapılmış ve Tablo 1,2,3 de 0.5 m/s, 0.7 m/s ve 1 m/s için izleme hatası değerleri ve eklemleme uygulanması gereken momentlerin HıMKfi mum rlee^r ten verimmiştir. Ayrıca çeşitli yük bilinmezliği durumunda önerilen modelin doğruluğu incelenmiş ve %5'lik yük bilinmezliği için izleme hatasının zamana göre değişimi çeşitli hızlar için Şekil 3 de verimistir.

### 5.Sonuçlar

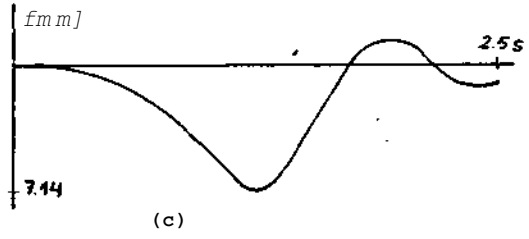
Son yıllarda robot kontrolünde karmaşık kontrol algoritmalarının kullanılması yaygınlaşmaya başlamıştır. Bilindiği gibi bilinen optimal veya adaptif kontrol



Şekil 1. Modelin prensip seması.



Şekil 2. Çalışmada ele alınan robot ve yörünge.



Şekil 3. (a)  $v=0.5$  m/s, (b)  $v=0.7$  m/s  
(c)  $v=1$  m/s için izleme hataları.  
(\*5 yük değişimi için)

Tablo 1. 1 m/s hız için max. izleme hatası ve moment değerleri.

yük değ	izleme hatası [mm]	1.ekl max. momnt [Nm]	2.eki max. momnt [Nm]	3.eki max. momnt [Nm]
0%	0.06	143.9	444.5	181.7
1%	1.41	144.2	444.5	181.7
5%	7.44	145.1	444.5	181.8

Tablo 2. 0.7 m/s hız için max. izleme hatası ve moment değerleri.

yük değ	izleme hatası [mm]	1.ekl max. momnt [Nm]	2.eki max. momnt [!to]	3.eki max. momnt [Nm]
0%	0.03	72.09	389.9	123.1
1%	1.35	72.18	389.9	123.0
5%	7.00	72.57	389.9	123.1

Tablo 3. 0.5 m/s hız için max. izleme hatası ve moment değerleri.

yük değ	izleme hatası [mm]	1.ekl max. momnt [Nm]	2.eki max. momnt [Nm]	3.eki max. momnt [Nm]
0%	0.02	33.94	353.4	96.03
1%	1.21	33.88	353.4	96.02
5%	6.10	33.68	353.4	95.99

algoritmaları, sistemin en azından lineer zamanla değişen olmasını gerektirir. Yaygın olarak kullanılan lineerleştirilmiş modelin hatası, bu çalışmada ele alınan robot, yürünge ve hızlar için 25-50 cm mertebesinde dir. Bu çalışmada önerilen model temel de lineer zamanla değişen bir modeldir ve eklenen adaptif prediktif yapı model hatasını hemen hemen yok ettiği halde sistemin lineer doğasını bozmaz. 0 nedenle lineer modeller için geliştirilmiş kontrol algoritmalarının kullanılmasını olanaklı kılar. Bu modeli temel alan bir adaptif kontrol algoritması /9/ de verilmiştir.

#### 6. Kaynaklar

/!/ Hemami.H., V.C. Jaswa. On a

three-link model of the dynamics of standlins up and sitting down. IEEE .İyslems. Mat\*, and Cyberneties, SMC-H 115-120. 1978.

- /2/ Walker, M.W., D.E. ürin. Efficient dynamic eomputer simulation of robot, mechanism. J. Dynamic Systems, Measurement and Control 104, 205-211, 1982.
- /3/ Orin D.E., R.B. Mc Ghee, M. Vukcbratovic, G. Hartoch. Kinematic and kinetic analysis of open-chain linkage3 utilizing Newton -Euler methods. Mathematical Bioscience 43. 107-130, 1979.
- /4/ Luh, J.Y.S., M.W. Walker, R.P.C. Paul. On-line computational echeme for meoanical manipulators. J. Dynamical Systems. Measurement and Control 102, 69-76, 1980.
- /5/ Stepanenko.Y.,M. Vukobratovic. Dynamics of articulated open-chain active mechanism. Mathematical Bioscience 28, 137-170, 1976.
- /6/ Gören,L, i.Eksin, D.Enarun. A predictive-based method for modelling and control of robot arm. IFAC 11th World Congress, Vol 9, 127-132, 1990.
- /7/ Nicosia, S.,P. Tomei. Model reference adaptive control algorithirü3 for industrial robots. Automatica 20, 635-645. 1984.
- /8/ Gören, L., S. Kurtulan, M. Güzeikaya. An adaptive robot control method. IFAC Symposium on Robot Control, Wien, 16-18 Sept.1991.

# HIKROİSLEMCT DENETİMLİ REAKTİVİTEMETRE

Burhannetlilı CAN, Nazmı DfNıZOGLU

M.Ü. Teknik Fğıtım Fakültesi, istanbul

## HZET

Buradaki çalışmada, İTÜ TRIGA Mark-II Reaktörü için mikroişlemci denetimli bir reaktivitemetre gerçekleştirilmiştir. Gerçekleştirilen listede, Z-80 CPU, 2716 EPROM, 6116 RAM, 7109 ADC, Z-80 CTC, tuş takılı ve gösterge bulunmaktadır. Reaktöre ilişkin "Ters Nokta Kinetik Denklemi" Sayısal olarak çözülmüş ve 2716 EPROM'a yüklenmiştir. Reaktörün güç kanalından gelen güç bilgileri, Ters Nokta Kinetik Denklemine girdi olarak verilmektedir. Gelen güç bilgilerine bağlı olarak elde edilen reaktivite değeri, göstergede gösterilmektedir. Gerçekleştirilen bu sistem aracılığıyla, reaktörde meydana gelebilecek reaktivite değişimleri anında gözlenebilecektir.

## 1. SİRİS

İTÜ TRIGA Mark-U Reaktöründe; reaktivite değişimini gösteren herhangi bir ölçü aleti mevcut değildir. Bu nedenle; kontrol çubuğu hareketi, sıcaklık geri beslemesinin, reaktöre boşluk ve yabancı madde ithalinin reaktivite üzerine olan etkisi, anında değerlendirilememektedir. Reaktivite değişimlerinin anında gözlenememesi, reaktörün daha güvenli işletilmesine yardımcı olur. Ayrıca araştırılmırlar için reaktivite bilgileri gerekli olabilir. Reaktivitemetre analog veya sayısal olarak gerçekleştirilebilir/1,2/

Buradaki çalışmada; sözkonusu problemlerin çözümünde, reaktör konsoluna yardımcı olabilecek bir sistem geliştirilmiştir. Bu sistemi, İTÜ TRIGA Mark-II Reaktörü için yapılan reaktivitemetre çalışmalarından gerekli donanım gerekse yazılım olarak gerçekleştirilebilir/1,2/

Burada; ters nokta kinetik denklemin çözümünü için yürekli olan güç bilgileri; reaktörün nötronik-termo-hidrolik davranışını temsil eden denklem sisteminin cürümünden, nemde bizzat reaktörün güç kanalından alındığı varsayılarak iki ayrı çalışma gerçekleştirilmiştir. Birincisi salt yazılım, ikincisi yazılım ve donanımdan oluşmaktadır.

## 2. TEORİ

Reaktör kalbinin nötronik-termo-hidrolik davranışını temsil eden denklemler, reaktivite matrisi olarak  $AX(t)+B$  şeklinde yazılabilir/4/.

$$\frac{dX(t)}{dt} = AX(t)+B \quad (D)$$

Burada,  $X(t)$ , reaktör öcüsü, nötron öncüleri, yakıt ve sıcaklık bilgileri ile akışkan hızını temsil eden boyutunda bir vektördür.  $A$ ,  $10 \times 10$  boyutlu katsayılar matrisini,  $B$ , giriş vektörü ve ilgili kat-sayılar matrisinin çarpımı olan bir vektördür.  $t$  zamanı göstermektedir.

Reaktör kalbinin nötronu,  $t$  zamanında alan ve gecikmiş nötronlara ait denklemlerden hareketle, reaktivitemetre hesaplanmasına imkân veren "Ters Nokta Kinetik Denklemi", alışılmış notasyonu, aşağıdaki gibi yazılabilir/5/.

$$\frac{dp(t)}{dt} = -\lambda p(t) + \frac{1}{\beta} \frac{d\beta(t)}{dt} - \frac{1}{\beta} \sum_{i=1}^6 \lambda_i s_i(t) \quad (2)$$

$$s_i(t) = \int_0^t e^{-\lambda_i(t-\tau)} p(\tau) d\tau \quad (3)$$

Burada,  $p(t)$ , reaktiviteyi,  $\beta$  toplam gecikmiş nötron kesrini,  $\lambda$  toplam nötron kesrini,  $\lambda_i$  nötron kesrini,  $s_i(t)$  gecikmiş nötron öncülerine ait bozunum sabitini,  $t$  nötron ömrünü,  $p(0)$  reaktör gutunu,  $t$  zamanı göstermektedir.  $\lambda$  toplam kesrinin tersi  $1/\lambda$  olarak yazılabilir/5/.

Dk.3;  $t \ll T$  dönüşümü yapıldığında,  $U$  ve  $V$  sonra, ayırık zaman domaininde, in-finitesimal aralığı için aşağıdaki gib; yazılabilir/6/.

$$s_i = e^{-\lambda_i t} \left\{ s_{i0} + \int_0^t e^{\lambda_i \tau} p(\tau) d\tau \right\} \quad (4)$$

Etufada,  $A$ ,  $B$ ,  $V$ , zaman adı  $t$  ile yazılabilir/6/.

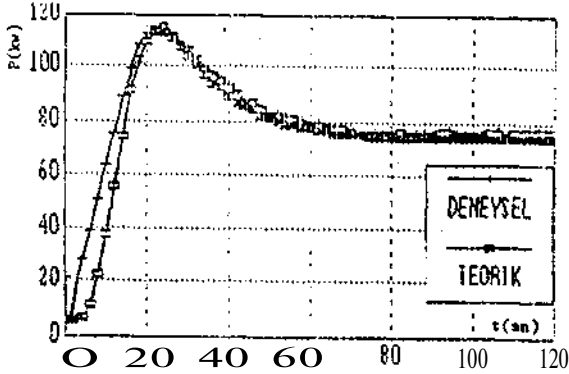




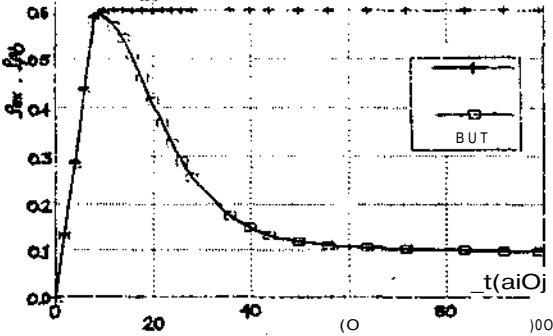
#### 4. SONUÇ

Reaktivite ölçümü için kullanılan reaktörün, reaktivite ölçümü için uygun bir yapıya kavuşturulması için gerekli çalışmalar yapılmıştır.

Reaktivite ölçümü için kullanılan reaktörün, reaktivite ölçümü için uygun bir yapıya kavuşturulması için gerekli çalışmalar yapılmıştır. Ölçüm sonuçları, reaktivite ölçümü için uygun bir yapıya kavuşturulması için gerekli çalışmalar yapılmıştır. Ölçüm sonuçları, reaktivite ölçümü için uygun bir yapıya kavuşturulması için gerekli çalışmalar yapılmıştır.



Şekil-3: 60%lık bir reaktivite ithalinde  $\rho$  değişimi



Şekil-4: 60%lık bir reaktivite ithalinde aonra net reaktivite doftişini

Reaktivite ölçümü için kullanılan reaktörün, reaktivite ölçümü için uygun bir yapıya kavuşturulması için gerekli çalışmalar yapılmıştır. Ölçüm sonuçları, reaktivite ölçümü için uygun bir yapıya kavuşturulması için gerekli çalışmalar yapılmıştır.

Reaktivite ölçümü için kullanılan reaktörün, reaktivite ölçümü için uygun bir yapıya kavuşturulması için gerekli çalışmalar yapılmıştır. Ölçüm sonuçları, reaktivite ölçümü için uygun bir yapıya kavuşturulması için gerekli çalışmalar yapılmıştır.

Reaktivite ölçümü için kullanılan reaktörün, reaktivite ölçümü için uygun bir yapıya kavuşturulması için gerekli çalışmalar yapılmıştır. Ölçüm sonuçları, reaktivite ölçümü için uygun bir yapıya kavuşturulması için gerekli çalışmalar yapılmıştır.

#### 5. KAYNAKLAR

- 1/ - General Atomic, 1964, "Reaktivite Ölçümü İçin Kullanılan Reaktörlerin Yapısı ve Çalışmaları", Dincel, Uzun, İstanbul.
- 2/ - Fettiç Zengin, "Reaktivite Ölçümü İçin Kullanılan Reaktörlerin Yapısı ve Çalışmaları", MTA, İstanbul, 1964.
- 3/ - Ciftçi, J., "Reaktivite Ölçümü İçin Kullanılan Reaktörlerin Yapısı ve Çalışmaları", CAMAC - Reaktivite Ölçümü İçin Kullanılan Reaktörlerin Yapısı ve Çalışmaları, İstanbul, 1964.
- 4/ - Wau, H., "Reaktivite Ölçümü İçin Kullanılan Reaktörlerin Yapısı ve Çalışmaları", "Reaktivite Ölçümü İçin Kullanılan Reaktörlerin Yapısı ve Çalışmaları", İstanbul, 1964.
- 5/ - Duden, "Reaktivite Ölçümü İçin Kullanılan Reaktörlerin Yapısı ve Çalışmaları", Nucl. Sci. Ser. Reaktivite Ölçümü İçin Kullanılan Reaktörlerin Yapısı ve Çalışmaları, London, 1964.
- 6/ - İlgin, "Reaktivite Ölçümü İçin Kullanılan Reaktörlerin Yapısı ve Çalışmaları", "Reaktivite Ölçümü İçin Kullanılan Reaktörlerin Yapısı ve Çalışmaları", İstanbul, 1964.

ITU TRIGA MARK-11 REAKTÖRÜNDE DARBESEL MOD ÇALIŞMADA  
GÜCÜN DEĞİŞİMİNİ KAYDEDEN MİKROİŞLEMCİ DENETİMLİ  
BİR ÖLÇME SİSTEMİ

Burhanettin CAN, Rafet AKDENİZ \*

M.U.Teknik Eğitim Fakültesi, İstanbul  
»Trakya Üniversitesi Edirne MYO, Edirne

DZET

ITU TRIGA Mark-II reaktörü darbesel mod-  
da çalışırken reaktörün gücü, darbe yarı-  
genişliği 25 - 30 »sn olacak şekilde de-  
ğişir; tedir. Böyle hızlı bir değişim, re-  
aktör konsolunda mevcut kağıt kaydedici  
- t chart recorder tarafından izleni-  
r. Ancak gücün tepe değeri tesbit  
- lebi. linektedir. Buradaki çalışmada, dar-  
besel modda reaktör gücünün değişimini  
- aydeden ve gösteren mikroişlemci dene-  
- t, nli bir ölçme sistemi gerçekleştiril-  
- mistir. Serçekleştirilen sistemde, Z-80  
- :F'U, Z-SO CTC, z-ao sio, 3279 P1A,  
- 712S tPROM, 6264 RAM, 5 adet -fonksiyon  
- tuşu ile 3 haneli gösterge ve ADC 0808  
- lullmaktadır. 6264 RAM'a depolanan  
- ilgiler, -fonksiyon tuşları aracı-  
- ;ıyla göstergeye gönderilmektedir. Bu  
- :II jteii; reaktörde yapılacak deneylerde,  
- jerek işletmeçiye, gerek öğrenciye, gerek-  
- se araştırmacıya bazı kolaylıklar geti-  
- rilmektedir.

1. SİRİS

İvü Tf-LiA Mark-II Reaktörü; tasarımının  
- r özelliği olarak, sürekli hal raodu ve  
- . darbesel mod olarak iki farklı madde çal-  
- ışımlı özelliğine sahiptir. //.

Elektro - Pnömatik bir sistemle, kontrol  
- dJilen darbe çubuğunun, 0.1 sn gibi kısa  
- l jir sürede kalpten dışarı çekilmesi so-  
- ıtucunda; reaktör gücü, ani nötronların et-  
- kisinde olarak hızlı bir şekilde artmak-  
- tadır. Güçteki bu artışı sınırlayan sabitinin  
- jyük oluşu nedeniyle yakıt sıcaklığının -  
- ısıktı jftij, belli bir gecikmeyle isler.  
- Y. skit 5ir3kU2ı reaktivite katsayısının  
- uogatif ve büyük olduğundan dolayı, belli  
- üir zaman sonra yakıt sıcaklığı gücü  
- aailtici etki yaparak artan gücün bir  
- tf?pe değerinden sonra azalmasına neden  
- olur.

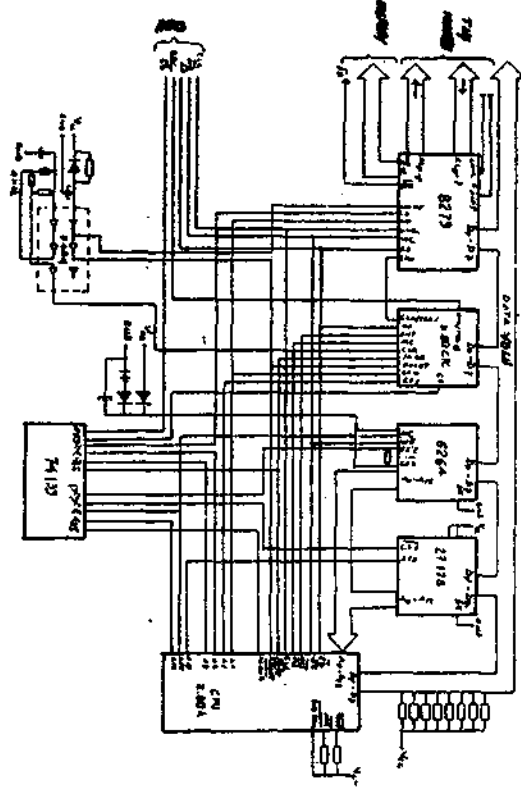
Darbesel mod çalışırken, gücün, sıcaklığın,  
- açığa çıkan enerjinin zamanla değişimi -  
- nin kaydedilmesi; eğitim amaçlı olan bir  
- reaktör- için önemlidir. Reaktör konsolun-  
- Jaki il. evcat sistemle) gücün tepe değeri  
- , sıcaklık değişimi kağıt kaydedicide

kaydedilmektedir. Enerjinin tepe değeri  
- analüğü bir göstergeden okunmaktadır/2/.  
- Darbesel çalışmada; reaktör periyodu, darbe  
- yarı genişliği de önemli birer- param^t --  
- redir 73/.

Buradaki çalışmada, güç değişiminin kay-  
- dedilebilmesi için gerçekleştirilen mik-  
- roişlemci denetimli ölçme sistemi tanı-  
- tılmaktadır.

3. İXRCCKLESTİRİLEN SİSTEMİN TANITILMASI

Dar-bese\_1 , madda gücün değişimini kaydeder:  
- mikroişlemcili ölçme sisteminin blok  
- diyagramı, Sekil-1'de görülmektedir.



Sekil-1. Sistem donanımı.



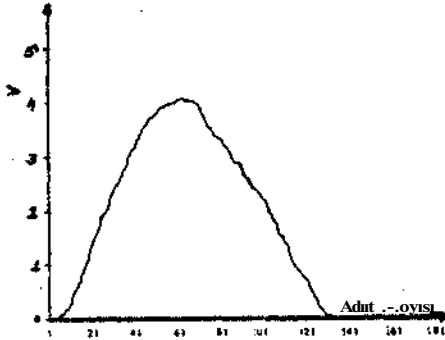
Analug dijital çevirici olarak 8 kanallı ve 0.1 msn çevirme hızlı 8bitlik ADC080S kullanılmıştır. ADC'nin 8 bitlik oluşu ölçme hassasiyetini düşürmektedir. 12 veya 16 bitlik daha yüksek çevirme hızına sahip ADC kullanılırsa hem daha fazla örnekleme alınabilir, hem de sonuçlar daha hassaslaşır.

Sistemde; EPROM'a 0000-3FFF, RAM'a 4000-5FFF, ADC CS 00, 8278 CS 40 ve CTC CS 12 ye E30 adresleri ayrılmıştır.

#### 4. SONUÇ

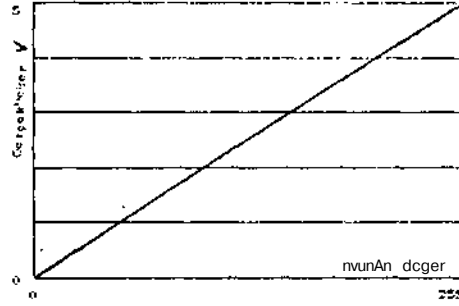
Buradaki çalışmada, İTÜ TRİGA Mark-II Reaktörünün darbeselel mod çalışmasında kullanılabilecek mikroişlemci denetimli bir sistem gerçekleştirilmiştir. Gerçekleştirilen sistemin, mevcut reaktör konsoluna herhangi bir müdahalesi olmamaktadır. Konsola yalnızca yardımcı hizmet sunmaktadır. Sistem bu haliyle, reaktör deneylerinde, öğrenci eğitiminde rahatlıkla kullanılabilir.

Üstte, reaktör için geliştirilmiş olmakla birlikte; benzer işaretleri üreten devrelerde kullanılabilir. Sistem laboratuvar'da bir darbe jeneratörü kullanılarak test edilmiştir. Gerçek sonuç ile, ölçüm sonucu elde edilen eğri arasında iyi bir uyumun olduğu görülmüştür, Şekil-4.



Şekil-4. Darbeselel bir işaretin mikroişlemci sistemle ölçülmesi

ADC'nin girişine en fazla 5 V uygulanabilmektedir. Bu da 8 bitlik bir sistemde 255 sayısına karşılık gelir. Ölçülmesi istenen fiziksel büyüklüğün büyük genliği 5 V olacak şekilde bir ayarlama yapılması gerekir. Böylelikle göstergede ilgili fiziksel büyüklük doğrudan doğruya gösterilebilir. Bu işlem için Şekil-5'deki eğri kullanılmalıdır.



Şekil-5. Kalibrasyon eğrisi

ADC 0808 3 kanal olup burada yalnızca bir kanal kullanılmıştır. Diğer kanallar daha başka amaçlar için organize edilebilir. Sistemde S279 kullanılarak giriş fonksiyon tuşlarının sayısı kolaylıkla artırılabilir.

Sistem 6 bitlik ADC kullanılarak 64 sayıya kadar (vassasıyvtini cüştüraefclstlr) ölçümler yapılabilir. 6 bitlik ve çevirme hızı yüksek 3C kullanılarak 128 sayıya kadar ölçümler için bir program yazılabilir. Diğer taraftan, işletim EIO birleştirilerek bilgisayarla haberleşme sağlanabilir.

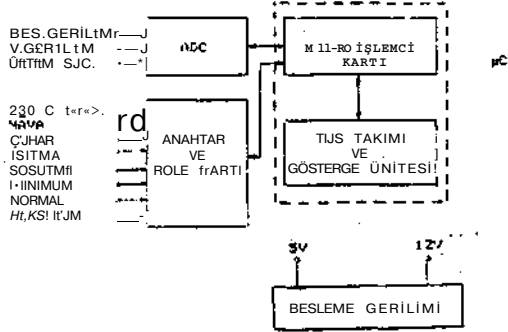
#### 5. KAYMAKLAR

- 1/ - Safety Analysis Report for the İftisa Mark-II Reactor, General Atomics, San Diego, CA-92110-7B, October (1975).
- 2/ - Instrumentation System Operation and Maintenance Manual, General Atomics Co. San Diego, (1974).
- 3/ - CAN, B., "İTÜ TRİGA Mark-II Eğitim ve Araştırma Reaktöründe Parametrelerinin Tayini", 1. Ulusal Nükleer Bilimler Sempozyumu, Ege Üniversitesi, İzmir, Mayıs (1980).



takımı ve göstergeler, güç kaynağı, röle ve anahtar kartından meydana gelmektedir Seki 1-2.

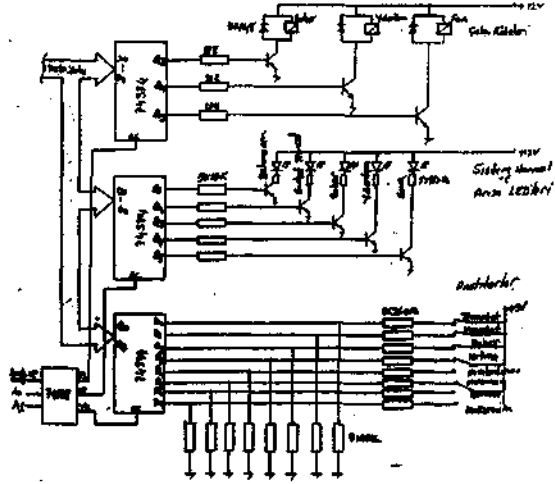
Sıcaklık kontrolünün yapılabilmesi için bu donanıma uygun yazılım ham-  
\*: 1 r lanarai; EPKOM'a yüklenmiştir. Kesik  
çısği ile ayrılan kısım aynı zamanda bir  
ır.krcb ılgısayar gibi çalışmakta ve maki-  
na dilinde program ya; ı labi İmektadır.



Seki 1-2. Mikroişlenici tabanlı sıcaklık kontrol sistind.

İli kredileme kartında, iki adet 2716 EPROM, 4 adet 6116 RAM, iki adet 74138 kodçözücü ve 2 adet 6255 PIA mevcuttur. 711."2 in bir tanesi bellekleri, ADC yi, inahcar ve röle kartını seçmede; diğeri ise gösterge kartını seçmede kullanılmıştır. Diğer çıkışlar kart üzerinde mevcut olup başka amaç için kullanılabilir.

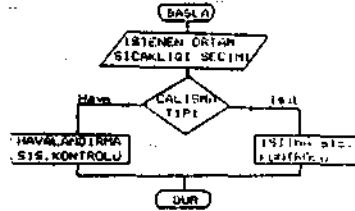
Mikroişlenicinin tuş takımı ve gösterge ünitesi tarama prensibine göre çalışır. Göstergeler ortak anotlu 7 parçalı hanelerden oluşmaktadır. PIA'nın (8255) 3 kapısı (portu) transistörleri iletime sokmasıyla sırasıyla haneler devreye girer. A kapısına bağlı transistörler Liderinden parçalar sürülmektedir. Gösterge 6 haneli oluşmaktadır. İlk 4 hanesi adresler için son iki hane de o adreadaki bilgileri göstermek için kullanılmıştır. Röle kartı bellek görü gibi düşünülerek tasarlanmıştır. 3000H-37FFH adres bölgesi röle kartı için 3000H adresi röleler için, 3001H adresi LED ler için, 3002H adresi ise anahtarlar için ayrılmıştır. Röle kartında çeşitli devreleri kumanda etmek için 8 adet röle, 8 adet arıza ledleri, 8 adet anahtar devresi vardır. Anahtar kartında; 250°C'ye uyarlı termistör, hava sıcaklığına bağlı uyarlı hava olup olmadığını tanımlayan anahtar, buhar basıncına duyarlı monostat, ısıtma yada havalandırma seçimini yapan anahtar, vagon içi sıcaklığı istenen değere ayarlayan anahtar mevcuttur. Seki 1-3.



Seki 1-3 Anahtar ve röle kartı.

#### 4. SİSTEM KONTROLÜ İÇİN GERÇEKLEŞTİRİLEN SIMULATÖR PROGRAMI

Sistem çalıştırılmadan önce, vagon içi sıcaklığı bir komitatör vasıtasıyla i;es-  
bit edilmektedir. (18°C, 20°C, 22°C). Bu iş-  
lemden sonra, çalışma tipi anahtarlarla va-  
gonda ısıtma veya havalandırma işlemlerinden hangisinin yapılacağı tesbit edilir. çalışma tipi anahtarları ısıtma pozisyonunda ise, ısıtma sistemi devreye girecektir. Havalandırma pozisyonunda ise, dışarıdan alınan hava hiç bir imleme; tabii tutulmadan içeriye üflenir. Sistem yazılımı bu çalışma -felsefesi göz önüne alınarak gerçekleştirilmiştir. Yazılım ısıtma ve havalandırma olmak üzere iki ana alt programdan oluşmaktadır. Seki 1-4.

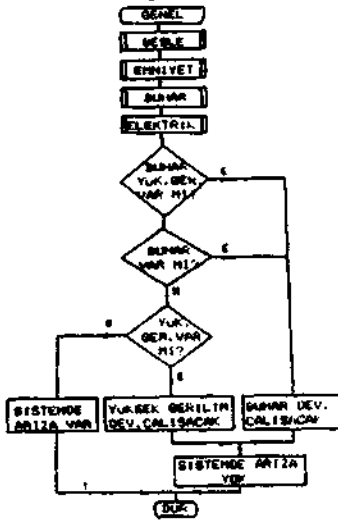


Seki 1-4. Isıtma ve havalandırma sisteminin prensip akış diagramı.

#### 4.1 Isıtma Sistemi Kontrol Alt Programı

Bu alt program; Genel Kontrol ve Sıralı kontrol olmak üzere iki ana alt programdan oluşur. Genel kontrol alt programında ise BESLE, EMNİYET, BUHAR, ELEKTRİK alt programlarını ihtiva eder. BESLE alt programında, besleme geriliminin 16V ila 32V sınırları arasında olup olmadığına bakılır. Bu sınırlar arasında değil ise besleme geriliminin bu sınırlar içerisine gelmesi belirlenir. EMNİYET alt programında, emniyet termostadının devrede olup olmadığına bakılır. Eğer devrede değil ise, arıza söz konusu olduğundan gerekli arıza LED'ini yakar ve sistemi durdurur. BUHAR ve ELEKTRİK alt programında ise, buharın 1.2 bar basıncında, yüksek geriliminin 540V ila 1203V arasında olup olmadığına bakılır, bu sınırlar dışında değerler var ise sisten durdurulur. Buhar ve yüksek gerilime tekrar bakılır. Buhar öncelikte olduğundan her ikisinin de olması durumunda; buhar devreye alınmak üzere bekletilir. Her ikisi yok ise, arıza olabileceğinden arızanın yeri gösterildikten sonra sistem durdurulur.

Sekil-5.

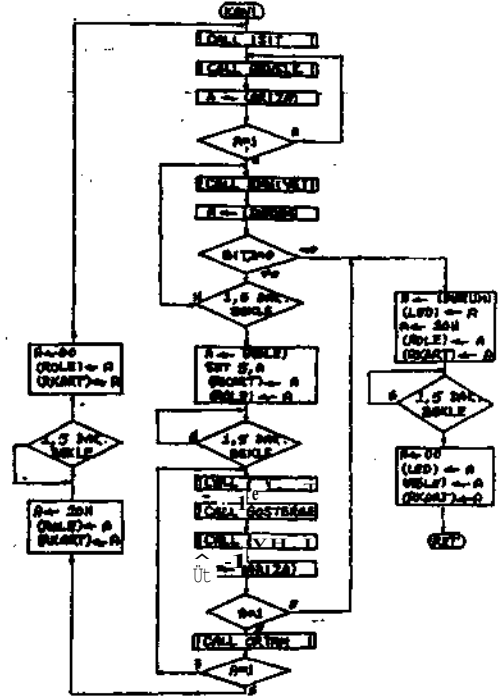


Sirkil-fj aerief kontrol alt programı

Genel kûntroJ alt programında sistemin tüm iantrolleri yapıldıktan sonra sürekli çalışma alt programına gelinir. Bu durumda buhar varsa buhar, yüksek gerilim varsa, a yüksek gerilim devreye alınır. Isıtıcılar çalıştırılır. Isıtıcılar ça-

alıştırılacakları 7-10 dakikalık süre boyunca Let rat- test (dikkatli bakılarak kontrol edilir) çalıştırılır. Eğer bu süre içinde sistem çalışmaz ise, sistem otomatik olarak durdurulur. Sistem çalışmaya başladığında, rölesi 1.5 dakika çalıştırılır. Eğer 1.5 dakika çalışmaz ise, sistem otomatik olarak durdurulur.

Isıtıcılar çalışmaya başladıktan sonra, sistemin devamlı çalışması için, besleme geriliminin 16V ila 32V arasında olması gerekir. Eğer besleme gerilimi 16V ila 32V arasında değil ise, sistem otomatik olarak durdurulur. Eğer besleme gerilimi 16V ila 32V arasında ise, sistem otomatik olarak çalışmaya başlar. Eğer besleme gerilimi 16V ila 32V arasında değil ise, sistem otomatik olarak durdurulur. Eğer besleme gerilimi 16V ila 32V arasında ise, sistem otomatik olarak çalışmaya başlar. Eğer besleme gerilimi 16V ila 32V arasında değil ise, sistem otomatik olarak durdurulur. Eğer besleme gerilimi 16V ila 32V arasında ise, sistem otomatik olarak çalışmaya başlar.



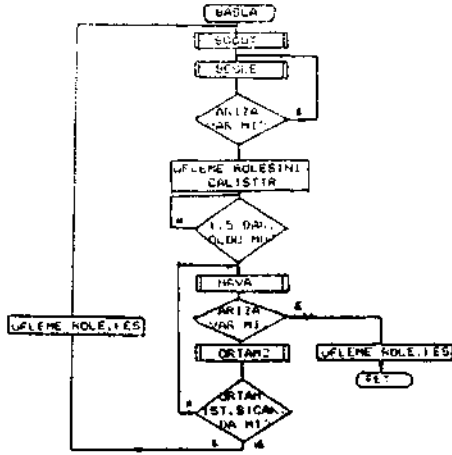
Sekil-6 Sürekli çalışına kont.-ilt PFCI-

#### 4.2 Havalandırma Sistemi Kontrolü Alt Programı

Havalandırma alt programında ilki, besleme geriliminin kontrolüdür. Eğer besleme gerilimi yeterli değil ise, sistem otomatik olarak durdurulur. Eğer besleme gerilimi yeterli ise, sistem otomatik olarak çalışmaya başlar. Eğer besleme gerilimi yeterli değil ise, sistem otomatik olarak durdurulur. Eğer besleme gerilimi yeterli ise, sistem otomatik olarak çalışmaya başlar.



ve program durdurulur. Eğer anda yoksa ölçme ünitesini devreye alınarak çalıştırılır. 15 dakika sonra, ileriye üflenen havanın yerleri plup L-ünitesini bakılır.



Seki 1-7 Havalandırma kontrol alt programı.

## 5. SONUÇ

Gerçekleştirdiğimiz mikroişlemci tabanlı kontrol sistemi ile; vagonlardaki mevcut kontrol ünitesinden dolayı italyan FER Firmasına alan bağımlılık, önemli ölçüde azaltılmış olacaktır. Mevcut sistemde donanım aracılığı ile değiştirilebilen yüksek gerilim arıza alt ve üst limitleri, sistemimizde yazılımla kolayca değiştirilebilmektedir. Mevcut kontrol sisteminde vagon sıcaklığının kaç derece olduğunu bildiren herhangi bir gösterge mevcut değildir. Sistemimizde, bu eksiklik giderilmiştir. Vagon ortam sıcaklığı yazılım ile kontrol edildiğinden kolayca değişiklik yapma imkanı mevcuttur.

Gerçekleştirdiğimiz simülasyon henüz Lüzü-t vagona takılıp denenmemiştir. Üç farklı jantı üzerinde çok ciddi problemlerin ortaya çıkmayacağı sanılmaktadır. Çünkü taktiklerin Enerji Lüzü-t'na varışında küçük bir iki imlendirme odasında sistem denenmiş ve oldukça iyi sonuçlar alınmıştır. Sistemimizle yapılan sıcaklık ölçümü sonuçları ile; diğer ölçme cihazları kullanılarak yapılan ölçüm sonuçları aksinde 1-1.5 \*C farklılıklar olduğu görülmüştür. Ayrıca, iki imlendirme ünitesinde 1 \*C'den 1.5 \*C'ye kadar olan sıcaklık değişimlerinde

kontrol ünitesi devreye girilip ortam sıcaklığını istenilen düzeye getireceği görülmüştür.

## 6. KAYNAKLAR

- 1/ Gürboya, S. 'Tutku' p. VHI-1-3, 1987. A. S. 'Metro Der-gisi', sayı 3, s. 1-10.
- 2/ Ferrara s.p.a. 'Furic' (sistem) Di. 'g'ciMi. Elektroneccanica, (1987).
- 3/ Fer- Is: CHÖ Ha-, a landırma E- L^m]. Peryodik Bakım Ar^a vt- ujanın KUVUZU.
- 4/ Akbay, E. Pulman Vt(gi)nt- rrdal, Isıtma-Havalandırma sisteminin Kontrolü için Mikroişlemci Denetimli Bu- Simulasyon, Yık- l- Li- san- Tc: 1, (1991).

## ÖZET

**Nesne tanıma:** bölge kullanımı, muayene ve ölçme gibi otomatikleştirme işlemleri için çok önemlidir. Bütün görüntü sistemleri meydana getirdikleri resimlerin kalitesi ile sınırlanır. Bu durumda kamera ve aydınlatma seçimleri büyük bir dikkatle yapılmalıdır, özellikle geniş kapsaklı sahnelerin yüksek kaliteli görüntülerinin düzgün bir akış içinde otomatik olarak elde edilmesi gerekir. Bunun için esnek bir görüntü tanıma cihazı olan ve seri çalışabilen stereo kamera sistemlerine ihtiyaç vardır.

Bu makalede, bilgisayar görme ve robotik araştırma ve uygulamaları için yapılan görüntü elde etme cihazlarının bir kısmını inceleyip, ideal kamera sistemi nasıl olmalı sorusuna cevap aranacaktır.

### 1. Çirş

Bilgisayar görüntü te robot uygulamalarında kullanılan kamera sistemleri, çeşitli görüntüleme durumlarına ve farklı sahnelere dikkatle ayarlanması gereken optik ve durum parametrelerini tayin etmiştir. Kullanılan uygulamalarını bazalarını inceleyelim.

Stanford üniversitesinde geliştirilen el içi göz sistemi 1 bir çanak başı, odak uzaklığının kontrolü için bir mercekle bir filtre kasağı üzerine yerleştirilmiş nötral yoğunluk filtrelidir ve duyarlılığı programlanabilen bir vidikon kameradan oluşur. Bu sistemin işlenmesi ve giriş/çıkış bant genişliği bir PDP-6 bilgisayarı ile kullanılır. Rezolüsyonu 4 bit ile sınırlıdır ve sadece bir kameraya sahiptir. Korovec'in "sürgü stereo" sistemi seyyar bir araç üzerinde bir eksen boyunca dönmek için bir tek kameralara izin verir.

PCPEYE Coznieg Nellan (hiversitesinde geliştirilmiş ölAn ise kademe düzey görüntü sistemidir. Bu sistem bir 68000 mikroişlemciye, bir çerçeve tutucusu ve tavponuna, bir dizi işlemcisine tahsis edilmiş görüntü ön işleme birimlerine programlanabilir transform işlemcisine sahiptir. Resmin pozisyonlanması bir pan/tilt başı ve motorize z o om/odak merceği ile gerçekleştirilir. Tam olarak bi sistem bir tek kameralara sahip olmasına rağmen çok güçlü ve esnekler. Fakat dönme ile ilgili hareketlerde yetenezsizdir. Japonya'daki

Japonya'daki HASEDA üniversitesinde geliştirilen WABOT robot sistemi» bilgisayar kontrollü odak uzaklık il ve tarama hat seçimli iki kameralara sahiptir.

Kameralar robotun gövdesi ile birlikte.

Kunoetal mercekler arası uzaklığı, rotadan çıkma ve kayma sistemleri bilgisayar kontrollü olattı yeni bir sistem geliştirmişlerdir. Kameralar özel bir biçimde geliştirilmiş transmişyona monte edilmiştir, aralarındaki uzaklık 10 ile 40cm arasında değişebilir. Değişebilen mercek uzaklığının işlenmesi ile resimde beirli bir esneklik elde edilir. Uzaklık ne kadar artarsa o kadar nek fark bilgisi stereodan kesin uzaklık bilgisine dönüştürülür. Uzaklık ne kadar küçük olursa, ilgili problemin çözünü o kadar kolaylaşır, esnekliğin nasıl bozulduğu tam açık değildir. Aynı zamanda üç serbesy açının nasıl kontrol edildiği de açık değildir.

Montagu ve Pelseue değişebilen odak uzaklığı mercekli bir kamera sisteminin dokümanını hazırlamıştır. Bir X-Y deflektörü üzerinde men ta edilmiş aynalar sekizgen konfigürasyon içinde iki galvanometre tara-yıcılar kameralara 25°'ye kadar çevrilmeye ve eğilmeye müsaade eder.

Bütün bunlar önemli katkılar olmalarına rağmen hiçbirisi pek çok ilkel biyolojik sistemlerin taa esnekliğini karşılayamaz. Hiçbiri insan oculumator plan-tum yeteneklerine yaklaşamaz, özellikle burada insan başı ve boyununun fonksiyonel ve kinematik yeteneklerini dikkate alan kamera sistemlerini tasar-lama ve inşa etms yolunda herhangi bir teşebbüs görünmemektedir.

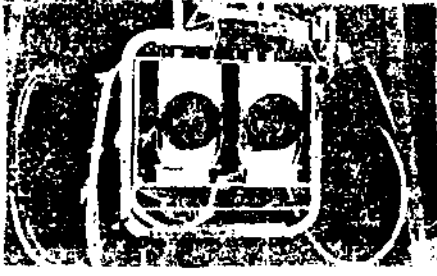
Yukarıda açıklanan kamara s is temle d in den daha iyi ve çok daha esnek olan Pensilvanya Üniversitesinde geliştirilmiş bir kamera sisteminin tasarımı ve performansı tanıtılacaktır. Daha sonra bu mevcut en iyi sistemin kusurlarından hareketli ideal sistemin nasıl olacağı sonucuna varılacaktır

### 2. Kamara Sistem Donanımı

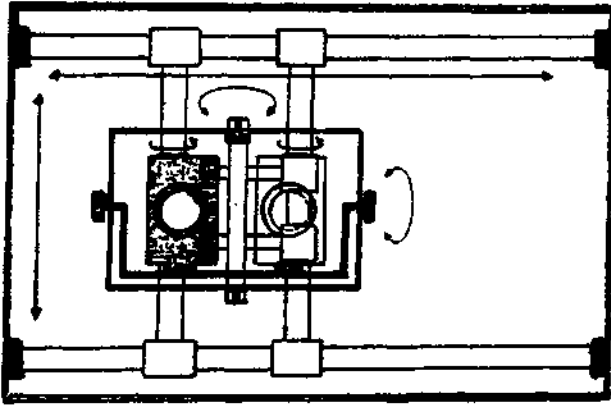
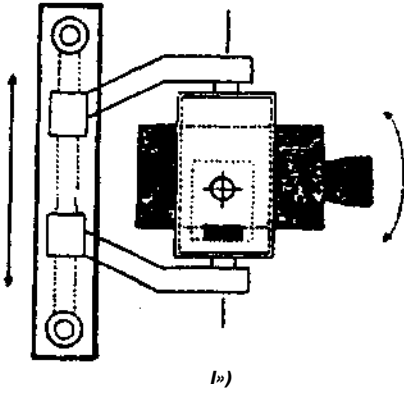
Şekil-1'deki fotoğraf 11 adet servo motor tarafından işletilen, kamera sisteminin donanım konfigürasyonunu göstermektedir. Bunların 5'i iki kameraların pozisyonunu ve yönelimini ayarlar, 6'ı ise mırceğin optik parametrelerini ayarlar. Bu bölümde pozis-yonlama mekanizmalarını, sterao kameraları, motorize mercekleri ve aydınlatma sistemini inceleyeceğiz.

## 2.1. Pozisyonlama Mekanizmaları

Çok çeşitli sahnelerin faydalı görüntülerini elde edebilmek için, kameralar kısmen veya tamamen tükənabilen, farklı nesnelere geçebilecek, "k" I ik to olmalıdır. Bu seriyiği elde edebilmek için, kım&r.t-ların 5 derecelik açı serbestleşme şahin heyun Iyn-zeri bir metan:zrr.a üzerine terlettirilir, i^uni:--s'u kamera platformunca sağlanır w biri u- \^..-0 platformu ile sağlanır.



Sekil 1. Kamera Sisteminin Fotoğrafı.

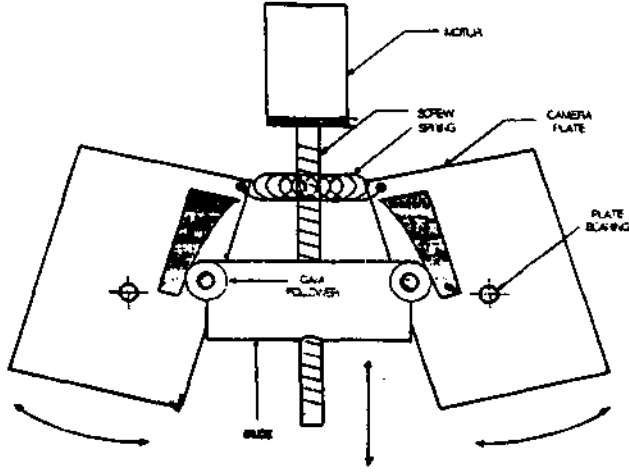


Sekil 1. VOVIOA Mekanizması

Şeki-2 şematik lolai-ak kamera platforn: 'n&kan: zm \* :,-.r- m gpstermsktedir. Ağır bir çelik resne, 4 derere-: ik serbest açı sağlayarak, ±k, plütürmu des trk İt: i Bu -v'..v > celik serbest açının 2'si yer değiştirme, S 's. Jo dönme ile ilgilidir. Dört eksenlin herbiri bir dişli mekanizmasını süren AC serro motor tarafından gerçekleştirilir ve işletilir. Yatay ve düşey eksenlerin dişlileri platformun yerini deriştirmek içm ayrık bant işleticisini harekete geçirir. Yer çekimini karşılamak için düşey eksen pratikte sürt-.-i-me problemlerinden ve yay düzensizliklerinden çeken sabit bir kuvvet yayma sahiptir. Pan VE tilt motorları platformu döndürmek için platforma iliştiren dişlileri sürer.

Şekil-3 her iki kameranın ortak görüş alanını sınırlayarak, kameraların birikimine doğru veya birbirinden uzaklaşma yönünde dönmesini sağlayan kayna düzeneginin mekanik tasarımını şekillendirir. Herbir kamera taban plakasına ön ve arka uçlarına yerleştirilmiş teflon bloklar üzerine binen alüminyum mil-ler üzerinde dönen, aynı bir alüminyum plaka üzerin> montae edilir. Kameraları döndürmek için motorun uygun bir hareketi gereklidir. Vidanın saat yönünde hareketi yakınsaklığa, saatin tersi yönündeki hareketi de iraksaklığa nedn olur. Vidanın hareketi taban plakası üzerinde, bir kırlangıç kuyruğunu andıran yarığa giren vidalı bir bloğu sürer. Bu bloğa yerleştirilen yataklar kamera plakalarına iliştirilmiş klavuzlar boyunca yuvarlanır ve kamera plakalarının gerisini yayar. Bir yay kamera plakalarının arka uçlarını birlikte tutar böylece, herhangi bir motor hareketine olumlu bir cevap ve çok az aralık verir.

Kayma düzeneginin kinematigi herbir mil etrafında 1 dereceye kadar iraksak ve 5.5 dereceye kadar yakınsak bir d' nme sağlar. Dönmeler bağımlıdır, ve büyüklükleri simetrik değildir. Bu dönme çiftine kayma veya vergence denir. Kinematik açıdan ele alındığında kamera sistemi insanın bognuna ve basma benzer. Şekil -4'teki koordinat sistemine bakarsak, boyun kasları ve iskelet k civarında dönmeye, i kadar burulmaya ve i kadar yuvarlanmaya izin verir, ist omurilik genel olarak omuz ve bel eklemlerinin çlişmj-si ile oluşan herhangi bir yöndeki belli-li yer değiştirmelere izin vermez. Kamera ise yu.-arlanmaya izin vermez, fakat j ve k eksenlerimi- yer değiştirmelere izin verir. Oeç bir kişide, göz kasları gözleri 4S°-S0° civarında sağa-sola ve aşağıya, 40° 45°'e kadar yukarı doğru döndürülebilir. Kamera düzenegi bu dönüşlerde biraz daha fazla sınırlıdır. ve kayma düzenegi k etrafında bağımlı bir dönüşe izin verir. Bu öne doğru olan insanın kayma (eğilme) hareketlerine benzer ve iraksak veya yakınsak olabilir. Böylece, kamera sistemi insan boynundan yer değiştirme açısından iki fazla ve bir derece dahi az dönme serbest iye tine sahiptir.



Şekil 3. Verjence mekanizması.

## 2.2. Stereo Kameralar

Bilinmeyen nesnelerin uzaklıklarını görüntülü olarak saptamak için, en az iki görüş açısından veriye ihtiyaç duyulmaktadır. Sensör pozisyonu, yönlen dirmesi ve optik parametrelerle belirlenmiş olan iki kamera platform üzerine monte edilir.

## 2.3. İlotorize Mercekler

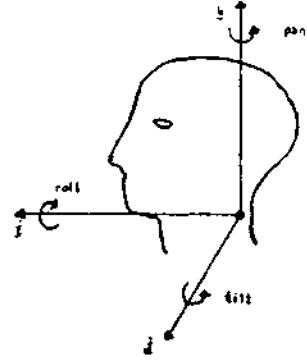
Geniş bir aydınlatma, nesne yansıma faktörleri ve nesne uzaklıkları altında çalışabilmek için, kamera mercekleri kolayca ayarlanabilir olmalıdır. Çeşitli aydınlatma şartları için, açıklık çapını değiştirebilecek bir pozisyonda olmalıdır. Çeşitli nesne uzaklıklarını ve görüntü çözünümleri ihtiyaçlarını gidermek ve mercekler büyütme işlemi gerçekleştirilmek için farklı pozisyonlar alabilmelidir. Görüntüler dakik bir şekilde odaklanmalı, böylece mercekler ayarlanabilir odaklama uzaklıklarına sahip olabilir.

## 2.4- Işıklar veya Aydınlatma

Farklı nesnelere farklı yansıma özelliklerine sahiptir böylece sahne aydınlatılmasının esnek kontrolü çok önemlidir. Burada bağımsız parlaklık ayarlı çok sayıda aydınlatma kaynağı kullanmak lazımdır. Bunun için, bir 8085 mikroşlemciye lambalara bağlı lüac kısıkları sürer. Giriş bir KS232 arabirimi ile sağlanmaktadır.

## 3. Cihaz Kontrolörleri

özel amaçlı cihazlar kamera platformunu, mercekleri ve ışıkları kontrol eder. Bu cihaz kontrolörleri mikroşlemci sistemleridir. Bunlar, kavramsal olarak



Şekil 4- İnsana baş ve boyun hareketleri.

bir ev sahibi istemci ile kumanda ve algılayıcı cihazlar arasında gerçekleştirilir. Ev sahibi işlemci yazılım geliştirmek ve komuttan iletmek için kullanılır. Mikroşlemci ev sahibi işlemci ile tüm ilişkileri halletmede, platform hareketini kontrol etmede, mercek parametrelerini ve ışıkların parlaklıklarını kontrol etme ile sorumludur.

## 3.1. Kamera Platform Kontrolörü

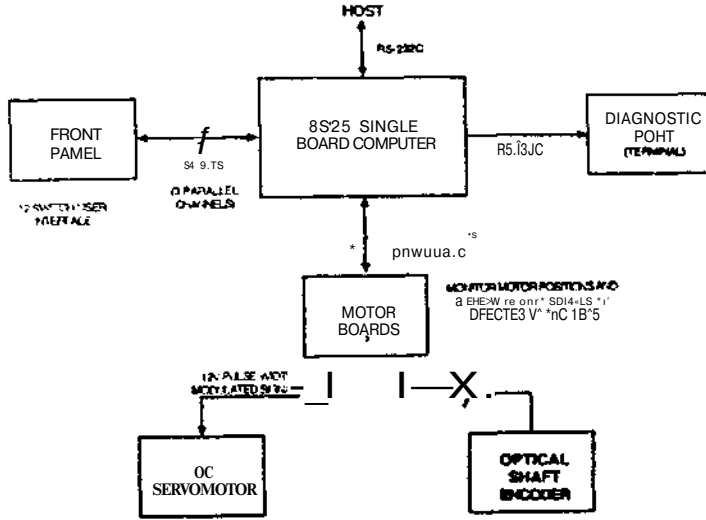
Şekil-5 üç çeşit işi yapan bir 6085 mikroşlemciye dayanan kamera platform kontrolörünün blok diyagramıdır. Ev sahibi işlemci ile iletişim kurmak, kontrol algoritmalarını yürütmek, çalıştırmak ve dört DC servo motoru harekete getirmek şeklindeki işleri yapar, ev sahibi ile ilişki bir seri hat üzerinde kurulur. Bir hareket azaltıcı üzerine yerleştirilmiş men-tör host yani ev sahibi işlemciden komutları alır vs onları okuma ve yazma komutlarına tercüme eder.

## 3.2. Mercek Kontrolörü

Mercek kontrolörü odak uzaklıklarını, odaklara uzaklıklarını, açıklık çaplarını ve kameralar arasındaki kayma açısını ayarlar, Şekil-6'da çözümlenmiş gibi kontrolör bir 8S/25 tek bordlu bilgisayar (mikroşlemcisi 8088 olan), 7 motor sürücü bord bir arabirim bordu ve bir anahtar ön pane Undan oluşur. PJJ ti c: n kontrolöründe olduğu gibi mercek kontrolörünü. üç Jn<1 görevi vardır. Bunlar: iletişim, kontrol ve hareketi' getirir.

## 3.3. Işık Kontrolörü

Işık kontrolörünün iki görevi vardır. Ev sahibi ile iletişim ve AC güç devreleri boyunca 1 tur baların harekete geçi- lmesidir. Akıllı kontrol ihtiyacı\* ırktur.



Şeic<i5. Lens M.onirok«lak Jiye7omı.

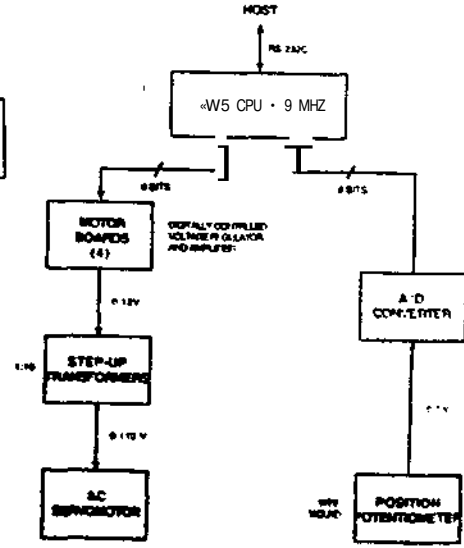
#### 4. Sauçlar

Bu kamera sistemi çok esnek olmasına rağmen çok ilkel hayvanların sahip olmadığı alçılama yeteneklerini icra eder. Tüm omurgatılar her göz için 6 kas'a sahip olm.ism.1 rağmen, terbiri de farklı göz hareketlerini aynı şekilde yapabilirler. Fakat bunu gözlerini döndürmekten ziyade başlarını döndürerek yaparlar. Omurgatılar arasında sadece memeliler aynı yöne bakınmak için iki gözünü birlikte hareket ettirir. Onlar genellikle aynı nesne üzerine her iki gözünü getirerek biadküler görmeyi kullanmaya teşebbüs eder. Buna rağmen bu karşılaştırmalarla kamara sisteminin oldukça gelişmiş olduğu düşünülebilir.

Platform sistem içerisinde hareketli olduğundan, çok farklı çek farklı görüş açılarından görüntü elde etmek mümkündür. Bu, o andaki görüş açısının dışına çıkmış olan nesnelere izleme ve çeşitli bakış açılarından kapanan nesnelere görüntüleme açısından faydalıdır, örnek olarak, kalabalık bir çevrede hareket eden bir robot kolunda kullanılan kamera sistemini görüntüleri olüruk yönlendirme işlemine uygulandığını düşünürsek, kameraların çevikliği robot kolu engelini yenebilmek için nvnüün olan pozisyonlanmayı ve gereksiz pozisyon tahminini fazladjn yapar.

Bir görüntüde veya görüntü bölgesinde odağın kalitesi pak çok görme algoritmalarının sonuçlarını belirgin şekilde etkiler. Kesin ayrıntı yapıları analizlemede, kenarları saptamada, stereo işlemede oldukça önemlidir.

Zoom merceklere çeşitli nesne uzaklıkları \* & özelliklerin ve yapıların bir tayfını kullanabilir. ilgili



Selciğ Plot vın kontrolu hloJt. diyağramı.

bölgeleri belirtmek ms ayırmak için küçük bir büyütmeyi kullanarak değişken odak uzaklıklarının üstünlükleri görülebilir. Bu yaklaşım otomatik odaklama için alçak çözümlemede, ilginç bölgelere ayırmada sonra da dakik odaklama için zoclamada kullanılır.

Kullanılan kamera sistemlerinin çözülmesi düşüktü. Hareketli robot kolunda tam esnek bir görüntü elde etmek mimkikt değildir. A/rica, 220Vluk gerilinde AC servo motorlarla ısındığı zaman çalışma özellikleri az bir şekilde değişmektedir. Bundan dolayı, meroak kontrolü için oodeilenmiş AC sistemi, DC sistemle değiştirmek daha uygundur.

Daha iyi çözümleme ve daha esnek görüntüye sahip kamera sistemleri için: gerçek zaman görsel geri besleme\* hızlı kamera kontrol donanım ve yazılımına ihtiyaç olacaktır.

#### BEFERAHSLAK

- /1/ R. Brocho, A. C. Sandersen " POPEYE: A Cray LeveJ Vision System for Robotics Application" "UJ:con Univ. içecö. Rep. ray. 1933
- /2/ J.P. Hcuard " Human Vision Orien.t<ı ticn" Neul • c: Uilley 1982
- /3/ j. M. "jenenJim \* A Labortitry fo? fi.rid-,-yc "Y" ceardı\* in Proc. 1971 page 206-210.
- /4/ H.P. Morovec " Robot Rovvr Visual Nı 1-iaütin r." UKT fiESEAREH Press 1991
- /5/ H. Koboyaski, T. Kato " Eyes of the HABCT" J.T.Tou Edit NettYork 1973
- /6/ Hontagu k. Pelsue -O:ular Kanipul.tüi for KTYO- tic Vision" In Proc. Carrbrije 1933 page 8S-93-
- /7/ E. Kratkou, P. Fuma and J. Summers "Anagile Stereo Camera Systems for flexible Imge Acguis-ticn " IEEE Jour. of Robotics and Autcrr. V.4 ,x. Feb. 1988

### ÖZET

Kontrol sistemlerinde ilgilenilen fiziksel büyüklüklerin, içlenebilecek bir elektriksel işarete dönüştürülmesi çok önemli bir konudur. Süreç denetim sistemlerinde, fiziksel büyüklük olarak, sıcaklığın kontrol edilmesi hemen her zaman karşılanılabilecek bir durumdur. Sıcaklığın ölçülmesi ve kontrol edilmesi işleminin çok büyük bir bölümünün termokuplular kullanılarak yapılması bu elemanların çalışma ve imalat özelliklerinin iyice anlaşılmasını gerektirir. Bu makalede, termokuplular, gerek tasarım ve gerekse çalışma özellikleri açısından, incelenmiştir.

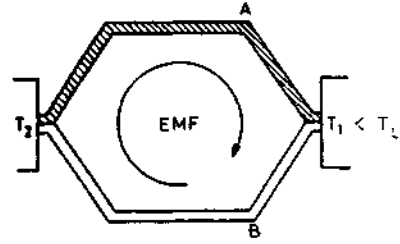
### 1. ÜRİŞ

Herhangi bir kontrol düzeneği tasarımının ilk adımı, sisteme ilişkin ilgilenilen dinamik değişkenin, elektriksel işarete, dönüştürülmesini sağlayan dönüştürücünün seçilmesidir. Üretimde en yaygın olarak kontrolü istenilen dinamik değişkenlerden birinin sıcaklık olması nedeniyle ısısal dönüştürücülerin işleyişi ve özelliklerinin iyi bilinmeleri gereklidir. Literatürdeki ısısal dönüştürücülerin arasında da, dönüştürme işlemi için bir dış bekleme kaynağına ihtiyaç göstermemelerinden dolayı, termokupluların çok önemli bir yeri bulunmaktadır. Ayrıca bunların uçlarında oluşan ve değeri, termokuplu oluşturan malzemelerin cinslerine bağlı olarak, derişme Gösteren gerilimin, sıcaklıkla her zaman hemen tas bir lineerlik ve tekrarlanabilirlik özelliklerine sahip olması bu tip dönüştürücülerin önemini arttırmaktadır.

### 2. TEMEL KURAM

Farklı metallerin elektriksel ve ısısal iletim özelliklerinin araştırılması sonucunda ortaya çıkmış olan ve "termoelektrik etki" diye adlandırılır. İş teori, termokuplularla sıcaklık ölçümünün de temelini oluşturur [1,2]. Bu teori bölü bir metalin iki

ucu üzerinde bir sıcaklık farkının yaratılması durumunda, metallerin uçları arasında bir gerilim farkının oluştuğunu açıklayabilir. Eğer metallerin iki ucu, farklı bir metal ile birleştirilecek olursa, oluşan kapalı çevrede bir akımın aktır görür. Bu bir etkinin uygun açıklaması için, Seebeck devrede akıma akmasının sebep olan bir emf'nin üretildiği söylenebilir.



Şekil-1. Bağlantı noktalarının sıcaklıkları  $T_1$  ve  $T_2$  olan A ve B ribi ilci metalden oluşan kapalı devre.

Katı hal teorisinin kullanılarak, yukarıda anlatılan, durumun analizi sonucunda, oluşan e.m.k., sıcaklık üzerinde bir integral ile şöyle verilebilir.

$$\mathcal{E} = \int_{T_1}^{T_2} (Q_A - Q_B) dT \quad (2.1)$$

Burada,

- $\mathcal{E}$  : Oluşan e.n.k.
- $T_1, T_2$  : Bağlantı noktalarının sıcaklıkları
- $Q_A, Q_B$  : İki metalin ısısal iletim sabitleri

Seebeck etkisi [3] diye bilinen etkiyi ifade eden (2.1) bağıntısında ki sabitler  $Q_A$  ve  $Q_B$ 'nin uygulamada sıcaklıktan her zaman bağımsız oldukları bulunmuş olduğundan, bu bağıntı yaklaşık olarak şu şekilde ifade edilebilir.







