



EMO



KTÜ



TÜBİTAK

ÖNSÖZ

Giderek gelenekselleşen Elektrik Mühendisliği Ulusal Kongrelerinin beşincisinde Trabzon'da buluşuyoruz. EMO ile KTÜ Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü'nün işbirliği ve İÜBİTAK'ın katkısıyla gerçekleşmekle olan Kongremizin başarılı ve verimli geçmesi umudundayız. Kongre sonuçlarından kıvanç duymak istiyoruz.

Kongre'üde, bugüne kadar yapılmış çalışmalar ve yayınlanmış duyurulardan da anlaşılacağı gibi, bilinen yöntemlerin yanı sıra gelecek yıllara deneyim alılabilecek yeni yaklaşımlar uygulanmaya çalışılmıştır. Bildirilerin değerlendirilmesine katılan uzman sayısının sistematik olarak artırılması, değerlendirme biçiminde hatta da nesnelleştirilmesi, bildirilerin kitabında yeni yazım ve sunuş biçimlerinin oluşturulması gibi teknik gelişmelerin dışından ilginç olacağı sanılan panellerle gününce sorunların irdelenmesi ve yöresel ögylele sosyal etkinliklere renk kalması amaçlanmıştır.

Kongrenin ilazırfık ve düzenleme çalışmalarında bazı aksaklıklar olmuştur. Öncelikle kongre kararının olması gerekenden dalın geç alınabilmiş olması, özet değerlendirme sürecinin posta trafiğinin çok yoğun olduğu bayram dönemlerine rastlaması hem Yürütme Kurulu'nu hem de Kongre'ye katılmak isteyenleri zor durumda bırakmıştır.

Kongrenin düzenlenmesi sırasında edinilen deneyimler ışığında sorunları çözücü ilkesel önerilerin ortaya konması yararlı olacaktır. Bunları kısaca sıralayabiliriz. Örneğin 6. Kongre'nin ya da kısaca EMUK'9-5'in nerede ve ne zaman yapılacağını şimdiden kararlaştırmak gerekmektedir Bundan sonra Konferans olarak adlandırılması daha uygun olacak Kongre için sürekli ya da uzun süre görevli bir 'Ulusal Düzenleme Kurulu'nun oluşturulması ve bu Kurul'un temel ilkesel karar ve yöntemleri üretmesi daha elverişli olacaktır. Kongre'nin yapılacağı konumdaki işleri ise Yerel Düzenleme Kurulu/ üstlenmelidir. 'Bilimsel Değerlendirme Kurulu'nun da ayrı bir sınıflandırma ve nitelik belirlenmesi ile bir kere oluşturulması, yalnızca gelişen koşullara göre güncelleştirilmesi düşünülebilir.

CMUK, böylesi bir yapılaşma ile daha sağlıklı, zaman planlaması daha verimli bir konferansa dönüşecektir kanısındayız. Örneğin bu durumda bildiri tam metinlerinin değerlendirme ve denetim sürecine yitmeleri olanaklı kılmak, şu ana kadar ancak Yürütme Kurulu'nun uyumlu olarak bilincine varabildiği teknik sorunlar otludan kalkacaktır. Konferansda da içerik ve düzey açısından belirli bir iyileştirme sağlanabilecektir. Bunu en yakında, EMUK'95'de gerçekleşmiş olarak görmek dileyorduz.

Bilindiği gibi Kongremiz Elektrik, Elektronik-Haberleşme, Kontrol ve Bilgisayar Sistemleri alanlarıyla bilimsel-teknoojik özgün katkıların artırılıp değerlendirilmesi ile araştırma, geliştirme, uygulama ve eğitim süreçlerindeki kişi ve kuruluşların birbiriyle doğrudan iletişimini sağlamayı amaçlamaktadır. Ayrıca sosyal yapılaşma ve dayanışmaya da

katkıda bulunmaktadır. Ancak Kongre ve onunla birlikte oluşturulan sergi/fuarın çok değerli bir 'Mesleki Eğitim ve Geliştirme' aracı olduğu bilincinin kişi ve kurumlarda daha çok yerleşmesi için çaba gösterme gereği de ortaya çıkmaktadır.

Kongrenin gerçekleşmesini sağlayan, hazırlık ve düzenlemeleri üstlenen KTÜ, EMO ve TÜBİTAK'a, oluşturulmuş olan kurulların üyelerine, ayrıca burada adlarını saymakla bitmeyecek kişi ve kamu - özel - akademik nitelikli kuruluşlara, yardım ve katkıları nedeniyle, Kongre'nin yararlı sonuçlarını paylaşacak olan topluluğumuz adına teşekkürlerimizi sunmak isteriz.

Kongremizin başarılı ve verimli bir biçimde gerçekleşmesi, ülkemiz için bilimsel - teknolojik kazanımlar üretmesi dileğiyle Yürütme Kurulu olarak saygılarımızı iletiriz.

Doç. Dr. Güven ÖNBİLGİN
Yürütme Kurulu Başkanı

ELEKTRİK MÜHENDİSLİĞİ 5. ULUSAL KONGRESİ

YÜRÜTME KURULU

Güven ÖNBİLGİN (K1U)
Yakup AYDIN (EMO) Sefa AKPINAR (KTU)
Canan TOKER (ODTÜ) Kaya BOZOKLAR (EMO)
Hasan DİNCER (KTU) A.Oğuz SOYSAL (IU)
Abdul İlah SEZGİN (KTU) İrfan SENLİK (EMO)
Kenan SOYKAN (EMO) Y.Nuri SEVGEN (EMO)

DANISMA KURULU

Rasim ALDEMİR (BARMEK) Mehmet KESİM (Anadolu U)
Teoman ALPTURK (TMMOB) Macit MUTAF (EMO)
Ahmet ALTINEL (TEK) Erdiñç ÖZKAN (PTT)
İbrahim ATALI (EMO) Kamil SOĞUKPINAR (TETSAN)
Malik AVİRAL (ELİMKO) Sedat SİSBOT (METRONİK)
Emir BIRGUN (EMO) Atıf URAL (Kocaeli U.)
Sıtkı CİĞDEM (EMO) İ. Ata YİĞİT (EMO)
R. Can ERKÖK (ABB) Fikret YÜCEL (TELETAS)
Bülent ERTAN (ODTÜ) Hamit SERBEST (CU) _
Uğur ERTAN (BARMEK) Canan TOKER (ODTÜ)
İsa GÜNGÖR (EMO) Nusret YUKSELER (ITU)
Ersin KAYA (Kaynak) Kemal ÖZMEHMET (DEU)
Okyay KAYNAK (Boğaziçi U)

SOSYAL ETKİNLİKLER KURULU

Y. Nuri SEVGEN (EMO)
Necla ÇORUH (PTT) Hatice SEZGİN (KTU)
Esen ÖNKİBAR (TEK) Yusuf TANDOĞAN (PTT)
Abdullah SEZGİN (KTU) Ömer K. YALÇIN (TELSER)

SEKRETERLİK HİZMETLERİ

Necmi İKİNCİ (EMO) Elmas SARI (EMO)

BİLİMSEL DEĞERLENDİRME KURULU

Cevdet ACAR (I TU)
İne i AKKAYA (I TU)
A.Sefa AKPINAR (KTU)
Ayhan ALTINTAS (Bi I .U)
Fuat ANDAY (I TU)
Fahrettin ARSLAN (IU)
Murat ASKAR (ODTÜ)
Abdu İlah ATALAR (Bi I .U)
Selim AY (YTU)
Ümit AYÜÖLU (I TU)
Atalay BARKANA (Anadolu U)
Mehmet BAYRAK (Selçuk U)
Atilla BİR (I TU)
Galip CANSEVER (YTU)
Kenan DANIŞMAN (Erciyes U)
Ahmet DERVISOĞLU (I TU)
Hasan DİNÇER (KTU)
M.Sezai DINCER (Gazi U)
Günser DURUSOY (I TL)
Nadia ERDOĞAN (İFU)
Aydan ERKMEN (ODTÜ)
İsmet ERKMEN (ODTÜ)
H.Bülent ERTAN (ODTÜ)
Selçuk GEÇİM (Hacettepe U)
Cem GÖKNAR (I TU)
Remzi GULGUN (YTU)
Filiz GUNES (YTU)
İrfan GÜNEY (Marmara U)
Fikret GÜRGEN (Boğaziçi U)
Fuat GURLEYEN (İTU)
Cemil GURUNLU (KTU)
Nurdan GUZELBEYOĞLU (İTU)
Emre HARMANCI (İTU)
Altuğ İFTAR (Anadolu U)
Kemal İNAN (ODTÜ)
Asım KASAPOĞLU (YTU)
Adnan KAYPMAN (İTU)
Ahmet H. KAYRAN (İTU)
Mehmet KESİM (Anadolu U)
Erol KOCAOĞLAN (ODTÜ)
Muhammet KOKSAL (İnönü U)
Hayrettin KÖYMEN (Bil. U)
Hakan KUNTMAN (MU)
Tamer KUTMAN (I TU)
Duran LEBLEBİCİ (İTU)
Kevork MARDİKİYAN (I TU)
A.Faik MERGEN (I TU)
Avni MORGUL (Boğaziçi U)
Güven ÖNBİLGİN (KTU)
Bülent ÖRENCİK (İTU)
Bülent ÖZGÜC (Bi I .U)
A.Bülent ÖZGÜLER (Bi I .U)
Yılmaz ÖZKAN (I TU)
Muzaffer ÖZKAYA (I TU)
Kemal ÖZMEHMET (DEU)
Osman PALAMUTCUOĞLU (İTU)
Erdal PANAYIRCI (İTU)
Halit PASTACI (YTU)
Ahmet RUMELİ (ODTÜ)
Bülent SANKUR (Boğaziçi U)
M.Kemal SARILÖĞLU (I TU)
Müzeyyen SARI TAS (Gazi U)
A.Hamit SERBEST (CU)
Osman SEVAİOĞLU (ODTÜ)
A.Oğuz SOYSAL (IU)
Taner SENGÖR (YTU)
Emine TACER (İTU)
Nesrin TARKAN (İTU)
Mehmet TOLUN (ODTÜ)
Osman TONYALI (KTU)
Ersin TULUNAY (ODTÜ)
Nejat TUNCAY (İTU)
Atıf URAL (Kocaeli U)
Alper URAZ (Hacettepe U)
Gökhan UZGÖREN (IU)
Yıldırım UCTUĞ (ODTÜ)
Asaf VAROL (Fırat U)
Sıddık B. YARMAN (IU)
Mümtaz YILMAZ (KTU)
Melek YÜCEL (ODİU)
Nusret YUKSELER (I TU)
Selma YUNCU (Gazi U)

ÖRTÜŞMELİ AYRIŞTIRMA KULLANILARAK SERVOMEKANİZMA PROBLEMİ İÇİN DIŞMERKEZLİ SAĞLIKLI KONTROL TASARIMI

Altuğ İftar

Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü

Anadolu Üniversitesi

Bademlik, 26030 Eskişehir

e-mail: d328Qtranavml.bitnet

Özet: Servomekanizma problemini genişletme prensibi çerçevesinde çözmek üzere örtüşmeli dışmerkezli kontrol tasarımı incelenmiştir. Önerilen yaklaşımda öncelikle örtülmüş altsistemlerin ayrışık olarak ortaya çıktığı bir genişletilmiş (expanded) sistem elde edilmekte, daha sonra bu sistem için, sağlıklı dışmerkezli servomekanizma problemini çözmek üzere, ayrışık dışmerkezli kontrol tasarlanmakta ve son olarak elde edilen kontrol verilen sisteme uygulanmak üzere bütülmektedir. Bütülmüş kontrol yapısı örtüşmeli olarak ortaya çıkmaktadır.

I. GİRİŞ

Kontrol mühendisliğindeki temel problemlerden biri, servomekanizma problemi olarak adlandırılan, çeşitli bozucu girdilere maruz bir sistem için sistem çıktısının, bu bozucu girdilere rağmen, belirli bir referans sinyalinin takip edebilmesini sağlayacak bir kontrol mekanizması tasarlamaktır [1].

Enerji sistemleri, büyük esnek yapılar, sosyo-ekonomik sistemler gibi büyük ölçekli sistemlerde, bilgi aktarımı ve bilgi işleme maliyeti, kontrol tasarımı karmaşıklığı ve güvenilirlik gibi nedenlerden dolayı, merkezi kontrol tercih edilmemekte hatta böyle bir kontrolün tasarlanması veya kullanılması imkansız olabilmektedir. Bu gibi durumlarda dışmerkezli bir geri besleme yapısı kullanılabilir. Bazı durumlarda ayrışık (non-overlapping) geri besleme yapısı yeterli olsa da, pek çok durumda örtüşmeli (overlapping) geri besleme yapısı daha iyi sonuç verilmekte bazı durumlarda ise gerekli olmaktadır (2).

Büyük ölçekli bir sistem için dışmerkezli (ayrışık veya örtüşmeli) kontrol tasarımında ilk adım verilen sistemin bir ayrıştırılması (decomposition) elde etmek olabilir (3). Pek çok büyük ölçekli sistemin dinamik yapısı birbirleri ile belli kuvvetli bağlan olan, ancak bunlar dışında bağların zayıf olduğu altsistemlerden oluşmaktadır. Bu yapı örtüşmeli bir dinamik yapı oluşturduğundan, bu tür sistemler için ayrışık ayrıştırma etkili olamamakta, buna karşın örtüşmeli ayrıştırma yöntemi [4] tatmin edici sonuçlar doğurabilmektedir [5]. Bu yöntemde öncelikle örtülmüş altsistemlerin avnsık olarak ortaya çıktığı bir *aynştırıl-*

miş (expanded) sistem elde edilmekte, daha sonra bu sistem için ayrışık dışmerkezli kontrol tasarlanmakta ve son olarak da elde edilen kontrol verilen sisteme uygulanmak üzere *bütülmektedir*. Bütülmüş kontrol yapısı örtüşmeli olarak ortaya çıkmaktadır.

Örtüşmeli ayrıştırma üzerine ilk çalışmalar yalnızca durum uzayının ayrıştırılması üzerine yoğunlaşmışsa da, daha sonra girdi ve çıktı uzaylarının ayrıştırılması da incelenmiştir (6,7). Durum uzayı yanında girdi uzayının da ayrıştırılmasına dayalı, *genişletme* (extension) adı verilen bir yaklaşım İftar ve Özgüner [8] tarafından ortaya atılmış, bu yaklaşım daha sonra İftar [9] tarafından çıktı uzayını da kapsayacak şekilde geliştirilmiştir. Genişletme yaklaşımının temel üstünlüğü, geliştirilmiş sistem için tasarlanan her kontrolün bütülebilmesidir. Genleştirilmiş kapalı-döngü sistemle özgün kapalı-döngü sistem arasındaki kararlılık, optimallik, iyi performans gibi özelliklerin değişmezliğinin sağlanması açısından bütülebilme özelliği önem taşımaktadır (9).

Örtüşmeli ayrıştırma kullanılarak dışmerkezli servomekanizma problemine sağlıklı (robust) bir çözümün var olabileceği koşulları ilk kez İftar (10) tarafından incelenmiştir. Daha sonra, tekrar İftar [11] tarafından, örtüşmeli ayrıştırma kullanılarak dışmerkezli sağlıklı servomekanizma problemi için bir optimal kontrol yaklaşımı önerilmiştir.

Bu bildiride genişletme yaklaşımı doğrultusunda örtüşmeli ayrıştırma kullanarak servomekanizma probleminin sağlıklı (robust) çözümü incelenecek, böyle bir çözümün var olabileceği koşulları belirlenecektir. Bu problemin çözümü için optimal kontrol yaklaşımı da tartışılacaktır. II-V. Bölümlerde yer alan teorem ve lemmaların ispatları (10)de, VI. Bölümde yer alanları ise (11)de bulunabilir.

Bildiri boyunca, R^* , f_c -boyutlu gerçekte sayılar uzayını, $R^{m \times n}$, $m \times n$ boyutlu gerçekte matrisler uzayını, C^+ , kapalı sağ yarı kompleks düzlemi, $/\gg$, $k \times k$ boyutlu birim matrisi, $()^T$, transpoz, $(\bullet)^{**}$, zamana göre k 'ına türevi, $\langle r() \rangle$, spektrum kümesini ve \otimes , Kronecker çarpımı göstermektedir. Simetrik bir Q matrisi için, $Q > 0$ ($Q \geq 0$), Q matrisinin pozitif kesin (pozitif yarı-kesin) olduğunu göstermektedir.

II. PROBLEM TANIMI

Bu bölümde aşağıda gösterilen doğrusal ve zaman içinde değişmez sistemler için, sırasıyla, örtüşmeli ve ayrışık dışmerkezli sağlıklı servomekanizma problemi tanımlanacaktır.

$$E: \begin{cases} \dot{x} = Ax + Bu + Etw \\ y = Cx + Dw \\ e = y - y^r \\ y^m = C^m x + D^m w \end{cases} \quad (1)$$

ve

$$\tilde{E}: \begin{cases} \dot{\tilde{x}} = \tilde{A}\tilde{x} + \tilde{B}\tilde{u} + \tilde{E}w \\ \tilde{y} = \tilde{C}\tilde{x} + \tilde{D}w \\ \tilde{e} = \tilde{y} - \tilde{y}^r \\ \tilde{y}^m = \tilde{C}^m\tilde{x} + \tilde{D}^m w \end{cases} \quad (2)$$

Burada $i \in \mathbb{R}^n$, $w \in \mathbb{R}^m$, ve $y \in \mathbb{R}^p$, sırasıyla, özgün sistem olarak adlandıracağımız ξ sisteminin durum, girdi ve çıktı vektörleridir. Benzer şekilde, $\tilde{x} \in \mathbb{R}^n$, $\tilde{w} \in \mathbb{R}^m$, ve $\tilde{y} \in \mathbb{R}^p$, sırasıyla, genişletilmiş sistem olarak adlandıracağımın \tilde{E} sisteminin durum, girdi ve çıktı vektörleridir. $y^m \in \mathbb{R}^p$ ve $y^m \in \mathbb{R}^m$ ise, sırasıyla, E ve \tilde{E} sistemlerinin ölçüm vektörleridir. E ve \tilde{E} sistemlerinin,

$$\dot{w} = A_m w \quad (3)$$

denklemini sağlayan, $w \in \mathbb{R}^m$ bozucu sinyallerinin etkisinde olduğu var sayılmaktadır, e ile gösterilen hata ise, y çıktısı ile

$$y^r = C^r p \quad (4)$$

referans sinyalinin farkıdır. Burada $p \in \mathbb{R}^p$ vektörü

$$\dot{p} = A^r p \quad (5)$$

denklemini sağlamaktadır. Benzer şekilde, \tilde{e} ile gösterilen hata, \tilde{y} çıktısı ile

$$\tilde{y}^r = \tilde{C}^r p \quad (6)$$

referans sinyalinin farkıdır. Burada $p \in \mathbb{R}^p$ vektörü (5) denklemini sağlamaktadır. Ayrıca, $h \geq n$, $\tilde{m} \geq m, l > l^m > l^m$ olduğu da var sayılmaktadır.

Özgün sistemin örtüşmeli bir yapıda olması durumunda, genişletilmiş sistem, örtüşen alt sistemlerin ayrışık olarak ortaya çıktığı dışmerkezli bağlı bir sistem olarak elde edilmektedir. Eğer böyle bir yapı yoksa ve genişletilmiş sistem yalnızca örtüşmeli dışmerkezli kontrol tasarlanmasını oluşturabilmek için elde ediliyorsa, genişletilmiş sistem, tasarlanan kontrol ayrışık dışmerkezli olacak şekilde elde edilir. Her iki durumda da, genişletilmiş sistem aşağıdaki şekilde gösterilebilir:

ELEKTRİK MÜHENDİSLİĞİ 5. ULUSAL KONGRESİ

$$\tilde{E}: \begin{cases} \dot{\tilde{x}} = \tilde{A}\tilde{x} + \sum_{i=1}^{\nu} \tilde{B}_i \tilde{u}_i + \tilde{E}w \\ \tilde{y}_i = \tilde{C}_i \tilde{x} + \tilde{D}_i w, \quad i = 1, 2, \dots, \nu \\ \tilde{e}_i = \tilde{y}_i - \tilde{y}_i^r, \quad i = 1, 2, \dots, \nu \\ \tilde{y}^m = \tilde{C}^m \tilde{x} + \tilde{D}^m w, \quad i = 1, 2, \dots, \nu \end{cases} \quad (7)$$

Burada $\tilde{S}I, \tilde{C}_u, \tilde{D}, 0^?$ ve ξ^m , sırasıyla, $\tilde{B}, \tilde{C}, \tilde{D}, \tilde{C}^m$ ve \tilde{D}^m matrislerinin uygun sıra ve sütunlarından elde edilir. Ayrıca, referans sinyali de

$$\tilde{y}_i^r = \tilde{C}_i^r p, \quad i = 1, 2, \dots, \nu, \quad (8)$$

şeklinde gösterilebilir. Burada \tilde{C}, \tilde{C}^m matrisinin uygun sıralarından elde edilir ve $p \in \mathbb{R}^p$ vektörü (5) denklemini sağlar. Burada $\tilde{t}_{ij} \in \mathbb{R}^{n \times p}$, $j, - \in \mathbb{R}^{n \times 1}$ ve $\tilde{y}^m \in \mathbb{R}^m$ olacak şekilde $\tilde{e}, \tilde{m}, j^L \tilde{U} = \tilde{m}$ ve $E^r = \tilde{C}^r p = \tilde{e}^m$.

Bu sistemin her bir çıktı vektörünün ($\tilde{y}_i, i = 1, 2, \dots, \nu$) ölçülebilir veya elde edilebilir olduğunu var sayacağız.

Tanım 1a: (7) ile gösterilen dışmerkezli sistem verilmiş olsun. Eğer, $\tilde{A}_j / \tilde{J}^m = \tilde{y}_j^r$ olacak şekilde, bir $\tilde{P} : \mathbb{R}^n \rightarrow \mathbb{R}^n$ dönüşümü varsa, \tilde{y}_j ölçülebilirdir.

Tanım 1b: (7) ile gösterilen dışmerkezli sistem verilmiş olsun. Eğer, $\tilde{f}(\tilde{C}J) = \tilde{C}^r$ ve $\tilde{P}(\tilde{I}) = \tilde{D}^r$ olacak şekilde, bir $\tilde{P} : \mathbb{R}^n \rightarrow \mathbb{R}^n$ dönüşümü varsa, \tilde{y}_j elde edilebilirdir.

Şimdi aşağıdaki problemleri tanımlayabiliriz:

- Özgün problem:** Özgün sistem E için, (3) ile tanımlanan tüm bozucu sinyaller ve (4) ile tanımlanan tüm referans sinyalleri için kapalı-döngü sistemi kararlı kılacak ve asimtotik takibi sağlayacak ($t \rightarrow \infty$ iken $e(t) \rightarrow 0$) doğrusal ve zaman içinde değişmez sağlıklı örtüşmeli dışmerkezli bir kontrol bulunuz.
- Genleştirilmiş problem:** Genleştirilmiş sistem \tilde{E} için, (3) ile tanımlanan tüm bozucu sinyaller ve (6) ile tanımlanan tüm referans sinyalleri için kapalı-döngü sistemi kararlı kılacak ve asimtotik takibi sağlayacak ($t \rightarrow \infty$ iken $\tilde{e}(t) \rightarrow 0$) doğrusal ve zaman içinde değişmez sağlıklı ayrışık dışmerkezli bir kontrol bulunuz.

III. GENİŞLETME PRENSİBİ

Bu bölümde E ve \tilde{E} sistem çifti için genişletme kavramını tanımlayacağız.

Tanım 2: Eğer, E'nin tüm ilk durumları $x_0 \in \mathbb{R}^n$, E'nin tüm girdileri $u(t) \in \mathbb{R}^m$, $0 \leq t < \infty$, (3) ile tanımlanan tüm bozucu girdiler, (4)'i sağlayan E'nin tüm referans sinyalleri $y^r(t)$, $0 \leq t < \infty$ ve (6)'i sağlayan \tilde{E} 'nin tüm referans sinyalleri $\tilde{y}^r(t)$, $0 \leq t < \infty$ için, E'nin ilk durumu $x_0 = Tx_0$ ve E'nin girdisi $u(t) = N\tilde{u}(t)$, $\forall t \geq 0$, şeklinde seçildiğinde

$$\tilde{x}(t; \tilde{x}_0, \tilde{u}) = T x(t; x_0, u), \quad \forall t \geq 0 \quad (9a)$$

$$\tilde{y}(t;x) = 3y(t;x), \quad \forall t \geq 0 \quad (9b)$$

$$\tilde{y}^m(t;x) = S^m y^m(t;x), \quad \forall t \geq 0 \quad (9c)$$

ve

$$\tilde{e}(t; \tilde{x}, p) = S e(t; x, p), \quad \forall t \geq 0 \quad (9d)$$

olmasını sağlayacak tam rank $T : \mathbb{R}^n \rightarrow \mathbb{R}^s$, $N : \mathbb{R}^s \rightarrow \mathbb{R}^m$, $S_j : \mathbb{R}^r \rightarrow \mathbb{R}^1$ ve $S^m : \mathbb{R}^m \rightarrow \mathbb{R}^m$ dönüşümleri varsa E sistemi E sisteminin genişletilmiştir denir.

(2) ile gösterilen \tilde{E} sisteminin, (1) ile gösterilen E sisteminin genişletilmiş olması için gerekli ve yeterli şartlar aşağıdaki teoremdedir.

Teorem 1: Eğer ve yalnızca eğer

$$\begin{aligned} TA &= \hat{A}T, & TE &= \tilde{E}, & TBN &= \tilde{B}, \\ SC &= \hat{O}T, & SD &= \tilde{D}, & S^m C^m &= \tilde{C}^m T, \\ S^m D^m &= \tilde{f}m & \text{ve} & & g\tilde{c}r &= \tilde{g}r \end{aligned}$$

eşitliklerini sağlayan $T \in \mathbb{R}^{s \times n}$, $\forall 6 \in \mathbb{R}^{m \times s}$, $S \in \mathbb{R}^{s \times s}$ ve $S^m \in \mathbb{R}^{m \times m}$ tam ranklı matrisleri varsa, \tilde{E} E'nin genişletilmiştir.

Bu bölümde son olarak aşağıdaki tanımlar ve bunlara bağlı bir sonuç verilecektir.

Tanım 3a: Eğer, $S^*S = I$, eşitliğini sağlayan bir $S^* \in \mathbb{R}^{s \times s}$ matrisi için, $P := S^* \text{blockdiag}(A, \dots, P) S^m$ matrisinin $P y^m = y$ eşitliğini sağlayacak şekilde $P_i : \mathbb{R}^t \rightarrow \mathbb{R}^1$ ($i = 1, 2, \dots, v$) matrisleri varsa, E'nin çıktısı y , $S \in \mathbb{R}^{s \times s}$ ve $S^m \in \mathbb{R}^{m \times m}$ matrisleri ile $\{1, 2, \dots, l\}$ ve $\{1, 2, \dots, l\}$ kümelerine göre *ölçülebilir* olarak denir.

Tanım 3b: Eğer, $S^*S = U$ eşitliğini sağlayan bir $S^* \in \mathbb{R}^{s \times s}$ matrisi için, $P := S \text{blockdiag}(P_1, P_2, \dots, P) S^m$ matrisinin $PC^m = C$ ve $PD^m = D$ eşitliklerini sağlayacak şekilde $P_i : \mathbb{R}^t \rightarrow \mathbb{R}^1$ ($i = 1, 2, \dots, l$) matrisleri varsa, E'nin çıktısı y , $S \in \mathbb{R}^{s \times s}$ ve $S^m \in \mathbb{R}^{m \times m}$ matrisleri ile $\{1, 2, \dots, l\}$ ve $\{1, 2, \dots, l\}$ kümelerine göre *ölçülebilir* olarak denir.

Lemna 1: \tilde{E} 'nin bir genişletilmiş olsun. Bu durumda, eğer, E'nin çıktıları \tilde{y}_i ($i = 1, 2, \dots, l$) ölçülebilir (elde edilebilir) ise E'nin çıktısı y , S , S^m , $\{f_1, f_2, \dots, f_l\}$ ve $\{g_1, g_2, \dots, g_l\}$ göre *ölçülebilir* olarak denir.

IV. GENLEŞTİRİLMİŞ PROBLEMİN ÇÖZÜMÜ

Bu bölümde, öncelikle genişletilmiş sistem \tilde{E} için bir kontrol tasarlanacak ve daha sonra bu kontrolün belli çözülebilirlik şartları altında genişletilmiş problem için bir çözümü olduğu gösterilecektir.

132

A_i ve y_i 'nin karakteristik polinomlarının en küçük ortak katı olan

$$A_i(s) = s^r + a_{p-1}s^{p-1} + \dots + a_1s + a_0 \quad (10)$$

polinomunu ele alalım ve \tilde{E} için aşağıdaki dışmerkezli kontrolü inceleyelim:

$$\dot{\tilde{x}}_i = \tilde{A}_i \tilde{y}_i + \tilde{K}_i \tilde{r}_i + \tilde{K}_i^* \tilde{I}_i, \quad i = 1, 2, \dots, v. \quad (11)$$

Burada r_i ,

$$\tilde{K}_i = \tilde{t}_i V_i^{***} \quad (12)$$

denklemleriyle tanımlanan i 'inci yerel servokompensatörün çıktısını göstermektedir. Burada,

$$a_i = \begin{bmatrix} 0 & 1 & & 0 \\ \vdots & & \ddots & \\ 0 & 0 & & 1 \\ -a_0 & -a_1 & \dots & -a_{p-1} \end{bmatrix}, \quad \tilde{t}_i^* = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix},$$

$$V_i = \begin{bmatrix} 0_1 & 0_2 & \dots & 0 & -1 & 1 \\ 0_2 & 0_3 & \dots & & & 0 \\ \vdots & & & & & \\ 1 & & & & & 0 \end{bmatrix}, \quad (13)$$

olmak üzere, $\tilde{A}_i = I$, $\tilde{K}_i^* a_i$, $\tilde{B}_i^* = I$, $\tilde{C}_i^* = 0$, ve $\tilde{t}_i^* = \tilde{t}_i^*$ şeklindedir. i 'inci yerel servokompensatörün girdisi \tilde{r}_i , \tilde{y}_i 'nin ölçülebilir veya elde edilebilir olmasına bağlı olarak, Tanım 3a veya Tanım 3b'de verilen dönüşüm olmak üzere,

$$\tilde{e}_i = \tilde{P}_i \tilde{y}_i^m - \tilde{y}_i^m \quad (14)$$

şeklinde elde edilir. (11) denklemindeki \tilde{e}_i ise,

$$\dot{\tilde{e}}_i = \tilde{A}_{e_i} \tilde{e}_i + \tilde{B}_{e_i}^1 \tilde{y}_i^m + \tilde{B}_{e_i}^2 \tilde{r}_i, \quad \tilde{e}_i \in \mathbb{R}^t \quad (15)$$

$$\tilde{y}_i = \tilde{C}_{e_i} \tilde{e}_i$$

denklemleriyle tanımlanan, i 'inci yerel kararlılaştırıcı servokompensatörün çıktısıdır. Burada \tilde{A}_{e_i} , $\tilde{B}_{e_i}^*$, $\tilde{B}_{e_i}^1$ ve \tilde{C}_{e_i} matrisleri kapalı-döngü sistemi kararlı kılacak şekilde seçilmelidir.

İncelediğimiz problemin çözülebilirlik koşullarını incelemek için aşağıdaki tanımlar gerekecektir.

Tanım 4: $x \in \mathbb{R}^n$, $u \in \mathbb{R}^m$ ve $y \in \mathbb{R}^1$ olmak üzere,

$$\dot{z} = Az + Bu \quad (16a)$$

$$y = Cx \quad (16b)$$

sistemi verilmiş olsun. Eğer, belli bir $K \in \mathbb{R}^{m \times 1}$ için

$$\lambda \in \bigcap_{\kappa \in \mathbb{R}} \sigma(A + BKC)$$

ELEKTRİK MÜHENDİSLİĞİ 5. ULUSAL KONGRESİ

ise, A kompleks sayısı bu sistemin K kümesine göre bir dışmerkezli sabit modundur denir.

Aşağıdaki tanımda, sistem değişimleri M sistemin A, B, C, D, E, C^m ve I^m matrislerindeki değişimler; kısıtlı sistem değişimleri ile ise, sistemin yalnızca t , B ve E matrislerindeki değişimler kastedilmektedir.

Tanım 5: Verilen bir sistem için asimtotik takibi sağlayan ve kapalı-döngü sistemi kararlı kılan bir kontrolün varlığını kabul edelim. Bu durumda, eğer kapalı-döngü sistemin kararlılığını bozmayan tüm sistem değişimlerine (tüm kısıtlı sistem değişimlerine) rağmen asimtotik takip sağlanıyorsa, bu kontrole *sağlıklı (zayıf sağlıklı)* kontrol denir.

Aşağıdaki teorem genişletilmiş problemin çözülebilirliği için gerekli ve yeterli şartları vermektedir.

Teorem 2: Eğer ve yalnızca eğer,

a)

$$\tilde{K}^m := \text{blockdiag}(\tilde{K}_1, \tilde{K}_2, \dots, \tilde{K}_\nu) \quad (17)$$

Burada $i, j, y_i = 1 \otimes \dots \otimes 1$, $f_i = 1 \otimes \dots \otimes 1$, $C_i = 1 \otimes \dots \otimes 1$ (a., $A \in \mathbb{R}^{m \times m}$, $i = 1, 2, \dots, \nu$) (17) ve (13) denklemleriyle tanımlanmıştır) olmak üzere,

olmak üzere,

$$\dot{\tilde{x}} = \tilde{A}\tilde{x} + \tilde{B}u \quad (18a)$$

$$\tilde{y} = \tilde{C}\tilde{x} \quad (18b)$$

sisteminin \tilde{K}^m kümesine göre dışmerkezli sabit modlan yoksa,

b)

$$\begin{aligned} \hat{K} &:= \left\{ \hat{K} = \begin{bmatrix} \hat{K}^1 & \hat{K}^2 \end{bmatrix} \right\} \\ \hat{K}^1 &= \text{blockdiag}(\hat{K}_1^1, \hat{K}_2^1, \dots, \hat{K}_\nu^1), \\ \hat{K}_i^1 &\in \mathbb{R}^{m_i \times m_i}, \quad i = 1, 2, \dots, \nu, \\ P &= \text{blockdiag}(\hat{A}_1^2, k_1, \dots, k_\nu), \\ k_i &\in \mathbb{R}^{m_i \times m_i}, \quad i = 1, 2, \dots, \nu \end{aligned} \quad (19)$$

olmak üzere,

$$\dot{\hat{x}} = \begin{bmatrix} \hat{A} & 0 \\ \tilde{C} & \lambda I_f \end{bmatrix} \hat{x} + \begin{bmatrix} \hat{B} \\ 0 \end{bmatrix} u$$

$$\hat{y} = \begin{bmatrix} \tilde{C}^m & 0 \\ 0 & I_f \end{bmatrix} \hat{x}$$

sisteminin \hat{K} kümesine göre dışmerkezli sabit modlan, $(\langle r(J^2, \dots) \rangle) \cup \langle r(J_1) \rangle \cap C^+$ kümesinin elemanlarıyla çakışmıyorsa ve

c) tüm $i = 1, 2, \dots, \nu$ için y_i ölçülebilir (elde edilebilir) ise,

$\{r_1, r_2, \dots, r_\nu\}$ gibi öyle bir sıralı tam sayılar kümesi vardır ki, $r_1 \geq f_1, r_2 \geq r_2, \dots, r_\nu \geq r_\nu$ eşitsizliklerini sağlayan tüm r_1, r_2, \dots, r_ν için, (11), (12), (15) ile ELEKTRİK MÜHENDİSLİĞİ 5. ULUSAL KONGRESİ

tanımlanan, kapalı-döngü sistemi kararlı kılan ve (3) ile tanımlanan tüm bozucu girdilere ve (6)'i sağlayan tüm referans sinyallerine rağmen asimtotik takibi sağlayan sağlıklı (zayıf sağlıklı) bir kontrol vardır.

V. ÖZGÜN PROBLEMİN ÇÖZÜMÜ

Özgün problemin çözülebilirlik şartları [10]'de incelenmiştir. Bu bölümde yalnızca, genişletilmiş problemin çözümünün varlığı durumunda, özgün problemin de çözümünün varlığı gösterilecek ve özgün problem için bir çözümün genişletilmiş problemin çözümünü büzerek elde edilebileceği gösterilecektir.

Özgün sistem E için aşağıdaki kontrolü ele alalım:

$$u = K^1 y^m + K^2 \eta + K^3 \psi \quad (20)$$

Burada $i, j, y_i = 1 \otimes \dots \otimes 1$, $f_i = 1 \otimes \dots \otimes 1$, $C_i = 1 \otimes \dots \otimes 1$ (a., $A \in \mathbb{R}^{m \times m}$, $i = 1, 2, \dots, \nu$) (13) denklemleriyle tanımlanmıştır) olmak üzere,

$$\begin{aligned} \dot{z} &= A_z z + B_z e \\ \dot{p} &= C^m z \end{aligned} \quad (21)$$

denklemleriyle tanımlanan servokompensatörün çıktısını göstermektedir. Servokompensatörün girdisi e ise, P, y 'nin örtüşmeli olarak ölçülebilir veya elde edilebilir olmasına bağlı olarak, Tanım 3a veya Tanım 3b'de verilen dönüşüm olmak üzere,

$$e = P y^m - y^r \quad (22)$$

şeklinde elde edilir. (20) denklemdeki $i >$ ise,

$$\begin{aligned} \dot{i} &= A_d i + B_i y^m + B_c^2 \eta \\ \psi &= C_c i \end{aligned}, \quad e \in \mathbb{R}^r \quad (23)$$

denklemleriyle tanımlanan kararlı servokompensatörün çıktısıdır. Burada A_d, B_d, B_c ve C_c matrisleri kapalı-döngü sistem kararlı olacak şekilde seçilmelidir.

Aşağıdaki teorem genişletilmiş problemin çözümünün varlığı durumunda, özgün problemin de çözümünün var olduğunu ve böyle bir çözümün genişletilmiş problemin çözümünü büzerek elde edilebileceğini göstermektedir.

Teorem 3: \tilde{E}, E^m bir genişletilmiş olsun. Teorem 2'nin (a)-(c) şartlarının sağlandığını ve (11), (12), (15) ile tanımlanan kontrolün kapalı-döngü sistemi kararlı kıldığını, asimtotik takibi sağladığını ve sağlıklı (zayıf sağlıklı) olduğunu kabul edelim. Bu durumda,

$$\begin{aligned}
K^1 &= N\tilde{K}^1 S^m, & \tilde{K}^1 &:= \text{blockdiag}(\dots) \\
K^2 &= N\tilde{K}^2 S, & \tilde{K}^2 &:= \text{blockdiag}(K_2, \dots) \\
K^3 &= N\tilde{K}^3, & \tilde{K}^3 &:= \text{blockdiag}(K_3, \dots) \\
A_c &= \tilde{A}_c, & \tilde{A}_c &:= \text{blockdiag}(\tilde{A}_{c_1}, \tilde{A}_{c_2}, \dots, \tilde{A}_{c_p}) \\
B_c^1 &= \tilde{B}_c^1 S^m, & \tilde{B}_c^1 &:= \text{blockdiag}(\tilde{B}_{c_1}, \tilde{B}_{c_2}, \dots, \tilde{B}_{c_p}) \\
B_c^2 &= \tilde{B}_c^2 S, & \tilde{B}_c^2 &:= \text{blockdiag}(\tilde{B}_{c_1}, \tilde{B}_{c_2}, \dots, \tilde{B}_{c_p}) \\
C_o &= C_c, & C_c &:= \text{blockdiag}(C_{c_1}, C_{c_2}, \dots, C_{c_p})
\end{aligned}$$

$$\tilde{A} = \begin{bmatrix} A & 0 & \dots & 0 & 0 \\ C & 0 & \dots & 0 & -a_0/I \\ 0 & I & & & -a_1/I \\ \vdots & & \ddots & & \vdots \\ 0 & & & & -a_{p-1}/I \end{bmatrix}, \quad \tilde{B} = \begin{bmatrix} B \\ 0 \\ 0 \\ \vdots \\ 0 \end{bmatrix}$$

olmak üzere, (20), (21), (23) ile tanımlanan kontrol kapalı-döngü sistemi kararlı kılacak, asimtotik takibi sağlayacak ve sağlıklı (zayıf sağlıklı) olacaktır.

VI. OPTİMAL ÇÖZÜM

Yukandaki bölümlerde özgün ve genişleştirilmiş problemlerin çözülebilirlik koşullarını inceledik. Bu bölümde ise, çözülebilirlik varsayımı altında incelenen her bir problem için optimal kontrol yaklaşımını kullanarak bir çözüm bulmaya çalışacağız. Öncelikle her bir problem için anlamlı birer maliyet fonksiyonu tanımlamaya çalışacağız. Bu amaçla, a_0, a_1, \dots, a_{p-1} (10) polinomunun katsayıları olmak üzere,

$$c = f_1, \quad d = f_2, \quad \dots, \quad \frac{d}{dt} \quad (24)$$

operatörünü tanımlayalım ve

$$t := Sx, \quad \dot{t} := Su, \quad z := \begin{bmatrix} X^T & \epsilon^T \end{bmatrix}^T,$$

ve

$$\epsilon := \begin{bmatrix} \epsilon_1^T & \epsilon_2^T & \dots & \epsilon_p^T \end{bmatrix}^T$$

$$\begin{aligned}
\epsilon_1 &:= e^{(p-1)} + a_{p-1}e^{(p-2)} + \dots + a_2e + a_1e \\
\epsilon_2 &:= e^{(p-2)} + a_{p-1}e^{(p-3)} + \dots + a_2e \\
&\vdots \\
\epsilon_p &:= e
\end{aligned}$$

olsun. Benzer şekilde

$$\tilde{z} := S\tilde{x}, \quad \dot{\tilde{z}} := S\dot{\tilde{z}}, \quad \tilde{z} := \begin{bmatrix} \tilde{z}^T & \tilde{\epsilon}^T \end{bmatrix}^T,$$

ve $\tilde{\epsilon}_s$ ($s = 1, 2, \dots, p$), e yerine \tilde{e} yerleştirilmek şartıyla, U gibi tanımlanmış olmak üzere,

$$\tilde{\epsilon} := \begin{bmatrix} \tilde{\epsilon}_1^T & \tilde{\epsilon}_2^T & \dots & \tilde{\epsilon}_p^T \end{bmatrix}^T$$

olsun.

$$S\dot{w} = 0 \text{ ve } Sp = 0 \text{ olduğundan,}$$

$$\dot{\tilde{z}} := A\tilde{z} + B\tilde{u}$$

olacaktır. Burada

şekindedir. Benzer şekilde \tilde{A} ve \tilde{B} , A , B , C , ve f yerine sırasıyla \tilde{A} , \tilde{B} , \tilde{C} ve \tilde{f} yerleştirilerek, A ve B gibi elde edilmek üzere,

$$\dot{\tilde{z}} = \tilde{A}\tilde{z} + \tilde{B}\tilde{u} \quad (26)$$

olacaktır.

Şimdi $Q = Q^T \geq 0$, $R = R^T > 0$, $M = M^T > 0$ sabit matrisler olmak üzere, özgün sistem E için

$$J = \int_0^{\infty} (z^T Q z + \dot{u}^T R \dot{u} + \dot{I}^T M \dot{A} \dot{I}) dt \quad (27)$$

maliyet fonksiyonunu tanımlayabiliriz. Burada, f (23) ile tanımlanan kararlılaştırıcı kopmansatörün durum vektörü olmak üzere, $f := Sf$ şeklindedir.

Benzer şekilde, $\tilde{Q} = \tilde{Q}^T \geq 0$, $\tilde{R} = \tilde{R}^T > 0$, $\tilde{M} = \tilde{M}^T > 0$ sabit matrisler olmak üzere, genişleştirilmiş, sistem E için

$$\tilde{J} = \int_0^{\infty} (\tilde{z}^T \tilde{Q} \tilde{z} + \tilde{u}^T \tilde{R} \tilde{u} + \tilde{\zeta}^T \tilde{M} \tilde{\zeta}) dt \quad (28)$$

maliyet fonksiyonunu tanımlayabiliriz. Burada, $\tilde{\zeta}$ (15) ile tanımlanan $\tilde{\zeta}$ inci yerel kararlılaştırıcı kopmansatörün durum vektörü ve $\tilde{f} := f \dot{\zeta}^T \tilde{u} \dots (J \dot{I}^T)$ olmak üzere, $\tilde{f} := S\tilde{f}$ şeklindedir.

Belli şartlar altında (11) şeklindeki bir kontrolün genişleştirilmiş problemi çözdüğü ve (28) ile gösterilen maliyet fonksiyonunu minimize ettiği ve böyle bir kontrolün nasıl elde edilebileceği (11)'de gösterilmiştir. Burada, böyle bir kontrolün varlığı durumunda, (20) şeklindeki bir kontrolün özgün problemi çözdüğü, (27) ile gösterilen maliyet fonksiyonunu minimize ettiği ve böyle bir kontrolün genişleştirilmiş problemi çözen kontrolü bürerek elde edilebileceği gösterilecektir:

Teorem 4: \tilde{E} , E 'nin bir genişleştirilmiş olsun ve (28), (27)'i optmale göre içersin [8]. Teorem 2'nin (a)-(c) şartlarının sağlandığını ve (11), (12), (15) ile tanımlanan kontrolün kapalı-döngü sistemi kararlı kıldığını, asimtotik takibi sağladığını, (28)'i minimize ettiğini ve sağlıklı (zayıf sağlıklı) olduğunu kabul edelim. Bu durumda,

$$\begin{aligned}
\tilde{K} &= N \tilde{K}^1 S^m, & \tilde{K}^i & \leftarrow \text{blockdiag}(\tilde{f}_1, \tilde{f}_2, \dots, \tilde{K}^i) \\
\tilde{K}^* &= N \tilde{K}^2 S, & \tilde{K}^2 & := \text{blockdiag}(\tilde{f}_2, \tilde{K}^2, \dots, \tilde{K}^2) \\
\tilde{K}^* &= N \tilde{K}^*, & \tilde{K}^* & := \text{blockdiag}(\tilde{f}_1, \tilde{K}^*, \dots, \tilde{K}^*) \\
\tilde{A}_c &= \tilde{A}_c, & \tilde{A}_c & := \text{blockdiag}(\tilde{A}_{c,1}, \tilde{A}_{c,2}, \dots, \tilde{A}_{c,n}) \\
\tilde{B}l &= \tilde{B}l S^m, & \tilde{B}l & := \text{blockdiag}(\tilde{B}_1, \tilde{B}_2, \dots, \tilde{B}l) \\
\tilde{B}l &= \tilde{B}l S, & \tilde{B}l & := \text{blockdiag}(\tilde{B}_1, \tilde{B}_2, \dots, \tilde{B}l) \\
\tilde{C}_c &= \tilde{C}_c, & \tilde{C}_c & \leftarrow \text{blockdiag}(\tilde{C}_{c,1}, \tilde{C}_{c,2}, \dots, \tilde{C}_{c,n})
\end{aligned}$$

olmak üzere, (20), (21), (23) ile tanımlanan kontrol kapalı-döngü sistemi kararlı kılacak, asimtotik takibi sağlayacak, (27)'i minimize edecek ve sağlıklı (zayıf sağlıklı) olacaktır.

VII. SONUÇ

Bu bildiride genişletme prensibi çerçevesinde örtüşmeli dışmerkezli sağlıklı servomekanizma probleminin çözülebilirliği ve, çözülebilirlik durumunda da bu problemin çözümü için optimal kontrol tasarımı incelenmiştir. Genleştirilmiş, probleme bir (optimal) çözüm bulunduğunda, özgün problem için bir (optimal) çözümün bir önceki çözümü büzerek elde edilebileceği gösterilmiştir. Genleştirilmiş problem ayrışık dışmerkezli kontrol yapısı gerektirdiğinden, bu problemin çözümü daha kolay olabilmektedir (1,12,13).

KAYNAKÇA

- [1] A. İftar and Ü. Özgüner, "An optimal control approach to the decentralized robust servomechanism problem," *IEEE Transactions on Automatic Control*, vol. AC-34, pp. 1268-1271, 1989.
- [2] A. İftar, "Overlapping decentralized control," in *Proceedings of the IEEE Conference on Decision and Control*, pp. 341-342, Brighton, England, December 1991.
- [3] D. D. Siljak, *Decentralized Control of Complete Systems*. San Diego: Academic Press, Inc., 1991.
- [4] M. Ikeda and D. D. Siljak, "Overlapping decompositions, expansions, and contractions of dynamic systems," *Large Scale Systems*, vol. 1, pp. 29-38, 1980.
- [5] Ü. Özgüner, F. Khorrami, and A. İftar, "Two controller design approaches for decentralized systems," in *Proceedings of the AIAA Guidance, Navigation, and Control Conference*, pp. 337-344, Minneapolis, MN, 1988.
- [6] M. Ikeda and D. D. Siljak, "Overlapping decentralized control with input, state, and output inclusion," *Control Theory and Advanced Technology*, vol. 2, pp. 155-172, 1986.
- [7] Y. Ohta, D. D. Siljak, and T. Matsumoto, "Decentralized control using quasi-block diagonal

dominance of transfer function matrices," *IEEE Transactions on Automatic Control*, vol. AC-31, pp. 420-430, 1986.

- [8] A. İftar and Ü. Özgüner, "Contractible controller design and optimal control with state and input inclusion," *Automatica*, vol. 26, pp. 593-597, 1990.
- [9] A. İftar, "Decentralized estimation and control with overlapping input, state, and output decomposition," *Automatica*, pp. 511-516, 1993.
- [10] A. İftar, "Overlapping decentralized robust servomechanism problem," in *Proceedings of the American Control Conference*, pp. 2730-2734, San Francisco, CA, June 1993.
- [11] A. İftar, "An optimal control approach to the overlapping decentralized robust servomechanism problem," in *Proceedings of the European Control Conference*, pp. 1020-1024, Groningen, The Netherlands, June 1993.
- [12] E. J. Davison and T. N. Chang, "Decentralized controller design using parameter optimization methods," *Control Theory and Advanced Technology*, vol. 2, pp. 131-154, 1986.
- [13] F. Khorrami, S. Tien, and Ü. Özgüner, "DOLORES: a software package for analysis and design of optimal decentralized control," in *Proceedings of the 40th National Aerospace and Electronics Conf.*, pp. 434-441, Dayton, OH, May 1988.

Altuğ İftar 1960 yılında İstanbul'da doğdu. 1982 yılında Boğaziçi Üniversitesi'nden elektrik mühendisliği dalında lisans derecesi, 1984 ve 1988 yıllarında ise Ohio State University'den (Columbus, Ohio, A.B.D.) aynı dalda, sırasıyla, yüksek lisans ve doktora derecelerini aldı. 1980 -1982 yıllarında Boğaziçi Üniversitesi Fizik ve Elektrik Mühendisliği Bölümleri'nde yardımcı öğrenci, 1983-1988 yıllarında Ohio State University Elektrik Mühendisliği Bölümü'nde öğretim ve araştırma görevlisi, 1988-1992 yıllarında ise University of Toronto (Toronto, Kanada) Elektrik Mühendisliği Bölümü'nde doktora sonrası öğretim ve araştırma görevlisi olarak çalışan Altuğ İftar, 1992 yılından beri Anadolu Üniversitesi Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü'nde öğretim üyesi görevini sürdürüyor. 1991 yılında doçent unvanını alan Dr. İftar, araştırmalarını kontrol sistemleri üzerinde yoğunlaştırmaktadır.

ELEKTRİKLİ ULAŞIM SİSTEMLERİNDE YOL PROFİLİ VE YÜK DEĞİŞİMLERİNİN KONTROL SİSTEMİNE ETKİSİ

Dr. Müh. Salman KURTULAN, Prof.Dr. Atilla BİR

İ.T.Ü. Elektrik-Elektronik Fakültesi
Kontrol ve Bilgisayar Bölümü
60626 MASLAK/İSTANBUL

ÖZET

Elektrikli ulaşım sistemlerinin kontrol stratejileri, enerji tasarrufu ve konfor gibi parametreler göz önünde bulundurulurken belirlenir. Amaç, enerji tasarrufu için gerekli hız profilini gerçekleştirecek kontrol işaretlerini üretmektir. Bir taşıtın kontrolüne ilişkin tasarım değerleri kullanılan tahrik motorlarına göre değişir. Bu çalışmada İstanbul LRT sisteminde kullanılan doğru akım serbest uyarmalı motor tahrikli ulaşım sisteminin kontrolü için gerekli kontrol çevrimleri tanıtarak, kontrol işleminin nasıl yapıldığı açıklanacaktır. Kontrol çevrimlerine ilişkin PID algoritmaları yazılarak İstanbul Hızlı tramvayı için geliştirilen bir sayısal simülasyon programında sonuçlar irdelenecektir. İstanbul Hızlı tramvayında belirli bir yük durumu için tasarlanmış olan PID kontrol parametrelerinin yük, yol profili ve besleme geriliminin değişmesi durumunda, sistemin davranışını nasıl etkilediği incelenecektir. Elektrikli ulaşım sistemlerinde konum, hız ve ivme kontrolünün PID kontrolörleri ile ne oranda gerçekleştirilebileceği gösterilecektir. Son olarak İstanbul Hızlı Tramvayında kullanılan kontrolörlerin yeterliliği ve alternatif kontrol sistemlerinin gereksinimi tartışılacaktır.

1.SİSTEMİN TANITILMASI

İstanbul LRT (Light rail transit) sistemi doğru akım serbest uyarmalı motorlarla tahrik edilmekte, hız kontrolü motor endüvi gerilimi ve motor uyarma akımı değiştirilerek yapılmaktadır[1,2].

Sistem kontrolü endüvi gerilimi ve uyarma devresi gerilimi büyüklüklerine etki edilerek sağlanmaktadır.

Elektrikli ulaşım sistemlerinin kontrolünde amaç; güvenlik, enerji optimizasyonu ve konfor açısından belirli olan hız profiline göre taşıtın hareketini sağlamak için gerekli kontrol büyüklüklerini üretmektir. Kontrol sistemi, yol profili, yük değişimi gibi etkenlerden olabildiğince az etkilenmelidir.

2.İSTANBUL LRT KONTROL SİSTEMİNİN TANITILMASI

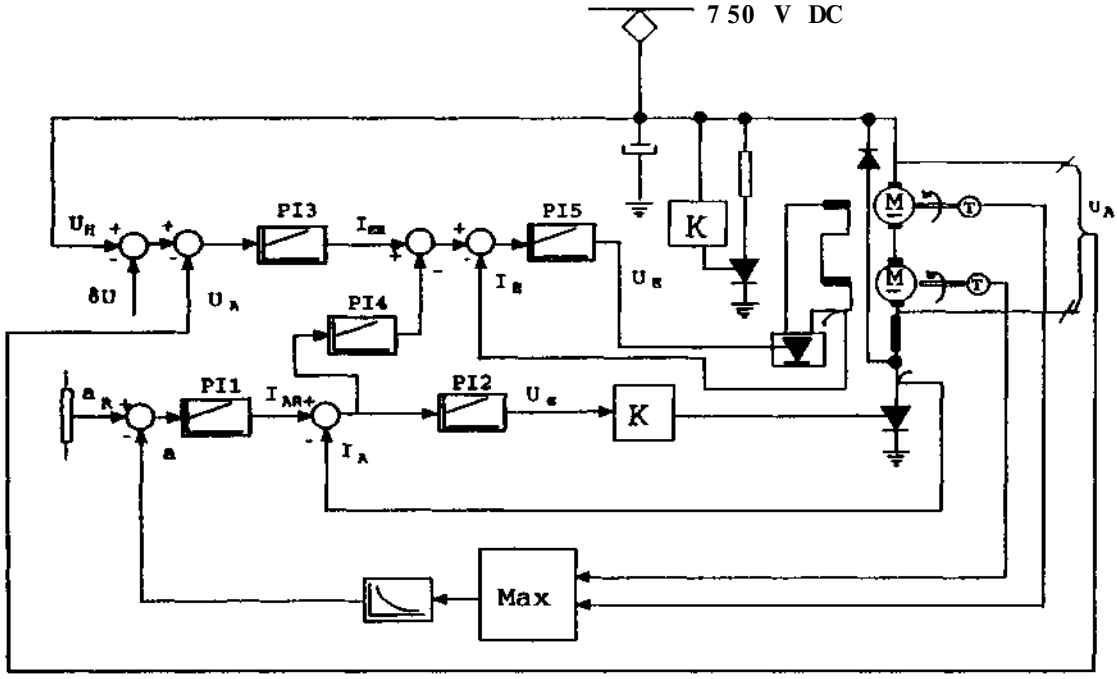
İstanbul LRT kontrol sistemine ilişkin blok diyagramı şekil 1. de verilmiştir. Hızlanmada bu kontrol bloğu devrededir. Frenlemede PI4 kontrolörü devre dışı bırakılarak benzer bir kontrol çevrimi kullanılır (şekil 2).

Kontrol sisteminin iki ayrı işlevi vardır. Bunlar:

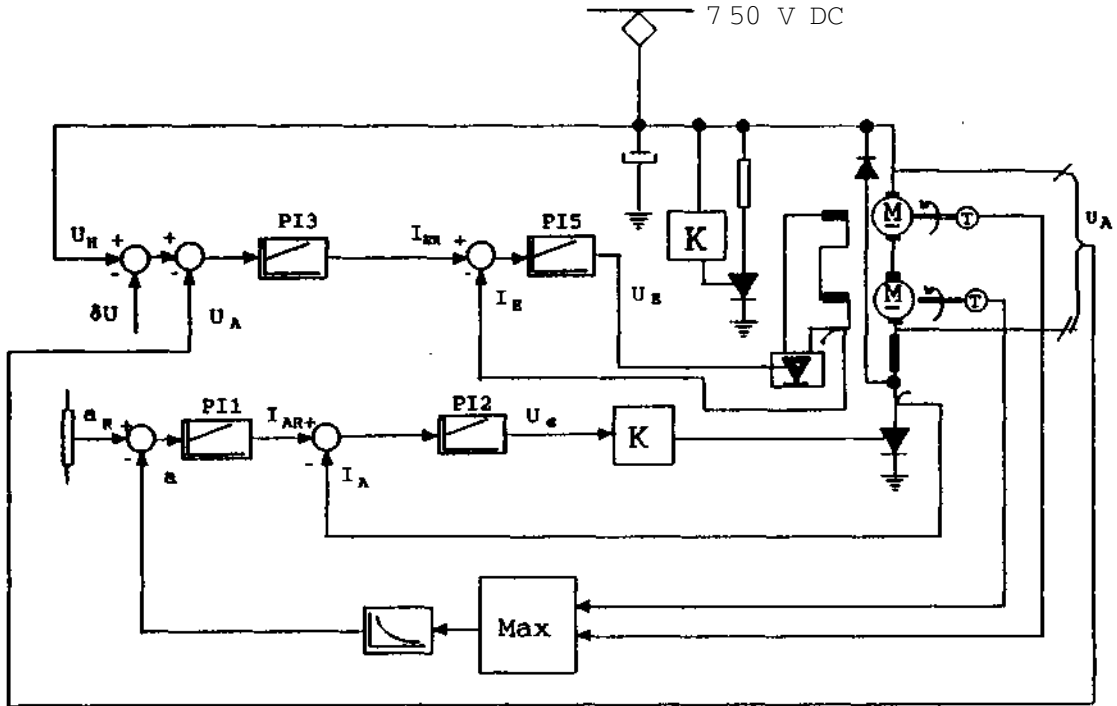
1-İstenen ivme değerlerini gerçekleştirecek endüvi akımı ve uyarma akımı referans değerlerini üretmek.

2- Üretilen referans değerlerini gerçekleştirecek kontrol büyüklüklerini üretmek.

Kontrol sisteminin tasarımında en önemli sorun I_{Alc} endüvi akımı ve I_{EU} uyarma akımı referans değerlerinin belirlenmesi ve bu referans değerlerinin izlenmesini sağlayacak optimal kontrol büyüklüklerini üretmektir. Bu amaçla kontrolör parametreleri belirlenir.



Şekil 1: Hızlanmada kontrol sistemine ilişkin blok diyagramı.



Şekil 2: Frenlemede kontrol sistemine ilişkin blok diyagramı

I_{AR} endüvi akımı referans değerinin üretilmesi:

Endüvi akım referans değerinin üretilmesi için taşıt dingillerinden alınan hız bilgisinden türetilen a ivme bilgisi, a_R ivme referans bilgisi ile karşılaştırılmakta ve fark $PI1$ kontrolörüne uygulanarak, bu kontrolörden endüvi akımı referans değeri üretilmektedir. Bu referans değeri, hızlanma ve frenlemede aynı biçimde elde edilmektedir.

I_{ER} Uyarma akımı referans değerinin üretilmesi:

Uyarma akımı referans değerinin üretilmesi için U_H katener hat gerilimi $8U$ farkı ile motor endüvi devresi uç gerilimi U_A karşılaştırılmakta ve fark $PI3$ kontrolörüne uygulanmaktadır. Burada $8U$ hat gerilim düşümlerini kompanze etmek için kullanılmakta olup maksimum hat geriliminin % 10 değerindedir. $PI3$ kontrolöründen elde edilen kontrol işareti frenlemede doğrudan uyarma akımı referans değeri olarak kullanılmaktadır. Hızlanmada uyarma akımı referans değerini üretmek için endüvi akımı referans değeri ile motordan ölçülen akımın farkından da yararlanılmaktadır. Bu fark $PI4$ kontrolörüne uygulanmakta, elde edilen kontrol işareti $PI3$ kontrolöründen elde edilen kontrol işareti ile karşılaştırılıp $PI5$ kontrolörüne uygulanmaktadır. Bu kontrolörden elde edilen kontrol işareti uyarma akımı referans değeri olarak değerlendirilmektedir. Kontrol çevriminde bulunan $PI2$ ve $PI5$ kontrolörleri akım referans değerlerini sağlayacak kontrol işaretlerini üretmektedir.

YOL PROFİLİ VE YÜK DEĞİŞİMLERİNİN KONTROL SİSTEMİNE ETKİSİ

Elektrikli ulaşım sistemleri için, klasik PID kontrolörleri ile her yol ve yük durumunda optimal çözümler elde etmek olanaksızdır. Bu tür sistemler için

kontrol sistemi tasarlamanın başlıca güçlükleri şu şekilde sıralanabilir:

1. Motor sürücü devrelerinden kaynaklanan sorunlar: Özellikle düşük frekanslı anahtarlama elemanları kullanılması durumunda, anahtarlama elemanlarından kaynaklanan gecikmeler nedeniyle kontrol sistemi öngörülen sonuçları vermemektedir. Yüksek frekanslı kıyıcılar kullanılarak sürücü devrelerinin kontrol sistemine olumsuz etkisi en aza indirilebilir.

2-Doğru akım motorlarının kontrolunda uyarma akımı da değiştirildiğinden, tahrik motorunun lineerlikten sapması artmaktadır.

3- Katener gerilimi taşıt trafiğine bağlı olarak değişmektedir.

4- Taşıtlar; yol profili, dönemeç ve çevre koşulları (rüzgar, yağmur) nedeniyle rastgele değişen yük karakteristiği göstermektedir.

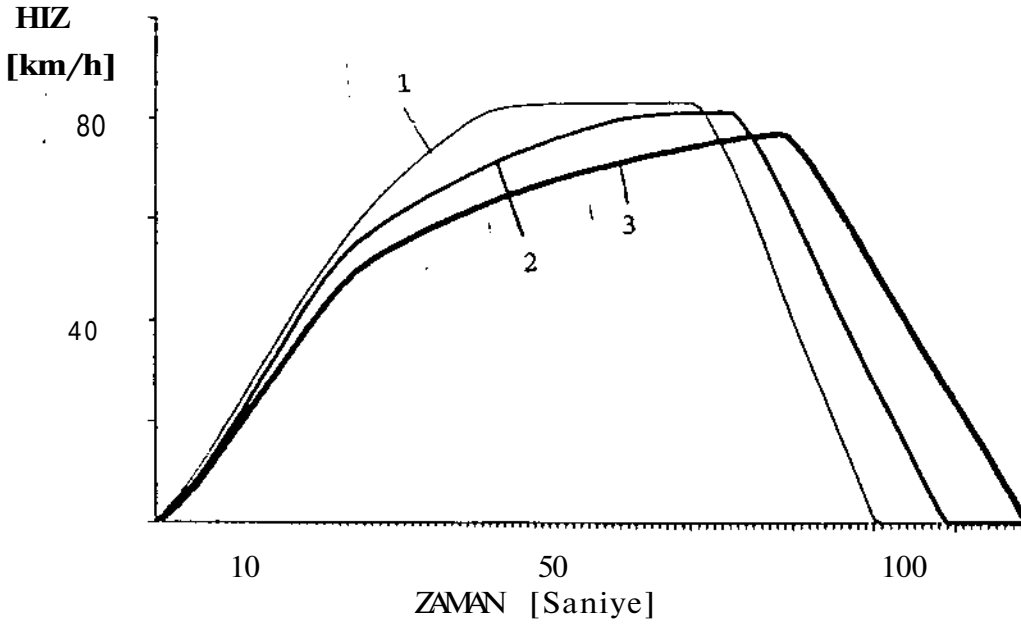
5-Yolcu sayısına bağlı olarak taşıt toplam kütlesi de geniş bir aralıkta değişmektedir.

İstanbul LRT sisteminde kontrol, şekil 1 de verilen sabit parametrelili PI kontrolörleri ile sağlanmaktadır. İstanbul LRT sistemi için geliştirilen bir sayısal simülasyon programında [2] şekil 1 de verilen kontrol sistemindeki kontrolörlere ilişkin kontrol algoritmaları yazılarak çeşitli yük durumları için ulaşım sisteminin davranışı incelenmiştir. Ulaşım sistemine ilişkin karakteristik değerler şu şekildedir:

Yol güzergahı: Ulubath-Bayrampaşa.

Toplam yol uzunluğu 1395m.

Bir vagondaki toplam yolcu sayısı: Boş, 180 ve 312 kişi.



Şekil 3: Taşıt hız-zaman diyagramı

Yol alma ivmesi referans
değeri: 0.75 m/s^2 ,

Frenleme ivmesi referans
değeri: 1.1 m/s^2 ,

Yukarıda belirtilen ivme referans değerlerine göre simülasyon programından elde edilen hız-zaman diyagramı şekil 3 de görülmektedir. Bu diyagramdan şu sonuçlar çıkarılabilir:

Hiç yolcu olmaması durumunda (1 nolu eğri) boş vagonun maksimum hızı: 83 km/h ,
seyir zamanı: 91 saniye ,
Duruş mesafe hatası: $1431-1395=36\text{m}$.

180 yolcu taşınması durumunda (2 nolu eğri) vagonun maksimum hızı: 80 km/h ,
seyir zamanı: 99 saniye ,
Duruş mesafe hatası: $1477-1395=82\text{m}$.

320 yolcu taşınması durumunda (3 nolu eğri) vagonun maksimum hızı: 77 km/h ,
seyir zamanı: 109 saniye ,
Duruş mesafe hatası: $1521-1395=126\text{m}$.

Duruş mesafe hataları, taşıtın öngörülen frenleme ivme referansı ile frenlendiği ve mekanik fren kullanılmadığı varsayımı ile hesaplanmıştır.

Simülasyon sonuçlarından görüleceği üzere taşıt yükünün değişmesi ile öngörülen hız yörüngelerinde sapmalar olmaktadır. Bir ulaşım sisteminde, öngörülen hız profilinin sağlanması büyük önem taşır. Enerji tasarrufu için, belirlenen optimal yörünge ve tarifelerin gerçekleştirilmesi büyük ölçüde kontrol sistemine dayanır[3].

Bir ulaşım sisteminde öngörülen hız yörüngelerinin gerçekleştirilmesi için kontrol sisteminden başka güç ve tahrik sisteminin uygun seçilmesi gerekir.

SONUÇ VE ÖNERİLER

İstanbul LRT kontrol sisteminde katener gerilimindeki değişimler ve tahrik motoru non-lineerliğinden gelen etkiler, uyarma akımı referans değerinin üretildiği PI3 kontrolöründe değerlendirilmektedir. Yolcu sayısının değişmesi nedeniyle toplam taşıt kütleindeki değişim bilgisi değerlendirilmemektedir. Taşıt kütlesi sistem dinamiğini doğrudan etkilediğinden, öngörülen hız yörüngelerinin gerçekleşmesinde sapmalar olmaktadır. Yol profilindeki değişimler kontrol sistemi için bozucu olarak değerlendirilmelidir.

Günümüzde, elektrikli ulaşım sistemlerinin kontrolü için bilgisayar destekli modern kontrol teknikleri kullanılmaktadır. Japonyada bir ulaşım sistemine bulanık kontrol (Fuzzy control) uygulanmıştır. Almanyada bu konuda yoğun çalışmalar yapılmaktadır[4]. Elektrikli ulaşım sistemlerinde PID kontrolörler kullanılması durumunda, kontrol sisteminde iyileştirmeler yapmak amacıyla, önerdiğimiz çözümler şu şekilde sıralanabilir:

1- Sabit parametrelili kontrolörler yerine, öz-ayarlanabilir (auto-tuning PID) kontrolörler kullanılmalıdır. Kontrolör parametreleri, hat gerilimi ve yük değişimlerine göre yeniden ayarlanmalıdır. Yük değişimi ölçülebilen büyüklüklerden hız, endüvi akımı, uyarma akımı ve zaman kullanılarak belirlenebilir.

2- Kontrol semasındaki PI2 kontrolörü çevriminde motora ilişkin non-lineerlik değerlendirilmemiştir. Bu çevrimde, non-lineer geri beslemeler kullanılarak, yeni bir kontrol çevrimi oluşturulabilir.

Yukarıda anılan iki araştırma konusunda gurubumuzca çalışmalar sürdürülmektedir.

KAYNAKLAR

1- KURTULAN S., "Bir Elektrikli Ulaşım Sisteminin Modellenmesi ve Simülasyonu" Doktora Tezi, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, 1992.

2- KURTULAN S., BİR A., "Doğru Akım Motoru Tahrikli Elektrikli Ulaşım Sistemlerinin Modellenmesi ve Simülasyonu" Elektrik Mühendisliği 4. Ulusal Kongresi, 1991, sayfa 150.

3- BIELLA, W., Die rechnergesteuerte adaptive Ahrkennlinienvorgabe zur Energieoptimierung bei Gleichstrom Nahverkehrsbahnen, TUB Dissertation, Berlin, 1988.

[4] REINFRANK, M., Fuzzy Control Systems: Clear Advantages, Siemens Review, 6/91 Volume 58, 1991.

ÖZGEÇMİŞ

Salman Kurtulan, 1957 yılında Pazarcık'ta doğdu. Orta ve lise öğrenimini Pazarcık Lisesinde, lisans, Y. Lisans ve Doktora öğrenimini İ.T.Ü' de tamamladı. Halen İ.T.Ü Elektrik-Elektronik Fakültesi Kontrol ve Kumanda Sistemleri Anabilim Dalı'nda Elektrikli ulaşım sistemleri, Elektrikle Tahrik, Modelleme ve Simülasyon, Endüstriyel Kontrol ve Kumanda devreleri konularında çalışmaktadır.

BİLGİSAYAR KONTROLLÜ SIVI SEVİYE ALGILAMA VE DENETİM

SİSTEMİNİN GERÇEKLENMESİ

Önder YÜREKLİ
Elektronik Yüksek Müh.
Trabzon PTT Başmüdürlüğü
Bilgi İşlem Müdürlüğü

Doç. Dr. Hasan DİNÇER
K.T.ü. Elektrik-Elektronik
Müh. Bölümü

Özet: Bu makalede IBM*PC XT/AT veya uyumlu bir bilgisayarın paralel yazıcı portuna ilave edilen bir arayüz devresi ile gerçekleştirilen genel amaçlı veri okuma ve denetim sisteminin donanım ve yazılımı anlatılmaktadır. Ayrıca gerçekleştirilen sistemin sıvı seviyelerinin algılanmasının ve denetiminin gerektiği endüstriyel bir problemde uygulaması incelenmektedir.

1. Giriş

Endüstriyel uygulamalarda ve deney sistemlerinde, deney sistemi veya endüstriyel sistemin denetimi için, denetlenen sistemin durumunu gösteren bazı elemanların sistemin türüne göre basınç, sıcaklık, akış hızı, bağıl nem gibi büyüklüklerinin algılanması gereklidir. Bu algılama işlemi çoğu zaman ölçülme istenen büyüklük elektriksel hale dönüştürülerek elde edilen elektriksel işaretlerin değerlendirilmesi yoluyla gerçekleştirilir.

Çalışmamızda artık suların arıtılması amacıyla tasarılanmış olan 6 değişik hacimdeki sıvı tankı, S sıvı akış denetim valfi, 2 adet 3 fazlı asenkron motordan oluşan deney sisteminin denetimi IBM uyumlu herhangi bilgisayarın yazıcı portuna

bağlanarak çalışan bir arayüz devresi ve güç sürme ünitesi tasarlanarak son derece esnek bir çalışma setbestliğine sahip olacak şekilde gerçekleştirilmiştir. Denetim ve değerlendirme elemanı olarak kişisel bilgisayarın kullanılmış olması ise sistemden toplanan bilgilerin saklanmasına olanak tanıyarak algılanan veriler üzerinde bası hallerde gerekli olabilen sayısal veri işleme ve analiz tekniklerinin uygulanmasını mümkün kılmıştır.

2. ARAYÜZ DONANIMININ İNCELENMESİ

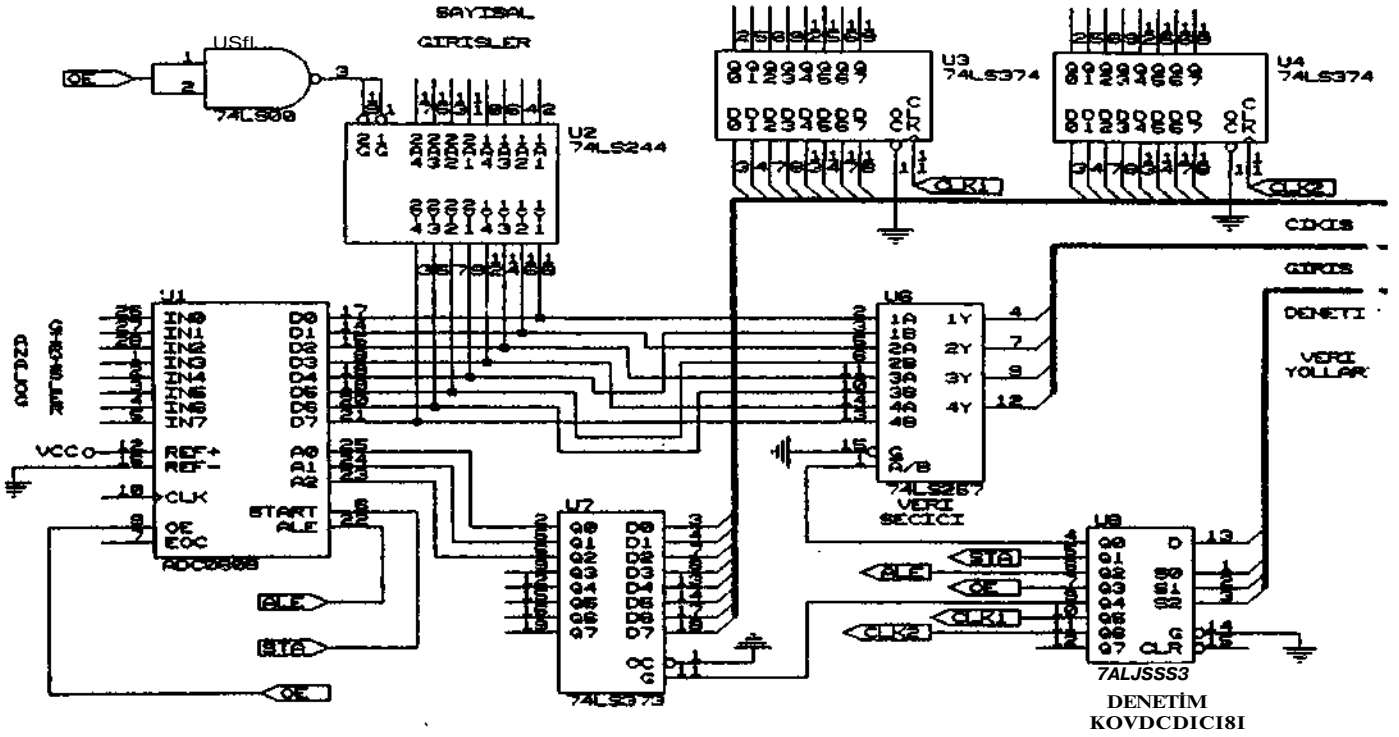
Gerçeklenen arayüz devresi, 8 adet analog giriş, 8 bit'lik sayısal giriş, ve 16 adet sayısal denetim işareti çıkışına sahiptir, devrenin gerek analog gerekse sayısal denetim çıkış işaretlerinin sayısı için önemli bir sınırlama olmayıp, analog çoğu ilayıcılar ve ilave tutucular yardımıyla, okuma hızının çok önemli olmadığı uygulamalarda kolaylıkla arttırılabilir. Her biri ayrı zamanlarda yetkilendirilen okuma tamponlarının kullanılması ise istenilen sayıda sayısal girişin okunmasını mümkün kılmaktadır.

Algılama ve denetim sistemine ilişkin devre diyagramı

ramı Sekil 2.1 de verilmiştir. Burada gerçekleştirilen veri algılama ve denetim sisteminin en önemli özelliğini, herhangi bir IBM uyumlu bil-

gisayarın paralel yazıcı kâ-
kapisına 25 pin D tipi kon-
nektör ile kolaylıkla bağ-
lanması oluşturmaktadır.

SAYISCH- CIKXSL_*=t



Sekil 2.1 Arayüz Devresi Donanımı

Sekil 2.1 de görüldüğü üzere denetim ve algılama birimine, bilgisayar yazıcı kâpısı üzerinden 3 adet farklı genişlik ve yapılar da veri yolları aktarılmaktadır. Bu yollardan çıkış veri yolu, 8 bit genişliğinde olup sayısal çıkışlara ve analog-sayısal dönüştürücünün adres seçme girişlerine uygulanacak. bilgileri taşımak amacıyla kullanılmaktadır. Arayüz devresinde bulunan tüm elemanların yetkilendirme ve zamanlama işaretlemlerini oluşturan denetim

kaydedicisine gönderi liecek olan bilgilerde .4 bit genişliğindeki yalnız çıkış olarak çalışabilen denetim veri yolu ile taşınmaktadır. Harici cihazlardan veya arayüz birimindeki analog-sayısal dönüştürücüden gelen sayısal bilgiler ise 4 bit genişliğindeki yalnız giriş olarak çalışabilen giriş yolu ile taşınmaktadır.

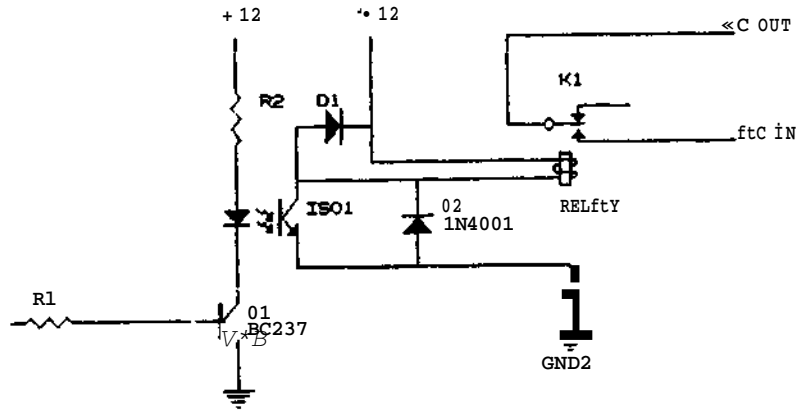
Bilgisayarda çalışmakta olan yazılım, bu veri yollarına basit yazma komutları ile erişilememle beraber, yazıcı kâpısının iç donanı-

mından kaynaklanan bası problemler nedeniyle denetim ve giriş veri yollarına gönderilen veya alınan bilgilerin yazıcı adapter donanımının yapısına göre düzeltilmeleri gerekmektedir. (1)

Arayüz biriminde $+1/2$ LSB hata sınırları içinde çalışan ADC 0808 ardışık yaklaşım analog-sayısal dönüştürücü elemanı kullanılmıştır. Dönüştürücü iç donanımında 9 kanallı bir çoğul layıcı ihtiva ettiğinden herhangi bir ek donanım kullanılmadan 8 farklı analog işaret kanalının sayısal hale çevrilmesi mümkün olmaktadır. Dönüştürücü için gerekli olan denetim işaretleri ise denetim kaydedicisine yapılan veri yazma işlemleri ile elde edilmektedir.

Denetlenen sistem için gerekli olan sayısal çıkış işaretleri ise çıkış ver-i. yoluna koyulan bilgilerin denetim kaydedicisi tarafından yetkilendirilen çıkış tutucularına yazılmaları yoluyla sağlanmaktadır. Tutucu çıkışlarındaki bu sayısal bilgiler Sekil 2.2 de verilen röleli güç sürme devresi yardımıyla denetlenen sistemin motor, valf vb. gibi denetim elemanlarını kontrol etmekte kullanılmaktadır.

Çalışmamızda yapılan uygulama için sistem denetim elemanlarına uygulanacak aç/kapa işaretleri oldukça düşük sıklığa sahip olduklarından güç sürme devresinde tristor gibi yarıiletken elemanların kullanımı yoluna gidilmeyip, 12 V luk DC



Sekil 2.2 Güç sürme devresi

röleler kullanılarak bilgisayar ve arayüz devresinin güç sürme biriminden elektiriksel yalıtımında sağlanmıştır.

Harici cihazlardan veya arayüz devresindeki analog sayısal dönüştürücüden gelen sayısal bilgiler, denetim kaydedicisine yazılan emre göre, giriş ~/sri yolu veri seçici elemanına uygulanır. Giriş veri yolu 4 bit genişliğinde olduğundan denetim kaydedicisi, veri seçici girişinde bulunan 8 bitlik sayısal verinin 2 adet 4 bitlik grup halinde transfer edilmesini sağlar.

3. YAZILIMIN İNCELENMESİ

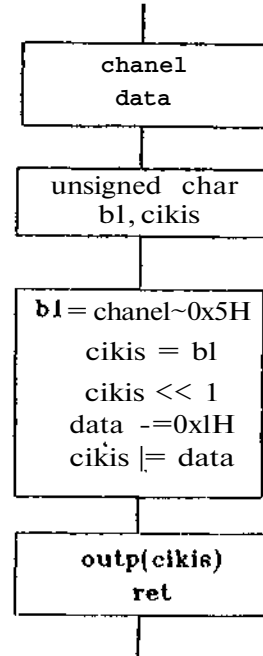
3.1 Yazılıma Genel Bakış

Sistem yazılımı son yıllarda son derece yaygın olarak kullanılan TURBO C 2.0 üst düzey programlama dili ile hazırlanmıştır. Denetim bilgisayarı ekranından kullanıcıya sistem denetimi için otomatik ve manuel kontrol olarak iki seçenek sunulmaktadır. Otomatik kontrol seçeneğinde, denetlenen sistem bilgileri bilgisayar tarafından okunarak gerekli denetim işaretleri sisteme gönderilirken alınan bilgiler yardımıyla sistemin bilgisayar ekranında gerçek bilgiler ile benzetimi yapılarak kullanıcıya gösterilmektedir. Manuel kontrol seçeneğinde ise kullanıcı tarafından bilgisayar klavyesinden girilerek oluşturulan denetim işaretleri yine bilgisayar tarafından denetim elemanlarına gönderilmektedir. Bu çalışma şeklinde de kullanıcı, göndermiş olduğu işaretlerin sis-

tem üzerindeki etkisini görmektedir.

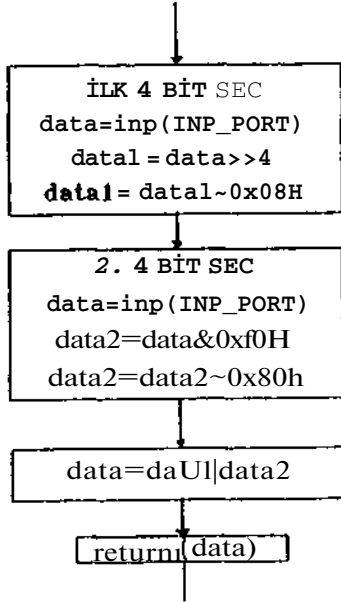
3.2 Denetim İşaretlerinin Oluşturulması

Arayüz elemanı için gerçek zamanlama işaretlerini oluşturan denetim kaydedicisine yazılacak denetim bilgisi, bilgisayar giriş-çıkış adres alanında 379H adresinde bulunan tutucu kullanılarak çağlanır. Tutucu, yazıcı işaretleşmesinin ve yazıcı kesmelerinin yetki kendirilmesini sağlamak amacıyla tasarımlanmış olduğundan, bazı çıkış bitleri, büyük yüklerin sürülebilmesi için eklenmiş bulunan açık kollektör sürücü elemanlar nedeniyle ters çalışmaktadır. Bu nedenle denetim veri yoluna koyulması gereken bilginin değiştirilerek yazılması gereklidir. Bahsedilen işlemi gerçekleyen alt programın akış diyagramı Şekil 3.1 de verilmiştir. (2)



3.3 Sayısal Bilginin Okunması

Arayüz devresi yardımıyla hem harici cihazlardan hem de analog-sayısal dönüştürücüden gelen sayısal formdaki işaretlerin okunması sağlanmaktadır. Sayısal bilgilerin bilgisayara taşınmasını sağlayan giriş veri yolu 4 bit genişliğinde olduğundan 3 bit'lik sayısal bilgilerin iki okuma yapılarak bilgisayara taşınması ve yazıcı adapterinin donanım yapısına bağlı olarak düzeltilerek birleştirilmesi gerekmektedir. Bu işlemi gerçekleştiren altprograma ait akış diyagramı şekil 3.2 de verilmiştir. (3)



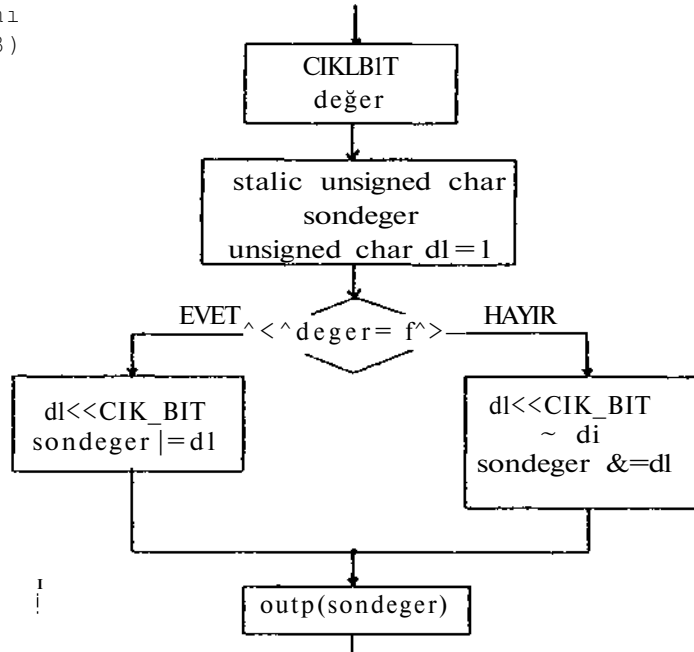
Şekil 3.2 8 bitlik sayısal bilginin okunması.

3.4 Denetim Bilgisinin Gönderilmesi

Çıkış tutucuları, denetim kaydedicisinden aldıkları bilgileri güç sürme devresi girişlerine aktarılır. Ancak çıkış tutucusunun çıkış

bitlerinin ayrı ayrı denetiminin yapılmasının gerektiği durumlarda bu bit'lere bireysel olarak erişilmesi gerekmektedir.

Bu işlemi gerçekleştiren altprograma ait akış diyagramı şekil 3.3 de verilmiştir. Programda çıkış tutucusuna yazılan bilgi "static" olarak tanımlanmış olup, alt programlar arası geçişlerde değerinin kaybolması önlenerek, seçilen çıkış bit'i dışındaki bitlerin yazma işleminden etkilenmesi önlenmiştir.



Şekil 3.3 Çıkış denetim bilgisinin gönderilmesi.

4. SİSTEMİN UYGULAMASI

Gerçeklenen arayüz devresi sıvı tanklarından gelen analog sıvı seviye işaretlerini her bir giriş kanalı için AO KHz lik bir dönüştürme hızı ile sayısal hale

ITÜ TMMOB MARK II REAKTÖRÜ 11; IN
HIR KONTROL TASARIMI

Hurhauottin ÇAN

M.Ü. Teknik Kurulum Kalkınma Elektronik Hijyen Hölümü Kuyuba;:1
1 fit.inbu 1

ÖZET

İki çalışmada daha önce? gf» çek! "•f••
tjril.en KÖT'M'AN kontro kodunda bar.ı
düzeltmeler yapılmıştır. Kir-ik-...-1
sistemde kontrol çubuğunun ceti I -
inesi ile siP. I teine j tlia l edilebi l •
oek en büyük reakt. \ ı i i . » def.ı t i
16 < t sn "dit. Hie k i a i t, i a y : : • ı ! ; o ; ? il
burada bir koda ithal edilmişler.
Hijyeni için V" > rünK' • - r - m • > • ! ; i < ; < / • " • u l ' i r i ;
İl olarak üç parçalı olarak
(jinüne alınmıştır). İm fiurum ••••• 1 d
lerdir: - hata ! •••••. vi v Miunun i lüynrır ••••• I
ne n-^den olmaktadır, l'yc'im |:ery't-
lar 3³ c i . l d i A i t a k d i r d e b u T I : " - < I I i l a
bilmektedir. - . Bu çalışmada reaktör
istenen güç düzeyinde çalışırken
reaktöre bir bovine ithal edilmiş
ve kontrolörün ilavresi gör, l'rimiş
tir. Ancak 2D <> kW- la 30 t "den büyük.
yavaş derişen boyacılar hariç, bo-
;•ne u ithalinde sistem k'-Uİ, r-ii ••••• d i
lememiştir.

1. «tuu

ITÜ TKK.İA Mark II reaktörü hem ot-
matik hem de el ile kumanda madunda K< 'titt- ri l'•> . ana V- y-ı f d i m c ı " İmal'
çalıştırılır. İm; tedir. İLOİMO II İ in; r i e sil; i ki ; undan. iney-lar; \ ; g e l m e k ••
modda ayar- kontrol çubuğu, kullanı tedjr. Ir, ok i. J • l
larak teak. l'•ör kontrol edilmiş; ! -••••• i r .
Kontrol olarak Elektromekanik
kiyer kullanılmaktadır. İ. İ l .

Li. taretürde konuya ilişkin yapılmış;
bir kısım < a l i s a m a l a v i z e - c e k . b i r .
kontrol programını içermemektedir. •••••
İ. rol erjilebilirlik > le. il g i i i b - a T. İ. ön
şartlat' ilori ; ; ü) . - m e k t e r i i \ b ' t - İ ••••• İ .
baha öne- l v i i ' t i c i m i ~ . . ! > i < • l - a l . i t m a
da: roal U. i r r kontrolü için ba f) ••••• n e ; o
çar panları v- PID' i . i ç e r e n y e n i
bir kontrol yöntemi, önerilmekteydi.
[4]. Euradaki çai; ? mada, i l e i l i c a

İ ısınanın daha da iyileştirilmesi
amaçlanmaktadır.

2. VİT. KT. KL. MODRI.

P<-akt^r kalbinin nötr> n i k ••••• t < - m <>
İdrolik davranışlarının temel eden
denklem ••••• temi makri r r ! f. m i l . l ^
a; ••••• e i d . a k i ••••• i b i v a ; ; L / . i b i l i f I h ! ,

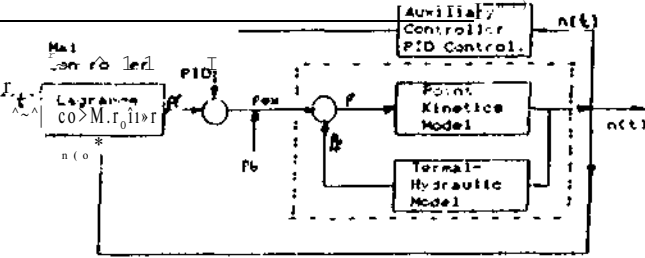
•••••
•••••
M.

havadır. ••••• ; ; l d u r u m V - ' k l . İ i m i i . . A .
| i ; ; 10 r . a t r - a y ı b a r m a t r i c i n i . . İ .
İ .) ; , l o l - i r m a t » - i ; ; i . . M . 1 . M ; ; l k n i t r - • l
vektörünü H J ' f ^ . > u - m e l ; t e l i r - .

Kontrol Jeö, iskeij olarak, reaktivi
f-••••• (k ' j n t r o l ç u b u ş u y ü k s e k l i ğ i) s e -
••••• i b r i ••••• i > . İ i k f e l m o d - l i l e i l r ' i l i
daha ay. ı r d . i l i . b i l g i r e f a r - a n p b ' r (~ x)
elde edilebilir.

3. KONTROLÜR

ana V- y-ı f d i m c ı " İmal'
çalıştırılır. İm; tedir. İLOİMO II İ in; r i e sil; i ki ; undan. iney-lar; \ ; g e l m e k ••



Şekil 1 Kontrolör

Ana kontrolörün Latü-ange çarpanları
 . . . aralından tanımlanır VP İ-i>n1.rapyn
 in inakelinilip j |hc-x|w-- dayanır.
 Yardımcı kon ICM .k' 3r i f :-o l;it- P I]'
 (oranca I • iriU>f;-ral t.Orovsoi) kont.r"-
 lordür: j>,ı durumda <I 11;-:at • 1. I-11 i'lıai
 o di. I -T11<="i. I* t i v i K o s y a A : a d ' i l ; i p : i b i
 yanılabilir.

$$j < \dots \quad j \quad j$$

İtirafia . fo.v. j l . f i r a t ; i y ! < : ' I s .
 sarıdan r-eRktör i thü l fi ile n \ m > • \] . f | i y p k t ' - , t k . ^ i y / ; - n n a ^ a f i i d a s - = - . i i -
 lam r " v i j) (" i v i ' - . . l j - ' p f , - v n i & i k • M i l l . r . > M i . . . i r :
 jürünün ih^i.t. i p i r ^ a . k . l . i v i ! F i l '
 kontroiöünü ü * . . . l . l . i p ; j i - e a k ! • i v i . k . . y i
 gösl:enuifk t ^ d i r .

Kontrol doğ. i .tkoni

$$L i : \dot{I} l i I U \setminus \int \cdot \frac{n}{J} \cdot \frac{t i}{j} \cdot \frac{1}{J}$$

$$- (j l i j p) \frac{1}{J} \frac{1}{j} \frac{p}{1} \frac{t i}{1} i : <) \dot{I} l a m i I . h o n d o n k l o i n i ; t . a , 0 1 < i a k i e ^ { \circ } . I - i$$

olarak se. ; i imi ; = ; . i r ' .

Burada n , ani n ö t . r o n y o r ^ i s n i ü p . i n i ! .
 J a n i . n ö V . i v j t i ö j u r ü n ü g ö r . , t o r i n ^ k t e d i r .

Rpa kt i . ü - d o k e n i t r o l e u l i . i d o u m i n " (- ! : i i f -
 meşinde bit- k i ; ; i . V . l a m a i r ^ { \bullet } / \bullet u m ! u r .
 A y a r k o n t r o l o l l b u g u . e n i a ; , J a
 16 < l v f > n " J . i k . I . M . r i - e a k l j v i ! ; = r o a k l . ") r ' •
 ithaledi. l e l > i l < > ; e J v . : . " H i r i I d o . - . o k i . > ?
 l) i . l . i . r . O n e d r t i l o k a n t " . r o j . ö i . \ l < " r v a r ; i .
 l a s ı i l e D k . 2 ' d e
 h e n . a p l . a n a r o a k t i v i t e a r ^ i d i b u d o -
 A e r d e n İ J İ y ü k o l ' i n i ' i s . l 2 g % : ' r o a k t , i / . i l o
 a r l . i s ı b u d i ' ^ j o r ' l o n l E i y ü k r - - s , ' • • l a l - -
 d i f ' l o r ; i : - . t o m e i t . h a . l . o d i ! o n ı / o a k l . i . d u r u m d a l - T < • r i l " . t . • • > I . < l e > < ? f c ' k ' - n i n i n o r l i
 v i t o . i i , ' a i . i i (. l ' U r i p i b i h f - : v i j . • ! a n ı ı .

fay. -- Ç : : \ ' ı I ' ! . h I < ! • . l (-1)

burada K' C m i s l ' o r a v i l ; l ' ö i n i i h i k t i l
 e - l j i) ^ n r e a k l - i v i t ' l o y i . . . h : ; a l i , a n a d ı
 n i i r l (? ' i •) . ; .) . o r m p - k l o d i r .
 O t i l ' H i ; i < ; a j i i n a n n : ; . b ü y | v . b i l - k i n l i

lamayı icormiy < > r d n . Bu yüfüne . . . i i i
 i m i r i d o d e b a r ; . o r İ l i k l a r o r l a y a
 < i k a r i v i k l , a d . i r .

(\ > c \ f > r n n f , n K o n l ; r o l ö r)

Ana k < » i r < > L ö r ; ; . i p , f , o m c i k i s u n n .
 a r ; i i - T i i İ m i b i r y ö t ü o ^ f - v i . i . p t " i m a l
 . . .] i r . i k i ^ I • > y e ! • j l u f - j ; i i v i n p ^ ' l ; ! !
 İ v i n t r - M İ i l ; a r > - i . i . t i i ü r p t i r .

$$M f t . i \dots i \dots j \dots [n (< r) \dots f (c r) J \dots +
 i \dots \left[\dots t i (f l ') \dots u (f f ') \right] \dots d f r . (\dots)$$

İtirafıda . I' , yörüne . o y i . . . r . p i ? y o d u . .
 • i . . . i e r i ' l ; ; ; l . i r i t i . k a t : : a y ı s ı n ı . . i r ' i r * . İ - \ ;
 i n e k l e - d i r .

İlam i I . h o n d o n k l o i n i ; t . a , 0 1 < i a k i e ^ { \circ } . I - i
 v a z - i l ' ö l ö ! i r :

$$\sqrt{i} \approx \frac{I^{mi}}{H} \quad p i \quad X i \quad \dot{S}$$

$$d p j \quad \frac{\sim H}{\partial X} \quad i - I \dots K' \quad (V i$$

burada: pi Laerance carlatılın p', t
 . l o i ' i n r l ; t o l i r .

(l a l ; ; i m ; m p r o m ' - i b r > a ö c e . l i : .) ' i m ' d ' i
 ; ; i n i r ; ' < - ' d o n u I k ' i i t . r - o l d ^ { \bullet } 2 i ?) • i u i
 f ' k . i i ' y i m i n u i n ; ; p o l i n o f f i . ç o T - e k i t . l ' u
 m u m d i - ~ . n r i . I j \ / - d ' i " ^ 0 y a i ' i l a i a l
 b u i m i u r :

$$u [\dots] \dots i p f i . i i (w \dots m (\dots)$$

burada, C_i i'nci gecikmiş nötron öncüsü yofinılılıRünü... $i, i * 11 \cdot \cdot i$ gi $\ll i$: iniş nötron öncüsüihio ilişkin $D \cdot \cdot \cdot$ ma sabitini... f toplam gecikmiş nötron kesrini.. $w, w \approx |3/1$ orairu göstermektedir.

ftk.B'deki n ve Çi'ler l'k.l'in oö-ü-münden, pl ise Dk.'7'nin tanımladığı denklem sistemi ile bulunur.

Dk.7 Dk.1*e benzetilerek matrise I. formda aşağıdaki gibi yazılabilir [5].

$$\frac{dY}{dt} = A_1 Y + D J \quad (9)$$

burada; Y. pi lagrange çarpımlı lat-mı içeren bir sütun vektörü.. A_1, D, J katsayılar matrisini.. D, J sütun vektörü göstermektedir.

3.2. PID Kontrolör

PID kontrolörün davranışı aşağıdaki denklemle tenis ile edilebilir.

$$u(t) = P \cdot e(t) + I \int_0^t e(t) dt + D \frac{de(t)}{dt} \quad (10)$$

$$e(t) = [n(t_i - f(t))] \cdot \frac{1}{L} \quad (11)$$

burada; P, I, D sırasıyla, oranı sa i. interül ve türevsel knii-ol kal.fia-yı.larını.. $e(t)$.hata fonkr; i.yotnm.. $f(t)$. ar-u cd.i İcn pük.- pri İbranı mı (yörünge) göstermektedir.

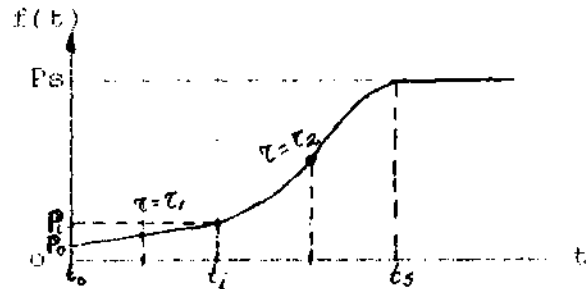
Dk.J.O ve Dk..11 sonlu fark yaklaşım] Bözeö llüllealındığındaasa/?1 (" \ a l c i gibi yası Labi l i r :

$$u_p \approx (P + \frac{I}{h} \sum_{j=0}^n \frac{h^j}{j!} \frac{d^j}{dt^j} + D) e \quad (12)$$

$$e(t) = [n(t_i - f(t))] \cdot \frac{1}{L} \quad (13)$$

3.3. Yörünge

Reaktör I kW']n al.t.ındaki. güçlerde çaj ısıırken. sıcaklık geri bes.l finepi sistem üzerinde etkili olmamaktadır. İTÜ TRliiA Hark-II reaktörü kural olarak düşük güg.lerde. 10-500 W çaj.1Js11? a ll r, sonra yültsel-r güc.lerf; çıkartılır. Başlangıçtaki düşük gi'n'teki çalışmadan rektörü daha yüksek güce çıkarırken güç artırs: yavaş olmakta yaklaşıll'. 5 kW dan sonra arllş hızlanmaktadır. Bu nedenle yörüngeyi, iki ayrı eğri-den oluf.-me- o .l arak vaif' ayd ılı. bñif; jk güç.l.erdel; i yörünge birinci dereceden: yüksek güderdeki yörünge ise üçüncü dej^eoden seci İmişl. ir Şekil - 2. Daha önceki çalışmamızda yörünge yaltuzca üçüncü dereceden tek parça olarak seçilmişti 14 |.



Çek i J - .! Yörünge

Yörüngeye i.lit?kin formülasyon a s ağıd a k i g i h i y a z i l a b i l i r.

$$F1(t) = M(t - t_0) \cdot t^b, \quad t_0 \leq t \leq t_1 \quad (M)$$

$$F2(t) = f3(t - t_1; i) \text{ if } t - t_1 \leq M \text{ f1}(t - U.) \text{ t!}$$

$$t_i - t_{i-1} \quad (i=1)$$

$$F3(t) = P_s \cdot \frac{t - t_0}{t_s - t_0} \quad (1R)$$

$$P = P_0 \quad t - t_0 \quad (171)$$

$$P = P_1, \quad t = t_1 \quad (18)$$

$$P = P_1, \quad t = (t_0 + t_1)/2 \quad (19)$$

$$P = P_1, \quad F.I-F_2 \quad t = t_1 \quad (20)$$

$$P = P_2, \quad t = (t_1 + M.s)/2 \quad (21)$$

$$P = P_s, \quad r = w \quad iv = h_3 \quad (22)$$

Dk.1.4 $\cdot 1 > k.22$ 'den yararlanılarak ilgi. I i kat;Tay ı] ar kolayca bul.mn.lr!:

$$b = P_0, \quad m_i = (P_i P_0) / (t_i t_0) \quad (23)$$

$$t_i = t_0 - 2THIM - P_0 / (P_i P_0) \quad (24)$$

$$f_0 = P_i, \quad f_i = m_i,$$

$$f_2 = \frac{2}{t_0 - t_1} f_i + \frac{3}{(t_s - t_i)} (f_0 - f_i) \quad (25)$$

$$f_3 = \frac{1}{(t_s - t_i)} f_i + \frac{2}{(t_s - t_i)} (f_0 - f_i) \quad (25)$$

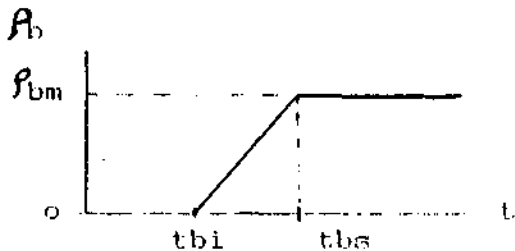
$$t_s = t_i + \frac{(-B + A)}{2A} \quad (26)$$

$$A = f_i, \quad B = 4(f_0 - P_s) i - 4.r.2.f_1$$

$$C = 12.r^2 (f_0 - P_s) A = \sqrt{f_i^2 - 4A^2}$$

3.4 Bozucu

Reaktöre zamanla lineer- değ i sor I bir bor.uounun ithal edilebileceği düşü nümüştür. Şekil.-3:



Çeki 1-3 Bor.uou
150

Bor.uony.-i ilişkin formülasyon aşağıdaki gibi yanılabilir:

$$h = 0 \quad t = t_{bi}$$

$$f_{bi} = f_{bm} \frac{t - t_{bi}}{t_{bs} - t_{bi}} \quad t_{bi} \leq t < t_{bs} \quad (27)$$

$$f_i, \quad f_{bi} \quad t_{bs} - t$$

4. ÇÖZÜM MKTODU

Dk. 1 ve I.iK.0 dan oluşan ^irUonı Tü no İtiimiş Han;çen Hetodn kn.ll-nnı)-< rak çö:~ü.lmektf?"lir.Cöziim yön'lomi i I... ile ilgili ayrıntılı bilgi referans f' den o l (eriilebilir.

Ör. U'annBp denklem r.i; l'ömi a;çan l..la ki formda yazı labi I iv:

$$\frac{dz}{dt} = A z + B \quad (28)$$

Hansen Metoduna göre çözüm ise:

$$z(t) = M e^{At} + R B z \quad (29)$$

$$U = e^{-1} (w_0 T - D) [e^{-e} - e^{-e}] [L - U] \quad (30)$$

burada. D.L.U nja.siy.la A> matrisi nin köoegen, alt üçgen ve üst üçgen matrislerini.. wo, Az.matrisini en büyük pozitif özdeğerini göstermektedir.

5. SONUÇ

Lütle I. ti len KuNTOAN kodu farklı bay lang.iv koşu I arında ve farklı ^tr- d'f.vey I > r- i için çalı lztırlarak test edilmiştir, l'ayl.önyıç t'io düzeyi 1kW m al.L.incl.ll'i.i W olarak öocJlmif? ve ELEKTRİK MÜHENDİSLİĞİ 5. ULUSAL KONGRESİ

reaktörün 101; kW'a o.ıkar.i iması 1sterimışlır. Elde ed i I en sonuç lar V'k.i i 4 fel:i 1-6 lıj gösi.eri Iinek tedir. Yörünge ve hesaplanan güç hemen hemen üst üste çakışırırıştır. Geçişlerde 600 Wta kadar olan sapmalar oluşmuştur.Yaklaş.1k 600 W lık bir aşım la işenen güç düzeyi 101) kW'a ulaşımıştır. Ancak istenen güç düzeyinin altına 150 W düşürüldükten sonra 100 kW'a gelinmiş tir.

2 an'de 40 4: 'e .lineer olarak ulaşan bir bozucu 60 sn"de reaktöre ithal edilmiştirii'-Reaktörüngücü80.3kW'a kadar düşmüştür-. Kontrolörün reaktörünü kontrol altına aldığı.; 4.4 kW'lık bir aşım la istenen güç düzeyine ulaşımış tır. görülmüştür.

Kararlı hal civarında, l,agfange kontrolörünün etkisi az fakat Pil-kontrolörünün etkisi büyük olmaktadır, Seki 1'6-Özel lik Le I'nm etki::i fabladır ve bozucu etki.1ero karşı. hızlı cevap vererek sistemin kc-nter 01 altına alınmasını sağlamaktadır.

Reaktör 100 W'da oalıştı rılırken 2501:W'a açık arllmas 1. iste f l in iştir. Elde e lilen scmuçlar f.eki'.l.7 - Seki 1.9 da görülmektedir. 100 sn'de sistem; bozucu ithal edilmiş sistem i ti koi 1 trol altına aJindiği gözlenmiştir.

Özet. olarak bu çalışınada .k>vıttv> lörün fiziksel .-li.-iteme uygun olarak yapı- !.il.ilme.li İvin 't'ieklı ilh.vl ,;J'l.lı İli .iaglayaou.k bir- yörünge İiiei'i E lli ş tir. Ayrıca b>.<ziK:u u.-ll; i ; i rılt.ıııd.i k<mtro b arün davranış: göz l e ĩ in iştir. Kontrolörün yüksek güç düzeylerinde 30 4:' lik bozu-u etkiden büyük bo;u ; u ithali d urum i nci a t v- a k t ö r ü kontrol edemediği görülmüştür.

K. KAYNAKTIR

fi J 1 tıst rument a t i o l i s y ı - U - e m o p e r a t i o n and M a i n t e n a n c e M a n u a l . General Atomik Co. (1976), 1.1.1 11. i).

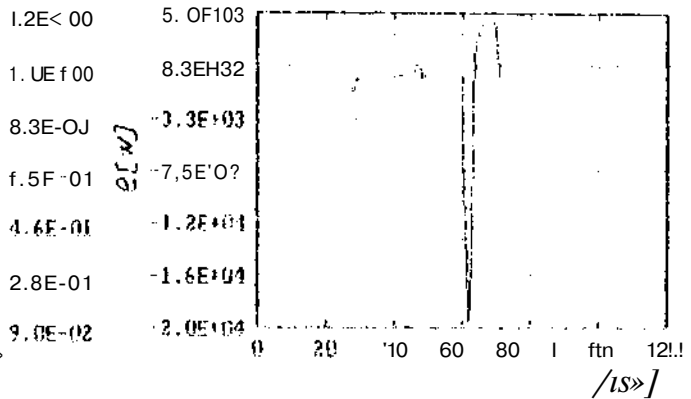
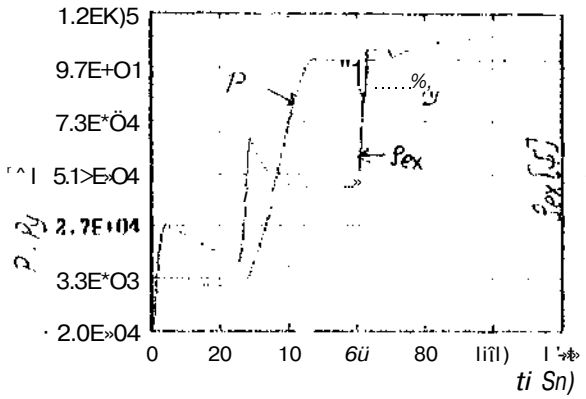
ELEKTRİK MÜHENDİSLİĞİ 5. ULUSAL KONGRESİ

/; . \ Ü ü i i ^ ö t . d ü , K . , (J e > ; k i n l . i , M . , H i 5 - : a I , N . A . . , " İ T Ü T R İ G A R e a k t . ö r ü İ y i n B i r T i j j i t i e r c i l r i i a y a n K i j i t r o l S t i - a t e j i s i " , 1 1 1 . I . J İ U Ü 3 İ n ü k l e e r B i l i m l e r K o n g r e - s i , İ T ü N E E . , i s t a n b u l . , H i l d i r i k j - t . a b 1 C h İ t . 1 , 2 7 - 2 9 E ; / 1 ü . 1 , i 1 9 0 9) , 4 1 > Ü - 4 0 i " 1 .

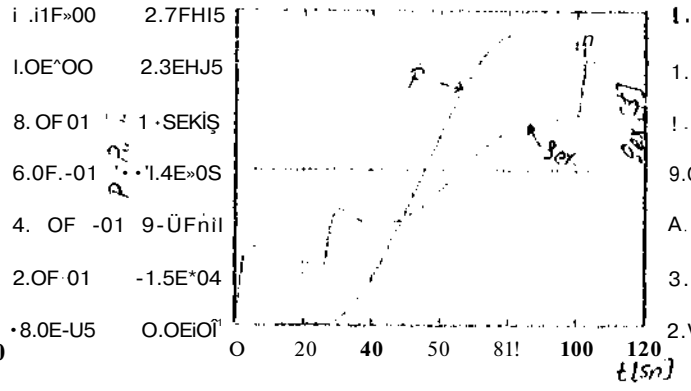
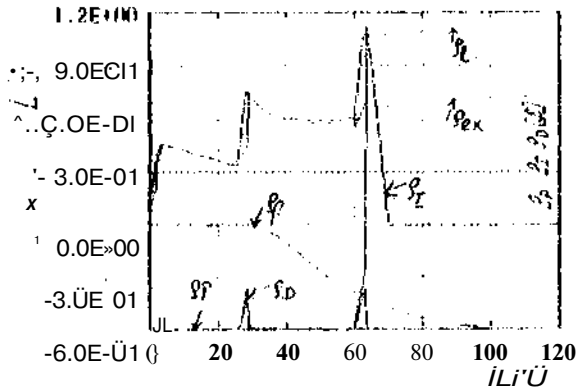
T31 Can, B., Baba, F., "İTÜ TRIGA Mark-1.1. Reaktörün kontrolüne ilişkin yeni bir öneri", V. Ulusal Nükleer Bilimler Kongresi, E.Ü. NBE., İzmir, Bildiri özetleri, 22-24 Mayıs(1991), s:40

f4] Cah, B., "Optimal Control of 1TU TRIGA Mark-11 Reactor", The Twelfth European TRIGA User- Conference, M e t l B u - j u r e s t i - P i t e s t i , K o r n a n i a , 2 2 - 2 4 M a y ı s 1 9 9 2 .

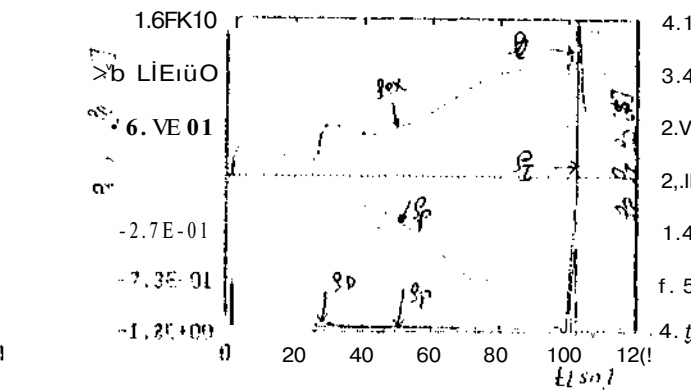
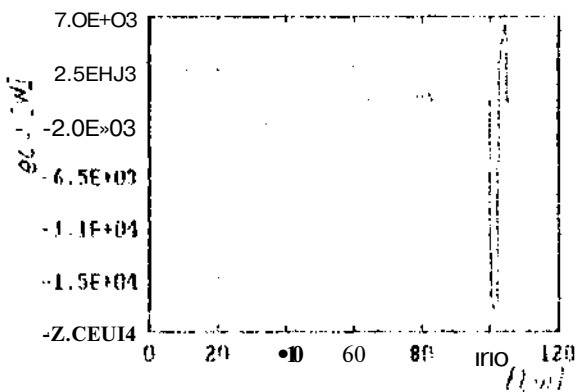
fS3 Can, B., Kurul, N., Buket, T., Yavu/, , 11., "İTÜ TRIGA Mark-11. Fteaktörünün Dinamik Davranışı", V. Ulusal Nükleer Bilimler Kongresi, E.Ü. NBE., İzmir, Bildiri özetle- r. i , 2 2 - 2 4 M a y ı s (1 9 ;) 1 , s : 3 9 .



Sekil 1: 100 kW motorun reaktif güç değişimi. (P: aktif güç, Q: reaktif güç)



Sekil 2: 100 kW motorun reaktif güç değişimi. (P: aktif güç, Q: reaktif güç)



Sekil 3: 100 kW motorun reaktif güç değişimi. (P: aktif güç, Q: reaktif güç)

BİLGİSAYAR DESTEKLİ SICAKLIK KONTROL SİSTEMİ TASARIMI

Mustafa ALÇI
Erciyes ünv. Müh. Fak.
Elektronik Müh. Bölümü
Kayseri

Perihan ÖZKAN
Hes Kablo A.S.
Elektronik ARGE Böl.
Kayseri

ÖZET

Endüstride, çok sayıda sıcaklık ölçümlerinin gerekli olduğu * işletmelerde, bu ölçümlerin sağlıklı bir şekilde denetlenmesi ve sıcaklığa duyarlı olan sistemin kontrol edilmesi klasik yöntemlerle çok zor olmaktadır. Çünkü. klasik yöntemlerle hem fazla sayıda elemana ihtiyaç duyulmakta ve hem de hızı düşük olduğundan verimsiz olmaktadır.

Yapılan bu çalışmayla tasarlanıp gerçekleştirilen sistemde, yukarıda bahsedilen olumsuzluklar giderilmiştir. Bu yeni sistemde, sıcaklık ölçerlerden (transduser) alınan bilgiler analog/dijital (A/D) çeviriciler üzerinden bilgisayara aktarılarak belirlendiğinden, 100 ayrı noktada yapılan ölçümler toplu olarak bilgisayar ekranında görülebilmektedir. Böylece, okuma hataları en aza indirildiği gibi. devrede bulunan alarm sistemi ile ölçüm noktalarının herhangi biri için önceden belirlenen sıcaklık sınırı aşıldığında operatör uyarılmaktadır.

1.GİRİŞ

Sıcaklık ölçümlerinin denetlenmesi, eleman sayısının azaltılması, verimin yükseltilmesi, güvenilirliğin artırılması, ve kontrol işleminin bir mikrobilgisayar ile yapılarak, düzgün ve hızlı sonuç alınabilmesi, bazı değişikliklerin donanım yerine programla gerçekleştirilme kolaylıklarının

bulunması, mikrobilgisayar destekli sistemleri tercih sebebi yapmaktadır.

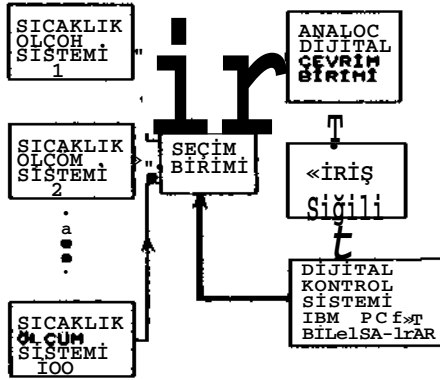
Bu çalışmada, 100 ayrı noktadaki sıcaklığın ölçülüp, sonuçları tek bir merkezde toplanıp, bunlar görüntülenerek önceden tayin edilen sıcaklık sınırlarının aşılması halinde bir alarm düzeninin devreye girmesini sağlayan bir mikrobilgisayar destekli sıcaklık ölçme ve uyarı sistemi tasarlanmıştır.

2.1. SİSTEMİN TASARIMI

Mikrobilgisayar ile sıcaklık kontrol sistemi için gerekli temel yapı üç birimden meydana gelmiştir. Bunlar sıcaklık ölçme devresi. A/D çevirici devresi ve mikrobilgisayar seklindedir.

Transduserler yardımıyla fiziksel parametre olarak seçilen sıcaklık, elektriksel işarete çevrilerek sıcaklık ölçme devresine aktarılıp burada değerlendirilmektedir. 100 ayrı noktada ölçme yapıldığı için bir seçici devre kullanılmaktadır. Seçici devreden sonra A/D çevirici ile dijital (sayısal) çevrilerek bilgisayara aktarılmaktadır. Bilgisayara aktarma işlemi bir giriş-çıkış devresiyle yapılır). Yapılan program çerçevesinde bilgisayar, kontrol ve uyarı işlemini gerçekleştirir. Uyarı için bir akustik alarm devresi gereklidir. Yukarıda bahsedilen sisteme ait blok diyagram Şekil 1'de verilmiştir.

Bu tasarımda endüstriyel bir ortam göz önüne alınmıştır. Buna bağlı olarak sıcaklık ölçümünün yapıldığı düzenek bozulmaksızın kontrol ve uyarı sistemi düzenlenmiştir. Böyle bir düzenlemenin en belirgin avantajı düşük maliyettir. Diğer bir avantaj ise yapılacak sistemin kullanım alanı sınırlanmamıştır. Yani sistem sadece tasarlandığı ortam çerçevesinde kalmayacak, başka sıcaklık ölçme devrelerine de adapte edilebilecektir.



Şekil 1: Sistemin blok diyagramı

2.2. SEÇİM BİRİMİ

Sıcaklık ölçme devrelerinden gelen bilgilerin birbirine karışmaksızın değerlendirilmesi gerekir. Bu aşamada bir seçim birimi (MUX) kullanılmıştır. Her bir sıcaklık ölçme devresi seçilerek, seçilen sıcaklık ölçme devresinden bilgi alınmaktadır. Sıcaklık ölçme devresinden gelen bilgi analog bir işarettir. Multiplexer/demultiplexer'da (MUX/DEMUX) analog işaret tercih edilir. Giriş bilginin 100 adet olması, analog MUX/DEMUX'ın sayısını belirleyecektir. MUX/DEMUX'lar için bir seçici gerekecektir. Bunun içinde kod çözücü (decoder) kullanılmaktadır.

2.3. ANALOG SAYISAL (A/D) ÇEVİRİM BİRİMİ

Analog işaretlerin değerlendirilmesi ve kontrolü oldukça güçtür. Kontrol ve değerlendirme işlemlerinin hassasiyetle gerçekleştirilmesi, en az hata ile yüksek verim ve hızda çalışmayı temin edecektir [1]. Bunlar teknolojinin vazgeçilmez unsurlarıdır. Çalışmanın sayısal sistemlerle yapılması verim ve hızı arttıracaktır.

Mikrobilgisayarlarla çalışabilmek için analog bilginin bu çevrime ihtiyacı vardır. Bunun için A/D çevirici kullanılmaktadır. Çevrim işlemi zaman domeninde sürekli yapılanuyacağından analog bilgi belirli zamanlarda örneklenir ve sayısal değere çevrilir.

Burada A/D çevirici seçimi yapılmalıdır. Çevirici seçimi; çeviriciye ait hassasiyet, çevrim süresi, besleme gerilimi, bit sayısı gibi parametreler incelenerek üretici firma kataloglarından yapılmaktadır.

2.4. GİRİŞ-ÇIKIŞ (I/O) BİRİMİ

Mikrobilgisayarla bilgi alışverişini sağlamak için bir arabirime ihtiyaç vardır. Bu arabirim yazılım programıyla değişik amaçlar için kullanılacak şekilde seçilmelidir. Mikrobilgisayarlarla bilgi alışverişini sağlayan değişik özelliklere sahip arabirimler mevcuttur [2]. Arabirim seçiminde kullanacağımız port sayısı, kullanım şekli ve amacı tesbit ederek buna göre seçimi yapmak gereklidir.

2.5. SAYISAL KONTROL BİRİMİ

Tasarımı yapılan kontrol birimi sayısal olup, kontrol birimi olarak IBM PC/AT bilgisayar kullanılmıştır. Bilgisayar sistemi donanım olarak

PC/AT bilgisayarlarında bulunan tüm özelliklere sahiptir. Ayrıca sistem donanımında 20 MByte sabit disk sürücüsüyle (Hard disk drive) nokta matrisli yazıcı (Dot matrix printer) bulunmaktadır. Bilgisayar sistemi her türlü programlama dili (düşük ve yüksek seviyeli diller) ile çalışmaya elverişlidir.

3. SİSTEMİN GERÇEKLEŞTİRİLMESİ

Programlanabilir giriş-çıkış devresine ait elektronik kart IBM PC veya uyumlu bilgisayarlar ile sayısal sistemler arasında veri alışverişini gerçekleştiren bir arabirimdir. Giriş ve çıkışlara belirli adresler üzerinden yazılım programları aracılığı ile erişilmektedir. Bu adresler belirlenirken bazı önemli noktalar göz önünde tutulmalıdır. Kart IBM PC uyumlu bilgisayara takılacağından, kartta haberleşme için seçilecek adresler standart IBM PC donanımdaki kullanılan adreslerle çalışmalıdır. Bu adresler Tablo 1'de verilmektedir.

Tablo 1: I/O kartı adresleri

ADRESLER	ADRESLENEN BİRİM
288D-120H	-- A KAPISI -- U1
290D-122H	-- B KAPISI -- U1
292D-124H	-- C KAPISI -- U1
294D-126H	-- KUMANDA KÜTÜĞÜ -- U1
320D-140H	-- A KAPISI -- U2
322D-142H	-- B KAPISI -- U2
324D-144H	-- C KAPISI -- U2
326D-146H	-- KUMANDA KÜTÜĞÜ -- U2

Kartın temelini iki adet 8255A (Programmable Peripheral Interface-PPI) oluşturmaktadır. Kart 48 adet giriş çıkış birimine sahiptir. İstenilirse 8255A adeti arttırılarak giriş çıkış birimi sayısı arttırılabilir.

8255A tümdevresi 8'er bitlik üç adet paralel porta sahiptir. Port A ve Port B 8'et bit olarak sadece giriş veya çıkış amacıyla kullanılmasına rağmen, Port C özel kullanım alanlarına sahiptir'. İstenirse bu port iki adet 4 bitlik grup halinde kullanılabilir. Portların çalışma durumları kontrol kütüğünün (control word register), yazılması ile ortaya çıkar. Kontrol kütüğüne sadece AO ve A1 adres uçları ile ulaşıp üzerine bilgi yazılabilir, okunması mümkün değildir. 8255A tümdevresinin mikroişlemci tarafından kontrolü IN ve OUT komutlarıyla sağlanır [31].

8255A'nın üç temel çalışma modu vardır. Bunlar;

Mod 0 : Temel giriş-çıkış modu. Bu uygulamalarda sadece basit okuma yazma işlemlerinin gerektiği durumlarda kullanılır.

Mod 1: Şartlı giriş-çıkış modu. Bu mod çeşitli sayısal sistemlerin birlikte ve kontrollü bir şekilde çalışması sırasında kullanılır.

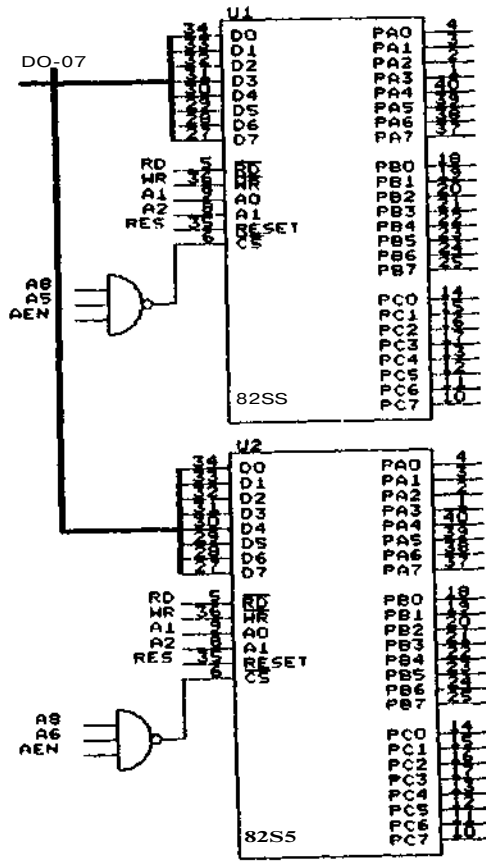
Mod 2 : Çift yönlü bilgi akışı modu. Bu mod çalışmasında bilgi yolu çift yönlü olarak (giriş-çıkış) kullanılır (4).

Tablo 2: I/O SLOT'unun içeriği

IBM PC SLOT	
A	B
11	AEN
9	DO
8	D1
7	D2
6	D3
5	D4
4	D5
3	D6
2	D7
	14 RD
	13 WR
	2 RESET
30	AO
29	A1

Kartın güç beslemesi IBM PC bilgisayarının I/O CHANNEL SLOT'u" üzerinden kullanılmaktadır (B1, B3, B29, B31). Kart tüm kontrol sinyallerini ve veri yolu bağlantılarını "I/O CHANNEL SLOT" üzerinden sağlamaktadır (Tablo 2).

Kartın kullanımı için öncelikle her bir 8255A'nın kontrol kütüğüne kontrol kelimesi yazılır. 8255A'nın kontrol kütüğü programlandıktan sonra veri giriş ve çıkışı yapılabilir [5]. Kartın açık seması Şekil 2'de verilmiştir.



Sekil 2: Giriş-çıkış kartı uygulama devresi

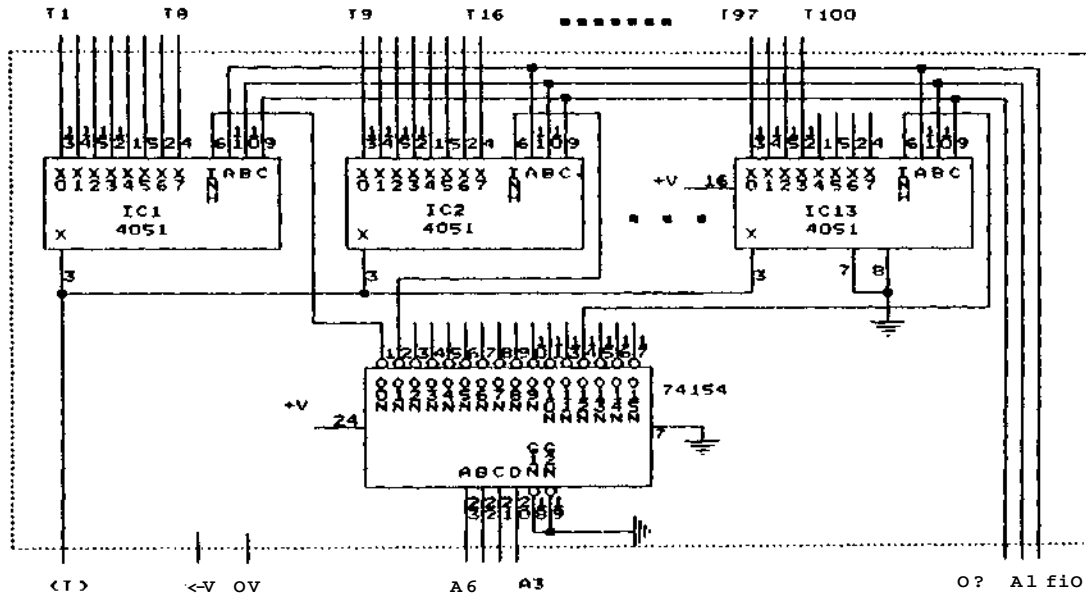
A/D çevirici devresinde analog sıcaklık bilgisi sayısal olarak çevrilmektedir. Çevirici

elemanı ADC0804'tür. Bu 8 bitlik bir çevirici olup, okunan analog bilgi 256 değişik seviyede ölçülebilmektedir [4]. ADC0804 sıralı yaklaşım tekniği (SAR) ile çalışmaktadır. Sıralı yaklaşım tipi analog sayısal çeviricilerde çevrim zamanı oldukça küçüktür. Ayrıca çevrim zamanı sabit olup, analog sinyalin seviyesinden bağımsızdır. ADC0804'de lojik giriş ve çıkışlar CMOS ve TTL seviyesindedir.

Sınırların aşılması durumunda devreye girecek olan uyarı devresi de bu elektronik kart üzerindedir. Uyarı devresi 555 tümdevresi ile yapılmıştır. 555 osilatör ve zamanlama devreleri tasarımında yaygın şekilde kullanılan bir tümdevredir.

A/D çevirici devresinde ADC0804 tümdevresinin 9 numaralı ayağına (örnekleme için referans gerilim ucu), ayarlanabilir gerilim verilmektedir. ADC0804'de çıkış sayısal bilgisinin değişim aralığı giriş geriliminin değişim aralığını takip eder. 9 numaralı uçtaki gerilim ayarlı yapılarak giriş gerilimi sınırları da ayarlanmış olur.

Seçim devresinin esası, 74HC154 kod çözücü ile CD4051 analog MUX/DEMUX'dır. CD4051 MUX sayısal kontrollü analog anahtarlardan oluşmaktadır. Anahtarların ON empedansı düşük ve OFF sızıntı akımları çok küçüktür. Seçim devresinde kod çözücü ve MUX/DEMUX'a ait seçme uçları (chip select) bilgisayara bağlıdır. Dolayısıyla hangi sıcaklık ölçerden bilgi alınacağını, seçim devresi doğrudan bilgisayardan yapılan seçmeye göre belirleyecektir.



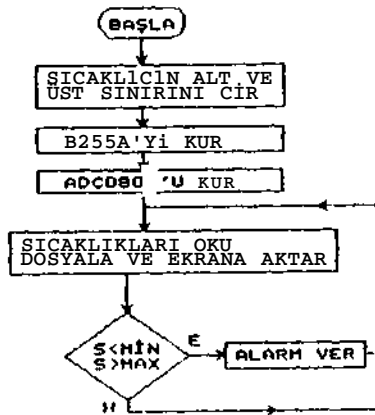
Şekil 3 : Secim kartı açık seması

4. SİSTEM YAZILIMI

Sistem yazılımını temel olarak üç kısımdan oluşmaktadır. Öncelikle sıcaklık ölçme sisteminin bilgisayarla kontrolü gerçekleştirilmiştir. Daha sonra ölçme sırasında elde edilen verilerden bir veri dosyası oluşturulmuştur. Yazılımın en son safhasında elde edilen verilerin grafiksel dökümleri (yazıcı ve ekran çıktıları) alınmıştır.

işlemi gerçekleştirilmiştir. Burada 8255A birimleri Mod ü (temel giriş/çıkış)'da çalışmaktadır.

Sistem programının çalışması sırasında kontrol birimlerinden elde edilen veriler istenildiğinde çıktıların elde edilmesi amacıyla bir veri dosyasına kaydedilir. Bu sırada parametre değerlerinin sınırları da kontrol edilir. Sınırların aşılması durumunda alarm devresi ile kullanıcı uyarılır. Sistem programının akış diyagramı Şekil 4'de verilmiştir.



Şekil 4: Program akış diyagramı

Sistem yazılımında ilk olarak IBM PC arabirim (interface) kartı üzerindeki 8255A birimlerinin kurulması

5. SONUÇ

Bu çalışmada mikrobilgisayar destekli sıcaklık kontrol ve uyarı sistemi tasarlanıp gerçekleştirilmiştir. Sistem, çok sayıda sıcaklık ölçümlerinin denetlenebilmesi ve toplu olarak bilgisayar ekranında görülebilmesini amaçlamaktadır. Ayrıca devredeki alarm sistemi ile önceden belirlenen sıcaklık sınırlarının aşılması durumunda operatör uyarılabilmektedir.

Hazırlanan yazılım programları yardımıyla, sistemin girişindeki analog işaretler

anında değerlendirilerek ekrana ve yazıcı birimlere aktarılabilir. Böylece harcanan zaman en aza indirilerek kontrol işlemi daha verimli hale getirilmiştir. Geliştirilen bu sistemle, çok sayıda es zamanlı sıcaklık ölçümü gereken işletmelerde güvenilirlik ve verimlilik açısından bilinen manuel sistemlere göre bir çok üstünlükler sağlanmıştır.



Perihan ÖZKAN

KAYNAKLAR

1. ELTMKO, "Otomatik Kontrol Tanıtım Kataloğu", 1991
2. Barry B. Brey, "Microprocessor/Hardware Interfacing and Applications". 1984
3. Kenneth L. Short. "Microprocessor and Programmed Logic". Prentice Hall Inc., 1981.
4. INTEL, "Microprocessor and Peripheral Handbook". 1989
5. NATIONAL SEMICONDUCTOR. "Linear Applications Handbook", 1986

1968'de Kayseri'de doğdu, ilk, orta ve lise tahsilini Adana'da tamamladı. 1986'da Erciyes Üniversitesi Müh. Fak. Elektronik Mühendisliğine girdi. 1989'da aynı fakülteden mezun oldu. Aynı yıl bir özel şirkette Elektronik Mühendisi olarak çalışmaya başladı.

Yrd. Doç. Dr. Mustafa ALÇI

1957'de Kayseri'de doğdu, ilk ve orta öğrenimini aynı şehirde yaptıktan sonra Ank. Yük. Tek. ögr. Okl. Elektronik Bölümünü bitirdi (1979). Bir süre TEK'de çalıştı. Daha sonra Kayseri D.M.M.A. Elektronik Müh. Böl.'nü bitirerek (1983), aynı okulda araştırma görevlisi ve öğretim görevlisi oldu. 1986'da O.D.T'.ü. Elk. Böl. 'de Master'ını ve 1989 yılında Erciyes ünv. Fen Bilimleri Ens. Elektronik Anabilim Dalı'nda Doktorasını tamamladı. TÜBİTAK'ın Doktora sonrası Yurtdışı Bursunu kazanarak İngiltere'ye gitti. Halen Erciyes ünv. Müh. Fak. öğretim üyesi olan yazarın ilgi alanı Elektronik Devre Elemanları ve Sistemler, Mikroelektronik ve Laser Elektroniğidir.