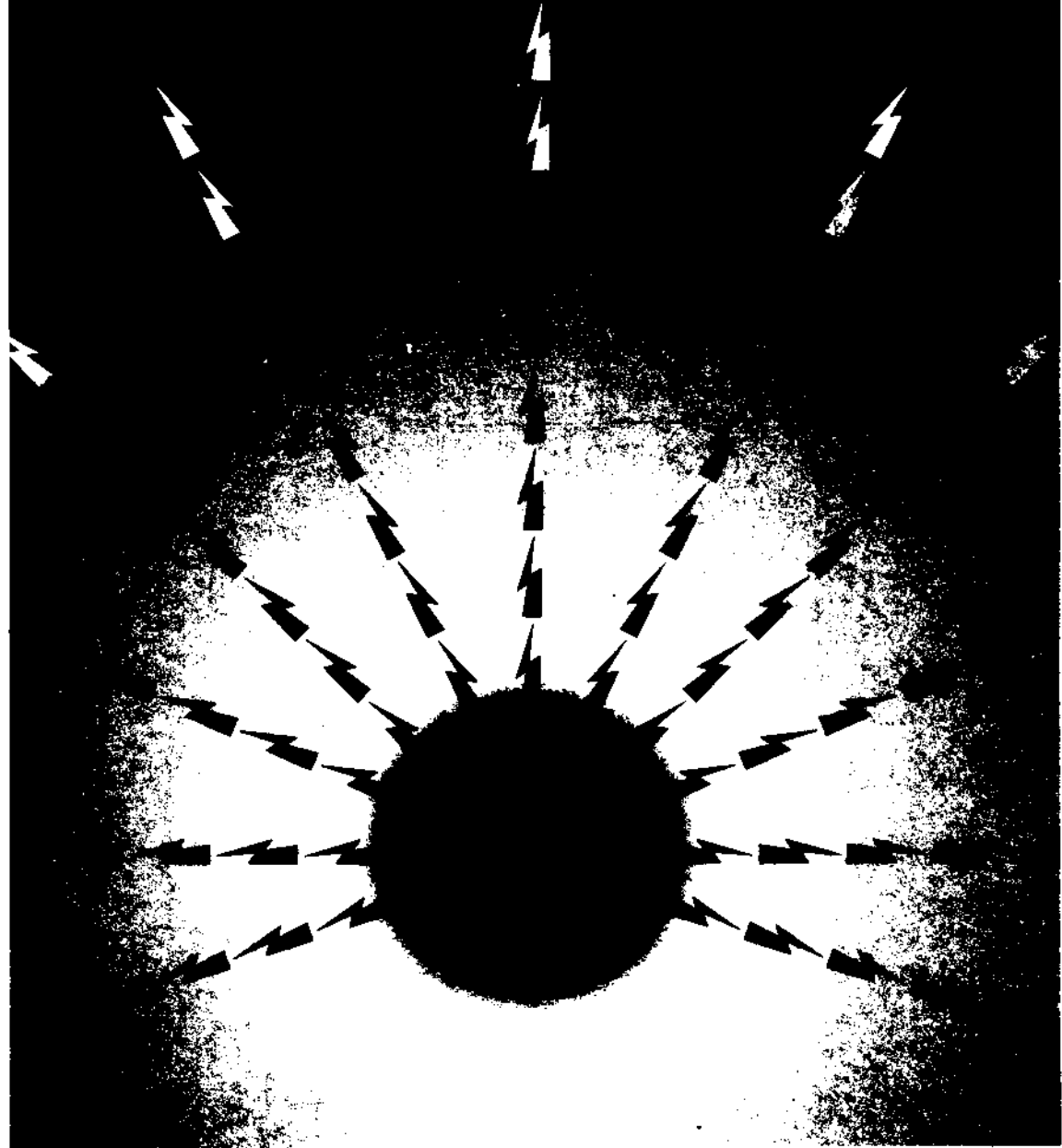


TMMOB ELEKTRİK MÜHENDİSLERİ ODASI

ELEKTRİK - ELEKTRONİK BİLGİSAYAR MÜHENDİSLİĞİ 7. ULUSAL KONGRESİ



TMMOB
ELEKTRİK MÜHENDİSLERİ ODASI
ANKARA ŞUBESİ



ODTÜ
ELEKTRİK -ELEKTRONİK
MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ



TÜBİTAK

ÖNSÖZ

TBMMO Elektrik Mühendisleri Odası Elektrik-Elektronik-Bilgisayar Mühendisliği 7. Ulusal Kongresini ve Sergisini Orta Doğu Teknik Üniversitesi'nde gerçekleştirmiş olmaktan onur ve sevinç duymaktayız. Üniversite olarak kongreye ikinci kez evsahipliği yapmamız bizi fazlasıyla mutlu etmiştir, ama mutluluğumuz asıl geçen süre içinde Odamızın, meslek yaşamımızın ve Üniversitemizin ne kadar gelişmiş olduğunu gözlemekten kaynaklanmaktadır.

Gerçekten de ilgi alanlarımızın çeşitlenmesi, bu alanlarda belli bir beceriye ulaşılmış olması, eskiden güçlü olduğumuz dallarda da gücümüzün sürmesi Elektrik-Elektronik ve Bilgisayar Mühendislerimizin ülke genelinde giderek daha fazla söz sahibi olmaları olgusunu yaratmaktadır. Bireysel basanlarımızın kurumlarımızı da ülke ekonomisi ve gelişmesi bakımından güçlendirmekte olduğu açıktır. Nitekim bu sektörlerde faaliyet gösteren kuruluş sayısı hızla artmaktadır. Bu sayısal gelişmenin nitelik bakımından da aynı hızla sürdüğünü görmek sevindiricidir. Kongremiz ve sergimiz bunun en somut kanıtını oluşturmaktadır.

2002 yılların Türkiye'sinin ihtiyaçlarını yakalayabilmek için daha çok şeyler yapılması gerekmektedir. Endüstri-Eğitim Kurumları ve Meslek Odaları arasındaki iletişim ve karşılıklı etkileşimi güçlendirmek gerekmektedir. Bu geçmişe oranla daha sevindirici bir düzeyde sürüyor da olsa henüz gelişmiş ülkelerdeki başarı örneklerinin uzağındadır. Önümüzdeki yıllarda bu konuda daha fazla çabaya ihtiyaç vardır.

Tüm katılımcılara Kongre ve Sergimize vermiş oldukları güç için teşekkür ediyorum. Sizleri Üniversitemizde görmeyi kıvançla selamlıyor saygılarımı sunuyorum.

Prof. Dr. Fatik Canatan
Yürütme Kurulu Başkanı

ELEKTRİK-ELEKTRONİK-BİLGİSAYAR MÜHENDİSLİĞİ
7. ULUSAL KONGRESİ

YÜRÜTME KURULU

Fatih CANATAN (Başkan, ODTÜ)

M. Mete BULUT (ODTÜ)
Cengiz BEŞİKÇİ (ODTÜ)
Gönül SAYAN (ODTÜ)
Cemil ARIKAN (TÜBİTAK)
M. Hacim KAMOY (ASELSAN)
Hüseyin ARABUL (BARMEK)
Aydın GÜRPINAR (ENERSİS)

M. Asım RASAN (EMO)
Cengiz GÖLTAŞ (EMO)
H. Ali YİĞİT (EMO)
Kubilay ÖZBEK (EMO)
M. Sıtkı Çiğdem (EMO)
Funda BAŞARAN (EMO)
Mustafa ÖZTÜRK (EMO)

EDITÖRLER

Fatih CANATAN

Mehmet Mete BULUT

BİLGİSAYAR BİLİMİ VE MÜHENDİSLİĞİNE GİRİŞ DERSİ: FONKSİYONEL BİR YAKLAŞIM

Halit OĞUZTÜZÜN Göktürk ÜÇOLUK
Orta Doğu Teknik Üniversitesi
Bilgisayar Mühendisliği Bölümü
06531 Ankara

ABSTRACT

Institutions adopt different approaches to teaching introductory courses in Computer Science and Engineering. There is an ongoing debate regarding the best way of introducing students, both majors and non-majors, to the fundamentals of the discipline. Middle East Technical University Department of Computer Engineering has recently redesigned its introductory course for the majors. The new approach aims at both developing computing literacy and improving skills for abstract procedural thinking. For the latter the functional programming paradigm provides a convenient vehicle. The experience gained from the 1996-97 Fall semester offering, although limited, is found encouraging.

1. Giriş

Bilgisayar Bilimi ve Mühendisliği (BBM) olgunlaşma sürecini yaşayan bir disiplindir. Müfredat programları sürekli bir değişim içindedir. Disiplinin gelişme sürecine ilişkin kapsamlı bir raporun özeti [1]'de, standart bir müfredat modeli oluşturma çabalarının yeni bir ürünü [2]'de yer almaktadır. Üniversiteye yeni başlayan öğrencilerin BBM alanında aldıkları ilk kredili dersin kapsamının ne olması ve nasıl bir yaklaşımla verilmesi gerektiği akademik çevrelerde yoğun olarak tartışılmaktadır. Bu bildiriye konu olan giriş dersi [2]'de önerilen modelle uyumludur.

Bu bildiriye dile getirilen görüşleri somutlaştırmak amacıyla öğrencilerimizin ev ödevi olarak çözdükleri bir problemten yararlanacağız. Problem $n \times n$ 'lik boş bir satranç tahtasını en çok k tane at kullanarak kaplamaktır. Tahta üzerine konulan bir atın bulunduğu ve tehdit ettiği kareler kaplanmış sayılmaktadır. Atların birbirini tehdit edip etmemesi önemli değildir. Bu problem için Scheme dilinde yazılmış bir program Şekil 1'de sunulmaktadır. Sunulan kod bir öğrencinin ödevinden bazı biçimsel değişiklikler yapılarak uyarlanmıştır. Kullanılan yöntem *backtracking* esasına dayanmaktadır: Başarısızlıkla sonuçlanan adım geri alınmakta ve başka bir alternatif denenmektedir.

2. Giriş Dersi Neleri Amaçlamalı? Kapsamı Ne Olmalı?

öğrenciye kazandırmak istediğimiz yetenekler kısaca, verilen bir problem belirtimini anlama, problemi değişik soyutlama düzeylerinde analiz etme, alternatif çözümler üretme, bu çözümleri bilgisayar üzerinde sinama ve bu sinamanın sonuçlarını değerlendirme yetenekleridir. Dahası, öğrenci bu çalışma içinde yaratıcılık yönünü kullanmalı, zihinsel yeteneklerini zorlamalı, yaptığı işten zevk almalı ve eğitim hayatının bundan sonraki aşamaları için merak ve hevesi uyanmalıdır.

öğrenci karşılaştığı bir problemi çok sayıda küçük adımlar atarak değil az sayıda büyük adımlar atarak çözmeye çalışmalıdır, örneğin, tahtanın belirli bir kaplanma konfigürasyonundan yeni bir atın konulmasıyla başka bir konfigürasyona geçişi tek bir işlem adımı olarak düşünemiyen ve bu fikri doğrudan ifade edebilmelidir. Ö halde öğrenciye vereceğimiz araç onun büyük adımları anlamlı alt-problemlerin çözümleri olarak ayrı ayrı ifade etmesini ve bunları yapay engellere maruz kalmadan akıcı bir şekilde birleştirmesini kolaylaştırmalıdır. Kısaca öğrencinin sentez yapma yeteneğini arttıran bir araç istenmektedir.

Giriş dersinin bir programlama dersine, bunun da bir programlama dilinde kodlama dersine indirgenmesine karşıyız, öğrencilerimize günlük hayatlarında karşılaşacakları teknolojiyi -ileride alacakları derslere sıkça gönderme yaparak da olsan-tanımak durumundayız. Dersin bir kısmı bu nedenle öğrenciyi bizzat kullandığı veya sıkça bahsini duyduğu teknolojiler konusunda bilgilendiren bir "genel kültür" dersi halinde işlenmelidir.

öğrencilere kazandırmayı amaçladığımız temel kavramlar şunlardır: algoritma, bir algoritmanın zaman verimliliği, özyinelemeyle fonksiyon tanımı, fonksiyonlar üzerinde işlem yapma, yordamsal soyutlama, veri tipi soyutlama, özyinelemeli veri yapıları. Bu kavramları verirken fonksiyonel programlama pratiğinden yararlanılmalı ve öğrencilerin bu kavramları hissetmeleri ve kullanmaları sağlanmalıdır. Yoksa öğrencilerden bu kavramlarla ilgili terminolojik tanımları ezberlemeleri

istenmemelidir. Daha sonraki dersler bu kavramları teknik ayrıntılarıyla işleyerek pekiştirecektir.

3. Niçin Fonksiyonel Programlama?

Programlama dili, problemin dünyası ile bilgisayarın dünyasını birbirine bağlayan bir ortam sunar. Dil işlemcisi, bu bağlantının gerektirdiği çeviri ve/veya yorumlama işlevlerini yerine getirir. Dilin problem dünyasına yakın olması, bir yandan çözüm yöntemimizi ifade etmemizi ve bunu diğer insanlara da iletmemizi kolaylaştırırken öte yandan bilgisayar kaynaklarını en verimli şekilde kullanmamızı zorlaştırır. Dilin bilgisayarın dünyasına yakın olması ise tersine bir etki yaratır. Bu tartışma kapsamında, yelpazenin alt ucunda birleştirici dillerini, üst ucunda ise kısıt programlama dillerini düşünebiliriz. Bilgisayar kaynaklarını verimli şekilde kullanmak birçok endüstriyel uygulama için kritik öneme sahiptir ve mühendislik eğitiminin bunu gözardı etmesi düşünülemez. Ancak başlangıç düzeyinde verimlilik kavramının asimtotik anlamıyla sınırlı tutulması yeterlidir, ilk dilin yelpazenin alt ucuna yakın imperatif bir dil olması (Basic, Pascal, Fortran, C vb.) öğrencinin soyut düşünme gücünü kısıtlayıcı bir etki yapmaktadır, çünkü öğrenci problemin çözümünü düşük soyutlama düzeyindeki işlemler cinsinden ifade etmeye zorlanmaktadır. Yelpazenin üst ucuna yakın olan, örneğin Prolog gibi mantıksal dillerde ise programlama, problemin bilgisayarda işletilebilir bir belirtimini ifade etmeye yönelik deklaratif bir tarz almaktadır. Endüstride belirleme, prototipleme, doğrulama, otomatik kod üretme gibi uygulamalar açısından deklaratif programlamanın önemi açıktır. Ancak başlangıç düzeyindeki öğrencinin soyut düzeyde fakat yordamsal düşünme yeteneğini geliştirmek daha öncelikli bir hedeftir. Yelpazenin ortalarında gördüğümüz fonksiyonel programlama dilleri hem algoritmik süreçlerin ifadesine hem de deklaratif tarza yakınlık göstermektedir. Fonsiyonel paradigmayı başlangıç düzeyi için cazip hale getiren diğer özellikler aşağıdaki paragraflarda açıklanmaktadır.

Fonksiyonel programlama fonksiyon tanımlama ve uygulamanın en temel işlemler olduğu bir programlama paradigmasıdır. Bu paradigmada değişkenler matematikteki değişkenlerden, fonksiyonlar matematikteki fonksiyonlardan farksız davranır. Fonksiyonlar yaygın bir deyimle "birinci sınıf vatandaş" statüsündedir; daha açık bir deyişle fonksiyonlar başka fonksiyonlara girdi olabilirler ve bir fonksiyon uygulamasının sonucu olarak üretilebilirler. Bir program, imperatif paradigmada olduğu gibi bellek içeriğini değiştiren adımların sıralanmasından değil, belirli bir referans ortamında yapılan tanımlamalar ve hesaplanan ifadelerden oluşmaktadır. Bir programın çalıştırılması, bir ifadenin mevcut referans ortamında hesaplanmasından ibarettir.

Örneğin, Şekil 1'deki program 7 adet fonksiyon tanımından ibarettir. En üst düzeyde kapla adı verilen fonksiyon bulunmaktadır. Diyelim ki 5x5'lik bir tahtanın 6 atla kaplanması probleminin çözümü (kapla 5 6) ifadesinin hesaplanması sonucunda elde edilmektedir. Bu ifadenin anlamı kapla fonksiyonunun 5 ve 6 argümanlarına uygulanmasıdır. Bu uygulama tanımlanmış diğer fonksiyonların uygulanmasını da içermektedir.

Dilin semantik kuralları, öğrencinin matematiksel sezgisine başvurularak inandırıcı bir tarzda açıklanabilmektedir. Ülkemizde merkezi sistemle BBM ile ilgili bölümlere yerleştirilen öğrencilerin matematik temelleri göreceli olarak iyi durumdadır. Öğrencilerin matematik kavramlarına yakınlıkları fonksiyonel paradigma yaklaşımının yararlandığı bir kaldıraç noktası olmaktadır. Aynı zamanda öğrencilerin lise matematik bilgileri içinde yer alan fonksiyon tanımlama ve uygulama kavramlarının formelleştirilmesi, küme ve dizi kavramlarına, sembolik mantık işlemlerine ve tümevarım mekanizmasına operasyonel yorum kazandırılması öğrencilerin matematik yönünden olgunlaşmalarına katkıda bulunmaktadır. Şekil 1'deki programda, anılan matematiksel kavramların bir çoğu rol oynamaktadır.

Bir programın zaman verimliliği, girdi büyüklüğünün bir fonksiyonu olarak, çoğu zaman açıklıkla görülebilmektedir. Çünkü verimlilik analizi fonksiyon uygulamalarının sayılmasına indirgenmektedir.

4. Hangi Programlama Dili?

Giriş dersinin amacının herhangi bir programlama dilini öğretmek olmadığını savunuyoruz. Ancak bir problemi çözmek için bir yöntem tasarlayan öğrencinin bunu bilgisayarda çalıştırması için bir araca gereksinimi vardır. Bize göre bu iş için en uygun araç bir fonksiyonel programlama dilidir. Belirli bir programlama dilinin seçimi ise taktik düzeyde bir karardır. Birçok eğitim kurumunda başlangıç düzeyinde kullanılan fonksiyonel diller arasında Scheme, Miranda, ML ve Haskell sayılabilir. Bu dillerin her biri ders kapsamında vurgulanan kavramları doğrudan desteklemektedir. Bizim Scheme dilini seçmemize etken olan nedenleri iki grup halinde belirtebiliriz: dilin kendi özellikleri ve pragmatik ölçütler. Pragmatik ölçütler arasında şunları sayabiliriz:

- dilin kullanımında, daha önemlisi fonksiyonel paradigmada, deneyimli öğretim üyeleri ve yardımcıların mevcut olması,
- dili esas alan üstün kaliteli bir ders kitabının ve başlangıç düzeyindeki diğer kaynakların bulunması,
- dil işlemcisinin lisans sorunlarına yol açmadan elde edilebilir, kopyalanabilir ve öğrencilerin erişebilecekleri platformlara taşınabilir olması.

Modern bir Lisp türevidir olan Scheme eğitim amacıyla bir çok kurumda kullanılmaktadır. Scheme dilinin en olumlu bulduğumuz, aslında diğer fonksiyonel dillerde de paylaşılan özelliğini kısaca şöyle belirtebiliriz: ifadede basitlik ve güçlülüğün bir arada olması.

Basit sözdizim: Dilin sentaksı tasarlanırken minimalist bir yaklaşım izlenmiştir. Bu nedenle öğrenciler dilin yazım kurallarını zahmetsizce öğrenmektedirler. İlk ders saatinin sonunda basit matematiksel hesaplamaları yapar duruma gelmektedirler. Daha sonra dilin bir özelliği tanıtılırken buna ilişkin sözdizim yapısı öğrencileri şaşırtmamaktadır, çünkü sentaks dili tasarlayanların estetik anlayışına bağlı tercihlerle değil minimalist ilkeye göre belirlenmektedir. Veri tiplerinin sadeliği ve dinamik olarak denetlenmesi, dil işlemcisinin hız (gerek dil işlemcisinin ürettiği kodun hızlığı gerekse dil işlemcisinin kendi işini daha hızlı ve kolay yapması anlamında) kaygısından kaynaklanan ayrımlarla öğrencinin kafasının meşgul edilmemesini sağlamaktadır. Örneğin, öğrencinin tamsayı reel sayı ayrımını öğrenmesi, değişkenlerini buna göre tanımlaması ve bu farkı her an kafasında canlı tutması, sayısal hassasiyet söz konusu olmadıkça, gerekmemektedir, öte yandan *prefix* notasyonu işlemlerin öncelik ve birleşme özelliklerini hatırlama sorununu ortadan kaldırmaktadır. Kısaca, zorunlu bir nedeni olmayan, sadece konvansiyon olarak öğrenilmesi gereken kurallar en aza indirgenmiştir. Böylece öğrenci tüm dikkatini çözüm yönteminin matematiksel özüne yordamsal bir bakış açısıyla yöneltebilmektedir.

Etkileşimli ortam: Dilin gerçekleştiriminde sıkça izlenen yol yorumlamadır. Yorumlayıcı ile etkileşimli olarak çalışma ortamı geribildirim almayı çabuklaştırdığından öğrenme süreci hızlanmaktadır. Etkileşimli ortam öğrenciyi değişik seçenekler üretmeye ve bunları hemen denemeye teşvik etmektedir. Hata mesajları tek bir kaynaktan çıkmaktadır. Derleme, bağlama gibi uğraşılacak problemlerle ilgisi olmayan işlemler yoktur. Hatta ilk alıştırmalarda editör kullanmaya dahi gerek yoktur.

Scheme, Lisp ailesi içinde en çok Common Lisp'e yakındır. Scheme, bir endüstri standardı olan Common Lisp'ten çok daha sade olmakla birlikte eğitim amacıyla sınırlandırılmış bir oyuncak dil değil, aksine güçlü bir algoritmik programlama dilidir. Güncel tutulan bir referans dokümanı [3] ve buna dayalı bir resmi standardı (IEEE 1178-1990) mevcuttur. Bol miktarda örnek kod elde etmek mümkündür. Hızlı ilerleyen öğrenciler kendi başlarına Scheme dilinin özelliklerini keşfe çıkmaktadırlar. Ayrıca, öğretimde kullanılan dilin endüstriyel bağlantısı olan bir dil olması öğrenci motivasyonunu olumlu yönde etkilemektedir.

```

;;; nxn'lik satranç tahtasını
;;; en çok k atla: kapla:
(define (kapla n k)
  (yerleştir k (bos-tahta n n)
             (bos-tahta n n)))

; k atı mümkün 'hamleler'le 'yerleştir'erek
; 'aciklar'ı kapat:
(define (yerleştir k aciklar hamleler)
  (cond
   ((null? aciklar) '())
   ((= k 0) 'basarisiz)
   (> (length aciklar) (* 9 k)) 'basarisiz)
  ((null? hamleler) 'basarisiz)
  (else
   (let ((alt-cozum (yerleştir (- k 1)
                               (kalan aciklar (car hamleler))
                               (cdr hamleler))))
     (if (equal? alt-cozum 'basarisiz)
         (yerleştir k aciklar
                   (cdr hamleler))
         (cons (car hamleler)
               alt-cozum))))))

; 'konum' konumuna bir atın konulmasından
; sonra acik 'kalan' kareler:
(define (kalan aciklar konum)
  (let ((kapali (kapat konum)))
    (filter (lambda (a)
              (not (member a kapali)))
            aciklar)))

; 'konum' karesindeki atın kapattığı
; kareler:
(define (kapat konum)
  (let ((sutun (car konum))
        (satir (cdr konum)))
    (üst konum
     (cons (- sutun 1) (- satir 2))
     (cons (- sutun 1) (+ satir 2))
     (cons (+ sutun 1) (- satir 2))
     (cons (+ sutun 1) (+ satir 2))
     (cons (- sutun 2) (- satir 1))
     (cons (- sutun 2) (+ satir 1))
     (cons (+ sutun 2) (- satir 1))
     (cons (+ sutun 2) (+ satir 1))))))

;;; Destekleyici Fonksiyonlar
; 11 ve 12 kümelerinin kartezyen carpimi:
(define (carp 11 12)
  (if (empty? 11) '()
      (append
       (map (lambda (s)
              (cons (car 11) s)) 12)
       (carp (cdr 11) 12) )))

; [p,q] tamsayı aralığını üret:
(define (aralik p q)
  (if (> p q) '()
      (cons p (aralik (+ p 1) q) )))

; n1xn2 boyutlarında bos bir tahta yarat:
(define (bos-tahta n1 n2)
  (carp (aralik 1 n1) (aralik 1 n2)))

```

ŞEKİL 1: örnek bir Scheme "programı".

Bir programlama dilini eğitim amaçlı kullanırken yeni başlayan öğrenciye bazı üst düzey veri tipleri (örneğin doğal dillerle ilgili olarak kelime, cümle gibi veri tipleri) sunulması, öğrencinin dilin anlaşılması nispeten zor ayrıntılarına boğulmadan ilginç problemlerle uğraşmasını sağlamaktadır. Dersin ileri aşamalarında bu veri tiplerinin yine dilin kendi olanaklarıyla nasıl gerçekleştirildiğini göstermek hem öğrencinin teknik bilgisini pekiştirmekte hem de öğrenciye "uygulama alanına uygun özel notasyon yaratma" kavramını hissettirmektedir. (Standard dili bilen okuyucuların incelemesini kolaylaştırmak amacıyla, Şekil 1'deki programda öğrencilere sağlanan kullanımı daha kolay fonksiyonlar yerine bunların standard karşılıklarına yer verilmiştir.)

5. ODTÜ Deneyimi

Orta Doğu Teknik Üniversitesi Bilgisayar Mühendisliği Bölümü 1996-97 öğretim yılının birinci döneminden başlayarak CENG111 kodlu "Bilgisayar Mühendisliği Kavramlarına Giriş" dersinin yeni yaklaşım ve içerikle verilmesini benimsedi. Bu bildirinin yazarları, üç araştırma görevlisinin yardımıyla dersi yürüttüler. 90 birinci sınıf öğrencisi, iki grup halinde haftada üç saat derse girdiler, beş grup halinde haftada iki saat iş istasyonu laboratuvarında çalıştılar. Bu laboratuvarın imkanları, 18 Sun iş istasyonu ve bir dosya sunumcusundan oluşmaktadır. Laboratuvar saatleri dışında öğrenciler bölümün ve üniversitenin diğer olanaklarından, özellikle PC laboratuvarlarından, yararlandılar.

Dönemin ilk dört haftasında bilgisayar mimarisi, işletim sistemi ve diğer sistem yazılımları ana hatlarıyla derslerde anlatıldı. Laboratuvar saatlerinde öğrencilere bilgisayarın temel parçaları tanıtıldı; Unix işletim sistemi, X pencereleme ortamı ve bundan sonra sıkça kullanacakları programlar (w editörü, tin, elm vb. haberleşme yazılımları gibi) temel kullanım düzeyinde öğretildi.

Dönemin kalan on haftası boyunca fonksiyonel paradigmaya dayalı olarak temel programlama eğitimi yapıldı. Bu aşamada ders kitabı olarak [4], yardımcı kaynak olarak [5] kullanıldı, öğrenciler derslerde kavramlarla tanıştılar; laboratuvarında bu kavramları gerektiren problemleri bilgisayar başında bireysel çalışarak asistanların gözetimi altında çözdüler. Problemlerde sayısal ve sembolik hesaplamaya eşit ağırlık verildi.

Öğrencilerin karne notları; üç ev ödevi, laboratuvar ödevleri, iki ara sınav ve bir final sınavının bileşkesi olarak ortaya çıktı. Orta-geçer anlamına gelen CC ve üzerinde not alanlar %74 oranındayken dersi tekrarlamak zorunda kalanların oranı %10'da kaldı.

Öğretim elemanları ve öğrenciler aralarında kesintisiz iletişim için bölümün ortak dosya sisteminde

kurulu bir haberleşme grubundan, elektronik posta olanağından ve *wohd wide* weö'den yararlandılar. (Ders ile ilgili [www](http://www.ceng.metu.edu.tr) sayfasına <http://www.ceng.metu.edu.tr> URL'inden ulaşılabilir.)

Bölümde aynı dönem verilen CENG100 kodlu yönlendirme dersi, aynı öğrenci grubuna bilgi teknolojileri, bilgisayar mühendisliği disiplini ve mesleği, üniversite ve bölüm hakkında tanıtıcı bilgiler vermesinin yanısıra bilgisayar okur-yazarlığı, Internet kullanımı gibi beceriler de kazandırarak CENG111 dersini bütünüyle.

Bir dönemlik deneyim kesin sonuçlardan söz etmek için elbette ki kısadır. İleri sınıflardaki öğrencilerin Özümlemekte zorlandığı kavramları yeni başlayan öğrencilerin büyük bir doğallıkla benimseyip kullandıklarını gördük. Akademik başarılarının ötesinde, öğrencilerimizde dönem boyunca gördüğümüz şevk ve heyecan doğru yolda olduğumuza dair bizde bir kuşku bırakmamıştır.

TEŞEKKÜR

Dersin işlenişinde önemli katkıları olan araştırma görevlileri İlker Altıntaş, Selçuk Şenkul ve Hasan Ulusoy'a teşekkür ederiz.

REFERANSLAR

1. Hartmanis, J. (editör) *Computing the future*. Summary report of the Committee to Assess the Scope and Direction of Computer Science and Technology of the National Research Council, *Communications of the ACM* 35, 11 (November 1992), 30-40.
2. Walker, H.M. and Schneider, G.M. A revised curriculum for a liberal arts degree in computer science, *Communications of the ACM* 39, 12 (December 1996), 85-95.
3. Clinger, W. and Rees, J. (editors) *Revised^d Report on the Algorithmic Language Scheme*. November 1991. URL: <http://www-swiss.ai.mit.edu/scheme-home.html>.
4. Harvey, B. and Wright, M. *Simply Scheme: Introducing Computer Science*. MIT Press, Cambridge, Massachusetts, 1994. ISBN 0-262-08226-8.
5. Friedman, D.P. and Felleisen, M. *The Little Schemer*. MIT Press, Cambridge, Massachusetts, 1996 (4th edition). ISBN 0-262-56099-2.

MÜHENDİSLİK SÜREKLİ EĞİTİMİNİN ANALİZİ VE ELEKTROMAGNETİK UYUMLULUK EĞİTİMİ

Prof. Dr. Selim ŞEKER
Boğaziçi Üniversitesi, Elektrik-Elektronik Müh. Bölümü
80815 Bebek, İstanbul, Tel:(0-212) 263 15 00/1853, Fax:(0-212) 287 24 65

TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezi (UEKAE)
41470 Gebze, Kocaeli , Tel:(0-262) 641 23 00/3102, Fax:(0-262) 641 23 09

ABSTRACT

This article will focus on continuing engineering education especially on electromagnetic compatibility (EMC) education and evaluation of training capabilities. The role of electrical and electronic devices in our everyday lives has grown up tremendously. The deleterious consequences of rapid development brought us electromagnetic pollution. Unacceptably high /eve/ of it can prevent electrical and electronic devices, apparatus and systems from operating properly.

This work explores the education needs of the electrical engineer and industrial communities and makes recommendations for the development of material as well as a course in EMC at a university in an electrical engineering program to meet those needs by utilizing adult oriented techniques.

1.GİRİŞ

Yıllardır,elektromagnetik uyumluluk (EMU) konusunda çalışacak ya da bu konuda zaten çalışmakta olan insanların eğitimi çabası, Avrupa'da, ABD'de ve diğer kalkınmış ülkelerde devam etmektedir. Bu çabalar, belirli sıklıktaki seminer, kitap veya makaleler ile yüksek eğitim kurumlarının çok azında verilen derslerle sınırlı kalmıştır.

1985 yılında, IEEE EMU eğitim komitesi ve IEEE öğrenci kolları tarafından 350 üniversitede yapılan bir araştırmaya katılan üniversiteler içerisinde sadece yüzde 2.4'lük bir kısmında EMU'ye yönelik eğitim verildiği, yüzde 21'lik bir kısmında ise diğer birtakım derslerde EMU'ye yönelik bilgilerin kapsandığı bildirilmiştir. Araştırmaya katılan üniversitelerin yüzde 75'lik bir kısmı ise bu konudaki eğitim gerekliliğinde hemfikir olmuşlardır.Araştırmaya katılan üniversitelerin yüzde 75'i EMU konusunda ders verilmesini gerekli gördükleri halde, neden sadece yüzde 2.4'lük bir kısım bu konuda ders vermektedir? Bu sorunun cevabı beş sebebi beraberinde getirir: Bunlar, zaten oldukça yüklü olan

elektrik mühendisliği eğitiminde yeni bir ders için zaman olmaması; konu hakkında bilgili hocanın olmaması; uygun eğitim kaynaklarının bulunmaması; eğitim kaynaklarıyla gerekli bağı kurulmamış olması ve öğrencilerin konuya alakasız kalmış olmalarıdır. Öğrenciler konudan uzak tutuldukları için, konuya ilgi duymaları imkansızlaşmıştır. Buna ilave olarak, öğrenciler temel EM alan teorisi derslerine sıcak bakmamakta ve bu konuların minimum uygulamaya sahip olduğuna inanmaktadır. Sonuç olarak, EMI/EMU konusu öğrencilere çekici gelmemekte ve öğrenciler bu konudaki iş imkanlarının bol olmadığına inanmaktadır.

Mikrominyatürleşme EMU'yu daha kompleks bir hale getirdikçe, kuruluşlar diğer kamu ve özel kurumların deneyimli kadrolarından EMU uzmanları aramaya başlamışlardır. Ya da, konu üzerine geçmişte eğitim almamış mühendisler EMU pozisyonlarına atanmaktadır ki, bu daha sıklıkla görülen bir uygulamadır. Bu nedenle, gittikçe artan bir sayıda EMU profesyonel personeli, kısa süreli kurslara ve diğer eğitim programlarına, işlerinde alamadıkları EMU uzmanlık eğitimini edinebilmek için kaydolmaktadırlar. EMU alanına bir kere girdikten sonra yeni personel ve uzun dönemli personel de dahil tüm çalışanların daha fazla eğitim alması gerekli olmaktadır. Genelde, EMU topluluğunun üyeleri birbirinden ayrı ortamlarda bulunmaktadır. Etkili servis içi-öğrenim bu sorunun çözümüne yardımcı olur ve işlerin daha kolay, çabuk ve karlı bir şekilde gerçekleşmesini sağlar. Böylece verimlilik ve randıman da arttırılmış olur. işle ilgili bu tip yararlarının yanısıra, servis içi-öğrenim, kuruluş morali açısından da iyidir ve halkla ilişkilerin pozitif anlamda gelişmesini sağlar. Kuruluşlar, eğitim ve öğrenim konusunda izledikleri politikaların, günümüz genç kadrolarının iş beklentilerini temsil eden "iş memnuniyeti" nin önemli birer unsuru olduğunu farketmelidirler. işlerinin bu şekilde zenginleştirilmesi, onların kuruma ve endüstriye olan bağlılıklarının yanı sıra işlerine karşı olan tutumlarını ve kişisel ve ekonomik tatmin duygularını da etkileyecektir.

Bu yazıda EMU (Elektromagnetik Uyumluluk) için eğitimin ve yetiştirmenin gerekliliği tartışılmaktadır. Bu tartışma şu anda kullanılan eğitim sisteminin ve elektronik endüstrisinin ihtiyaçları göz önüne alınarak yazılmıştır. EMU konusunda eğitimin ve yetiştirmenin gerekli olmasının üç önemli nedeni vardır. Bunlar: Elektronikte ve tasarımda meydana gelen gelişmeler, Endüstride karşılaşılan sorunlar ile EMU ve diğer standartlar ile ilgili Avrupa direktifleri

2. EMU EĞİTİMİNE GENEL BAKIŞ

EMU yeni bir takım prensiplerin uygulanması değil fakat temel prensiplerin belirli uygulamaları olduğundan, EMU'nun üniversitelerdeki standart programa alınması gayet kolaydır. EMU, ideal olarak mühendislik eğitiminde öğrenilen temel prensiplerin ve bilgilerin uygulamasıdır diyebiliriz. [1-2] Analog ve sayısal devre tasarımı, mikro işlemciler, haberleşme teorisi, sinyal ve sistemleri, elektromagnetik alan teorisi, elektrik güç sistemleri, taşıma hatları, antenler ve mikrodalga devreleri gibi dersler EMU'nun kavram ve prensipleri içinde yer alırlar. EMU sözü edilen teorik derslerin pratik uygulamaları olduğundan öğrencilere yararları çoktur. Öğrencilerin programlarında gördükleri çeşitli kavramların EMU elde etmek için devre veya sistem tasarımında nasıl bir uyum içinde kullanıldığını görmeleri açısından eğitimlerinde EMU dersleri bulunmalıdır.

Değişik eğitim seviyeleri ve dersleri 5 tipik sınıfa ayrılabilir.

- 1— EMU ile ilgili lisans dersleri.
- 2— Yüksek lisans dersleri.
- 3— EMU'da yüksek lisans.
- 4— Endüstri için kısa yetiştirme kursları.
- 5— Endüstride özel olarak yönlendirilmiş ve işyerlerinde verilen yetiştirme kursları.

Bu kısa özetten de anlaşıldığı gibi, bu kursların büyük bir kısmı geniş spektrumunu olan EMU konusunu kısa sürede tanıtmaya yönelik olarak tasarlanmıştır. Ayrıca, EMU konusunda karşılaşılan sorunların pratik çözümlerini tanıtan bir çok kurs vardır. Ama bunlar ayrıntıları derinlemesine incelememektedir. Sadece yüksek lisans derslerinde derinlemesine inceleme yapılmaktadır.

3. YETİŞKİNLER VE EĞİTİM

Yetişkinlerin eğitimi çocuk ve gençlerin eğitiminden çok farklıdır. Eğitimciler ve idareciler yetişkinlere dayalı eğitim teknikleri kullanarak öğrencilerin tutum, davranış ve performansını

iyileştirebilirler. Bu bölüm, çalışanların eğitimiyle ilgili olup yetişkinleri eğitme teknikleri ve öğrenme işlemine bir giriş niteliğindedir.

Burada amaç eğitimci, denetimci veya idarecilerin, eğitim kalite ve verimliliğini iyileştirebilmelerini sağlayacak yöntemler tavsiye etmek ve onlara görevlerinin sadece idare etmekten ibaret olmadığını, aynı zamanda kişilerin beceri, tutum, düşünme yöntemleri ve işlerini daha iyi kavramalarını ve daha büyük bir şevk ve verimlilikle yapmalarını sağlayacak kaliteli kişilik kazanılmasında yardımcı olmalarını vurgulamaktır.

3. 1. Performans

Eğitim, genel olarak belli becerilerin eğitime doğru miktarda, doğru yerde, doğru seviyede, doğru araçla aktarılması ve bu becerilerin uygulamasını makbul bir performans seviyesine çıkartmak şeklinde tanımlanır. [3] Belli becerilerin aktarımı, "makbul bir performans seviyesi" alabilmek ümidiyle yapılan kasıtlı bir girdidir. Aynı zamanda bu tanım, eğitilenin girdiyi kabul ettiği, performans çıkışı sağlayacak şekilde bu girdiden birşeyler öğrendiği ve değişik yöntemler veya geribeslemeyle kendisine yol gösterildiğini ifade etmektedir.

Performans, kabiliyet ve motivasyon çarpımının bir fonksiyonu olarak tanımlanabilir. Bu durumda sorun, yukarıda tanımlandığı şekliyle performans probleminin bir bilgi eksikliği mi yoksa bir davranış ve motivasyon problemi mi olduğunun tesbiti sorunudur. Standart altı performans, (1) daha düşük kabiliyet veya becerinin (2) düşük motivasyonun (3) yüksek motivasyonun aşırı canlılık veya kuruntu şeklindeki bozulmasının veya (4) motivasyon kabiliyetinin bir başka parametrelerinin fonksiyonu olabilir.

2000 yılıyla birlikte, bir insanın hayatında pek çok defa kariyer değiştireceği öngörülüyor. Bu durumda mesleki hayatımızdaki yeni basamaklar için kendimizi sürekli eğitmeliyiz. Sürekli eğitimin çıkış noktası işte bu gerçektir. Bütün hayatımız için liseden veya üniversiteden sadece bir defa derece almamız artık yeterli olmayacaktır. Sürekli eğitim, modern dünyanın bir gereksinimi olmuştur.

3. 2. Yetişkinlerin Eğitimsel Özellikleri

Bilgi (kabiliyet) veya beceri geliştirmek, bir eğitim programından beklenen tipik sonuçlardır. Ancak bu, motivasyona ne şekilde ilişiktir. Motivasyon, hareket ve aksiyona teşvik eden bir iç dürtü olarak tarif edilir. Bu nedenle kişinin, öğrenmesini gerekli gördüğü şey hususunda kendisini

teşvik veya "tahrik" edebileceği 'çevre' veya 'atmosferi' oluşturmak gereklidir. Bundan sonraki soru, yetişkinler için eğitim programları düzenlerken bu bilgiden, kavranmış olan ihtiyaçlarla ilişkili olarak ne şekilde istifade edilebileceğidir. Farklı üniversitelerde, yetişkinlerin öğrenmesi üzerine geniş çalışmalar yapılmıştır. Bu çalışmalardan, yetişkinlerin öğrenmesine ilişkin hususi yol ve onların öğrenmeyi ihtiyaçlara ne şekilde ilişkilendirdiklerine dair sekiz konu özetlenebilir. [2-3]

1. Yetişkinler öğrenmeyi istemlidirler.
2. Yetişkinler yalnızca öğrenilmesi gereğini hissettikleri şeyi öğrenirler.
3. Yetişkinler uygulayarak öğrenirler.
4. Yetişkinlerin öğrenimi problemleri merkeze alırlar.
5. Tecrübe yetişkinlerin öğrenimini etkilemektedir.
6. Yetişkinler en iyi, resmi olmayan ortamlarda öğrenirler.
7. Yetişkinlere öğretirken değişik metotlar kullanılmalıdır.
8. Yetişkinler derece veya not değil, yol gösterilmesini isterler.

Yukarıda sözü edilen prensipler doğrultusunda, yetişkinlerin fizyolojik (zeka, duyma, anlama, vs.) farklılığını nazara alan ihtiyaçlarına göre düzenlenmiş programlar başarılı olmaya daha yakındır. Yetişkinlerin öğrenme karakteristiklerine ve bireylerin kültür, yaş, bilgi yönünden farklılığına dayalı malzeme sunan eğitimciler, öğrencileri motive edebilirler, anlamlı problemlere yönelik bilgiler verebilir ve bilgilerin hafızada daha kalıcı olmasını sağlayabilirler. Eğitim, esneklik, geribesleme, ortam ve daha fazla talep eden nitelikleriyle beraber değişik yaş gruplarına göre uygulanmalıdır.

4. EĞİTİM DERSLERİNİN İÇERİKLERİ

Bu bölümde üniversitelerde verilen EMU dersleri tanıtılmaktadır. Bu derslerin büyük bir kısmında öğretim görevlilerinin kendi ders notları ve/veya iyi bilinen ders kitapları kullanılmaktadır. Derslerde özel ders notlarının kullanılmasının nedeni, bu derslerin lisans seviyesinde olmaları ve o ülkenin dilinde veriliyor olmalarıdır. Bu durumda bir veya birkaç ders kitabı okunmak ve çalışılmak için referans olarak önerilmektedir.

Bu seviyede verimli olabilmek için: Bu dersler EMU temellerinde başlamalı ve EMU açısından temel fizik ve elektronik olaylarını incelemelidir. Bu dersler, dersin görselliği açısından pratik kurulumları ve temel deneyleri içermelidir. Ayrıca EMU konusunda rastlanan bazı kötü tasarımlara da yer verilmelidir. Bu dersler uygulamalar için tasarım kuralları, pratik ipuçları ve uyarılar, çözüm örneklerini içermelidir.

Eğitim amacıyla hazır basit yazılımlar, çeşitli video kasetler kullanılabilir. Mevcut olan bazı

yazılımlar oldukça basitleştirilmiş sınır koşulları ve kısıtlamaları içerdiği için bunlar bazı özel etkilerin gösterilmesinde kolaylıkla kullanılabilir. Pek çok program ve video kaset özellikle eğitim amacı için geliştirilmiştir.

4.1. Standart Kurslarda EMU

Yukarıda sözü edildiği gibi EMU kavram ve örneklerine mühendislik ders programlarında yer vermek çok yararlı olmaktadır. Genel olarak lisans üstü dersi olarak pek çok ülkede EMU, ders programlarında yer almaktadır. [4-6]

Dersin aşağıdaki konuları içermesi gerekmektedir:

- 1) EMU'ya giriş
- 2) EM Teoriye EMU açısından bakış
- 3) Sinyal ve spektrum
- 4) EM Sinyallerin etki mekanizması.
- 5) Ekranlama ve Filtreleme
- 6) EMU ölçümleri ve Enstrumantasyon
- 7) EMU Standartları ve Kuruluşlar
- 8) EMU sistem tasarımı
- 9) Bazı EMU problemleri

Bu ders, bazı laboratuvar ve bilgisayar deneyleri ile desteklenmektedir. Bu deneyler pratik endüstriyel eğitim şekline haizdirler.

5. ETKİLİ EĞİTİMDE ÖNEMLİ UNSURLAR

Bir eğitim programı düzenlemenin akıllıca bir yolu, dokuz adım ile izah edilebilir. İlk adım, ihtiyaçların belirlenmesidir, ikinci adım, istenen eğitime ilişkin işlemleri tespit etmektir. Anahtar soru, öğrencinin şu anda yapamayıp daha sonra yapabiliyor olması gereken şeylerin ne olduğudur. Kurs içeriğinin belirlenmesi üçüncü adımdır, içeriğin tabiatı, kursa ilişkin materyaller ve eğitime ilişkin hedefler geliştirmeden önce tahlil edilmelidir. Dördüncü adım, kursun yapısını tayin etmektir. Eğitim öncesi potansiyel öğrencilerin istidatları, öğrenme kapasiteleri, olgunluk, okuma kabiliyetleri, eğitime ilişkin ve profesyonel tecrübeleri tahlil edilmelidir. Beşinci adım, eğitimcinin seçilmesiyle alakalıdır. Eğitimcilerin sayısı ve bunların yetki ve eksiklikleri doğru tahlil edilmelidir. Örneğin geniş pratik tecrübesi olan bir mühendisi eğitimci olarak görevlendirmek akıllıca bir seçim olabilir. Bununla beraber eğitimci, kitabı bilgi ve beceriler yerine, mühendislerin tecrübe ve öz güven eksikliğini duydukları konularda pratik çalışmayı vurgulamalıdır. Ayrıca eğitimciler, yetişkinlerin reaksiyonlarına, test sonuçlarına, davranışlarına ve iş yerlerine yapacakları katkılara göre programlarını ayarlamalıdır. Uygun imkanların seçimi altıncı adımdır. İdealde, tertiplenmiş olan eğitim programının, imkanlarının seçimi önceden belirlemesi

gerekir. Yedinci adımdaki özel cihazların seçimi hayal kırıklığına uğratabilir. Tavsiye edilen seçim, programın eğitime ilişkin içeriğini destekleyecek malzemenin seçimidir. Münasip olan zamanın belirlenmesi sekizinci adımdır. Teknik eğitim, belli bir zaman dilimine yayılmış kısa ve yoğun seanslar halinde yapılırsa etkili olabilir. Diğer yandan yoğun ve derinlemesine bir eğitim daha sınırlı bir zaman için programlanabilir. Son ve elzem olan dokuzuncu adım, maliyetlerin belirlenmesidir. Eğer müşteri maliyetleri karşılamaya razı ise, eğitimci müşterinin taleplerini karşılayabilir. Son olarak, eğer hassas bir ihtiyaç analizi ve maliyet/fayda analizi yapılabilirse, bir eğitim programının değerine ilişkin kararlar rahatlıkla alınabilir.

Eğitim programının değerlendirilmesinde kullanılabilecek unsurlar geliştirilmelidir. Her bir unsura 1'den 10' a kadar, 10 en anlamlı olmak üzere, bir değer verilebilir. Benzer şekilde her bir firma her bir unsur için 1 den 10' a kadar bir değer alır. Ağırlıklı ortalamalar belirlendikten sonra münasip olan her bir eğitimci taraf her bir unsur üzerinde değerlendirmeye tabi tutulur, aldığı değer ağırlıklı ortalamayla çarpılır ve bir puan atanır. [7]

6. SONUÇ

Elektronikte, tasarımda ve teknolojide meydana gelen gelişmeler, endüstride karşılaşılan sorunlar, küreselleşmenin ve dünya üzerindeki artan rekabetin oluşturduğu nedenlerden dolayı hızlı bir değişim süreci yaşanmaktadır. Değişime, yeniliklere uyum sağlamak ideal olarak değişimlere önderlik etmek ancak sürekli bir eğitim içerisinde olmakla mümkündür. Bu bir sorun veya tercih olmaktan öte, ihtisaslaşmış kurumlardan karşılanacak doğal bir ihtiyaç olmuştur. Ülkemizde durum yeterli seviyeden çok uzaktır. EMU konusunda, TÜBİTAK-MAM bünyesinde uluslararası özelliklerde ülkemizin ihtiyaçlarına cevap verebilecek, isteyen kuruluşlara testler yapacak ve eğitim verecek bir laboratuvar oluşturulmaktadır.

7. KAYNAKLAR

1. S.S.Şeker, ve O. Çerezci, Elektromagnetik Dalgalar ve Mühendislik Uygulamaları, B.Ü. Yayını NO: 548,1994
2. G.R. Brown, "Adults and Training", ITEM1990, sayfa: 216-220
3. Robert F. Mager, P. Pipe, "Analyzing Performance Problems", Belmont, CA: Fearon Publishers, Inc. 1970
4. D.D. Weiner, "EMC education at Syracuse University", Proc. of the 1992 IEEE Symp. on EMC, Anaheim, CA, 1992 ,sayfa: 168-170
5. C. R. Paul, "Establishment of a university course in Electromagnetic Compatibility (EMC)", IEEE Trans. Edu. Vo. 33, Feb. 1990, sayfa:111-118
6. H. W. Ott ve C. R. Paul, Experiments and Demonstrations in Electromagnetic Compatibility, Education Committee of the IEEE Electromagnetic Compatibility Society, 1992
7. Comeau, " Türkiye'nin Geleceği Sürekli Eğitime Bağlı", F. Technologies, Ocak 1996, sayfa:16-19

Özgeçmiş: 1950 doğumlu Selim ŞEKER Master ve Doktorasını George Washington Üniversitesi, Washington D.C. ABD'de tamamladıktan sonra Boğaziçi Üniversitesi Elektrik ve Elektronik Mühendisliği Bölümüne 1982'de katılmıştır. ilgi alanları Elektromagnetik alanlar ve dalgaların saçılmaları, yayılmaları , biyolojik etkileri, uzaktan algılama ve benzeri konulardır. Cyber Com şirketi (ABD) , Brown Boveri (İsviçre) şirketlerinde, George Washington Üniversitesinde ve NASA'da konusunda ileri düzeyde özgün bilimsel çalışmalar yapmıştır. Araştırma yaptığı konularda yayınlanmış 5 kitap, 9 adet rapor, 40'tan fazla konferans bildirisi, dergilerde yayınlanmış yirmiden fazla özgün makalesi evrensel bilime katkılarının nicel bir ölçüsüdür. Prof. Dr. S. Şeker, insanların Elektromagnetik Alanlara Maruziyeti ile ilgili iki ulusal standart TSE'ye hazırlanmış olup TÜBİTAK-MAM' da Elektromagnetik Uyumluluk konusunda proje danışmanlığı yapmaktadır.

MÜHENDİSLİK EĞİTİMİNDE LİSANS PROGRAMLARININ TASARIMI

ve

KALİTE DENETİMİ (O.D.T.Ü. Deneyimi)

Tuncay BİRAND*, Bülent PLATİN**, Suat UNGAN**

*ODTÜ, Mühendislik Fakültesi Dekanı
**ODTÜ, Mühendislik Fakültesi Dekan Yrd.

ABSTRACT

Principles and procedures underlying the design of undergraduate engineering curricula are given. Development of the "engineering core curriculum" and the curricula of the engineering "departmental programs" at the Middle East Technical University (M.E.T.U.), Ankara are described. The use of "accreditation activities" in assessing and enhancing the quality of education is discussed with special emphasis given to the M. E. T. U experience.

GİRİŞ

Mühendislik lisans eğitim-öğretim programlarının nitelikli mezunlar yetiştirilmesine olanak sağlaması ancak gerçekleştirilen program düzenlemelerinin bazı temel ilkeleri sağlaması ve sürekli kalite denetiminin yapılması ile mümkündür. Bu bildiride, Orta Doğu Teknik Üniversitesi Mühendislik Fakültesinde (ODTÜ-MF) 1993 yılında kabul edilen "fakülte çekirdek programı" ve "bölüm programlarının özellikleri ile kalite denetiminin yapılmasında yararlanılan "Akreditasyon Etkinliklerine ait bilgiler sunulmakta, sonuçlar tartışılmaktadır.

LİSANS PROGRAMLARI

ODTÜ Mühendislik Fakültesinde,

- Temel bilgileri sağlam ve yerleşmiş olan,
- Öğrenmesini öğrenmiş, kendini sürekli yenileyebilen,
- Araştırmacı, yeniliklere açık ve onlara hızlı uyum gösterebilen,
- Çevresi ile kolay iletişim kurabilen,
- Analitik düşünce yapısına sahip olmanın yanı sıra birleştirici yetenekleri edinmiş olan (sentez yapabilen).

mezunlar vermeği pekiştirmek amacı ile 1993 yılının başında başlatılan ve Fakülte Stratejik Plan

Komisyonu. Fakülte Eğitim Komisyonu, bazı Bölümlerin çeşitli kurulları ve nihayet Fakülte Kurulu'nca yapılan çalışmalar sonucunda çatısı kurulan bir "Fakülte Çekirdek Programı" 1992-93 Akademik Yılı sonu itibarı ile oluşturulmuştur. Bu çekirdek programın temel hedefleri aşağıdaki gibi sıralanmaktaydı

- Lisans programlarının yaklaşık
 - i) 1/4ü Temel Bilimler ve Matematik.
 - ii) 1/4ü Mühendislik Bilimleri,
 - iii) 1/4ü Beşeri Bilimler. Sosyal Bilimler ve iletişim,
 - iv) 1/4ü Her Bölüme ait mesleki (profesyonel) bilgileriçerecek şekilde dengeli bir yapıda olması gerekmektedir. (Bazı mühendislik bilimlerine ait bilgilerin "mesleki bilgi" dersleri içinde verilebileceği de dikkate alınmalıdır.)
- Programlardan mezun olabilmek için toplam kredi 128-145 ile sınırlı olmalıdır. (Burada standart bir dersin 3 krediden oluştuğu, buna ek olarak yoğun proje çalışması, laboratuvar, uygulama, problem saati gerektiren derslerin ise 4 kredilik olabileceği öngörülmüştür.)
- Programların, tasarım felsefesi ve uygulaması, bilgisayar kullanımı, çevre bilinci ve mesleki ahlak (etik) gibi konularda yeterli derinlik kazandırabilecek dersler içermesi ya da bu konuların var olan derslerle bütünleşmesi.
- Yukarıda sıralanan özelliklerin aşağıdaki uygulamalarla birlikte düşünülmesi gereği bulunmaktadır:
 - i) Diğer Fakültelerden eğitim hizmeti olarak alınan özellikler 1. sınıf temel bilimler ve matematik derslerinde kredi indirimi,
 - ii) Fakülte Bölümlerindeki derslerde kredi indirimi.

- iii) Her derste, basımı uluslararası hakemlikten geçmiş bir ders kitabı kullanımı,
- iv) Derslerde öğrenciyi araştırmacılığa yönlentecek türden ödev, proje ve uygulama bulunması,
- v) Derslerde çözümü tek olmayan, açık uçlu ve daha önceki bilgileri de kullanıp birleştiren yaratıcı nitelikte uygulamalara yer verilmesi,
- vi) Bilgisayarın her düzeydeki derslerde bir araç olarak kullanımı.

Fakülte çekirdek programının, tüm lisans programlarına uygulanmasına yönelik çalışmalar 1993-94 akademik yılı içinde yoğun bir biçimde sürdürülmüş, 13 bölüme ait 13 lisans programının oluşturulan yeni şekilleri yapısal olarak kabul edilmiş ve 1994 yılı Ağustos ayında Üniversite Senatosu'nca da onaylanarak 1994-95 Akademik Yılı başından itibaren uygulanmak üzere yürürlüğe girmiştir.

Yeni programların oluşturulması sırasında, Fakülte Çekirdek Programı hedefleri ve ölçütleri ile Üniversite Senatosu'nca getirilen ölçütlere ek olarak

- Gereksiz personel, fiziki altyapı ve yatırım tekrarlarına yol açılmaması,
- Programlarda yer alan derslerin zorunlu haller dışında ilgili bölümce verilmesi,
- Mühendislik Bilimleri derslerinin son sınıfa bırakılmaması,
- Her programda en az bir adet temel tasarım dersi bulunması,
- Her programın birinci yılında bir adet uyum ve yönlendirme dersi bulunması,
- Seçmeli derslerin olabildiğince diğer bölümlerin öğrencilerine de açık tutulması

gibi ilkeler de gözönünde tutulmuştur.

1994-95 Akademik Yılı içinde de,

- Kabul edilen yeni lisans programlarında çözümü daha sonraya bırakılan pürüzlü noktalar çözüme kavuşturulmuş, bu sayede programlar son şekillerini almış ve
- Bu programlarda da yer alan zorunlu ve seçmeli derslerin Fakültemiz Bölümlerince verilenlerinin tümü tek tek elden geçirilmiş, özellikle kredi ve içerik değişiklikleri içerenler ile yeni önerilenler önce Fakülte Eğitim Komisyonu tarafından ele alınmış, sonra da

Bölümlerle yapılan görüşmeler sonucunda oluşturulan şekillen ile Fakülte Kurulu'nda görüşülerek son şekillerine kavuşturulmuştur.

1995-96 Akademik Yılı içinde yeni lisans programları 2. yılını doldurmuş, tüm lisans öğrencilerinin yeni programlara intibakları sağlanmış ve bazı bölümlerin programlarının yürütülmesi sırasında ortaya çıkan çok küçük çaplı düzeltme ve değişiklikler devreye alınmıştır.

YAN DAL VE ÇİFT ANADAL UYGULAMALARI

Daha önce Üniversite Senatosu'nca kabul edilerek yürürlüğe giren 18 yan dal programına ek olarak biri Havacılık Mühendisliği Bölümü'nce, diğeri ise Mühendislik Fakültesi Dekanlığı tarafından yürütülecek 2 yeni yan dal 1995-96 Akademik Yılı içinde Üniversite

Senatosu'nca kabul edilerek toplam yan dal sayısı 20'ye ulaşmıştır:

1. Information Systems (Bilgisayar Müh. Böl.)
2. Environmental Chemistry (Çevre Müh. Böl.)
3. Environmental Microbiology (Çevre Müh. Böl.)
4. Telecommunication (Elektrik ve Elektronik Müh. Böl.)
5. Operational Research (Endüstri Müh. Böl.)
6. Production Planning and Control (Endüstri Müh. Böl.)
7. Quality Planning and Control (Endüstri Müh. Böl.)
8. Food Sciences (Gıda Müh. Böl.)
9. Aerodynamics (Havacılık Müh. Böl.)
10. Aeropropulsion (Havacılık Müh. Böl.)
11. Aerostructure (Havacılık Müh. Böl.)
12. Flight Vehicle Control (Havacılık Müh. Böl.)
13. Geotechnics (İnşaat Müh. Böl.)
14. Structural Analysis and Design (İnşaat Müh. Böl.)
15. Earth Sciences (Jeoloji Müh. Böl.)
16. Mineral Technology (Maden Müh. Böl.)
17. Rock Mechanics (Maden Müh. Böl.)
18. Production (Makina Müh. Böl.)
19. Engineering Metals and Alloys (Metalürji Müh. Böl.)

20. Geographic Information Systems and Remote Sensing (Mühendislik Fakültesi Dekanlığı)

Yukarıdaki 20 Yan Dal programı ve inşaat Mühendisliği dışındaki 12 lisans programına karşılık gelen 12 Çift Anadal programı 1995-96 Akademik Yılında uygulanmaya başlanmıştır.

CO-OP PROGRAMLARI

1995-96 Akademik Yılında ODTÜ Mühendislik Fakültesi sanayi kuruluşları ile ortak yürütülmek üzere "Co-Operative Education" (CO-OP) programları başlatmıştır. Bu programlar, lisans öğrencilerinin eğitimleri sırasında bazı seçkin endüstriyel kuruluşlarda çalışma olanakları bularak ilerdeki profesyonel mühendislik yaşamlarını daha yakından tanımaları, bu konudaki seçimlerini daha bilinçli yapabilmeleri ve iş hayatına daha hızlı uyum göstermeleri amaçlanmaktadır. Bu tür bir etkinliğin doğal ve çok önemli bir yan ürünü olarak, endüstri-üniversite ilişkilerinin daha sağlıklı ve verimli bir düzeye gelmesi beklenmektedir.

Lisans öğrencileri CO-OP programlarına 2. sınıftan 3. sınıfa geçerken başlamaktadırlar. Bu programlar, 10'ar haftalık genişletilmiş 2 adet yaz stajı ile 4. sınıfa gelindiğinde üniversiteden izinli sayılacak 1 yarıyılık süreyi de içeren 28 haftalık ek bir çalışmadan oluşan toplam 48 hafta seçilen endüstriyel kuruluşta çalışma olarak düzenlenmiştir. 1996-97 Akademik Yılı sonu itibarıyla, bu programlara katılan kuruluş sayısı 5 olup, bu sayının zaman içinde daha da artması beklenmektedir.

AKREDİTASYON ETKİNLİKLERİ

Mühendislik lisans programlarının yukarıda belirtilen amaçlara uygun nitelikte olduğunun belirlenmesinde üniversite dışı bağımsız bir değerlendirme kurumundan yararlanması başta A.B.D. olmak üzere çeşitli ülkelerde başvurulan bir yoldur. Bilindiği gibi benzer uygulamaya sanayi kuruluşları da başvurmaktadır (Örneğin ISO 9000 uygulamaları).

ODTÜ-MF Türkiye'de bu konuda öncülük yaparak programlarını dış bir kuruluşa değerlendiren ilk üniversite olmuştur.

Fakülte programlarının üniversite dışından bir kuruluşça değerlendirilmesine ilişkin çalışmalar kapsamında Accreditation Board for Engineering and Technology (ABET) adlı kuruluşa Haziran 1995te yapılan resmi başvuru ile Mühendislik Fakültesi Elektrik-Elektronik Mühendisliği, inşaat Mühendisliği, Makina Mühendisliği ve Metalurji-Malzeme Mühendisliği lisans programları için başlatılan değerlendirmenin kesin sonucu, bu kuruluşça Eylül 1996'da Dekanlığa iletilen rapor ile alınmıştır. Bu rapor sonucuna göre, 1994 yılında Maden ve Kimya

Mühendisliği programları için elde edilen benzer değerlendirmeden sonra, dört lisans programı daha bu kuruluşça A.B.D. dışındaki üniversitelere verilebilen en olumlu değerlendirme olan "Substantial Equivalency" almışlardır.

Bu durumda "substantial equivalency" alan programların yürütüldüğü bölümlerdeki öğretim üyelerinin ve öğrencilerin Fakülte'deki oranları sırası ile % 65 ve % 69'dur. Böylece Fakülte programlarının 2/3'sini aşkın miktarı ABET değerlendirmesinden geçmiş durumdadır.

Diğer mühendislik programlarının da ABET değerlendirilmesine en kısa zamanda alınması planlanmaktadır. Böylelikle bir yandan Fakültenin lisans programlarında yapılan ve yapılması öngörülen yeniliklerin gerçekleştirilmesine destek sağlanması diğer yandan da A.B.D ve Avrupa'da hızla yaygınlaşmakta olan küresel akreditasyon etkinliklerine uyum sağlanması hedeflenmektedir. Akreditasyon etkinliklerinin diğer yararları ise ulusal bir akreditasyon sisteminin kurulmasında çok önemli olan deneyimin kazanılması ve mezunların bu prestijli konumu elde etmiş bir kurumun mezunu olarak uluslararası arenada ayrıcalıklı bir konuma kavuşmalarıdır.

AKIŞKAN YATAKLI KAZANLARDA BUHAR DOMU DİNAMİĞİNİN DENETLEÇ TASARIMINA UYGUN BİÇEMDE MATEMATİK BENZEKLENMESİ

M.Kadri U MAY
CAN Elektrik Ltd. Şti.
Hürriyet Cad. No:8/11 Dikmen-ANKARA

Prof. Dr. Ersin TULUNAY
Orta Doğu Teknik Üniversitesi
Elektrik ve Elektronik Mühendisliği Bölümü
06531-ANKARA

ABSTRACT

From a control engineering point of view, accurate prediction of drum dynamics is of vital importance in designing a successful boiler control system. This paper summarizes a part of the study conducted in METU as an MSC Thesis, in which a methodology is generated for development of control engineering oriented mathematical models of atmospheric fluidized bed combustors in non-linear state space form. As a solid example, the methodology proposed is used to generate a model for the drum dynamics of an 2.5MW Th, 12 Atm. Combustor designed in METU. The volume of water in drum and the density of saturated steam are taken as state variables, the flowrate of feedwater to the drum and the flowrate of steam out of the drum are taken as controlled and manipulated variables, the flowrate of steam out of the drum is taken as the primary importance. All thermodynamic properties of the water and steam are obtained as non-linear functions of state and controlled variables using published tables. The measured variables water level in drum and pressure of saturated steam in drum are obtained as functions of state variables using state variables and linear approximations. The model equations are simulated on a digital computer using Matlab 4.0 code. The results are explained briefly for validation of the mathematical model.

1. GİRİŞ

Günümüzde, endüstriyel enerji gereksinimlerinin karşılanmasında fosil kaynaklı yakıtlar birincil derecede önemini korumaktadır. Bu önem, doğalgaz petrol temelli akaryakıtlar ve kömür gibi yakıtlardan enerji elde edilmesinde kullanılan süreçlerin çok iyi tanınır olması ve bu deneyim sonucunda geliştirilmiş bulunan donanım kullanılarak enerji çevrimlerinin çok verimli ve ekonomik olarak çalıştırılabilmesinden gelmektedir. Çevre kirliliği, süreç verimi ve özdevinimsel denetim kolaylığı nedeniyle endüstriyel tesislerde genellikle doğalgaz ve fueloil kullanılmıştır. Çok büyük ölçekli ve özellikle elektrik enerjisi sağlayan tesislerde, yüksek ısı değerine sahip kömürler pülverize edilerek kullanılmaktadır. Ancak,

ülkemizde de oldukça önemli miktarda bulunan düşük ısı değerli ve içerisinde yüksek oranda kül ve

yabancı madde bulunan linyit kömürleri henüz enerji elde edilmesinde yaygın olarak kullanılmamaktadır.

Yeraltı ve yerüstü kaynaklarının sürekli tüketildiği günümüz dünyasında özellikle doğalgaz, petrol ve maden kömürünün yakın bir gelecekte tükeneceği bilimadamlarınca bildirilmektedir. Bu olgu fosil kaynaklı yakıtlara bağımlı olan endüstriyi yeni arayışlara itmiş ve yıllardır gözardı edilmiş olan linyit rezervleri ucuz ve yeryüzünde bol miktarda bulunabilen bir yakıt olarak kullanılmaya başlanmıştır. Akışkan yataklı kazanlar linyit kömürünün çevreye zarar vermeden, verimli olarak enerji elde edilmesi amacıyla yakılabileceği en ucuz ve bazen de tek alternatif olmuştur.

Akışkan yataklı kazanlarda en büyük sorun özdevinimsel denetim döngülerinin tasarımıdır. Çoğu kez bilinen PID (Oransal-Tümlenimsel-Türevsel) denetleçlerin kullanıldığı ve bilinen denetim döngülerinin uyarlanmasıyla oluşturulmuş dizgeler yeterli olmamaktadır, öz uyarlamalı (Adaptif) ve En İyi (Optimal) modern denetim dizgelerinin tasarlanabilmesi için durum uzayı biçiminde (State Space Form) matematiksel benzeğe gereksinim vardır. Diğer bir yandan Bulanık Mantık ve Sinirsel Ağlara dayalı Usa Sahip (Intelligent) Denetim Dizgelerinin de bilgisayar ortamında tasarımı, eğitilmesi ve denemesi için yine denetleç tasarımına uygun matematik benzeğe gereksinim vardır.

Bu makalede, amacı atmosferik akışkan yataklı linyit kazanlarının denetim dizgelerinin tasarımı ve bilgisayar ortamında denemesine olanak sağlayacak durum uzayı biçiminde matematiksel benzeğin oluşturulması olan ve ODTÜ Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümünde gerçekleştirilmiş olan Yüksek Lisans Tezi çalışmasının, Dom Dinamiğinin Benzeğe ile ilgili bölümü özetlenmektedir.

2-BENZEKLEME YÖNTEMİ

Herhangi bir sürecin matematiksel benzeğinin elde edilmesinde genel olarak iki ana yöntem kullanılmaktadır, ilk yöntem öz-uyarlamalı denetleç tasarımıdır, kullanılan ve süreçten alınan verilerin sayısal değişim denklemlerinin (difference equation)

değiştirgeçlerinin (parametre) hesaplanmasında kullanıldığı yöntemdir, ikinci yöntem ise Birincil Prensipler Yöntemi denilen ve süreçte yer alan kimyasal ve fiziksel alt süreçlerle ilgili bilimsel çalışmalar ve türetilmiş denklemler kullanılarak genel bir benzeğe gidilen çalışmalardır. Bu yöntemin en büyük avantajı benzeğe bulunan denklem ve katsayılarla süreçte gerçekleşen olaylar arasında direkt bağlantı olması benzeğin denemesinde gerçek süreçle çalışılıyormuş gibi tüm fiziksel ve kimyasal olayların gözlemlenebilmesidir. Ayrıca bu tip benzeğe çalışma verisine ve özel bir kazan bağımlı olmadığından gene kullanılabilirliğe sahiptirler. Benzeği elde edilecek kazanla ilgili tasarım değiştirgeçlerinin verilmesiyle sayısal benzetime (simülasyon) hazır bir dizge elde edilir. Dolayısıyla kazan tasarımında da kullanılabilir ve son derece pahalı olan pilot ölçekli kazan üretimi ve denemelerinin yerini alabilir.

3-MATEMATİKSEL BENZEK DENKLEMLERİ

Benzeğin temelinde dom içerisindeki doymuş buhar ve suyun termodinamik ve fiziksel özelliklerinin elde edilmesi ve elde edilen bu değerlerden tüm süreç değiştirgeçlerinin hesabı vardır. Kazan denetim dizgelerinde ana istek değişkeni olarak kullanılan dom içerisindeki doymuş buhar basıncı ve denetim dizgelerinin en önemli denetlenen değerlerinden birisi olan dom içerisindeki suyun seviyesi ana benzek değişkenleri olarak alınmıştır. Matematiksel gösterim basitliği açısından yukarıda bildirilen değişkenlerle direkt ilişkisi bulunan dom içerisindeki doymuş buharın yoğunluğu ve dom içerisindeki suyun hacmi durum değişkeni olarak alınmıştır.

Benzeğe denklemlerinde değiştirgeç olarak bulunan dom içerisindeki su ve buharın öz ısı (internal energy) ve entalpisi, dom içerisindeki suyun yoğunluğu ile denetlenen değişkenler olan dom içerisindeki suyun seviyesi ve buharın basıncının durum değişkenlerinin çözümsel işlevi olarak elde edilmesi gerekmektedir. Doğrusal olmayan bu bağıntılar buhar tabloları olarak verildiğinden, atmosferik akışkan yataklı kazanların tipik çalışma aralıkları arasında, ki bu matematiksel benzeğin genelde geçerliliği temel alındığından mümkün olduğunca geniş tutulmuştur, veriler alınmış ve bunların arasında doğrusal olmayan hata eniyileme yöntemleri kullanılarak doğrusal olmayan çözümsel işlevler elde edilmiştir. Detayları (1)'de verilmiş olan hesaplar sonucu bulunan çözümsel işlevler şöyledir;

$$p_w = 931.05 - 8.23.A, \dots \dots \dots (1)$$

$$\langle \dots \rangle = 25.77.p + 619.17, \dots \dots \dots (2)$$

$$u_s = 2583, \dots \dots \dots (3)$$

$$h_k = 30.4.p_A + 600.07, \dots \dots \dots (4)$$

$$h_x = 2794, \dots \dots \dots (5)$$

Benzeğe oluşturulurken dom içerisindeki buhar ve su ile kullanıcı tarafından çekilen buhar, kazana verilen besi suyu ve domı giren dolaşım suyu aracılığıyla aktarılan ısı değişkenleri çevresinde kütle ve enerjinin korunumu yasaları kullanılarak aşağıdaki

$$4 \left(\frac{d}{dt} (v_s + p_w \cdot v_w) \right) = W_w - W_s, \dots \dots \dots (6)$$

$$\frac{d}{dt} (\rho_s v_s u_s + \rho_w v_w u_w) = M_w h_w - M_s h_s + \sum Q_{in}, \dots \dots (7)$$

doğrusal olmayan kısmi diferansiyel denklem elde edilebilir; (2),(3),(4),(5)

Daha sonra bu denklemlerdeki dağıtık değiştirgeçler öbeklenerek (6) (lumped) yaklaşım yapılarak aşağıdaki doğrusal olmayan sıradan (ordinary) diferansiyel denklemler elde edilebilir. Bu denklemlerdeki tüm değiştirgeçler durum değişkenlerinin diferansiyeli şeklinde yazılır ve dom içerisindeki buhar ve su hacimlerinin toplamının dom hacmine eşit olduğu kabul edilirse aşağıdaki denklemler elde edilir;

$$\frac{dp_w}{dt} \frac{dp_s}{dt} \frac{dp_w}{dt}, \dots \dots \dots (8)$$

$$\frac{du_s}{dt} \frac{du_w}{dt} \frac{dp_w}{dt}, \dots \dots \dots (9)$$

$$\frac{du_s}{dt} = 5w_s \cdot \langle ip \rangle$$

$$- \dots = -H - \dots \dots \dots (10)$$

$$v_s = v_{(f)} - v_{(M)}, \dots \dots \dots (11)$$

$$\left(v_s + v_w \frac{\partial p_w}{\partial p_s} \right) \frac{dp_w}{dt} + (\rho_w - \rho_s) \frac{dp_s}{dt} = M_w - M_s, \dots \dots (12)$$

$$\left[v_s \left(u_s + \rho_s \frac{du_s}{dp_s} \right) - \left(v_s \frac{dp_w}{dp_s} + \rho_w \frac{\partial u_w}{\partial p_s} \right) \right] \frac{dp_s}{dt} +$$

$$\left(W_w - \dots \right) \frac{dv}{dt} = M \dots \dots \dots (13)$$

Elde edilen denklemler durum değişkenleri cinsinden çözüldüğünde ekteki A1 ve A2 sayılı denklemler elde edilmektedir.

ölçülen değişken olan dom basıncı ile durum değişkeni olan dom içerisindeki buharın yoğunluğu arasındaki çözümsel işlevler türetilmiş ve aşağıda verilmiştir. Ayrıca Dom içerisindeki suyun

hacmi ile seviyesi arasındaki çözümsel işlevin türetilmesi için domun yatık silindirik şeklinde olduğu varsayılmış ve geometrik bağıntılar kullanılmıştır;

$$P_s = 4.96 \cdot R^{0.73} \dots \dots \dots (14)$$

$$v_w = \left[r^2 \cos^{-1} \left(\frac{r - L_w}{r} \right) - \sqrt{L_w (2r - L_w)} (r - L_w) \right] L^* - 0.5$$

A1, A2, 14 ve 15 numaralı denklemler doğrusal olmayan durum uzayı biçiminde buhar domunun benzeğidir.

Ayrıca, tüm endüstriyel süreçlerde kullanıcı olarak anılan ve kazan tarafından üretilen buharı kullanan süreçlerde çekilen debisi bir vana yada benzeri bir akış kısıtlayıcı ile denetlendiği kabul edilmiştir. Aradaki basınç farkının karekökü ile debinin orantılı olduğu (7) yolundan hareketle buhar debisi ile kullanıcı sürecin çalışma basıncı ve denetim vanası açıklığı arasında aşağıdaki çözümsel işlev türetilmiştir. Bu durumda ana yük (load) olarak kullanıcı sürecin geri basıncı olacaktır;

$$M_s = A_s K_v \sqrt{\rho_s (P_s - P_f)} \dots \dots \dots (16)$$

4-2.5MWT, 12ATM ODTÜ AKIŞKAN YATAKLI KAZAN DOMUNUN BENZEK DENKLEMLERİNİN TÜRETİLMESİ VE BENZETİMİ

Benzeklenecek kazan domunun uzunluğu 2.758 metre, yarıçapı 0.45 metre ve hacmi 1.755 m³tür. Bu veriler 15 numaralı denkleme koyularak değişimin grafiği çıkarılmış, normal çalışma değeri olan 0.45 mt su seviyesi çevresi doğrusal olduğu görülmüştür. Buradan hareketle 0.35-0.55 mt aralığında kabul edilebilir yaklaşım hatasına sahip aşağıdaki doğrusal yaklaşım elde edilmiştir;

$$Z_w = 0.405 \cdot v_{uz} + 0.095 \dots \dots \dots (17)$$

Ayrıca yukarıda verilen diferansiyeller hesaplanarak yerine konulduğunda ekte verilen A3 ve A4 numaralı denklemler elde edilebilir. Tüm değiştirgeçleri yerine durum değişkenleri cinsinden elde edilen çözümsel işlevler yerine konulduğunda, ektteki A5 ve A6 numaralı denklemler matematiksel benzek olarak elde edilmiştir. Bu denklemlerin bilgisayar ortamında Matlab 4.0 dili kullanılarak sayısal benzetimi yapılmıştır. Benzetimde denetlenen değişkenler adımsal olarak değiştirilmiş ve yaklaşık yarım saatlik tepki incelenmiştir. Tüm benzetimlerde kazan borularında dolaşan su aracılığıyla doma aktarılan ısı değişmez olarak verilen tasarım değerine eşit olarak alınmıştır. İlk aşamada besi suyu debisi ve kullanıcı tarafından çekilen buharın debisi değişmez

olarak alınmış ve bu durumda elde edilen sonuçlardan dizge dinamiğinin son derece dengesiz olduğu gözlenmiştir, ikinci denemede kullanıcı tarafından çekilen buharın debisinin, yukarıda da belirtildiği şekilde, bir vana aracılığıyla denetlendiği varsayılmış ve besi suyu debisi değişmez olarak kabul edilmiştir. Bu denemede sonucun gerçek sürecin dinamiğine son derece benzer olduğu gözlenmiştir. Aynı denemede doma aktarılan ısı kademeli olarak yükseltilmiş, dom basıncının arttığı ve buna karşın dom su seviyesinin düştüğü ve kullanıcıya gönderilen buhar debisinin arttığı görülmüştür. Dom içerisindeki su seviyesinin denetiminin son derece zor olması ve el ile denetimin dizge çok kararsız olduğundan neredeyse olanaksız olduğu beklenen bir sonuç olarak gözlenmiştir. Üçüncü denemede ise dom seviye dizgesine oransal denetim uygulanmış ve değişen aktarılan ısı değerine karşın dizge tepkileri ve denetleç tarafından kazana verilen besi suyu debileri incelenmiş ve tipik kazan değerlerine uygun olduğu gözlenmiştir. Üçüncü denemede benzetim sonuçlarını gösterir grafikler ekte verilmektedir.

5-SONUÇ

özellikle akışkan yataklı kazanlarda özdevinimsel denetimi çok zor olan ve tüm dizgenin verimin birinci derecede etkileyen buhar domu dinamiğinin matematik benzeklenmesi gerçekleştirilmiştir. Matematiksel benzek, denetleç tasarımı ve ayarı ile sayısal benzetim için en uygun olan durum uzayı biçiminde türetilmiştir. Doğrusal olmayan benzek herhangi bir çalışma noktası çevresinde değil geniş bir çalışma aralığında geçerliliğini korumaktadır.

Her ne kadar kullanılan yaklaşımda mümkün olduğunca en büyük çalışma aralıkları seçilmiş ve benzeğin sadece belli çalışma noktaları çevresinde geçerli olmaması öngörülmüş ise de hatanın kabul edilebilir düzeyde tutulabilmesi için buhar tablosunun benzeklenecek kazanın tasarım verileri doğrultusunda belirlenen bir bölümünün alınması zorunluluğudur. Bununla birlikte endüstriyel boyuttaki tüm kazanların fiziksel tasarım değerleri farklıdır ve türetilen benzeğin denklem sayısı ve bazı değiştirgeçlerin değerleri kazan tasarımına göre belirlenecektir. Yukarıdaki sebeplerden ötürü türetilmiş olan matematiksel benzeğin direkt olarak sunulmuş, tüm değiştirgeçleri belli denklemlerden oluşması imkansızdır ve benzek türetimindeki ana bir yöntemin sunulması ve kazan için ne şekilde kullanılacağına gösterilmesidir.

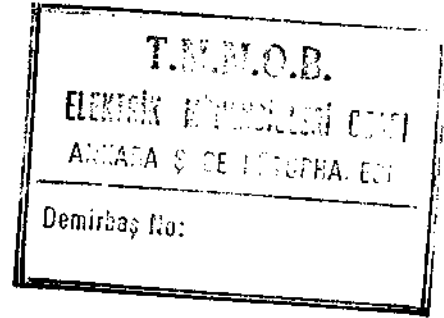
6-KULLANILAN DEĞİŞKENLER

- ρ_w dom içerisindeki suyun yoğunluğu kg/m³
- ρ_s dom içerisindeki buharın yoğunluğu kg/m³
- M_w dom içerisindeki suyun öz isisi kJ/kg

κ_s dom içerisindeki buharın öz isisi kJ/kg
 j_w dom içerisindeki suyun entalpisi kJ/kg
 h_s dom içerisindeki buharın entalpisi kJ/kg
 v_w dom içerisindeki suyun hacmi m³
 v_s dom içerisindeki buharın hacmi m³
 v_{dr} dom hacmi m³
 L_M dom içerisindeki suyun seviyesi m
 r domun yarıçapı
 M_w besin suyu debisi kg/sec
 M_s buhar debisi kg/sec
 $\sum Q_{in}$ domaya aktarılan ısı kJ/sec
 P_s dom buhar basıncı Bar
 $A_v, A:$, vana değişmezleri
 P , kullanıcı geri basıncı Bar

7-REFERANSLAR

- (1) Umay, M.K., "State Space Representation of Atmospheric Fluidized Bed Lignite Combustor Dynamics", Yüksek Lisans Tezi, Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Ankara, 1996
- (2) Umay, M.K., Tulunay, E., "Modelling of Drum in a Fluidized Bed Boiler", Proceedings Intern. AMSE Conference Signal Data & Systems, New Delhi, India, December 9-11, 1991, AMSE Press, Vol.5, pp3-9
- (3) Umay, M.K., Tulunay, E., "Modelling of Drum in a Fluidized Bed Boiler", Modelling Measurement and Control, C, AMSE Press, Vol.34, No:3, 1993, pp. 17-23.
- (4) Berkowitz, D.A., "Dynamic Modelling Techniques for Fluidized Bed Systems", U.S.Department of Commerce, National Technical Information Service Workshop, April 13-15, 1977, Vol I, pp.267-283, Publisher The MITRE Corp./Metrek Div.
- (5) Berkowitz, D.A., Ray, A., Summaria, V., "Dynamic Modelling, Testing and Control of Fluidized Bed Systems", Proceedings 5th Intl. Conf. on Fluidized Bed Combustion, Dec. 12-14, 1977, Washington D.C., pp. 487-500
- (6) Tulunay, E., "Introduction to Neural Networks and their Application to Process Control", in Neural Networks, Advances and Applications, Gelenbe, E., (ed.), Elsevier Publishers B.V., North Holland, 1991.
- (7) Tulunay, E., "Process Control I, Fundamentals of Process Control", Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Ankara, 1987.



TRAMVAY MOTORLARINA OTOMATİK YOLVERME SİSTEMİ

Muciz ÖZCANf) Abdullah ÜRKMEZ(**)

* S.Ü. Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu Kontrol Sistemleri Programı

**S.Ü. Müh.-Mim. Fak. Elektrik.-Elektronik.Müh.Bölümü
KONYA

ABSTRACT

In this project microprocessor controlled starting process is designed and applied to light rail system.

To control starting process, necessary signals are input from following sensors: loadcell for the weight of tramrail, tachogenerator for the velocity, Hall-Effect sensors for amount of the consumed current.

Output signals of sensors are selected by an analogue select and converted to the digital codes by ADC. Output digital codes are read by a microprocessor and the starter's required step is calculated. Obtained results are output to ports to control the system. The device is mounted on a tramrail and tested. Results are found satisfactory but device still needs some improvements for working under adverse conditions.

KEYWORDS: Hail Device, Z-80 Microprocessor, Start of Serial DC Motors, ADC

1. Giriş

Yurdumuzda, son yıllarda şehir içi toplu taşımacılıkta petrol ürünleri ile çalışan araçların yerine tramvaylar tercih edilmektedir. Bunun sebebi tramvayların aşağıda sıralanmış olan esas özellikleridir [1].

- Büyük çekici gücü
- Tahrik motorlarının aşırı derecede yüklenebilmesi
- Yüksek kütle/güç oranı
- Büyük kalkınma ivmesi
- Tramvay hattının yük kapasitesinin ve taşıma süratinin kolaylıkla yükseltilebilmesi
- Uzun mesafe taşımacılığında en ekonomik araç olması
- Arıza yoğunluğunun düşük olması
- Hizmetli personel sayısının azlığı
- Hattan çekmiş olduğu enerjinin bir kısmını katener hattına iade edebilmesi
- Çevreyi kirletmemesi

Bu çalışmada Konya'da kullanılmakta olan Köln DÜWAG tipi tramvayların motorlarına otomatik yol verme işlemi için geliştirilen kontrol sistemi sunulmuştur.

Köln DÜWAG tipi tramvayların tahrikinde kullanılan seri D.C. motorlarına yol verme işlemi, kademesi Vatman tarafından değiştirilebilen basamaklı ön dirençlerle yapılır. Bu esnada yapılabilen hatalar

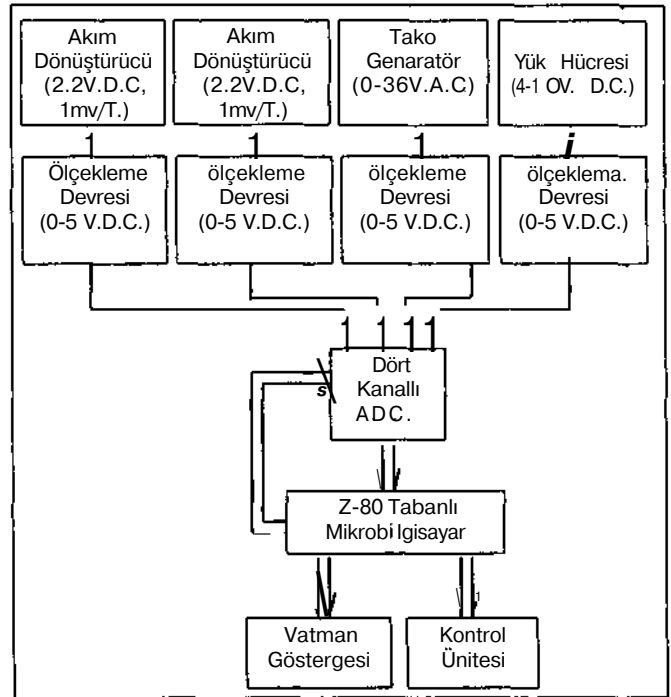
neticesinde motorda ve hareket mekanizmalarında oluşabilen darbeler çeşitli arızalara sebebiyet verebilir.

Söz konusu hataları önlemek için motorlara yol verme işleminin otomatik olarak kontrol edilmesi gerekmektedir. Bu amaçla mikrobilgisayar tabanlı bir kontrol sistemi tasarlanıp gerçekleştirilmiştir.

2. Otomatik Yol Verme Sisteminin Tasarımı

Bu çalışmada motorlara otomatik yol verme probleminin çözümü için esas parametreler olarak motorların çekmekte olduğu akımlar, tramvay'ın yolcularla birlikte ağırlığı, ve tramvayın hızı seçilmiştir.

Tasarlanmış olan kontrol sisteminin blok Şeması Şekil 1'de verilmiştir. Motorların çekmekte olduğu akımlar Hail etkili dönüştürücüler, tramvayın hızı



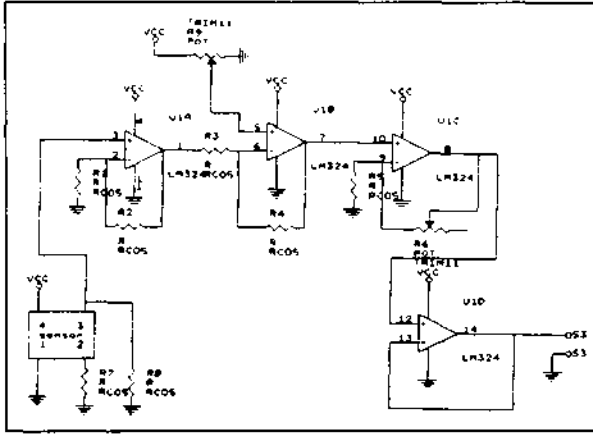
ŞEKİL 1. Otomatik Yol Verme Devresinin Blok Şeması

takogeneratörü, tramvayın ağırlığı ise yük hücresi (Load celi) dönüştürücüsü kullanılarak ölçülmektedir.

Şekil 2'de, akım ve ağırlık dönüştürücüleri için ölçekleme devresi, Şekil 3'de ise hız dönüştürücüsü için ölçekleme devresi verilmiştir.

Her bir dönüştürücünden alınan analog sinyal ayrıca çıkışta bir analog yükselteç devresi üzerinden minimum değeri =0 V. D.C, maksimum değeri ise +5 V.D.C. olacak şekilde ölçeklendirilir.

Dört dönüştürücüden gelen dört ayrı sinyal sekiz kanallı (yalnız dördü kullanılır) bir analog multiplexer üzerinden analog-dijital çevirici tarafından ikili kod'a çevrilmiştir. Bu çevirmede 0 V.D.C.'ye 0000 0000 kod'u 5V.D.C.'ye ise 1111 1111 kod'u karşılık

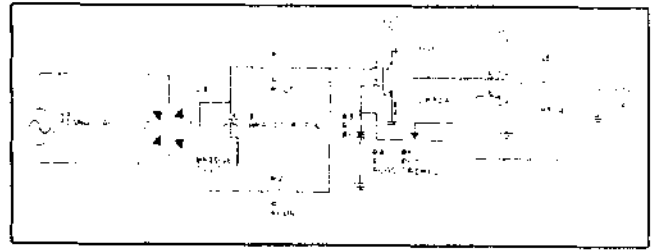


ŞEKİL 2. Akım ve Ağırlık Dönüştürücü Ölçekleme Şeması

gelmektedir. Bundan dolayı analog sinyaller yaklaşık olarak 19.5 mV.'luk bir duyarlılıkla ölçülebilmektedir.

TABLO 1. Tramvayın Sabit İvmeli Hareketine İlişkin Hesaplanan Değerler

Kad. No	Süre (s.)	Hız (m/s) $v_p=0,42.t$	Hız (km/h) $v_p=v_t.3,6$	Tekerlek Devri (d/d) $t_p=v_p.60/(2.Tt.0,33)$
1	1	0,42926	1,545336	12,23621
2	2	0,85852	3,090672	24,47242
3	3	1,28778	4,636008	36,70864
4	4	1,71704	6,181344	48,94485
5	5	2,1463	7,72668	61,18106
6	6	2,57556	9,272016	73,41727
7	7	3,00482	10,81735	85,65348
8	8	3,43408	12,36269	97,8897
9	9	3,86334	13,90802	110,1259
10	10	4,2926	15,45336	122,3621
11	11	4,72186	16,9987	134,5983
12	12	5,15112	18,54403	146,8345
13	13	5,58038	20,08937	159,0708
14	14	6,00964	21,6347	171,307
15	15	6,4389	23,18004	183,5432
16	16	6,86816	24,72538	195,7794
17	17	7,29742	26,27071	208,0156
18	18	7,72668	27,81605	220,2518
19	19	8,15594	29,36138	232,488



ŞEKİL 3. Takogenerator Ölçekleme Devresi

Motorlara otomatik yol verme sisteminin tasarımında motorları ve diğer mekanizmaları zorlayabilecek durumların yanısıra, yolcuları rahatsız edici sarsıntılarında dikkate alınması ve önlenmesi gerekir. Bilindiği gibi hareket eden cisimlerin sarsılmaması için cismin ivmesinin sabit tutulması gerekir [2], Bu koşul aynı zamanda tramvayın hareketi esnasında ortaya çıkabilecek mekanik arızaların önlenmesi için de geçerlidir. Raylı ulaşım araçlarında bu ivme değeri 0,2-0,5 m/s² sınırları içerisinde olması istenir [1]. Köln Duwac tipi tramvaylar için ivme 0,4 m/s² seçilmelidir [1].

Tramvayın iki adet olan D.C. tahrik motorlarına yol verirken bu motorlar ilk 10 kademe boyunca bir direnç grubu ile seri olarak bağlanırlar. On birinci kademede

TABLO 2. Tramvayın Sabit İvmeli Hareketine İlişkin Hesaplanan Değerler

Kad. No	Süre (s.)	Motor devri (d/d) $n_p=n_t.45/8$	Ondirenç (Ω) R_o	Motor akımı (A) $I_p=U_n/(2k.n_p+R_p)$
1	1	68,82869	5,908629	116,1335
2	2	137,6574	3,801088	160,9444
3	3	206,4861	2,862136	186,0812
4	4	275,3148	2,239831	201,7405
5	5	344,1435	1,580195	222,7195
6	6	412,9722	1,156986	230,5062
7	7	481,8009	0,759583	236,91
8	8	550,6295	0,489231	234,0195
9	9	619,4582	0,237736	229,8625
10	10	688,2869	0	224,9187
11	11	757,1156	2,16	188,3478
12	12	825,9443	1,488908	216,4108
13	13	894,773	1,488908	207,1618
14	14	963,6017	0,84	239,9097
15	15	1032,43	0,84	228,5956
16	16	1101,259	0,414763	249,1369
17	17	1170,088	0,414763	236,9578
18	18	1238,916	0	258,1681
19	19	1307,745	0	245,1132

her bir motora bir direnç grubu sen olarak bağlanır ve biri diğerine paralel olacak şekilde şebekeye bağlanır. Motorların sen bağlama durumundan paralel bağlama durumuna tramvayı sarsmadan geçebilmesi durumu için motorların devir sayısı;

$$n_D = n_N \cdot (U_N - 2 \cdot R_N \cdot I_N) / 2 \cdot (U_N \cdot R_N \cdot I_N)$$

$$n_D = 1430 \cdot (750 - 2 \cdot 0,12 \cdot 225) / 2 \cdot (750 \cdot 0,12 \cdot 225)$$

$$n_D = 688,298 \text{ d/d}$$

olmalıdır.

Motorların devir sayısı 688,298 d/d iken tramvay'ın hızı ise;

$$n_T = 688,298 \cdot 8/45 \text{ (8/45 Tekerlek Dönüşüm Oranı)}$$

$$n_T = 122,364 \text{ d/d}$$

$$v = n_T \cdot 2 \cdot \pi \cdot r / 60$$

$$v = 122,364 \cdot 3,14 \cdot 0,335 / 60$$

$$v = 4,2926 \text{ m/s veya } v = 15,45336 \text{ km/h}$$

olarak bulunur.

Tramvay bu hıza ulaştığında birinci aşama onuncu kademede, iki motor şebeke gerilimine ön dirençsiz olarak seri bağlanmış durumdadır. Tramvayın sabit ivme ile bu kademeye gelmesi için gereken süre 10 s olursa (her kademe için gereken süre 1 s), söz konusu ivmenin değeri;

$$a = v/t$$

$$a = 4,2926/10$$

$$a = 0,42926 \text{ m/s}^2$$

olarak bulunur.

ivmenin bulunan bu değeri standartlara uygundur. Tramvayın bu sabit ivme ile hareket edebilmesi için her bir kademede olması gereken hız, motor devir sayısı ve akım değeri Tablo 1 ve Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 4.7'deki kısaltmaların anlamları aşağıda verilmiştir..

v_T Tramvay'ın hızı (m/s)

t_D Tekerlek devir sayısı (d/d)

n_D Motor devir sayısı (d/d)

I_N Motor akımı (A)

k Motor indüklemeye katsayısı

Bu yöntem yerine, motor akımı 225 A değerinde sabit tutulmak şartı ile tramvay'ın hareketi sağlanmaya çalışılırdı kademe değiştirme esnasında her kademe için hareket ivmesi farklı olacağından yolcular sarsılırdı. Bu sakıncadan dolayı tramvaylarda bu tip yol verme yöntemi kullanılmamaktadır.

Sistemin kademe kontrolü tasarımı, tramvay'ın sabit ivme ile hareket etmesi gerektiği kabul edilerek yapılmıştır.

Yukarıda bahsedilen ölçmeler ve dönüştürmeler gerçekleştirildiği takdirde motorlara otomatik yol verme probleminin çözümü için geliştirilen algoritma aşağıdaki gibi ifade edilebilir;

1. Kontrol edilen parametrelerin (akım, hız, ağırlık) her bir kademe için kabul edilebilecek büyüklüğünün ikili kodları önceden mikrobilgisayarın Eprom'una kaydedilir.
2. Dönüştürücülerden alınan analog sinyallerin dijital karşılıkları sırası ile mikrobilgisayarın RAM belleğine yazılır.
3. RAM bellekteki değerler aynı parametrelerin değişik yol verme basamakları için Epromda kayıtlı olan yol verme basamak değerleri ile karşılaştırılır. Karşılaştırma sonucu söz konusu parametreler açısından tehlikesiz olabilecek maksimum basamak seçilir.
4. Her bir parametre için bulunmuş olan yol verme basamak değerleri arasından en küçük olanı seçilir ve geçilmesi müsait olan basamak değeri olarak Vatman'a sunulur.
5. Eğer Vatman sunulmuş olan yol verme kademesi üzerinde bir kademeye çıkmış olursa mikrobilgisayar yapılan bu hatalı işlemi belleğine kayıt eder ve sesli olarak Vatman uyarılır.
6. Bu algoritmanın 2.satırı ile 5. satırı arasındaki işlemler periyodik olarak 10 ms aralıklarla tekrarlanır.

3. Sistemin Elektronik Yapısı

Yukarıda geliştirilmiş olan kontrol algoritması Şekil 4'de gösterilen Z80 tabanlı mikroişlemci kartı üzerinden gerçekleştirilmiştir. Sistemin elektronik tasarımında akım dönüştürücüsü olarak Hail etkili G34SS2 entegresi kullanılmıştır.

Söz konusu uygulamada Hail dönüştürücüsünün -40mT ila +40mT arasında olan çıkışının doğrusal olarak değiştirildiği noktalar çalışma bölgesi olarak seçilmiştir. Manyetik alan 0 Tesla iken entegrenin çıkış sinyalinin genliği 2.1V.dır[3]. Akım dönüştürücü çıkışının uygulandığı analog devrenin çıkış geriliminin 0-5 V.D.C. arasında ölçeklendirilebilmesi için LM324 OP-AMP entegre devresi kullanılmıştır (Şekil 2) [4].

Tramvayın hızını ölçmek için kullanılan takajeneratörü çıkış sinyali A.C. olup, genliği hız ile doğru orantılıdır. Bu sinyal doğrultucu filtreden geçirildikten sonra LM 324 OP-AMP devresi [5]yardımıyla 0-5 V.D.C. arasında olacak şekilde ölçeklenir (Şekil 3).

Tramvayın ağırlığını ölçmek için akislere iki adet yük hücresi (Load Celi) yerleştirilmiştir. Tramvay yüksüz iken (toplam ağırlığı 28,7 Ton) dönüştürücü çıkış gerilimi 4 V.D.C. tam yüklükten (toplam ağırlığı 50,3 Ton) çıkış gerilimi ise 10 V.D.C. oluyor. Bu

sinyalinde ölçeklendirilmesi LM 324 OP-AMP entegresi ile gerçekleştirilmiştir (Şekil 2).

Ölçekleme devrelerinden gelen sinyalleri birer birer seçebilmek için sekiz ayrı giriş kanalı olan analog seçici 4051 entegre devresi kullanılmıştır. Bu entegrenin çıkış geriliminin dijital karşılığını oluşturmak için ise ADC0804 entegresi kullanılmıştır. 4051 ve ADC0804 entegrelerinin mikroişlemci sistem taşıtı ile bağlantısı 8251 PPI üzerinden gerçekleştirilmiştir.

4. Sonuçlar ve Öneriler

Tramvay motorlarına hatalı yol verme ve frenleme işlemleri esnasında motor akımı nominal akımın (nominal motor akımı 225A.) üç veya dört katına kadar (600-900A.) artmaktadır. Motor akımındaki bu artış, büyük mekaniği darbelere ve frenleme esnasında aşırı gerilimlerin doğmasına neden olmakta, indüklenen bu yüksek gerilim rotor sargısı ve kolektörün yalıtım direncinin bozularak sargıların yanmasına neden olmaktadır. Hasar görmüş bir kolektörün, yenisi ile değiştirilmesinin maliyeti yaklaşık olarak 8000D.M. civarındadır. Ayrıca, bu tip arızalardan dolayı tramvayın normal seferlerinde ciddi aksamalar görülmekte, dolayısıyla işletme açısından maliyet bir hayli artmaktadır.

Gerçekleştirilen bu çalışma neticesinde Konya Hafif Raylı Sistemi'nde kullanılan tramvaylara optimum yol verme basamaklarında yol verilmesi sağlanmış ve hatalı yol verme işlemleri önlenerek motorun nominal akımda çalışması temin edilmiştir. Motor akımının kontrol edilmesiyle pantograf kömüründe, seyir iletkeninde ve besleme devrelerinde meydana gelebilecek arızaların da büyük ölçüde önüne geçilmiştir. Hatalı basamakta yapılacak frenleme işlemlerinin de önlenmesiyle birlikte mevcut tramvay tekerleklerinin, ani suretle kilitleyerek raylar üzerindeki sürtünmesinden doğabilecek tekerlek bandajlarındaki ve raylardaki aşınmaların önlenmesi de sağlanmıştır. Bu hatalı yol verme işlemi sonucu oluşabilecek tehlikeli durumları önleyebilmek için tramvay motorlarına yol verme işleminin otomatik olarak yapılması öngörülmüştür. Otomatik olarak yol verme işlemini gerçekleştirmek için mikroişlemci olarak Z80 mikroişlemcisi kullanılmıştır. Mikroişlemci tarafından hesaplanmış basamak değerini bir servo motor yardımıyla tam otomatik olarak seçilmesi tasarlanmış, fakat mevcut büyük güçlü kontak ve mekanizma konstrüksiyonunun buna müsait olmayışı ve gerçekleştirilme maliyetinin yüksek olması sonucu seçilebilecek en yüksek basamak bilgisinin Vatman paneline aktarılmasına ve basamak değiştirme işleminin Vatman'a bırakılmasına karar verilmiştir.

Kaynaklar

- [1] KRAUS, H.; 1986, Grund Elektrischer Bahnen, pp. 30-37, Werner-Verlag Gmbh, Düsseldorf, GERMANY.
- [2] NASAR, S.A., BOLDEA, I.; 1990, Electric Machines Steady-State Operation, pp. 77-123, USA, ISBN 0-89-116-991-1.
- [3] RS Compenents and Instrumentation, Anonim, March 1996, pp. 1216-1219, UK.
RS Electronic Catalogue CD-ROM, Anonim, March 1995, Section Products of Hail Device, UK.
- [4] NATIONAL SEMICONDUCTOR, Anonim, 1989, Voltage Regulators, Chapter 10, pp.72-79, USA.
- [5] MORRIS N.M., 1991, Control Engineering, Chapter 2, pp. 22-23, Berkshire, UK.

GÖNDE VE SÜGÖNDE DENETİM YÖNTEMLERİNİN GERÇEK BİR SİSTEM ÜZERİNDE SINANMASI VE KIYASLANMASI

Ercan KARASU, Hüseyin DEMİRCİOĞLU
Hacettepe Üniversitesi
Mühendislik Fakültesi
Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü
Beytepe-Ankara

Abstract- In this study, Generalised Predictive Control (GPC) and Continuous-time Generalised Predictive Control (CGPC) are applied to a real-time system, a cascaded water tank, and their performance are compared. It is observed that the performance of CGPC and GPC are similar when the sampling interval and observer polynomial are chosen properly. However an important point to be mentioned is that GPC is more sensitive with respect to the choices of these.

1 GİRİŞ

Öngörülü denetim 1970'lerin sonlarından itibaren oldukça ilgi çeken bir denetim yöntemi olmuştur [1-7]. Bunun sebebi, bu denetim yönteminin kolay anlaşılır ve kolay formüle edilebilir olmasının yanısıra iyi bir başarıma da sahip olmasıdır, ilk öngörülü denetim yöntemleri sistemin dürtü [1] veya basamak tepki [2] modelleri üzerine kurulmuş ve kararlı sistemlerde başarılı sonuçlar vermiştir. Ancak geliştirilen bu ilk yöntemlerin kararsız sistemler üzerinde iyi sonuçlar vermemesi, daha sonra geliştirilen yöntemlerin daha etkili sistem modelleri üzerine kurulmasını gerekli kılmıştır. Bu yöntemlerden *Genelleştirilmiş Öngörülü Denetim* (GÖNDE) [6], Clarke, Mohtadi ve Tuffs tarafından geliştirilmiş ve etkili bir denetim yöntemi olarak oldukça yaygın bir kabul görmüştür.

Öngörülü denetim yöntemleri geleneksel olarak kesikli zamanda geliştirilmiştir. Bununla beraber genelde kesikli zaman yöntemlere ilişkin sayısal duyarlılık, minimum olmayan evreli sıfırlar, örnekleme aralığının seçimi gibi bazı problemlerin varlığı GÖNDE'nin sürekli zamanda eşdeğeri sayılabilecek bir denetim yöntemi olan *Sürekli Zaman Genelleştirilmiş Öngörülü Denetim* (SÜGÖNDE) [8] yönteminin, 1980lerin sonlarında H. Demircioğlu ve P.J. Gawthrop tarafından geliştirilmesiyle sonuçlanmıştır.

Öngörülü denetim yöntemleri ve özellikle GÖNDE, pratik denetim problemlerine uygulanmış ve başarılı sonuçlar alınmıştır. Bununla beraber SÜGÖNDE şu

ana kadar herhangi bir pratik probleme uygulanmamıştır; sadece çok sayıda benzetim çalışması yoluyla sınanmış ve başarılı sonuçlar elde edilmiştir. Bu çalışmada SÜGÖNDE'nin başarımı gerçek bir sistem üzerinde sınanmış ve yine aynı sistem üzerinde GÖNDE'nin başarımıyla kıyaslanmıştır.

2 GENELLEŞTİRİLMİŞ ÖNGÖRÜLÜ DENETİM (GÖNDE)

GÖNDE sistem çıkışının öngörülmesine dayanan bir yöntemdir. Yöntemi kısaca özetlemek gerekirse: İlk olarak denetlenecek sistemin çıkışı, gelecekteki belli bir zaman aralığı için öngörülür, daha sonra bilindiği varsayılan gelecekteki istenilen sistem çıkışları ile öngörülen sistem çıkışları arasındaki hataları en aza indirecek denetim sinyalleri oluşturulur ve bu denetim sinyallerinden ilki sisteme uygulanıp ilk adıma geri dönülür. Denetim sinyalleri

$$\sum_{j=N_1}^{N_2} \left[\hat{y}(t+j) - w(t+j) \right]^2 + \sum_{j=1}^{N_1} 4 \Delta u(t+j-1)^2 \quad (D)$$

maliyet işlevinin en küçük yapılmasıyla bulunur. Burada $\hat{y}(t+j)$ t+j anındaki öngörülen çıkışı, $w(t+j)$ t+j anındaki istenilen çıkışı, $A/(z-1)$ t+j-1 anındaki denetim sinyali değişikliğini, A ise denetim ağırlıklandırma çarpanını göstermektedir. N_1 ve N_2 , sırasıyla en küçük ve en büyük öngörü ufku, N_u ise denetim ufku olarak adlandırılır. Bulunan denetim sinyallerinden ilki,

$$\Delta u(t) = \begin{bmatrix} 1 & 0 & \dots & 0 \end{bmatrix} (G^T G + \lambda I)^{-1} G^T (f - w) \quad (2)$$

biçimindedir. Burada G matrisi açık döngü sistemin basamak tepkisi değerlerinden oluşan bir matris,

$$G = \begin{bmatrix} g_{N_1-1} & g_0 & 0 \\ g_{N_1} & & g_u \\ & & \\ g_{N_2-1} & & g_{N_2-N_1} \end{bmatrix} \quad (3)$$

f vektörü, $u(t-1)$ değerinde sabitlenmiş bir girişe karşılık gelen açık döngü sistem tepkisi

$$f = [f(t+N_1) \dots f(t+N_2)]^T \quad (4)$$

ve W ise istenilen gelecek çıkışlarından oluşan bir vektördür.

$$w = [w(t+N_1) \dots w(t+N_2)]^T \quad (5)$$

3 SÜREKLİ ZAMAN GENELLEŞTİRİLMİŞ ÖNGÖRÜLÜ DENETİM (SÜGÖNDE)

SÜGÖNDE, GÖNDE denetim yöntemi felsefesinin sürekli zamanda yeniden formüle edilmesiyle elde edilmiş bir yöntemdir ve GÖNDE'nin sürekli zamandaki eşdeğeri olarak algılanabilir. SÜGÖNDE denetim sinyali

$$J = \int_0^T [f(t) - v_1 * (f(t) + l)fdT + \hat{A} \int_0^T V(f) + lfdT] \quad (6)$$

maliyet işlevinin en küçük yapılmasıyla bulunur. Burada $v_1 * (f(t) + l)$, $v_2 * (f(t) + l)$ ve $l * (f(t) + l)$ sırasıyla $t+T$ anındaki öngörülen çıkış, istenilen çıkış ve denetim sinyalleridir. T_i öngörü ufkü, \hat{A} ise

denetim ağırlıklandırma çarpanıdır. Denetim sinyali

$$f(t) = [i \quad 0 \quad 0](H^T T_y H + J_y)^{-1} H^T (W - Y^0) \quad (7)$$

biçimindedir. Burada H matrisi açık döngü sistemin Markov parametrelerinden oluşan bir matris

$$H = \begin{bmatrix} K & 0 & 0 \\ h_1 & h_0 & 0 \\ & & \\ h_{N_1} & & h_{N_1-N_2} \end{bmatrix} \quad (8)$$

T_y ve T_u sırasıyla i 'inci elemanı

$$T_y = \frac{1}{(i+j-1)(i-1)(j-1)!} \quad (9)$$

biçiminde verilen $(V_1 - 1) \cdot (Y, -1)$ ve $(N_N + 1) \ll (A^1, \wedge 1)$ boyutlu matrislerdir A^1 öngörme, V_1 denetim derecesi olarak adlandırılır.

W ve Y^0 vektörleri ise sırasıyla istenilen çıkış ve açık döngü sistemin serbest tepkisine karşılık gelen vektörlerdir. Yönteme ilişkin detaylar kaynaklar [8] 'de bulunabilir.

4 SİSTEM

Çalışmamızın gerçekleştirildiği sistem. 4 bağımsız gözü olan ve her gözde ayarlanabilir 3 su çıkışı bulunan bir su tankından, su seviye algılayıcılarından. su pompalarından, A/D ve D/A dönüştürücü kartı bulunan bir bilgisayardan oluşmuştur. Tankta su seviyesi denetimi yapılmıştır; giriş değişkeni gözlerden birine basılan suyun debisi, çıkış değişkeni ise diğer bir gözdeki su seviyesidir. Tank gözleri su çıkışları aracılığı ile hortumla birbirine bağlanarak dördüncü dereceye kadar tek girişli ve tek çıkışlı bir sistem olarak düzenlenebilmektedir. Böyle bir sistem seçilmesinin nedeni, hem kişisel bir bilgisayarla denetlenebilir olması, hem de dördüncü dereceye kadar tek girişli ve tek çıkışlı bir sistem olarak düzenlenebildiğinden uygulama için gerekli esnekliği sağlamasıdır. Ayrıca tankın parametreleri vanalar ayarlanarak değiştirilebilmektedir ki bu, tank denetim altında iken parametreleri değiştirilerek etkilerinin incelenmesine olanak sağlamıştır. Belirtilmesi gereken diğer bir nokta ise, tank parametrelerinin gözlerdeki su seviyesine bağlı olarak değişmesi nedeniyle, tank modelinin doğrusal olmadığıdır.

5 UYGULAMA

GÖNDE ve SÜGÖNDE, C++ programlama dili kullanılarak programlanmıştır. Uygulama için tank gözlerinden ikisi ardışık bağlanarak ikinci dereceden bir sistem oluşturulmuştur.

Hem GÖNDE, hem de SÜGÖNDE bir çok farklı koşul altında sisteme uygulanmış ve başarımları kıyaslanmıştır. Bu uygulamalardan dördüne karşılık gelen grafikler Şekil 1, 2, 3 ve 4te verilmiştir. Şekillerde yer alan ilk grafikler istenilen ve gerçekleşen çıkışı, ikinci grafikler denetim sinyallerini, yarı ölçeklendirmeye gösterilen grafiklerde ilk grafik $B(\cdot)/A(\cdot)$ aktarım işlevi ile tanımlanan sistemin $B(\cdot)$ parametrelerini, ikinci grafik ise $A(\cdot)$ parametrelerini

göstermektedir. Yatay eksenler dakika cinsinden zamanı, dikey eksenler santimetre cinsinden tankın ikinci gözündeki su seviyesini belirtir.

Şekil 1'de görülen grafiklerde, SÜGÖNDE'nin tasarım parametreleri

$$N_v = 20, N_H = 0, T = 100, C(.v) = (17.v + 1)^3$$

$$7(.v) = (s + 0.05)^3, f_i = 0.001, S = 10000$$

olarak seçilmiştir. Burada $C(s)$ gözleyici çokterimlisini, $7(.v)$ kestirici çokterimlisini, $1/?$ unutm çarpanını, δ eşdeğişinti matrisi başlangıç çarpanını belirtmektedir.

Şekil 2'ye ait grafiklerde ise GÖNDE tasarım parametreleri

$$N_v = 70, N_H = N_u = 1, (\lambda q') = (1 - 0.89 \cdot y')^3$$

$$\cdot / (\lambda q') = (1 - 0.85 \cdot y')^3, \rho = 0.999, S = 10000$$

olarak seçilmiştir.

Görüldüğü gibi iki yöntem de, sistemi etkin bir biçimde denetlemekte ve istenilen su seviyeleri başarıyla sağlamaktadır. Ancak denetim sinyalleri karşılaştırıldığında GÖNDE'nin SÜGÖNDE'ye göre gürültüden daha çok etkilendiği görülmektedir.

Şekil 3 ve şekil 4, GÖNDE ve SÜGÖNDE'nin, denetim sırasında tankın ikinci gözünde bulunan bir vananın kısılp, sistemin değiştirilmesi sonucu elde edilen denetim başarımlarını göstermektedir. Yaklaşık 30. dakikada vananın kısılmasıyla, sistem çıkışında aşma oluşmuş, bu dakikadan sonra sistem parametreleri yeni sistemi tanımlayan değerlere doğru yakınsamaya başlamıştır. Burada GÖNDE ve SÜGÖNDE'ye ait tasarım parametreleri bir öncekilerle aynıdır. Şekillerden de görüldüğü gibi, denetim sırasında sistem değiştirildiğinde, SÜGÖNDE yeni duruma çok kısa bir sürede uyum sağlayıp, iyi bir denetim başarımı gösterirken, GÖNDE yapılan değişikliğe daha uzun bir sürede uyum sağlamış ve denetim başarımı düşmüştür.

6 SONUÇ

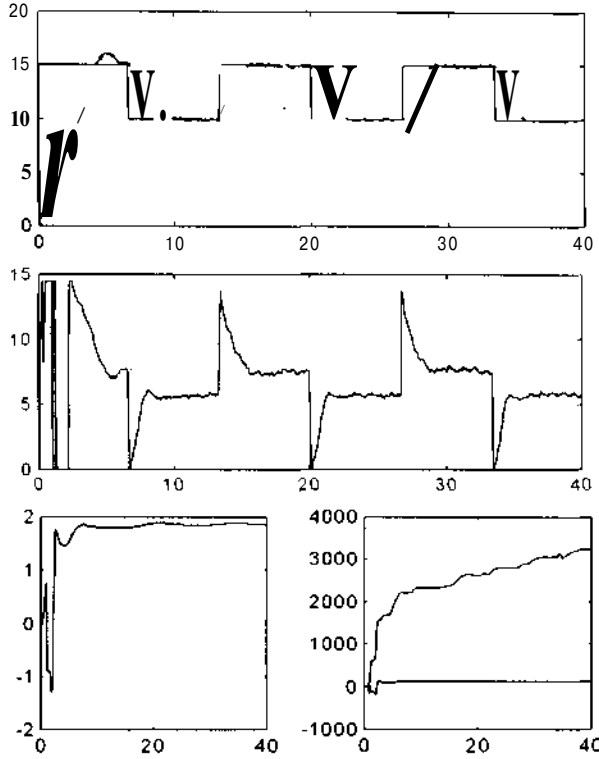
Yaptığımız çalışmayla GÖNDE'nin örnekleme aralığı seçimi konusunda SÜGÖNDE'ye göre daha hassas olduğu gözlenmiştir. Örnekleme aralığının sistem zaman sabitine göre çok küçük seçilmesi durumlarında GÖNDE'nin başarımı düşmüş, buna karşın SÜGÖNDE daha iyi sonuçlar vermiştir. Ayrıca her iki yöntemde de tasarımcı tarafından seçilmesi gereken ve gözleyici çokterimlisi (observer

polynomial) olarak bilinen çokterimlinin seçiminde GÖNDE yönteminde daha hassas davranılması gerekmiş, SÜGÖNDE'nin bu çokterimlinin seçiminde daha gürbüz olduğu görülmüştür. Bunun yanında sistemin parametreleri vanalar yardımı ile değiştirildiğinde, SÜGÖNDE'nin değişen sistem koşullarına daha iyi uyum sağladığı gözlenmiştir. Bu çalışma sonunda, genel olarak SÜGÖNDE'nin başarımının GÖNDE'nin başarımından daha iyi olduğu söylenebilir. Ancak GÖNDE'nin başarımı örnekleme aralığı ve gözleyici çokterimlisinin seçimine çok bağlıdır, bunlar uygun seçildiğinde GÖNDE ve SÜGÖNDE'nin benzer sonuçlar verdiği gözlenmiştir.

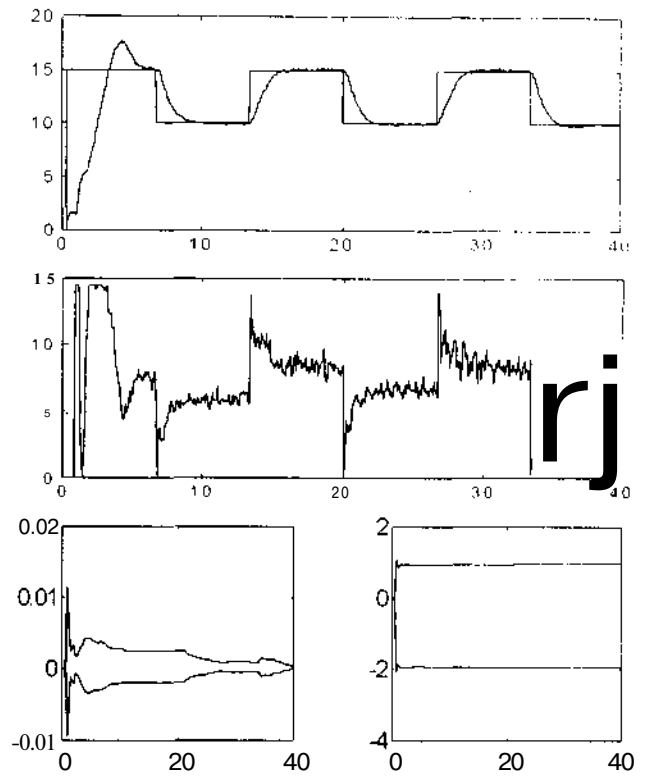
7 KAYNAKLAR

- [1] RICHALET, J., RAULT, A., TESTUD, J.L., and PAPON, J. : ' Model predictive heuristic control: applications to industrial processes', *Automatica*, 1978, 14, pp.413-428
- [2] CUTLER, C.R., RAMAKER, B.L.: 'Dynamic matrix controha computer control algorithm'. Joint Automatic Control Conf., San Fransisco, USA, 1980
- [3] YDSTIE, B.E.: 'Extended horizon adaptive control'. IFAC 9th World Congress, Budapest, Hungary, 1984
- [4] MOSCA, E., ZAPPA, G., and MANFREDI, C.: 'Multistep horizon self-tuning controllers: the musmar approach'. IFAC 9th World Congress, Budapest, Hungary, 1984
- [5] DE KEYSER, R.M.C., and VAN CAUWENBERGHE, A.R.: 'Extended prediction self-adaptive control'. IFAC Identification and System Parameter Estimation, York, UK, 1985
- [6] Clarke, D.W., Mohtadi, C. and Tuffs, P.S.: 'Generalised predictive control. part 1 : the basic algorithm and part 2 : extensions and interpretations'. *Automatica* 23(2):137-160, 1987
- [7] DE KEYSER, R.M.C., VAN DE VELDE, Ph.G.A., and DUMORTIER, F.A.G. : 'A comparative study of self-adaptive long-range predictive control methods' *Automatica*, 1988, 24, (2), pp. 149-163
- [8] Demircioğlu, H., Gawthrop, P.J.: 'Continuous-time generalised predictive control (CGPC)'. *Automatica*, 27 (1) : 55-74, 1991.

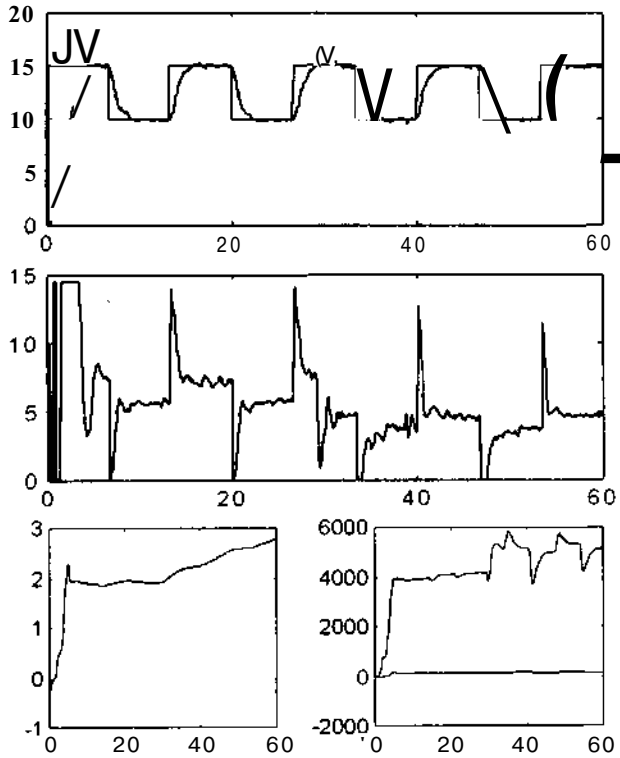
TEŞEKKÜR : Bu çalışma EEEAG-149 numaralı proje çerçevesinde TÜBİTAK tarafından desteklenmiştir. TÜBİTAK'a bu desteğinden dolayı teşekkür ederiz.



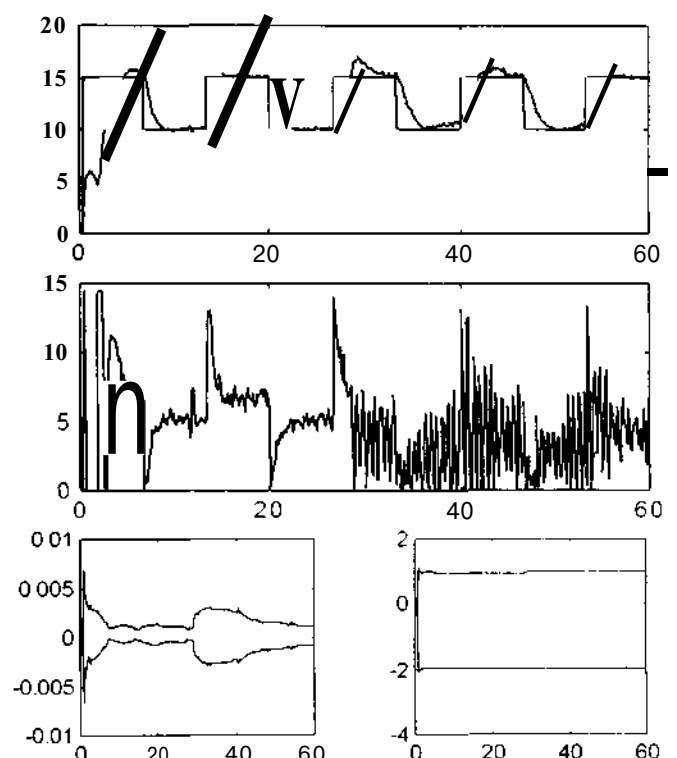
ŞEKİL: 1 "SÜGÖNDE denetim başarımı"



ŞEKİL: 2 "GÖNDE denetim başarımı"



ŞEKİL: 3 "Sistem değişikliğinde SÜGÖNDE"



ŞEKİL: 4 "Sistem değişikliğinde GÖNDE"

Zaman Gecikmeli ve Çok Değişkenli Süreçlerde Gecikme Düzenlemesi

Nur SAYGI ve Alper URAZ

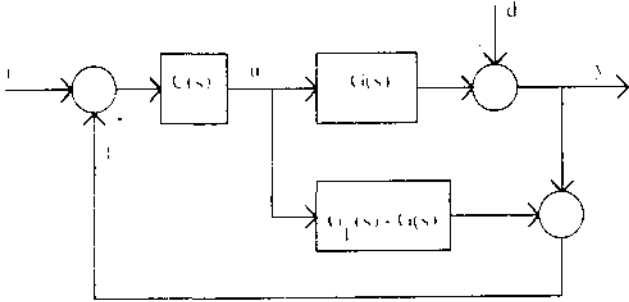
Hacettepe Üniversitesi. Elektrik ve Elektronik Mühendisliği Bölümü, 06532 Beytepe. Ankara

ABSTRACT

The magnitudes as well as the distribution of delays in the process transfer matrix directly affect the design of a compensator for multivariable systems with time delays. Adding some extra delays to the process may improve the system performance. However, increasing delays to have a good response at one output may cause a corruption on the other outputs. A new simplified delay compensator that needs no addition of extra time delay is developed and is based on the prearrangement test that is introduced to determine the delay locations which give the best possible responses. Simulation experiments conducted on a distillation column transfer matrix have shown that the new delay compensator gives better results than the existing two other methods when comparing the responses at the outputs and the integral squared errors.

1 GİRİŞ

Endüstrideki çoğu süreçte sıkça rastlanan zaman gecikmesi, büyüklüğüne bağlı olarak, süreç denetimini zorlaştırmaktadır. Denetleyiciyi zaman gecikmesinin olumsuz etkisinden kurtarabilmek için, süreçte bazı düzenlemeler yapmak gerekmektedir. Bir çok denetim yöntemi arasında ilk olarak 1957'de Smith tarafından önerilen "Smith öngörücüsü (Smith Predictor)" büyük bir kabul görmüştür. Smith öngörücüsünün çok girişli ve çok çıkışlı (çokdeğişkenli) sistemlere uygulanması konusunda da bir çok çalışma yapılmış: geliştirilmiş bir zaman gecikmesi düzeltici. 1986'da Jerome ve Ray tarafından önerilmiştir. Bu gecikme düzeltcinin yapısı aşağıdaki şekilde gösterilmiştir (Şekil 1).



Şekil 1. Gecikme düzenlemesinin genel yapısı

Burada, r , y , d , f , $m \times 1$ boyutlu, sırasıyla, giriş (dayanak noktası), çıkış, bozucu ve geribesleme vektörleri. $G(s)$ ve $G_p(s)$, $m \times m$ boyutlu süreç aktarım işlevi ve gecikme düzeltci matrisleri, $C(s)$ ise

elemanları oransal, tümlevsel denetleçlerden oluşan, $m \times m$ boyutlu köşegen denetleç matrisidir. Zaman gecikmesi düzeltci $G_c(s)$, zaman gecikmeleri dışında $G(s)$ ile aynı dinamiğe sahiptir. Sürecin matematiksel modelini gösteren $G(s)$, bu çalışmada olduğu gibi, çoğu zaman modelin tam olarak elde edildiği varsayımı ile $G(s)$ ' e eşit alınmaktadır.

Çok değişkenli ve zaman gecikmeli sistemlerde oransal tümlevsel denetleçler ile birlikte denetimi sağlayan gecikme düzeltcinin tasarımında süreçte bulunan zaman gecikmelerinin sadece büyüklükleri değil, aynı anda süreçte buldukları yerlerde önem taşımaktadır. Bunun yanında, bazı çokdeğişkenli sistemlerde zaman gecikmesinin ortadan kaldırılmasıyla değil ama artırılması ile süreç yanıtı iyileştirilebilmektedir.

Jerome ve Ray, gecikme düzeltci matrisi $G_n(s)$ ' deki zaman gecikmelerinin değişik biçimlerde seçilebileceğini ve yapılan seçime göre, çokdeğişkenli sistemin tek girişli tek çıkışlı sistemler için tanımlanan tek döngülü Smith öngörücüsünün farklı özelliklerini taşıyacağını belirtmişlerdir:

1. Eğer $G_r(s)$, tüm zaman gecikmeleri sıfırlanmış $G(s)$ biçiminde tanımlanırsa, çokdeğişkenli sistemin kapalı döngü karakteristik eşitliği zaman gecikmesi içermez. Bu tek döngülü Smith öngörücüsünün birinci özelliğidir.

2. Eğer $G_r(s)$ ' in gecikmeleri $G(s)$ ' de karşılık gelen gecikmenin o satırdaki en küçük zaman gecikmesi σ_i den farklı biçimde tanımlanırsa, her bir $f_i(t)$ geribesleme sinyali, ilgili çıkış sinyali $y_j(t)$ ' nin σ_j süre sonraki davranışını kestirebilir. Böylece,

$$f_i(t) \approx y_j(t + \sigma_j) \quad i = 1, \dots, m$$

yazılabilir ve bu da tek döngülü Smith öngörücüsünün ikinci özelliğidir.

3. Eğer $G(s)$ ' in her satırdaki en küçük gecikme ana köşegen üzerinde ise $G(s)$

$$G(s) = G_{\text{diag}}(s)G_c(s)$$

biçiminde yazılabilir. Burada

$$G_{\text{diag}} = \text{köşegen}(e^{-s\tau_i}) \quad i = 1, \dots, m$$

biçiminde tanımlanmıştır.

Yukarıdaki ifade $G(s)$ ' yi iki kısma ayırmaktadır: birincisi tersi alınabilir, kendisi ve tersi kararlı ve nedensel $G_c(s)$; ikincisi ise zaman gecikmeleri nedeniyle tersi alınamayan $G_{\text{diag}}(s)$. BU da tek döngülü Smith öngörücüsünün üçüncü özelliğinin geliştirilmiş biçimidir.

Üçüncü özelliğin sağlanması için önemli bir koşul göze çarpmaktadır. Bu da her satırdaki en küçük gecikmenin ana köşegen üzerinde yer alması gereğidir. Bu koşula dayalı olarak Jerome ve Ray yeniden ayarlama sınavasını tanımlamışlardır.

Yeniden Ayarlama Sınavası : Eğer $G(s)$, sadece temel satır ve sütun işlemleri kullanılarak, her satırdaki en küçük zaman gecikmesi ana köşegen üzerinde yer alacak biçimde düzenlenebiliyorsa, yeniden ayarlama sınavasını sağlamış olur.

$G(s)$ yeniden ayarlama sınavasını sağlamıyorsa, yani her satırdaki en küçük gecikme ana köşegen üzerinde değilse, yukarıdaki 3. özelliğin sağlanabilmesi için sürecin zaman gecikmeleri yapısında bazı değişikliklerin yapılması gerekmektedir. Bu durumda köşegen olmayan elemanların gecikmeleri artırılırsa süreç yeniden ayarlama sınavasını sağlayacak biçime getirilebilir. Ancak çoğunlukla çok değişkenli süreçlerdeki etkileşim nedeniyle, süreç aktarım işlevi matrisinde yer alan gecikmelerin bireysel olarak diğerlerinden bağımsız biçimde, artırılmaları mümkün değildir. Bu durumda gereken gecikme artırımını sağlamak amacıyla, sürecin bazı girişlerine gecikme eklenmesi yoluna gidilmektedir. Herhangi bir girişe gecikme eklenmesi, matriste bu girişe karşılık gelen sütunda bulunan her elemanın gecikmesinin aynı miktarda artması anlamına gelmektedir. Bunun sonucu olarak, istenmediği halde, aynı sütunda bulunan diğer gecikmeler de artırılmaktadırlar. Girişe eklenen bu gecikmeler, elemanları sadece zaman gecikmelerinden oluşan $D(s)$ köşegen matrisi ile gösterilebilir. Sonuçta elde edilen değiştirilmiş $G(s)D(s)$ süreci 3. özelliğin uygulanması için gerekli koşulu sağlamakta ve aynı zamanda 2. özellik de sağlanmış olmaktadır. Şekil.1' de gösterilen yapıda da $G(s)$ ' in yerini $G(s)D(s)$ almakatadır.

Genelleştirilmiş Gecikme Düzeltici (GGD) : Jerome ve Ray' in genelleştirilmiş gecikme düzeltcinde, $G_r(s)$ ' in aşağıdaki biçimde seçilmesi önerilmektedir.

$$G_r = G_j G(s) D(s)$$

G_r yukarıda verildiği gibi hesaplanırken, $G(s)$ yeniden ayarlama sınavasını sağlıyorsa $D(s)$ birim matris olarak alınır.

İyileştirilmiş Gecikme Düzeltici (İGD) : Shanmugathan ve Jonston, Jerome ve Ray' in genelleştirilmiş gecikme düzeltci üzerinde bazı değişiklikler yaparak iyileştirilmiş gecikme düzeltci (İGD)' ni tanımlamışlardır. İGD ile GGD arasındaki fark, sürecin yeniden ayarlama sınavasını sağlamaması durumunda ortaya çıkmaktadır. İGD denetim yapısında yine $G(s)D(s)$ matrisinin kullanılmasını gerektirmektedir. Ancak, G_r hesaplanırken, GGD'de olduğu gibi, aynı G_r ile birlikte, $G(s)D(s)$ yerine bu defa $G(s)$ yapay aktarım işlevi kullanılmaktadır. $G_r(s)$, $G(s)$ 'in ana köşegeni üzerinde bulunan gecikmelerin buldukları satırdaki en küçük gecikme olacakları biçimde diğer

gecikmelerden gerekenlerinin bireysel olarak artırılması varsayımı ile elde edilen düşünsel bir aktarım işlevi matrisidir.

2 ÖNAYARLAMA SINAMASI

Süreçte bulunan zaman gecikmelerinin yeniden ayarlama sınavasını sağlamaması durumunda, gereken gecikme artırımına başlamadan önce, gecikme dağılımı gözden geçirilmelidir. Özellikle ana köşegen üzerindeki elemanların doğru seçilmesinde yarar vardır. Bununla ilgili olarak yeni bir önayarlama sınavası tanımı yapılmıştır.

Tanım : $G(s)$ ' in paydasında (yani $G(s)$ ' in belirteninin payında) bulunan en küçük zaman gecikmesini oluşturacak zaman gecikmeleri eğer $G(s)$ 'in ana köşegeni üzerinde yer alıyorsa, o zaman sistem önayarlama sınavasını sağlamış olur. Eğer sağlamıyorsa, aktarım işlevi matrisinin satırlarının yerleri değiştirilerek, sistemi bu özelliği sağlayacak biçimde ayarlamak her zaman olasıdır.

Önayarlama sınavasını sağlayan gecikme yapısı, gecikme artırımını için temel olarak alınmalıdır. Önayarlama sınavası sağlandıktan sonra, köşegen olmayan zaman gecikmeleri, sistemde Jerome ve Ray' in yeniden ayarlama sınavası sağlanacak biçimde artırılabilir. Sonuçta elde edilecek gecikme matrisi, o sistem için olası en iyi kapalı döngü yanıtını verecektir. Ayrıca bu yapı, geliştirilen yalınlaştırılmış yeni bir düzeltcin temelini oluşturacaktır.

3 YALINLAŞTIRILMIŞ GECİKME DÜZELTECİ(YGD)

Yalınlaştırılmış yeni gecikme düzeltcinin diğerlerinden en önemli farkı özgün sürece fazladan gecikme eklemeyi gerektirmemesidir. Gecikme düzeltci tasarlanırken, öncelikle süreç, önayarlama sınavasını geçecek biçimde ayarlanır; eğer önayarlama sınavası sağlanıyorsa gerekli satırların yerleri değiştirilir. Daha sonra, sürecin ikinci bir modeli ele alınır. Bu ikinci model yeniden ayarlama sınavasını sağlayacak biçimde ayarlanır; eğer her satırdaki en küçük gecikme ana köşegen üzerinde değilse, köşegen olmayan elemanlardan gerekenleri artırılır. Gecikme düzeltci bu değiştirilmiş ikinci düşünsel süreç modeline göre belirlenir. Sonuç olarak elde edilen gecikme düzeltci üzerinde hiç bir değişiklik yapılmayan özgün süreç ile birlikte kullanılır.

Tasarım yordamı aşağıdaki gibi özetlenebilir:

1.Sistem modeli önayarlama sınavasını sağlayacak biçimde ayarlanır. Zaman gecikmelerinin değeri değiştirilmez; fakat gerekiyorsa bazı satırların yerleri değiştirilerek gecikmelerin de yerleri değiştirilebilir. Önayarlama sınavası için gecikmelerin artırılması söz konusu değildir.

2.Ana köşegen üzerinde yer alan gecikmeler, herhangi bir denetleç kullanılarak, dinamik olarak ayrışık hale getirilecek sistemin çıkışlarında elde edilebilecek en iyi gecikmeler olarak alınır.

3. Gecikme düzeltici $G_F(s)$ ' nin dinamiği gecikmeler dışında $G(s)$ ile aynıdır. G_F ' nin gecikmeleri (T_i) ise aşağıdaki gibi belirlenir:

$$r_i = \max(0, (\dot{\theta}_n - r)) \quad i, j = 1, \dots, m$$

Burada u_{ij} ' ler önayarılama sınavasını sağlayan $G(s)$ ' in gecikmeleri ve r ' ler ise $G(s)$ ' in ana köşegeni üzerinde yer alan gecikmeleri göstermektedir. Sonuçta elde edilen G_c ' nin tersi alınabilir ve hem G_F hem de G^{-1} öngörü içermezler.

4 BENZETİM DENEYLERİ

Yeni geliştirilen düzenleme yöntemini bilinen diğer iki düzenleme yöntemi ile karşılaştırmak amacıyla aşağıda aktarım işlevi matrisi verilen etanol-su damıtma sütunu süreci [4. 5. 7] üzerinde benzetim deneyleri yapılmıştır.

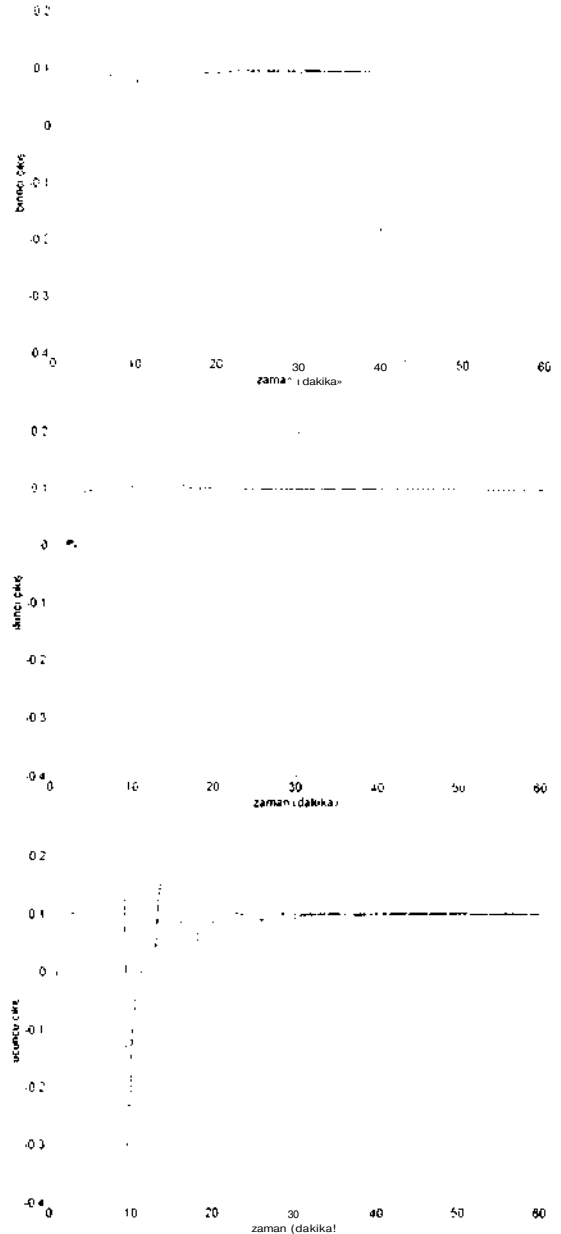
$$G(s) =$$

$\frac{0.66e^{-2s}}{6.7v+1}$	$\frac{-0.61c^{-2s}}{8.6s+1}$	$\frac{-0.0049e^{-s}}{9.06.v+1}$
$\frac{1.11e^{-0.5s}}{3.2.v+1}$	$\frac{-2.36e^{-2s}}{5.v+1}$	$\frac{-0.012c^{-1.2s}}{7.09.v+1}$
$\frac{-34.68e^{-0.5s}}{8.15.v+1}$	$\frac{46.2c^{-1.5s}}{10.9.s+1}$	$\frac{0.87(1161.v+1)e^{-s}}{(3.89.v+1)(18.8.v+1)}$

Bu deneylerde, yukarıdaki süreç modeli kullanılarak Şekil.1' de gösterilen denetim yapısında üç farklı tasarım oluşturulmuştur. Tüm tasarımlarda farklı düzeltçi matrisleri ($G_r(s)$), fakat aynı denetçi matrisi ($C(s)$) kullanılmıştır. Üç girişe uygulanan 0.1 büyüklüğündeki basamak işleve karşı sürecin üç çıkışındaki yanıtları elde edilmiş, hata karelerinin tümlevi,

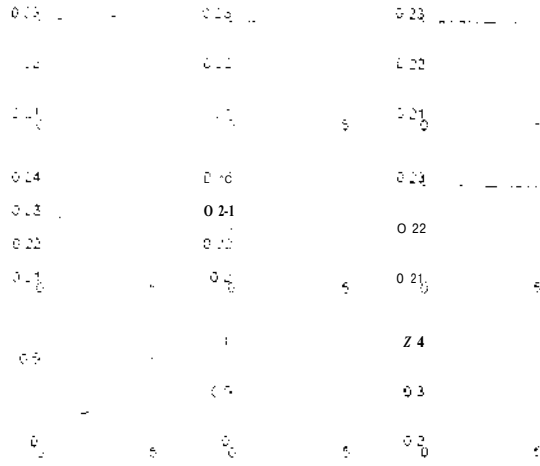
$$I S L = \int_0^{\infty} ((0.1 - y_1)^2 + M(0.1 - y_2)^2 + (0.1 - y_3)^2) dt$$

bağıntısı kullanılarak hesaplanmıştır. YGD, GGD ve İGD tasarımları için İSE değerleri, sırasıyla, 0.2131, 0.2284 ve 0.2283 olarak bulunmuştur. Bu değerler karşılaştırıldığında, GGD ve İGD' nin birbirlerine yakın sonuçlar verdikleri, fakat YGD' nin diğer ikisinden daha iyi bir sonuç verdiği görülmektedir. Sürecin üç çıkışındaki yanıtlar incelendiğinde, her üç tasarımın da birinci ve ikinci çıkışlarda birbirlerine yakın yanıtlar vermelerine karşın, üçüncü çıkıştaki yanıtlarda YGD'de belirgin bir farklılık görülmektedir (Şekil 2). YGD' nin üçüncü çıkışta sağladığı bu iyileşmenin nedeni sürece fazladan gecikme eklenmemesidir. Şekil 2' de görüldüğü gibi üçüncü çıkıştaki yanıtlarda YGD t=1' de başlarken GGD ve İGD t=2.8' de başlamaktadır.

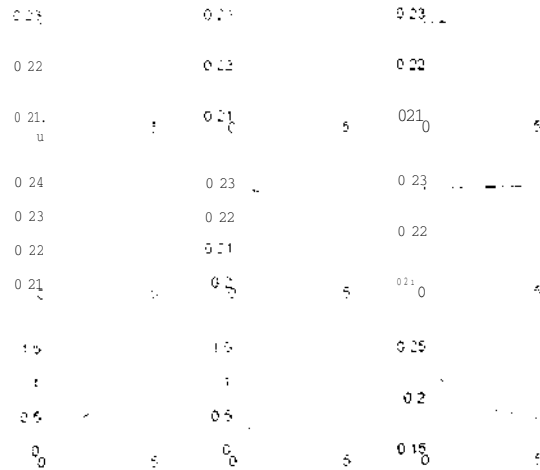


Şekil 2. Üç farklı gecikme düzeltici için girişlere uygulanan basamak sinyalinin üç çıkıştaki yanıtı (sürekli: YGD; kesikli : GGD; noktalı: İGD).

ikinci bir benzetim deneyi ile farklı gecikme düzeltçileri kullanılarak elde edilen üç farklı denetim sistemi tasarımının gecikmelerdeki değişimlere olan duyarlılıkları incelenmiştir. Bu deneyde yukarıdaki süreç modeli ve üç farklı gecikme düzeltici tasarımı aynen kullanılarak, $G(s)$ ' in tüm gecikme elemanları sırayla %1 - %5 oranları arasında artırılmış ve daha sonra da aynı oranlarda azaltılmıştır. Bir gecikme elemanı bu biçimde değiştirirken diğer gecikmeler özgün süreçteki değerlerinde tutulmuşlardır. Her iki durumda yukarıda tanımlanan hataların karelerinin tümlevi hesaplanmıştır (Şekil 3 ve Şekil 4).



Şekil 3. Çizimlerin bulunduğu yere karşılık gelen gecikmenin diğerleri sabit tutularak artırılması sonucunda üç farklı tasarımda İSE' nin artırım oranlarına göre değişimleri (—:YGD; : İGD; : GGD).



Şekil 4. Çizimlerin bulunduğu yere karşılık gelen gecikmenin, diğerleri sabit tutularak azaltılması sonucunda üç farklı tasarımda İSE' nin azaltma oranına göre değişimleri (—:YGD; : İGD; : GGD).

Şekil 3 ve Şekil 4 incelendiğinde, bir gecikme elemanındaki değişimin, azaltılsın veya artırılsın, genellikle İSE' de bir artış ile sonuçlandığı görülmektedir. Sadece köşegen elemanlardaki gecikmeler azaltıldığında İSE de azalmaktadır. Köşegen elemanlar süreç yanıtları üzerinde belirleyici özelliğe sahiptir; köşegen elemanlardaki gecikmeler artırıldığında toplam İSE artmakta, azaltıldığında ise azalmaktadır. Köşegen olmayan elemanlardaki gecikmeler ise artırılsalar da azaltılsalarda çoğunlukla İSE' yi artırmakta veya çok fazla etkilememektedirler. İSE' deki en büyük artışlar üçüncü satırda bulunan gecikmelerin değiştirilmesiyle ortaya çıkmaktadır.

5 SONUÇ

Bu çalışmada, çok değişkenli ve zaman gecikmeli süreçlerde gecikme düzeltici tasarımı ayrıntıları ile ele alınmış, yalınlaştırılmış yeni bir gecikme düzeltici (YGD) tanımlanmıştır. Yeni yöntem öncekilerin aksine bazı girişlere veya çıkışlara fazladan gecikme eklenmesini gerektirmemektedir. Düzelteç tasarımı için temel oluşturmak üzere, süreçteki zaman gecikmelerinin en iyi sonucu verecek biçimde yerleşimini sağlamak amacıyla yeni bir önayarlama sınaması tanımlanmıştır.

YGD' yi bilinen diğer iki gecikme düzeltici GGD ve İGD ile karşılaştırmak için bir damıtma sütunu benzetim örneği kullanılmıştır. Hataların karelerinin tümlevi ve dayanak noktası için zaman yanıtları incelenmiş ve YGD' nin diğer ikisinden daha iyi sonuç verdiği gözlenmiştir. Duyarlılık çözümlemesi için zaman gecikmelerinde küçük değişiklikler yapılarak önceki deneyler tekrarlanmış ve burada da YGD' nin daha olumlu sonuçlar verdiği görülmüştür.

KAYNAKLAR DİZİNİ

- [1].Holt, B. R., and Morari, M., 1985, Design of resilient processing plants - V ; the effect of deadtime on dynamic resilience. *Chemical Engineering Science*, v.40. n.7, pp.1229 - 1237
- [2].Jerome. N. F., and Ray, W. H., June 1986, High-performance multivariable control strategies for systems having time delays. *AIChE Journal*, v.32, n.6, pp.914-931
- [3].Shanmugathan, N., and Johnston, R. D., 1988, Exploitation of time delays for improved process control. *International Journal of Control*, v.48, n.3, pp.1137- 1152
- [4] Uraz, A., August 1989, Generalised input - output compensators for multivariable processes with time delays. *32nd Midwest Symposium on Circuits and Systems*, University of Illinois at Urbana- Champaign
- [5] Psarris, P., and Floudas, C. A., 1990, Improving dynamic operability in MIMO systems with time delays. *Chemical Engineering Science*, v.45. n.12, pp.3505- 3524
- [6].Zhou, W., Lee, P. L., and Sullivan. G. R., 1990. Improving control performance of multivariable systems by modification of the process deadtime structure. *Chemical Engineering Communication*, v.91, pp.65- 78
- [7].Jerome, N. F., and Ray, W. H., 1992, Model-predictive control of linear multivariable systems having time delays and right half plane zeros. *Chemical Engineering Science*, v.47, n.4, pp.763 - 785
- [8].Marshall, J. E., Gorecki, H., Korytowski. A., Walton, K., 1992. Time delay systems. *Ellis Horwood*.
- [9].Saygı, N., Uraz, A., 1997, Zaman gecikmeli çokdeğişkenli süreçlerin tanıyımı ve denetimi. *Hacettepe Üniversitesi Araştırma Fonu Proje Raporu*.

ULAŞIM AĞLARI İÇİN BİR DIŞMERKEZLİ YÖNLENDİRME KONTROLÜ ALGORİTMASI¹

Banu ATAŞLAR ve Altuğ İFTAR

Anadolu Üniversitesi
Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü
ESKİŞEHİR

banu@mmf.mm.anadolu.edu.tr

altug@mmf.mm.anadolu.edu.tr

Abstract: *in this study, a decentralized control approach is proposed for transportation networks to prevent traffic congestion. The approach is developed by considering flow control and routing control together and a control algorithm based on a previously proposed congestion measure is presented.*

1. Giriş

Ulaşım ağlarından en etkin şekilde yararlanılabilmesi için öncelikle ağlarda ortaya çıkan yönlendirme probleminin çözülmesi gerekmektedir. Ulaşım ağlarındaki yönlendirme problemi, araçların ağa katıldıkları noddan ulaşmak istedikleri noda varıncaya kadar hangi nodlar ve linkler üzerinden geçeceği belirlenmesi olarak tanımlanabilir.

Ulaşım ağlarında ortaya çıkan yönlendirme problemini çözmek amacıyla günümüze kadar birçok yönlendirme kontrolü algoritması geliştirilmiştir (bkz. [1] ve oradaki kaynaklar). [1]'de bir optimal kontrol probleminin çözümü ile elde edilen *tıkanıklık ölçüğüne* dayalı olarak geliştirilen bir dışmerkezli dinamik yönlendirme kontrolü yaklaşımı yer almaktadır. Bu kontrolör dışmerkezli olması ve kolayca gerçekleştirilmesi yanında tüm yönlendirme kısıtlarını (sıra uzunluklarının ve akış oranlarının negatif olmaması ve akış oranlarının link kapasitelerini aşmaması) sağlamakta, trafiğin döngüye girmesini önlemekte ve ağa giriş oranlarının belli limitleri aşmaması durumunda tüm sıra uzunluklarını sonlu zamanda sıfırlayarak tüm araçları sonlu zamanda varış noktalarına ulaştırmaktadır. Ancak, önerilen kontrolör pratik açıdan önemli iki noktayı göz ardı etmektedir: (i) Kontrolörün uygulaması sürekli değişkenler kullanılarak sürekli zamanda yapılmıştır; bir başka deyişle, sistemin kesikli doğası dikkate alınmamıştır. (ii) Her bir noddaki belli varış noktalı araçlar sıralarda bekletilirken başka varış noktalı araçların serbestçe yönlendirilebileceği kabul edilmiştir; dolayısıyla, ulaşım ağlarında sıra başında bekleyen bir aracın yönlendirilmesi yapılmadan o aracın gerisinde bekleyen araçların yönlendirilemeyeceği kısıtlaması göz ardı edilmiştir. Bu olumsuzluklardan arındırılarak geliştirilen [2]'deki algoritma noddaki kuyrukta sıra bekleyen araçları sırasıyla ele alarak, her bir kont-

rol periyodunda tam sayıda araç yönlendirilmesini sağlamaktadır. Bu kontrolde her bir nodun akış aşağı nodlarındaki tıkanıklık ölçüğü değerlerini bilmesi gerçek zaman içi hesaplamalar için yeterlidir. Bunun dışında diğer nodlarla hiç bir bilgi alış-verişine gerek duyulmadan gerçek zaman içi hesaplamalar yerel olarak nodlarda yapılabilmektedir.

Bu çalışmada ise, [2]'de önerilen algoritma temel alınarak, yönlendirme kontrolü yanında akış kontrolünü de birlikte ele alan yeni bir kontrol algoritması önerilmiştir. Önerilen kontrolörün trafik ağlarında göstereceği performansı saptayabilmek için benzetim çalışmaları da yapılmıştır. Bu amaçla, Papageorgiou ve Messmer tarafından geliştirilmiş olan METANET adlı benzetim paket programının üzerinde önemli ölçüde değişiklikler yapılarak yeni bir benzetim programı hazırlanmıştır. UNIX ortamında C programlama dilinde hazırlanmış olan bu program kullanılarak örnek bir trafik ağı için önerilen kontrol algoritmasının benzetimi yapılmıştır.

2. Trafik Akış Dinamiği Modeli

Ulaşım ağlarındaki yönlendirme ve akış kontrolü problemlerini çözmek amacıyla yapılan bu çalışmada ele alınan trafik akış modelinde trafik yoğunluğu, trafik akış oranı ve ortalama hız değişkenleri temel değişkenler olarak kullanılmaktadır [3]. Ağın modeli zamanın belli bir periyodla örneklenmesi ve ağda bulunan linklerin belirli uzunluklarda bölümlere ayrılması ile elde edilen kesikli sisteme ait fark denklemleri ile ifade edilmektedir:

$$\rho_{m,i}(k) = \sum_{j \in J_m} \rho_{m,i}^j(k) - q_{m,i}^l(k)$$
$$PmA^k = \sum_{i \in J_m} \rho_{m,i}^l(k)$$
$$q_{m,i}^l(k) = \rho_{m,i}^l(k) v_{m,i}(k) \lambda_m$$
$$v_{m,i}(k+1) = v_{m,i}(k) + \frac{T}{L_m} [V(\rho_{m,i}(k)) - v_{m,i}(k)]$$
$$+ \frac{T}{L_m} v_{m,i}(k) [v_{m,i-1}(k) - v_{m,i}(k)]$$
$$- \frac{vT}{TL_m} \frac{[p_{m,i-1}(fe) - \rho_{m,i}(k)]}{\rho_{m,i}(k) + \kappa}$$
$$V(\rho_{m,i}(k)) = v_{f,m} \exp \left[-\frac{1}{\alpha_m} \left(\frac{\rho_{m,i}(k)}{\rho_{cr,m}} \right)^{\alpha_m} \right]$$

¹Bu çalışma EEEAG-173 sayılı araştırma projesi çerçevesinde TÜBİTAK tarafından desteklenmiştir.

Bu denklemlerdeki değişkenler aşağıdaki şekilde tanımlanmıştır:

$\rho_{m,i}^i(k)$: m linkinin i 'inci bölümündeki ($i = 1, 2, \dots, f_m$) varış nodu / olan araçların kT zamanındaki yoğunluğu (her bir şeritteki birim uzunluk başına araç sayısı).

$q_{m,i}^i(k)$: T_1 linkinin i 'inci bölümündeki ($i = 1, 2, \dots, f_m$) varış nodu / olan araçların kT zamanındaki akış oranı (birim zamanda geçen araç sayısı).

$v_n(k)$: m linkinin i 'inci bölümünde ($i = 1, 2, \dots, f_m$) kT zamanındaki ortalama hız değeri.

$\rho_{cr,m}$: m linkine ait kritik trafik yoğunluğu [3].

$v_{f,m}$: m linkine ait serbest hız değeri [3].

s : m linkinin bölüm sayısı.

L_m : m linkine ait herbir bölümün uzunluğu.

A_m : m linkinin sahip olduğu şerit sayısı.

τ_m : m linki ile ulaşılabilecek varış nodlarının kümesi.

T : örnekleme periyodu.

Ayrıca, ρ^* , K , V ve r ağıdaki trafiğin ve çevre koşullarının özelliklerine bağlı parametrelerdir [3].

Yukarıdaki denklemlerin kullanılabilmesi için her bir linkin başlangıcındaki akış oranlarının (ρ^*) ve v_n linkin başlangıcındaki ortalama hız değerinin ($v_{m,0}(k)$) ve her bir linkin sonundaki yoğunluğun ($\rho_{m,f_m+1}(k)$) bilinmesi gerekmektedir (bu değerler verilen dinamik denklemlerin sınır koşullarını oluşturmaktadır). Bu değerler aşağıdaki şekilde hesaplanabilir:

$$q_{m,0}^i(k) = \rho_{m,0}^i(k) \left[\hat{r}_n^i(k) + \sum_{\mu \in I_n} q_{\mu,f_\mu}^i(k) \right], \forall m \in S_n^i.$$

$$v_{m,0}^i(k) = \frac{v_n^i(k) \hat{r}_n^i(k) + \sum_{\mu \in I_n} v_{\mu,f_\mu}(k) q_{\mu,f_\mu}^i(k)}{\hat{r}_n^i(k) + \sum_{\mu \in I_n} q_{\mu,f_\mu}^i(k)}$$

$$v_n(k) = \max \left(v_n^M, \frac{\sum_{\mu \in O_n} v_{\mu,1}(k)}{s(O_n)} \right)$$

$$\rho_{m,f_m+1}(k) = \frac{[\rho_n(k)]^2 + \sum_{\mu \in O_n} [\rho_{\mu,1}(k)]^2}{\rho_n(k) + \sum_{\mu \in O_n} \rho_{\mu,1}(k)}$$

$$\rho_n(k) = \frac{\sum_{\mu \in I_n} q_{\mu,f_\mu}^i(k)}{\lambda_n^o v_n^o}$$

Bu denklemlerdeki değişkenler aşağıdaki şekilde tanımlanmıştır:

I_n : n noduna giren linklerin kümesi.

$q_{m,f_m+1}^i(k)$: I varış noduna ulaşmak üzere kT zamanında n noduna gelen araçlar için akış aşağı linklerden biri olan m linkine dağılım oranı (bu değer yönlendirme kontrolü ile belirlenmektedir).

$\hat{r}_n^i(k)$: varış nodu / olan araçların kT zamanında n nodunda trafiğe katılma oranı (birim zamanda trafiğe katılan araç sayısı - bu değer akış kontrolü ile belirlenmektedir).

S_n^i : n nodundan ayrılan linkler içinden, n nodundan / varış noduna uzanan alternatif yollarından birine ait olanların kümesi.

$v_n(k)$: kT zamanında n nodunda trafiğe katılan araçların trafiğe katıldıkları andaki ortalama hızları.

v^* : n nodunun giriş bölümündeki (on-ramp) en yüksek hız.

O_n : n nodundan ayrılan linklerin kümesi.

$s(-)$: (\bullet) kümesinin eleman sayısı.

$p_n(k)$: kT zamanında n nodunda trafikten ayrılan araçların çıkış bölümündeki (off-ramp) yoğunluğu.

τ_n^o : n nodunun çıkış bölümündeki ortalama hız.

A_n : n nodunun çıkış bölümünün şerit sayısı.

3. Önerilen Kontrol Algoritması

Yukarıda tanımlanan matematiksel model temel alınarak, trafik ağlarında tıkanıklığı önleyici yeni bir kontrol yaklaşımı önerilmiştir. Yönlendirme ve akış kontrolünün bir arada ele alındığı bu yaklaşım, ilk kez [1]'de önerilen ve [2]'de kullanılan tıkanıklık ölççeği temel alınarak geliştirilmiştir. Burada, tıkanıklık ölççeği her bir n nodu ve / varış nodu ($I \in J_n^i := \{Jm \wedge o \wedge J-m\}$ için aşağıdaki şekilde tanımlanmıştır:

$$p_n^i(k) = \sum_{\mu \in I_n} \alpha_\mu^i \sigma_\mu^i(k) + \beta_n^i \zeta_n^i(k)$$

$$\sigma_\mu^i(k) = \begin{cases} \frac{\rho_\mu^i(k)}{\rho_{\mu,f_\mu}(k)} \bar{\rho}_\mu(k), & \rho_{\mu,f_\mu}(k) > \rho_{cr,\mu} \\ 0, & \rho_{\mu,f_\mu}(k) \leq \rho_{cr,\mu} \end{cases}$$

$$\bar{\rho}_\mu(k) = \rho_{\mu,f_\mu}(k) - \rho_{cr,\mu}$$

$$\zeta_n^i(k+1) = \zeta_n^i(k) + T (r_n^i(k) - \hat{r}_n^i(k))$$

Burada $\alpha_n^* > 0$ ve $\beta_n^* > 0$ tasarımcı tarafından seçilen sabit kontrolör parametreleridir. Diğer değişkenler ise aşağıdaki şekilde tanımlanmıştır:

$\rho_n^i(k)$: I varış noduna ulaşmak üzere n nodunda ağa dışarıdan katılmak isteyen araçların oluşturduğu kuyruğun kT zamanındaki uzunluğu.

$r_n^i(k)$: kT zamanında / varış noduna ulaşmak üzere n nodundan ağa katılmak isteyen araç oranı (birim zamanda kuyruğa eklenen araç sayısı).

Tanımlanan bu tıkanıklık ölççeğine dayalı olarak aşağıda verilen algoritma önerilmektedir. Algoritmanın uygulanması için yukarıda tanımlanan J_n ve

$S'_n (I \in J'_n)$ kümelerinin sıralı kümeler olduğu kabul edilmiştir. Aşağıda $j'_n(t)$ ve $S'_n(h)$ sırasıyla j'_n kümesinin t 'inci elemanını ve S'_n kümesinin h 'inci elemanını göstermektedir. J'_n kümesinin elemanları gelişigüzel sıralanabilmektedir (kullanılan sıralamanın sonuca her hangi bir etkisi yoktur). Ancak, S'_n kümesinin sıralaması belirlenirken n nodundan h noduna gitmek için en uygun (en kısa veya tahmini seyahat sürelerine göre en hızlı) yola ait link bu kümenin ilk elemanı olarak belirlenmelidir. Diğer linkler de tanımladıkları yolların uygunluk sıralarına göre sıralanmalıdır. Ayrıca, aşağıda $r_{n,max}$ n nodunda trafiğe katılma oranının alabileceği en büyük değeri göstermektedir. Ağdaki her bir n nodu için h 'inci örnekleme anında uygulanması önerilen algoritma:

1. $t = 1, f'_n(k) = 0, \forall i \in C$
2. $h = j'_n(t), h = 1, flag = 0.$
3. $i = S'_n(h).$
4. $p^i(k) \geq p^j(k)$ ise, n nodunda bulunan ve varış nodu i olan araçları j noduna yönlendir:

$$\phi_{n,m}^i(k) = \begin{cases} f_i, m \in O_n \cap I_j \\ 0, m \in O_n \cap L_j \end{cases}$$

$$flag = 1.$$

5. $h = h + 1.$

$$flag = 0 \text{ ve } h \leq s(S^h) \text{ ise } 3. \text{ adıma dön.}$$

6. $flag = 1$ ise 7. adıma git.

$flag = 0$ ise, n nodunda bulunan ve varış nodu i olan araçları tıkanıklık ölçeği değerleri ile ters orantılı olacak şekilde paylaştırarak akış aşağı nodlara yönlendir:

$$\phi_{n,m}^i(k) = \begin{cases} \frac{1}{\sum_{v \in S'_n} \frac{p^v(k)}{p^i(k)}}, & m \in O_n \cap I_j, j \in S'_n \\ 0, & m \notin O_n \cap I_j \end{cases}$$

7. $t = t + 1, i \leq s(J'_n)$ ise 2. adıma dön.
8. n nodundan ağa katılmak üzere kuyrukta bekleyen araç yoksa DUR.
9. n nodundan ağa katılmak üzere kuyrukta bekleyen araçlardan ilkinin i varış nodunu belirle.
10. $h = 1, flag = 0.$
11. $h = S^h.$

12. $p^i(k) \geq p^j(k)$ ise aracın trafiğe katılmasına izin ver:

$$r_{n,i}^i(k) = \frac{r^i(k)}{T} + \frac{1}{T}$$

$$flag = 1.$$

13. $h = h + 1.$

$$flag = 0 \text{ ve } h \leq s(S'_n) \text{ ise } 11. \text{ adıma dön.}$$

14. $flag = 1$ ve $r_{n,i}^i(k) < r_{n,max}$ ise 8. adıma dön.

$$flag = 0 \text{ veya } \sum_{i \in J'_n} r^i(k) \geq r_{n,max} \text{ ise DUR.}$$

4. Benzetim Çalışmaları

Önerilen kontrol algoritmasının gerçek trafik ağlarında göstereceği performansı önceden saptayabilmek için benzetim çalışmaları yapılmıştır. Benzetim için Papageorgiou ve Messmer tarafından geliştirilmiş olan METANET adlı benzetim paket programı ele alınmıştır. Bu paket program üzerinde, önemli ölçüde değişiklikler yapılarak önerilen kontrol algoritmasının benzetimini sağlayacak yeni bir program geliştirilmiştir. UNIX ortamında C programlama dilinde hazırlanmış olan bu program ile [4]'de kullanılan ve Şekil 1'de şematik olarak gösterilen örnek trafik ağı için kontrol algoritmasının benzetimi yapılmıştır. Şekil 1'de görülen, giriş ve çıkış linkleri hariç 21 link (toplam 45 bölüm) ve 19 noda sahip trafik ağına 5 kaynak nodundan (U1,...,U5) 5 varış noduna (Z1,...,Z5) ulaşmak üzere araç girişi yapılabilmektedir. Belirli periyod ile ağa katılan araç miktarları benzetim programına dışarıdan girilmektedir. Örnek trafik ağına 6 saat süresince araç girişinin yapıldığı bir durum için elde edilen sonuçlardan birkaç grafik örneği Şekil 2-5'de verilmiştir. Şekil 2, 3 ve 4'de sırasıyla ağdaki 3 şerite ve 4 bölüme sahip olan 13'üncü linkin 3'üncü bölümüne ait trafik yoğunluğu (araç/km/şerit), trafik akış oranı (araç/saat), ve ortalama hız [km/saat] değişkenlerinin zamana [günün saati] bağlı olarak grafikleri yer almaktadır. Şekil 5'de ise zamana bağlı olarak ağa araç girişinin gerçekleştiği kaynak nodlarındaki araç kuyruk uzunluklarının toplamı (araç) görülmektedir.

5. Sonuç

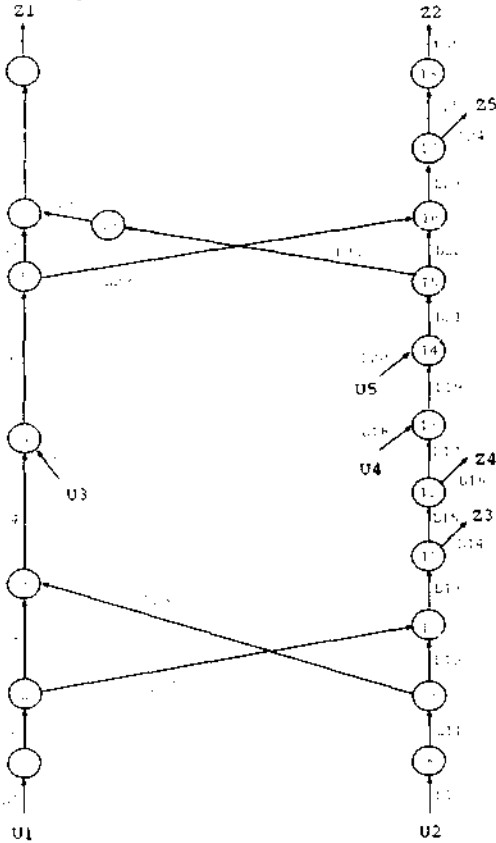
Bu çalışmada, ulaşım ağlarında ortaya çıkan tıkanıklığı önlemek amacıyla bir dışmerkezli kontrol yaklaşımı önerilmiştir. Akış kontrolü ve yönlendirme kontrolünün birlikte ele alındığı bu yaklaşım ilk kez İftar [1] tarafından önerilmiş olan tıkanıklık ölçeğine dayalı olarak geliştirilmiştir. Önerilen kontrolör için her bir nodun akış-aşağı nodlarındaki tıkanıklık ölçeği değerlerini bilmesi gerçek zaman içi hesaplamalar için yeterlidir. Bunun dışında diğer nodlarla hiç bir bilgi alış-verişine gerek duyulmamaktadır.

6. Teşekkür

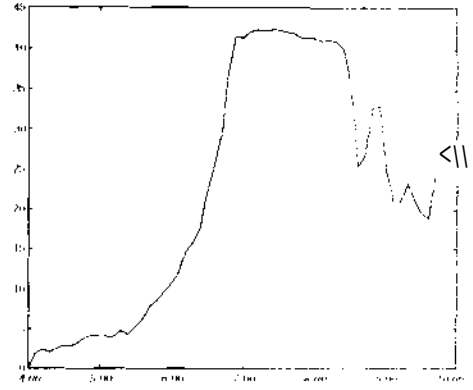
Yazarlar, METANET programının kaynak kodunu sağlayan Prof. Markos Papageorgiou ve Dr. Albert Messmer'e teşekkürü bir borç bilir.

7. Kaynakça

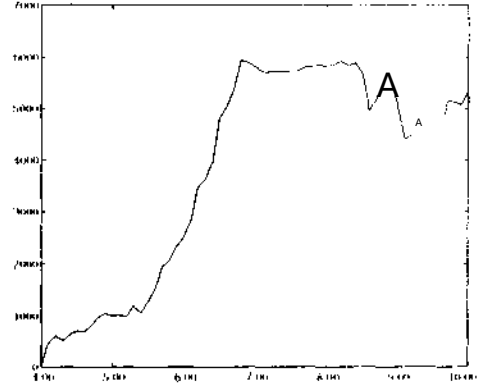
- [1] A. İftar, "A decentralized routing control strategy for semi-congested highways," *Preprints of the 13th IFAC World Congress*, c. P, s. 319-324, San Francisco, CA, A.B.D., Temmuz 1996.
- [2] A. İftar, "An intelligent control approach to decentralized routing and flow control in highways," *Proceedings of the 12th IEEE International Symposium on intelligent Control*, İstanbul, Temmuz 1997. (yayınlanacak)
- [3] M. Papageorgiou, J. Blosseville ve H. Hadj-Salem, "Macroscopic modeling of trafik flow on the Boulevard Peripherique in Paris," *Transportation Research, Part B*, c. 23B, s. 29-47, 1989.
- [4] A. Messmer ve M. Papageorgiou, "METANET: A macroscopic simulation program for motorvay networks," *Traffic Engng. and Control*, c. 31, s. 466-470, 1990.



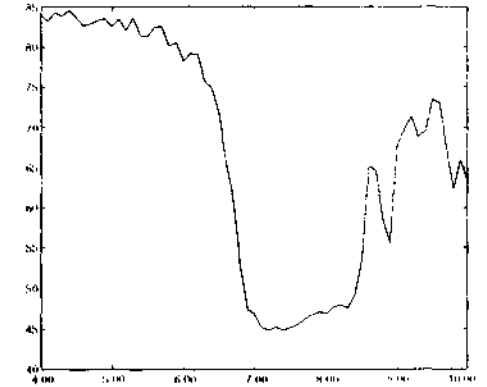
Şekil 1



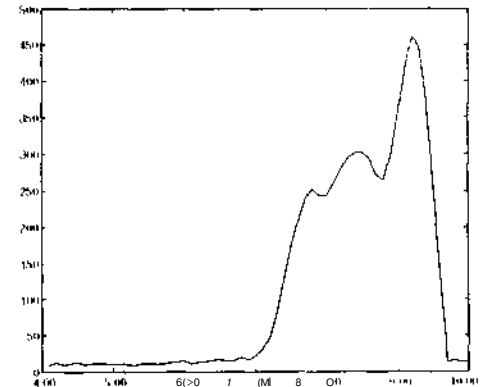
Şekil 2



Şekil 3



Şekil 4



Şekil 5

4-KAFALI OKSİ-ASETİLEN TEZGAHININ MODERNİZASYONU

Osman PARLAKTUNA, Ümit KÜNKÇÜ, Metin KAYA

Osmangazi Üniversitesi
Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü
Eskişehir

ABSTRACT

//)• this project, a 4-head oxy-asetilen metal sheet cutting machine which is Located at Locomotive and Motor Corporation of Turkey (TULOMSAS), Eskişehir is modernized. Before modernization machine was using an optic tracing mechanism and had some tracing problems. Aim of the project was to replace this tracing mechanism by a computer controlled system. Aşow, figures drawn using ACAD are interpreted by a PASCAL program and motor driving signals are produced by the computer.

1. GİRİŞ

Bu projede, Türkiye Lokomotif ve Motor Sanayii Anonim Şirketinde (TULOMSAS) bulunan 4-kafalı oksii-asetilen tezgahının modernizasyonu gerçekleştirilmiştir.

Modernizasyon işlemi tamamen elektromekanik ve optik izleme yöntemine dayanan eski sistemin endüstriyel PC ve yan parçalar kullanılarak daha hassas ve modem bir yapıya kavuşturulması şeklinde olmuştur. Burada amaç donanım ve programlama açısından esnek ve kullanışlı bir sistem ortaya çıkartmaktır. İstenilen bir çok fonksiyonu yerine getirebilen donanım ve yazılım paketlerini piyasada bulmak mümkün olmakla beraber, özellikle yazılımın çok pahalı olması ve özel isteklere cevap verememesi büyük eksikliklerdir. Yazılımın tarafımızdan gerçekleştirilmesi istenilen değişiklikleri kolayca gerçekleştirmemizi mümkün kılmıştır.

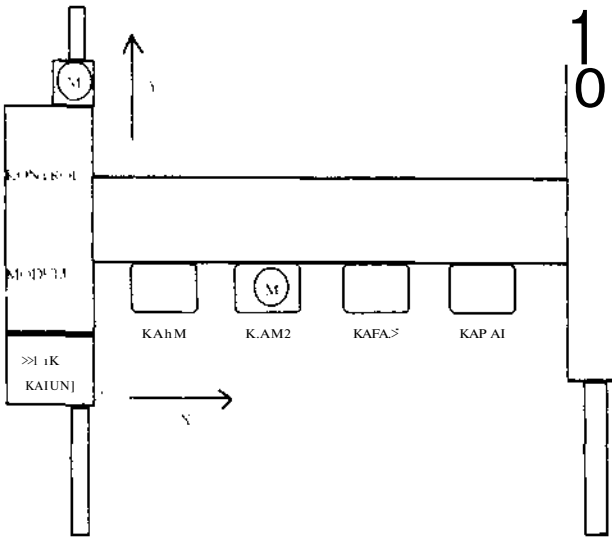
2. ESKİ SİSTEMİN GENEL YAPISI

4-kafalı oksii-asetilen kesme tezgahı 10 ton ağırlığında 20m boyunda ve 14m genişliğinde olup X

ve Y yönünde hareketi üç adet motorla sağlanmaktadır (şekil 1). Y yönündeki hareketi (ileri-geri) sağlayan iki motor ana gövdeyi, operatörün kumanda kabinini, PC ve diğer elektronik aygıtların olduğu bölümü taşımaktadırlar. Ana gövde üzerine yerleştirilmiş 4 adet kafa bir birleri ile çelik telli makara sistemi ile küple edilmişlerdir iki numaralı kafaya doğrudan bağlanmış olan motor dört kafayıda aynı anda kumanda ederek X yönündeki hareketi (sağa-sola) sağlamaktadır Ayrıca herbir kafa üzerinde alev tabancasını yukarı-aşağı yönde hareket ettiren birer DC motor mevcuttur. Bu hareket konsoldan manuel olarak ayrı ayrı yapılabildiği gibi tüm kafalar için ortak çalışan otomatik pozisyonlandırma da mevcuttur. Otomatik pozisyonlandırma alev tabancalarının önüne yerleştirilmiş sensor yardımı ile tabancayı saçtan ayarlanmış bir uzaklıkta tutar. Bu işlem büyük sac parçalarında, sacın bombeli kısımlarında kafanın saca olan uzaklığının değişmemesini sağlar. Y yönündeki hareket için 2 adet 1KW gücündeki DC servo motor ve X yönündeki hareket için ise 0.6KW gücündeki DC servo motor kullanılmaktadır. Y yönündeki motorların uyguladığı tork bağlanan redüktörler aracılığı ile 300Nm'ye arttırılmıştır. X yönündeki motorun torku ise 180Nm'dir[1],

Modernizasyondan önce optik izleme sistemiyle çalıştırılan tezgah, aydinger üzerine çizilmiş şekli takip ederek 1:1, 1:5, 1:10 ölçeklerde büyütürken sacı kesmekteydi. Tezgahın X ve Y yönlerindeki hareketi analog kontrol sinyalleriyle sağlanmaktaydı.

Modernizasyon sırasında var olan optik sistemin mekanik aksamı ile buna bağlı olan tüm elektromekanik sistemler sökülüştür.



Şekil 1. Tezgahın Görünümü.

3. GERÇEKLENEN SİSTEM

Tezgahın optik izleme sistemi zamanla hassasiyetini kaybetmiş ve kesimde bazı problemler ortaya çıkarmaya başlamıştır. Bu problemleri ortadan kaldırmak için optik izleme sistemini bilgisayar kontrollü hale getirecek bir çalışma gerçekleştirilmiştir. Autocad aracılığı ile çizilen herhangi bir şekil, yazılan program tarafından yorumlanmakta ve motorları sürececek gerekli kontrol sinyalleri üretilerek, tezgahın parçayı kesmesi sağlanmaktadır.

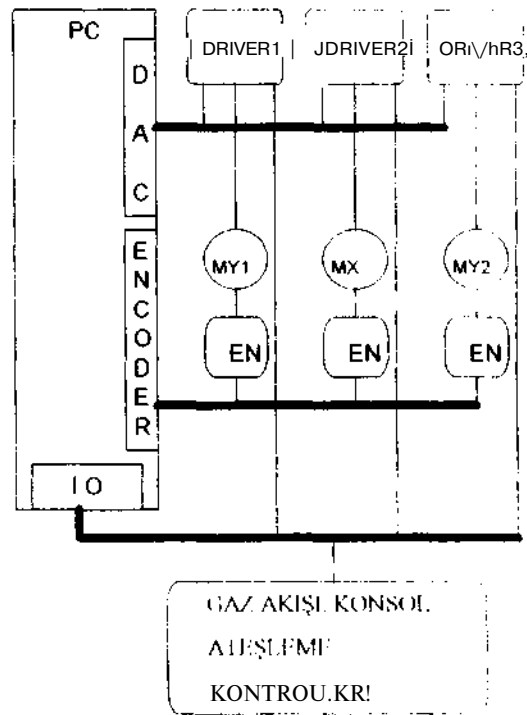
Modernizasyon, donanım ve yazılım olmak üzere iki kısımda gerçekleştirilmiştir.

3.1. Donanım

Modernizasyon projesinde eski sistemin Motorları ve redüktörleri değiştirilmeden kullanılmıştır. Motorların pozisyonlarını belirlemek amacıyla her bir motor üzerine 500 çizgi hassasiyetli enkodür üniteleri ilave edilmiştir. Motorları süren eski sürücüler iptal edilmiş ve motorların güçlerine uygun yeni DC servo sürücüler kullanılmıştır. Motorlar üzerindeki takometre çıkışları ise motorları istenilen hızda döndürebilmek için DC servo motor sürücü ünitelerine bağlanmıştır. Yeni servo sürücülerin kullanılması nedeniyle tüm besleme sistemi de yenilenmiştir. Eski sistem üzerinde bulunan ateşleme kontrol, gaz akış kontrolü, yukarı aşağı kafa pozisyon kontrolleri gibi elektromekanik sistemler, var olan arızalar giderildikten sonra yeni sistemle kullanılabilir hale getirilmiştir. Bunlar dışında kalan acil durdurma sistemleri (emergency control), kavrama (clutch)

kontrol sistemi gibi sistemler PC ile kontrol için yeniden tasarlanıp gerçekleştirilmiştir.

PC olarak 486DX2-66 işlemciye sahip özel amaçlı bir endüstriyel bilgisayar kullanılmıştır. Bu bilgisayar üzerine DC servo sürücülere analog hız bilgisi gönderebilmek için üzerinde genel amaçlı 3 adet sayısal/analog çeviricisi(DAC) bulunan bir DAC kartı[3]; 500 çizgili enkodürlardan gelen pozisyon ve dönüş bilgisini değerlendirecek 3x24 bitlik enkodürsayıcı kartı[4]; gaz akışını, panel tuşlarını ve ateşleme kontrolünü sağlayacak giriş/çıkış (I/O) kartı[5] ve röle kartı yerleştirilmiştir. Ayrıca eski sistemde de kullanılan ve yeni sistem için eklenen bazı özel fonksiyonları kontrol etmek veya bu sistemlerden gelen bilgileri değerlendirmek amacı ile opto-izoleli giriş/çıkış[7] ve güçlü bir röle kartında[8] PC dışına yerleştirilmiştir. Bu kartlarla PC'nin haberleşmesi, PC içindeki I/O kartıyla olmaktadır. Sistemin blok şeması şekil 2'de gösterilmiştir.



Şekil 2. Sistemin Blok Şeması

3.2 Yazılım

Sistem Pascal programlama dilinde yazılan bir program tarafından kontrol edilmektedir. Kesilecek olan sacın şekli AutoCad'de çizildikten sonra program bu şeklin DXF uzantılı dosyasını çözümlenmekte ve sacın şeklini kavis, doğru, daire gibi alt elemanlarına ayırmaktadır. Bu şekilde V'i, elemanın boyut ve pozisyon bilgisi elde edilmiştir.

tezgahı kontrol etmek için uygun kumanda bilgileri oluşturulur.

Yazılan programın ortaya çıkabilecek tüm genel ve özel durumları içermesi gereklidir. Proje sırasında karşılaştığımız bazı özel durumlar ve çözümleri aşağıda verilmiştir.

- AutoCad'in oluşturduğu DXF kütüğünden gelen şeklin, orijinal boyutlarıyla kesilmesi durumunda kesici alevin kalınlığı nedeniyle kesilen parçaların ölçüleri orijinal ölçülerden farklı çıkmaktadır. Alev kalınlığı oksijenin saflığına ve meme kalınlığına bağlı olarak değişmektedir. Bu nedenle alev kalınlığını göz önüne alarak orijinal şeklin boyutlarını değiştiren bir telafi programı yazılmıştır. Bu program yardımıyla iki farklı telafi gerçekleştirilmektedir. Burada bir bütün parça içerisinde bulunan deliklerin boyutları küçültülmekte, dış parçanın boyutları ise büyütülmektedir, iç ve dış telafi miktarları birbirlerinden bağımsız olarak PC üzerindeki klavyeden gelebilmektedir. Telafi miktarları belirlendikten sonra şekil üzerine birtakım geometrik ve trigonometrik dönüşümler uygulanarak yeni şekil koordinatları elde edilir. Bu küçültme ve büyütme işlemlerinin gerçekleştirilebilmesi için öncelikle şeklin kesim yönünün saat yönünde olması sağlanmıştır.
- Şekil kesilmeye başlandığında, sac tavlama denilen bir işleme tabi tutulur. Bu sacın ilk kez delinebilmesi için alevin tutulduğu noktanın sacı ergime noktasına kadar ısıtmasıdır. Bu noktaya erişildiğinde asetilen gazı basınçlı oksijenle birleştirilerek metal delinir ve kesme işlemine başlanır. Şekil başlangıç noktasından ([0,0] noktasına en yakın nokta) kesilmeye başlandığında tavlama esnasında cürufun püskürmesi nedeni ile sacın o noktasında bozulma meydana gelmektedir. Bu problemin ortadan kaldırılması için tavlama işlemi başlangıç noktasından ayarlanabilir bir mesafede içeriden veya dışarıdan yapılmaktadır. Bu giriş mesafesi (iç ve dış için aynı) klavyeden girilebilir.
- Kesme işlemine şeklin hangi noktasından başlandığı çok önemlidir. Kesme sırasında ısınmadan dolayı sac • genişmekte ve zayıf kenarlarda genişmiş sacın kesimi sonucunda hatalı kesim ölçüleri ortaya çıkabilmektedir. Bu durumu önleyebilmek için kesim başlangıç noktasının operatör tarafından seçilebilmesi gerçekleştirilmiştir. Operatörün burada üç farklı seçeneği vardır. Birincisinde, Operatör yazılımın şeklin başlangıç noktasını [0,0] noktasına en yakın olacak şekilde seçmesini isteyebilir, ikincisinde, yazılımın şeklin başlangıç noktasını seçerken en dıştaki çizim için [0,0] noktasına en

yakın noktayı başlangıç olarak kabul etmesi, iç çizimler içinde ilgili şekle göre bir önceki şeklin son noktasına en yakın noktayı başlangıç olarak kabul etmesi ve bu işlemleri otomatik olarak gerçekleştirmesini sağlayabilir. Bu seçenek kafanın şekilden sekile atlarken minimum yol izlemesine olanak sağlamaktadır. Üçüncüsünde, operatör her bir şekil için kesim başlangıç noktasını tek tek klavye yardımı ile kolayca belirleyebilir.

- Tezgah Y ekseninde iki ray üzerinde hareket etmektedir. Y yönündeki motorların dönüş hızları arasındaki uyumsuzluk sonucu tezgah kasıntı yapmakta ve hareketi zorlamaktadır. Kasıntıyı önleyebilmek için her iki motorunda uyumlu şekilde çalışmasını sağlayacak bir hız senkronizasyonu programa ilave edilmiştir.

Program istenilen tüm düzenlemeleri gerçekleştirdikten ve şeklin telafili boyutlarını hesapladıktan sonra X ve Y motorlarına uygulanacak gerilimleri hesaplamakta ve bu gerilimleri DAC aracılığıyla sürücülere göndermektedir. İstenilen pozisyona ulaşıp ulaşılmadığı enkodırlardan gelen bilgiye göre değerlendirilmektedir. Ayrıca kesim sırasında konsoldan yeni bilgi girişi olup olmadığı veya acil durdurma için herhangi bir durumun ortaya çıkıp çıkmadığıda yazılım tarafından gözlenmektedir.

4. SONUÇ

Bu projede 4 kofalı oksi-asetilenle kesme tezgahı bilgisayar kontrollü hale getirilmiştir. Bu amaçla mevcut optik izleme sistemi sökülüp bunun yerine bilgisayar kontrollü bir sistem yerleştirilmiştir. Sistem ACAD programıyla çizilen her türlü şekli kesebilecek yetenektedir. Yapılan kesme denemelerinde şekillerin hatasız olarak kesilebildiği görülmüştür. Tezgah şu anda TÜLOMSAŞ tarafından yoğun bir şekilde kullanılmaktadır.

5. KAYNAKLAR

- [1] Etek, CODIMAT NSO Servis Dokümanları
- [2] Control Techniques, "Maestro DC Servo Driver Installation Manual"
- [3] Advantech, "PCL 726 User's Manuel"
- [4] Advantech, "PCL 833 User's Manuel"
- [5] Advantech, "PCL 724 User's Manuel"
- [6] Advantech, "Industrial PC Installation Manual"
- [7] Advantech, "PCLD 782B User's Manuel"
- [8] Advantech, "PCLD 885 User's Manuel"