



**EMO**



**KTÜ**



**TÜBİTAK**

# ÖNSÖZ

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

Kongre'de, bugüne kadar yapılmış çalışmalar ve yayınlanmış duyurulardan da anlaşılacağı gibi, bilinen yöntemlerin yanı sıra gelecek yıllara deneyim aktarabilecek yeni yaklaşımlar uygulanmaya çalışılmıştır. Bildiri özetlerinin değerlendirilmesine katılan uzman sayısının sistematik olarak artırılması, değerlendirme biçiminin daha da nesnelleştirilmesi, bildiri kitabında yeni yazım ve sunuş biçimlerinin oluşturulması gibi teknik gelişmelerin dışında ilginç olacağı sanılan panellerle güncel sorunların irdelenmesi ve yöresel öğelerle sosyal etkinliklere renk katılması amaçlanmıştır.

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

Kongrenin düzenlenmesi sırasında edinilen deneyimler ışığında sorunları çözücü ilkesel önerilerin ortaya konması yararlı olacaktır. Bunları kısaca sıralayabiliriz. Örneğin 6. Kongre'nin ya da kısaca EMUK'95'in nerede ve ne zaman yapılacağını şimdiden kararlaştırmak gerekmektedir. Bundan sonra Konferans olarak adlandırılması daha uygun olacak Kongre için sürekli ya da uzun süre görevli bir 'Ulusal Düzenleme Kurulu'nun oluşturulması ve bu Kurul'un temel ilkesel karar ve yöntemleri üretmesi daha elverişli olacaktır. Kongre'nin yapılacağı konumdaki işleri ise 'Yerel Düzenleme Kurulu' üstlenmelidir. 'Bilimsel Değerlendirme Kurulu'nun da ayrıntılı bir sınıflandırma ve nitelik belirlenmesi ile bir kere oluşturulması, yalnızca gelişen koşullara göre güncelleştirilmesi düşünülebilir.

EMUK, böylesi bir yapılaşma ile daha sağlıklı, zaman planlaması daha verimli bir konferansa dönüşecektir kanısındayız. Örneğin bu durumda bildiri tam metinlerinin değerlendirme ve denetim sürecine girmeleri olanaklı kılınacak, şu ana kadar ancak Yürütme Kurulları'nın ayrıntılı olarak bilincine varabildiği teknik sorunlar ortadan kalkacaktır. Konferansda da içerik ve düzey açısından belirli bir iyileştirme sağlanabilecektir. Bunu en yakında, EMUK'95'de gerçekleştirmiş olarak görmek dileğindedir.

Bilindiği gibi Kongremiz Elektrik, Elektronik-Haberleşme, Kontrol ve Bilgisayar Sistemleri alanlarında bilimsel-teknolojik özgün katkıların tartışılıp değerlendirilmesi ile araştırma, geliştirme, uygulama ve eğitim süreçlerindeki kişi ve kuruluşların birbirleriyle doğrudan iletişimini sağlamayı amaçlamaktadır. Ayrıca sosyal yakınlaşma ve dayanışmaya da

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

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

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

Doç. Dr. Güven ÖNBİLGİN  
Yürütme Kurulu Başkanı

# ELEKTRİK MÜHENDİSLİĞİ 5. ULUSAL KONGRESİ

## YÜRÜTME KURULU

Güven ÖNBİLGİN (KIU)  
Yakup AYDIN (EMO) Sefa AKPINAR (KTU)  
Canan TOKER (ODTÜ) Kaya DOZOKLAR (EMO)  
Hasan D INCER (KTU) A.Oğuz SOYSAL (IU)  
Abdül İlah SEZGİN (KTU) İrfan SENLİK (EMO)  
Kenan SOYKAN (EMO) Y.Nuri SEVGİN (EMO)

## DANIŞMA KURULU

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

## SOSYAL ETKİNLİKLER KURULU

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

## SEKRETERLİK HİZMETLERİ

Necmi İKİNCİ (EMO) Elmas SARI (EMO)

BİLİMSEL DEĞERLENDİRME KURULU

Cevdet ACAR (ITU)  
İnci AKKAYA (İTÜ)  
A.Sefa AKPINAR (KTU)  
Ayhan ALTINTAŞ (Bil.U)  
Fuat ANDAY (ITU)  
Fahrettin ARSLAN (IU)  
Murat ASKAR (ODTÜ)  
Abdullah ATALAR (BiI.U)  
Selim AY (YTU)  
Umit AYGÖLU (ITU)  
Atalay BARKANA (Anadolu U)  
Mehmet BAYRAK (Selçuk U)  
Atilla BİR (ITU)  
Galip CANSEVER (YTU)  
Kenan DANIŞMAN (Erciyes U)  
Ahmet DERVISOGLU (ITU)  
Hasan DINCER (KTU)  
M.Sezai DINCER (Gazi U)  
Günsel DURUSOY (ITU)  
Nadia ERDOĞAN (ITU)  
Aydan ERKMEN (ODTÜ)  
İsmet ERKMEN (ODTÜ)  
H.Bülent ERTAN (ODTÜ)  
Selçuk GEÇİM (Hacettepe U)  
Cem GÖKNAR (ITU)  
Remzi GULGUN (YTU)  
Filiz GUNES (YTU)  
Irfan GÜNEY (Marmara U)  
Fikret GÜRGEN (Boğaziçi U)  
Fuat GURLEYEN (ITU)  
Cemil GURUNLU (KTU)  
Nurdan GUZELBEYOGLU (ITU)  
Emre HARMANCI (ITU)  
Altuğ İFTAR (Anadolu U)  
Kemal İNAN (ODTÜ)  
Asım KASAPOGLU (YTU)  
Adnan KAYPMAS (ITU)  
Ahmet H. KAYRAN (ITU)  
Mehmet KESİM (Anadolu U)  
Erol KOCAOGLAN (ODTÜ)  
Muhammet KOKSAL (İnönü U)  
Hayrettin KÖYMEN (Bil. U)  
Hakan KUNTMAN (ITU)  
Tamer KUTMAN (ITU)  
Duran LEBLEBİCİ (ITU)  
Kevork MARDIKYAN (İTU)  
A.Faik MERGEN (ITU)  
Avni MORGUL (Boğaziçi U)  
Güven ÖNBİLGİN (KTU)  
Bülent ÖRENCİK (ITU)  
Bülent ÖZGUC (BiI.U)  
A.Bülent ÖZGÜLER (BiI.U)  
Yılmaz ÖZKAN (İTU)  
Muzaffer ÖZKAYA (İTU)  
Kemal ÖZMEHMET (DEU)  
Osman PALAMUTCUOĞLU (İTU)  
Erdal PANAYIRCI (İTU)  
Halit PASTACI (YTU)  
Ahmet RUMELİ (ODTÜ)  
Bülent SANKUR (Boğaziçi U)  
M.Kemal SARIOGLU (İTU)  
Müzeyyen SARITAS (Gazi U)  
A.Hamit SERBEST (CU)  
Osman SEVAİOGLU (ODTÜ)  
A.Oğuz SOYSAL (IU)  
Taner SENGÖR (YTU)  
Emir TACER (ITU)  
Nesrin TARKAN (İTU)  
Mehmet TOLUN (ODTÜ)  
Osman TONYALI (KTU)  
Ersin TULUNAY (ODTÜ)  
Nejat TUNCAY (İTU)  
Atıf URAL (Kocaeli U)  
Alper URAZ (Hacettepe U)  
Gökhan UZGÖREN (IU)  
Yiğdirim UCTUG (ODTÜ)  
Asaf VAROL (Fırat U)  
Sıddık B. YARMAN (IU)  
Mümtaz YILMAZ (KTU)  
Melek YÜCEL (ODTÜ)  
Nusret YUKSELER (ITU)  
Selma YUNCU (Gazi U)

## Bilgisayar İle Rastgele Sayısal İşaretlerin Ölçümü için Arabirim Tasarımı

**Ars. Gör. Tuncay UZUN**

Yıldız Teknik Üniversitesi,

Ayazağa Kampusu, Elektronik ve Hab. Müh. Bölümü, 80670 Maslak/İST.

**Prof. Dr. Sezgin ALSAN**

Marmara Üniversitesi,

Teknik Eğitim Fakültesi, Göztepe/İST.

### ÖZET:

Günümüzde bilgisayarların küçülmesi, güçlü ve taşınabilir ölçüm sistemlerinin gerçekleştirilmesine olanak sağlamıştır. Bu türden ölçüm sistemleri amaç ve ihtiyaca göre değişik özellik ve fonksiyonlara sahiptir. Belirli bir amaca yönelik olarak tasarlanan ölçüm sistemleri, genel amaçlı olarak tasarlanan ölçüm sistemlerinden daha iyi ve hızlı sonuç vermektedir.

Periyodik olmayan veya çok uzun bir periyoda sahip olan yalancı rastgele sayısal işaretlerin ölçümü nükleer enstrümantasyonda gereklidir. Bu nedenle bu konuda geliştirilen donanım ve yazılımların ölçülen işaretin değişimine bağlı olarak uygun şekilde kullanılması çok önemlidir.

Bu amaçla olayın temel mekanizması incelenmiş ve fiziksel olarak gerçekleştirilen bu çalışmada IBM kişisel bilgisayarı kullanılarak bir elektronik ölçüm düzeni oluşturulmuştur.

### 1. GİRİŞ

Periyodik olmayan veya çok uzun bir periyoda sahip olan yalancı rastgele sayısal işaretlerin frekans dağılım değerlerinin ölçümü için, rastgele zaman aralığı ile gelen darbelerin darbe arası sürelerini ölçebilen bir elektronik düzen gereklidir.

Bilgisayar kullanılan elektronik ölçüm sistemlerinin, istenen çözümü sağlaması için, yazılım desteğine ve belirli birkaç fonksiyona, gerekli özellikler ile sahip olması yeterlidir. Bu türden ölçüm sistemlerinin tasarlanabilmesi için, ölçülecek değerlerin

karakteristik özelliklerinin çok iyi bilinmesi gerekir.

### 2. IBM PC UYUMLU KİŞİSEL BİLGİSAYAR İLE GERÇEKLEŞTİRİLEN ÖLÇÜM SİSTEMİ

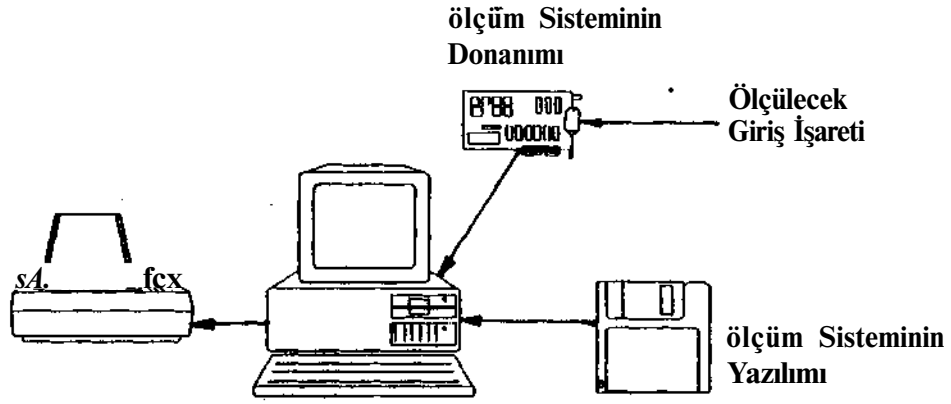
Ölçüm sisteminin donanım kısmı, IBM PC uyumlu kişisel bilgisayarlar için hazırlanmış bir kartın içindeki giriş/çıkış arabirimi, sayıcı / zamanlayıcı ve zaman tabanı üretici bloklarından oluşmaktadır.

Ölçüm sisteminin yazılımı ise C dilinde yazılmış ana programdan çağrılan, IBM PC kişisel bilgisayarının makine dilinde yazılmış alt program ile burada elde edilen verileri analiz eden hazır yazılım paketlerinden oluşur.

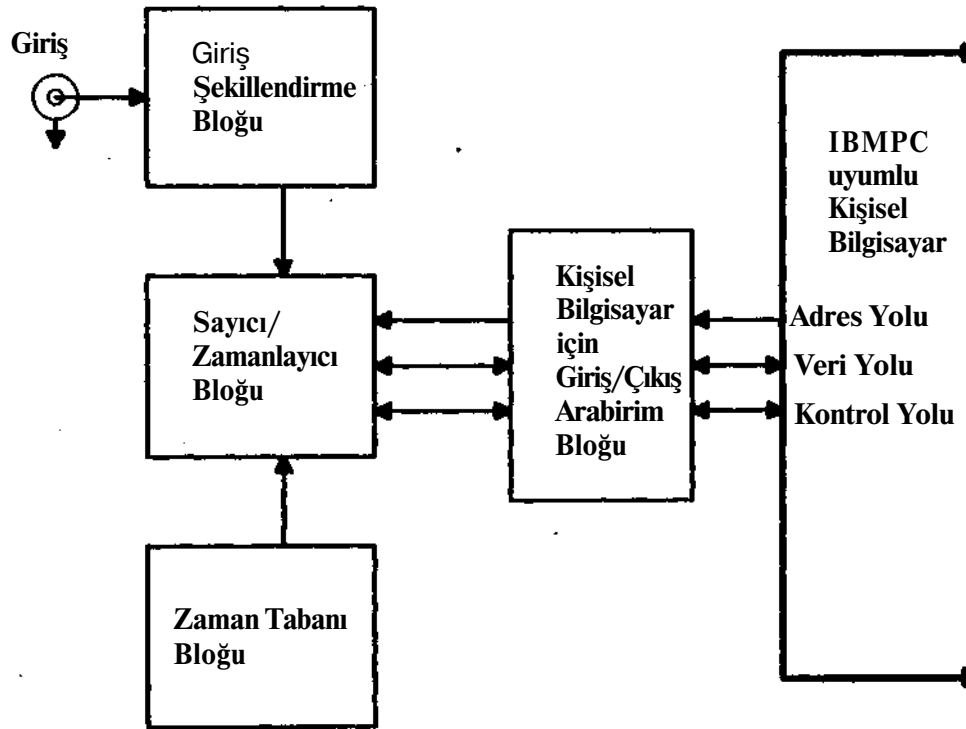
### 3. ÖLÇÜM SİSTEMİ DONANIMI

Giriş şekillendirme, sayıcı / zamanlayıcı saat ve zaman tabanı, IBM PC için giriş / çıkış arabirimi kısımlarından oluşan ölçüm sistemi donanımının blok diyagramı Şekil 1'de görülmektedir.

Blok diyagramın ilk bloğunun girişi kişisel bilgisayarın (IBM PC) genişleme kanalında kullanılan bağlantı uçlarıdır [1,2,3]. Bu bağlantı uçları çift yüzlü 62 (2x31) noktadan oluşmaktadır. Bu blokta kişisel bilgisayarın (IBM PC) veri, adres ve denetim yolunun çevre birimlerine



(a) ölçüm sisteminin kurulması.



(b) Bilgisayar kartının blok diyagramı.

Şekil 1 ölçüm sisteminin blok diyagramı.

kullanılan bölümleri güçlendirilmiştir. Ayrıca seçime bağlı bir giriş/çıkış adres çözümlemesi yapılmıştır.

İkinci blokta, birinci bloktan alınan veri, adres, zaman tabanı bloğundan referans

denetim yolu ve giriş/çıkış seçici kullanılarak kişisel bilgisayara (IBM PC), bir sayıcı / zamanlayıcı birimi bağlanmıştır. Bu birim zaman tabanı bloğundan referans

zamanını ve giriş şekillendirme bloğundan, dışarıdan girilen ölçülecek işareti alır. Saat ve zaman bloğunda, sayıcı / zamanlayıcı bloğunun ölçüm için gerek duyduğu referans işareti üretilir.

Giriş şekillendirme bloğunda ise, girişe uygulanabilecek işaretin elektriksel özelliklerine ve bağlantı koşullarına uygunluk sağlanır.

Kişisel bilgisayar (IBM PC) için geliştirilmiş ölçüm sistemi donanımının ayrıntılı elektronik devre şeması Şekil 2'de verilmiştir. Burada görülen U8 tümdevresi, güvenli veri iletişimini sağlamak için, kişisel bilgisayarın (IBM PC) veri yolunu (D0-D7) güçlendirir. U9 tümdevresi, adres (AO,A1) ve denetim yolunu (IOR,IOW) güçlendirir. IOR, okuma, IOW ise yazma denetim ucudur [1,2,3,4].

Kişisel bilgisayarda (IBM PC), 0300H-031FH arasındaki giriş/çıkış adres bölgesi kullanıcı için boş bırakılmıştır [1,2,3]. U7 adres çözümü tümdevresi, 0300H-030FH(=030X) veya 0310H-031FH(=031X) adres alanlarının seçilmesini sağlar.

U10 tümdevresi, U7 ile birlikte sayıcı / zamanlayıcı bloğu giriş/çıkış okuma ve yazma denetim uçlarını oluşturur. U11 ise yine sayıcı/zamanlayıcı bloğu için gerekli olan giriş/çıkış adresinin çözümünü sağlar.

Sayıcı / zamanlayıcı bloğunda, 10MHz'e kadar saat girişini kabul eden 82C54-2 programlanabilir sayıcı / zamanlayıcı tümdevresi (CTC, U1) ile JK flip-flop tümdevresi (U2) kullanılmıştır [5,6]. Programlanabilir sayıcı / zamanlayıcı tümdevresinin iç ELEKTRİK MÜHENDİSLİĞİ 5. ULUSAL KONGRESİ

yapısı, çalışma şekli veri yolundan yazılım ile programlanabilen 16-Bit büyüklüğünde 3 sayıcı ve bunların giriş/çıkış uçlarından oluşmuştur.

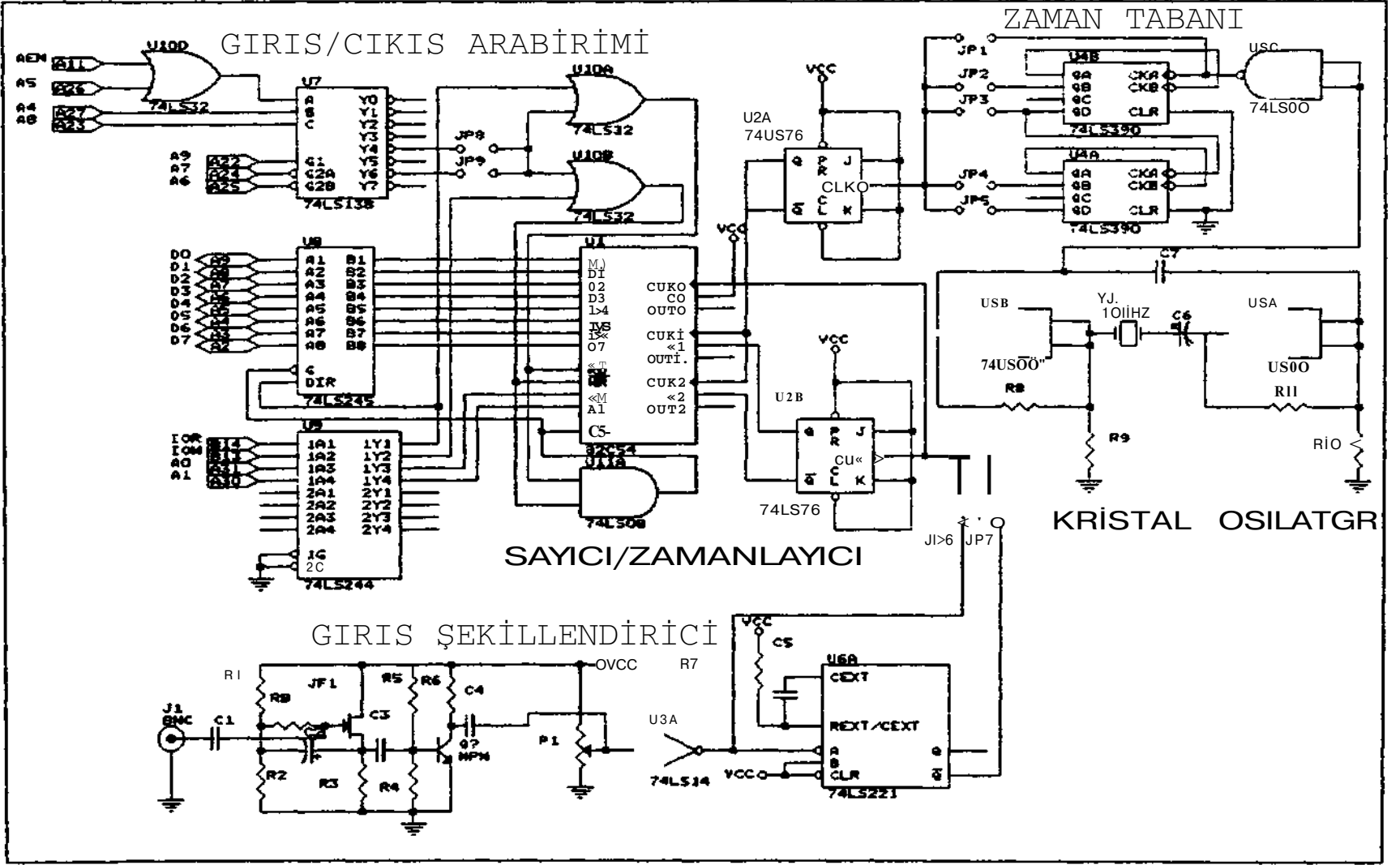
ölçülecek darbe, giriş empadansı yükseltilmiş bir tampon devresine uygulanır. Sonra ön yükseltece uygulanır. Bu yükselteç çıkışı schmitt tetikleyici tümdevresi ile TTL uyumlu işaret haline getirilir.

Giriş şekillendirme bloğundan gelen ölçülecek darbeler sayıcı / zamanlayıcı tümdevresinin birinci sayıcısının saat girişine uygulanarak darbe arası süreleri ölçülen darbelerin sayısı sayılır. Bu işlemin amacı yazılım ile çalışma yapıldığı sırada gelen işaret olup olmadığının belirlenmesidir. Bu durumda ölçülen işaret sayısı ile yazılım ile belirlenen ölçüm sayısı farklılık gösterecektir. Aradaki fark kadar sayıda darbe kaçırılmış, yanlış ölçülmüş olur. Yazılım, ölçüm işleminde yapılan hatayı bu şekilde tesbit eder. Bu işaret aynı zamanda bir JK flip-flop tümdevresinin saat girişine uygulanarak, birbiri ardıda gelen darbelerin sayıcı/ zamanlayıcı tümdevresinin ikinci ve üçüncü sayıcılarında sırayla ölçülmesini, bu sayıcıların kapı uçlarını denetleyerek düzenler.

Zaman tabanı bloğundan gelen referans saat işareti JK flip-flop tümdevresi ile 2'ye bölünerek, darbe arası süreyi ölçen ikinci ve üçüncü sayıcılara saat olarak verilir.

ölçülecek darbeler arası süre, belirlenen referans zamanıyla sayılır ve sayım sonucu referans zamanı ile çarpılarak hesaplanır.





#### 4. ÖLÇÜM SİSTEMİ YAZILIMI

ölçüm sistemi yazılımı, yapılacak ölçümün yazılım ve donanım özelliklerinin girildiği C dilinde yazılmış bir ana program ve bu programın içinden çağrılan ölçüm işlemini gerçekleştiren makine dili alt programdan meydana gelmiştir.

ölçüm yazılımı IBM PC veya uyumlularında MSDOS disk işletim sistemi üzerinde bağımsız olarak çalışabilir.

Programın başında, tasarlanan sayıcı/ zamanlayıcı kartının kullanıldığı IBM PC veya uyumlu kişisel bilgisayarında boş olan bir giriş/çıkış port adresine şartlandırılması için port adresi girilir, ölçülen darbe arası sürelerin gerçek değerlerinin hesaplanabilmek için gerekli olan, ölçüm donanımında kullanılan zaman tabanı üreticinin seçilen sayım periyodu verilir. Daha sonra ölçülecek darbe arası sürelerin adedi ve bunların disk üzerinde kaydedileceği dosyanın adı girilir.

ölçme işlemi, IBM PC veya uyumlu kişisel bilgisayar için yazılmış makine dili altprogram çağrılarak yapılır. Bu makine dili alt programın içinde ölçüm donanımının varlığı denetlenir. Bu durumda ekrana geçerli donanımın bulunmadığını belirten bir uyarı yazılarak programdan çıkılır. Donanımın doğrulanması halinde makine dili altprogramda alınan ölçümler bir diziyeye yerleştirilir. DataDizisi dizinin son elemanı ölçülemeyen darbe adedini verir. Bu dizinin içeriği ekranda görüntülenir ve diske kaydedilir.

Darbe arası süreleri ölçen makine dili altprogramın başında sayıcı / zamanlayıcı tümdevresi koşullandırılır. Bu sayıcılardan sayıcı0 ölçülen darbe sayısını, sayıcı1 ve sayıcı2 ise ardışıl olarak zaman tabanı üreticinde üretilen saat periyodu ile darbe arası süreyi sayar.

tek darbe arası süresinin algılanması denetimi sayıcı0'un okunması ile yapılır. Sayıcı0, ölçülecek darbe sayısını donanım ile gerçek anlamda sayar. önce darbe arası süreleri ölçen sayıcılardan birisi okunarak, ilk darbenin gelmesi ile birlikte ilk sayan sayıcının hangisi olduğu belirlenir. Sonra darbe arası sürelerin, özgün olarak geliştirilmiş ardışıl sayıcı yöntemi ile ölçümüne geçilir. Bu yöntem bir örnek sayıcısının denetimi altında, iki sayıcının ardışıl olarak gelen darbe arası süreleri, zaman tabanı saatinin periyodu ile ardışıl olarak sayması prensibine dayanır.

iki sayıcının ardışıl sayması nedeniyle, bir sayının eksik yada fazla sayımı diğer sayıcıyı etkiler ve iki sayıcının toplam sayımı doğruluğu artırır. Ayrıca kullanılan bilgisayar, ölçüm donanımı ve yazılımı ile belirlenen duyarlık, bir sayıcı okunurken diğer sayıcının çalışmayı sürdürmesi nedeniyle artar. Son olarak ölçülen ardışıl değerlerin aralık değerlerine dönüştürme ve ölçülemeyen data adedinin DataDizisi'ne yükleme işlemleri yapılır ve ana programa dönülür. Ana programda ölçülen veriler diske kaydedilir ve programdan çıkılır.

## REFERANSLAR

- [1 ] IBM Technical Reference, IBM, 1983.
- [2] IBMPC&AT Teclmical Reference, IBM, 1985.
- [3] James R. Dnimmond, "Three Bus Interface Designs for the PC", BYTE "inside the IBM PCs" Volume 12, Number 12, McGraw-Hill, 1987.
- [4] "Microprocessor and Peripheral Uandbook", Vol. 1 Microprocessor, Intel, 1987.
- [5] "Microprocessor and Peripheral Handbook", Vol. 2 Peripheral, Intel, 1987.
- [6] John UfTenbeck, "Microcomputers and Microprocessors: The 8080, 8085, and Z-80 Programming, Interfacing, and Troubleshooting", Prentice-Hall, 1985.



*Arş.Gör. Tuncay UZUN*

1963'de Şile'de doğmuştur. 1985'de Yıldız Teknik Üniversitesin'den Elektronik ve Haberleşme Mühendisi derecesini almıştır. 1986 yılında aynı üniversitenin Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği Bölümü Devreler ve Sistemler Anabilim Dalında Araştırma Görevlisi olarak göreve başlamıştır ve halen bu görevi yürütmektedir. 1987de aynı üniversitenin Fen Bilimleri Enstitüsü'den Elektronik ve Haberleşme Yüksek Mühendisi derecesini almıştır. 1987'de aynı üniversitede Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği dalında doktora yapmaya başlamıştır. Halen Doktora tez aşamasında çalışmasını yürüten Tuncay UZUN'un programlama dilleri, kişisel bilgisayar donanımı ve yazılımı, bilgisayarlı ölçme ve kontrol sistemleri, mikroişlemciler, mikrodenetleyiciler, programların denetleyiciler konularında çalışmaları bulunmaktadır.



*Prof. Dr. Sezgin ALSAN*

1968'de İTÜ ELEktrik Fakültesini bitiren Sezgin ALSAN Fransa'da Grenoble Üniversitesinde Nükleer Mühendislik ve Doktora eğitimini 1972'de tamamladıktan sonra 1980'e kadar Çekmece Nükleer Araştırma ve Eğitim Merkezinde çalıştı. 1976'da İDMMA'da Doçent olduktan sonra 1989'a kadar Yıldız Üniversitesinde çalışan Sezgin ALSAN, 1988'de Devreler ve Sistemler Anabilim dalında profesör oldu. 1989'da Marmara Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesinde Bilgisayar Teknolojisi Eğitimi anabilim dalında görev alan Sezgin ALSAN halen Dekan yardımcılığı görevini yürütmektedir. TR2 Nükleer Araştırma Reaktörünün projelendirmesinde görev alan Sezgin ALSAN'ın nükleer enstrümantasyon, bilgisayarlı kontrol sistemleri, mikroişlemciler, mikrodenetleyiciler, programların denetleyiciler konularında çalışmaları bulunmaktadır.

## ULTRASONİK SEVİYE ÖLÇÜMÜNDE YANKI SÜRESİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Araş.Gör.Derk Üstündağ

Y.Doç.Dr. Cevat Erdal

1.T.Ü. Elektrik-Elektronik Fakültesi  
80626 Maslak-İSTANBUL

### ÖZET

Endüstriyel proseslerde seviye, mesafe, akış hızı, yüksek sıcaklık vb. büyüklüklerin belirlenmesinde ultrasonik ölçüm teknikleri geniş bir kullanım alanı bulmuştur.

Bu çalışmada ultrasonik mesafe/seviye ölçme tekniklerinden biri olan yankı süresinin ölçülmesi ve değerlendirilmesinde göz önünde tutulması gereken tasarım faktörleri tanımlanmıştır.

### 1. GİRİŞ

Ultrasonik dalgalarla ilgilenilmeye 1793 yılında Lazzaro Spallanzani'nin yarasalar ile yaptığı deneylerden sonra başlanmıştır. Günümüzde ise tıp elektroniğinden endüstriyel ölçüm tekniklerine kadar ultrasonik tekniği yaygın olarak kullanılmaktadır.

Üzerinde durulacak olan ultrasonik seviye ve mesafe ölçümü aslında aynı temel devre yapısı ile gerçekleştirilebilmektedir. Fakat ortama bağlı olarak parametrik farklar göstermektedir. Ölçülecek maksimum mesafe (veya derinlik), istenen ölçüm duyarlılığı, yayılım ortamında ses hızı, yayılım ortamında zayıflama ve ortamdaki ısıl değişiklikler ölçüm devresinin tasarımında kullanılacak olan parametrelerdir. Bu parametreler doğrultusunda devrenin üreteceği darbe katarlarının genişliği, her bir katar girmesi gereken minimum darbe sayısı ölçüm sıklığı ve kompanzasyon faktörü hesaplanır.

### 2. TEMEL KAVRAM VE BAĞINTILAR

Ultrasonik teknikte, genellikle 35kHz ile 80kHz arası ses dalgalarının uygulamaya bağlı olarak yankı gecikmesi, frekans kayması (Doppler etkisi), genlik değişimi ve faz kayması değerlendirilir. Ultrasonik dalgalar insan kulağının algılama sınırı içindeki ses işaretleriyle aynı

akustik özellikleri gösterirler. Boyuna, enine, Rayleigh ve Lamb olmak üzere dört grupta toplanabilirler.

- Boyuna ultrasonik dalgalar katı, sıvı ve gaz içinde yayılabilirler. Parçacık hareketi propagasyon doğrultusunda sıkışma-gevşeme biçimindedir. Ölçme, hata arama ve güç uygulamalarında kullanılır.

- Enine ultrasonik dalgalar katı ve ince sıvı film ortamlarda yayılırlar. Propagasyon yönüne dik salınım yaparlar. Kaynak testinde kullanılırlar.

- Rayleigh tipi dalgalar katı yüzeylerde elipsler halinde ilerlerler. Girilmesi zor yerlerin yüzey testinde tercih edilirler. Yüzey altında hızla yayılırlar.

- Lamb dalgaları katı ortamlarda elipsler halinde yayılırlar. Plakaların ve levha yığınlarının (Laminasyon) testinde kullanılırlar.

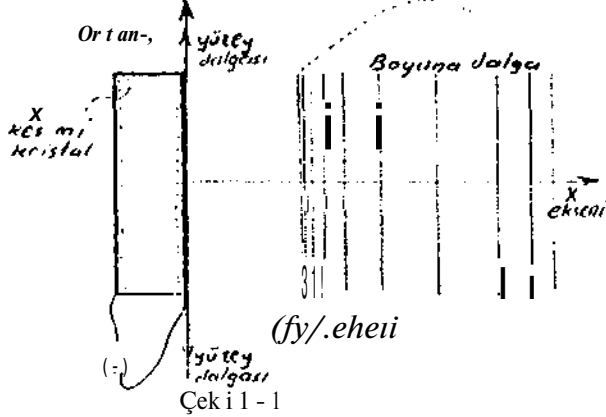
Ultrasonik teknikte piezoelektrik malzemelerden yapılan dönüştürücüler, magnetostriktif dönüştürücüler ve ferroelektrik malzemelerden yapılan dönüştürücüler kullanılabilirler. Günümüzde en yaygın olanı piezoelektrik dönüştürücülerdir. Bilindiği gibi piezoelektrik malzemelerden yararlanmada temel ilke, yüzeylerine bir gerilim uygulandığında mekanik olarak sınırlı yüzeyin yer değiştirmesidir. Ters olarak da yüzeyine mekanik bir kuvvet uygulandığında uçlarda gerilim oluşur. Örneğin bir kuartz dilimine uygulanan 100V'luk gerilim yüzeyde 2Å'lük yer değiştirmeye sebep olur. Ferroelektrik malzemeler de buna benzer özellik gösterirler. Yüzeylerine elektrik alan uygulandığında madde içindeki rastgele yönelme sabit doğrultular halini alır ve yüzeyde yer değiştirmeye sebep olur. Örneğin BaTiO<sub>3</sub> (Baryum titanat)'a 100V uygulandığında yaklaşık 200Å'lük genişleme oluşur. Piezoelektrik malzemelerde yer değiştirme.

$$x = k_p \cdot E \quad (2.1)$$

ferroelektirik malzemelerin ise ,

$$x = V_1 V_2 \quad (7.7)$$

şeklinde dir. Burada  $k_p$  ve  $k_e$  malzemeye bağılı bir sabittir. Aynı frekansta sinüzoidal doğışen gerilim piezoelektrik bir çeviriciye uygulanırca sinüzoidal olarak değışen bir ultrasonik ses dalgacı elde edilir. Oysa aynı kaynak ferroelektirik malzemeye uygulandığında lam dalga doğru tucu davranışını elde edilir. Kaynak frekansının iki katı frekanslı ve harmonikli bir dalga oluşur.



Çekil-1

Ultrasonik mesafe ölçümünün temeli gönderilen ultrasonik dalga ile yankısı arasındaki sürenin ölçümüne dayanır. Duyarlılığı arttırmak amacı ile ölçüm yapılan ortamdaki sıcaklık ve hava (Ortamı oluşturan madde) akış hızının da ölçülmesi gerekir.

Ses hızının sıcaklıkla değışimi ,

$$c = c_0 \sqrt{1 + \frac{T}{273}} \quad (2.3)$$

burada  $c_0 = 331$  m/s ( $0^\circ\text{C}$ 'daki ses hızı),  $T$ ,  $^\circ\text{C}$  olarak ortam sıcaklığıdır [1]. Ortam sıcaklığı  $T_1$ 'den  $T_2$ 'ye değıştığı zaman ölçülen mesafedeki değışme,

$$\Delta d = 0.5 c_0 t \left[ \sqrt{1 + \frac{T_1}{273}} - \sqrt{1 + \frac{T_2}{273}} \right] \quad (2.4)$$

(2.4)'den bulunur. Burada,  $t$  yankı gecikmesidir. Yankı işaretinin algılanmasına kadar ses sinyali 2 kat fazla mesafe katettiğinden 0.5 sabiti ile çarpılmıştır. Örneğin 10 m mesafenin kompanzasyonstiz ölçümümle, sıcaklığın  $20^\circ\text{C}$ 'rın  $30^\circ\text{C}$ 'a çıkması ile 16.6 mm'lik

sapına oluşur.

Ölçüm ortamındaki akışın etkisi, akış hızının ölçme doğrultusundaki bileşeni ile orantılıdır. Çoğu zaman ses hızı yanında ölçüm ortamının akış hızı çok küçük kaldığından ihmal edilmiştir.

Basınç ve nemlilikteki çok büyük değışmeler, ortamdaki ses hızını etkilere de getirdikleri mutlak hata küçük olduğundan göz önüne alınmazlar.

Gerçek yankı yerine ortamdaki ultrasonik gürültü kaynaklarından gelen işaretler de ölçme hatasına sebep olmaktadır. Örneğin darbe genişlik modülasyonu (PWM) motor sürücülerini, borularda oluşan kaçaklar ve aynı ortamda çalışan diğer ultrasonik ölçme devreleri gürültü kaynaklarıdır. Yanlış işaret algılamaya karşı, band geçiren filtre kullanımı, sürekli gürültü bulunan ortamda FFT ile temel bileşenin ayrıştırılması ve farklı modülasyonlu işaret kullanımı önerilebilir.

Gönderilen işaret sinüzoidal darbe şeklinde olmasına rağmen yansıyan dalga sönümü sinüs biçimindedir. İyi bir yaklaşıklıkla (2.5) bağıntısının dağıbimodelenebilir [2].

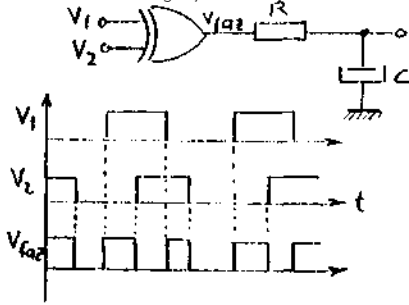
$$v(t) = V_0 t \cdot \exp(-t/\tau) \cos(\omega t + \theta) \quad (2.5)$$

Burada  $k$ , 1 ile 3 arasında bir sabit,  $h$  ile  $f$  dönüştürücüye bağılı büyüklükler ve  $w$  kaynak frekansıdır. Yankının bu biçimde olması, karşılıklı giriş seviyesine ulaşana kadar gecikmeye sebep olur. Özellikle yayılım ortamına bağılı olarak uzak mesafelerin yüksek duyarlılıklı ölçümünde kompanzasyon faktörüne bu gecikmenin de katılması yararlıdır.

Akışkan hızı vb. ölçümler ultrasonik olarak yapıldığında (1)oppler etkisi) en az iki dönüştürücü gerekir. Oysa çok yüksek duyarlılık gerektirmeyen ve sürekli işaret algılamanın gerekeceği seviye/mesafe ölçümünde, tek dönüştürücü hem vet hem de algılayıcı olarak kullanılabilir.

Sabit mesafedeki küçük titreşimlerin algılanması amacıyla şekil 1-2.de görülen bir devre ile faz karşılaştırılması yapılabilir [3]. Bu devrede  $V_1$  lojik olarak giriş işaretinin faz durumu,  $V_2$  ise yankının lojik olarak faz

durumudur. Özel. veya kapısı, iki girişi birbirinden farklı olduğu ; amarı çıkış verir.  $V_1$  ile  $V_2$  arasında faz kayması olduğu, kapı çıkışındaki darbe-petyod oranı değişir.

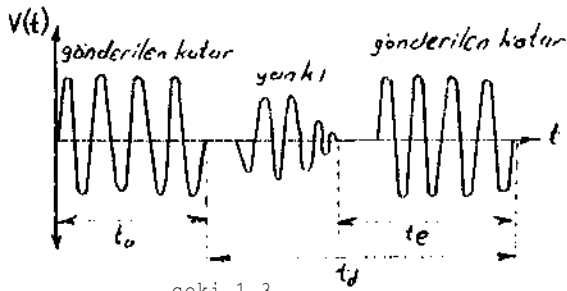


Şekil-2.

Kapı çıkışı R-C devresi ile entegre edildiğinden çıkış gerilimi  $V_1$  ile  $V_2$  nin faz durumu ile orantılıdır. Mikrokontrolör kullanıldığı takdirde faz kaymasının analog olarak ölçülmesi yerine darbe süresinin ölçülmesi yolu izlenir.

### 3. ÖLÇÜM DİCVRKSI

Ölçme için gerekli devre hem ayrıık elemanlarla hem de mikrokontrolör ile gerçekleştirilmiştir. Mikrokontrolör ile yapılan ölçmede  $-10..+50^{\circ}\text{C}$  arası 31) eşit parçaya bölünmüş bir tablodan (Look up tablo) alınan değerlerle ısı kompanzasyon yapılmıştır. Ara değerler için tablo bölgesel olarak doğrusal kabul edilmiştir. Ayrıık elemanlarla gerçekleştirilen devrede ise gerilim kontrollü sayıcı osilatörünün kontrol gerilimi sıcaklık bilgisi ile doğrusal olarak değiştirilmiştir.



Şekil-1-3.

Ayrıık elemanlarla yapılan ölçmede  $t_w$  yankı süresi dijital bir sayıcı ile ölçülür. Ööndü ilen her darbe katarı ile sayıcı sıfırlanır ve saymaya başlat. Yankı işaretinin alçılanması ile çıkış son değerinde tutulur. Sabit ELEKTRİK MÜHENDİSLİĞİ 5. ULUSAL KONGRESİ

sayına frekansı (Meike-/ frekans) ölçülen maksimum mesafede kalıbe edilir, [sil kompanzasyon katsayısını belirlemek için aynı ölçüm inimum ve maksimum sıklıkla da tekla lanır. Aynı t 2 'de belirtildiği gibi değişik sebepten oluşabilecek hatalar, gerekli kompanzasyon miktarı mikrokontrolörle hesap ettirilerek veya tablo oluş'utatak küçültülebilir.

Ölçüm devresinin üreteceği ultrasonik darbe katarlarını şekil-1-3.deki gibi model lesek; 10m derinliğinde bir depodaki su miktarının 1cm duyarlılıkla ölçülmek istenmesi durumunda  $t_0$  ve  $t_w$  süreleri şu şekilde hesaplanır,

Sesin sudaki hızı  $v_w=1500\text{m/s}$ ,  $x_{max}=10\text{m}$ .

$$t_d - t_0 > 2 \frac{x_{max}}{v_w} = 13.2\text{ms} \quad (t_d > t_0)$$

(3.1)

Ultrasonik osilasyon frekansı lokal, olsun. (?. .b) Hağıntısı gereğince yankı darbe kalalı basamak şeklini kaybetmiş olacağından tetik seviyesine ulaşınca kadar geçecek süre ve fi tte devresi bir kataa gilecek darbe sayısına alı sını qotılı il .  $n=30$  darbe alırsak,

$$t_0 = 30 \frac{1}{40 \cdot 10^3} = 750\mu\text{s}$$

$$t_{f > 2} \sqrt{5} \frac{x_{max}}{v_w} = 14\text{ms}$$

(3.2)

$t_w = H > \text{ms}$  alalım. Buna göre her 1.5ms.de bir yeni ölçüm yapılacaktır. Şekil 1.1.0 mikrokontrolör kullanmadan gerçekleştirilen devrenin blok şeması görülmektedir.

Sesin sudaki zayıflaması 0,0025dB/cm olduğundan  $K_1, K_2$  kazancı,

$2 - D, 0025 - \log(10/0.01) = 10\text{bit}$  zayıflama karşılanacak şekilde hesap edilir.

10m'ün 1 cm duyarlılıkla kuantalması için,

$$n = \frac{\log(10/0.01)}{\log 2} = 10\text{bit}$$

(3.3)

gereklidir. Sayıcının sıfırlama girişindeki gecikme, yankı geldi bilgisi ile sayıcı değerinin önce tutulup sonra sıfırlanmasını sağlamak için konmuştur. Tutucu yetine kesme

919



Yrd.Doc.Dr. Osman COŞKUN

Erciyes Üniversitesi Mühendislik Fakültesi

Elektronik Mühendisliği Bölümü

38090 Kayseri

Özet: Mekanik olarak çalışan sürekli tahrikli sürtünme kaynağının, bilgisayarla kontrol edilebilmesi için elde edilen, fakat karakteristik özellikleri bilinmeyen bir infrared dedektör, aşağıdaki şekilde kalibre edilerek sistemde kullanılması sağlanmıştır.

Bir rezistans telin bir tarafına infrared pyrometre, diğer tarafına infrared dedektör yerleştirilmiştir. Bu rezistans tel 25 watt arayla 1600 watt'a kadar güç tatbik edilerek ısıtılmış ve her seferinde de, güç, sıcaklık ve dedektör çıkışı kaydedilmiştir. Bu deney karanlık bir odada ve ölçülen değerler sürekli hale ulaşıldıktan sonra alınmak suretiyle yapılmıştır.

İnfrared dedektörün kalibrasyonu için üç aşamalı işlem yapılmıştır: Birinci aşamada, rezistansa uygulanan güç değerlerine karşılık düşen pyrometrede okunan sıcaklık değerleri bir tabloda tesbit edilmiş ve daha sonra bu değerler kullanılarak sıcaklık-güç grafiği çizilmiştir. Bu grafiğe uydurulan eğrinin denklemi elde edilmiştir. İkinci aşamada, rezistansa uygulanan güç değerlerine karşılık düşen dedektör çıkış değerleri belirlenmiş ve dedektör çıkışı-güç grafiği çizdirilerek bu grafiğe uydurulan eğrinin denklemi belirlenmiştir, üçüncü aşamada ise, sıcaklıkla-dedektör çıkışı değerleri arasında grafik çizilerek, bu grafiğe uydurulan eğrinin denklemi belirlenmiştir. Bu denklemler yardımıyla, dedektör çıkışı biliniyorsa sıcaklık, sıcaklık biliniyorsa, dedektör çıkışı belirlenmekte ve bu denklemlerin bilgisayarda kullanılmasıyla da sistemin kontrolü sağlanmış olmaktadır[1].

## 1. Giriş

Foton dedeksiyonu, fiziksel temas olmaksızın bir sistem hakkında bilgi toplamak, toplanan bilgileri kaydetmek ve bunları işlemektir. Nükleer gelişmelerle ilgili olarak atomik düzeyde parçacıkların belirlenmesi, mezon, pozitron ve nükleer izomerin yaşama zamanlarının tayini foton dedeksiyonunu gerektirir. Ayrıca fosfor, cinkosulfat, naftalin, stilbens ve bazı organik maddelerin tepki ve elektromagnetik dalgalarla etkileşiminin belirlenmesi foton dedeksiyonu sayesinde mümkündür [2]. Elektromagnetik ışınım vasıtasıyla güç taşınması, olaya son zamanlarda daha etkin bir önem kazandırmıştır. Bilgi toplamak ve işlemek gibi iki önemli aşamada gerçekleştirilen foton dedeksiyonu, istenilen ve kullanılan frekans aralığına duyarlı özel algılayıcılar vasıtasıyla yapılır. Bununla beraber etki tepki hızı ve hassasiyetin elde edilebilmesi, dedeksiyon işleminde algılama tekniğinin uygun seçimiyle mümkündür.

Algılamada veri miktarı, duyarlılığın bir ölçüsü olup, verimli ve yeterli bilgi elde edebilmek için her bölgedeki algılama tekniği ve kullanılan alıcıların dalga boyuna, duyarlı olması gerekir. Bu spektrumda oluşturulan band genişliklerindeki değişimleri yine dalga boyu ve frekans cinsinden hesaplamak, hassas ölçü ve değerlendirme yapmak açısından daha uygundur[3].

## 2. Optik Dedeksiyon

Elektromagnetik dalganın foton olarak adlandırılan  $E = h\nu$  enerjili parçacık-



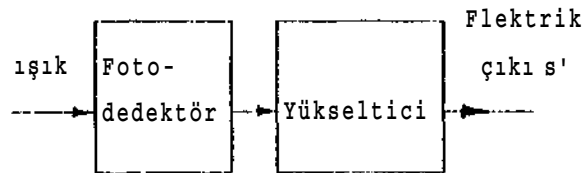
lar olduğu anlaşıldıktan sonra, özellikle ikinci dünya savaşı sonrası, çalışmalar fotovoltaik ve elektromagnetik etkileşimler üzerine yoğunlaştırılmıştır [1,5].

### 3. Işık Palslatını Ölçme Metodları

Her hangi bir kaynaktan gelen ışık palsları, foton dedektörleri yardımıyla elektrik sinyallerine dönüştürülerek bu sinyallerin bir osiloskop ekranında gözlemek mümkündür. Sinyallerin hassasiyetle gürültüden ayırteedilebilmesi için, çok kısa ışık palslarının hassaslaştırılmış duyarlı sistemler yardımıyla ölçülmesi gerekir. Çok değişik algılama metodu bulunmasına rağmen, bunlardan bir tanesi doğrudan algılamadır.

#### 3.1. Doğrudan Algılama

Doğrudan algılama foton sayma işlemi şimdiye kadar kullanılan en eski ve kullanımlı metodudur. Bu teknikle, dedektörün spektral çözümleme gücü aralığındaki sinyaller algılanır. Şiddet ve şiddet değişimlerine duyarlı doğrudan algılama basit olarak Sekil.1' de gösterilmiştir.



Sekil 1 : Doğrudan Algılama

Doğrudan algılama, şiddet: değişimlerinin hızı dedektörün frekans duyarlılığından daha büyük olduğu sürece gerçekleşir. Bu metoda duyarlı dedektörlerin, geniş bir spektruma yayılmış olan ışınımalarının gürültü veya sinyal olup olmadıklarını seçme hassasiyetleri yoktur. Böyle olmasına rağmen, doğrudan dedeksiyon basitliği ve çok yönlü olması nedeniyle yaygın bir kullanıma sahiptir.

### 4. Infrared Dedektörler ve Uygulanmaları [6]

Infrared ışınım, fiziksel olarak görünür ışığa benzer şekilde olup maddelerle etkileşimlerindeki davranışları oldukça farklıdır. Infrared ışınımın dalga boyu, görünür ışığınkenden daha büyüktür. Akkor kaynaktan alınan ışık bir prizmada gözlenirse, infrared ışınımın kırmızı ışığın ötesinde uzandığı görülür. Bu yolla infrared ışınımın incelenmesi 1800'de Sir William Herscheltarafından yapılmıştır, infrared ışınımın dalga boyu 1830 yılında interferrometrik ölçüm vasıtasıyla belirlenmiştir. Sonraki çalışmalar göstermiştir ki infrared ışınımın dalga boyu için üst sınır değişebilmektedir, infrared ışınımı, ışıktan ayıran esas özellik dalga boyudur. Ölçme için birim mikro metre (10<sup>-6</sup>m) dir. Daha kısa dalga boylarında nano metre (10<sup>-9</sup>m) kullanılır. Anys t rom 10<sup>10</sup>m olup A şeklinde gösterilir ve optik fizikte yaygın olarak kullanılır.

### 5. Infrared Işınım Kaynakları

Elektromagnetik ışınım -273 °C ve üzerindeki sıcaklığa sahip herhangi bir cisimden yayılır. Fakat, ışınım miktarı ve dalga boyu cismin ısısına ve emissivitesine bağlıdır. Emissivite body (gövde) deki ışınımın aynı sıcaklıktaki blackbody dekin oranını gösterir. Emissivite genellikle dalga boyu ile değişir.

1.) Yayılan toplam enerji mutlak sıcaklık T (°C)'nin dördüncü kuvveti ile orantılıdır.

$$W_{tot} = \sigma T^4$$

burada  $\sigma$  Stefan sabiti olup yaklaşık olarak  $5.67 \times 10^{-8} \text{ Wcm}^{-2}\text{degK}^{-4}$  e eşittir

2.) Aşağıdaki Planck kanunu yardımıyla çizilen enerjinin varyasyon eğrisi dalga ( $W_{\lambda}$ ) boyu aralığı başına her zaman aynıdır.

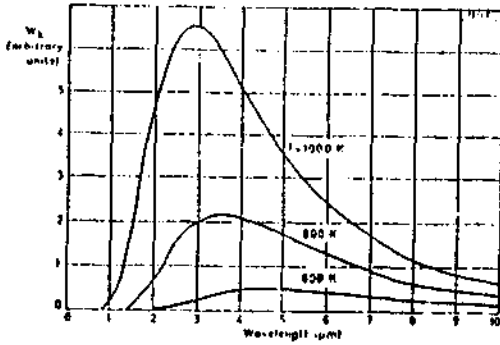
$$W_{\lambda} d\lambda = \frac{C_1 \lambda^{-5} d\lambda}{\exp(C_2/\lambda T) - 1}$$

burada,  $C_1$  ve  $C_2$  sabitler olup şu şekilde verilir:

$$C_1 = 3.7 \times 10^{-12} \text{ Wcm}^2$$

$$C_2 = 1.44 \text{ cm deg.}$$

Bazı tipik kaynak sıcaklıkları Şekil 2 'de verilmiştir.



Şekil 2 : Dalga boyu aralığı başına enerji varyasyonu

3.) Dalga boyunun tepe (peak) emisyonu mutlak sıcaklığın (Wien yerdeğiştirme kanunu) basit bir fonksiyondur,  $\lambda_m$  olarak dalga boyu  $\lambda_m = 2900 / T$  'dir.

## 6. Termal Dedektörler

Gelen ışınımın miktarına duyarlı olan termal dedektörler ışınımın frekansından bağımsızdır. Bu dedektörlerle yüksek hassasiyeti ölçüm yaparken, özellikle birim alanda soğurulan radyasyonun ısı değeri gözönünde bulundurulur. Bu dedektörlerin verimli bir şekilde kullanılması için hassas bir ölçüm bölgesine ve bu bölgenin çevresi ile mükemmel bir şekilde yalıtılması gerekir. Bu işlemler sonucunda msn ve sn basamağında düşük zaman sabitli termal dedektörler elde edilir.

Termal dedektörlerin hassasiyeti, genelde ısı, düşük frekans (1/f) gürültüleri ve sıcaklık değişimiyle orantılıdır. Soğurulan ışınımın termal iletkenlik ve tersinmeyle tekrar yayımlanması, taban ışınımına bağlı olarak bir hassasiyet elde edilir. Birkaç termal dedektör hariç (pyroelektrik, hızlı termociftler, Josephson tünel eklemi), termal dedektörlerin oldukça sınırlı bir kullanım alanı vardır. Bu dedektörlerin çoğunun tepki hızı oldukça düşük olmasına rağmen, hassasiyetleri gelen fotonun frekansından bağımsız olduğu için kalibrasyon amacı ve diğer dedektörlerle elde edilmeyen uzak infrared bölgedeki dedeksiyon işlemlerinde oldukça verimli olarak kullanılır.

## 7. Infrared Dedektörün Kalibrasyonu - nun incelenmesi

Pyrometreden okunan sıcaklık değerlerinin rezistansa tatbik edilen güç değerlerine göre değişimi Şekil 3 'de gösterilmiştir.

Bu grafiğe uydurulan eğrinin denklemi

$$T = 130.209 + 4.183835W - 0.00214393 W^2 + 0.00000132102W^3 - 3.0895 \cdot 10^{-10} W^4$$

şeklinde. Burada W, watt olarak uygulanan gücü, T ise santigrad derece olarak sıcaklığı göstermektedir.

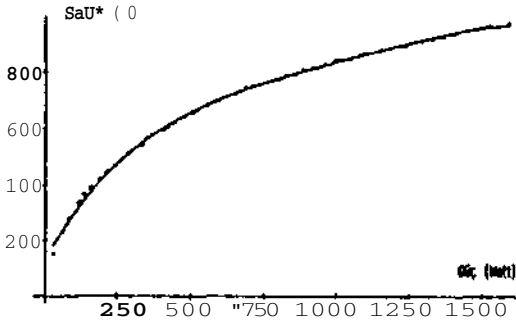
Infrared dedektörün çıkış değerlerinin rezistansa uygulanan güç değerleri ile değişimi Şekil 4 'de gösterilmiştir. Bu grafiğe uydurulan eğrinin denklemi ise

$$O/P = -38.60 + 1.510921506W - 0.0035621 W^2 + 0.00000550369W^3 - 1.52951 \cdot 10^{-9} W^4$$

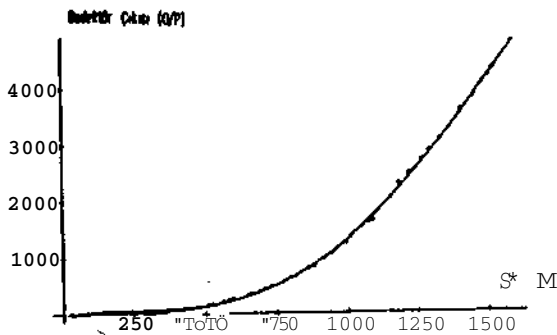
şeklinde. Burada, O/P dedektör çıkışını göstermektedir.

Son olarak da, infrared pyrometreden okunan sıcaklık değerlerinin, infrared dedektörün çıkış değerleri ile değişim için Şekil 5'deki grafik elde edilmiştir. Ancak, bu grafikteki eğriye tek bir denklem bulunamadığı için, grafik uygun bölgelerden üç parçaya bölünerek her bir parçasına ayrı ayrı denklem bulunmuştur. Bu denklemler bilgisayar programında kullanılarak bilgisayarın çalışılan saha için uygun dekleme giderek işlem yapması sağlanmıştır. Şekil 5.a, {18.1,151} ile {71.2,598}; Şekil 5.b {71.2,598} ile {817,810} ve Şekil 5.c

{817,310} ile {-1300,975} değerleri (birinci değer dedektör çıkışını, ikinci değer de sıcaklığı göstermektedir) arasında çizilmiştir. Şekil 5.d 'do ise, şekil bir bütün olarak verimiştir.

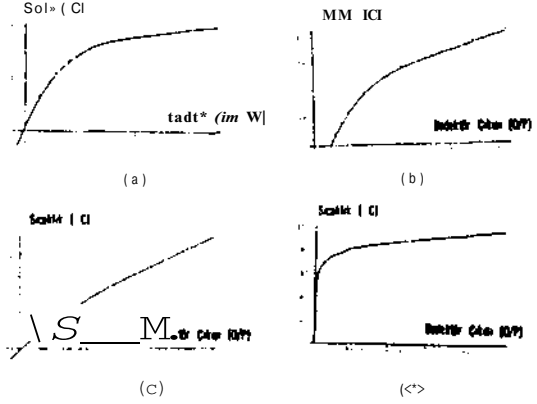


Şekil 3: Bir rezistansa uygulanan güce karşılık ölçülen sıcaklık değerleri



Şekil 4: Bir rezistansa uygulanan güce karşılık ölçülen dedektör çıkış değerleri

924



Şekil 5 : Rezistans sıcaklığına karşılık düşen dedektör çıkışı

Şekil 5.a 'daki grafiğe uydurulan eğrinin denklemi:

$$T = -1284.74 + 128.476(0/P) - 3.4199(0/P)^2 + 0.0408693(0/P)^3 - 0.000182075(0/P)^{-1}$$

Şekil 5.b 'deki grafiğe uydurulan eğrinin denklemi:

$$T = 528.81211.19675(0/P) - 0.00254265(0/P)^2 + 0.00000268921(0/P)^3 - 1.0539910^{-9}(0/P)^{-1}$$

Şekil 5.c 'deki grafiğe uydurulan eğrinin denklemi:

$$T = 744.593 + 0.092414(0/P) - 0.0000153851(0/P)^2 + 1.31528 \cdot 10^{-9}(0/P)^3$$

Sürtünme esnasında ortaya çıkan infrared ışınım dedektör tarafından algılandıktan sonra bir yükseltici devre ELEKTRİK MÜHENDİSLİĞİ 5. ULUSAL KONGRESİ

vasıtasıyla yükseltilerek bilgisayara verilir. Bilgisayar hafıza birimlerindeki programlarda bulunan yukarıdaki denklemleri yardımıyla, sinyalin analizini yaparak kaynama ısısının hedeflenen ısıya eriyip eritmediğini kontrol eder, eriştiği anda da motoru durdurarak hidrolik kısma kaynak basıncını uygulamak suretiyle kaynak işlemini tamamlar.

Infrared dedektör olumlu netice vermeye başladıktan sonra, dedektör çıkışında belirli bir seviyede sinyal elde edilmiştir. Infrared ışımının şiddetine bağlı olarak değişen bu sinyalin bilgisayar tarafından kullanılabilmesi için belirli oranda yüksetilmesi gerekmiştir.

## 8. SONUÇ

Mekanik olarak çalışan bir sürekli tahrikli sürtünme kaynağının bilgisayar tarafından kontrol edilebilir hale getirilmesi için çok yönlü yapılan araştırmalar neticesinde, kaynayacak parçaların sürtünme esnasında yaydıkları infrared ışımayı algılayabilecek bir infrared dedektörün gerekliliği ortaya çıkmıştır. Infrared dedektörlerin kullanımının ülkemizde henüz yaygın olmaması sebebiyle, infrared dedektör temininde güçlük çıkmıştır. Uzun zaman alan çalışmalar neticesinde infrared dedektörler hakkında kaynak ve çalışmada kullanılacak dedektörün sağlanması başarılmıştır. Elde edilen dedektörün katalog bilgilerinin yetersiz olması nedeniyle, öncelikle dedektörün kalibrasyonu ve çalışma özelliklerinin belirlenmesi çalışılmıştır.

## KAYNAKLAR

- [1] Coşkun, O., "Sürekli Tahrikli Sürtünme Kaynağının Bilgisayarla Kontrolü için Bu Simülasyon" Erciyes Üni. Fen Bil. Ens. Doktora Tezi Haziran, 1997
- [2] Bülbül M. M., "Foton Dedeksiyonu ve Kızılötesi Bölge Lazerlerine Uygulamaları", Gazi Üni. Fen Bil. Ens. Yüksek Lisans Tezi, Haziran, 1987

- [3] Ross, M., Laser Receivers., Wiley, New York, 1967
- [4] Dullar Limited., Applications of Infrared Oedectors, F.A. Sowan of Central Technical Services, London 1971
- [5] Arams, F.R., Sard, W.E., Peyton, B.J., Infrared 10.6 micron Heterodyne Oedection with Gigahertz IF Capability, I.E.E.E •1.Quantum Electronics. ,3,484 ,1967
- [6] Siegman, A.E., The Antenna Properties of Optical Heterodyne Receiver, Proc I.E.E.E., 54, 13S0, 1966

Osman Coşkun, 14.10.1962 tarihinde Yozgat ili Çayıralan ilçesi Aşağı Tekke Köyünde doğdu. 1979 'da İstanbul Boğaziçi (e.K.C) Lisesini bitirdikten sonra, 1983 'de Erciyes Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Elektronik Bölümünde lisans, 1989 'da İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde Yüksek Lisans ve 1992 'de Erciyes Üniversitesi FFI Bilimleri Enstitüsünde Doktora öğrenimini tamamladı. Halen Erciyes Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Elektronik Bölümünde öğretim üyesi olarak görev yapmakta olan Coşkun dört çocuk babası olup İngilizce bilmektedir.

# ÖLÇME VE KONTROL DÜZENEKLERİNDE UZAMA DÖNÜŞTÜRÜCÜLERİNİN KULLANILMALARI

Y.Doç.Dr.CEVAT ERDAL  
İTÜ Elektrik-Elektronik Fakültesi  
80626 Maslak-İstanbul

## ÖZET

Kontrol sistemlerinde, kontrol edilmesi istenilen fiziksel büyüklüğün, algılanması, ölçülmesi ve işlenebilecek bir elektriksel işarete dönüştürülmesi çok önemli bir konudur. Süreç denetim sistemlerinde kullanılan, mekanik dönüştürme esasına göre işlev yapan, dönüştürücüler içerisinde uzama dönüştürücülerinin, yalnızca uzama ölçülmesinde olmayıp aynı zamanda basınç, yerdeğiştirme, ivme, debi ve daha birçok fiziksel büyüklüğün ölçülmesinde kullanılmaları nedeni ile, çok büyük bir yeri bulunmaktadır. Bu makalede uzama dönüştürücülerinin kullanımlarında gözönünde tutulması gereken özellikler ile dikkat edilmesi gerekli olan hususlar incelenmiştir.

## 1. GİRİŞ

Sisteme ilişkin ilgilenilen fiziksel büyüklüğün elektriksel işarete dönüştürülmesini sağlayan uygun bir dönüştürücünün seçilmesi işlemi, kontrol düzeni tasarımının ilk adımını oluşturur. Bu nedenle, çok yaygın bir kullanım alanına sahip olan, uzama dönüştürücülerinin çalışma ve kullanım özelliklerinin iyice bilinmesi gerekmektedir. Uygulamada ince metal tel, metal tabaka, yarı iletken tabaka veya boya şekillerinde bulunabilen uzama dönüştürücülerinin, yüksek doğruluklu olmaları, iyi bir tekrarlanabilirliklerinin bulunmaları, ihmal edilebilen histerizisleri ve küçük cevap verme süreleri gibi özellikleri, bu tip dönüştürücülerin önemini arttırmak -

tadır.

## 2. TEMEL BAĞINTILAR

Herhangi bir metal parçasının direnci

$$R_o = \frac{\rho \cdot l_o}{S_o} \quad (2.1)$$

bağıntısı ile verilmektedir [1]. Burada

$R_o$ : Metal parçasının direnci (ohm)

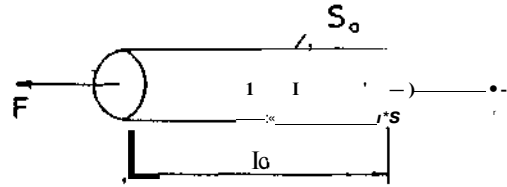
$\rho$ : Metalin öz direnci (ohm-m<sup>2</sup>)/rn

$l_o$ : Metal parçasının boyu (m)

$S_o$ : Metal parçasının kesiti (m<sup>2</sup>)

*dur.*

Bu metal parçasına Şekil-1'de gösterildiği gibi bir çekme kuvveti uygulansın.



Şekil-1. Metal parçasına çekme kuvveti uygulaması

Metal parçasına uygulanan kuvvet ile metal parçasının uzaması arasında

$$E = \frac{F/S_o}{\Delta l/l_o} \quad (2.2)$$

şeklinde bir bağıntı bulunur [2,31].  
ELEKTRİK MÜHENDİSLİĞİ 5. ULUSAL KONGRESİ

Burada

$Al/l_0$  : Metal parçasının uzaması  
E : Elastisite katsayısı

dır.

Çekme kuvveti etkisi altındaki metal parçasının uzaması ile direnci arasında da

$$\Delta R = 2 R_c \frac{\Delta l}{l_0} \quad (2.3)$$

biçiminde bir bağıntının bulunduğu kolayca gösterilebilir [3,4]. Burada

AR: Metal parçasının direncindeki değişme [ohm]

dir.

(2.3) bağıntısı uzama dönüştürücülerinin oluşturulmasının altında yatan temel bağıntıdır. Bu bağıntı, daha genel olarak, çekme, sıkıştırma, eğme gibi bir kuvvet uygulanmış bir metal parçasındaki  $Al/l_0$  uzamasının doğrudan doğruya metalin direncindeki bir değişikliğe dönüştürüldüğünü göstermektedir.

(2.3) bağıntısı yaklaşık olarak doğru olması ve uzama dönüştürücüsünün yapıldığı malzemenin cinsi, saflığı gibi nedenlerden dolayı, uzama miktarları ile malzemenin direnç değişiklikleri arasındaki ilişki üreticiler tarafından,

$$DK = \frac{\Delta R}{AR/R_0} \frac{1}{l_0} \quad (2.4)$$

şeklinde tanımlanan bir "dönüştürme katsayısı" yardımı ile verilir [3,4,5].

Burada

$AR/R_0$ : Malzemenin direncindeki bağlı değişme

$Al/l_0$ : Malzemenin uzaması

(2.4)'de tanımlanmış bulunan dönüştürme katsayısı metal uzama dönüştürücüleri için 2-10; varı iletken ELEKTRİK MÜHENDİSLİĞİ 5. ULUSAL KONGRESİ

uzama dönüştürücüleri içinse 50-200 arasında değişmektedir.

### 3. ÖLÇME İLKELERİ

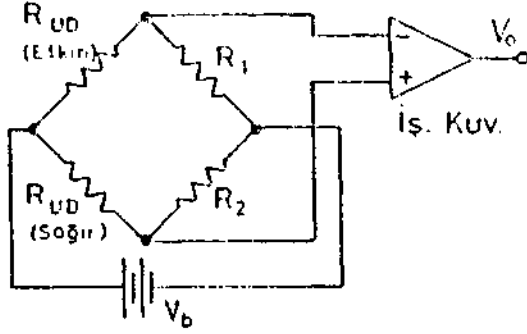
Uzama dönüştürücüsü ile ölçme yapmak için, öncelikle, uzaması ölçülecek elemana, bir uzama dönüştürücüsünü, algılama yönüne dikkat ederek, iyi bir şekilde tutturmak gerekir. Elemana, örneğin, çekme kuvveti uygulandığında, eleman ve uzama dönüştürücüsü aynı şekil değişikliğine uğrarlar; boyları uzarken, kesitleri küçülür ve uzama dönüştürücüsünün direnci artar. Bu direnç artışının ölçülmesi, dönüştürücünün ve sonuç olarak elemanın uzama miktarını verir.

Uzama dönüştürücüsünün direncinin ölçülmesi esnasında gözönüne alınması gerekli önemli noktalar şunlardır [6,7,8]:

1. Metal telli uzama dönüştürücülerinde uzama etkisi ile oluşan direnç değişikliğinin çok küçük olması.
2. Uzama dönüştürücüsünün direncinde, ortam sıcaklığı etkisi ile oluşabilecek değişimin, uzama etkisi ile oluşan değişimi örtmesi.
3. Yarı iletken uzama dönüştürücülerinin kullanılması durumunda çıkışta karşılaşılabilecek doğrusal olmama özelliği.

Bu şekilde grublanmış önemli noktaların ilk ikisinin giderilmesi için, ölçme yöntemi olarak, Şekil-2'de gösterilmiş bulunan köprü yöntemi kullanılır.

Böyle bir köprü devresinin uygun tasarımı ile çok küçük direnç değerlerini ölçmek; biri etkin, diğeri sağır uzama dönüştürücülerinin komşu kollara getirilmesi ile de ortam sıcaklığının etkisini gidermek mümkün olmaktadır.

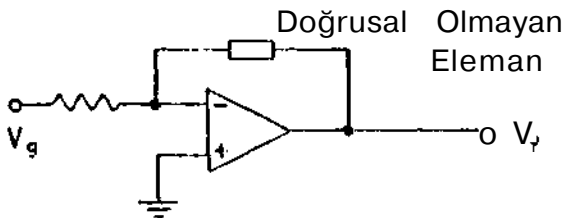


Çpki1-2. Uzama dönüştürücüsünün direnç değişiminin ölçülmesi

Var) iletken uzama dönüştürücülerinin kullanılması durumunda ortam sıcaklığı etkisini gidermek için alınabilecek önlemlerin bazıları şunlardır [16,7,8]:

- Zıt gerilim oluşturmak için termokupl kullanmak
- Isıl direnç değişimleri kontrol edilebilen dirençler ya da termistörleri, köprü devresinde, etkin uzama dönüştürücüsüne ya da besleme bağlantılarına seri veya paralel olarak bağlamak.

Yarı iletken uzama dönüştürücülerinin kullanılması durumunda çıkışta karşılaşılabilecek doğrusal olmama özelliğinin giderilmesi için genellikle Şekil-3'de ilke şeması verilmiş bulunan doğrusallaştırma devreleri kullanılmaktadır.



Çekil-3. Doğrusallaştırma devresi ilke şeması

#### 4. SONUÇ

Bu makale-do uranın dönüştürücülerinin çalışma ilkeleri ile uzama dönüştürücülerini kullanarak gerçekleştirilecek ölçme ve kontrol düzeneklerinin, hatalı ölçmeye sebep olan ortam sıcaklığı etkisinin ve doğrusal olmama özelliğinin giderilmesi için alınması gereken önlemler incelenmiştir.

#### 5. KAYNAKLAR

- [1] DALFES A., "Elektrik Ölçme Lab. Deneyleri", İTÜ Matbaası, 1978.
- [2] TOKAD Y., "Mühendislik Sistemlerinin Analizi", Kısım II., Yıldız Üniversitesi Yayınları, 1985.
- [3] HUMPHRIES J.T., SHEETS L.P., "Industrial Electronics", I Ve ton Publishers, 1984.
- [4] CURTIS DA., "Process Control Instrumentation Technology", John Wiley & Sons, 1977.
- [5] DOEBELIN E.O., "Measurement Systems", McGraw-Hill Book Company, 1975.
- [6] NORTON H.N., "Handbook of Transducers For Electronic Measuring Systems", Prentice-Hall Inc., 1969.
- [7] HORDENSKI M.F., "Transducers For Automation", Vnn Nostand Reinhold Company, 1987.
- [8] CONSIDINE D.M., RÖSS S.D., "Handbook of Applied Instrumentation, McGraw-Hill Book Company, 1964.

#### ÖZGEÇMİŞ



1948 yılında Bergama'da doğdu. İTÜ'de 1973'de Yük.Müh., 1987'de Doktor, 1989'de M.Y.Doç. oldu. Ölçme, Enstrümanasyon, sensör tekniği, süreç denetim ve sistem teorisi konularında çalışmaktadır.

ELEKTRİK MÜHENDİSLİĞİ 5. ULUSAL KONGRESİ

# İVME DÖNÜŞTÜRÜCÜLERİNİN ÖLÇME VE KONTROL PROBLEMLERİNDE KULLANILMALARI

Y.Doç.Dr.CEVAT ERDAL  
İTÜ Elektrik-Elektronik Fakültesi  
80626 Maslak-İstanbul

## ÖZET

İlgilenilen bir fiziksel büyüklüğün, gerek ölçme ve gerekse kontrol amacına uygun bir biçimde, işlenebilecek bir elektriksel işarete dönüştürülmesi oldukça önemli bir konu oluşturmaktadır. İvme ölçülmesi için geliştirilmiş bulunan ivme dönüştürücüleri ve "bunları temel alarak üretilmiş cihazlar, süreç denetim endüstrisinde, kalite kontrol uygulamalarında, gemilerde, hava taşıtlarında, petrol araştırmalarında, endüstriyel ürünlerin karıştırılmasında ve diğer birçok ölçme ve kontrol konusunda uygulama alanı bulmuşlardır. Bu makalede ivme dönüştürücülerinin temel çalışma ilkeleri, üretimleri ve kullanımlarında gözönünde tutulması gereken hususlar ile ölçme ve kontrol problemlerinde kullanılacak ivme dönüştürücülerinin seçiminde dikkat edilmesi gerekli olan hususlar incelenmiştir.

## 1. GİRİŞ

Bir kontrol düzeneği tasarımında atılacak ilk adım, sisteme ilişkin, kontrol edilmesi istenilen dinamik değişkenin, elektriksel işarete dönüştürülmesini sağlayan uygun dönüştürücününün seçilmesidir. Uygulamada çok sık rastlanılabilecek olan ivme ölçülmesi ve ivme dönüştürücülerinin diğer alanlardaki uygulamalarının anlaşılması konusu, ivmenin elektriksel işarete dönüştürülme sorununun birden çok parametreye bağlı olması nedeni ile karmaşık analiz yöntemlerine ihtiyaç duyulması gereği, ELEKTRİK MÜHENDİSLİĞİ 5. ULUSAL KONGRESİ

oldukça karışıktır. Bu nedenlerle ivme dönüştürücülerinin çalışma ilkelerini ve bu elemanların ölçme ve kontrol uygulamalarında kullanılacakları gözönünde tutulması gerekli özelliklerinin ve her bir uygulama alanı için en uygun ivme dönüştürme yöntemi ile dönüştürücüsünün seçiminde dikkat edilmesi gerekli hususların iyice anlaşılmaları oldukça önem taşımaktadır.

## 2. TEMEL KAVRAMLAR

İvme dönüştürücülerini, uygulamada en yaygın olarak yer almalarına göre, mekanik ivme dönüştürücüleri ve piezoelektrik ivme dönüştürücüleri olarak iki grupta inceleyeceğiz. Mekanik ivme dönüştürmenin esasını,

$$F = ma \quad (2.1)$$

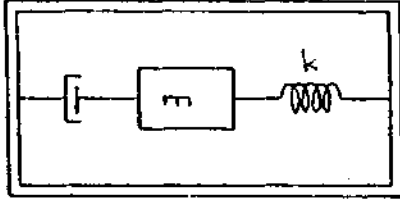
şeklinde ifade edilen Newton Yasası ile;

$$F = -c.Ax \quad (2.2)$$

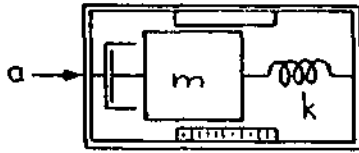
şeklinde ifade edilen Hooke Yasası'nın birlikte düşünülmesini gerektiren, Şekil-1'de şematik olarak gösterilmiş bulunan, bir yay ve kütleli oluşmuş sistem oluşturmaktadır [1,2,3,4]-

Bu sistem, Şekil-2a'da gösterildiği gibi, ivmelendirilecek olursa, ivmenin devamı süresince, yay ve kütle sistemi bu kararlı durumunu korur.

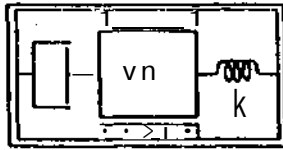




Şekil-1. Mekanik ivme dönüştürmesinin temel şeması



a. İvme uygulandığındaki durum



b. İvme yok ikenki durum

Şekil-2. Yay-kütle sistemine ivme uygulandığı

Bu durumda

$$k \cdot \Delta x = m \cdot a \quad (2.3)$$

yazılabilir.

k : Yay Sabiti [N/m]  
 Ax: Yayın uzama miktarı [m]  
 m: Kütle [kg]  
 a: İvme [m/s<sup>2</sup>]

dır.

(2.3) bağıntısından

$$a = \frac{k}{m} \cdot \Delta x \quad (2.4)$$

yazılabilir.

(2.4) bağıntısından, sisteme uygulanan ivmenin ölçülmesi işleminin gerçekte sistemin kütlelerinin yer değiştirilmesinin ölçülmesi işlemine dönüştürüldüğünü açık olarak görmek mümkündür.

Yukarıda anlatılmış bulunan yay-kütle sisteminin geçici hal davranışı incelenecek olursa, bu sistemin daima

$$f_N = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{m}} \quad (2.5)$$

şeklinde tanımlanan bir karakteristik doğal frekansa,

$$X_T(t) = X_0 e^{-at} \sin(2\pi f_N t) \quad (2.6)$$

biçiminde sönümlü olarak değişen bir davranış gösterdiği görülebilir. Burada  $X_T(t)$ : Kütlenin geçici konumu

$X_0$ : İlk en büyük yerdeğiştirmeye ilişkin konum

a: Sönüm katsayısı [1/s]

$f_N$ : Doğal frekans [Hz]

dır.

Çok yaygın olarak kullanılan bir diğer ivme dönüştürücüsü grubunda, kuvveti elektriksel işarete dönüştürmek için, bir yay vasıtası ile sıkıştırılması sonucunda uçlarında bir gerilim oluşturan piezoelektrik kristal kullanılır [5]. Bu durumda ivme

$$a = \frac{V}{S} \quad (2.7)$$

bağıntısından bulunabilir. Burada

a: İvme [g]

V: Oluşturulan gerilimin tepe değeri [mV]

S: Dönüştürücünün duyarlığı [mV/g]

1g: 9,8 m/s<sup>2</sup> dır.

### 3. İVME DÖNÜŞTÜRÜCÜLERİNİN SEÇİMİ VE TİPLERİ

Mekanik ivme dönüştürücülerinin pekçoğu, esas olarak, (2.4) bağıntısında yer alan yerdeğiştirmenin nasıl ölçüleceği konusunda farklılık gösterirler. Bu farklılığın sebebi de istenilen ölçme sınırlarının, doğal frekansın ve sönümün sağlanması gereğidir. İvme dönüştürücülerine ilişkin kataloglarda genel olarak bu bilgiler ve ivme girişini, çıkıştaki elektriksel işarete bağlayan bir katsayı yer alır. İvme dönüştürücülerinin seçiminde özellikle dikkat edilmesi gereken nokta ise, dönüştürücünün, frekansı  $f_N / 2,5$  dan daha küçük titreşimlerin bulunması durumunda güvenle kullanılabilir olması gereğidir.

En yaygın olarak rastlanılabilecek ivme dönüştürücülerini olarak, potansiyometrik, LVDT, değişken relüktans ve piezoelektrik tipler sayılabilir.

Potansiyometrik ivme dönüştürücülerin doğal frekansları 30 Hz'den daha azdır ve kararlı durum ivmelerinin ve düşük frekanslı titreşimlerin ölçülmesinde kullanılırlar.

LVDT tipi ivme dönüştürücülerinin doğal frekansları 80 Hz'den daha azdır ve potansiyometrik dönüştürücüler gibi kullanılırlar.

Değişken relüktans ivme dönüştürücülerinin doğal frekansları 100 Hz'den daha azdır ve genellikle "jeofon" adı altında petrol sondajlarında yeraltı katmanlarının belirlenmelerinde kullanılırlar.

Piezoelektrik ivme dönüştürücülerinin doğal frekansları 5 Khz'e kadar çıkabilir ve bu yüzden titreşim ve şok darbelerinin ölçülmesinde kullanılabilirler. Bu tür dönüştürücülerden sonra, ölçme kolaylığı sağlama için, üretilen gerilimin genliğini arttırmak ve empedans uyumu sağlamak için, mutlaka bir kuvvetlendirici kullanmak gerekir [6].

### 4. SONUÇ

Bu makalede ölçme ve kontrol sistemlerinde pek çok uygulama alanı bulunmuş olan ivme dönüştürücülerinin çalışma ilkeleri incelenmiş ve amaca uygun dönüştürücü seçimi yapılırken gözönünde tutulması gereken özellikler açıklanmıştır.

### 5. KAYNAKLAR

- [1] TOKAD Y., "Mühendislik Sistemlerinin Analizi", İTÜ Matbaası, 1978
- [2] NORTON H.N., "Handbook of Transducers For Electronic Measuring Systems", Prentice-Hall Inc., 1969.
- [3] DOEBELIN E. O., "Measurement Systems", McGraw-Hill Book Company, 1975.
- [4] CURTIS D.J., "Process Control Instrumentation Technology", John Wiley & Sons, 1977.
- [5] HUMPRIES J.T..SHEETS L.P., "Industrial Electronics", Breton Publishers, 1983.
- [6] HORDENSKIM.F., "Transducers For Automation", Van Nostrand Reinhold Company, 1987.

### ÖZGEÇMİŞ



1948 yılında Bergama'da doğdu. İTÜ'de 1973'de Yük.-Müh., 1987'de Doktor, 1989'da Y.Doç. oldu. Ölçme, enstrümantasyon, sensör tekniği, süreç denetim ve sistem teorisi ile ilgili çalışmalar yapmaktadır.

# MİKROİŞLEMCİ KONTROLLÜ MODÜL ile SİSTEMDEN BAĞIMSIZ OLARAK TRENLERİN BAZI ÖZELLİKLERİNİN ÖLÇÜLMESİ

Erhan BÜTÜN, Mehmet YAKUT

Kocaeli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi

/. Özet

Teknolojideki değişimlerin endüstrinin tüm alanlarına olumlu etkiler sağladığı günümüzde demiryollarının işletimi de buna ayak uydurmuştur. Demiryolları işletiminin modernleştirilmesi kararının alınması, teknolojik gelişim içindeki ticari ihmaların ilgisini çekmiştir. Aslında ilk önceleri diğer pazarlar kadar cazip olmayan demiryolu işletim sahası, uygulama sonuçlarının tatmin edici olmasından dolayı hızlı bir gelişim göstermiştir. Ülkemizde son birkaç yıl hariç hiç bir geliştirmenin yapılmadığı demiryolu taşımacılığı hâlâ 1960 yapımı lokomotif ve vagonları kullanmaktadır. Haberleşme ve emniyet sistemleri ise tamamiyle telefon (telsiz) +• insan faktörü ile sağlanmaktadır.

## Kontrol bölgeleri

Kontrol merkezleri sınır istasyonlarca diğerlerinden ayrılırlar ve kendi bölgelerinde kararlar almak zorundadırlar. Yalnız sınır istasyon civarındaki bazı kararlar için diğer kontrol merkezleri ile bilgi alışverişinde bulunurlar.

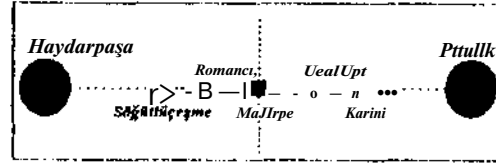
Sistemde hareket eden tüm araçlar kontrol merkezinden onay almak için koşullandırılmalı ve bu onay olmaksızın hareket gerçekleştirmemelidir.

## Kontrol Merkezleri ve Sınır İstasyon

Güzergâh üzerinde tanımlanan kontrol merkezleri, trenlerin tüm hareketlerinden ve rotalarından sorumlu olan birimlerdir

ve bitişik kontrol merkezinden bir sınır istasyonu ile ayrılırlar. Sınır istasyonunun tam ortada olması serekmey bu tutanüvle işletim ve yönetim kolaylığı sağlanacak şekilde gerçekleştirilmelidir.

Seçilmiş olan bu bölgelerde karar verme yapılarını açıklamak için iki kontrol merkezini örnek olarak alalım:



Şekil 1. İki kontrol merkezi ve sınır istasyon

Seçilmiş olan bölgede kurulması tasarlanan mikroişlemci kontrollü demiryolu kontrol düzeneği için karar verme yapısı şöyledir :

Önce bir kontrol bölgesi eldeki verilere göre tanımlanır. Daha sonra trenlerin bir kontrol bölgesinden geçip diğerine girmesi durumunda, karşılaşmanın olmaması için bir takım kurallar konulmuştur.

Örneğin şekil 1'de, I laydaipaşa kontrol merkezi Maltepe sınır istasyonuna kadar trenin kontrolüne sahiptir, daha sonra, Pendik kontrol merkezi kontrolü üzerine alır. Burada Maltepe sınır istasyonu hem I laydaipaşa hem de Pendik kontrol merkezleri tarafından ortaklaşa kontrol edilmektedir.

Dundan sonra Bostancı-Maltepe istasyonlarındaki karşılaşmanın Haydarpaşa taraftan düzenlenmesi yanlış olur. Çünkü, bu istasyonun Maltepe sınır istasyonundan daha ilerideki raylar hakkında bir bilgisi yoktur. Aynı şekilde, Maltepe-İdaltape istasyonları için Pendik kontrol merkezi tarafından alınan kararlar yanlış olacaktır.

Bu mantıktan hareketle, Haydarpaşa ve Pendik kontrol merkezleri kendi bakış açılarından, Maltepe sınır istasyonlarından ilerisini göremedikleri için, karşılaşmaların çözümü aşağıdaki durumlarda hatalı olur.

*L* İdealtepe-Kartal ve Maltepe-İdealtepe bölümleri ve tdealtepe istasyonunda bulunan trenler için Pendik kontrol merkezinin tek başına karar alması;

*İL* Bostancı-Söğüllüçeşme ve Bostancı-Maltepe bölümleri ve Bostancı istasyonunda bulunan trenler için Haydarpaşa kontrol merkezinin tek başına karar alması.

Kartal istasyonuna tren girer girmez, tren bilgisinin bir kopyası Pendik kontrol merkezi tarafından Haydarpaşa kontrol merkezinde yaratılır ve tren Bostancı'ya ulaşmaya kadar tüm değişiklikler her iki dosyada da gerçekleştirilir. Tren Bostancı istasyonuna ulaşır ulaşmaz Pendik kontrol merkezindeki bellekten bu dosya silinir. Çünkü tüm trenlerin hareketlerini saklamak çok kısa süre sonra bellek problemini de getirecektir. Daha sonra belirtileceği gibi tren numarası, geçiş zamanı, yolcu sayısı gibi bazı bilgiler dışındakilerine gerek yoktur.

#### *Karar verme*

Tanımlanmış olan bu kontrol bölgelerinde sistem trenlerin önceden tanımlanmış bazı durumlarına göre birtakım kararlar alırlar. Bu kararlardan en önemlisi iki trenin karşılaşması veya arkadan yetişmesi durumunda hangi İrene öncelik verilmesi gerektiridir.

Trene geçiş avantajı sağlayan bu sisteme *dinamik öncelik kontrolü ( DÖK )* denir. Bu yaklaşımda, iki trenin karşılaşması veya arka arkaya gelmesi durumunda İrenler için DÖK fonksiyonlarının karşılaştırılması ve büyük değere sahip olan trene yol verilmesi sağlanır.

*Dinamik öncelik faktörü, DÖP\* hesaplanabirnesi için bazı ilave tanımlamalara ihtiyaç duyulur.

*Statik öncelik faktörü ( SÖF )* : Her demiryolu ağındaki trenlere verilecek özel bir kod ile tanımlanır. Bu nümerik bir sayıdır. Ayrıca önemli seferlere büyük, diğerlerine daha küçük bir sayı verilmelidir. Örneğin *mavi trene 7, yük trenine 2* gibi.

*Ver mümkünlük faktörü ( YMF )* : Bu trenin ulaşmak üzere olduğu istasyonla ilgili bir büyüklüktür. Eğer tren için bir sonraki istasyonda *yer var ise /, yok ise 0* olarak alınabilir. DÖF'nin hesaplanmasında en önemli parametre olmalıdır. Yani eğer olumsuz ise diğer trene yol verilmelidir.

*Tren rötar faktörü ( TRF )* : Eğer *tren tarifeye uygun olarak hareket ediyorsa bu değer 0 değilse 1* olarak alınır. Bunun nedeni gecikmiş olan treni mümkün olduğu kadar az bekletmektir.

*Son istasyon mesafe faktörü ( SİMF )* : Bu aşamadan sonra trenin ulaşacağı en son istasyon ile ilgili bir kod ataması ( *N* ) yapılır. Bunun için son istasyonun uzaklığı *bir smtr değerden ( örneğin S ) fazla ise hu sayı 0, az ise S - /N* olarak tanımlanır.

*Bağlantı treni faktörü ( BTF )* : Eğer tren bir aktarma treni ise, yolcuların mutlaka zamanında varışa ihtiyaçtan olduğundan mümkün olduğunca ( diğer parametrelerle orantılı olarak ) büyük bir sayı seçilmelidir. Örneğin *bağlantı treni ise .?, değilse 0*.

Bu durumda bir İren için DÖF şu şekilde tanımlanır :

$DÖF - YMFx ( SÖF + TRF ( SİMF + BİT)$

Görüldüğü gibi eğer istasyonda ilgili İren için yer yok ise I iim fonksiyon sıfıra eşil olmaktadır. Fğcr iki İren için hesaplanan DÖF aynı ise, SÖF ile işlemler gerçekleştirilir. Bunlarda aynı ise ( ki bu çok zayıf bir olasılıktır ) kontrol merkezindeki yetkilinin kararına bırakılır.

### Sistem yapısı

Demiryolu trafiginin otomatik olarak kontrol edilmesi durumunda, tanımlanan kontrol merkezlerinde bulunan mikrobilgisayarlar sistemin yönetimini gerçekleştirirler. Tüm tren konumları ve kontrol altındaki araçların hepsi mikrobilgisayarın belleğinde saklıdır. Sisteme bağlı diğer elemanlar bu velilerle, hal donanımlarından ve diğer algılayıcılardan elde edilen velileri işleyerek kararlar verirler.

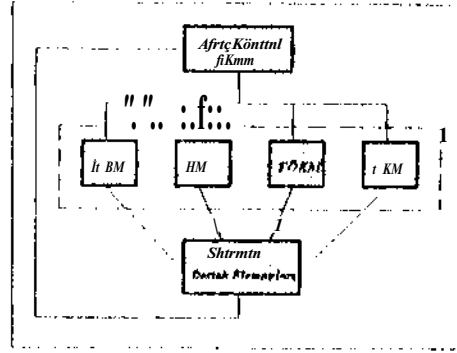
Şekil 2'de verilen blok şemada sistemin kontrol merkezleri ile nasıl çalıştırıldığı görülmektedir. Sistemin alt elemanları şöyle tanımlanabilir :

**Hat boş modülü ( HUM ) :** İlgili ray bölümünün **kullanılmadığında** çalıştırılan modüldür. Burada unutulması gereken bir konu da rayın o an kullanılmıyor ama bir tren tarafından kullanılmak üzere atanmış olmasıdır. Bu durumda I IBM modülünün çalıştırılması önlenmelidir.

**Tren varış modülü ( TVM ) :** İrenin istasyona girişinde çalıştırılan modüldür.

**Trenin önerilen kalkış modülü ( TÖKM ) :** Bu da olası bazı durumlardan dolayı düzeltilmiş tren kalkışında çalıştırılan modüldür.

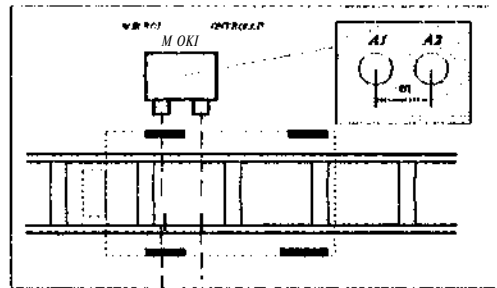
**İrenin kalkış modülü ( TKM ) :** Trenin aktüel kalkışında çalıştırılır.



Şekil 2 Sistemin yapısı

Araç kontrol ekranı, sistemin kontrolünün yapıldığı yer olmalıdır. Buradaki yetkili trenlerin güvenli ve verimli hareket ettirecek programların ve elemanların kontrolünü yürütür. Herhangi bir ray bölümü serbest hale gelir gelmez, bu bölüm için otomatik olarak I IBM çalıştırılır. I IBM çalıştığında, bölümü kullanacak trenlerin dununu hesaplanır. F.ilde edilen DÖF'leri karşılaştırılır ve en büyük değere sahip olan tren için I IBM mesajı iptal edilerek bölüm " meşgul " duruma geçirilir. Bölüm tren için seçildikten sonra, mikrobilgisayar trenin hareket yönündeki diğer ray bölümleri için I IBM çalıştırır, iler işlemlerde ilgili trenlerin DÖF değerleri yeniden hesaplanmak zorundadır.

### Tren tanımlayıcı modül



Şekil 3 Mikroişlemci kontrollü tren tanımlayıcı.

Bu bölümde özel olarak tasarlanmış bir mikroişlemci kontrollü İren tanımlayıcı anlatılacaktır.

Sistemin temelinde iki algılayıcının ( A ] ve A2 ) okunması ve aktif halde kaldığı

süreler önemlidir. Sistemin çalışmasını şu şekilde açıklayabiliriz :

/. Mikroişlemci üzerindeki program sürekli olarak hangi algılayıcının (ince aktif hale geçeceğini kontrol etmelidir. Bu durumda trenin hareket yönü tespit edilebilir. Örneği» *A/* aktifse İstanbul, *A?* aklifsc Adapazarı gibi.

*İL* Algılayıcılardan birisi **akli!** hale geçince ( hangisi olursa olsun ) bir zamanlayıcı çalıştırılır. Bu zamanlayıcıya *Z/* diyelim. Aynı şekilde ikinci bir zamanlayıcı da ( *Zj* ) çalışmaya başlasın. Bu arada iki algılayıcı arasındaki uzaklığın bilindiğini ve *m* ile verildiğini varsayalım.

»/İkinci algılayıcı aktif hale geçtiğinde *Zj* zamanlayıcısı durdurulur. (feçen zaman *M* ise, trenin olan hızı ( *V* ) yol/zaman ifadesinden,

$$V = \frac{J^i}{t_1}$$

iv. Böylelikle trenin hızı ve yönü hesaplanmış olur. Birinci algılayıcı aktif halden pasif hale geçtiğinde ikinci zamanlayıcıyı ( *Zj* ) durduralım. Geçen zaman *İ2* ise, hız bilindiği için elimizde iki bilgi daha elde edilir.

a. Algılayıcının aktif halden pasif hale geçmesi bir tekerlek ( dingil ) sayımı, dolayısıyla vagon sayısının ölçülmesi demektir.

h. İkinci zamanlayıcının ölçtüğü süre *İ2* ise, hız bilindiği için tekerlek çapının ölçülmesi de mümkün olacaktır. Yani. tekerlek çapı *O* ile verilmişse,

$$\emptyset = V \times t_2$$

Bu özellikle farklı tipteki tekerleklerle çalışan yük irenlerinin tanımlanmasında işe yarayabilir. Aynı şekilde ayrı bir sayacıla dingil sayısı saydırılarak trenin vagon sayısı da bulunabilir.

Böylelikle trenle ilgili dört temel büyüklük, sistemden bağımsız olarak bulunabilir. Bu değerler belli tolerans sınırları içinde ray kuplaj bobininden alınan bilgilerle karşılaştırılarak, başka bir kontrol mekanizması daha oluşturulmuş olur.

Buradaki amaç sistemin ilgili ray bölümünde hareket halindeki trenin yönünü ve vagon sayısını kontrol etmektir. İlgili ray bölümüne bir makas hatası ile farklı yönde veya farklı vagon sayısında bir İren girecek olursa, tüm işlemler iptal edilerek acil duruma geçilmelidir.

Tasarlanan bu mikroişlemci kontrollü modül ray boyunca monte edilebilir. Yalnız dikkat edilmesi gereken noktalar şunlardır :

/. Algılayıcıların yerden yüksekliği İren tekerleklerinin orta noktalarında olmalıdır.

*İL* Modül istasyonların girişine ve trenin frenlemeye geçtiği noktalardan önce monte edilmelidir.

*ÜL* Eğer tren algılayıcıların önünde duracak olursa, o ana kadar elde ettiği bilgileri sisteme bildirmeli ve eski durumunu almalıdır.

iv. Yakın mesafelerde modül sistemden enetjilenebileceği gibi, uzak mesafelerde güneş pillerinden yararlanır. Bu durumda hat haberleşmesi yerine radyo haberleşmesi kullanmak daha olumlu olacaktır.

Bununla ilgili programın akış diyagramı şekil 5'te verilmiştir.

Akış diyagramından görülebileceği gibi program algılayıcıların okunması ile başlar *///*. Aktif duruma geçen algılayıcı aracın geldiği yönü gösterecektir. Bu durumda trenin yönüne karar verilir */?/*, */•//*, *fSf*. Hesaplamalarda kullanılacak zamanlayıcılar ( *7,j* ve *7.i* ) çalıştırılır *f6f*. Daha sonra her iki algılayıcı tekrar okunur *f7f*. Algılayıcıların durumuna göre zamanlayıcılar durdurulur */?/*, *fi* *Of*, *fuf*. Ktdcki

