

TMMOB ELEKTRİK MÜHENDİSLERİ ODASI

Elektrik[^] M^{^^^}
Bilgisayar Mühendisliği
esi
6 -12 Eylül 1999

 Gaziantep



TMMOB Elektrik Mühendisleri Odası,
Gaziantep Şubesi

Gaziantep Üniversitesi
Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü

25. YIL

TÜBİTAK

Yayımlayanlar:

Gaziantep Üniversitesi
Mühendislik Fakültesi
Elektrik - Elektronik Mühendisliği Bölümü
27310 /GAZİANTEP

Elektrik Mühendisleri Odası
Gaziantep Şubesi

TÜBİTAK

ISBN 975 - 7375 - 20 - 9 (TK) - 22 - 5 (2C)

Yayın Hakkı © 1999, Gaziantep Üniversitesi, EMO, TÜBİTAK

Her hakkı mahfuzdur. Bu yayının hiç bir kısmı yayımcılardan Gaziantep Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Elektrik - Elektronik Mühendisliği Bölümü, Elektrik Mühendisleri Odası Gaziantep Şubesi ve TÜBİTAK'ın yazılı izni alınmadan çoğaltılamaz ve hiç bir biçimde bir erişim sisteminde saklanamaz.

1. Basım : Eylül 1999
Uğur Ofset tarafından basılmıştır.
Telefax : (0 342) 220 34 02
GAZİANTEP

ÖNSÖZ

TMMOB Elektrik Mühendisleri Odası, Gaziantep Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü ve TÜBİTAK'ın işbirliği ile düzenlenen Elektrik-Elektronik Bilgisayar Mühendisliği 8. Ulusal Kongresini bu yıl, ilk defa Güneydoğu Anadolu Bölgesinde; Gaziantep'te yapmaktan gurur ve mutluluk duyuyoruz. Kongre; 6-10 Eylül 1999 tarihleri arasında Gaziantep Büyükşehir Belediyesinin Belediye Sarayı'nda tarafımıza tahsis ettiği salonlarda 4 eş zamanlı oturum halinde gerçekleştirilecektir.

Kongreye gösterilen yoğun ilginin sonucu çok sayıda bildiri gönderilmesine karşın teknik programda yeterli sayıda zaman aralığı bulunmaması nedeniyle, hakemlerden gelen değerlendirmelerin ışığında, programa toplam 212 bildiri alınabilmiştir. Her ne kadar ön duyurumuzda kongrede sunumları kabul edilmiş ancak katılım ücreti ödenmemiş bildirilerin Kongre Kitabı'nda yer almayacağını belirtmiş idiysek de Yürütme Kurulumuz bilimsel hedeflere öncelik tanıyarak, kongrede tartışılmayacak olsalar bile, kabul edilen tüm bildirilerin Kongre Kitabı'nda yer almasını uygun bulmuştur. Kabul edilen bu 212 bildiri 2 cilt halinde sizlere sunulmaktadır. Kongrede tartışılacak, ilginizi çekeceğine inandığımız, bu bildirileri doyurucu nitelikte bulacağımıza eminiz.

Kongre sırasında geniş bir katılımcı kitlesinin ilgisini çekeceğini umduğumuz iki konuda panel düzenlenmiş ve kongre içersinde çağrılı bildirilere de yer verilmiştir. Ayrıca kongre salonlarının hemen yakınında, 2000m² kapalı alanda düzenlenen ve sektördeki firmaların katıldığı "Elektrobil'99"^M Fuarının da kongremize ayrı bir renk katacağı inancını taşıyoruz.

Kongremizin sponsor kuruluşlarına, Elektrobil'99 Fuarı'na katılarak kongremizi destekleyen özel ve kamu kuruluşlarının yetkililerine, panelistlere, kongreye çağrılı bildiri ile katılan değerli bilim adamlarımıza destek ve katkılarından dolayı teşekkür etmeyi borç biliyoruz

Kongreler, yapılan bilimsel çalışmaların ve üretilen teknolojik yeniliklerin daha geniş bilimsel kitlelerin hizmetine sunulduğu, tartışıldığı ve karşılıklı bilgi alışverişi yapıldığı ortamlardır. Bu yönüyle anılarınızda özel bir yer almasını dilediğimiz 8. Ulusal Kongre'nin, siz katılımcılar için başarılı ve doyurucu olmasını; ayrıca ülkemizin bilimsel ve teknolojik ilerlemesine yön vererek ve ivme kazandırarak amacına ulaşmasını diliyor, Yürütme Kurulumuz adına hepinize saygılarımızı sunuyorum.

Tuncay Ege
Yürütme Kurulu Başkanı

Elektrik-Elektronik-Bilgisayar Mühendisliği

8.Ulusal Kongresi

(6-12 Eylül 1999)

Kongre Yürütme Kurulu

Tuncay EGE
Muhammet KOKSAL
M. Sadettin ÖZYAZICI
Hamit SERBEST
Eyüp AKPINAR
Cemil ARIKAN
ArifNACAROĞLU
Gülay TOHUMOĞLU
Savaş UÇKUN
M. Hacim KAMOY
Serdar BOZKURT
H. Ali YİĞİT
M. Sıtkı ÇİĞDEM
Erol KARABAY
Doğan EYİKOÇAK
Mustafa KURT
Alaadin COŞKUN

Gaziantep Üniversitesi EE Müh. Böl.
İnönü Üniversitesi EE Müh. Böl.
Gaziantep Üniversitesi EE Müh. Böl.
Çukurova Üniversitesi EE Müh. Böl.
Dokuz Eylül Üniversitesi EE Müh. Böl.
TÜBİTAK
Gaziantep Üniversitesi EE Müh. Böl.
Gaziantep Üniversitesi EE Müh. Böl.
Gaziantep Üniversitesi EE Müh. Böl.
ASELSAN A.Ş. Genel Müdürü
SİMKO A.Ş.
E.M.O. Yönetim Kurulu Başkanı
E.M.O. Yönetim Kurulu Yazman Üyesi
E.M.O. Gaziantep Şb. Yön. Kur. Bşk.
E.M.O. Gaziantep Şb. Yön. Kurulu Bşk. Yrd.
E.M.O. Gaziantep Şb. Yön. Kurulu Yazman Üyesi
E.M.O. Gaziantep Şb. Yön. Kurulu Üyesi

Konular

- * Bilgisayar Ağları ve Donanımı
- * Devreler ve Sistemler
- * Elektrik Makinaları
- * Elektromagnetik Alanlar ve Mikrodalga tekniği
- * Elektronik
- * Enerji Üretim, İletim ve Dağıtım
- * Güç Elektroniği
- * Haberleşme Tekniği
- * Mekatronik ve Robotbilim

- * Optoelektronik
- * Otomatik Kontrol
- * Görüntü Tanıma, Sinyal İşleme, Görüntü Kodlama
- * Tıp Elektroniği
- * Tıp Sinir Ağları, Bulanık Mantık
- * Yüksek Gerilim Tekniği
- * Ölçme Tekniği
- * Mühendislik Eğitimi

8. Ulusal Kongre 8/2-8 sayfa (768- 809)

ULUSAL METROLOJİ ENSTİTÜSÜ'NDE EMPEDANS ÖLÇÜMLERİ

Yakup GÜLMEZ, Gülay GÜLMEZ, Enis TURHAN, Turgay ÖZKAN

ULUSAL METROLOJİ ENSTİTÜSÜ (UME)

TÜBİTAK

P.K. 21 41470 Gebze KOCAELİ

turgay.ozkan@ume.tubitak.gov.tr

ABSTRACT

Impedance measurements that are capacitance, inductance and AC resistance measurements are in responsibility of UME Capacitance Laboratory. inductance unit is obtained at 10 mH with an uncertainty of 5 ppm by using UME-made Maxwell-Wien Bridge at 1 kHz. inductance values in the range of 100/JH-10H are determined by using UME-made 1/10 Inductance Comparison Bridge. GR1693 RLC Digital Bridge is used for industrial calibrations on inductance measurements.

The 10 pF and 100 pF capacitance intercomparison performed between 17 countries provide capacitance traceability. 1 pF, 10 pF and 100 pF Fused-Silica capacitance standards are used as reference standards.

Calculable AC resistors in the values of 10 Q, 100ü, 1kü and 10 kC2 are used for providing the traceability of AC resistance unit.

For the purpose of deriving the capacitance unit in primary level from the Quantized Hail Resistance, AC Resistance Comparison Bridge and RC Quadrature Bridge are going to be constructed in the Capacitance Laboratory.

Methods for providing the traceability of these three units, details of employed measurement systems and calibration facilities of the Capacitance Laboratory will be mentioned in this paper.

1. GİRİŞ

UME Kapasitans Laboratuvarı'nda kapasitans, indüktans ve AC direnç birimleri ile ilgili çalışmalar yapılmakta olup, Laboratuvar, bu birimlerin birincil düzeyde ölçülmesinden, muhafaza edilmesinden, endüstriye, savunma sanayine ve ikinci seviye kalibrasyon laboratuvarlarına kalibrasyon, akreditasyon, danışmanlık ve eğitim hizmetleri verilmesinden sorumludur. Laboratuvar, indüktans, kapasitans birimlerinde uluslararası karşılaştırmalara katılmakta, bu birimlerdeki doğruluğunu ve belirsizliklerini kanıtlayarak izlenebilirliği sağlamaktadır. Ayrıca endüstrinin kalibrasyon, akreditasyon, eğitim ve danışmanlık ihtiyaçları karşılandığı gibi, endüstrinin ihtiyaç duyduğu kapasitans, indüktans birimlerini uluslararası ölçülerde yüksek doğruluk ve düşük belirsizlikle gerçekleştirilmektedir.

2. İNDÜKTANS ÖLÇÜMLERİ

İndüktans birimi doğrudan SI birimlerinden türetilmediğinden dolayı diğer elektriksel birimlerden elde edilir. İndüktans biriminin tanımlanmasında kullanılan kapasitans birimi, cross kapasitör veya RC quadrature köprüden, direnç ise Quantum-Hall sisteminden elde edilir. İndüktans biriminin elde edilmesinde değişik yöntemler kullanılmasına rağmen bugün birincil seviyede indüktans biriminin türetilmesinde en yaygın kullanılan ölçüm tekniği Maxwell-Wien Köprüsü'dür. Bu köprü ile indüktans standardı 10⁶lar mertebesinde kapasitans ve direnç birimine bağlı olarak türetilir. Elde edilen bu indüktans değeri, laboratuvarında bulunan diğer standartlara aktarılarak düzenli ölçümler alınmak suretiyle indüktans biriminin belirsizliği oluşturulur.

UME'de gerçekleştirilmiş olan Maxwell-Wien Köprüsü'nde 10 mH değerinde elde edilen indüktans birimi 1:10 İndüktans Karşılaştırma Köprüsü kullanılarak 100 µH - 10 H aralığına aktarılmaktadır. Laboratuvar'da bahsedilen indüktans aralığında dörderli gruplar halinde indüktans standartları bulunmaktadır.

Kapasitans Laboratuvarı'nda indüktans konusunda endüstriye verilen hizmetler arasında 100 µH-10 H aralığında standart indüktör kalibrasyonu, sabit değerli indüktans standardı yapımı ve bu konularda eğitim ve danışmanlık hizmetleri sayılabilir. Endüstriyel kalibrasyonlarda GR1693 RLC metre kullanılmaktadır.

İndüktans ölçümlerinin, kapasitans ve direnç alanındaki ölçümlerin frekans aralığının genişletilmesinin ardından, 100 kHz'e kadar alınması çalışmalarının yapılması planlanmaktadır.

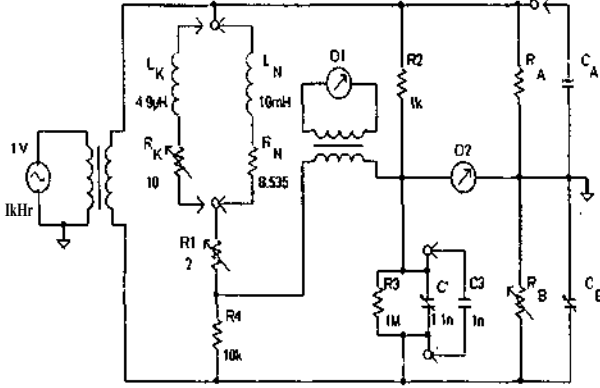
2.1 Maxwell-Wien Köprüsü ile İndüktans Ölçümü

Teorisi 1873 yılında oluşturulmuş olan Maxwell-Wien Köprüsü [1] günümüzde bir çok metroloji enstitüsünde olduğu gibi UME'de de indüktans birimini elde etmek amacıyla kullanılmaktadır. Şekil 1'de şematik olarak gösterilmiş olan köprü denklem (1) ve (2)'deki şartları sağladığı zaman dengeye gelmiş olur.

$$L = R_2 \cdot i^2 \cdot C_4 \quad (D)$$

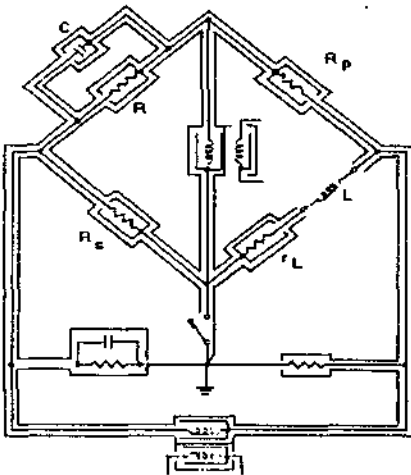
$$i^2 = R_2 - R_3 / R_4 \quad (2)$$

Şekil 1'deki devreden de görülebileceği gibi indüktansın değeri yalnızca kapasitans tarafından değil, aynı zamanda köprü kollarındaki dirençler tarafından da belirlenmektedir. Bu nedenle, indüktansın doğru belirlenebilmesi için, kollardaki dirençlerden dolayı oluşan artık parametrelerin, özellikle kullanılan dirençlerin artık indüktanslarının çok düşük değerlerde olması gerekir. Bu nedenle Maxwell-Wien Köprüsü'nde metal film dirençler kullanılmıştır. Köprüde kullanılan temel elemanlara ek olarak bağlantı için kullanılan konnektörlerin empedans değerleri ve uzun dönem kararlılıkları da köprü doğruluğu açısından önemlidir. Köprü yapımında kullanılan konnektörlerin bu özellikleri sağlanmasına dikkat edilmiştir.



Şekil 2. UME Maxwell-Wien Köprüsü ana devresi

Tüm bunlara ek olarak kurulan köprü ile köprünün toprağı arasında oluşacak olan sızıntı akımlarını önlemek amacıyla köprü ile köprünün toprağı aynı potansiyele getirilmelidir. Bu amaçla köprüye ek olarak Şekil 2'de gösterilen devreye Şekil 3'teki gibi Wagner kolu olarak adlandırılan toprak bağlantısı eklenmiştir.

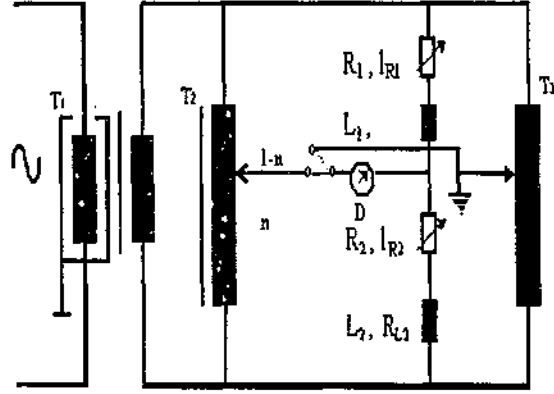


Şekil 3. Wagner koluyla birlikte Maxwell-Wien Köprüsü

2.2 İndüktans Biriminin Ölçüm Aralığının Genişletilmesi

Maxwell-Wien Köprüsü ile 10 mH indüktans standardının değeri elde edildikten sonra indüktans ölçüm bölgesini 100 HH, 1mH, 10 mH, 100 mH, 1 H ve 10 H nominal değerlerine aktarmak amacı ile Kapasitans Laboratuvarı'nda İndüktans Karşılaştırma Köprüsü yapılmıştır.

Şekil 3'te görülen köprü, ölçüm sistemi bilinmeyen bir indüktansın değerinin bilinen bir indüktansın değeri ile belirlenmesi amacıyla kullanılmaktadır.



Şekil 3. İndüktans Karşılaştırma Köprüsü

Dedektör üzerine gerilim düşümü olmadığı, diğer bir ifadeyle üzerinden herhangi bir yönde akım geçmediği zaman köprü dengeye gelmiş olacaktır. Bu şart sadece $I_1 = I_2$ olduğu durumda gerçekleşmiş olacaktır. Bu durumda gerçel ve sanal dengeleri sağlanmış olduğundan, I_{R1} ve I_{R2} ayarlı dirençlerin indüktansları, L_1 ve L_2 ise kablo indüktansları olmak üzere, denklem (3) yazılabilir.

$$\frac{-n}{n} = \frac{I_1 + I_{R1} + I_{L1}}{L_2 + I_{R2} + I_{L2}} \quad (3)$$

Kapasitans Laboratuvarı'nda yapılan indüktans ölçümlerinin uluslararası sistemle bütünleşmesini sağlamak amacıyla, Almanya Metroloji Enstitüsü PTB ile karşılaştırma ölçümleri yapılmıştır [2]. Bu karşılaştırma sonuçları, UME'deki indüktans ölçümlerinin gerek doğruluk gerekse belirsizlik açısından tatmin edici olduğunu göstermiştir.

3. KAPASİTANS ÖLÇÜMLERİ

Kapasitans birimi iki şekilde türetilmektedir. Bu yöntemlerden birincisi ve ilk olarak kullanılanı cross kapasitör olarak bilinen hesaplanabilir kapasitör yardımıyla kapasitans biriminin uzunluk birimine bağlı olarak elde edilmesidir [3]. İkinci yöntem ise DC olarak elde edilen Quantum-Hall direnci üzerinden AC direnç karşılaştırma köprüsü ve RC quadrature köprü kullanılarak kapasitans birimine geçilmesidir.

UME'de kapasitans biriminin izlenebilirliği, 10 pF ve 100 pF değerlerinde, 16 ülke ile birlikte yapılan karşılaştırma ölçümlerine [4] ve doğal olarak da bu ülkelerin izlenebilirliklerini sağladıkları cross Kapasitör ya da Quantum Hail dirençlerine bağlı olarak sağlanmaktadır.

Kapasitans standartlarının uzun dönem kararlılığı ve sıcaklık bağımlılığı, kullanılan dielektrik malzemeye bağlı olarak değişmektedir. Yaklaşık 10⁴/yıl uzun dönem kararlılığı ile en iyi dielektrik malzeme olan fused-silika kullanılarak en fazla 100 pF değerinde standart yapılabilirken, uzun dönem kararlılığı birkaç 10⁶/yıl olan hava dielektrikli kapasitörler en fazla 1000 pF değerine kadar yapılabilmektedir. 1000 pF'tan yüksek değerlerde seramik ya da mika dielektrik malzemesi kullanılmaktadır. Bu malzemelerin uzun dönem kararlılığı ise 10⁴/yıl mertebesindedir.

UME'de kapasitans standardı olarak dörtlü grup halinde 1 pF, 10 pF ve 100 pF değerlerinde fused-silika kapasitörler, 10 pF, 100 pF ve 1000 pF değerlerinde hava kapasitörler bulunmaktadır. Ayrıca 1 pF, 10 pF, 100 pF ve 1000 pF değerlerinde hava kapasitörler, 10 nF, 100 nF ve 1000 nF değerlerinde mika kapasitörler bulunmaktadır. Bu standartlar düzenli olarak ölçülerek tarihçeleri oluşturularak birimin muhafazası sağlanır.

Kapasitans Laboratuvarının endüstriye verdiği hizmetler arasında kalibrasyon, eğitim ve danışmanlığın yanısıra dekat kapasitör ve sabit değerli kapasitans standardı yapımı da sayılabilir. Laboratuvar'da kalibrasyonlarda AH2500A Hassas Kapasitans Köprüsü ve GR1621 Kapasitans Ölçme Köprüsü kullanılmaktadır. Verilen kalibrasyon hizmetleri endüstrinin belirsizlik ihtiyacını sağlayabilecek seviyededir.

Kapasitans Laboratuvarı'nın temel görevlerinden biri olan kapasitans biriminin UME'de birincil seviyede elde edilmesi ve muhafaza edilmesi, Çjuantum Hail DC direnç sisteminin UME'de kurulmasının ve DC direncin birincil seviyede UME'de elde edilmesinin ardından Kapasitans Laboratuvarı'nda kurulacak olan AC Direnç Karşılaştırma Köprüsü ve RC Quadrature Köprü yardımıyla Quantum Hail direncine bağlı olarak sağlanacaktır.

4. AC DİRENÇ ÖLÇÜMÜ

UME'de AC direnç ölçümlerinin izlenebilirliği 10Q, 100Q, 1000Q ve 10 kil değerlerindeki standart hesaplanabilir dirençler yardımıyla sağlanmaktadır. Söz konusu hesaplanabilir dirençlerin AC parametreleri (kapasitans ve indüktans) direncin yapımında kullanılan telin boyutlarına ve elektriksel özelliklerine bağlı olarak hesaplanabilmektedir. Bu durumda DC değeri bilinen bu dirençlerin herhangi bir frekanstaki AC değerleri, zaman sabitleri hesaplanarak artık parametreleri ile beraber bilinebilmektedir. Bu dirençler kullanılarak kalibre edilen GR 1693 RLCmetre endüstriyel kalibrasyonlarda kullanılmaktadır. AC dirençlerin DC değerlerinin izlenebilirliği DC Direnç Laboratuvarı'ndan sağlanmaktadır. Quantum Hail sisteminin UME'de

kurulmasıyla AC direnç birimi de birincil seviyede Kapasitans Laboratuvarı'nda elde edilecektir.

Halen üzerinde çalışılmakta olan AC direnç karşılaştırma köprüsü yapıldıktan sonra AC direnç ölçümlerinin belirsizliği de uluslararası seviyelere çekilmiş olacaktır.

AC direnç ölçümleri konusunda Kapasitans Laboratuvarı'nın projeleri arasında çeşitli değerlerde hesaplanabilir direnç yapımı, AC direnç karşılaştırma köprüsü yapımı bulunmaktadır.

5. SONUÇ

İndüktans biriminde birincil seviyeye ulaşmış olan Kapasitans Laboratuvarı'nda, araştırma geliştirme faaliyetlerinin başında kapasitans ve AC direnç birimlerinin birincil seviyede elde edilmesi bulunmaktadır. Bu birimlerin de birincil seviyede UME'de elde edilmelerinin ardından, çalışma frekanslarının genişletilmesi uzun vadeli projeler arasındadır.

Kapasitans Laboratuvarı, çalışma alanlarında, endüstrinin gereksinim duyduğu belirsizlik ihtiyacını rahatlıkla sağlayabilmesine rağmen, amaçlarını geliştirmekte olan endüstrinin gelecekte ortaya çıkacak olan ihtiyaçlarına göre belirlemektedir.

6. KAYNAKÇA

- [1] J. C. Maxwell, " A Treatise on Electricity and Magnetism", pp. 377-379, 1873
- [2] Y. Gülmez, E. Turhan, G. Gülmez, UME, H. Eckardt, P. Raether, PTB, "Intercomparison of a 10 mH Inductance Standard Between UME-PTB", CPEM Conference Digest, pp. 498-499, July 6-10, 1998
- [3] A. M. Thompson and D. G. Lampard, "A New Theorem in Electrostatics and its Application to Calculable Standards of Capacitance", Nature, Vol. 177, pp. 888, 1956
- [4] Janet Bellis, "Intercomparison of 10 pF and 100 pF Capacitance Standards", Report of EUROMET Project Reference No.345, February, 1999

KUYRUK MİLİ TESTLERİNİN BİLGİSAYAR YARDIMIYLA GERÇEKLENMESİ

Nihat YILMAZ Ömer AYDOĞDU Salih GÜNEŞ
S.Ü. Elk.-Elt. Müh. Bölümü
nyilmaz@karatay1.xc.selcuk.edu.tr
oaydogdu@karatay1.cc.selcuk.edu.tr
sgunes@karatay1.cc.selcuk.edu.tr

ABSTRACT

in this paper, the study about Tractor Power Take-off test via personal computer has been represented. This test is one of farm tractor performance tests. This study was build on an available test device. Some sensors were changed to increase measuring range. Measuring devices were simplified and increased capability. in this study a user friendly program implemented in Delphi. As a result the test was realized faster, more reliable and easier.

1. GİRİŞ

Endüstrinin hızla geliştiği günümüzde bir ürünü üretmek kadar üretilen bu ürünün kalitesi de çok önemlidir. Üretilen bir çok ürün herkesin bildiği kurallarla ve tekniklerle üretilmesine rağmen, üretim aşamasında üretici tarafından gösterilen özen ve dikkat bu ürünün kalitesini belirlemektedir. Ürünün kalitesinin ölçülmesi ise özel test cihazlarıyla yapılmaktadır.

Bu çalışmada T.C. Tarım Bakanlığı tarafından traktör üreticilerinden istenen performans testlerinden biri olan kuyruk mili test düzeneği geliştirilmiştir. Bu testler dünyada hemen hemen her ülkede yapılmaktadır. Bu sebeple OECD tarafından bu testlere bir standart getirilmiştir[1]. A.B.D'de kullanılan standardı ise Nebraska Enstitüsü belirlemiş ve ASEA standardı olarak adlandırmıştır[2]. Türkiye'de önceleri bu testler ASEA standardına göre yapılırken, günümüzde OECD koduna göre yapılmaktadır[3]. Bu testler, üretici firmanın traktörlerinin her serisinden rasgele seçilmiş bir numune alınarak yapılmakta ve verilen sertifika sadece o seri için geçerli olmaktadır.

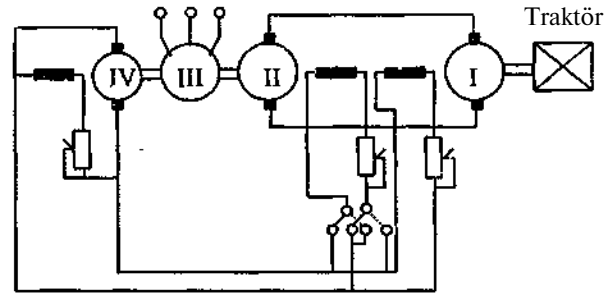
Bu standartlara uygun olarak test yapılmasında kullanılan ölçüm tekniklerinde fazlaca değişiklik olmamasına rağmen; kullanıcı kolaylığının sağlanması, ölçüm güvenilirliğinin artırılması, test sürelerinin azaltılması ve işgücü tasarrufu artırılması üzerinde önemli gelişmeler sağlanmıştır. Bu yüzden günümüzde kullanılan test cihazların bir çoğu bilgisayar destekli olarak imal edilmektedir. Böylece testin yapılması ve sonuçların alınması eş zamanlı olmakta sonuç olarak her iş tek bir cihaz kullanılarak gerçekleştirilmektedir. Ayrıca yeni nesil test cihazlarının ölçüm kapasiteleri ve güçleri artırılmaktadır.

Benzeri test cihazları üzerine bir çok ülkede çalışmalar mevcuttur. Bu sistemler genelde ticari amaçlarla üretilmekte ve gelişmekte olan veya az gelişmiş ülkelere yüksek ücretlerle satılmaktadır [4,5].

2. YÖNTEM

Kuyruk mili testlerinde motordan kuyruk mili yardımıyla güç alan bir fren düzeneği kullanılır. Su freni ve elektriksel fren olarak iki farklı fren düzeneği vardır. Bu çalışmada blok diyagramı Şekil 1'de verilen ve bir ward-leonard grubundan oluşan elektriksel fren kullanılmıştır[6].

Bu düzenekte I ve II, hem jeneratör hem de motor olarak çalışmaktadır. IV ise I ve II 'nin uyarım akımlarını sağlamaktadır. III numaralı 3 fazlı eleman ise başlangıçta ilk hareketin verilmesini, daha sonra ise sistemden enerji emilmesini sağlamaktadır. Bu enerji bir rezistansta ısıya dönüştürülmektedir.



Şekil 1. Ward-Leonard grubu fren düzeneği

Bu testlerde üç temel büyüklüğün ölçülmesi gerekmektedir. Bunlar sırasıyla yakıt sarfiyatı, devir ve torktur. Bu büyüklükler kullanılarak beş farklı performans eğrisi elde edilmektedir.

Bu eğriler şu şekilde sıralanabilir:

- 1) Kuyruk mili gücü (kW) - Motor devri (1/dak)
- 2) Motor torku (Nm) - Motor devri (1/dak)
- 3) Yakıt tüketimi (kg/h) - Motor devri (1/dak)
- 4) Özgül yakıt tüketimi(g/kwh) - Motor devri (1 /dak)
- 5) Özgül yakıt tüketimi (g/kwh) - Motor gücü (kW)

Bu büyüklüklerle ilgili formüller aşağıda verilmiştir.

Motorun kW olarak gücü:

$$P = \frac{f(T+T_i)}{974} \quad (1)$$

Motorun Nm olarak torku:

$$T_m = 9.81(T + J_m) \quad (2)$$

Yakıt sarfiyatının lcg olarak değeri:

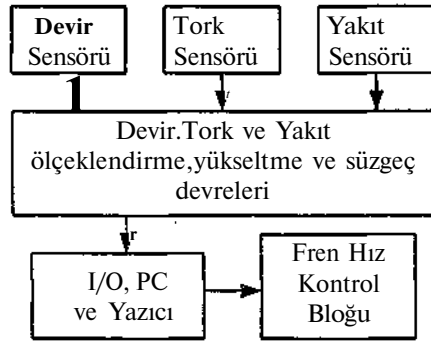
$$Y_{kg} = Y_{i,d} \quad (d = 0.8309 \text{ kg/l}) \quad (3)$$

Birim güçteki yakıt sarfiyatı:

$$Y_{nw} = \frac{-1000}{nw} \quad (4)$$

burada f_j ve f_m sırasıyla fren ve motor devirleridir.

2.1 Ölçme Düzenegi

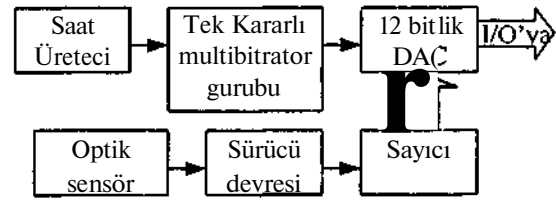


Şekil 2. Ölçme düzenegi

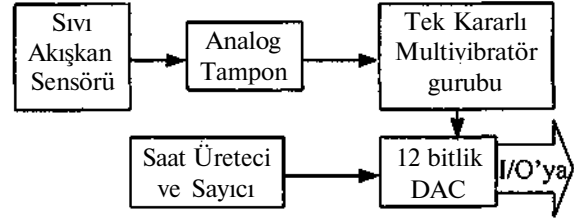
Ölçme düzeneginde üç farklı sensör bulunmaktadır. Bunlar; devir ölçmek için manyetik sensör (Hall-Effect), yakıt ölçümünde ölçü kabı metoduyla ölçüm gerçekleştiren bir sensör ve son olarak tork ölçümünde bir rezistif kuvvet sensörü kullanılmıştır[7].

Her sensörün çıkışı, ölçeklendirme devreleri sayesinde ölçüm aralıklarında 0-10V arasında bir çıkış gerilimi verecek duruma getirilmiştir. Devir ölçümünde kullanılan ölçeklendirme devresinin blok diyagramı Şekil 3'de gösterilmiştir. Bu devre ile bir tur süresi belirlenmekte ve bu süre ile ters orantılı olan devir elde edilebilmektedir. Yakıt tüketiminin ölçümünü için kullanılan devrenin blok diyagramı ise Şekil 4'de verilmiştir. Bu devre ise ölçü kabındaki miktarı belli yakıtın tüketiş süresini tespit etmektedir. Bu bilgiyi kullanarak yakıt tüketiminin değerine ulaşılmaktadır. Son olarak torkun ölçülmesi için gerçekleştirilen devrenin blok diyagramı Şekil 5'de verilmiştir. Sensörden alınan veri önce bir miktar filtre edilmekte sonra bir ön yükselteçten geçirilerek tekrar 2.dereceden Aktif bir alçak geçiren filtreden geçirilmektedir. Daha sonra nihai yükseltme ve sıfır ayarları yapıldıktan sonra I/O kartına ulaştırılmaktadır.

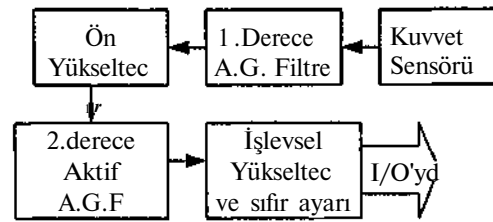
I/O kartı girişinde tüm analog girişler ve çıkışlar kesim frekansı 30 Hz olan 2. dereceden alçak geçiren Butterworth aktif filtresi tarafında parazitlerden temizlenmektedir.



Şekil 3. Devir ölçüm düzenegi



Şekil 4. Yakıt ölçüm düzenegi

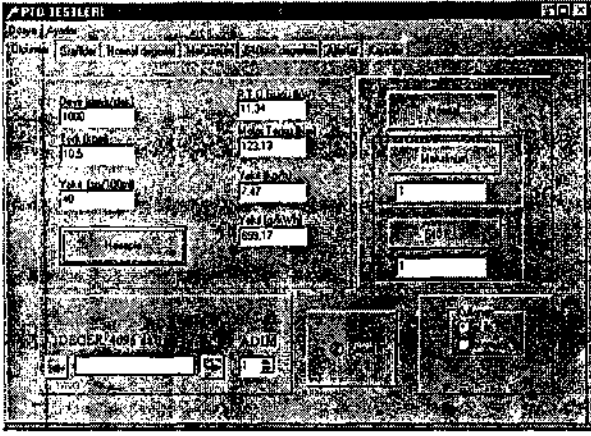


Şekil 5. Tork ölçüm düzenegi.

Kullanılan arabirim (I/O) kartının 16 analog girişi, 2 analog çıkışı vardır. Analog giriş ve çıkışları 12 bitlik çözünürlüğe sahiptir. I/O kartı Unipolar moda kullanılmıştır.

2.2 Yazılım

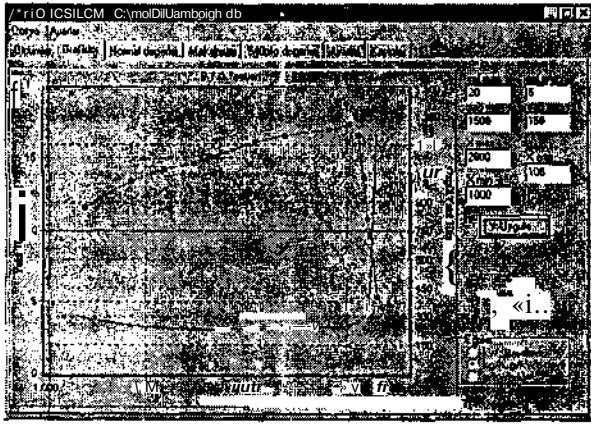
Bu çalışmada Delphi 3.0 dilinde yazılmış bir program kullanılmıştır. Giriş/Çıkış rutinleri assembler dilinde yazılmış ve koda eklenmiştir. Bu program sayesinde ölçüm değerleri eş zamanlı olarak alınmakta bu değerler kullanılarak eğrilerin çizilmesinde gerekli değerler formülleri de kullanılarak elde edilmektedir. Yazılmış olan bu program sayesinde bir arşiv oluşturulabilmektedir. Testi yapılan traktörün verileri bu sayede sürekli olarak korunmaktadır. Programda ölçülen değerlerin gösterilmesinde ve fren devrinin ayarlanmasında kullanılan ara yüz Şekil 6'de gösterilmiştir. Grafiklerin elde edildiği ara yüz ise Şekil 7'de gösterilmiştir. Bu ara yüzde çizilmesi istenen eğriler seçilebilmekte ve ölçeklendirme yapılabilmektedir. Ayrıca yazdır düğmesi sayesinde yazıcıya gönderebilmektedir. Test düzeneginden ölçülen büyüklükler ile bunlarla yapılan hesaplamalar neticesinde elde edilen sonuçlar da Şekil 8'deki ara yüz tarafından gösterilmektedir. Bu ara yüz sayesinde değerlerde değişiklik yapılabilir. Son olarak vites kayıplarının girilebildiği ara yüz ise Şekil 9'de gösterilmiştir. Bu ara yüzde iki farklı vitesine ait verilerin girilmesine müsaade edilmiştir.



Şekil 6. Ölçüm ve kontrol ara yüzü

DEVİR (min-1)	CA	CA
2100	1,45	37
2100	1,45	37
2400	1,45	37
2400	1,45	37
2400	1,45	37
2500	1,07	34
2500	1,07	34
2600	1,1	36
2600	1,1	36
2700	1,13	38
2700	1,13	38
2800	1,16	40
2800	1,16	40
2900	1,18	41
2900	1,18	41
3000	1,2	42
3000	1,2	42
3100	1,22	43
3100	1,22	43
3150	1,24	44
3150	1,24	44
SUN	1,2	44
3050	1,23	45
3100	1,25	46
3150	1,26	47
300	1,28	48

Şekil 9.Vites kayıpları ara yüzü



Şekil 7.Grafik çizim ara yüzü

3. SONUÇLAR

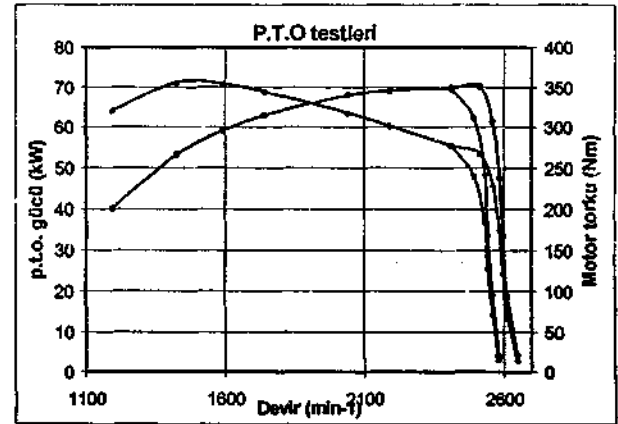
Burada gerçekleştirmiş olduğumuz bilgisayar destekli bir test düzeneği anlatılmıştır ve bu çalışma, Tarım Bakanlığı Tarım Alet ve Makinaları Test Merkezi Müdürlüğünde aktif olarak kullanılmakla birlikte traktör üreticisi firmalar tarafından da ürünlerinin kalite kontrolünde kullanılabilmektedir. Gerçekleştirilen ölçme düzeneği 0.1 sınıfı ölçü aletleriyle kalibre edilmiştir. Bu düzenekle test güvenilirliği artırılmış, test süresi ise kısaltılmıştır. Ayrıca ölçme alanlarında meydana getirdiğimiz artış, daha güçlü traktörlerin test edilme imkanı tanımıştır.

Gerçeklenen ölçüm düzeneği ile Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı, Tarım Alet ve Makinaları Test Merkezi'nde Lamborghini markalı bir traktörün performans test sonuçları Çizelge 1, Çizelge 2 ve Çizelge 3 de verilmiştir.

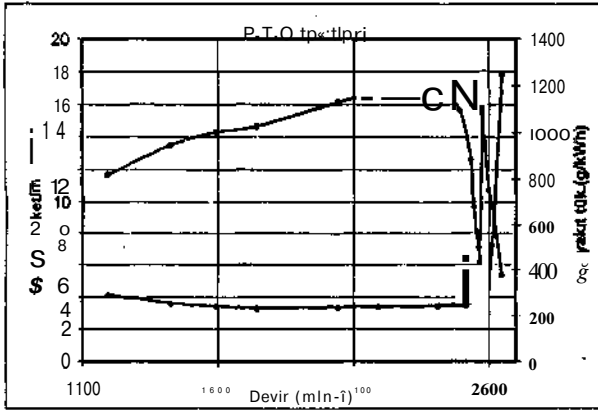
Çizelge 1. Kuyruk mili gücü(kW)-devir(l/dak) ve motor torku (Nm)-devir (1/dak) performans grafiği

W	Ula	141	401	32062	1138	29138	
1	297	141	401	32062	1138	29138	
2	312	162	5313	35624	1401	25332	
3	1533	327	172	5936	35413	1401	2411
4	2043	313	173	6238	34465	1436	23313
5	23	179	6796	31798	1617	23753	
6	219	20	6317	30135	1632	24026	
7	240	23	633	2773	1733	24442	
8	233	20	7024	26708	1733	24753	
9	200	6138	22333	1832	270741		
10	157	184	4742	17538	1836	28801	
11	102	18	157	12268	1076	32249	
12	51	117	189	6914	38	51236	
13	0	642	427	1533	5	12433	

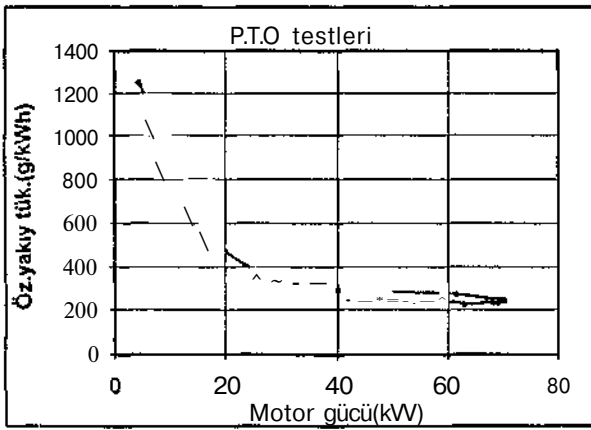
Şekil 8. Değerler ara yüzü



Çizelge 2. özgül yakıt tüketimi (g/kWh)-motor gücü(kW) performans grafiği



Çizelge 3. Yakıt tüketimi (kg/h)-devir/(dak) ve özgül yakıt tüketimi (gr/kWh)-devir(l/dak) performans grafiği



4. KAYNAKÇA

- [1] ANONYMOUS, Amending the Decision of the Council Establishing the OECD Standard Codes for official Testing of Agricultural Traktör, Paris, 1980.
- [2] McLaughlin, N.B. General purpose tractor instrumentation and logging system. Transaction of the ASAE v 36:265-273,1993.
- [3] Ögüt, H. Tarım Traktörleri. S.Ü. Ziraat Fak. Yayınları, Konya, 1995.
- [4] Zeller L.C, Developments in real time tractor performance monitoring. Agricultural Engineering, Australia v 25: 3-69,1996.
- [5] Nishizaki, K., Load Simulation test system for agricultural tractors.. ASTM Special Technical Publication 1231, USA:419-427, 1994.
- [6] Çarman K., Ögüt H. ve Aygül A. Yerli olarak imal edilen tarım traktörlerinin tork rezervlerinin belirlenmesi, 1992
- [7] Ristic L., Sensor Technology and Devices, Artech House, Nonwood, 1994

BİLGİSAYAR DESTEKLİ RÜZGAR HIZ VE YÖN GÖZLEM VE KAYIT SİSTEMİ

Cengiz GEÇİT
Gaziantep Meslek Yüksek Okulu,
Gaziantep Üniversitesi
27310 Gaziantep
E-mail: gecit@alpha.bim.gantep.edu.tr

Vedat M. KARSLI
Elektrik ve Elektronik Mühendisliği
Bölümü, Gaziantep Üniversitesi
27310 Gaziantep
E-mail: vkarqli@alpha.bim.gantep.edu.tr

Mehmet Tümay
Elektrik ve Elektronik Mühendisliği
Bölümü, Gaziantep Üniversitesi
27310 Gaziantep
E-mail: tumny@alpha.bim.gantep.edu.tr

ABSTRACT

Before an investment in wind turbines takes place a feasibility study should be carried out, which gives information to potential investors about costs and economical aspects of a planned wind energy project. The wind potential of a site actually-mainly determines whether a site is feasible or not.

To determine the wind potential of a site, first of all, wind speed information of the site is required. This work is related with the measurement of wind speed and wind data logging to determine the wind potential of a site. In the work, wind speed and direction data are converted to electrical signals by a designed-constructed anemometer and a wind direction pointer. These converted wind and direction data are sent to a PC by an interface circuit. A software is written in VB5 and the data gathered is stored and processed in a sensible form for further analysis.

The designed prototype system, with the added properties, will be very helpful in preparing detailed wind maps and to the wind industry of Turkey, which are still not mature in the country [1].

1. GİRİŞ

Dünya, zaman geçtikçe, yaşı kadar eski olan çok değerli yakıt kaynaklarını tüketmekte. Doğal yollarla bu kaynakları geri kazanmak ise imkansız görünüyor [2]. O zaman ne yapılması gerekir sorusu ise insanlığın bilhassa da enerji ile uğraşan bilim adamlarının sıkça sorduğu bir soru olarak karşımıza çıkıyor. Yenilenebilir enerji kaynaklarını çok daha aktif olarak kullanmak ise gelecek adına yapabileceğimiz bu konudaki en güzel, en doğru bir adım gibi görünüyor.

Rüzgar ucuz, temiz, çevre dostu, yenilenebilir enerji kaynaklarından birisidir. Aslında insanoğluna yüzyıllardır, - tarihi kayıtlara göre ise onuncu yüzyıldan beri [3], denizcilikte, yel değirmenlerini çalıştırarak tahılların öğütülmesinde, su pompalamakta kullanılan ve hatta bu yüzyılın başından beri küçük miktarlarda elektrik enerjisi üretiminde rüzgar hep faydalı olmuştur. Petrolün bulunuşu,

su buhan ve içten yanmalı motorların icadı ve enerji santrallerinin sonradan gelen büyük ölçekli gelişimi geçmişte bir dönem, güç kaynağı olarak rüzgarın kullanımında yavaşlamaya sebep oldu [4]. Ancak gelişen teknolojiyle rüzgar enerji sektörü de önemli gelişmeler kaydetmiştir. Böylece çok daha ekonomik bir hal alan rüzgar enerjisi diğer yenilenebilir enerji kaynakları ile birlikte zamanımızın ve geleceğimizin enerji sektöründeki ümit ışığı olarak görünüyor.

Rüzgar türbinlerine bir yatırım yapılmadan önce, potansiyel yatırımcılara, buralarda üretilecek elektriğin maliyeti ve ekonomik yönleri hakkında bilgi verecek çalışmalar yapılmalıdır [5]. Kararlan zamanında destekleyen, doğru ve kesin sonuçlara dayanan ölçümler oldukça değerlidir. Bu tür ölçümlere yapılmadan verilen kararlarda gereksiz harcamalar yapılabilmektedir.

Pek çok sanayi sektöründe olduğu gibi enerji sanayii ile ilgili sektörde de geri olduğumuz son derece aşıkardır. Bu sektördeki pek çok cihaz ise kolay yollardan yurt dışından getirilmektedir. Bu çalışmada ülkemizde üretimini rahatlıkla gerçekleştirebileceğimiz prototip bir bilgisayar destekli rüzgar hız ve yön gözlem ve kayıt sistemi tasarımı gerçekleştirilmiştir. Prototip olarak gerçekleştirilen sistem noktasal rüzgar haritası çıkarılmasında kullanılabileceği gibi birtakım ilave ve iyileştirmelerle ülke rüzgar harita ve potansiyelinin belirlenmesinde de kullanılabilecektir [1].

2. RÜZGAR HIZI ÖLÇÜMÜ

Rüzgarın yönü ve hızı, ya ölçüm cihazları vasıtasıyla doğru olarak ölçülebilir ve kaydedilebilir yada kesin gözlemlerin sonucu olan kestirimlerden elde edilebilir. Tabii ki; kullanılan yöntemler, gözlemler için kullanılan ekipmana ve gözlemlerin yapılma amacına bağlıdır.

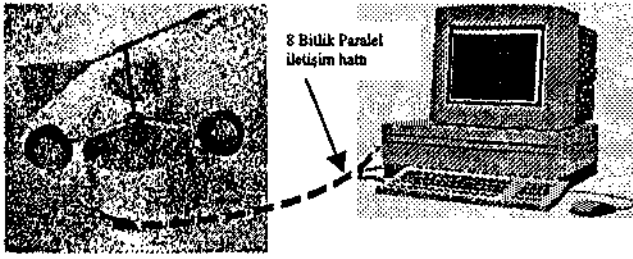
Rüzgar hızı genellikle anemometre adı verilen araçlarla ölçülür. Anemometrelerin iki yaygın tipi vardır: serbestçe hareket edebilen yan kürelerden oluşmuş olanlar ve hava basıncı ile çalışanlar. Bunların yanı sıra çok daha değişik 'hot wire', 'dopler' tipi gibi anemometreler de mevcut olup bu konudaki araştırmalar devam etmektedir.

Yaygın olarak kullanılan anemometreler genellikle dikey bir shaft üzerinde yatay şekilde duran üç veya daha fazla yuvarlak yan-kürelerden oluşurlar. Rüzgar hızı ne kadar yüksekse yan kürelerin bağlı olduğu merkezin de dönme hızı o kadar yüksek olacaktır. Bu dönme hareketi, eski tiplerde manyeto-jeneratör uygulamalarıyla veya uygun bağlantılı zincir sistemleriyle, uzaktaki ölçüm cihazlarına rüzgarın hızını göstermek üzere iletilir. Eu düzenek ile anlık hızlar ölçülebildiği gibi ortalama hızlar da ölçülüp kaydedilebilir [5,6]. Zamanımızda ise hız bilgisi yaygın olarak optik yada manyetik olarak algılanıp taşınmaktadır.

3. SİSTEM

öncelikle ifade etmemiz gerekir ki böyle bir çalışma yapmaya Türkiye'nin rüzgar hızı ve yönü ölçüm ve kayıt sistemlerine olan ihtiyacı göz önüne alınarak karar verilmiştir.

Sistemin ana prensibi sayısal hız ve yönü, doğrudan, tasarlanmış olan bir donanımdan almak, işlemek, depolamak ve bu bilgiyi bilgisayar monitöründe görüntülemektir. Bu yolla toplanan veri, istenilen bir dönemdeki rüzgar hızı ve yönü hakkında istatistiksel hesaplamaları yapmak için daha sonra da kullanılabilir. Tüm sistem, Şekil 1'de de görülebileceği gibi mekanik, elektronik devre ve yazılımdan oluşmuştur.

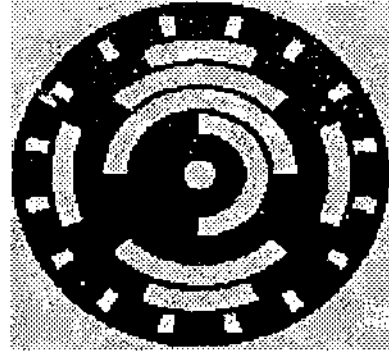


Şekil 1 Sistemin fiziksel şeması

Hız ölçüm birimi; uygun olarak tasarlanmış bir baskı devre ve artırımı (incremental) olarak kodlanmış bir diskten meydana gelmektedir. Kodlu disk Şekil 2'de görülmektedir -en dış bölüm. Kodlanmış disk rüzgârın hareketiyle yan küre (oval) taslar vasıtasıyla döndürülür. Bu dönme hareketinin baskı devre üzerindeki foto algılayıcıları uyarmasıyla, periyodu rüzgârın hızına göre değişen bir sinyal elde edilir. Yani, disk ne kadar yüksek hızda dönerse o kadar düşük periyodu bir sinyal elde edilir. Bu sinyal bir frekans-voltaj (F/V) dönüştürücüsünden geçirilerek hız ile değişen analog bir sinyale çevrilir. Elde edilen hız sinyali, 8 bitlik analog-sayısal çevirici (A/D) tarafından sayısal biçime dönüştürülür.

Yön bilgisi foto algılayıcılar yardımıyla mutlak (gray or absolute) kodlu bir diskten doğrudan algılanır. Yön bilgisi, 4 bitliktir ve tüm yön ölçeği (360°)/24=16 kısma bölünmüştür. Bundan dolayı yön çözünürlüğü 22.5° 'dir. Şekil 2'de görülebileceği gibi 5 bölümlü bir mutlak kodlu disk kullanılmıştır. 5. bölüm (en dış) hız ölçümü için

kullanılmakta olup tasannu basitleştirmek gayesiyle tüm kodlar aynı disk üzerine yerleştirilmiştir [7,8,9].



Şekil 2 Mutlak ve artırım kodlu disk

Hız ve yön bilgileri paralel arabirim vasıtasıyla PC'ye aktarılır. Alınan hız bilgisi henüz ham bir vaziyette olup gerçek değerlere uygun olabilmesi için kalibre edilmesi gerekir. Kalibrasyon işlemi izah edileceği gibi yazılımla gerçekleştirilmiştir.

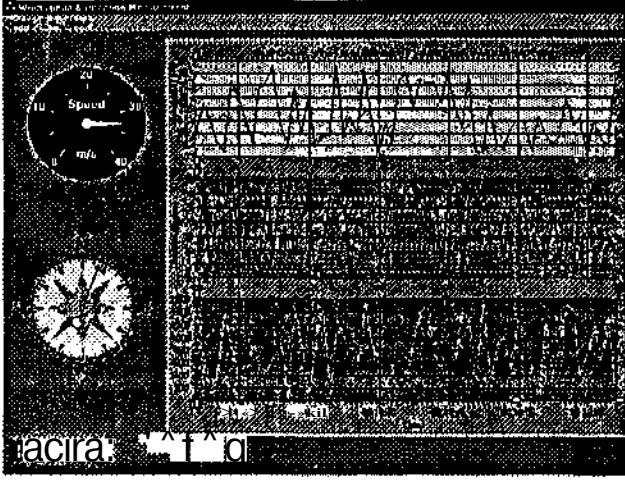
PC'ye aktarılan iki farklı veri kümesi (hız ve yön) olduğu için, doğru veri kümesi seçimi, PC'den gelen bir komut ile yapılır. Bu işlem PC'nin paralel veri çıkış uçlarından sadece birisinin yardımıyla gerçekleştirilir. Bu pin, birisi terslenmiş iki ayrı 3 durumlu tampona bağlanır. Tamponun birisi seçildiğinde diğeri pasif olacaktır. Böylece istenilen veri kümesinin transferi gerçekleştirilir.

Alınan veri PC'ye kaydedilir, işlenir ve aynı anda da etkin pencerede görüntülenir. Bu etkin pencere yardımıyla rüzgar hız ve yön bilgisi o bölge için sürekli izlenir ve VB5.0 ve bazı yardımcı araç kutuları kullanılarak yine o bölge için günlük, aylık ve yıllık rüzgar veri tablosu görüntülenebilir.

Bu sistemin yazılımı, Visual Basic 5.0'de gerçekleştirilmiştir. Yazılımda iki farklı komut vardır. Birincisi, gerçek zamanlı rüzgar veri sunumu için kullanılır. Şekil 3'de gösterildiği gibi ilk ekran hız göstermek için hızmetre, ve yön göstermek için pusulayı içerir. Bir çubuk grafik de gelen ve kaydedilen son 30 sn'lik (değiştirilebilir) verileri zamana bağlı olarak çizer. İkincisi, grafik olarak önceki rüzgar verisini göstermek için kullanılır. Kullanıcı istediği noktalarda daha ince ve kaba bir veri çözünürlüğü gözleme imkanına sahiptir. En ince çözünürlükte 15 dakikalık (tüm grafik boyutu) aralıklara kadar detaya inilebilir. Kullanıcı isterse bir üst çözünürlüğe ya da en üst çözünürlüğe kolaylıkla geçebilir.

Veri, her dakikada bir kaydedilir. Fakat gerçek-zamanlı rüzgar hız ve yön veri alımı çubuk grafiğin ilgili bölümlerinde 30ar saniyelik periyotlar çok daha sağlıklı gözlenebilir. Her bir dakikalık süre sonunda bu hareketler veri tabanına kaydedilirler. Daha sık aralıklı kayıtlar sistemdeki veri tabanını gereksiz yere şişirecektir. Bu nedenle pratik uygulamalarda genelde beş <lnk,ka aralı!'ı

hız veri kaydı yapılmaktadır. Bu kayıt aralık süresi isteğe göre değiştirilebilir (1 saat aralık gibi).



Şekil 3 Yazılım ana ekranı

4. SİSTEMİN KALİBRASYONU

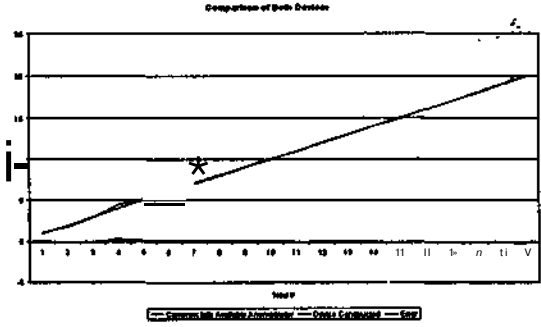
Sistemin kalibrasyonu piyasada ticari olarak bulunan analog ve sayısal anemometreler, Gaziantep Meteoroloji Müdürlüğü, ve Akmaks Soğutma'nın nezaketleri ile Gaziantep Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümünün sağladığı rüzgar tüneli kullanılarak gerçekleştirildi. Hazır olan anemometreler ve yapılan sistem, bütün cihazlarda aynı rüzgar etkisi oluşturmak için aynı açılarda sabit bir rüzgar kaynağının (vantilatör ve klima cihazı) önüne yerleştirildi. Anemometreler ve yapılan sistemden okunan değerler kaydedildi. Yapılan sistemden elde edilen değerlerin diğer anemometrelerden okunan değerlere bölünmesi ile bir bölen elde edildi. Bu bölen daha sonra program yardımıyla kullanılarak, yapılan sistemden okunan verilere uygulandı.

Bu bölen bulunduktan sonraki eşit rüzgar şiddetlerinde yapılan ve piyasada bulunan anemometreden alınan veri ilişkisi Şekil 4 deki grafikte gösterilmiştir. Ek olarak, kalibrasyondan sonra hata göstergesi, aynı grafik üzerinde verilmiştir. Şekilden de görülebileceği gibi yapılan cihazın yaklaşık olarak tüm hızlarda bir doğrusallık gösterdiği söylenebilir. 4 m/s etrafında, hızda doğrusallıktan ufak bir sapma görülmektedir. Bu da düşük hızlardaki yüksek , ve yüksek hızlardaki düşük sürtünme kuvvetinden dolayı olmakta ve bir noktadan sonra hız sabit kalmaktadır. Bundan dolayı, hata, yüksek hızlarda minimuma indirgenmektedir.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Aslında piyasada yabancı ülkelere ithal edilmiş ticari olarak birçok benzer sistemler vardır. Ama oldukça pahalıdır ve ülkemizin yabancı ülkelere bağımlılığını artırmakta ve döviz kayıplarına neden olmaktadır.

Sistemin, bazı mekanik sorunları bulunmaktadır. Bunlar temel olarak hassas olmayan rulmanların uyguladığı sürtünme kuvveti ve hız ve yön alemlama mekanizmasının a^r-



Şekil 4 Kalibrasyon sonuç grafikleri.

eksen üzerine yerleştirilmesinden ve bu millerinde hassas bir şekilde yapılamamış olmasından ileri gelmektedir. Sistem temel olarak el işçiliğine bağlı bir dizayn olmasından dolayı bu sorunlar yeteri kadar aşılamamıştır. Uygun malzeme ve mekanik işleme cihazlarıyla bu hatalar minimize edilebilir.

Radio frekansı veya telefon haberleşme ünitesi olarak geliştirilecek benzeri sistemlerden onlarca hatta yüzlerce merkezi bir bilgisayar ünitesine bağlanabilir. Bu şekilde, şu an bir kısmı projelerinin yurt dışı bir firmaya verildiğini duyduğumuz büyük çaplı 'Türkiye'nin rüzgar haritasını hazırlama projesini' aslında çok rahatlıkla gerçekleştirebileceğimiz kanaatindeyiz. Her halükarda bu konuda yapılacak yatırımlar rüzgar enerji sektörüne-sanayisine önemli teşvikler getirecek, yatırımcıların önünü açıp ülkemizin önümüzdeki yıllarda beklenen enerji darboğazının aşılmasına önemli katkılarda bulunacaktır.

6. KAYNAKÇA

- [1] Geçit, Cengiz Rüzgar Hız ve Yön Gözlem ve Kayıt Sistemi, Yüksek Lisans tezi, Çukurova Üniversitesi, Adana, 1998
- [2] British Wind Energy Association, BWEA, 1982. Wind Energy For the Eighties. pp. 1-45
- [3] Uyar, Tuncay Sıtkı "Enerji Üretiminde Yenilenebilir Enerji kaynaklarının Kullanımı", Elektrik Mühendisliği Dergisi, Cilt: 39, Sayı 403 Ocak 1988, sayfa 27-31.
- [4] Shepard M.L., Chaddock J.B., Cocks F.H., Harman G.M., 1976, Introduction to Energy Technology, pp. 197-206,
- [5] Noll Edward M., 1975. Wind / Solar Energy, pp. 11-12, 45-96
- [6] Emanuel Pericles, 1985. Motors, Generators, Transformers and Energy, pp. 452-477
- [7]. Karsh, Vedat M Digital Position Encoder, A MSc. Thesis, 1988, METU Electrical and Electronics Engineering Gaziantep Engineering Faculty, pp. 8-10
- [8] Malvino Albert P. and Donald P. Leach, 1969. Digital Principles and Applications, pp. 74-77, 309-312
- [9] Nagle Troy H. Jr, Carrol B. D. and Invin David J., 1975. An introduction to Computer Logic, pp. 44-45.

BİLGİSAYAR DESTEKLİ EKSENEL YORULMA DENEY SETİNDE DİNAMİK YÜK DEĞİŞİMLERİNİN BULUNMASI

Yalçın EZGİNCİ* ve Gürol ÖNAL**

* Elektrik - Elektronik Mühendisliği Bölümü

•• Makine Mühendisliği Bölümü

Selçuk Üniversitesi

42080 Konya

E-rnail: yezginci@selcuk.edu.tr

ABSTRACT

A fatigue test unit is developed for sinusoidal dynamic axial loading of fatigue test specimens. The dynamic strains occurring on the test specimens are sampled by a computer aided measurement scheme equipped by strain gauges. The measurement scheme is calibrated by using a calibrated tensile testing machine. Axial strain measurements are made for different dynamic loading conditions. Obtained dynamic strain measurements are presented in graphical form. The dynamical stresses obtained are found to be in sinusoidal form.

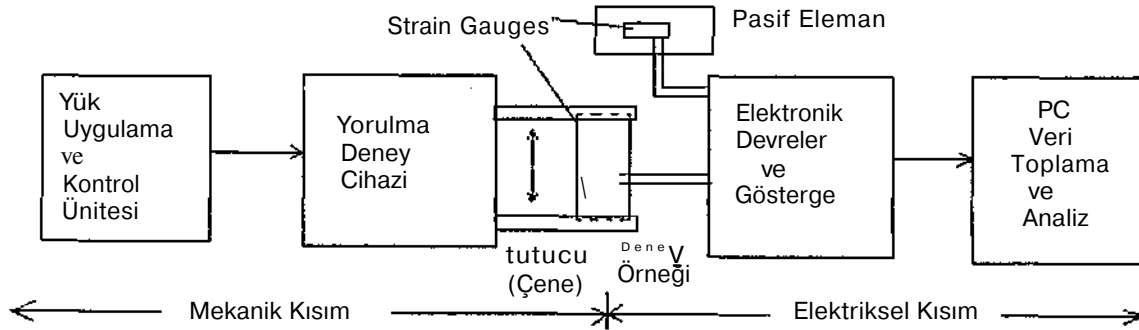
1. GİRİŞ

Makine yapımında önemli konulardan biri malzeme seçimidir. Malzemenin Özellikleri, makinenin gerektirdiği fiziksel, elektriksel ve mekaniksel çalışma şartlarını sağlamak zorundadır [1-3]. Kullanılacak malzemelerin mekanik özelliklerinin tespit edilmesi amacıyla sertlik, çekme, darbe ve yorulma deneyleri yapılır. Yük altında çalışan makine elemanları, malzemenin akma gerilmesinin altında çalıştırılmalıdır. Bu sayede gerilme kalkınca, malzeme elastikiyeti gereği tekrar eski konumunu alır. Ancak sürekli veya değişken yükler altında belli bir tekrarlama sonunda malzeme yüzeyinde bir çatlama ve bunu takip eden kopma olayı ile karşılaşılır.

Yorulma adı verilen bu olay, malzemenin sonu anlamına gelmektedir. Otomobil, uçak, tren, köprü, kompresör, pompa gibi her türlü hareketli yük taşıyan makine ve cihazların ömürlerini belirleyen etkenin %90 nispetinde malzeme yorulması olduğu tespit edilmiştir. Yorulma ile ilgili ilk sistematik çalışmalar A. Wöhler tarafından yapılmıştır. Deney sonuçlarından istifade edilerek yorulma olayında uygulanan maksimum gerilmeden ziyade gerilme aralığının önemli olduğu sonucuna varılmış ve gerilme aralığı limiti altındaki gerilme değerlerinde numunelerin kırılmadığı gösterilmiştir [1,2,4]. Malzemelerin tekrarlanan dinamik zorlanmalar karşısında göstereceği direnç hakkında kantitatif bilgiler edinebilmek için, Eksenel gerilme yorulma deneyi, Eğme gerilmeli yorulma deneyi, Burma gerilme yorulma deneyi, Bileşik gerilmeli yorulma deneyi gibi türleri geliştirilmiştir. Bu çalışmada, Eksenel gerilmeli yorulma deney düzeneği ile zamanla sinusoidal değişim gösteren gerilme, periyodik olarak malzemeye uygulanmaktadır.

2. EKSENEL GERİLMELİ YORULMA DENEY SETİ TASARIMI

Gerçekleştirilen deney setine ait blok şema Şekil 1'de verilmiştir.



Şekil 1 Bilgisayar Destekli Eksenel Gerilmeli Yorulma Cihazı Blok Şeması

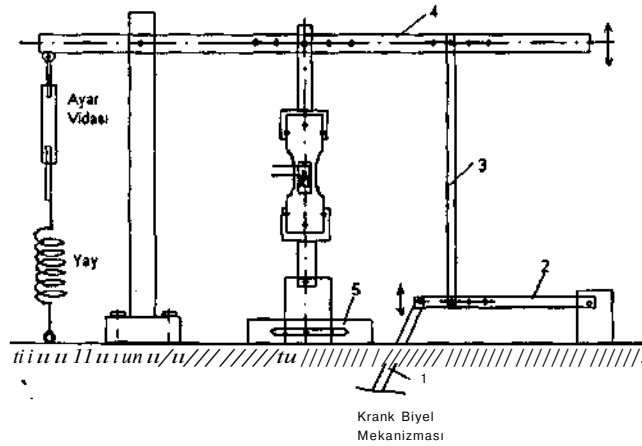
Deney düzeneği mekanik ve elektriksel olarak iki ana kısımdan oluşmaktadır. Blok şemada cırtada gösterilen deney örneğine uygulanacak çekme gerilme kuvveti, kontrollü olarak zaman içinde sıfır ile maksimum arasında değiştirilir. Uygulanacak kuvvet miktarı kullanılan malzemenin akma sınırı olan gerilmenin yarısı kadar olmalıdır. Örnek olarak kullanılan ve deneye tabi tutulan malzemenin boyu $L_0 = 75$ cm. ve 3×20 mm. keskindeki 5086 Al-Mg alaşımı için maksimum gerilme olarak $\sigma = 0,5 * (\sigma_{akma} = 98 \text{ MPa})$ alınmıştır. Ele alınacak örneğe göre kuvvet değişimi, Yük Uygulama ve Kontrol ünitesi ile sağlanır. Yük üzerine yapıştırılan gergi ölçer (strain gauge) ile uzama miktarı ölçülür. Uzama miktarı uygulanan kuvvet (gerilme) hakkında bilgi verir. Elektronik devre gergi ölçer üzerinden akım geçirdiğinden, uzama sonucu uçlarındaki voltaj değeri değişir. Sonuçta değişen voltaj değeri göstergede gerilme değeri olarak okunur. Ayrıca bu voltaj değişimi, genel amaçlı bir I/O kartı ile dijital forma sokulup PC bilgisayara aktarılır.

2.1 Yorulma Cihazı Mekanik Donanımı

Genellikle yüzeydeki bir pürüz, çentik, çizik, kılcal çatlak veya ani kesit daralmasının olduğu yerde ortaya çıkan çatlak ile başlayan malzeme kısa sürede kopma noktasına gelir. Çatlak oluşumu için şu ana faktörler gereklidir :

1. Yeterince yüksek bir çekme gerilmesi,
2. Uygulanan gerilmenin oldukça geniş değişimi veya dalgalanması,
3. Uygulanan gerilmenin yeteri kadar büyük tekrarlama sayısı.

Eksenel gerilmeli yorulma deney cihazı bu faktörleri yerine getirmek üzere şekil 2.2'de gösterildiği gibi tasarlanmıştır.



Şekil 2. Eksenel Gerilmeli Yorulma Cihazı Mekanik Donanımı

Döndürme hareketi, 2 kW ve 1400 dev/dk.'lık bir motordan kayış kasnak mekanizması ile alınarak iki kademeli olarak 500 veya 700 dev/dk. ya düşürülmektedir. Buradan hareket krank biyel mekanizması ile 1 nolu çubuğa aktarılmakta ve buradan da masa üzerine sabitlenmiş yatağa bağlı olan 2

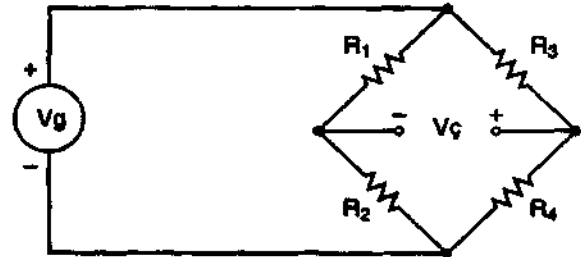
nolu çubuğa, hareket iletilmektedir. 2 nolu çubuk sadece yukarı ve aşağı hareket etmektedir. Bu çubuğa bağlı olan 3 nolu çubuk hareketi 4 nolu çubuğa iletmektedir. 4 nolu çubuğun bir ucunda titreşimleri alabilmek ve ayar vidası ile yükü ayarlayabilmek için dengeleyici kısım bulunmaktadır. Yine bu çubuk üzerinde bir civata ile bağlanmış deneye tabi tutulacak malzemenin bağlanacağı üst çene kısmı mevcuttur. Bu civata çubuk üzerindeki delikler üzerinde kaydırılarak, deneye tabi tutulacak malzemeye uygulanacak deplasman ayarlanabilmektedir. Bu kısım hareket eden kısımdır. Ayrıca masa üzerine özel bir kısımla (5 nolu) sağa, sola kaydırılabilen ve sabitlenebilen alt çene mevcuttur. Bu kısım kuvvet uygulanması esnasında sabit olarak kalmaktadır. Üst çene çubuktan aldığı hareketle yukarı aşağı hareket etmekte ve sabit deplasman bu şekilde deneye tabi tutulacak malzemeye uygulanmaktadır.

2.2 Kuvvet ölçümü -Gergi Ölçer (Strain-gauge)

Gergi ölçer dönüştürücüleri, kuvvet, ağırlık, basınç, akış ve moment ölçümlerinde kullanılırlar [5]. Gerilmeye tabi tutulacak malzeme üzerine, şekil değişikliği oluşacak eksen doğrultusunda yerleştirilerek özel bir yapıştırıcı ile yapıştırılır. Yüklemeden sonra malzeme ile birlikte gergi ölçerin boyu uzayacak ve elektriksel direnci artacaktır. Gergi ölçerin direnç-boyut değişimi için tanımlanan Duyarlılık (Gage Faktörü) ifadesi (1) eşitliği ile verilmiştir.

$$D = \frac{\Delta R/R}{\Delta L/L} \quad (1)$$

Gergi ölçerin duyarlılığının yüksek olması, yüksek direnç değişimine neden olduğundan çok küçük gerilmelerin dahi ölçülebilmesini sağlar. Bu çalışmada duyarlılığı 2.10 olan Yaprak tipi gergi ölçerler kullanılmıştır. Gergi ölçerler ile elektriksel devre, Şekil 3'de görüldüğü gibi Wheasthone Köprüsünün kollarına bağlanarak kurulur.



Şekil 3. Wheasthone Köprüsü ile Gergi ölçer Kullanımı

Köprü kollarından yalnızca birinde gergi ölçer varsa buna Çeyrek Köprü (Quarter Bridge), iki kolunda varsa Yarım Köprü (Half Bridge), kolların hepsinde varsa Tam Köprü (Full Bridge) yapıları oluşur. Wheatstone köprüsündeki kolları birden çok gergi ölçer kullanmak ölçü hassasiyetinin yanında sıcaklık kompanzasyonunda da oldukça faydalı etkilere sahiptir. Çıkış uçlarındaki voltaj (2) eşitliğinden hesaplanabilir.

$$U_{\zeta} = \frac{R_1 R_3 - R_2 R_4}{(R_1 + R_2)(R_3 + R_4)} U_g \quad (2)$$

Bu eşitlikte $R_1 R_3 - R_2 R_4$ değeri, Wheatstone köprü devresi dengelenerek sıfır yapılabilir. Bu ise çıkış geriliminin sıfır olmasını sağlar. Strain gage'in yapıştırıldığı malzeme yüklenmeden önce, bu işlemin yapılması gerekir. Bu durumda (3) eşitliği elde edilir.

$$\frac{R_1 - R_2}{R_1 + R_2} = \frac{R_3 - R_4}{R_3 + R_4} \quad (3)$$

Buna göre Wheatstone köprü devresinin dengesi için, iki komşu koldaki dirençlerin oranı, diğer iki koldaki dirençlerin oranına eşit olmalıdır. Direnç değerleri (3) eşitliğini sağlıyorsa, galvanometreden akım geçmez. Direnç değerleri birbirine olduğunda yine köprü devresinin dengesi sağlanır. İncelenecek malzeme üzerine dört adet aynı değerli gergi ölçer yapıştırılmış olsa, malzeme uygulanan çekme etkisiyle R_1, R_2, R_3 ve R_4 dirençlerindeki birim uzamanedeniyle, sırasıyla $\Delta R_1, \Delta R_2, \Delta R_3$ ve ΔR_4 miktarlarında direnç değişikliğine neden olur. Bu durumda köprü devresinin çıkışındaki gerilim (4) eşitliği ile belirlenir.

$$\Delta U_{\zeta} = \frac{1}{4U_g} \left(\frac{\Delta R_1}{R_1} - \frac{\Delta R_2}{R_2} + \frac{\Delta R_3}{R_3} - \frac{\Delta R_4}{R_4} \right) \frac{U_g}{1 + \frac{1}{2R} \sum_{i=1}^4 \Delta R_i} \quad (4)$$

Burada gergi ölçerler $R = 120\Omega$ olduklarından, ΔR_j dirençleri birkaç mQ değerine düşer. ΔR_j dirençleri, R dirençlerine göre çok küçük olduğundan ihmal edilirse, (5) eşitliği elde edilir.

$$\Delta U_{\zeta} = \frac{1}{4} \left(\frac{\Delta R_1}{R} - \frac{\Delta R_2}{R} + \frac{\Delta R_3}{R} - \frac{\Delta R_4}{R} \right) U_g \quad (5)$$

$\frac{\Delta R_i}{R}$ yerine ϵ_i ($i = 1, 2, 3$ ve 4) yazılacak olursa,

$$\Delta U_{\zeta} = \frac{D}{4} (\epsilon_1 - \epsilon_2 + \epsilon_3 - \epsilon_4) U_g \quad (6)$$

genel eşitliği elde edilir. (6) eşitliği dikkat edilirse, köprü devresindeki bir dengesizlik, iki komşu koldaki direnç değişikliğinin cebirsel toplamıyla orantılı olarak artar. Köprü devresindeki strain gage'lerden yapı elemanının deformasyonuna iştirak edenlerine "Aktif Strain Gauge", iştirak etmeyenlerine ise "Pasif (Dummy) Strain Gauge" denir. Strain gauge çekme durumunda ise çıkış pozitif (+), basma durumunda ise negatif (-) olacaktır. Bu devrede 2 adet strain gauge kullanılır. Cihazın bağlantısı, Şekil 1'de gösterildiği gibi ayrı ayrı yapılır. R direncinin yerini alan

strain gauge, üzerine yük uygulanmayan bir yapı elemanına (Dummy strain gauge) yapıştırılır. Çeyrek ve yarı köprü durumunda köprünün diğer yarısı, cihaz içindeki yüksek hassasiyetli dirençlerle tamamlanır. Köprü üzerinden sabit bir akım geçirilir. Herhangi bir gerilme yokken köprü dengede olur. Bu durumda ölçülen voltaj sıfır olmaktadır. Ancak bir gerilme söz konusu olduğunda denge bozulur. Bu anda referans nokta ile gergi ölçer arasında gerilme ile orantılı bir gerilim farkı elde edilir. Bu gerilim, AC veya DC yöntemlerle işlenerek gerilme miktarı ölçülür.

2.3 Gergi Ölçer Uygulaması

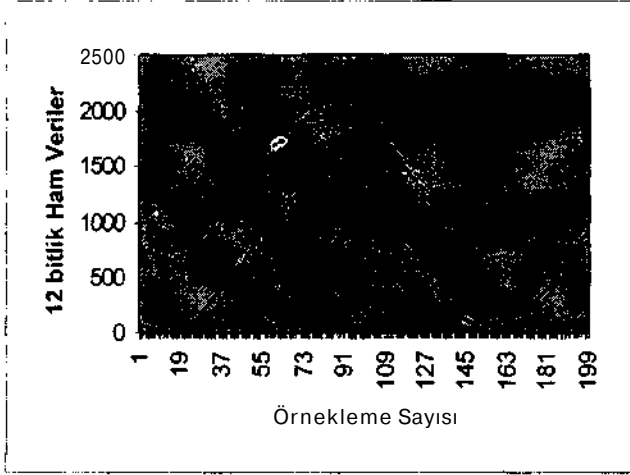
Malzeme yorulması ölçümü için gergi ölçer kullanılmıştır. Basma ve çekme esnasında oluşan genleşme malzeme üzerine yapıştırılmış yarı Wheatstone köprüsü ile ölçülmüştür. Ölçüm sonuçları geliştirilmiş bulunan bilgisayarlı veri toplama sistemi yardımıyla sayısal olarak bilgisayara aktarılmıştır. Veri toplama sistemi ile 6000 örnek alınmış ve kaydedilmiştir. 12 bitlik hassasiyetle yapılan kayıt için her bir veri, bilgisayar belleğinde 2 byte'lık yer kaplamaktadır. Tablo 1'de kayıt yapılan veriler tüm kaydın küçük bir parçasını oluşturmaktadır. A değişkeni ile en anlamlı 4 bit, B ile en az anlamlı 8 bit gösterilmektedir. C ise ölçümü yapılan sayıya karşılık gelmektedir ki bu sayı ekrana çıkarılırken hesaplanmaktadır. D değeri ise ölçülen değerlerin voltaj olarak karşılığıdır. Ölçme işlemi referans bir offset işleminden sonra başlatıldığından elektriksel ölçmede sürekli bir voltaj değeri (de seviye) ile karşılaşılmıştır. Çekme yüklemesi 0-98 MPa. aralığında yapıldığından, bu hata değeri olan de seviye yok edilerek normalize edilmiş değer (E) bulunur. Bunun için 0 (sıfır) konumunda ölçülen değer, bütün verilerden çıkarılır.

Normalize edilmiş (E) değeri kullanılarak, malzemenin zaman içinde maruz kaldığı çekme bilgisini ifade eden iki çözüm üretebiliriz. Bunlardan birincisi 0-1420 $\pm e$ arasındaki şekil değişimidir ki Tablo 1'de F ile sembolize edildi. İkincisi gerilmenin 0-98 MPa. arasındaki değişimidir, bu ise G ile gösterilmiştir. Örnek veriler ve bunlar için yapılan hesaplamalar Tablo 1'de görülmektedir.

Tablo 1. Bilgisayara Aktarılan ve Hesaplanan Veriler

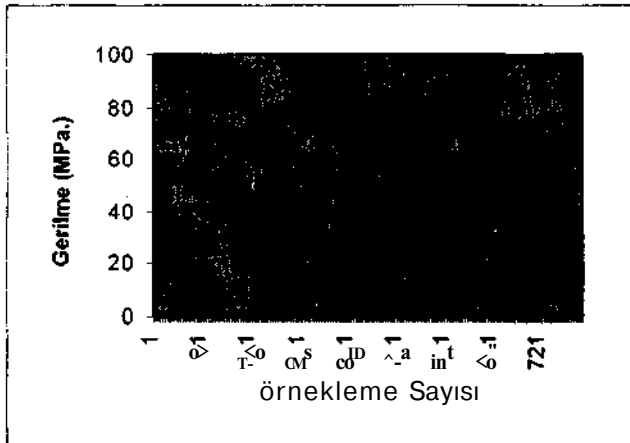
Sıra	A	B	C	D	E	F($\mu\epsilon$)	G Gerilme
1	3	13	781	1,856	0,222	91,79	7,00
2	3	18	786	1,825	0,191	78,73	6,08
3	2	244	756	1,788	0,154	63,65	5,02
4	2	234	746	1,764	0,130	53,60	4,31
5	2	228	740	1,744	0,110	45,56	3,75
85	7	239	2031	4,943	3,309	1363	96,51
86	7	191	1983	4,955	3,321	1368	96,87
87	8	2	2050	4,982	3,348	1379	97,64
88	7	239	2031	4,984	3,350	1380	97,71
89	7	246	2038	4,982	3,348	1379	97,64

Birinci işlemi 200 veri için, ikinci işlemin ise 800 veri için zaman domeninde karşılık gelen değişim grafiği Şekil 4 ve Şekil 5'de gösterilmiştir. Grafikteki yüksek genlikli dalgalanma (üstteki), elektronik dönüştürücülerden bilgisayara aktarılan ilk bilgilerdir. Ancak sistemde sadece çekme yükü uygulandıktan bu bilgilerin gerçeğe uygun hale getirilmesi için de. seviye yok edilir. Ayrıca işaretteki küçük gürültü bileşenleri averajla azaltılır. Böylece Şekil 2.4'deki düşük genlikli ikinci (alttaki) dalgalanma elde edilir.



Şekil 4. Bilgisayara Aktarılan ve İşlenen Veri

Bu ikinci dalga, strain-gauge üzerindeki şekil değişimini gösterir. Yani, şekil değişiminin zamana bağlı olarak dalgalanması elde edilmiş olur. Bu değişim bir periyod başına 150 örnekleme ile başarılıdır. Şekil 4'de normalleştirilmiş bilgi gerilme için yeniden ölçeklenirse Şekil 5 elde edilir. Yorma işlemi süresince aralıklı olarak ölçme ve kayıt yapılmalıdır. Kopma olayı 10000-100000 çekmede gerçekleştiğine göre aralıklı kayıt yapmak bir zorunluluktur.



Şekil 5. Malzemeye Uygulanan ve Bilgisayara Kaydedilen Gerilme örnekleme Grafiği

Bundan sonra yorma işlemlerine malzeme kopana kadar devam edilir. Yeni ve değişik özelliklere sahip malzemelerde benzer sonuçlar alınması beklenmektedir.

3. SONUÇLAR

Tasarlanan aksenal gerilmeli yorulma deney cihazının dinamik yük altındaki yük değişiminin tesbit edilmesi amacı ile yapılan bu çalışma sonucunda, elde edilen ölçüm değerlerinin oldukça düzgün olduğu görüldü. Bu ölçüm değerleri kullanılarak Şekil değişimi ve Gerilmenin zamana bağlı fonksiyonları elde edildi. Ayrıca bu ölçüm değerleri sayesinde çalışmanın her anında yük değişiminin olup olmadığı kontrol altında tutulabildi. Bu aksenal yorulma deneyi için önemli bir faktördür.

Strain gagelerden ölçülen uzama değerleri wheatsone köprü devresinden alınarak Analog-Dijital dönüşümü yapabilen elektronik bir I/O kartıyla PC bilgisayara aktarıldı ve gerilme değişimleri haline getirilip grafikleri çizildi. Makalede verildiği üzere sinüsoidal bir eğri elde edildi. Bunun yanında deney cihazının kalibrasyonu için yapılan statik yükleme ile dinamik yükleme arasında % 20 civarında bir değişim olduğu tesbit edildi.

4. KAYNAKÇA

- [1] Frost, N.E., Marsh, K.J., Pook, L.P., Metal Fatigue, Oxford, pp 1-39, pp 54-65, 1974
- [2] Funchs, H.O., Stephens, K.I., Metal Fatigue in Engineering, J.Willey Sons Inc, Newyork, pp 1-35, 1980
- [3] Kayalı, E.S., Ensari, C, Dikeç, F., Metalik Malzemelerin Mekanik Deneyleri, İTÜ Matbaası, İstanbul, pp143-169, 1983
- [4] Moore, H.F., Kommers, J.B., The Fatigue of Metals, McGraw Hill, Newyork, pp 5-12, 1972
- [5] Pastacı, H., Elektrik ve Elektronik Ölçmeleri, Yıldız Üniversitesi, pp 134-136, 1988,

BİLGİSAYARIN OSİLOSKOP OLARAK KULLANILMASI

Yaşar BİRBİR
E-mail: birbir@marun.edu.tr

Koray TUNÇALP
E-mail: koray@marun.edu.tr

İsmail TEMİZ
E-mail: temiz@marun.edu.tr

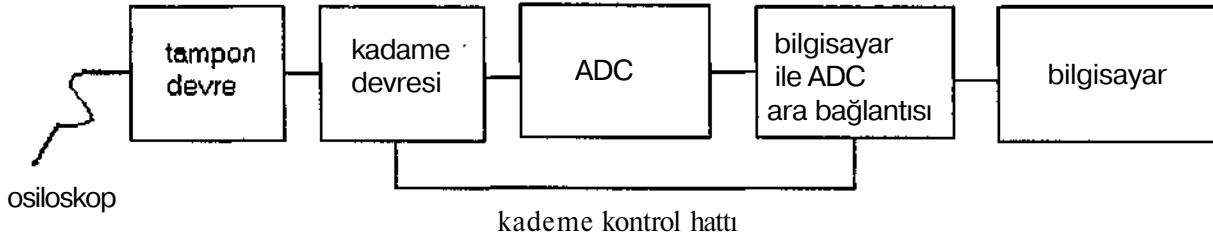
Marmara Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Elektrik Bölümü 81040. İstanbul

ABSTRACT

Computers might be used as oscilloscopes. We need a hardware for this purpose. At the same time it is necessary to have a software, This has been called oscilloscope card and it has been sold by companies which sell industrial computer ports. In this article examined oscilloscope card has a basic structure and it has been called data cards. They have many complex circuits with high speed and high sensitivity and also in order to keep small space for data they have been compressed directly in to the card. On the evaluated card, measured value it has been given to the computer after step processing digitalised by the ADC. These digitalised data have been shown on the computer screen through the software. In case of necessary, these data could be stored. Also, could be printed out as a document or could be used as a graphical data. In fact, there is a difference between computer display and oscilloscope vision. Oscilloscope vision is a continuous function form, but computer display has many approximation errors. Computers have much ability data processing, same cases oscilloscope card on the computer has many advantages.

2- K KATSAYISI VE ÖRNEKLEME ZAMANI

$UQ=K.U$ burada UQ yapacağımız ölçüm değeri U ölçülen gerçek değeri K ise kademe katsayısını göstermektedir. Bu K değeri programlama aşamasında önem taşımaktadır. Bu yüzden bu değer iyi hesaplanıp net bir şekilde belirlenmesi gerekir. Bilgisayar analog olarak değil dijital olarak çalıştığı için burada bir ADC (analog dijital çevirici) kullanılmalıdır [1]. Bu ADC'nin çıkışında elde edilen bilgi ancak bilgisayar tarafından kullanılabilir. Bu bilgiye bilgisayarın ulaşabilmesi için bir ararım kurulmalıdır. Böylece bir ölçme işlemini bilgisayar tarafından gerçekleştirmiş oluruz. Eğer bu ölçme işlemini osiloskop gibi yapmak istiyorsak ölçmeyi zamana yaymalıyız. Yani ölçümü sürekli yapmalıyız. Analog sistemler sürekli bir fonksiyon şeklinde olmalarına rağmen dijital sistemler sürekli fonksiyonlar değildir. Osiloskobun en büyük özelliği ölçümün sürekli olmasıdır. Bilgisayarda ise süreklilik yoktur. Bu sorunu örnekleme tanımı ile gidermekteyiz. Bunu şöyle açıklayabiliriz Bir periyotluk eğriyi çizebilmek için yeterli kadar aralıklarla değerler alınarak eğriyi gözlemleyebiliriz. Ancak unutulmaması gerekli olan. örnekleme ile edilen eğri gerçek eğrinin aynısı olamaz. Orijinaline en yakın eğriyi elde edebilmek için mümkün olduğu kadar çok örnekleme



Şekil 1 Osiloskop sisteminin genel diyagramı

1-GİRİŞ

Bilgisayarın osiloskop olarak kullanılabilmesi için bir büyüklüğün ölçümü yapılmalı ve yapılan bu ölçümün bilgisayara aktarılması gerekir. Her ölçüm gibi bu ölçümde de ölçtüğümüz şeyin az etkileneceği ön tampon devresi olmalıdır. Bu tampon devresi bilgisayarda veya normal bir osiloskopta aynı şekilde bulunmaktadır. Tamamı ile ölçme tekniklerine ait bir konudur. Bu ölçüm diğer ölçümler gibi kademeli olacağı için bu kademeleri ayarlayan bir devre kullanılmalıdır. Bilgisayar tarafından ölçüm yapılacağına göre kademenin bilgisayar tarafından belirlenmesi gerekir. Kademe devresinden çıkan sonucu şu şekilde ifade edebiliriz.

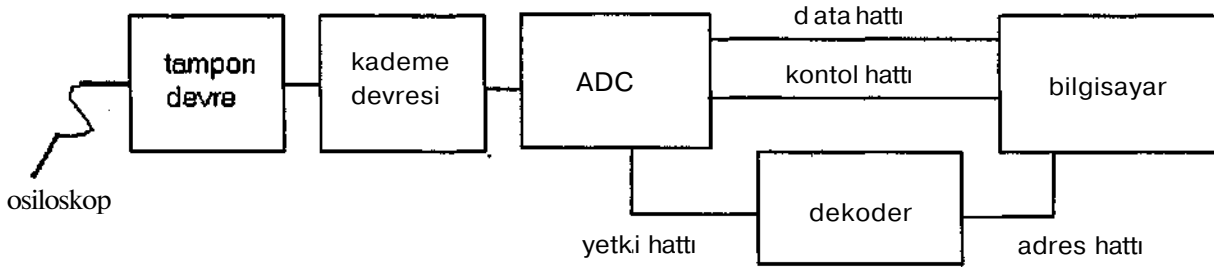
yapılmalıdır, örnekleme sayısını kartın yapımında değil kullanım sırasında belirleyebiliriz. örnekleme sayısı yerine örnekleme zamanı kullanılması daha uygun olacaktır. Çünkü örnekleme sayısı bizim istediğimiz hassasiyete ve frekansa göre değişmektedir, örnekleme zamanı ise sabit olacaktır. Örnekleme zamanını belirleyecek olan etkenler bilgisayarın hızı, bilgisayarla ADC arasındaki ara devrenin hızı ve ADC'nin hızıdır. Günümüzde bunların en yavaşı ADC dir. Bu yüzden bizim için gerekli olan hız ADC'nin hızıdır. ADC ne kadar hızlı olursa örnekleme zamanımızda o kadar kısa olacaktır. Eğer yüksek frekanslar ölçmek gerekirse örnekleme zamanında o oranda kısa olmalıdır.

3-UYGULAMA

Şimdiye kadar anlatılanlar teorik olup bu anlatılanları şekil-1'deki blok diyagram ile açıklayabiliriz. Günümüzde mevcut malzemelere göre bu şemada biraz değişiklik yapmak gerekecektir.

İlk olarak yapılacak değişikliği ADC ile bilgisayar arasındaki ara devrede gerçekleştirmeliyiz. Çünkü günümüzde üretilen ADC'ler mikroişlemci uyumlu yapıldığı için bu devrenin bir kısmını içinde bulundurmaktadırlar [4,5]. Her ADC uygulama devresinde dekoderin yapısı değişeceğinden ADC'nin içerisinde dekoder devresi konulmamaktadır [3].

çözmek mümkün olmaktadır. ADC ye verilecek gerilim değerini -2.5 V ile +2.5 V yerine 0 V ile 5 V arasında değişen sinyal haline getirmek zorunluluğu bulunmaktadır. Bu amaçla yapılan kademe seçici devre ile +2.5 V giriş sinyaline eklenmektedir. Böylece ADC ile çift yönlü ölçmek mümkün olmaktadır. Bunu bir örnekle açıklamak istersek, 10 V kademesi seçildiğinde »osiloskop ekranında her aralık 10V olacaktır anlamına gelir. Ekranda, da, 10 aralık olduğunu varsayalım. Bu aralık sayısı programcının seçimine bağlı olup istenildiğinde normal osiloskop ekranına benzer bir görüntü oluşturulabilir veya değişik bir görüntü tarzı belirlenebilir. Bu aralıklardan 5 tanesi pozitif değerleri diğer 5 tanesi negatif değerleri göstereceğine göre bu ekranda -50 V ile +50 V arası ölçülebilmektedir. +50 V maksimum değer



Şekil 2 Usiloskop sistemi uygulamasına ait blok diyagram

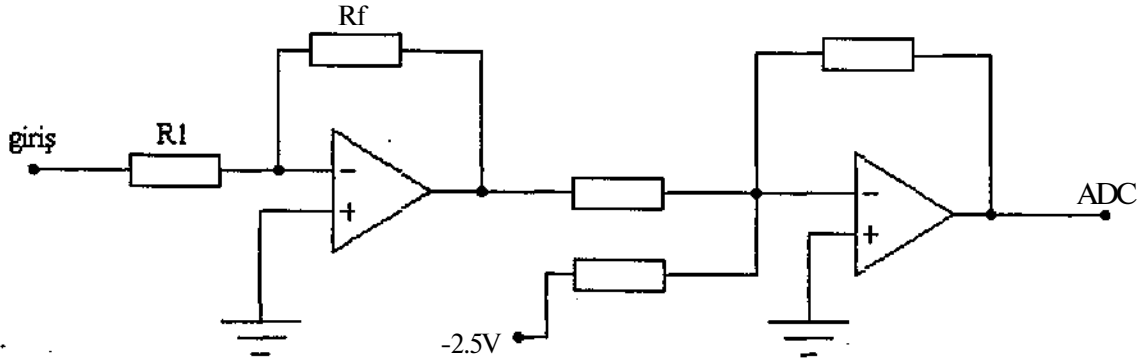
İkinci olarak kademe devresi yerine her kademe için ayrı bir ADC ve K değerini sağlayacak devre kullanılabilir. Bu ilk bakışta maliyeti yüksek ve devrenin büyüklüğünü artıracak bir işlemmiş gibi gözükmektedir. Piyasada bulunan malzemeler içerisinde tek bir entegre devrede çok sayıda ADC'ler bulunmaktadır. Böylece hacim ve maliyet azaltılmaktadır. Bu işlem donanımın yeteneğini de artırmış olmaktadır. Aynı anda sinyali iki farklı yerden

olduğuna göre bunu entegredeki maksimum değerimiz +2.5V a ayarlanması gerekmektedir. $U_0 = K \cdot U$ formülünden yararlanarak K değerimizi bulabiliriz.

$$2,5 = K \cdot 50$$

$$K = 0,05$$

örneğin osiloskobun girişinde 45 V olduğunu düşünelim bu kademe devresi tarafından $45 \cdot 0,05 = 2,25V$ a dönüştürülür ve buna 2,5V eklenerek 4.75V elde edilir bu analog gerilim



Şekil-3 K katsayısını belirleyen

okuyarak hata analizleri yapılabilmektedir. Bu elemanlardan birisi ADC 0808 dir. İçerisinde 8 adet ADC bulunmaktadır. Bu entegre bize 8 kademe yapma imkanı vermektedir. ADC 0808 0-5 V arasını ölçüm yapabilmektedir. Bu yüzden kademe devresini buna göre ayarlamamız gerekmektedir. Bilgisayarda da osiloskop gibi negatif değerleri de ölçmemiz gerekmektedir. Bunun için negatif değerlerinde ölçen bir ADC kullanılabilir. Fakat hem negatif değerleri ölçen ve hem de tek bir entegre içinde fazla sayıda ADC olan entegre bulunması biraz sorun olmaktadır. Bunun yerine her bir kademe için ayrı bir ADC kullanmak gerekecektir bu sorunu şu şekilde

bilgisi ADC de 11110010 sayısal bilgiye dönüştürülür. Bunun desimal değeri 214 tür. Bunu şu şekilde hesaplayabiliriz 5 V 255 değerine karşı gelmektedir. 5V 255 olduğuna göre 4.75V da 242,25V olacaktır. Ancak okunan değer tam sayı olacağından 242 V görülecektir. Programcı bu değeri kullanarak şu şekilde gerçek gerilim değerini bulacaktır. Bu değerden 128 değerini çıkartacaktır. Bunun nedeni ilave edilen 2.5 V gerilimdir 255 birim değer 5V olduğuna göre 1 birim değer karşılığı 0,0196V olacaktır. Buradan $(242-128) \cdot 0,0196V = 2,2344V$ olur. Bunu $U_0 = K \cdot U$ formülünde yerine koyarsak U hesaplayabiliriz. $2,2344 = 0,05 \cdot U$ dan $U = 44,688V$ olduğu görülecektir. Bu

sonuçtan görüleceği üzere ADC yuvarlamalarından kaynaklanan hata oluşmaktadır. Binary sistemlerde gerçel sayılar tam değerinde ifade edilemediği için bazı yöntemler kullanılmaktadır. Bu yöntemlerde de yuvarlama yapılmaktadır. Örneğin hesap makinesin de 3 ü 7 ye bölüp tekrar 3 ile çarpıldığında sonuç 2,99999999 şeklinde görülür bunun nedeni teorik olarak yuvarlama hatası (rounder error) olarak açıklanmaktadır. Programcı ölçme işleminin sonucunu bizim hesapladığımız yöntemle hesaplatmayacaktır. Programcıya gerilimin değeri yerine çizdireceği çizginin ekrandaki koordinatları gerekli olduğundan biraz farklı bir hesaplama yapılsa bile mantık aynı olacaktır.

Kısaca söylemek gerekirse, maliyet, yetenek ve uygulanabilirlik açısından şekil-1'deki blok diyagram yerine şekil-2'deki blok diyagram daha uygun olmaktadır.

Burada her ADC girişinin farklı bir adresi bulunmaktadır. Programcı hangi kademeye ulaşmak istiyorsa o ADC'nin adresini kullanmalıdır. Kademe seçimi programcı için bu şekilde kolaylaşmaktadır. Eğer şekil-1'deki sistem kullanılmış olsaydı kademe devresine kumanda eden bir devre ve bu devrenin adresi olması gerekirdi. Programcının bu adrese vereceği değere göre kademelerden biri devreye girer. Bu sistem hem çok karmaşık olmakta hem de veri üzerinde hataya sebebiyet verebilmektedir. Kullanılacak kademeler önceden belirlenir, buna göre hesaplanan K değerleri bulunur. Bu işlemi yapan devre şekil-3'te verilmektedir. Bu şekilde R₁ ve R_f dirençleri kullanılarak OP-AMP'lann kazancı belirlenmektedir. K değerine göre bu dirençler belirlenmelidir. R₁ ve R_f dirençlerini K=R₁/R_f olacak şekilde istediğimiz gibi seçebiliriz. Fakat R₁ in yüksek seçilmesiyle giriş empedansının yüksek olması sağlanarak ölçme sisteminin çekilen akımdan etkilenmesi önlenir. Bu devrede 2,5V eklemeye devresi de dahildir.

Her bir değer ne kadar zamanda okunacağı programcı tarafından belirlenmelidir. Her değer okuma işleminden önce ADC'ye başla komutu vermelidir. Bu işlem için dekoder de belirlenecek bir adrese bilgi yazılacaktır. Bu ADC adreslerinden herhangi biri olabilir. Burada yazılacak bilginin önemi yoktur. Herhangi bir değer seçilebilir çünkü sonuçta o değer kullanılmayacaktır. Bu değer yazma işleminin den sonra ADC'nin çevrimi tamamlaması beklenmelidir. (ADC çevrimi: bir ADC'nin analog bir bilgiyi dijital çevirme sürecidir. Bu iş için ADC ye bağlanmış bir clock sinyalini kullanır.) Bu süre belirli bir döngü kullanılarak veya sabit bir süre bekleyerek sağlanabilir. Bu sürenin yeterli olduğundan emin olmak ve sürenin en verimli şekilde kullanılması istenirse. ADC şu özelliğinden yararlanabiliriz. Bu özellik ADC her çevrim tamamlanışında EOC (END OF CONVERSION) isimli çıkışı bir yapar bu çıkış ancak yeni bir start ile sıfır olma özelliğidir. Bu değer bir adrese bağlanarak okutulursa bu değer bir olması programcı tarafından bekletilebilir. Daha kesin ve verimli bir yöntem ise bu sinyal interrupt sistemine bağlanarak sinyal geldiğinde interrupt programı çalıştırılır. Böylece

programcının beklemek için döngüler kurmasına ve bu sırada makinenin meşgul edilmesine gerek kalmaz [2,5].

4- PROGRAM

Bunun basit bir programı BASIC ile şu şekilde yapılabilir. Örnek olarak dekoder adresleri şöyle olsun, (adresler onaltılık sistemde verilmiştir)

0300H -0307 ADC1-ADC8.
0308H çevrim başlama adresi.
0309H. adresinin birinci biti EOC sinyali [6].

kullanacağımız kademe ise 10V kademesi olsun buda 3. ADC olsun. Ekranımız ise düşey olarak bölmeden oluşsun. Bunun görüntüsünü oluşturan program aşağıda görülmektedir

```
10CLS
20SCREEN11
30 GOSUB 1000
40 X=1 : LINE (0,350-A)-(0,350-A),3
50 OUT (776,0)
60 İN (A.777)
70 IF (A AND 1)=0 THEN GOTO 50
80 İN (A.772)
90LINE-(X,350-A),3
100 K$=INKEY$
110 IF K$="Q" OR K$="q" THEN END
120 IF K$="A" OR K$="a" THEN B=B+10
130 IF K$="S" OR K$="s" THEN B=B-10 : IF B=0 THEN
B=10
140 FOR I=0 TO B : NEXT B
150 X=X+1 : IF X=640 THEN GOTO 30
160 GOTO 50
1000 CLS
1010 LINE (0,350)-(640,350),8
1020 LINE (0,324)-(640,324),8
1030 LINE (0,299)-(640,299),8
1040 LINE (0,273)-(640,273),8
1050 LINE (0,248)-(640,248),8
1060 LINE (0,222)-(640,222),8
1070 LINE (0,197)-(640,197),8
1080 LINE (0,171)-(640,171),8
1090 LINE (0,146)-(640,146),8
1100 LINE (0,120)-(640,120),8
1110LINE(0,95)-(640,95),8
1120RETURN
```

a) Programımızın 10 ve 20 no'lu satırları ile ekranı temizlenip grafik ekran kullanılacağını, ekranında 640X480 çözünürlük ve 16 renk olduğu belirtilmektedir.

b) 30 no'lu satırda geri dönmek üzere 1000 no'lu satırdan başlayan alt programa gidilmekte ve bu programda ekran düşeyde 10 bölüme ayrılmaktadır (95 inci piksel ile 350. Piksel arası) ve 1120 no'lu satırda geri dönülmektedir.

c) 40 no'lu şato ekranın sol tarafına konumlandırılmayı sağlamaktadır.

d) 50 no'lu satırda ADC ye start verilmektedir.

e) 60 ve 70 no'lu satırlarda ADC nin çevrimi bitirip bitirmediği kontrol edilmekte ve çevrim bitinceye kadar burada beklenilmektedir [7].

f) 80 no'lu satırda değer okunmaktadır.

g) 90 no'lu satırda bu değere göre gerilim çizgisi çizilmektedir.

h) 10p no'lu satırda klavyeden basılı olan tuş kontrol edilmektedir.

i) 110 no'lu satırda Q tuşuna basılıp basılmadığı kontrol edilmektedir. Q tuşuna basılır ise programdan çıkılmaktadır.

j) 120 no'lu satırda A tuşuna basılıp basılmadığı kontrol edilmektedir. A tuşuna basıldığı sürece bekleme süresi yani örnekleme süresi artırılmaktadır.

k) 130 no'lu satırda S tuşuna basılıp basılmadığı kontrol edilmektedir. S tuşuna basıldığı sürece bekleme süresi yani örnekleme süresi azaltılmaktadır.

l) 140 no'lu satırda bekleme işlemi gerçekleştirilmektedir.

m) 150 no'lu satırda sağa doğru 1 piksel ilerlenmektedir. Eğer ekranın sağına gidilmişse 30 no'lu satıra dönülerek ekranın tekrar soluna geçilmesi ve temizlenmesi sağlanmaktadır.

n) 160 no'lu satırda 50 no'lu satıra dönülerek programın buradan devam etmesi sağlanmaktadır [7].

Çalışmamızın basic dili ile açıklanmasının nedeni bu dilin yaygın bir kitle tarafından daha rahat anlaşılmasını sağlamaktır. Bu dil diğer dillerle kıyaslandığında o dillere göre daha az yetenekli ve düşük hızlıdır. Ancak profesyonel bir program yazılmak isteniyorsa daha gelişmiş dillerden olan C++ ve assembler karışımı ile yazılması önerilmektedir.

Dikkat edildiğinde K değerinin çok önemli olduğunu vurgulanmıştı ancak programda K değeri kullanılmaması bir çelişki gibi gözükebilir. Program sadece ADC'nin değerini grafik olarak göstermek amacı yazılmıştır. Ekranın kesin bir gerilim değeri yazılmamıştır. Bu sebeplerden dolayı K değerini kullanılmamıştır. Fakat ekrana maksimum ve minimum değerlerini yazdırmak veya benzer özellikler eklemek isteniyorsa K değerini kullanmamız gerekecektir.

Diğer yandan ADC den gelen değer negatif olarak kullanılmıştır. Bunun sebebi ADC'nin en büyük değer aldığı an gerilim çizgimiz de ekranın en üstünde olmalıdır. Oysa ekranda piksel numarası büyüdükçe aşağı doğru inilmektedir.

5-SONUÇ

Çalışmamızda uygulanan yöntem düşük frekanslarda ölçme yapmaya uygun olmasına rağmen yüksek frekanslarda ek donanımlarla mümkün olabilecektir. Bu sistem data kartı olarak kullanılabilir. Bilindiği gibi data kartlarda ek olarak analog çıkış ve dijital giriş ve çıkışlar bulunmaktadır. Profesyonel uygulamalarda kart üzerine bir işlemci yerleştirilerek hesaplamalar ve zaman ayarları bu işlemciye yaptırılmaktadır. Bilgisayara sadece hazır veri aktarılmaktadır. Bilgisayarın zamanlama işlemine karıştırılmaması ile zamanlama hataları engellenmektedir. Zamanlama işlemi bilgisayarda yapıldığında bilgisayarın diğer sistemlerinden gelen interrupt sinyalleri nedeni ile tüm zamanlama işlemi aksayabilecektir. Bu tür olaylardan etkilenmemek için programlama aşamasının çok profesyonel bir şekilde yapılması gerekmektedir, interrupt sistemi tamamen kendi programımız tarafından kontrol altında tutulmalıdır. Bu işlem C++, pascal veya assembler dilleri tarafından çok daha kolay yapılabilir, istenildiğinde biraz karmaşık olmasına rağmen basic dili ile de çözülebilir.

6- KAYNAKÇA

- [1] *Mikro işlemciler ve sayısal sistemler*
Douglas V/Öall (MEB yaym evi Çağaloğlu-İstanbul. 1992)
- [2] *Bilgisayar donanımının temelleri*
Alan Clements (MEB yaym evi Çağaloğlu-İstanbul. 1995)
- [3] *Sayısal bilgisayar temelleri*
Thomas C. Bartee (MEB yaym evi Çağaloğlu-İstanbul. 1994)
- [4] *Mikro işlemci tabanlı sistemler*
A. Pottan (MEB yaym evi Çağaloğlu-İstanbul. 1994)
- [5] *Mikro işlemci tabanlı sistemler*
M. Y: Morse (MEB yaym evi Çağaloğlu-İstanbul. 1993)
- [6] *The Intel Microprocessors 8086/8088, 80186/80188, 80286, 80386, 80486, pentium, and pentium pro Processor Architecture, Programing and Interfacing*
Barry B. Brey (Drentice-Hall International Inc. 1997)
- [7] *Yapısal Basic*
Halim Korkmaz (Yetkin basın, yaym ve dağıtım A.Ş. 1992)

UME'DE 10 MHz- 26.5GHz FREKANS ARALIĞINDA GÜÇ ÖLÇÜMLERİNİN GERÇEKLEŞTİRİLMESİ

Murat Celep, Şenel Yaran, Cem Hayırlı, İbrahim Altınsoy
TÜBİTAK, Ulusal Metroloji Enstitüsü (UME)
e-mail: murat.celep@ume.tubitak.gov.tr

ABSTRACT

in RF & Microwave Laboratory, measurements are performed by microcalorimeter in primary level and by the method of substitution in the secondary level in the frequency range of 10MHz - 26.5GHz. After the establishment of the microcalorimeter system, the uncertainty obtained in the power measurements performed at UME has become 10 times better than the previous. These uncertainty values are;

<u>Frequency</u>	<u>Uncertainty</u>
10MHz-1GHz	0.18%
1GHz-18GHz	0.22%
18GHz-26.5GHz	0.44%

For the measurements in the frequency range of 10MHz – 18GHz and 18GHz - 26.5GHz, coaxial and waveguide lines are used respectively. By using the microcalorimeter system, the effective efficiency of a thermistor mount is found. Then, the calibration factor of this thermistor mount is determined by measuring the reflection coefficient using Automatic Network Analyzer. On the other hand, the secondary level power measurements are performed by using the thermistor mount whose calibration factor has been already determined.

1. GİRİŞ

Mikrodalga frekanslarında güç biriminin oluşturulması klasik yöntemler ile gerçekleştirilemez. Çünkü yüksek frekanslarda toplu parametrelili devre elemanları ve bu elemanlara ait devre teoremleri geçerliliğini yitirmekte ve bunun yerini dağılmış parametreler almaktadır. Bunun en büyük nedeni deri etkisi olarak açıklanabilmektedir. Deri etkisini oluşturan neden, iletimin yüksek frekanslarda yapılması sonucu iletimin iletkenin dış yüzeyine doğru yönelmesidir. Bir iletim hattını düşünecek olursak, bu iletim hattı bir dirence sahiptir. Bu direnç değeri şöyle bulunmaktadır;

$$R = \rho \times \left(\frac{l}{s} \right) \quad (1)$$

Eşitlik (1)'de,

R: Direnç

ρ : İletkenin öz direnci

l: İletkenin boyu

s: Akımın aktığı kesit

Burada 5 işaretin üzerinden geçtiği kesittir. Bu kesit frekansa bağlı olarak değişmektedir, bu da deri kalınlığına bağlıdır. Deri kalınlığı ise;

$$\delta = \sqrt{\frac{2}{w \times \mu \times \sigma}} \quad (2)$$

Eşitlik (2)'de,

S: Deri kalınlığı

JJ: Manyetik geçirgenlik

er Öz direncin tersi

w: $2 \times n \times f$

olarak tanımlanmaktadır. Bu değer frekansa bağlı olduğundan deri kalınlığı her frekans için farklı bir değer almaktadır. Değişen dirençle beraber iletken frekansın yükselmesi nedeniyle endüktif, kaçak iletkenlik ve iletken kaynaklanan kapasitif etkilerde hat üzerindeki işaret etkilediğinden toplu parametrelili devre ve teoremleri kullanılamaz. Değişen bu parametreler, hatta bulunmak istenen akım ve gerilim gibi değerleri değiştirmektedir. Bu değişim, frekansın söz konusu olduğu her durumda geçerlidir. Ancak frekansın küçük olduğu durumlarda ihmal edilebilecek düzeydedir. İletim hattında değişen akım ve gerilim değerleri hat boyunca aynı dağılıma sahip değildir. Diğer yandan yüksek frekanslarda kullanılan dalga kılavuzlarında akım ve gerilimin ayrı ayrı ölçülmesi mümkün değildir. Bu nedenlerden dolayı yüksek frekanslarda gücün değeri tespit edilerek iletim hattındaki işaret hakkında fikir sahibi olunabilir. Bu nedenle mikrodalga ölçümlerde güç ve birim olarak watt kullanılır.

2. BİRİNCİ SEVİYEDE GÜÇ BİRİMİNİN OLUŞTURULMASI

Watt birimini elde etmek amacıyla mikrok calorimetre sistemi kullanılmaktadır. Mikrok calorimetre sistemleri dünyada birinci seviye sistem olarak kullanılmaktadır. Türkiye'de mikrodalga gücün izlenebilirlik zincirini oluşturmak amacıyla 1998 yılında UME RF & Mikrodalga Laboratuvar'ında 100KHz-26.5GHz frekans bölgesini kapsayan bir mikrok calorimetre sistemi kurulmuştur. Bu sistemlerde izlenebilirlik, yapılan uluslar arası karşılaştırmalar ile sağlanmaktadır. Uluslararası

izlenebilirlik sağlandıktan sonra, ulusal izlenebilirlik mikrokalorimetre üzerinden sağlanmaktadır.

UME' de standart olarak üç adet koaksiyel hatlarda, üç adet dalga kılavuzlarında olmak üzere toplam altı adet termistor mount'dan oluşan standartlar mevcuttur. Bu standartlardan bir kısmı mikrokalorimetre üzerinden izlenebilirlik alırlar, diğer termistor mountlar ise mikrokalorimetre üzerinden izlenebilir olan termistor mountlardan izlenebilirlik olarak ikinci seviye standartları oluştururlar.

Birinci seviyede kalibrasyonu yapılacak olan termistor mount, bu termistor mount ile özdeş ikinci bir termistor mount kullanılarak mikrokalorimetre içerisine yerleştirilir. Mikrokalorimetre sisteminde sıcaklık kararlılığı çok iyidir ve oda sıcaklığına yakın bir değerdedir, fakat sıcaklık kontrolü yoktur. Kalibrasyonu yapılacak olan termistor mount'a mikrodalga güç uygulandığında termistor mount üzerinde bir ısı oluşur, mikrodalga gücün oluşturduğu sıcaklık ile ortam sıcaklığından gelen ısıyı ayırt etmek için mikrokalorimetre -içindeki ikinci termistor mount kullanılır. Her iki termistor mount üzerinde oluşan sıcaklığı algılamak için mikrokalorimetre içinde bulunan ve her iki termistor mount ile bağlantısı gerçekleştirilen bir ısı çift (thermocouple) mevcuttur. Termistor mountlar üzerinde oluşan ısı farklılık ısı çift uçlarında bir gerilim oluşturur ve bu gerilim nanovoltmetreden okunur. Bu sırada termistor mount üzerine güç uygulandığında ve uygulanmadığında, termistor mount çıkışındaki gerilim köprü devresinden okunur. Mikrokalorimetreden elde edilen bu gerilimler ile termistor mount'a ait etkin yeterlilik değeri tespit edilmektedir. Bu değer aşağıdaki formülde verildiği gibidir;

$$\eta = \frac{1}{1 + \frac{v_1^2}{v_2^2} \times \frac{E_1 - E_2}{E_2}} \quad (3)$$

Eşitlik (3)' de,

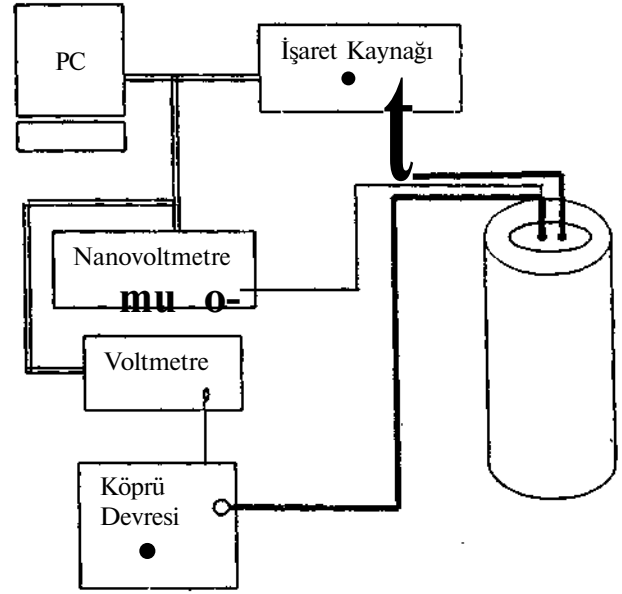
v_1 : Mikrodalga güç uygulanmadığı durumda köprü çıkışında okunan gerilim

v_2 : Mikrodalga güç uygulandığı durumda köprü çıkışında okunan gerilim

E_1 : Mikrodalga güç uygulanmadığı durumda ısı çift çıkışında okunan gerilim

E_2 : Mikrodalga güç uygulandığı durumda ısı çift çıkışında okunan gerilim

Termistor mount'un bir çok defa etkin yeterlilik değeri ölçülür ve bu değerler kullanılarak sonuçta tek bir değer elde edilir. Bu ölçümler ve hesaplama tamamen otomatik olarak program tarafından gerçekleştirilir. Mikrokalorimetre sisteminin yapısı şekil 1'de gösterilmektedir.

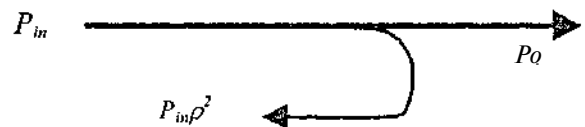


Şekil 1. Mikrokalorimetre Sistemi

3. İKİNCİ SEVİYE GÜÇ ÖLÇME

Endüstriden gelen cihazların kalibrasyonunda kullanılan standartların izlenebilirliği, birinci seviyede kalibre edilen termistor mountlar üzerinden sağlanır. Kalibrasyonu gerçekleştirilen bu standartlar ile ikinci seviye kalibrasyon işlemleri gerçekleştirilir.

İkinci seviye kalibrasyon, yerine koyma metodu kullanılarak gerçekleştirilmektedir. Bu kalibrasyonlarda hissediciye (termistor mount veya power sensorlere) ait kalibrasyon faktörleri hesaplanmaktadır. Güç hissedicileri girişine uygulanan mikrodalga gücü dönüştürerek çıkışında bu güçle orantılı bir çıkış gerilimi oluşturur ve bu cihazlar bir köprü devresi ile birlikte kullanılırlar. Kalibrasyon faktörü; güç ölçümlerinde kullanılan termistor mount veya power sensor'den kaynaklanan kayıpları giderir. Bu hissediciler eğer ideal olarak gerçekleştirilirse, hissedici girişindeki güç çıkışından aynen okunacaktır. Fakat bu hissediciler ideal olarak yapılamayacaklarından bir takım kayıplar oluşacaktır. Bu kayıplardan başlıca iki tanesi şunlardır; yansımadan kaynaklanan kayıp ve dönüştürme kaybı. Yansımadan kaynaklanan kayıp empedans uygunsuzluğundan kaynaklanır. Hattan yansıyan sinyalin hattın girişine verilen sinyale oranı yansıma katsayısı olarak ifade edilir. Mikrodalga sistemlerinde çoğunlukla 50Ω'lık sistemler kullanılmaktadır. Ancak bu değerler hiçbir zaman tam olarak 50Ω olamazlar. Kullanılan hissedicilerin bu empedans uygunsuzluğu yansıma katsayısını kötüleştirerek hissedici girişine uygulanan gücün bir kısmının geriye yansımaya neden olmaktadır. Bu durum şöyle tanımlanmaktadır;



Şekil 2. Herhangi bir portun girişindeki Sinyal yayılımı

$$P_o = P_m (1 - \rho^2) \quad (4)$$

P_o : Hissediciye uygulanan güç

P_m : Güç kaynağından girişe uygulanan güç

ρ : Yansımaya katsayısı

Diğer bir kayıp olan dönüştürme kaybı, hissedici girişine uygulanan gücün DC gerilime dönüştürülmesi sırasında hissedicinin iç yapısından kaynaklanan kayıptır ve bu kayıp hissedicinin etkin verimliliği olarak tanımlanmaktadır. Ancak bu değer in uygulamada tespit edilmesi çok zordur. Bu nedenle hissediciden kaynaklanan bütün kayıpların bir arada tanımlanması ile kalibrasyon faktörü elde edilir. Kalibrasyon faktörü bu nedenle hem yansımaya katsayısından kaynaklanan kaybı, hem de etkin verimlilikten kaynaklanan kaybı içererek hissedicinin girişine uygulanan güç ile köprüden okunan güç arasındaki farkı düzeltmeye yarar ve şöyle tanımlanır;

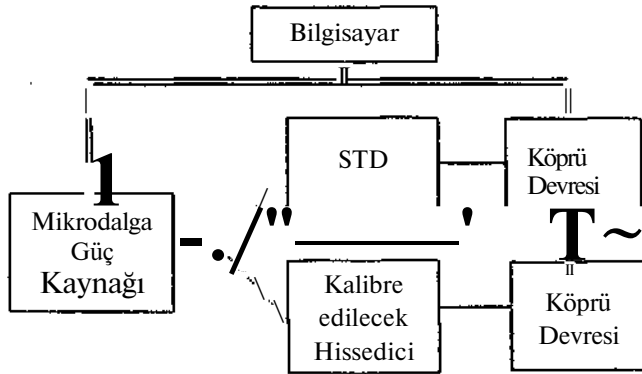
$$K_b = \eta_e (1 - \rho^2) \quad (5)$$

K_b : Kalibrasyon faktörü

ρ : Yansımaya katsayısı

η_e : Etkin verimlilik

Buradaki etkin verimlilik değeri mikrokalerimetrede tespit edilmektedir. Yansımaya katsayısı da ölçüldükten sonra kalibrasyon faktörü kolayca bulunabilir. Ancak kalibrasyon faktörü belirlenecek olan her hissediciyi mikrokalerimetrede ölçmek mümkün değildir ve çok uzun bir zaman almaktadır. Bu nedenle kalibrasyon faktörünün direk olarak ölçülmesi yoluna gidilir. Bu işlem için şekil 3'deki yöntem kullanılır.



Şekil 3. Kalibrasyon Faktörü Ölçümü

Bu yöntemde önce standart termistör monte mikrodalga güç kaynağına bağlanarak ölçüm yapılır. Daha sonra standart termistör monte bağlantısı çözülerek kalibrasyon faktörü belirlenecek olan hissedici bunun yerine bağlanır. Bu işlem farklı birkaç konumda gerçekleştirilir. Elde edilen sonuçlar işlenerek hissedicinin kalibrasyon faktörü belirlenir. RF & Mikrodalga Laboratuvarı'nda bu işlemler Laboratuvar tarafından visual basic programı kullanılarak hazırlanmış olan bir program ile yürütülmektedir.

4. SONUÇ

UME RF & Mikrodalga Laboratuvarında güç ölçümleri birinci seviyede ölçülmektedir. Bu işlemler için termistör mountlardan oluşturulan standartlar mevcuttur. Birinci seviyede elde edilen ölçümler ve bunun sonucunda elde edilen belirsizlik, ikinci seviyeye aktarılarak düşük belirsizliğe sahip güç ölçümleri yapılır. Böylece endüstrinin dış ülkelere olan bağımlılığı giderilerek, düşük belirsizlikle ve daha kısa zamanda ölçümler alınır. Güç ölçümlerinde mikrokalerimetrenin doğruluğu ise girilecek olan uluslararası karşılaştırmalar ile ispatlanacaktır.

5. KAYNAKLAR

1. R. İnce, Ş. Yaran, III. Ulusal Ölçümbilim Kongresi, S. 346-351, 1997
2. A. Fantom, Radio Frequency & Microwave Power Measurement, IEE Electrical Measurement Series 7, 1990
3. Fundamentals of RF and Microwave Power Measurements, HP Application Note 64-1, 1977

GELİŞTİRME UYGULAMALARI İÇİN GENİŞ BANTLI BİR AKIM ALGILAYICI

Haldun KARACA
Elektrik ve Elektronik Mühendisliği
Bölümü, D.E.Ü.,35100 İzmir
E-mail: karaca @ izmir.eng.deu.edu.tr

Yavuz ŞENOL
Elektrik ve Elektronik Mühendisliği
Bölümü, D.E.Ü.,35100 İzmir
E-mail: senol @ izmir.eng.deu.edu.tr

ABSTRACT

Today's sophisticated electronic systems may include very complex signal waveforms. This complexity may come from nature of the system or unintentionally generated disturbances such as spikes or elusive oscillations. So benchmarking with wideband sensors is vital even though the theoretical bandwidth is not so wide. This may be very helpful for forthcoming problems such as improper work or eme related problems. Here, a wideband current sensor that can be easily implemented with \widely available components is introduced. A theoretical analysis einphasizing differencies and similarities with a current transformer is given. in this work a prototype for sensing signals in the range of 50 kHz - 8 MHz is implemented and the obtained results from performed experiments have shown total agreement with the theory. it is also shown that the crafted coil without its associated electronics may be used for signals above 8 MHz for current sensing. Finally advantages and ümitations of the proposed sensor över current transformers is discussed.

1. AMAÇ

Sayısal elektronik ya da güç elektroniği devrelerinden alınmış akım şekillerine bakıldığında, çoğu kere geçici akım salınanları ya da ani akım sıçramaları göze çarpar. Genelde her anahtarlanma anı için söz konusu olan bu durum çok defa dizgelerin çözümlenmesi sırasında göz ardı edilir.

Temelde, devreyi oluşturan bağlantı elemanları ile elektrik, elektronik parçaların kaçak (stray) endüktans ve kapasitelerinden kaynaklanan bu durum, elektronik elemanların bozulmasına varan sonuçlar ortaya çıkarabilir. Örneğin bazı devre tiplerinde, MOSFET elemanı yapısında var olan diyod iletim ve kesime hızlı geçişler yapıyorsa, kendisinin ya da başka elemanların bozulmasına neden olabilir. MOSFET içindeki diyod'un, büyük değerler alabilen ters toparlanma (reverse recovery) akımı yine diyod içindeki yük birikimi (kapasite elemanı etkisi) ile ortaya çıkmaktadır. Literatürde üzerinde çok durulmayan bu olay MOSFET'lerin bozulma nedenlerinden bir tanesidir [1]. Öte yandan doğrusal devrelerde bile bazen akım içinde beklenmeyen salınımlar olabilmektedir. Devrenin kararsızlığı sonucu ortaya çıkan ve genelde yüksek frekanslı olan bu salınımları fark edilebilmesi

için geliştirme işlemi sırasında, akımın geniş bantlı bir algılayıcı ile gözlenmesi çok değerli bilgiler sağlayabilir. Paralel bağlı MOSFET'ler ile gerçekleştirilmiş A-sınıfı bir yükselteçde toplayıcı (drain) ayaklarını birleştiren bağlantının endüktansının kilit rolü oynadığı osilasyonla ilgili bir yayın [2], buna iyi bir örnek teşkil etmektedir. Öz olarak, daha başarılı devre tasannu yanında elektromanyetik uyumluluk testleri ve iyileştirme çabaları için de beklenen işaretlerin frekans bandının üstünde ölçüm yapabilen algılayıcılara gerek duyulmalıdır.

2. GENİŞ BANTLI AKIM ALGILAYICILARI

Günümüzde birkaç yüz kHz'in üstü için uygulamada başlıca iki akım algılayıcı tipi söz konusudur. Bunlar ;

Koaksiyal Şönt Elemanları: Çok yaygın olarak farklı uygulamalarda görülen Şönt (direnç bağlama) ile akım ölçümü yönteminden yüksek frekanslarda yararlanabilmek için bu isimdeki algılayıcıların geliştirildiği anlaşılmaktadır [3]. Fazla yaygın olmayan bu algılayıcılar biraz pahalı olup, akım ölçüm üst sınırları da 10 MHz mertebesinde, koaksiyal bir hat parçası görünümünde olan bu algılayıcılar anlaşıldığı kadan ile ölçülecek akımın geçtiği yola seri bağlandığında, ölçüm devresinin neden olabileceği geniş loop'lara engel olarak, yüksek frekanslarda oluşabilecek ölçüm hatalarını en aza indirmektedir.

Akım Transformatörleri: Endüstriyel uygulamalar için bant genişlikleri genelde 400 Hz ile sınırlı çok çeşitli akım transformatörleri var olmakla birlikte bant genişliği yüksek örneğin 100 MHz olan tipleri dünyada sadece birkaç imalatçı tarafından üretilmekte olup, fiyatları da inanılmaz ölçüde (yaklaşık 1000 USD) pahalıdır.

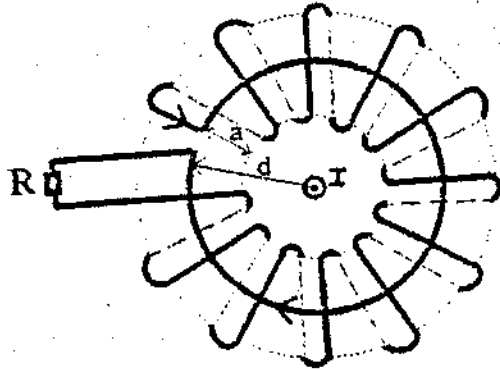
3. ROGOWSKİ BOBİNİ SARILMASI VE PARAMETRELERİNİN ÖLÇÜM İLE BULUNMASI

Yakın zamana kadar sadece plazma fiziği ve benzeri bilimsel deneylerde yararlanılan Rogovski bobinleri, mühendislik uygulamalarında da kendine yer bulmaya başlamıştır.

Frekans bandı 50 kHz altından başlayıp 8-9 MHz'e kadar çıkan ve yalıtım sağlayan (skoba direkt bağlanabilmesi için) bir akım algılayıcısı gereksinimi, sözü edilen

algılayıcılar üzerine olan bu çalışmayı başlatmıştır. Bu amaç için öncelikle aşağıda anlatıldığı gibi bir Rogowski bobini sarılmıştır;

Çapı 1mm olan emaye bakır telden yuvarlak bir kurşun kalem üzerine 30 tur ($N = 30$) sarılmış, kalem çıkarıldıktan sonra bobin toroid biçimini alıncaya kadar Şekil 1 de görüldüğü gibi bükülmüştür. Bobin uçlarından birisi diğer uç tarafına toroid içinden geçirilerek taşınmıştır. Böylece telin bu kısmının başka alanların etkisi ile endükleyebileceği gerilim azaltılarak bu yönden oluşabilecek hata düşük tutulmaya çalışılmıştır. Ayrıca bu yapı ile algılanacak akımın geçtiği iletken kolayca bobin merkezine konumlandırılabilir veya çıkarılabilir.



$a = 0.4 \text{ cm}$ $d = 1 \text{ cm}$ $N = 30$

Şekil 1. Bobin ve akımı ölçülecek iletkenin görünümü

Elde edilen bobin uçlarına (R okuma direnci bağlı değil iken) nF ve pF mertebesinde değişik kondansatörler bağlanarak her seferinde farklı paralel rezonans devreleri oluşturulmuş, bu devreler 1 k Ω direnç üzerinden (seri bağlı) bir işaret üretici ile sürülerek rezonans frekansı bulunmuştur [4]. Ölçüm sonuçlarına probun ekleyeceği kapasiteleri de katarak, bobin öz endüktansının $L_2 = 1.1 \mu\text{H}$ ve kapasitesinin $C = 3 \text{ pF}$ değerinde olduğu ölçüm ile bu şekilde bulunmuştur. Buradan bobin karakteristik empedansı $Z_0 = \sqrt{L_2/C} = 605 \Omega$ bulunur.

Bobin uçları arasına bağlanacak R direncinin değerinin bu karakteristik empedandan daha küçük seçilmesi önemlidir [5], aksi takdirde sönüm katsayısı yeteri kadar küçük olmayacağından, algılayıcının kendisinin oluşturabileceği titreşimler, algılanan akımın bu biçimli olduğu kanısını verecektir.

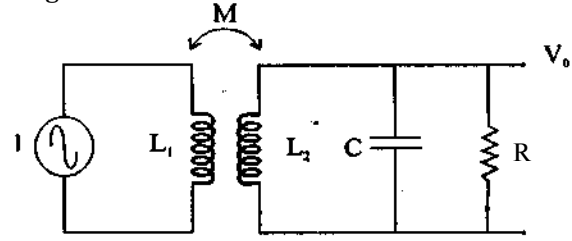
4. BOBİN VE AKIMI ÖLÇÜLECEK İLETKENİN BİRLİKTE MODELİ

Frekans ortamında, bobin ve algılanacak akımın geçtiği iletkenin oluşturduğu devre Şekil 2 de görüldüğü gibi modellenir. Devrede, I sinüs biçimli akımın genliğini göstermektedir. Algılayıcı bobin içinden geçen iletkenin i akımı, bobin uçları arasında Faraday yasası uyarınca gerilim endükleyecektir. Manyetik bağlaşımdan ileri gelen bu gerilim simetrik yapıdan dolayı yalın bir biçimde yazılabilir.

$$E = - \frac{N A \mu_0}{l} \frac{di}{dt} = -M \frac{di}{dt} \quad (D)$$

Bu bağıntıda A bobin kesit alanıdır ve Şekil 1 de verilen iç yarıçap değerinden hesaplanabilir. Hesaplanan A, dış yarıçap d ile birlikte (1) de yerine konduğunda M ortak endüktans değeri yaklaşık $M = 30 \text{ nH}$ bulunur.

Algılama düzeneğinin modellenmesi için aşağıdaki devre yeterli görünmektedir.



Şekil 2. Rogowski bobini ile içinden geçen iletkenin birlikte eşdeğer devresi

Eşdeğer devrede L_2 ölçülecek akımın sadece bobin tarafından halkalanan akısını yaratan eşdeğer bir endüktanstır. Buradan bağlaşım katsayısı $k=1$ alınır $k = M / \sqrt{L_1 L_2}$ den $L_1 \ll 0.8 \text{ nH}$ bulunur. Hesaplanmış olan

bu değer son derece düşük olup bilindiği gibi bir tel'in bir cm uzunluğu yaklaşık 10 nH kısmi endüktansa sahiptir.

Buradaki L_2 ise bobinin öz endüktansdır ve değeri ölçüm ile önceden bulunmuştur.

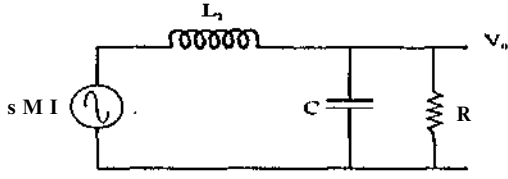
Bobin uçlarına dışarıdan bağlanan ve değeri ölçüm sınırları üzerinde çok etkili R direnci devrede görülmektedir.

Akımın geçtiği L_1 in sayısal değerinin çok küçük olmasından akım üzerine bobin yüklemesinin pratikte etkisi olmayacağı gösterilebilir. Diğer bir deyiş ile bobin ve yükü olan R direncinin primer'e aktarılacak empedansı (bu empedans L_1 uçlarında paralel görünecektir) L_1 empedansı tarafından hemen hemen kısa devre edilmektedir. Sayısal bir örnek ile bu yaklaşımın doğruluğu sınanmak istensin. Okuma direnci R için 60 Ω seçilmiş ve akımı genliği $I = 1 \text{ A}$, $\omega = 1 \text{ M rad/sn}$ alınsın. Sekonder'e aktarıldığında bu direnç $(60 / 30.30) / C = 66 \text{ m}\Omega$ olarak görünür. Bu frekansta ise L_1 in endüktansı sadece 0.8 m Ω kadardır. Üst frekanslarda da bu konum devam eder çünkü aktarılmış empedans L_2 den dolayı daha büyük olur ve L_1 empedansı yanında yine çok büyük kalır. Literatürde ölçülecek akımın, bobinin yüklemesi ile değişmediği dolaylı olarak kabul edilmiş ancak bilindiği kadarı ile yukarıdaki gibi bir açıklamaya rastlanmamıştır.

Bu kabul primerin bir akım kaynağı ile sürüldüğü (sekonderden bakıldığında) anlamına gelmektedir. Bu yaklaşım çözümlenmeyi oldukça kolaylaştırmaktadır ve Şekil 2 de görülen akım kaynağı bu yaklaşımın sonucudur. Aynı yaklaşım, akım transformatörü durumunda L_1 ve M endüktansları manyetik çekirdekteki dolaylı küçük olmayacaklarından, ancak R okuma direncinin yeteri kadar küçük ise geçerlidir. Yine bu sebepten akım transformatörlerinde R direnci devre dışı edildiğinde.

tehlikeli olabilecek yüksek gerilimler ortaya çıkar. Rogovski bobini için ise böyle bir durum söz konusu değildir.

Sonuçta algılama modelinde (Şekil 2), devrenin sadece sağ tarafına bakmak yeterli olacaktır ve eşdeğer devre Şekil 3' de görülen biçime indirgenebilecektir.



Şekil 3. Algilanan gerilimi oluşturan indirgenmiş devre

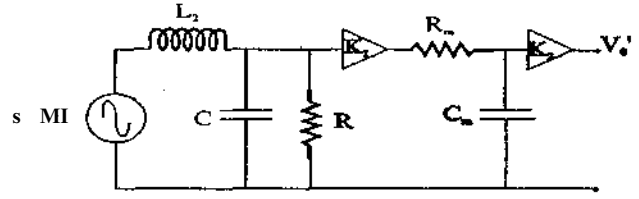
Akım transformatörleri için de geçerli olan bu devrede [4], okuma direnci küçük seçilir ise alt frekans bölgesinde $V_o = (M / L_2).R.I$ yazılabilir. Bağlaşım katsayısı $k = M / \sqrt{L_1 L_2}$ bir'e eşit alınır ve endüktans değerlerinin sarım sayılarının kareleri ile orantılı olacağı hatırlanırsa V_o gerilimi için buradan $V_o = (N_1/N_2).R.I$ yazılabilir. Bağlıntıdaki N_1 ve N_2 burada $N_1 = 1$ ve $N_2 = N = 30$ dur. Bilindiği gibi bu akım transformatörlerinin de çalışma bağlantısıdır. Rogovski bobini tipi algılayıcılarda ise manyetik çekirdek bulunmaması nedeni ile algılayıcı çok yüksek frekanslarda bu mod'da çalışır. Örneğin R için 5,6 Ohm gibi küçük bir direnç değeri seçilmiş olduğunda bile ölçüm alt frekans sınırının 1 MHz gibi yüksek bir değer aldığı kuramsal ve deneysel olarak görülmüştür[4]. Ayrıca küçük okuma direncinden, okunan gerilim pratik olmayacak kadar küçük değerler alabilir.

Manyetik çekirdek bulunmamasının getirdiği üstünlükler ise bazen daha öne çıkabilir. Çekirdek olmamasından ve bobin yapısından, Şekil 1'den de görüleceği gibi, bobin kolayca ölçülecek akımın geçtiği iletken monte edilebilir veya çıkarılabilir. Yine çekirdek malzemesinden gelebilecek doğrusal olmama bozunumu ve çekirdek kayıplardan ileri gelebilecek hata artık söz konusu değildir. Bir diğer önemli üstünlük de çekirdek etkisi ile ortaya çıkabilecek algılama üst frekans sınırlamasının olmamasıdır. Bunların karşılığında ise elektronik bir entegral alıcı gerekmektedir [6]. Nedeni ise manyetik çekirdeksiz durumda L_2 küçük olacağından çok yüksek olmayan frekanslarda okuma direnci uçlarından $V_o = s.M.I$ gerilimi (Şekil 3) alınacaktır ve akım bilgisi için V_o ' in entegrali gerekmektedir. Bu bölgede okuma gerilimi genliği de çok az (manyetik çekirdek olmadığından M de küçük) olduğundan bir yükseltme işlemi de gerekmektedir.

5. GERÇEKLENEN AKTİF ALGILAYICI DÜZENEK VE ÇÖZÜMLEMESİ

Bobinin doğru algılama alt frekans sınırını düşük değerlere çekebilme, aynı zamanda alt frekanslarda küçük değerler alacak bobin gerilimini yükseltmek için Şekil 4 deki devre tasarlanmış ve basan ile denenmiştir. Devredeki K_1 yükselteç kat'ı NE592 Video Amp. tümdevresi ile gerçekleştirilmiştir. Bu tümdevre yaygın olarak bulunabilmesi

ve bant genişliğinin yüksek (100 MHz) olması nedeni ile seçilmiştir. Standart işlemsel yükselteçlerden yapı olarak farklı olan NE592 kararsızlık yönünden başta ciddi sorunlar göstermiş ancak katalogta verilen devrelerinden farklı biçimde emetör girişli bağlanarak (içindeki fark yükseltecinin emetör düğümleri tümdevre dışına çıkıyor) kararlı bir biçime getirilmiştir.



Şekil 4. Gerçeklenen aktif aktif akım ölçer

Sonraki kat'ta yükseltilecek gerilim pasif RC entegratörü ile entegre edilmiş ve tek katlı transistorlu bir yükselteç olan K_2 ile tekrar yükseltilmiştir. Bu ikinci kafa duyulan gereksinim deneysel çalışmalar sırasında ortaya çıkmıştır. Algılayıcı bobin gerilimi Şekil 3'den de görülebileceği gibi aynı I akımı için frekans yükseldikçe büyük değerler almaktadır ancak entegratörün çalışma ilkesinden ileri gelen zayıflatma da frekansla arttığından bunu kompanse etmektedir. Frekans yüksek ise K_1 yükselteci bu sırada doyuma (saturation) girebilmektedir. Bu neden ile K_1 yükselteç kazancı katalogunda verilen maksimum değeri olan 400 yerine 150 değerinde tutulmuş ve ek kazanç için 10 kazançlı ikinci kat bağlanmıştır. Böylece sözü edilen durumun önüne geçilerek gereken yükseltme oranı sağlanmıştır.

Aynı zamanda bu devre yapısı ile entegratör kapasitesinin kaldırılması ve direncinin kısa devre edilmesi ile diğer devre parametrelerini değiştirmeden, sadece entegratör'ün sistem dışına çıkarılmasını mümkün olmaktadır. Rogowski bobini uçları arasında alınacak gerilim $V_o(s)$ ile $E(s)$ endüklenen gerilim arasındaki geçiş işlevi aşağıdaki gibi yazılabilir.

$$\frac{V_o(s)}{E(s)} = \frac{\frac{1}{L_2 C}}{s^2 + s \frac{1}{RC} + \frac{1}{L_2 C}} = \frac{\frac{1}{L_2 C}}{(s - s_1)(s - s_2)} \quad (2)$$

Burada $E(s) = s.M.I$ olacağı hatırlandığında bu bağlantı (3) ile verilen biçime dönüşür.

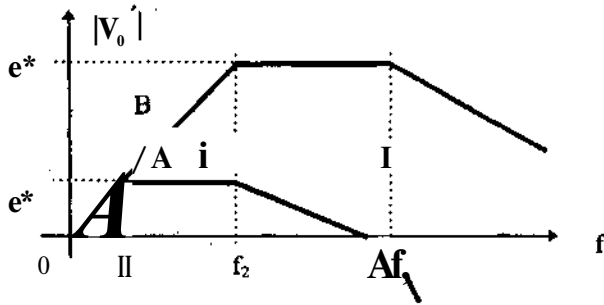
$$V_o(s) = s.M.I.T_1(s) \quad (3)$$

$T_1(s)$ ise (2) de verilen geçiş işlevidir. Bu geçiş işlevinde R direnci yeteri kadar küçük seçilmiş ise kutuplar $w_1 \ll L_2/R$ ve $w_2 \ll 1/(RC)$ biçiminde yazılabilir [4]. Bobin ölçüm yapılacak iletken bir koaksiyal kablo ile uzatılmıştır ve R direnci artık bobin uçlarına bağlanan direnç ile K_1 yükseltecinin giriş direncinin paralel eşdeğeridir. Bobin uçları arasında $R = 60 \Omega$ olacak değer

bir direnç bağlanmıştır. Bu durumda $T_1(s)$ 'in kutupları 8.6 MHz ve 875 MHz olarak hesaplanır. İkinci yükselteç katı'nın giriş direnci yeteri kadar yüksek ise Şekil 4'deki devrenin çıkış gerilimi için ;

$$V_0' = M \cdot I (s \cdot T_1(s) \cdot K_1 \cdot T_2(s) \cdot K_2) \quad (4)$$

yazılabilir. Son bağıntıda görünen $T_2(s)$ entegratörün geçiş işlevidir. Entegratör eleman değerlerinin uygun seçimi ile kutpu'nun $T_1(s)$ kutuplarından daha küçük ve yaklaşık 20' kHz olması sağlanmış bu koşulda V_0' geriliminin frekansla değişimi Şekil 5'deki A karakteristiği biçiminde elde edilmiştir. Bu karakteristikte yatay bölge (Şekil anlaşılması kolaylaştırmak amacı ile ölçekli çizilmemiştir) düzenekten algılayıcı olarak yararlanılabilecek bölgeyi göstermektedir. Entegratör devre dışı edilir ise B karakteristiği bulunur ve yine yatay karakteristik bölgesi yeni algılayıcının çalışma sınırlarını belirtir. Karakteristikte görülen C_1 gerilimi $I = 1$ Amper için ve: $K_1 = 150$, $K_2 \ll 10$ alınarak hesaplandığında $e_1 = 5.5$ V ve $e_2 = 2452$ V bulunur. A karakteristiği için okunan gerilim değerleri (V_0' V), 0,18 ile çarpılarak ($1/(5.5) = 0.18$) Amper cinsinden akım ölçülür.



$$f_1 = 20 \text{ kHz} \quad f_2 = 8.6 \text{ MHz} \quad f_3 = 870 \text{ MHz}$$

Şekil 5. Gerçeklenen aktif algılayıcının frekans karakteristiği, (A) entegratör devrede, (B) entegratör devre dışı

Skobda rahat okuma için algılanan akımın en az 70 mA genliğinde olması gerektiği deneysel çalışmalardan görülmüştür. Ancak bu sınır ek yükselteç katları ile daha düşürülebilir. Skobda görülebilir genlik sınırının B karakteristiği için 0.2 mA kadar olacağı e_1 ve e_2 yi oranlayarak görülebilir. Üst genlik sınırları, K_1 ve/veya K_2 nin doyuma girmesine neden olacak değerlerdir ancak değiştirmek kolaydır ve yükselteçler devre dışı edilebilir. Deneyler, ölçüm üst frekans sınırının, B karakteristiğinde görüldüğü kadar yüksek değerler alamıyacağını göstermiştir ve 40 - 50 MHz civarında bir üst sınır olduğu fark edilmiştir. Nedeni ise buradaki Rogovski bobininin, sözü edilen frekanslarda, Şekil 3 deki gibi, toplu elemanlar ile modelinin artık geçerli olmamasıdır.

6. SONUÇLAR

Elektrik ve Elektronik devrelerde, işaretlerin bant genişliği beklenenin çok üstünde olabilir. Bu nedenle geliştirme ve

elektromanyetik uyumluluk deneylerinde üst ölçüm sınır yüksek algılayıcılar çok değerli bilgiler sağlayabilir. Bu çalışmada kolay temin edilebilen elemanlar ile geniş bantlı bir akım algılayıcısının tasarımı ve işlevinin nasıl gerçekleştirildiği konu edilmiştir. Rogovski bobini ve çözümü Elektrik Mühendisliğinde yararlanılan bağıntılar ve notasyon ile yapılmıştır. Çözümlemelerde akımı algılanacak iletkenin, bobin tarafından halkalanan akısını yaratan L_1 eşdeğer endüktansı tanımlanarak, ortak endüktans modeline geçilmiştir.

Gerçeklenen bobin, akımın geçtiği iletkeni halkalayacak biçimde, akımı kesmeden kolayca monte edilebilmektedir. Ölçümde yalıtım sağlaması da yerine göre çok önemli bir üstünlük olabilir.

Deneysel çalışmalardan, bobinin iletkeni halkalamasının algılama için yeterli olduğu anlaşılmıştır. Diğer bir deyişle çözümlemelerde kabul edildiği gibi, akımı taşıyan iletkenin bobin merkezinden ve dik olarak geçmesi uygulamada kuramsal sonuçların geçerliliği için bir koşul değildir. Bu bulgunun kanıtlanması ise oldukça karmaşık bir çözümleme gerektirmektedir ve çalışmanın devamı olarak üzerinde durulabilir.

Tanımlanan düzenekte değişiklikler yapılarak ölçüm sınırları kaydırılabilir. Hemen yapılabilecek bir işlem, bobin çıkış gerilimini entegre eden R_{m0} , devresini kaldırarak ölçüm sınırlarını yukarı çekmek olabilir.

Bu halde ölçüm üst sınırı, Şekil 5'den de görüldüğü gibi çok daha yüksek değerlere kayar (B karakteristiği) ve algılanabilecek akım genliğinin alt sınırı da azalmış olur. Tüm Rogovski bobinli ölçüm sistemleri için şu sonuç açıktır; frekans bandı yukarı taşındıkça üstün yanları öne çıkar.

Yakın zamanda, Rogovski bobini tabanlı algılayıcı sistemleri ticari olarak imal eden birkaç yabancı firma kurulmuştur. Tanıtılan ürünlerinin ölçüm frekans sınırları ise 50 Hz ile 2-3 MHz arasındadır.

7. KAYNAKÇA

- [1] Severns, R., "Avoiding dV/dt turn-on in power MOSFETs," *Electronic Products*, pp. 89-94, Jan. 1985.
- [2] Oxner, E., "An analysis and experimental verification of parasitic oscillations in parallel power MOSFETs," *IEEE Trans. on ED*, Vol. ED-31, No. 7, 1984.
- [3] *Non Inductive Coaxial Shunts*, LEM S.A., 1212 Geneve, Svizterland.
- [4] Karaca, H., "Yüksek frekanslı akımlar için bir algılayıcı," *3e*, sayı 51, s.60-65, Ağustos 1998.
- [5] Stygar, W., "High frequency Rogovski coil response characteristics," *IEEE Trans. on Plasma Science*, Vol. 10, No. 1, pp. 41-44, 1982.
- [6] Karaca, H., Şenol, Y., "Aktif ve pasif entegratör devrelerinin uygulamaya yönelik bir karşılaştırması," *Endüstri & Otomasyon*, Sayı 23, s. 18-23, 1999.

TEST VE GÖRSEL DENETİM AMAÇLI ESNEK OTOMASYON SİSTEMİ GELİŞTİRME PROJESİ

Oktay Eldem, Elektronik Y. Müh.
ASELSAN A.Ş., PK.101, Y.Mahalle
06172, Ankara
E-mail: oeldem@hc.aselsan.com.tr

ABSTRACT

In this ATS (Automatic Test System), ATE (Automatic Test Equipment) and Automatic Handling has been successfully integrated to complete all tests including electrical, acoustic, visual and keypad performance of Mobile Communication Equipments.

1. GİRİŞ

Mobil Haberleşme Cihazlarının RF ve Audio performansı ile tuş takımının ve göstergenin çalışabilirliği müşteriye verilmeden önce test edilmesi gereken özelliklerdir.

ATE (Automatic Test Equipment) genelde haberleşme cihazlarının bir test yazılımı ile RF performans testlerini yapmak için kullanılan cihazlardır. Fakat buna karşın gösterge (display), ses performansı ve tuş testleri ise elle, gözle, kulakla yapılabilmektedir.

Bu testlerin otomatik olarak yapılabilmesi, haberleşme cihazının test sistemine yüklenip boşaltılması, test sonuçlarının kaydının tutulması için bir ATS (Automatic Test System) sistemine ihtiyaç vardır. Yurt dışında bazı çalışmalar bulunmakla beraber her firmanın kendi ürününe ve üretim prosesine uygun çözümleri olduğundan bunların internet ortamına veya akademik ortamlara yansımaları yok denecek kadar azdır.

İşte bu çalışmada, haberleşme cihazlarına uygulanması gereken tüm testlerin tam otomatik olarak, insandan bağımsız bir şekilde yapılması hedeflenmiştir.

2. TASARIM KRİTERLERİ

Hız

Test sisteminin gün boyu hiç durmadan (non-stop), insansız olarak çalışması istenmiştir.

Emniyet

ATS'nin test edilen cihazın arızası konusunda doğru karar vermesidir, yani arızalı cihaza sağlam veya sağlam cihaza arızalı kararı vermemesidir.

Bu kriteri sağlamak için özellikle standardı tanımlanmamış işletme testleri için (göstergenin parlaklığı, tuşlara basma kuvveti gibi) uzun süre veri toplanıp istatistiki bir analiz sonucunda karşılaştırma değerleri oluşturulabilmiştir.

Tekrarlanabilirlik

Aynı ürünün farklı zamanlarda ATS'de test edildiğinde hep aynı sonuçları vermesidir.

Bunu sağlamak için çevreden gelen bozucu etkileri (noise) en aza indirmek gerekmiştir. Test, RF ekranlı bir ortamda (RF Enclosure) yapılmaktadır. Ayrıca ışık, ses ve vibrasyona karşı da yalıtım sağlanmıştır. Cihazın test kabineye yerleştirilmesi ve konnektörlerin takılması otomatik olarak yapıldığı için giren her ürünün aynı koordinatta olması sağlanmıştır. Dolayısıyla test koşulları kontrol altında tutularak tekrarlanabilirlik artırılmıştır.

Güvenilirlik:

Sistemin arızalanma olasılığı tasarımda kullanılan eleman sayısının en az olması ve kaliteli malzeme kullanılması sayesinde artırılmıştır.

Kalibrasyon:

Çeşitli kalibratörler kullanılarak (RF ve akustik ölçüm hattı, ve ışık seviyesi için) sistemin kalibrasyon dosyaları oluşturulmaktadır. Ayrıca yüzde yüz çalıştığından emin olduğumuz bir haberleşme cihazı (Golden Unit) periyodik olarak sistemde test edilip önceki test sonuçlarıyla karşılaştırma yapılmakta böylece sistemin kalibrasyonu kontrol edilebilmektedir.

Test sonuçlarının LAN ortamına kaydedilmesi:

Test Yönetim Yazılımı (Test Management Software) test sonuçlarını ürünün üzerindeki barkodu okuyarak veri tabanına (database) kaydetmektedir.

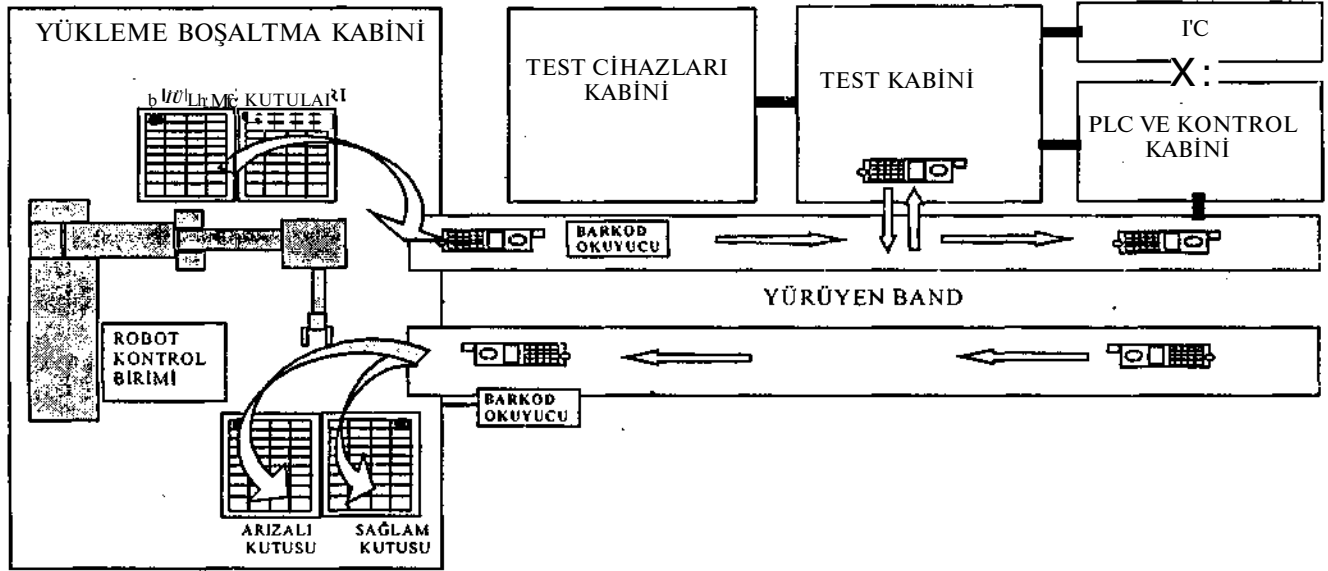
Bu sayede :

- Test sonuçlarına hızlı bir şekilde ulaşılabilmekte
- Hatalı ürün oranı, DPU (Defect Per Unit), FTY (First Time Yield) gibi raporlar anında alınabilmekte
- İyileştirme yapmak üzere kurulmuş Kalite Çemberi gibi ekiplere gerekli raporlar sunulabilmekte
- Yapılan testleri azaltmak üzere raporlar alınmakta
- Test sonuçlarının kontrol grafiği gibi istatistiksel grafikleri oluşturularak tasarım bölümlerine geri besleme verilebilmektedir.

özellikle tekrarlanabilirlik, hız ve emniyet kriterleri ancak bir otomasyon sistemi ile sağlanabilmektedir. *v

- 2- Otomatik yükleme boşaltma sistemi,
 - 3- Yürüyen band sistemi,
 - 4-Test cihazları kabini
 - 5- PLC ve kontrol devreleri kabini,
 - 6- Test kabini.
- Bu sistemi oluşturmak için 4 ayrı dilde software yazılmıştır
Bunlar:

- PLC de LADDER programlama dili ile
- PCdeLABVIEW ile
- PC de Visual C ile : Görsel denetim programı yazılmış, dll'e (Dynamic Link Library) dönüştürülüp LABVIEW ile kullanılmıştır.
- ROBOT da HARL3 programlama dili ile



Şekil 1. Otomatik Test Sistemi Blok Diagramı

1- Bilgisayar,

PC deki program aşağıda belirtilen işleri yapar:

- Test cihazlarının kontrolü; GPIB BUS "General Purpose Interface Bus" üzerinden IEEE488.1 protokolu ile ATE ile iletişim kurularak yapılır,
- Görsel denetim testleri; PC ye takılan bir "frame grabber" kartı ile görüntü alınır ve işlenir.
- PLC ile seri kanaldan (RS232) haberleşerek testleri sırayla yapar,
- ROBOT ile seri kanaldan (RS232) haberleşerek test sonuçlarını bildirir,
- Barkod okuyucu ile haberleşerek test sonuçlarını database'e yazar
- Kullanıcı ara birim işlevini sağlar, setting and monitoring,
- Test sonuçları kaydını tutar.

2- Otomatik Yükleme Boşaltma Sistemi

Yükleme boşaltma sistemi (Automatic Handling) robotla gerçekleştirilmiştir. Bunun için 4 eksenli SCARA ROBOT kullanılmıştır. Yükleme boşaltma işlemi genel hatlarıyla şöyle yapılmaktadır:

Giriş hattında cihaz olmadığı sürece robot besleme kutusundan cihaz olarak Giriş hattına yükler. Çıkış hattına cihaz gelmişse robot önce cihazın barkodunu okuyarak testten geçip geçmediğini öğrenir daha sonra ilgili kutuya testten geçememişse ters çevirerek, geçmişse düz olarak kutuların başlangıç konumlarından başlayarak yerleştirir

(siyah noktalı konumlar). Şayet sağlam veya arızalı kutulardan sadece bir tanesi dolarsa Robot cihazı boş olan kutuya kurala uyararak yerleştirmeye devam eder.

3- Yürüyen Band Sistemi

Yürüyen band sistemi giriş ve çıkış hattı olmak üzere 2 kısımdan oluşmuştur. AC motorlu, kayış sistemi ile çalışmaktadır. Üzerinde konum algılayan sensörler ve pistonlar ve barkod okuyucu vardır.

4- Test Cihazları Kabini

Test kabiniinde Haberleşme ihazlarının testlerini yapan ATE ler vardır.Bunlar Communication Analyzer, Digital Volt Metre, Power Supply gibi cihazlardır.

5-PLC ve Kontrol Kabini

Sistem 80 giriş 64 çıkışlıdır. Kullanılan PLC 12K word program variable kapasitesindedir ve güçlü komutlara sahip bir PLC dir. Aynı zamanda kullanıcı için seri haberleşme kanalı mevcuttur.

PLC programı genel olarak aşağıda belirtilen işleri yapmak üzere endüstriyel programlama dili olan LADDER ile programlanmıştır

- Yürüyen bandın kontrol edilmesi,
- Konnektörlerin cihaza takılıp çıkartılması,
- Tuşlara basılması ve Tuş testinin yapılması,
- PC ile seri kanal üzerinden haberleşmek,
- Görsel test için aydınlatma sisteminin kontrolü,
- Akustik devrelerin kontrolü,
- Sistemdeki arıza durumlarının algılanması ve uyarı

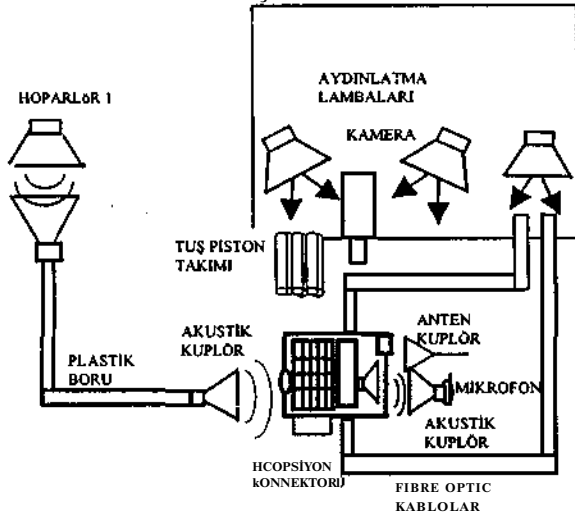
verilmesi.

6- Test Kabini

Test kabini çevreden gelen RF, akustik ve ışık gürültülerine karşı korunmalı olarak yapılmıştır. Yürüyen banttın gripper ile test kabini içine alınan cihaz, test fixture üzerine yerleştirilerek konumu sabitlenir, daha sonra konektörler takılarak aşağıda belirtilen testler sırayla uygulanır.

- 1) Akım testleri
- 2) Tuş takımı testi
- 3) Görsel testler
- 4) RF performans testleri
- 5) Akustik performans testleri
- 6) Anten testi

Şekil 2 Test Kabini Blok Şeması



1-) Akım Testleri

Haberleşme cihazının standby, on line konumlarında çektiği akım ölçülür.

2-) Tuş Takımı Testi

Tuşlara sırayla basılır, çıkan ses akustik kuplör ile algılanarak proses edilir ve seviyesi kontrol edilir.

3-) Görsel Testler

Görsel denetim birimi TÜBİTAK BİLTEN tarafından geliştirilmiştir.

Görsel denetim Sisteminde incelenen nesnenin boyutları ve kameradan uzaklığı kullanılan kameranın lens odak uzaklığını belirlemektedir. Ayrıca incelenmesi istenen en küçük parçacığın boyutlarında kameranın ve görüntü kartının duyarlılığını belirlemektedir. İstenmeyen gölgelerin ortadan kaldırılması için aydınlatma sistemine ihtiyaç vardır.

Mesaj testi, Çizik testi, Toz-Kıl testi olmak üzere 3 aşamalı test yapılmaktadır:

Uygulanan teste bağlı olarak displayin kendi ışığı, homojen aydınlatma veya fiber optik kablo ile yüzeyel aydınlatma uygulanır.

Karakterlerin doğruluk testi daha önce alınmış bir referans görüntüyle karşılaştırılarak yapılır. Diğer testlerde ise "edge detection" ve "threshold" teknikleri uygulanarak belli

boyutlarda çizik, kıl, vb.gibi bozulmalar olup olmadığı tespit edilir.

4-) RF Performans Testleri

RF testleri PC'de "LABVIEW" "Grahical Programming" dilinde yazılmış bir program ile "COMMUNICATION ANALYZER" kullanılarak otomatik olarak yapılır.

5-) Akustik Performans Testleri

Akustik testte yapay bir konuşma oluşturularak bir ses sinyali gönderilir ve geri alınır. Geri gelen sinyalin genlik ve distorsiyonu ölçülür.

Test iki aşamalı olarak yapılmaktadır.

1. aşamada, şemadan görüldüğü gibi, 1 kHz'lik bir sinyal hoparlöre (1) uygulanır ses sinyali akustik yolu izleyerek cihazın mikrofonuna ulaşır, cihaz bu sinyali modüle edip RF konektöründen COMMUNICATION ANALYZER (CA)'a gönderir, CA sinyali demodüle ve modüle edip tekrar RF konektörüne geri gönderir (opsiyon konektörü).

Demodüle edilen bu sinyal cihazın hoparlöründen duyulur.

Daha sonra bu sinyal cihazın hoparlörü üzerindeki akustik kuplör ile AUDIO ANALYZER'a uygulanarak distorsiyon ve genlik değerleri ölçülür.

2. aşamada ise ses sinyali bu sefer elektriksel olarak cihazın mikrofon girişine uygulanır (opsiyon konektöründen) ve yukarıda bahsedilen yolu izleyerek geri gelen sinyal hoparlör çıkışından (opsiyon konektöründen) elektriksel olarak algılanarak tekrar distorsiyon ve genlik değerleri ölçülür.

Böylece birinci aşamada cihazın mikrofon ve hoparlör performansı ikinci aşamada ise RF devreleri ile ses devrelerinin performansı ölçülmüş olur.

6-) Anten Testi

Bu testte anten çıkışı rf anten kuplör ile örneklenerek CA'ya uygulanır ve RF testleri yapılır.

4. SONUÇ

Geliştirme çalışmaları sonucunda Automation and Motion Control, ATE and Test Software, Image Acquisition and Machine Vision Inspection, acoustic coupler and Data Acquisition, Robot and Automatic Handling, MMI (Man Machine Interface) ve Test Result Database gibi sistemler entegre edilerek tam otomatik bir test sistemi tasarlanmıştır, gerçekleştirilmiş ve üretime aktarılarak Mobil Haberleşme Cihazları testinde kullanılmaya başlanmıştır.

Kaynaklar

1. The Economics of Automatic Testing, Brendan Davis, second edition McGraw-Hill Book Company.
2. Measurement and Automation Catalogue, National Instrument, 1997
3. Automation Systems Catalogue, Rockwell

DİFRAKSİYON TOMOGRAFİ DENEYLERİ İÇİN STEP MOTOR KONTROLLÜ DATA TOPLAMA DÜZENEGİ

Serkan AKSOY⁽¹⁾ .Ertuğrul KARAÇUHA⁽¹⁾ .Murat ŞEKER⁽¹⁾

⁽¹⁾ Elektronik Mühendisliği Bölümü
Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü
41400 Gebze/Kocaeli
E-mail: Saksoy@penta.gyte.edu.tr

ABSTRACT

This is a short description of data acquisition experimental setup by using step motors for diffraction tomography experiments. In these tomography experimental setups, it is necessary to collect data related to scattered electromagnetic field at different positions as one or two dimensions. It means that step motors for different positions must be managed and while motors are rotating, data is related to scattered electromagnetic field must be collected by using special software and computers card.

1. GİRİŞ

Difraksiyon tomografi teorisi ve deney düzenekleri, son yıllarda önemini artıran bir bilimsel saha görünümünü almıştır[1]. Bu method, yanına yaklaşılamayan cisimler ile ilgili bir takım özelliklerin bu cisimlerden saçılan alan bilgisi yardımı ile saptanmasını hedefler. Difraksiyon tomografi teorisi ile ilgili yoğun araştırmalar ve teorik gelişmeler ile birlikte, bu konuda deneysel bir takım çalışmaların yapılması pratik manada daha kolay ve mümkün olabilmektedir[2]. Bu tür deney düzenekleri günümüzde tıp, endüstriyel ve askeri amaçlı olarak kullanılmaktadır. Burada, difraksiyon tomografi düzeneklerinin genel manada nasıl kurulabileceği ve detaylı bir şekilde bu deney düzeneginde data yakalama ve step motor kontrol işlemlerinin senkronize bir biçimde yapılabilmesi için tasarlanan bir kontrol mekanizması aracılığı ile izlenebilecek bir yol anlatılmıştır.

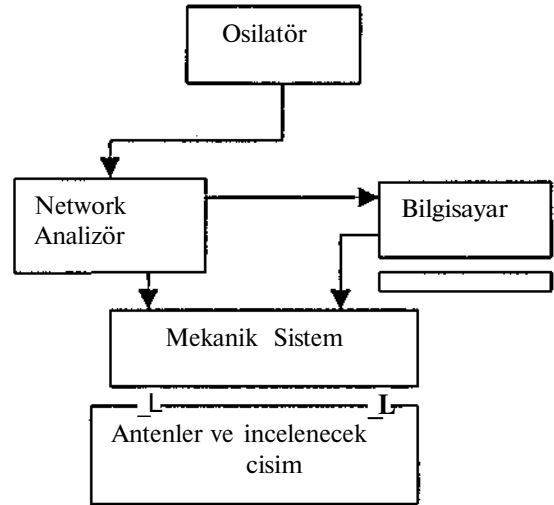
2. DENEY DÜZENEGİ İÇİN TEORİK ALT YAPI

Pratik manada difraksiyon tomografisi deney düzenekleri ile difraksiyon teorisinin ilişkilendirilmesi sonucunda, incelenecek olan cisimden saçılan elektromagnetik alan ile ilgili dataların bir veya iki boyutlu şekilde hareket edebilen mekanik sistemler aracılığı yardımı ile toplanması gerektiği anlaşılır[3]. Burada ki çalışmada yalnızca tek bir boyutta (düz bir hat boyunca) step motor ile hareket edebilen mekanik bir sistem ele alınmıştır.

3. DENEY DÜZENEGİ

Deney düzeneginin en önemli elemanı difraksiyon tomografisi teorisi ile ilgili olarak, saçılan elektromagnetik alanın genlik ve faz ifadelerinin ölçülmesini sağlayan network analizördür. Network analizörün ve tüm deney düzeneginin

beslenmesi için farklı frekanslarda işaret üretebilen osilatörler (frekans tarama yapabilen osilatörler) kullanılmaktadır. İncelenecek cisme elektromagnetik alanın gönderilip, saçılan alanın alınabilmesi için çalışılan frekans aralığına bağlı olarak farklı tipte alıcı ve verici antenler (horn antenler, prob antenler, geniş bantlı antenler, spiral antenler, bow-tie antenler) kullanmak mümkündür. Yine çalışma frekansına bağlı olarak antenler ve osilatör arasında bağlantının sağlanması için koaksiyel kablolar veya dalga kılavuzları kullanılabilir. Yukarıda bahsedildiği gibi difraksiyon teorisi açısından saçılan elektromagnetik alanla ilgili dataların toplanması pratik manada bir veya iki boyutta hareket edebilen mekanik sistemleri gerektirir. Bu ise bir kontrol problemi anlamına gelmektedir. Bununla birlikte saçılan alan ile ilgili data yakalama işleminde bu kontrol işlemi sırasında, uygun bir zamanlama ile yapılması gerekmektedir. Genel olarak bir difraksiyon tomografi deney düzenegi şekil 1'de gösterilmiştir.



Şekil 1. Genel olarak Difraksiyon Deney Düzenegi

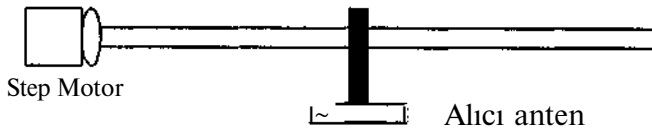
Antenler ve incelenecek cisim bloğu alıcı ve verici antenler ile incelenecek cismi içermektedir. Alıcı anten step motor ile birlikte hareket etmekte ve konuma göre bilgi toplanmaktadır. Verici anten ise sabitleştirilmiştir.

4. MOTOR KONTROLLERİ ve DATA YAKALAMA İŞLEMİ

Motor kontrol işlemlerinin yapılabilmesi için, ana motor sürücü devresinden başka PCL 812 tipinde özel bir kontrol ve data yakalama kartı kullanılmıştır[4]. Bu kart uygun zamanlamalı olarak hem analog - dijital dönüşümler yapabilmekte, hem de step motor için gerekli işaretleri üretebilmektedir. Tüm bu işlemler kart tarafından desteklenen bir programlama dili aracılığı (C++ veya Delphi) ile yapılabilir. Dolayısı ile buradaki en kritik elaman PCL812 laboratuvar kartı olmaktadır. Bu kartın gerçekleştirdiği bazı önemli fonksiyonları aşağıda verilmiştir.

- A / D dönüşüm : Analog datayı sayısalaya dönüştürür
- D/A dönüşüm: Sayısal datayı analoga dönüştürür
- Sayısal giriş : Sayısal bilgi girişi sağlar
- Sayısal çıkış : Sayısal bilgi çıkışı sağlar
- Analog çıkış : Analog bilgi çıkışı sağlar
- Zamanlayıcı ve sayıcı: Darbe çıkışı v.b. sağlar.
- Analog Çıkış Aralığı: 0-5 Volt, 0-10 Volt

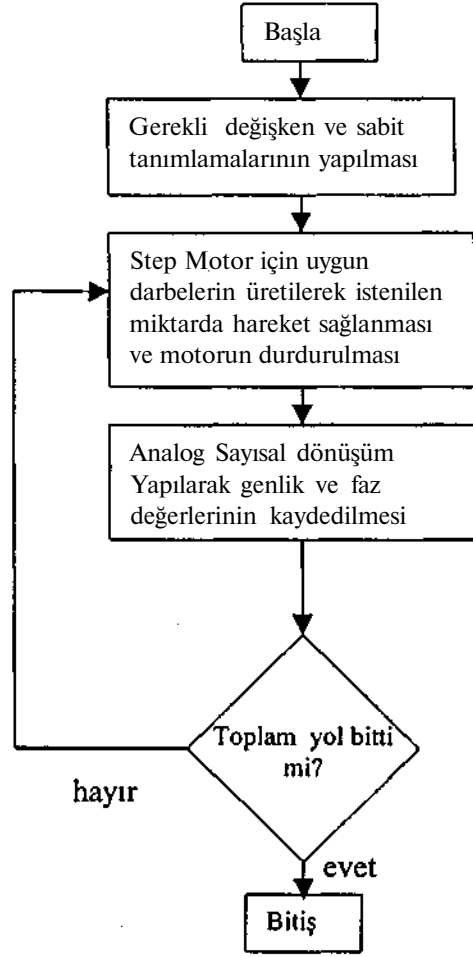
Step motorlar belirli bir yönde hareket edebilmek için, hareket miktarına bağlı olarak (0-5) volt arası değişen sürekli ve belirli sayıda darbelerle ihtiyaç duymaktadırlar. Bu darbelerin frekansı (f) motor hızını, sayısı ise hareket miktarını belirlememize yardımcı olur. PCL812 çok amaçlı laboratuvar kartının zamanlayıcı ve sayıcı çıkışları kullanılarak istenilen hareket miktarı için gerekli sayıda ve motor için uygun frekansta sürekli darbeler üretilerek step motorun bir hat üzerinde belirli bir yönde ilerlemesi sağlanabilmektedir. Step motor hareket yönünün değiştirilmesi ve herhangi bir zamanda durdurulması için de girişlere sahiptir. Bu girişlerden yön girişine 5 V uygulanarak step motorun söz konusu hattın bitişinde geri yönde hareket ederek başa gelmesi sağlanabilmektedir. Bu işlem aşamasında limitleme anahtarlarından da yararlanmak mümkün olabilir. Step motorun her bir hareketinden sonra step motor durdurularak, network analizörden gelen genlik ve faz bilgileri, PCL812 kartının analog-sayısal dönüşüm özelliği kullanılıp yakalanarak, kaydedilmektedir. Söz konusu mekanik sistem genel olarak şekil 2'de gösterilmiştir.



Şekil 2.Step Motor hareket sistemi

Step motor ile alıcı anten arasındaki bağlantı sonsuz bir dişli yardımı ile sağlanmıştır. Burada en önemli işlem adımı tüm bu anlatılanların bir softvare yardımı ile kontrol edilebilmesidir. Bu softvare ile ilgili blok diyagram şekil 3'de gösterilmiştir. Söz konusu softvare yardımı ile step motorun sonsuz dişli üzerindeki hareket miktarı ayarlanabilmekte, her step motor adımında alıcı anten yardımı ile toplanan ve saçılan alan ile ilgili olan elektromagnetik alan ifadesinin genlik ve faz değerleri görülebilmektedir. Toplanan genlik ve faz bilgileri ayrı ayrı dosyalara halinde kayıt edilmekte ve daha sonraki teorik işlemler için hazır halde olmaktadır. Diğer bir

konuda data yakalama için kullanılan tarama aralığıdır. Tarama aralığı ne kadar sık olursa, sonuçlarda o kadar iyi olacaktır. Bu nedenle yazılan softvare'in tarama aralıklarını ayarlama yeteneğini kullanıcıya sağlaması gerekmektedir



Şekil 3. Kontrol softvare için blok diyagram

5. SONUÇLAR

Burada tek boyutlu olarak hareket edebilen ve her bir hareket adımında data toplanma işlemi gerçekleştirilen bir sistem üzerinde çalışılmıştır. Böyle bir sistemin genel manada nasıl kurulabileceği, gerekli softvare'in nasıl yazılabileceği ve ne tür elektronik kartlara ihtiyaç duyulacağı özlü bir şekilde anlatılmaya çalışılmıştır. Bu tür deney düzenekleri özellikle tıpta X ışını tomografisinde, askeri alanda birçok özel uygulamada ve araştırma ile ilgili laboratuvarlarda yeni gelişmelerin kaydedilmesi için kullanılmaktadırlar..

6. KAYNAKÇA

- [1]A.J.Demoy,"Current Research Topics in Diffraction Theory",Inv.Prblm in Scattering and Image.,pp 47 - 48.1992
- [2]A.A.Vertiy,S.P.Gavrilov,"Application to Tomography Method in mm waveband.II Experimental",Int Journ. of Infrared and Millimeterwaves, V. 18,N.9,1997.
- [3]M.Slaney,A.C.Kak,L.e.Larsen,"Limitations with first order Diffraction Tomography,"IEEE Microwave theory and techniques, Vol.32,No:8,1984.
- [4]PLC812 Labcard application guide,Advantech Comp.USA

GELİŞEN TEKNOLOJİ KARŞISINDA

ELEKTRİK MÜHENDİSLİĞİ EĞİTİMİNDE YENİDEN YAPILANMA GEREĞİ

Erol İNELMEN

Eğitim Fakültesi

Boğaziçi Üniversitesi

80815 İstanbul

E-mail: inelmen@boun.edu.tr

ABSTRACT

Fast changes in modern technology requires that electrical engineering be re-invented to meet the demands on the next century. Both the content of the courses offered and the methods used in educating young engineering must be changes. A life-long approach that includes extracurriculum activities centered on project based learning must be implemented. Project based learning requires that the teachers acts as consultants to the students to motivate them during the sometimes arduous stages of the work. Students who are used to classical educational methods may find this new approach sometimes frustrating. Lack of Information in the available sources may require that the students develop a more creative approach. Experience gained by the author in implementing an integrated approach to electrical engineering is proving to be prospects in the future every party involved in the education chain reacts favorably to the needs for change. Teachers should be aware that learning must take place in an environment where a holistic view of knowledge—from the atom to the galaxy—is recognized.

1. GİRİŞ

Teknolojinin başdöndürücü gelişmeleri karşısında üretim yapan ve hizmet veren kuruluşlar, yeni ekonomik ve sosyal şartlara uyum sağlamak amacı özel gayret gösterirken hükümetler yeni stratejiler ve politikalar benimsemektedir [1]. Bu gelişmelere paralel olarak kaliteyi ön plana alan eğitim kurumları, ders programlarında ve uygulanan öğretim yöntemlerinde yeni bir anlayış aramaktadırlar [2]. Tartışmaların başladığı 80'li yıllarında, yetiştirilen yöneticilerin artık sadece "bilge kişilerin" olmadıkları, "amaçları olan kişiler" ve gerçekleri farklı şekilde yorumladıkları gözlenmiştir. Bu sebeple çağdaş tekniklerin zor problemleri çözmekte beklentileri karşılamadığını öne sürülmektedir. Bu eksikliği gidermek amacı ile uzmanlar, a) değişik görüşlere sahip olan taraflar arasında işbirliği yapmaları, b) bilgi eksikliği ve belirsizliklerin olduğunu bilerek, gerçekleri yorumlamaları, c) problemleri çözmede sosyal yönü dikkate alan yöntemler kullanmaları, d) değişik ihtisas alanların uzmanların görüşlerini almak ve değerlendirebilmeleri için, yöneticilere yardımcı olmaları gerektiği savunulmaktadır [3],[4],[5],[6].

Yazıda proje merkezli öğrenimin özellikleri açıklandıktan sonra Hava Harp Okulunda yapılan bir uygulamadan söz edilmektedir. Eğitim uygulamalarında yeni sayına bu yöntemin tam olarak başarılı olabilmesi için sonuç bölümünde öneriler yapılmaktadır.

2. PROJE MERKEZLİ ÖĞRENİM

Mühendislik okullarda genellikle uygulanan eğitim yaklaşımında öğrenciler dinleyici olarak görev almaktadır. Öğrenme süreci içinde öğrenci, ancak sınavlar için hazırlık veya uygulama çalışmaları sırasında aktif bir konumu olmaktadır. Tıp fakültelerinde olduğu, mühendislik öğrencisi gerçek bir ortam ile karşılaşmamaktadır, staj süresi ise çok yetersiz kalmaktadır. Klasik eğitim tarzına karşın "proje merkezli öğrenim" bir alternatif olarak düşünülmektedir.

Proje merkezli eğitim uygulandığı ortamlarda, öğretmenlerin rolü büyük ölçüde değişmektedir. Bilgi veren kişi olmaktan çıkan öğretmen, danışman olarak eğitim sürecine katılmaktadır. Öğrenciler ufak gruplar halinde aldıkları projeleri -önceden belirlenmiş bir iş programına göre-hazırlamaları beklenmektedir. Öğretmenin hızla değerlendirdiği haftalık gelişme raporları geri besleme olarak öğrencilerine değerlendirme notu ile iade etmesi gerekmektedir.

Uçak iniş takımı tasarım ve üretimi örnek olarak alacak olursak (Şekil 1.) önce elemanların temel mühendislik analizleri yapıldıktan sonra bir kontrol sistemi tasarımı yapılmalıdır. Üretim ve test çalışmaları içine alan proje raporunda öğrenci mesleği ile ilgili bütün temel bilgileri uygulama fırsatı bulmaktadır. Drexel Üniversitesi'nden beş yıl önce başlatılan çalışmalar başarılı neticeler vermiştir.

3. BİR UYGULAMA

Hava Harp Okulu'nda 1996-1997 akademik yılında Mühendisliği Bölümü ikinci sınıf öğrencilerine verilen mesleğe giriş dersinde "proje merkezli" bir eğitim yöntemi uygulanmıştır. İlerde sanayi-üniversite işbirliğini artırılacağını düşünerek, dönem içinde yapılan öğrenime dönük

uygulamalar üç başlık altında toplanabilir:

a. *ön bir çalışma*

Öğrencileri tanımak ve "projeye merkezli" bir ödevin nasıl hazırlanması göstermek amacı ile her harbiyeliye incelemek üzere o zamana kadar yayınlanmış olan okul dergilerinden bir bölüm verilmiştir. Çalışmalarda kendilerine yardımcı olacağını düşününerek, öğretmenin o sıralarda bir mühendislik kongresinde sunmak üzere hazırlanmış olduğu bildirin bir kopyesi verilmiştir. Bir hafta içinde tamamlanan ödevin hazırlık çalışmaları sırasında, öğrenciler pek çok teknik konular ile "tanışma" fırsatı bulmuştur.

b. *Dönem ödevi*

Üç sınıfta toplanan ikinci sınıf öğrencileri için ayrı "dönem ödevi" kararlaştırılmış ve her hafta yapılan çalışmalar öğretilerine yazılı olarak sunulmuştur. Projeler çok çeşitli alan ve konular arasından -revir, uzay merkezi, terzi atölyesi gibi- seçilmiştir. Problemi daha iyi irdelemek amacı ile, kullanılmak olan ders kitabında açıklanan konulara paralel olarak bir çalışma yapılmıştır. Konu ile ilgili veri toplama tamamlandıktan sonra bir yerleşime planı hazırlanmıştır. Hazırlanan yerleşime planı dikkate alarak zaman etüdü ve maliyet analizleri sırası ile yapılmıştır.

c. *Sözlü Sunuşlar*

Öğretmenler Günü olan 24 Kasım tarihinde yapılan tören sırasında gelecekte yönetici olacak olan öğrencilerin toplum karşısında hitap etmek ihtiyacı duyacaklarını düşünerek, dönemin son iki haftası sözlü sunuşlar için ayrılmıştır. Sunuşlar sırasında harbiyeliler üstün yeteneklerini göstermişlerdir. Okulun laboratuvarlarını tanıtmak amacı ayrılan bir haftalık süreden sonra öğrenciler ile vedalaşma amacı ile son ders sırasında okulun kütüphanesinde bir tören yapılmıştır .

4. BULGULAR

Bir önceki bölümde açıklanan uygulamadan elde edilen bulgular üç başlık halinde özetlenebilir. Sanayi-üniversite işbirliğine dayanak bir "proje merkezli öğrenim" uygulaması sayesinde ilerde "bütünleşik" bir eğitim programı geliştirilebilir (Tablo 1 ve 2).

a) *Mühendislik bölümleri arasındaki duvarların kaldırılabilir.*

Ekonominin ihtiyaç duyduğu ürünleri yaratacak üretim sistemlerin geliştirmek amacı ile otomasyon alanındaki çalışmalar geneleksen mühendislik dalların -makine, elektrik, kimya, endüstri, inşaat ve bilgisayar- arasında daha fazla işbirliğinin sağlanması için "mekatroniks" gibi bilim dalların geliştirilmesi düşünülmelidir.

b) *Araştırma ve eğitim çalışmaları arasında koordinasyonun sağlanabilir.* Üniversitelerde yürütülen araştırma ve eğitim faaliyetleri bütünleştirmek amacı ile endüstri mühendisleri öğrencilerin her dönemde proje çalışması yapması için ders programlarında değişikliklerin yapılması gerekmektedir [7], [8]. Bu konuda, ABD

Ulusal Bilim Vakfı [NSF] ilgi duyan üniversitelerin kullanabileceği bir araştırma fonu tahsis etmiş bulunuyor.

c) *Üniversite sanayi işbirliğinin olanakları geliştirilebilir.*

Endüstri mühendislerin daha iyi yetişmeleri için sanayiden sağlanacak projelerin üniversitelerde geliştirilmesi için devletin olanaklar sağlanması bekleniyor. Bu konuda başarılı örneklerin tanıtılması -esnek üretim sistemlerinde kullanılacak robotların tasarımı- çalışmaları hızlandıracaktır.

Hızlan gelişen teknolojiler karşısında mühendislik eğitimden yeniden yapılanmaya gidilmesi en kısa zamanda gerekmektedir.

5. SONUÇ

Dünya teknolojik gelişmelere paralel olarak hızlı ekonomik ve toplumsal değişimlere sahne olmaktadır. Eğitim yöntemleri bu değişime uygun olarak yeniden yapılarak daha kaliteli elemanların yetiştirilmesine gayret gösterilmektedir. Uygulanma başlanan "proje merkezli öğrenim" yöntemi sayesinde, fertler daha özerk olarak yetişmektedir. Hayat boyunca öğretimi teşvik edilen bu yöntemde, öğretmen kılavuzluk görevi yapmaktadır. "Proje merkezli öğrenim" yöntemi bütün eğitim sürecinde uygulandığı takdirde eğitim kalitesini artıracak sonuçları daha kısa bir zamanda elde edilmiş olacaktır.

6. KAYNAKÇA

[1] Kaynak, O. and Sabanovic, A., "Diffusion of New Technologies Through Appropriate Education and Training" presented at the Diffusion of New Technologies Conference, St.Petersburg, 1994.

[2] Kar, A.K. and Yilbas, B.S., "Reengineering the Engineering Schools", presented to The Fourth Saudi Engineers Conference, Jeddah, 1995.

[3] Yerlici, V. "An Interdisciplinary Approach to Engineering Curriculum", *Proceedings of the 16th International Symposium, International Societyfor Engineering Education (IGIP)*, Leuchtturm-Verlag, pp.512-516, 1987.

[4] Yerlici, V. "A Different Approach to Formal Engineering Education", *Proceedings of the 18th International Symposium, International Societyfor Engineering Education (IGIP)*, Leuchtturm-Verlag, pp.130-133, 1989.

[5] Yerlici, V. "New Approaches in Engineering Education", *Proceedings of the East-West Congress on Engineering Education*, The Australasian Association for Engineering Education, Cracow., pp. 300-303, 1991.

[6] Yerlici, V. "The place of teaching and research in engineering education", *Ingenieur Pedagogik Drücke Zwischen Lehre andForshung*, A.Melezinek, G. Kurz (eds.), Leuchtturm-Verlag, pp.297-300, 1993.




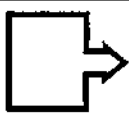
[7] Yetiş, N. "Üniversite Sanayi işbirliği" Marmara Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi Raporu, 1995.

[8] Yetiş, N. "Sanayinin Mühendislik Eğitiminden Beklentileri", Marmara Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi Raporu, 1996.

Tablo 1. Outline Proposal for a Automatic Control Course

Week	Area	Lecture	Laboratory	Project
1	Introduction	Outline	Documentation	Library
2	Modelling	Components	Basic	Drilling
3		Parameters		Milling
4		Simplification		Processing
5	Stability	Time-response	Application	Radar
6		Frequency-response		Crane
7		(cont)		Robot
8	Compensation	Phase-lead	Input/output	Car
9		Phase-lag		Ship
10		Design		Aeroplane
11	Fieldtrip	Mechatronics	Airflight-simulator	Powerhouse
12	Conclusion	Classical	Digital	Modern

Tablo 2. Classification of Undergraduate Program Levels

<u>Year</u>	<u>Subicct</u>	<u>Rem ark</u>	<u>Symbol</u>
<i><u>Freshman</u></i>	Description	Components	
<i><u>Sophomore</u></i>	Analysis	Devices	
<i><u>Junior</u></i>	Synthesis	Models	
<i><u>Senior</u></i>	Simulation	Systems	

uygulamalar üç başlık altında toplanabilir:

a. *Ön bir çalışma*

Öğrencileri tanımak ve "projeye merkezli" bir ödevin nasıl hazırlanaması göstermek amacı ile her harbiyeliye incelemek üzere o zamana kadar yayınlanmış olan okul dergilerinden bir bölüm verilmiştir. Çalışmalarda kendilerine yardımcı olacağını düşününerek, öğretmenin o sıralarda bir mühendislik kongresinde sunmak üzere hazırlamış olduğu bildirin bir kopyesi verilmiştir. Bir hafta içinde tamamlanan ödevin hazırlık çalışmaları sırasında, öğrenciler pek çok teknik konular ile "tanışma" fırsatı bulmuştur.

b. *Dönem ödevi*

Üç sınıfta toplanan ikinci sınıf öğrencileri için ayrı "dönem ödevi" kararlaştırılmış ve her hafta yapılan çalışmalar öğretilerine yazılı olarak sunulmuştur. Projeler çok çeşitli alan ve konular arasından -revir, uzay merkezi, terzi atölyesi gibi- seçilmiştir. Problemi daha iyi irdelemek amacı ile, kullanılan olan ders kitabında açıklanan konulara paralel olarak bir çalışma yapılmıştır. Konu ile ilgili veri toplama tamamlandıktan sonra bir yerleşime planı hazırlanmıştır. Hazırlanan yerleştirme planı dikkate alarak zaman etüdü ve maliyet analizleri sırası ile yapılmıştır.

c. *Sözlü Sunuşlar*

Öğretmenler Günü olan 24 Kasım tarihinde yapılan tören sırasında gelecekte yönetici olacak olan öğrencilerin toplum karşısında hitap etmek ihtiyacı duyacaklarını düşünerek, dönemin son iki haftası sözlü sunuşlar için ayrılmıştır. Sunuşlar sırasında harbiydiler üstün yeteneklerini göstermişlerdir. Okulun laboratuvarlarını tanıtmak amacı ayrılan bir haftalık süreden sonra öğrenciler ile vedalaşma amacı ile son ders sırasında okulun kütüphanesinde bir tören yapılmıştır .

4. BULGULAR

Bir önceki bölümde açıklanan uygulamadan elde edilen bulgular üç başlık halinde özetlenebilir. Sanayi-üniversite işbirliğine dayanak bir "proje merkezli öğrenim" uygulaması sayesinde ilerde "bütünleşik" bir eğitim programı geliştirilebilir (Tablo 1 ve 2).

a) *Mühendislik bölümleri arasındaki duvarların kaldırılabilir.*

Ekonominin ihtiyaç duyduğu ürünleri yaratacak üretim sistemlerin geliştirmek amacı ile otomasyon alanındaki çalışmalar geneleksen mühendislik dalların -makine, elektrik, kimya, endüstri, inşaat ve bilgisayar- arasında daha fazla işbirliğin sağlanması için "mekatroniks" gibi bilim dalların geliştirilmesi düşünülmelidir.

b) *Araştırma ve eğitim çalışmaları arasında koordinasyonun sağlanabilir.*

Üniversitelerde yürütülen araştırma ve eğitim faaliyetleri bütünleştirmek amacı ile endüstri mühendisleri öğrencilerin her dönemde proje çalışması yapması için ders programlarında değişikliklerin yapılması gerekmektedir [7], [8]. Bu konuda, ABD

Ulusal Bilim Vakfı [NSF] ilgi duyan üniversitelerin kullanabileceği bir araştırma fonu tahsis etmiş bulunuyor.

c) *Üniversite sanayi işbirliğinin olanakları geliştirilebilir.*

Endüstri mühendislerin daha iyi yetişmeleri için sanayiden sağlanacak projelerin üniversitelerde geliştirilmesi için devletin olanaklar sağlanması bekleniyor. Bu konuda başarılı örneklerin tanıtılması -esnek üretim sistemlerinde kullanılacak robotların tasarımı- çalışmaları hızlandıracaktır.

Hızlan gelişen teknolojiler karşısında mühendislik eğitimden yeniden yapılanmaya gidilmesi en kısa zamanda gerekmektedir.

5. SONUÇ

Dünya teknolojik gelişmelere paralel olarak hızlı ekonomik ve toplumsal değişimlere sahne olmaktadır. Eğitim yöntemleri bu değişime uygun olarak yeniden yapılarak daha kaliteli elemanların yetiştirilmesine gayret gösterilmektedir. Uygulanma başlanan "proje merkezli öğrenim" yöntemi sayesinde, fertler daha özerk olarak yetişmektedir. Hayat boyunca öğretimi teşvik edilen bu yöntemde, öğretmen kılavuzluk görevi yapmaktadır. "Proje merkezli öğrenim" yöntemi bütün eğitim sürecinde uygulandığı takdirde eğitim kalitesini artıracak sonuçları daha kısa bir zamanda elde edilmiş olacaktır.

6. KAYNAKÇA

[1] Kaynak, O. and Sabanovic, A., "Diffusion of New Technologies Through Appropriate Education and Training" presented at the Diffusion of New Technologies Conference, St.Petersburg, 1994.

[2] Kar, A.K. and Yilbas, B.S., "Reengineering the Engineering Schools", presented to The Fourth Saudi Engineers Conference, Jeddah, 1995.

[3] Yerlici, V. "An Interdisciplinary Approach to Engineering Curriculum", *Proceedings of the 16th International Symposium, International Societyfor Engineering Education (IGIP)*, Leuchtturm-Verlag, pp.512-516, 1987.

[4] Yerlici, V. "A Different Approach to Formal Engineering Education", *Proceedings of the 18th International Symposium, International Societyfor Engineering Education (IGIP)*, Leuchtturm-Verlag, pp.130-133, 1989.

[5] Yerlici, V. "New Approaches in Engineering Education", *Proceedings of the East-West Congress on Engineering Education*, The Australasian Association for Engineering Education, Cracow,, pp. 300-303, 1991.

[6] Yerlici, V. "The place of teaching and research in engineering education", *Ingenieur Pedagogik Brücke Zwischen Lehre and Forshung*, A.Melezinek, G. Kurz (eds.), Leuchtturm-Verlag, pp.297-300, 1993.

[7] Yetiş, N. "Üniversite Sanayi işbirliği" Marmara Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi Raporu, 1995.

[8] Yetiş, N. "Sanayinin Mühendislik Eğitiminden Beklentileri", Marmara Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi Raporu, 1996.

TÜRKİYE ELEKTRONİK SANAYİİ VE ÖNEMİ

Prof.Dr.A.Hamit SERBEST
Elektrik ve Elektronik Mühendisliği Bölümü
Çukurova Üniversitesi
Adana

Cem EYERCI
Devlet İstatistik Enstitüsü Başkanlığı
Bölge Müdürlüğü
Adana
E-mail: cem.eyerci@die.gov.tr

ABSTRACT

Although electronic industry has a big worldwide importance and is one of the necessities of industrial development, it is not yet developed in Turkey as desired. In this work Turkish electronic industry is studied and its structure is explained by emphasizing its importance. Some suggestions are made which will help to reach the required development rate and create an overall improvement in Turkish industry.

1. GİRİŞ

Sanayi toplumundan bilgi toplumuna geçişi yaşadığımız bugünlerde, bu geçişin her alanda lokomotifliğini yapan elektronik, bütün ayrıntılarıyla hayatın içinde yerini almıştır. Gerek tüketim malzemesi olarak hayatı kolaylaştıran ürünlerde doğrudan ve gerekse hizmet, ticaret ve imalat süreçlerinde sağladığı kolaylıklarla tüm sektörlerde dolaylı şekilde kendini ortaya koymaktadır.

Buna bağlı olarak yüzyılın ikinci yarısında yoğun şekilde ortaya çıkan ve son 20 yılda büyük mesafe kateden elektronik sanayiinde etkin olma çalışmaları tüm dünya ülkeleri için kaçınılmaz olmuştur.

Türkiye'de de bu süreç işliyor olmakla birlikte teknolojik alıyapının yetersiz oluşu ve başka sebepler Türk elektronik sanayiini dünya ortalamalarının gerisinde bırakmıştır. Büyük ölçüde devlet eliyle yapılan ilk yatırımların ardından özel sektör alana ilgi göstermiş ise de gelinen noktanın yetersizliği ve bu konuda daha ciddi girişimler yapılmasının gerekliliği konuyla ilgili herkesin ortak görüşüdür. Bununla birlikte sektörün bugünkü konumu ve taşıdığı önem konusunda yeterli bir bilinç oluşmamıştır.

2. ELEKTRONİK SANAYİİ, ÖNEM VE NİTELİKLERİ

2.1 Elektronik Sanayiinin Önemi

Bugün hemen hemen tüm tekoekonomistler elektroniğin, büyük önem kazandığı görüşündedirler[1]. Öyle ki, elektronik sanayi akla gelebilecek hemen her alanda insanların hizmetine sunduğu ürünler ile hayat standardını yükseltmekte; asıl önemlisi, ekonomik faaliyetlerin temel hedefi olan kısıtlı kaynakların en yüksek verimle kullanılmasını sağlamaktadır.

Elektronik sanayii ürünleri, yatırım maUan üretiminde kullanılmakta ve kullanıldıkça nesne, yöntem ve süreçleri değiştirmektedir. Bunu sağlayan nitelikler şu şekilde ifade edilebilir[^]]:

- Bilginin hızlı işlenmesi ve bunun sonucu olarak kalite, kapasite ve maliyete önemli katkı sağlanması.
- Aynı tasarımın değişik uygulamalarda kullanılabilmesi. (Programlanabilme)
- Elektronik dışı sektörlerde tasarım, üretim ve süreç denetimi safhalarında doğrudan etkili olması.

Bu nitelikler sanayileşme sürecini doğrudan etkilemektedir. Bu nedenle, bu ve buna benzer konumdaki sanayi sektörleri "lokomotif sektör" olarak adlandırılmaktadır. Bu sektörlerin, diğer sanayi sektörleri ile olan girdi-çıkıtı ilişkilerinden doğan etkileri, o sektörler üzerinde güçlüdür[1].

Yaşadığımız dönemin "Bilgi Çağı" veya günümüz toplumunun "Bilgi Toplumu" şeklinde adlandırılmasını sağlayan tüm araçların elektronik sanayii ürünü olması sektörün bugün için ne ifade ettiğini çok iyi açıklamaktadır. Bütün bunlar elektronik sanayiini stratejik bir sektör olarak karşımıza çıkartmaktadır. Elektronik üzerine kurulu teknolojik bir değişimin gelişmekte olan ülkeler için kalkınma yolunda kurtarıcı olacağı fikri yaygın olarak savunulmakta, ülkelerin gelecekteki büyüme hızları ve uluslararası pazar paylarını bu sektördeki becerilerinin belirleyeceği düşünülmektedir.

2.2 Elektronik Sanayiinin Temel Nitelikleri

Elektronik sanayiinin altsektör bazında farklılık göstermekle birlikte bazı temel nitelikleri vardır. Bu nitelikler maddeler halinde şu şekilde ifade edilebilir[3]:

- Sektör sermaye yoğunudur.
- Büyük Ar-Ge harcaması gerektirir.
- Elektronik sanayii altsektörlerinin ekonomik ve teknolojik olarak birbirlerine yüksek bağımlılığı vardır.
- Geniş ürün yelpazesi vardır.
- Ar-Ge, üretim, satış, pazarlama ve teknoloji konularında şirketler arası yoğun işbirliği gereklidir.
- Üretim ve pazarlamada ölçek bütün dünya pazarıdır.
- Teknoloji hızlı yayılmakta, dolayısıyla sektörün kendini hızlı yenilemesi gerekmektedir.

3. TÜRKİYE ELEKTRONİK SANAYİİ

19. Yüzyılın sonlarında, Osmanlı Devleti PTT fabrikasında telgraf cihazları üretiliyordu[2].

1954 Yılındaki Sanayi Bakanlığı'mn montaj talimatnamesi sonucu radyo montajı ile gerçek anlamda oluşmaya

başlayan sektör bugüne kadar çoğunlukla tüketici elektroniği, kısmen de telekomünikasyon alanlarında gelişme göstermiştir.

Tüketici cihazları üretiminin tamamını gerçekleştiren özel sektör, özellikle 1968'de başladığı televizyon cihazı üretiminde bugün yakaladığı kalite ve ihracat potansiyeli ile göze çarpmaktadır[4].

Telekomünikasyon cihazlarının kullanıcısı olan PTT (Bugünkü Türk Telekom) aynı zamanda bu cihazların üreticisi ve geliştiricisi olmuş ve ardından yaptığı özel sektör ortaklıkları ile sektörün işletmeciliğini yürütmüştür.

Bu iki allsektörün dışındaki ailsektörlerde ciddi bir gelişim sağlanamamış, gelişen altsektörlere yönelik bir yan sanayinin de oluşmadığı görülmüştür. Üretim hedefi balonundan yatırımın gerekliliği tartışılabilir olmakla beraber Testaş[2] gibi bileşen üretimine ve Tüpko[4] gibi yan sanayiye yönelik girişimler başarısızlıkla sonuçlanmıştır.

Sektörün gelişimini sağlamak amacıyla çeşitli çalışmalar yapılmış, sektörün önemi değişik zamanlarda yapılan araştırma ve toplantılarda vurgulanarak alınması gereken önlemler belirtilmiştir, ancak ilgililer bu değerlendirmeleri gerekli hassasiyetle ele almamış veya alamamışlardır.

Elektronik sanayii sektörü üretimi son yıllarda reel olarak artmakta ve imalat sanayii üretimi içindeki payını yükseltmektedir. 1968 Yılında 35 milyon ABD doları olan sektör üretiminin, imalat sanayii üretimi içindeki payı %1.5 iken, 1997'de 2 180 milyon ABD dolarına ulaşan üretim tutarının imalat sanayii üretimi içindeki payı %2.9 olmuştur[2,5,6]. Ancak bu seviye dünya ölçeğinde yeterli değildir.

Sektörde verimlilik (çalışan basma sağlanan kalma değer) imalat sanayii ortalamasının üstündedir. Sektörün önemli kısmını oluşturan Uluslararası Standart Sanayii Sınıflamasına göre 3832 kodlu "Radyo, Televizyon ve Haberleşme Aygıtları Sanayii" (RTHAS) kolunda 1995 yılında çalışan kişi başına yaratılan katma değer 65.0 bin ABD doları iken, bu değer, imalat sanayiinde 40.5 bin ABD dolarıdır[7].

Sektörün çalışan basma yaptığı brüt ödeme imalat sanayii ortalamasının iki katına yakındır. İmalat sanayiinde, 1995 yılında, kişi başına ortalama 6 300 ABD doları yıllık brüt ücret ödenirken; RTHAS kolunda 11 800 ABD doları ödenmiştir^].

Devlet payı, imalat sanayii bütünü ile karşılaştırıldığında çok düşüktür. Sektörün tamamıyla özel sektör niteliği taşıdığı söylenebilir. 1995'de RTHAS kolunda çalışanların %97.7'si özel sektörde iken, sağlanan katma değerinin %95.2'si yine özel sektörde sağlanmıştır[7].

Sektörün kapasite kullanım oranı düşüktür. Kapasite kullanımını 1996'da RTHAS kolunda %66.4 olarak gerçekleştirmiştir. Bunun en büyük sebebi iç pazar yetersizliğidir[8].

Sektörün niteliği itibarıyla başka ekonomik faaliyetlerle yüksek girdi-çıkıtı ilişkisi olması beklenirken; bu, yeterli düzeyde gerçekleşmemektedir. Özellikle inalat sanayiinde çıktı verdiği sektör sayısı ve çıktı miktarı, olması gerekenin çok altındadır[9]. Bu, Türkiye elektronik sektörünün ülke yatırım ve üretim süreçlerinde yeterince yer almadığı anlamına gelir.

Sektör ürünlerinin ihracatı artmakla birlikte, bu artış sektör ithalatını karşılamaktan çok uzaktır. Sektörün toplam ihracat içindeki payı artma eğilimindedir. 1985 Yılında 56 milyon ABD doları ile toplam Türkiye ihracatının %0.7'sini oluşturan sektör ihracatı, 1997 yılında 849 milyon ABD doları ile

toplam ihracatın %3.2'lik payına sahip olmuştur. 1997 Yılında sektör ihracatının sektör ithalatını karşılama oranı %3.4'tür. Sektör dış ticaretinin büyük kısmı Avrupa ülkeleri ile yapılmaktadır[5,10].

Sektörün giderek artan bir ithalat bağımlılığı (sektör ithalatının sektör üretimine oranı) vardır. 1969 Yılında %74.3 olan ithalat bağımlılığı 1997 yılında %178.2'ye yükselmiştir[2].

Sektörde yoğunlaşmanın yüksek olduğu göze çarpmaktadır. 1994 Yılında RTHAS kolunda 4 işyerinin piyasa payı %58.4 ve 8 işyerinin piyasa payı %87.9 olarak gerçekleşmiştir[8]. Bu değerler sektördeki işyeri büyüklük yapısının küçük ve orta ölçekli işyerleri aleyhine dengesiz olduğunu göstermektedir.

Türkiye ticari kesim ve imalat sanayii Ar-Ge faaliyetlerinin en büyüğü olan sektör Ar-Ge'si yeterli değildir. 1995 Yılında 46.3 milyon ABD doları tutarında Ar-Ge harcaması olan RTHAS kolunun bu harcaması imalat sanayii toplam Ar-Ge harcamasının %33.4'ünü, Türkiye Toplam Ar-Ge harcamasının %7.2'sini oluşturmaktadır[11].

Tasarım anlayışı yeterince gelişmemiştir. Üretim hemen hemen tamamıyla lisansa dayalı gerçekleşmektedir.

Sektörde gerek üretim ve gerekse ihracat balonundan en büyük pay tüketim cihazları altsektörüne aittir. Altsektör 1997 yılında toplam sektör üretiminin %47'sini, ihracatının %65'ini gerçekleştirmiştir.

En çok ithalat bileşenleri altsektöründe yapılmaktadır. 1997 Yılında toplam sektör ithalatının %24.3'ünü gerçekleştiren altsektörün hammadde ihtiyacını ithalatla karşıladığı görülmektedir[5].

Sektör yüksek katma değerle çalıştığı halde, yatırım eğilimi sağlayamamaktadır.

4. DEĞERLENDİRME VE ÖNERİLER

4.1 Türkiye Elektronik Sanayiinin Genel Görünümü
Türkiye elektronik sanayiinin genel yapıya bakıldığında, bugün önemli ülke sektörleri araştırma girme noktasından çok uzakta olduğu göze çarpmaktadır. Sektördeki gelişmiş ülkelerde, sektör üretiminin gayri safi yurt içi hasılaya oranı %3-4 arasında dolaşırken; Türkiye'de 1980'lerde %1'in altında olan bu oran, tüketici elektroniğindeki atılıma rağmen 1996'da ancak %2'ye çıkabilmiştir. TÜSİAD'ın yaptığı rekabet araştırmasında belirtildiğine göre Türkiye elektronik sanayii sektörünün üretim değeri ABD'nin 1994 yılı Ar-Ge harcamalarının sadece %16'sı kadardır. Sektör karının %50.4'ünü Ar-Ge'ye ayıran ABD ile karşılaştırıldığında Türkiye elektronik sanayiinin konumu daha iyi anlaşılmaktadır.

Türk elektroniğinin 60'lı yıllarda aynı seviyede olduğu bugünün sektördeki popüler ülkelerinden; teknoloji, üretim ölçeği ve dış ticaret kapasitesi yönleriyle geride kalmış olmasının çeşitli sebepleri vardır[12].

Son 30 yıllık dönemde Türkiye'nin siyasi istikrarsızlıktan kurtulamamış olması akla gelen bir gerçek ise de durumu açıklamak için yeterli olmamaktadır. Zira bu istikrarsızlığa rağmen başka sektörlerde ciddi boyutlarda yatırım yapılabilmektedir. 1994-98 döneminde tekstil sektörüne verilen 5 836 teşvif belgesinin yatırım tutarı 4 213 311 milyar TL'dir ve bunun sadece 53 tanesinin yatırım tutarı olan 51 039 milyar TL'si (toplamın %1.2'si) kalkınmada ön-

çelikli yörelerde gerçekleşmiştir[13]. Aynı dönemde elektronik sanayii 38 905 milyar TL tutarında 83 teşvik belgesi alınmıştır. Bu tablo, 1994'de tekstil sektörünün 2 976 işyerinde çalışan 288 354 ücretli başına 554 milyon TL karma değer sağlamasına karşın RTHAS sektörünün 79 işyerinde çalışan 15 112 ücretli başına 1 577 milyon TL katma değer sağladığı gerçeği ile uyuşmamaktadır. Yüksek verimle çalışan sektör az teşvik alırken, düşük verimle çalışan sektör çok yüksek teşvik alabilmektedir.

Uzak Doğu ülkeleri örneğine bakılacak olursa; bu ülkelerin başşosua temelinde yatan gerçeğin, ekonomik kaynaklan [e]rber etmede gösterdikleri üstün basan olduğu belirtilsinekte, kaynak kullanım etkinliğini arttırarak değil fiziksel sermaye, işgücü ve eğitim düzeyinde sağladıktan gelişme ile bugüne geldikleri vurgulanmaktadır[14]. Japonya gibi sonradan sanayileşen ülkeier 80-90'ü yıllarda elektroniğin kazanaçağı önemi önceden kestirerek gerekli Ar-Ge, yatırımın, eğitim stratejilerini erken saptamış ve başşanya ulaşmışlardır[1]. Türkiye'de bunlar başşanlanamışır.

Bir önceki dünya sanayii hareketinin lokomotifi olan ağır sanayii yatırımlarının gereklilik ve şekli çok tartışan Türkiye yeni dönemin lokomotifi sayılan elektronik sanayiinin önemini kavramaktan uzak kalmıştır. Bu önemi vurgulayan çeşitli çalışmalar ve acil önlem alınması istekleri olmuşsa da fazla Warış;k hulamamışlanjır.

Sanayicilerin bu konuya yaklaşımlarını TUSİAD'm "atılım" stratejisinde elektronik sanayiine herhangi bir misyonun yüklenmemiş olması açık olarak ortaya koymaktadır[15].

Gelişmekte olan ülkeler açısından; teknolojinin kökten değişime uğradığı dönemlerin gelişmiş ülkelere yetişmek konusunda büyük fırsatlar sunduğu görüşünden hareketle 1970'lerin sonu ve 1980'leri kapsayan, mikroelektroniiğin en büyük rolü oynadığı teknolojik değişim dönemini, Türkiye'nin kaçırdığı bir fırsat dönemi olarak tanımlamak gerekir. 1980'li yularda sektörü bilim ve teknoloji bağlanımında geliştirmeye yönelik çalışmalar yapılmıştır. Ancak bu yıllar Türkiye'de teknoloji atılımını öngören proje ve politikaların geri plana itildiği yıllar olmuştur[15J.

1990'lı yıllarda 70 ve 80'leri değerlendirerek; o günlerde belki de son fırsat olarak, bir an önce, ulusal düzeyde, bilim, teknoloji, sanayi politikasını belirleyip mikroelektroniiğe dayalı köklü dönüşüm sürecine bir ucundan katılma imkanının olduğunu belirten Göker'in[15] ifadesini genel anlamda elektronik için bugün de kullanmak mümkündür.

"Türkiye, bu sürece belli bir düzeyde de olsa, katılmazsa, bırakın sanayileşmiş ülkelere yetişmesini, teknolojiye ne olup bittiğini, 21. yüzyıl teknolojilerinin nasıl biçimlendiğini ve gelecekteki dönüşümleri hangi teknolojilerin yaratacağını kavrayabilmekten bile aciz kalacaktır. Çünkü, bugün yaşanan dönüşüm süreci, ya da başka deyişle, yeni bir teknoloji çağıma geçiş süreci, geleceğin egemen teknolojilerinin - sözgelimi, gen teknolojisinin, gen mühendisliğinin — tohumlarını taşımaktadır.

...
Çağı yakalama arayışı içinde olanlar her şeyden önce elektronik sanayiine bakmak zorundadırlar."

Türkiye'nin sektörde yol alabilmesi için gereken minimim sınırların mevcut olduğu söylenebilir. Yatırımı sağlayacak

olan sennaye, eleman ve pazar gereksinimlerinin başşanlaşığı için yeterli seviyede karşılanabileceği açıktır.

Halen değişik sektörlerde yapılmaya devam eden büyük yatırımlar (Örn. Son 5 yıldaki tekstil yatırımı) yatımmı düşünen sermaye varlığının göstergesidir.

Dış pazarda basan kazanmak asıl hedef olmakla beraber, iç pazarda dinamiğin sürdürülmesi gereklidir[16]. 1987'de 1.Sanayii Şurasında hazırlanan Elektronik Sanayii Raporu'nda belirtilen Türkiye iç pazarının doyma noktasından uzakta olduğu gerçeği bugün de geçerliliğini korumaktadır. Sektörün üretim ve dış ticaret rakamlarına bakıldığında bu çok açık anlaşılmalıdır.

Bugün bir yandan büyük özel firmaların ve uç kullanıcı kabul edilen küçük tüketicinin bilgi teknolojisi kullanımına yönelmesi; diğer yandan tüm kamu işyerlerinin yakın gelecekte otomasyona geçmeyi programlarına almış olmaları dev bir bilgi teknolojisi pazarını gündeme getirmiştir. Bu pazarın 2000 yılında 2 milyar ABD doları olacağı düşünülmektedir.

Sanayi işyerlerinin gündeminde, üretim sürecindeki otomasyonun ürün maliyeti üzerinde olumlu etkisi sebebiyle, teknoloji yenileme çalışmaları vardır. Mümkün olan yerlerde eski sistemlerin düşük maliyetli yerli imkanlar ile otomasyona geçirilmesi düşüncesinin işlerlik kazanması önemli bir iş alan yaratacaktır.

Askeri savunma sanayii ürünlerinin çoğunun (%79) ithalat yoluyla temin ediliyor olmasının ülke güvenliği açısından sakınca doğurması ihtiyacın yerli üretimle karşılanması gerekliliğini doğurmuştur. Türkiye'nin 30 yıllık askeri tedarik ihtiyacı 150 milyar ABD doları tutarındadır ve bunun ortalama %50'si askeri elektronik sanayii ürünü olacaktır [5].

Bu olumlu ortam, geç kalınmış bile olsa sektörün önünün açık olduğunu ortaya koymaktadır. Sektörde başşanya ulaşılabilmesi için bir dizi önlemin alınmasında fayda vardır.

4.2 öneriler

Elektronik sanayii sektörüne yönelik çok acele bir kalınma planının hazırlanması ve uygulanması sağlanmalıdır. Hazırlanacak planda elektronik sanayiinin tümünde yatırım düşünülebileceği gibi, ülke imkanlarının elverdiği ölçüde öncelikli sektör veya sektörler de tespit edilebilir. Sektör seçiminde belirli bir sıra izlenmesi ana girdi üreten sektörlerin gelişimini de hızlandıracaktır. Hangi altsektörde gelişme hedeflenirse hedeflensin, büyük boyutlu üretim ve dış ticarete rekabet becerisi, girdilerin ülke içinden veya düşük maliyetle ülke dışından karşılanmasına bağlıdır.

Sektörde çalışmaya başşanırken herşeyi yeniden yaşamadan, sürece günümüze yakın bir noktadan girmek gerekir. Bu ise alınan teknolojiyi iyi seviyede özümleme kapasitesine sahip olmaya bağlıdır[2]. Temel araştırmalar yapılırken, dışarıda geliştirilmiş teknolojinin özümlemesi için gerekli insan gücü oluşturulmalıdır.

Sektörün ürün yapısı, üretim süreci ve kullandığı teknoloji çok hızlı değişmektedir. Bu, bir yandan sektöre ilişkin değerlendirmelerde eksik veri ile çalışılmasına, diğer yandan uygulanan sanayi politikasının doğru temellere oturmasına sebep olacaktır.

Elektronik sektörünün dünya ve Türkiye'de gelişimini izleyerek bir veri bankası oluşturacak ve sektörü geliştirmeye yönelik politikalar üreterek, yatırım, dış ticaret konularında danışmanlık yapacak bir kuruluş gereklidir. Bu misyonu mevcut kuruluşlardan birinin üstlenmesi de söz konusu olabilir. Ağır sanayiinin gelişmesi için geçmiş yıllarda önerilen "Ağır Sanayi Bakanlığı"[17] gibi bir girişim, amacın ciddiye alınmasını sağlayabilir.

Uygulanan mevcut yaünm ve dış ticaret teşviklerine devam edilmeli, yanlışlık olan noktalar düzeltilmelidir. Örneğin endüstriyel elektroniğin ürünlerini alan işletmeler, bu ürünlerin yatırım malı niteliği taşımalarından dolayı gümrük indiriminden faydalanmaktadırlar. Bu sebeple mamulü yurt içinde üreten sektör firmaları yabancılar ile, rekabet edememekteler. İthalat rejiminde hammaddeden mamule doğru yükselen bir vergi tarifesi uygulanmalı dolayısıyla üretici desteklenmelidir.

Ar-Ge çalışmalarını destekleyecek önlemler alınmalıdır. Mevcut imkanlarla sektöre ivme kazandırmanın temel yollarından birisi üniversite-sanayi işbirliğidir. Ar-Ge'nin temeli olan araştırmacıların çoğunlukla üniversitede olması ve Ar-Ge ihtiyacı duyan işyerlerinin Ar-Ge'ye kaynak ayırmadaki güçlükleri böyle bir işbirliğini zorunlu kılmaktadır. Sanayi işyerlerine karşılaştıkları sorunların çözümü için üniversitenin iyi bir başvuru merkezi olduğu anlatılmalı, üniversitedeki araştırmacıların Ar-Ge sürecine katılmaları için destek sağlanmalıdır.

Üniversitedeki araştırma konulan ülke sanayiinin ihtiyaçları doğrultusunda seçilmeli, sanayii işyerleri bu çalışmalara uygulama alanı sunmalıdır.

Üniversitelerde bölümler öğrenciye her konuyu aktarıp tümünde çalışma yaptırmak yerine günün veya buldukları coğrafyanın niteliklerin göre belirli alanlarda uzmanlaşarak eğitim vermelidirler.

Uzun vadeli kalkınma planlarının uygulanması beklenirken; iki sektör zaman geçirilmeden üzerinde çalışılmaya başlanabilecek nitelik taşımaktadır.

Endüstriyel elektronik sanayii esnek üretim yapısı, düşük yatırım maliyeti, üretimden çok tasarıma yönelik çalışma şekliyle üzerinde durulması gereken bir sektördür. Seri üretimden çok özel durumlara yönelik tasarımların gerekmesi orta büyüklükte, teknik personeli çok, Ar-Ge harcaması başka sektörler göre fazla bir yapı doğurmuştur. Küçük değişiklikler için büyük harcamalar yapan sanayi kuruluşlarının bu sektöre rağbet etmeleri sağlanmalı, yerli sektörün yabancılarla rekabet edebilmesi için şartlar oluşturulmalıdır.

Yazılım sektörü Türkiye'de bilgi teknolojilerinin hızla yaygınlaşması sonucu ortaya çıkan, düşük yatırım maliyeti ile büyük katma değer sağlandığı bir sektördür. Sektör tamamıyla teknik personele dayalı çalışır. Önümüzdeki birkaç yıl içinde Türkiye'de çok büyük bilgi teknolojisi yatırımlarının yapılacağı olması sektörü yaünm önceliği yönüyle diğer sektörlerden ayırmaktadır. Nitelikli personel yetiştirilmesi ve yeterli ürün kalitesine ulaşılması sonucunda uygun bağlantılar ile iliracat mikamı sağlanabilir.

5. KAYNAKÇA

- [1] Göker, A., "Mikroelektronik ve .ayali Teknolojilerin Kazandığı Olağanüstü Önem", *Malana Mühendisleri Odası, Elektronik Sanayii Sektör Raporu*, Erk Yayıncılık, s.7-7, 1991.
- [2] Oral, ö., Ercan, H., Hokkacı, İ., *Türkiye Elektronik Sanayii*, Elektrik Mühendisleri Odası, 1988.
- [3] Durgut, M., "Elektronikte Dünya Teknolojisi ve Değişim Yönü", *Makina Mühendisleri Odası, Elektronik Sanayii Sektör Raporu*, Erk Yayıncılık, s. 37-51., 199L
- [4] Güneş, M., *Elektronik Sektöründe Tüketici Elektronik Cihazları*, Gazi Üniv.Yüksek Lisans Tezi, 1993.
- [5] TESİD, *Elektronik Sanayii Almanacağı*, 1988.
- [6] DİE (Devlet İstatistik Enstitüsü), *Dönemler İtibariyle İmalat Sanayii İstatistikleri*, Çeşitli Yıllar.
- [7] DİE, *Yıllık İmalat Sanayii İstatistikleri-} 995*, 1999.
- [8] DİE TARIM VE SANAYİ İSTATİSTİKLERİ DAİRESİ BAŞKANLIĞI, *Metal Eşya Makine Teçhizat Ulaşım Aracı İlmi ve Mesleki Ölçme Aletleri Sanayii*, Sanayi Şubesi, 1997.
- [9] DİE *Türkiye Ekonomisinin Input-Output Yaptısı-1990*, 1994.
- [10] DİE, *Dış Ticaret İstatistikleri*, (Çeşitli Yıllar)
- [11] DİE, *Araştırma Geliştirme İstatistikleri 1990-1995*, 1997.
- [12] US DEPARTMENT OF COMMERÇE. *The Competative Status of the US Electronics Sector*, 1990.
- [13] HAZİNE MÜSTEŞARLIĞI, *Tekstil ve Elektronik Sektörlerine Yapılan Yatırım Teşviki Verisi*, (Basılı Değil)
- [14] Çapoğlu, G., *Türkiye İçin Bir Sanayi Politikası Çerçevesi*, Sanayi ve Ticaret Bakanlığı, (Bilgi Notu Şeklinde Bası)ı, 1997.
- [15] Göker, A., "Bilim ve Teknolojideki Gelişmeler, Teknolojiye Yetişme Sorunu ve Elektronik Teknolojileri", *Makine Mühendisleri Odası, Elektronik Sanayii Sektör Raporu*, Erk Yayıncılık, s. 1-6., 1991.
- [16] Göker, A., "Türkiye Elektronik Sanayii : Sektörel Büyüklükler, Üretim Yapısı, Dünyadaki Yeri", *Makine Mühendisleri Odası, Elektronik Sanayii Sektör Raporu*, Erk Yayıncılık, s. 23-36., 1991.
- [17] Güçeri, Ş., *Türkiye'de Elektrik Enerjisi ve Ağır Elektromekanik İmalat Sanayi Sorunu*, Elektrik Mühendisleri Odası, 1985.